



EESTI MAAÜLIKOOL
Metsandus- ja maachitusinstituut

Alari Kinep

**HARILIKU KUUSE EELUENDUSE
PÜSIPROOVITÜKKIDE KORDUSMÕÕTMINE JA
ANDMETE ANALÜÜS**

REMEASUREMENT AND DATA ANALYSIS OF PERMANENT
SAMPLE PLOTS OF NORWAY SPRUCE ADVANCE
REGENERATION

Magistritöö
Loodusvarade kasutamise ja kaitse õppekava

Juhendajad: vanemteadur Marek Metslaid, *PhD*
professor Kalev Jõgiste, *PhD*

Tartu 2015

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Alari Kinep		Õppekava: loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Hariliku kuuse püsiproovitükkide kordusmõõtmine ja andmete analüüs			
Lehekülgi: 49	Jooniseid: 9	Tabeleid: 7	Lisasid: 2
Osakond:	metsabioloogia		
Uurimisvaldkond:	metsandus		
Juhendaja(d):	vanemteadur Marek Metslaid, professor Kalev Jõgiste		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2014		
<p>Töö eesmärgiks oli uurida hariliku kuuse eeluenduse kasvu peale ülarinde alt vabastamist. Püstitati hüpotees vanuse seosest hariliku kuuse eeluenduse kasvuga lageraie järgselt.</p> <p>Töös kasutati andmeid Sihtasutuse Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas asuvalt kahelt püsiproovitükilt. Mõlemal proovitükil valiti välja 100 eeluenduse puud, mida mõõdeti igal aastal kasvuperioodi lõpus ning peale eeluenduse puude langetamist koguti neilt proovikettad aastarõngaste analüüsiks laboris.</p> <p>Töö tulemustest selgub, et hariliku kuuse eeluendus on võimeline näitama vabastamise järgselt kiirenevat juurdekasvu nii kõrguses kui ka diameetris, mis on kooskõlas ka varasemate uurimustega. Eeluenduse puud vajavad uute tingimustega kohanemiseks mõned aastad aega, mille jooksul vahetavad puud varjuokkad valgusokaste vastu ning vana metsa raiumisel väheneb juurkonkurents ja vabaneb kasvuks vajalikke toitaineid ja vett. Püstitatud hüpotees vanuse mõjust hariliku kuuse eeluenduse kasvule vabastamise järgselt tõestust ei leidnud, lageraiele reageerisid ühtmoodi hästi nii nooremate vanuseklasside kui ka vanemate vanuseklasside puud.</p> <p>Kokkuvõtteks võib öelda, et hariliku kuuse eeluendus kohaneb hästi uute keskkonnatingimustega peale ülarinde alt vabastamist ning on hästi ära kasutatav metsauuendustöödel.</p>			
Märksõnad: eeluendus, harilik kuusk, lageraie, vanus			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. HARILIK KUUSK	7
1.1. Perekond kuusk	7
1.2. Harilik kuusk	8
1.3. Kuusikud Eestis	9
2. RAIED	11
2.1. Lageraied	11
2.2. Turberaied	12
2.2.1. Aegjarkne raie	13
2.2.2. Häilraie	13
2.2.3. Veerraie	13
3. METSAUENDAMINE	14
3.1. Kuuse eeluendus	15
4. MATERJAL JA METOODIKA	16
4.1. Katseala kirjeldus	17
4.2. Välitööd	18
4.3. Labortööd	19
4.4. Andmetöötlus	20
5. TULEMUSED	24
5.1. Puude jaotus proovitükkidel	24
5.2. Üldised statistilised näitajad	27
5.3. Puude kõrguse kasv	29
5.4. Puude diameetri kasv	31

5.5. Puude aastarõngaste laius.....	33
5.6. Järeلكasvupuude vanuse mõju edasisele kasvule	35
6. ARUTELU	38
KOKKUVÕTE	40
KASUTATUD KIRJANDUS	42
LISAD.....	46
Lisa 1	47
Lisa 2.....	48

SISSEJUHATUS

Viimaste aastakümnete arengud metsamajanduses on võtnud suuna jätkusuutliku metsa majandamise poole. Jätkusuutlik metsa majandamine on lähenemine, mis tasakaalustab keskkonnaalased-, sotsiaalkultuurilised- ning majanduslikud eesmärgid, et pakkuda erinevaid metsa kasutusvõimalusi ning funktsioone (Wilkie *et al.* 2003). Jätkusuutlik metsamajandamine eeldab looduslähedaste põhimõtete rakendamist metsamajanduses. Looduslähedane metsamajandus seisneb metsas toimuvate looduslike protsesside ülevõtmises metsamajanduses, nende hulgas peamiselt uuendusraiate järgselt raielankide looduslikule uuenemisele jätmises (Laas 2001).

Metsa uuendamine on Eestis kohustatud Metsaseadusega. Metsauuendustöid ei pea teostama, kui hukkunud metsaosal või raiesmikul esineb Keskkonnaameti tehtud metsauuendusekspertiisi kohaselt sobiva liigilise koosseisu, piisava taimede arvu ja ülepinnalise paiknemisega looduslik uuendus (Metsaseadus 2015). Selleks on võimalik ära kasutada looduslikku eeluuendust.

Eeluuenduse kasutamine lühendab raieringi ning loob vertikaalse ja horisontaalse struktuuri peale raiet. Eeluuendus aitab leevendada keskkonnatingimusi peale raiet, vähendades aurumist maapinnalt, tuule mõju ja temperatuuriäärmusi ning pakub kaitset hilisemale looduslikule ja kunstlikule uuendusele (Murphy *et al.* 1998).

Eestis on loodusliku eeluuenduse kasutamine metsade uuendamisel kõige paremini rakendatav hariliku kuuse puhul, kuna harilik kuusk on varjusalliv ning ta suudab edukalt kasvada teiste puude turbe all ning tingimuste paranedes on kuusk võimeline reageerima nii kõrguse kui ka diameetri juurdekasvu suurenemisega (Tkatchenko 1958).

Raietel on oluline vältida elujõulise järelkasvu kahjustamist, mis on võimeline vabastamisele reageerima (Ferguson, Adams 1980). Puud, mis on elujõulised ja kasvavad võrdlemisi hästi vana metsa turbe all, näitavad head kasvu ka peale vabastamist (Tesch, Korpela 1992). Raietel vigastatud puud võivad kohe surra mehaaniliste vigastuste tõttu, näidata vigastuste tõttu väiksemat juurdekasvu või muuta kahjustuste tõttu oma kuju, vähendades hilisemat

kaubanduslikku väärtust. Vigastuste kaudu võivad puud nakatuda mädanikku tekitavatesse organismidesse või satuvad puud stressi ja on vastuvõtlikumad haigustele ja putukakahjustustele (Tesch *et al.* 1993).

Siiamaani on vähe teada, et kuidas ülarinde alt vabastatud puud uute keskkonnatingimustega kohanevad ning teema vajab oma aktuaalsuse tõttu laiapõhjalisemaid uuringuid, et oleks võimalik saadavaid teadmisi metsade majandamisel maksimaalselt arvesse võtta ja rakendada.

Käesolevas töös uuriti hariliku kuuse eeluenduse kasvukäiku lageraie järgselt kahe püsiproovitüki põhjal. Varasemates uurimustes ei ole käsitletud eeluenduse puude vanuse mõju nende edasisele kasvule peale lageraiet. Vähesed olemasolevad uurimused on andnud vastakaid andmeid: on leitud, et nooremad puud reageerivad ülarinde alt vabastamisele kiiresti ja hästi, aga samas reageerivad ka vanemad puud, kuigi mitte nii kiiresti (Ferguson, Adams 1980). Samas ei ole leitud seost vanuse ja järelkasvu reageerimise vahel peale ülarinde alt vabastamist (Crossley 1976). Käesoleva töö eesmärgiks oli uurida, et kas ja kuidas mõjutab eeluenduse puude erinev vanus vabastamise hetkel nende kasvu lageraie järgselt.

Töö esimeses osas kirjeldatakse kuuse perekonda (*Picea* A. Dietr.) ning antakse täpsem ülevaade hariliku kuuse (*Picea abies* (L.) Karst.) morfoloogiast, esinemisest ning kasutamisest. Kirjeldatud on kuusikute esinemist Eestis ja osakaalu metsamaal. Töö teine osa käsitleb erinevaid raieviise, metsauuendamise kohustust, hariliku kuuse kasutamist metsauuendustöödel Eestis ning hariliku kuuse looduslikku uuenemist. Materjali ja meetodika osas antakse ülevaade katsealadest, väli- ja labortöödest ning andmeanalüüsist, välja on toodud kasutatud valemid. Tulemuste osas on esitatud joonised ning tabelid andmete analüüsist, mida on täiendatud vajalike selgitustega. Arutelu osas võetakse töö tulemused kokku ja tuuakse välja seosed uurimuse tulemuste vahel.

Tänuavaldus

Autor tänab Eesti Maaülikooli vanemteadurit Marek Metslaidi ja professor Kalev Jõgistet juhendamise ning koostöö eest, mis aitasid käesolevat magistritööd koostada. Andmeanalüüsil olid suureks abiks vanemlaborant Sandra Metslaid ja professor Andres Kiviste, kes aitasid teoreetilised mõtted teoks teha.

1. HARILIK KUUSK

1.1. Perekond kuusk

Kuuse perekond (*Picea* A. Dietr.) kuulub paljasseemnetaimede (*Gymnospermae*) hõimkonda, väga laialdasse okaspuulaadsete (*Coniferales*) seltsi. Perekond kuusk kuulub männiliste (*Pinaceae*) sugukonda (Issain, Jurtsev 1969). Liike on kuuse perekonnas umbes 45 ja nad kasvavad põhjapoolkeral. Eriti rohkesti kasvab kuuse liike Ida-Aasias (Laas 1987). Kuused on levinud Euroopa, Aasia ja Põhja-Ameerika parasvöötmes. Paljud liigid moodustavad ulatuslikke taigametsi madalikest mägi-aladeni (Eichwald *et al.* 1970).

Kuuse perekonna liigid on suured, enam-vähem männasjate okstega puud. Sageli esineb ka männastevahelisi lühemaid külgakasve. Võra on kuuse perekonna liikidel enamikul koonusjas, harvem kuhikjas, eri vormidel ka sammasjas või kerajas. Vabalt kasvavatel puudel ulatub võra peaaegu maapinnani, mistõttu võivad ka alumised oksad juurduda (Laas 1987).

Kuuskede okkad on terveservalised: läbilõikes on nad kas rombjad (valged õhulõhed paiknevad igal tahul) või lamedad (õhulõheread on ainult okka alumisel küljel). Okkad kinnituvad võrsele spiraalselt väikeste padjakestega, mis jätavad võrse konarlikuks kui okkad varisevad (Laas 1987).

Õied on ühesugused, puud on ühekojalised. Isasõisikud asuvad eelmise aasta võrsetel okaste hõlmas, koosnevad paljudest kahe tolmukotiga tolmukatest, tolmuterad on kahe õhupõiega. Emasõisikud asuvad eelmise aasta võrsete tipul ja asetsevad õitsemise ajal püstiselt, hiljem rippuvalt. Käbid valmivad õitsemisaasta sügisel, jäädes pärast seemnete valmimist tühjalt puule. Kattesoomused on varjatud (Laas 1987).

Vaigukäigud paiknevad nii kooses, puidus kui okastes. Koor on nooremas eas sile, hiljem hakkab moodustuma soomusjas korp, mis ei ole kuigi paks (Laas 1987).

1.2. Harilik kuusk

Hariliku kuuse leviala asub põhjapoolkeral, 71° põhjalaiusest 32° põhjalaiuseni Põhja-Ameerikas ja 32° põhjalaiusest 23° põhjalaiuseni Euraasias. Harilik kuusk esineb nii Kesk- ja Kagu-Euroopa mägedes, Ida-Euroopa madalikul kui ka Skandinaavias (Boratynska 2007).

Hariliku kuuse võra kuju võib olla väga mitmesugune – koonusjas, kuhikjas või sammasjas. Üksikult kasvavatel puudel on võra laiem kui puistus. Oksad on noorelt teravnurga all, vanalt võra alaosas ripuvad. Lumerikastes kasvukohtades on võra kitsaskoonusjas, nõelja tipu ja lühikeste ripuvate okstega (Laas 2004).

Võrsed on paljad või hõbekarvased (pruunikad), roostepunased või hele-kollakaspruunid, nõrgalt läikivad. Okaste varisemisel jääb võrse karedaks. Pungad on teritunud tipuga, pruunid, vaiguta (Laas 1987).

Harilikul kuusel võib võrdlemisi selgesti eristada valgus- ja varjuokkaid: valgusokkad kinnituvad võrsele radiaalselt, läbilõikes on nad rombjad, terava tipuga. Varjuokkad on lamedamad, pehmemad ja rohelisemad. Okkad on keskmiselt 1,3-2,5 cm pikad, läbimõõt 0,1-0,2 cm, läikivad, tumerohelised. Okkad püsivad puul tavaliselt 6-7 aastat. Okast läbib juhtsoonte kimp, äärtes on kaks vastastikku paiknevat vaigukäiku (Laas 1987).

