

Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset (3475) Koekenttien perustaminen ja tuloksia

Eero Kubin, Markus Hartman, Hannu Ilvesniemi,
Martti Lindgren, Ari Kokko, Tanja Murto, Jorma Pasanen,
Juha Piispanen, Seppo Pohjola, Reijo Seppänen,
Oili Tarvainen, Eila Tillman-Sutela ja
Anne Tolvanen



Metlan työraportteja / Working Papers of the Finnish Forest Research Institute - sarjassa julkaistaan tutkimusten ennakkotuloksia ja ennakkotulosten luonteisia selvityksiä. Sarjassa voidaan julkaista myös esitelmiä ja kokouskoosteita yms.

Sarjassa ei käytetä tieteellistä tarkastusmenettelyä.

Sarjan julkaisut ovat saatavissa pdf-muodossa sarjan Internet-sivuilta.

<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/>
ISSN 1795-150X

Toimitus

PL 18
01301 Vantaa
puh. 029 532 2111

sähköposti julkaisutoimitus@metla.fi

Julkaisija

Metsäntutkimuslaitos
PL 18
01301 Vantaa
puh. 029 532 2111

sähköposti info@metla.fi
<http://www.metla.fi/>

Tekijät Kubin Eero, Hartman Markus, Ilvesniemi Hannu, Lindgren Martti, Kokko Ari, Murto Tanja, Pasanen Jorma, Piispanen Juha, Pohjola Seppo, Seppänen Reijo, Tarvainen Oili, Tillman-Sutela Eila ja Tolvanen Anne			
Nimeke Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset (3475) Koekenttien perustaminen ja tuloksia.			
Vuosi 2012	Sivumäärä 45	ISBN 978-951-40-2406-1 (PDF)	ISSN 1795-150X
Alueyksikkö / Tutkimusohjelma / Hankkeet Pohjois-Suomi /Bioenergiaa metsistä -tutkimus- ja kehittämisohjelma/ 3475 Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset			
Hyväksynyt Martti Varmola, vastuututkijan esimies, 21.12.2012			
Tiivistelmä EU:n asettamien ilmasto- ja energiapolitiittisten tavoitteiden saavuttamiseksi metsähakkeen käyttöä on lisätty Suomessa voimakkaasti. Metsähake on uudistushakkuualoilta korjattavaa latvusmassaa, kantoja sekä nuorten metsien harvennuksien pienpuuhaketta. Metsäenergiaa tullaan hyödyntämään tulevaisuudessa yhä suuremmalla intensiteetillä, mutta riittävää tutkimustietoa varsinkin kantojen noston pitkäaikaisista vesistö- ja muista ympäristövaikutuksista ei ole vielä käytettävissä. Metsäntutkimuslaitos perusti yhteistyössä UPM Kymmene Oyj:n ja Yara Suomi Oy:n kanssa vuonna 2007 intensiivikokeita kolmelle eri maantieteelliselle alueelle kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ympäristövaikutusten tutkimusta varten. Tutkimukseen sisältyy lisäksi Koillismaalla sijaitsevia valuma-alueita, joiden perustaminen saatiin päätökseen syksyllä 2011. Koetoinnin taustalla on pitkäaikainen tutkimus uudistamistavan ja hakkuutähteiden talteenoton vaikutuksista pohjaveteen UPM Kymmene Oyj:n kanssa Paltamon Kivesvaarassa, Kainuussa. Hankkeen tavoitteena on tuottaa tietoa kangasmaiden hakkuutähteiden keruun ja erityisesti kantojen noston pitkäaikaisista vaikutuksista pohja- ja pintaveden laatuun, taimettumiseen, kasvipeitteeseen, hiilivuohon sekä maaperäeliöstöön. Tutkimus palvelee metsäorganisaatioita ja poliittisia päättäjiä metsäenergian talteenottoa koskevassa päätöksenteossa. Hanke on edennyt suunnitelmien mukaisesti ja aineiston keruun ohella on edetty tutkimuksen tulosten esittelyyn. Tämän työraportin tarkoituksena on kuvata hankkeeseen kuuluvien koekenttien perustaminen ja tutkimusmenetelmät sekä esitellä alustavia tuloksia.			
Asiasanat Bioenergia, kannot, latvusmassa, ympäristövaikutukset, ravinnekierto, hiilivuo, kasvillisuuden sukkessio, mykorritsat, taimien alkukehitys			
Julkaisun verkko-osoite http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2013/mwp252.htm			
Tämä julkaisu korvaa julkaisun			
Tämä julkaisu on korvattu julkaisulla			
Yhteydenotot Eero Kubin, Metsäntutkimuslaitos, Oulu, PL 413, 90014 Oulun yliopisto eero.kubin@metla.fi			
Muita tietoja Taitto Tuula Aspegren			

1	Johdanto	5
1.1	TAUSTA JA TAVOITE	5
1.2	HANKETTA EDELTÄVÄ TUTKIMUS	6
2	Koejärjestelyt	7
2.1	POHJAVESIKOEALAT.....	7
2.1.1	Kenttäkokeiden perustaminen ja koejäsentely.....	7
2.1.2	Pohjois-Suomen koekenttä	9
2.1.3	Keski-Suomen koekenttä.....	10
2.1.4	Etelä-Suomen koekenttä	11
2.2	VALUMA-ALUEET.....	12
2.2.1	Kokeiden perustaminen	12
2.2.2	Kuusamon Oijusluoman tutkimusalue.....	13
2.2.3	Taivalkosken Katajavaaran tutkimusalue	14
3	Aineisto ja menetelmät	15
3.1	MITTAUKSET POHJAVESIKOEALOILLA	15
3.1.1	Puusto	15
3.1.2	Kannot	15
3.1.3	Latvusmassa	15
3.1.4	Maanpinnan rikkoontuminen eri käsittelyillä.....	16
3.1.5	Pohjaveden laadun ja määrän seuranta	16
3.1.6	Hiilivuotutkimus.....	17
3.1.7	Kasvillisuuden sukkessio.....	17
3.1.8	Taimettumisen seuranta	18
3.1.9	Juuristotutkimus	18
3.1.10	Maaperäeläintutkimus	18
3.2	MITTAUKSET VALUMA-ALUEILLA	19
3.2.1	Puusto, kannot ja latvusmassa	19
3.2.2	Pintaveden laadun ja valuman seuranta	19
3.3	AINEISTOT	20
4	Tuloksia	21
4.1	POHJAVESIKOEALOJEN TULOKSIA	21
4.1.1	Kantojen ja kantobiomassan määrä	21
4.1.2	Latvusmassan määrä, laatu ja talteenoton onnistuminen	22
4.1.3	Maanpinnan rikkoontuminen.....	23
4.1.4	Käsittelyiden vaikutus pohjaveden ravinnepitoisuuksiin.....	25
4.1.5	Energiapuun talteenoton vaikutus maan hiilivuohon.....	26
4.1.6	Koealojen kasvillisuuden muutokset	28
4.1.7	Taimettuminen.....	29
4.1.8	Änkyrimatojen yksilömäärien vaihtelu Keski-Suomen koekentällä 2007 ja 2008	30
4.2	VALUMA-ALUEIDEN TULOKSIA	31
4.2.1	Kannot ja latvusmassa	31
4.2.2	Veden laatu.....	32
4.2.3	Valuman määrän vaihtelu	35
5	Yhteenveto	36
6	Lähteet	38
	Liitteet	40

1 Johdanto

1.1 Tausta ja tavoite

EU:n ilmasto- ja energiapolitiikan keskeiseksi tavoitteeksi on asetettu hiilidioksidipäästöjen vähentäminen ja uusiutuvien energiamuotojen osuuden kasvattaminen energiantuotannossa. EU-velvoitteen mukaisesti Suomen tulee lisätä uusiutuvan energian osuutta 28 prosentista 38 prosenttiin energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Metsien arvo lisääntyy, kun haetaan keinoja ilmastonmuutoksen hidastamiseen ja energian tuottamiseen (Kansallinen metsäohjelma 2015).

EU:n asettamien tavoitteiden saavuttamiseksi metsähakkeen käyttöä on lisätty Suomessa voimakkaasti. Metsähake on uudistushakkuualoilta korjattavaa latvusmassaa, kantoja sekä nuorten metsien harvennuksien pienpuuhaketta. Vuonna 2010 lämpö- ja voimalaitoksissa sekä pientaloissa poltettiin metsähaketta yhteensä lähes 7 milj.m³ (Metsätalastotiedote 2011). Kansallisen metsäohjelman 2015 mukaan metsähakkeen teknistaloudelliseksi tuotantomahdollisuudeksi on arvioitu noin 12–15 miljoonaa kuutiometriä vuodessa.

Energia- ja ilmastopoliittisista syistä johtuen metsäluonnonvaroja hyödynnetään siis tulevaisuudessa yhä suuremmalla intensiteetillä. Samalla kun pyritään saavuttamaan korkeampi bioenergian käyttöaste, on myös huomioitava toiminnan ekologinen kestävyys. Energiapuun talteenotto voi aiheuttaa pitkäaikaisia kasvupaikka- ja ympäristövaikutuksia, jotka ovat vielä puutteellisesti tunnettuja. ”Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset” -hanke (3475) perustettiin vastaamaan metsäenergian lisääntyneen kerjuun aiheuttamaan tiedontarpeeseen. Hanketta on toteutettu osana Metsäntutkimuslaitoksen vuonna 2007 alkanutta ja vuonna 2011 päättyntä Bioenergiaa metsistä -tutkimus- ja kehittämisohjelmaa. Tutkimus jatkuu vuodesta 2012 eteenpäin hankkeessa ”Kantojen noston pitkäaikaisvaikutukset metsien ravinne- ja hiilitaseisiin” (3588–01), joka kuuluu Metlan uuteen ForestEnergy2020 -tutkimusohjelmaan.

Tutkimuksen lähestymistavaksi valittiin intensiivinen, kolmella eri maantieteellisellä alueella toteutettava kenttäkoe, jota on täydennetty ottamalla mukaan myös Koillismaalla toteutettava valuma-alueasoinen tarkastelu. Tutkimuksen tavoitteena on tuottaa käytäntöön sovellettavaa tietoa metsäenergian talteenoton vaikutuksista kangasmaiden kasvupaikkatekijöihin, ympäristöön ja taimettumiseen. Intensiivikokeiden perustaminen on tehty yhteistyössä UPM Kymmeneen kanssa hyödyntäen myös GTK:n asiantuntemusta. Valuma-alueet on perustettu yhteistyössä Metsähallituksen kanssa. Tieteellistä yhteistyötä tehdään sekä kotimaisten yliopistojen että Tsekin teknillisen yliopiston kanssa.

Hankkeeseen sisältyy myös vuonna 2010 perustettu kolmevuotinen, maa- ja metsätalousministeriön rahoittama ”Kantojen noston pohjavesi- ja valuma-aluevaikutukset” -hanke (7421), jonka tavoitteena on lisätä valuma-aluekohtaista tutkimusta ja edistää tutkimusaineistojen analysointia. Hankkeen ohjausryhmän kautta yhteistyötahoja ovat maa- ja metsätalousministeriö, Suomen ympäristökeskus, UPM-Kymmene Oyj ja metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

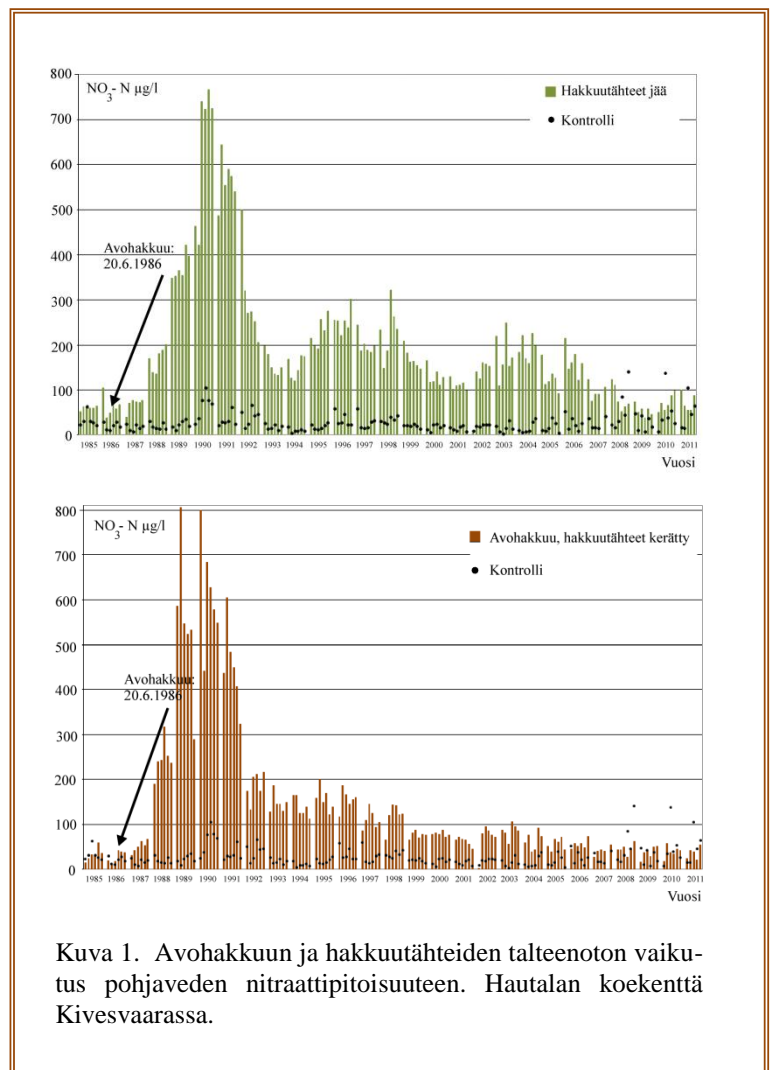
Hanke on edennyt suunnitelmien mukaisesti, ja aineiston keruun ohella on edetty tutkimuksen tulosten esittelyyn. Tämän työraportin tarkoituksena on kuvata hankkeeseen kuuluvien koekenttien perustaminen ja tutkimusmenetelmät sekä esitellä alustavia tuloksia.

1.2 Hanketta edeltävä tutkimus

Tutkimuksen taustalla on pitkäaikainen ekologisten seurantojen sarja, joka on toteutettu Paltamon Kivesvaarassa yhteistyössä UPM-Kymmene Oyj:n kanssa. Kokeissa on seurattu eri maankunnostustapojen vaikutusta taimettumiseen, kasvupaikkatekijöihin ja ympäristöön. Kivesvaaran koekentiltä mitatut aineistot muodostavat maamme vanhimmat ja pitkäaikaisimmat tutkimustulokset mm. ravinteiden huuhtoutumisesta pinta- ja pohjavesiin.

Kivesvaarassa on tutkittu maan lämpöolojen (Kubin ja Kempainen 1991, 1994) ja ravinnepitoisuuksien (Kubin 1977a) muuttumista sekä hakkuutähteiden määrää ja niissä olevia ravinteita (Kubin 1977b). Jo varhaisimmat tulokset (Kubin ja Valtanen 1978) osoittivat, että ravinteiden huuhtoutumisen maksimi pintavesiin on 2–3 vuoden kuluttua avohakkuusta ja muokkauksesta, jonka jälkeen pitoisuudet palaavat muokkauksesta edeltäneelle tasolle (Kubin 1995a).

Kivesvaarassa on myös tutkittu avohakkuun, hakkuutähteiden talteenoton ja metsämaan aurauksen vaikutuksia pohjaveteen. Pohjaveden ravinnetason seuranta aloitettiin vuonna 1985, vuosi ennen uudistamishakkuuta ja hakkuutähteiden talteenottoa. Vuodesta 1986 alkaen seurantatutkimusta on jatkettu eteenpäin tauotta (kuva 1).



Tulokset pohjaveden laadusta (Kubin 1992, 1995b, 1998, 2002, 2004) osoittavat, että erityisesti nitraattitypen huuhtoutuminen pohjaveteen on huomattavasti pitempiä aikoja kuin huuhtoutuminen pintaveteen. Huuhtoutuminen alkoi heti hakkuuta seuraavana vuonna ja voimistui uudistamistavasta riippuen 4–6 vuoden ajan hakkuusta. Nitraattitypen pitoisuuksien palautuminen avohakkuusta edeltävälle tasolle tapahtuu erittäin hitaasti; vielä 20 vuoden jälkeen pohjavedestä mitataan suurempia pitoisuuksia kuin ennen avohakkuuta. Tutkimuksessa havaittiin hakkuutähteiden talteenoton vaikuttavan pohjaveden ravinnetasoon madaltavasti (kuva 1).

Valuma-aluekohtaisesti valuman määrää ja laatua on tutkittu aiemmin ”Hakkuun ja maamuokkauksen vesistövaikutukset” -hankkeessa osana Metsätalouden ympäristövaikutukset -projektia (METVE, 1990–1996). Hanke toteutettiin vuosina 1992–1996 yhteistyössä Oulun vesi- ja ympäristöpiirin kanssa Oijusluoman tutkimussopimusmetsissä Kuusamossa ja Taivalkosken Katajavaarassa. Alueille muodostettiin tuolloin yhteensä kymmenen valuma-aluetta, joista seurattiin valuman määrää ja analysoitiin kaikkiaan 36:a vedenlaatua kuvaavaa muuttujaa, mm. väri, kokonaistyyppi ja -fosfori, NO₂+NO₃, orgaaninen hiili ja raskasmetalleja (Kubin ym. 1994). Kun kalibrointivaiheen maastotöitä oli tehty neljä vuotta, Oijusluoman tutkimusalue otettiin mukaan vanhojen metsien suoje-luvaraukseen, jolloin työt siellä jouduttiin keskeyttämään (Kubin ym. 1995). Tutkimus aloitettiin kuitenkin uudelleen vuonna 2007 ja myös aiemmin kerättyjä aineistoja hyö-dynnetään kantojennoston valuma-aluetasoisessa tutkimuksessa.

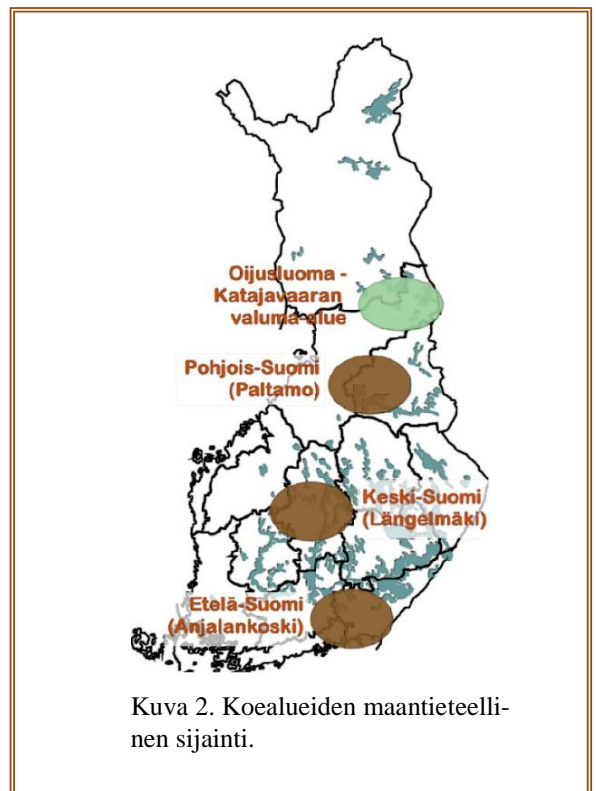
2 Koejärjestelyt

2.1 Pohjavesikoealat

2.1.1 Kenttäkokeiden perustaminen ja koejäsentely

Kantojennoston pohjavesitutkimuksen intensiivikoealat sijaitsevat kolmella eri kas-vimaantieteellisellä vyöhykkeellä, Etelä-Suomessa, Keski-Suomessa ja Pohjois-Suomessa (kuva 2). Koekentät perustettiin koh-teisiin, joiden tuli olla vertailukelpoisuuden varmistamiseksi puustoltaan samankaltaisia kuusivaltaisia päätehakkuuleimikoita, topo-grafialtaan kaltevia ja niistä oli myös löy-dyttävä pohjavettä.

Tutkimusalueiden esivalinta tehtiin yhteis-työssä UPM-Kymmene Oyj:n ja GTK:n kanssa vuosien 2005 ja 2006 aikana. Koe-alueet valittiin maastokäyntien ja maaperä-luotauksen perusteella. Maaperäluotauksilla varmistettiin pohjaveden pinnantasot, maa-aineksen jakautuminen alueella sekä suhteellinen karkeusaste ja kallion pinnan sijainti. Luotauksia hyödynnettiin koeruutu-jen ja pohjavesikaivojen sijoittelussa (Pasa-nen ym. 2009).



Kuva 2. Koealueiden maantieteellinen sijainti.

Yksittäinen koekenttä muodostuu kolmesta lohkoista, joilla kullakin on kuusi erilaista käsittelyä eli koejäsentä (taulukko 1). Etelä- ja Pohjois-Suomen koekentillä on lisäksi myös neljäs lohko, jossa Etelä-Suomessa on koejäsenet 1, 2, 5, ja 6 ja Pohjois-Suomessa kaksi koejäsentä 5.

Taulukko 1. Koejäsenet.

1. Hakkaamaton metsä (kontrolli)
2. Avohakkuu
3. Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus
4. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus
5. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus
6. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus

Koejäsenien eli käsittelyruutujen koko on 40 m × 50 m ja niiden sijainti lohkolle on arvioitu. Jokaiselle ruudulle on sijoitettu rinteeseen alaosaan systemaattisesti viisi pohjavesikaivoa ravinnekierron tutkimusta varten (kuva 3). Pohjavesikaivot asennettiin vuoden 2006 syksyllä.



Koealojen puusto (taulukko 2) vastasi hyvin asetettua puuston määrän ja laadun yhdenmukaisuuden tavoitetta. Koealojen käsittelyä jatkettiin syksyllä 2007 tehdyn hakkuun ja hakkuutähteiden korjuun jälkeen kevään 2008 aikana kantojen nostolla. Koealueet laikkumätästettiin sekä istutettiin koneellisesti syksyllä 2008. Koealueille istutettiin kaksivuotiaita kuusen taimia ja istutustiheyden tavoite oli 1 800 tainta hehtaarille.

