

Ennakkoraivaus osana ensiharvennuspuun korjuuta



Kalle Kärhä, Sirkka Keskinen, Reima Liikkanen, Teemu Kallio & Jarmo Lindroos

Projektin tavoitteet

- **Kartoittaa, miten erilaiset ennakkoraivaustavat muuttavat korjuuoloja ja mitkä ovat raivauskustannukset,**
- **Tutkia, miten erityyppinen alikasvos ja sen ennakkoraivaus erilaisilla toteutustavoilla vaikuttavat hakkuun ja metsäkuljetuksen tuottavuuteen ja kustannuksiin sekä korjuujälkeen talvella ja kesällä,**
- **Selvittää, milloin ja miten ensiharvennusmännikkö on raivattava ja**
- **Löytää kustannustehokkain raivaustapa erilaisiin ensiharvennusmänniköihin.**

Tutkitut käsittelyvaihtoehdot

- Tutkimuksessa alikasvokseksi luettiin rinnankorkeusläpimitaltaan alle 7,0 cm:n puut, mutta kanto­läpimitaltaan yli 1,1 cm:n puut.
- Tutkimuksessa mukana neljä erilaista raivaustapaa:
 - I) metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu,*
 - II) metrin säde ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia,*
 - III) metrin säde ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu ja*
 - IV) kaikki alikasvospuut raivattu (totaaliraivaus)*
- Lisäksi puuta korjattiin raivaamattomilta koealoilta.

Tutkimusmenetelmät ja -aineistot

- **Mäntyvaltaisiin ensiharvennusleimikoihin perustettiin yhteensä 85 aikatutkimuskoealaa.**
- **Tutkimuskoealat raivattiin ja inventoitiin syksyllä 2004.**
- **Hakkuun ja metsäkuljetuksen aikatutkimukset tehtiin talvella ja kesällä 2005.**
- **Korjuun aikatutkimukseen käytettiin 70 tutkimuskoealaa.**
- **Korjuujälki inventointiin heti metsäkuljetuksen jälkeen.**
- **Tutkimuksessa hakattiin yhteensä 678 m³.**
- **Metsäkuljetuksen aineistoksi muodostui 461 m³.**
- **Hakkuussa käytettiin harvennuskoneita (paino 13–15 tonnia) ja keskiraskaita hakkuukoneita (15–17 tonnia).**
- **Metsäkuljetus tehtiin valtaosin keskiraskailla kuormatraktoreilla.**

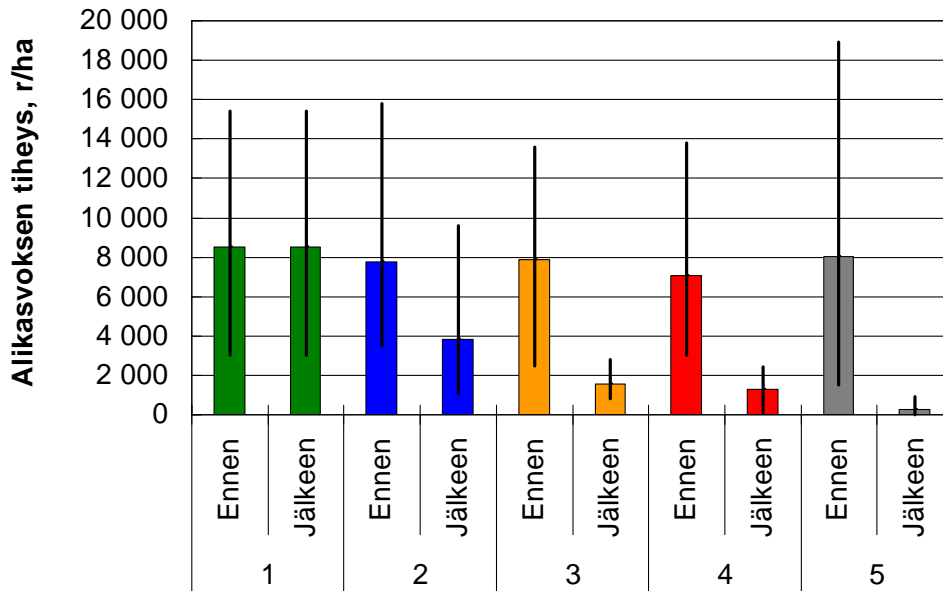
Korjuukalustoa aikatutkimuksissa



Vaikutukset alikasvoksen kokonaistiheyteen

- **Kun raivattiin metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos, alikasvoksesta raivattiin keskimäärin 80 %.**
- **Raivatun alikasvoksen osuus oli samalla tasolla myös, kun raivattiin metrin säteen lisäksi yli metrin pituiset alikasvospuut.**
- **Alikasvospuista keskimäärin puolet kaadettiin maahan, kun raivattiin vain metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä.**
- **Kun raivausohjeena oli poistaa kaikki alikasvospuut, alikasvoksesta raivattiin keskimäärin 97 %.**

Ennakkoraivauksen vaikutus alikasvoksen kokonaistiheyteen käsittelyvaihtoehdoittain



