

Koivuverhopuuston tiheyden ja kuusialikasvoksen pituuden tasauksen vaikutus taimikon pituuskasvuun ojitusalueella

Impact of birch nurse crop density and height equalization of Norway spruce understorey on spruce seedlings' height growth on a drained peatland

Marja-Leena Päätalo, Anu Hilli, Mikko Moilanen & Eila Tillman-Sutela

Marja-Leena Päätalo, Anu Hilli, Mikko Moilanen & Eila Tillman-Sutela, The Finnish Forest Research Institute, Muhos Research Station, Kirkkosaarentie 7, FIN-91500 Muhos, Finland. Phone: +358 10 211 3724; Fax: +358 10 211 3701; email: marja-leena.paatalo@metla.fi

A viable understorey of Norway spruce often develops under a nurse crop on nutrient-rich peatlands drained for forestry. The impact of birch nurse crop density and height equalization of the Norway spruce understorey on the height growth of spruce seedlings was studied on three sites: on a transforming herb-rich spruce swamp, an abandoned peat field and a mixed peat/mineral soil field. The nurse crop was managed in 1990: 1) no thinning, 4000 stems ha⁻¹, 2) thinning to 1000 stems ha⁻¹, 3) thinning to 500 stems ha⁻¹, or 4) removal of the nurse crop. In addition, the spruce seedlings over 1 m in height were removed from randomized halves of each plot. The unmanaged nurse crop reduced the growth of the understorey the most on all the sites. On the other hand, the spruce seedlings grew the best on the plots where the nurse crop had been removed. Due to height equalization the growth of the spruce understorey first slowed down, but towards the end of the study period the height growth of the equalized and non-equalized spruce understoreys were almost the same.

Key words: *Betula pubescens*, drained peatland, height equalization, height growth, natural seedlings, nurse crop density, *Picea abies*, understorey

Johdanto

Ravinteisten ja keskiravinteisten ojitettujen turvemaiden pääpuulajina on usein hieskoivu (*Betula pubescens*) (Seppälä & Keltikangas 1978, Päivänen 1990, Hökkä *et al.* 2002). Koivikon ollessa riittävän tiheää ja hyvälaatuista sen kasvatusta kuitupuuksi voidaan suositella (Keltikangas & Seppälä 1977, Saramäki 1977, Niemistö

1991). Koko maassa hieskoivuvaltaisia puustoja on noin 1.2 miljoonaa hehtaaria, joista noin 0.9 miljoonaa hehtaaria ojitetuilla alueilla (Hökkä *et al.* 2002, Metsätilastollinen vuosikirja 2002). Pohjois-Pohjanmaalla hieskoivuvaltaisia metsiä on puolestaan 0.2 miljoonaa hehtaaria mikä on noin 10 % metsämaan alasta (Metsätilastollinen vuosikirja 2002). Turvemaiden hieskoivikot ovat kuitenkin usein jääneet hoitamatta ja ne ovat sik-

si tavallisesti huonolaatuisia ja heikosti tuottavia metsiköitä. Ennen päätehakkua koivikon alle syntyy usein myös luontainen kuusentaimikko (*Picea abies*), joka voidaan kasvatata uudeksi puusukupolveksi (Seppälä & Keltikangas 1978).

Verhoppuuston tiedetään hidastavan alikasvostaimikon kehitystä (Andersson 1984, Heikurainen 1985, Holgén *et al.* 2003), joten verhoppuuston käsittelyn ajoitus on tärkeää (Niemistö 1995, Valkonen 2000). Suositukset taimikon vapauttamisajankohdasta vaihtelevat uudistusalan hallan-arkuuden mukaan, mutta alikasvoskuusikot voidaan vapauttaa heti, kun mahdollinen hallanvaara on ohitettu (Multamäki 1942, Heikurainen 1982, 1985, Hyvän metsänhoidon suositukset 2001, Pohjois-Suomen metsänhoitosuositukset 2001). Verhoppuusto vähentää hallan esiintymistä ja samalla myös hallan ja säteilyn aiheuttamia kuivumisvaurioita varjostuksellaan (Multamäki 1942, Heikurainen 1982, 1985). Hallaisuus ei voi olla kuitenkaan puulajin valintaa yksin määräävä tekijä, vaan viljavilla paikoilla turvemaiillakin sopivin kasvatettava puulaji on kuusi (Päivänen 1990). Verhoppuusto saattaa toisaalta vähentää myös taimikon vesoittumista ja perkaustarvetta sekä pintakasvillisuuden kilpailua ja torjuntatarvetta rehevillä kasvupaikoilla (Heikinheimo 1941, Andersson 1984, Valkonen 2000).

Alikasvoksia on tutkittu jo viime vuosisadan alkupuolella pääosin Etelä-Suomen kangasmilla, joilla päällyspuustot ovat olleet kuusivaltaisia (Tikka 1928, Pöntynen 1929, Cajander 1934). Päällyspuuston käsittelyn jälkeen tapahtuvan elpymisen ja toipumisen kuvaajana on useimmiten käytetty luontaisen kuusialikasvoksen pituuskasvua (Valkonen 2000). Viime vuosina alikasvostutkimuksissa on tarkastelun kohteena erityisesti ollut alikasvosten käyttökelpoisuus keinoalantaa metsänuudistamisen kustannuksia (Hyppönen *et al.* 1998, Valkonen 2000). Tutkimuksissa on selvitetty lähinnä kivennäismailla verhoppuuston vaikutusta alikasvoksen syntymiseen, elossapysymiseen ja toipumiseen verhoppuuston poiston tai harvennuksen jälkeen. Turvemaiilla alikasvostutkimuksia on tehty lähinnä uudistumisesta ja taimettumisesta (Lukkala 1946, Seppälä & Keltikangas 1978, Saarinen 1989, Saarinen 1997). Sitä vastoin hieskoivikon alle syntyneiden kuusialikasvoksen pituuskasvusta ja