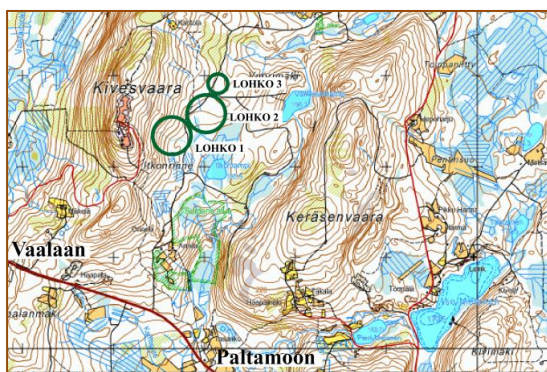
Vuonna 2009 koealueille asennettiin automaattiset sääasemat, joiden avulla voidaan seurata koealueiden sadantaa, ilman lämpötilaa sekä maan lämpötilaa 10 cm syvyydeltä. Kullekin koealueelle asennettiin kesän 2011 aikana myös lämpöloggereita, joiden avulla saadaan tietoa maaperän lämpötilanvaihteluista eri käsittelyillä ja syvyyksillä. Loggereita sijoitettiin ajourille 5 cm:n syvyyteen sekä häiriintymättömiin, häiriintyneisiin ja käännettyihin kohtiin 5 cm:n ja 20 cm:n syvyyteen kivennäismaahan.

Taulukko 2. Pohjavesikoealueiden puuston rakenne ennen hakkuuta.

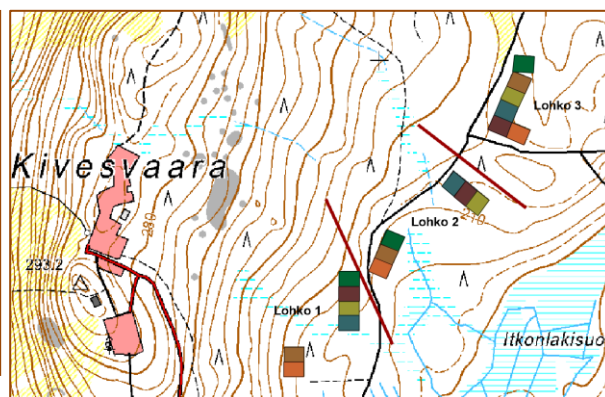
Koekenttien puuston rakenne ennen hakkuuta			
	Mänty m ³ /ha	Kuusi m ³ /ha	Lehtipuut m ³ /ha
Etelä-Suomi	96,7 (25 %)	279,2 (73 %)	7,9 (2 %)
Keski-Suomi	2,7 (1 %)	249,9 (92 %)	18,2 (7 %)
Pohjois-Suomi	7,6 (3 %)	265,1 (95 %)	4,5 (2 %)

2.1.2 Pohjois-Suomen koekenttä

Pohjois-Suomen koealue sijoitettiin Paltamon Kivesvaaraan muiden pitkäaikaisten kokeiden yhteyteen (kuva 4). Koekentän osa lohko 2:sta ja lohko 3 sijaitsee Kemiran Oy:n omistamalla maalla, muut lohkot ovat UPM-Kymmene Oyj:n omistuksessa. Koealue on vaaran itärinteellä (kuva 5) noin 210 metrin korkeudella merenpinnasta. Maatutkaluotausten perusteella pohjakallion syvyys maanpinnasta on noin 3,5 metriä ja maalaji on hiekkasilttimoreenia.



Kuva 4. Paltamon koealueen sijainti.

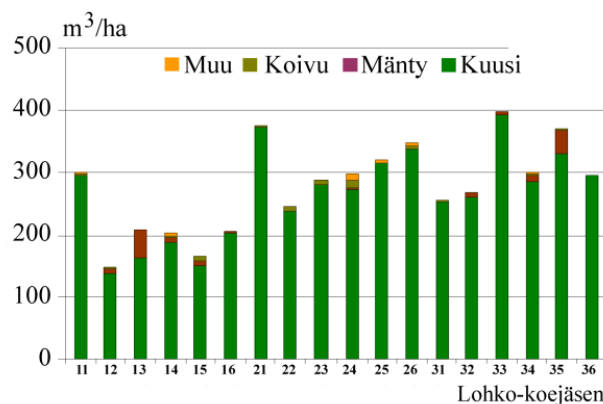


Kuva 5. Paltamon koealueen lohkot 1-3.

- Hakkaamaton metsä (kontrolli)
- Avohakkuu
- Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus
- Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus
- Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus
- Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus

Paltamon koealueella ennen hakkuuta kasvaneen valtuuston biologinen ikä oli kairauksien perusteella keskimäärin 158 vuotta.

Puuston määrä oli koealueen pohjoiseen sijaintiin nähden suuri. Puustoa oli keskimäärin 277 m³/ha (kuva 6) ja hehtaarikohtainen runkoluku vaihteli koejäsenillä välillä 535–1 203 kpl/ha. Puuston valtiutus oli keskimäärin 23,4 m.



Kuva 6. Runkotilavuus puulajeittain Paltamon koealueella ennen hakkuuta.

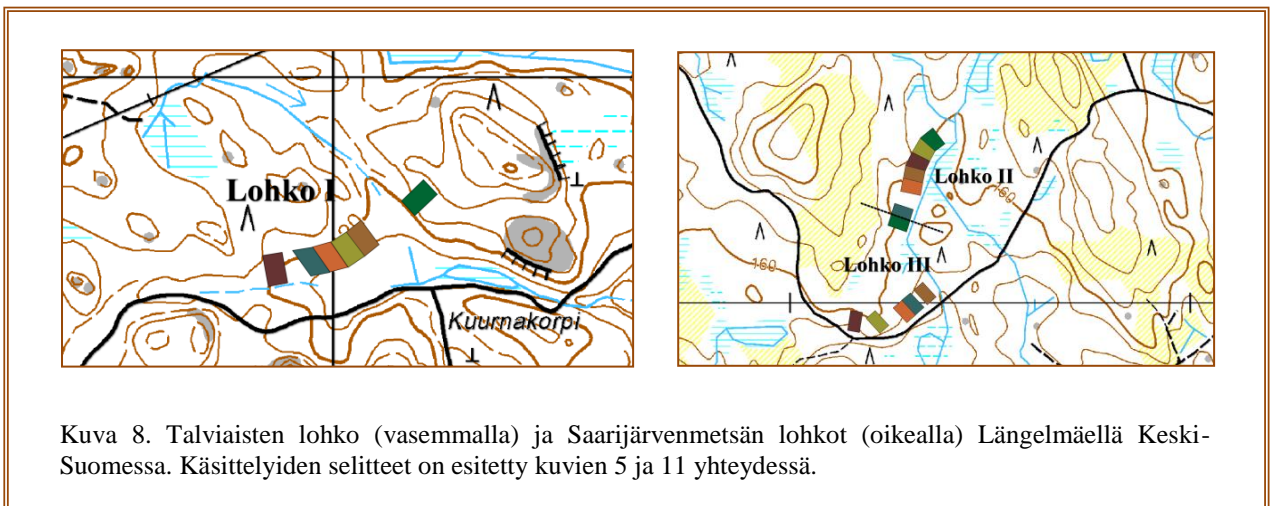
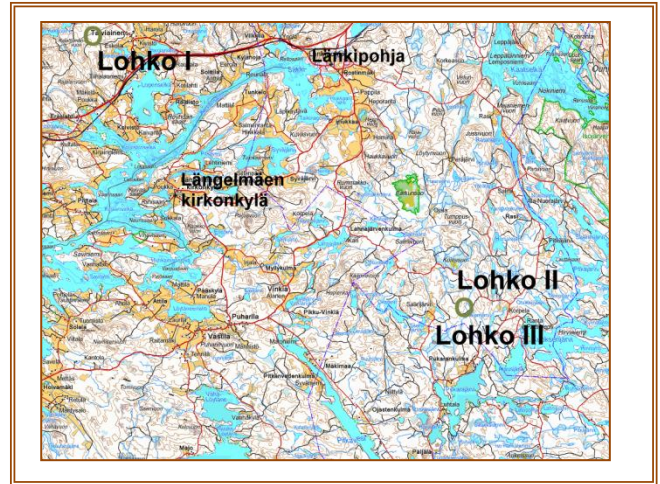
2.1.3 Keski-Suomen koekenttä

Sopivien koalueiden löytäminen Keski-Suomesta osoittautui varsin hankalaksi, mutta lopulta alueet saatiin sijoitettua kahteen eri kohteeseen Längelmäelle (kuva 7).

Talviaisen lohko sijaitsee Oriveden kunnan alueella ja Saarijärvenmetsän lohkot Jämsän puolella (kuva 8). Koalueet sijaitsevat UPM-Kymmene Oyj:n maalla.

Koalueet sijaitsevat 120–160 metrin korkeudella merenpinnasta. Kallion syvyys maanpinnasta on 0,9–6,0 ja maalaji on hiekkamoreenia.

Kuva 7. Keski-Suomen koalueen lohkojen sijainti Längelmäellä.

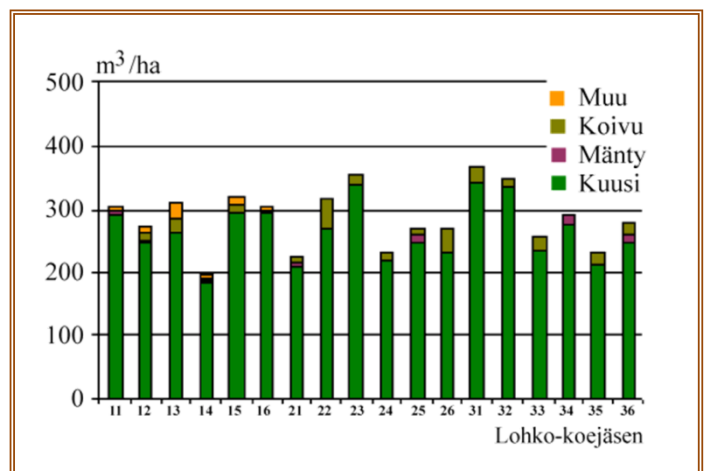


Kuva 8. Talviaisten lohko (vasemmalla) ja Saarijärvenmetsän lohkot (oikealla) Längelmäellä Keski-Suomessa. Käsittelyiden selitteet on esitetty kuvien 5 ja 11 yhteydessä.

Längelmäen koekentän valta-
puuston biologinen ikä ennen
hakkuita oli 78 vuotta.

Puustoa oli keskimäärin 286
 m^3/ha (kuva 9) ja valtapituus oli
keskimäärin 24,8 m. Runkoluku
vaihteli välillä 460–1 393 kpl/ha.

Kuva 9. Runkotilavuus puulajeittain Längelmäen koalueella ennen hakkuita.

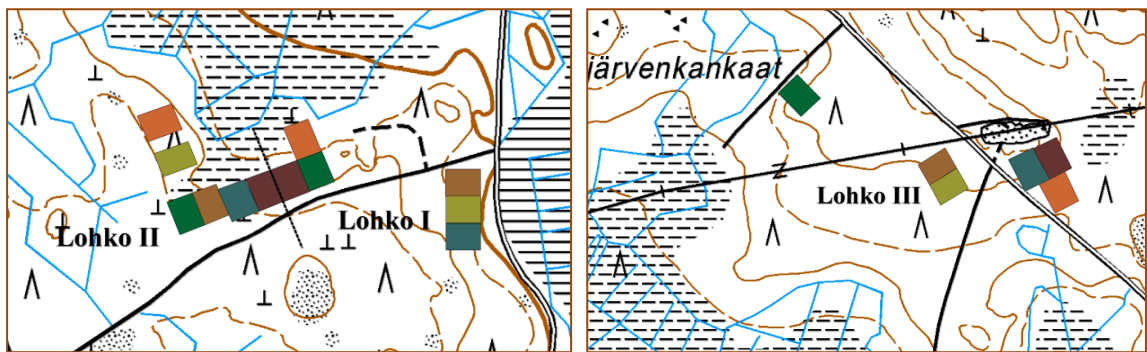


2.1.4 Etelä-Suomen koekenttä

Etelä-Suomen koekenttä sijaitsee Anjalankosken kunnan pohjoisosassa Kymenlaaksossa Salpausselän alueella (kuva 10). Lohkoja on neljä (kuva 11).

Koealue on kokonaisuudessaan UPM-Kymmene Oyj:n maalla. Koealueen korkeus on noin 60 m merenpinnasta. Pohjakallion syvyys maanpinnasta on välillä 0,6–5,0 m ja maalaji on hieka-silttimoreenia.

Kuva 10. Etelä-Suomen koealueen sijainti Anjalankoskella.

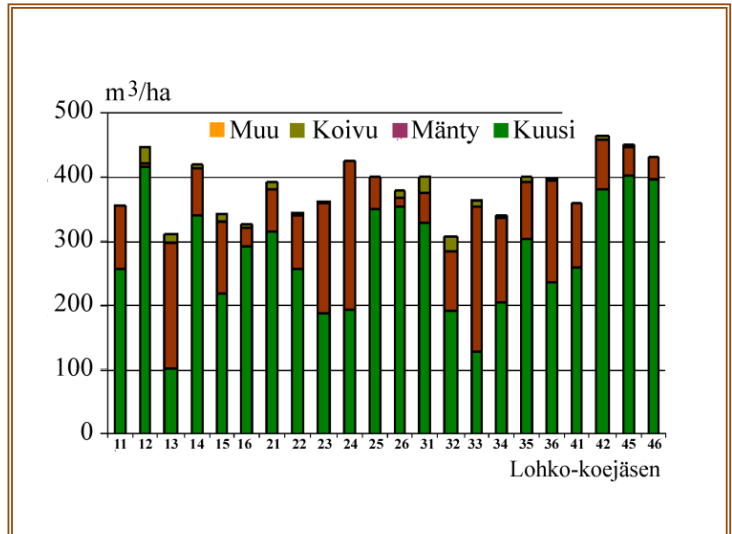


- Hakkaamaton metsä (kontrolli)
- Avohakkuu
- Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus
- Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus
- Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus
- Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus

Kuva 11. Etelä-Suomen koealueen lohkot 1-4 Anjalankoskella.

Anjalankosken koalueen valta-
puuston biologinen ikä ennen hak-
kuuta oli 92 vuotta. Puustoa oli
keskimäärin 380 m³/ha (kuva 12)
ja puuston valtapituus oli 26,9 m.
Hehtaarikohtainen runkoluku vaihteli
välillä 430–1 245 kpl/ha. Anjalankosken
koalueen lohkoilla oli muihin koalueisiin
verrattuna runsaasti mäntyä, keskimäärin 25 %
puuston tilavuudesta.

Kuva 12. Runkotilavuus puulajeittain
Anjalankosken koalueella.



2.2 Valuma-alueet

2.2.1 Kokeiden perustaminen

Valuma-aluekohtaisessa tutkimuksessa hyödynnetään 1990-luvulla ”Hakkuun ja maamuokkauksen vesistövaikutukset” -hankkeen yhteydessä perustettuja koaloja. Sopivia tutkimuskohteita etsittäessä kriteereinä oli, että niiden tuli sijaita koskemattomissa uudistuskypsissä metsissä, joissa tuli olla myös useita pienialaisia veden poistumisuoimia. Valitut tutkimusalueet sijaitsevat Koillismaalla, Kuusamon Oijusluomassa ja Taivalkosken Katajavaarassa. Molemmat alueet ovat pääosin Metsähallituksen hallinnassa.

Sekä Oijusluomassa että Katajavaarassa tehtiin 1990 -luvulla perusteellinen puusto- ja maaperäkartoitus. Veden ravinnepitoisuuksia sekä valuman määriä seurattiin kaikilta valuma-alueilta vuosien 1992–1994 aikana ja seuranta aloitettiin uudelleen taustatiedon keräämiseksi vuoden 2007 syksyllä.

Molemmilta alueilta otettiin vuoden 2010 aikana käsiteltäväksi yksi valuma-alueista. Loput alueet säilytetään luonnontilaisina verrokkialueina. Tutkimuksessa selvitetään metsänuudistamistoimenpiteiden vaikutusta valuman määrään, laatuun ja valuma-aluekohtaisiin ainetaseisiin. Samalla tutkitaan myös suojavyyhykkeiden toimivuutta vesistövaikutusten vähentämisessä.

Koalatyöt aloitettiin Katajavaaran ja Oijusluoman valuma-alueilla syksyllä 2010 ainespuun korjuulla ja kantojen nostolla. Molemmat käsitellyt alueet on muokattu ja istutettu kuuselle syksyn 2011 aikana. Käytännön perustamistoimista valuma-alueilla on vastannut Metsähallitus, ja osa töistä on tehty Oulun seudun ammattiopiston Taivalkosken yksikön metsäkoneenkuljetuksen koulutusohjelman opiskelijoiden toimesta.

Käsitellyille Oijusluoman valuma-alueelle 1 ja Katajavaaran valuma-alueelle 10 on asennettu syksyn 2010 aikana sääasemat, jotka mahdollistavat jatkuvan ilman- ja maaperän lämpötilan sekä sadannan seurannan.

2.2.2 Kuusamon Oijusluoman tutkimusalue

Oijusluoman tutkimusalue sijaitsee Maanse-län korkealla vedenjakaja-alueella Kuusa-mossa (kuva 13). Oijusluomassa on kuusi va-luma-alueita, joista viidelle on sijoitettu mit-tapato. Alueiden yhteispinta-ala on 289 ha ja niiden korkeus merenpinnasta on 290–370 metriä.

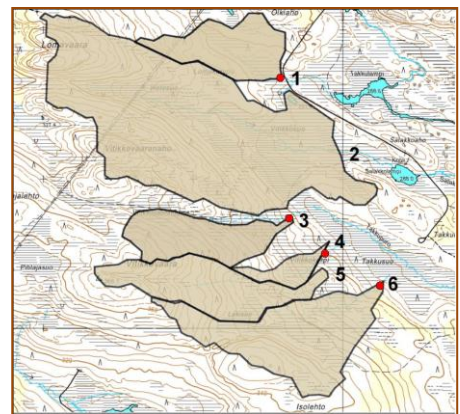
Oijusluoman tutkimusalueelta valittiin käsi-teltäväksi valuma-alue 1 (kuva 14), jonka ko-konaispinta-ala on 25 hehtaaria. Alueen maa-laji on hieta- tai hiekkamoreenia (Kubin ym. 1994).

Käsiteltävän alueen koko on 12,6 hehtaaria. Alueen koealatyöt on tehty Metsähallituksen ohjeistuksen mukaisesti eli samoin kuin käy-tännön metsätaloudessa toimitaan. Puron ympärille on jätetty lakisääteinen käsittele-mätön suojavyöhyke. Latvusmassan on an-nettu kuivua vuoden ajan palstalla olevissa kasoissa, josta ne on ajettu syksyllä 2011 tien varteen. Samoin on toimittu myös alueelta nostettujen kantojen kanssa.

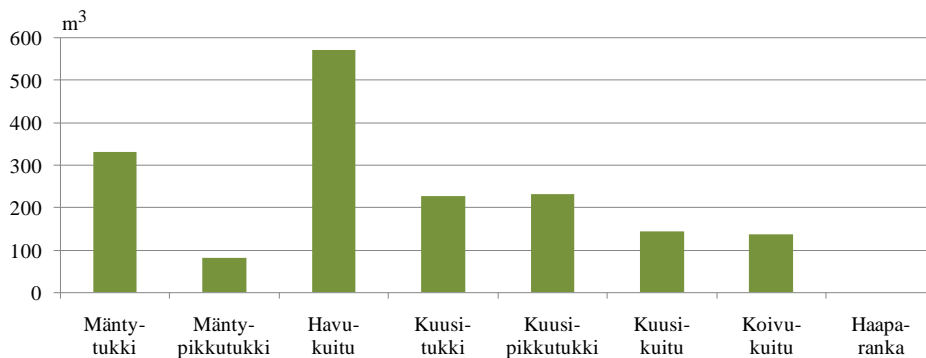
Alueen puuston määrä mitattiin hakkuun yh-teydessä. Käsitellyn alueen kokonaispuuston määrä oli 1 725 m³ eli keskimäärin puustoa oli 137 m³/ha. Alueelta poistetun puuston määrä puutavaralajeittain on esitetty kuvassa 15.



Kuva 13. Kuusamon Oijusluoman tutkimusalueen sijainti.



Kuva 14. Oijusluoman valuma-alueet. Mittapadot on merkitty karttaan punaisella.



Kuva 15. Puutavaralajeittainen hakkuupoistuma Oijusluoman valuma-alueelta 1.

2.2.3 Taivalkosken Katajavaaran tutkimusalue

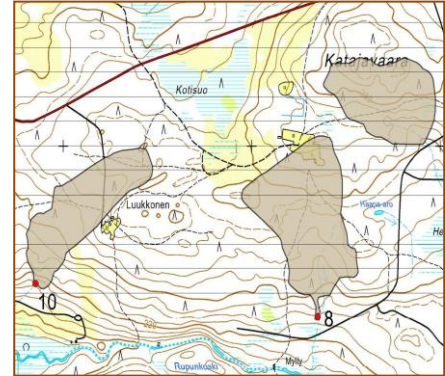
Katajavaaran tutkimusalue sijaitsee Taivalkosken kunnan etelä laidalla (kuva 16). Alueella on kolme valuma- aluetta, joista kahdella on käytössä mittapato.

Valuma- alueiden yhteispinta- ala on noin 58 hehtaaria, topografinen korkeus vaihtelee välillä 210–287 m mpy ja maalaji on pääasiassa hieta- ja hiekkamoreenia (Kubin ym. 1994).

Katajavaarasta valittiin käsiteltäväksi valuma- alue 10 (kuva 17). Alueen kokonaispinta- ala on noin 13 hehtaaria, josta käsiteltiin 4,5 hehtaaria.

Koelatyöt on suoritettu Katajavaaran alueella normaalikäytäntöjä intensiivisemmin, jotta on saatu luotua vertailuasetelma vesistönsuojelutoimenpiteiden merkityksen tutkimiseksi. Alueelta virtaavan puron ympärille ei jätetty suoja- vyöhykettä eli käsittelyt on tehty puroon saakka. Latvusmassa ja kannot ajettiin välittömästi hakkuun ja kantojennoston jälkeen pois alueelta.

