

EESTI MAAÜLIKOOL  
Metsandus- ja maaehitusinstituut  
Metsakasvatuse osakond



Martin Tishler

**MÄNNIKU UUENDAMINE TURBERAIEGA JÄRVSELJA  
NÄIDIS-KATSEALAL**

Magistritöö loodusvarade kasutamise ja kaitse erialal

Juhendaja professor Hardi Tullus

Tartu 2014

Lõputöö koostasin iseseisvalt. Kõigile töös kasutatud teiste autorite töödele ja andmeallikatele on viidatud. Kinnitan, et annan oma intellektuaalomandi varalised õigused lõputöö tulemuste suhtes üle Eesti Maaülikoolile.

.....

kuupäev /nimi / allkiri /

Tunnistan lõputöö kaitsmisvalmiks.

Juhendaja:

.....

kuupäev /nimi / allkiri /

Mina, Martin Tishler

1. annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö  
„Männiku uuendamine turberaiega Järvelja näidis-katsealal“, mille juhendaja on  
professor Hardi Tullus,

1.1. salvestamiseks säilitamise eesmärgil,

1.2. digiarhiivi DSpace lisamiseks ja

1.3. veebikeskkonnas üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil

kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile;

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega  
isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Lõputöö autor \_\_\_\_\_

Tartus, 2.06.2014

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1a, Tartu 51014		Magistritöö lühikokkuvõte	
Autor: Martin Tishler		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Männiku uuendamine turberaiega Järvelja näidis-katsealal			
Lk.: 80	Jooniseid: 26	Tabeleid: 30	Lisasid: 3
Osakond:	metsakasvatuse		
Uurimisvaldkond:	metsakasvatus		
Juhendaja:	Hardi Tullus		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu 2014		
<p>Enamus Eesti metsadest uuendatakse lageraiega, turberaiete osakaal uuendusraietest oli metsateatiste väljastamise alusel 2011. aastal 9%. Seoses majandamispiirangutega metsade suure osakaalu ja metsanduskaugete inimeste negatiivse suhtumisega lageraiesse on hea lahendus suurendada turberaie osa. Turberaiete kasutamisel on mitmeid väheuuritud probleeme: noorte puude valgus- ja juurkonkurents vana metsa puudega; loodusliku uuenduse vähene elujõud ja ebapiisav arvukus; võrreldes lageraiega kallim puidu ülestootamine jms. Turberaieetega seotud probleemide uurimiseks rajati 2012. aastal Järvelja ÕKMK-s männiku uuendamise näidis-katseala.</p> <p>Magistritöö eesmärgiks on leida turberaiete läbiviimiseks senisest efektiivsemaid võtteid, mis aitaks kaasa nende suuremale rakendamisele kaitstavates metsades, maanteede ääres ning ka erametsanduses. Töös võrreldakse kolme turberaieviisi (aegjärkne-, veer- ja häilraie) ja nelja uuendusviisi (paljasjuursed istutatud taimed; istutatud potitaimed; külvatud seemned ja looduslikult tekkiv uuendus). Uuritakse ka maapinna mineraliseerimise, vana metsa puude ning uuenduse väetamise mõju. Esitatakse ülevaade teistest Järvelja turberaiete näidis-katsealaga seotud uuringutest.</p> <p>Magistritöö käigus mõõdeti 2014. aasta kevadel Järvelja turberaiete näidis-katsealal taimede kõrgus ja eelmise aasta juurdekasv. 2013. aasta kevadel väetati 507 proovilappi (istutatud puude ja külvi teel tekkinud uuenduse lapid) NPK väetisega ning võeti sama aasta sügisel 74 mulla- ja okkaproovi väetamise mõju selgitamiseks.</p> <p>Töö tulemustest selgus, et pärast teist kasvuaastat oli istutatud taimede kõrgus suurim veerraie paljasjuursetel taimedel ning väikseim aegjärkse raie alal kasvavatel taimedel. Istutatud taimede viimase aasta laduvõrse pikkus oli suurim veerraiel ning väikseim aegjärksel raiel. Kuigi väetatud taimed olid keskmiselt kõrgemad, siis väetamise mõju esimese väetamisjärgse aasta kõrguskasvule ei ole usaldatav. Taimede säilivus sõltus väetamisest ning raieviisist. Väetatud taimed olid iga raieviisi korral parema säilivusega, mõju oli nõrgem aegjärkse raie korral, parimad tulemused olid häilraiel. Taimede kõrgus külvatud lappidel oli parim häilraiel, loodusliku külvi puhul veerraiel, halvimald tulemused olid aegjärksel raiel. Loodusliku uuenduse arvukus oli suurema seemnepuude arvu tõttu parem aegjärksel raiel. Taimede arvukus teisel kasvuaastal oli inimese poolt külvatud lappidel vähenenud, aga suurenenud loodusliku külvi lappidel. Mulla ja männiokaste toiteelementide sisalduses avaldusid väetamisjärgsed muutused eelkõige mulla P ja K sisalduse ning okaste P sisalduse suurenemises.</p> <p>Magistritöö tulemuste põhjal võib väita, et veerraie on kõige efektiivsem turberaieviis. Soovitada võib suuremaid, kuni 40 m diameetriga häile ja võrreldes metsamajandamise eeskirjas kehtiva aegjärkse raie esimese etapi lubatava minimaalse täiusega madalamat täiust. Samuti tuleks suurendada veerraie lubatavat laiust. Väetamise mõju taimede kasvule ei ole peale esimest kasvuperioodi tõestatud, kuid mullas on PK sisaldus suurenenud ning järgmistel kasvuaastatel võib mõju olla selgem. Magistritöö kinnitas, et maapinna mineraliseerimine on efektiivne viis loodusliku uuenduse tekke ja säilimise tagamiseks. Järgnevates uurimustes katsealal tuleb jätkata uuenduse kordamineku ja kasvu jälgimist, et mõista paremini erinevate turberaieviiside ja metsauuendamisevõtete mõju.</p>			
Märksõnad: turberaie, metsauuendamine, metsa väetamine, juurkonkurents, harilik mänd			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1a, Tartu 51014		Abstract of Master's thesis	
Author: Martin Tishler		Speciality:	National Resources management
Title: Different shelterwood systems in Scots pine stand in Järvselja			
Pages: 80	Figures: 26	Tables: 30	Appendix: 3
Department:	silviculture		
Field of research:	silviculture		
Supervisor:	Hardi Tullus		
Place and date:	Tartu 2014		
<p>Most of Estonian forests are cut, using clear cut felling; only small part (about 9% in 2011) is cut using shelterwood system. There exists large amount of protected forest area in Estonia and growing discontent in public opinion concerning clear cut felling. It seems that different shelterwood systems are good alternative to clear cuttings in protected areas and, for example, near motorways and also in private forestry. Due to the complexity of shelterwood system, there are many problems using it more widely in forestry.</p> <p>A shelterwood system study area was created in Järvselja in 2012 to investigate three different shelterwood systems in Scots pine stand using different regeneration (planting, sowing and natural regeneration).</p> <p>The aim of the master thesis is to find more effective solutions using shelterwood system and analyze the effects of different shelterwood systems (shelterwood uniform system, group selection and shelterwood strip felling) on different regeneration. In addition, the effect of soil scarification and using NPK fertilizer is studied and also a short overview of other researches carried out in the study area is presented. Most of the data for the master thesis were collected in spring 2014 including data about total height and height increment in last year. In spring of 2013, 507 plots were fertilized with NPK 21:11:11 fertilizer and 144 soil and needle samples were collected to estimate the difference between fertilized and unfertilized plots.</p> <p>The main result of the thesis is that shelterwood strip felling is the most effective method concerning regeneration height and the shelterwood uniform system produced the lowest heights. Although fertilized planted plants were higher on average, there was no statistically significant difference. The survival of planted plants is affected by fertilizer and shelterwood system. Fertilized plants were healthier than unfertilized and the highest mortality was in shelterwood uniform system, and the lowest in group selection. Sowed plants were the highest in group selection and natural regeneration in shelterwood strip felling, the worst results were in shelterwood uniform system. The number of seedlings was higher in shelterwood uniform system. The number of seedlings was reduced compared to previous year on sowed plots and the number increased on natural regeneration plots. Adding NPK fertilizer to the plots increased P and K in soil and P in needles.</p> <p>The main conclusion of the thesis is that shelterwood uniform system is the most effective shelterwood system concerning planting and regeneration. Also, in order to shelterwood systems be more effective there should be possibility to use wider strips, larger groups in group selection and lower stem density in shelterwood uniform system. The effect of fertilizer could become more visible in the following years and soil scarification is very important in shelterwood systems on mineral soils to prevent the competition from ground vegetation.</p> <p>In conclusion, a well planned shelterwood system could be a promising alternative to clear cut felling in protected and populated areas. In future, monitoring of the study area must continue to understand more about the effects of different shelterwood systems in Scots pine stands in Estonia.</p>			
Keywords: shelterwood system, regeneration, <i>Pinus sylvestris</i> , fertilizer, nutrients			

# SISUKORD

SISSEJUHATUS .....	7
1. Turberaietest Eestis.....	11
1.1. Turberaiete üldiseloostus.....	11
1.2. Turberaie viisid.....	12
1.3. Turberaied kaitstavates ja majandamispiirangutega metsades .....	14
1.4. Vana metsa mõju ja maapinna mineraliseerimine turberaiel.....	15
1.5. Uuenduse juurtootumistingimuste parandamine .....	17
2. Katseala ja meetodika.....	21
2.1. Katseala kirjeldus .....	21
2.2. Uuendamise katse.....	24
2.3. Tehtud, pooleliolevad ja tulevased teadustööd.....	27
2.4. Mullauuringud.....	28
2.5. Ilmastik .....	29
2.6. Välitööd .....	30
2.6.1. Väetamine .....	30
2.6.2. Taimede arvukuse ja kõrguskasvu mõõtmine .....	32
2.6.3. Ulukikahjustuste tõrje.....	33
2.6.4. Okka- ja mulla toiteelementide proovid.....	34
2.7. Statistiline analüüs .....	35
2.8. EFINORD-i 2014. aasta nõupidamine.....	36
3. Tulemused ja arutelu.....	38
3.1. Istutatud taimede kõrguskasv ja säilivus .....	38
3.1.1. Aegjätkne raie.....	43
3.1.2. Häilraie .....	45
3.1.3. Veerraie .....	46
3.2. Istutatud taimede juurdekasv .....	48
3.3. Külvi- ja looduslikul teel tekkinud uuenduse arvukus ja keskmine kõrgus .....	52
3.3.1. Aegjätkne raie.....	56
3.3.2. Häilraie .....	58
3.3.3. Veerraie .....	59
3.3. Toiteelementide sisaldus mullas ja taimedes.....	61
3.3.1. Toiteelementide sisaldus mullas ja taimedes raieviisi alusel .....	61
3.3.2. Toiteelementide sisaldus mullas ja taimedes taimetüüpide alusel.....	66
3.4. Ulukitõrje .....	70
Kokkuvõte.....	71
Viidatud allikad.....	75
LISAD .....	81
LISA 1. Välitöö lehed .....	82
LISA 2. Statistilise analüüsi tulemused.....	84
LISA 3. Mullakaeved.....	88

## SISSEJUHATUS

Metsade jätkusuutlik majandamine on nii Euroopa kui ka Eesti metsanduse peamiseks eesmärgiks (Eesti metsanduse ... 2010). Eesti metsanduse arengukava (2010) järgi mõistetakse jätkusuutliku metsamajanduse all metsade majandamist sellisel viisil ja ulatuses, mis tagab nende elustiku mitmekesisuse, tootlikkuse, uuenemisevõime, elujõulisuse ning potentsiaali praegu ja võimaldab ka tulevikus täita ökoloogilisi, majanduslikke ning sotsiaalseid funktsioone kohalikul, riigi ja maailma tasandil. Üheks arengusuunaks selle eesmärgi täitmisel on turberaiete osakaalu suurendamine.

Enamus Eesti metsadest uuendatakse lageraietega, kuid seoses ühiskonnahoiakute muutumisega ning metsamajandamispiirangutega alade osakaalu suurenemisega Eesti metsades, tuleb rohkem tähelepanu pöörata alternatiivsetele uuendusraieviisidele ja püsimetsa kasvatamise võimalustele, näiteks rakendada senisest enam turberaieid. Paraku Eesti metsanduslikus praktikas puudub metsakasvatajates ja metsaomanikes optimismi tekitav turberaiete „edulugu“. Metsakasvatajad vajavad senisest efektiivsemaid soovitusi turberaiete edukaks teostamiseks. On oluline leida uusi võimalusi metsade looduslähedasele uuenemisele kaasa aitamisel.

Turberaied on oma olemuselt looduslähedane raieviis küpsest metsast puidu varumiseks. Vana mets raiutakse mitme raiejärguga, et luua soodsad tingimused järelkasvu tekkimiseks. Erialases kirjanduses esitatakse ka soovitusi täiendada looduslikku uuendust istutamise teel või ka inimese poolt seemneid külvates. Üldtunnustatud on soovitus maapinna mineraliseerimiseks, mis tagab uuenduse tekkeks soodsad tingimused vana metsa turbe all. Arvuka uuenduse tekkeks on oluline jälgida seemneaastat. Turberaied jagunevad metsaseaduse (2006) alusel aeg-, häil- ja

veerraieks. Varem kuulus sellese gruppi ka valikraie, kuid alates 1993. aasta metsaseadusest on valikraie turberaietest eraldi käsitletav raieviis. Magistritöös uuritakse metsa uuendamist kolme turberaieviisi korral, seejuures kasutatakse kaht erinevat istutusmaterjali ning rakendatakse looduslikku ja inimese poolt tehtud külvi. Analüüsitakse vana metsa juur- ja valguskonkurentsi mõju uuendamise edukusele.

2011. aastal plaaniti metsateatiste väljastamise alusel teha uuendusraied Eesti metsades 40 512 hektaril, millest turberaied moodustasid 8,9% (3603 ha) (Aastaraamat mets ... 2013). Riikliku metsainventeerimise (SMI) 2006...2010 andmetel on Eesti metsadest erineva kaitsereežiimi all 25,4% metsamaast (Aastaraamat mets ... 2013). Erineva kaitsereežiimiga metsades, sealhulgas ka sihtkaitse vööndi metsades ei ole alati parim lahendus majandamistegevuse lõpetamine. Mõõduka inimtegevuse tulemusena kujunenud metsa- ja maastikutüüpide kaitsmisel on vajalik ka senise looduslähedase metsade majandamise jätkamine. Metsatüübi säilimiseks tuleb hoolitseda puistute sujuva uuenemise eest, hea viis selleks on turberaied. Samuti on need raied sobivad metsade majandamisel kõrge visuaalse väärtusega maastikel ning suuremate teede ääres, et vähendada metsanduskaugete inimeste negatiivset suhtumist puidu varumisse.

Praktilise metsanduse kogemustest on teada, et vana metsa puude all ja isegi üksikute seemnepuude ümbruses on noorte puutaimede kasv pidurdatud ja istutatud taimed või tekkinud uuendus võib isegi hukkuda. Põhjuseks on vanade puude juurestiku mõju toitainete ja niiskuse ärahaaramises. Üks võimalus turberaiete edukusele kaasa aitamisel, raiekraadide suurendamise ja maapinna mineraliseerimise kõrval, on metsamulla väetamine. Eesmärgiks on, et toitaineid jaguks vanade puude turbe all ka uuendusele. Kuna ülepinnaline väetamine on Eesti metsades metsaseaduse (2006) järgi keelatud, siis käesoleva töö puhul väetati teadustöö eesmärgil uuenduse lappe I boniteedi mustika kasvukohatüübi männikus. Katseala asub Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas, kvartalil nr. 276, eraldustel seitse ja kaheksa.

Järvelja turberaiete katsealal teeb uuringuid metsakasvatuse osakonna töörühm professor Hardi Tulluse juhtimisel. Magistritöö autor osales välitöödel peamise töötajana istutatud üksikpuude ja külvilappide väetamisel kevadel 2013; mulla- ja

okkaproovide kogumisel sügisel 2013; ulukikaitse pritsimisel sügisel 2013; uuenduse säilivuse, kõrguse ja juurdekasvu mõõtmisel kevadel 2014. Osaliselt aitas autor kaasa kõrguse ja juurdekasvu mõõtmisele sügisel 2013.