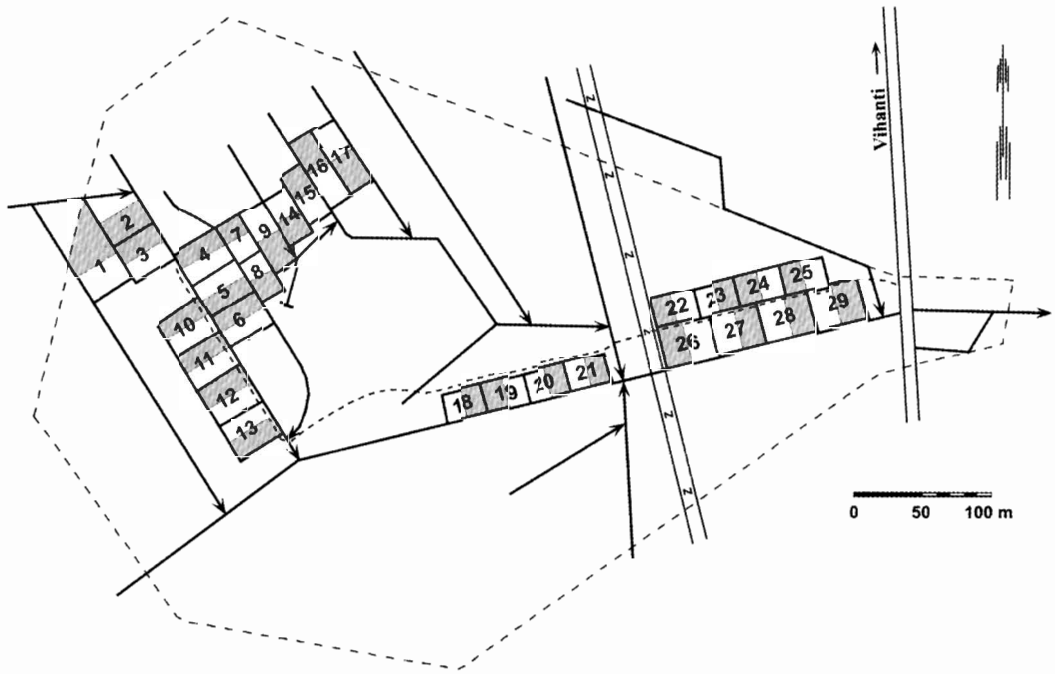
kehityksestä verhoppuuston poiston jälkeen on vain vähän tutkimustietoa (Heikurainen 1982, 1985, Hilli *et al.* 2003), vaikka ojitusaluiden pysyvillä koealoilla saattaa olla kehityksen seurantaan sopivia kohteita (Sarkkola & Päivänen 2001).

Luontaisesti syntyneen alikasvostaimikon pituuskasvu on huomattavasti vaihtelevampaa kuin viljelytaimikon (Koistinen & Valkonen 1993, Valkonen *et al.* 1998). Erityisesti turvemaiilla syynä saattaa olla alikasvoksen syntyminen pitkien aikojen kuluessa, jolloin myös vaihtuvan taimineksen määrä on suuri (Päivänen 1990, Valkonen *et al.* 1998). Tällöin taimikot muodostuvat helposti ryhmittäisiksi ja eri-ikäiseksi (Cajander 1934, Vaartaja 1952, Koistinen & Valkonen 1993). Vaikka epätasaisuus ja ryhmittäisyys hyväksytäänkin nykyisin ekologisin perustein, yksittäiset poikkeavat suuret taimet voivat häiritä taimikon normaalia kehitystä (Cajander 1934, Vaartaja 1952). Kuusialikasvostaimikon piteuden tasauksen vaikutusta taimikon rakenteeseen, elpymiseen ja kasvuun ojitetuilla turvemaiilla ei kuitenkaan tunneta.

Tämän työn tarkoitus oli selvittää tiheydeltään erilaisten hieskoivuverhoppuustojen vaikutusta alikasvoskuusien vuotuisen pituuskasvuun ojitusalueella. Lisäksi tutkittiin alikasvoskuusien piteuden tasauksen vaikutusta taimien pituuskasvuun.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusalue sijaitsee Pohjois-Pohjanmaalla Viuhannissa (64° 24' P, 34° 04' I) 1960-luvun alussa perusojitetulla ja 1978 kunnostusojitetulla suolla, joka on alkuperäiseltä suotyypiltään ruohokorpea. Hieskoivuvaltaisen verhoppuuston alle on syntynyt luontainen kuusialikasvos vuosien kuluessa. Alue koostuu 29 koealasta (kuva 1), joista osa (17 kpl) sijaitsee ruohokorpimuuttumalla (A) jolla turpeen syvyys on 30–50 cm. Viereisellä entisellä suopellolla (C), jossa turpeen syvyys on 50–80 cm sijaitsee neljä koealaa. Valtaosan viereisiä suopeltokoealoja (8 kpl), joilla turvemaa ja mineraalimaa ovat osaksi sekoittuneet, nimitetään tässä työssä ojitusmaaksi (B). Koealojen koko on 0.061–0.172 ha.



Verhopuuston tiheys, v. 1990 <i>Nurse crop density, year 1990</i>	Koealat — Plots		
	(A)	(B)	(C)
Käsittämätön 4000 kpl ha ⁻¹ <i>Unmanaged nurse crop (4000 stems ha⁻¹)</i>	2, 6, 8, 11, 14	18, 26	24
Verhopuita 1000 kpl ha ⁻¹ <i>Thinning to 1000 stems ha⁻¹</i>	3, 4, 7, 10, 17	21, 28	25
Verhopuita 500 kpl ha ⁻¹ <i>Thinning to 500 stems ha⁻¹</i>	-, -, -, 12, 16	19, 27	23
Verhopuiden poisto <i>Nurse crop removed</i>	1, 5, 9, 13, 15	20, 29	22

(A) Ruohokorpimuuttumalla sijaitsevat koealat, Plots on transforming herbrich spruce swamp

(B) Ojitusmaalla sijaitsevat koealat, Plots on abandoned peat/mineral soil field

(C) Suopellolla sijaitsevat koealat, Plots on abandoned peat field

Kuva 1. Koivuverhopuuston käsittelyiden sijoittuminen koealueella. Varjostetuilla koealan puolikkailla poistettiin yli 1 metrin mittaiset kuusen taimet.

Fig. 1. Layout of the birch nurse crop management in the experimental area. All the seedlings over 1 m in height were removed on the shaded halves of the plots.

Syksyllä 1990 verhopuuston keskipituus oli 10 m ja se käsiteltiin seuraavasti: 1) käsittämätön (verhopuita noin 4000 kpl ha⁻¹) 2) harvennus tiheyteen 1000 verhopuita ha⁻¹, 3) harvennus ti-

heyteen 500 verhopuita ha⁻¹ tai 4) verhopuuston poisto. Lisäksi käsitellyt alueet raivattiin ja koealat jaettiin puoliksi ja arvotuilta koealan puolikkailta poistettiin yli metrin pituiset kuusen tai-

met talvella 1991 eli taimikoissa suoritettiin pituden tasaus.

