Edela-Eesti luitemetsade järelkasvu arengust ning uuenemistingimustest sambliku ja pohla kasvukohatüübis

Kadri Kõresaar*, Priit Kõresaar ja Malle Mandre

Kõresaar, K., Kõresaar, P., Mandre M. 2008. Development and renewal-conditions of dune pine forests second growth in the lichen and cowberry site type in Southwest Estonia. – Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused 49, 47–58. ISSN 1406-9954.

Abstract. On the southwestern coast of Estonia dune pine forest covers approximately 3000 hectares. This area includes coastal pine forests. The dune pine forest natural renewal in Southwest Estonia is the object of research. The natural regeneration of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) at the cowberry site type and at the lichen site type are observed. The necessary observations were made and primary data were collected in 1999–2006 from 28 sample plots, wherefrom 16 were situated at the lichen and 12 at the cowberry site type. The aim of the present study was to find out how old stand and forest site type influences the growth of second growth (height, height increment, age and number of trees per unit area) and its morphological parameters (length of needles and shoots and their dry mass).

Key words: Scots pine, natural regeneration, dune forests, shoots, needles.

Authors' address: Department of Ecophysiology, Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Viljandi mnt. 18B, 11216 Tallinn, Estonia, *e-mail: kadri.koresaar@emu.ee

Sissejuhatus

Pärnu madaliku edelaranniku kõige iseloomulikumaks tunnuseks on luitestunud rannavallide pikad ahelad, mis on moodustunud jääliustike sulamise setetest viimastest jääajast nüüdisajani. Aegade möödudes on rannikuluided kinnistunud ja kattunud metsaga. Praeguseks on rannikuluidetel ligikaudu 3000 ha suurusel territooriumil (Örd, 1972a) looduslikud hästi väljakujunenud puurinde struktuuriga ning iseloomuliku alustaimestiku koosseisuga metsad alates Pärnust kuni Häädemeesteni. Sõltuvalt luitemaastiku iseärasustest, luidete tekkimise ajast, luidetevaheliste nõgude rohkusest ja mulla viljakusest on metsa kasvuks kujunenud erinevad tingimused. Selle tulemusena kohtab luitemaastikul erinevaid metsakasvukohatüüpe ja alustaimestiku suurt varieeruvust. Kõrgematel, hiljem kinnistunud luidetel kasvavad ainulaadsed kidurad, okslikud ja kõveratüvelised samblikumännikud, mis vahelduvad luidete nõlvadel, mõnevõrra viljakamatel muldadel, sirgetüveliste pohlamännikutega. Luidete jalamitel ja luidetevahelistes lohkudes esinevad aga luitemaastiku liigirikkamad metsad. Taimestik varieerub sõltuvalt luidete kõrgusest, mulla viljakusest ning toiteelementide suhetest mullas (Álvarez-Rogel *et al.*, 2007). Seejuures peetakse luidete mulla olulisemateks toiteelementideks N ja C (Pate *et al.*, 1998; Su & Zhao, 2003). Luidetel on kujunenud veedefitsiit kasvusubstraadis, mistõttu mõjutab puude kasvu mulla veerežiim ja vee kättesaadavus taimedele (Kooijman *et al.*, 1998).

Keskkonna veerežiimist sõltub puude veepotentsiaal, fotosünteesi tase ja okaste õhulõhede plastilisus, mis on oluline tingimus puude kasvuks luidetel, vee ja toitainete defitsiidi tingimustes (Niu *et al.*, 2005). Kanadas liivaluidetel tehtud uuringutega tõestati, et vegetatsiooni areng ja dünaamika on otseses sõltuvuses just vee sisaldusest mullas (Ensign *et al.*, 2006).

Kuna luitemetsadel on erakordselt kõrge rekreatsiooniline ja esteetiline väärtus (Örd, 1972a,b; 2000; Martin, 1978), tuleb luidetel metsaökosüsteemi arengu ja dünaamika uuringutele enam tähelepanu pöörata, et säilitada luitemetsade bioloogiline mitmekesisus ja unikaalsus. Üheks olulisemaks on seejuures luitemännikute loodusliku uuenemise probleemid. Käesolevas artiklis esitatakse Edela-Eesti luitemännikute loodusliku uuenemise uurimistulemusi pohla ja sambliku kasvukohatüübi puistutes, millele on mõju avaldanud juba aastakümneid kasutusel olnud erinevad metsakasvatustlikud võtted. Kuna metsa tervisliku seisundi, kasvukoha kvaliteedi ja tootlikkuse näitajateks peetakse puude morfoloogilisi parameetreid, mille varieeruvus inditseerib nii mulla toiteainete sisaldust kui ka puude vitaalsust (Thompson, 1985; Marschner, 1986; Ploompuu, 1986; Mandre & Ots, 2003), kasutatakse morfoloogilisi parameetreid luitemännikute järelkasvu seisundi hindamiseks pohla ja sambliku kasvukohatüübis.

Materjal ja meetodika

Uurimisala

Pärnumaalt Tahkuranna vallast Uulust algab 45 kilomeetri pikkune rannikuluidete ahelik, mis ulatub Läti piirini. Edela-Eesti luited on suhteliselt madalad. Kõrgeimad neist asuvad Rannametsas, Timmkanali paremal kaldal, kus nende kõrgus ulatub 29 meetrit üle ümbritseva maapinna (Töotusemägi) (Rannametsa küla [WWW document]), olles ühtlasi Mandri-Eesti kõrgeimad. Rannametsast kuni Tahkurannani levib Edela-Eesti kõige ulatuslikum ja iseloomulik luitestik, kus 15 kilomeetri ulatuses ja 1,5 kilomeetri laiuselt paiknevad põhja-lõuna suunas üksteise kõrval mitu luiteahelikku, mille kõrgus ulatub sageli 10–15 meetrini. Pärnu suunas luidete kõrgus hakkab vähenema ja jääb alla viie meetri. Ka Timmkanalist lõunasse väheneb luidete kõrgus järsult ja on kuni Häädemeesteni valdavalt alla viie meetri, tõustes kõrgemale üksikutes kohtades. Häädemeeste ümbruses on luidete kõrgus 10–15 meetrit, kuid lõuna pool väheneb see taas ja kuni Iklani tõuseb üksikutes kohtades 5–10 meetrini (Örd, 1972b).