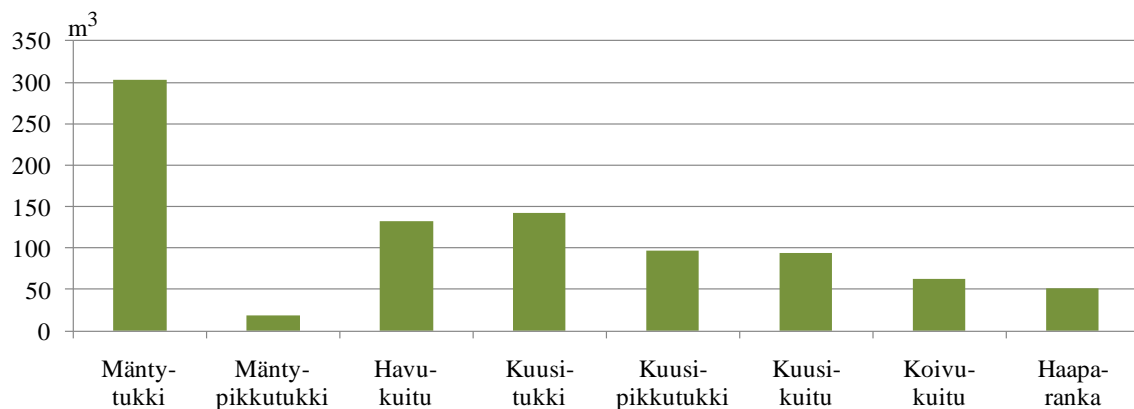
Puusto määrä mitattiin hakkuun yhteydessä. Puustoa oli käsitellyllä alueella yhteensä 900 m³ ja keskimäärin poistettua puustoa oli 200 m³/ha hehtaarilla. Alueelta poistetun puuston määrä puutavaralajeittain jaoteltuna on esitetty kuvassa 18.



Kuva 16. Taivalkosken Katajavaaran tutkimusalueen sijainti.



Kuva 17. Taivalkosken Katajavaaran valuma-alueet.



Kuva 18. Puutavaralajeittainen hakkuupoistuma Katajavaaran valuma-alueelta 10.

3 Aineisto ja menetelmät

3.1 Mittaukset pohjavesikoealoilla

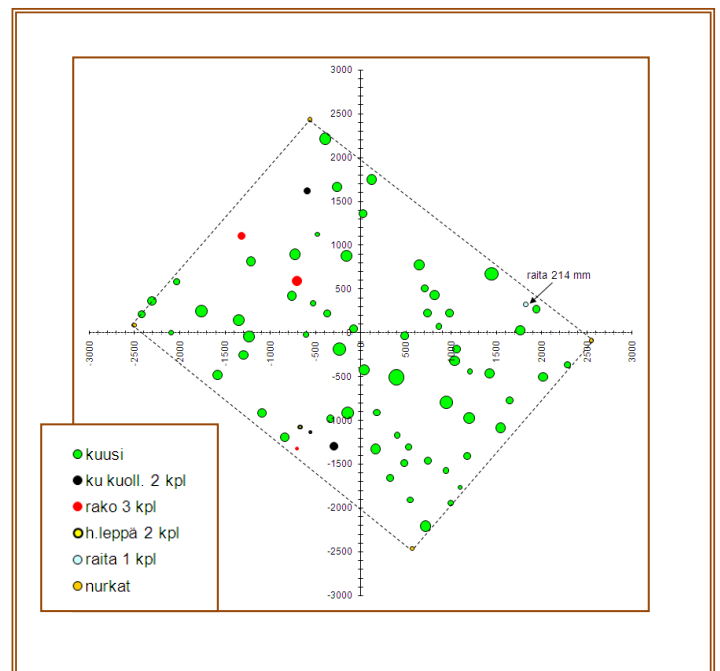
3.1.1 Puusto

Pohjavesikoealojen puusto mitattiin kasvukauden jälkeen vuonna 2006. Puustotunnuksista laskettiin mm. runkotilavuus, runkoluku ja valtapituus puulajeittain. Valtapuuston biologinen ikä selvitettiin kairaamalla koekenttien kaikilta koejäseniltä kuusen valtapuuston koepuita ja lisäämällä niiden rinnankorkeusikään 10 vuotta.

3.1.2 Kannot

Kantoja nostettiin kaikkien koekenttien käsittelyiltä 5 ja 6 (taulukko 1) kevään 2008 aikana. Ennen nostoa kannoista mitattiin korkeus ja läpimitta, ja niiden sijainti kartoitettiin koealan keskipisteestä suunnan ja etäisyyden avulla (kuva 19). Koealoille jätettävien kantojen määrä käsittelyllä 5 määriteltiin UPM:n suositusten (25 kpl/ha) ja koealojen runkolukujakauman perusteella. Koealojen yläpuolelta ja reunoilta (10 m) ei nostettu kantoja.

Kuva 19. Esimerkki kantojen kartoituksesta: Längelmäen koealue lohko 1, koejäsen 6. Loput kantokartat on esitetty liitteessä 1.



Kannot pilkottiin nostokoneella koealoille kasoihin kuivumaan, josta ne kuljetettiin muuttaman viikon kuluttua aumoihin läheisien teiden viereen. Kivesvaaran kannot ovat edelleen tienvarsiaumoissa, muilla koepaikkakunnilla ne ajettiin pois jo vuoden 2009 aikana.

3.1.3 Latvusmassa

Latvusmassaa kerättiin eriasteisesti koejäseniltä 4, 5 ja 6 (taulukko 1) heti hakkuun jälkeen syksyllä 2007. Koealoille jätettävä latvusmassa määritettiin laskennallisesti koeruu- duittain kokonaispuuston keskitilavuuden mukaan. Koejäsenillä 2 ja 3, joilla latvusmassaa ei kerätty, latvusmassa levitettiin motolla mahdollisimman tasaisesti hakkuun yhteydessä.

Eri koejäsenille jääneiden hakkuutähteiden määrä ja koostumus selvitettiin latvusmassanäytteiden avulla. Kultakin käsittelyltä kerättiin seitsemän näytettä systemaattisesti sijoitetuista pisteistä. Näytteitä kerättiin Paltamossa kaikilta koejäseniltä (2, 3, 4, 5, 6) ja muilla koealueilla vain koejäseniltä 6.

Näytteiden otossa käytettiin apuna ympyrän muotoista kehikkoa, jonka pinta-ala oli 0,5 m² (kuva 20). Kehikko sijoitettiin näytteenottopisteen päälle ja tähteet leikattiin pystysuunnassa oksasaksilla poikki kehän ulkoreunaa myöten kiertäen. Näytempussiin laitettiin kaikki materiaali, joka oli kehikon sisäpuolella ja peräisin kaadetuista puista.

Näytteet kuivattiin Muhoksen toimintayksikön laboratoriossa ja Paljakan ympäristönäytepankissa. Lämpötila kuivauksessa oli 60 °C ja näytteitä kuivattiin noin 5–10 päivää. Kuivauksen jälkeen näytteistä mitattiin kuivapaino, jonka perusteella laskettiin koko koejäsenen keskimääräinen latvusmassamäärä. Kaikkien koekenttien koejäseniltä 6 kerätyt näytteet eroteltiin vielä kuivauksen jälkeen ositteisiin latvusmassan koostumuksen selvittämistä varten.

Kuva 20. Latvusmassanäytteiden keruu.
Kuva: Reijo Seppänen.



3.1.4 Maanpinnan rikkoontuminen eri käsittelyillä

Koekenttien viljelyn jälkeen koejäsenillä 3–6 (taulukko 1) tehtiin inventointi, jossa selvitettiin uudistamisen yhteydessä rikkoutuneen maanpinnan ja koskemattomaksi jääneen maanpinnan osuudet. Inventointiluokat olivat: 1) koskematon maa, 2) telan rikkoma maa, 3) kannonnoston tai muun tekijän aiheuttama irtonainen humuspaakku, 4) kannon noston aiheuttama paljas kivennäismaa, 5) laikkumätäs, 6) laikkukuoppa ja 7) laikkumättään teon yhteydessä rikkoontunut pinta.

Luokittelu tehtiin koealalle systemaattisesti sijoitetuista pisteistä, joita oli 100 kpl/koeala. Mittauspisteet määritettiin kaivolinjan yläpuolisella koealan osalla kaivolinjan suuntaisten (10 kpl) ja kohtisuoraan sitä vastaan (10 kpl) tasavälein sijoitettujen linjojen leikkauskohtiin.

Paltamon koealueella selvitettiin myös nostettavan kannon koon vaikutusta maanpinnan rikkoutumiseen ja istutuspaikkojen muodostumiseen. Selvitystä varten käsittelyiden 5 ja 6 reunoilta valittiin yhteensä 48 kpl eri kokoa olevaa, yksittäistä kuusen kantoa. Kantojen nostamisen jälkeen rikkoutuneen maan pinta-ala mitattiin kannon sijaintikohdalta ja laskettiin siinä olevat potentiaaliset istutuskohdat.

3.1.5 Pohjaveden laadun ja määrän seuranta

Hakkuutähteiden keruun ja erityisesti kantojen noston vaikutusta ravinteiden kiertoön tutkitaan pohjavesikaivoista otettavien näytteiden avulla. Pohjavesinäytteiden taustaineiston kerääminen aloitettiin heti kaivojen asennuksen jälkeen ennen hakkuuta, vuoden 2006 aikana. Keruuta on jatkettu neljä kertaa vuodessa, keväällä, kesällä ja syksyllä.

Veden laatuun liittyvä seuranta toteutetaan samoilla yleisesti vesianalytiikassa käytössä olevilla menetelmillä, joita on pitkään käytetty myös pohjaveden laadun seurannassa. Näytteistä tutkitaan sähkönjohtokyky, pH, väri, kiintoaine, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, P-tot, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ja Al. Alkuainepitoisuudet määritetään atomiabsorptiospektrometrisesti joko liekkimenetelmällä (FAAS) tai liekittömällä menetelmällä (GF-AAS). Elohopea määritetään kylmähöyrymenetelmällä käyttäen atomifluoresenssitetektoria (CV-AFS). Kokonaisfosfori määritetään peroksidisulfaattihajotuksen jälkeen spektrofotometrisesti molybdaattimenetelmällä (SFS 3026). Näytteet analysoitiin vuoden 2011 loppuun saakka Muhoksen toimipaikan laboratoriossa ja vuodesta 2012 eteenpäin Oulun Lynet-laboratoriossa.

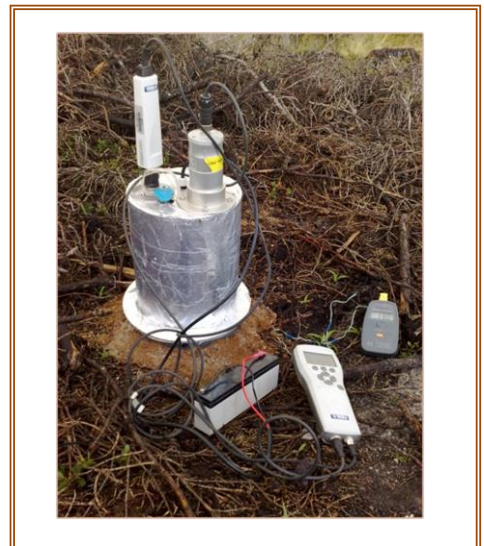
3.1.6 Hiilivuotutkimus

Hiilivuotutkimuksen tarkoituksena on selvittää hakkuutähteiden korjuun ja kantojen noston vaikutusta maasta vapautuvan hiilidioksidin määrään ($\text{g CO}_2 \text{ m}^2 \text{ h}^{-1}$). Hiilivuon mittaus aloitettiin vuonna 2007 ennen koealojen käsittelyjä, eli tilanteessa, jossa kaikilla koealoilla kasvoi vielä hakkuussa myöhemmin poistettu puusto. Näitä käsittelyjä edeltäneiden havaintojen avulla voidaan varmistaa, että koealat olivat ennen hakkuuta toistensa kaltaisia eivätkä kokeessa havaitut erot johdu hakkuuta edeltäneistä kasvupaikkojen välisistä eroista.

Vuosittaisilla mittauksilla selvitetään, miten käsittelyt vaikuttavat maahengityksen määrään hakkuuta ja käsittelyjä seuraavien vuosien aikana. Mittauksia tehdään koejäseniltä 1, 3, 4, 5 ja 6 (taulukko 1). Mittauskohdat valittiin häiriintymättömältä, häiriintyneeltä ja käännettyltä maalta sekä isoilta ajourilta. Mittauspisteiden paikat, vähintään 36 kpl/lohko on määritelty systemaattisesti koealoilla sijaitsevien kaivolinjojen avulla.

Mittaus suoritetaan pleksistä valmistetun pimenneen kammion avulla (kuva 21). Kammion CO_2 -pitoisuuden muutoksen avulla lasketaan maasta tuleva hiilivuoto. Laskennassa hyödynnetään myös muuta mittauksen yhteydessä kerättävää dataa, jota ovat mm. kosteus- ja lämpötilatiedot, ilmanpaine, pinnanmuoto- ja kasvillisuustiedot ja mittauspisteen läheisyyden (<7 m) puusto- ja kantotiedot. Kammiomittauksen lisäksi tehdään jokaisella koealueella vuosittain muutamia mittauksia myös latvussmassakasojen päältä tarkoitukseen valmistetun mittausteljän avulla.

Kuva 21. CO_2 -mittauskammio. Kuva Tanja Murto.



3.1.7 Kasvillisuuden sukkessio

Kasvipeiteanalyysimenetelmällä seurataan kasvilajeja ja niiden runsaussuhteiden muutoksia sekä kasvillisuuden palautumista eri menetelmin käsitellyille koealoille. Inventoinnit tehdään kaikilta käsittelyiltä ja vertailualueina käytetään käsittelemätöntä kontrolia.

Alkuvaiheen inventoinnit on tehty vuosina 2007 ja 2009. Kaikille koealoille perustettiin kesällä 2007 ennalta määrättyihin pisteisiin viisi 1 m² kasvillisuusruutua, joista kasvillisuuden peittävyys arvioitiin lajeittain visuaalisena prosenttipeittävytenä. Alkuperäisiä kasvillisuusruutuja ei merkitty maastoon, koska merkit olisivat tuhoutuneet kantojen noston ja hakkuutähteiden poiston yhteydessä. Pysyvät kasvillisuusruudut perustettiin toisella inventointikerralla vuonna 2009. Kasvipeitteen arviointiruutuja on jokaisella koealueella 120 kpl.

3.1.8 Taimettumisen seuranta

Taimien alkukehitystä seurataan vuosittain tehtävillä taimi-inventoinneilla. Käsittelyille 3, 4, 5 ja 6 (taulukko 1) on perustettu kullekin kaksi pysyvää 1,5 aarin ympyräkoelaa. Taimet karotetaan suunnan ja etäisyyden avulla ja inventoidaan taimen elossaolo, kunto ja pituus. Samalla kirjataan ylös myös luontaisesti syntyneiden, 50 cm:n säteellä istutustaimesta sijaitsevien taimien keskipituus ja lukumäärä.

Kuva 22. Mättään koon määrittely.

Kuva: Tanja Murto.



Ensimmäisellä inventointikerralla mitattiin myös kunkin seurattavan taimen mättään koko (kuva 22) ja maalajite, sekä myös ympyräkoelalla olevien kantojen korkeus, läpimita, suunta ja etäisyys ympyräkoelalan keskipisteestä. Seurannassa olevia taimia on yhteensä yli 2 000 kappaletta.

3.1.9 Juuristotutkimus

Mykorritsasieniyhteisötutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten kantojennosto vaikuttaa varhaiskehitysvaiheessa olevien taimien mykorritsalajistoon ja onko lajiston monimuotoisuudella vaikutusta taimien kasvuun ja kehitykseen. Tutkimusta varten on perustettu koejärjestely, joissa tutkitaan mykorritsasieniyhteisöjen rakennetta ja mahdollisia muutoksia ns. taimikokeen avulla.

Koejärjestelyssä valituille käsittelyille on istutettu pottiputkella muokkaamattomaan maanpintaan ja mättäälle 4 kpl kuusentaimia neljään eri kohtaan. Tutkimusta varten taimia nostettiin koeruuduilta syyskuussa 2011. Taimista mitataan kasvuparametrit ja juuristosta selvitetään sieniyhteisön rakenne molekyylibiologisista menetelmin.

3.1.10 Maaperäeläintutkimus

Maaperäeläintutkimuksen tavoitteena on selvittää kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun vaikutusta maaperäeläinten lajistoon sekä runsaudenvaihteluun.

Maaperänäytteet änkyrimatojen ja mikro- sekä makroniveljalkaisten lajiston ja runsauden selvittämiseksi kerättiin Keski-Suomen koekentältä (Lohkot I ja II) ensimmäisen kerran syksyllä 2007. Toinen näytteiden keräys tehtiin syksyllä 2008 kaikilta kolmelta Keski-Suomen koekentän lohkolta. Änkyrimato ja mikroniveljalkaisia varten otettiin kultakin koejäseneltä viisi maanäytettä putkikairalla (25 cm²) rikkoutumattomasta eloperäisestä kerroksesta ja makroniveljalkaisia varten otettiin kultakin koejäseneltä kolme näytettä (25cm × 25cm) petkeleellä. Näytteenottopisteet sijoitettiin alkavaksi keskimmäisestä pohjavesikaivosta siten, että ne olivat kohtisuoraan pohjavesikaivojen linjan suhteen.

Änkyrimatojen erottelu tehtiin märkäsupilomenetelmällä, minkä jälkeen änkyrimatojen lukumäärät laskettiin. Mikroniveljalkaisten erottelu tehtiin ns. high-gradient laitteella ja makroniveljalkaisnäytteiden erottelu isosupilomenetelmällä. Mikro- ja makroniveljalkaisnäytteiden lajiston tunnistaminen on vielä kesken, joten niiden osalta tulokset eivät ole vielä käytössä. Tässä raportissa keskitytään vain änkyrimatojen runsauden vaihteluun Keski-Suomen koekentällä.

3.2 Mittaukset valuma-alueilla

3.2.1 Puusto, kannot ja latvusmassa

Valuma-alueiden hakkuut tehtiin elokuussa 2010. Puusto mitattiin hakkuun yhteydessä puutavaralajeittain ja kuvioittain. Poistettavan kantobiomassan ja latvusmassan määrä punnittiin molemmilla käsitellyillä valuma-alueilla lähikuljetuksen yhteydessä traktorin kuormavaa'alla. Katajavaarassa punnitus tehtiin tuoreille kannoille ja latvusmassalle, Oijusluomassa sekä kannot että latvusmassa ehtivät metsänhoitosuosituksen mukaisesti kuivua vuoden kasoissa palstalla ennen poisajoa ja punnitusta.

3.2.2 Pintaveden laadun ja valuman seuranta

Valuma-aluekohtaisen tutkimuksen lähtötilanteeseen liittyvä vesinäytteiden kerääminen ja vedenpinnan korkeudenvaihteluiden seuranta aloitettiin vuoden 2007 lopulla Katajavaarassa kahdella ja Oijusluomassa neljällä valuma-alueella.

Vedenpinnan tason seuranta on toteutettu limnigrafien (kuva 23) avulla Oijusluoman valuma-alueen mittapadoilla 1, 3, 4 ja 6, sekä Katajavaaran padoilla 8 ja 10. Mittauksen automatisoimiseksi ja luotettavuuden parantamiseksi hankittiin syksyllä 2010 sekä Oijusluoman mittapadoille 1 ja 4, että Katajavaaran mittapadolle 10 automaattitoimiset virtaamamittarit.



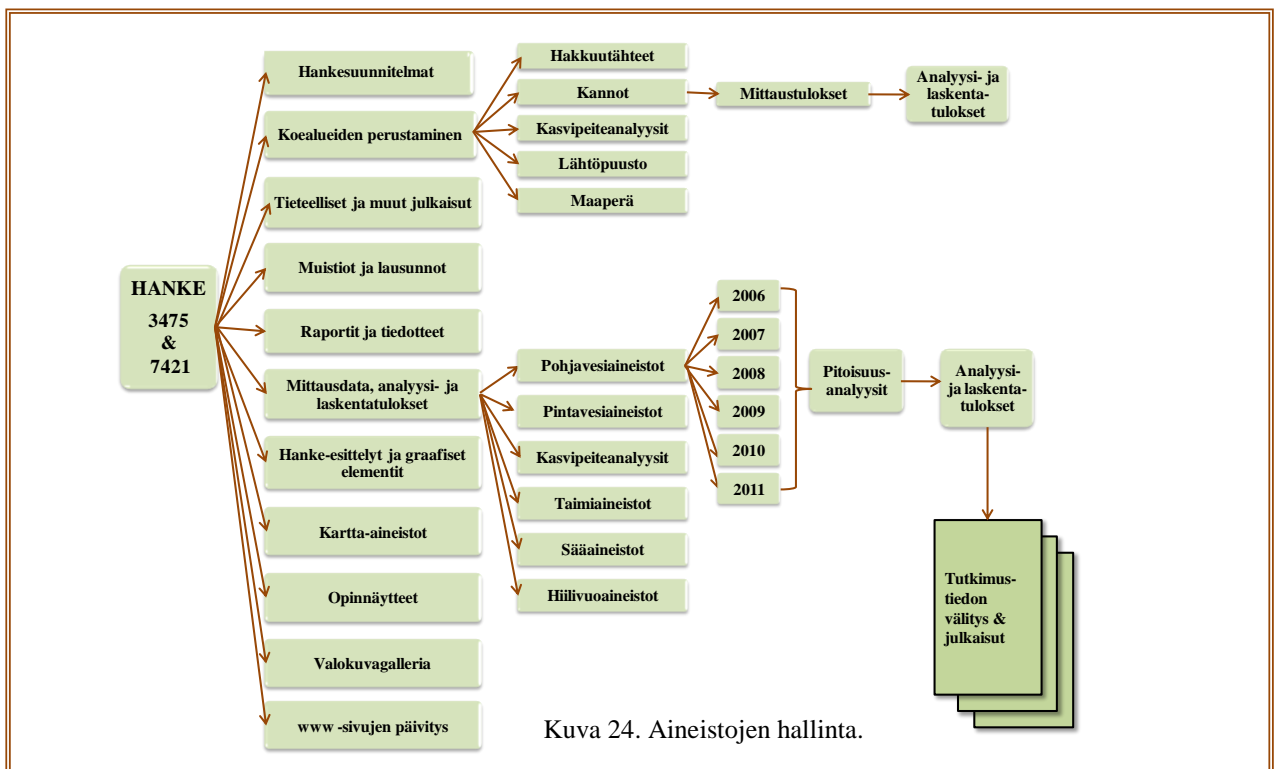
Kuva 23. Mittapato ja limnigrafi.
Kuva: Ari Kokko.