Koor on hallikaspruun, noorena pealt kestendav, vanas eas väikeplaatjas või soomusjas, väga harva esineb paksukorbalist vormi (Laas 2004).

Harilikul kuusel puudub sammasjuur, juurestik areneb maapinnas madalalt külgedele. Enamus juurestikust asub kuuse puhtpuistutes maapinna pealmises 10 cm kihis, segapuistutes kuni 35 cm sügavusel (Przybylski 2007). Kuna hariliku kuuse juurestik asub mullahorisontide kõige pealmistes kihtides ja sammasjuurt ei esine, osutub ta enamikes kasvukohtades väga tuulehellaks puuliigiks (Tkatchenko 1958).

Harilik kuusk õitseb mais. Isasõisikud on 1-2,5 cm pikad, moodustuvad eelmise aasta võrsetel okaste vahel. Algul on isasõisikud ümarad ja punased, pärast tolmlenemist ruljad, kollakad, alusel ümbritsetud heleroheliste soomusjate kattedelehtedega. Emasõisikud asuvad eelmise aasta võrsete tipus, on püstised, punased (violettjad) või rohelised (Laas 1987). Noorte kändide värvuse järgi eristatakse kahte vormi – tumepurpursete (*P. abies* f. *erythrocarpa*) või roheliste (*P. abies* f. *Clorocarpa*) kändidega. Kändid valmivad oktoobri

lõpuks, nende pikkus on (5)8-12(17) cm. Seemned on tumepruunid, tiib pruunikaskollane. Seemnete varisemine võib alata juba oktoobris kestes nõrgalt kogu talve, kuid massiline varisemine toimub märtsi II poolel ja aprillis (Laas 2004).

Harilik kuusk on varjutaluv puuliik, mis aitab kaasa tema laialdasele levikule. See võimaldab tal teiste puuliikide turbe alla jäädes järk-järgult neid välja tõrjudes puistus domineerivuse saavutada (Tkatchenko 1958).

Viljakandvus algab kuusel 20-30 aastasel ning see toimub ainult sobivates valgustingimustes, kändid esinevad peamiselt I ja II kasvuklassi puudel. Head käbiaastad korduvad (4)5-(6)9 aasta tagant, areaali lõunaosas sagedamini, põhjaosas harvemini (Laas 2004).

Eesti kõrgeim kuusk on kasvanud Kilingi-Nõmme metsades – langetatult 52 meetrit. Enne esimest maailmasõda langetati Tartu metskonnas 41-meetrine puu, mille rinnasdiameeter oli 142 cm ja tüve maht 12,5 m³ (Laas 2004).

Hariliku kuuse puit on vaigurikas, kerge ja pehme, tema mehaanilised omadused ei ole kõrged. Värvuselt on puit valge, pisut kollaka varjundiga. Kasutatakse ehitusmaterjalina, temast toodetakse tselluloosi ja paberimassi. Koorest saadakse parkaineid ja vaiku, ka kände kasutatakse vaigu saamiseks. Kuuse seemned sisaldavad kuni 30% ulatuses õli, mida kasutatakse lakkide valmistamiseks. Puidu utmisel on võimalik saada vaiku, kampolit, tärpentini ja pigi (Eichwald *et al.* 1970).

1.3. Kuusikud Eestis

Keskkonnateabe Keskuse andmetel kasvab harilik kuusk Eestis peapuuliigina 378 100 hektaril, mis moodustab 16,9% kogu metsamaa pindalast. Kuusest suuremal alal kasvab peapuuliigina harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.) 721 100 hektaril (32,3%) ning aru- ja sookask (*Betula pendula* Roth. ja *Betula pubescens* Ehrh.) 697 400 hektaril (31,2% metsamaa pindalast). Tagavara poolest on kuusk männi järel teisel kohal, kokku 107 503 000 m³, moodustades kogu puidu tagavarast 23,4%. Riigimetskondade kogu kuuse puidu tagavara on kokku 47 268 000 m³, ülejäänud tagavara kuulub eraomandisse (60 235 000 m³).

Metsatüübilt on 45,4% kuusikuid laanemetsad (167 800 ha) ja 25,4% palumetsad (93 900 ha). Kuusikute keskmine boniteet on riigimetsades 1,3 ja erametsades 1,6. Keskmine tagavara juurdekasv aastas on riigimetsades 8,9 m³/ha ja erametsades 7,9 m³/ha. Kuusikute keskmine hektaritagavara oli 2012. aastal 216 m³ ja keskmine vanus 57 aastat, millest vanemad vaid männikud – puistu vanus keskmiselt 72 aastat. Kõige kõrgema boniteediga kuusikud asuvad Põlva-, Valga- ja Tartumaal (Aastaraamat... 2013).

2. RAIED

Raied mõjutavad tugevasti nii puude kui kogu metsataimestiku ja –loomastiku elukäiku. Mida rohkem puud raiutakse, seda tugevam on raiete mõju. Raietööd avaldavad mõju läbi mulla tihendamise, masinate jälgede, raiejäätmete ja nende paigutuse, järelkasvu säilitamise (kas on säilitatud või mitte ja millises seisukorras) ning seemnepuude seisukorra (Laas 2001).

Uuendusraie teostatakse, kui mets on saavutanud raieküpsusvanuse või küpsusdiameetri, mis on sätestatud metsaseaduses vastavalt puuliigile ja boniteedile (Laas 2001). Hariliku männi puhul on küpsusvanus sõltuvalt boniteediklassist 90-120 aastat, harilikul kuusel 80-90 aastat, aru- ja sookasel 60-70 aastat, harilikul haaval 30-50 aastat, sanglepal 60 aastat, kõvadel lehtpuudel (tamm, saar, jalakas, künnapuu või vaher) 90-130 aastat. Teiste puuliikide raie on lubatud igas vanuses. Küpsusvanusest nooremate männikute, kuusikute ja kaasikute raie on lubatud, kui nende enamuspuuliigi rinnasdiameeter on saavutanud küpsusdiameetri, mis harilikul männil on 28 cm, harilikul kuusel 26 cm ning aru- ja sookasel sõltuvalt boniteediklassist 16-26 cm. Raie küpsusdiameetri järgi on lubatud kui lageraiele eelneva viie aasta jooksul toimunud harvendusraiet (Metsaseadus 2015).

Uuendusraied jagunevad lage- ja turberaieteks vastavalt raiutavate ja alles jäetavate puude hulgaile ning raieaja pikkusele (Laas 2001).

2.1. Lageraied

Lageraie puhul raiutakse puud raielangilt ühe aasta jooksul mitte suuremalt pinnalt kui 7 hektarit. Lageraielanki eraldades tuleb mõelda juba metsa uuendamise peale. Selleks tuleb hinnata olemasolev järelkasv ja planeerida raietööd selliselt, et järelkasv säiliks. Tulevase raiesmiku uuendamiseks valitakse raielanki ette valmistades parimate omadustega puud seemnepuudeks, kui on eeldus neilt seemne saamiseks ja raiesmikul seemnete idanemiseks

ning seemnepuud on üksikult kasvades tormikindlad. Lisaks järelkasvule ja seemnepuudele säilitatakse lageraie käigus säilikuud (Laas 2011).

Säilikpuud valitakse erinevate puuliikide esimese rinde suurima diameetriga puude hulgast, eelistades kõvalehtpuud, mände ja haabasid, samuti eritunnustega nagu põlemisjälgede, õõnsuste, tuuleluudade või suurte okstega puud. Suurematel raiesmikel jäetakse säilikuud gruppina. Säilikuud jäävad metsa alatiseks ja koristamisele ei kuulu (Metsa majandamise... 2015). Säilikuud jäetakse metsa elurikkuse säilitamiseks.

Lageraie on metsamajanduslikust seisukohast tulusaim viis metsa majandada. Raie toimub ühes järgus ja raiele tehtavad kulud on väiksemad kui turberaiete korral.

2.2. Turberaied

Turberaieid kasutatakse seal, kus lagedate raiesmike esinemine pole lubatud või on ebasoovitatav või kus esineb arvestaval hulgal väärtuslikku eeluendust, mida saab säilitada uue metsapõlvena. Turberaieid kasutatakse soodustamiseks uue metsapõlve teket vana harvendatud metsa all või vana metsa turbe all eelkõige kohtades, kus lageraie korral ei soosi ebasoodsad tingimused loodusliku uuenduse teket ja arengut (Laas 2001).

Turberaieid on lubatud teha kõigi kasvukohatüüpide hall-lepikutes, sanglepikutes, haavikutes, männikutes, kaasikutes ja kõvalehtpuupuistutes (Metsa majandamise...2015).

Turberaieid kasutatakse võrreldes lageraiega vähe, Keskkonnateabekeskuse andmetel teostati uuendusraieid 2013. aastal kokku 40 643 hektaril, millest 37 140 hektari viidi läbi kasutades lageraieid ja 3 503 hektaril turberaieid teel. 2013. aastal saadi lageraieidest 8 386 857 m³ puitu, turberaieidest 246 342 m³ puitu (Aastaraamat...2013).

Turberaie läbiviimine on majanduslikult kulukam kui lageraie, see tähendab et 1 m³puudu ülestöötamise kulu on suurem. Uuendamiskulud on turberaieid väiksemad kui lageraieid, sest uuendus tekib looduslikult (Laas 2001).

Turberaieid jagunevad aegjärkseks, häil- ja veerraieiks (Metsaseadus 2015)

2.2.1. Aegjärgne raie

Aegjärgse raie puhul raiutakse uuendamisele kuuluv mets ühtlaselt harvendades üle kogu raielangi 10-20 aasta jooksul 2-4 raiejärguga. Järkude arv ja kordusperiood sõltub puuliigist, täiusest, kasvukohast ja järelkasvu või II rinde olemasolust (Laas 2001).

2.2.2. Häilraie

Häilraiet kasutatakse eelkõige männi järelkasvu saamiseks ja säilitamiseks vana metsa sees väikestel lagendikel – häiludel. Vana mets langetatakse 20-40 aasta jooksul korduvate järkudena häilusid laiendades ja viimastel järkudel raiudes kogu raielangi pindalal. Algul raiutakse sisse 4 häilu hektari kohta, mille läbimõõt on 20-25 meetrit, neid laiendatakse 5-8 aasta tagant, suurendades häilu raadiust umbes 5 m võrra. Häilraie olulisimaks eeliseks aegjärgse raie ees on järelkasvu väiksem kahjustamine hilisemal raiejärgul (Laas 2001).

2.2.3. Veerraie

Veerraie korral raiutakse uuendamisele kuuluvas metsas puud langi servast lageraie korras korduvate raiejärkudena mitte rohkem kui puistu kõrguse laiuselt. Lagedaks raiutud riba kõrval raiutakse järelkasvu olemasolu korral üksikpuud või häilud puistu kõrguse laiuselt. Lageraieala võib laiendada pärast eelmise raiejärguga lagedaks raiutud metsaosu uuenemist (Metsaseadus 2015). Veerraie sobib eelkõige II-IV boniteedi männikute uuendamiseks, aga ka kuuse jaoks (Laas 2001).

3. METSAUUENDAMINE

Lageraie järgselt võivad inimese kaasabita toimuda metsaökosüsteemis muudatused, mille tulemusena võib mets jääda uuenemata või uueneda kasvukoha tootlikkusele mittevastavate puuliikidega. Samas on metsasektori jätkusuutliku arengu tagamiseks vaja rakendada metsauuendamise võtteid (Laas 2001).

Metsaomanik on kohustatud rakendama metsauuendamise võtteid ulatuses, mis vähemalt viis aastat (loo kasvukohatüüpides 10 aastat) pärast raiet või metsa hukkumist tagavad uuenenud metsa. Metsaomanik on kohustatud rakendama metsa uuendamise võtteid vähemalt 0,5 hektari suuruse pindalaga hukkunud metsaosades või raiesmikel kahe aasta jooksul hukkumisest või raiest alates, välja arvatud sinika, karusambla, siirdesoo, madalsoo, raba, lubikaloo, osja, tarna, sõnajala, angervaksa ja lodu kasvukohatüüpide puistute raiesmikel ja hukkunud metsaosades (Metsaseadus 2015).

Metsa uuendamise võtted on:

- 1) maapinna ettevalmistamine puuseemnete külvamise ja puude istutamise võimaldamiseks või loodusliku uuenduse tekkele kaasaaitamiseks;
- 2) puuseemnete külvamine;
- 3) puude istutamine;
- 4) metsakultuuri hooldamine;
- 5) loodusliku uuenduse tekke ja arengu soodustamine muul viisil.

