



Lapin suojametsäalueen männiköiden rakenne, kasvu ja käsittely

Hans Gustav Gustavsen ja Mauri Timonen

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

03.11.99

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 748, 1999

Lapin suojametsäalueen männiköiden rakenne, kasvu ja käsittely

Hans Gustav Gustavsen ja Mauri Timonen

JOENSUUN TUTKIMUSASEMA

Gustavsen, H. G. & Timonen, M. 1999. Lapin suojametsäalueen männiköiden rakenne, kasvu ja käsittely. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 748. 54 s. ISBN 951-40-1699-8, ISSN 0358-4283.

Tutkimuksessa esitetään suojametsäalueen kivennäismaiden männiköiden rakennetta, kehitystä ja kasvua kuvaavia puu- ja metsikkökohtaisia malleja. Kaikkiaan 21 matemaattisen mallin lisäksi on eri puustotunnuksia esitetty kuva- ja taulukkomuodossa männiköiden nopeaa ja monipuolista arviointia varten käytännössä ja tutkimustehtävissä. Suojametsäalueen männiköiden käsittelysuositukset on laadittu edellä mainittujen tulosten perusteella. Puustotunnusten mallit on laadittu Lapin suojametsäalueen männiköihin perustettujen pysyvien (SUOJAINKA) kokeiden perustamis- (1978-1980) ja uusintamittauksilla (1988-1990).

Lapin suojametsäalueen männiköiden valtapituuden kehitys seuraa likimain Pohjois-Suomen talousmänniköiden kehitystä, mutta pituusboniteetit kattavat melko suppean vaihtelualueen. Erot kasvupaikkatyyppien pituusboniteetti-indeksien H_{100} keskiarvossa ovat metrin luokkaa. Yleisimmät kasvupaikkatypit suojametsäalueen kivennäismailla ovat kuivahkot ja kuivat kankaat, joita vastaavat pituusboniteetit $H_{100} = 13.5$ ja 12.5 .

Verrattuna normaalien pohjoissuomalaisten männiköiden puustopääomaan suojametsäalueen männiköt voidaan luokitella melko runsaspuustoisiksi. Ne tarjoavat potentiaalisia hakkuumahdollisuuksia. On kuitenkin korostettava, että vuotuinen tilavuuskasvu on melko alhainen. Siksi on pakko noudattaa varovaisuutta hakkuissa. Lisäksi metsä uudistuu vaikeasti suojametsäalueella.

Tutkimuksessa esitetyt kivennäismaiden männiköiden käsittelysuositukset eivät ole kovin ristiriitaisia aiempien ohjeiden kanssa, mutta ne voidaan luonnehtia varovaisemmiksi hakkuukohteiden sijainnin ja laajuuden osalta.

Avainsanat: metsäraja-alue, metsänraja, luontaisesti syntyneet männiköt, kasvu ja tuotos, puustotunnukset, pituusboniteetti, kasvupaikkatyyppi, kasvupaikkatekijät, kasvun vaihtelu, metsän harvennus, metsänuudistaminen.

Vastaavan kirjoittajan yhteystiedot: Hans G. Gustavsen, Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu. Fax: 013-2514567, puhelin: 013 - 2514033, e-mail: Hans.Gustavsen@metla.fi.

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos, hankkeet 3029, 3191.

Hyväksynyt: Tutkimusjohtaja Matti Kärkkäinen 2.9.1999.

Tilaukset: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu, puhelin 013- 251400, fax 013 - 2514111

Hinta: 50,00 mk

ALKUSANAT

Lapin suojametsäalue on suojavyöhykkeenä talousmetsien ja tundran välillä. Laissa ei erityisesti määrätä, miten suojametsiä tulisi hoitaa, mutta korostetaan sellaista metsänhoitoa, joka estää metsänrajan alenemisen. Erityispiirteen suojametsäalueella muodostaa ankara ja voimakkaasti vaihteleva ilmasto, joka asettaa käytännössä rajoja metsätalouden harjoittamiselle.

Mänty on suojametsäalueen vallitsevin puulaji, ja siksi on tärkeää tutkimuksen avulla tuottaa tietoa mäntypuuston kehityksestä ja käsittelystä. Tutkimuksella on sekä käytännön metsätalouteen että perustutkimukseen liittyvät tavoitteet.

Tämä tutkimus aloitettiin Metsäntutkimuslaitoksen hankkeessa (3029) "Puuston kasvun alueellisuus" ja valmistettiin hankkeessa (3191) "Metsän käsittelyn perusteet".

Julkaisu on kirjoittajien yhteistyö siten, että Timonen on vastannut tutkimusaineistojen käsittelystä ja kirjoittanut luvun 3.3.4: Ilmaston ja maaston vaikutus kasvun vaihteluun. Gustavsen on suunnitellut käsikirjoituksen, kirjoittanut sen muut luvut, laatinut kehitys- ja kasvumallit sekä laskenut niiden perusteella tulokset.

Lausumme parhaat kiitokset Pentti Niemistölle ja Eero Mattilalle hyvistä korjausehdotuksista alkuperäiseen käsikirjoitukseen sekä Leena Karviselle tekstin, kuvien ja taulukoiden viimeistelystä.

Joensuu 30.08.1999

Hans Gustav Gustavsen ja Mauri Timonen

SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	3
1. JOHDANTO	5
2. AINEISTO JA MENETELMÄT	8
3. TULOKSET	12
3.1. Suojametsäalueen männiköiden kasvupaikat	12
3.1.1. Kasvupaikkojen hyvyys	12
3.1.2. Kasvupaikkojen primääriset tekijät.....	14
3.2. Suojametsäalueen männiköiden rakenne	14
3.2.1. Runkoluku ja runkolukusarja	14
3.2.2. Puuston tilajärjestys.....	16
3.2.3. Puuston rakenne, kehitys, laatu ja terveys	22
3.2.4. Puun ja metsikön läpimitta	24
3.2.5. Pohjapinta-ala	25
3.2.6. Puun pituus ja metsikön valtapituus	30
3.2.7. Puun ja metsikön tilavuus	33
3.2.8. Muotoluku.....	36
3.3. Kasvu suojametsäalueen männiköissä.....	37
3.3.1. Puun paksuuskasvu	37
3.3.2. Pituuskasvu.....	37
3.3.3. Tilavuuskasvu	38
3.3.4. Ilmaston ja maaston korkeuden vaikutus kasvun vaihteluun	40
4. SUOJAMETSÄALUEEN MÄNTYMETSIIEN KÄSITTELY	41
5. TARKASTELU JA YHTEENVETO.....	46
KIRJALLISUUS.....	49
LIITE - KÄYTETYT LYHENTEET	54

1. JOHDANTO

Suojametsäalue on suojametsälaila (Laki suojametsistä 1922) perustettu alue, jolla metsänrajan alenemista ehkäistään metsänkäsittelyä rajoittamalla. Metsän käyttö muihin tarkoituksiin kuin tilan kotitarpeiksi on kiellettyä ilman valtiovallan lupaa.

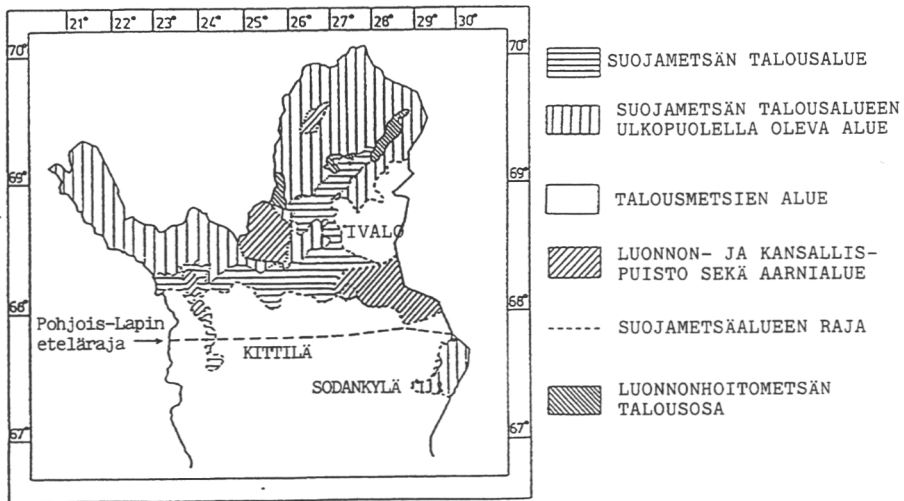
Pohjois-Lapin kokonaispinta-ala on noin 4 miljoonaa hehtaaria, josta Lapin suojametsäalueen osuus on noin 3 miljoonaa ha. Suojametsien maapinta-alasta 800 000 ha on metsämaata, josta taloustoiminnan piirissä on 230 000 ha (Kuva 1). Alue sijaitsee 68:n leveysasteen pohjoispuolella, jossa alueen vallitseva puulaji mänty muodostaa Suomen pohjoisen puu- ja metsärajan (Kuva 2). Männen metsäraja kulkee linjaa Enontekiö-Peltovuoma-Lemmenjoki-Kaamanen-Sevettijärvi. Erillisten mäntymetsiköiden vyöhyke ulottuu em. linjan pohjoispuolelle niille alueille, missä maasto on alavaa (esim. Utsjoen laakso, Pakanajoki, Karigasniemi).

Suojametsäalueen pohjoinen sijainti ja ilmaston voimakas vaihtelu vaikuttavat olennaisesti alueen metsien kasvuun. Kansainvälisesti tarkastellen Suomen metsäntutkimuksella on keskeinen tehtävä puu- ja metsärajaa liittyvissä tutkimuksissa. Pohjoisen metsät ovat kiinnostaneetkin sekä tutkijoita että käytännön ammattimiehiä jo viime vuosisadalta lähtien. Ensimmäiset metsänrajaus-tutkimukset tehtiin 1860-luvulla. Tärkein syy tutkimuksen aloittamiseen oli pelko metsänrajan alenemisesta etelään päin. Kun kävi ilmeiseksi, että metsänrajametsät olivat huolestuttavasti harventuneet, perustettiin vuonna 1907 suojametsäkomissio selvittämään vaihtoehtoja metsänrajan turvaamiseksi (Suojametsäkomission...1910). Komission toiminnan tuloksena säädettiin suojametsälaki vuonna 1922, annettiin asetus 1927 (Asetus suojametsistä 1927) ja perustettiin suojametsäalueeksi nimetty vyöhyke, jotka vahvistettiin valtioneuvoston päätöksellä vuonna 1939 (Valtioneuvoston...1939). Suojametsälain (1922) ja asetuksen (1927) soveltamiseen saatiin ohjeet vasta 1960-luvun alussa Oinosen ym. (1961) dokumentissa (Leikola 1995, Valtanen 1996).

Suojametsälaissa ei määritellä, kuinka suojametsiä tulisi hoitaa. Käsitykset parhaista hoitotavoista ovat siksi vaihdelleet niin, että menetelmät ovat olleet ajoittain keskenään ristiriitaisia. Alueen metsien kehitys ei ole kuitenkaan pelkästään luonnon, vaan myös ihmisen varassa. Pohjoisen metsäluonnon puutteellisen tuntemuksen vuoksi metsien käsittelyssä on omaksuttu varovaisuuden periaate ja suuri osa alueen metsistä onkin hakkuutoiminnan ulkopuolella. Metsien monikäytön lisääntyessä on tehtävä kompromisseja metsä- ja porotalouden, matkailuelinkeinojen, sieni- ja marjatalouden sekä luonnonsuojelun välillä.

Aiemmat suojametsätutkimukset ovat keskittyneet metsien uudistamiseen. Hyviä siemenvuosia alueen pääpuulajina esiintyvällä männyllä on jokseenkin harvoin Renvall (1912, 1919). Tutkimusten mukaan kunnollisia siemenvuosia on metsänrajaseudulla ollut vain noin kerran vuosisadassa. Syntynyt taimikko on

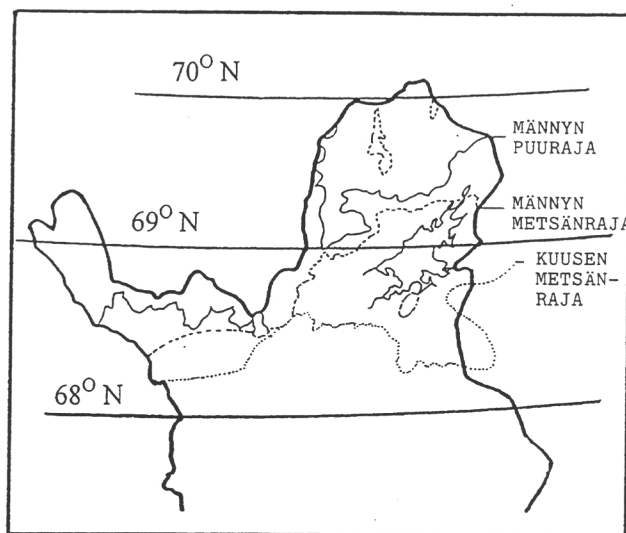
vaarassa tuhoutua aina 60 - 70 vuoden ikään saakka, ensin kilpailussa pintakasvillisuuden kanssa, sitten kulojen ja porojen laiduntamisen takia. Renvallin tutkimustulosten perusteella metsänraja oletettiin alenevan. Myös Heikinheimon (1920, 1921) tutkimukset vaikuttivat ratkaisevasti suojametsälain ja -alueen syntymiseen 1920-luvulla.



Kuva 1. Pohjois-Lapin suojametsäalue ja metsätalouden käyttöluokat (Suomen kartasto 1977)

Hustichin (1940, 1945, 1948, 1958), Mikolan (1952) ja Sirénin (1961) tutkimuksissa suojametsien todettiin uudistuvan helpommin kuin aikaisemmin uskottiin. Pohtilan ja Timosen (1980) viljelytaimikkotutkimuksessa todettiin uudistumistulosten vaihdelleen eri vuosikymmeninä 1900-luvulla. Taimien alkuperän, viljelytavan ja eräiden muiden tekijöiden lisäksi näyttivät ilmastonvaihtelut vaikuttaneen taimien menestymiseen. Metsät uudistuivat 1920- ja 1930-luvuilla helposti, mutta kylmällä 1960-luvulla jopa 2/3 taimikoista tuhoutui tai kärsi pahoja vaurioita. Sallan Tunturilla tuhoutuminen oli lähes täydellistä.

Metsänrajamännyn lustokalenterin mukaan (Mielikäinen ym. 1998) olosuhteet ovat vuodesta 1961 lähtien olleet Lapin mäntyjen kasvulle epäsuotuisat. Muutamat suotuisat vuodet (1973, 1979, 1983 ja 1989) lievensivät tilannetta kuitenkin sen verran, ettei jaksoa voi pitää erityisen ankarana koko vuosituhatosen mittakaavassa. Suotuisien kasvujaksojen aikana metsänrajaseutujen männiköt ovat tuottaneet itävää siementä melko säännöllisesti noin 3-4 kertaa vuosisadassa jaksolla 1300-1996 (Sirén 1996).



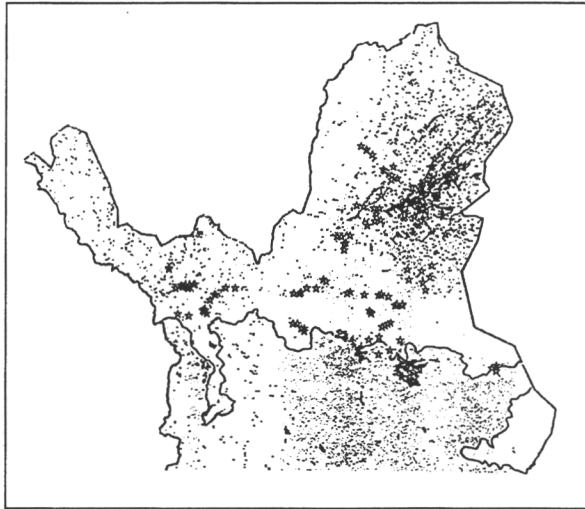
Kuva 2. Männynsuoja puu- ja metsäraja sekä kuusen metsäraja suojametsäalueella (Timonen 1982)

Pohtilan ja Timosen (1980) työssä esitellään ilmastollisten ja metsänhoidollisten tekijöiden lisäksi regressiomallit, jotka kuvaavat yksittäisen viljelytaimen ja -taimikon taksatoristen tunnusten kehitystä. Puuston määrää, rakennetta ja kasvua kuvaavat tutkimukset rajoittuvat kuitenkin lähinnä Ilvessalon (1937, 1957, 1970) selvityksiin. Lisäksi Timonen (1982) julkaisi suojametsäalueen kasvuindeksisarjan vuosilta 1936-1979. Vuotuiset poikkeamat kasvun keskitasosta saattoivat nousta jopa 80 %:iin. Ilvessalon 1930- ja 1950-luvuilla hankkimat aineistot kuvaavat luonnontilaisten metsien kehitystä. Ne muodostavat myös luontevan vertailukohdan tälle tutkimukselle. Ilvessalon mukaan Pohjois-Lapin metsät koostuvat pääasiallisesti männystä (n. 80 %) ja koivusta. Suomessa pohjoisen metsärajan muodostaa poikkeuksellisesti mänty; pohjoisborealisella havumetsävyöhykkeellä tavallisin metsänrajapuu on kuusi.

Aiempien tutkimusten perusteella Lapin suojametsäalueen puustojen kasvusta, tuotoksesta ja käsittelystä tiedetään melko vähän. Tätä tietoa tarvittaisiin suojametsäpuustojen nykytilanteen arviointia ja niiden kehityksen ennustamista varten sekä alueen monikäytön ja suojelun suunnittelussa. Tämän työn lähtökohtana ovat käytännön metsätalouden tarpeet, joihin vastataan parhaiten tarkastelemalla suojametsäalueen kivennäismaiden mäntypuustojen rakennetta ja kasvua regressiomallien avulla. Tämän tutkimuksen tulosten esittäessä rajoitetaan kivennäismaiden mäntymetsiköihin ja niiden kasvupaikkoihin Ilvessalon (1970) tavoin. Tarkastelun ulkopuolelle jätetään turvemaiden ja kuusivaltaisten metsien puustot männyn vahvan valta-aseman takia tutkimusalueella.

2. AINEISTO JA MENETELMÄT

Tutkimuksen pääaineisto koostui luonnontilaisten tai lähes käsittelemättömien mäntyvaltaisten metsiköiden SUOJAINKA-kestokoealaverkosta. Vuosina 1978 - 1980 suojametsäalueelle perustettiin 113 ryväskoetta (Kuva 3), joista jokainen koostuu kolmesta koealasta INKA-systeemiä mukaillen (Gustavsen ym. 1988). Kaikkiaan 73 metsikköä (Taulukko 1) mitattiin uudelleen vuosina 1988 - 1990. Niistä lasketut puustotiedot ja kairauksiin perustuvat viimeisen viisivuotisjakson kasvut muodostavat tämän tutkimuksen pääaineiston. Vertailuaineistoina käytettiin ensimittausta edeltäviä viisivuotiskasvuja ja ensimittauksen jälkeisiä 9-11 vuoden erotuskasvuja. Yksityiskohtaiset tiedot SUOJAINKA-koealojen suunnittelusta, mittauksesta ja perustamismittausaineistosta on julkaistu Timosen ym. (1993) raportissa.



Kuva 3. VMI:n systeemiin v. 1978-80 perustettujen Lapin SUOJAINKA-ryväskoealojen sijainti ja lukumäärät (yht. 113 ryvästä).