#### Magistritöö eesmärgid

- Uurida erinevate turberaieviiside mõju männiku uuendamisel
- Uurida erinevate uuendamisviiside mõju turberaie rakendamisel männikus
- Uurida juur- ja valguskonkurentsi mõju erinevate turberaieviiside ja väljaraie intensiivsuse korral
- Uurida võimalusi turberaiel looduslikult tekkiva või inimese poolt rajatud uuenduse kasvutingimuste parandamiseks väetamise teel

#### Käesoleva magistritöö hüpoteesid on:

- Aegjärkse raie esimese astme järel nõutakse seadusandluses alles jääva vana metsa liialt kõrget täiust
- Häilraie uuenemise edukaks toimimiseks tuleb soovitada suuri häile, nii nagu võimaldab metsa majandamise eeskiri alates 01.07.2014
- Seemet andva vana metsa suhtes õigesti valitud asukoha ja suunaga veerraie võib olla seni lubatavast (puistu keskmine kõrgus) laiem, kuni 50 meetrit
- Veerraie on metsa uuendamise seisukohast kõige lihtsam ja efektiivsem turberaieviis
- Loodusliku uuenduse arvukus on suurim aegjärksel raiel
- Turberaiel looduslikult tekkiva ja ka inimese poolt rajatud uuenduse kasvutingimusi on võimalik parandada väetades taimede vahetut ümbrust

#### Tänuõnad:

Magistritöö autor tänab Tartu Ülikooli Ökoloogia- ja maateaduse instituudi teadurit Arvo Tullust statistilise analüüsi meetodika selgitamisel, Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi metsakasvatuse osakonna lektorit Andres Jääratsit uuenduskatse rajamist puudutavate ning eelnevate kõrgus- ja juurdekasvu andmete eest. Suured

tänuõnad ka doktorant Reimo Lutterile, doktorant Karli Ligile, Mari-Liis Tishlerile ja Tiit Hallikmale abi eest väetamiskatse ja ulukitõrje katse rajamisel, mulla- ja okkaproovide kogumisel ning katseala inventeerimisel. Lisaks tänan metsateadlast Eino-Endel Laasi katseala kasvukohatüübi täpsustamise eest.

# 1. Turberaietest Eestis

## 1.1. Turberaiete üldiseloomustus

Kui lageraie järel jääb pikemaks ajaks kõrgmetsata suurem või väiksem piirkond, siis see kutsub esile muutusi seda ala elukeskkonnana kasutanute elus ja võimalikud on negatiivsed reaktsioonid mitmesuguste liikide ja nende rühmituste hulgas (Laas 2012a). Turberaied on Eestis kasutatavatest uuendusraietest oma olemuselt looduslähedased, kuna mets uuendatakse sujuvalt pikema perioodi jooksul. Turberaied on rühm uuendusraieliike, mille rakendamisel vana mets raiutakse mitme raiejärguga ühe vanuseklassi, harvem pikema perioodi jooksul, et luua soodsad tingimused okaspuude eeluuenduse arenemiseks või nende järelkasvu tekkimiseks ja kasvuks hõrendatud vana metsa turbe all või vana okasmetsa vahetus naabruses (Laas 2012a). Turberaiete kasutamisel on ka mitmeid uurimist vajavaid probleeme: noorte puude valgus- ja juurkonkurents vana metsa puudega; loodusliku uuenduse vähene elujõud ja ebapiisav arvukus; võrreldes lageraiega kallim puidu ülestötamine.

Samuti on probleemiks metsa ülestötamisega kaasnevad kahjustused uuendusele ja ka vana metsa puudele, mille vältimiseks otsitakse Skandinaavias ja mujal uusi, paremaid lahendusi (Glöde ja Sikström 2001). Üheks suurimaks probleemiks on puistute hõrendamise järel tuule- ja tormikahjustuste suurenemine, mille tagajärjeks võib olla puistu täielik hävimine (Belials 2004). Selle vältimiseks peab turberaiete planeerimisel olema ettevaatlik ning arvestama valitsevate tuulte suunda. Kuigi lähtudes majanduslikust tasuvusest saab turberaiel kokku hoida uue metsa rajamise kulud, tekivad suuremad kulutused mitmes etapis toimuva vana metsa ülestötamise tõttu.

Samuti näitavad praktilised kogemused, et vana metsa varjus tekkivad noored puud kasvavad aeglaselt ning metsaomanik kaotab võrreldes lageraiejärgselt rajatava metsakultuuriga mitme aasta puidu juurdekasvu. Kokkuvõtvalt peetakse turberaiet võrreldes lageraiega ökonoomiliselt vähem tasuvaks ning mida vähem korraga välja raiutakse, seda kõrgem tuleb ülestöötamise ühikuhind (Hanell *et al.* 2000).

Teatud juhtudel on turberaiete kasutamine vajalik, näiteks metsamajanduspiirangutega alade majandamisel, samuti on tegemist hea viisiga esteetiliselt väärtuslikel maastikel puidu varumisel. Turberaiet saab kasutada, kui metsaomanik emotsionaalselt ei soovi oma metsa lageraiega uuendada ning otsib teisi lahendusi. Otstarbekam on seda läbi viia metsas, kus on arvestatav kuuse või männi eeluuendus, mida saab kasutada uue metsapõlvkonna rajamisel (Laas 2012a). Turberaiete puhul on oluline, et tekiks peale raiejärkusid piisavalt uuendust, selleks peab silmas pidama seemneaastaid, samuti on võimalik looduslikule uuenemisele kaasa aidata maapinna mineraliseerimise, lisataimede istutamise ja lisatoitainete mulda viimise läbi. Kuusikutes on turberaiete tegemine metsa majandamise eeskirja (2006) järgi keelatud, kuigi Laasi (2012a) arvamusel võiks klassikaline veerraie olla peamine võimalus kuuse puistute looduslikuks uuenemiseks.

## 1.2. Turberaie viisid

Eestis jagunevad metsaseaduse (2006) alusel turberaied aegjärgseks-, häil- ja veerraieks. Valikraied, mis on püsimetsana metsamajandamise viisiks, turberaiete alla ei liigitu. Järgnevalt on välja toodud turberaiete jagunemine metsaseaduse (2006) alusel.

Aegjärgset raiet võib nimetada Eino Laasi (2012b) soovitusel hajaliraieks, kuna raiutavad puud paiknevad hajali raielangil ning ka teisi turberaie liike nimetatakse raiumise viisi järgi: häil- ja veerraie. Inglise keeles kasutatakse mõistet *shelterwood uniform system*, mis tuleneb samuti sellest, et puud jaotuvad raiel ühtlaselt (Fujimori 2001). Antud töös jäädakse siiski metsaseaduses ja pikalt metsanduses kasutatud mõiste

juurde. Aegjärgse raie puhul raiutakse uuenemisele kuuluvas metsas hajali paiknevaid ülarinde puid 10...20 aasta jooksul erinevate järkudena, tavaliselt 2 või 3 järguna (Metsaseadus 2006). Metsanduse praktilised kogemused ja naabermaade teadusuuringud näitavad, et metsa uuenemise seisukohalt on soovitatav kasutada turberaie esimesel etapil vana metsa tugevat väljaraiet. Hoolimata alles jäävate puude võrade poolt pakutavast turbest ning nende puude suurenenud seemnekandvusest on mõne aasta pärast vana metsa juur- ja valguskonkurents peamiseks uuenduse kasvu piiravaks faktoriks. Kirjandust uurides selgus, et paljudes maades on metsauuendamise viisina ühendatud aegjärgse raie ja suurearvulise seemnepuude langile jätmise põhimõtted.

Häilraiega raiutakse uuendamisele kuuluv mets häiludena korduvate raiejärkudena, raiuda võib kuni 5 häilu läbimõõduga kuni 30 meetrit hektari kohta, tingimusel, et häilude esialgne pindala pole suurem kui 25% puistu pindalast (Metsaseadus 2006, Metsa majandamise ... 2006). Alates 1. juulist 2014 võib esimese häilu suuruseks olla kuni 40 meetrit, millel on uuendusele parem mõju, sest häilu keskosas on taimede arvukus ja kasv parem kui häilu servades (Laas 2012a, Keskkonnaministri 27. ... 2014). Järgnevate järkudega laiendatakse häilusid, kuni nende liitumiseni. Uurimised Põhja- ja Edela-Eesti sambliku- ja pohlamännikutes näitavad, et häilude läbimõõdu piirides 15...30 meetrit oli uuenduse kõrgus 30-meetrises häilus umbes 1,5 korda suurem kui 15-meetrises häilus (Laas ja Vää 2004). Häilu suuruse olulisust näitavad osalt ka käesoleva töö mõõtmisandmed, kuigi nii noores eas ei ole häilu suuruse mõju uuenduse kasvule ja arvukusele veel usaldatav.

Veerraie korral raiutakse uuendamisele kuuluvas metsas puud langi servast lageraie korras korduvate raiejärkudena mitte rohkem kui puistu kõrguse laiuselt (Metsaseadus 2006). Lagetaks raiutud riba kõrvalt, kui seal on järelkasv, raiutakse üksikpuud või häilud puistu kõrguse laiuselt (Metsaseadus 2006). Järgmine raiejärk võib toimuda sarnaselt teistele turberaieliikidele siis, kui eelnev osa on nõuetekohaselt uuenenud. Veerraie on oma olemuselt kitsas lageraie, kuid tänu vanale metsale langi ääres on alale turve olemas. Veerraie teostamine on lihtsam ning selle kasutamise võimalused on võrreldes teiste turberaie liikidega suuremad (Laas 2012a). Veerraie teostamisel peaks

jälgima ka veeru suunda vana metsa suhtes, näiteks kui lääne suunas on tuuletakistus, siis võiks raiuda esimese veeru puistu põhjaservast, sellisel juhul langeb vana metsa vari raiutud osale, mis takistab seal rohttaimestiku kiiret vohamist (Laas 2012a) ja vähendab intensiivse otsese päikesevalguse stressi põuaperioodil. Samuti on järeldatud, et veerraie võiks olla pooleteise- kuni kahekordse vana metsa kõrguse laiune, kui langi lääneserva jääb soovitud koosseisuga seemet kandev mets (Eksperthinnang majandatavate ... 2010).

Turberaie tegemisel peab raiejärgude vahe olema vähemalt viis aastat, raieaastaid arvestamata, enne teist järku peab järelkasv olema hektaril vähemalt 1000 taime kõrgusega 0,3 meetrit, enne viimast järku 1500 taime kõrgusega 0,5 meetrit (Metsaseadus 2006, Metsa majandamise ... 2006). Alates 01.07.2014 kehtima hakkavate sätete kohaselt kaovad järkude ajalised piirangud häil- ja veerraiel ning järgmise järgu võib raiuda peale sobiva uuenduse tekkimist (Keskkonnaministri 27. ... 2014).

### **1.3. Turberaied kaitstavates ja majandamispiirangutega metsades**

2011. aastal plaaniti teha uuendusraied Eesti metsades 40 512 hektaril, millest turberaied moodustasid 8,9% (3603 ha), enim Võrumaal (472 ha), vähem Hiiumaal (26 ha) (Eesti metsanduse ... 2010). Tegelikud raiemahud on väiksemad, sest erametsade osakaal on selles andmestikus täidetud metsateatiste alusel, kuid tegelikkuses ei pruugitud kõiki neid raieid läbi viia, riigimetsa andmed on Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) tegelike raiete põhjal (Eesti metsanduse ... 2010). Riigimetsas on turberaiete osakaal väike, kõigest 2,5% kogu uuendusraietest, erametsades plaaniti 2011. aastal turberaieid 10,5% (Eesti metsanduse ... 2010). Peale 2005. aasta jaanuaritormi kahjustuste likvideerimist sanitaarraietega on turberaiete osakaal alates 2007. aastast püsinud 8-9% juures (Eesti metsanduse ... 2010). RMK ja erametsanduse turberaiete mahud on püsinud stabiilsed, andmete suundumused annavad alust arvata, et mainimisväärseid muutusi ei olnud ka 2012. ja 2013. aastal.

Riikliku metsainventeerimise (SMI) 2006...2010 andmetel on Eesti metsadest rangema või leebema kaitse all 25,4% metsamaast, millest rangema kaitse all on 9,8 ning leebemate piirangutega kaitsemetsasid 15,4%, lisaks kaitstavad vääriselupaikade metsad (0,2%) (eelnevad andmed kehtivad ainult tootliku metsamaa kohta, mistõttu võivad erineda mujal leiduvast statistikast) (Eesti metsanduse ... 2010). Eraldi tasub veel välja tuua, et riigimetsas on hoiu metsade osakaal 18,3%, erametsades 4,9%; kaitsemetsi on riigimaal 17% ja erametsades 14,4% (Eesti metsanduse ... 2010). Kuna kaitstavate metsade osakaal on Eestis tervikuna, kuid eriti riigimetsas, üsna suur, siis on oluline nende jätkusuutlik majandamine, üks võimalus sealt puidu varumiseks on suurendada turberaiete osakaalu metsades, kus need on lubatud.

Kaitsealadel ja kaitstavates metsades ei ole alati parim variant metsakasvatustliku tegevuse ja puiduvarumise lõpetamine. Teatud tüüpi metsade, näiteks lüütmännikute, puhul on oluline hoolitseda metsatüübi säilimise ja elujõulise järelkasvu tekkimise eest. Piiranguvööndis on olulisel kohal ka erametsaomanike majanduslikud huvid, kuid samas peab säilima alale omane elurikkus. Teoreetiliselt peaksid turberaiet olema heaks alternatiiviks kaitsemetsade lageraietele nii elurikkuse hoidmisel kui ka puiduvarumisel. Teatud juhtudel võivad turberaiet olla eesmärgipärased ka sihtkaitsevööndi, näiteks metsise kaitseks eraldatud metsades. Turberaiet on üheks heaks võimaluseks geenireservimetsade, eriti männikute uuendamiseks. Samuti on turberaiet hea viis metsamajandamisel kõrge visuaalse väärtusega maastikel ning suuremate teede ääres, kus tuleb arvestada inimeste negatiivset suhtumist lageraietesse ja üldse metsast puidu varumisse.

#### **1.4. Vana metsa mõju ja maapinna mineraliseerimine turberaiet**

Turberaiet eesmärgiks on metsa uuendamine vana metsa turbe all, mis tähendab, et puud, mis alale jäetakse, kannavad nime järgi eelkõige turbefunktsiooni. Vana mets aitab tasakaalustada järske temperatuurikõikumisi ning taandada põua mõju (Valkonen 2000),

mis mõlemad võivad uuendust kahjustada. Samuti vähendab turbe olemasolu külma- ja putukakahjustusi (kärsakakahjustusi) ning rohttaimestiku konkurentsi (Sundkvist 1994). Rohukamara kasv sõltub raiekraadist, näiteks Rootsis tehtud uurimuse põhjal selgub, et 200 puud hektarile jäetud raie puhul olid ettevalmistatud lapid kauem rohttaimestikust vabad ning andsid rohkem järelkasvu kui 160 puud hektaril, rääkimata lageraiest (Beland *et al.* 2000). Turberaiete, eriti aegjärgse raie, puhul on noorte mändide kasvamamineku tõenäosus ja tihedus suurem, kuid kõrguskasv väiksem kui lageraiete puhul (Nilsson *et al.* 2006). Vana metsa juur- ja valguskonkurents on oluline piirav tegur uuenduse kasvu puhul ning turberaie kasutamisel. Vana metsa puude mõju võib kohati ulatuda üle 10 meetri ning mõjutsoon puu ümber on tavaliselt ebaregulaarne, st puu juured ei ole korrapäraselt ümber puu, ning seetõttu võib raiealal olla erineva kuju ja suurusega uuenduse häile (Valkonen 2000). Soomes on leitud, et uuendus vana metsa puude mõjualas võib olla 9-17% madalam kui mõjualast väljas (Valkonen *et al.* 2002).