Ravinnepitoisuuksien määrittämistä varten tarvittavia vesinäytteitä kerätään yhteistyössä Oulun yliopiston Oulangan tutkimusaseman kanssa. Vesinäytteet kerätään kerran kuu-kaudessa, poikkeuksena tulvakuukaudet (huhti- ja toukokuu sekä syys- lokakuu), jolloin näytteitä kerätään kahden viikon välein. Näytteet analysoidaan Muhoksen toimipaikan laboratoriossa ja niistä määritetään sähkönjohtokyky, pH, väri, kiintoaine, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$, P-tot, Na, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu ja Al. Alkuainepitoisuudet määritetään atomiabsorptiospektrometrisesti joko liekkimenetelmällä (FAAS) tai liekittömällä menetelmällä (GF-AAS). Kokonaisfosfori määritetään peroksidisulfaattihajotuksen jälkeen spektrofotometrisesti molybdaattimenetelmällä (SFS 3026).

3.3 Aineistot

Hankkeessa on useita osa-alueita ja jokaisesta kertyy hankkeen aikana paljon monentyyppisiä aineistoja. Tutkimuksen luotettavuuden ja aineistojen käytettävyyden varmistamiseksi on tärkeää, että tiedot on koottu järjestelmällisesti.

Tämä on toteutettu siten, että hankkeessa kertyvät mittaus-, analyysi- ja laskentatulokset, kirjalliset tuotokset sekä kaikki muu hankkeeseen liittyvä aineisto on koottu hallituksi kansiorakenteeksi ja sijoitettu verkkolevyille hankkeen toimijoiden saataville (kuva 24).



Kuva 24. Aineistojen hallinta.

Kertyvät aineistot on jaoteltu pääkansioihin aineistotyyppin mukaisesti. Esimerkiksi hankkeen koekentiltä perustamisvaiheen jälkeen inventoidut mittausdatat ja niistä tehdyt laskelmat sekä analyysit kootaan samaan kansioon, jossa ne on jaoteltu hankkeen eri osa-alueiden mukaisesti. Kunkin osa-alueen vuosittain kertyvät uudet aineistot kootaan omiin alikansioihinsa.

Selkeästi järjestellyistä aineistoista on vaivatonta koostaa esityksiä tutkimustiedon välitystä varten sekä tuottaa julkaisuja hankkeen loppuvaiheessa.

4 Tuloksia

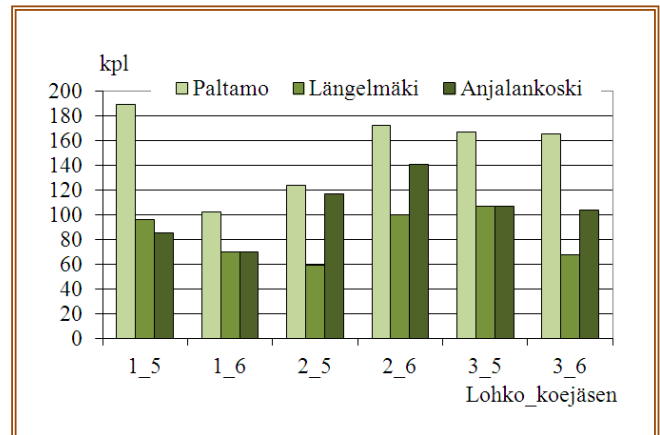
4.1 Pohjavesikoealojen tuloksia

4.1.1 Kantojen ja kantobiomassan määrä

Kantojen lukumäärä inventoitiin jokaisen koalueen koejäseniltä 5 ja 6 (koejäsentely taulukossa 1). Koekenttien lohko- ja koejäsenkohtaiset kantomäärät on esitetty kuvassa 25.

Kantobiomassan määrä selvitettiin laskennallisesti kaikilta koejäseniltä, joilta kantoja oli nostettu. Käsittelykohtaiset kantotilavuudet (taulukko 3) laskettiin koalojen puuston runkotilavuuksien avulla. Myös nostetusta kantomäärästä saatavan kantohakkeen massa ja lämpöarvo (MWh) määritettiin koalueittain (taulukko 4).

Kuva 25. Kantojen lohko- ja koejäsenkohtainen lukumäärä koalueittain.



Taulukko 3. Koalue- ja käsittelykohtaiset kantotilavuudet (Hukkanen 2010).

Laskennallisesti arvioidut kantotilavuudet, m ³ / ha								
	Lohko 1		Lohko 2		Lohko 3		Lohko 4	
	Käsittely 5	Käsittely 6	Käsittely 5	Käsittely 6	Käsittely 5	Käsittely 6	Käsittely 5	Käsittely 6
Anjalankoski								
Nostetut	56,5	71,5	90,5	87,5	84	88	78	34
Maahan jätetyt	4		4		7		5	
Längelmäki								
Nostetut	58,7	80,7	41	46,5	45,3	58		
Maahan jätetyt	3,3		0,5		2			
Kivesvaara								
Nostetut	45,5	58	83	82	80	79,6		
Maahan jätetyt	2,5		2,5		6			

Taulukko 4. Koaluekohtaiset kantokertymät ja lämpöarvot (Hukkanen 2010).

Koaluekohtaiset kantokertymät ja lämpöarvot kuivatuoreille kannoille								
Koalue	Kuivamassa, t				Lämpöarvo, MWh			
	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yht.	Mänty	Kuusi	Lehtipuu	Yht.
Paltamo	0,27	37,36	0,69	38,32	1,44	197,88	3,57	203
Längelmäki	0,36	22	1,39	23,75	1,94	116,6	7,22	126
Anjalankoski	7,68	48,31	0,43	56,43	41,49	256,07	2,23	300

Eri koalueilta nostettujen kanto- ja juuripuiden kertymäärät olivat hyvin erikokoisia johtuen mm. puuston järeyseroista, puulajisuhteista ja vaihtelusta kokonaispinta-aloissa (Hukkanen 2010). Paltamosta nostetun kanto- ja juuripuun kertymäksi arvioitiin 88 m³. Kannoista 96 % oli kuusta, mäntyä 1 % ja lehtipuuta 3 %. Anjalankoskella kertymä oli runsain, 130 m³. Määrästä 85 % oli kuusta, 14 % mäntyä ja lehtipuuta 1 %. Längelmäellä kertymä oli 54 m³, josta kuusta 91 %, mäntyä 1 % ja lehtipuuta 9 %.

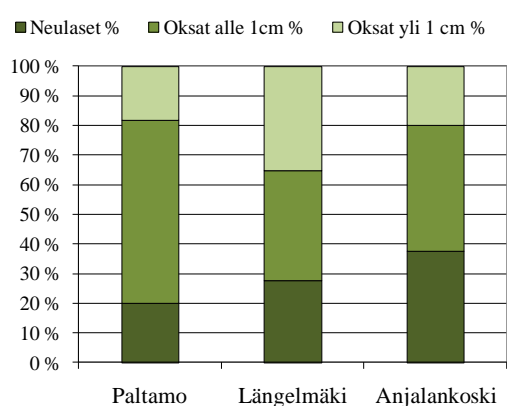
4.1.2 Latvusmassan määrä, laatu ja talteenoton onnistuminen

Latvusmassan määrä mitattiin Paltamon kaikilta käsittelyiltä (käsittelyt taulukossa 1) sekä Längelmäen ja Anjalankosken käsittelyiltä 6. Koealueiden jokaiselta koejäseneltä otettujen seitsemän pisteen punnitustulokset muutettiin hehtaariohtaiseksi. Hehtaariohtaisista painoista laskettiin lohko/koejäsenkohtainen keskiarvo, josta vähennettiin kontrollialueilta mitattu normaali maassa oleva hehtaariohtainen karikemäärä, 1 000 kg/ha. Mitattujen latvusmassan määrien tunnusluvut koealueittain ja käsittelyittäin on esitetty taulukossa 5. Käsittelyiltä 2 ja 3 latvusmassaa ei poistettu lainkaan, joten ne on yhdistetty. Käsittelyiltä 4 ja 5 kerättiin 70 % latvusmassasta, joten niitä tarkastellaan myös yhtenä (Seppänen ym. 2009).

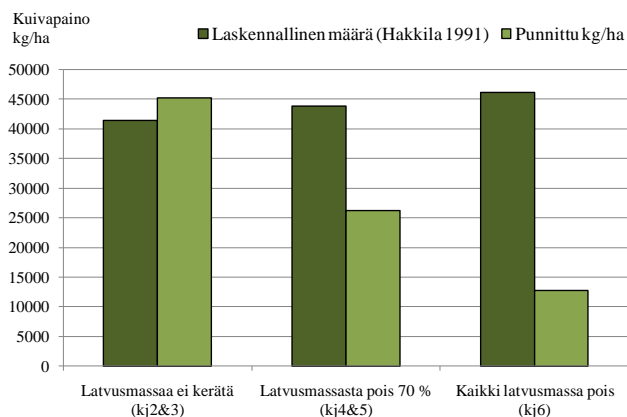
Taulukko 5. Latvusmassan määrä kg ha⁻¹ kuiva-ainetta koealueittain ja käsittelyittäin.

Käsittely	Alue	Mittauspisteitä	Keskiarvo kg ha ⁻¹	Mediaani kg ha ⁻¹	Minimi kg ha ⁻¹	Maksimi kg ha ⁻¹
Latvusmassaa ei kerätty (käsittelyt 2 & 3)	Paltamo	42	45 273	34 035	2 744	170 072
Latvusmassasta kerätty 70 % (käsitt. 4 & 5)	Paltamo	42	26 225	16 570	0	210 623
Kaikki latvusmassa kerätty (käsitt. 6)	Paltamo	21	12 769	10 560	0	49 278
Kaikki latvusmassa kerätty (käsitt. 6)	Längelmäki	21	12 099	9 960	0	34 600
Kaikki latvusmassa kerätty (käsitt. 6)	Anjalankoski	26	25 199	18 530	279	101 040

Maahan jääneen latvusmassan koostumusta tutkittiin sekä Paltamon, Längelmäen että Anjalankosken koejäseniltä 6. Kuivattu latvusmassa eroteltiin ositteisiin, joita olivat neulas, alle yhden senttimetrin paksuiset oksat ja yli yhden senttimetrin paksuiset oksat. Eri koealueiden latvusmassan koostumuksien välillä oli eroja (kuva 26). Kaikilla alueilla alle sentin paksuisia oksia oli kuitenkin latvusmassassa eniten. Paltamossa ja Anjalankoskella yli sentin paksuisia oksia oli vähiten, kun taas Längelmäellä neulasten osuus näytteessä oli pienin. Kaikkien alueiden keskiarvosta alle sentin paksuisia oksia oli keskimäärin 48,2 %, neulasia 28,4 % ja yli sentin paksuisia oksia 23,4 % kuivapainosta.



Kuva 26. Latvusmassan koostumus koealueittain.

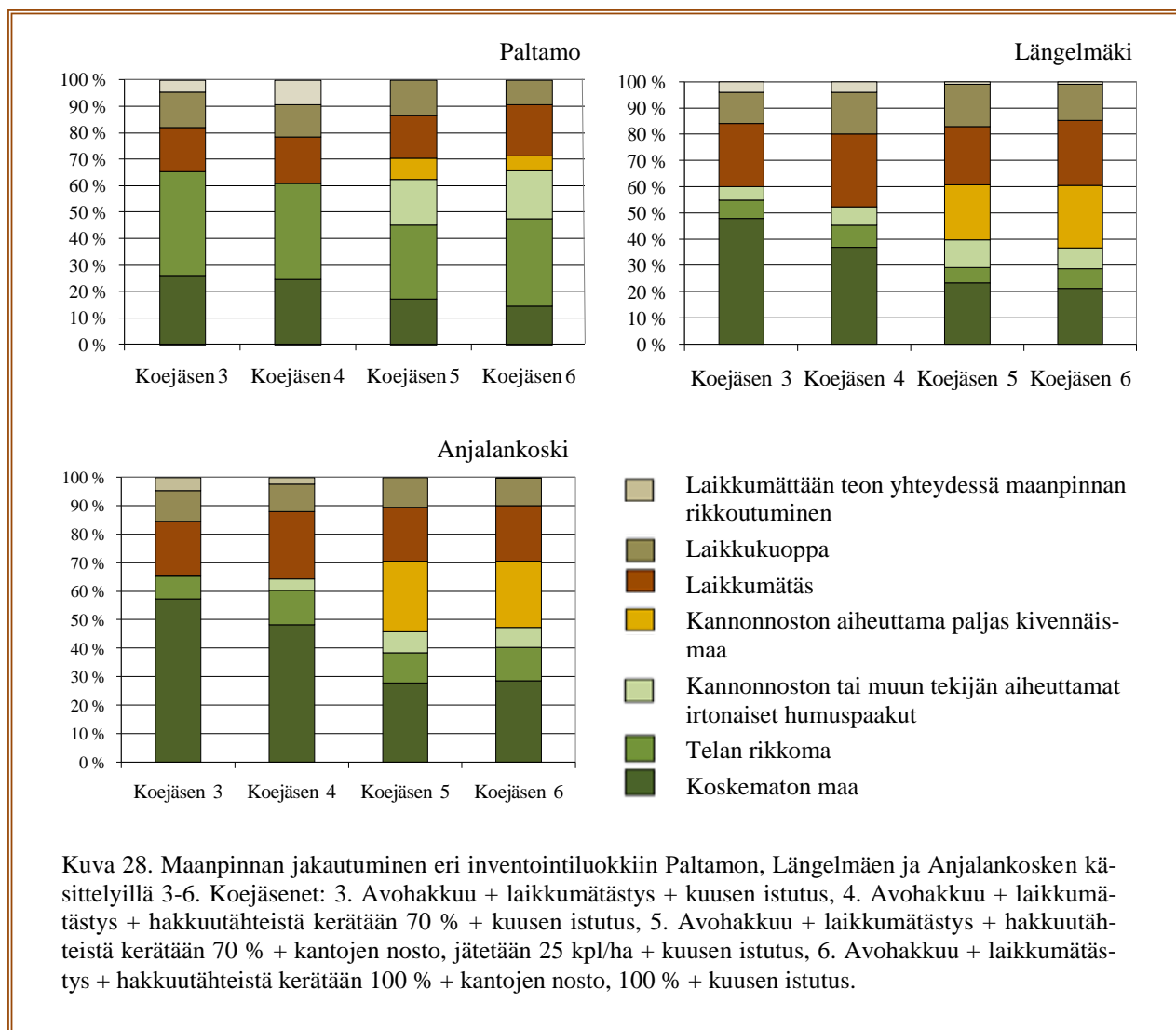


Kuva 27. Latvusmassan laskennallinen ja punnittu määrä.

Uudistusaloille jäänyttä, mitattua latvusmassan määrää vertailtiin myös kirjallisuudessa esitellyillä kertoimilla laskettuihin latvusmassamääriin. Käsittelyiden latvusmassamäärät laskettiin mitatuista kuorellisista runkotilavuuksista Hakkilan (1991) esittämien kertoimien avulla. Laskennallisten ja pois kerättyjen latvusmassamäärien vertailun perusteella maastoon jää tavoitetta huomattavasti suurempi osa latvusmassasta (kuva 27). Tulos oli samansuuntainen kuin aiemmissa tutkimuksissa, joissa on todettu, että latvusmassan tekninen korjuupotentiaali on 70 % eli noin 30 % latvusmassasta jää keräämättä (mm. Laitila ym. 2008, Hynynen 2001, Nurmi 1997, Saksa 2002).

4.1.3 Maanpinnan rikkoontuminen

Ravinnekierron tausta-aineistoksi selvitettiin, minkä verran eri käsittelyt uudistamisen yhteydessä rikkovat maanpintaa ja kuinka paljon maata jää koskemattomaksi. Maanpinnan rikkoontumisen ja koskemattomana säilymisen osuudet laskettiin käsittelykohtaisina keskiarvoina. Jakautuminen eri inventointiluokkiin koealueittain on esitetty kuvassa 28.



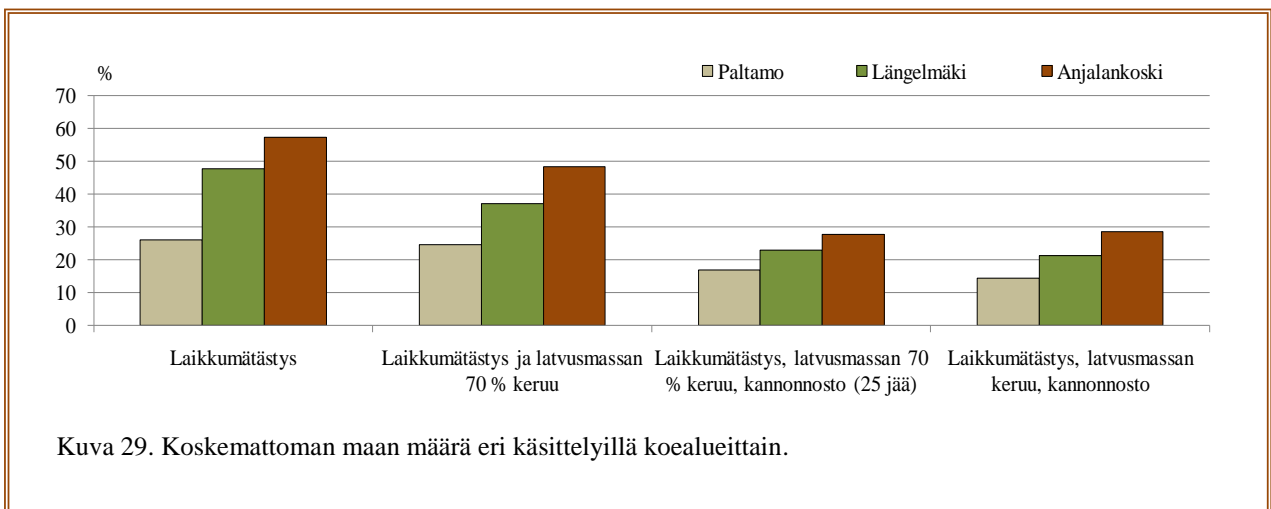
Kuva 28. Maanpinnan jakautuminen eri inventointiluokkiin Paltamon, Längelmäen ja Anjalankosken käsittelyillä 3-6. Koejäsenet: 3. Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus, 4. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus, 5. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus, 6. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus.

Koejäsenillä 3, jossa käsittelyä oli ainoastaan laikkumätästys, koskemattoman maan osuus oli Paltamossa 26 %, Längelmäellä 48 % ja Anjalankoskella 57 %. Koejäsenellä 4, josta kerättiin laikkumätästykseen lisäksi myös 70 % latvusmassasta, koskemattoman maanpinnan osuus oli Paltamon koealueella 25 %, Längelmäellä 37 % ja Anjalankoskella 48 %. Koejäsenien 3 ja 4 tulokset eivät eronneet merkittävästi toisistaan eli hakkuutahteiden keruulla ei ollut suurta vaikutusta maanpinnan rikkoontumiseen.

Koejäsenien 5 ja 6 käsittelet erosivat toisistaan ainoastaan intensiteetin osalta. Koejäseniltä 5 kerättiin 70 % latvusmassasta ja jätettiin 25 kantoa/ha, kun taas koejäseniltä 6 pyrittiin keräämään kaikki latvusmassa ja kaikki kannot pois. Maanpinnan rikkoontumisessa käsittelyillä 5 ja 6 ei ollut merkittävää eroa.

Paltamon koealueen koejäsenillä 5 koskemattomaa maanpintaa oli 17 % ja koejäsenillä 6 vain 14 %. Määrä oli noin puolet vähemmän kuin Anjalankoskella, jossa rikkoontumattomaksi jäi 5 ja 6 käsittelyillä 28–29 %. Längelmäellä rikkoontumaton pinta-ala käsitteilyillä 5 ja 6 oli 21–26 %.

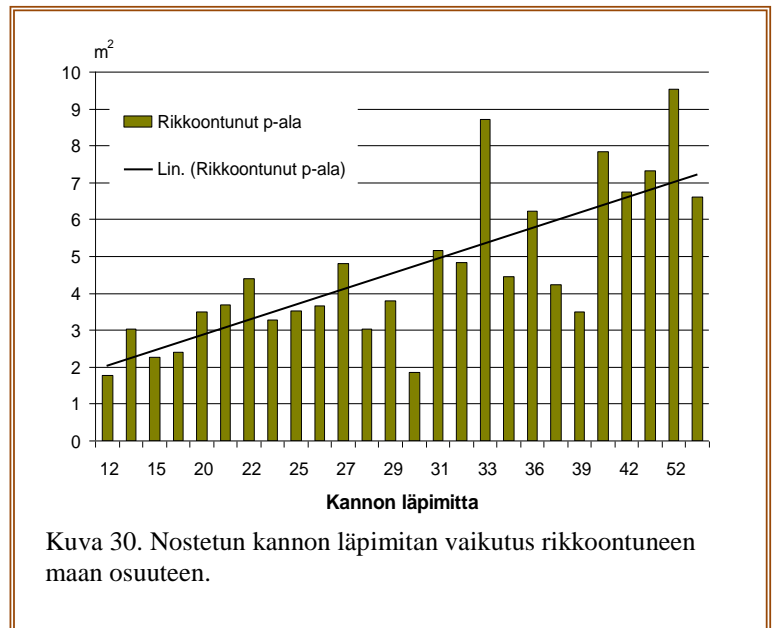
Kokeessa havaitut erot maanpinnan rikkoontumisessa eri koealueiden välillä (kuva 29) johtuvat pitkälti hakkuussa ja käsittelyissä käytettyjen koneiden kokoeroista sekä ajourien erilaisesta sijoittelusta koejäsenille. Paltamon koealueella käytetyt pienemmät koneet lisäsivät ajokertoja alueella, ja koealueen tienläheisyydestä johtuen myöskään varsinaista kokoomauraa ei ollut käytössä, joten polkeutumista ajon yhteydessä tapahtui muita koealueita enemmän.



