Short Communication

Istutusmaterjali ja maapinna ettevalmistamise mõju metsa uuendamisele

Andres Jäärats¹ ja Arvo Tullus²

Jäärats, A., Tullus, A. 2018. The effect of planting stock and soil scarification on forest regeneration. – Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused 69, 75–85, ISSN 1406-9954. Journal homepage: <http://mi.emu.ee/forestry.studies>

Abstract. The present research is a comparative analysis of how the main quality indices of containerized and barerooted coniferous (Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)) planting stock conform to the existing standards in Estonia, how the plantation development depends on planting stock and natural regeneration on soil scarification. The height of Scots pine containerized seedlings exceeded that of barerooted seedlings by 20%. The height of barerooted Norway spruce transplants exceeded that of containerized seedlings by 19%. The root-collar diameter of containerized pine stock formed 70% and the corresponding index of containerized spruce stock formed 48% of the diameter of the barerooted plants of the same species. Typically, containerized plants had better initial growth increment during the first two to three years after planting but this difference disappeared during the latter years. The growth of Scots pine barerooted and containerized seedlings was similar, while the growth of Norway spruce containerized seedlings was slightly inferior compared to barerooted plants. Survival of both test species was independent of planting stock used. After clear-cutting, certain areas of peatland and mineral areas were disc-trenched and inventoried at the end of the first growing season. The number of all woody plants was determined by microsites – untreated area, furrow, slope, and ridge. The same inventory was repeated 11 growing seasons later. After 11 growth years, a large number of Scots pine trees was found in *Rhodococcum*, *Oxalis* and *Vaccinium myrtillus* site types and drained peatlands. The number of pine plants on microsites on mineral soil was the greatest in furrows and on slopes (34% and 30%), and on peat soil on furrows and in untreated areas (47% and 53%). The number of naturally regenerated Norway spruce trees was the largest in *Vaccinium myrtillus*, *Oxalis-Rhodococcum* and *Oxalis* site types. With regard to microsites, spruce plants were the most abundant in furrows and ridges on mineral soil (31% and 24%) and in untreated areas and on slopes on peat soil (46% and 42%).

Key words: seedling, transplant, soil scarification, microsites, plantation.

Authors' address: ¹Chair of Silviculture and Forest Ecology, Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi 5, 51006 Tartu, Estonia; ²Institute of Ecology and Earth Sciences, Faculty of Science and Technology, University of Tartu, Lai 40, 51005, Tartu, Estonia; *e-mail: andres.jaarats@emu.ee

Sissejuhatus

Intensiivse metsamajandusega piirkonnas on lageraie kõige efektiivsem viis puidu varumiseks. See tingib omakorda vajaduse uuendada lageraiealasid, sh kultiveerida, et võimalikult kiiresti taastada uue metsapõlve ökoloogiliselt ja majanduslikult väärtuslik liigiline koosseis ning

samas luua mitmekülgne metsamaastik. Euroopas metsastati 2010. aastal lageraie-test ca 30%. Aastatel 2005–2014 tehti Eestis lageraie rohkem kui 240 000 hektaril, millest enam kui 64 000 hektaril korraldati metsauuendamise töid istutamise teel (Keskkonnaagentuur, 2016). Hariliku kuuse (*Picea abies* (L.) Karst.) istutuskultuurid moodustasid 71%, hariliku männi (*Pinus*

sylvestris L.) istutuskultuurid 24% ning arukase (*Betula pendula* Roth) ja sanglepa (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.) istutuskultuurid ligi 5% kogu rajatud metsakultuuridest (Keskkonnaagentuur, 2016).

Kuusekultuurid rajatakse Eestis peamiselt 3–4-aastaste paljasjuureliste taimedega või 2-aastaste konteiner- ehk potitaimedega, männikultuurid 2-aastaste paljasjuureliste ja 1-aastaste konteineritaimedega. Sobilikas kasvukohtades tehakse ka männikülvi.