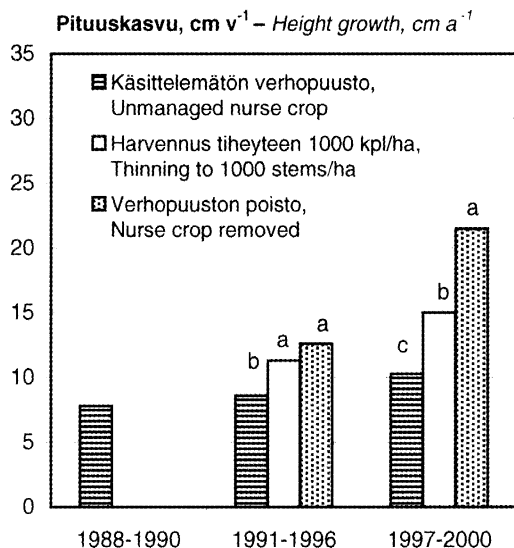
Kuusialikasvos mitattiin vuonna 2000. Koealojen puolikkaille tuli 1 tai 2 ympyräkoelaa ja niiden pinta-ala oli 79 m² tai 50 m² koelan koosta ja ympyräkoeloiden määrästä riippuen. Kaikista ympyräkoelalla olleista yli 30 cm:n pituisista kuusentaimista määritettiin pituuskasvu kolmelta jaksolta. Ensimmäinen jakso (1988–1990) oli kolme vuotta ennen verhopuuston käsittelyä. Käsittelyitä seurannut ensimmäinen pituuskasvujakso (1991–1996) oli kuusi vuotta ja toinen (1997–2000) neljä vuotta.

Verhopuuston käsittelyn ja alikasvoskuusitaimikon pituden tasauksen vaikutusta kuusien pituuskasvuun kahtena verhopuuston käsittelyitä seuranneena pituuskasvujaksona (1991–1996 ja 1997–2000) tutkittiin osaruutukokeella (split-plot), joka on kaksisuuntaisen varianssianalyysin muunnos. Osaruutukokeessa pääruutuna oli verhopuuston tiheys ja osaruutuna alikasvotaimikon tasaus/tasaamattomuus. Tällä tavoin voidaan tarkemmin havaita osaruututekijän (tasaus/tasaamattomuus) kuin pääruututekijän (verhopuusto) vaikutukset. Siten tutkimuksessa pystyttiin erottamaan nimenomaan tasauksen vaikutus verhopuuston tiheyden vaikutuksesta kuusen taimien pituuskasvuun. Ruohokorpimuuttamalla verrattiin kolmea verhopuuston tiheyttä: käsittelemätön, verhopuita 1000 kpl ha⁻¹ ja 0 kpl ha⁻¹. Jokaisesta verhopuuston tiheydestä vertailtiin myös koealojen puolikkaita, joissa kuusialikasvos oli joko tasattu tai jätetty tasaamatta. Kustakin kolmesta tiheysvaihtoehdosta oli viisi toistoa. Ojitusmaalla osaruutukokeessa oli lisäksi mukana harvennus, jossa verhopuita oli jätetty 500 kpl ha⁻¹. Toistoja oli kaksi. Suopellolla ei ollut toistoja, joten sieltä esitetään keskiarvot vuotuisen pituuskasvun kehityksestä ilman tilastollisia testauksia.

Tulokset

Käsittelyjen yhdysvaikutukset

Verhopuuston tiheydellä ja alikasvoskuusten pituden tasauksella ei osaruutukokeen perusteella ollut tilastollisesti merkittävää yhdysvaikutusta alikasvoskuusten pituuskasvuun käsittelyjä seu-



Kuva 2. Koivu-verhopuuston tiheyden vaikutus alikasvoskuusten vuotuisen pituuskasvuun ruohokorpimuuttamalla kahden kasvujakson 1991–1996 ja 1997–2000 aikana. Tukeyn testin mukaan samalla kirjaimella merkityt pituuskasvut eivät poikkea tilastollisesti toisistaan 5 %:n merkitsevyystasolla ko. jaksolla. Jakson 1988–1990 pylväs kuvaa vuotuista kasvua ennen käsittelyjä.

Fig. 2. Effect of birch nurse crop density on the annual height growth of the spruce understorey on the transforming herbrich spruce swamp during the two growth periods, 1991–1996 and 1997–2000. According to Tukey's test, height growths marked with the same letter do not differ significantly from each other at the 5% confidence level during the same period. The column for the period 1988–1990 indicates the annual growth prior to the management.

ranneena kahtena pituuskasvujaksona (taulukko 1). Siten seuraavassa tarkastellaankin erikseen verhopuuston tiheyden ja tasauksen vaikutusta.

Verhopuuston tiheys

Tiheä verhopuusto hidasti alikasvoskuusten pituuskasvua, vaikka kasvupaikat poikkesivat toisistaan. Ruohokorpimuuttamalla taimet kasvovivat jo käsittelyjä seuranneen ensimmäisen jakson (1991–1996) aikana eniten aloilla, joilta verhopuusto oli poistettu (kuva 2). Kuusen taimien vuotuinen pituuskasvu oli tällöin noin 13 cm. Harvennetun verhopuuston (1000 kpl ha⁻¹) alla taimien vuotuinen kasvu oli 11 cm ja käsittelemättömän verhopuuston alla lähes 9 cm. Ver-

hopuuston tiheys oli tilastollisesti merkitsevä ($p=0.0020$) selittäjä vuotuiselle pituuskasvulle, mutta vain käsittelemättömän verhopuuston (4000 kpl ha^{-1}) alla kuusen taimien pituuskasvu jäi merkitsevästi pienemmäksi kuin käsitellyillä verhopuustoaloilla. Kuusen taimien vuotuinen pituuskasvu olikin verhopuuston tiheydestä riippumatta suurempaa molemmilla käsitellyillä seuranneilla jaksoilla kuin käsitellyitä edeltäneellä jaksolla (1988–1990). Verhopuuston poiston ja harvennuksen vaikutus kuusen taimien vuotuisen pituuskasvuun voimistui käsitellyjen jälkeisen toisen (1997–2000) jakson aikana. Selvästi suurin vuotuinen pituuskasvu (22 cm) oli edelleen aloilla, joilta verhopuusto oli poistettu, seuraavaksi suurin (15 cm) harvennetuilla aloilla ja pienin (10 cm) aloilla, joilla verhopuusto oli jätetty käsittelemättä. Vuotuiset pituuskasvut poikkesivatkin toisistaan tilastollisesti merkitsevästi kaikilla verhopuuston tiheyksillä ($p=0.0001$).