SUOJAINKA-koealaryvä sijoitettiin tutkimusmetsikköön siten, että metsiköstä luettiin noin 80 puuta. Lukupuista valittiin noin kolmannes kasvukoepuiksi (ks. Timonen ym. 1993). Suojametsien kasvunvaihtelua kuvaava lisäaineisto saatiin ytimeen saakka ulottuvista kairausnäytteistä. Koepuut kairattiin sekä perustamiseksi uusintamittauksessa, joten vuosilustoihin perustuvia kasvutietoja voitiin verrata erotusmenetelmällä laskettuun kasvuun. Taulukoista 2 ja 3 nähdään koepuuaineiston lukupuiden jakautuminen ikäluokkiin eri kasvupaikkatyypeillä.

Taulukko 1. Kahdesti mitattujen SUOJAINKA-metsiköiden jakautuminen valtapituuden (H_{dom}) ja iän (T) perusteella.

T, v	H_{dom}, m								Yhteensä
	5,1 -7,0	7,1 -9,0	9,1 -11,0	11,1 -13,0	13,1 -15,0	15,1 -17,0	17,1 -19,0	19,1 -21,0	
31 - 40	1	1	1						3
41 - 50									
51 - 60	1	3	1	2					7
61 - 70	1	4	5	1					11
71 - 80		3	8	3					14
81 - 90			3	4	4	1			12
91 - 100					4				4
101 - 110				1					1
111 - 120					3				3
121 - 130					1	1			2
131 - 140				1	1				2
141 - 150						1			1
151 - 160								1	1
161 - 170					1				1
171 - 180									
181 - 190				2					2
191 - 200					2	1			3
201 - 210					1				1
211 - 220					1	2			3
221 - 230						1			1
Yhteensä	3	11	18	14	18	7	0	1	72

Taulukko 2. Kahdesti mitattujen SUOJAINKA-metsiköiden lukupuiden jakautuminen koemetsiköiden ikäluokkiin (T) eri kasvupaikkatyypeillä.

T, v	Kangasmaan kasvupaikkatyyppi				Yhteensä
	Tuore	Kuivahko	Kuiva	Karukko	
Lukupuita, kpl					
31 - 40		136	78		214
41 - 50					
51 - 60		219	250	100	569
61 - 70	86	228	519	70	903
71 - 80	72	378	661	82	1193
81 - 90	86	333	511	100	1030
91 - 100		100	180	84	364
101 - 110		87			87
111 - 120		81	85	78	244
121 - 130		79	85		164
131 - 140				179	179
141 - 150		77			77
151 - 160		83			83
161 - 170		82			82
171 - 180					0
181 - 190	88		88		176
191 - 200		146	58		204
201 - 210		82			82
211 - 220	75	77		77	229
221 - 230			74		74
Yhteensä	407	2188	2589	770	5954

Taulukko 3. Kahdesti mitattujen SUOJAINKA-metsiköiden koepuiden jakautuminen koemetsiköiden ikäluokkiin (T) eri kasvupaikkatyypeillä.

<i>T, v</i>	<i>Kangasmaan kasvupaikkatyyppi</i>			<i>Yhteensä</i>
	<i>Tuore</i>	<i>Kuivahko</i>	<i>Kuiva</i>	
		<i>Koepuita, kpl</i>		
31 - 40		43	25	68
41 - 50				0
51 - 60		57	72	149
61 - 70	15	60	135	232
71 - 80	13	110	193	339
81 - 90	21	91	147	286
91 - 100		33	49	107
101 - 110		26		26
111 - 120		22	22	65
121 - 130		23	23	46
131 - 140			50	50
141 - 150		19		19
151 - 160		22		22
161 - 170		21		21
171 - 180				0
181 - 190	15		26	41
191 - 200		44	18	62
201 - 210		18		18
211 - 220	18	16		55
221 - 230			23	23
Yhteensä	82	605	783	1629

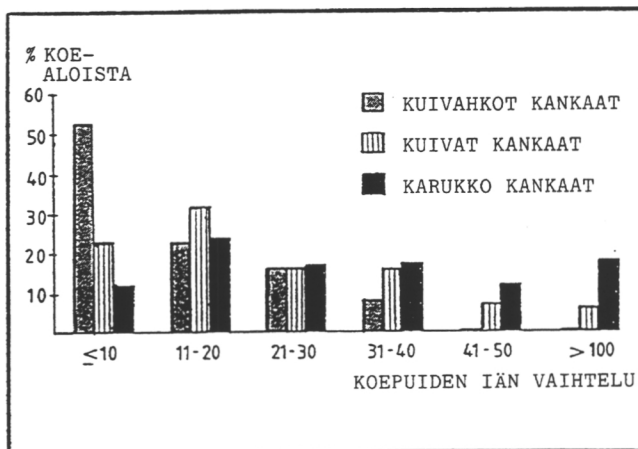
Osaa SUOJAINKA-aineiston perusteella lasketuista puustotunnuksista vertailtiin Ilvessalon (1970) laatimiin Pohjois-Lapin luonnontilaisten männiköiden kehityssarjoihin, jotka perustuvat 181 koealapuuston mittauksiin vuosina 1936-38, 1956-58 ja 1962 (ks. Ilvessalo 1970, s. 12). Näistä Ilvessalon mittaustulosten 80 koealalta 1950-luvulla mitatut metsikkökohtaiset tiedot (Taulukko 4) olivat käytettävissä testiaineistona SUOJAINKA-aineiston tulosten tarkistuksessa.

Näiden 80 koealan kasvupaikkajakauma (Taulukko 5) poikkesi Ilvessalon (1970) koko aineistosta (181 koealaa), jossa oli esimerkiksi 39 koealaa karukkokankailla. Pienemmissä osa-aineistossa niitä oli vain kolme ja SUOJAINKA-aineistossa seitsemän koealaa. Erot aineistoissa vaikeuttavat jonkin verran tulosten vertailua.

Yli puolella Ilvessalon (1970) koealoista koepuiden iän vaihteluväli oli kuivahkoilla kankailla alle 10 vuotta; kuivilla kankailla yleisin vaihteluvälin pituus oli 10-20 ja karukkokankailla 10-50 vuotta (Kuva 4). Karuimmilla kasvupaikoilla metsikön ikävaihtelu oli voimakkainta ja myös metsiköiden väliset erot vaihtelun määrissä olivat suurimmat. Ilvessalo selittää kasvupaikan heiketyssä lisääntyviä ikäeroja kasvutilan laajentumisella, minkä ansiosta eri ikäiset ja kokoiset puut voivat kasvaa rinnakkain kilpailematta keskenään; ns. harsintarakenne.

Taulukko 4. Ilvessalon (1970) 1956-1958 suojametsäalueella mittaamien 80 männiköiden jakautuminen valtapituuden (H_{dom}) ja iän (T) perusteella.

T, v	H_{dom}, m										Yhteensä
	0,0 -5,0	5,1 -7,0	7,1 -9,0	9,1 -11,0	11,1 -13,0	13,1 -15,0	15,1 -17,0	17,1 -19,0	19,1 -21,0		
0 - 30	3									3	
31 - 40	1	1								2	
41 - 50		2	1							3	
51 - 60			4	4						8	
61 - 70											
71 - 80											
81 - 90						2				2	
91 - 100											
101 - 110			1	4	4	3	1			13	
111 - 120						1	2			3	
121 - 130											
131 - 140											
141 - 150											
151 - 160							1			1	
161 - 170							1			1	
171 - 180											
181 - 190						2	3			5	
191 - 200					1	6	1	4		12	
201 - 210							2	2	1	5	
211 - 220						1		1		2	
221 - 230						2	2			4	
231 - 240					1	1		1		3	
241 - 250							1		1	2	
251 - 260						1				1	
261 - 270											
271 - 280											
281 - 290						1	2			3	
291 - 300							1	1		2	
301 - 310						1				1	
311 +						2	2			4	
Yhteensä	4	3	6	8	6	23	19	9	2	80	



Kuva 4. Koepuiden ikävaihtelu eri kasvupaikkatyypeillä Ilvessalon (1970) aineistossa (Timonen 1982).

Taulukko 5. Kahdesti mitattujen SUOJAINKA-koealojen (72 kpl) ja Ilvessalon (1970) vuosina 1956-1958 mitattujen 80 koealan kasvupaikkatyyppijakaumat.

<i>Aineisto</i>	<i>Tuore kangas</i>	<i>Kuivahko kangas</i>	<i>Kuiva kangas</i>	<i>Karukko-kangas</i>	<i>Yhteensä</i>
SUOJAINKA	5	28	32	7	72
Ilvessalo	1	26	50	3	80

3. TULOKSET

3.1. Suojametsäalueen männiköiden kasvupaikat

3.1.1. Kasvupaikkojen hyvyys

Kasvupaikkojen tuotoskykyä kuvattiin tutkimuksessa pintakasvillisuuteen perustuvilla kasvupaikkatyypeillä (taulukot 2, 3 ja 5) ja puustoon nojautuvilla pituusboniteeteilla (H_{100}). Menetelmien rinnakkaiskäyttö monipuolistaa tutkimustulosten hyväksikäyttöä, erityisesti jos tunnetaan niiden keskinäinen vastaavuus.

Kasvupaikan hyvyystunnukset saatiin yhteismitallisiksi vertaamalla SUOJAINKA- ja Ilvessalon osa-aineistojen ikä- ja valtapituushavaintoja. Koemetsiköille laskettiin H_{100} -arvot luontaisesti syntyneille männiköille tarkoitetulla pituusboniteettimallilla (Gustavsen 1980).

SUOJAINKA-metsiköiden pituusboniteetti-indeksit kohosivat systemaattisesti mittausten välillä (Taulukko 6). Ero jäi kuitenkin keskimäärin vain 0.4 yksikön suuruiseksi koko aineistossa, joten suojametsäalueen männiköiden valtapituuskehitys poikkeaa vain vähän Gustavsenin (1980) laatimasta pituusboniteetikäyrästä. Sama on havaittavissa myös taulukosta 15 (kappale 3.2.6). Eron vähäisyyden vuoksi suojametsäalueen männiköiden kasvupaikkojen H_{100} -pituusboniteetti-indeksit voitiin laskea Gustavsenin (1980) mallilla (Kuva 5).

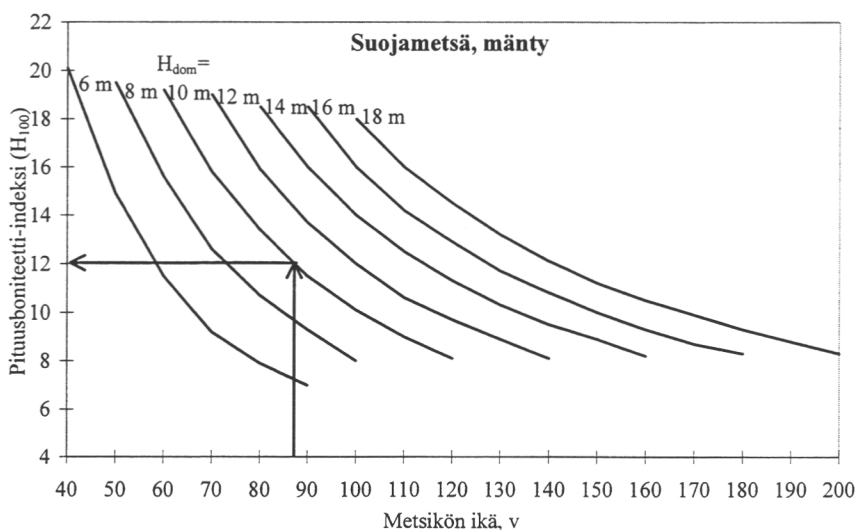
Taulukko 6. Männyn pituusboniteetti-indeksin (H_{100}) keskiarvo ja hajonta kasvupaikkatyypeittäin kolmessa mittausaineistossa.

<i>Kasvupaikkatyyppi</i>	<i>SUOJAINKA</i>		<i>Ilvessalon osa-aineisto</i>
	<i>Perustamismittaus</i>	<i>Uusintamittaus</i>	
	Keskiarvo - Hajonta		
Tuore kangas	11.4 - 2.1	11.8 - 2.4	10.9 -
Kuivahko kangas	13.2 - 2.3	13.4 - 2.1	13.4 - 1.6
Kuiva kangas	12.7 - 1.9	13.1 - 1.6	11.3 - 2.7
Karukkokangas	11.6 - 2.0	12.3 - 2.0	8.5 - 0.7

Ilvessalon osa-aineisto antoi keskimäärin saman pituusboniteetti-indeksin kuivahkoilla kankailla kuin SUOJAINKA-mittauksetkin, mutta keskimäärin pienemmän arvon kuivilla kankailla ja karukkokankailla. Hajonta on melko samansuuruinen kaikissa mittausaineistoissa indeksiarvoissa (noin 2 metriä). Indeksien hajonta on suuruusluokaltaan sama kuin Sepposen ym. (1979) Perä-Pohjolaa koskevassa tutkimuksessa.

Suojametsäalueen männiköiden kivennäismaan pituusboniteetit kattavat melko suppean vaihtelun eli H_{100} -luokat 15, 12 ja 9. Pituusboniteetti-indeksin keskiarvo oli SUOJAINKA-kokeissa 12.7, mikä vastaa kasvillisuuteen perustuvassa luokituksessa kuivaa kangasta. Kuivat ja kuivahkot kankaat ovatkin yleisimmät kasvupaikkaryhmät suojametsäalueen kivennäismailla, mitä myös aineistojen jakautuminen osoittaa (Taulukko 5). Erot kasvupaikkatyyppien pituusboniteetti-indeksien keskiarvoissa ovat metrin luokkaa. Tässä tutkimuksessa päätettiin soveltaa seuraavaa rinnastusta: kuivahkoa kangasta vastaa pituusboniteetti $H_{100}=13.5$, kuivaa kangasta 12.5 ja karukkokangasta 11.5

Tuoreen kankaan keskimääräisiksi indekseiksi saatiin 11.4 ja 11.8 SUOJAINKA-mittauksista ja Ilvessalon osa-aineistosta 10.9. Aineistot tosin ovat suppeita, mistä syystä tuloksen yleistettävyys on huono.



Kuva 5. Suojametsäalueen männiköiden valtipituusboniteetti-indeksien kuvaajat laskettuna Gustavsenin (1980) laatimalla mallilla. Esimerkiksi $H_{100} = 12$, kun metsikön ikä on 88 vuotta ja valtipituus (H_{dom}) 10 metriä.

3.1.2. Kasvupaikkojen primääriset tekijät

Kasvupaikan tuotoskyky riippuu ensisijaisesti niin sanotuista aidoista primäärisistä kasvupaikkatekijöistä. Tällä tarkoitetaan muun muassa kasvupaikan lämpösummaa, korkeutta merenpinnasta, maalajia, soistuneisuutta, kivisyttä/kunntaisuutta sekä kaltevuussuuntaa ja kaltevuusastetta.

SUOJAINKA-aineiston tulosten mukaan kivennäismaiden männiköiden kasvupaikat ovat soistumattomia, mitä vahvistaa myös metsiköiden jakauman painottuminen kuiville kankaille (Taulukko 5). Kasvupaikka on yleensä tasainen, hiekkainen ja vähäkivinen moreenimaa.

Lämpösumma ja kasvupaikan korkeus merenpinnasta ovat melko samanlaiset kaikilla kasvupaikkatyypeillä, keskimäärin 650 d.d. ja 250 m (Taulukko 7).

Taulukko 7. Lämpösumman (d.d.) ja korkeuden (m) keskiarvot ja vaihteluvälit eri kasvupaikkatyypeillä SUOJAINKA-aineistossa.

Tekijä	Kangasmaan kasvupaikkatyyppi			
	Tuore	Kuivahko	Kuiva	Karukko
<i>Lämpösumma:</i>				
Keskiarvo	601	662	655	644
Maksimiarvo	647	754	720	675
Minimiarvo	522	577	579	575
<i>Korkeus merenpinnasta:</i>				
Keskiarvo	273	251	258	232
Maksimiarvo	350	370	360	360
Minimiarvo	230	140	130	150

3.2. Suojametsäalueen männiköiden rakenne

3.2.1. Runkoluku ja runkolukusarja

SUOJAINKA-männiköissä runkoluku oli riippumaton kasvupaikan hyvydestä (kuva 6). Tulos ilmeni regressiomallista, jossa selitettiin metsikön runkolukua eri puusto- ja kasvupaikkatunnuksilla. Valtapituusboniteetti ja kasvupaikkatyyppi eivät selittäneet merkitsevästi runkoluvun vaihtelua. Sen vuoksi laadittiin regressiomalli (1), joka ennustaa metsikön runkoluvun (kpl/ha) iän funktiona (Kuva 6):

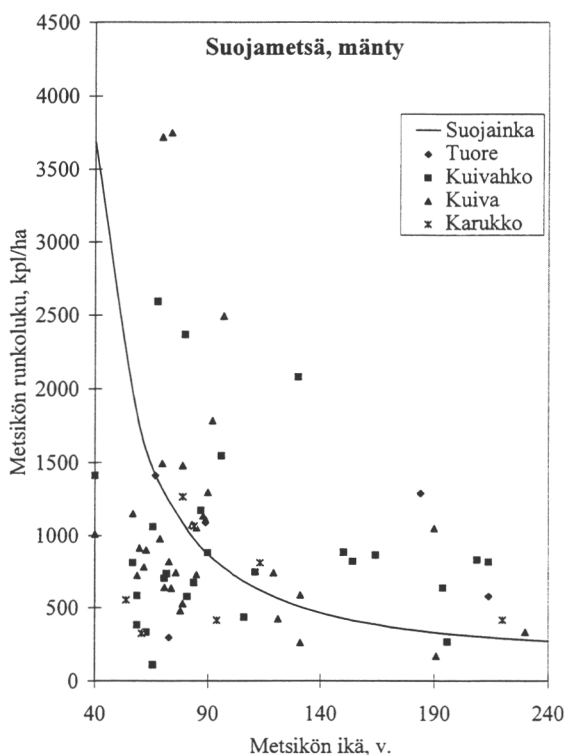
$$N = 173 + 5767296/(T + T^2) \quad (1)$$

Mallin selitysaste = 27.5 %, jäännöshajonta = 1277.5, havaintojen lkm = 72.

Ilvessalo (1970) esitti iänmukaiset runkolukukäyrät erikseen kasvupaikkaluokittain. Hänen mukaansa runkoluku on suurempi karukkokankaalla kuin kuivalla tai kuivähkolla kankaalla. On syytä korostaa, että Ilvessalon tasoituskäyrät on laadittu graafisesti ja että runkolukujen poikkeamat tasoituskäyristä ovat suuria. Myös SUOJAINKA-aineistossa vaihtelu on suuri (ks. Kuva 6). Ilvessalon osa-aineiston regressioanalyysin mukaan runkoluku ei kuitenkaan riippunut merkitsevästi boniteetista.

Taulukosta 8 käy ilmi, että aineistot poikkeavat toisistaan runkoluvun suhteen. Ilvessalon aineiston vanhat metsiköt olivat keskimäärin huomattavasti tiheämpiä kuin SUOJAINKAN vanhat metsiköt. Ilvessalon aineisto näyttää edustavan paremmin luonnontilaisia koskemattomia metsiköitä kuin SUOJAINKA-aineisto.

Tämän tutkimuksen aineistossa suojametsien runkoluku vaihteli enemmän kuin vastavilla kasvupaikoilla ja kehitysvaiheissa muualla. Saman totesi myös Ilvessalo (1970) luonnonnormaaleja männiköitä koskevassa tutkimuksessaan.



Kuva 6. Suojametsäalueen männiköiden runkoluvun vaihtelu kasvupaikoittain SUOJAINKA-aineistossa. Käyrä kuvaa runkoluvun ja sen keskimääräistä kehitystä.

Taulukko 8. Suojametsäalueen männiköiden runkoluvun keskimääräinen kehitys SUOJAINKA-aineistossa ja Ilvessalon aineistoissa.