Kui Põhjamaades on konteineritaimede osakaal küündinud 95%-ni istutusmaterjalist (Helenius, 2005; Nilsson *et al.*, 2010), siis Eestis on see ca 50%. Ühtekokku toodetakse siin metsakultiveerimiseks aastas ca 25 mln sobilikku taime, millest poole moodustab paljasjuureline istutusmaterjal (Klavina *et al.*, 2013).

Paraku ei ole siinsetes tingimustes tehtud pikaajalisi metsauuendamise katsetöid eri tüüpi juurestikuga kultiveerimismaterjaliga. Kahtlemata on metsauuendamise korral konteineritaimedel mõnel juhul eelis avamaataimede ees (Kerr, 1994). Samas on osad uurimused näidanud konteineritaimede puudusi, eriti seoses nende piiratud kasvuruumist tingitud juurestiku puuduliku arenguga (Lindström & Rune, 1999; Seemen, 2001). Seega ei saa väita, et konteineritaim on metsauuendamisel paljasjuurelise taimega võrreldes parem (Grossnickle & El-Kassaby, 2015).

Umbes pooled lageraiealadest jäetakse Eestis looduslikule uuenemisele, eriti lehtpuu enamusega kasvukohtades (Keskkonnaagentuur, 2016). Looduslikule uuenemisele kaasaaitamiseks ja selle arengu soodustamiseks on üks võimalus maapind mineraliseerida. Viimasel paarikümnel aastal on maapinna ettevalmistamiseks edukalt kasutatud erinevate tootjate ketasatru. Ketasadra töö tulemina moodustuvad uuendusraie alale puutaimedele uued mikrokasvukohad – vagu, nõlv ja viil – ning ketasadra tööorganite poolt mõjutamata metsapinnas ehk töötlemata ala.

Nendele eriilmelistele mikrokasvukohadele tekib erineva arvukuse ja liigilise koosseisuga looduslik uuendus (Seemen, 1995; Seemen & Pikk, 1997). Käesolev uurimistö on Eestis esmakordne pärast seda, kui riigi- ja erametsades on laialdasemalt hakatud kasutama nii erineva juurestikuga istutusmaterjali kui ka rakendama suuremahuliselt maapinna mineraliseerimiseks ketasatra. Varasemad samalaadsed uuringud tehti mitmekümne aasta eest (Paal, 1991; Terasmaa, 1991; Seemen 2001). Vahepealse aja jooksul on täienenud eeskätt konteineritaimede tootmise tehnoloogia ja meetodid (Helenius, 2005). Näiteks on Eestis metsataimekasvatuses võetud paberpotide asemel kasutusele plastikpotid ja kui kogemused paberpoti taimedega ei olnud väga head, siis plastikpotis kasvatatud taimede kvaliteedi ja istutusjärgse kasvu pikaajalised uuringud seni puuduvad. Uuringu eesmärk oli hinnata hariliku kuuse ja hariliku männi istutusmaterjali kvaliteeti ning poti- ehk konteineritaimede ja paljasjuureliste ehk avamaataimede rajatud okaspuukultuuride kasvu ja säilivust erinevates kasvukohatüüpides. Samuti analüüsiti maapinna ettevalmistamise mõju loodusliku uuenduse arvukusele erinevates mikrokasvukohtades. Eelnevast lähtudes seati järgmised alameesmärgid:

- välja selgitada okaspuu istutusmaterjali peamised kvantitatiivsed ja kvalitatiivsed parameetrid (kõrgus, juurekaela läbimõõt, maa-aluse ja maapealse osa kuivmassid);
- analüüsida hariliku kuuse ja hariliku männi kasvu kuni kaheksa aasta vanustes metsakultuurides sõltuvalt kasutatud istutusmaterjalist (paljasjuureline või potitaim);
- hinnata maapinna mineraliseerimise mõju metsa looduslikule uuenemisele sõltuvalt ettevalmistamise tulemusel tekkivatest maapinna mikroreljeefidest (töötlemata ala, vagu, nõlv ja viil) viljakates aru- ja soometsa kasvukohtades 11 aastat pärast lageraiet.