Ojitusmaallakin verhopuuston tiheys vaikutti kuusen taimien vuotuisen pituuskasvuun (kuva 3). Ensimmäisenä käsitellyjä seuranneena jaksossa (1991–1996) alikasvoskuusten vuotuiset pituuskasvut vaihtelivat 13–16 cm verhopuuston eri tiheyksillä, joskaan vaihtelu ei ollut säännönmukaista. Verhopuuston tiheys ei selittänyt vuotuisia pituuskasvua tilastollisesti merkitsevästi ($p=0.6227$). Kuitenkin pituuskasvu oli selkeästi suurempaa käsitellyjä seuranneena toisena jak-

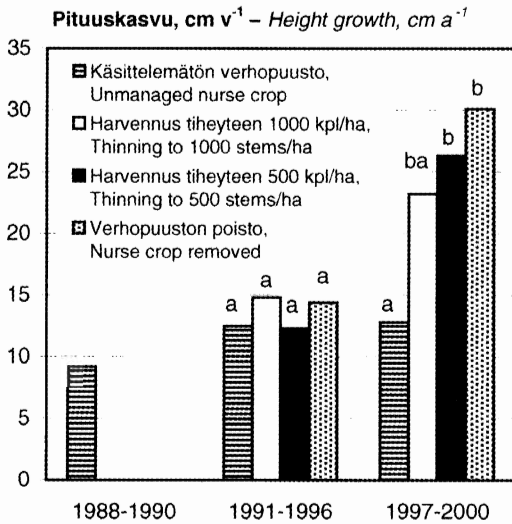
sona (1997–2000) kuin edeltäneenä jaksossa ja pituuskasvun ero käsitellyjen välillä oli huomattava. Suurin vuotuinen pituuskasvu, 30 cm oli aloilla, joilta verhopuusto oli poistettu. Verhopuuston harvennuksen (500 kpl ha^{-1}) jälkeen kuusen taimien vuotuinen kasvu oli 26 cm ja tiheimmän verhopuuston (1000 kpl ha^{-1}) alla 23 cm. Käsittelemättömän verhopuuston (4000 kpl ha^{-1}) alla vuotuinen kasvu oli vain 13 cm. Kuusen taimien kasvu käsittelemättömällä alalla oli myös tilastollisesti merkitsevästi pienempää kuin aloilla, joilla verhopuusto oli poistettu tai harvennettu (500 kpl ha^{-1}). Sitä vastoin pituuskasvut eri harvennustiheyksissä eivät poikenneet tilastollisesti toisistaan.

Entisellä suopellolla kuusen taimien pituuskasvun kehitys oli samansuuntaista kuin muillakin kasvupaikoilla (kuva 4). Käsitellyjä seuranneena ensimmäisenä kasvujaksossa (1991–1996) suurin vuotuinen pituuskasvu, 13 cm oli alalla, jolta verhopuut oli poistettu. Pienin vuotuinen kasvu, 9 cm taas oli alalla, jolla verhopuuta oli 500 kpl ha^{-1} . Muilla verhopuuston tiheyksillä kuusen taimien kasvu oli samaa suuruusluokkaa tai vähän suurempaa. Myös toisella jaksolla (1997–2000) kuusen taimien suurin vuotuinen pituuskasvu, 29 cm oli alalla, jolta verhopuut oli poistettu. Siellä pituuskasvu oli jopa kaksinkertaista verrattuna verhopuustojen alla kasvaneisiin kuusen taimiin.

Taulukko 1. Koivuverhopuuston tiheyden ja kuusialikasvoksen piteuden tasauksen vaikutus taimikon pituuskasvuun.

Table 1. Effect of birch nurse crop density and height equalization of Norway spruce understorey on spruce seedlings' height growth.

Kasvupaikka ja kasvujakso	Koealat kpl	Mallin selitysaste	Mallin F-arvo	Mallin p-arvo	p-arvo Tasaus	p-arvo Tiheys	p-arvo Tas*Tih
Site and growth period	Plots n	Model R-Square	Model F-value	Model p-value	p-value Equaliz.	p-value Density	p-value Eq.*den.
Ruohokorpimuuttuma							
<i>Transforming herbich spruce swamp</i>							
1991–1996	15	0.76	2.30	0.0733	0.004	0.002	0.722
1997–2000	15	0.81	3.14	0.0248	0.534	0.000	0.848
Ojitusmaa							
<i>Abandoned mixed peat/mineral soil field</i>							
1991–1996	8	0.86	2.37	0.2107	0.022	0.622	0.706
1997–2000	8	0.89	3.08	0.1444	0.138	0.020	0.846

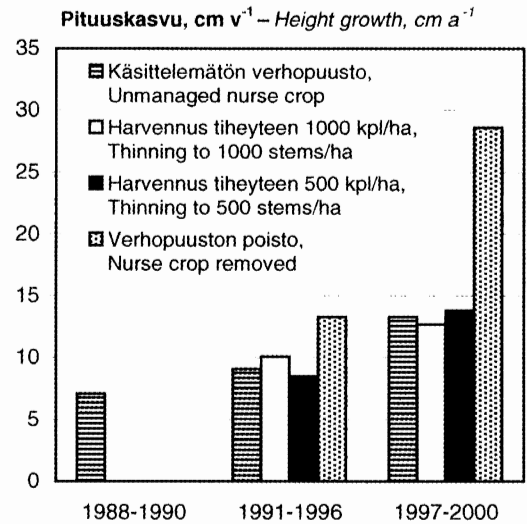


Kuva 3. Koivuverhoppuuston tiheyden vaikutus alikasvoskuusten vuotuisen pituuskasvuun ojitusmaalla kahden kasvujakson 1991–1996 ja 1997–2000 aikana. Tukeyn testin mukaan samalla kirjaimella merkityt pituuskasvat eivät poikkea tilastollisesti toisistaan 5 %:n merkitsevyystasolla ko. jaksolla. Jakson 1988–1990 pylväs kuvaa vuotuista kasvua ennen käsittelyjä.

Fig. 3. Effect of birch nurse crop density on the annual height growth of the spruce understorey on the abandoned mixed peat/mineral soil field during the two growth periods, 1991–1996 and 1997–2000. According to Tukey's test, height growths marked with the same letter do not differ significantly from each other at the 5% confidence level during the same height growth period. The column for the period 1988–1990 indicates the annual growth prior to the management.

Alikasvoskuusten pituuden tasaus

Kuusialikasvosksen keskimääräinen vuotuinen pituuskasvu oli suurempi tasaamattomissa kuin tasatuissa taimikoissa kaikilla kasvupaikoilla ja verhoppuuston tiheyksillä käsittelyjä edeltävän kolmen vuoden (1988–1990) jakson aikana (kuva 5). Erityisesti ojitusmaalla tasaamattoman kuusen taimikon vuotuinen pituuskasvu (12 cm) oli selvästi suurempaa kuin tasatun taimikon (7 cm). Pituuskasvat määritettiin jälkikäteen, joten tasatuilla koelanpuolikkailla tulivat käsittelyjä edeltävältäkin jaksolta mukaan vain tasauksessa jäljellejääneet taimet. Myös muilla kasvujaksoilla tasaamattomat taimikot kasvoivat enemmän kuin tasatut kaikilla kasvupaikoilla.