<i>Metsikön ikä, v.</i>	<i>Metsiköiden runkoluku, kpl/ha</i>		
	<i>SUOJAINKA</i>	<i>Ilvessalo 1970</i>	
		<i>Suojametsä-alue</i>	<i>Perä-Pohjola</i>
40	3690	3808	8100
60	1749	2885	4950
80	1063	2559	4653
100	744	2408	3430
120	570	2325	2607
140	465	2275	2013
160	397	2242	1567
180	350	2220	1247
200	316	2204	997
220	292	2192	813
240	273	2183	724

Suojametsäalueen männiköiden rakennetta kuvataan läpimittajakaumilla kuvissa 7a-7c kahdessa ikäryhmässä: nuoret metsiköt (alle 100 vuotta) ja vanhat metsiköt (yli 100 vuotta). Jakaumat poikkeavat selvästi normaalijakaumasta kaikilla kasvupaikoilla. Ne ovat vinoja oikealle ja muistuttavat luonnontilaisten suopuustojen jakaumia, joissa pienien puiden (läpimitta alle 10 cm) osuus metsikön runkoluvusta on suurin (Gustavsen & Päivänen 1986). Tämä piirre on havaittavissa selvästi myös vanhoissa männiköissä.

3.2.2. *Puuston tilajärjestys*

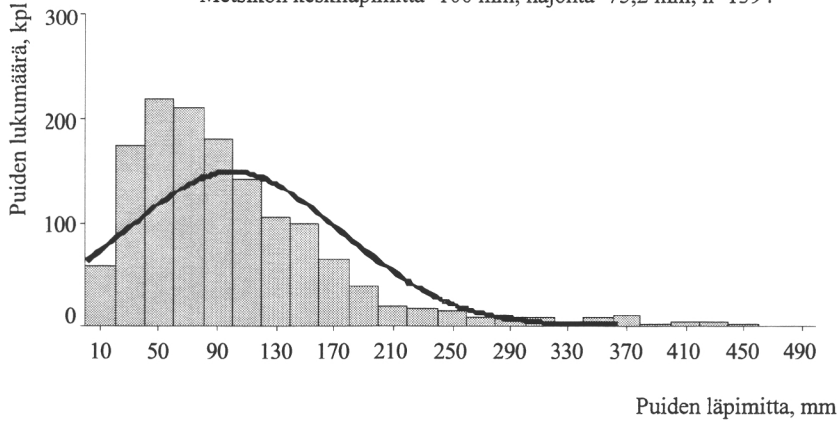
Puiden kasvutila vaihtelee luonnontilaisissa metsissä sen mukaan, minkälaiseen tilaan ja asemaan ne ovat syntyneet ja kilpailun kautta kehittyneet. Keskimääräinen kasvutila (m^2/puu) on laskennallinen luku, joka kuvaa kasvutilan yleistä ahtautta tai väljyyttä. Puun keskimääräinen kasvutila kasvaa kiihtyvästi puiden keskikoon suurentuessa ja metsikön vanhentuessa. Ilvessalon (1970) mukaan samanikäisten metsiköiden puukohtainen kasvutila Pohjois-Lapin männiköissä vähenee kasvupaikan karuuntuessa (Taulukko 9). Tämä piirre ei tule selvästi esiin SUOJAINKA-aineistossa. Eroa selittää osittain se, että SUOJAINKA-aineistossa kasvutilatunnukset perustuvat mittausarvoihin ja Ilvessalon luvut tasoituskäyriin.

SUOJAINKA-aineistossa puun kasvutilan kehityksessä alkaa muodostua eroja kasvupaikkojen välille, kun keskiläpimitta ylittää 13 cm:n rajan (Kuva 8). Sitä järeämmissä metsiköissä puiden vaatima kasvutila kasvaa voimakkaasti. Kyse voi olla osittain aineistokohtaisesta vaihtelusta, sillä vastaavaa selvää muutosta ei voi havaita Ilvessalon (1970) tasoituskäyristä kuvassa 8.

Suojametsä, mänty, ikä < 100 v

Kuivahko kangas - H100 = 13,5

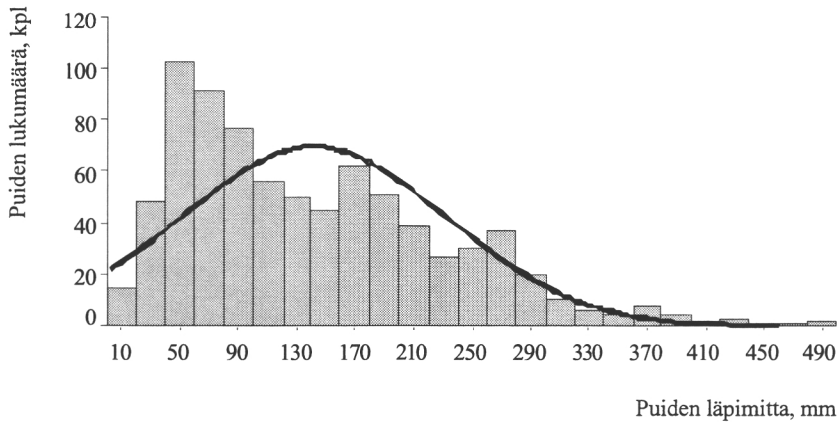
Metsikön keskiläpimitta=100 mm, hajonta=75,2 mm, n=1394



Suojametsä, mänty, ikä > 100 v

Kuivahko kangas - H100 = 13,5

Metsikön keskiläpimitta=142mm, hajonta=90,8 mm, n=794

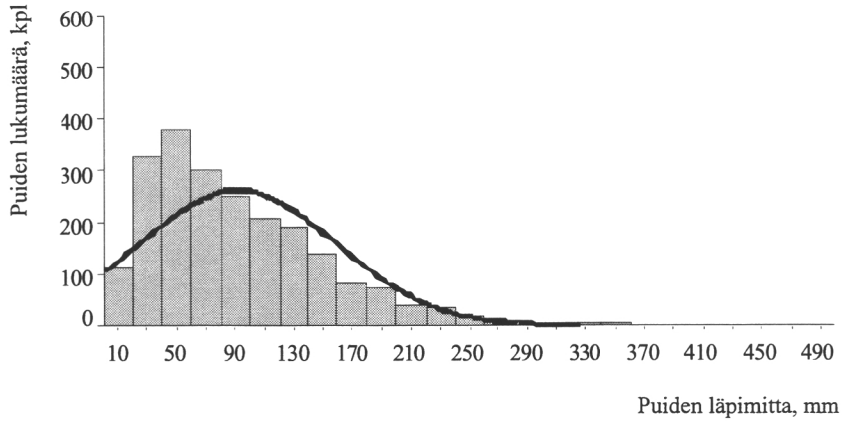


Kuva 7a. Suojametsäalueen männiköiden läpimittajakaumat kahdessa ikäluokassa kuivahkoilla kankailla verrattuna normaalijakaumaan (viiva).

Suojametsä, mänty, ikä < 100 v

Kuiva kangas - H100 = 12.5

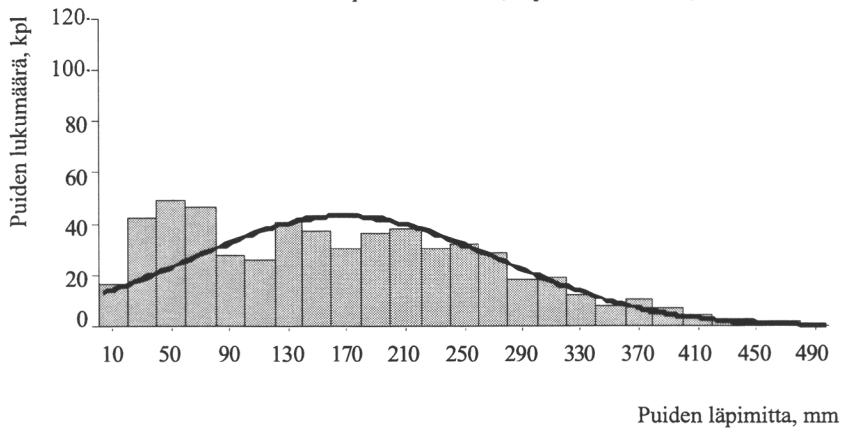
Metsikön keskiläpimitta=92mm, hajonta=66.9mm, n=2199



Suojametsä, mänty, ikä > 100 v

Kuiva kangas - H100 = 12.5

Metsikön keskiläpimitta=168mm, hajonta=105.2 mm, n=569

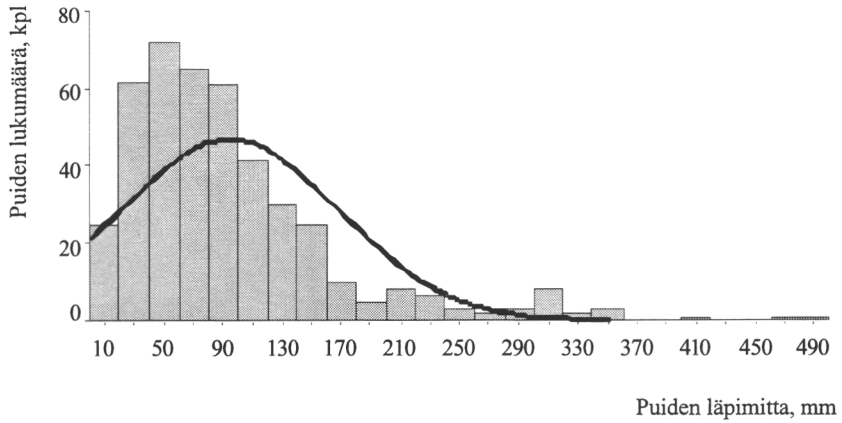


Kuva 7b. Suojametsäalueen männiköiden läpimittajakaumat kahdessa ikäluokassa kuivilla kankailla verrattuna normaalijakaumaan (viiva).

Suojametsä, mänty, ikä < 100 v

Karukkokangas - H100 = 11.5

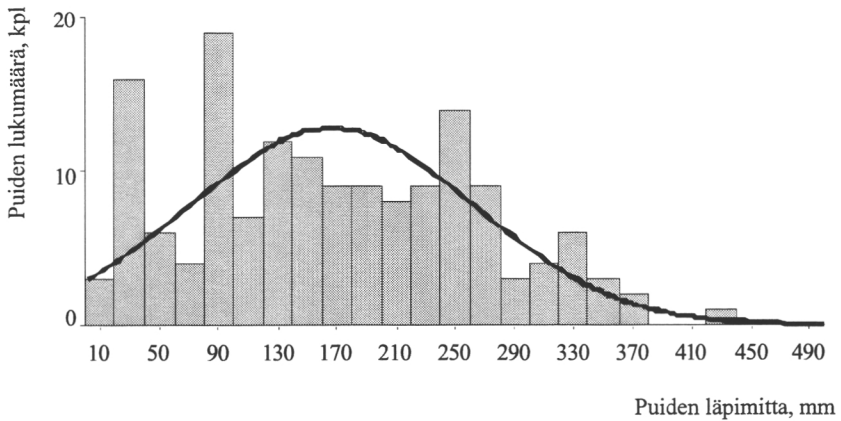
Metsikön keskiläpimitta=95mm, hajonta=73.8, n=436



Suojametsä, mänty, ikä > 100v

Karukkokangas - H100 = 11.5

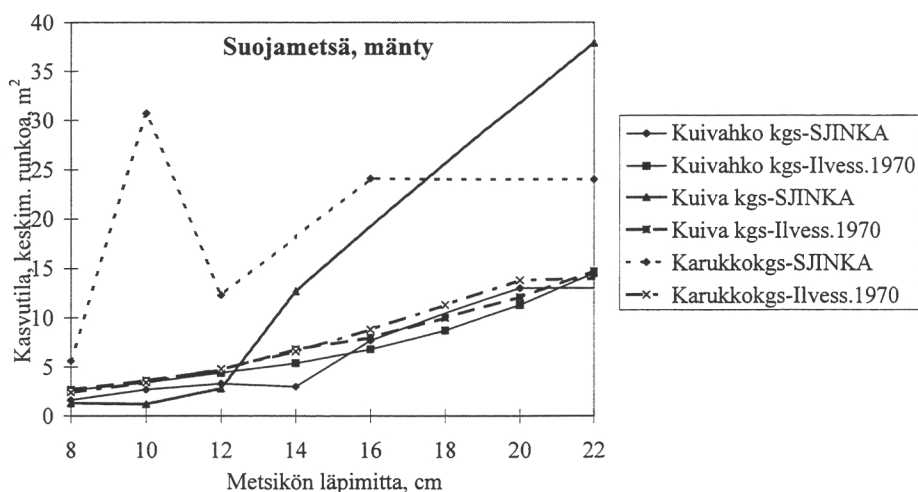
Metsikön keskiläpimitta=167mm, hajonta=96.4, n=155



Kuva 7c. Suojametsäalueen männiköiden läpimittajakaumat kahdessa ikäluokassa karukkokankailla verrattuna normaalijakaumaan (viiva).

Taulukko 9. Kasvutilan iänmukainen vaihtelu männiköissä eri kasvupaikkatyypeillä SUOJAINKAN (A) ja Ilvessalon (B) aineistoissa.

Metsikön ikä, v	Kuivahko kangas		Kuiva kangas		Karukko kangas	
	A	B	A	B	A	B
40	1.5	1.9	9.9	0.9		
60	3.4	2.9	3.7	1.5	22.8	
80	2.9	4.0	1.0	2.3	8.6	1.4
100	7.0	5.3	3.6	3.2	24.2	1.9
120	13.4	6.9	17.2	4.2	12.3	2.5
140	4.8	8.9	23.5	5.5	3.2	
160	7.8	11.4	7.0		4.2	
180	11.5	14.1	8.6		5.5	
200	12.2	16.9	16.4	10.3	7.1	
220	19.5		12.3		24.0	9.1
240	23.8		29.9	16.8	13.9	



Kuva 8. Männyn kasvutilan vaihtelu metsikön keskiläpimitan funktiona SUOJAINKAN ja Ilvessalon(1970) aineistoissa.

Esitetyt keskimääräiset kasvutilaluvut eivät vasta puiden todellista tilajärjestystä metsikössä. Siihen vaikuttavat myös maapohjan vaihtelu, puiden luontaiset ominaisuudet sekä ihmisen toimenpiteet. Tulos voi sen vuoksi vaihdella tasaisesta tilajärjestyksestä ryhmittäiseen tai aukkoiseen.

Suojametsäalueen männiköiden tilajärjestystä kuvattiin mm. Fisherin hajontaindeksillä (Päivinen 1987, s. 38). Arvot laskettiin osakoealoittain erikseen kahdelle kehitysluokkaryhmälle (Taulukko 10). Korkea tilajärjestysindeksi osoittaa, että puut kasvavat ryhmissä metsikössä ja matala arvo (alle 1-2) kertoo pinta-alan tasaisesta jakautumisesta puiden kesken (Kuva 9). SUOJAINKA-koealojen perusteella voitiin todeta, että suojametsäalueen männiköissä valitsee

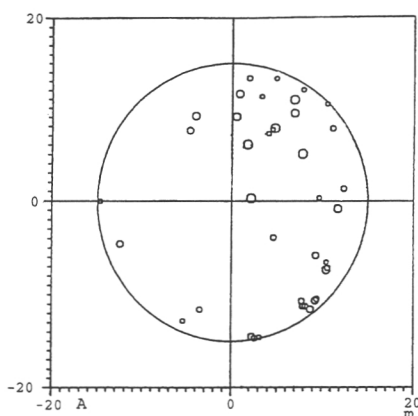
jonkin verran ryhmittäisyyttä (Taulukko 10), joka puiden koon suuren koko vaihtelun kanssa (Kuvat 7a-c) antaa metsikölle epätasainen leiman.

Tilajärjestys oli osassa aineistoa hyvinkin tasainen, joten indeksi on vain suuntaa antava mittari, jolla on hyvin rajoitettu kyky ilmaista puiden todellista tilajärjestystä tai antaa hyödyllistä metsänhoidollista tietoa. Lisäksi metsikön osakoealojen välillä todettiin suurta vaihtelua.

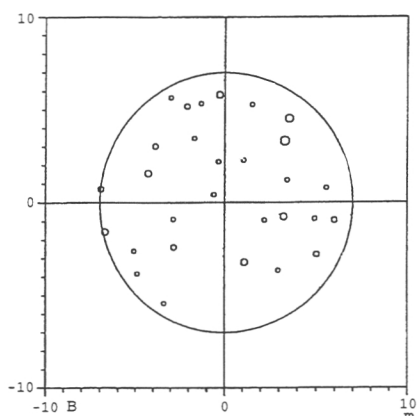
Taulukko 10. SUOJAINKA-koealojen suhteelliset jakaumat tilajärjestysindeksin (Fisherin indeksi) perusteella kahdessa kehitysluokkaryhmässä. Jakaumat on laskettu metsikköröypäiden osakoealojen (n = 216) perusteella.

Tilajärjestysindeksi	Kehitysluokat 2 - 3, n = 27	Kehitysluokat 4 - 6, n = 189
		%
< 1 = tasainen	48.1	37.0
1 - 2	25.9	28.6
2 - 3	18.5	15.9
> 3 = ryhmittäinen	7.5	18.5

Kehitysluokat 2,3 = pieni, varttunut taimikko, 4,5,6 = nuori, varttunut kasvatusmetsikkö, uudistuskypsä metsikkö.



Tilajärjestysindeksi (Fisherin indeksi) = 6.38
o : d1.3 = 5.00, O : d1.3 = 50.0



Tilajärjestysindeksi = 0.49
o : d1.3 = 5.00, O : d1.3 = 50.0

Kuva 9. Esimerkki puiden ryhmittäisestä (A) ja tasaisesta jakautumisesta (B) suojametsäalueen männikoissä.

3.2.3. Puuston rakenne, kehitys, laatu ja terveys

Suojametsäalueen männiköissä todettu epäsäännöllisyys ilmenee myös siinä, että selvästi on yli puolet niistä rakenteeltaan eri-ikäisiä (Taulukko 11).

Taulukko 11. SUOJAINKA-aineiston jakautuminen eri tyyppisiin metsiköihin ikäluokittain.

Metsikköryhmä	Ikäluokka, v										Lkm
	40	60	80	100	120	140	160	180	200	220	
	%										
Talousmetsikkö	1.4	1.4							2.8	2.8	6
Harva, tasaikäisrak. metsikkö		4.2	8.3			1.4					10
Eri-ikäisrakenteinen metsikkö	2.8	16.7	26.4	6.9	6.9	1.4	2.8	2.8	1.4	2.8	51
Koivunsekainen metsikkö		2.8	1.4			1.4					4
Männynsekainen metsikkö											
Tunturikoivikko									1.4		1
Yhteensä	4.2	25.0	36.1	6.9	6.9	4.2	2.8	2.8	5.6	5.6	72

Yhtä lukuunottamatta puustot ovat mäntyvaltaisia ja ainoana sekapuuna esiintyy jonkin verran koivua, lähinnä tuoreemmilla kasvupaikoilla (Taulukko 12).

Taulukko 12. Metsiköiden suhteelliset puulajiosuudet kasvupaikoittain.

Puulaji	Tuore ja kuivahko kgs		
	Kuiva kgs		
	%		
Mänty	88.9	93.1	95.0
Kuusi	0.5	1.7	0.0
Koivu	10.6	5.2	5.0

Kaikki tärkeimmät kehitysluokat esiintyvät aineistossa, mutta puukohtaisia havaintoja on eniten nuorista ja vartuneista kasvatusmetsiköistä (Taulukko 13). Suojametsäalueen männiköt olivat laadultaan melko hyviä ja terveitä.