Töös kontrolliti järgmisi hüpoteese:

- paljasjuurelise istutusmaterjali kvaliteedinäitajate vastavuse määr kehtestatud kõrguse standardile ja üldtunnustatud optimaalsetele väärtustele on suurem võrreldes potitaimedega;
- esimestel kasvuaastatel on metsakultuurides paljasjuureliste taimede säilivus kõrgem ja kasv kiirem kui potitaimedel;
- maapinna mineraliseerimise mõju metsa looduslikule uuenemisele sõltub puuliigist ja kasvukohatüübist;
- loodusliku uuenduse rohkus erineb ketasadra kasutamisel moodustuvate maapinna elementide vahel.

Siinne lühiartikkel põhineb Andres Jääratsi doktoritööl (Jäärats, 2018).

Materjal ja metoodika

Istutusmaterjal

Uuringu käigus hinnati okaspuu istutusmaterjali neljas Riigimetsa Majandamise Keskuse taimlas (Reiu, Räpina, Marana, Koeru/Kullenga) aastatel 2001–2007. Nimetatud aja jooksul analüüsiti nii välitöödel kui ka laboratoorselt hariliku männi ja hariliku kuuse paljasjuureliste ja konteinertaimede olulisemaid kasvunäitajaid ja parameetreid (kõrgus, kõrguse juurdekasv, juurekaela diameeter, maa-alune ja maapealne kuivmass). Uuritavate taimede kõrgust ja viimase aasta kõrguse juurdekasvu (kuusel) mõõdeti 0,1 cm intervalliga, juurekaela diameetrit 0,1 mm intervalliga ning kuivmassid kaaluti 0,01 g täpsusega. Kokku mõõdeti 2000 taime.

Katsekultuurid

Uurimistöös analüüsiti kaheksat hariliku männi ja nelja hariliku kuuse kultuuri. Okaspuukultuurid olid rajatud aastatel 1997–2009. Kultuuride rajamisel kasutati nii paljasjuurelisi kui ka konteinertaimi. Katsekultuuris kasvavatel taimedel mõõdeti kõrgus, sh harilikul kuusel ka viimase aasta juurdekasv, ning esimesel kahel kas-

vuaastal määrati ka puude säilivus. Taimede kõrgus mõõdeti 1–2-aastastel taimedel 1 cm täpsusega, vanematel taimedel 5 cm intervalliga.

Maapinna ettevalmistamise mõju looduslikule uuenemisele

Uurimistöö käigus analüüsiti maapinna mineraliseerimise mõju metsa looduslikule uuenemisele. Vaatluse all oli hariliku männi, hariliku kuuse ning lehtpuu uuenemine erinevatel ketasadrage rajatud mikrokasvukohtadel. Mikrokasvukohtadena eristati ketasadra liikumise järel tekkinud vagu, nõlva ja viilu ning töötlemata ala. Uuringu objektid olid nii aru- kui ka soometsa noorendikud, mis olid seemneliselt uuenenud 11 aasta jooksul pärast maapinna ettevalmistamist. Ühtekokku uuriti töö käigus 28 eraldist 93 hektaril. Mõõtmistöodes kasutati nelinurkseid proovitükke, mille küljepikkused varieerusid vahemikus 10–15 × 10–20 meetrit.

Andmete analüüs

Erinevate taimetüüpide (paljasjuurelised ja potitaimed) keskmisi kasvu- ja kvaliteeditunnuseid võrreldi Studenti *t*-testiga. Lineaarse regressioonanalüüsi abil selgitati taimede kõrguse ja vastavate indeksi vahelisi seoseid.

Erinevate taimetüüpide istutusjärgse kõrguskasvu analüüs kuni kaheksa aasta vanuseni tehti lineaarse segamudeliga, mis arvestas mõõdetud taimede ruumilise paigutusega (igas kultuuris oli üks või mitu katsekordust ehk blokki, mis sisaldasid teatud hulgal mõlema taimetüübi isendeid), seetõttu arvestati blokki juhusliku faktorina. Vastav analüüs tehti funktsiooniga *lmer* R paketi *lme4*.