Kuva 4. Koivuverhoppuuston tiheyden vaikutus alikasvoskuusten vuotuisen pituuskasvuun suopellolla kahden kasvujakson 1991–1996 ja 1997–2000 aikana. Jakson 1988–1990 pylväs kuvaa vuotuista kasvua ennen käsittelyjä.

Fig. 4. Effect of birch nurse crop density on the annual height growth of the spruce understorey on the peat soil during the two growth periods, 1991–1996 and 1997–2000. The column for the period 1988–1990 indicates the annual growth prior to the management.

Niin tasattujen kuin tasaamattomienkin taimikoiden kasvu nopeutui tutkimusjakson kuluessa kaikilla kasvupaikoilla. Esimerkiksi ruohokorpimuuttumalla käsittelyjä seuranneella toisella jaksolla (1997–2000) tasaamattoman kuusen taimikon vuotuinen pituuskasvu (16 cm) oli jo lähes kaksinkertainen verrattuna käsittelyjä edeltäneeseen (1988–1990) pituuskasvuun (9 cm). Pituuskasvuero tasattujen ja tasaamattomien taimikoiden välillä pienenivät aikaa myöten. Ruohokorpimuuttumalla tasaamattomien ja tasattujen taimikoiden vuotuinen pituuskasvuero oli käsittelyjä seuranneen ensimmäisen jakson (1991–1996) aikana lähes 4 cm, kun toisella jaksolla (1997–2000) ero oli enää 1 cm. Käsittelyjä seuranneella ensimmäisellä jaksolla tasaamattomien ja tasattujen taimikoiden pituuskasvuero olivatkin tilastollisesti merkitseviä sekä ruohokorpimuuttumalla että ojitusmaalla ($p=0.0043$ ja 0.0021). Sen sijaan toisella jaksolla tasauksen vaikutus pituuskasvuun ei enää osoittautunut tilastollisesti merkitseväksi kummallakaan kasvu-

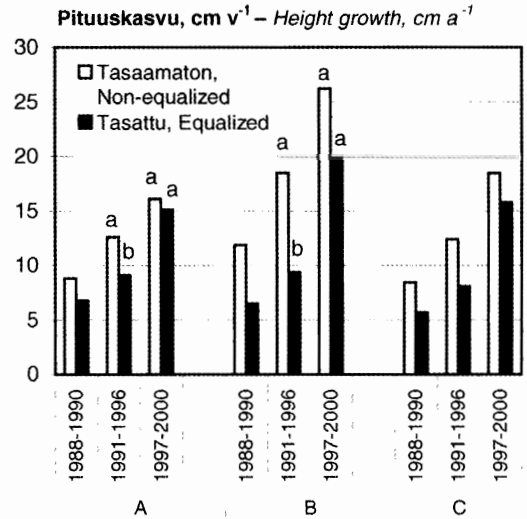
paikalla ($p=0.5346$ ruohokorpimuuttumalla ja $p=0.1381$ ojitusmaalla).

Tulokset olivat samansuuntaiset kaikilla kasvupaikoilla, vaikka tilastollinen testaus ei ollut mahdollista suopellolla toistojen puuttuessa. Kuusialikasvoksen vuotuinen pituuskasvu oli lähes yhtä suurta ruohokorpimuuttumalla ja suopellolla kaikkien pituuskasvujaksojen aikana, mutta ojitusmaalla erityisesti tasaamattomien taimikoiden kasvu oli kaikkina jaksoina selvästi suurempaa kuin muilla kasvupaikoilla.

Tulosten tarkastelu

Tulosten perusteella verhopuuston tiheys vaikuttaa oleellisesti alikasvoskuusten pituuskasvuun. Kuusten vuotuinen pituuskasvu oli suurinta aloilla, joilta verhopuusto oli poistettu, kun taas käsittelemättömillä aloilla kuusten pituuskasvu oli pienintä. Jo verhopuuston harvennus lisäsi yleensä alikasvoskuusten kasvua. Pituuskasvueroit harvennettujen ja käsittelemättömien alojen välillä eivät kuitenkaan muodostuneet suuriksi. Tulos tukee aiempia havaintoja, joiden mukaan jo harvakin verhopuusto hidastaa alikasvoksena kehittyvien taimien kehitystä ja kasvua (Cajander 1934, Niemistö 1995, Mård 1996, Bergqvist 1999, Klang & Ekö 1999, Murphy *et al.* 1999, Puettmann & Saunders 2000, Hilli *et al.* 2003). Toisaalta koivujakson voimakkaan harventamisen on osoitettu kivennäismailla lisäävän kuusikon kasvua lähes yhtä paljon kuin koivun poistaminen kokonaan (Mielikäinen & Valkonen 1995).

Verhopuuston poiston ja harvennuksen vaikutus kuusen taimien vuotuisen pituuskasvuun tuli selkeimmin esiin vasta käsitellyjä seuranneella toisella jaksolla, eli 7–10 vuoden kuluessa käsittelyistä. Verhopuuston käsittelyiden jälkeen kuusialikasvoksen kasvu saattaa hidastua, ja aiemmissa tutkimuksissa tämän vaiheen on todettu vaihtelevan kivennäismailla 2–7 vuotta alikasvoksen kunnan ja poistetun verho- tai ylispuuston tiheyden mukaan (Cajander 1934, Vaartaja 1952, Mielikäinen & Valkonen 1995, Valkonen 2000). Alikasvoskuusten pituuskasvun on havaittu nopeutuvan merkittävästi vasta 4–5 kasvukauden kuluttua verhopuuston käsittelystä (Koistinen ja Valkonen 1993, Valkonen 2000). Tässä tutkimuksessa kuusentaimien pituuskasvun li-



Kuva 5. Tasaamisen vaikutus kuusialikasvoksen vuotuisen pituuskasvuun kahden pituuskasvujakson 1991–1996 ja 1997–2000 aikana ruohokorpimuuttumalla (A), ojitusmaalla (B) ja suopellolla (C). Samalla kirjaimella merkityt pituuskasvut eivät poikkea pareittaisessa testissä merkittävästi toisistaan 5 %:n merkitsevyystasolla ko. jakson aikana ruohokorpimuuttumalla ja ojitusmaalla. Jakson 1988–1990 pylväät kuvaavat vuotuista kasvua ennen tasausta.