Mäntyjen tekninen laatu oli suurelta osalta hyvä, mutta jonkin verran esiintyi mutkaisuuksia ja haaraisuutta. Myös latvukset olivat yleensä hyvämuotoisia, vaikka monissa puissa sen kehitys oli kärsinyt naapuripuiden kilpailusta. Tämä on luonnollinen seuraus aiemmin todetusta puiden ryhmittäisyydestä.

Pääosa runkoluvusta kuului väli- ja aluspuihin. Tämä on sopusoinnussa läpimittajakaumien kanssa (Kuvat 7a - 7c). Havainto vahvistaa tulosta, jonka mukaan puuston tilajärjestyksen, läpimitan, pituuden ja iän vaihtelu on suojametsäalueen männiköissä suurta.

Taulukko 13. Mäntypuuston jakautuminen eräisiin metsikkö- ja puustotunnuksiin SUOJAINKA-aineistossa (yhteensä 1628 pystypuuta).

Luokitteleva tekijä	Kangasmaan kasvupaikkatyyppi			
	Tuore	Kuivahko	Kuiva	Karukko
	%			
<i>Metsikön kehitysluokka:</i>				
Taimikko ja riukuvaihe	18.2	10.7	8.8	18.5
Nuori kasvatusmetsikkö	21.9	34.3	49.9	11.1
Varttunut kasvatusmetsikkö	20.1	37.4	33.6	57.4
Uudistuskypsä metsikkö	39.8	17.5	7.7	13.0
<i>Metsikön laatu:</i>				
Hyvä	59.9	54.2	50.6	73.4
Tyydyttävä	0.0	45.8	49.5	26.6
Vajaatuottoinen	40.1	0.0	0.0	0.0
<i>Puun latvuseros:</i>				
Päävaltapuu	10.8	16.5	18.2	18.8
Lisävaltapuu	11.7	16.1	15.3	12.7
Välipuu	65.1	45.8	41.5	42.4
Aluspuu	9.9	16.6	22.4	21.3
Alikasvospuu	0.0	0.2	0.1	1.6
Ylispuu	2.5	4.7	2.7	3.2
<i>Puun latvuksen muoto:</i>				
Normaali	59.3	61.4	64.5	73.1
Yhdeltä puolen puristunut	11.7	15.7	15.1	13.0
Kahdelta puolen puristunut	25.6	16.5	13.3	10.9
Tupsumainen	3.4	6.5	7.0	3.0
<i>Puun tekninen laatu:</i>				
Normaali	39.8	47.2	58.9	60.2
Oksainen	2.2	8.0	9.0	6.0
Mutkainen	33.3	18.3	10.6	10.9
Haarainen	15.4	18.4	15.1	19.4
Oksainen + mutkainen	0.0	0.8	1.7	0.5
Oksainen + haarainen	0.0	0.9	1.2	1.2
Mutkainen + haarainen	4.6	4.2	2.5	1.2
Oksainen + mutkainen + haarainen	0.9	0.1	0.1	1.2
Runko katkennut (elävä)	3.7	2.0	0.8	0.7
<i>Puun terveydentila:</i>				
Terve	80.9	82.1	90.1	88.0
Kuollut	0.0	0.8	0.7	0.5
Sairas	12.3	10.6	4.9	9.0
Kuivalatva	0.3	1.7	1.6	0.7
Kuivalatva + sairas	2.5	2.3	1.2	1.2
Kuoleva	4.0	2.5	1.7	0.7

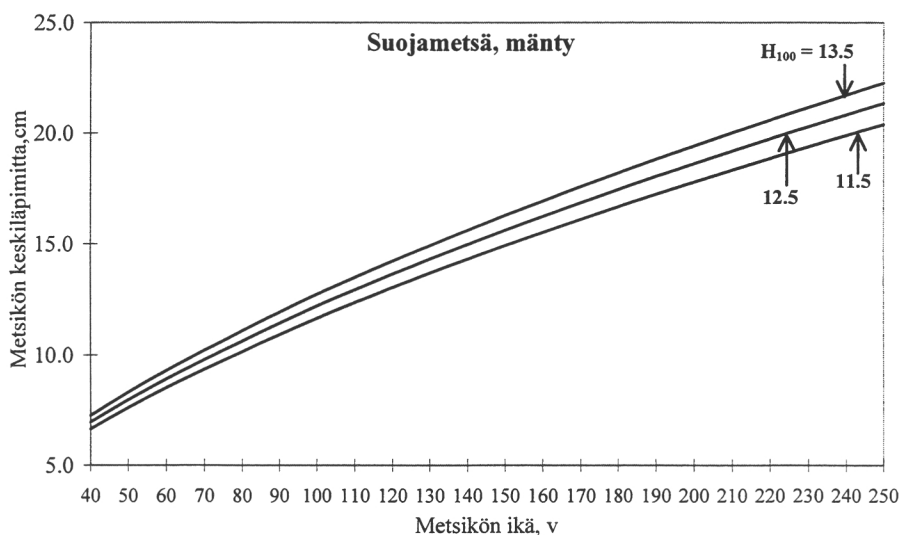
3.2.4. Puun ja metsikön läpimitta

Suojametsäalueen männikön keskiläpimitan ($D_{1.3}$, cm) kehitystä kuvattiin seuraavalla mallilla (2) (ks. lyhenteet liitteessä) :

$$D_{1.3} = \exp(-1.7030 + 0.6130 \cdot \ln(T) + 0.5464 \cdot \ln(H_{100})) \quad (2)$$

Mallin selityssaste : 56.8 %, jäännöshajonta = 0.2192, havaintojen lkm = 72.

Keskiläpimitan regressiomalli antoi Ilvessalon männikköaineistossa keskimäärin 2.9 cm:n systemaattisen aliarvion (19 % mallilla koko aineiston keskiarvosta). Tulosta voi pitää tyydyttävänä, sillä SUOJAINKA- aineiston ja Ilvessalon aineiston ikärakenne oli erilainen: Ilvessalon aineisto painottui vanhoihin järeisiin metsiin, kun taas mallin laadinnassa käytetyt metsiköt ovat nuorempia ja solakampia (vrt. Taulukko 1 ja 4).

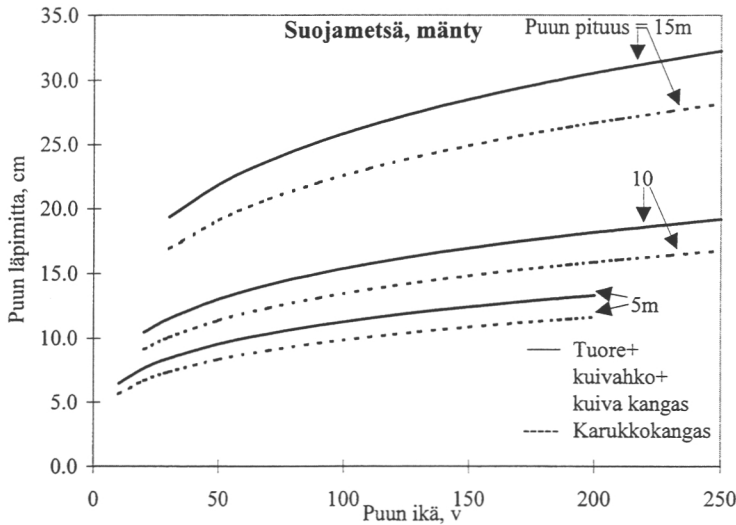


Kuva 10. Suojametsäalueen männiköiden keskiläpimitan kehitys yleisimmissä pituusboniteettiluokissa (mallista 2).

Yksittäisen puun rinnankorkeusläpimittaa ($d_{1.3}$) selittävät parhaiten puun pituus ja ikä. Kun lisäksi otetaan huomioon kasvupaikan hyvyys (metsikön valtapituuden ja iän välinen suhde), saadaan puun läpimitta regressiomallia (3) :

$$d_{1.3} = \exp(1.5742 + 0.051 \cdot h^2 + 0.2616 \cdot \ln(t) + 0.2564 \cdot \ln(H_{\text{dom}}/T)) \quad (3)$$

Mallin selitysaste: 60.8 %, jäännöshajonta = 0.3840, havaintojen lkm = 444.

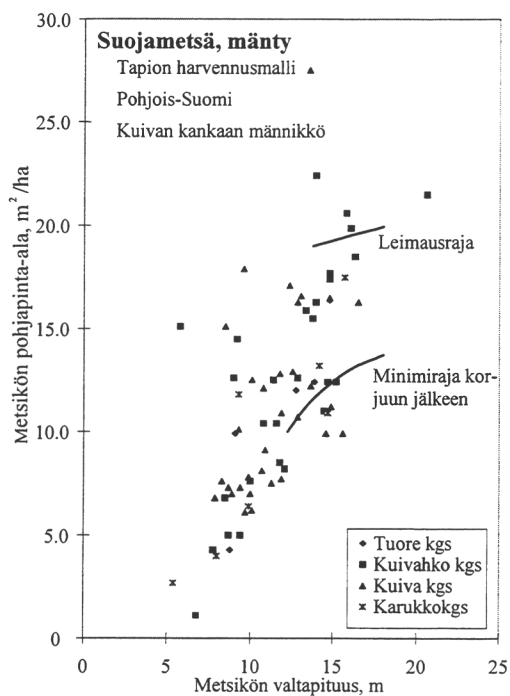


Kuva 11. Suojametsäalueen yksittäisen mäntypuun läpimitta iän funktiona pituusluokissa 5, 10 ja 15 m kahdessa kasvupaikkojen hyvyysluokassa (tuoreet, kuivahkot ja kuivat kankaat yhtenä ryhmänä ja karukkokankaat) (malli 3).

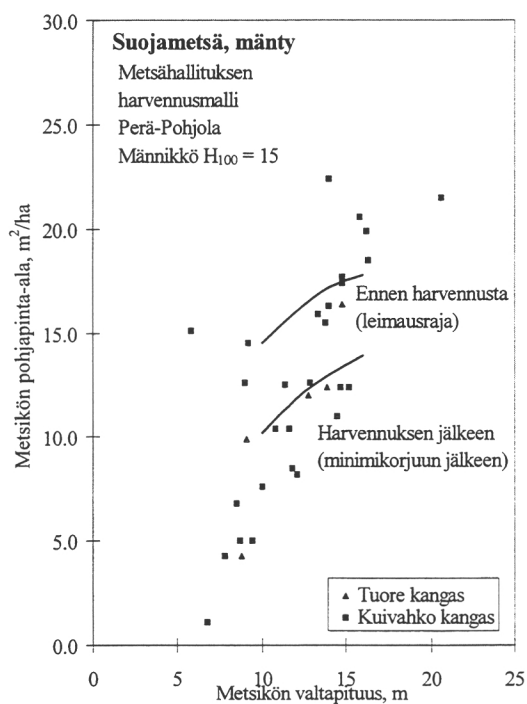
3.2.5. Pohjapinta-ala

Suojametsäalueen männiköiden puustoisuutta arvioitiin vertaamalla niiden pohjapinta-alan kehitystä Tapion ja Metsähallituksen nykyisten Pohjois-Suomen talousmänniköiden harvennusmalleihin (Kuva 12 ja 13a, b, c).

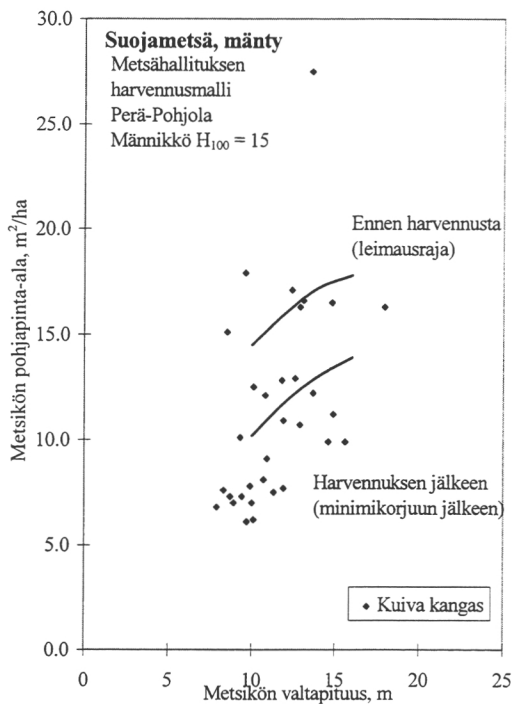
Puuston määrä oli monissa suojametsämänniköissä melko korkea, koska se ylitti usein harvennusmallien hakkuunjälkeisen minimirajan, joka on suhteellisen korkealla. On huomattava, että harvennusmallit perustuvat pituusboniteettiin $H_{100} = 15$ ja että suojametsäalueen männiköiden boniteetit ovat keskimäärin vain 11 - 13.



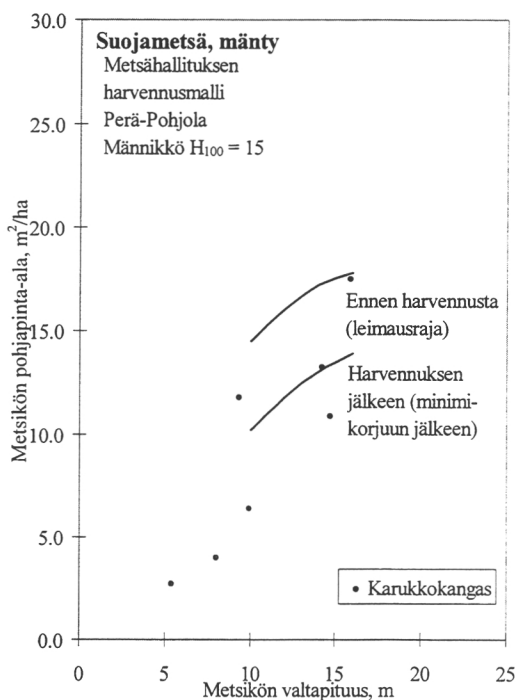
Kuva 12. SUOJAINKA-aineiston koemetsiköiden pohjapinta-alat verrattuna nykyiseen harvennusmalliin Pohjois-Suomessa (Tapion...1994).



Kuva 13a. SUOJAINKA-aineiston tuoreiden ja kuivahkojen kankaiden pohjapinta-alat verrattuna nykyiseen Metsähallituksen harvennusmalliin Perä-Pohjolassa (Ohjekirje..1985).



Kuva 13b. SUOJAINKA-
aineiston kuivien kankaiden
pohjapinta-alat verrattuna
nykyiseen Metsähallituksen
harvennusmalliin Perä-
Pohjolassa (Ohjekirje..1985).



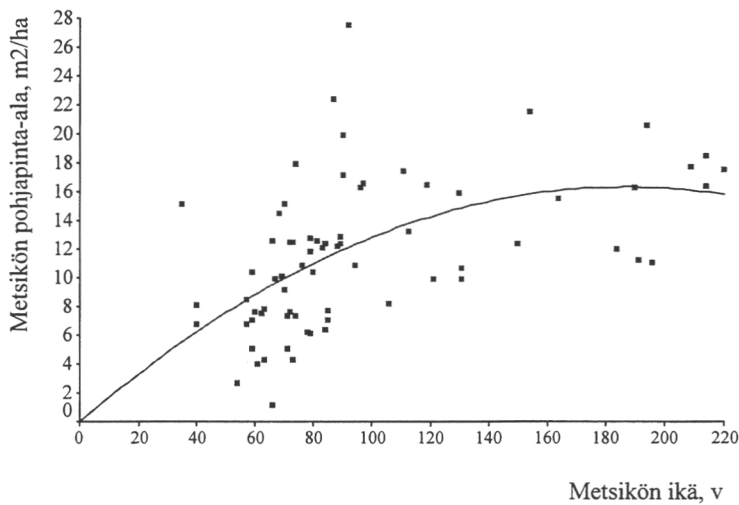
Kuva 13c. SUOJAINKA-
aineiston karukkokankaiden
pohjapinta-alat verrattuna
nykyiseen Metsähallituksen
harvennusmalliin Perä-
Pohjolassa (Ohjekirje..1985).

Suojametsäalueen männiköiden pohjapinta-ala kehittyy keskimäärin kuvan 14:n käyrän mukaisesti. Keskihajonta on suuri, joten metsikön ikä selittää vain noin 24 % pohjapinta-alan vaihtelusta. Ikää parempia selittäjiä ovat metsikön valtapituus, kasvupaikan lämpösumma (Kuva 15) ja myös kasvupaikan korkeus merenpinnasta (Taulukko 14). Lämpösumma ja korkeus merenpinnasta riippuvat kuitenkin vahvasti toisistaan.

Regressiomalli 4 kuvaa pohjapinta-alan (G , m^2/ha) riippuvuutta edellä mainituista tekijöistä:

$$G = \exp(-1.7751 + 1.2128 \cdot \ln(H_{dom}) + 0.0025 \cdot ts - 0.0016 \cdot kmpy) \quad (4)$$

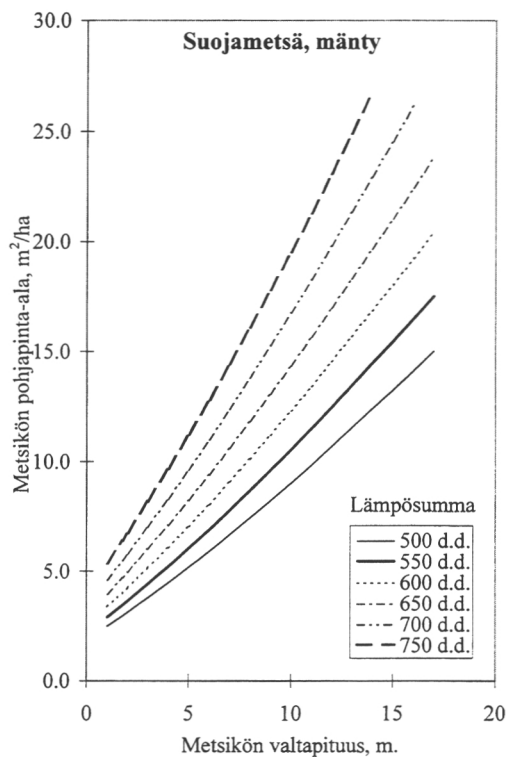
Mallin selitysaste: 55.4 %, jäännöshajonta = 0.3609, havaintojen lkm = 72.



Kuva 14. Suojametsäalueen männiköiden pohjapinta-alan keskimääräinen kehitys iän funktiona SUOJAINKA-aineistossa.

Taulukko 14. Suojametsäalueen männiköiden pohjapinta-alan riippuvuus valtapituudesta ja kasvupaikan korkeudesta lämpösummavyöhykkeellä ts = 650 d.d. (malli 4).

Metsikön valtapituus, m	Korkeus mpy, m				
	150	200	250	300	350
	Pohjapinta-ala, m ² /ha				
5	4.8	4.4	4.1	3.8	3.5
6	6.0	5.5	5.1	4.7	4.4
7	7.2	6.6	6.1	5.7	5.3
8	8.4	7.8	7.2	6.7	6.2
9	9.7	9.0	8.3	7.7	7.1
10	11.1	10.2	9.5	8.8	8.1
11	12.4	11.5	10.6	9.8	9.1
12	13.8	12.8	11.8	10.9	10.1
13	15.2	14.1	13.0	12.1	11.2
14	16.6	15.4	14.2	13.2	12.2
15	18.1	16.7	15.5	14.3	13.3
16	19.6	18.1	16.8	15.5	14.3
17	21.1	19.5	18.0	16.7	15.4
18	22.6	20.9	19.3	17.9	16.5
19	24.1	22.3	20.6	19.1	17.7
20	25.6	23.7	22.0	20.3	18.8



Kuva 15. Suojametsä-alueen männiköiden pohjapinta-alan riippuvuus valtapituudesta ja kasvupaikan lämpösummasta.