(Metsaseadus 2015)

Metsaseaduse tähenduses loetakse mets uuenenuks, kui alal, kus mets hukkus või maha raiuti, kasvab ülepinnaliselt paiknevaid metsakasvukohatüübile sobiva liigi puid, mille mõõtmed ja kogus tagavad uue metsapõlvkonna tekke (hariliku kuuse puhul vähemalt 1000 0,5 m kõrgust ja kõrgemat puud). Puude olemasolu pole nõutav hukkunud metsaosas või raiesmikul paiknevates looduslikes sulglohkudes, oksavallidel ja raidmetega tugevdatud kokkuveoteedel (Metsaseadus 2015).

Metsa uuendamise võtete rakendamine pole kohustuslik, kui hukkunud metsaosal või raiesmikul esineb Keskkonnaameti tehtud metsauuendusekspertiisi kohaselt sobiva liigilise koosseisuga, piisava taimede arvu ja ülepinnalise paiknemisega looduslik uuendus (Metsaseadus 2015).

2013. aasta Keskkonnateabekeskuse andmetel tehti metsauuendamistööid kokku 12 771,8 hektaril, millest 9 778,7 ha-l toimusid istutustööd. Looduslikule uuendusele aidati kaasa 2 137,2 hektaril ning külvati 855,9 hektarile. Harilik kuusk on Eestis enim kasutatav puuliik metsauuendustöödel. 2013. aastal uuendati kuusega istutuse teel 6539,6 ha mis moodustab üle poole kogu metsauuendamistöödest (võrdluseks harilikku mäнди 2530,7 ha) (Aastaraamat... 2015).

3.1. Kuuse eeluendus

Kuusk uueneb seemnetest ja mõnikord võrsikutest – juurdunud alumistest okstest, mille tipud kerkivad ülespoole, andes niimoodi alguse uuele taimele. Kuuse kasv on esimestel aastatel, kuni 5. kasvuaastani, aeglane. Esimesel aastal kasvab kuusk kõigest 4-5 cm, 10-aastaselt ei ületa ta kõrgus tavaliselt 1-2 m. Pärast seda suureneb soodsates tingimustes kuuse kõrguse juurdekasvu aastas 50-100 cm ja juba 20-30 aasta vanuses jõuab järele sama vanale männile. Emapuistu turbe all, kus on tugevad varjamise ja toitainete vähesuse tingimused, kasvab kuuse järelkasv üldiselt väga aeglaselt. Peale valgusesse sattumist on rõhutatud järelkasv võimeline näitama kiirenevat kõrguskasvu (Tkatšenko 1958). Sarnaseid tulemusi on esitanud ka mitmete teiste autorite töödes: Koistinen, Valkonen 1993, Metslaid *et al.* 2005a, Metslaid *et al.* 2005b. Selline järelkasv kasvab eriti hästi viljakatel muldadel (Tkatšenko 1958). Noor ja heas seisukorras vähemalt 0,5 m kõrgune ülarinde alt vabastatud kuuse eeluendus võib kasvada sama hästi ja kiiresti kui kuusekultuur (Laas 2001).

Hariliku kuuse eeluendus näitab üldiselt varasemaga võrreldes oluliselt suuremat juurdekasvu neljandal või viiendal aastal peale ülarinde alt vabastamist (Koistinen, Valkonen 1993). Puud, mis on kohanenud varjutingimustega, on nõrgema fotosünteesivõimega võrreldes soodsates valgustingimustes kasvanud puudega (Ruel *et al.*

1999). Sattudes parematesse valgustingimustes hakkavad eeluenduse puud varjuokkaid valgusokaste vastu vahetama, milleks kulub umbes 5 aastat (Laas 2001).

4. MATERJAL JA METOODIKA

4.1 Katseala kirjeldus

Käesoleva uurimistöö jaoks vajalike andmete kogumiseks rajati katsealad, mis asuvad Sihtasutuse Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna territooriumil, Meeksi vallas Tartumaal.

Esimene katseala asub kvartalis 269, eraldusel 3 edaspidi prtk. 269 (lisa 1). Eralduse pindala oli 2,5 ha, puistu koosseis 7 Ku 2 Ks 1 Hb. Katseala kasvukohatüüp on jänesekapsa-mustika ja boniteet 1. Antud eraldusel teostati lageraie 1995-1996 aasta talvel. Raiesmikku iseloomustavad hästi kaks loodusliku uuenduse gruppi, mis paiknesid 400 m² alal tihedusega ligikaudu 2500 puud hektari kohta. Esimene grupp oli kuni lageraieni olnud vana metsa all ja sealne uuendus oli võrreldes teise grupiga tunduvalt halvemas seisukorras. Teine grupp asus varem säilinud häilus, mis oli kuuse järelkasvu tekkeks soodne. Teise grupi puud olid saanud valgust esimese grupiga võrreldes rohkem, seega oli nende kõrgus ja juurdekasv suurem, puude üldine tervislik seisund oli hea. Lisaks olid ka mõned üksikud puud üle raiesmiku.

Teine katseala loodi 2000. aasta suvel kvartalil 229, eraldusel 8, edaspidi prtk. 229 (lisa 2). Eralduse pindala oli 1,1 ha, puistu koosseisus 9 Ku 1 Mä. Katseala kasvukohatüüp on jänesekapsa-mustika ja boniteet 1. Lageraie teostati sellel eraldusel 1999-2000 aasta talvel. Proove ja andmeid hakati koguma alates 2000. aastast, peale raie toimumist. Suurem osa puud paikneb ühes grupis, kuid umbes 15 puud asub neist eemal teises grupis. Puud paiknesid 500 m² alal tihedusega ligikaudu 2000 puud hektaril.

Proovitüki 269 esimesed proovid võeti 1995. aasta kevadel, seega enne lageraie toimumist. Puud olid kasvanud varjutingimustes ja polnud veel ülarinde alt vabastatud. Proove võeti kuni viis aastat peale vabastamist. Proovitüki 229 mõõtmisandmed algavad esimese aastaga pärast raie toimumist kuni 15 aastat peale raiet. Proovitükkide mõõtmisandmed aastate kaupa on esitatud tabelis 1.

Tabel 1. Proovitükid vastavalt valguses kasvanud aastatele.

Aastaid valguses	Proovitüki nr.	
	229	269
0	-	1995
1	2000	1996
2	2001	1997
3	2002	1998
4	2003	1999
5	2004	2000
6	2005	-
7	2006	-
8	2007	-
9	2008	-
10	2009	-
11	2010	-
12	2011	-
13	2012	-
14	2013	-
15	2014	-

4.2. Välitööd

Välitööd teostati Järveljal proovitükil 269 alates 1995. aastast (aasta enne lageraie toimumist) igal järgneval aastal kuni aastani 2000, mil toimus lageraie. Proovitükil 229 teostati välitööd alates aastast 2000 (üks aasta peale lageraie toimumist) kuni aastani 2014, mil toimus proovitükil lageraie. Välitööde käigus mõõdeti proovitükkidel kuuse järelkasvu.

1995-1996 talvel toimus proovitükil 269 lageraie, mille järgselt rajati katseala kuuse järelkasvu andmete kogumiseks. Peale raiet valiti välja sobivad 100 puud objektpuudeks, mis märgistati nummerdatud metall-lipikutega. Proovitükil 229 valiti sobivad puud ja märgistati metall-lipikutega aastal 2000.

Mõõdeti objektpuude kõrgused kasutades võimalusel 3,5-meetrist mõõdulatti ja suuremate puude kõrgused mõõdeti Vertex kõrgusemõõtjaga, mis eelnevalt kalibreeriti mõõdulindi abil. Mõõdeti puude läbimõõdud juurekaelalt millimeetri täpsusega, suuremate puude puhul klupiga, väiksematel puudel nihkkaliibriga. Mõõdeti laduvavõrsete pikkused ja võeti

külgvõrsed laborisse analüüsimiseks. Külgvõrsed lõigati aiakäärde abil, kõrgemate puude puhul Fiskars teleskoopkäärdega. Konkurentsiiindeksi arvutamiseks mõõdeti kõik objektpuust 2 m radiuses paiknevad konkurentpuud. 1997. aasta mõõtmisel võeti kahe eelmise vegetatsiooniperioodi võrsed (1995, 1996). Järgnevatel aastatel võeti möödunud vegetatsiooniperioodi võrse puu võra ülemisest kolmandikust. Võrsete pikkused mõõdeti ja võrsed koguti paberümbrikutesse, mis vastavalt tähistati puu numbri ja proovitüki numbriga.

Kordusmõõtmised toimusid ühe meetodika alusel igal aastal vegetatsiooniperioodi lõpus. Käesoleva töö autor osales andmete kogumisel ja nende analüüsil alates 2014. aastast. Välitöid aitas teostada Marek Metslaid ning andmete analüüsi aitasid läbi viia Sandra Metslaid ja Andres Kiviste. Käesolevas töös on kasutatud ka varasemate mõõtmiste andmestikku ja selle analüüsi tulemusi (Kari *et al.* 2000; Kari, Jõgiste 2001; Jõgiste, Metslaid 2002; Metslaid 2004; Piir 2008; Kaljund 2014).

Proovitüki 269 puud langetati 2001. aasta talvel (jaanuaris) ning proovitüki 229 puud langetati 2014. aasta sügisel (septembris). Enne puude langetamist märgiti aerosoolvärviga proovipuudele põhjasuund. Mõlema proovitüki langetatud puudelt võeti juurdekasvude analüüsikettad puude juurekaelalt. Analüüsikettad lõigati 5 cm paksused, mis sobisid edasiseks töötlemiseks ja andmete kogumiseks. Iga prooviketta alumisele poolele märgiti markeriga põhjasuund ning proovipuu number. Proovitüki 269 kettad olid analüüsitud eelnevatel aastatel, proovitüki 229 proovikettad analüüsiti töö autori poolt.

Proovitükilt 229 langetatud puudelt lõigatud proovikettad hoiustati Eesti Maaülikooli Metsamaja keldris asuvas külmkambris (temperatuuril -5°C), et vältida puidu kuivkahanemist ja saada mõõtmisel võimalikult täpsed andmed.

4.3. Labortööd

Proovikettad võeti labortöödeks külmakambrist, kus neid hoiustati, välja ainult labortööde toimumise ajaks. Proovikettad võeti külmakambrist korraga viie prooviketta kaupa, misjärel peale laboris töötlemist või aastarõngaste lugemist toimetati need tagasi külmkambrisse ja võeti välja järgnevad proovid.

Laboris tuli puudelt lõigatud prooviketattad aastarõngaste lugemiseks ja edasiseks analüüsimiseks eelnevalt töödelda. Töötlemisel lihviti Eesti Maaülikooli Metsamaja metsatööstuse laboris asuvat lintlihvijat kasutades proovikettad aastarõngaste lugemiseks sobivaks. Esmalt töödeldi prooviketta ülemine pool, kust loeti andmed, lihvlindiga karedusega P120 ning seejärel viimistleti lihvlindiga karedusega P400. Mõõtmiseks kasutati stereomikroskoopi *Lintab* ja arvutiprogrammi *TSAP-winTM*.

Lintab on puude aastarõngaste mõõtmiseks kasutatav täpne mõõtmisseade, mida kasutatakse dendrokronoloogias. Seade on varustatud kõrge lahutusvõimega stereomikroskoobiga, mis võimaldab mõõtmisi teostada 0,01 mm täpsusega. Mõõtmisseade on ühendatud arvutiga, millele on intalleeritud *TSAP-winTM*-tarkvara, mis võimaldab mõõtmisandmeid salvestada, visualiseerida ja analüüsida (Rinn 2003).

Mõõtmisel *Lintab* süsteemiga märgiti prooviketastele esmalt põhja-lõuna ning lääne-ida suunad, märkides vastavad märkejooned hariliku pliatsit ja joonlauda kasutades läbi puiduketta säsi. Kuna prooviketastel esines palju ränipuitu, mis raskendab aastarõngaste lugemist, siis üritati seda mõõtmistel vältida ja mõõdeti ketastel suunad, mis olid võimalikult vabad ränipuidust. Igal kettal mõõdeti kaks suunda servast säsini, saades kaks tulemust, mis salvestati koos ketta andmetega (prooviketta number, mõõtmis-suunad ja muud märkmed) arvuti kõvakettale. Mõõtmisel ei eristatud kevad- ja sügispuitu, mis on *Lintab* – süsteemi kasutades võimalik, kuna eeluuenduse proovid ei võimaldanud nende eristamist.

4.4. Andmetöötlus

Andmete sisestamiseks ja edasiseks analüüsiks oli olemas varasem andmebaas, kus oli olemas mõõdetud ja arvutatud andmeid eelnevate aastate mõõtmistest. Autor täiendas olemasolevat andmebaasi välitöödelt ja labortöödelt saadud andmetega. Andmebaasi sisestati andmed MS Exceli programmi kasutades ja andmebaasi muudeti edasiseks kasutamiseks statistikaprogrammis R, kus toimus andmete analüüs.