Paltamon koealueella selvitettiin myös kantojen nostolaikkuihin syntyneiden potentiaalisten istutuspaikkojen määrää sekä nostetun kannon koon vaikutusta rikkoutuneen maan osuuteen. Rikkoutuneeksi maaksi tulkittiin paljastunut kivennäismaa/kunnta sekä taittumiskohtaan asti sellainen tapaus, jossa kunttakerros oli kannon noston yhteydessä kohonnut ylös ja kääntynyt takaisin paikalleen tai ”laikun” toiselle puolelle koskemattoman pinnan päälle.

Mittauksien mukaan läpimitaltaan 12–13 cm olevan kannon nosto rikkoo maata noin 2 m²:n alalta. Kannon koon kasvaessa lisääntyy myös rikkoutuneen maan osuus ollen 30 cm:n kannoilla noin 4 m² ja yli 40 cm:n kannoilla 6–8 m² (kuva 30).

Saatujen tulosten perusteella estimoitiin kantojen nostossa rikkoutuneen maanpinnan määrä hehtaarilla Paltamon koealueen lohko 1:n koejäsen 6:lle. Laskentaan otettiin mukaan kaikki tuoreet kuusen kannot, joiden läpimitta oli suurempi kuin 16 cm.



Kuva 30. Nostetun kannon läpimitan vaikutus rikkoontuneen maan osuuteen.

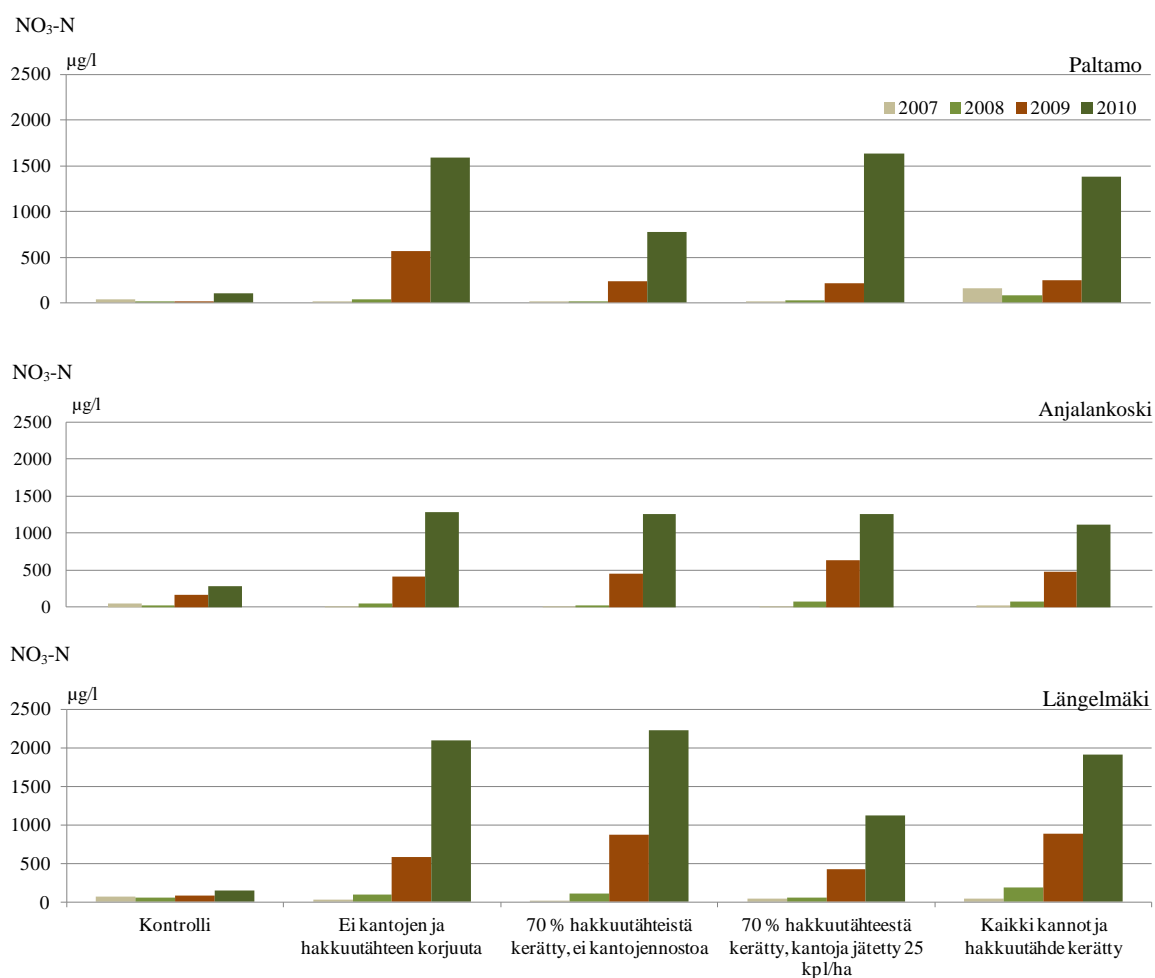
Kantoja oli yhteensä 720 kpl/ha, joiden noston seurauksena maanpintaa olisi laskennallisesti rikkoutunut yhteensä 0,37 ha eli 37 %. Rikkoutuneen maanpinnan osuus ei välttämättä todellisuudessa ole näin suuri, sillä vierekkäin olevien kantojen noston seurauksena rikkoutuneet maanpinnat osittain limittyvät verrattuna yksittäisten, samankokoisten kantojen noston jälkeen laskettuun rikkoutuneen maanpinnan yhteissummaan.

Myös istutuspaikkojen määrä estimoitiin yksittäin nostettujen kantojen mittaustulosten perusteella. Sen mukaan potentiaalisia istutuspaikkoja olisi syntynyt 1 442 kpl/ha, eli kaksinkertainen määrä verrattuna nostettujen kantojen lukumäärään.

4.1.4 Käsittelyiden vaikutus pohjaveden ravinnepitoisuuksiin

Ravinnepitoisuuksiin liittyvän aineiston alustavassa tarkastelussa on havaittu, että pohjaveden nitraattipitoisuudet ovat kohonneet käsittelyiden jälkeen kaikilla koealueilla ja käsittelyillä (kuva 31). Pitoisuuksien kohoaminen on ollut voimakkainta Keski-Suomessa Längelmäen koealueella. Nitraattipitoisuudet ovat nousseet hakkuun jälkeen toisesta vuodesta alkaen, mutta ovat kuitenkin huomattavasti alle talousvesien laatuvaatimusten raja-arvon, joka on 11 mg/l NO₃-N (Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus 2001).

Pohjaveden pH on ollut vuosina 2007–2010 Anjalankosken kaikilla käsittelyillä hieman yli 5 ja Paltamossa sekä Längelmäellä noin 6. Kaliumpitoisuus on alkanut kohota Anjalankosken koealueella kaikilla käsittelyillä ja korkeimmaksi eli yli 3 milligrammaa litrassa pitoisuus on kohonnut käsittelyllä 3, josta ei kerätty lainkaan pois biomassaa. Paltamon ja Längelmäen koekentillä kaliumin määrä on pysynyt lähes lähtötasossa eli noin 0,5 mg/l kaikilla käsittelyillä.



Kuva 31. Nitraattitypen (NO₃-N) määrä pohjavedessä Paltamon, Anjalankosken ja Längelmäen koealueilla vuosina 2007–2010. Koealueiden hakkuut tehtiin syksyllä 2007, kantojen nosto ja maanmuokkaus vuoden 2008 aikana.

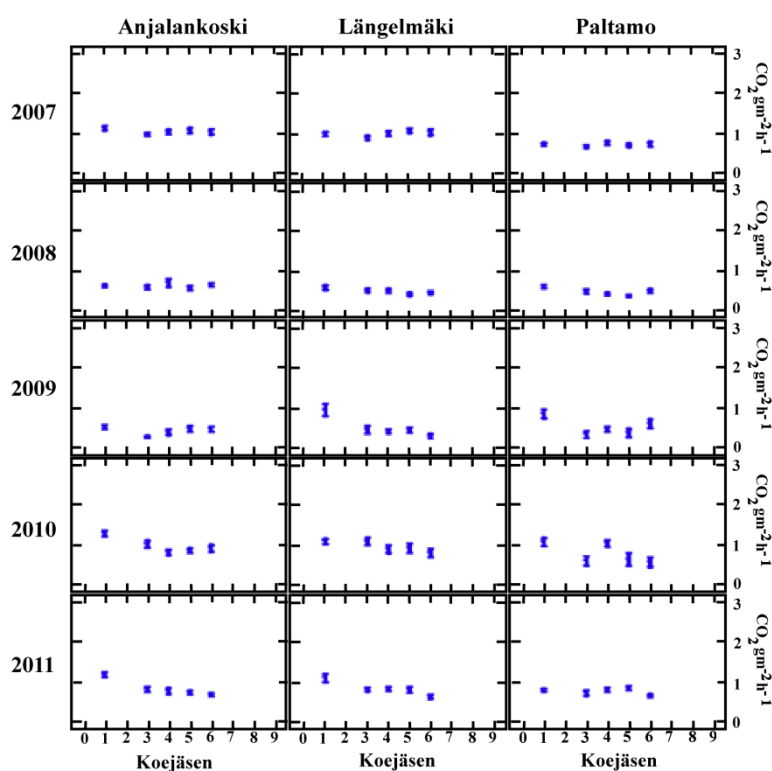
4.1.5 Energiapuun talteenoton vaikutus maan hiilivuohon

Hiilivuomittauksia on tehty vuodesta 2007 lähtien ja tulokset perustuvat yli 1000 maastossa tehtyyn CO₂-vuon mittaukseen. Mittausten koealan sisäinen ja koealojen välinen vaihtelu oli suurta. Hiilivuot olivat kuitenkin samaa suuruusluokkaa kahtena ensimmäisenä mittausvuonna hakkaamattomassa metsässä (2007) sekä hakkuualoilla (2008). Seuraavina kolmena kasvukautena hiilivuot jäivät hakatuilla alueilla matalammiksi kuin hakkaamattomissa kontrollimetsissä. T-testin tulokset vuosittain hakkaamattomien kontrollien ja hakattujen alueiden välillä on esitetty taulukossa 6.

Taulukko 6. Hiilivuon vertailu t-testillä (separate variance) käsittelyillä hakkaamaton ja hakattu vuosina 2007–2011. Vuosi 2007 oli kalibroitavuosi ennen hakkuuta. Keskimääräinen ero on hakkaamattoman ja hakatun välinen ero hiilivuossa.

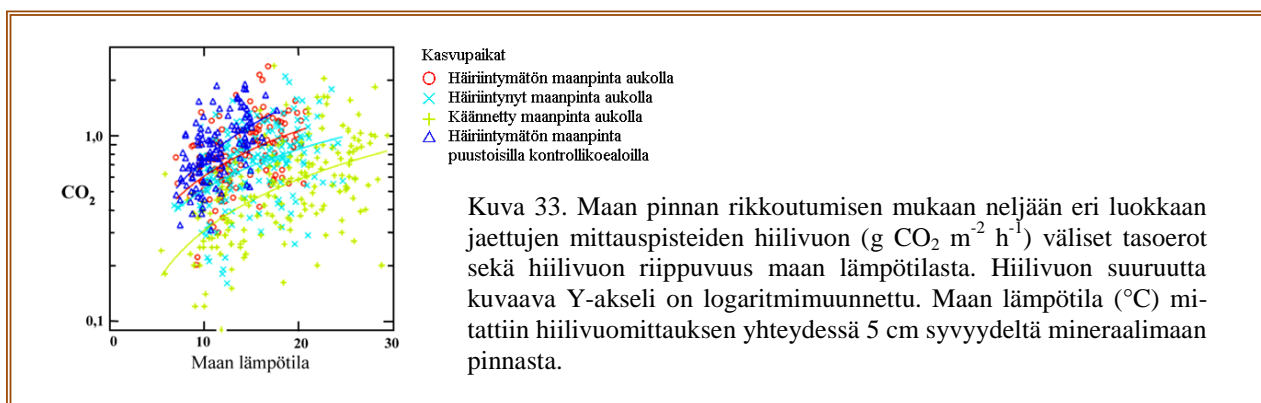
Vuosi	Hiilivuo (hakkaamaton) g CO ₂ m ⁻² h ⁻¹	Hiilivuo (hakattu) g CO ₂ m ⁻² h ⁻¹	Keskimääräinen hiilivuon ero, g CO ₂ m ⁻² h ⁻¹	t-arvo	p
2007	0,948	0,897	0,052	1,340	0,182
2008	0,580	0,497	0,084	2,877	0,004
2009	0,745	0,438	0,307	4,244	0,000
2010	1,178	0,922	0,256	4,360	0,000
2011	1,019	0,720	0,299	6,338	0,000

Eri korjuuintensiivisyyksien välillä ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja, mutta hiilivuot olivat usein alhaisimmat käsittelyllä, josta oli poistettu kaikki hakkuutähteet ja kannot (kuva 32). Kontrollikohteiden korkeampi hiilivuo johtuu todennäköisesti elävän puuston juuristohengityksestä, joka on suurempaa kuin esimerkiksi hakkuutähteiden haajoamisen aiheuttama lisähengitys.



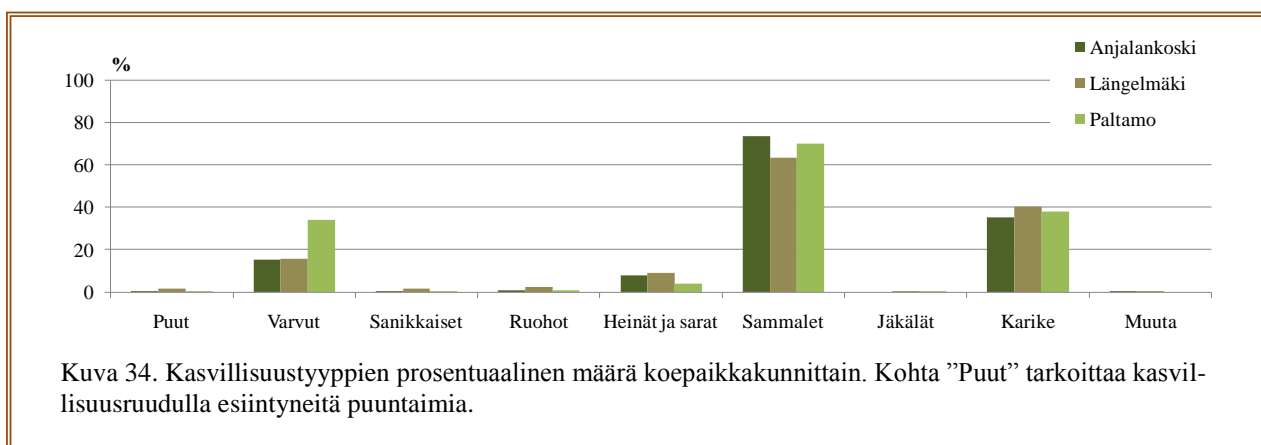
Kuva 32. Keskimääräinen maasta vapautuva hiilivuo eri käsittelyillä ennen hakkuuta sekä neljänä hakkuuta seuranneena vuotena (keskiarvo ± keskiarvon keskivirhe). Koejäsenet: 1. Hakkaamaton metsä (kontrolli), 3. Avohakkuu + laikkumätätyst + kuusen istutus, 4. Avohakkuu + laikkumätätyst + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus, 5. Avohakkuu + laikkumätätyst + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus, 6. Avohakkuu + laikkumätätyst + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus.

Lopullisessa tulosten tulkinnassa hyödynnetään myös tietoa häiriintymättömän maanpinnan sekä eri tekijöiden johdosta rikkoutuneen maanpinnan osuuksista koealan kokonaispinta-alasta (kohta 4.1.3). Erilaisilta maanpinnoilta mitatut hiilivuot poikkesivat toisistaan selvästi (kuva 33). Vuo oli suurinta varttuneen puuston alla häiriintymättömässä maassa ja alhaisinta pinnoilla, joissa kivennäismaa oli paljastunut. Vaikka erilaisten mittauspintojen välillä oli tasoero, hiilivuon lämpötilariippuvuus oli silti samankaltainen.



4.1.6 Koealojen kasvillisuuden muutokset

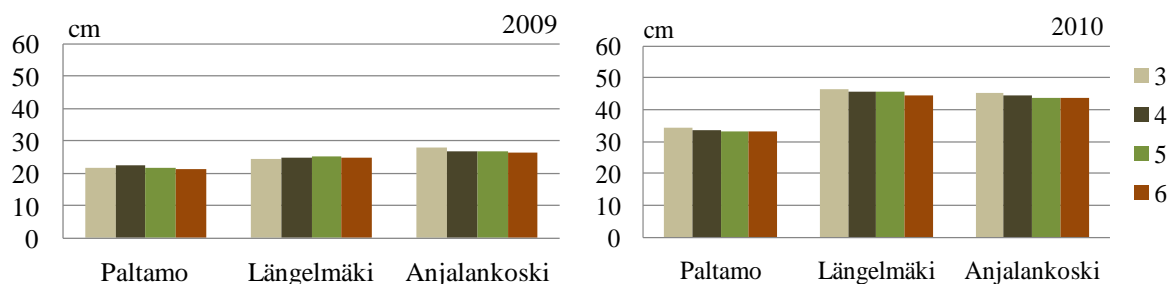
Koealueiden kasvillisuuden samankaltaisuutta vertailtiin ensimmäisen kasvillisuusinventoinnin tulosten perusteella (kuva 34). Vertailun perusteella eri koealueiden kaikki muut kasvillisuustyypit paitsi jäkälä, sekä karike ja muu eloton aines erosivat tilastollisesti merkitsevästi toisistaan.



Koealueiden lohkojen välisissä vertailuissa Anjalankoskella oli tilastollisesti merkitsevä ero varpujen, sammalien ja karikkeen osuuksissa. Längelmäellä lohkojen välisiä eroja ei ollut ja Paltamossa lohkojen välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ainoastaan varpujen osuudessa. Kokonaispeittävyys kenttä- ja pohjakerroksessa oli suurin Paltamossa ja pienin Längelmäellä. Kasvillisuusinventointi tehtiin toisen kerran käsittelyjen jälkeen vuonna 2009. Tuloksia ei ole vielä analysoitu, mutta paikkakunta- ja vuosikohtainen kasvilajiluettelo on liitteessä 2.

4.1.7 Taimettuminen

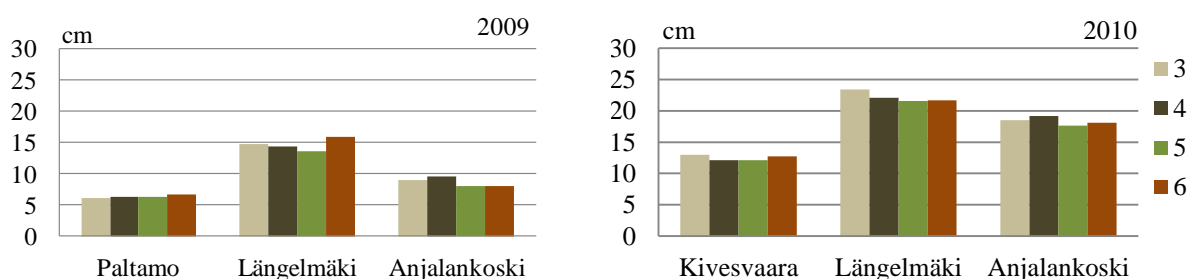
Kahden ensimmäisen inventointivuoden aikana ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja eri käsittelyiden välillä taimien pituuden suhteen. Taimien keskimääräiset pituudet käsittelyittäin on esitetty kuvassa 35 (käsittelyt on eritelty taulukossa 1). Pohjoisen ja eteläisempien koealueiden taimien välillä havaittiin yli 10 cm pituusero toisena inventointivuotena (2010).



Kuva 35. Taimien pituus vuosina 2009 ja 2010 koealueittain ja käsittelyittäin.

Käsittelyt: 3. Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus 4. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus, 5. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus, 6. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus.

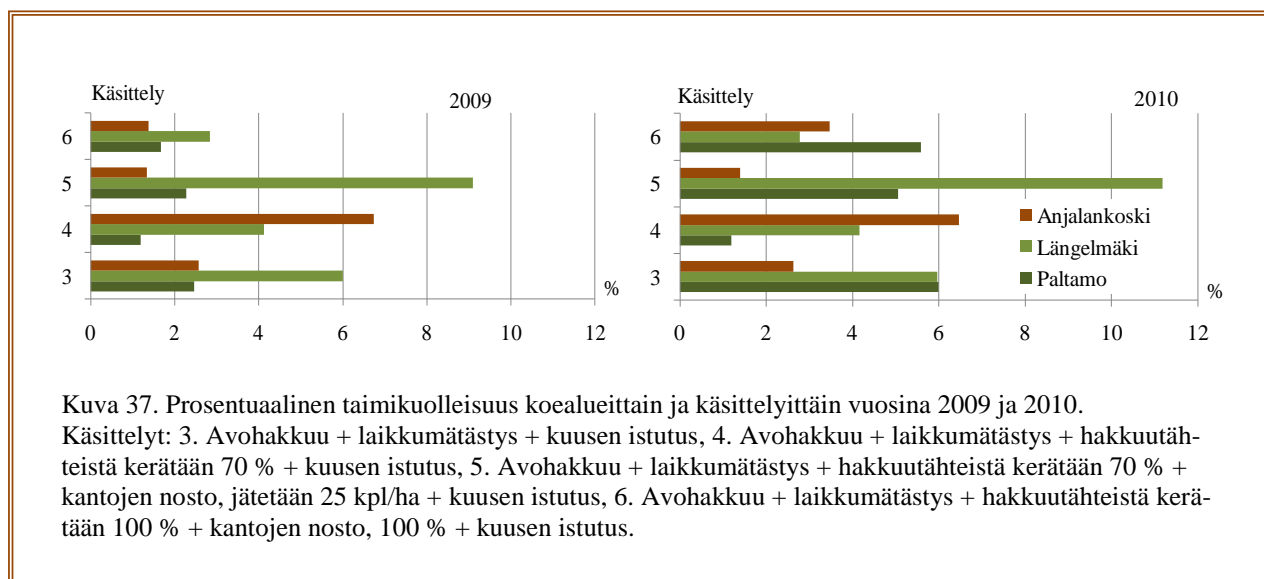
Taimien kasvussa esiintyi tilastollisesti merkitseviä eroja ensimmäisenä inventointivuotena (2009). Längelmäen koealueen käsittelyillä 6 taimien pituuskasvu oli merkitsevästi nopeampaa kuin koealueen muilla käsittelyillä, kun taas Anjalankosken koealueella käsittelyiden 3 ja 4 taimien pituuskasvu oli merkitsevästi nopeampaa kuin käsittelyillä 5 ja 6 (kuva 36). Toisena inventointivuotena merkitseviä eroja ei enää havaittu.