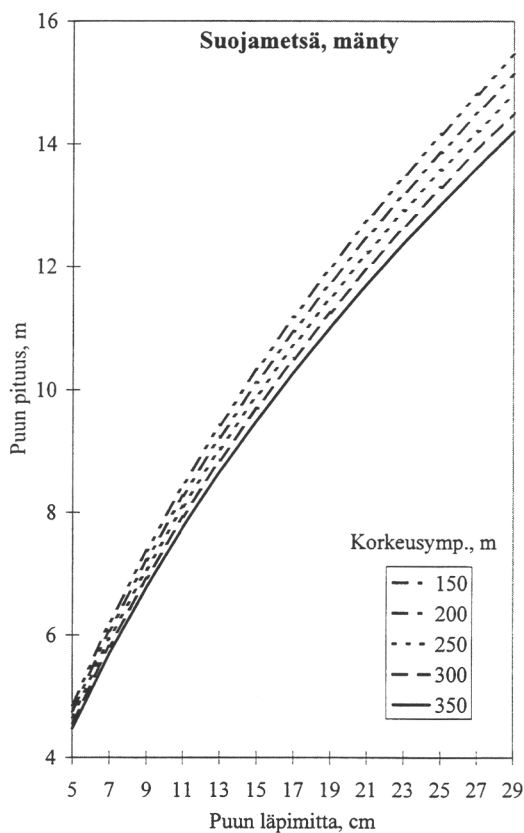
3.2.6. Puun pituus ja metsikön valtapituus

Malli 5 kuvaa puun pituuden (h) kehitystä suojametsäalueen männiköissä:

$$h = \exp(-0.6837 + 0.8694 \cdot \ln(d1.3) - 0.0426 \cdot (\ln(d1.3))^2 + 0.0016 \cdot ts - 0.00042 \cdot kmpy) \quad (5)$$

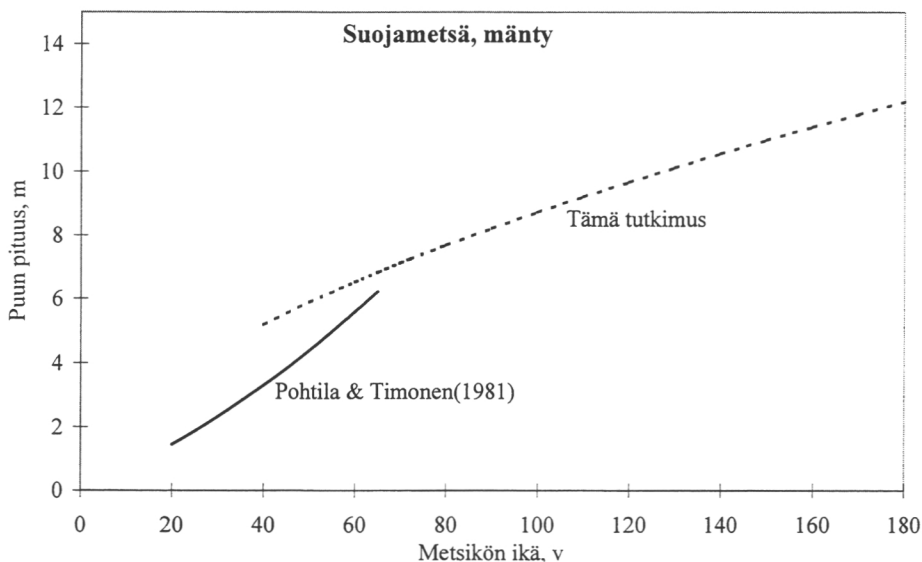
Mallin selityssaste: 83.5 %, jäännöshajonta = 0.1920, havaintojen lkm = 1627.

Mallin 5 erät muuttujat vaikuttavat puun pituuteen kuvan 16 mukaisesti, kun lämpösumma (ts) on vakioitu arvoon 650 d.d..



Kuva 16. Puun pituus läpimitan funktiona eräissä maaston korkeusluokissa suojametsäalueen männiköissä.

Pohtilan ja Timosen (1981) mukaan mäntyjen pituuskasvu on alkuvuosikymmeninä keskimäärin noin 10 cm. Tämän tutkimuksen mukaan pituuskasvu on keskimäärin noin 7 cm 40 ikävuoden jälkeen (Kuva 17, ks. myös kappale 3.3.2).



Kuva 17. Tämän tutkimuksen mukainen suojametsäalueen mäntyjen pituuskehitys verrattuna viljelytaimien pituuskehitykseen Pohtilan ja Timosen (1981) tutkimuksessa.

SUOJAINKA-aineiston perusteella männikön valtapituus kehittyy keskimäärin seuraavan mallin mukaisesti:

$$H_{\text{dom}} = \exp(0.3769 + 0.4600 \cdot \ln(T)) \quad (6)$$

Mallin selitysaste: 59.3%, jäännöshajonta = 0.1678, havaintojen lkm = 72.

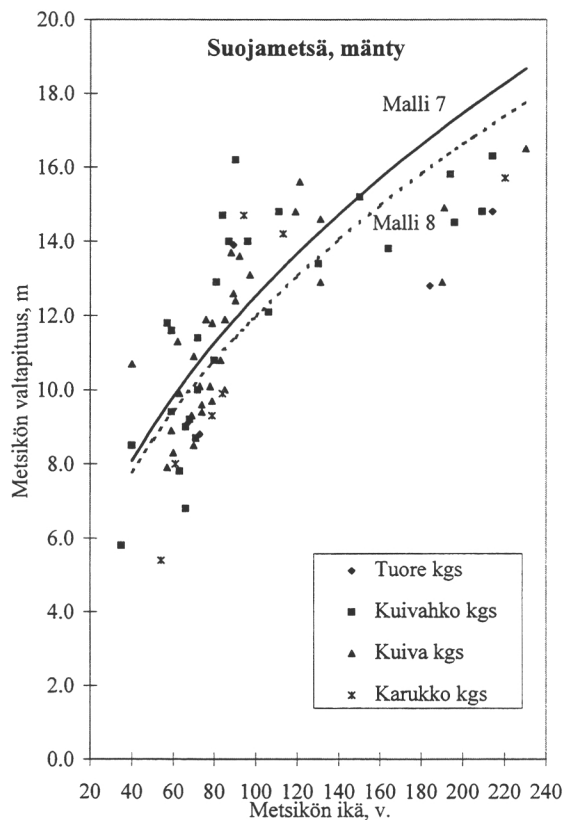
Taulukossa 15 mallin 6 mukaista kehitystä on verrattu luontaisesti syntyneen talousmännikön pituusboniteettikäyrään (Gustavsen 1980, ks. myös kappale 3.1.1).

Mallit 7 ja 8 kuvaavat suojametsäalueen männiköiden valtipituuden keskimääräistä kehitystä (H_{dom}) kahdessa kasvupaikkojen hyvyysluokassa (Kuva 18):

Kuivahkot kankaat $H_{dom} = \exp(0.3248 + 0.4786 \cdot \ln(T))$ (7)

Kuivat ja karukkokankaat $H_{dom} = \exp(0.3117 + 0.4718 \cdot \ln(T))$ (8)

Mallien selitysasteet: 59.7 % ja 59.9 %, **jäännöshajonnat** = 0.1450 ja 0.1297, **havaintojen lkm** = 28 ja 39.



Kuva 18. Puuston valtipituuden keskimääräinen kehitys SUOJAINKA-metsiköissä mallien 7 ja 8 mukaan.

Esitetyt kolme mallia perustuivat SUOJAINKA-metsiköiden perustamismittauksiin ja niitä testattiin SUOJAINKA-kokeiden uusintamittausten ja Ilvessalon aineiston avulla. Koko aineistosta laadittu keskimääräinen malli (6) yliarvioi Ilvessalon suojametsäalueen männiköiden valtapituuden 9 %:lla ja aliarvioi SUOJAINKA-aineiston uusintamittauksista lasketun valtapituuden 4,7 %:lla. Malli 7 aliarvioi Ilvessalon metsiköiden valtapituuden 1.7 %:lla ja SUOJAINKA-aineiston uusintamittauksista lasketun valtapituuden 3.5 %:lla. Malli 8 puolestaan yliarvioi Ilvessalon metsiköiden valtapituuden 9 %:lla ja aliarvioi SUOJAINKA-aineiston uusintamittauksista lasketun valtapituuden 10.3 %:lla.

Taulukko 15. Suojametsäalueen männiköiden valtapituuden keskimääräinen kehitys pituusboniteetilla $H_{100} = 12$ Gustavsenin (1980) ja SUOJAINKA-aineiston mallin 6 mukaan.

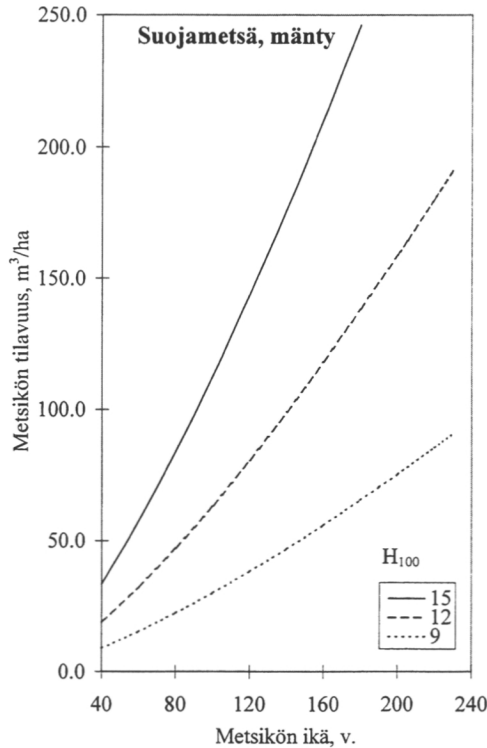
Metsikön ikä, v	Metsikön valtapituus, m	
	Gustavsen (1980)	SUOJAINKA Hdom= f (T)
40	5.54	7.95
50	7.09	8.81
60	8.41	9.59
70	9.53	10.29
80	10.51	10.94
90	11.37	11.55
100	12.12	12.13
120	13.40	13.19
140	14.45	14.15
160	15.34	15.05
180	16.09	15.89
200	16.74	16.68
230	17.58	17.79

3.2.7. Puun ja metsikön tilavuus

Regressiomallin 9 mukaisesti suojametsäalueen männiköiden tilavuuteen (V) vaikuttavat metsikön ikä ja pituusboniteetti (Kuva 19) sekä kasvupaikan korkeus merenpinnasta (Taulukko 16):

$$V = \exp (-7.6694 + 1.2611 \cdot \ln(T) + 2.5851 \cdot \ln(H_{100}) - 0.00167 \cdot kmpy) \quad (9)$$

Mallin selitysaste: 74.1 %, jäännöshajonta = 0.3491, havaintojen lkm = 72.



Kuva 19. Suojametsäalueen männiköiden tilavuuden kehitys kolmessa pituusboniteettiluokassa. Korkeus merenpinnasta on 250 m (vrt. Taulukko 7).

Luotettavampi suojametsäalueen männikön arvio saadaan kahden puustotunnuksen, pohjapinta-alan ja valtapituuden avulla:

$$V = \exp(-0.2419 + 0.9170 \cdot \ln(G) + 0.8885 \cdot \ln(H_{\text{dom}})) \quad (10)$$

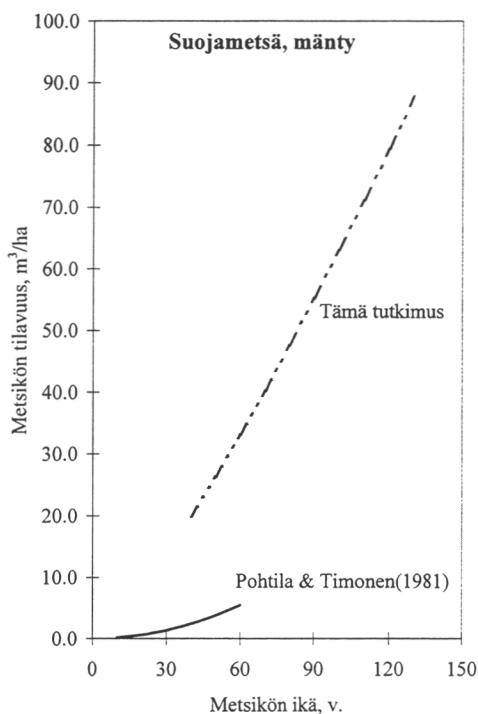
Mallin selitysaste: 97.8 %, jäännöshajonta = 0.1006, havaintojen lkm = 72.

Malli 9 aliarvioi tilavuuden noin 20 % :lla ja malli 10 noin 10 % :lla Ilvessalon aineistossa. Eroja selittää mallien laadinta-aineistot, jotka poikkeavat selvästi toisistaan keskimääräisen tilavuuden, pohjapinta-alan ja iän suhteen. Esimerkiksi SUOJAINKA-aineistossa keskitilavuus on 70 m³/ha ja keski-ikä 99 v, kun vastaavat luvut Ilvessalon aineistossa ovat 130 m³/ha ja 166 v.

Taulukko 16. Suojametsäalueen männiköiden tilavuuden riippuvuus kasvupaikan korkeudesta ja metsikön iästä pituusboniteetilla $H_{100} = 12$. Tilavuudet on laskettu mallilla 9).

Metsikön ikä, v.	Metsikön tilavuus, m^3/ha				
	Korkeus mpy, m				
	150	200	250	300	350
40	23.47	21.59	19.86	18.27	16.81
60	39.14	36.01	33.12	30.47	28.03
80	56.26	51.75	47.61	43.79	40.29
100	74.55	68.57	63.08	58.03	53.38
120	93.82	86.30	79.39	73.03	67.18
140	113.95	104.82	96.42	88.70	81.59
160	134.85	124.04	114.11	104.97	96.56
180	156.44	143.91	132.38	121.77	112.02
200	178.67	164.36	151.19	139.08	127.94
220	201.49	185.35	170.50	156.84	144.28
230	213.11	196.04	180.33	165.88	152.60

Metsikkö- ja puukohtainen tilavuuskehitys verrattuna suojametsäalueen viljelytaimikoiden kehitykseen käy ilmi kuvista 20 ja 21.

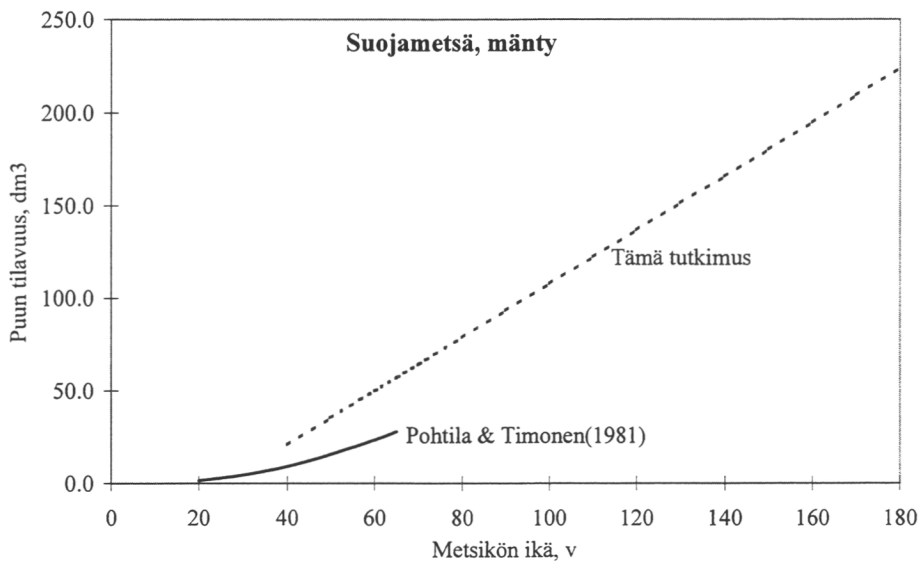


Kuva 20. Suojametsäalueen viljelytaimikoiden (Pohtila ja Timonen 1981) ja tämän tutkimuksen männiköiden keskimääräinen tilavuuskehitys.

Yksittäisen puun tilavuus (v , dm^3) voidaan arvioida mallilla 11:

$$v = -7.258 \cdot d_{1.3} + 0.7642 \cdot d_{1.3}^2 + 0.0877 \cdot ts + 40.180 \cdot \ln(H_{\text{dom}}) \quad (11)$$

Mallin selitysaste: 97.6 %, jäännöshajonta = 21.0, havaintojen lkm = 941.



Kuva 21. Viljelytaimien (Pohtila ja Timonen 1981) ja tämän tutkimuksen mäntyjen keskimääräinen tilavuuskehitys.

3.2.8. Muotoluku

SUOJAINKA-aineistosta lasketut männikön muotoluvut (kasvupaikkatyypeittäin 0.48-0.52) olivat hiukan suuremmat kuin Gustavsenin ja Fagerströmin (1983) pohjoissuomalaisten männiköiden mallista saadut arvot (0.45-0.47).

Yksittäisen puun muotolukua ($f_{1.3}$) suojametsäalueen männiköissä kuvaa malli 12:

$$f_{1.3} = \exp(-2.6128 - 0.0092 \cdot (d_{1.3}/h)^2 - 0.00108 \cdot h - 0.0273 \cdot \ln(G)) \quad (12)$$

Mallin selitysaste: 82.1 %, jäännöshajonta = 0.0428, havaintojen lkm = 941.

3.3. Kasvu suojametsäalueen männiköissä

3.3.1. Puun paksuuskasvu

Yksittäisten puiden läpimitan kasvumallit laadittiin sekä menneelle viiden vuoden jaksolle (i_{d5} , mm/5v, malli 13) että tulevalle kymmenvuotiskaudelle (i_{d10+} , mm/10v, malli 14). Ennustemalli 14 tuottaa ilmastollisella vuosi-indeksillä korjatun paksuuskasvun ja malli 13 korjaamattoman kasvun. Korjatun ja ei-korjatun kasvuyhtälön kertoimien erot eivät olleet suuria, koska molempien kasvujaksojen vuosi-indeksien keskiarvo on noin 94 % normaalitasosta (= 100). Pienet erot logaritmikertoimissa aiheuttivat kuitenkin selviä suhteellisia eroja kasvun ennusteisiin, koska absoluuttinen kasvu on keskimäärin melko alhainen. Ilmastokorjauksen merkitys on vielä suurempi tilavuuskasvun osalta, ja on yleensä tärkeä nimenomaan ennustemallien laadinnassa (esim. Gustavsen 1998).

Mallit 13 ja 14 perustuvat SUOJAINKA-koealojen uusintamittauksen kairaustietoihin.

$$i_{d5} = \exp(3.3334 - 0.7980 \cdot \ln(t) + 0.2106 \cdot \ln(d1.3/D_{dom}) + 0.1748 \cdot \ln(h) - 0.2409 \cdot \ln(G)) \quad (13)$$

Mallin selitysaste = 62.2%, jäännöshajonta = 0.4263, havaintojen lkm = 985.

Malleissa puun rinnankorkeusläpimitan ja metsikön valtapuiden läpimitan suhde $d1.3/D_{dom}$ selittää ko. puun läpimittakasvua paremmin kuin pelkästään $d1.3$, koska yhdessä pituuden (h) kanssa puun asema suhteessa valtapuihin tulee tarkemmin kuvattua.

$$i_{d10+} = \exp(3.8689 - 0.5736 \cdot \ln(t) + 0.1904 \cdot \ln(d1.3/D_{dom}) + 0.2154 \cdot \ln(H_{dom}/T) - 0.2390 \cdot \ln(G)) \quad (14)$$

Mallin selitysaste = 62.7%, jäännöshajonta = 0.4143, havaintojen lkm = 941.