Andmebaasist jäeti välja proovitükid, mis antud töö koostamisel ei omanud tähtsust. Andmebaasis on olemas proovitükkide 229 ja 269 andmed, mille analüüsile töö keskendub.

Välja on toodud proovitüki numbrid, puude numbrid, mõõtmisaasta, kasv valguses (mitmes aasta pärast lageraiet).

Lintab-i kahe suuna mõõtmisest tuli leida keskmine väärtus, et arvutada aastarõnga laius (cm), diameetri juurdekasv (cm), aastarõnga laius (mm), diameetri juurdekasv (mm), aastarõnga pindala (mm²) ning suhteline juurdekasv (%). Suhteline juurdekasv arvutati valemi 1 järgi:

$$RGR = \frac{D_{juurdekasv}}{D} * 100\% \quad (1)$$

kus

RGR on suhteline juurdekasv,

$D_{juurdekasv}$ on diameetri juurdekasv vaadeldaval aastal,

D on puu kogudiameeter vaadeldaval aastal.

Proovitükkide rajamisel kaardistati eeluenduse puud kasutades bussooli ja mõõdulinti. Puude kaardistamise tulemusena oli võimalik arvutada konkurentsindeksid valemi 2 järgi, mis arvutab indeksid suuruste ja kauguste suhtarvude põhjal (Hegyí 1974):

$$K = \left(\frac{H_k}{H_0} * \frac{1}{S_k} \right) \quad (2)$$

kus

K on konkurentsindex,

H_k on konkurentpuu kõrgus,

H_0 on objektpuu kõrgus,

S_k on kaugus konkurentpuuni.

Lisaks täiendati andmebaasi viimaste aastate kõrguste (cm) ja diameetritega (cm).

Andmebaas sisaldab ka andmeid võrsete kohta: külgvõrse pikkus (cm), külgvõrse okkamass (g), külgvõrse okkamass külgvõrse pikkusühiku kohta (g/cm), külgvõrse okaste arv (tk), ladvavõrse pikkus (cm), 5 külgvõrse okkamaht (mm³) ning külgvõrse 5 okka keskmine pikkus (mm). Käesoleva töö kontekstis neid näitajaid ei uuritud, kuna nende mõju eeluuenduse kasvule on uuritud mitmes varasemas lõputöös (Metslaid 2002; Piir 2008; Kaljund 2014).

Proovitükkide andmete uurimiseks selgitati, et kas proovitükid on omavahel sarnased ja kas neid saab võrrelda koos või tuleb seda teha eraldi. Selleks kasutati statistikaprogrammis R student-i t-testi. Proovitükid olid oluliselt erinevad nii vanuse ($P = 0.01065$), diameetri ($P = 1.128e-15$) kui ka kõrguse ($P=1.62e-10$) poolest, seega oli mõistlik analüüsi esimeses pooles käsitleda neid eraldi.

Analüüsi teises osas ühendati suurema andmestiku tekitamiseks kahe proovitüki andmed, et uurida vanuse mõju kuuse järelkasvule. Puud jaotati viide erinevasse vanuseklassi, mis on esitatud tabelis 2. Vanuseklassid loodi 10-aastase intervalliga, välja arvatud esimene ja viimane vanuseklass, mis loodi 20-aastase intervalliga, et ühtlustada puude jaotust vanuseklassidesse.

Tabel 2. Puude jaotus vanuseklassidesse.

Vanuseklass	Vanus
I	0-20
II	20-30
III	30-40
IV	40-50
V	50-70

Ühendatud andmebaasi analüüsiti statistikaprogrammis R, kus loodi statistiline mudel andmete analüüsiks. Analüüsiks kasutati mitmest dispersioonanalüüsi, mis võimaldab mudelisse lisada rohkem kui kahte erinevat komponenti. Mudelis vaadeldi erinevate komponentide mõju puude aastarõngaste laiuzele. Mudelisse lisati lisaks vanuseklassile ka teisi tunnuseid, et selgitada nende mõju puude juurdekasvule. Aastarõnga laius valiti seotavaks tunnuseks, kuna tegemist on oluliselt täpsema näitajaga kui puude kõrgus või diameeter. Mudel esitati kujul (valem 3):

irmm ~ AA+PR+VK+Konkurents

(3)

kus

irmm on aastarõnga laius millimeetrites,

AA on individuaalne aasta,

PR on proovitükk,

VK on loodud vanuseklassid,

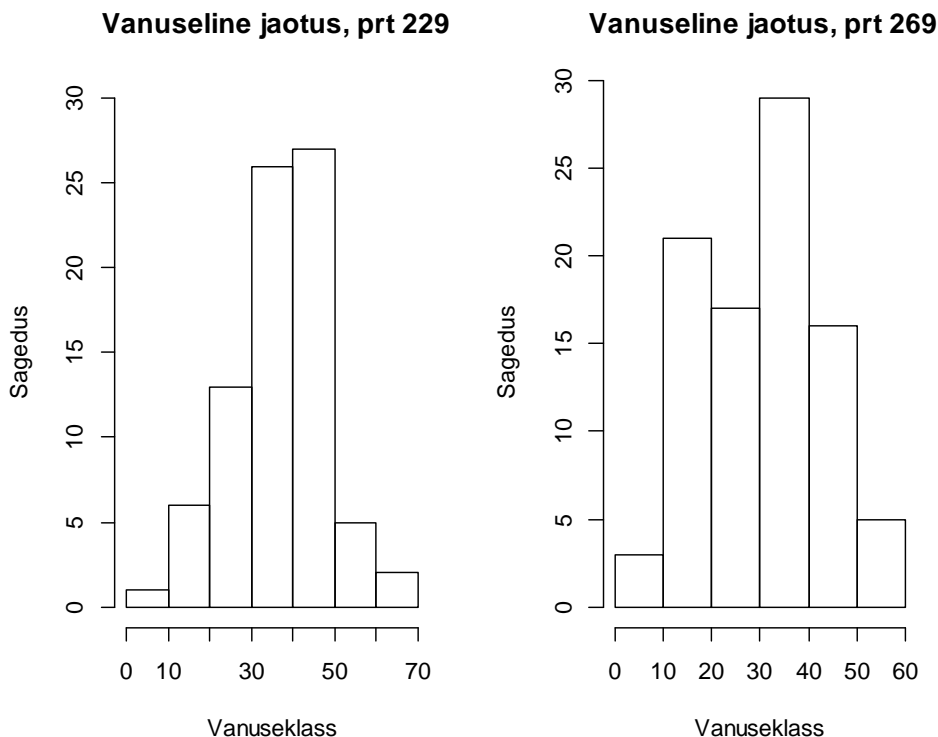
Konkurents on konkurentsindeks.

5. TULEMUSED

5.1. Puude jaotus proovitükkidel

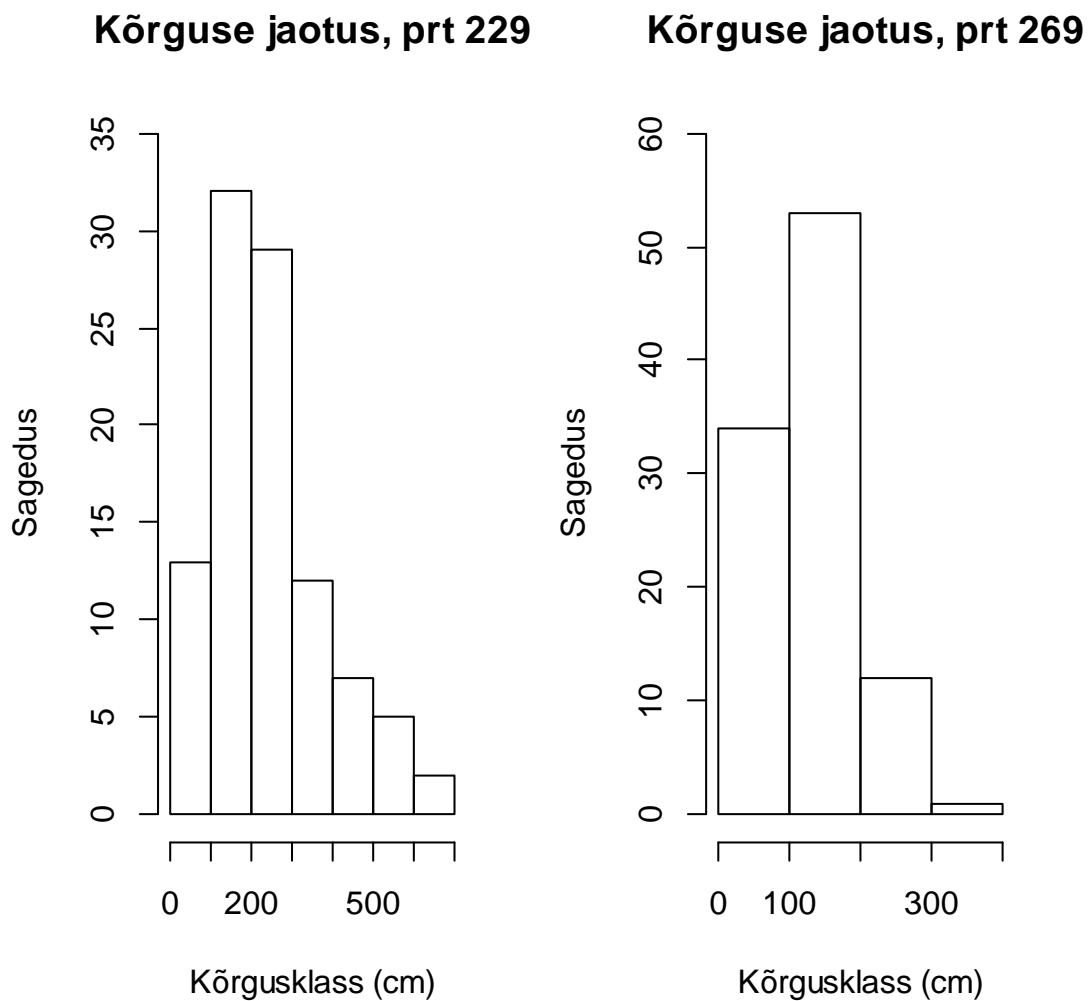
Joonisel 1 on kujutatud proovitükkide vanuselist jaotust, joonisel 2 kõrguse jaotust ja joonisel 3 diameetri jaotust. Kõigil kolmel jaotusel oli valimi mahuks mõlemal proovitükil 100 puud ning joonised kirjeldavad algseisu, proovitükil 229 väärtusi aastal 2000 (raiejärgsel aastal) ja proovitükil 269 väärtusi aastal 1995 (raie-eelsel aastal).

Mõlemal proovitükil oli enim puid vanuseklassides 30-50, proovitükil 229 53 puud ning proovitükil 269 45 puud. Klassidest kõige suurema sagedusega on proovitüki 229 vanuseklass 40-50 aastat, kuhu kuulub 27 puud ja sellele järgneb vanuseklass 30-40, kus on 26 puud. Proovitükil 269 kuulub vanuseklassi 30-40 aastat 29 puud.



Joonis 1. Proovitükkide vanuseline jaotus.