Fig. 5. Effect of height equalization on the annual height growth of the spruce understory on the transforming herb-rich spruce swamp (A), mixed peat/mineral soil field (B) and peat field (C) during the two growth periods, 1991–1996 and 1997–2000. The height growths marked with the same letter do not differ significantly from each other in the pairwise test at the 5% confidence level during the same period on the transforming herb-rich spruce swamp and mixed peat/mineral soil. The columns for the period 1988–1990 indicate the annual growth prior to the equalization.

sääntymisen kesti koko käsittelyjen jälkeisen kymmenvuotisjakson ajan. Myös kivennäismailla tehtyjen tutkimusten mukaan alikasvospuiden pituuskasvun lisääntymien voi kestää yli 10 vuotta ylis- tai verhopuuston poiston jälkeen (Koistinen & Valkonen 1993, Valkonen 2000).

Verhopuuston on todettu aiemmissa tutkimuksissa kilpailevan alikasvoksen kanssa ja vaikeuttavan siten alikasvoksen kehittymistä (Andersson 1984, Heikurainen 1985, Tham 1988, Holgén *et al.* 2003). Myös tämän tutkimuksen hieskoivikko oli vielä suhteellisen nuorta, kasvuisaa ja tiheää, joten se kilpaili kasvutilasta ja ravinteista alikasvoksen kanssa. Suurikokoiset ylispuu-

koivut saattavat hidastaa kuusen pituuskehitystä vähemmän kuin pienet, sillä suurikokoisten puiden alla alikasvos saa enemmän valoa. Verhokuuston tiedetään varjostuksen lisäksi aiheuttavan myös juuristikilpailua (Schmid & Kazada 2002). Kuusen taimien pituuskasvun nopeutuminen verhopuuston poiston ja harventamisen jälkeen osoitti, että kilpailu valosta ja ravinteista oli vähäisempää kuin ennen verhopuuston käsitteilyä (Nilsson & Gemmel 1993). Toisaalta alikasvoskuusten pituuskasvu oli ojitusmaalla suurempaa kuin ruohokorpimuuttamalla ja suopellolla. Tämä johtunee siitä, että kivennäis- ja turvemaan sekoituessa kasvualustan happi- ja lämpötilaus oli parantunut, mikä vaikutti edullisesti myös kuusialikasvoksen ravinteiden saantiin.

Kuusen taimikoiden keskimääräinen vuotuisen pituuskasvu oli erityisesti tasausta seuranneen ensimmäisen jakson aikana hitaampaa tasatuissa kuin tasaamattomissa taimikoissa. Tulos vahvistaa aiempia havaintoja, joiden mukaan taimien pituuskasvu ennen päällyspuuston poistoa ennustaa niiden pituuskasvua myös verho- tai ylispuuston poiston jälkeen siten, että suurimmat nousuvan kasvun vaiheessa olevat taimet toipuvat nopeimmin (Cajander 1934, Helms & Standiford 1985, Andersson 1988, Koistinen & Valkonen 1993, Örländer & Karlsson 2000). Sitä vastoin alikasvoksen harventamisella eri tiheyksiin ei ole todettu olevan merkitystä kuusen pituuskasvuun taimikkovaiheessa (Koistinen & Valkonen 1993).

Alikasvostaimikoiden kokojakaumien on kivennäismailla todettu olevan selvästi viljelytaimikoita leveämpiä ja vinompia (Koistinen & Valkonen 1993). Eron on kuitenkin todettu tasoittuvan luontaisesti verhopuuston poiston tai harvennuksen jälkeen noin 10 vuoden kuluessa, joten tasoittamalla saatu muutos taimikossa jää lyhytaikaiseksi. Kuitenkin suuret kokoerot ja epätasainen tilajärjestys merkitsevät, että runkoluvultaan yhtä tiheän luontaisesti syntyneen alikasvoksen puuntuotannollinen arvo on pienempi kuin viljelytaimikon, joten ensiharvennuksen taloudellisuus on huonompi metsikössä, jossa suuri osa poistettavista rungoista on pieniä (Valkonen 2000). Tässä tutkimuksessa pituuskasvu käsitteilyä seuranneella toisella jaksolla oli jo lähes yhtä suurta tasatuissa kuin tasaamattomissa taimikoissa. Tasoittaminen saattaakin suotuisissa tapauk-

sisä parantaa ensiharvennuksen kannattavuutta, mikäli tasaus ei aiheuta kovin suurta kasvun hidastumista.

Kiitokset

Tutkimus on tehty Metsäntutkimuslaitoksen Muhoksen tutkimusasemalla osana tutkimushanketta ”Hieskoivikoiden uudistaminen Pohjanmaan ojitusalueilla (3247)”. Kiitämme kaikkia aineiston puustomittauksiin, tallennukseen ja analysointiin osallistuneita. Kiitämme myös professori Juhani Päivästä ja tuntematonta arvioijaa käsikirjoitusta parantaneista muutosehdotuksista. MMT John Derome on kääntänyt käsikirjoituksen englanninkieliset osat.

Kirjallisuus

- Andersson, O. 1988. Granmarbuskar som inslag vid beståndsanläggning. Summary: Severely suppressed trees of *Picea abies* as complement at forest regeneration. Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Skogsproduktion, Rapport 24. 48 s.
- Andersson, S.-O. 1984. Om lövröjningen i plant- och ungskogar. Sveriges skogsförbunds tidskrift 82 (3–4): 69–95.
- Bergqvist, G. 1999. Wood volume yield and stand structure in Norway spruce understorey depending on birch shelterwood density. *Forest Ecology and Management* 122: 221–229.
- Cajander, E.K. 1934. Kuusen taimistojen vapauttamisen jälkeisestä pituuskasvusta (Referat: Über den Höhenzuwachs der Fichtenpflanzenbestände nach der Befreiung). *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 19(5): 1–59.
- Heikinheimo, O. 1941. Metsänistutusmenetelmistä. Referat: Versuche mit waldbaulichen Planzmethoden. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 29(4): 1–63.
- Heikurainen, L. 1982. Ojitusalueiden taimistojen kehityksestä vuosina 1964–1968 toimeenpannun suomensäkilpailun koalojen valossa Summary: Development of seedling stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 16(3): 287–318.
- Heikurainen, L. 1985. Verhopuuston vaikutus kuusitaimikon kehitykseen. Summary: The influence of birch nurse crop (*Betula pubescens*) on the growth of spruce (*Picea abies*) seedling stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 19(1): 81–88.
- Helms, J.A. & Standiford, R.B. 1985. Predicting release of advance reproduction of mixed conifer species in California following overstorey removal. *Forest Science* 31: 3–14.