Luitemännikud on tekkinud vanadele luiteseljandikele ning -kühmudele. Luidetel on domineerivaks VII–VIII vanuseklassi männikud. Vastavalt kasutatavale metsatüpoloogilisele klassifikatsioonile kuuluvad Edela-Eesti luitemetsad sambliku (lichen), pohla (cowberry), kanarbiku (heather) ja mustika (bilberry) kasvukohatüüpi. Luidetevahelistes lohkudes võib leida ka sinika (bog whortleberry) kasvukohatüüpi.

Edela-Eesti rannikupiirkonna luitealadele kõige iseloomulikumad männimetsad paiknevad peamiselt Surju metskonna territooriumil, mistõttu luitemännikute iseloomustamisel kasutati Surju metskonnast kogutud andmeid vana puistu takseernäitajate (boniteet, vana metsa täius ja liitus), järelkasvu arengut iseloomustavate tunnuste (kõrguse juurdekasv, arvukus, elujõulisus) ning luitemetsade mullastiku kohta.

Mullastikult kuulub uuritav piirkond Lääne-Eesti valdkonna Pärnu allvaldkonda ja Vahe-Eesti valdkonna Häädemeeste-Saarde allvaldkonda. Domineerivad

gleistunud kamarleet-, kamarglei-, turvastunud leetglei-, lammi- ja soomullad ning rabad (Peets & Umbsar, 1987). Üldiselt on luidetel esinevad erineva leetumisastmega leedemullad toiteainete poolest vaesed. Mullatekkeprotsessi on pidurdanud sagedased metsapõlengud, -raie ja inimese muu tegevus.

Kliimaatiliselt kuulub Edela-Eesti luitemännikute piirkond Riia lahe rannikuala ja Võru-Hargla orundi agrokliimaatilise rajooni Riia lahe rannikuala allrajooni. Valitsev kliima on merelise iseloomuga – soojade talvede ja jahedate suvedega, sagedaste tuulte ja tormidega.

Proovitükkide valik

Uuringud toimusid Edela-Eesti Rannametsa luidetel paiknevates 120–190 aasta vanustes luitemännikutes. Nendes selgitati nii esimese rinde ehitust kui männi järelkasvu tekkimise tingimusi, esinemist ja seisundit.

Proovitükid rajati aastatel 1999–2001, põhjalaiuste vahemikus $58^{\circ}17'18''$ – $58^{\circ}8'20''$ ja idapikkuste vahemikus $24^{\circ}34'12''$ – $24^{\circ}29'34''$.

Proovitükid, mille asukoht on valitud puistute kõige iseloomulikumatesse kohtadesse, on ristkülikukujulised ning 0,3–0,4 hektari suurused, asudes umbes 30 km pikkusel ja 1–2 km laiusel maaribal Uulu kanalist kuni Rannametsa kõrgemate luideteni. Proovitükkide kuju ja suuruse tingisid puistu ja reljeefi iseärasused (luidete piklik kuju). Rajatud proovitükke on 28, millest 16 paiknevad sambliku (3 veerraie alal) ja 12 pohla kasvukohatüübis (Kõresaar, 2003a,b).

Vana puistu takseerimine

Kõikidel ülarindes olevatel harilikel mändidel mõõdeti rinnasdiameetrid 2 cm astmega ning seejärel määrati üheksa puu kõrgused (m), võra läbimõõdud (m) ja elusvõra pikkused (m). Puude kõrgused ja võra alguse kõrgused mõõdeti kõrgusmõõtmisega Suunto, võra läbimõõdud (m) saadi keskmistena, mõõtes maapinnale projekteeritud võra läbimõõdu mõõdulindi abil kõige laiemast ja kõige kitsamast kohast. Proovitükkidel kontrolliti juurdekasvupuuri abil pisteliselt vanade puude vanust (a) ja võrreldi seda metsakorralduse poolt metsade majandamise kavas esitatuga.

Järelkasvu arengu uurimine

Järelkasvu hindamiseks rajati samadele, juba varem mõõdetud proovitükkidele prooviribad mõõtmetega 3×20 m ($0,03$ – $0,036$ ha), mille arv ja paigutus sõltus proovitüki kujust ja suurusest. Prooviribade pindala moodustas 8–14% proovitüki pindalast, mis on küllaldane vajaliku täpsuse saavutamiseks (Örd, 1977).

Arvestades prooviribadel varasematel aastatel tehtud järelkasvu uuringutulemusi (Kõresaar, 2003b), valiti 2004. aastal igalt prooviribalt edaspidisteks detailseteks uuringuteks 10 keskmise kõrgusega mudelpuud. Puudel mõõdeti nende kõrgus (dm), kümne viimase aasta kõrguse juurdekasvud (dm) ja juurekaela läbimõõdud (mm). Mudelpuude vanuse määramiseks loeti ära mudelpuude männnased ning liideti saadud tulemusele kaks aastat, kuna esimene oksamännas moodustub noortel puudel alles kolmandal kasvuaastal. Mõõtmiste käigus jaotati puud elujõulisteks ja kiratsevateks. Viimaste hulka loeti need puud, mida olid kahjustanud ulukid, putukad ning esinesid muud mehaanilised vigastused. Nende kõrguse juurdekasv oli pidurdunud (viimase aasta kõrguse juurdekasv oli väiksem külgvõrsete kasvust), kuni 30% võrast oli raagus või okkad olid kolletunud.