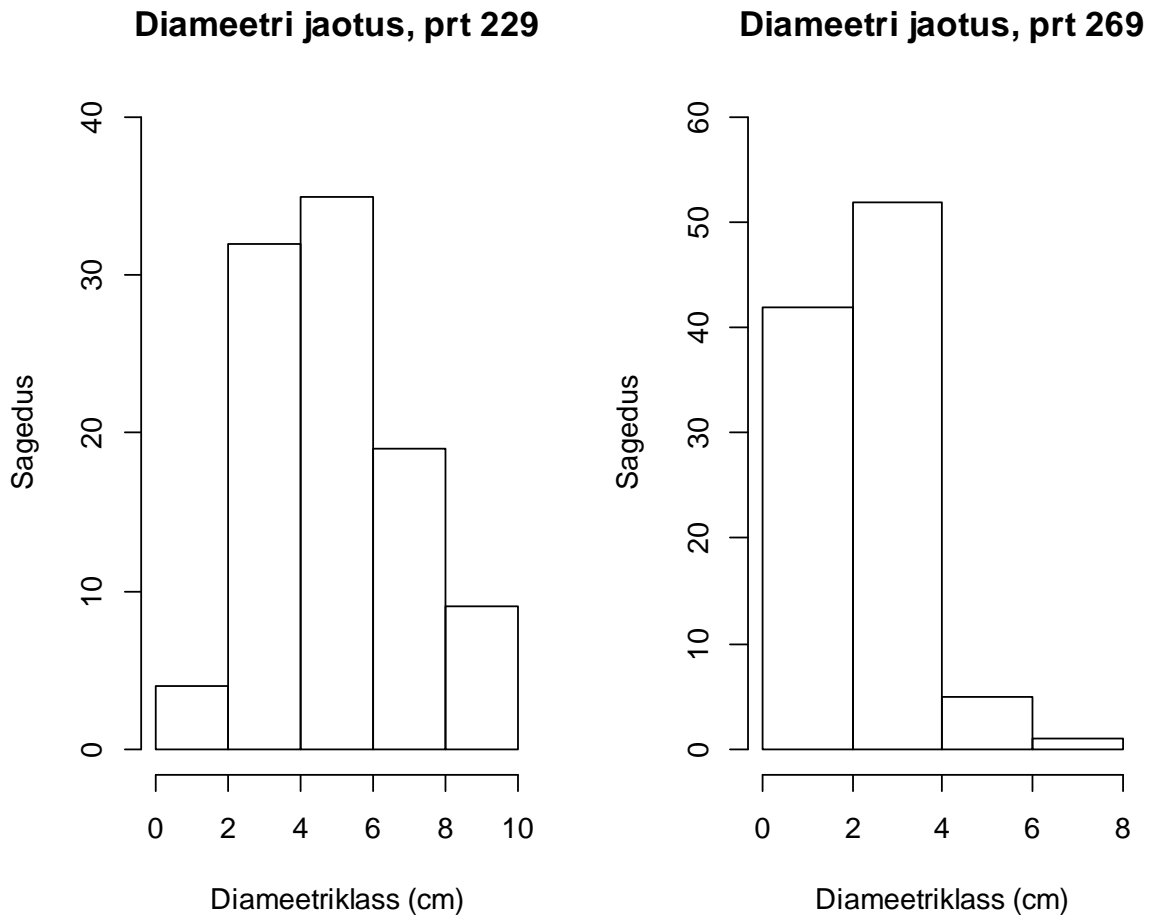
Puude kõrgused proovitükkidel on suuresti erinevad, proovitükil 269 kasvasid oluliselt väiksemad puud. Proovitükil 269 oli kõigest üks puu kõrgem kui 3 meetrit, proovitükil 229 oli kõrgemate kui 3 m puude arv 23. Proovitükil 229 oli kõige rohkem puid kõrgusklassides 100-300 cm, kokku 61 puud. Proovitükil 269 kuulus enamus puudest kõrgusklassidesse 0-200, moodustades 87 % valimi mahust (82 puud) ning 53 % valimist (53 puud) kuulus kõrgusklassi 100-200 cm..



Joonis 2. Proovitükkide kõrguse jaotus (cm).

Diameetri jaotusel kuulus proovitükil 229 enim puid klassidesse 2-6 cm, moodustades 67% valimi mahust, kõige rohkem oli puid diameetriklassis 4-6, kokku 36 puud. Proovitükil 269

olid puud oluliselt väiksema diameetriga, 52 % valimi mahust kuulus klassi 2-4 cm ning 94 % puudest oli diameetriklassides 0-4cm.



Joonis 3. Proovitükkide diameetri jaotus (cm).

Proovitükkide võrdluses olid proovitükid kõige sarnasemad vanuselise jaotuse poolest, mõlemal proovitükil kuulus vähemalt pool valimi mahust klassidesse 30-50 aastat. Kõrguse- ja diameetriklassidesse jagunemine oli suuresti erinev. Proovitükil 229 kasvasid kõrgemad ja suurema diameetriga puud kui proovitükil 269.

5.2. Üldised statistilised näitajad

Kuuse eeluuenduse iseloomustamiseks on välja toodud proovitükkide üldised karakteristikud. Tabelis 3, puude kõrguse karakteristikud, tabelis 4 puude juurekaela diameetri karakteristikud ning tabelis 5 aastarõnga laiuse karakteristikud. Tabelites on välja toodud mõõtmisaasta, mõõdetud puude arv (valim), keskmine, miinimum (min.), maksimum (Max), standardhälve (SD) ning dispersioon (S^2).

Tabelis 3 välja toodud puude kõrguse karakteristikud näitavad suurt varieeruvust, mis väljendub läbi standardhälbe ja dispersiooni, mis näitavad väärtuste hajuvust. Kõrguse keskmised väärtused näitavad puude üldist suurt kõrguskasvu.

Tabel 3. Puude kõrguse tähtsamad karakteristikud.

PRT 229	Puude kõrgus (cm)					
Aasta	Valim	Keskmine	Min.	Max.	SD	S²
2000	100	245,0	58,0	620,0	136,6	18669,4
2001	100	256,6	62,0	630,0	138,7	19231,4
2002	100	313,5	70,0	710,0	154,4	23844,1
2003	99	347,3	80,0	770,0	160,7	25832,3
2004	97	395,5	80,0	770,0	172,3	29681,2
2005	95	476,6	90,0	980,0	189,4	35876,3
2006	92	569,5	130,0	1020,0	210,3	44242,8
2007	90	608,4	126,0	1070,0	213,3	45477,0
2008	91	672,4	128,0	1190,0	249,3	62166,3
2009	91	697,6	130,0	1230,0	254,0	64499,0
2010	91	772,4	133,0	1340,0	299,6	89775,1
2011	90	835,1	137,0	1430,0	322,0	103713,7
2012	79	961,2	217,0	1500,0	281,0	78975,3
2013	79	1019,7	229,0	1587,0	301,5	90906,4
2014	79	1074,0	235,0	1660,0	323,4	104609,6
PRT 269						
Aasta	Valim	Keskmine	Min.	Max.	SD	S²
1995	100	127,2	28,0	314,0	60,4	3642,1
1996	100	133,7	28,0	352,0	63,4	4024,6
1997	100	154,7	37,0	420,0	71,9	5171,4
1998	95	171,6	38,0	488,0	84,0	7060,8
1999	95	205,2	48,0	604,0	102,8	10575,5
2000	95	229,4	46,0	654,0	119,0	14171,8

Tabelis 4 on välja toodud olulisemad puude diameetri karakteristikud, mis näitavad puude diameetri suurenemist mõlemal proovitükil, mis on paremini nähtav keskmistest väärtustest. Diameetri andmed on mõõdetud puude juurekaelalt käsitsi.

Tabel 4. Puude diameetri tähtsamad karakteristikud.

PRT 229	Puude diameeter (cm)					
Aasta	Valim	Keskmine	Min.	Max.	SD	S²
2000	100	4,3	1,15	9,94	2,10	4,42
2001	100	4,30	0,95	9,00	1,92	3,69
2002	100	5,13	1,10	12,00	2,28	5,18
2003	99	6,00	1,15	12,55	2,62	6,86
2004	97	6,21	1,20	14,00	2,69	7,23
2005	95	7,82	2,05	18,15	3,52	12,37
2006	92	9,55	2,65	19,00	3,90	15,18
2007	90	10,68	2,90	22,00	4,34	18,87
2008	91	11,09	2,70	22,40	4,60	21,19
2009	91	11,59	2,85	23,20	4,85	23,57
2010	91	11,73	2,70	24,80	5,20	27,06
2011	90	13,64	2,55	28,10	6,21	38,54
2012	86	11,64	2,75	22,69	5,15	26,48
2013	86	12,18	2,77	24,25	5,56	30,91
2014	86	12,68	2,80	25,60	5,92	35,04
PRT 269						
Aasta	Valim	Keskmine	Min.	Max.	SD	S²
1995	100	2,28	0,40	6,37	1,06	1,13
1996	100	2,42	0,40	7,30	1,16	1,35
1997	100	2,70	0,40	8,80	1,41	1,99
1998	95	3,28	0,70	7,30	1,59	2,51
1999	95	3,77	0,95	9,80	1,90	3,63
2000	95	4,36	1,00	13,80	2,35	5,53

Aastarõngaste laiuste karakteristikutest, mis on välja toodud tabelis 5, tulevad välja suured erinevused kahe uuritud proovitüki puude vahel. Kõige suuremad erinevused on näha puude miinimum- ja maksimumväärtustes. Proovitüki 229 valimist on näha puude suur väljalangevus (20%), see on tingitud nii puude omavahelisest konkurentsist kui ka

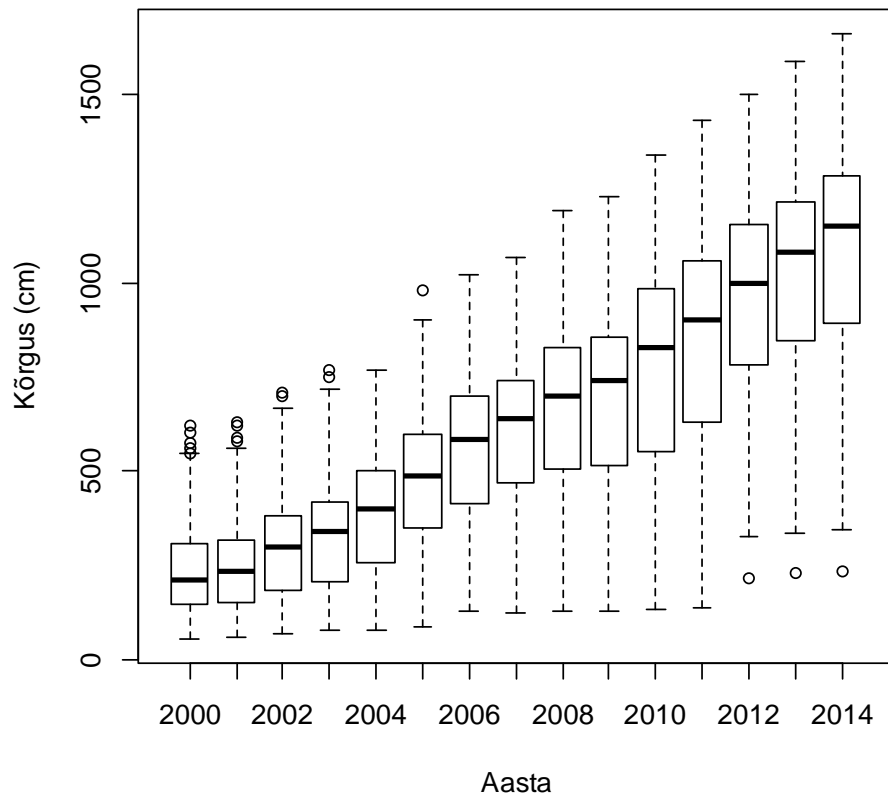
häiringutest, sest osad proovitüki puud jäid suurte langenud puude alla. Proovitüki 269 puhul jääb väljalangevus alla 10%.

Tabel 5. Aastarõnga laiuse tähtsamad karakteristikud.

PRT 229	Aastarõngaste laius (mm)					
Aasta	Valim	Keskmine	Min.	Max.	SD	S²
2000	80	1,39	0,15	3,11	0,71	0,50
2001	80	2,08	0,33	4,81	1,04	1,08
2002	80	3,47	0,45	8,05	1,60	2,56
2003	80	3,12	0,31	7,19	1,45	2,10
2004	80	3,56	0,38	8,07	1,57	2,45
2005	80	4,09	0,45	9,42	1,88	3,53
2006	80	3,59	0,53	8,38	1,69	2,87
2007	80	3,62	0,34	8,65	1,87	3,51
2008	80	3,62	0,25	8,94	1,89	3,56
2009	80	3,68	0,09	8,22	2,07	4,31
2010	80	3,14	0,08	8,67	2,03	4,11
2011	80	3,57	0,01	9,78	2,37	5,64
2012	80	3,70	0,01	10,77	2,75	7,57
2013	80	2,88	0,01	10,06	2,53	6,40
2014	80	2,68	0,01	10,56	2,17	4,69
PRT 269						
Aasta	Valim	Keskmine	Min.	Max.	SD	S²
1995	91	0,74	0,06	4,63	0,82	0,67
1996	91	1,23	0,10	8,21	1,42	2,03
1997	91	1,55	0,11	7,34	1,57	2,47
1998	91	2,25	0,09	6,70	1,88	3,54
1999	91	2,12	0,11	6,60	1,70	2,89
2000	91	2,40	0,14	8,72	1,90	3,60

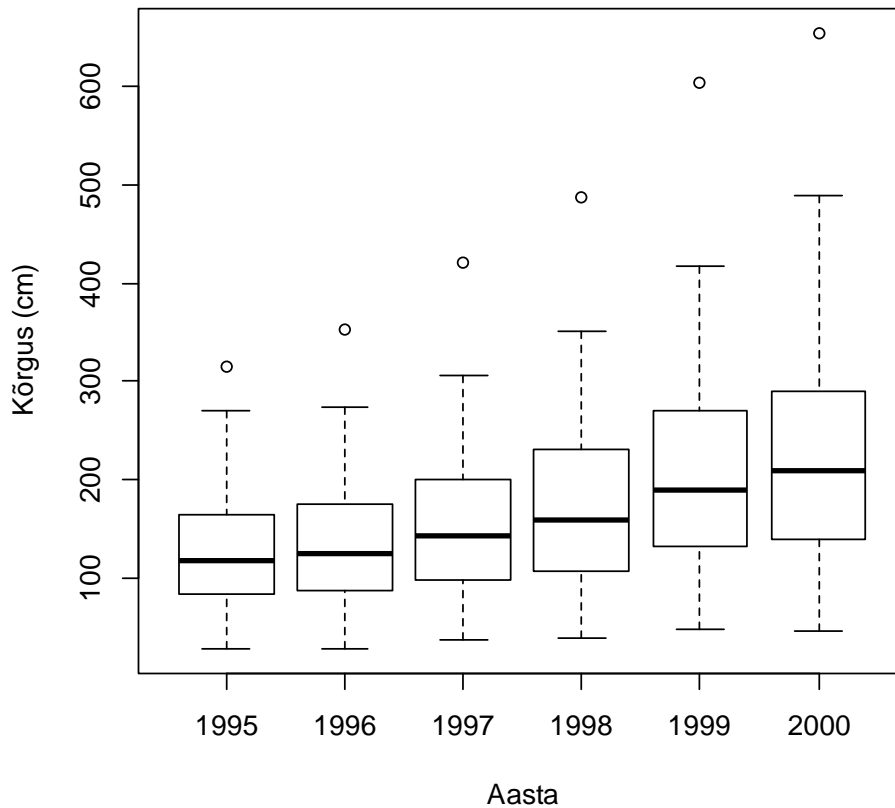
5.3. Puude kõrguse kasv

Joonisel 4 on kujutatud puude kõrguse kasvu aastate lõikes proovitükil 229. Jooniselt on näha puude kõrguse oluline suurenemine alates kolmandast aastast peale vabastamist (2002. a.) ning suur kõrguskasv on jätkunud kuni 15. aastani (2014. a.) peale proovitüki rajamist ning andmeseeria lõppu.