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

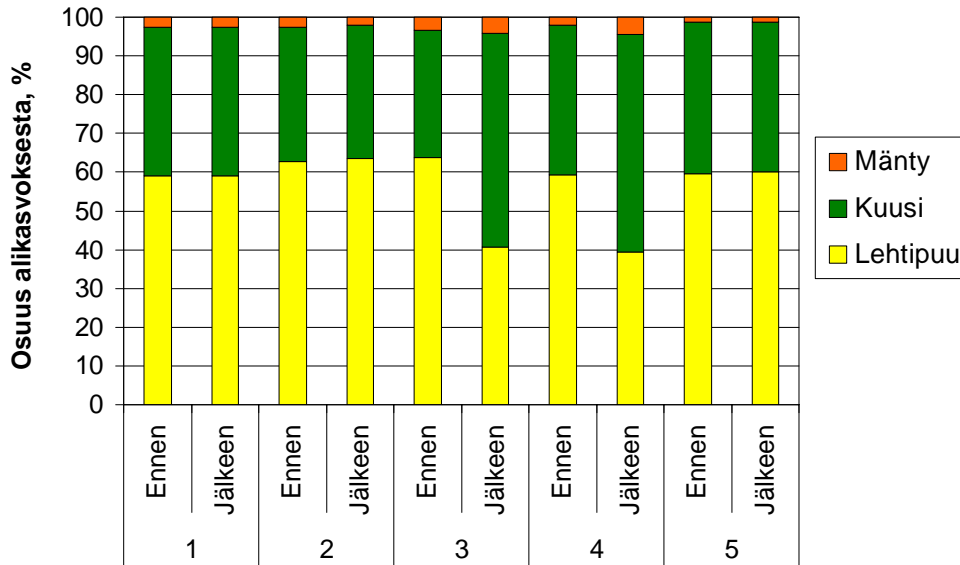
Vaikutukset alikasvoksen puulajisuhteisiin ja kokojakaumaan (1)

- **Kun raivattiin systemaattisesti vain metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä, ennakkoraivauksella ei ollut vaikutusta alikasvoksen puulajisuhteisiin, eikä kokojakaumaan.**
- **”Valikoivat” raivaustavat, eli metrin säteen lisäksi muun hakkuuta haittaavan alikasvoksen raivaus ja metrin säteen lisäksi yli metrin pituisen alikasvoksen raivaus, muuttivat selvästi alikasvoksen puulajisuhteita: kuusen osuus alikasvoksesta lisääntyi ja lehtipuun osuus väheni.**

Vaikutukset alikasvoksen puulajisuhteisiin ja kokojakaumaan (2)

- Raivaustapa, jossa poistettiin metrin säteen lisäksi yli metrin pituiset alikasvospuut, vaikutti eniten alikasvoksen kokojakaumaan. Pystyyn jääneen alikasvoksen keskipituus oli 2,1 m.
- Kun raivattiin metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos, pystyyn jääneen alikasvoksen keskipituus oli 2,5 m.
- Raivaamattomilla koealoilla ja koealoilla, joilla raivattiin vain metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä, alikasvospuuston keskipituus oli yli 3 m.

Ennakkoraivauksen vaikutus alikasvoksen puulajisuhteisiin käsittelyvaihtoehtojain



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

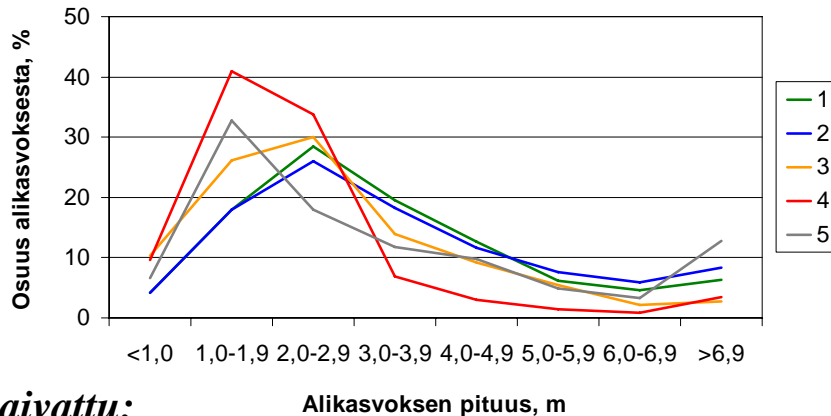
3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

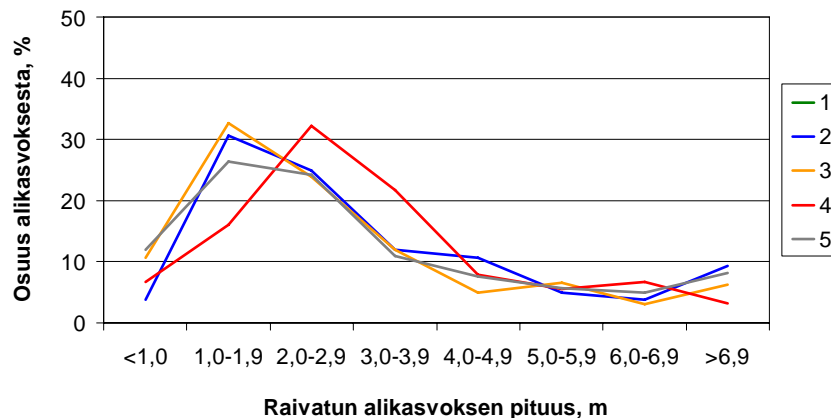
5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

Ennakkoraivauksen vaikutus alikasvoksen pituusjakaumaan käsittelyvaihtoehdoittain