Erinevates mikrokasvukohtades kasvavate taimede arvukuse võrdlemiseks rakendati ühefaktorilist dispersioonanalüüsi ja *t*-testi.

Tekstis on esitatud keskmised väärtused koos standardveaga. Testide tõlgendamiseks ja hüpoteeside kontrolliks kasutati olulisuse nivood $\alpha = 0,05$. Esmane andme-

Joonis 1. Lineaarsed seosed kuuse (KU) ja männi (MA) paljasjuureliste ja potitaimede kõrguse (H) ja kasvuindeksite vahel ($H:D_{JK}$ – kõrguse ja juurekaela diameetri suhe, $BM_{MP}:BM_{MA}$ – maa-pealse ja maa-aluse biomass suhe).

Figure 1. Linear relationships between height (H) and growth indices ($H:D_{JK}$ – height to root collar diameter ratio, $BM_{MP}:BM_{MA}$ – ratio of above-ground and below-ground biomasses) of bare-root and container pine (MA) and spruce (KU) planting stock.

töötlus ja enamik jooniseid tehti programiga MS Excel. Statistiline analüüs teostati vabavaralise statistikapaketiga R (R Core Team, 2014).

Tulemused

Istutusmaterjali kõrgus ja juurekaela diameeter

Hariliku männi ja hariliku kuuse peamised kasvuparameetrid sõltusid enamikul juhtudel taime tüübist (Joonis 1). Usaldusväärselt erines hariliku kuuse kõrgus – paljasjuurelisel kuusel oli see $33,3 \pm 0,7$ cm ja konteinerkuusel $27,2 \pm 0,6$ cm, erinevus 19% ($p < 0,05$). Samas oli hariliku männi puhul taimetüüpide erinevus vastupidine – konteinerταιainede kõrgus oli usaldatavalt suurem, keskmised näitajad $16,7 \pm 0,3$ cm ja $13,8 \pm 0,2$ cm, erinevus ca 20% ($p < 0,05$).

Teine oluline kasvuparameeter – juurekaela diameeter – oli paljasjuurelise kuuseistiku puhul konteinerταιainedest 108% võrra suurem ($p < 0,05$) ($7,3 \pm 0,1$ mm ja $3,5 \pm 0,03$ mm). Hariliku männi keskmine juurekaela diameeter erines 43% – paljasjuureliste seemikute diameeter oli $4,0 \pm 0,1$ mm ja konteinerταιainedel $2,8 \pm 0,03$ mm ($p < 0,05$) (Jäärats *et al.*, 2010; Jäärats, 2018).

Taimede maa-aluse ja maapealse osa kuivmassid

Kuivmasside analüüs näitas sarnast tendentsi kõrguse ja juurekaela diameetriga. Paljasjuureliste taimede keskmine kuivmass ületas märkimisväärselt konteinerταιainede vastavat näitajat. Hariliku kuuse istutusmaterjali puhul oli paljasjuureliste taimede maapealse osa kuivmass 5,1 korda suurem konteinerταιainede omast ($11,29 \pm 0,23$ g ja $2,18 \pm 0,05$ g) ning männi puhul oli erinevus umbes kahekordne, vastavalt $2,22 \pm 0,07$ g ja $1,06 \pm 0,03$ g.

Maa-aluse osa kuivmass hariliku kuuse paljasjuurelistel taimedel oli $5,20 \pm 0,12$ g ja potitaimedel $0,86 \pm 0,02$ g, seega proportsionaalselt võrreldav maapealse osa eri-

nevusega. Hariliku männi maa-aluse osa kuivmassid aga usaldusväärselt ($p > 0,05$) ei erinenud, olles keskmiselt paljasjuurelistel taimedel $0,57 \pm 0,02$ g ja potitaimedel $0,53 \pm 0,01$ g (Jäärats *et al.*, 2010; Jäärats, 2018).