Kuva 36. Taimien kasvu vuosina 2009 ja 2010 koealueittain ja käsittelyittäin.

Käsittelyt: 3. Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus, 4. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus, 5. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus, 6. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus.

Taimien keskimääräinen elossaolo Paltamon ja Anjalankosken koalueilla oli vuosien 2009–2010 inventoinneissa lähes 97 %, kun taas Längelmäellä se oli hieman yli 94 %. Kuolleisuus oli suurinta Längelmäen käsittelyllä 5 (kuva 37).



Kuva 37. Prosentuaalinen taimikuolleisuus koalueittain ja käsittelyittäin vuosina 2009 ja 2010. Käsittelyt: 3. Avohakkuu + laikkumätästys + kuusen istutus, 4. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kuusen istutus, 5. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 70 % + kantojen nosto, jätetään 25 kpl/ha + kuusen istutus, 6. Avohakkuu + laikkumätästys + hakkuutähteistä kerätään 100 % + kantojen nosto, 100 % + kuusen istutus.

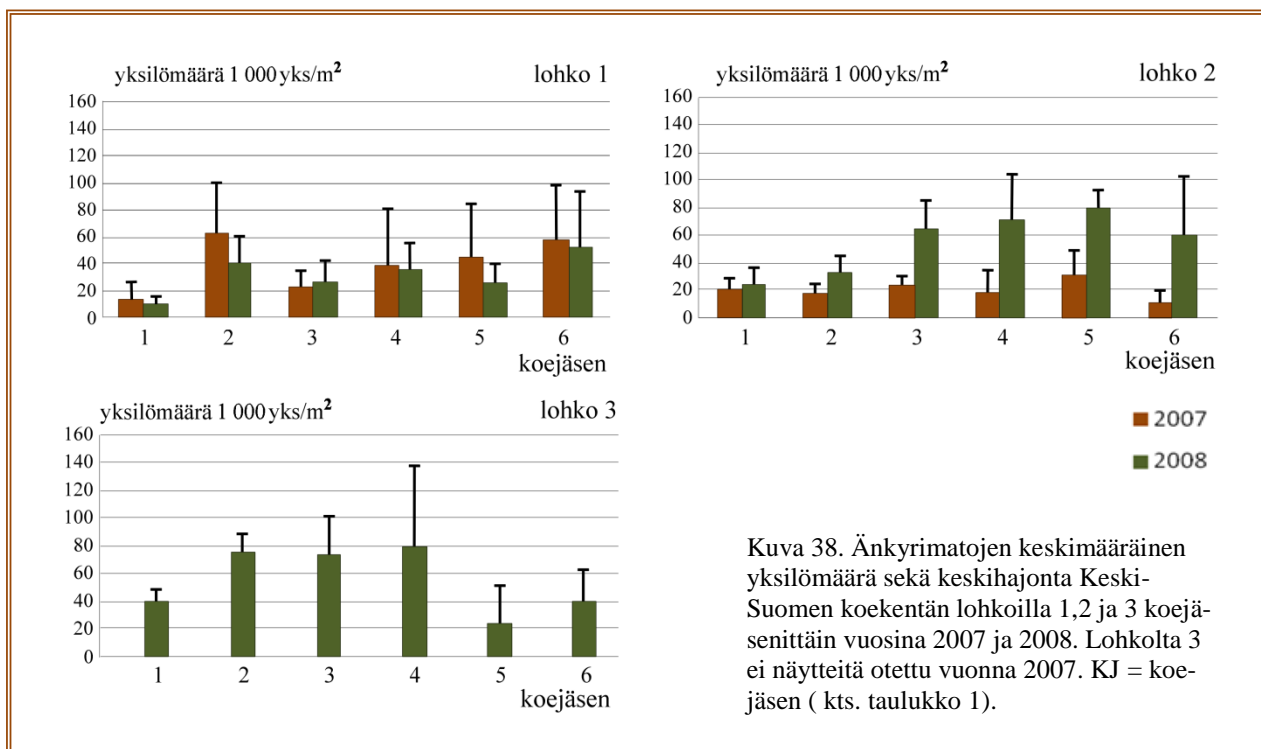
4.1.8 Änkyrimatojen yksilömäärien vaihtelu Keski-Suomen koekentällä 2007 ja 2008

Alustavien tulosten mukaan änkyrimatojen yksilömäärät vaihtelivat selvästi näytteenotokertojen, lohkojen ja käsittelyjen välillä. Vuonna 2007 änkyrimatojen keskimääräinen yksilömäärä oli lohkolla 1 40 000 yksilöä/m² ja lohkolla 2 20 000 yksilöä/m² (kuva 37). Sen sijaan vuonna 2008 keskimääräiset yksilömäärät olivat selvästi suuremmat lohkoilla 2 (55 700 yksilöä/m²) ja 3 (56 000 yksilöä/m²) kuin lohkolla 1 (31 500 yksilöä/m²) (kuva 38).

Eri käsittelyjä (koejäseniä) tarkasteltaessa voidaan havaita, että vuodesta 2007 vuoteen 2008 lohkolla 1 yksilömäärät vähenivät kaikilla muilla käsittelyillä paitsi käsittelyllä 3 (kuva 37). Lohkolla 2 olivat yksilömäärät vuonna 2008 selvästi suuremmat verrattuna vuoteen 2007 kaikilla muilla käsittelyillä paitsi kontrolli (1) ja avohakkuu (2) koejäsenillä (Kuva 38). Lohkolla 3 ei näytteitä otettu vuonna 2007, joten vuosien välistä vertailua ei voida tehdä.

Maaperäeläinten tutkimuksen lähtötilanteessa Keski-Suomen koekentällä vuonna 2007 lohkot 1 ja 2 poikkesivat toisistaan selvästi keskimääräisten yksilömäärien suhteen esimerkiksi koejäsenet 2, 5 ja 6 (kuva 38). Vuoden 2008 aikana tehtyjen käsittelyjen vaikutus änkyrimatojen yksilömääriin näyttää olevan hyvinkin erilainen lohkojen 1 ja 2 välillä. Varsinkin käsittelyjen 3,4 ja 5 vaikutukset lohko 2:n änkyrimatojen yksilömääriin poikkeavat lohko 1:n vastaavista käsittelyistä selvästi.

Verrattuna käsittelemättömään (1) ja avohakattuun koejäseneseen (2) lohkoilla 2 muilla lohkon käsittelyillä (koejäsenet 3, 4, 5 ja 6) näyttää olleen yksilömääriä selvästi lisäävä vaikutus (kuva 38). Lohkon 3 änkyrimatojen yksilömäärät eri koejäsenillä olivat vuonna 2008 selvästi suurempia kuin lohko 1:llä paitsi koejäsenen 5 ja 6 suhteen. Lohkon 3 änkyrimatojen yksilömäärät ovat jokseenkin samansuuruisia lohkon 2 kaikkien muiden koejäsenen paitsi koejäsenen 2 ja 5 kanssa (kuva 38).



Kuva 38. Änkyrimatojen keskimääräinen yksilömäärä sekä keskihajonta Keski-Suomen koekentän lohkoilla 1,2 ja 3 koejäsenittäin vuosina 2007 ja 2008. Lohkolta 3 ei näytteitä otettu vuonna 2007. KJ = koejäsen (kts. taulukko 1).

4.2 Valuma-alueiden tuloksia

4.2.1 Kannot ja latvusmassa

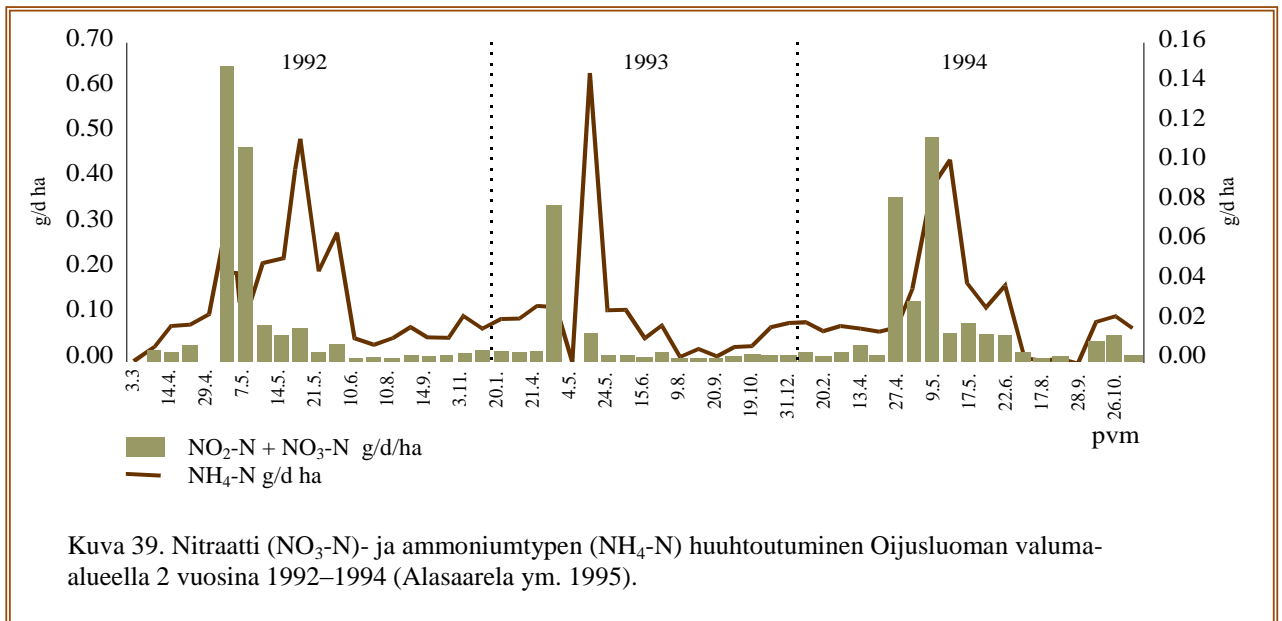
Katajavaarassa kantojen ja latvusmassan määrän punnitus tehtiin heti hakkuun jälkeen tuoreena ja Oijusluomassa vuoden palstalla kuivatuksen jälkeen, koska alue käsiteltiin metsänhoitosuosituksen mukaisesti. Punnitus suoritettiin kummallakin alueella lähikuljetuksen yhteydessä traktorin kuormavaa'alla.

Katajavaarassa kaikki latvusmassa kerättiin pois 4,5 hehtaarin käsittelyalueelta ja punnittu kokonaismäärä oli 215,1 tonnia eli latvusmassaa oli noin 47,8 tn/ha. Myös kaikki kannot nostettiin pois käsittelyalueelta ja niiden punnittu kokonaismäärä oli 65,9 tn eli keskimäärin kantoja oli noin 14,7 tonnia hehtaarilla.

Oijusluomassa kolmannes latvusmassasta jätettiin keräämättä, ja kerätty kokonaismäärä 12,6 hehtaarilta oli 276,2 tonnia eli noin 21,9 tonnia hehtaarilta. Kannoista nostettiin käytännön metsänhoitosuosituksen mukaisesti pääasiassa vain läpimitaltaan yli 15 cm kuusenkannot. Nostettu kokonaiskantomäärä oli 170,1 tonnia eli noin 13,5 tonnia hehtaarilta.

4.2.2 Veden laatu

Valuma-alueiden veden ravinnepitoisuuksia on seurattu jo aiemman METVE - tutkimuksen yhteydessä vuosina 1992–1994 (kuva 39) sekä nykyisessä tutkimuksessa yhtäjaksoisesti lokakuulta 2007 lähtien.



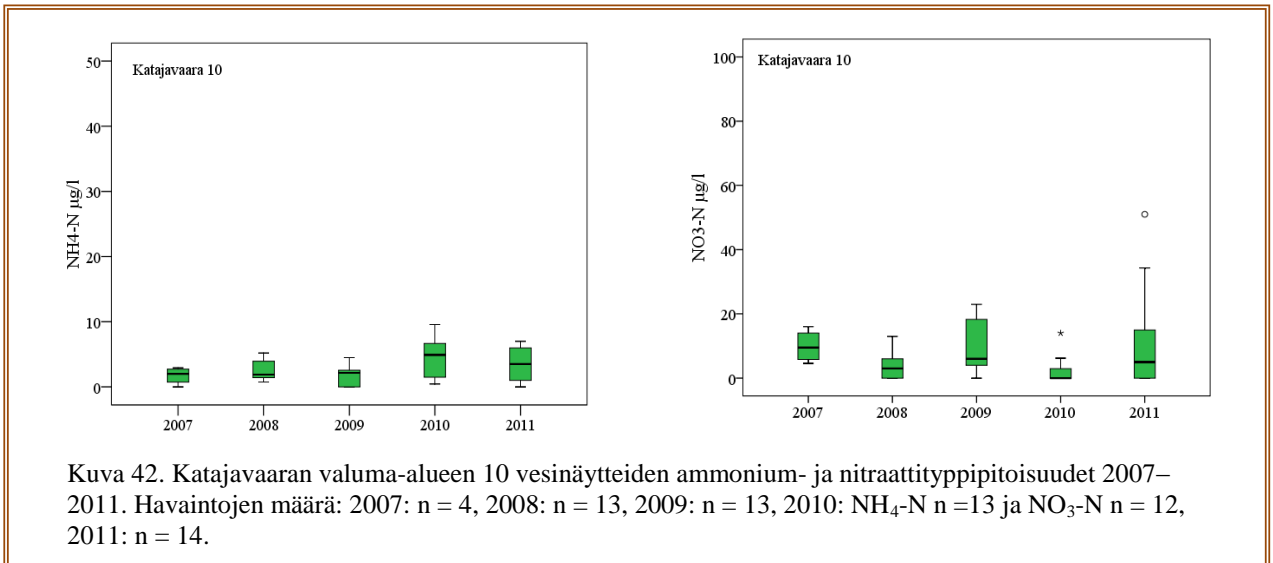
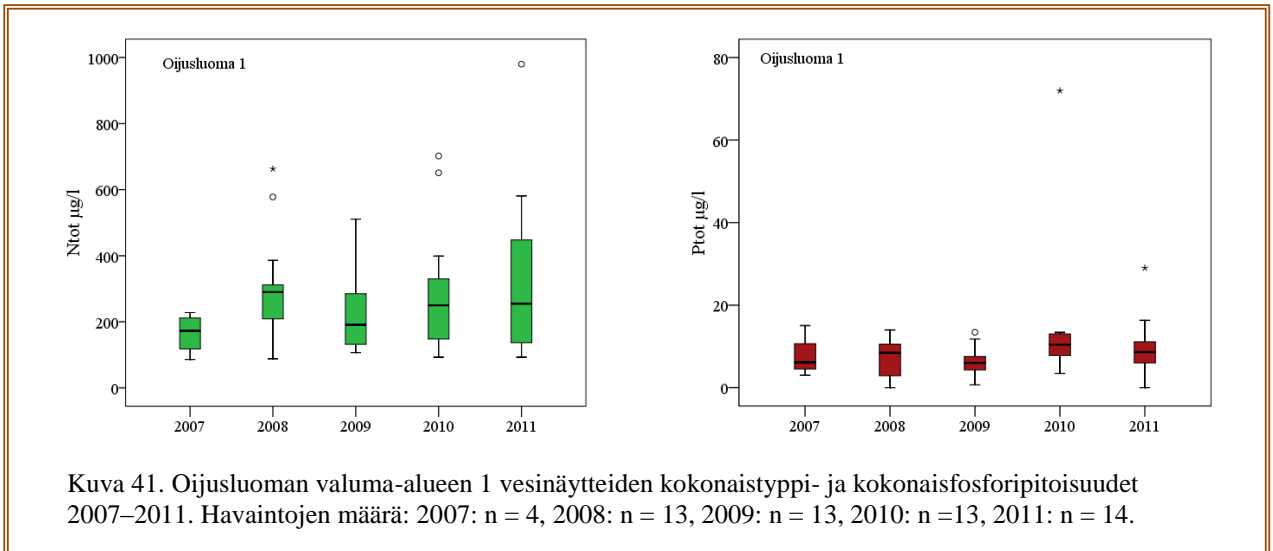
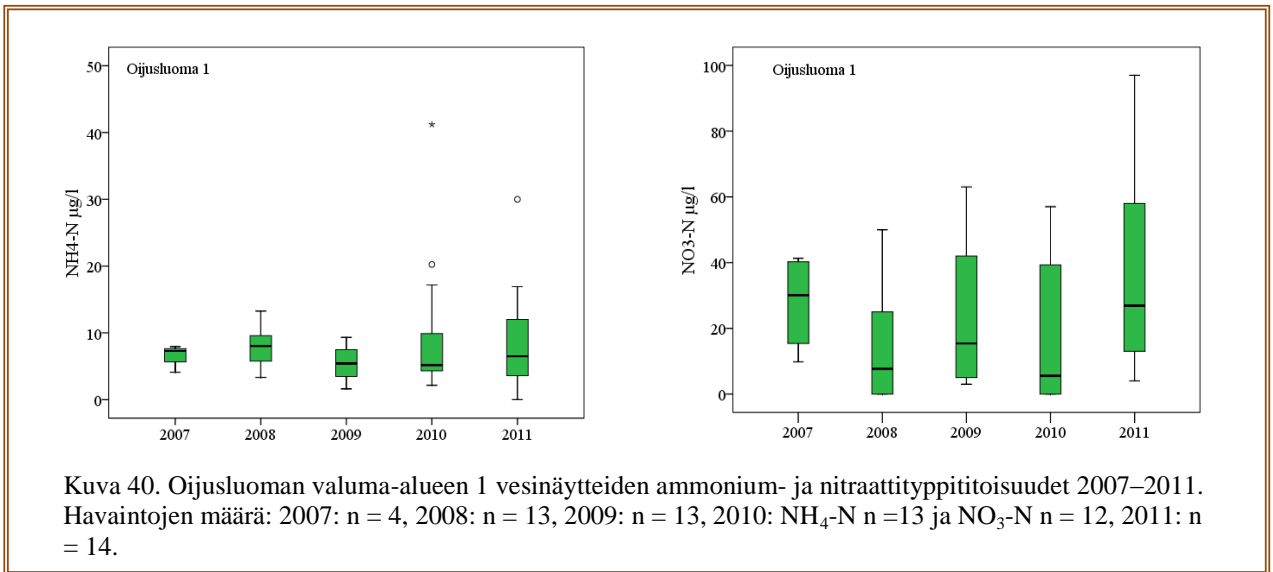
Kuva 39. Nitraatti (NO₃-N)- ja ammoniumtyypen (NH₄-N) huuhtoutuminen Oijusluoman valuma-alueella 2 vuosina 1992–1994 (Alasaarela ym. 1995).

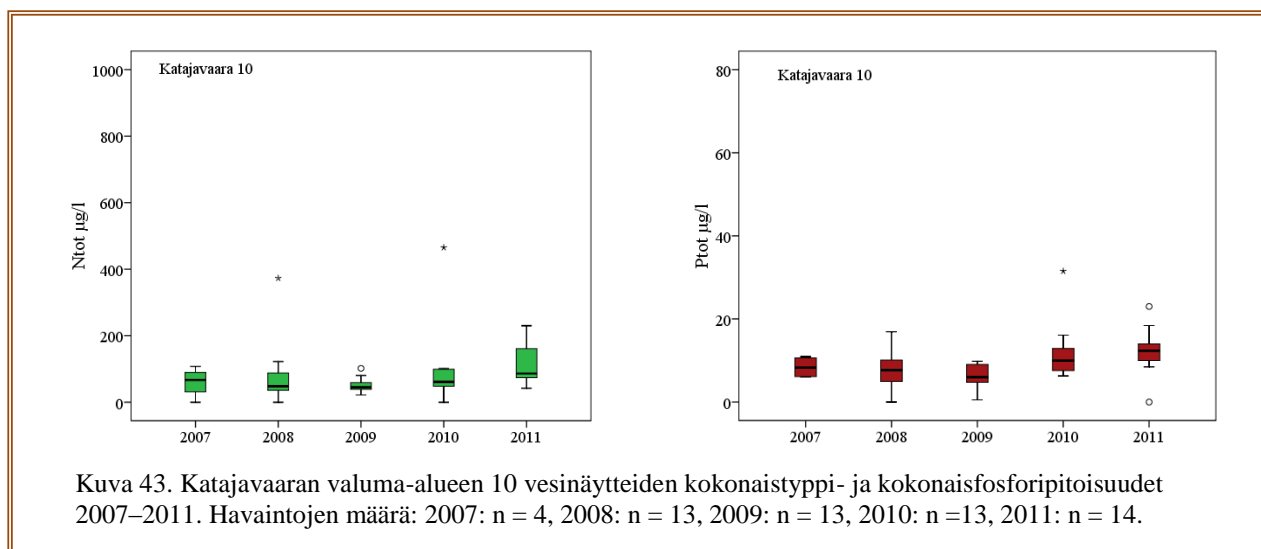
Kuvissa 40–43 on esitetty alustavat tulokset käsiteltyjen valuma-alueiden typpi- ja fosforipitoisuuksien vaihtelusta vuoden 2007 lokakuulta vuoden 2011 lokakuulle. Oijusluoman käsitellyn alueen valumaveden lähtöpitoisuudet (µg/l) olivat typen osalta Katajavaaraa huomattavasti korkeammat, mutta molemmilla koalueilla on tapahtunut nousua typen huuhtoutumisen määrissä käsittelyiden aloittamisen jälkeen. Eniten on lisääntynyt nitraattityypen huuhtoutuminen Oijusluoman alueelta, jossa pitoisuuden mediaani kohosi käsittelyjen aloittamisvuodesta yli kolmenkertaiseksi.

Kokonaisfosforin pitoisuus on kohonnut Katajavaaran valuma-alueen vesinäytteissä hiekan käsittelyjen jälkeen. Oijusluomassa kokonaisfosforin pitoisuudessa havaittiin hakuiden aloittamisen jälkeen hetkellinen piikki (yli 70 µg/l), mutta muutoin Oijusluoman fosforipitoisuuksissa ei ole havaittu isoja muutoksia.