- Hilli, A. Päätaalo, M-L., Moilanen, M., Piironen, M-L., Isakainen, J. & Tillman-Sutela, E. 2003. Verhopyuston tiheyden ja lannoituksen vaikutus kuusen taimien pituuskasvuun ojitetulla turvemaalla. Summary: The effect of nurse crop density and fertilization on the height growth of Norway spruce seedlings on drained peatland. *Suo* 54: 69–79.
- Holgén, P., Söderberg, U. & Hånell, B. 2003. Diameter increment in *Picea abies* shelterwood stands in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research* 18: 163–167.
- Hyppönen, M., Saksa, T & Valkonen, S. 1998. Alikasvokset ja nykypäivän metsänhoito. Teoksessa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.) 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. Varjosta valoon. Pihlajasarja 3, Metsälehti Kustannus, s. 13–17.
- Hyvän metsänhoidon suositukset. 2001. Metsätalouden kehittämisskeskus Tapio. Libris Oy, Helsinki. 95 s.
- Hökkä, H., Kaunisto, S., Korhonen, K.T., Päivänen, J., Reinikainen, A. & Tomppo, E. 2002. Suomen suometsät 1951–1994. Metsätieteen aikakauskirja 2B/2002: 201–357.
- Keltikangas, M & Seppälä, K. 1977. Ojitusalueiden hieskoivikoiden kasvatustaloudellisen vaihtoehdon. Summary: The economics of growing birch stands on drained peatlands. *Silva Fennica* 11(1): 49–68.
- Klang, F. & Ekö, P.-M. 1999. Tree properties and yield of *Picea abies* planted in shelterwoods. *Scandinavian Journal of Forest Research* 14: 262–269.
- Koistinen, E. & Valkonen, S. 1993. Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. *Silva Fennica* 27(3): 179–194.
- Lukkala, O.J. 1946. Korpimetsien luontainen uudistaminen. Referat: Die natürliche Verjüngung der Bruchwälder. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 34(3): 1–150.
- Metsätalastollinen vuosikirja. 2002. Metsäntutkimuslaitos. 378 s. ISBN 951-40-2861-3, ISSN 0359-968X.
- Mielikäinen, K. & Valkonen, S. 1995. Kaksijaksoisen kuusi-koivu-sekametsän kasvu. *Folia Forestalia* 1995(2): 81–97.
- Multamäki, S.E. 1942. Kuusen taimien paleltuminen ja sen vaikutus ojitettujen soiden metsittymiseen. Referat: Das Erfrieren der Fichtenpflanzen in seiner Wirkung auf die Bewaldung der entwässerten Moore. *Acta Forestalia Fennica* 51(1): 1–353.
- Murphy, T., Adams, D.L. & Ferguson, D. 1999. Response of advance lodgepole pine regeneration to overstorey removal in eastern Idaho. *Forest Ecology and Management* 120: 235–244.
- Mård, H. 1996. The influence of a birch shelter (*Betula* spp) on the growth of young stands of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 11: 343–350.
- Niemistö, P. 1991. Hieskoivikoiden kasvatustiheys ja harvennusmallit Pohjois-Suomen turvemilla. Summary: Growing density and thinning models for *Betula pubescens* stands on peatlands in northern Finland. *Folia Forestalia* 782: 1–36.
- Niemistö, P. 1995. Influence of the density of a Pubescent Birch stand on understorey spruce development on peatland. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 551: 68–85.
- Nilsson, U. & Gemmel, P. 1993. Changes in growth and allocation of growth in young Scots pine and Norway spruce due to competition. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 213–223.
- Pohjois-Suomen metsänhoitosuositukset. 2001. Metsäkeskus Pohjois-Pohjanmaa, Metsäkeskus Kainuu ja Metsäkeskus Lappi. Kajaanin Kirjapaino Oy. 60 s.
- Puettmann, K.J. & Saunders, M.R. 2000. Eastern white pine (*Pinus strobus*) growth response to partial hardwood overstorey release. *Northern Journal of Applied Forestry* 17(3): 89–94.
- Päivänen, J. 1990. Suometsät ja niiden hoito. Kirjayhtymä, Helsinki. 231 s.
- Pöntynen, V. 1929. Tutkimuksia kuusen esiintymisestä alikasvoksina Raja-Karjalan valtionmailla. Referat: Untersuchung über das Vorkommen der Fichte (*Picea excelsa*) als Unterwuchs in der Finnischen Staatswälder von Grenz-Karelien. *Acta Forestalia Fennica* 35(1): 1–235.
- Saarinen, M. 1989. Metsien uudistaminen vanhoilla ojitusalueilla. (Summary: Forest regeneration in old forest drainage areas). *Suo* 40(1): 31–36.
- Saarinen, M. 1997. Kasvupaikkatekijöiden vaikutus vanhojen ojitusalueiden taimettumiseen. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Summary: Effect of site factors on restocking of old drainage areas. A literature review. *Suo* 48(3): 61–70.
- Saramäki, J. 1977. Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoiden kehitys Kainuussa ja Pohjanmaalla. Summary: Development of white birch (*B. pubescens* Ehrh.) stands on drained peatlands in northern central Finland. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 9(2): 1–51.
- Sarkkola, S. & Päivänen, J. 2001. Suopuustojen kehitys kuivatussuhteissa: Hyytiälän ympäristön pysyvät koealat. Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen julkaisuja 25. 109 s.
- Schmid, I. & Kazada, M. 2002. Root distribution of Norway spruce in monospecific and mixed stands on different soils. *Forest Ecology and Management* 159: 37–47.
- Seppälä, K. & Keltikangas, M. 1978. Alikasvotaimikot Pohjanmaan ojitusalueiden hieskoivikoissa. Summary: Occurrence of understorey seedlings in drained *Betula pubescens* stands in Ostrobothnia. *Suo* 29(1): 11–16.
- Tham, Å. 1988. Yield prediction after heavy thinning of birch in mixed stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and birch (*Betula pendula* Roth & *Betula pubescens* Ehrh.). Dissertation. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Forest Yield Research. Report 23. 36 s.