Jäetud turbepuud pakuvad küll oma turvet ka edaspidi, kuid õige pea hakkavad nad konkureerima uuendusega ning konkurents toitainete, vee ja kasvuruumi pärast tundub olevat suurema mõjuga uuendusele kui valguskonkurents (Valkonen 2000). Teisest küljest vana metsa konkurentsile lähenedes on Rootsi teadlased järeldanud, et valguskonkurents on olulisem, sest seda ei saa erinevalt mulla toitainete sisalduse muutmisest (väetamisest) ise reguleerida, lisaks leidis sama grupp, et puistu üldised omadused on suurema mõjuga kui uuenduse asukoht ja suund kindla vana metsa puu suhtes (Erefur *et al.* 2008). Turberaie uuenduse kordaminekuks on oluline teha raiejärgud õigel ajal, et vana metsa puhul oleks turbefunktsioon ja konkurentsi mõju tasakaalus. Oluline on arvestada sellega, et vana metsa eemaldamisega suureneb taimede suremus turbefunktsiooni kadumise tõttu (Nilsson *et al.* 2002) ning seetõttu ei saa turvet liiga vara eemaldada.

Turberaiele jäetava vana metsa eesmärgiks on ka uue metsapõlve jaoks vajalike seemnete tootmine ning nende idanemisele aitab kaasa maapinna mineraliseerimine. Eino Laas (2012a) on oma artiklis soomekeelsele kirjandusele põhinedes analüüsinud, et okaspuude seemned levivad isegi üle 100 m kaugusele servametsast, kuid efektiivne taimestumiskaugus on siiski 35...50 m. Maapinna ettevalmistamine (mineraliseerimine)

on noortele puittaimedele hea kasvueelduse saamiseks, metsauuenduse ja -hoolduse teostamiseks soovitatav enamikes kasvukohtades, hoolimata uuendusviisist (Laas 2011b). Käesoleva töö katsealal eemaldati rohukamar lapilööja „Mõts 500“ abil ning aegjärgse raie külvatud lappidel käsitsi maakirvega. Maapinna mineraliseerimine suurendab, lisaks rohukamara tõrjumisele, mullast vee kättesaadavust ning seemnete idanemist ja tõusmete säilivust (Hagner 1962. viidatud Beland *et al.* 2000 kaudu).

Turberaielankide rohtumine on puistute tormihelluse järel teine oht puistutele, sest see võib takistada seemnete idanemist ja noorte taimede kasvu ning esineb kuusikute kõrval just viljakama mullaga männikutes (Laas ja Väärt 2004). Rohukamara pealtungi aitab ära hoida maapinna piisavalt suurte lappidena ettevalmistamine. Mida kauem lapid avatud on, seda kauem on võimalik sinna seemnetel langeda ning kokkuvõttes seemnete arvukusele positiivselt mõjuda (Beland *et al.* 2000). Karlsson ja Örländer (2000) leidsid seitsmeaastase uurimise järel, et maapinna mineraliseerimine parandab oluliselt ka noorte taimede kõrguskasvu ja seemnete idanemist võrreldes ettevalmistamata alaga. Maapinna mineraliseerimise planeerimine seemneaastale, ning tehes seda vahetult enne oodatavat rikkalikku seemneaastat, mõjub seemnete arvukusele ja idanemisele väga positiivselt, idanema hakanud seemnete tihedus võib olla ligi kaks korda suurem, kui mineraliseerimise puhul enne tavapärasest seemnelangust (Karlsson ja Örländer 2000).

## **1.5. Uuenduse juurtoitumistingimuste parandamine**

Üks võimalus juurtoitumistingimuste parandamiseks on metsade väetamine. Metsade väetamisel on pikk ajalugu, mis sai alguse 1847. aastal Prantsusmaalt, Eestis alustati suuremate uurimustega 1950. aastatel ning enne keelustamist jõuti väetada ligi 35000 ha metsa (Seemen 2003). Rootsis saavutas väetamine oma tipu aastatel 1976 ja 1977, kui väetati ligi 190 000 hektarit aastas (Möller 1992). Uuringud on näidanud, et kõiki metsi ei ole otstarbekas väetada, aga näiteks häid tulemusi on andnud optimaalsetes niiskustingimustes II..IV boniteedi männikud, liigniisked metsad on soovitatav enne kuivendada (Seemen 2003). Arvatakse, et noorte okaspuukultuuride väetamine ei ole

keskkonnakaitseks otstarbekas, kuigi keskealiste väetatud metsade tagavara juurdekasv on olnud 20...30% suurem (Seemen 2003). Kui väetada vanemat metsa, siis suureneb ka metsa seemnekandvus (Karlsson 2006).

Mineraalväetiste kasutamise efektiivsus sõltub suuresti, kui õigesti on valitud objektid, väetiste liigid ja annused, väetiste süsteemitu kasutamine ei võimalda tõsta puistu tootlikkust ning lõppkokkuvõttes võib metsale negatiivselt mõjuda (Tälli ja Seemen 1983). Seetõttu on oluline enne väetiste kasutamist selgitada välja limiteeriv toiteelement ja valida sobiv puistu, mida saab teha nii visuaalsel vaatlusel, mullaanalüüsi tulemustel, kui erinevate väetuskatsete tulemuste analüüsil (Tälli ja Seemen 1983). Väetamise toimimiseks on oluline leida ja lisada puistule neid toitaineid ja nende kombinatsioone, mille puudus piirab puistu kasvu (Saarsalmi ja Mälkonen 2001). Näiteks, kui muld on lämmastikurikas ning lisa ei vaja, siis puistu reageerib väetamisele paremini PK väetise korral (Pietiläinen *et al.* 2005). Optimaalse koguse ja õige väetise lisamine sobivate kordustena on Rootsis mineraalmaal olnud kasulik tegevus (Jacobson ja Petterson 2010). Korduste tegemine on oluline, sest puud harjuvad väetamisega ning peale väetamise lõppu tekib vastuolu kasvanud toitainete vajaduse ja nende kättesaadavuse vahel, mis võib mõjuda puistule kahjulikult, sellest negatiivsest mõjust taastumine sõltub puistusse antud väetise kogusest (Pikk *et al.* 1999).

Soomes ja Rootsis on uuritud puutuhaga väetamist ning leitud, et puistu omadusi on võimalik parandada, kasutades tuhka väetisena. On leitud, et tuhk ja PK väetis mõjuvad sarnaselt puu juurdekasvule (Sikstöm *et al.* 2010), kuid tuha erinevate omaduste tõttu hakkab see mõjuma hiljem (Moilanen *et al.* 2004). Soomes on ka võrreldud NPK ja PK väetiste mõju kuivendatud aladel ning on leitud, et PK väetistega rikastatud 40 meetri laiused kuivendatud proovitükid olid suurema juurdekasvuga, kui väetamata alad ning NPK väetisega rikastatud alad (Pietiläinen ja Moilanen 2003). Ilmselt ei olnud uuritud puistute juurdekasvu piiravaks faktoriks lämmastikupuudus.

Noorte metsade väetamisel tekitab probleeme lehtpuuvõsa ja rohttaimestiku kiirenev kasv (Seemen 2003), sest kuna alustaimestiku juurestik paikneb pindmises mullakihis, siis on väetisega mulda viidud toitained neile hästi kättesaadavad (Seemen 1987).

Näiteks lämmastiku lisamisel pinnasesse vähenevad liigid, mis on harjunud vähese lämmastikuga ja vastupidi, suureneb lämmastikurikastel aladel kasvavate liikide arv (Möller 1992). Väetamine mõjutab ka metsakõdu omadusi, Raid (1987) leidis, et 10 aastat pärast väetamist oli metsakõdu tüsedus mustika ja pohla kasvukohatüüpides väiksem, kui väetamata puistutes. Võib arvata, et väiksem tüsedus oli tingitud intensiivistunud mikrobioloogilistest protsessidest mille tõttu suurenes kõdu lagunemine, samuti on erinev väetatud ja väetamata puistute kõdu mahukaal, mis keskmiselt oli väetatud puistutes suurem (Raid 1987). Väetamine võib aidata siduda ka rohkem süsinikku metsa maapealses osas, kui puu juurdekasv suureneb (Uri 2011)

Magistritöö autor käis seoses magistritöö ja tulevase doktorantuuriga 14.-15. mail 2014 Euroopa metsainstituudi Põhja-Euroopa regiooni kohtumisel Rootsis, Umea linnas. Kohtumise raames käidi ekskursioonil Rootsi põllumajandusülikooli metsandusosakonna katsealadel, kus külastati erinevaid väetamiskatsetega seotud Ahedeni ja Rosinedali katsealasid. Annika Nordin tõi välja asjaolu, et lisaks väetise (eriti lämmastiku) mõjule alustaimestikule võib olla väetamisel mõju ka mükoriisale ning puu ja seene sümbioosile, kus seeneniidistik ning metsaalused seened on pideva väetamise tulemusena alusmetsast praktiliselt kadunud. Tõenäoliselt puud ei vaja enam sümbioosi, kuna tänu lisatoitainetele saavad ilma hakkama. See uurimus on Rootsis hetkel käsil. Rosinedali katsealal tutvustas Tomas Lundmark väetamiskatset, kus kuus aastat on väheviljakal alal viidud mulda 100 kg/ha lämmastikku aastas, viimastel aastatel 50 kg, kuna okkaproovid näitasid küllastumise märke ning liigsed lämmastikukogused pole taimetele vajalikud. Väidetavalt oli antud alal väetatud puistu juurdekasv ligi kaks korda suurem, kui kontrollalal. Samuti toodi välja asjaolu, et alates väetamisest on alusmetsast seened kadunud. Lisaks uuriti selles puistus ka süsinikuringet metsaökosüsteemis.

Sama ekskursiooni käigus külastati ühte (Högberg *et al.* 2001) katseala, kus uuriti männi tüve korbastamise (puu koore läbilõikamine) mõju respiratsioonile ja fotosünteesile. Sellel katsealal (hailul, ligikaudse läbimõõduga 20 meetrit) oli visuaalsel vaatlusel väga tihe männi uuendus. Ekskursiooni juhid selgitasid, et peale korbastamist, mis vähendas vana metsa puude juurkonkurentsi, hakkas tekkima väga hea männi

looduslik uuendus. Tegemist oli väheviljaka alaga, kus mineraliseerimine ei olnud tingimata vajalik. Toodi välja ka asjaolu, et okkad püsisid puul veel kuni kaks aastat, seejärel nad langesid ning uuenduse kõrguskasv oli hoogustunud. Sarnast lähenemist võiks kaaluda ka Eesti männikutes väheviljakatel muldadel või korraliku mineraliseerimise puhul ka viljakamatel aladel. Seda võimalust saab kasutada, kui eesmärgiks ei ole puidu varumine, vaid korraliku järelkasvu tekkimine, sest korbastatud tüvede kvaliteet langeb ning keeruline on uuendust kahjustamata seda puitu välja vedada. Antud variandi puhul saaks pikendada vana metsa turbe olemasolu, kuni puud on terve väljanägemisega, kuid samal ajal vältides juurkonkurentsi mõju.

## **2. Katseala ja metoodika**

### **2.1. Katseala kirjeldus**

Uuringud katsealal on üks osa Riigimetsa Majandamise Keskuse poolt tellitud teadusprojektist „Turberaiete ökoloogilis-majanduslik analüüs ja näidis-püskatsealade võrgustiku rajamine“ (2011-2014). Näidis-katseala rajamist finantseeriti Järvelja Õppe- ja Katsemetskonna poolt. Projekti juhiks on Eesti Maaülikooli metsakasvatuse osakonna juhataja professor Hardi Tullus. Välitöödel on Järvelja katsealal vaatlusi ja mõõtmisi teinud sama osakonna metsateadlased Raul Rosenvald, Ivar Sibul, Rein Drenkhan, Tea Tullus, Eino-Endel Laas ja Andres Jäärats. Järgnevates katseala rajamise ja kirjeldamise peatükkides (2.1 ja 2.2) on suuresti kasutatud magistritöö juhendajalt saadud materjale.

Katseala rajamisel Järveljale 2011. aastal tähistati kõigepealt ala piirid ja märgiti taimestiku katseruudud, klupiti ala ülepinnaliselt ning arvatati puistu tagavara. Seejärel märgiti raiesse minevad puud ja säilikpuud, raie teostati 2011. aasta detsembrist kuni 2012. aasta aprillini. Tööd tehti mootorsaagidega ning väljavedu toimus põllumajandustraktoriga „Belarus“. Aegjärgse raie puhul märgiti ja raiuti esmalt väljaveoted ning seejärel puud täiuseni 50%, mis on metsaseaduse (2006) järgi esimese raiejärgu järgne minimaalne lubatav täius. Häilraie puhul rajati kuus häilu suuruses 25...35 meetrit koos kokkuveotedega ning veerraiel raiuti 30 meetri laiune ja 0,79 ha suurune kitsas lank, kuhu jäeti ka neli säilikpuud. Aegjärgse- ja häilraie puhul oksad põletati, veerraiel asetati oksad siulu keskele vaalu. Raie-eelse metsa takseerimise ja raiutavate puude valiku teostas Raul Rosenvald.

Katseala rajati kahele kõrvuti asuvale eraldusele Järvelja Õppe- ja Katsemetskonnas, millest eraldus 8 asub kavandatavas Järvelja looduskaitseala laienduse piiranguvööndis. Kvartalil 276, eraldusel 8, kus tehti häilraie ja aegjätkne raie, asuv männipuistu on rajatud 1897. aastal külvi teel ning oli raiehetkel 115 aastane, kogupindalaga 4,22 ha. Lisaks männile oli puistusse algselt kasvama pandud vähesel määral ka lehist ja seedermändi, raie ajaks oli lehisest säilinud mõned puud (17 puud keskmise diameetriga 24 cm), seedermännid olid täielikult välja langenud. Eraldus asub mustika metsakasvukohatüübil, mullatüüp on gleistunud keskmiselt leetunud leedemuld (L<sub>IIg</sub>) ja puistu boniteet on I. Mustika metsakasvukohatüübis ei ole I boniteedi puistu kasvamine tavapärase nähtus, kuid väidetavalt on Järvelja metsad sama mullaliigi ja/või metsakasvukohatüübi korral ühe boniteediklassi võrra viljakamad võrreldes Eesti keskmisega. Raiehetkel oli mändide keskmine kõrgus 31 meetrit ja kuuskedel 15,5 meetrit. Mändide poolt moodustatav täius oli 107% ja kuuskedel 12%. Raiesse minevate mändide keskmine tüvemaht oli 1,15 tm ja kuuskedel 0,2 tm (tabel 1). Elusate puude tagavara eraldusel oli 571 tm/ha, sh mändide tagavara 539 tm/ha. Surnult seisvaid puid oli 10 tm/ha.

Eraldus 8 jagati kolmeks (joonis 1). Kõige põhjapoolsem (0,83 ha) jäi kontrollalaks, mis jäi raietest puutumata. Keskmises osas tehti aegjätkne raie pindalaga 1,68 ha, mille käigus viidi täius 50%-ni. Lõunapoolsel alal (1,72 ha) tehti häilraie. Kokku raiuti häilraiealal kuus häilu läbimõõduga 25, 30 ja 35 meetrit, igat suurust kaks. Tulevikus on alal planeeritud 2...3 raiejärku ning viimase raiejärgu juures jääb kogu eraldise kohta alles 25% algsest puidu tagavarast, vastav kokkulepe sõlmiti Tartumaa Keskkonnaametiga. Nii aegjätkse kui ka häilraie puhul raiuti esimeses raiejärgus välja kõik kuused, kased ja lehised, surnud seisvad puud püüti raietööde käigus säilitada.