Raivauksen jälkeen:



Raivattu:



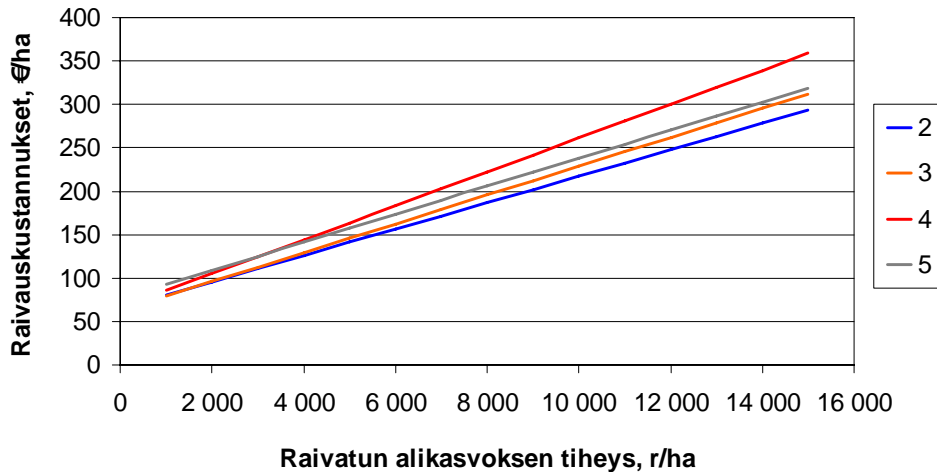
Käsittelyvaihtoehdot:

- 1 = raivaamaton**
- 2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu**
- 3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia**
- 4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu**
- 5 = kaikki alikasvospuut raivattu.**

Ennakkoraivauskustannukset

- **Koeloittain kaikkien alikasvospuiden ennakkoraivauksessa kustannukset olivat korkeimmat, keskimäärin 202 €/ha.**
- **Pienimmät keskiraivauskustannukset (125 €/ha) olivat, kun raivattiin vain metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä.**
- **Keskiraivauskustannukset olivat korkeammat poistettaessa metrin säteen lisäksi yli metrin pituinen alikasvospuusto (178 €/ha) kuin raivattaessa metrin säteen lisäksi muu hakkuuta haittaava alikasvospuusto (168 €/ha).**

Ennakkoraivauskustannukset raivatun alikasvospuuston tiheyden suhteen



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

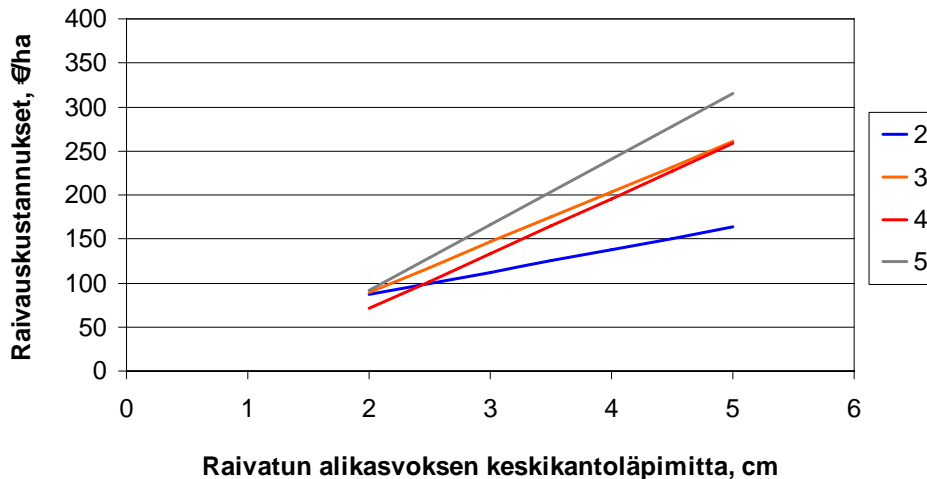
2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

Ennakkoraivauskustannukset raivatun alikasvospuuston keskikantoläpimitan suhteen



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

Alikasvoksen vaikutukset hakkuun tuottavuuteen (1)