Hariliku männi järelkasvu okaste ja võrsete morfoloogiliste parameetrite määramiseks koguti proovid mudelpuude intensiivsema kasvu piirkonnast (võra kesk-

osas), 2004. aastal viienda ja 2006. aastal seitsmenda aasta kõrguse juurdekasvult. Igal olemasoleval proovioksal mõõdeti esimese aasta võrse külgharvust okaste ja võrsete kuivmass (KM) (g) ning pikkus (cm), loeti võrsete okkapaaride arv (OP) (tk) ja leiti nende paiknevuse tihedus võrsel (tk/cm).

Kuivmassi määramiseks viidi uuritavad proovid stabiilse kuivkaaluni 70 °C juures termostaadis ja tuhandiku grammi täpsusega kaaluti eraldi iga võrse ja kümne okkapaari kuivmass elektronkaaluga (Mettler Toledo, Germany).

Statistiline andmetöötlus

Vana puistu takseeriparameetrid arvutati arvutiprogrammiga GEOINFO. Puistu boniteediklass määrati vanuse ja kõrguse järgi, kasutades metsakorraldusjuhendis esitatud boniteerimistabelit. Saadud mõõtmisandmeid töödeldi ning korrelatiivsed seosed erinevate muutujate vahel leiti arvutiprogramm MS EXCEL 2003 töökeskkonnas.

Tulemused ja arutelu

Hariliku männi looduslik uuendus pohla kasvukohatüübis

Hariliku männi looduslik uuendus paikneb ühtlaselt kõikidel pohla kasvukohatüübis olevatel proovitükkidel, hõredamalt on seda aga vanade puude ümbruses.

Looduslikku uuendust on proovitükkidel keskmiselt 2661 tk/ha (tabel 1). Elujõulise järelkasvu hulk puude koguarvust moodustab 86,7%.

Saadud tulemused näitasid, et 0,4–0,6 täiusega vana metsa alla tekib pohlamännikutes suurel hulgal järelkasvu. Esialgne suhteliselt suur järelkasvu arvukus ei taga veel puistu uuenemist, kuna suur osa järelkasvust jääb juba esimestel eluaastatel kiratsema ning jõudnud 5–6 eluaastani, hakkab elujõuliste taimede hulk kiiresti vähenema (Örd, 1977). Meie uuringutes on mudelpuude keskmine vanus pohlamännikutes 20 aastat. Järelkasvu kõrgused varieeruvad proovitükkidel vahemikus 11–34,2 dm, keskmise kõrgusega 27,9 dm. Loodusliku uuenduse viimase kümne aasta vegetatsiooniperioodi keskmised aastased kõrguse juurdekasvud jäävad vahemikku 0,8–2,1 dm, kasvukohatüübi keskmine 1,6 dm ja keskmine juurekaela läbimõõt on 45,3 mm.

Mudelpuudel mõõdetud okaste ja võrsete morfomeetrilised parameetrid on aastati varieeruvad, mis näitab luidetel kujunenud vee ja toitainete defitsiidi tingimustes puude arengu olulist sõltuvust kliimaatilistest teguritest erinevatel aastatel. Keskmine võrse pikkus pohla kasvukohatüübi järelkasvu mändidel 2004. a. mõõtmisandmeil oli 9,2 cm ning 2006. a. 8,8 cm, kuid okaste pikkus ja kuivmass puu vananedes suurenesid (tabel 2).

Keskmine võrse kuivmass 2004. aasta võrsel pohla kasvukohatüübis oli 0,387 g, 2006. aastal 0,569 g.

Puude assimilatsiooni seisukohalt on oluline okkapaaride arv võrsel ja nende tihedus. Pohla kasvukohatüübis paiknevatel proovitükkidel oli 2004. aastal mudelpuudelt kogutud võrsel keskmiselt okkapaare 73 tk.

Arvestades okkapaaride arvu võrse 1 cm kohta, selgus, et pohla kasvukohatüübi proovitükkidel kasvavatel mändidel oli okastatus keskmiselt 8,0 tk/cm.

Statistiline analüüs näitas, et pohla kasvukohatüübis esines erinevatel aastatel okaste keskmises pikkuses ja kuivmassis olulisi erinevusi (*t*-test, *p* = 0,0002). Erinevatel aastatel puudus võrsete pikkusel statistiline erinevus, küll aga täheldati olulist erinevust võrsete kuivmassis (*t*-test, *p* = 0,03).

Tabel 1. Loodusliku uuenduse kasvu iseloomustavate parameetrite keskmised näitajad pohlamännikutes.
 Table 1. Average parameters, that characterise the growth of natural regeneration in the cowberry site type pine forests.

Proovitiikk Sample plot		Proovi- ribade pindala Area of transects (ha)	Vana mets Old stand			Mudelpuud Model trees					
Nr No	Asukoht Location		Boni- teet Qual- ity class	Täius Den- sity	Liitus Shelter	Va- nus, Age, y	Kõrgus Height (dm)	Juure- kaela läbi- mõõt Collar diameter (mm)	Kõrguse juur- dekasv Incre- ment of height (dm)	N (trees /ha)	Kiratsevate puude % puude üldarvust Stunted trees (% of total No)
1	58°16'57" N 24°34'12" E	0,036	III	0,52	0,29	24	31,4	49,0	1,8	3833	14,5
2	58°16'58" N 24°34'20" E	0,036	III	0,58	0,20	19	29,7	55,2	2,1	1583	14,0
3	58°16'38" N 24°34'5" E	0,036	III	0,61	0,29	19	27,5	51,0	1,7	2500	11,1
18	58°08'20" N 24°30'27" E	0,030	III	0,40	0,30	22	32,8	58,4	2,0	3867	11,2
19	58°08'26" N 24°30'24" E	0,030	IV	0,73	0,70	24	26,8	33,2	1,3	3067	16,3
20	58°08'23" N 24°30'36" E	0,030	III	0,47	0,56	20	32,3	50,4	2,0	3000	16,7
22	58°17'18" N 24°34'34" E	0,030	III	0,57	0,33	24	34,2	62,9	1,7	1867	10,7
23	58°16'19" N 24°33'33" E	0,030	III	0,60	0,46	18	25,8	39,1	1,8	2600	11,5
24	58°16' N 24°33'26" E	0,030	II	0,60	0,54	4	11,0	17,6	0,8	2233	10,4
25	58°10'52" N 24°29'34" E	0,030	III	0,63	0,13	24	25,9	35,4	1,3	1333	17,5
26	58°12'7" N 24°29'34" E	0,030	III	0,50	0,23	25	28,5	42,8	1,3	3400	12,7
Keskmine / Average			III,1	0,56	0,37	20	27,9	45,3	1,6	2661	12,2