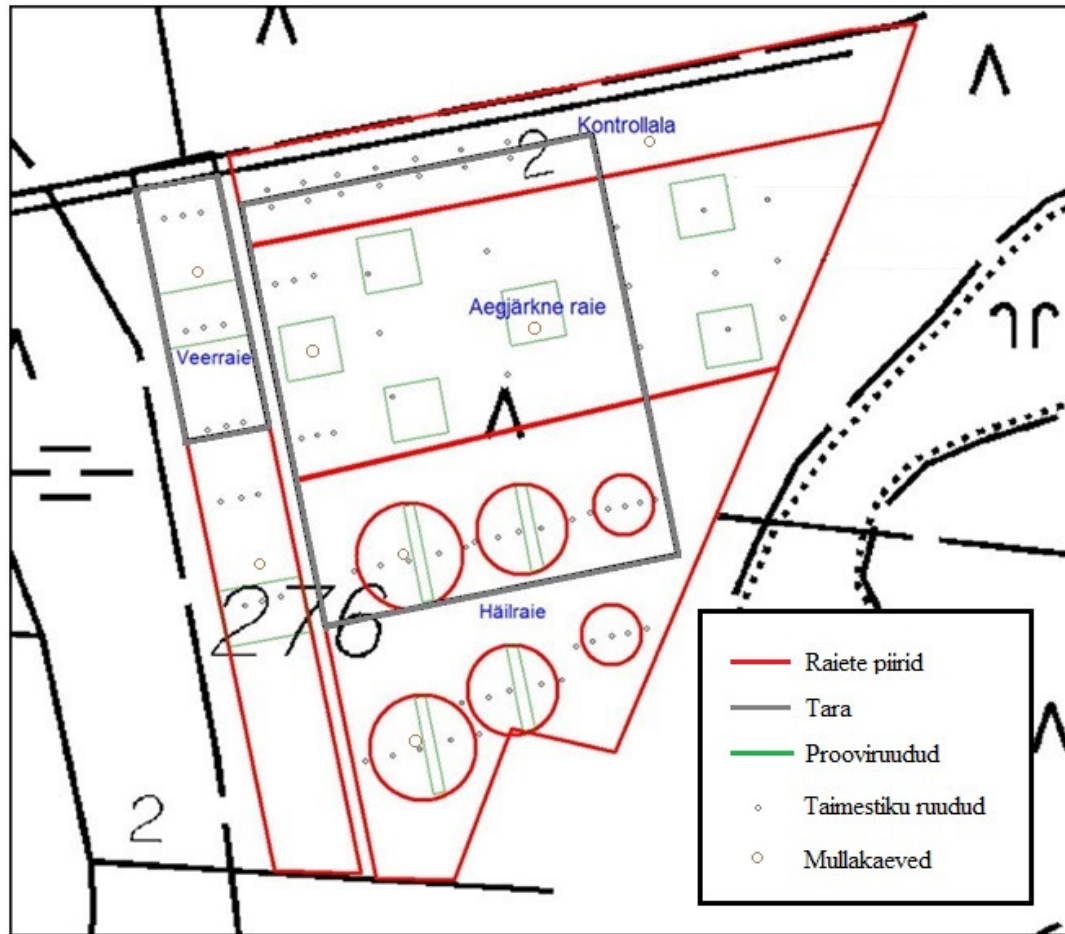
Uuritav veerraie asub kvartalil 276, eraldusel 7, kus uuendati osa männipuistust, mille kogupindala on 3,7 ha ning mis oli rajatud 1910. aastal külvi teel (raietööde ajal oli puistu 102-aastane). Näidiskatsealaks valiti puistu idapoolne külg, veerraielangi laiuseks on 30 meetrit ning pindalaks 0,79 hektarit. Tegemist on mustika-pohla metsakasvukohatüübiga, kus on mullatüübiks samuti gleistunud keskmiselt leetunud leedemuld (L<sub>IIg</sub>) ning puistu kuulub esimesse boniteediklassi. Raiehetkel oli mändide

täius 100% ja kuuskedel 18%. Mändide keskmine kõrgus raiealal oli 29,8 meetrit ja kuuskedel 15,6 meetrit. Mändide keskmine tüvemaht oli 1,2 tm ja kuuskedel 0,2 tm. Elusate puude tagavara eraldusel oli 534 tm/ha, sh mändide tagavara 492 tm/ha. Surnult seisvaid puid oli 5 tm/ha. Raiealal säilitatati neli elusat männi säilikpuud kogumahuga 13 tm/ha.

**Tabel 1.** Enne raiet kasvanud puude, raiutud puude ja allesjäänud puude arv ja maht

		Enne raiet		Raiutud puud		Allesjäänud puud	
		arv (ha)	maht (tm/ha)	arv (ha)	maht (tm/ha)	arv (ha)	maht (tm/ha)
Aegjätkne raie	<b>Mä</b>	411	569,3	248	288,3	163	281,0
	<b>Ku</b>	90	11,6	90	11,6		
	<b>Ks</b>	4	1,0	4	1,0		
	<b>Lh</b>	4	2,1	4	2,1		
Häilraie	<b>Mä</b>	401	566,2	86	98,7	315	467,4
	<b>Ku</b>	173	40,3	173	40,3		
	<b>Ks</b>	6	5,3	6	5,3		
Veerraie	<b>Mä</b>	411	492,2	407	475,7	4	13
	<b>Ku</b>	253	41,3	253	41,3		
	<b>Ks</b>	4	0,3	4	0,3		
Kontrollala	<b>Mä</b>	290	422,9			290	422,9
	<b>Ku</b>	265	31,3			265	31,3
	<b>Ks</b>	27	2,4			27	2,4
	<b>Le</b>	12	4,8			12	4,8

Kokku läks raiesse (aegjätkne-, turbe- ja veerraie) 741 mändi, mille keskmine tüvemaht oli 1,16 tm (tabel 1). Alalt raiuti kõik teised puuliigid, välja arvatud kontrollala (tabel 1)



Joonis 1. Järvselja turberaiete näidis-katseala

## 2.2. Uuendamise katse

Enne katseala uuendamist, 2012. aprillis, viidi läbi maapinna ettevalmistus üherealise lapilööjaga "Mõts 500", millega plaaniti mineraliseerida ~20% raiealast. Vaid aegjätkse raie külvitaimede lapid mineraliseeriti maakirvega. Eino Laasi inventeerimise andmetel valmistati ette 10-15% raiealast. Samuti tarastati umbes pool katsealast (joonis 1), et vältida ulukikahjustust tara sees ning tulevikus hinnata selle mõju väljaspool.

Katsealale rajati 2012. aasta mais kultiveerimise võrdluskatse, mille eesmärk on läbi viia võrdlus loodusliku ning kunstliku metsauuendamise vahel erinevate turberaieviiside korral. Erinevate uuendusviiside taimede seemned pärinevad erinevatest kohtadest. Avamaa- ehk paljasjuursed taimed olid kasvatatud RMK Räpina taimlas ning potitaimed AS Eesti Metsataim taimlas. Taimed olid eelnevalt kärsaka profülaktiliseks tõrjeks töödeldud *Fastaciga*, mis on nii põllu- kui ka metsamajanduses kasutatav taimekahjurite tõrjevahed (*Fastac* 50 2014). Paljasjuursetel taimedel kärbiti istutuseelselt üksikud pikemad juured ning potitaimed kasteti vette. Paljasjuursete taimede istutamiseks kasutati kiilistutust ning potitaimed pandi mulda 63 mm istutustoruga. Külvatud seeme pärines talvise raie käigus samast puistust varutud kähidest.

Aegjarkse raie alale rajati kuus prooviruutu, küljepikkusega umbes 20 m. Neli prooviruutu on tarastatud alal ja kaks võrdlusena väljaspool tara (joonis 1). Aegjarkse raie igale ruudule istutati 60 paljasjuurelist ja 60 potitaimet ning tehti kaks rida lapikülvi, kokku on raiel 179 külvilappi. Algtihedus ruutudel on arvestuslikult 3000 tk/ha. Veerraie alale rajati avamaataimede ja potitaimede kaks katseruutu küljepikkusega 30x20 meetrit. Veerraiel rajati männikultuur algtihedusega 3800 tk/ha, kuhu istutati 80 paljasjuurset taime ja 80 konteinertaime prooviruudu kohta. Üks katseruut asub tarastatud alal ning teine väljaspool tara. Veerraie mõlema ruudu servale tehti samuti kaks rida männikülvi, algtihedusega 3800 külvikohta/ha, kokku 60 lappi. Häilraie puhul tehti kultiveerimist kahel suurema läbimõõduga häilul (30 ja 35 meetrit). Häilu läbimõõdu ulatuses istutati kaks rida taimi ja teostati ka kahele reale lapikülvi, kokku on kõigil häiludel 60 külvilappi. Kasutati samuti paljasjuurseid taimi ja potitaimi algtihedusega 3500 tk/ha.

Igale raieviisile ning uuendusviisile märgiti pärast loodusliku uuenduse tekkimist ettevalmistatud lappidele (2013 kevad) loodusliku uuenduse katselapid. Aegjärksel raiel märgiti igale ruudule 15 lappi (kokku raiel 90), veerraie puhul nii tarastatud kui ka tarastamata alale 40 lappi (kokku 80) ning igale häilule 15 lappi (kokku 90).

Looduses on kokku tähistatud ja nummerdatud 1782 taime ja külvikohta, kus toimuvad kasvuparameetrite, väetamise mõju, okkahaiguste ja kärsaka kahjustuste monitooring ja eksperimendid. Kõik katsevariandid inventeeriti 2012 sügisel; 2013 kevadel ja sügisel ning 2014 kevadel. 2013. ja 2014. aasta kevadel toimus ka istutatud taimede uuendamine, mille käigus asendati eelneva aasta jooksul hukkunud taimed. Aegjärksel raiel asendati 2014. aastal Andres Jääratsi eestvedamisel 95 paljasjuurset ja 109 potitaime, veerraiel 19 paljasjuurset ja 22 potitaime ning häilraiel 7 paljasjuurset ja 4 potitaime.

2013. aasta septembris inventeeris Eino Laas Järvelja turberaie katseala looduslikku uuendust ja mõõtis nende ettevalmistatud lappide suurusi ja paiknemist veer- ja aegjärksel raiel. Järgnevas kahes lõigus on toodud välja tema käsikirjalised ning hetkel avaldamata andmed. Veerraie 30 m laiusel langil olid lapiread paralleelsed langi pikiteljega, aegjärkse raie katsealal samuti piki pikemat külge. Veerraie langil olid keskmised vahekaugused lapiridade vahel 1,84 m ja reas oli vahe 2,74 m. Aegjärksel raiel oli ridade vahekaugus 2,0 m ja reas 2,89 m. Keskmise lappide arv 1 ha kohta veerraie langil oli 2050, aegjärksel raiel 1770. Lappide keskmised mõõtmed on veerraiel 0,98 x 0,66 m, aegjärksel 0,97 x 0,62 m ning keskmine lapi pindala vastavalt 0,65 m<sup>2</sup> ja 0,60 m<sup>2</sup> ehk masin on teinud lapid küllaltki ühtlase suurusega.

Eino Laasi mõõtmiste põhjal moodustas lappide pindala veerraiel keskmiselt 12,9% ja aegjärksel raiel 10,5% proovitükkide pindalast. Lappide valmistamisel olid takistavaks elemendiks kannud veerraiel. Männi kaheaastaseid looduslikke seemikuid oli veerraiel lapis keskmiselt 11 ja nende keskmine kõrgus oli 8,3 cm, aegjärksel raiel 13 tükki keskmise kõrgusega 4,7 cm. Männi kaheaastaseid taimi lappides oli veerraie langil hektari kohta keskmiselt 22040 tk, millele lisandusid vähesed üheaastased männitaimed keskmiselt 1080 tk hektari kohta. Lappidesse oli tekkinud ka värskest kasetõusmeid, milliseid oli keskmiselt veerraie lapi kohta 26 tk ja aegjärkse raietüki lapil 19 tk. Seejuures mõjutas kasetõusmete arvu tugevasti kase emapuude kaugus proovitükist, nt ca 25 m kaugusel proovitükist puhverribal kasvav kask põhjustas rohkesti ca 100 kasetõusmega lappe. Eino Laasi poolt mõõdetud eelnevad männi arvukuse ning kõrguse andmed erinevad magistriltõõ omast, sest on kasutatud erinevat meetodikat.

### **2.3. Tehtud, pooleliolevad ja tulevased teadustööd**

Järvelja turberaiete näidis-püsikatseala on rajamisest alates olnud väga atraktiivne ning selle põhjal on valminud, valmimas ja plaanitud mitmed teadusuuringud ja üliõpilaste lõputööd. Katseala eeliseks on erinevate turberaieviiside olemasolu ühes kohas ning ulatusliku andmebaasi kujundamine. Andmestikku on pidevalt täiendatud ning korduvalt analüüsitud. Kuna katse on kavandatud pikaajaliste vaatluste ja mõõtmiste põhjal üldistuste tegemiseks, siis on peamised teadustöö tulemused, sealhulgas teadusartiklid, planeeritud tulevikuks.

Järvelja katsealale on Tea Tullus rajanud 80 alustaimestiku muutuste uurimise püsiprooviruutu (joonis 1). Igal ruudul on hinnatud puhma-, rohu- ja samblarinde üldkatvus, koostati soon- ja sammaltaimede liiginimekirjad ning hinnati kõikide liikide katvusi. Igal ruudul tehti lisaks poolsfäärifotod valgustingimuste kirjeldamiseks. Taimkate ja valgustingimused on kirjeldatud kaks korda (raie-eelselt 2011. aastal ja raiejärgselt 2012 suvel). Nimetatud uurimuse tulemused on hetkel käsikirjalised ning avaldamata.

2014. aasta kevadel valmis ala kohta bakalaureusetöö „Turberaie katsealal männi uuendust kahjustavad metsahaigused ning invasiivsete haigustekitajate monitooring“, mis uurib patoloogilisi haigusi uuendusel. Töö koostaja oli loodusvarade kasutamise ja kaitse üliõpilane Britt Puidet. Tööst selgus, et aegjärksel raiel oli seenhaiguste sümptomitega külvi ja loodusliku uuenduse taimi usaldatavalt rohkem kui teistel raietel, istutatud taimi ei uuritud.

Katseala rajamisest valmis 2012. aastal bakalaureusetöö „Turberaieviisidest Eesti metsades – uuringute ülevaade ja Järvelja katseala rajamine“, mille autoriks oli Janar Alamäe. 2013. aasta kevadel valminud Riin Kurrikoffi magistritöö „Metsa loodusliku

uuenduse ja külvi kordaminek Järvelja turberaie näidis-katsealadel“ selgitas, et esimese kasvuaasta põhjal oli külv ja looduslik uuendus paremini korda läinud veerraiel.

Eino-Endel Laas uurib katsealal loodusliku uuenduse kordaminekut ning mineraliseerimise mõju loodulikule uuendusele, Ivar Sibul uurib männikärsaka- ning muid putukakahjustusi. Katseala on planeeritud ka käesoleva töö autori 2014. aasta sügisel alustatava doktoritöö „Turberaie ökoloogilis-majanduslik analüüs“ peamiseks uurimisobjektiks.

## 2.4. Mullauuringud

Mulla füüsikaliste ning keemiliste omaduste väljaselgitamiseks teostasid 2013. aasta suvel (juuni-juuli) TÜ dotsent Arno Kanal, Hardi Tullus ja doktorant Reimo Lutter mullauuringud, mille raames rajati seitse mullakaevet, mille asukohad on joonisel 1. Kaevetest võeti igast mullahorisondist mullaproov keemiliseks analüüsiks ning proovid lasuvustiheduse arvutamiseks, tulemused on esitatud lisas 3. Kõigi uuritud muldade lähetekivimiks on toitainetevaene liiv ning tegemist on soostunud leedemuldadega, millesugused hõlmavad Eesti maafondist 6,3% ning esinevad peamiselt metsamuldadena, enamasti mustika kasvukohatüübi männikutes (Kask 1996). Kaevete analüüsil selgus, et ala piirides on muldade puhul ka väikeseid erinevusi, mis võivad avaldada eri katseruutudel paiknevatele taimedele erinevat mõju.

Mõlema metsaeralduse mullatüübiks võib lugeda gleistunud keskmiselt leetunud leedemulla (L<sub>IIg</sub>), mis on oma olemuselt väikese puhverduisvõimega ja mille tekkimist mõjutab kõdustumine (organogeense horisoni moodustumine metsakõdust) ning leetumine (Kask 1996). Leetumine on protsess, mille käigus mulla alumosilikaadid (räni ja alumiiniumi sisaldavad keemilised ühendid) ja savimineraalid lagunevad huumushapete toimel ning tekib leet- ehk väljauhtehorisont (E), kust toitained uhutakse järgmisesse, B, horisoni (Kask 1996). Samuti mängib rolli gleistumine, mis on ajutiselt

liigniiske olek (näiteks kevadise suurvee ajal) ning tekitab hapnikupuudust mullas (Kask 1996).