- Tikka, P. 1928. Havaintoja kuusen esiintymisestä ja kehityksestä Pohjois-Suomen kuivissa kangasmetsissä. Referaat: Über das Vorkommen und die Entwicklung der Fichte in der trockenen Heidewäldern von Nord-Suomi(-Finnland). *Silva Fennica* 10: 1–3.
- Vaartaja, O. 1952. Alikasvosasemasta vapautettujen männyn taimistojen toipumisesta ja merkityksestä metsänhoidossa. Summary: On the recovery of released pine advance growth and its silvicultural importance. *Acta Forestalia Fennica* 59(3): 1–133.
- Valkonen, S. 2000. Kuusen taimikon kasvattamisen vaihtoehdot Etelä-Suomen kivennäismailla: Puhdas kuusen viljelytaimikko, vapautettu alikasvos ja kuusi-koi-vutaimikko. Akateeminen väitöskirja. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 763. 83 s.
- Valkonen, S., Saksa, T., Saarinen, M & Moilanen, M. 1998. Alikasvos vapauttamisen jälkeen. Teoksessa: Moilanen, M. & Saksa, T. (toim.) 1998. Alikasvokset metsänuudistamisessa. *Varjosta valoon. Pihlajasarja* 3, Metsälehti Kustannus. s. 33–53.
- Örlander, G. & Karlsson, C. 2000. Influence of shelterwood density on survival and height increment of *Picea abies* advance growth. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15: 20–29.

Summary:

Impact of birch nurse crop density and height equalization of Norway spruce understorey on spruce seedlings' height growth on a drained peatland

The main tree species on fertile and medium-fertile peatlands drained for forestry is usually pubescent birch (*Betula pubescens*), and a viable Norway spruce (*Picea abies*) stand regenerates naturally under the birches (Seppälä & Keltikangas 1978, Päivänen 1990). The effect of nurse crop density on the development of the understorey has earlier mainly been studied on mineral soil sites (Cajander 1934, Valkonen 2000). Understorey studies have been carried out on natural regeneration and natural restocking on peatlands (Lukkala 1946, Saarinen 1989, Saarinen 1997), but relatively little is known about the height growth of the naturally regenerated spruce understorey after removal of the nurse crop (Heikurainen 1982, 1985). In addition, the height growth and the spacing of the seedlings even on mineral soil sites are more variable in naturally than in artificially regenerated stands (Valkonen *et al.* 1998, Koistinen & Valkonen 1993). Although irregular stocking and grouping are nowadays accepted mainly for ecological reasons, excessively tall individuals can disturb the normal development of the stand (Cajander 1934, Vaartaja 1952). Little is known, however, about the effects of equalizing the height of the understorey on its subsequent structure, recovery and growth. The purpose of this study was to investigate the effects of the density of a pubescent birch nurse crop on the height growth of the

spruce understorey on a drained peatland, as well as the effects of equalizing the height of the seedling stand on its annual height growth.

The experimental area is located in Vihanti (64° 24' N, 34° 04' E), in Northern Ostrobothnia, on a peatland drained in early 1960's, and originally classified as a herbrich spruce swamp (Fig. 1). A Norway spruce understorey has gradually regenerated naturally under the pubescent birch nurse crop. The experimental area comprises 29 plots (0.061–0.172 ha), located on the transforming herbrich spruce swamp (A), on an abandoned peat field (C) and on a mixed peat/mineral soil field (B) next to a ditch. In 1990 the mean height of the nurse crop was 10 m, and it was managed as follows: 1) no thinning, about 4 000 stems ha⁻¹, 2) thinning to 1 000 stems ha⁻¹, 3) thinning to 500 stems ha⁻¹, or 4) removal of the nurse crop. In addition, each plot was divided into half, and the spruces over 1 m in height were removed from randomized half of each plot in winter 1991 (height equalization).

In 2000, the height growth of the spruce understorey over 30 cm in height was measured on circular sample plots (79 m² or 50 m²) for three preceding periods (1988–1990, 1991–1996, 1997–2000). The effect of birch nurse crop management and height equalization of the spruce understorey on the height growth of the spruce seedlings during two periods (1991–1996 and

1997–2000) following management of the nurse crop on the plots located on the transforming herbrich spruce swamp site and mixed peat/mineral soil site was tested using a split-plot modification of two-way analysis of variance. There were three nurse crop densities (no thinning, thinning to 1 000 stems ha^{-1} , and removal) compared on the transforming herbrich spruce swamp, and four (also including thinning to 500 stems ha^{-1}) on the mixed peat/mineral soil. There were five replications on the transforming herbrich spruce swamp, and two on the mixed soil. There were no replications on the peat field.

Nurse crop thinning and understorey height equalization had no statistically significant combined effect on the height growth of the understorey during the two growth periods following the management (Table 1). The impact of the nurse crop density on the spruce height growth was similar on all sites, although the sites differed to some extent from each other (Figs. 2–4). During the first 6-year period (1991–1996), the nurse crop managements had hardly any effect on the height growth of the spruce understorey. During the second period (1997–2000), however, the growth of the spruce seedlings on the unmanaged plots on the transforming herbrich spruce swamp and on the mixed peat/mineral soil was significantly smaller than on those plots from which the nurse crop had been removed. The difference was statistically significant. In contrast, the growth results did not differ significantly between the different thinning densities. The results support the earlier finding that even a sparse nurse crop usually retards the growth development of understorey seedlings (Cajander 1934 Niemistö 1995, Mård 1996, Bergqvist 1999, Klang & Ekö 1999, Murphy *et al.* 1999, Puettmann & Saunders 2000, Hilli *et al.* 2003). On the other hand, heavy thinning or removal of the birch nurse crop has been shown to increase the growth of spruce on

mineral soils (Mielikäinen & Valkonen 1995).

The effect of equalizing the height of the understorey was clearly evident during the first growth period (1991–1996) after the treatments (Fig. 5). The non-equalized seedling stands grew better than the equalized ones on all the sites. However, during the second period (1997–2000) after the treatment, the growth of the two stands was almost the same. The result confirms the earlier findings that the height growth of seedlings before removal of the nurse crop also predicts their later height growth; the largest seedlings, grow the fastest (Cajander 1934, Helms & Standiford 1985, Andersson 1988, Koistinen & Valkonen 1993, Örlander & Karlsson 2000).

The growth of both the equalized and non-equalized seedling stands accelerated on all the sites over time. The effect of nurse crop thinning was also clearly apparent during the second period. Thus the recovery and improved height growth of the spruce seedlings continued throughout the whole ten-year period following the treatments. The reaction of the height growth of the understorey on mineral soil sites has also been reported to last for at least 10 years (Koistinen & Valkonen 1993, Valkonen 2000).

Owing to the large size difference and uneven spacing, the wood-production value of a naturally regenerated understorey may be smaller than that of an artificially regenerated stand of the same density. The economic profitability of first thinnings is lower in a stand where most of the stems to be removed are small (Valkonen 2000). In this study, the height growth of the equalized seedling stand during the second period after the treatments was almost as large as that in the non-equalized seedling stands. Consequently, equalizing may under favourable conditions have a positive effect on the profitability of first thinning if the slow down in growth caused by equalization is not very large.