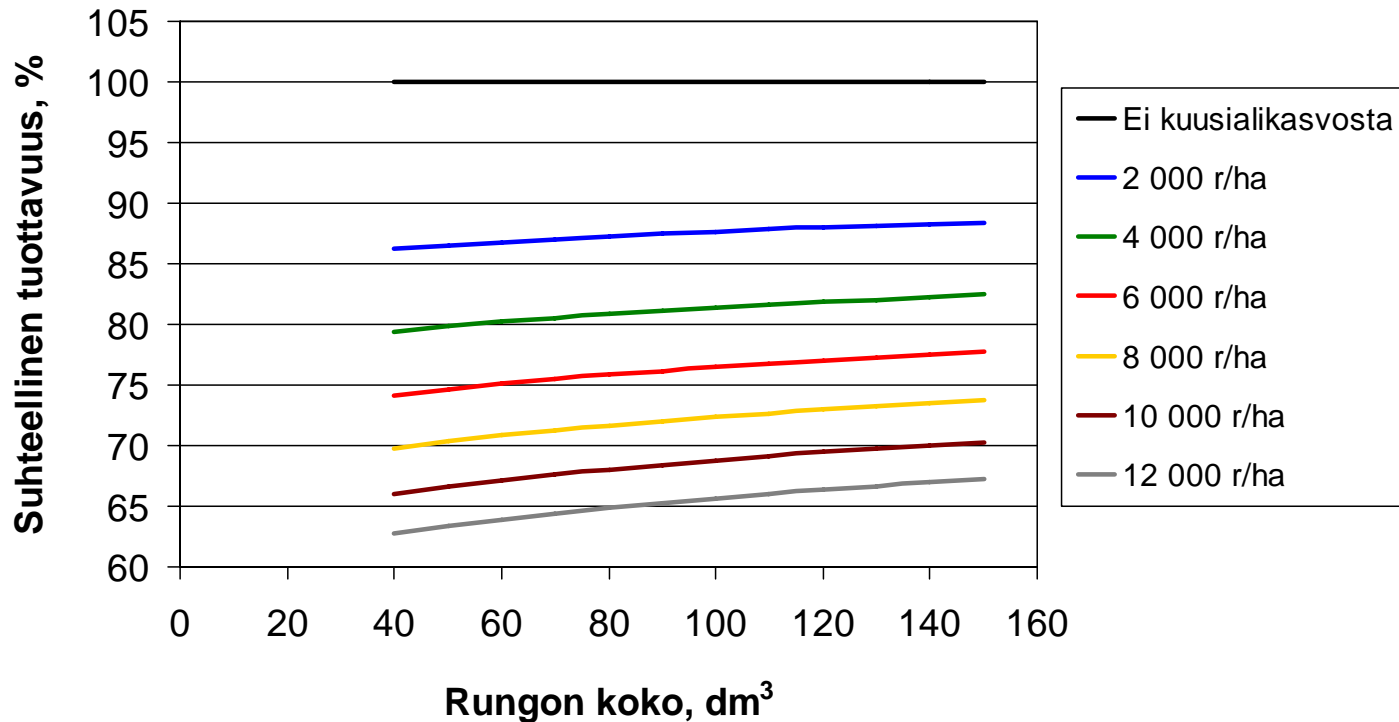
- Kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus vaikuttivat hakkuun tuottavuuteen.
- Kun kuusialikasvoksen tiheys kasvoi, ajanmenekki hakkuulaitteen vientiin poistettavan puun tyvelle sekä puun kaatoon ja tuontiin käsittelypaikalle lisääntyi.
- Kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus kasvattivat hakkuulaitteella tehdyn alikasvoksen raivauksen ja painelun ajanmenekkiä.
- Kuusialikasvoksen keskipituuden vaikutus hakkuun tuottavuuteen oli pienempi kuin kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus.

Alikasvoksen vaikutukset hakkuun tuottavuuteen (2)

- Kun kuusialikasvoksen tiheys oli 2 000 r/ha ja keskipituus 2 m, hakkuun tuottavuus oli 12–14 % pienempi kuin korjuuoloissa, joissa ei ollut kuusialikasvosta.
- Kun kuusialikasvoksen tiheys oli 10 000 r/ha ja keskipituus 2 m, hakkuun tuottavuus oli 30–34 % pienempi.
- Mitä pienempiä ainespuurunkoja hakattiin, sitä enemmän hakkuun tuottavuus laski kuusialikasvoksen tiheyden ja keskipituuden kasvaessa.

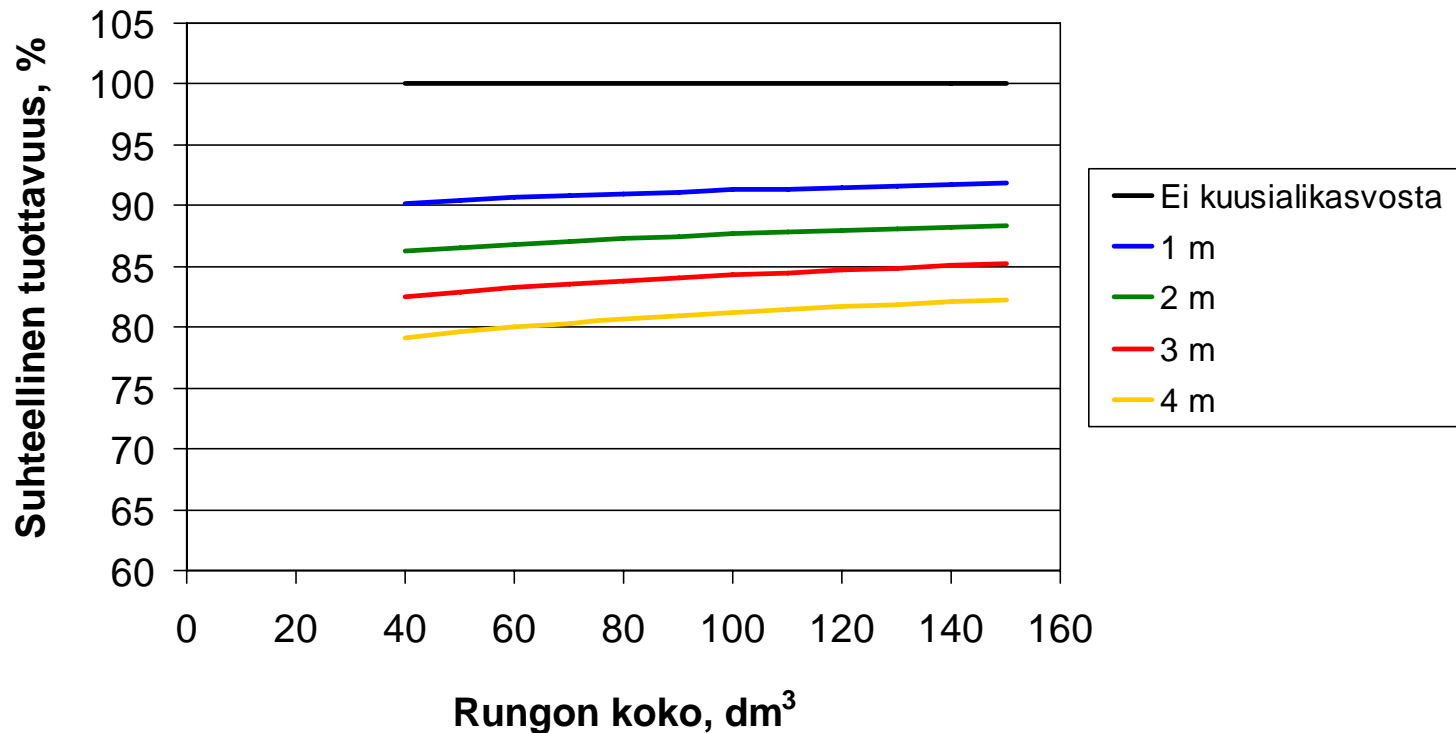
Kuusialikasvoksen tiheyden suhteellinen vaikutus hakkuun tuottavuuteen