Joonis 4. Puude kõrguse kasv (cm) proovitükil 229.

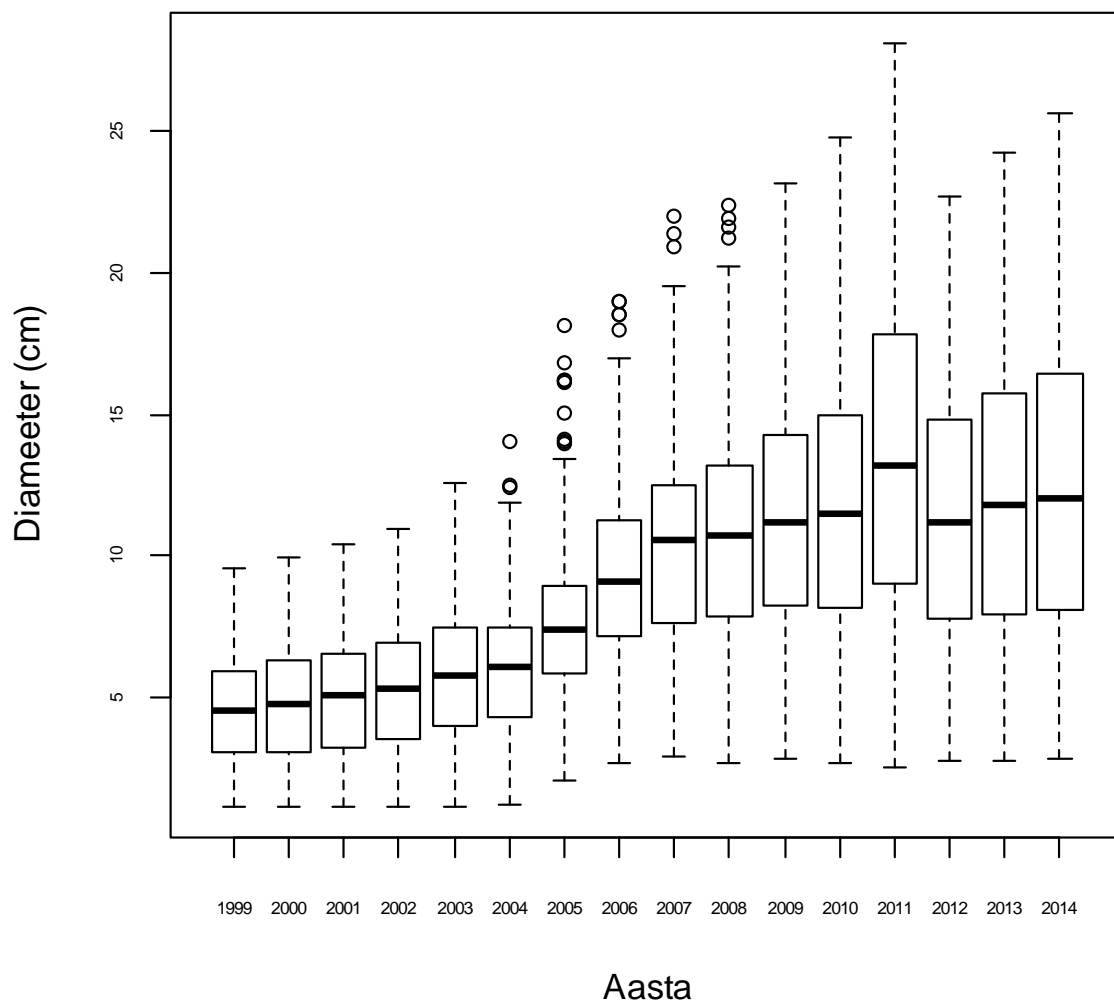
Joonis 5 kujutab puude kõrguse kasvu aastate lõikes proovitükil 269. Reaktsioon vabastamisele on esimesel aastal peale raiet (1996. a.) olnud väike, kõrguskasvu suurenemine on täheldatav alates teisest aastast peale ülärinde alt vabastamist. Kõrguskasv suureneb eriti jõudsalt alates kolmandast aastast peale vabastamist.



Joonis 5. Puude kõrguse kasv (cm) proovitükil 269.

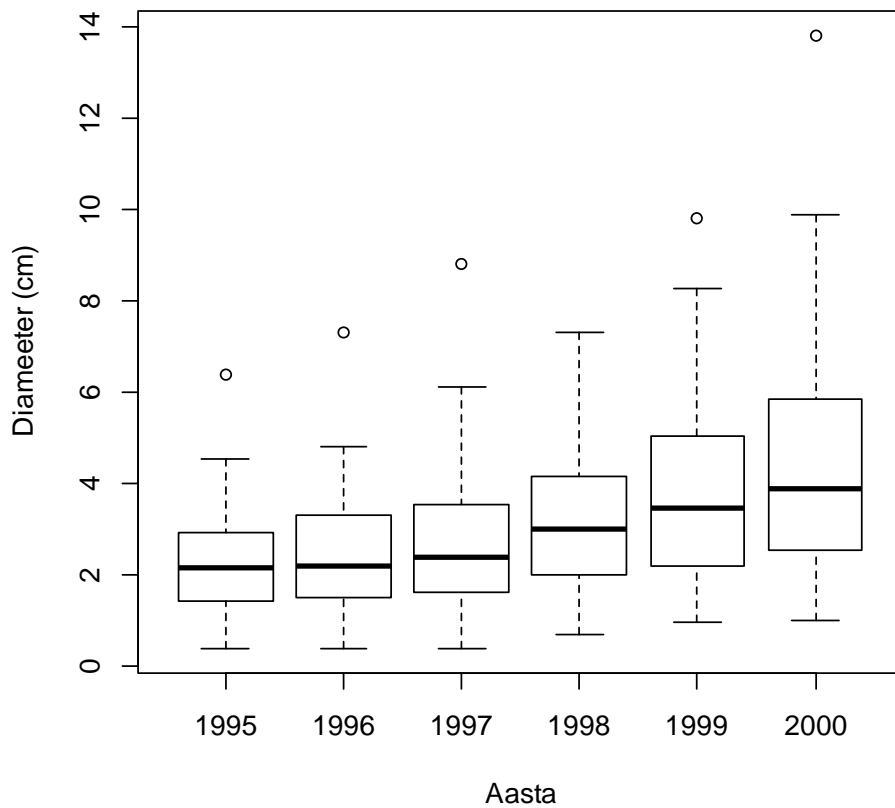
5.4. Puude diameetri kasv

Joonisel 6 kujutatud puude diameetri kasvust nähtub diameetri väga suur juurdekasv alates kuuendast aastast (2005. a.) peale raiet kuni kaheksanda aastani, mil diameetri kasv on olnud väga kiire, edaspidi on diameetri kasv stabiliseerunud, v.a. aastal 2011, mil on toimunud väga suur diameetri suurenemine.



Joonis 6. Puude diameetri kasv (cm) proovitükil 229.

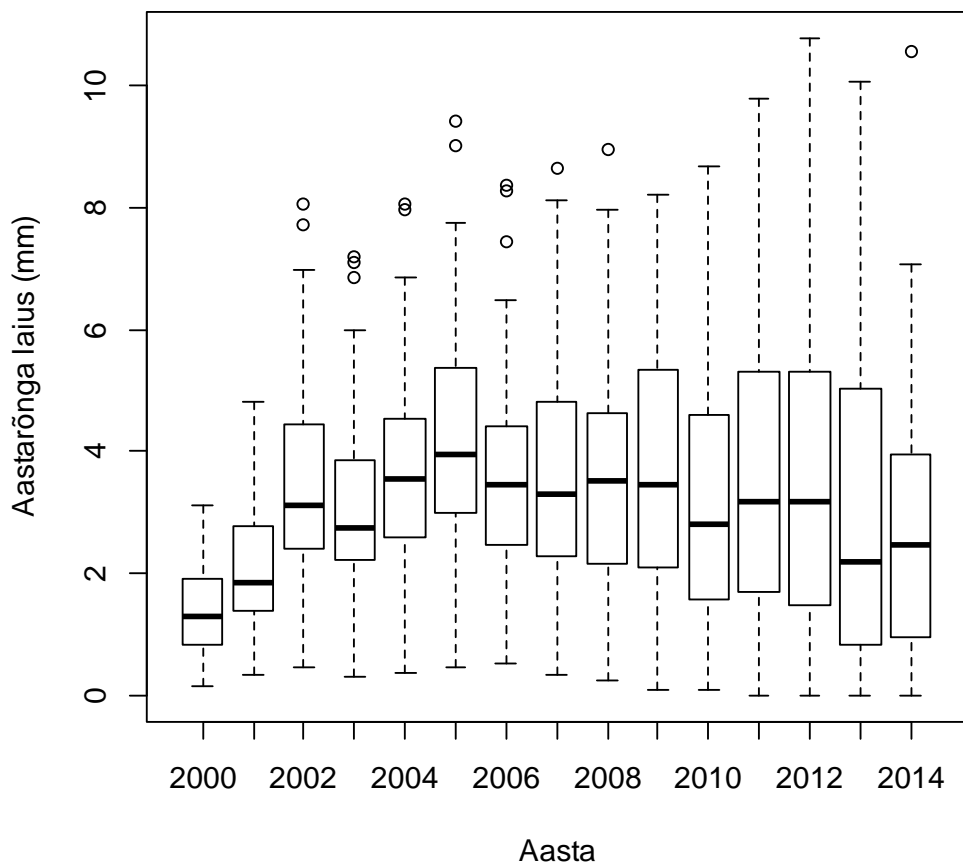
Jooniselt 7 on näha, et proovitükil 269 püsib puude diameetri kasv stabiilsena kuni kolmanda aastani peale ülariinde alt vabastamiseni, mil on toimunud oluline diameetri juurdekasvu suurenemine.



Joonis 7. Puude diameetri kasv (cm) proovitükil 269.

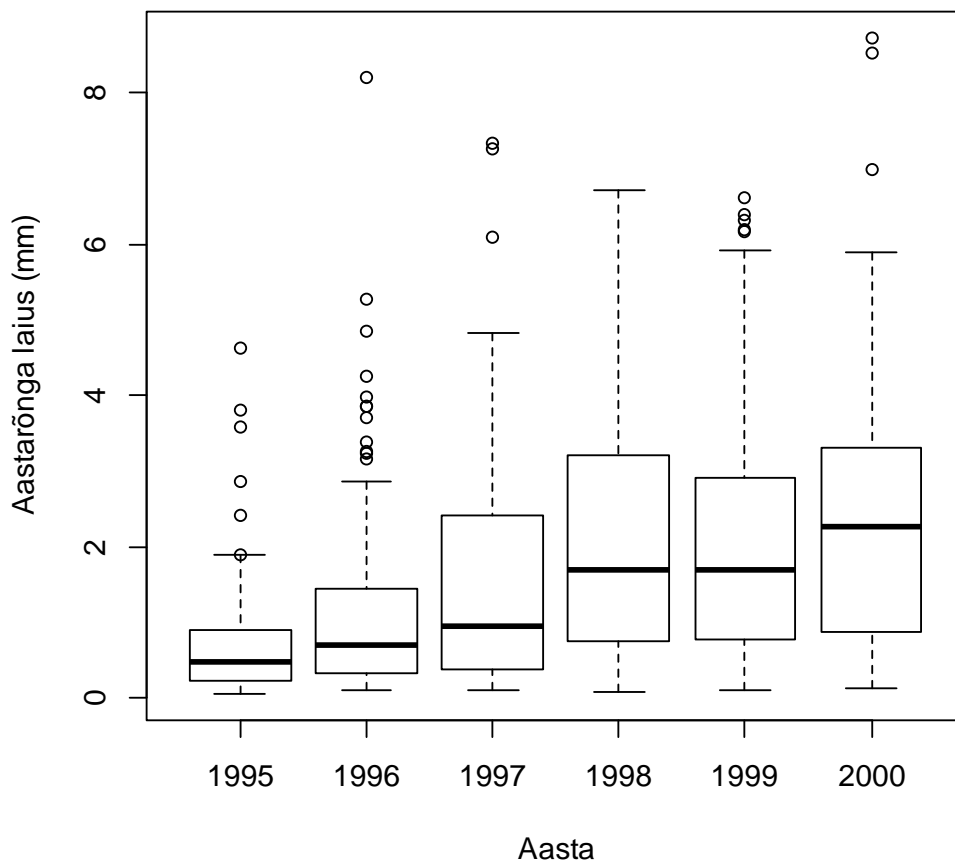
5.5. Puude aastarõngaste laius

Joonistel 8 ja joonisel 9 on kujutatud puude aastarõngaste laiust läbi aastate. Joonisel 8 on kujutatud proovitüki 229 aastarõngaste laiused. Jooniselt nähtub, et aastarõnga laiused on suurenenud võrreldes esimese aastaga juba teisel aastal peale vabastamist, kolmandal aastal peale vabastamist on toimunud märkimisväärne aastarõnga laiuse suurenemine. Suurenenud on ka aastarõnga laiuse varieeruvus, osad proovitüki puud on reageerinud paremini kui teised.