Tabel 2. Pohla kasvukohatüübi järelkasvu mändide keskmised morfoloogilised näitajad 2004. ja 2006. aastal (KM – võrse kuivmass, KM* – 10 okkapaari kuivmass, OP – okkapaar).

Table 2. Average morphological parameters of Scots pine second growth in the cowberry site type forests in 2004 and 2006 (DM – dry mass of shoot, DM* – dry mass of 10 needlepairs, NP – needlepair).

Proo- vitüki nr No of sample plot	2004						2006			
	Võrsed / Shoots		Okkad / Needles				Võrsed / Shoots		Okkad / Needles	
	Pikkus Length (cm)	KM DM (g)	Pikkus Length (cm)	KM* DM* (g)	OP arv (tk) No of NP	OP tihedus (tk/cm) Density of NP (No cm ⁻¹)	Pikkus Length (cm)	KM DM (g)	Pikkus Length (cm)	KM* DM* (g)
1	11,3	0,542	3,4	0,132	95,3	8,5	11,1	0,682	4,3	0,209
2	10,2	0,437	3,6	0,149	78,7	7,7	11,1	0,722	4,6	0,261
3	10,6	0,469	3,8	0,162	79,1	7,5	8,1	0,42	3,7	0,196
18	12,5	0,853	3,4	0,157	97,9	7,8	14,6	1,573	4,9	0,301
19	6,7	0,175	2,5	0,079	50,0	7,4	4,8	0,185	4,7	0,211
20	10,3	0,456	3,3	0,121	77,4	7,5	12,1	0,738	4,5	0,231
22	8,9	0,413	3,6	0,170	67,0	7,5	4,3	0,162	3,4	0,165
23	9,8	0,300	3,1	0,120	72,3	7,4	8,2	0,403	3,5	0,171
24	5,3	0,130	2,4	0,080	49,0	9,3	6,6	0,200	3,5	0,148
25	7,5	0,188	2,3	0,074	63,0	8,4	5,9	0,317	4,8	0,224
26	8,3	0,296	3,6	0,130	72,7	8,8	10,3	0,852	4,2	0,232
	9,2	0,387	3,2	0,125	72,9	8,0	8,8	0,569	4,2	0,214

Puude suurem keskmine võrse kuivmass, okaste pikkus ja 10 okkapaari kuivmass 2006. a. andmetel on seletatav suurema sademete hulga mõõdetud võrsete ja okaste moodustumise aastal (2005), mil sademete hulk oli vegetatsiooniperioodil 458,8 mm, olles 147,1 mm suurem kui aastal 2003 (Eesti Statistika, 2007).

Hariliku männi looduslik uuendus sambliku kasvukohatüübis

Hariliku männi looduslik uuendus sambliku kasvukohatüübis asuvatel proovitükkidel paikneb väikeste, kohati tihedate gruppidenä. Vanade puude vahetus läheduses on järelkasv hõre või puudub hoopis. Seda võib põhjendada vana metsa negatiivse mõjuga, mida see avaldab oma juurkonkurentsi ning võrastiku kaudu, kasutades pinnasest nii vett kui ka ja toiteaineid.

Tabelist 3 selgub, et looduslikku uuendust on proovitükkidel keskmiselt 2556 tk/ha, mis on 4,0% võrra väiksem pohla kasvukohatüübi loodusliku uuenduse arvukusest. Elujõulise järelkasvu hulk puude koguarvust moodustab 85,4%. Keskmine juurekaela läbimõõt on 38,5 mm.

Mudelpuude vanus proovitükkidel varieerub 13–30 aastani, keskmiseks vanuseks on 23 aastat. Järelkasvu keskmised kõrgused proovitükkidel on piirides 11,0–

Tabel 3. Loodusliku uuenduse kasvu iseloomustavate parameetrite keskmised näitajad sambliku-männikutes.

Table 3. Average parameters, that characterise the growth of natural regeneration in the lichen site type pine forests.