(Kuusialikasvoksen keskipituus 2,0 m)



Kuusialikasvoksen keskipituuden suhteellinen vaikutus hakkuun tuottavuuteen

(Kuusialikasvoksen tiheys 2 000 r/ha)

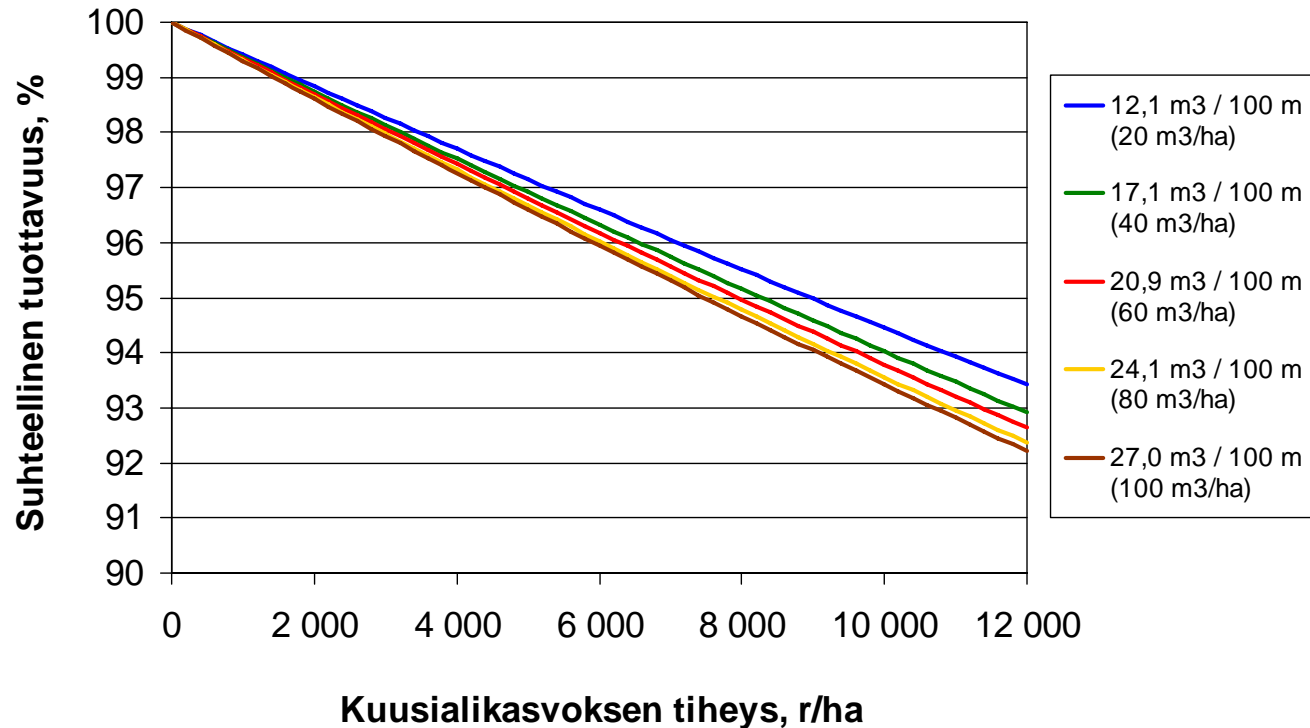


Alikasvoksen vaikutukset metsäkuljetuksen tuottavuuteen

- **Kuusialikasvoksen tiheys vaikutti metsäkuljetuksessa kuormauksen ajanmenekkiin, erityisesti kuormauksen apuaikoihin: uudelleenkuormaus pyrittäessä tipauttamaan taakkaan tulleet alikasvospuut tai taakan mukana kuormaan tulleiden alikasvospuiden poistaminen kuormasta.**
- **Metsäkuljetuksessa kuusialikasvoksen tiheyden vaikutus tuottavuuteen oli pienempi kuin hakkuussa.**