Taimede istutusjärgne kasv ja säilivus katsekultuurides

Hariliku männi konteinerταιainede algkõrgus jäi vahemikku 5–15 cm ning paljasjuureliste taimede kõrgus oli 9–23 cm. Esimese kahe kuni kolme kasvuaasta keskmine juurdekasv osutus konteinerταιainedel 5–20 cm võrra suuremaks kui paljasjuurelistel männitaimedel (Joonis 2). Kaheksa kasvuaasta järel erinevused männi paljasjuureliste ja potitaimede vahel sisuliselt kadusid. Männi katsekultuurid olid rajatud pohla, mustika ja jänesekapsa-pohla kasvukohta, üks kultuur kasvas ka soomullal, kuivendatud siirdesoo.

Hariliku kuuse algkõrgus konteinerταιaimel jäi vahemikku 11–29 cm ning paljasjuurelistel taimedel 22–34 cm. Ka kaheksa istutusjärgse kasvuaasta vältel jäi konteinerταιainede kõrgus paljasjuureliste omast väiksemaks. Kuusekultuurid olid rajatud viljakatesse kasvukohtadesse – jänesekapsa, jänesekapsa-mustika, naadi ja kuivendatud sõnajala metsakasvukohatüüpidesse (Joonis 2).

Okaspuukultuuride säilivus oli esimesel kahel kasvuaastal küllaltki suure varieeruvusega, jäädes esimese aasta järel hariliku kuuse puhul vahemikku 63–99% ja hariliku männi korral 43–98% piiridesse. Teisel kasvuaastal vähenes kultuuride säilivus veelgi, olles kuuse ja männi puhul vastavalt 52–97% ja 21–92%. Istutusmaterjali tüüp säilivust statistiliselt usaldusväärselt ei mõjutanud. Vähest säilivust põhjustas mõnel juhul männikärsaka kahjustus. Samuti mõjutas kultuuride säilivust rikkalik rohukasv, kuid otsest seost madala algkõrguse ja säilivuse vahel statistiliselt ei leitud (Jäärats *et al.*, 2016; Jäärats, 2018).

Joonis 2. Paljasjuureliste (pidev joon) ja potitaimede (katkendjoon) keskmise kõrguse istutusjärgne kasvukäik a) hariliku männi ($n = 8$) ja b) hariliku kuuse ($n = 4$) kultuurides.

Figure 2. Development of average tree height of bareroot (solid lines) and container (dashed lines) seedlings in the studied plantations of a) Scots pine ($n = 8$) and b) Norway spruce ($n = 4$).

Maapinna mineraliseerimine ja looduslik uuenemine

Okaspuu-uuendus

Hariliku männi rikkalik looduslik uuendus tekkis männile tüüpilistes kasvukohtades – pohla, mustika ja sinika kasvukohatüübis. 11 aastat pärast maapinna mineraliseerimist oli maapinna elementide lõikes männitaimede arvukus ühtlustunud – töötlemata pinnasel 22%, vaos 34% ja nõlval 30%, ning väikseim taimede arvukus ehk 14% taimedest paiknes viilul (Joonis 3).

Parim tulemus hariliku kuuse looduslikus uuenemises esines kuusele sobilikes kasvukohatüüpides – mustika, jänese-kapsa-pohla ja jänese-kapsa metsakasvukohatüüpides – kus loodusliku uuenduse arvukus küündis üle 2200 taime/ha. Mikrokasvukohtade arvestuses paiknes kuuse uuendus 23% ulatuses töötlemata pinnasel ning 77% ulatuses töödeldud mikrokasvukohtades (Jäärats *et al.*, 2012; Jäärats, 2018).

Lehtpuu-uuendus

Võrreldes okaspuu-uuendusega esines arukase looduslikku uuendust oluliselt rohkem (kohati üle 13 000 taime hektaril) nii mikrokasvukohtades kui ka erinevate kasvukohatüüpide lõikes. Üle 40% arukaskedest kasvasid töötlemata pinnal, 10% vaos, 30% nõlval ja 20% viilul (Joonis 4).

Hariliku haava uuenduse arvukus oli samuti suurim töötlemata pinnal, kus kasvas 75% taimedest, 18% nõlval ja 7% vaos (Joonis 4). Lisaks arukasele ja harilikule haavale kasvasid aladel veel sang- ja halllepp, harilik pärn, harilik toomingas ning erinevad pajuliigid. Ka nende lehtpuuliikide uuendusest oli põhiline osa (71%) tekkinud töötlemata maapinnale.