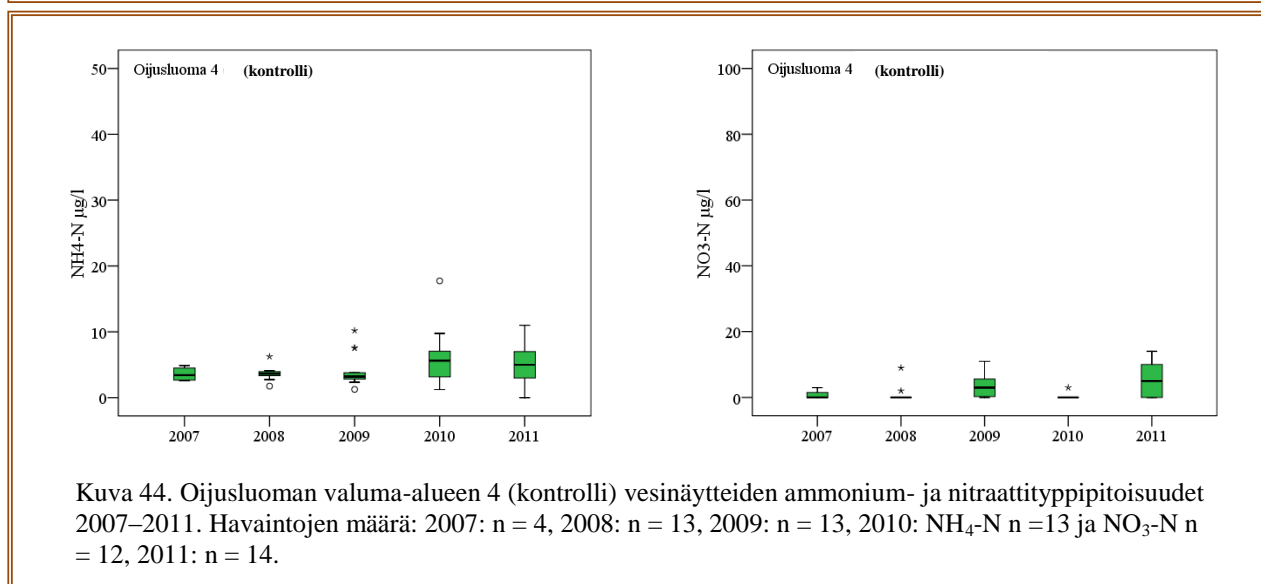
Vertailun vuoksi kuvissa 44–45 on esitetty käsittelemättömän valuma-alueen (Oijusluoma 4) typpi- ja fosforipitoisuudet. Käsittelemättömällä valuma-alueella ei alustavien tarkastelujen perusteella havaittu vastaavaa pitoisuuksien nousua.

Veden kiintoainepitoisuudessa esiintyi Katajavaaran käsitellyllä alueella pieni, nopeasti tasaantunut piikki (10,2 mg/l) hakuiden ja kantojennoston jälkeen syksyllä 2010. Muutoin yksittäisten näytteiden kiintoainepitoisuudet ovat pysyneet Katajavaarassa jatkuvasti alle 1 mg/l ja Oijusluomassa alle 3 mg/l.

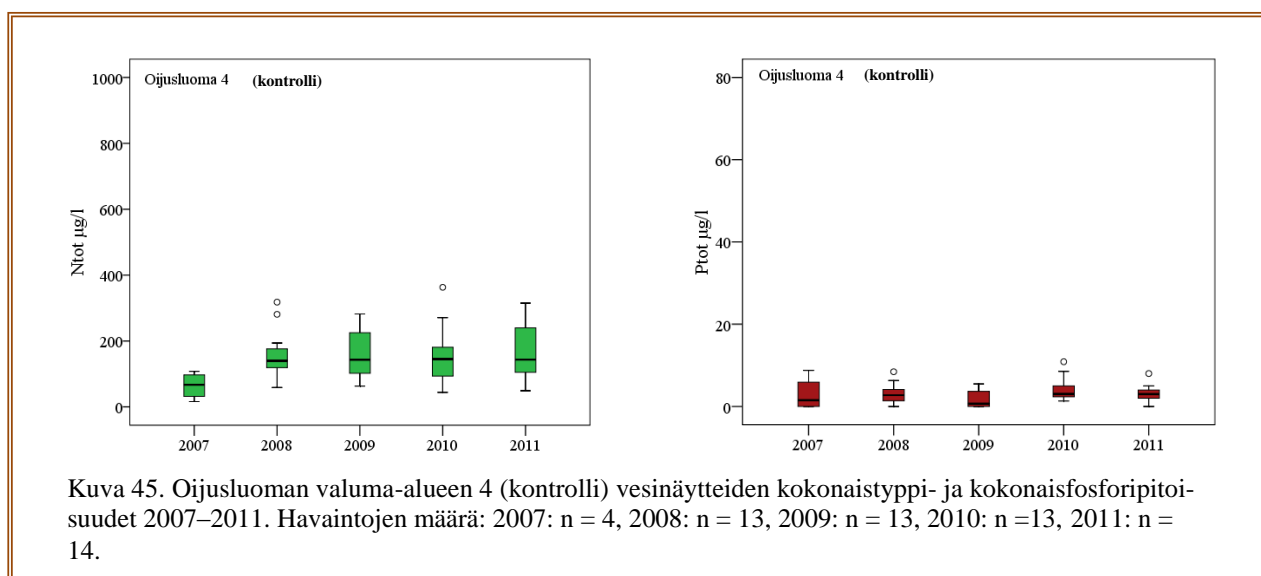




Kuva 43. Katajavaaran valuma-alueen 10 vesinäytteen kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet 2007–2011. Havaintojen määrä: 2007: n = 4, 2008: n = 13, 2009: n = 13, 2010: n = 13, 2011: n = 14.



Kuva 44. Oijusluoman valuma-alueen 4 (kontrolli) vesinäytteen ammonium- ja nitraattityyppipitoisuudet 2007–2011. Havaintojen määrä: 2007: n = 4, 2008: n = 13, 2009: n = 13, 2010: NH₄-N n = 13 ja NO₃-N n = 12, 2011: n = 14.

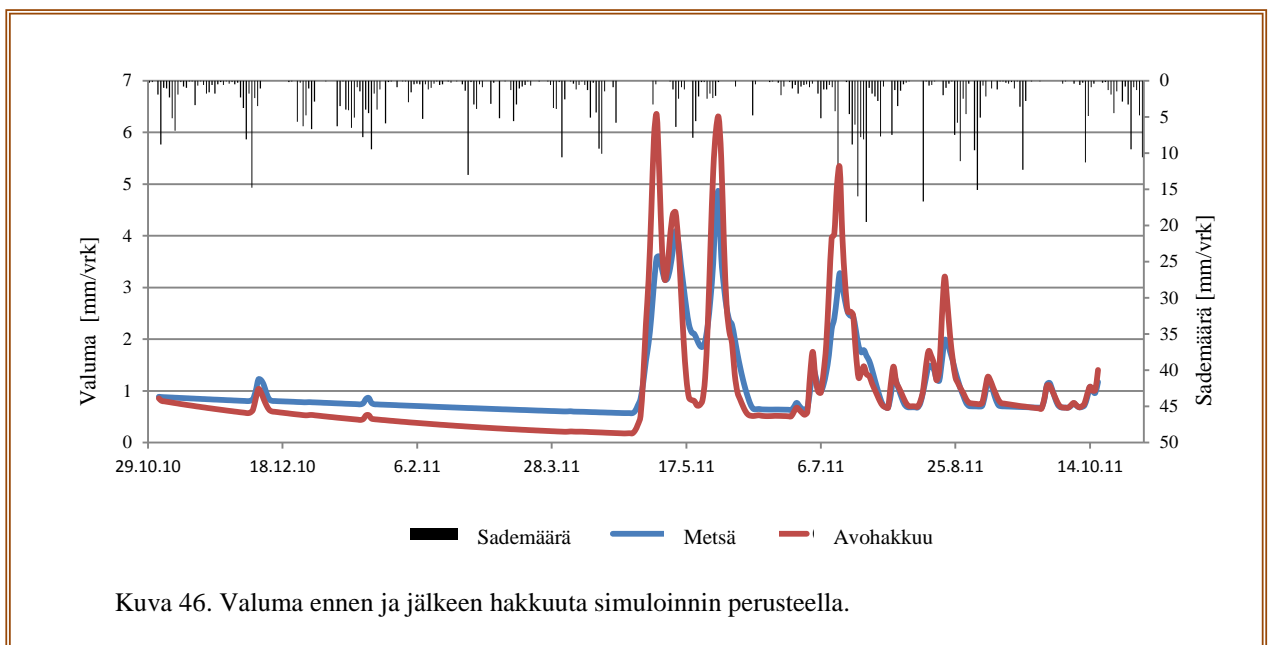


Kuva 45. Oijusluoman valuma-alueen 4 (kontrolli) vesinäytteen kokonaistyyppi- ja kokonaisfosforipitoisuudet 2007–2011. Havaintojen määrä: 2007: n = 4, 2008: n = 13, 2009: n = 13, 2010: n = 13, 2011: n = 14.

4.2.3 Valuman määrän vaihtelu

Valuman seuranta on tärkeää erityisesti alueelta poistuvien pinta-alakohtaisten ravinne-määrien selvittämisessä, joiden laskenta on parhaillaan työn alla. Oijusluoman ja Katajajaaran valuma-alueilta limnigrafeilla kerätty data vuosilta 2007–2011 on saatu juuri tul-kittua ja sitä ollaan yhdistämässä dataloggereilla kerättyyn aineistoon.

Valuma-alueilta kerätystä aineistosta on valmisteilla myös valuma-aluemalli, joka on tarkoitus julkaista osana Jiri Kremsan väitöskirjatyötä Tsekin teknillisessä yliopistossa. Mallien (pareittaisten valuma-alueiden menetelmä, HEC-HMS, SCS CN, HBV) avulla selvitetään kasvillisuuden merkitystä valuman muodostumiseen. Alustavissa simuloinneissa havaittiin valumahuippujen kohoavan hakkuun jälkeen noin 50 % verrattuna hakkuuta edeltäneeseen tilanteeseen (kuva 46).



Kuva 46. Valuma ennen ja jälkeen hakkuuta simuloinnin perusteella.

5 Yhteenveto

Hanke ”Kantojen noston ja hakkuutähteiden keruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset” perustettiin Metlan ja UPM-Kymmene Oyj:n yhteistyönä, ja sitä on toteutettu osana Metlan BIO-ohjelmaa. Hankkeen tavoitteena on tuottaa uutta tietoa metsäenergian korjuun aiheuttamista ympäristövaikutuksista alan toimijoille ja päätöksentekijöille. Koekenttien valinta ja perustamistyöt tehtiin siten, että niillä pystytään toteuttamaan mahdollisimman laaja-alaisesti aihealueeseen liittyvää tutkimusta.

Hankkeen pohjavesikoekentät perustettiin intensiivikokeina, joilla saadaan esille energia-puun korjuun vaikutuksia ympäristöön ja kasvupaikkatekijöihin pienialaisen koejäsentelyn kautta. Koekentät sijoitettiin kolmelle eri kasvimaantieteelliselle alueelle ja niillä tutkitaan kantojen noston ja eriateisen latvusmassan keruun vaikutuksia pohjaveden laatuun, hiilivuohon, mykorritsasienien lajistoon ja rakenteeseen, taimien alkukehitykseen sekä kasvillisuuden sukkessioon. Hankkeeseen otettiin mukaan myös jo Metsätalouden vesistövaikutukset -tutkimuksen (1992–1996) yhteydessä perustetut valuma-aluekoekentät, joista osassa seurataan kantojen noston ja latvusmassan keruun valuma-aluekohtaisia vaikutuksia. Pohjavesikoalueilla ja valuma-alueilla tehtävä tutkimus toimii toisiaan täydentävästi, sillä metsäenergian korjuun seurannaisvaikutukset koostuvat monen asian yhteisvaikutuksena.

Pohjavesikoekentiltä kerättiin perustamisen yhteydessä tarkat taustatiedot ennen käsitteilyitä vallinneesta puustosta, maa- ja kallioperästä sekä pohjaveden esiintymisestä. Ennen kantojen nostoa suoritettiin kantojen mittaus ja kartoitus, jota voidaan tulevaisuudessa hyödyntää esimerkiksi mikrobi- ja hyönteistuhojen tutkimuksessa. Tähän mennessä mitaustiedoista on määritetty puulajikohtaiset kantotilavuudet, kantomassat sekä kantojen lämpöarvot.

Koalueille jääneen latvusmassan määrä selvitettiin mittauksin, koska tietoa tarvitaan esimerkiksi pohjaveden ravinnepitoisuuden vaihteluiden, taimettumisen sekä hiilen vapautumisen muutosten selittämiseksi. Tutkimuksessa havaittiin, että latvusmassan keruun prosentuaalisia tavoitemääriä on hyvin vaikea saavuttaa tarkasti, koska jo aiemmissakin tutkimuksissa todettu tekninen korjuupotentiaali on vain noin 70 %. Leimikoille jätettävä latvusmassa olisikin ehkä parempi määrittää kiloina hakkuukoneen puulajeittaisesta mitaustuloksesta, jolloin saataisiin kuljetettua ajokoneen vaa’an kautta pois ravinnetalouden ja ympäristövaikutusten näkökulmasta juuri optimaalinen määrä latvusmassaa.

Pohjavesikoekentillä tutkittiin myös kantojen noston ja latvusmassan keruun seurauksena rikkoontuneen maanpinnan osuuksia. Maanpinnan rikkoontumisella on vaikutusta esimerkiksi ravinteiden huuhtoutumiseen sekä hiilitaseeseen, sillä kasvillisuuden peitossa olevasta maasta vapautuu eri tavoin ravinteita, kiintoaineita ja myös hiiltä kuin rikkoontuneesta maanpinnasta. Suurin merkitys maanpinnan rikkoontumiseen oli työkoneiden koolla sekä ajourien sijoittelulla, mikä näkyi tutkimuksessa suurina koaluekohtaisina eroina koskemattoman maanpinnan määrissä.

Koekenttien taimettumista on seurattu sijainnin perusteella yksilöidyistä taimista istutusta seuranneesta vuodesta lähtien. Yhdistämällä taimitiedot jatkossa esimerkiksi koejäsenkohtaisiin kanto- ja latvusmassamääriin tai mykorritsasienien esiintymiseen voidaan tehdä johtopäätöksiä metsäenergian korjuun vaikutuksista uuden metsän kehittämiseen. Ai-

nakaan alustavien tarkastelujen perusteella kantojen ja latvusmassan poistamisella ei ole ollut vaikutusta taimien kahden ensimmäisen vuoden pituuskasvuun tai elossaoloon.

Koealojen kasvillisuus inventoitiin ennen ja jälkeen käsittelyitä. Tietoa kasvillisuuden palautumisesta hyödynnetään esimerkiksi selvitettyä kasvipeitteen merkitystä ravinteiden huuhtoutumiselle pohjaveteen sekä myös hiilitaseen laskennassa. Orgaanisen aineen hajoamisessa vapautuu ravinteita ja hiiltä, kun taas uusi kasvillisuus vastaavasti sitoo niitä biomassaan kasvaessaan.

Hiilen vapautumisen seurantamittaukset aloitettiin pohjavesikoealoilla käsittelyitä edeltävänä kasvukautena ja mittausten tarkoituksena on selvittää hiilivuon muutokset erilaisen käsittelyiden seurauksena. Mittauksia on suoritettu vuosittain sekä kasvillisuuden peittämiltä, käännettyiltä että häiriintyneiltä pinnoilta. Alkuvaiheen tulosten perusteella hiilen vapautuminen on runsainta häiriintymättömillä, kasvillisuuden peittämällä kontrollialueilla. Latvusmassan korjuu ja maan kääntäminen ovat vaikuttaneet hiilivuohon mataltavasti.

Pohjaveden laatua ja vedenpinnan korkeutta on seurattu säännöllisesti neljä kertaa vuodessa ja taustatiedon kerääminen aloitettiin jo ennen käsittelyitä. Ravinnekierron tutkimus on vasta alkuvaiheessa, mutta alustavissa tarkasteluissa esimerkiksi nitraattitypen määrä on kohonnut kaikilla käsittelyillä energiapuun poiston intensiteetistä riippumatta. Energiapuun korjuu vähentää huuhtoutuvia ravinteita, mutta korjuutoimenpiteissä paljastuu kuitenkin huomattava määrä kivennäismaata, josta ravinteet kasvillisuuden puuttuessa saattavat huuhtoutua normaalia herkemmin.

Hankkeeseen myöhemmin mukaan otettujen valuma-alueiden käsittelyt saatiin valmiiksi vasta syyskuussa 2011, joten käsittelyiden jälkeinen tarkastelujakso on vasta alussa. Alustavien tarkastelujen mukaan toimenpiteet valuma-alueilla ovat nostaneet hieman kokonaistypen ja erityisesti nitraattitypen pitoisuuksia. Kokonaisfosforipitoisuuden mediaani kohosi käsittelyiden seurauksena Katajavaaran valuma-alueen vesinäytteissä, mutta Oijusluoman tutkimusalueella kokonaisfosforipitoisuudessa havaittiin hakkuiden aloittamisen jälkeen ainoastaan hetkellinen piikki. Kiintoainehuuhtouma on toistaiseksi ollut hyvin pientä molemmilta käsitellyiltä alueilta. Katajavaarassa havaittiin kiintoainepitoisuudessa pieni, nopeasti tasaantunut kohoaminen hakkuiden ja kantojennoston jälkeen, mutta muutoin pitoisuudet ovat pysyneet myös Katajavaarassa hyvin matalina. Hehtaarikohtaiset kuormitusmäärät sekä valuman muutokset ovat laskennassa, ja lisää tuloksia saadaan toimenpiteiden edetessä koekentillä.

Hankkeessa tehtävä tutkimus perustuu pitkäaikaisiin ekologisiin seurantoihin ja monelta osa-alueelta saadaan lopullisia tuloksia vasta lähivuosien kuluessa. Esimerkiksi ravinnehuuhtoumat on todettu aiemmissä tutkimuksissa pitkäaikaisiksi, joten seuranta on ehdottomasti jatkettava, jotta pystytään tekemään johtopäätöksiä kantojen noston aiheuttaman ravinnehuuhtouman kestosta sekä energiapuun korjuun intensiteetin vaikutuksista. Hankkeen koejärjestelyihin ja koekenttien perustamiseen tarvittua suurta työmäärää olisi syytä hyödyntää myös tulevaisuudessa tutkimusta jatkamalla, koska eri osa-alueilla tuotetaan energiapuun korjuuseen liittyvän päätöksenteon kannalta ensiarvoisen tärkeää tietoa.

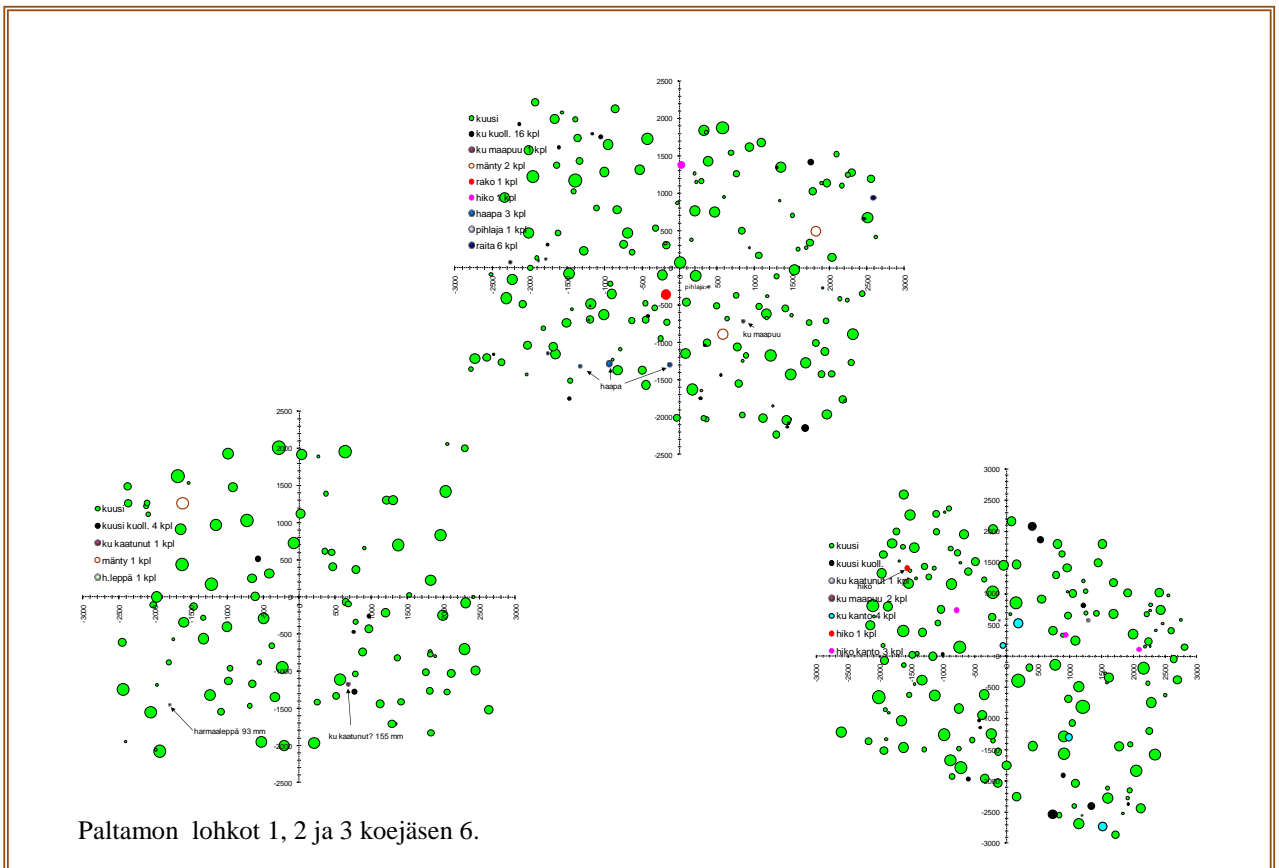
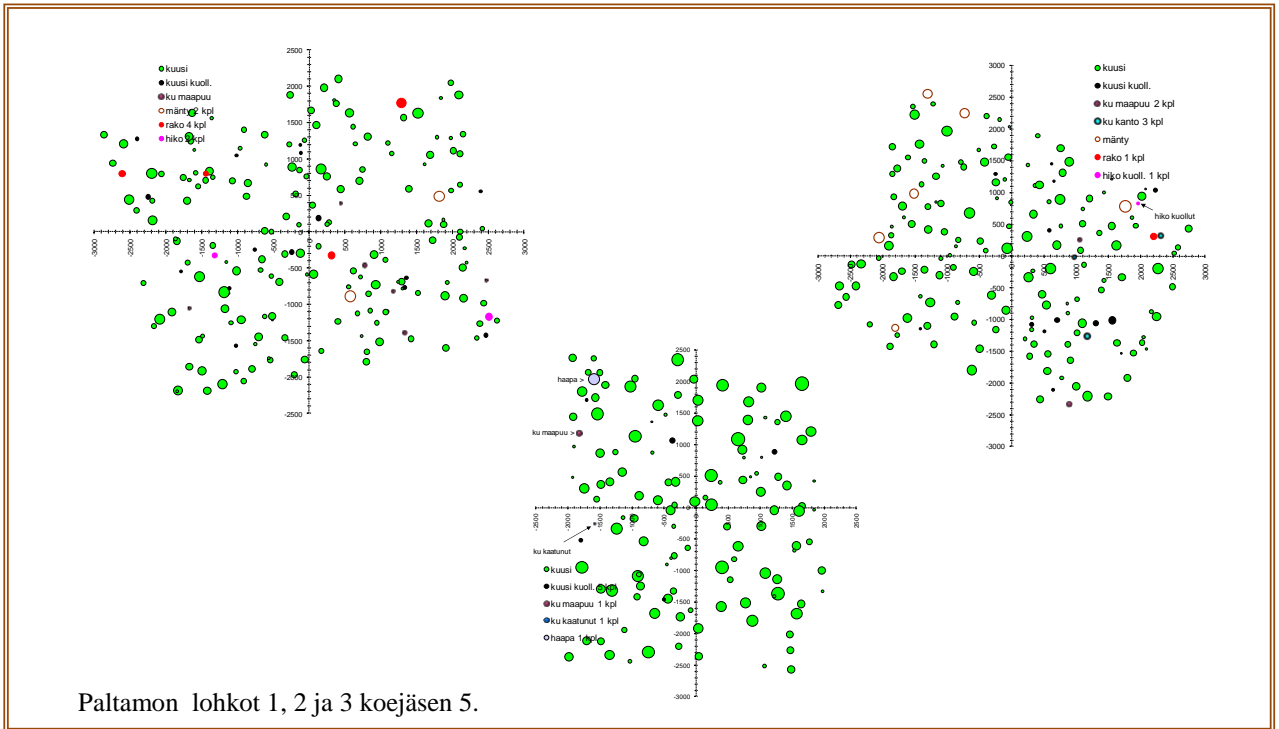
6 Lähteet