3.3.2. Pituuskasvu

Suojametsäalueen männiköiden valtapituuden keskimääräinen vuotuinen kasvu oli melko samansuuruinen eri kasvupaikoilla. Tuoreella ja kuivahkolla kankaalla ($H_{100} = 13.5$) keskikasvu oli 11 cm (5 - 19 cm), kuivalla kankaalla ($H_{100} = 12.5$) 13 cm (4 - 25 cm) ja karukkokankaalla valtapituuskasvu oli 14 cm (2 - 19 cm). Suluissa annetut arvot ovat minimi- ja maksimikasvuja. Tässä yhteydessä on syytä korostaa, että tuoreiden ja kuivahkojen kankaiden metsiköt olivat keskimääräistä vanhempia. Keskimääräinen lämpösumma ja korkeus merenpinnasta olivat sen sijaan likimain samat eri kasvupaikkatyypeillä.

Yksittäisten mäntyjen tulevan 10 vuoden pituuskasvua (i_{h10+} , dm/10v) arvioidaan seuraavalla mallilla:

$$i_{h10+} = \exp(3.6888 - 0.3124 \cdot \ln(t) - 0.8258 \cdot (1/d1.3) - 0.2711 \cdot \ln(h) + 0.7274 \cdot \ln(H_{dom}/T)) \quad (15)$$

Mallin selitysaste = 40.0%, jäännöshajonta = 0.5707, havaintojen lkm = 444.

Vastaavasti menneen 5 vuoden pituuskasvulle laadittiin malli:

$$i_{h5-} = \exp(-1.61 - 0.1826 \cdot \ln(t) + 0.7063 \cdot \ln(I_{Hdom}) + 0.0017 \cdot ts) \quad (16)$$

Mallin selitysaste = 44.2%, jäännöshajonta = 0.5776, havaintojen lkm = 952.

Pohtilan ja Timosen (1981) mukaan viljelytaimien pituuskasvu suojametsäalueella oli vuosina 1976 - 1978 10,5 cm vuodessa taimien keski-ikä ollessa 33 vuotta. Suurimmillaan taimien pituuskasvu näytti olevan 25 - 40 vuoden iällä, keskimäärin 14 cm vuodessa.

3.3.3. Tilavuuskasvu

Suojametsäalueen männiköille laadittiin tulevan jakson absoluuttista ja suhteellista tilavuuskasvua (I_{V5+} ja P_{V10+}) ennustavat kasvumallit (17 ja 18). Mallin 17 antamia tuloksia havainnollistettiin taulukossa 17, josta saadaan keskimääräisiä, kasvupaikan hyvydestä riippumattomia tilavuuskasvuarvioita (boniteettimuuttuja puuttuu mallista).

Mallissa 18 pituusboniteetti sisältyy ikään ja valtapituuteen, mutta metsikön tiheysmuuttujan puuttumisen takia kasvuennusteiden tarkkuus paranee vain vähän.

Malli 17 perustuu uusintamittauksen ilmastokorjaamattomiin kairaustietoihin ja sillä arvioidaan tulevan viiden vuoden tilavuuskasvua ($m^3/ha/5v$) seuraavasti:

$$I_{V5+} = \exp(-23.9680 + 10.5396 \cdot \ln(T) - 1.1754 \cdot \ln(T)^2 + 0.6400 \cdot \ln(V)) \quad (17)$$

Mallin selitysaste = 51.7 %, jäännöshajonta = 0.4617, havaintojen lkm = 72.

Mallilla 18 arvioidaan ilmastokorjattua tulevan 10 vuoden suhteellista tilavuuskasvua (10 vuotisjakson kasvu prosentteina puuston nykytilavuudesta). Malli perustuu metsiköiden ensimmäisen ja toisen mittauksen tilavuuksien erotuksiin:

$$P_{V10+} = \exp(-19.2450 + 13.5690 \cdot \ln(T) - 1.4550 \cdot \ln(T)^2 - 1.7180 \cdot \ln(H_{dom})) \quad (18)$$

Mallin selitysaste = 57.3, jäännöshajonta = 0.4159, havaintojen lkm = 72.

Taulukko 17. Suojametsäalueen männiköiden tulevan 5-vuotisjakson absoluuttinen tilavuuskasvu iän ja tilavuuden funktiona (arvot laskettu mallilla 17).

m³/ha	Metsikön ikä, v																						
	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230			
	lv _s , m³/ha/5v																						
10	1.5	2.1	2.6	2.9	3.1	3.1	3.0	2.9	2.8														
20	2.3	3.3	4.0	4.5	4.8	4.8	4.8	4.6	4.3														
30	3.0	4.3	5.2	5.9	6.2	6.3	6.2	5.9	5.6	5.3	4.9	4.5	4.2	3.8	3.5								
40	3.6	5.1	6.3	7.1	7.4	7.5	7.4	7.1	6.8	6.3	5.9	5.4	5.0	4.6	4.2								
50	4.1	5.9	7.3	8.1	8.6	8.7	8.5	8.2	7.8	7.3	6.8	6.3	5.8	5.3	4.8								
60	4.7	6.7	8.2	9.2	9.7	9.8	9.6	9.2	8.8	8.2	7.6	7.0	6.5	5.9	5.4	4.9	4.5	4.1					
70	5.1	7.3	9.0	10.1	10.7	10.8	10.6	10.2	9.7	9.1	8.4	7.8	7.1	6.5	6.0	5.4	4.9	4.5					
80	5.6	8.0	9.8	11.0	11.6	11.7	11.5	11.1	10.5	9.9	9.2	8.5	7.8	7.1	6.5	5.9	5.4	4.9					
90	6.0	8.6	10.6	11.9	12.5	12.7	12.4	12.0	11.4	10.6	9.9	9.1	8.4	7.7	7.0	6.4	5.8	5.3	4.8	4.3			
100		9.2	11.3	12.7	13.4	13.5	13.3	12.8	12.2	11.4	10.6	9.8	9.0	8.2	7.5	6.8	6.2	5.6	5.1	4.6			
110			12.1	13.5	14.2	14.4	14.1	13.6	12.9	12.1	11.2	10.4	9.5	8.7	8.0	7.3	6.6	6.0	5.4	4.9			
120			12.7	14.3	15.0	15.2	15.0	14.4	13.7	12.8	11.9	11.0	10.1	9.2	8.4	7.7	7.0	6.3	5.7	5.2			
130						16.0	15.7	15.2	14.4	13.5	12.5	11.6	10.6	9.7	8.9	8.1	7.3	6.7	6.1	5.5			
140						16.8	16.5	15.9	15.1	14.1	13.1	12.1	11.1	10.2	9.3	8.5	7.7	7.0	6.3	5.8			
150									15.8	14.8	13.7	12.7	11.6	10.6	9.7	8.8	8.0	7.3	6.6	6.0			
160									16.4	15.4	14.3	13.2	12.1	11.1	10.1	9.2	8.4	7.6	6.9	6.3			
170									17.1	16.0	14.9	13.7	12.6	11.5	10.5	9.6	8.7	7.9	7.2	6.5			
180											15.4	14.2	13.1	12.0	10.9	9.9	9.0	8.2	7.5	6.8			
190											16.0	14.7	13.5	12.4	11.3	10.3	9.4	8.5	7.7	7.0			
200												15.2	14.0	12.8	11.7	10.6	9.7	8.8	8.0	7.2			
210													15.7	14.4	13.2	12.1	11.0	10.0	9.1	8.2	7.5		

Lisäksi laadittiin puukohtaisia tilavuuskasvumalleja (19-21) sekä menneelle 5-vuotisjaksolle että tulevalle 10 vuotisjaksolle. Perustamismittauksen kasvukairausten perusteella kehitettiin menneen kauden kasvumallit 19 ja 20, joista malli 19 antaa luotettavamman kasvuvarvion. Malli 19 ei kuitenkaan ole kovin käyttökelpoinen, koska se edellyttää menneen 5 vuotisjakson sädekasvun (i_{r5}) mittaamista:

$$i_{v5} = \exp(-1.4204 + 1.2351 \cdot \ln(d1.3) + 0.7264 \cdot \ln(i_{r5}) + 0.6053 \cdot \ln(h) + 0.0010 \cdot ts) \quad (19)$$

Selitysaste = 97.1 %, jäännöshajonta = 0.1844, havaintojen lkm = 719.

$$i_{v5} = \exp(1.3337 - 0.8328 \cdot \ln(T) + 1.3664 \cdot \ln(d1.3) + 0.6154 \cdot \ln(h) + 0.0039 \cdot ts) \quad (20)$$

Selitysaste = 74.0 %, jäännöshajonta = 0.5564, havaintojen lkm = 719

Malli 20 antoi likimain harhattomia tuloksia uusintamittauksen kairausaineistossa.

Yksittäisen puun tulevan 10 vuotisjakson tilavuuskasvun ennustemalli 21 perustuu ensimmäisen ja toisen mittauksen tilavuuksien erotuksiin. Mallissa kasvuun on tehty ilmastokorjaus.

$$i_{v10+} = \exp(3.1603 - 0.3003 \cdot \ln(t) + 1.4497 \cdot \ln(d1.3) - 0.1821 \cdot \ln(G) + 1.7808 \cdot \ln(D_{\text{dom}}/T)) \quad (21)$$

Mallin selitysaste = 72.0 %, jäännöshajonta = 0.4372, havaintojen lkm = 444.

3.3.4. Ilmaston ja maaston korkeuden vaikutus kasvun vaihteluun

Ilmatieteen laitoksen lämpösummakartaston mukaan vuosilta 1931-60 (kynnyslämpötila +5° C) lämpösumma vaihtelee Suomen alueella välillä 300-1300 d.d. yksikköä. Männy metsäraja asettuu noin 550 d.d:n tasolle. Pohjois-Suomessa maaston kohoaminen yhdellä metrillä aiheuttaa noin 0.7 lämpösummayksikön vähennyksen (Heikurainen 1973). Rinteen kaltevuussuunta vaikuttaa auringon säteilyn tulokulmaan, ja mm. tästä johtuen kasvupaikan lämpö-olot ovat erilaiset eri suuntiin viettävillä rinteillä.

Ilmasto säätelee puun kasvua Lapissa ja erityisesti metsänrajametsien alueilla. Männyllä kasvun minimitekijänä on selvästi kesä- ja heinäkuun lämpötila (Mikola 1952, Sirén 1961, Lindholm 1994, Mielikäinen ym. 1998).

Puut kasvavat Lapissa ilmastollisilla äärirajallaan. Tätä osoittavat sekä männy, kuusen että koivun metsärajojen sijoittuminen tälle alueelle. Lapin metsät ovat joutuneet väistymään useaan otteeseen noin 100 000 vuoden välein jääkausien tieltä (Eronen 1991). Nykyäänkin lämpötilamarginaali jääkauden syntymiseen on Lapissa melko pieni: riittää, kun kasvukauden keskilämpötila laskee pysyvästi muutamalla asteella (Donner 1974, Imbrie ja Imbrie 1979, Eronen 1981, 1991). Ilmaston kehityksen ennustaminen on vaikeaa sen epävarman perusolemuksen vuoksi (Broecker 1995). Mennyttä ilmaston kehitystä voidaan tutkia paremmin. Ilmaston vaihtelut tunnetaan pääpiirteissään maapallon koko olemassaolon ajalta ja tarkemmin satojentuhansien vuosien ajalta. Lapin ilmaston vaihtelut tunnetaan noin sadan vuoden tarkkuudella 7500 vuoden ajalta ja vuotuinen vaihtelu viimeisimmän 2150 vuoden osalta. Puiden kasvuhistoriaa tutkimalla on samalla saatu tietoa menneestä ilmastosta.

Ilmasto on tavanomaista äärevämpi korkeiden maiden metsissä. Äärevyydellä tarkoitetaan tässä yhteydessä mm. peräkkäisten kesien keskilämpötilojen vaihtelua. Äärevyyden merkitystä metsänuudistumiselle ovat selvittelleet mm. Hustich (1945) ja Pohtila (1978, 1980 ja 1981). Ilmaston ei tarvitse äärevöityä tai keskilämpötilan laskea paljonkaan, kun metsien uudistuminen estyy ja metsäraja alkaa perääntyä. Tundramaiset olosuhteet, joissa puut eivät voi uudistua, ulottuvat itse asiassa ajoittain nykyisten metsärajojen

ala- tai eteläpuolelle. Tällöin kasvu on niukkaa tai vuosilustot jäävät jopa kokonaan muodostumatta. Taimikoille olosuhteet voivat olla tuhoisat, kuten tapahtui 1960-luvulla (Etholén 1972, Pohtila ja Timonen 1981).

Pitkät aikasarjat (Zetterberg ym. 1995a, 1995b, Sirén 1961, Timonen 1996a, 1996b, 1996c) osoittavat, että Lapin ilmasto on vaihdellut tuhansien vuosien aikana enemmän tai vähemmän rytmisesti keskitason molemmin puolin. Metsänrajaseuduilla se on merkinnyt sitä, että lämpimien jaksojen aikana ainakin mäntymetsät ovat uudistuneet vaikeuksitta, mutta kylminä jaksoina olosuhteet näyttäivät olleen liian vaikeat siementuotannon kannalta (Sirén 1961).

Metsänrajamännyn vuosilustoista laaditun lustokalenterin mukaan olosuhteet ovat olleet männyn kasvuille pääsääntöisesti epäsuotuisat viimeisten 35 vuoden ajan, vuodesta 1961 lähtien (Timonen 1996c). Muutamat poikkeusvuodet (1973, 1979, 1982, 1983 ja 1989) lieventävät tilannetta kuitenkin sen verran, ettei jaksoa voi pitää erityisen ankarana verrattaessa sitä vuosituhanneen muihin vastaaviin jaksoihin. Tuhatuotisella aikaperspektiivillä tarkastellen voidaan päätellä, että 1900-luvun liki puolivuosisatainen suotuisa jakso (1915-1960) kuuluu vuosituhanneen lämpimimpiin. Edellinen sitä muistuttava jakso löytyy 1700-luvulta. Päätelmää tukevat havainnot nuorista 35-75 -vuotiaista metsiköistä, jotka nykyisin muodostavat maantieteellisesti pohjoisimman (polaarisen) ja tuntureilla ylimmän (alpiinisen) metsärajan.

Metsärajalla männyn kasvuolosuhteet lienevät olleet kuluneella vuosituhanneella ankarimmillaan 1700-luvun loppu- ja 1800-luvun alkupuoliskoilla. Kylmimmässä vaiheessa 1830-luvulla männyn kasvu tyrehtyi jopa kokonaan useiksi vuosiksi, mikä on voitu päätellä puuttuvien vuosirenkaiden perusteella. Merkille pantavaa on, että pitkällä heikon kasvun jaksolla 1781-1850 metsät uudistuivat Sirénin tutkimusten mukaan merkittävämminkin vain kerran. Metsänrajaseutujen männiköt ovat uudistuneet harvakseltaan mutta kuitenkin melko säännöllisesti, Sirénin mukaan 3-4 kertaa vuosisadassa. Uudistuminen on tapahtunut suotuisien kasvujaksojen aikana.

Lustosarjan perusteella tehty analyysit osoittavat, että ilmastovaihteluilla on rytmi, joka selkeästi vaikuttaa metsien uudistumiseen. Verrattaessa Sirénin (1961 ja julkaisematon tieto 1996) ajoittamia uudistusvuosia jaksolla 1181-1996 jKr. vastaavien ajankohtien vuosilustoindekseihin nähdään, että uudistuminen on tapahtunut ainoastaan suotuisten kasvujaksojen aikana (esim. Timonen 1998).

4. SUOJAMETSÄALUEEN MÄNTYMETSIEN KÄSITTELY

Ilmastolla on keskeinen asema suunniteltaessa metsien hoitoa ja käsittelyä lähellä metsäraja. Kytkemällä ilmastovaihtelut Lapin mäntymetsien kasvuun ja uudistumiseen on voitu todeta, että ilmasto on ratkaisevassa asemassa metsänrajametsien kehityksessä.

Seuraavat käsittelysuositukset perustuvat ensisijaisesti tämän tutkimuksen tuloksiin suojametsäalueen männiköiden rakeenteesta, kasvusta ja sen ilmastollisesta vaihtelusta. Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä korostaa Lapin suojametsäaluetta ja korkeita metsäalueita koskevia kaikki aiempia käsittelyohjeita ja selvityksiä, joista osa on esitetty luvussa 1. Tärkeitä lisätietoja Lapin suoja- ja lakimetsien männiköiden hakkuista, uudistamisesta ja viljelystä löydetään esimerkiksi Lapin ja Perä-Pohjolan valtion- ja yksityismetsille laadituissa ohjekirjeissa (Ohjekirje.. 1985, Metsien hoito 1991, Lapin piirimetsä...1981, Pohjois-Suomen metsien..1981, Metsänhoitosuositukset 1989) sekä Mikolan (1959), Etholénin (1972), Kuuselan (1975), Norokorven (1981, 1987), Valtasen (1981, 1987, 1992, 1994), Saarenmaan ja Poikajärven (toim.) (1987), Varmolan (1991), Kärkkäisen (1992), Valkosen (1992a, 1992b), Tasasen ja Veijolan (1994) ja Nummisen (1995) tutkimuksissa. Lisäksi on mainittava Roiko-Jokelan (1980, 1982a, 1982b) tutkimukset puuntuotantoon vaikuttavista tekijöistä Pohjois-Suomessa.

Suojametsien käsittelyn lähtökohtana voidaan pitää viimeisten 200 vuoden aikana saatuja kokemuksia metsien käsittelystä ja uudistamisesta vaihtelevissa ilmasto-olosuhteissa. Viime vuosisadan hyvin kylmä alkupuolisko, viileänä jatkunut loppupuolisko, vuosisadan vaihteen kylmä jakso, 1920-1940-lukujen lämmin jakso, 1960-luvun kylmä jakso ja 1970-luvulta alkanut epävakaa ilmastojakso antavat hyvän kuvan ilmaston vaikutuksesta sekä metsien kasvuun että uudistumiseen. Keskeisenä havaintona voidaan todeta, että metsät uudistuivat hyvin ainoastaan 1900-luvun lämpimällä jaksolla. Muina ajankohtina metsät ovat uudistuneet vaihtelevasti. Erityisesti 1960-luvun pahat viljelytaimikkotuhot osoittivat ilmastojaksojen merkityksen metsänuudistamisessa.

Kestävän metsätalouden perusedellytys on, ettei metsien käsittely aiheuta pysyviä menetyksiä puuston määrässä tai laadussa. Puustopääoman säilyminen edellyttää riittävää uudistumista. Tästä päästäänkin suojametsien käsittelyn peruseriaatteeseen: metsiä on käsiteltävä siten, että niiden valmius uudistua luontaisesti suotuisien ilmastojaksojen aikana pysyy jatkuvasti hyvänä.

Suojametsien uudistumiseen voidaan vaikuttaa myös aktiivisella metsänhoidolla, vaikka ilmastolla onkin lopputuloksen kannalta ratkaiseva asema. Metsänkäsittelymenetelmät voidaan osittain perustaa jo olemassa olevaan tietoon, mutta myös uutta tutkimusta tarvitaan aikaisemman tutkimustoiminnan niukkuuden ja erikoisolosuhteiden vuoksi. Vuokila (1984) esimerkiksi on aiemmin korostanut, että metsänhoidollisen harsinnan periaatteet ovat hyväksyttäviä tietyissä erikoistapauksissa, joissa puuston eri-ikäisrakenne syntyy itsestään luonnonolosuhteiden pakosta kuten esim. Lapin tunturimetsissä. Tärkeä edellytys on kuitenkin hänen mukaansa kiinnittää huomiota kertymän määrän ja järeyden ohella puuntuotannon jatkuvuuteen niin, että puunkasvatusta voidaan jatkaa vähentymättömänä loputtomiin. Myös Valtanen (1981) mainitsee, että harsinta on hyväksytty metsänkäsittelytapana kallioilla ja harvoissa suometsissä sekä yleensä kitumailla, missä puut nuoren metsän vaiheen jälkeen kasvavat yksittäin muodostamatta sulkeutunutta metsää. Kasvullisille metsämaille sitä ei ole virallisesti suositeltu. Metsänviljelyn kalleuden ja sen tulosten epävarmuuden

vuoksi houkutus näiden metsien harsintaan on vaarametsissä suuri, mutta ennen kuin tämä tapa otetaan yleiseen käyttöön, on sitä perusteellisesti harkittava ja otettava huomioon paikallisia olosuhteita.