Joonis 8. Puude aastarõngaste laius (mm) proovitükil 229.

Joonisel 9 on kujutatud proovitüki 269 proovipuude aastarõngaste laiused aastate lõikes. Jooniselt on näha kohest aastarõnga laiuste olulist suurenemist raiejärgsel aastal. Väga suur muutus aastarõngaste laiuses on toimunud teisel ja kolmandal aastal peale raiet.



Joonis 9. Puude aastarõngaste laius (mm) proovitükil 229.

5.6. Järelkasvupuude vanuse mõju edasisele kasvule

Järelkasvupuude vanuse mõju uurimiseks edasisele kasvule loodi statistiline mudel, mille tulemused on esitatud tabelis 6. Statistilise mudeli valem on esitatud valemina 3.

Tabel 6. Tabel erinevate mõjufaktoritega aastarõnga laiusele.

Fixed effects: irmm ~ AA + PR + VK + Konkurents					
Vabaliige (Intercept)	Väärtus (Value)	Standardviga (Std. Error)	Vabadusastmete arv (DF)	t-value	Olulisuse tõenäosus (p-value)
	-0,2000	0,3820	1481	-0,5237	0,6006
AA1996	0,4787	0,1531	1481	3,1267	0,0018
AA1997	0,8049	0,1531	1481	5,2580	0,0000
AA1998	1,5082	0,1531	1481	9,8535	0,0000
AA1999	1,3872	0,1531	1481	9,0618	0,0000
AA2000	1,6856	0,1537	1481	10,9689	0,0000
AA2001	2,3730	0,2265	1481	10,4762	0,0000
AA2002	3,7908	0,2297	1481	16,5024	0,0000
AA2003	3,4013	0,2269	1481	14,9922	0,0000
AA2004	3,9834	0,2269	1481	17,5581	0,0000
AA2005	4,3676	0,2264	1481	19,2875	0,0000
AA2006	3,8419	0,2269	1481	16,9341	0,0000
AA2007	3,8805	0,2273	1481	17,0702	0,0000
AA2008	3,8388	0,2264	1481	16,9534	0,0000
AA2009	3,8983	0,2264	1481	17,2159	0,0000
AA2010	3,3261	0,2269	1481	14,6604	0,0000
AA2011	3,7994	0,2269	1481	16,7470	0,0000
AA2012	3,9336	0,2288	1481	17,1929	0,0000
AA2013	3,0950	0,2288	1481	13,5278	0,0000
AA2014	2,8610	0,2298	1481	12,4511	0,0000
PR269	1,5249	0,2863	162	5,3256	0,0000
VK(20,30)	0,3116	0,3815	162	0,8169	0,4152
VK(30,40)	0,1129	0,3314	162	0,3405	0,7339
VK(40,50)	0,0572	0,3560	162	0,1608	0,8725
VK(50,70)	0,5308	0,5468	162	0,9706	0,3332
Konkurents	-0,0472	0,0103	1481	-4,5924	0,0000

Tabelist on näha erinevate aastate mõjud (AA), vanuseklasside mõjud (VK) ning konkurents mõjud. Näha on erinevate aastate suur mõju aastarõnga laiusele võrreldes algaastaga, aasta mõju aastarõnga laiusele muutub eriti tugevaks 6.-7. aastast võrreldes algaastaga. Vanuseklasside olulisuse väärtused näitavad, et vanusel statistiliselt olulist mõju aastarõnga laiusele ei ole ($P > 0,05$). Konkurents mõju puu aastarõnga laiusele on negatiivne, seega konkurents suurenedes moodustub väiksem aastarõngas.

Statistilise mudeli dispersioonanalüüsi tulemused on kokku võetud tabelis 7, kus on näha iga faktori olulisust puude aastarõnga laiusele.

Tabel 7. Statistilise mudeli dispersioonanalüüsi tulemused.

Muutuja (Variable)	Nimetaja vabadusastmete arv (numDF)	Lugeja vabadusastmete arv (denDF)	F-value	Olulisuse tõenäosus (p-value)
Vabaliige (Intercept)	1	1481	507,7605	<0,0001
AA	19	1481	38,5411	<0,0001
PR	1	162	14,3301	0,0002
VK	4	162	2,0683	0,873
Konkurents	1	1481	21,0899	<0,0001

Tabelist 7 on näha, et vanuseklassi (VK) mõju puude aastarõngaste laiusele ei ole statistiliselt oluline ($P > 0,05$). Oluline mõju on konkreetset aastal (AA), välja tuleb erinevus proovitükkide vahel ning oluline mõju on konkurentsil.

Püstitatud hüpotees vanuse mõjust kuuse järelkasvule peale ülarinde alt vabastamist tõestust ei leia.

6. ARUTELU

Käesolevas töös uuriti hariliku kuuse eeluenduse kasvu lageraie järgselt kahe püsiproovitüki andmete põhjal ning püstitati hüpotees, et järelkasvu ülarinde alt vabastamise järgne kasv on seoses puude vanusega lageraie toimumise hetkel. Hariliku kuuse eeluenduse kasvu uuriti kõrguse, diameetri ning aastarõnga laiuse mõõtmisandmete põhjal. Analüüsi tulemustest nähtub, et hariliku kuuse järelkasv reageerib vabastamisele hästi, mõningase kohanemisaja järel.

Puude kõrguste näitajatest selgub, et kuuse järelkasv on mõlemal proovitükil näidanud tugevat kasvureaktsiooni alates kolmandast aastast peale vabastamist, ning kõrguskasvu suurenemine on jätkunud peale kolmandat aastat. Saadud tulemus on kooskõlas ka teiste autorite töödega (Tkatšenko 1958, Koistinen, Valkonen 1993, Metslaid *et al.* 2005a, Metslaid *et al.* 2005b), kes on samuti leidnud, et hariliku kuuse järelkasv on võimeline suurendama kõrguskasvu peale valgussituatsiooni paranemist. Viivitus kasvureaktsioonis tuleneb puude kohanemisest varjutingimustega, mille tõttu on nad nõrgema fotosünteesivõimega võrreldes täisvalguses kasvanud puudega (Maranto *et al.* 2008). Lageraie järgselt paranenud valgustingimuste mõjul hakkavad eeluenduse puud varjuokkaid valgusokaste vastu vahetama, milleks kulub umbes 5 aastat (Laas 2001). Samas väheneb vana metsa raiumisel juurkonkurents ja vabaneb kasvuks vajalikke toitaineid ja vett (Kneeshaw *et al.* 2002). Kolmandaks aastaks peale raiet on puud juba suutnud piisava hulga varjuokkaid, mis on suurema fotosünteesivõimega, valgusokaste vastu vahetada, mis omakorda avaldub suurenenud diameetri ja kõrguse juurdekasvus. Sarnased tulemused nähtuvad ka puude aastarõngaste näitajatest, mis on kõige täpsemad kasutada olevad andmed. Kõrguse ja diameetri mõõtmisi on teostanud erinevad mõõtjad ja mõõtmisel võib esineda vigu. Aastarõnga laiused on mõõdetud stereomikroskoobiga Lintab ja arvutiprogrammi *TSAP-winTM*, mis võimaldab aastarõnga laiuseid mõõta 0,01 mm täpsusega. Aastarõngaste laiuse näitajatest selgub, et mõlemal proovitükil on aastarõngad näidanud olulist suurenemist alates kolmandast aastast peale lageraiet.

Hariliku kuuse järelkasv näitab üldiselt olulist juurdekasvu suurenemist alates neljandast või viiendast aastast peale vabastamist, on leidnud mitmed autorid: Bergan 1971; Koistinen, Valkonen 1993; Metslaid 2008. Antud töös tuleb välja, et oluline reaktsioon juurdekasvu suurenemises on toimunud juba kolmandast aastast peale vabastamist ning jätkunud peale seda, saavutades võrdse kasvukiiruse vabalt kasvavate loodusliku eeluuenduse puudega 10 aasta möödudes (Murphy *et al.* 1998).

Käesolevas töös püstitati hüpotees, et eeluuenduse puude kasv on seoses puude vanusega vabastamise hetkel. Antud hüpotees tõestust ei leidnud, kuna kõikide vanuseklasside puud reageerisid vabastamisele ühtmoodi hästi. Vanus vabastamise hetkel ei ole oluline tunnus, mis mõjutaks eeluuenduse kasvu ülarinde alt vabastamise järel (Murphy *et al.* 1998). Mudelis käsitleti ka konkreetse aasta mõju, proovitükkide erinevust ning konkurentsaindeksit, mis kõik näitasid tugevat mõju puude kasvule. Konkreetse aasta mõju võib olla oluline mõjufaktor kliimaatiliste tegurite tõttu (Koistinen, Valkonen 1993) ning lisaks mõjutab seda eeluuenduse kasvu kiirenemine peale vabastamist. Proovitükkide erinevus tuli välja käesoleva töö tulemuste esimeses osas, kus tõestati, et proovitükid on erinevad nii vanuste, kõrguste kui ka diameetrite poolest. Selgelt tuli välja konkurentsi mõju eeluuendusele. Juurdekasv on seda väiksem, mida rohkem eeluuenduse puid, kellega ressursside pärast konkureerima peab, puu ümber kasvab (Kari *et al.* 2000).

KOKKUVÕTE

Käesolevas töös uuriti hariliku kuuse eeluenduse juurdekasvu näitajaid peale ülarinde alt vabastamist.

Teema on aktuaalne, kuna tänapäeval on suund loodislähedase metsamajanduse poole ning eeluenduse kasutamine metsauuendamisel on hea viis, kuidas metsa uuendada loodislähedaselt, säilitades olemasolevat genofondi ja säästes metsauuendamise kulude pealt.

Metsa uuendamiseks peale lageraiet on olemas mitmeid võimalusi. Võimalused on, kas kultiveerida ala istutamise või külvi teel või jätta ala looduslikule uuenemisele. Kuuse järelkasvu piisava tiheduse korral on võimalik metsauuendustöid vältida ja seega ka kuludelt kokku hoida.

Harilik kuusk on Eestis enim kultiveeritav puuliik, samas ka puuliik, mis talub hästi varjutingimustes kasvamist ning annab varjutingimustes ka elujõulist eeluendust. Hetkel kasutatakse seda metsanduses ära vähesel määral ning minnakse kultiveerimise teed, selle asemel, et raiel eeluenduse puude vigastamisest hoiduda ja neid hiljem ala uuenemiseks ära kasutada.

Käesolevas töös leiti, et hariliku kuuse elujõuline järelkasv on võimeline peale ülarinde alt vabastamist andma suurt juurdekasvu nii kõrguses kui diameetris. Varjus kasvanud eeluenduse puud vajavad uute tingimustega kohanemiseks mõned aastad aega, aga peale varjuokaste vahetumist valgusokaste vastu näitavad korralikku juurdekasvu. Oluline mõju on ka vähenenud juurkonkurentsil ning vabanenud toitainetel ja veel, mis on kasvuks vajalikud.

Töös püstitati hüpotees, et on olemas mõju eeluenduse vabastamise- aegse vanuse ja raie järgse juurdekasvu vahel. Hüpotees tõestust ei leidnud - polnud erinevust erinevate vanuseklasside puude vahel, kõik elujõulised puud olid võimelised näitama suurt kasvu sõltumata nende vanusest. Puude kasvu mõjutasid konkreetse aasta mõjud, erinevus proovitükkide vahel ning puude omavaheline konkurents.