Kuigi eralduste mullatüübid on  $L_{IIg}$ , siis uuritava ala mullakaevete tunnused varieeruvad metsakõdu lagunemisastme ja kivi tüseduse osas ja leetumise astme osas, mis näitab protsessi intensiivsust ning glesitumise poolest, mis turvastunud muldades on püsiv. Lõuna-Eesti metsades on nimetatud mullad metsamuldade seas suhteliselt tavalised ning sarnaseid väheviljakaid muldasid leidub ka mitmel pool mujal, näiteks Vahe-Eesti metsavööndis ja Hiiumaa lääneosas (Kask 1996).

Mulla sügavkaevete proove analüüsiti EMÜ Taimebiokeemia laboratooriumis veebruaris 2014. Lämmastik määrati Kjeldahli meetodil, fosforit ammoniumlaktaatlahustuval AL-meetodil ning kaalium määrati leekfotomeetriliselt samast ekstraheerimislahusest kust fosfor. Mulla pH määrati 1 N KCL lahuses, mulla ja lahuse vahekorraga 10g:25ml.

## **2.5. Ilmastik**

Tabelis 2 on toodud välja keskmised temperatuurid ja sademete summad kahe aasta jooksul peale raiet ning uuenduskatse rajamist. Tabelist selgub, et kasvuperioodidel on taimedele olnud normilähedane ning pigem positiivne temperatuur, millest võib järeldada, et külmakahjustused taimedel on vähetõenäolised. Välistamata ei saa jätta öökülmade mõju.

**Tabel 2.** Kuude keskmised õhutemperatuurid ja sademete summad katsealale lähima Peipsi-äärse EMHI meteoroloogiajaama andmetel aastatel 2012-2013 (sulgudes on toodud võrdlus normiga)

Kuu	2012 aasta		2013 aasta	
	Temp. (°C)	Sad. (mm)	Temp. (°C)	Sad. (mm)
Jaanuar	-4,8 (+2,5)	55,6 (158,9%)	-6,7 (+0,5)	29,8 (85,1%)
Veebruar	-11,4 (-4,2)	36,3 (139,6%)	-4,2 (+3,0)	35,9 (138,1%)
Märts	-0,2 (+3,0)	50,6 (174,5%)	-7,4 (-4,2)	9,0 (31,0%)
Aprill	3,5 (+0,9)	54,3 (155,1%)	2,4 (-0,2)	34,7 (99,1%)
Mai	10,9 (+1,2)	68,7 (159,8%)	13,3 (+3,6)	57,1 (132,8%)
Juuni	13,6 (-1,0)	93,9 (161,9%)	17,6 (+3,0)	72,4 (124,8%)
Juuli	17,8 (+1,5)	75,2 (96,4%)	17,5 (+1,2)	50,9 (65,3%)
August	15,1 (+0,1)	76,2 (99,0%)	16,5 (+1,5)	86,1 (111,8%)
September	12,3 (+2,0)	49,3 (73,6%)	11,7 (+1,4)	57,5 (85,8%)
Oktoober	6,0 (+0,4)	70,5 (123,7%)	6,9 (+1,3)	48,5 (85,1%)
November	2,8 (+2,5)	85,7 (171,4%)	4,1 (+3,8)	69,9 (139,8%)
Detsember	-6,7 (-2,5)	39,9 (86,7%)	1,5 (+5,7)	46,3 (100,7%)

Sademeid on olnud samuti mõlemal kasvuperioodil piisavalt. 2013 aasta juuli oli ainus kuu, mis erines normist märgatavalt, kuid sellele eelnev ja järgnev kuu on seda kompenseerinud. Samuti oli sademeid piisavalt väetamiskatse rajamise (mai-juuni 2013) ajal, mis tähendab, et väetis tõenäoliselt lahustus ning jõudis pinnasesse.

## 2.6. Välitööd

### 2.6.1. Väetamine

Turberaiel tekkiv uuendus kasvab aeglasemalt kui lageraiete puhul tekkiv looduslik uuendus või rajatud metsakultuur. Põhjuseks on võrreldes lageraiega halvemad valgustingimused ja vanametsa puude juurte mõju. Eesmärgiga aidata kaasa turberaie esimese etapi järgse seemnetekkelise uuenduse ja istutatud taimede kõrguskasvule ning elujõule, otsustati alustada 2013. aastal väetamiskatsega kõigil kolmel raievariandil ja kõigi nelja uuendusviisi korral. Väetamiskatse rajas magistritöö autor ning kokku väetati 507 uuenduse proovilappi.



**Joonis 2.** 0,32 m<sup>2</sup> lapi väetamine (foto: Martin Tishler)

Eestis on metsade ülepinnaline väetamine metsaseaduse (2006) paragrahvi 27 alusel keelatud. Teadusliku katsena rajati väetamise prooviringid suurusega 0,32 m<sup>2</sup> (joonis 2), millele puistati 32 grammi NPK 21:11:11 kompleksväetist so 1000 kg hektari kohta, mis vastab väetisnormile N210P110K110 hektari kohta. Prooviringide erinevad arvud (tabel 3) raie- ja uuendusviiside puhul on tingitud istutatud ja külvatud taimede vaatluslappide arvust, eesmärgiks oli väetada vähemalt 30 ringi igal katsevariandil, kuid kuna mitmel katsevariandil oli taimi või külvilappe vähem, võeti nende puhul

vastu otsus väetada pooled taimed või külvilapid igast katsevariandist. Kokku väetati veerraial 156, aegjärksel raiel 225 ning häilraiel 126 proovilappi.

**Tabel 3.** Istutatud, külvatud ning looduslikult uuenenud väetatud taimede arv

	Veerraie		Aegjärkne raie		Häilraie					
	Aias	Aias väljas	Aias	Aiast väljas	Aias 25m	Väljas 25m	Aias 30m	Väljas 30m	Aias 35m	Väljas 35m
Avamaataim	30	17	30	30	0	0	1	11	3	14
Potitaim	26	13	30	30	0	0	12	2	7	0
Külvilapp	15	15	30	30	0	0	7	8	8	8
LU lapp	20	20	30	15	7	8	8	7	7	8

### 2.6.2. Taimede arvukuse ja kõrguskasvu mõõtmine

Katsealal turberaie uuenduse jälgimiseks on nummerdatud istutuse- ja külvilappe inventeeritud alates 2012. aasta sügisest, loodulikku uuendust alates 2013. aasta kevadest, mõõtmisi on teostanud Andres Jäärats, Reimo Lutter, Karli Ligi, Riin Kurrikoff ja magistritöö autor.

Magistritöö autor teostas kõigi nummerdatud proovilappide inventeerimise, loendas külvi teel tekkinud taimed ja mõõtis nummerdatud puude kõrguskasvu 2014. aasta kevadel. Statistilises analüüsis kasutab magistritöö autor 2012. aasta, loodusliku uuenduse puhul 2013 kevade andmeid ning uusimaid, autori mõõdetud 2014 kevade andmeid.

Poti- ja avamaataimede kõrgused mõõdeti maapinnalt viimase aasta võrse tipuni mõõdulindi või joonlauaga ühe sentimeetri täpsusega. Külvilappide ja loodusliku uuenduse puhul loeti 0,32 m<sup>2</sup> suuruse ringi sees olevate taimede arv (edaspidi arvukus) ning seejärel mõõdeti ringi keskkohale lähemal oleva viie taime kõrgus. Statistilises analüüsis kasutatakse nende viie taime kõrguste aritmeetilist keskmist. Juurdekasvu pikkused on saadud viimase aasta võrse pikkuse mõõtmisel, külvi- ja loodusliku uuenduse puhul juurdekasvu ei mõõdetud. Inventeerimisel märgiti lisaks ära hukkunud,

murdunud ja uue ladva kasvatanud ning kiratsevad taimed. Uue ladva kasvatanud taimede puhul mõõdeti selle pikkus. Kiratsevate taimede juurdekasv oli enamasti väike või olematu ning taimel oli palju pruune okkaid või putukakahjustusi, kuid taimed olid veel elus. Kiratsevad ja uue ladvaga taimed on edasisest andmetööst välja jäetud, kuna eraldi uurimust nende kohta antud töös ei ole ning kõrgus- ja juurdekasvu puhul moonutavad nad liigselt tulemusi ning väetamise võrdluskatsele arvestatavat mõju ei avaldanud.

### 2.6.3. Ulukikahjustuste tõrje

2013. aasta sügisel pritsiti ulukikahjustuse võrdluskatse rajamiseks tarastatud alast väljaspool 67 avamaa- ja 61 potitaime ulukitõrjevahendiga *Trico*. *Trico* on Eestis suhteliselt hiljuti kasutamist leidnud vahend, mille koostisained on peamiselt vesi ja lambarasv (65g/l), millest viimasel on tõrjetoime (Vaasma 2013). Rootsis on seda Austria toodet kasutatud üle viie aasta ning tulemused on olnud väga head, alates 2012. aastast on proovipritsimisi tehtud ka Soomes, kus leiti selle sobivus ka põdrakahjustuste vältimiseks (Vaasma 2013). Eestis on tehtud esimesed katsetused mitmete ettevõtete, metsaühistute ja RMK poolt 2012. aasta sügisel (Vaasma 2013) ning praeguse magistr töö raames Järvelja turberaiete katsealal. Katseala proovipritsimise andmed on toodud tabelis 4. Külvi ja loodusliku uuenduse lapid jäeti taimede madala kasvu tõttu 2013. aastal pritsimata.

**Tabel 4.** Proovipritsimised ulukitõrjevahendiga *Trico* aiast väljas

Raieviis	Potitaimed	Paljasjuursed taimed	Kokku
Aegjärkne raie	33	28	61
Häilraie	14	14	28
Veerraie	14	25	39

#### 2.6.4. Okka- ja mulla toiteelementide proovid

Lisaks mulla sügavkaevete horisontide keemilise analüüsi proovidele võttis magistritöö autor mullaproovid proovilappide pealmistest horisontidest, enamasti O ehk kõdu- ja E ehk väljauhtehorisondist, umbes 0-10 cm sügavuselt, ning okkaproovid. Igalt uuendusviisilt koguti 6 mullaproovi, 3 tk väetatud lappidelt ja 3 tk väetamata lappidelt, et võrrelda mulla happesuse (pH) ja toitainete: üldlämmastiku (N), omastatava fosfori (P) ja omastatava kaaliumi (K) sisaldust väetatud ja väetamata lappidel. Eesmärgiks oli selgitada, kas väetatud mulla proovilapi ülahorisondis on toitainete sisaldus pärast ühte vegetatsiooniperioodi suurem. Okkaproovid, millest samuti pooled olid väetatud taimedelt, võeti taimedelt, mille juurest võeti ka mullaproovid. Okkaproove koguti istutatud taimede korral ainult ühelt taimelt, seemnetekkelise uuenduse korral mitmelt külvilapile jäävalt taimelt. Proovide kogumise eesmärgiks oli selgitada, kas väetatud taimede toitainete (NPK) sisaldus on väetamata taimedest suurem. Iga raieviisi neljast uuendusvariandist koguti 6 okka- ja 6 mullaproovi, kokku 144 proovi.

Lisaks proovide kogumisele mõõdeti iga mullaproovi võtmiskohast lähimate vanade puude kaugused: aegjärksel raiel lähima kolme (kui kolmas puu oli üle 10 meetri kaugusel, siis kahe puu) kaugused, häilraiel kaugus häilu lähimast servast, veerraie puhul kaugus vana metsa piirist (kui kaugus ületas 15 meetrit, siis kaugust ei mõõdetud). Puude kauguste mõõtmise eesmärgiks oli selgitada vana metsa mõju toitainete sisaldusele mullas ja okastes.

Okkaproovid kuivatati Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi metsakasvatuse osakonna Metsaökoloogia ja bioproduktiooni labori kuivatuskapis (Mammert 100–800) temperatuuril +65 °C. Mullaproovid kuivatati toatemperatuurini, seejärel EMÜ Taimebiokeemia laboratooriumi kuivatuskapis. Kõiki proove analüüsiti 2014. aasta veebruaris EMÜ Taimebiokeemia laboratooriumis. Mullaproove analüüsiti sama meetodikaga, millega sügavkaevete proove. Okkaproovide puhul leiti toiteelementide protsentuaalsed sisaldused.

## 2.7. Statistiline analüüs

Välitööde käigus kogutud andmed sisestati tabelarvutussüsteemi MS EXCEL 2007 keskkonda, kus koostati lihtsamad tabelid, edasine andmete analüüs toimus vabavarana kättesaadavas statistikaprogrammis R. Kõrguse ja kõrguse juurdekasvu (viimase aasta ladvavõrse pikkuse) iseloomustamiseks arvutati erinevate raieviiside puhul nende iseloomustavad statistilised karakteristikud: kõrgus, juurdekasvu pikkus, aritmeetiline keskmine, maksimaalne ja minimaalne väärtus, mediaan, alumine ja ülemine kvartiil, standardhälve ja variatsioonikordaja. Samuti on toodud välja kiratsevate ja hukkunud taimede osakaal ning võrdluseks 2012. aasta kõrgus ja juurdekasvu pikkus. Juurdekasvu karakteristikute puhul on lisaks eraldi välja toodud väetamata ja väetatud taimede kõrguse juurdekasv. Külvi ja loodusliku uuenduse puhul esitatakse lisaks keskmistele kõrgustele ka taimede arvukus 0,32 m<sup>2</sup> lapil 2012. ja 2014. aastal. Mulla- ja okaste toitainete sisalduse puhul esitatakse toitainete sisaldused raieviiside kaupa väetatud ja väetamata proovide puhul eraldi.

Kõrgust ja kõrguse juurdekasvu mõjutavate tegurite selgitamiseks koostati lineaarsed mudelid, mida analüüsiti 3. tüüpi dispersioonanalüüsiga (Anova). Mudelites olid fikseeritud faktoriteks taimetüüp, raieviis ja väetus. Mudelid koostati eraldi:

- 1) avamaa ja potitaimed
- 2) loodusliku uuenduse ja külvatud taimed

Esimesel juhul modelleeriti üksiktaimede kasvu, teisel juhul modelleeriti maapinna ettevalmistuse käigus tehtud lappidel kasvavate taimede keskmist kasvu. Lineaarsed mudelid koostati R funktsiooniga *lm* ning dispersioonanalüüs tehti funktsiooniga *Anova* (mudel, type=3), kasutades R-i paketti *aov*. Juhul kui dispersioonanalüüsi põhjal selgus, et faktor või faktorite interaktsioon mõjutas puude kasvu, rakendati TukeyHSD testi, et selgitada millised teguri või tegurite kombinatsioonina tekkivad rühmad üksteisest usaldatavalt erinevad, kasutades paketi *multcomp* funktsiooni:

```
cld(glht(m1, linfct=mcp(Rühm="Tukey")))
```

Taimede säilivust mõjutavate faktorite selgitamiseks koostati logistilise regressiooni mudel funktsiooniga:

```
glm (Säilivus~Raie+Taim+Väetus, family=binomial).
```

Kui selgus, et tegur või nende interaktsioon mõjutas säilivust, kasutati samuti TukeyHSD testi.

Mulla ja taimede toiteelementide analüüsil neid mõjutavate faktorite väljaselgitamiseks koostati lineaarsed mudelid R-i funktsiooniga *lm* ning dispersioonanalüüs tehti funktsiooniga *Anova* (mudel, type=3), kasutades paketti *aov*. Faktorite edasise mõju analüüsil rakendati TukeyHSD testi kasutades pakettis *multcomp* funktsiooni:

```
cld(glht(m1, linfct=mcp(Rühm="Tukey")))
```

Selle eesmärgiks oli selgitada välja usaldatavalt erinevad raied või taimed. Tähtsamad tulemused on toodud magistritöö lisas 2.