Kuusialikasvoksen tiheyden suhteellinen vaikutus metsäkuljetuksen tuottavuuteen

(Metsäkuljetusmatka 250 m; kuormakoko 9,8 m³)



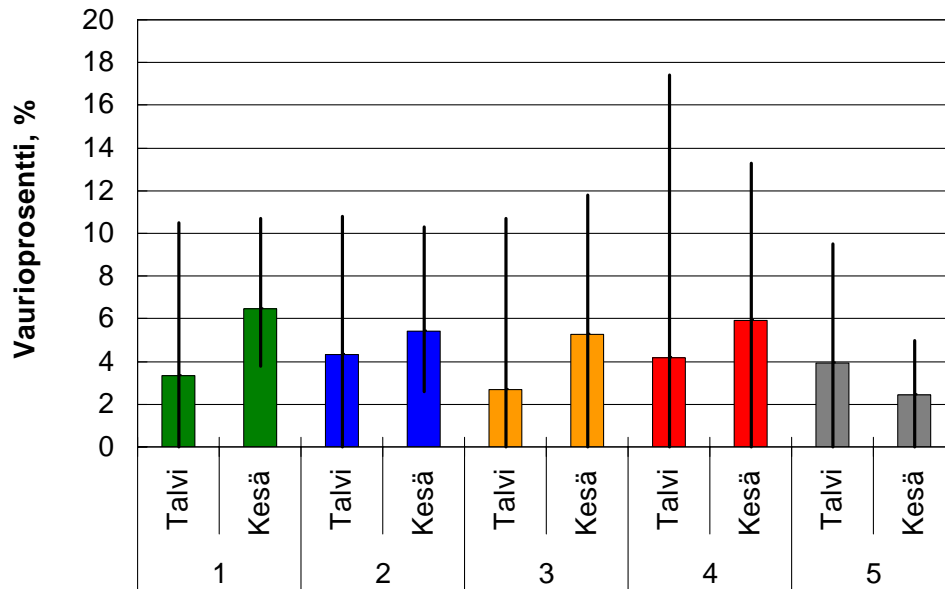
Raivaustavan ja lehtipuualikasvoksen vaikutukset

- Raivaustavalla oli vaikutusta korjuun tuottavuuteen. Se tuli esille leimikkoon jääneen kuusialikasvoksen kautta.
- Lehtipuualikasvoksella ei ollut merkittävää vaikutusta korjuutyön tuottavuuteen talvella, eikä kesällä.

Alikasvoksen vaikutukset korjuujälkeen

- Alikasvoksen tiheydellä, sen koolla tai raivaustavalla ei ollut vaikutusta korjuujälkeen.
- Valtaosin korjuujälki oli tutkimuskoealoilla hyvä: Vauriopuiden osuus jäävästä puustosta oli keskimäärin 4,2 %. Ajouran leveys oli keskimäärin 4,4 m.
- Pääsyy siihen, että korjuujälki pysyi hyvänä myös alikasvokseltaan erittäin tiheillä tutkimuskoealoilla, oli luultavimmin se, että kuljettajat raivasivat hakkuulaitteella pois tiheää alikasvosta.
- Tehdyn ensiharvennuksen aiheuttamat, nykyarvoon diskontatut kasvu- ja laatutappiot jäävälle puustolle olivat keskimäärin 77 €/ha. Kesäaikaisten korjuutöiden aiheuttamat kasvu- ja laatutappiot olivat selvästi korkeammat kuin talviaikaisten korjuutöiden aiheuttamat kasvu- ja laatutappiot.
- Alikasvoksen tiheydellä, sen koolla tai käytetyllä raivaustavalla ei ollut merkittävää vaikutusta kasvu- ja laatutappioihin.

Vaurioprocentit käsittelyvaihtoehdoittain



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

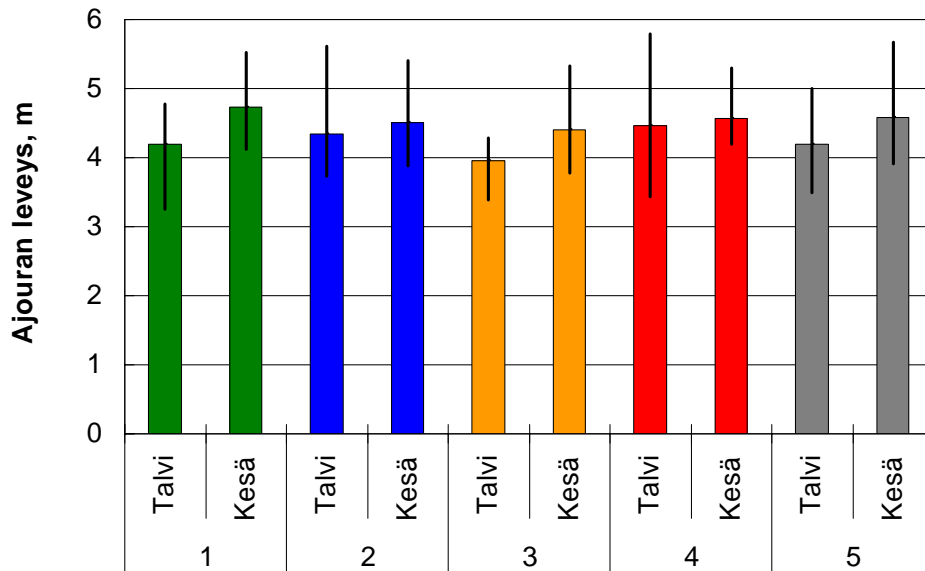
2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