Nr	Asukoht Location	Prooviribade pindala Area of transects (ha)	Vana mets Old stand			Mudelpuud Model trees					
			Boni- teet Qual- ity class	Täius- Den- sity	Liitus Shel- ter	Vanus, a Age, y	Kõrgus Height (dm)	Juu- rekaela läbimõõt Collar Increment diameter (mm)	Kõrguse juurde- kasv Increment of height (dm)	N (trees /ha)	Kiratsevate puude % Stunted trees % of total No)
5	58°14'28" N 24°31'21" E	0,036	IV	0,62	0,54	30,5	33,9	45,0	1,3	1861	29,9
6	58°13'51" N 24°30'47" E	0,030	III	0,45	0,65	28,2	30,4	38,0	1,2	2733	14,6
7	58°13'52" N 24°31'1" E	0,036	IV	0,55	0,28	26,9	29,5	41,0	1,2	1083	20,5
8	58°12'25" N 24°29'45" E	0,030	III	0,69	0,61	30,1	34,1	64,0	1,2	967	17,2
9	58°12'25" N 24°29'56" E	0,030	IV	0,65	0,57	25,6	28,0	58,0	1,3	1033	16,1
10	58°12'39" N 24°30'17" E	0,030	IV	0,59	0,53	14,5	17,1	39,0	1,2	2100	11,1
11	58°12'16" N 24°29'58" E	0,030	IV	0,51	0,46	26,1	24,3	42,0	1,1	2500	12,0
12	58°12'15" N 24°29'58" E	0,030	III	0,56	0,65	13,4	12,7	26,0	1,1	5167	1,9
13	58°12'35" N 24°30'14" E	0,030	IV	0,67	0,75	23,8	23,4	43,0	0,8	3100	9,7
14	58°10'55" N 24°30'18" E	0,030	IV	0,81	0,56	18,3	11,0	17,0	0,6	3800	11,4
15	58°10'56" N 24°30'22" E	0,030	III	0,66	0,56	16,0	12,2	19,0	0,8	5200	17,3
27	58°10'48" N 24°30'21" E	0,030	IV	0,88	0,45	15,9	11,8	21,0	0,7	600	22,2
Keskmine / Average			III,7	0,63	0,53	22,3	22,6	38,5	1,1	2556	14,6

34,1 dm, keskmine 22,6 dm. Rajatud proovitükkidel varieerus järelkasvu aastane kõrguse juurdekasv vahemikus 0,6–1,5 dm, järelkasvu aasta keskmiseks kõrguse juurdekasvuks sambliku kasvukohatüübis saadi 1,1 dm, mis on 0,5 dm võrra väiksem pohla kasvukohatüübiga võrreldes.

Looduslikku uuendust on kitsastel veerraieproovitükkidel keskmiselt 6078 tk/ha ning aasta keskmine kõrguse juurdekasv 2,2 dm (tabel 4), mis näitab vana metsa täiuse puudumise soodsat mõju järelkasvu arengule. Elujõulise järelkasvu hulk puude koguarvust moodustab 83,1%.

Keskmine võrse pikkus sambliku kasvukohatüübi järelkasvu mändidel oli 2004. a. 7,1 cm, 2006. a. 6,4 cm (tabel 5).

2004. aasta võrsetel oli keskmine võrse kuivmass sambliku kasvukohatüübis 0,262 g, 2006. aastal 0,320 g.

Kasvukohatüübi proovitükkidel oli keskmine okkapaaride arv mudelpuude võrsetel 2004. aastal 58,4 tk.

Keskmine okkapaaride arv võrse 1 cm kohta oli sambliku kasvukohatüübis paiknevatel proovitükkidel suurem, võrrelduna pohla kasvukohatüübi keskmise näitajaga, olles 8,5 tk/cm. Viletsamates kasvukohtades on suurem okastatus tingitud puude kohanemisest ebasoodsate keskkonnatingimustega, kus võrse kasvu pidurduse korral püüavad puud säilitada oma assimilatsiooni pinda. Sellist nähtust on kirjeldatud ka õhusaastest tingitud võrsete kasvu pidurduse korral ja mujal ebasoodsates kasvutingimustes, kus nii kuuskede kui ka mändide lühemate võrsete korral on okastatus tihedam (Mandre *et al.*, 1995; Ots, 2000; Mandre, 2003).

Okaste keskmine pikkus 2004. aastal sambliku kasvukohatüübis ei erinenud pohla kasvukohatüübi keskmisest näitajast, olles mõlemal juhul 3,1 cm, 2006. aastal oli aga sambliku kasvukohatüübi keskmine 0,4 cm võrra väiksem.

Kümne okkapaari keskmine kuivmass sambliku kasvukohatüübis 2004. aastal oli 0,121 g ning 2006. aastal 0,188 g (*t*-test, $p = 0,001$).

Sambliku kasvukohatüübi väiksem okkapaaride arv 2004. aastal (*t*-test, $p = 0,009$) ning nii 2004. kui ka 2006. aasta väiksem võrse pikkus (*t*-test, $p = 0,009$; *t*-test, $p = 0,03$) ja võrse kuivmass (*t*-test, $p = 0,05$; *t*-test, $p = 0,03$) on tingitud samblikumännikute mulla väiksemast niiskuse ja toiteainete sisaldusest, suuremast evapotranspiratsioonist.

Tabel 4. Looduslik uuendus kitsastel lageraiesmikel samblikumännikutes.

Table 4. The natural regeneration in a narrow clear-cut areas in the lichen site type forests.

Proovitükk Sample plot		Prooviribade pindala Area of transects (ha)	Vana mets Old stand			Mudelpuud Model trees				
Nr No	Asukoht Location		Boniteet Quality class	Täius Density	Liit Shelter	Vanus, a Age, y	Kõrgus Height (dm)	Juurekaela läbimõõt Collar diameter (mm)	Kõrguse juurdekasv Increment of height (dm)	N (trees/ha) Kiratsevate puude % puude üldarvust Stunted trees (% of total No)
16	58°10'56" N 24°30'20" E	0,030	IV	0,00	0,00	30,1	50,6	71,0	2,4	8433
17	58°10'55" N 24°30'17" E	0,030	IV	0,00	0,00	30,4	50,3	49,0	2,3	6367
28	58°10'48" N 24°30'19" E	0,030	IV	0,00	0,00	27,3	37,1	43,0	1,8	3433
Keskmine / Average			IV	0	0	29,3	46,0	54,3	2,2	6078
										16,9

Tabel 5. Sambliku kasvukohatüübi järelkasvu mändide 2004. a. ja 2006. a. keskmised morfoloogilised näitajad (KM – võrse kuivmass, KM* – 10 okkapaari kuivmass, OP – okkapaar).

Table 5. Average morphological parameters of Scots pine second growth in the lichen site type forests in 2004 and 2006 (KM – dry mass of shoot, KM* – dry mass of 10 needlepairs, OP – needlepair).