Loodusliku eeluenduse kasutamine metsa majandamisel on tähelepanu vääriv teema ja vajab tulevikus kindlasti edasi arendamist. Eeluenduse ära kasutamine metsauuendamisel aitab lühendada raieringi ja vähendada metsauuendamise kulusid (Ferguson, Adams 1980; Jeansson *et al.* 1989; Lähde *et al.* 1999). Probleemi on piisavalt uuritud, et välja tuua häid tunnuseid, milliseid eeluenduse puid raietel säilitada. Teadustöodes avaldatud uurimused ja andmed väärivad tähelepanu ja rakendamist metsamajanduses, et muuta metsade majandamine efektiivsemaks ja loodussõbralikumaks kasutades looduslikku ressursi maksimaalselt ära ja samas säästes looduskeskkonda.

KASUTATUD KIRJANDUS

- Aastaraamat mets 2013.** (2015). Keskkonnateabe Keskus. Tartu. 259 lk.
- Bergan, J.** (1971). Skjermforyngelse av gran sammenlignet med plantning i Grane i Nordland. Summary: Natural Norway spruce regeneration Under shelterwood compared with plantations at Grane in Nordland. Meddelser fra det Norske skogforsöksvesen 28(104): 194-211.
- Boratynska, T.** (2007). Geographic Distribution. In: Biology and Ecology of Norway Spruce. /Tjoelker, G. M., Boratynski, A., Bugala, W. s. l.: Springer, 23-36.
- Crossley, D. I.** (1976). Growth response of spruce and fir to release from supression. The Forestry Chronicle 52: 189-193.
- Eichwald, K., Kalda, A., Kukk, E., Masing, V., Parmasto, Trass, H.** (1970). Botaanika II osa. Tallinn: kirjastus Valgus. 768 lk.
- Ferguson, D.E. and D.L. Adams.** (1980). Response of advance grand fir regeneration to overstory removal in northern Idaho. Forest Science 26: 537-545.
- Hegy, F.** (1974). A simulation model for managing Jack-pine stands. IUFRO Working Party. S4.01-4. Rapp. Uppsats. Instn. Skogsprod. Skogshögsk. 30: 74-90.
- Issain, V., Jurtsev, V.** (1969). Botaanika. Tallinn: kirjastus Valgus. 487 lk.
- Jeansson, E., Bergman, F., Elving, B., Falck, J., Lundqvist, L.** (1989). Natural regeneration of pine and spruce. Proposal for a research program. Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Silviculture. Report No. 25, 67 lk.
- Jõgiste, K., Metslaid, M.** (2002). Acclimation of spruce advance regeneration to light conditions: estimation by needle characteristics. – Rmt: Mandre, M. (koost.). Forestry studies XXXVI. Tallinn: Eesti loodusfoto, 26-31.
- Kaljund, R.** (2014). Hariliku kuuse eeluuenduse kasv lageraie järgselt Järvelja püsproovitükkide näitel.magistritöö. Eesti Maaülikool. Tartu. 56 lk.

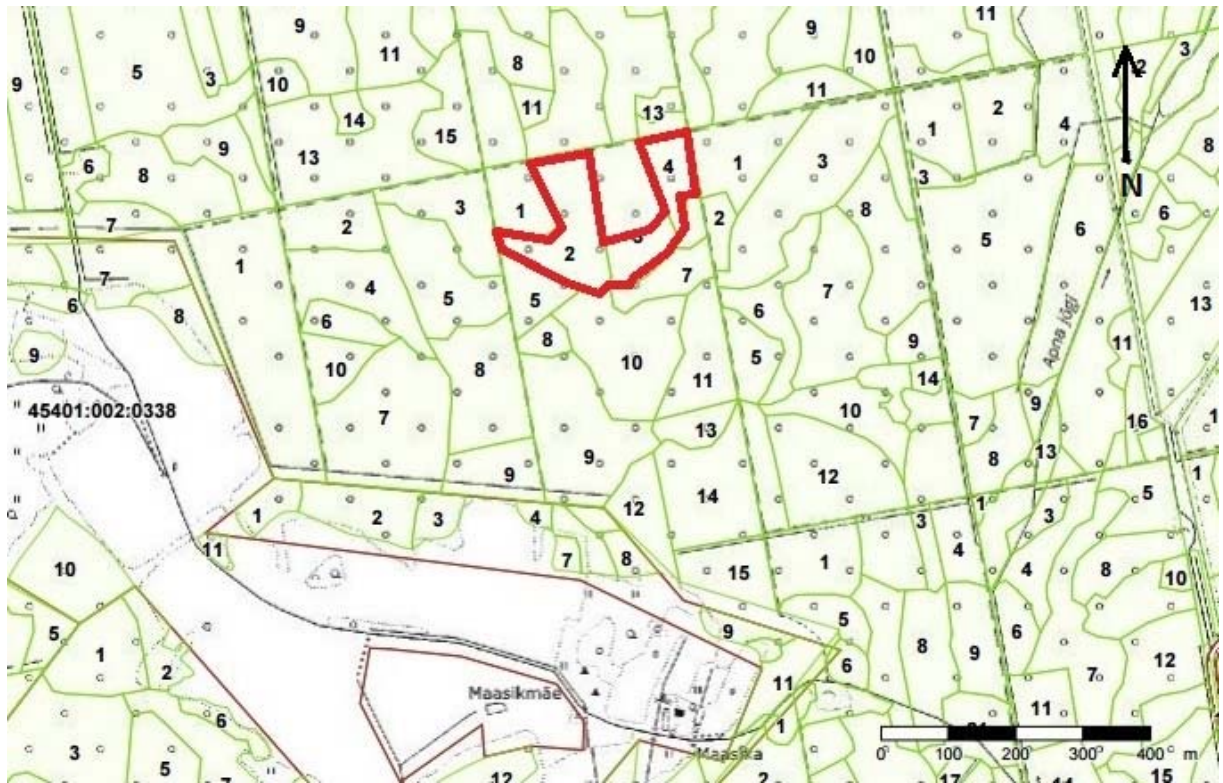
- Kari, I., Jõgiste, K.** (2001). Hariliku kuuse eeluenduse kasvust. EPMÜ metsandusteaduskonna toimetised. Eesti Põllumajandusülikool. Tartu. 24 – 30.
- Kari, I., Rebane, E., Jõgiste, K.** (2000). Hariliku kuuse eeluenduse okkamassi ja kasvu näitajad peale lageraiet. Transactions of the Faculty of Forestry. Estonian Agricultural University. Tartu. 65-75.
- Kneeshaw, D. D., Williams, H., Nikinmaa, E. & Messier, C.** (2002). Patterns of aboveand below-ground response of understory conifer release 6 years after partial cutting. Canadian Journal of Forest Research, 32, 255-265.
- Koistinen, E., Valkonen, S.** (1993). Models for height development of Norway spruce and Scots pine advance growth after release in southern Finland. Silva Fennica Vol. 27(3): 179-194.
- Laas, E.** (1987). Dendroloogia. Valgus. Tallinn 824 lk
- Laas, E.** (2001). Metsauuendamine ja metsastamine. Tartu: Atlex. 96 lk.
- Laas, E.** (2004). Okaspuud. Tartu: Atlex. 359 lk.
- Lewis Murphy, T. E., Adams, D.L., Ferguson, D.E.** (1998). Response of advance lodgepole pine regeneration to overstory removal in eastern Idaho. Forest Ecology and Management 120 (1999): 235-244.
- Lähde, E., Laiho, O., Norokorpi, Y.** (1999). Diversity-oriented silviculture in the Boreal Zone of Europe. Forest Ecology and Management 118, 223–243.
- Maranto, J.C., Ferguson D.E., Adams, D.L.** (2008) Response of Douglas-fir Advance Regeneration to Overstory Removal. 2008. Rocky Mountain research Station, research Paper RMRS-RP-73, 22 lk.
- Metsa majandamise eeskiri.** (2015). – eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/126022014016>]
- Metsaregister.** (2015). [<http://register.metsad.ee/avalik/>] (22.04.2015)
- Metsaseadus.** (2015). –eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/MS>]
- Metslaid, M.** (2002). Hariliku kuuse eeluenduse okkamassi iseloomustus raiealadel: Lõputöö. Eesti Põllumajandusülikool, metsandusteaduskond, metsakorralduse instituut, Tartu. 49 lk + lisad. (Käsikiri Eesti Maaülikooli metsabioloogia osakonnas).

- Metslaid, M.** (2004). Hariliku kuuse eeluenduse kohanemine lageraie järgselt. Magistritöö. Eesti Maaülikool. Tartu. 57 lk. (Käsikiri Eesti Maaülikooli metsabioloogia osakonnas).
- Metslaid, M.** (2008). Growth of Advance Regeneration of Norway spruce after clearcut. A Thesis for applying for the degree of Doctor of Philosophy in Forestry. 99 lk.
- Metslaid, M., Ilisson, T., Nikinmaa, E., Kusmin, J. ja Jõgiste, K.** (2005b). Recovery of advance regeneration after disturbances: Acclimation of needle characteristic in *Picea abies*. Scandinavian Journal of Forest Research, 20, 112-121.
- Metslaid, M., Ilisson, T., Vicente, M., Nikinmaa, E. ja Jõgiste, K.** (2005a). Growth of advance regeneration of Norway spruce after clear-cutting. Tree Physiology 25, 793 – 801.
- Piir, T.** (2008). Hariliku kuuse eeluenduse püsiatseala andmestik ja selle analüüs. Magistritöö. Eesti Maaülikool. Tartu. 56 lk.
- Przybylski, K.** (2007). Morphology. In: Biology and Ecology of Norway Spruce. /Tjoelker, G. M., Boratynski, A., Bugala, W. s. l.: Springer, 9-14.
- Rinn, F.** (2003). TSAP-Win. Time Series Analysis and Presentation for Dendrochronology and Related Applications. User References, Heidelberg. 91 lk.
- Ruel, J-C., Messier, C., Doucet, R., Claveau, Y., Comeau, P.** (1999). Morphological Indicators of Response to Overstory Removal for Boreal Conifer Trees. Sustainable Forest Management Network, Working Paper 1999-28. 1-27.
- Tesch, S.D., Baker-Katz, K., Korpela, E.J., Mann, J.W.** (1993). Recovery of Douglas fir seedlings and saplings wounded during overstory removal. Canadian Journal of Forest Research 23: 1684-1694.
- Tesch, S.D., Korpela, E.J.** (1992). Douglas-fir and white fir advance regeneration for renewal of mixed-conifer trees. Canadian Journal of Forest Research 23: 1427-1437.
- Tkatsenko, M.** (1958). Üldine metsakasvatuse. Eesti Riiklik Kirjastus. Tallinn. 613 lk.
- Wilkie, M. L., Holmgren, P., Castaneda, F.** (2003). Sustainable Forest Management and The Ecosystem approach: Two Concepts, One Goal. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Forest Management Working Paper. 31 lk.

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Master's Thesis	
Author: Alari Kinep		Specialty: natural resources management	
Title: Remeasurement and data analysis of permanent sample plots of Norway spruce advance regeneration			
Pages: 49	Figures: 9	Tables: 7	Appendixes: 2
Department: forest biology		forest biology	
Field of research:		forestry	
Supervisors:		Senior Researcher Marek Metslaid, Professor Kalev Jõgiste	
Place and date:		Tartu, 2014	
<p>The aim of this study was to assess the growth of Norway spruce advance regeneration after release. The main hypothesis is that there is a relationship between the age of advance regeneration and growth after release.</p> <p>Data used in this study was gathered from two permanent sample plots located in Järvselja Training and Experimental Forest Center. In each sample plot 100 advance regeneration trees were selected and measured at the end of each growing season. Precise diameter increment growth was obtained after harvesting the sample trees. Collected discs were taken to laboratory and tree-ring widths were measured using LINTAB tree-ring measurement station.</p> <p>The results show that advance regeneration of Norway spruce is able to demonstrate vigorous increment in both height and diameter, which is consistent with previous studies. Advance regeneration trees need a few years time to adapt to the new growing conditions during which they exchange their shade-adapted needles to light-adapted needles. After clearcut root competition is reduced and availability of water and nutrients is improved, which promote tree growth. The hypothesis of relationship between advance regeneration age and growth after release was not proved, both the trees in younger age classes and trees in older age classes responded equally well to release.</p> <p>Advance regeneration of Norway spruce adapts well to the new environmental conditions after release and can be used in forest regeneration.</p>			
Keywords: advance regeneration, age, clear-cut, Norway spruce			

LISAD

Lisa 1



Proovitükk 269 (piiritletud punase joonega) Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas. Allikas :
(Metsaregister 2015, autori poolt täiendatud joonis, mõõtkavas 1:10 000)

Lisa 2



Proovitükk 229 (piiritletud punase joonega) Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas. Allikas: (Metsaregister 2015, autori poolt täiendatud joonis, mõõtkavas 1:10 000)