Ajouran leveydet käsittelyvaihtoehdoittain



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

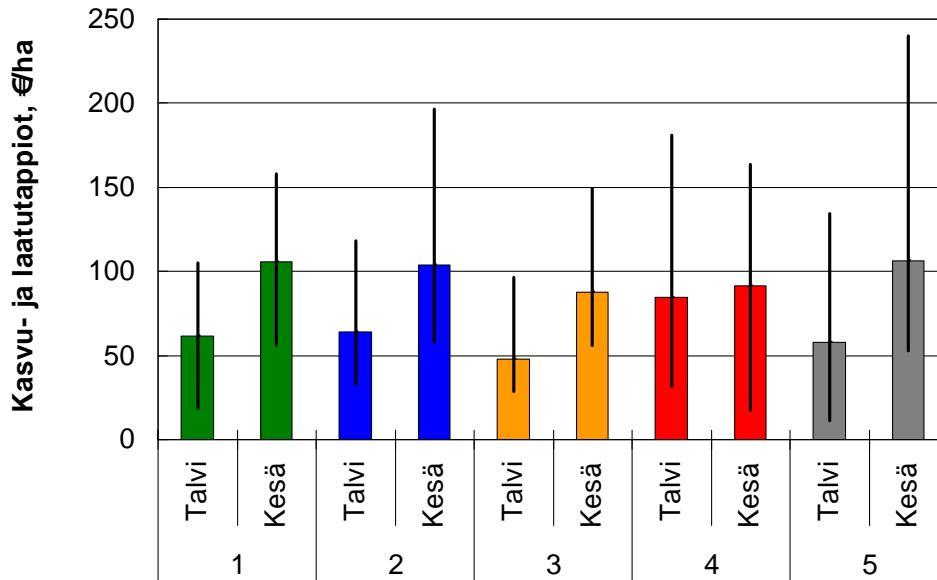
2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

Ensiharvennuksen aiheuttamat kasvu- ja laatutappiot jäävälle puustolle



Käsittelyvaihtoehdot:

1 = raivaamaton

2 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä raivattu

3 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja muu hakkuuta haittaava alikasvos raivattu, mutta pyritty jättämään kasvatettavaksi kelpaavia alikasvoskuusia

4 = metrin säde ainespuurunkojen ympäriltä ja yli metrin pituinen alikasvos raivattu

5 = kaikki alikasvospuut raivattu.

Ennakkoraivausrajoihin vaikuttavat tekijät

- **Kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus, hakattavan puuston järeys, ainespuun hakkuukertymä sekä käytettävä korjuukalusto ja sen kustannukset vaikuttivat laskettuihin ennakkoraivausrajoihin.**
- **Ennakkoraivausrajalla tarkoitetaan sitä kuusialikasvostiheyttä, minkä ylittyessä ennakkoraivaus on kokonaistaloudellisesti kannattavaa: korjuutyön lisäkustannukset ylittävät ennakkoraivauskustannukset.**
- **Kun kuusialikasvoksen tiheys ja keskipituus sekä hakkuukertymä kasvoivat, oli taloudellisesti kannattavaa raivata ensiharvennusleimikko, jossa oli melko pieniäkin kuusialikasvostiheyksiä.**
- **Vastaavasti kun hakattavan puuston järeys kasvoi, ennakkoraivausrajat nousivat. Samoin käy, kun hakkuussa käytetään keskiraskaiden hakkuukoneiden sijasta harvennuskoneita (paino 13–15 tonnia) tai pieniä hakkuukoneita (paino alle 13 tonnia).**

Ennakkoraivauksen kannattavuus

- **Kun ensiharvennuspuuta korjattiin tavanomaisissa korjuuoloissa (rungon keskikoko: 50–100 dm³, ainespuukertymä: 30–60 m³/ha), ennakkoraivausrajat vaihtelivat neljästä sadasta alikasvoskuusesta yli 10 000 alikasvoskuuseen hehtaarilla.**
- **Kun ainespuukertymä oli pieni (20–30 m³/ha) ja raivaus tehtiin palkkatyönä, ennakkoraivaus ei ollut taloudellisesti kannattavaa millään kuusialikasvos-tiheydellä usealla rungon koolla.**

Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus 1 m (Korjuu keskiraskailla metsäkoneilla)

Rungon koko, dm ³	Ainespuukertymä, m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40		5 200	2 200	1 400	1 000				
50			4 000	2 200	1 600	1 200			
60			8 200	3 400	2 200	1 600	1 200	1 000	
70				5 600	3 200	2 200	1 600	1 200	1 000
80				10 800	4 600	2 800	2 200	1 600	1 400
90					7 000	4 000	2 800	2 000	1 600
100					13 000	5 400	3 400	2 600	2 000
110						7 800	4 600	3 200	2 400
120						12 600	6 000	4 000	3 000
130							8 400	5 000	3 600
140							13 200	6 600	4 400

Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus 2 m (Korjuu keskiraskailla metsäkoneilla)