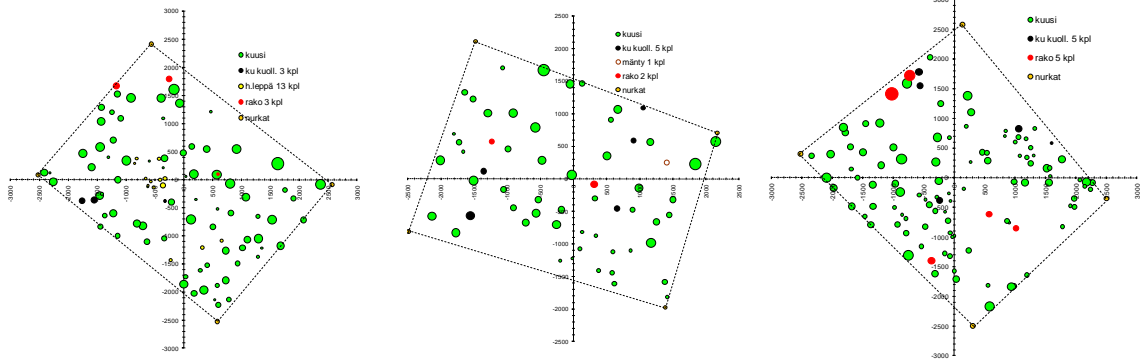
- Alasaarela, E., Kubin, E., Seuna, P., Ylitolonen, A. ja Väliälo, J. 1995. Päätehakkuun ja maanmuokkauksen vesistövaikutukset: kalibrointitajan tuloksia. Julkaisussa: Saukkonen, S. ja Kenttämies, K. (toim.). 1995. Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2 - ympäristönsuojelu 419: 399-412.
- Hakkila, P. Hakkuupoistuman latvusmassa. 1991. Folia Forestalia 773. 24 s.
- Hukkanen, T. 2010. Kantobiomassan laskennallinen määrittäminen Metlan 3475 -hankkeen koekentillä. Opinnäytetyö, Rovaniemen ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutusohjelma.
- Hynynen, J. Energiapuuvarat. 2001. Julkaisussa: Nurmi, J. ja Kokko A. (toim.). 2001. Biomassan tehostetun talteenoton seurannaisvaikutukset metsässä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 816: 9-16.
- Kansallinen metsäohjelma 2015 (KMO). Metsäalasta biotalouden vastuullinen edelläkävijä. Valtioneuvoston periaatepäätös 16.2.2010.
- Kubin, E. 1977a. Avohakkuun ja maanmuokkauksen vaikutus maan ravinnetalouteen. Metsätehon metsänhoitomiesten neuvottelupäivät Kajaanissa. Moniste. 10 s.
- 1977b. The effect of clear cutting upon the nutrient status of a spruce forest in Northern Finland. Acta Forestalia Fennica 155. 40 s.
 - & Valtanen, J. 1978. Taimien elinympäristön tutkimus Kivesvaarassa. Moniste Muhoksen tutkimusasema. 5 s.
 - & Kemppainen, L. 1991. Effect of clear cutting of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions. Tiivistelmä: Avohakkuun vaikutus kuusimetsän lämpöoloihin. Acta Forestalia Fennica 225. 42 s.
 - 1992. The effect of clear cutting, waste wood collecting and site preparation on the nitrate nitrogen leaching to groundwater. Julkaisussa: Krecek, J. & Haigh, M.J. (toim.). Proceedings of the Symposium on Environmental Regeneration in Headwaters. Prague, 1-7 November 1992, s. 80-85.
 - & Kemppainen, L. 1994. Effect of soil preparation of boreal spruce forest on air and soil temperature conditions in forest regeneration areas. Acta Forestalia Fennica 244. 56 s.
 - & Väliälo, J., Ylitolonen, A., Alasaarela, E. & Seuna, P. 1994. Hakkuun ja maanmuokkauksen vesistövaikutukset - tutkimuksen valuma-alueet. Käsikirjoitusluonnos. 34 s.
 - 1995a. Site preparation and leaching of nutrients. Proceedings of the Symposium Northern Silviculture and Management, August 16.-22.1987 in Lapland, Finland. Metsäntutkimuslaitos, Research Papers 567: 55-62.
 - 1995b. The effect of clear cutting, waste wood collecting and site preparation on the nutrient leaching to groundwater. Julkaisussa: Nilsson, L. O., Hüttl, R. F. & Johansson U. T: (toim.). Nutrient uptake and cycling in forest ecosystems. S. 661-670. Kluwer Academic Publishers.
 - 1998. Leaching of nitrate nitrogen into the groundwater after clear felling and site preparation. Boreal Environment Research 3(3): 3-8.

- 2002. Environmentally friendly silviculture and protection of watercourses in Finland. Julkaisussa: Sustainable Forestry to Protect Water Quality and Aquatic Biodiversity. Kungl. Skogs- och Lantbruksakademins Tidskrift 141(7): 89-94.
 - 2004. Leaching of nitrogen into the groundwater after clear cutting and planting compared with natural regeneration. Julkaisussa: Environmental Role of Wetlands in Headwaters, s. 87-94. Kluwer Academic Publishers.
- Laitila, J., Asikainen, A. & Anttila, P. 2008. 1. Energiapuuvarat. Julkaisussa: Kuusinen, M. ja Ilvesniemi, H. (toim.) 2008. Energiapuun korjuun ympäristövaikutukset, tutkimusraportti. Tapion ja Metlan julkaisuja. 74 s [Verkkodokumentti], s. 6-12. Saatavissa: www.metsavastaa.net/energiapuu/raportti
- Metsätilastotiedote 16/2011. Saatavissa:
<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/mtt/2011/puupolttoaine2010.pdf>
- Nurmi, J. Hakkuutähteen korjuu päätehakkuukoosikoista. 1997. Työtehoseuran metsätiedote 569. 4 s.
- Pasanen, J., Seppänen, R. & Keskitalo, A. 2009. Kantojen noston ja hakkuutähteen keuruun ekologiset ja metsänhoidolliset vaikutukset. Raportti koekenttien perustamisvaiheista 2005-2008. Moniste, 44 s.
- Saksa, T., Tervo, L. & Kautto, K. 2002. Hakkuutähti ja metsänuudistaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 851. 41 s.
- Seppänen, R., Murto, T., Pasanen, J. & Kubin, E. 2009. Latvusmassan korjuu päätehakkuualoilta. Moniste. 19 s.
- Sosiaali- ja terveysministeriön asetus 2001. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010401#e-0>
<http://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/4136.pdf>

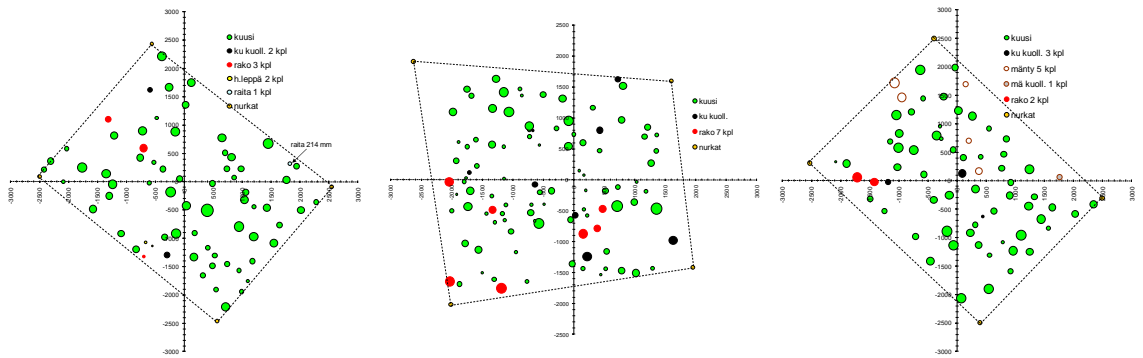
Liitteet

Liite 1. Kantokartat

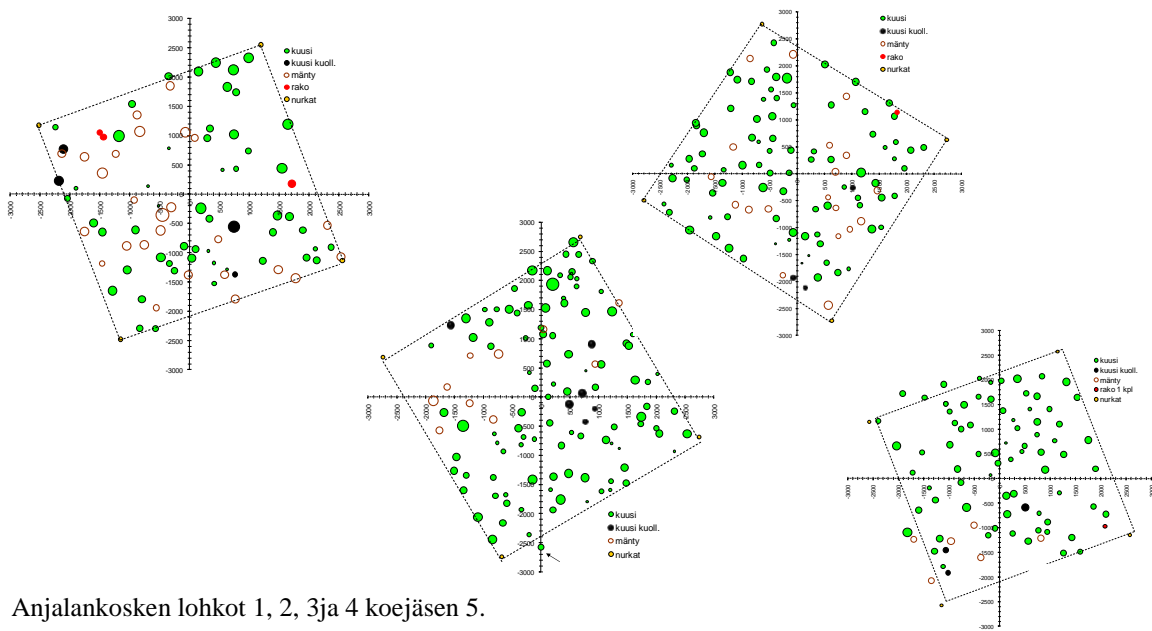




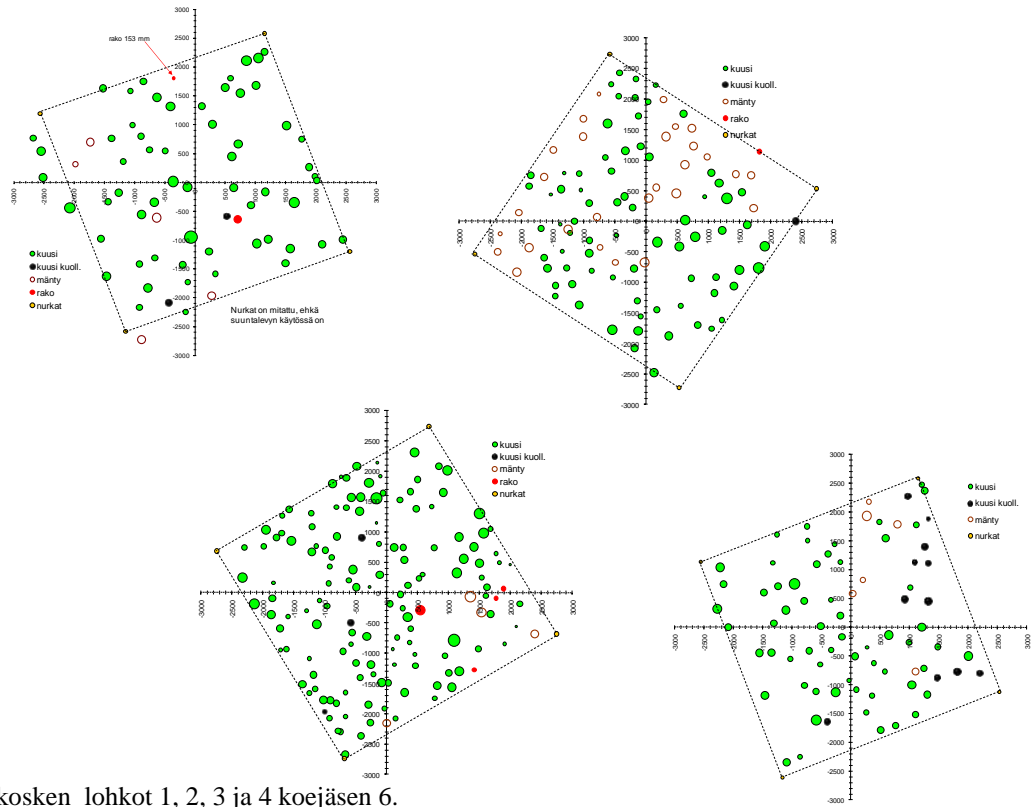
Längelmäen lohkot 1, 2 ja 3 koejäsen 5.



Längelmäen lohkot 1, 2, ja 3 koejäsen 6.



Anjalankosken lohkot 1, 2, 3 ja 4 koejäsen 5.



Anjalankosken lohkot 1, 2, 3 ja 4 koejäsen 6.

Liite 2. Lajien esiintyminen koalueittain ja vuosittain

	Paltamo		Längelmäki		Anjalankoski	
	2007	2009	2007	2009	2007	2009
Puut ja pensaat (< 50 cm):						
<i>Betula pendula</i>		x		x		x
<i>Betula pubescens</i>		x	x	x	x	x
<i>Juniperus communis</i>	x	x		x		x
<i>Picea abies</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Pinus sylvestris</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Populus tremula</i>	x	x		x	x	x
<i>Prunus padus</i>				x		
<i>Rubus idaeus</i>		x	x	x		x
<i>Salix caprea</i>		x		x		x
<i>Sorbus aucuparia</i>	x	x	x	x	x	x
Varvut:						
<i>Calluna vulgaris</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Empetrum nigrum</i>	x	x		x		x
<i>Linnaea borealis</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Vaccinium myrtillus</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Vaccinium uliginosum</i>				x		
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	x	x	x	x	x	x
Sanikkaiset:						
<i>Athyrium filix-femina</i>				x		
<i>Dryopteris carthusiana</i>		x	x	x		x
<i>Dryopteris expansa</i>		x				
<i>Dryopteris filix-mas</i>				x		
<i>Equisetum sylvaticum</i>			x	x		
<i>Gymnocarpium dryopteris</i>		x	x	x	x	x
<i>Lycopodium annotium</i>	x		x	x		
<i>Phegopteris connectilis</i>	x			x		
<i>Pteridium aquilinum</i>			x	x		x
Ruohot:						
<i>Carduus crispus</i>				x		
<i>Carlina vulgaris</i>						x
<i>Cerastium fontanum</i>				x		
<i>Cirsium palustre</i>				x		
<i>Convallaria majalis</i>		x		x	x	x
<i>Epilobium adenocaulon</i>				x		x
<i>Epilobium angustifolium</i>		x		x		x
<i>Fallopia convolvulus</i>				x		
<i>Fragaria vesca</i>			x	x		
<i>Galeopsis bifida</i>				x		x
<i>Galeopsis tetrahit</i>		x		x		x
<i>Geranium sylvaticum</i>	x		x	x		
<i>Geum rivale</i>				x		
<i>Goodyera repens</i>				x		
<i>Hepatica nobilis</i>			x	x		
<i>Hieracium sp.</i>		x				
<i>Hieracium sylvatica</i>				x		
<i>Lathyrus pratensis</i>				x		
<i>Maianthemum bifolium</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Melampyrum pratense</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Melampyrum sylvaticum</i>	x	x	x	x	x	x
<i>Moehringia trinervia</i>				x		
<i>Monotropa hypopitys</i>					x	

<i>Orthilia secunda</i>		X	X	X	X	
<i>Oxalis acetosella</i>	X	X	X	X	X	
<i>Peucedanum palustre</i>				X		
<i>Plantago major</i>				X		
<i>Potentilla erecta</i>			X	X		X
<i>Potentilla norvegica</i>				X		
<i>Pyrola rotundifolia</i>	X		X			
<i>Ranunculus repens</i>				X		
<i>Rubus saxatilis</i>	X	X	X	X		X
<i>Rumex acetosa</i>		X				
<i>Rumex acetosella</i>				X		X
<i>Senecio sylvaticus</i>				X		X
<i>Senecio vulgaris</i>				X		
<i>Silene dioica</i>		X				
<i>Solidago virgaurea</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Sonchus arvensis</i>				X		
<i>Stellaria graminea</i>		X		X		
<i>Stellaria media</i>		X		X		
<i>Taraxacum officinale</i>		X		X		
<i>Trientalis europaea</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Trifolium pratense</i>				X		
<i>Tussilago farfara</i>						X
<i>Urtica dioica</i>				X		
<i>Veronica chamaerdys</i>				X		
<i>Veronica officinalis</i>			X	X		
<i>Viola canina</i>				X		
<i>Viola mirabilis</i>			X	X		
<i>Viola palustris</i>				X		
<i>Viola riviniana</i>			X	X		
Heinät ja sarat:						
<i>Agrostis capillaris</i>				X		
<i>Calamagrostis arundinacea</i>				X		X
<i>Calamagrostis epigejos</i>		X		X		
<i>Calamagrostis purpurea</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Calamagrostis sp.</i>				X		
<i>Carex brunnescens</i>				X		
<i>Carex canescens</i>		X		X		X
<i>Carex digitata</i>				X		X
<i>Carex globularis</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Carex ovalis</i>				X		
<i>Carex pallescens</i>				X		
<i>Deschampsia caespitosa</i>			X	X		
<i>Deschampsia flexuosa</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Juncus articulatus</i>				X		
<i>Luzula multiflora</i>				X		X
<i>Luzula pilosa</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Melica nutans</i>			X	X		
<i>Poa pratensis</i>				X		
Lehtisammalet:						
<i>Aulacomnium palustre</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Brachytecium sp.</i>		X	X	X		
<i>Bryum argenteum</i>				X		
<i>Ceratodon purpureus</i>				X		
<i>Dicranum majus</i>	X	X	X	X		X
<i>Dicranum polysetum</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Dicranum scop/fusc</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Dicranum sp.</i>				X		
<i>Hylocomium splendens</i>	X	X	X	X	X	X

Plagiothecium sp.			X	X		
Pleurozium schreberi	X	X	X	X	X	X
Pogonatum urnigerum		X				
Pohlia nutans		X		X		X
Polytrichastrum sp.				X		
Polytrichum commune	X	X	X	X	X	X
Polytrichum strictum			X	X		
Ptilium crista-castrensis	X	X	X	X	X	X
Rhodobryum roseum			X	X		
Rhytidiadelphus triquetrus	X	X	X	X		
Sphagnum angustifolium	X	X	X	X	X	X
Sphagnum capillifolium						X
Sphagnum girgensohnii		X	X	X		
Sphagnum russowii		X	X	X		X
Sphagnum squarrosum				X		
Maksasammalet:						
Barbilophozia barbata	X	X			X	
Chiloscyphus profundus						
Hepaticae sp.	X	X	X			
Lophocolea heterophylla		X				
Lophozia sp.						
Ptilidium ciliare			X			
Jäkälät:						
Cladina rangiferina	X	X				
Cetraria islandica	X					
Cladina sp.		X				
Cladonia deformis			X			
Cladonia sp.	X					