Seuraavassa esitetään lähinnä suojametsäalueen kangasmaiden männiköitä koskevia käsittelysuosituksia. On korostettava, että suojametsäalueeseen kohdistuu muitakin vahvoja intressejä metsätalouden lisäksi. Näin ollen ei ole syytä esittää kovin yksityiskohtaisia käsittelyohjeita ja toimenpiderajoja. Tulokset ja päätelmät voivat olla suositusluonteisena tukeana silloin, kun harkitaan toimenpiteitä suojametsäalueella. Toimenpiteillä tarkoitetaan tässä yhteydessä ensisijaisesti hakkuita ja niihin liittyvää metsien uudistamista. Muihin toimenpiteisiin eivät tämän tutkimuksen tulokset anna vastauksia.

Suojametsämänniköiden rakenne ja kasvu poikkeavat selvästi keskimääräisestä eteläsuomalaisesta männiköstä, jossa harvennusohjeet voidaan perustaa lähinnä vallitsevan puujakson määrään ja kasvuun. Tämä ei päde suojametsäalueen männiköissä, joiden kasvu on erittäin hidasta (keskimäärin 1.5 - 2.0 m³/ha/v) ja joissa puuston tilajärjestys on useimmiten ryhmittäinen. Laajoilla metsikkökuvioilla pohjapinta-ala voi olla keskimäärin alhainen, mutta kuvioiden sisällä voi puustoryhmissä olla käsittelytarvetta. Pelkkä kuvioiden keskimääräinen puustopääoma ei kerro riittävästi mahdollisesta harvennustarpeesta suojametsäalueella. Suojametsäalueen männiköiden käsittelyä on tarkasteltava niiden puustoisuuden, ryhmittäisyyden, kasvutason ja ilmastollisen tilanteen valossa. Tärkeätä on tietää, missä ilmastollisessa vaiheessa kulloinkin ollaan eli ollaanko menossa kohti lämpimämpää vai kylmempää kautta. Kasvun vaihtelua ilmentävät kasvuindeksisarjat olisikin pidettävä jatkuvasti ajan tasalla.

Viljelytaimikot olivat suojametsissä Pohtilan ja Timosen (1981) mukaan keskimäärin huonommassa kunnossa kuin luontaisesti syntyneet taimikot. Viljelynkin onnistuminen edellyttää lämpimiä kasvukausia, jolloin myös luontaisella uudistamisella on samanaikaisesti keskimääräistä paremmat edellytykset.

Epävarmuus ilmaston tulevasta kehityksestä, metsäkasviyhdykskuntien luonteesta ja metsien monikäyttötarpeista aiheuttavat sen, ettei metsänviljelyyn perustuvaan metsien käsittelyyn liene pääsääntöisesti edellytyksiä. Siksi suojametsien puustoja kannattaa käsitellä luontaisen uudistamisen ehdoin, ja metsänviljelyllä on vain täydentävä ja kokeileva luonne (Pohtila ja Timonen 1981). Lisäksi mahdollisten hakkuiden pitäisi edistää luontaista uudistumista kaikissa metsikön kehitysvaiheissa.

Tässä tutkimuksessa männiköiden puustopääoma (pohjapinta-ala ja tilavuus) oli verraten korkealla tasolla Pohjois-Suomen talousmetsien harvennusmallien tasoon nähden. Puustoisuus oli jonkin verran riippuvainen kasvupaikan hyvydestä ja korkeudesta sekä lämpösummasta. Lämpösomma ja korkeus merenpinnasta vaikuttivat metsikön tilavuuskasvuun. Yksittäisten puiden tilavuuskasvumalleissa lämpösumman ja/tai kasvupaikan korkeuden vaikutukset tulivat esiin vielä selvemmin.

Potentiaalisia harvennushakkuukohteita suojametsäalueella ovat männiköt, jotka sijaitsevat alle 250 metrin korkeudella merenpinnasta ja lisäksi sijoittuvat lämpösummavyöhykkeeseen 650 - 750 d.d. Roiko-Jokelan (1980) mukaan korkeiden alueiden metsätalouden suunnittelun kannalta olisi hyödyllistä, jos maaston korkeutta, paikan maantieteellistä sijaintia sekä rinteiden suuntaa ja kaltevuutta voitaisiin hyödyntää nykyistä paremmin.

Metsiköiden sisäisen ryhmittäisyyden ja aukkoisuuden lisäksi puiden läpimittajakauma oli selvästi vino oikealle sekä nuorissa että vanhoissa männiköissä. Kaikkilla kasvupaikkatyypeillä metsiköissä kasvoi runsaasti pieniä rinnankorkeudeltaan alle 10 cm:n paksuisia puita. Ne ovat seuraavan puusukupolven mahdollisia puita, joista kehityskelpoisimmat voidaan kasvattaa sopivin hoito- ja hakkuutoimenpitein osaksi tulevaa metsää. Koska rakenteeltaan tasaisten ja epätasaisten männiköiden välillä ei ollut kasvueroja suojametsäalueella ei ole mitään selvää syytä pyrkiä tasaisiin puustoihin hakkuutoimenpitein. Lisäksi suojametsien männiköiden kasvu on alhainen, mikä merkitsee pitkiä harvennusvälejä. Pitkien kiertoaikojen soveltaminen suojametsäalueella on myös perusteltua, sillä uusia yksittäisiä taimia syntyy ajoittain ja puut myös elävät vanhoiksi.

Päätelmiä suojametsäalueen männiköiden käsittelystä:

- Hakkuiden tulisi olla varovaisia metsänhoidollisia harvennushakkuita, luonteeltaan sekä poimintaa vallitsevasta jaksosta että alaharvennusta.
- Harvennukset tulee kohdistaa metsikössä oleviin puuryhmiin. Tällöin tulisi poistaa suuria, terveydeltään heikkoja ylispuita, susipuita jne. ja tarvittaessa vähentää pienten puiden kilpailua poistamalla myös huonoja ja kehityskelvottomia pieniä puita.
- Männiköiden epätasaisuus tulisi säilyttää. Mosaiikkimaisuus on monikäytön ja muiden toimintojen kannalta suotavaa.
- Harvennushakkuissa on tärkeää säilyttää riittävä puustotaso hakkuun jälkeen metsikön eri puuryhmissä. Siksi tulisi soveltaa Pohjois-Suomen talousmetsien harvennusmallien tasoa.
- Siemenpuuasentojen tulisi olla pienalaisia tavoitteena muodostaa uusia puuryhmiä alueelle. Suojametsäalueella on hyvin tärkeää, että metsiköissä valmiina olevia pienten puiden ryhmiä suositetaan luontaisen uudistamisen ohella.
- Hakkuissa pitäisi aina ottaa riittävästi huomioon metsärajan säilyminen ja alueen muut intressit paikallisen metsätalouden ja puunjalostuksen kestäviä toimintaedellytyksiä unohtamatta.

Suomen suojametsäalueen erikoisuus monien muiden maiden ns. alpiinisiin metsäraja-alueisiin verrattuna on se, että alueella asuu ihmisiä. Alue on kuitenkin alpiininen, koska metsäraja riippuu maaston korkeuden ja löydetään männiköitä pohjoisempana Norjan vuonojen ja jokien rannoilla (Nummisen 1995). Suojametsäalueella on kuitenkin luonnollista, että myös asukkaiden tarpeet

heijastuvat voimakkammin ja toisella tavalla metsien käsittelyyn kuin vuoristoseuduilla muualla, jossa edellä mainitut hakkuuperiaatteet ovat olleet yleisiä jo pitkän aikaa. Niiden soveltaminen Suomen suojametsäalueella edellyttää kuitenkin myös eri intressipiirien tarpeiden huomioon ottamista metsänkäsittelyssä. Tasasen ja Veijolan (1994) mukaan metsänrajametsien monihyödyketuotannossa palvelujen ja suojeluarvojen osuus on noussut verrattuna puuntuotantoon. Vaikka puuntuotantoon liittyvien taloudellisten seikkojen asema metsänrajametsien tulevassa käsittelyssä ei olekaan dominoiva, ei voida väittää niiden jäävän merkitystä vaille.

Jos tarkastellaan aiempia käytännön käsittelyohjeita tämän tutkimuksen päätelmien valossa, löydetään pääpiirtein samanlaisia johtopäätöksiä suojametsäalueen männiköiden käsittelystä. Kaikki suojametsäalueen talousmetsien ja lakimetsien hakkuita koskevissa käytännön ohjeissa noudatetaan Oinosen ym. (1961) laatimaa "Lapin suojametsien käsittelyohjetta". Metsähallituksen ohjekirjeen ja suosituksen mukaan (Ohjekirje..1985, Metsien hoito 1991) erotetaan maaston korkeuden merenpinnasta ja sijainnin perusteella suojametsäalueen metsät kahteen ryhmään: talousmetsät ja lakimetsät. Taloustoiminnan piiriin luetaan Saariselän eteläpuolella 280 (pohjois- ja itärinteitä) - 330 (etelä- ja länsirinteitä) korkeuteen saakka sijaitsevat metsät. Lakimetsät ovat mainittujen taloudellisen toimenpiderajojen yläpuolella sijaitsevia maita, joilla on suojametsien ja luonnonsuojelualueiden luonne.

Suojametsäalueen talousmetsien hakkuissa sovelletaan samoja periaatteita kuin normaaleissakin Lapin talousmetsissä seuraavin poikkeuksin (Metsien hoito 1991):

- männiköiden uudistamisessa käytetään vain siemenpuu- ja kaistale-siemenpuuhakkuuta. Tiheässä metsiköissä ns. kaksivaiheista siemenpuuhakkuuta.
- mikäli metsänviljely tarvitaan, se tehdään siemen- tai muun verhopuuston alle.

Lisäksi toiminnassa korostetaan seuraavia periaatteita:

- toiminta on yleensä varovaisempaa kuin talousmetsäalueella
- kaikki taimiaines käytetään hyväksi
- rakenteeltaan tasaikäisten kasvatusmetsien käsittelyssä noudatetaan samoja periaatteita kuin talousmetsäissäkin. Eri-ikäisten kasvatusmetsien käsittelyssä suositetaan parasta kehittämiskelpoista puustoa ja huomattavakin ryhmittäinen eri-ikäisyys voidaan sallia.

Suojametsäalueen lakimetsissä ei yleensä suoriteta mitään toimenpiteitä. Metsien elinvoimaisina pitämiseksi ovat seuraavat toimenpiteet sallittuja (Ohjekirje..1985):

- tiheän taimikon päällä kasvavissa ylispuuryhmissä voidaan tehdä lieviä harvennuksia
- nuoren männikön, kehitysluokat 1 - 2, seassa kasvavia ylispuita voidaan poistaa ja tarvittaessa voidaan männikköä harventaa siten että valtapuita jätetään 1500 - 2000 kpl/ha
- kehitysluokkien tarpeen vaatiessa suoritetaan vain lieviä kasvatushakkuita
- kitumailla ei suoriteta minkäänlaisia hakkuita.

5. TARKASTELU JA YHTEENVETO

Tutkimuksessa esitettyjä malleja sovellettaessa on otettava huomioon aineistoon sisältyvät rajoitukset (ks. taulukot 1 -3 ja Timonen ym. 1993).

Useat laaditut useat mallit ovat vain tasoituskäyrien yhtälöitä (lukuissa 3.1 ja 3.2) , jotka edustavat keskimääräistä kehitystä aineistossa. Niitä voidaan soveltaa ensisijaisesti erilaisissa arviointitehtävissä, joissa tarvitaan tietoja puustojen nykymäärästä ja -tilasta eri metsikön kehitysvaiheissa suojametsäalueen mäntymetsissä. Aineistossa oli huomattavaa vaihtelua, ja tasoitusyhtälöt havainnollistavat tiettyjen muuttujien vaikutuksia, mutta eivät selitä vaihtelun syvällisempiä syitä.

Kasvuyhtälöt (luvussa 3.3) selittävät vaihtelua paremmin, mutta eivät nekään pysty ennustamaan luotettavasti eri muuttujien vaikutuksia, koska niiden välillä on keskinäisiä korrelaatioita. Ennusteyhtälöitä (yhtälöt 14, 15, 17, 18 ja 21) ei ole tarkoitettu syiden ja seurausten tutkimiseen, vaan ne on laadittu työkaluiksi, joilla arvioidaan suojamänniköiden tulevaa kehitystä, tuotosta jne. puu- ja metsikkötasolla. Tämä pätee myös menneen kauden kasvumallien osalta (yhtälöt 13, 16, 19 ja 20). Ne sopivat esimerkiksi puun ja metsikön nykykasvun arvioimiseen, jossa laskettu kasvu esitetään suhteellisena (kasvuprosentti) nykyhetken puun tai metsikön tilavuudesta, pohjapinta-alasta, pituudesta tai läpimitasta. Gustavsenin (1998) tutkimuksessa on aiemmin laadittu SUOJAINKA-aineistosta ennusteyhtälö myös suojametsäalueen männiköiden tulevan 5 vuoden suhteellisen tilavuuskasvun arvioimista varten.

Männiköiden puustotunnusten kehitystä voidaan ennakoida myös lukujen 3.1 ja 3.2 kuvien ja taulukoiden avulla kahden mittauskerran erotuksena. Esimerkiksi metsikön keskiläpimitan kasvua voidaan arvioida kuvasta 10 ja yksittäisen puun paksuuskasvua kuvasta 11.

Tutkimuksen mukaan tuoreen kankaan pituusboniteetti-indeksi oli pienempi kuin kuivahkon ja kuivan kankaan. SUOJAINKA-aineistossa oli kuitenkin vain viisi metsikköä tuoreella kankaalla. Tulos on toisaalta sopusoinnussa sekä Sepposen yms. (1979) että Gustavsenin (1980) aiempien

Pohjois-Suomea koskevien tutkimusten kanssa, joissa tuore kangas (HMT) sijoittuu selvästi alempaan indeksiluokkaan kuin kuivahko ja kuiva kangas. Suojametsien alueellisia ominaisuuksia on aikaisemmin kuvattu kartakkein valtionmaiden metsäkuvioirekisteristä poimitun otoksen avulla (Timonen 1983). Kuvioinventointiin perustuva kartaketarkastelu osoitti myös, että tuoreita ja karukkokankaita esiintyy suojametsäalueella vain vähän. Tuoreet kankaat sijaitsevat ensisijaisesti alueen etelälaidalla, karukkokankaat Inarin itäpuolella ja Partakon-Sevettijärven seuduilla. Kuivahkoja ja kuivia kankaita sekä turvemaita esiintyy tasaisesti koko suojametsäalueella. SUOJAINKA-aineiston tuoreen kankaan metsiköt sijaitsevat keskimäärin korkealla. Siksi niiden lämpösumma jää keskimäärin alhaisemmaksi kuin kuivahkojen ja kuivien kankaiden männiköiden. Tämä tulos voi johtua enemmänkin sattumasta koealojen sijainnissa, eikä ole alueella tyypillinen piirre, mutta voi selittää miksi tuoreen kankaan pituusboniteettiluokka oli pienempi kuin kuivahkon ja kuivan kankaan.

Suojametsäalueen männiköiden keskimääräinen valtapituus oli kuvioinventoinnin mukaan likimain sama kuin SUOJAINKA-aineistossa (Taulukko 6). Vaihteluväli oli 8 - 15 metriä. Alueen pohjoisosassa metsiköiden valtapituus jää yleisesti alle yhdeksän metrin, mutta koko alueelta löytyy myös yli 13-metrin valtapituuksia. Valtapituuden vaihtelu länsi-itäsuunnassa oli Timosen (1983) mukaan melko vähäistä. Korkeimmat metsää kasvavat alueet ovat Karigasniemen ja Utsjoen välisessä maastossa sekä Saariselän alueella. Vanhimmat metsät sijaitsevat Inarijärven itä- ja koillispuolella. Nuoria metsiköitä löytyy erityisesti suojametsäalueen etelälaidalta sekä Karigasniemen ja Utsjoen väliseltä alueella.

Tutkimuksen osatavoitteena oli mm. Ilvessalon (1970) tutkimuksen täydentäminen. Tutkimusaineistot kuitenkin poikkeavat toisistaan. Ilvessalon aineisto painottuu vanhoihin metsiköihin, joissa erityisesti metsiköiden runkoluvut ovat suuremmat kuin SUOJAINKA-aineistossa (Taulukko 8). Lisäksi Ilvessalon aineiston männiköiden pohjapinta-alat ja tilavuudet olivat huomattavasti korkeammat.

Ilvessalo päätteli metsiköiden läpimittajakaumista, että hyvät siemenvuodet kertaautuvat Pohjois-Lapissa harvakseltaan ja että ilmasto voi olla tasaiselle uudistumiselle epäsuotuisampi kuin etelämpänä. Metsikön kehittyessä lukuisat pienet puuyksilöt kuolevat pois tasaisista metsiköistä aikaisemmin kuin epätasaisissa.

Valtanen (1994) on selittänyt suojametsäalueen männiköiden puustorakennetta niin, että männiköt luonnonoloissa kehittyivät yleensä kolmijaksoisiksi tukkimännikössä kulkeneen maakulon jälkeen. Kulo säästi vain varttuneimmat puut, joiden alle syntynyt taimikko varttui ajan mittaan tukkimetsäksi emopuuston muuttuessa aihkeiksi. Alle tuli kolmanneksi jaksoksi taimikko, ehkä taas lievän kulon jälkeen. Tällaisen metsän luonnollinen "hakkuutapa" on vanhimman kerroksen poistaminen, joka voisi tapahtua 100 - 150 vuoden välein.

Suojametsäalueen männiköiden puustojen melko korkeat määrät on aiemmin todettu Kuuselan (1975) tutkimuksessa. Erityisesti metsien yli-

ikäisyyden takia luonnonpoistuma on Kuuselan mukaan erittäin suuri. Ellei alueella hakkuita olisi ollenkaan, niin lahoava luonnonpoistuma olisi hänen mukaan esteenä metsien kasvun lisääntymiseen. Myös Varmola (1991) korostaa, että korkeat alueet ovat runsaspuustoisia, usein yli-ikäisiä ja niillä on siten paljon hakkuumahdollisuuksia eikä "tarkka" hyväksikäyttökään näyttäisi pienentävän puustopääomaa radikaalisti. Tämän tutkimuksen mukaan (Kuva 15 ja Taulukko 14) männiköiden runsaspuustoisuus (pohjapinta-ala) kuitenkin vähenee kun lämpösumma vähenee ja maaston korkeus nousee.

Varmolan (1991) mukaan on kyse lähinnä siitä, että uuden kasvun turvaamisessa metsän uudistamisen jälkeen onnistutaan. Näinkin ääreissä olosuhteissa toimitaan aina epävarmuuden vallitessa, mikä on aiemmin todettu Valtasen (1981, 1987, 1992), Norokorven (1981, 1987) ja Valkosen (1992a, 1992b) tutkimuksissa. Niiden mukaan männyn uudistaminen on erityisesti ongelmallinen, ja sitä ei tule asettaa muiden puulajien edelle paitsi karuilla mailla. Siellä mänty uudistetaan luontaisesti, jos metsikkö on mäntyvaltainen eli varmoja edellytyksiä hyvän taimikon aikaansaamiseen on (Valtanen 1981, 1987). Numminen (1995) korostaa myös maaperän vaikutusta männyn uudistumisen onnistumiselle metsänrajan korkeilla alueilla. Erityisesti kun maaperä on tiivis, hienorakenteinen ja ei-muokattu on vaikea saada uutta mäntymetsää kasvamaan.