## 2.8. EFINORD-i 2014. aasta nõupidamine

2014. aasta 14. ja 15. mail toimus Rootsi Ümea linnas, Rootsi põllumajandusülikoolis (SLU) Euroopa Metsainstituudi Põhja-Euroopa regiooni (EFINORD) kohtumine (EFINORD annual ... 2014). Magistritöö autor osales kohtumisel eesmärgiga saada uusimaid teadmisi seoses magistri- ning tulevase doktoritööga. Osaleti KIKi projekti „Valikraie ja kujundusraie juhend“ raames. Kohtumise peateemaks oli valikraiete kasutamine Põhja-Euroopas, kuid seos turberaieetega oli tugev. Esimesel päeval toimusid ettekanded erinevatel teemadel. Algselt keskenduti EFINORD-i tegevuste selgitamisele ning peamistele uurimisteamadele.

Päeva teises pooles selgitas Sloveenia esindaja Jurij Diaci, et sealses riigis on lageraied mägise maastiku tõttu keelatud ning keskendutakse valik- ning turberaiaetele. Inglise keeles nimetas ettekandja seda raieviisi *freestyle silviculture*, mis teatud mõttes pidi sloveenia keelde paremini sobima kui *continuous cover forestry*. Müncheneri Tehnikaülikooli ettekandja Hans Pretzsch selgitas turbe- ja valikraiate teostamisel segapuistute eeliseid puhtpuistute suhtes ning Soome Metsainstituudist (METLA) rääkis Jari Hynynen oma riigi esialgsest kogemusest raiepiirangute kaotamisest ja valikraiate soodustamisest. Peamine järeldus oli, et hetkel on seaduse kehtivuse algusest on vähe aega möödas ning paremaid lahendusi alles õpitakse õigusaktide raames praktikas läbi viima. Kõik ettekanded on saadaval ka eelnevalt mainitud kodulehel ([http://www.efinord.efi.int/portal/annual\\_meeting\\_may\\_2014\\_summery](http://www.efinord.efi.int/portal/annual_meeting_may_2014_summery)). Teisel kohtumise päeval toimus ekskursioon Rootsi Põllumajandusülikooli metsandusosakonna Ahedeni ja Rosinedali katsealadele. Ekskursioonil nähtut on kirjeldatud magistritöö peatükis 1.5.

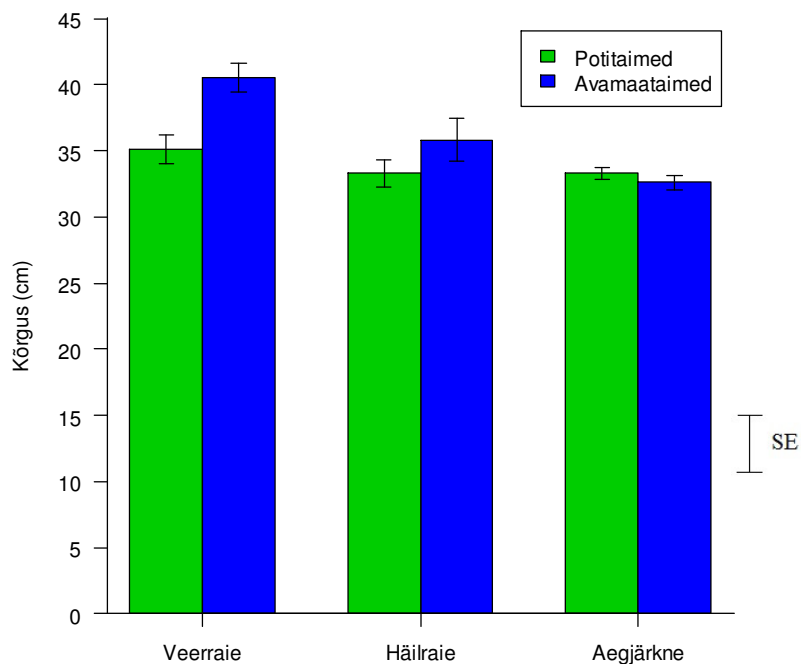
## 3. Tulemused ja arutelu

### 3.1. Istutatud taimede kõrguskasv ja säilivus

Kogu ala istutatud taimede keskmine kõrgus oli 2014. aasta kevadel 33,2 cm (tabel 5), mis on 11,2 cm kõrgem kui 2012. aastal. Potitaimede keskmine kõrgus oli 32,5 cm ning paljasjuursetel 33,8 cm, kahe kasvuaastaga on paljasjuursed keskmiselt veidi kõrgemad, kuid see vahe ei ole statistiliselt usaldusväärne. Mõningaid erisusi võib leida ka raieviiside omavahelisel võrdlemisel, veerraie istutatud taimede kõrgus oli 37,5 cm, häilraiel 33,5 cm ning aegjärksel raiel 31,5 cm. Veerraie puhul oli kõrgus ka 2012. sügisel kõrgem ning saab väita, et kahe vegetatsiooniperioodi jooksul olid veerraiel taimed kasvanud teistest kõrgemaks ning taimede kõrgus sõltus statistiliselt usaldusväärselt raieviisist ( $p < 0,001$ ). Taimede kõrgus sõltub Anova testi (tabel 13) järgi usaldatavalt raieviisi ja taimetüübi koosmõjust ( $p = 0,004$ ). Edasisel analüüsil TukeyHSD testiga selgus, et veerraiel olevad paljasjuursed taimed olid ainsana usaldatavalt erinevad (joonis 3), joonisel on toodud välja ka standardvead (SE). Kui võrrelda kõrguseid Andres Jääratsi kogutud andmetega Järvelja kvartali 288 (eraldiselt 6) lageraielt, sama vanalt uuenduselt, siis selgub, et turberaiete puhul oli potitaimede keskmine kõrgus umbes 20% madalam ning avamaataimede puhul umbes 30% madalam, kui lageraie uuendus. Tegemist oli mustika kasvukohatüübiga.

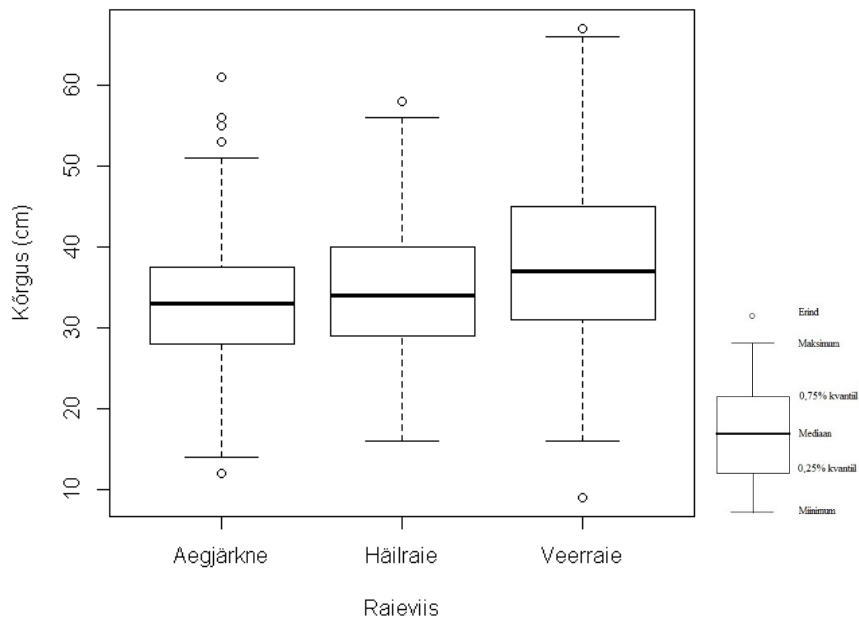
**Tabel 5.** Istutatud taimede kõrgus ja säilivus esialgsest kogusest (potitaimed – poti; paljasjuursed- ehk avamaataimed – avamaa; SD - standardhälve)

	Kõik raieviisid			Veerraie			Häilraie			Aegjätkne raie		
	Kokku	Poti	Ava- maa	Kokku	Poti	Ava- maa	Kokku	Poti	Ava- maa	Kokku	Poti	Ava- maa
<b>Keskmine kõrgus 2012 (cm)</b>	<b>22,01</b>	<b>21,8</b>	<b>22,2</b>	<b>23,9</b>	<b>21,4</b>	<b>25,5</b>	<b>21,3</b>	<b>20,1</b>	<b>23,1</b>	<b>21,5</b>	<b>22,2</b>	<b>20,7</b>
Valimi maht 2012	1074	521	553	244	94	150	101	61	40	729	366	363
<b>Säilivus 2012(%)</b>	<b>98,7</b>	<b>99,6</b>	<b>97,9</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>97,1</b>	<b>100,0</b>	<b>93,0</b>	<b>98,4</b>	<b>99,5</b>	<b>97,6</b>
Kiratsevate % 2012	15,3	17,7	13,0	13,1	17,0	10,7	8,9	9,8	7,5	16,9	19,1	14,6
<b>Keskmine kõrgus 2014 (cm)</b>	<b>34,5</b>	<b>33,6</b>	<b>35,3</b>	<b>38,5</b>	<b>35,1</b>	<b>40,5</b>	<b>34,3</b>	<b>33,3</b>	<b>35,8</b>	<b>32,9</b>	<b>33,3</b>	<b>32,6</b>
Valimi maht 2014	772	370	402	193	72	121	91	53	38	488	245	243
Min (cm)	9	12	9	9	16	9	16	21	16	12	12	14
Max (cm)	67	57	67	67	57	76	58	49	58	61	56	61
Mediaan(cm)	35	33	34	37	33,5	42	34	33	36	33	33	32
SD	9,00	7,2	10,33	11,3	9,0	12,10	8,6	7,35	10,0	7,44	6,53	8,26
Variatsiooni kordaja	0,26	0,21	0,29	0,29	0,25	0,29	0,25	0,22	0,28	0,23	0,19	0,25
<b>Säilivus 2014(%)</b>	<b>78,7</b>	<b>77,2</b>	<b>80,0</b>	<b>84,4</b>	<b>79,8</b>	<b>87,3</b>	<b>92,3</b>	<b>93,4</b>	<b>90,7</b>	<b>74,9</b>	<b>73,9</b>	<b>75,8</b>
<b>Kiratsevad 2014 (%)</b>	<b>10,0</b>	<b>8,5</b>	<b>11,4</b>	<b>6,3</b>	<b>4,0</b>	<b>7,6</b>	<b>5,4</b>	<b>7,0</b>	<b>2,8</b>	<b>12,2</b>	<b>10,0</b>	<b>14,3</b>



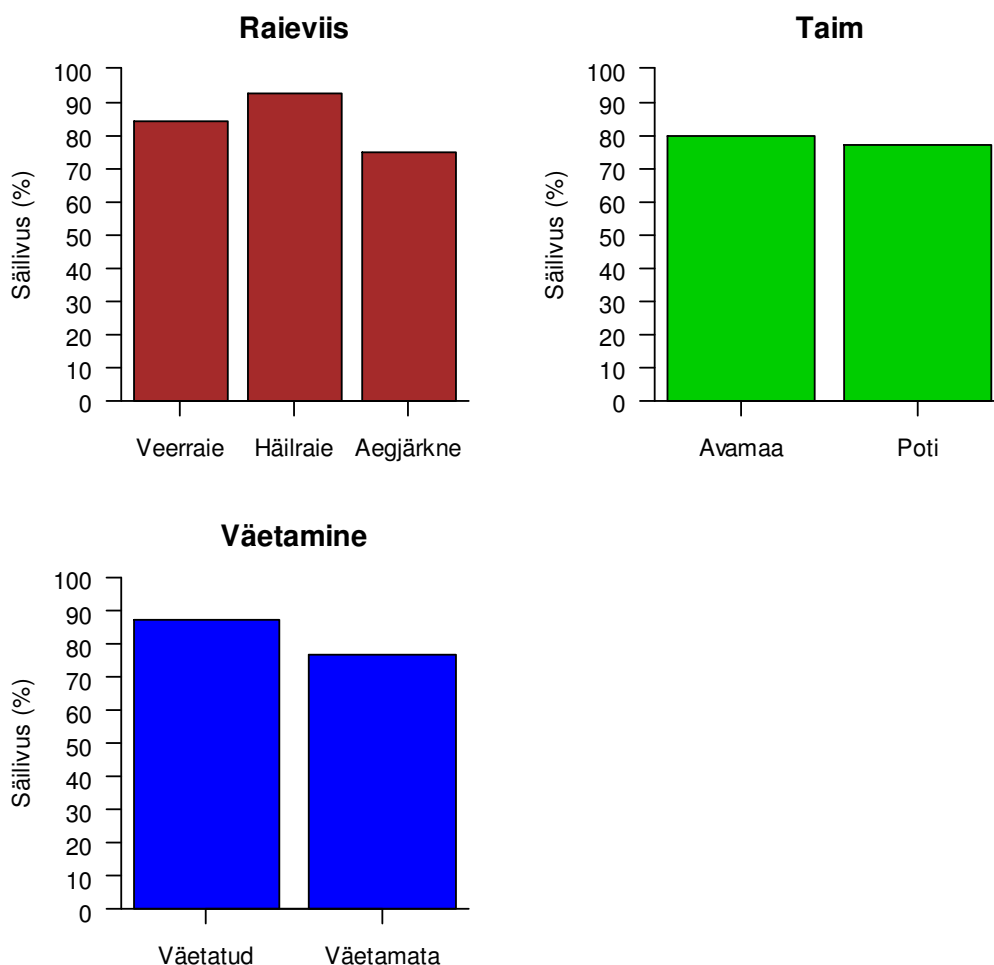
**Joonis 3.** Keskmised kõrgused raieviisi ja taimeliigi kaupa

Jooniselt 4 näeb istutatud taimede kõrguse hajuvust raieviisi ja taimetüübi kombinatsioonides, kus on ilmekalt näha veerraie parem keskmine taimede kasv, teistest on suuremad nii mediaan kui ka kvartiilid. Samuti on jooniselt näha, et kogu ala istutatud taimede kõrguskasv on üsna hajuv, eriti veerraie puhul. Ringid tähistavad erindeid, mis on väärtused, mis erinevad oluliselt keskmisest väärtusest, statistilises analüüsis on need sees. Varieeruvuse ning erineva kõrguskasvu põhjuseks on ilmselt ala kohatine erinevus visuaalsel vaatlusel mikroreljeefi ja taimkatte poolest ning taimede asukoht vana metsa suhtes. Alal on mitmeid niiskemaid kohti, kus kevadeti on taimed üle ujutatud, palju on ka proovilappe, kus tänu vana metsa raiele on suurenenud rohttaimestiku kasv. Samuti kasvab osa taimi häilu ja veeru servadele ning aegjärgse raie puhul üksikpuudele lähemal kui teised. Mida kaugemal on uuendus häilu servast, seda paremini kasvavad sealsed taimed, moodustades pikiprofiilis lamekumera vormi; veerraie puhul võib vana metsa mõju olla 10 kuni 20 meetri kaugusele, aegjärgse raie puhul on vana metsa mõju suurem kõrgema täiusega puistutes (Laas 2012a).



**Joonis 4.** Taimede kõrguse hajuvus raieviiside kaupa

Vana mets ja erinevad kasvutingimused avaldavad mõju ka istutatud taimede säilivusele, mis oli parim veerraie puhul ning halvim aegjärksel raiel. Kokku on alal, kahe vegetatsiooniperioodi jooksul, nummerdatud taimedest surnud 21,3% (232 taime), millest 51% (119) olid potitaimed ning 49% (113) paljasjuursed. Tänu aegjärkse raie suuremale vana metsa juur- ja valguskonkurentsile on seal kahe vegetatsiooniperioodi jooksul hukkunud rohkem taimi, 80% (186) kõigist hukkunud taimedest, veerraiel ja häilraiel on näitajad vastavalt 16,5% (38 taime) ja 3,5% (8 taime). Eelneva põhjal on selge, et säilivus sõltus usaldatavalt raieviisist (tabel 14), paljasjuursete taimede säilivus oli potitaimedest küll parem, kuid mitte usaldatavalt. Samuti sõltus taimede säilivus väetamisest, mille alusel selgus, et väetatud taimed olid peale teist kasvuaastat, 2014. aasta alguses, usaldatavalt parema säilivusega kui väetamata ( $p = 0,008$ ). See vahe oli täheldatav ka visuaalsel vaatlusel. Inventeerimise käigus selgus, et palju väetatud taimi olid tihedama okastatusega või parema okaste pikkusega ning tervema väljanägemisega. Säilivuse analüüsil on erinevalt kõrgus- ja juurdekasvust, arvestatud ka kiratsevaid ja uue ladvaga taimi, kuna tegemist on elusate taimedega. Säilinud taimede hulk on protsentides toodud joonisel 5. Taimede hukule on kaasa aidanud ilmselt kärsakakahjustused ning patoloogilised haigused, nende kohta toimuvad alal eraldi uurimused ning magistritöös nende tulemusi ei esitata.