Proovitüki nr No of sample plot	2004						2006			
	Võrsed Shoots		Okkad Needles				Võrsed Shoots		Okkad Needles	
	Pikkus Length (cm)	KM DM (g)	Pikkus Length (cm)	KM* DM* (g)	OP arv (tk) No of NP	OP tihedus (tk/cm) Density of NP (No cm ⁻¹)	Pikkus Length (cm)	KM DM (g)	Pikkus Length (cm)	KM* DM* (g)
4	9,6	0,336	3,6	0,152	68,6	7,1	8,9	0,39	4,3	0,206
5	7,9	0,22	3,4	0,122	60,5	7,6	6,7	0,29	3,8	0,162
6	6,1	0,159	2,7	0,099	53,7	8,8	4,1	0,119	3,3	0,127
7	7,2	0,203	2,9	0,101	63,6	8,8	3,3	0,108	3,3	0,138
8	6,9	0,412	3,7	0,17	56,3	8,1	4,3	0,181	4,1	0,225
9	9,4	0,538	3,7	0,224	70	7,4	4,7	0,259	4,5	0,256
10	9,6	0,39	3,2	0,128	74,9	7,8	10,2	0,731	4,4	0,256
11	6,6	0,182	2,6	0,116	57,5	8,8	5,1	0,193	3,6	0,187
12	6,3	0,185	2,7	0,01	52	8,3	10,7	0,645	3,8	0,195
13	4,8	0,168	3,4	0,144	47,5	9,8	7,1	0,412	3,7	0,205
14	3,6	0,06	2,1	0,06	39,1	11	4,4	0,148	3,3	0,148
15	9,2	0,45	3,7	0,171	75,6	8,2	7,8	0,41	3,9	0,196
27	4,9	0,109	2,3	0,078	40,3	8,2	6,1	0,28	3	0,139
	7,1	0,262	3,1	0,121	58,4	8,5	6,4	0,320	3,8	0,188

nist kõrgema temperatuuri korral, mille tõttu puudub taimel ka biomassi suurendamiseks vajalik vee ja toitainete varu. Suurem okastatus sambliku kasvukohatüübi puudel, võrrelduna pohla kasvukohatüübiga, näitab aga taimede püüdu säilitada assimilatsioonipinda, kompenseerimaks kehvemaid kasvutingimusi.

Vana puistu täiuse mõju järelkasvule ja selle morfoloogilistele parameetritele pohla ja sambliku kasvukohatüübis

Üheks loodusliku uuenduse kasvu ja arengut mõjutavaks faktoriks on ülarinde täius. Uurimistulemused näitasid, et vana metsa täiuse vähenedes loodusliku uuenduse kõrguse juurdekasv suureneb. Pohlamännikutes täiusega 0,40–0,70 täheldati järelkasvu kõrguse juurdekasvu mõõdukalt seost ülarinde täiusega ($r = -0,45$, $p = 0,009$), samblikupuistutes täiusega 0,45–0,80 on järelkasvu kõrguse juurdekasv keskmises seoses vana puistu täiusega ($r = -0,76$, $p = 0,004$). Proovitükkidel (nr 16, 17, 28), kus ülarinde täius puudus, kuna tegemist oli lageraie proovitükkidega, suurenes seos järelkasvu kõrguse juurdekasvu ja vana puistu täiuse vahel veelgi ($r = -0,92$), mis kinnitab varasemaid uurimistulemusi (Kõresaar, 2003b), et vana puistu suurel täiusel on järelkasvu kõrguse juurdekasv vilets ning uuendus kidur, sest vana metsa suurema täiusega kaasnevad järelkasvu jaoks halvemad toitumis- ja valgustingimused.

Samas saadi tulemused, mis näitasid, et vana metsa täius ei avalda statistiliselt usaldatavat mõju järelkasvu juurekaela läbimõõdule.

Vana metsa täius mõjutab ka loodusliku uuenduse arvukust, kusjuures vana metsa täiuse vähenedes loodusliku uuenduse arvukus suureneb. Korrelatsioonanalüüs näitas, et samblikumännikute järelkasvu arvukus on vana puistu täiusest vahemikus

0,45–0,88 oluliselt sõltuv ($r = -0,65$, $p = 0,007$). Pohlamännikutes statistiliselt olulisi seoseid järelkasvu arvukuse ja puistu täiuse vahel ei leitud.

Analüüsidest sambliku kasvukohatüübis puistu täiuse mõju hariliku männi okaste ja võrsete morfoloogilistele parameetritele, ilmnes, et täius mõjutab okkapaaride arvu võrsel ($r = -0,567$, $p = 0,04$), 2004. aasta mõõtmisandmeil võrse pikkust ($r = -0,571$, $p = 0,04$), võrse kuivmassi ($r = -0,586$, $p = 0,04$), okaste keskmist pikkust ($r = -0,584$, $p = 0,04$) ning 2006. aasta mõõtmisandmeil okaste keskmist pikkust ($r = -0,694$, $p = 0,009$) ja okaste kuivmassi ($r = -0,608$, $p = 0,03$). Pohla kasvukohatüübis statistiliselt usaldatavaid seoseid täiuse ja morfoloogiliste parameetrite vahel ei täheldatud.

Kokkuvõte

Männi järelkasvu ökoloogilisi sõltuvusi Edela-Eesti männikutes selgitati luitemaastikel enamlevinud sambliku ja pohla kasvukohatüüpides. Neis 120–190 aasta vanustes rannikupuistutes uuriti nii esimese rinde ehitust kui männi järelkasvu tekkimise tingimusi, esinemist ja seisundit ning sõltuvust vana metsa täiusest.