Sirén (1998) on korostanut, että ilmasto on ollut suhteellisen hyvä 1900-luvulla Pohjois-Suomen männyn siementymisen ja uudistumisen kannalta ja mänty on palannut alueille, joilta se on ollut välillä poissa. Hän kuitenkin varoittaa, että tämä positiivinen kehitys voi hidastua, koska 1980-luvun alussa oli epäonnistuneita siemenvuosia.

Metsänrajan puustojen kukinta ja siementuotanto on huomattavasti vähäisempää ja epätasaisempaa kuin eteläisemmissä metsissä. Varsinkin huonoina käpyvuosina metsän siemensadosta vastaavat hyvin harvat puut. Selvittämättä vielä jää, kuinka suuri osa taimista syntyy näinä metsärajaolosuhteissa yleisinä huonoina vuosina ja kuinka merkitseviä ovat harvinaiset hyvät siemensatovuodet, jolloin syntyvät siemenet ovat geneettisesti muuntelevampia (Kärkkäinen 1992).

Mikolan (1959) mukaan metsänrajaseudulla männyn siemen tuleentuu aniharvoin, ja hyvänäkin siemenvuonna on käpyjen keräys asumattomien seutujen harvoissa metsissä vaikeasti järjestettävissä. Senpä vuoksi ei tähän mennessä ole paikallisen rodun siementä ollut lainkaan käytettävissä, vaan siemen - sekin laadullisesti usein huonoa - on tuotu 250 - 350 km:n päästä etelästä. Numminen (1995) vahvistaa, että Lapissa on pitkän aikaa etsitty rotupuita tutkimusmetsiköistä. Tehtävä on kuitenkin vaikea, koska ympäristötekijät ja puiden latvus, terveys ja sijainti metsikössä pitäisi olla tarkasti määritelty.

Ruha ja Varmola (1997) ovat tutkineet Lapin mäntytaimikoiden ($H_{dom} = 4.1 - 8.6m$) harvennusta ja sen vaikutuksen kasvuun. Puita poistettiin kaikista pituusluokista niin, että pohjapinta-ala pysyi samana. Vuotuinen keskiläpimitan ja tilavuuden kasvu toisella 10-vuotisjaksolla harvennuksen jälkeen oli suurin voimakkaaimmin harvennetuissa taimikoissa, varsinkin 100:ssa paksuimmassa puussa hehtaarilla. Sen sijaan 100-200 läpimittajakauman pienintä puuta eivät

juuri olleet reagoineet harvennuksessa vapautuneeseen lisätilaan. Tämä asia on otettava huomioon, kun arvioidaan suojametsäalueen männiköiden harvennustapaa pienten puiden kasvatuksen kannalta. Ruhan ja Varmolan (1997) tutkimuksessa kaikkien koemetsiköiden valtapituuden kehitys oli likimain Gustavsenin (1980) mallin mukainen riippumatta siitä, oliko koeala harvennettu vai ei.

KIRJALLISUUS:

- Asetus suojametsistä 1927. Suomen asetuskoelma, asetus 332/27. 3 s.
- Broecker, W.S. 1995. Chaotic climate. *Scientific American*; November 1995.
- Donner, J. 1974. Klimatförändringarna efter senaste istid. *Societas Scientiarum Fennica. Årsbok 51 B7*: 1-10.
- Eronen, M. 1981. Ilmaston vaihtelut ja pohjoisimmat mäntymetsät. *Lapin tutkimusseura. Vuosikirja XXII*: 4-14.
- Eronen, M. 1991. Jääkausien jäljillä. *Tähtitieteellinen yhdistys Ursa. Helsinki. Julkaisu 43*.
- Etholén, K. 1972. Männyn viljelyn tulos Pohjois-Suomessa ja siemenen alkuperä. *Folia Forestalia 160*. 27 s.
- Gustavsen, H.G. 1980. Talousmetsien kasvupaikkaluokittelu valtapituuden avulla. *Folia Forestalia 454*. 31 s.
- Gustavsen, H.G. 1998. Volymtillväxten och övre höjdens utveckling i talldominerade bestånd i Finland - en utvärdering av några modellers validitet i nuvarande skogar. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 707*. 190 s. + 3 bilagor.
- Gustavsen, H.G. & Fagerström, H. 1983. Brösthöjdsformtalets variation i tall-, gran- och björkbestånd. Tiivistelmä: Männyn, kuusen ja koivun muotolukujen vaihtelu. *Folia Forestalia 576*. 32 s.
- Gustavsen, H.G. & Päivänen, J. 1986. Luonnontilaisten soiden puustot kasvullisella metsämaalla 1950-luvun alussa. *Folia Forestalia 673*. 27 s.
- Gustavsen, H.G., Roiko-Jokela, P. & Varmola, M. 1988. Kivennäismaiden talousmetsien pysyvät (INKA ja TINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausmenetelmät ja aineistojen rakenteet. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 292*. 212 s.
- Heikinheimo, O. 1920. Suomen lumituhoalueet ja niiden metsät. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 3(3)*: 151 s. + 16 kuvaliitettä.
- Heikinheimo, O. 1921. Suomen metsärajametsät ja niiden vastainen käyttö. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 4(3)*: 71 s. + liitteet 7 s.
- Heikurainen, L. 1973. Soiden metsänkasvatuskelpoisuuden laskentamenetelmä. *Acta Forestalia Fennica 131*. 35 s.
- Hustich, I. 1940. Tallstudier sommaren 1939 i Enare och Utsjoki. *Acta Soc. F. Fl. Fenn. 62(6)*: 1-76.

- Hustich, I. 1945. The radial growth of the pine at the forest limit and its dependence on the climate. *Commentationes Biologicae, Societas Scientiarum Fennica* IX(8). 75 s.
- Hustich, I. 1948. The Scots pine in northernmost Finland and its dependence on the climate in the last decades. *Acta Botanica Fennica* 42. 75 p.
- Hustich, I. 1958. On the recent expansion of the Scots pine in Northern Europe. *Fennia* 82(3): 1-25.
- Ilvessalo, Y. 1937. Perä-Pohjolan luonnonnormaalien metsiköiden kasvu ja kehitys. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 24(2). 168 s.
- Ilvessalo, Y. 1957. Suomen metsät päävesistöalueittain. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 47(4). 87 s.
- Ilvessalo, Y. 1970. Metsiköiden luontainen kehitys- ja puuntuottokyky Pohjois-Lapin kivennäismailla. *Acta Forestalia Fennica* 108. 43 s.
- Imbrie, J. & Imbrie, K. P. 1979. *Ice Ages. Solving the mystery.* MacMillan Press. 201 s.
- Kuusela, K. 1975. Suoja- ja lakimetsien puusto ja kasvu. Esitelmä Suomen tieteellisen Seuran kokouksessa 29.1. 1975. *Metsä ja Puu* 2: 8-9.
- Kärkkäinen, K. 1992. Männyn kukinta ja siementuotanto metsänrajalla. Julkaisussa: Smolander, H. & Pulkkinen, M. (toim.) 1992. *Siemenpäivät Siilinjärvellä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 6: 97-104.
- Köhl, M. & Skovsgaard, J.P. (toim.) 1995. *Growth Trends of European Forests.* Springer-Verlag. *European Forest Research Institute Report* 5: 7-18.
- Laki suojametsistä 1922. Suomen asetuskokoelma. Laki 196/1922. 3 s.
- Lapin piirimetsälautakunta 1981. *Metsien käsittelyohjeet.* Moniste 12 s. + 4 liites.
- Leikola, M. 1995. Restrictions on forest management close to timber line in Finland. In: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (editors) 1995. *Northern Silviculture and Management. The Finnish Forest Research Institute, Research Papers* 567: 243-248.
- Lindholm, M. 1994. Sää säättää - mänty muistaa. Kesäaikaisten lämpötilojen rekonstruointi vuosilustokalenterin avulla Enontekiön alueella. Teoksessa: *Uudet menetelmät ja niiden sovellukset kvartääritutkimuksessa. Symposio Mekrijärvellä 20.-21.4.1993. Acta Universitatis Ouluensis, Series Scientiae Rerum Naturalium* 251: 58-67.
- Metsien hoito 1991. Suojametsäalueen talousmetsien käsittely. Suositus. *Metsähallitus - Lappi - Perä-Pohjolan piirikuntakonttori.* 11/90: 31-32.
- Metsänhoitosuositukset 1989. Metsänhoito 1990-luvulla. Pohjois-Suomi omalla linjalla. *Metsälehti* 19. s. 14.
- Mielikäinen, K., Nöjd, P., Pesonen, E. & Timonen, M. 1998. Puun muisti. *Metsäntutkimuslaitoksen Tiedonantoja* 703. 71 s.
- Mikola, P. 1952. Havumetsien viimeaikaisesta kehityksestä metsänrajaseuduilla. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 40(2). 32 s.
- Mikola, P. 1959. Metsänviljelyn mahdollisuuksista pohjoisella metsänrajalla. *Metsätaloudellinen Aikakauslehti* 11/1959: 374-379, 389.
- Norokorpi, Y. 1981. Pienten avo- ja siemenpuuhakkuualojen uudistuminen suojametsäalueella. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 6: 97-104.

- Norokorpi, Y. 1987. Metsänviljelyn onnistuminen korkeilla alueilla. Julkaisussa: Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.) 1987. Korkeiden maiden metsien uudistaminen ajankohtaista tutkimuksesta. Metsätutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 278: 17-31.
- Numminen, E. 1995. Seed Production of Scots Pine close the Timberline in Finland. In: Ritari, A., Saarenmaa, H., Saarela, M. & Poikajärvi, H. (toim.) 1995. Northern Silviculture and Management. The Finnish Forest Research Institute. Research Papers 567: 195-200.
- Ohjekirje metsien käsittelystä Perä-Pohjolan piirikunnassa 1985. Metsähallitus, Helsinki 3.5.1985. N:o Mh. 110. 47 s.
- Oinonen, E., Sarvas, R. & Siren, G. 1961. Lapin suojametsien käsittelyohjeet. Moniste. 24 s.
- Pohjois-Suomen metsien käsittelyohjeet 1981. Metsien käsittely suojametsä-alueilla. Keskusmetsälautakunta Tapio. 3/1981: s. 15.
- Pohtila, E. 1978. Ilmaston vaihtelu ja normaalimetsä. Luonnon Tutkija 82: 44-48.
- Pohtila, E. 1980. Climatic fluctuations and forestry in Lapland. Holarctic Ecology 3: 91-98.
- Pohtila, E. 1981. Suurilmaston vaihtelun syy-yhteyksistä. Lapin tutkimusseuran vuosikirja 75.
- Pohtila, E. & Timonen, M. 1980. Suojametsäalueen viljelytaimikot ja niiden varhaiskehitys. Folia Forestalia 453. 18 s.
- Päivinen, R. 1987. Metsän inventoinnin suunnittelumalli. Joensuun Yliopiston julkaisu 11. 179 s.
- Renvall, A. 1912. Die periodischen Erscheinungen der Reproduktion der Kiefer an der polaren Waldgrenze. Acta Forestalia Fennica 1(2). 154 s.
- Renvall, A. 1919. Mäntymetsän elinehdot sen pohjoisrajalla sekä tämän rajan alenemisen syyt. Suojametsäkysymyksestä I. Acta Forestalia Fennica 11. 143 s.
- Roiko-Jokela, P. 1980. Maaston korkeus puuntuotantoon vaikuttavana tekijänä. Folia Forestalia 452. 21 s.
- Roiko-Jokela, P. 1982a. Metsänkäsittelyn toimenpiderajan määrittäminen. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 58: 29-34.
- Roiko-Jokela, P. 1982b. Pohjois-Suomen metsät, osa metsätalouttamme. Teollisuuden metsäviesti 1: 4-7.
- Ruha, T. & Varmola, M. 1997. Precommercial Thinning in Naturally Regenerated Scots Pine Stands in Northern Finland. Silva Fennica 31(4): 401-415.
- Saarenmaa, H. & Poikajärvi, H. (toim.) 1987. Korkeiden maiden metsien uudistaminen ajankohtaista tutkimuksesta. Metsätutkimuspäivät Rovaniemellä 1987. Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 278. 179 s.
- Sepponen, P., Lähde, E. & Roiko-Jokela, P. 1979. Metsäkasvillisuuden ja maan fysikaalisten ominaisuuksien välisestä suhteesta Lapissa. Folia Forestalia 402. 31 s.

- Sirén, G. 1961. Skogsgränstallen som indikator för klimatfluktuationerna i norra fennoskandien under historisk tid. *Communicationes Instituti Forestestalis Fenniae* 54(2). 66 s.
- Sirén, G. 1998. Results and conclusions of pine advance in subarctic Finland in the 20th century. Julkaisussa: Tasanen, T. (ed.) 1998. Research and management of the northern timberline region. Proceedings of the Gustaf Sirén symposium in Wilderness Center Inari, September 4.-5.1997. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 677: 7-16.
- Suojametsäkomission mietintö 1910. Komitean mietintö 7/1910. 243 s. Suomen kartasto 1977. Metsätalous. Maanmittaushallitus ja Suomen maantieteellinen seura. Helsinki. Vihko 234.
- Tapion taskukirja 1994. Metsän kasvattaminen. Metsäkeskus Tapion julkaisuja 22. painos, s. 187-201.
- Tasanen, T. & Veijola, P. 1994. Metsänraja tutkimuksen kohteena - kirjallisuuskatsaus. Julkaisussa: Tasanen, T., Varmola, M. & Niemi, M. (toim.) 1994. Metsänrajan tutkimuksen kohteena. Tutkimuspäivä Ylläksellä 1994. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 539: 80-145.
- Timonen, M. 1982. Pohjois-Lapin metsien erityispiirteet. Teoksessa: Pohjois-Lapin metsät. *Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1982*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 58: 40-51.
- Timonen, M. 1983. Käytännön metsätalouden metsät ja niiden kuvaus tietokonekartakkein. Teoksessa: *Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1983*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 105: 28-46.
- Timonen, M. 1996a. ADVANCE-10K (Analysis of Dendrochronological Variability and Associated Natural Climates in Eurasia - the last 10 000 years) - hankkeen tutkimussuunnitelma. Dendrokronologian laboratorion tiedonanto 3/96. *Metsäntutkimuslaitos, Rovaniemen tutkimusasema*. Moniste 10 s. + 27 liites.
- Timonen, M. 1996b. Lapin metsien kasvun vaihtelu viimeisen 500 vuoden aikana. Julkaisussa: Hökkä, H., Salminen, H. & Varmola, M. (toim.). Pohjoisten metsien kasvu – ennen, nyt ja tulevaisuudessa. *Metsäntutkimuspäivä Rovaniemellä 1996*. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 589: 32–41.
- Timonen, M. 1996c. Puun vuosilustot ilmastohistorian analyysissä. *Folia Forestalia - Metsätieteen aikakauskirja* 1996(3): 275-282.
- Timonen, M. 1998. Dendrochronological analysis at pine timberline. Teoksessa: Tasanen, T. (ed.) 1998. Research and management of the northern timberline region. Proceedings of the Gustaf Sirén symposium in Wilderness Center Inari, September 4.-5.1997. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 677: 37-42.
- Timonen, M., Gustavsen, H.G., Ruotsalainen, K. & Timonen, T. 1993. Lapin suojametsäalueen pysyvät (SUOJAINKA) kokeet. Suunnitelmat, mittausohjeet ja aineiston kuvaus. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 481. 60 s.

- Valkonen, S. 1992a. Korkeiden alueiden metsänuudistamisongelmat aikaisempien tutkimusten valossa. Julkaisussa: Nikula, A., Varmola, M. & Lahti, M-L. (toim.) 1992. Metsäntutkimuspäivät Rovaniemellä 1992 Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 437: 125-132.
- Valkonen, S. 1992b. Metsien uudistaminen korkeilla alueilla Pohjois-Suomessa. *Folia Forestalia* 791. 84 s.
- Valtanen, J. 1981. Korkeiden maiden metsien uudistaminen. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoski 1981. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 24: 66-77.
- Valtanen, J. 1987. Miten korkeiden maiden metsät uudistetaan. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1986. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 255: 18-27.
- Valtanen, J. 1992. Vaarametsien uudistaminen. Metsäntutkimuspäivä Taivalkoskella 1991. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 419: 86-95.
- Valtanen, J. 1994. Pohjois-Suomen metsänhoidon erityispiirteet. Metsäkeskus Tapion julkaisuja. Tapion taskukirja. 22. painos. s. 235-245.
- Valtanen, J. 1996. Metsänhoidon muutokset puolen vuosisadan aikana. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 598: 117-127.
- Valtioneuvoston päätös Lapin suojametsäalueesta. 1939. Suomen asetuskokoelma, nro 137/39, 04.05.1939.
- Varmola, M. 1991. Korkeiden maiden puuntuotannollinen merkitys. *Metsä ja Puu* 10: 24-26.
- Vuokila, Y. 1984. Harsinnan teoriaa ja käytäntöä. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 130. 107 s.
- Zetterberg, P., Eronen, M. & Briffa, K. 1995a. A 7500-year tree-ring record from northern Fennoscandia and its applications to palaeoclimatic studies. Julkaisussa: Heikinheimo, P. (toim.). International Conference on Past, Present and Future Climate, Helsinki, Finland 22-25 August 1995, extended abstracts. Suomen Akatemian julkaisuja 6/95: 151-154.
- Zetterberg, P., Eronen, M. & Lindholm, M. 1995b. Construction of a 7500-year tree-ring record for Scots pine in northern Fennoscandia and its application to growth variation and palaeoclimatic studies. Julkaisussa: Spiecker, H., Mielikäinen, K.,

LIITE - KÄYTETYT LYHENTEET

$d_{1.3}$	puun rinnankorkeusläpimitta, cm
$D_{1.3}$	metsikön keskiläpimitta, cm
D_{dom}	metsikön valtaläpimitta, hehtaarilla sadan paksuimman puun keskiläpimitta, cm
$f_{1.3}$	puun muotoluku
G	metsikön pohjapinta-ala, m^2/ha
h	puun pituus, m
H_{dom}	metsikön valtapituus, hehtaarilla sadan paksuimman puun keskipituus, m
H_{100}	pituusboniteetti, valtapituus sadan vuoden iällä
i_{d5-}	puun menneen viiden vuoden jakson läpimitan kasvu, mm/5v
i_{d10+}	puun tulevan 10 vuoden jakson läpimitan kasvu, mm/10v
i_{h5-}	puun menneen viiden vuoden pituuskasvu, dm/5v
i_{h10+}	puun tulevan 10 vuoden pituuskasvu, dm/5v
i_{v5-}	puun menneen viiden vuoden tilavuuskasvu, $dm^3/5v$
i_{v10+}	puun tulevan 10 vuoden tilavuuskasvu, $dm^3/10v$
i_{r5-}	puun menneen viiden vuoden jakson sädekasvu, mm/5v
I_{v5+}	metsikön tulevan viiden vuoden jakson tilavuuskasvu, $m^3/ha/5v$
$kmpy$	kasvupaikan korkeus merenpinnasta, m
n	havaintojen lukumäärä
N	metsikön runkoluku, kpl/ha
P_{v10+}	metsikön 10 vuoden jakson tilavuuskasvuprosentti, %/10v nykypuustosta
ts	kasvupaikan lämpösumma, d.d.(+5°C)
t	puun ikä, v
T	metsikön ikä, v
v	puun tilavuus, dm^3
V	metsikön tilavuus, m^3/ha

ISBN 951-40-1699-8,
ISSN 0358-4283