Üheteistkümne kasvuaasta järel oli lehtpuude arvukus turvasmuldadel enamasti oluliselt langenud, kuid erandiks oli kuivendatud siirdesoo, kus kase arvukus tõusis (Jäärats *et al.*, 2012; Jäärats 2018).

Joonis 3. Maapinna ettevalmistamisel tekkivate maapinna elementide e mikrokasvukohtade (UT – töötlemata, FU – vagu, SL – nõlv, RI – viil) osakaal pindalast ja loodusliku männi- ja kuuseuuenduse arvukusest esmase (1995) ja korduskirjelduse (2005) ajal: a) kuivadel ja parasniisketel mineraalmuldadel ja b) turvasmuldadel kasvavates metsades.

Figure 3. Distribution of different types of microrelief (UT – untreated, FU – furrow, SL – slope, RI – ridge) after soil scarification by area and share of naturally regenerated pines and spruces during the initial (1995) and repeated inventory (2005) in a) mineral (dry, fresh) and b) peatland forests.

Joonis 4. Maapinna ettevalmistamisel tekkivate maapinna elementide e mikrokasvukohtade (UT – töötlemata, FU – vagu, SL – nõlv, RI – viil) osakaal pindalalt ja loodusliku kase- ja haavauuenduse arvukuselt esmase (1995) ja korduskirjelduse (2005) ajal: a) kuivadel ja parasniisketel mineraalmuldadel ja b) turvasmuldadel kasvavates metsades.

Figure 4. Distribution of naturally regenerated birches and aspens by microsites (UT – untreated, FU – furrow, SL – slope, RI – ridge) after soil scarification during the initial (1995) and repeated inventory (2005) in a) mineral (dry, fresh) and b) peatland forests.

Kokkuvõte

Taimlamajanduse arengu tulemusel on konteiner- ja paljasjuureliste taimede tootmiskogused viimasel kahel aastakümnel peaaegu võrdsustunud. Esimene töös püstitatud hüpotees leidis osaliselt kinnitust, sest paljasjuureliste taimede kvaliteedinäitajad ületasid miinimumnõudeid rohkem või olid optimaalsetele lähemal kui potitaimede vastavad näitajad. Siiski ületasid mõlema taimetüübi näitajad Eestis kehtivaid normatiive, mis sätestavad ainult taimede miinimumkõrguse. Keskmine kõrgus erines paljasjuureliste ja potitaimede vahel 20%, juurekaela läbimõõt moodustas kuuse potitaimedel 48% paljasjuureliste taimede vastavast näitajast. Männi potitaimede juurekaela läbimõõt moodustas 70% paljasjuureliste taimede omast. Kuuse potitaimede kõrguse/diameetri suhe (7,9) oli optimaalsest oluliselt suurem. Seega võib ainult miinimumkõrguse nõue olla ebapiisav tagamaks parimate omadustega istutusmaterjali tootmist.

Hariliku männi paljasjuureliste ja konteinertaimede seemikute istutusjärgne kasv ja kordaminek metsakultuuris osutusid sarnaseks, lükates seega männi puhul ümber teise töös püstitatud hüpoteesi, et paljasjuureliste taimede kasv ja säilivus ületavad potitaimede oma. Seega võiks männi potitaimi istutusmaterjalina eelistada, kuna nende tootmine on efektiivsem ja intensiivsem, transportimine mugavam ning potitaimed taluvad ka paremini istutusjärgset stressi.