Möödunud aastakümnete kestel on neid puistuid järkjärgulise hõrendamisega püütud uuendada, mis on teatud osas andnud ka positiivseid tulemusi. Käesoleval ajal kasvab pohlamännikutes keskmiselt 2661 ja samblikumännikutes 2556 mõne sentimeetri kuni 10 meetri kõrgust järelkasvu mändi, millistest üle 85% on täiesti elujõulised.

Saadud uuringutulemustest selgus, et männi loodusliku uuenduse tekkimist ja kasvu mõjutavad mitmesugused tegurid, millest olulisemaks on vana puistu täius, mis avaldub nii valgustingimuste kui juurkonkurentsi kaudu.

Uurimistulemuste põhjal võib teha järgmised järeldused:

- Täiuste vahemikus 0,45–0,88 avaldub mõju järelkasvu aastasele kõrguse juurdekasvule sambliku kasvukohatüübis on keskmine ($r = -0,76$). Pohlamännikutes mõjutab täius järelkasvu kõrguse juurdekasvu mõõdukalt ($r = -0,45$). Vana metsa täiuse vähenedes loodusliku uuenduse kõrguse juurdekasv suureneb.
- Sambliku kasvukohatüübis avaldub täiuse mõju männi järelkasvu okaste ja võrsete morfoloogilistele parameetritele tunduvalt rohkem kui pohla kasvukohatüübis. Sambliku kasvukohatüübi kesisemad kasvutingimused ja toiteainete poolest vaesem muld, võrreldes pohla kasvukohatüübiga, avaldusid järelkasvu puude väiksemas kõrguskasvus, väiksemas võrse ja okaste pikkuses ja kuivmassis, kuid suuremas okastatuses.

Võrdluste tulemusel selgus kitsaste lageraiete suur mõju loodusliku uuenduse kasvule ja arvukusele sambliku kasvukohatüübis. Kaasates valimisse ka kitsad lageraie prooviaalad sambliku kasvukohatüübis ning seostades seejärel vana metsa täiust järelkasvu arvukuse, järelkasvu kõrguse juurdekasvu ning juurekaela läbimõõduga, saadi oluliselt tugevamad seosed. Antud aladel olid loodusliku uuenduse arvukus ja järelkasvu kõrguse juurdekasv suuremad kui kõrvalolevatel vana puistu turbe all paiknevatel proovitükkidel (nr 14, 15 ja 27). Lageraiet kuni 30 meetri laiuste lankidena, kus puudub ülarinde otsene turve ning juurkonkurentsi järelkasvule, loovad soodsamad kasvutingimused looduslikule uuendusele. Juba varemgi on juhitud tähelepanu kitsa langina raiutud nõmmemännikute heale looduslikule uuenemisele. Kahekümne viie meetri laiuste lankidena raiutud männikud on looduslikult hästi uuenenud nii Sagadi kui Märjamaa metskonnas (Etverk, 2000).

Tänuavaldused. Artikkel on valminud Eesti Teadusfondi (grant nr. 6022) ja Haridus- ja Teadusministeeriumi (teema nr. 0170021s08) toetusel.

Kasutatud kirjandus

- Álvarez-Rogel, J., Carrasco, L., Marín, C.M., Martínez-Sánchez, J.J. 2007. Soils of a dune coastal salt marsh system in relation to groundwater level, micro-topography and vegetation under a semiarid Mediterranean climate in SE Spain. – *Catena*, 69, 111–121.
- Eesti Statistika, 2007. [WWW document]. – URL <http://www.stat.ee>. [Accessed 17 April 2007].
- Ensign, K.L., Webb, E.A., Longstaffe, F.J. 2006. Microenvironmental and seasonal variations in soil water content of the unsaturated zone of a sandy dune system at Pinery Provincial Park, Ontario, Canada. – *Geoderma*, 136, 788–802.
- Etverk, I. 2000. “Dauerwaldist” looduslähedase metsamajanduseni Eestis. Järelsõna. (From “Dauerwald” to sustainable forest management in Estonia. Epilogue). – Eesti metsad ja metsandus aastatuhande vahetusel. Akadeemilise Metsaseltsi toimetised (Estonian Forests and Forestry at the Turn of the Millennium. Proceedings of the Academical Forestry Society), Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli Kirjastus, 11, 92–101. (In Estonian with English summary).
- Kooijman, A.M., Dopheide, J.C.R., Sevink, J., Takken, I., Verstraten, J.M. 1998. Nutrient limitation and their implications on the effects of atmospheric deposition in coastal dunes; lime-poor and lime-rich sites in Netherland – *The Journal of Ecology*, 86, 511–526.
- Kõresaar, P. 2003a. Natural renewal of dune pine forest of *Vaccinium vitis-idaea* and *Cladina* site types on the southwestern coast of Estonia. – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 39, 81–92.
- Kõresaar, P. 2003b. Edela-Eesti lüitemännikute looduslikust uuenedmisest sambliku ja pohla kasvukohatüübis. (The Dune Pine Forest Natural Renewal at the *Vaccinium vitis-idaea* Site Type and at the *Cladina* Site Type on the South-Western Coast of Estonia). Magistritöö (Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut). (MSc Thesis. Manuscript at the EMU, Institute of Forestry and Rural Engineering). Tartu. 59 pp. (In Estonian with English summary).
- Mandre, M. 2003. Ecophysiological study of suitability of *Picea mariana* L. for afforestation in alkalized territories in Northeast Estonia. – *Oil Shale*, 20, 143–160.
- Mandre, M., Ots, K. 2003. The growth of needles and shoots of Scots pine (*Pinus sylvestris*) on a sandy dune. – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 39, 58–64.
- Mandre, M., Rauk, J., Ots, K. 1995. Needle and shoot growth. – Mandre, M. (ed.). *Dust Pollution and Forest Ecosystems. A Study of Conifers in an Alkaline Environment*. Publication 3, Institute of Ecology, Tallinn, 103–111.
- Marschner, H. 1986. *Mineral Nutrition of Higher Plants*. London, Orlando, San Diego, Academic Press. 673 pp.
- Martin, E. 1978. Mida teame ja mida peaks teadma Eesti luidetest. (What do we know and what we should know about dunes in Estonia). – *Eesti Loodus*, 11, 730–735. (In Estonian).
- Niu, S.L., Jiang, G.M., Wan, S.Q., Liu, M.Z., Gao, L.M., Li, Y.G. 2005. Ecophysiological acclimation to different soil moistures in plants from a semi-arid sandland. – *Journal of Arid Environments*, 63, 353–365.
- Ots, K. 2000. Ohusaaste mõju okaspuude morfomeetrilistele parameetritele põlevkivi tootmise ja töötlemise piirkonnas. (Impact of air pollution on morphological parameters of conifers in an area of oil shale mining and processing). – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 33, 143–157. (In Estonian with English summary).
- Pate, J.S., Unkovich, J., Erskine, P.D., Stewart, G.R. 1998. Australian mulga ecosystems – ^{13}C and ^{15}N natural abundances of biota components and their ecophysiological significance. – *Plant, Cell & Environment*, 21, 1231–1242.
- Peets, M., Umbsar, A. 1987. Edela-Eesti lüitemännikute uuendamisest. (Scots pine regeneration in dune pine forests of South-Western Estonia). – Diplomitöö (Eesti Maaülikool, Metsandus- ja maaehitusinstituut). (Diploma Thesis. Manuscript at the EMU, Institute of Forestry and Rural Engineering). Tartu. 79 pp. (In Estonian).
- Ploompuu, T. 1986. Männi morfoloogilised muutused. (Morphological changes of Scots pine). – Mandre (ed.). *Taimede füsioloogilis-biokeemiline seisund Kundas 1985. a. II. Mänd*. Tallinna Botaanikaia väljaanne. (Manuscript at the Tallinn Botanic Garden). (In Estonian).
- Rannametsa küla. [WWW document]. – URL <http://www.eestigiid.ee/?CatID=97&ItemID=2507>. [Accessed 23 April 2007].