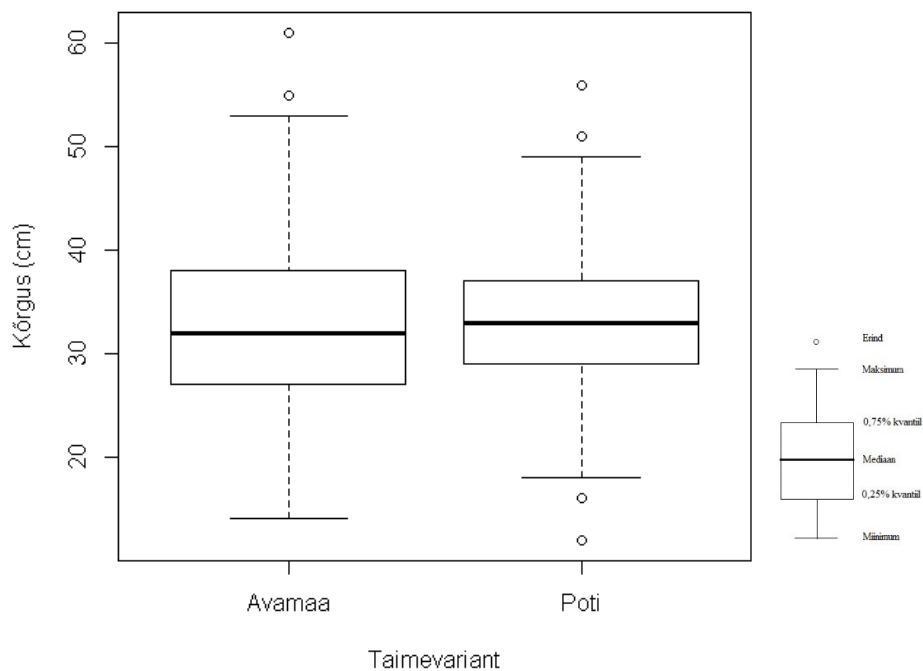


**Joonis 5.** Istutatud taimede säilivus raieviisi, taimetüübi ja väetamise alusel

Väetamise mõju analüüsitakse põhjalikumalt magistritöö järgmises peatükis (3.2), kuna väetamine sai mõjuda ainult viimase aasta juurdekasvule, sest väetamine toimus 2013. aasta kevadel. Kuid üks võimalus on uurida väetamise mõju kahe vegetatsiooniperioodi kõrguse kasvule, eeldades, et 2012. aastal tervemad ja parema kasvu saavutanud taimed, mis olid istutamise stressist väljunud, omastasid paremini ka väetisega rikastatud mullast toitaineid. Taimi analüüsidest selgus siiski, et väetatud taimed olid küll keskmiselt kõrgemad, kuid mitte aegjärgse raie paljasjuursed ning häilraie potitaimed. Seetõttu ei leidnud kinnitust hüpoteesi, esimesel istutusjärgsel aastal paremini kasvanud taimed suudavad teisel aastal mullast väetamisega lisatud toitaineid edukamalt kasutada.

### 3.1.1. Aegjarkne raie

Aegjärksel raiel oli istutatud taimede keskmine kõrgus 31,5 cm, mis oli 10 sentimeetrit kõrgem kui kõrgus 2012. aasta sügisel. Erinevalt teistest raietest olid potitaimed kõrgemad kui paljasjuursed, vastavalt 32,1 ja 31 cm. Antud raie potitaimede ja paljasjuursete võrdsed ja 2012. aastal isegi paremad näitajad võivad olla tingitud potitaimede mullapallis olevatest toitainetest, mis andsid neile, aegjarkse raie suuremas juur- ja valguskonkurents, esimestel aastatel kasvueelise.



**Joonis 6.** Aegjarkse raie paljasjuursete (Avamaa) ning potitaimede (Poti) kõrguse hajuvus.

Jooniselt 6 on näha paljasjuursete taimede suurem hajuvus, leidub nii alla 10 cm taimi, kui ka üksikjuht, kus on tegemist 61 cm kõrguse taimega. Samuti on ka kvartiilide vahe

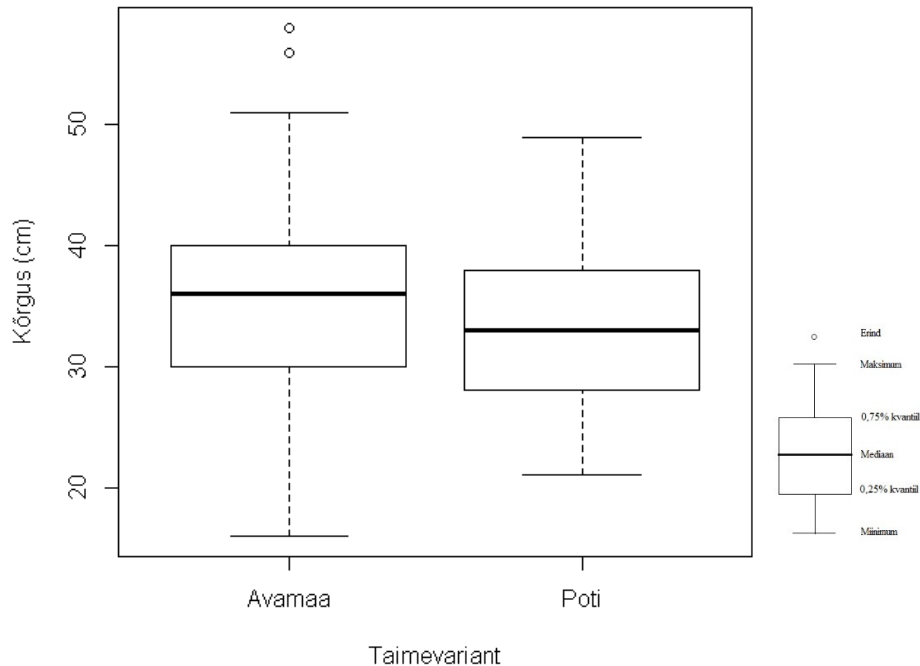
suurem kui potitaimedel, potitaimed on küll terve aegjärgse raie peale kõrguselt vähem varieeruvad, kuid leidub ka üksjuhte, kus taimed olid näiteks 10 ja 57 cm kõrgused. Suure hajuvuse põhjus on arvatavasti suur sõltuvus taime asukohast puistus, sest vanadele puudele lähemal olevad taimed on üldiselt halvema kasvuga, samuti võib mõjuda mullatüüp, mis tänu gleistumisele (varieeruv põhjavee tase katseala piires) on näiteks neljandas prooviruudus paljasjuursete taimede kõrgusele negatiivselt mõjunud.

Kui pöörata tähelepanu taimede kasvu erinevustele aegjärgse raie prooviruutude kaupa, siis joonistuvad välja mõningad erinevused nende vahel, näiteks neljas ruut on tunduvalt madalama keskmise kasvuga kui teised. Seda hajuvust on keeruline, ilma täiendavaid uurimisi tegemata, selgitada, sest muld ei olnud kaevete alusel väga erinev ja ei tohiks suurt mõju avaldada ning raie on samuti teostatud ülepinnalt ühtlaselt. Näiteks katseruutude üks ja kolm kaugus on looduses vaid umbes 15 meetrit, kuid paljasjuursete taimede keskmise kõrguskasvu vahe on umbes 10 cm. Üks põhjuseid võib olla veel alustaimestiku varieeruv kasv katsealal. Väetamine ei ole aegjärgse raie puhul taimede kõrgusele statistiliselt mõju avaldanud, väetatud on taimi ruutudel üks, kolm ja kuus ning nende keskmine kõrgus on praktiliselt sama väetamata taimedega üle terve aegjärgse raie.

Eelnevalt on selgunud, et aegjärgse raie puhul on taimede suremus tunduvalt kõrgem, kui teistel raietel, moodustades 80% (186) kõigist hukkunud taimedest. Aegjärgse raie säilivus algsest istutusest on 75% ehk kahe aastaga on veerand taimedest hukkunud. Põhjuseid võib endiselt otsida aegjärgse raie suuremast juur- ja valguskonkurentsist. Ilmselt on kärsakakahjustused ning patoloogilised haigused samuti suremuses süüdi. Paljasjuursete ja potitaimede erinevus aegjärksel raiel on väike, moodustades vastavalt 51,5% (96 taimet) ja 48,5% (90 taimet). Säilivus sõltub küll katseruudu asukohast, kuid täpsemaid järeldusi, miks suremus erineb kümnete taimede kaupa, on ilma täiendavaid uurimisi tegemata raske ennustada. Kõige rohkem oli hukkunud taimi kuuendal ruudul, 28% (52 taimet), kõige vähem viiendal, 7,5% (14 taimet), teiste ruutude suremus jäi vahemikku 15...20%.

### 3.1.2. Häilraie

Katsealal istutati taimi neljale suuremale häilule (diameetriga 30 ja 35 meetrit), väiksemad (25 m) jäid ainult looduslikule uuenemisele. Nelja häilu paljasjuursete ning potitaimede keskmine kõrgus oli 33,5 cm, mis on 12,2 cm kõrgem kui peale esimest vegetatsiooniperioodi. Taimede omavahelisel võrdlusel olid kõrgemad paljasjuursed taimed, mille kõrgus oli 35,4 cm ning potitaimedel 32,3 cm, arvutuslik juurdekasv oli sama, vastavalt 12,3 ja 12,2 cm. Paljasjuursete kõrgem kasv võib olla tingitud taimede võimalikust algsest kõrgemast kasvust või on need kahe aastaga paremini kohanenud uue keskkonnaga. Nii varajases kasvueas ei ole häilude omavahelisel võrdlusel erilisi vahesid välja tulnud, kuid kirjandust analüüsid selgus, et suurematel häiludel on üldiselt parem kasv, mis annab ainst edasiseks uurimuseks.



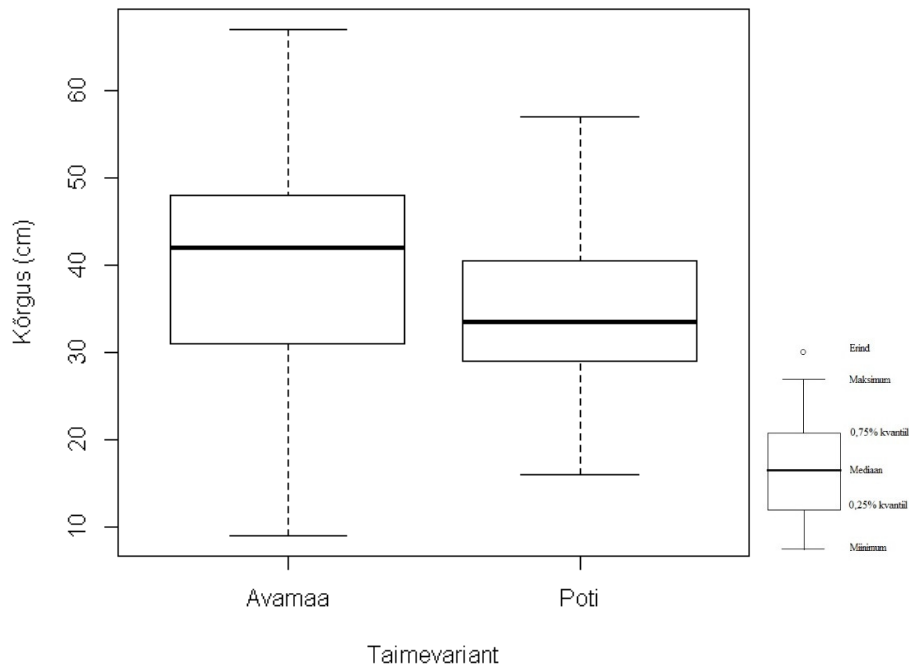
**Joonis 7.** Häilraeli olevate istutatud taimede kõrguse hajuvus (Avamaa – avamaa- ehk paljasjuursed taimed, Poti – potitaimed)

Häiludel on taimede mõõtmete hajuvus (joonis 7) võrreldes aegjärgse raiega väiksem, kuid paljasjuursed taimed on siiski veidi suurema muutlikkusega, saavutades üksikjuhtudel kõrguse üle 55 sentimeetri. Häiludel olevatele taimede hajuvusele ja kõrgusele mõjub kindlasti ka taimede asukoht võrreldes häilu servaga, sest mida lähemal kasvab taim häilu servale, seda suurem on sealne konkurents (Laas 2012a). Looduses vaatlusi tehes, nagu ka aegjärgse raie katseruutudel, on lisaks võimalik näha erinevat rohttaimestiku mõju erinevatele tsoonidele häilu sees.

Väetatud paljasjuursed taimed olid keskmiselt küll mõned sentimeetrid kõrgemad kui väetamata, kuid potitaimedel oli tulemus minimaalse vahega vastupidine, seega väetamise mõju häiluraiel puudub. Hukkunud taimi oli nelja häilu peale kaheksa, mis on 3,5% kogu hukkunud taimedest. Hukkunud taimed jagunesid paljasjuursete ning potitaimede vahel pooleks, väetamise mõju säilivusele on usaldatav ( $p = 0,03$ ), sest hukkunud taimedest oli vaid üks väetatud.

### **3.1.3. Veerraie**

Veerraiele istutatud taimede kahe kasvuaasta keskmine kõrgus oli 37,5 cm, mis on teiste raietega võrreldes statistiliselt usaldatavalt kõrgem. Potitaimede kõrgus oli 34,4 ning paljasjuursetel taimedel 39,4 cm. Kuigi juurdekasvud ka siin raiel märkimisväärselt ei erine, on kahe aasta kõrguskasv paljasjuursetel taimedel statistiliselt usaldatavalt kõrgem kui potitaimedel ( $p = 0,009$ ). On võimalik, et paljasjuursed taimed olid ka istutamisel kõrgemad, vastavad mõõtmised kahjuks puuduvad, teine oletus on, et kahe aastaga on nad kasvukohaga paremini kohanenud. Paljasjuursete taimede proovilapid on vanale metsale lähemal, jäädes enamasti 0...10 meetri kaugusele, võib arvata, et kui paljasjuursed taimed asuksid vanast metsast eemal, oleks nende kõrguskasv veelgi parem.



**Joonis 8.** Veerraie taimede kõrguse hajuvus (Avamaa – avamaa- ehk paljasjuursed taimed, Poti – potitaimed)

Ka veerraiel oli paljasjuursete taimede hajuvus suurem, kui potitaimedel, ulatudes kaheksast sentimeetrist 67-ni (joonis 8). Suure hajuvuse põhjusi tasub taaskord otsida ala suurest varieeruvusest, veerraie on küll kitsas, kuid antud juhul ulatub selle pikkus kuni 200 meetrini ning alal on nii madalama kui ka kõrgema rohttaimestikuga kohti, samuti kevadeti üleujutatud alasid. Lisaks asuvad paljasjuursed taimed vanale metsale lähemal.

Veerraiel on küll mõlemad väetatud taimetüübid mõned sentimeetrid kõrgemad, kuid vahe ei ole usaldatav. Väetamise mõju veerraie taimede säilivusele tundub olevat olemas, kuid napilt ei mahu usaldatavuse piiridesse ( $p = 0,054$ ). Veerraiel oli 16,5% (38 taime) kogu ala hukkunud taimedest, millest 24% (9 taime) olid väetatud. Hukkunud taimed jagunesid täpselt pooleks, kuid väetatud paljasjuurseid taimi oli üheksast vaid kaks, mis võib taaskord viidata nende paremale kohanemisele katsealal ning väetamisele.