Hariliku kuuse puhul leidis teine hüpotees osaliselt kinnitust. Hariliku kuuse paljasjuureliste taimede ja potitaimede säilivus metsakultuuris oli sarnane, kuid kõrguskasvus esines konteinertaimedel mõningast mahajäämust, seega on vajalik täiendavalt uurida, kui oluliselt see puistu tootlikkust pikas perspektiivis mõjutab. Seejuures ei sõltu kuusetaimede kordaminek algkõrgusest, kuigi suurema algkõrgusega taimede kõrguskasv on kiirem. Viljakamates kasvukohtades võiks

eelistada paljasjuurelisi kuusetaimi, kuna neil on väiksem kõrguse/diameetri suhe, mis muudab nad alustaimestikuga konkurentsivõimeliseks. Kolmas esitatud hüpotees leidis samuti kinnitust – maapinna ettevalmistamise mõju metsa looduslikule uuenemisele sõltus nii puuliigist kui ka kasvukohatüübist. Männile sobilikes kasvukohatüüpides osutus maapinna ettevalmistamise mõju suuremaks kui kuusele sobilikes kasvukohatüüpides. Lehtpuud aga uuenesid jõudsalt ka ilma igasuguse sekkumiseta.

Ka neljas hüpotees leidis kinnitust – 11 aastat pärast maapinna mineraliseerimist erines loodusliku uuenduse arvukus mikrokasvukohtade lõikes. Töö tulemused näitasid, et männitaimede arvukus vähenes vaos, samas kui hariliku kuuse arvukus selles mikrokasvukohas suurenes. Mõlema okaspuuliigi puhul oli märgata taimede arvukuse tõusu aga nõlvadel. Lehtpuude puhul oli mineraliseeritud pinnal arvukus suurim nõlvadel ja viilul, vaos osutus see väikseimaks. Seega on ketasadra ketaste töönnurga seadistamisega võimalik kaasa aidata antud kasvukoha ja puuliigi uuenduse tekkele, näiteks suurendades nõlvade osakaalu kogu mineraliseeritud alal (Jäärats, 2018).

Tänuõnad. Uuringud valmisid institutsionaalsete uurimisprojektide IUT34-9 ja IUT21-4, Keskkonnainvesteeringute Keskuse projektide 07-06-8/255 ja 8-2/T7034MIMI ning sihtfinantseeritava projekti SF0170014s08 kaasabil. Autorid tänavad pikaaegseid kolleege Heino Seemenit ja Allan Simsi uuringuid puudutavate täpsustavate märkuste eest.

Kasutatud kirjandus

- Grossnickle, S.C., El-Kassaby, Y.A. 2015. Bareroot versus container stocktypes: a performance comparison. – *New Forests*, 47(1), 1–51.
- Helenius, P. 2005. Extension of the planting period of Norway spruce container seedlings: risks related to the drought – growth

- stage dynamics and handling practices. – *Dissertationes Forestales* 3. Helsinki, University of Helsinki. 46 pp.
- Jäärats, A. 2018. The Effect of Planting Stock and Soil Scarification on Forest Regeneration. – Doctoral thesis. Tartu, Estonian University of Life Sciences. 121 pp.
- Jäärats, A., Sims, A., Seemen, H. 2010. Growth parameters of coniferous planting stock influenced by principal growing technologies in Estonia. – *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(8), 92–100.
- Jäärats, A., Sims, A., Seemen, H. 2012. The effect of soil scarification on natural regeneration in forest microsites in Estonia. – *Baltic Forestry*, 18(1), 133–143.
- Jäärats, A., Tullus, A., Seemen, H. 2016. Growth and survival of bare-root and container plants of *Pinus sylvestris* and *Picea abies* during eight years in hemiboreal Estonia. – *Baltic Forestry*, 22(2), 365–374.
- Kerr, G. 1994. A comparison of cell grown and bare-rooted oak and beech seedlings one season after outplanting. – *Forestry*, 67(4), 297–312.
- Keskkonnaagentuur. 2016. Forest 2016 (Aastaraamat Mets 2016). Tartu, Keskkonnaagentuur. 293 pp. (In Estonian).
- Klavina, D., Gaitnieks, T., Menkis, A. 2013. Survival, growth and ectomycorrhizal community development of container- and bare-root grown *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings outplanted on a forest clear-cut. – *Baltic Forestry*, 19(1), 39–49.
- Lindström, A., Rune, G. 1999. Root deformation in plantations of container-grown Scots pine trees: effects on root growth, tree stability and stem straightness. – *Plant and Soil*, 217, 29–37.
- Nilsson, U., Luoranen, J., Kolström, T., Ölander, G., Puttonen, P. 2010. Reforestation with planting in northern Europe. – *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25(4), 283–294.
- Paal, H. 1991. Paberpoti taimed Eesti metsades. – *Eesti Mets*, 5, 27–31. (In Estonian).
- R Core Team 2014 R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [WWW document]. – URL <https://www.R-project.org/>. [Accessed 20 April 2017].
- Seemen, H. 1995. Maapinna ettevalmistamine ketasadrage DONAREN 190. – *Eesti Mets*, 11, 3–5. (In Estonian).
- Seemen, H. 2001. Mis on saanud 1980. aastatel paberpotitaimedega rajatud männikultuuridest? – *Eesti Mets*, 4–6, 9–11. (In Estonian).
- Seemen, H., Pikk, J. 1997. Results of plantation soil preparation by a new assembly. – *Baltic Forestry*, 3(1), 33–37.
- Terasmaa, T. 1991. Istutusmaterjali kvaliteet määrab noorendiku ilme. – *Mets ja Puu*, 3, 4–7. (In Estonian).