- Su, Y.Z., Zhao, H.L. 2003. Soil properties and plant species in an age sequence of *Caragana microphylla* plantations in the Horqin Sandy Land, north China. – *Ecological Engineering*, 20, 223–235.
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation – what you can tell by looking. – Duryea, M.L. (ed.). *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*. Corvallis, Forest Research Laboratory, Oregon State University, 59–71.
- Örd, A. 1972b. Edela-Eesti luitemetsade mullastik. (Soils of dune forests in South-Western Estonia). – *Forestry Studies / Metsanduslikud Uurimused*, 9, 207–221. (In Estonian).
- Örd, A. 1972a. Häilraietest luitemännikutes. (Group-selection cuttings in dune pine forests). – *Metsamajandus, I. Teaduslik-tehniline kogumik*. Tallinn, 32–38. (In Estonian).
- Örd, A. 1977. Männi uuendamine aegjarksete raietega. (Scots pine regeneration with shelterwood cuttings). – *Metsamajandus. Metsade uuendamine, kaitse ja mitmekülgne kasutamine*. Tallinn, 15–22. (In Estonian).
- Örd, A. 2000. Kaitsemetsad ja nende majandamine Eestis. (Protection Forests and their Management in Estonia). Tallinn, Keskkonnaministeerium. 234 pp. (In Estonian).

Development and renewal-conditions of dune pine forests second growth in the lichen and cowberry site type in Southwest Estonia

Kadri Kõresaar, Priit Kõresaar and Malle Mandre

Summary

Ecological dependences of Scots pine second growth in Southwest Estonian coastal pine forests in most common *Vaccinium vitis-idaea* and *Cladina* site types were explained.

In these 120–190 year old coastal stands, the structure of stand upper layer and formation factors, appearance and condition of second growth and its dependence on old stand density were investigated.

During the past decades these stands have been tried to renew by gradual thinning, which in some part has given some positive results. At this moment, in *Vaccinium vitis-idaea* pine forests, there is growing on an average 2661 and in *Cladina* pine forests 2556 second growth's pine, which height is from some centimetres to 10 meters and more than 85% of these trees are totally viable.

Investigation results revealed, that there is a number of various factors, that influence formation and growth of Scots pine natural regeneration, wherefrom the most important is old stand's density, which reveals itself by light conditions and root competition.

From investigation results may conclude:

- In the *Cladina* site type, density in the range 0,45–0,88 affects second growth's increment of height on an average ($r = -0,76$). In the *Vaccinium vitis-idaea* site type density affects second growth's increment of height mildly ($r = -0,45$). Increment of height of natural regeneration increases when old stand's density decreases.
- In the *Cladina* site type, density influences Scots pine second growth's morphological parameters of shoots and needles significantly more than in the *Vaccinium vitis-idaea* site type. Poorer growth and less productive soil conditions of *Cladina* site type compared to *Vaccinium vitis-idaea* site type appeared in smaller increment of height of second growth trees, in smaller length and dry mass of shoots and needles, but in greater density of needles.

The conclusion drawn from different comparisons was that narrow clear-cuts have great influence on the natural regeneration's growth and number at the *Cladina* site type. When we sought connections between the old stand density, taking into consideration also narrow clear-cut sample areas with second growth's number of trees, height and increment of height, the connections were significantly stronger. In these areas the number of trees and second growth's increment of height were considerably higher than in the sample plots, which were under old stand's shelter (14, 15 and 27). Clear-cut strips up to 30 m in width with no old forest's direct shelter and root competition to second growth create favourable site conditions for natural regeneration. Earlier attention has been drawn to the favourable effect of clear-cut strips on the natural regeneration of heath pine forests. Pine forests with 25 m clear-cut strips have naturally regenerated well in Sagadi and Märjamaa forest districts (Etverk, 2000).

Received March 3, 2008, revised April 11, 2008, accepted May 5, 2008