Rungon koko, dm ³	Ainespuukertymä, m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40		1 800	1 000	600	400				
50		3 600	1 600	1 000	600	600			
60			2 400	1 400	1 000	800	600	400	
70			4 200	2 000	1 200	1 000	800	600	600
80			10 000	2 800	1 800	1 200	1 000	800	600
90				4 400	2 400	1 600	1 200	1 000	800
100				8 200	3 200	2 000	1 400	1 200	1 000
110					4 400	2 600	1 800	1 400	1 000
120					7 200	3 400	2 200	1 600	1 200
130						4 400	2 800	2 000	1 600
140						6 400	3 400	2 400	1 800

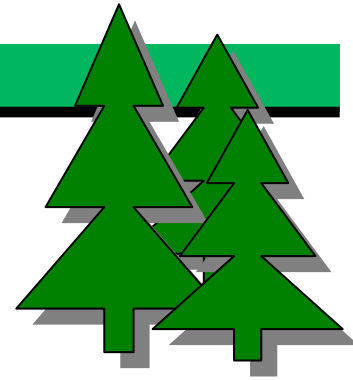
Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus 3 m (Korjuu keskiraskailla metsäkoneilla)

Rungon koko, dm ³	Ainespuukertymä, m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40	2 800	1 000	600	400	200				
50		1 600	800	600	400	400			
60		2 600	1 200	800	600	400	400	200	
70		6 000	1 800	1 000	600	600	400	400	400
80			2 600	1 400	800	600	600	400	400
90			4 200	1 800	1 200	800	600	600	400
100				2 400	1 400	1 000	800	600	600
110				3 600	1 800	1 200	1 000	800	600
120				5 800	2 400	1 600	1 200	800	800
130					3 200	1 800	1 400	1 000	800
140					4 400	2 400	1 600	1 200	1 000

Ennakkoraivausrajat (kuusialikasvospuuta hehtaarilla), kun kuusialikasvoksen keskipituus 4 m (Korjuu keskiraskailla metsäkoneilla)

Rungon koko, dm ³	Ainespuukertymä, m ³ /ha								
	20	30	40	50	60	70	80	90	100
40	1 400	600	400	200	200				
50	3 000	800	600	400	200	200			
60		1 400	800	400	400	200	200	200	
70		2 200	1 000	600	400	400	200	200	200
80		3 800	1 400	800	600	400	400	200	200
90			1 800	1 000	600	600	400	400	400
100			2 600	1 400	800	600	400	400	400
110			4 400	1 600	1 000	800	600	400	400
120				2 200	1 200	1 000	600	600	400
130				3 000	1 600	1 000	800	600	600
140				4 400	2 000	1 200	1 000	800	600

Nyrkkisäännöt alikasvoksen ennakkoraivaukseen



- **Kustannustehokkain raivaustulos saavutetaan, kun raivataan ainespuurunkojen tyvet metrin säteeltä sekä muu hakkuuta haittaava, yli 1,5–2,0 m:n pituinen kuusialikasvospuusto.**
- **Ennakkoraivaus on tehtävä hyvissä ajoin, mieluummin runsas vuosi ennen korjuuta, jotta raivattu alikasvospuusto ehtii painua maata vasten.**
- **Ainespuurunkojen ympäriltä metrin säteeltä raivattavat alikasvospuut on syytä kaataa lyhyeen, noin 10 cm:n kantoon.**
- **Muualta raivattavat alikasvoskuuset voidaan jättää pidempäänkin kantoon.**
- **Muualta on suositeltavaa raivata vain pääosin pidempiä, yli 1,5–2,0 m:n pituisia alikasvoskuusia, jotka hakkuussa aiheuttaisivat näkymäestettä ja muuta haittaa.**

Raportointi projektissa

■ Julkaisut Metsätehon sarjoissa:

- Kärhä, K., Keskinen, S., Liikkanen, R., Kallio, T. & Lindroos, J. 2006. Ennakkoraivaus osana ensiharvennuspuun korjuuta. Metsätehon Raportti 187.
- Kärhä, K. 2005. Ennakkoraivaustavan vaikutus korjuuoloihin ja raivaus-kustannuksiin. Summary: Impact of undergrowth pre-clearance method on harvesting conditions and clearance costs. Metsätehon Katsaus 2/2005, Julkinen jakelu 10.
- Kärhä, K. 2005. Ennakkoraivaus ja ensiharvennuspuunkorjuu talvella. Summary: Undergrowth pre-clearance and first-thinning harvesting during winter. Metsätehon Katsaus 14.
- Kärhä, K. 2006. Alikasvoksen vaikutukset ensiharvennuspuun korjuuseen. Summary: Impact of undergrowth on the harvesting of first-thinning stands. Metsätehon Katsaus 18.

■ Artikkelit ammattilehdissä:

- Kärhä, K., Kallio, T. & Lindroos, J. 2005. Ennakkoraivauksella ensiharvennusleimikko korjuukelpoiseksi. Koneyrittäjä 2/2005: 37–38.
- Kärhä, K. 2005. Raivaa talvileimikko oikein. Metsälehti 72(20): 20.
- Kärhä, K. 2006. Ensiharvennuspuun korjuun kannattavuus: Kuusialikasvoksella merkittävä vaikutus. Koneyrittäjä 1/2006: 10–11.

■ Opinnäytetyöt:

- Kallio, T. 2005. Ennakkoraivaus osana ensiharvennuspuun korjuuta. Tampereen ammattikorkeakoulu, Metsätalouden koulutusohjelma, Tutkintotyö.