The effect of planting stock and soil scarification on forest regeneration

Andres Jäärats ja Arvo Tullus

Summary

The present research is a comparative analysis of how the main quality indices of containerized and barerooted coniferous (Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)) planting stock (plant height, root collar diameter (RCD), and their ratio; above-ground biomass, below-ground biomass, and their ratio) conform to the existing planting stock standards in Estonia. The height of Scots pine containerized seedlings exceeded that of barerooted seedlings by 20% ($p < 0.05$). The height of barerooted Norway spruce transplants exceeded that of containerized seedlings by 19% ($p < 0.05$). The RCD of containerized pine stock formed 70% and the corresponding index of containerized spruce stock formed 48% of the RCD of the barerooted plants of the same species. Planting is the preferred method for establishing coniferous plantations. However, only a few long-term trials have been conducted to compare the performance of different modern stock types within the large distribution range of these conifers. Our aim was to analyse how the growth and survival of Scots pine and Norway spruce were influenced by planting stock type up to eight years after planting in 12 experimental plantations established at prevailing sites for the test species in hemiboreal Estonia. Typically, containerized plants had better initial growth increment during the first two to three years but this difference disappeared during the latter years. The growth of Scots pine bare-root and container seedlings were similar while the growth of Norway spruce containerized seedlings was slightly inferior compared to barerooted plants. Survival of both

test species was independent of planting stock used. Overall, the similar growth performance of the two stock types suggests reforestation with container seedlings may be the preferable option, since these are produced more easily using intensive propagation methods which enable more convenient transportation and cause less planting stress. After clear-cutting, certain peatland and mineral areas were disc-trenched with Donaren 190 and inventoried after the first growing season. The inventory was performed using rectangular sample plots ranging in size from 10–15 × 10–20 meters. The number of all woody plants was determined by microsites – untreated area, furrow, slope, and ridge. The same inventory was redone 11 growing seasons later. After 11 growth years, a large number of Scots pine trees was found in *Vaccinium myrtillus*, *Rhodococcum*, and *Oxalis* site types and drained peatlands, with 2,600–5,300 trees per hectare. The number of pine plants on microsites on mineral soil was the greatest in furrows and on slopes (34% and 30%), and on peat soil on slopes and in untreated areas (47% and 53%). The number of naturally regenerated Norway spruce trees was the largest in *Oxalis-Rhodococcum*, *Vaccinium myrtillus* and *Oxalis* site types, with 2,000–3,000 plants per hectare. With regard to microsites, spruce plants were the most abundant in untreated areas and in furrows on mineral soil (31% and 24%) and in untreated areas and on slopes on peat soil (46% and 42%). Among deciduous trees, birches (*Betula pendula* Roth, *Betula pubescens* Ehrh.) and aspens (*Populus tremula* L.) as well as other deciduous trees were mostly growing in untreated areas on both mineral and peat soil.