### 3.2. Istutatud taimede juurdekasv

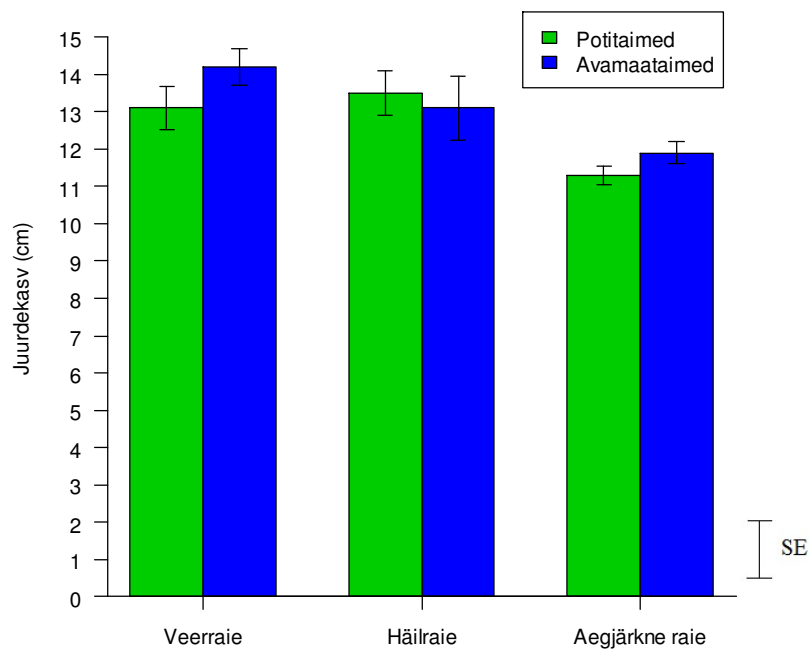
Magistritöös käsitletakse istutatud taimede (paljasjuursed- ja potitaimed) kõrgusi ja juurdekasve (viimase aasta ladvavõrse pikkus) eraldi. Seda seetõttu, et eesmärk on selgitada väetamise mõju juurdekasvule, st väetiskatse toimus peale esimest vegetatsiooniperioodi ning selgitatakse mõju teisele kasvuperioodile. Juurdekasvud on mõõdetud käsitsi mõõdulindiga viimase aasta võrse tipust ülemise männaseni, arvutuslikke juurdekasve (2014 kõrgus – 2012 kõrgus) ei ole antud peatükis kasutatud. Valimist on väljas kiratsevad ning murdunud ja uue ladva kasvatanud taimed. Tabelis 6 on toodud välja istutatud taimede juurdekasvu karakteristikud..

Keskmine juurdekasv oli 2014. aasta kevadel, kõigis raievariantides ja taimetüüpides kokku suurem, kui 2012 aastal, vastavalt 11,6 ja 10,1 cm. Aegjärese raie puhul oli see vahe väga väike, vaid 0,3 cm. Aegjärese raie puhul on huvitav, et 2012. aastal oli sellel raialal taimede kõrguskasv suurem kui teiste raieviiside korral, kuigi seal on tegemist intensiivsema juur- ja valguskonkurentsiga. Veer- ja häilraie puhul, kus valgus- ja konkurentsitingimused on paremad, on juurdekasv mitu sentimeetrit 2014. aastal kõrgem. Kui juurdekasve võrrelda Andres Jääratsi andmetega Järvelja kvartali 288 eraldise 6 lageraiejärgse mustika kasvukohatüübi männikultuuri kasvuga, siis sama aasta juurdekasv on seal olnud enam kui 2 korda suurem. See annab taaskord tunnustust turberaie halvematest tingimustest võrreldes lageraiega.

**Tabel 6.** Istutatud taimede kõrguse juurdekasvu karakteristikud (Poti – potitaimed, Avamaa – paljasjuursed taimed)

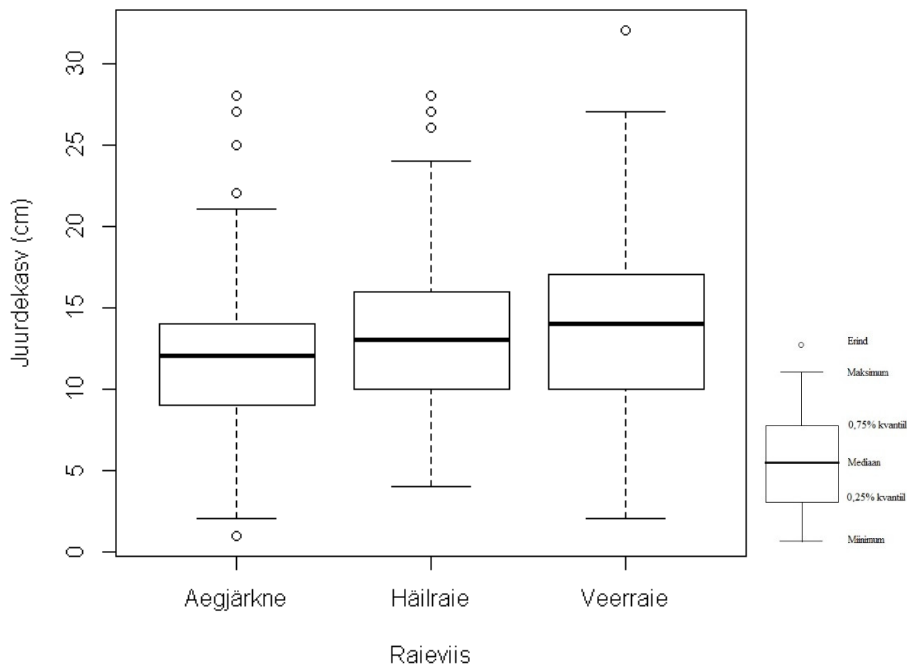
	Kõik raieviisid			Veerraie			Häilraie			Aegjätkne raie		
	Kok-ku	Poti	Avamaa	Kok-ku	Poti	Avamaa	Kok-ku	Poti	Avamaa	Kok-ku	Poti	Avamaa
<b>Keskmine juurde kasv 2012 (cm)</b>	<b>10,1</b>	<b>10,2</b>	<b>10,0</b>	<b>9,9</b>	<b>9,3</b>	<b>10,2</b>	<b>8,0</b>	<b>8,7</b>	<b>6,9</b>	<b>10,4</b>	<b>10,6</b>	<b>10,2</b>
Valimi maht 2012	1074	521	553	244	94	150	101	61	40	729	366	363
<b>Keskmine juurde kasv 2014 (cm)</b>	<b>12,3</b>	<b>12,0</b>	<b>12,7</b>	<b>13,8</b>	<b>13,1</b>	<b>14,2</b>	<b>13,3</b>	<b>13,5</b>	<b>13,1</b>	<b>11,6</b>	<b>11,3</b>	<b>11,9</b>
Väetamata kesk.	12,3	11,8	12,7	13,9	13,0	14,3	13,8	14,1	13,2	11,6	11,3	12,0
Väetatud kesk.	12,5	12,4	12,7	13,7	13,3	14,0	12,9	12,8	13,0	11,4	11,5	11,3
Valimi maht 2014	766	368	398	192	72	120	89	53	36	485	243	242
Miinum (cm)	1	1	1	2	2	4	4	6	4	1	1	1
Mediaan (cm)	12	12	12	14	13	14	13	13	13	12	11	12
Maksimum (cm)	32	27	32	32	26	32	28	27	28	28	22	28
SD (cm)	4,7	4,3	5,1	5,4	5,0	5,5	4,7	4,4	5,1	4,3	3,9	4,7
Variatsioonikordaja	0,38	0,36	0,40	0,39	0,38	0,39	0,35	0,32	0,40	0,7	0,34	0,40

Eelnevate andmete analüüsil Anova testiga selgus, et juurdekasv sõltub raetüübist, ( $p = 0,0007$ ) (tabel 15), taimetüübi ja väetise mõju ei ole tõestatud. Edasisel analüüsil TukeyHSD testiga selgus, et veer- ja aegjätkse raie vahe on statistiliselt erinev, häilraiel on mõlema teise raetüübiga piisav ühisosa olemas (joonis 9).



**Joonis 9.** Kõrguse keskmised juurdekasvud sõltuvalt raieviisist ja istutusmaterjalist

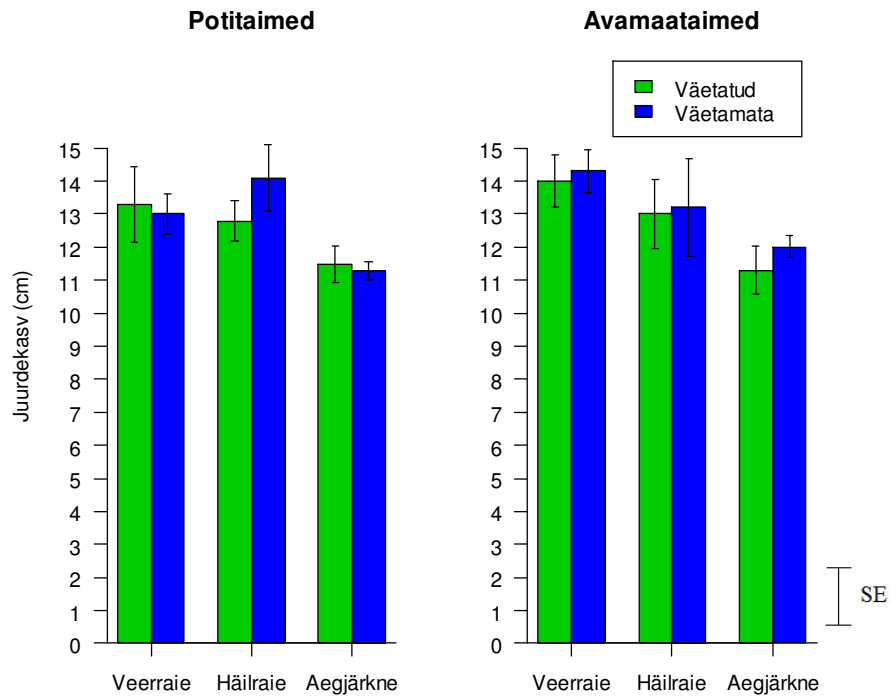
Jooniselt 10 võib näha taimede juurdekasvu hajuvust raietüüpide kaupa, kust selgub, et suurim varieeruvus on veerraie taimedel. Põhjusi võib olla mitu, kuid ilma täiendavaid uurimisi tegemata on neid raske selgitada. Visuaalse vaatluse põhjal võib arvata, et mõjutab taimede asukoht vana metsa suhtes, rohttaimestiku kõrgus, liigniisked alad jms.



**Joonis 10.** Kõrguse juurdekasvu hajuvus raieviiside kaupa

Magistritöös keskendutakse ainult uuritava kasvuperioodi juurdekasvule ning võrreldakse eri raiete ja taimetüüpide reageerimist väetamisele. Terve ala peale on väetatud taimede juurdekasv küll kõrgem, 12,5 cm ja väetamata 12,3 cm, kuid raieid ja taimetüpe võrreldes on tulemused väga varieeruvad. Väetamata taimede nii head tulemused on tingitud ka sellest, et valimist on eemaldatud kiratsevad ja murdunud ladvaga taimed, mis olid enamasti väetamata. Samuti on varieeruvate tulemustega aegjarkse raie prooviruudud, selle põhjuseid on ilma täiendavat uurimist väga keeruline leida. Hetkel teadaolevate tulemuste alusel saab väita, et taime vahetu ümbruse

väetamisel ei ole usaldatavat mõju taime juurdekasvule esimesel väetamisjärgsel aastal ning tulemused on väga varieeruvad (joonis 11).



**Joonis 11.** Istutatud taimede keskmine juurdekasv raieviiside ja väetamise kaupa

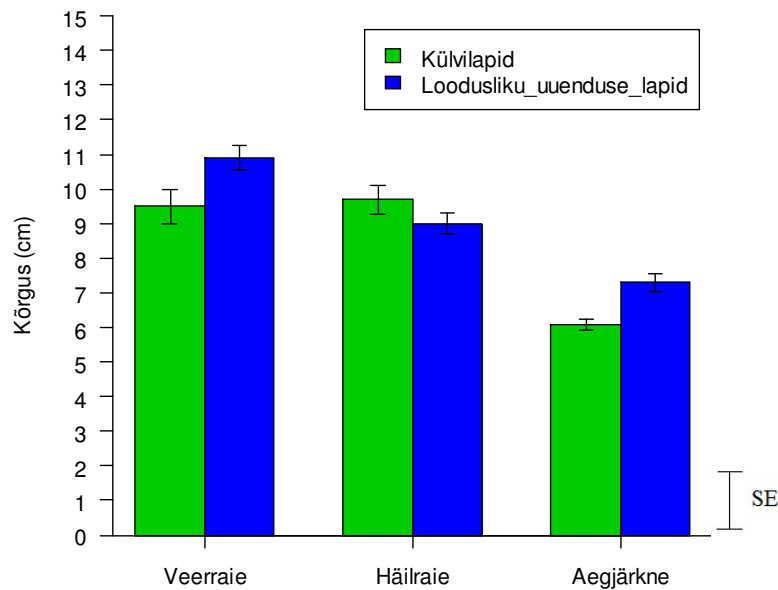
Väetamise mõju puudumisel taimede juurdekasvule võib olla mitmeid põhjuseid: lühike uurimisaeg, väetise ebasobivus, ebasobiv ilmastik, halb mullatüüp, taimede omadused. On võimalik, et taimedel ei olnud väetises olevate toitainete puudust. Kuna toitainete sisaldus mullas on suurenenud, siis võib eeldada, et järgnevate aastate jooksul tuleb väetamise mõju paremini esile. Taimede viimase aasta juurdekasvu puhul ei ole eraldi raieviiside kaupa esitatud, kuna raied eraldi analüüsides selgus, et väetamise ja taimeliigi usaldatavat mõju ei olnud ühelgi raieviisil eraldi.

### 3.3. Külvi- ja looduslikul teel tekkinud uuenduse arvukus ja keskmine kõrgus

Seemnetekkeliste taimede keskmine kõrgus 2014. aasta kevadel oli 8,2 sentimeetrit (tabel 7). Eelnevate mõõtmiste tulemusi pole tabelis 7 välja toodud, kuna loodusliku uuenduse puhul katselapid rajati hiljem ning andmed puuduvad, samuti võib oletada, et nii varajases staadiumis taimede kõrguse vahel usaldatavat vahet polnud. Lappide kõrguse tulemused on saadud viie taime keskmise kõrguse alusel, mis olid mõõdetava ala (0,32 m<sup>2</sup>) keskosale lähimad. Looduslikult uuenenud lappidel olid taimed keskmiselt kõrgemad kui külvatud lappidel, vahe oli poolteist sentimeetrit ning usaldatav ( $p = 0,03$ ) (tabel 16), kuigi häilraiel olid külvatud taimed kõrgemad. Tabelist 8 selgub, et veerraie loodusliku uuenduse lappidel olid kõige kõrgemad taimed ning aegjärkse külvi taimed olid madalamad. Veerraiel ning häilraiel on paremad tingimused, seda näitab nendel olevate taimede usaldatavalt ( $p < 0,001$ ) parem kasv kui aegjärksel raiel, mille külvilappide keskmine kõrgus oli 6,1 cm (joonis 12). Põhjuseid võib otsida nii suuremast juur- ja valguskonkurentsist, kui sellest, et aegjärkse raie külvilapid olid ettevalmistatud käsitsi maakirvega ning olid väiksemad, tänu millele rohhtaimestik oli nende puhul oluliseks piiravaks teguriks. Väetuskatse ei ole seemnetekkeliste taimede kõrgusele usaldatavat mõju avaldanud ning seetõttu on selle mõju jäetud tabelist 8 ja joonistelt välja.

**Tabel 7.** Seemnetekkeliste taimede keskmised kõrgused ning arvukused. Arvukuse puhul on 0 taimega lapid valimist väljas. (Külv – külvatud seemned, LU – looduslikult uuenenud lapid)

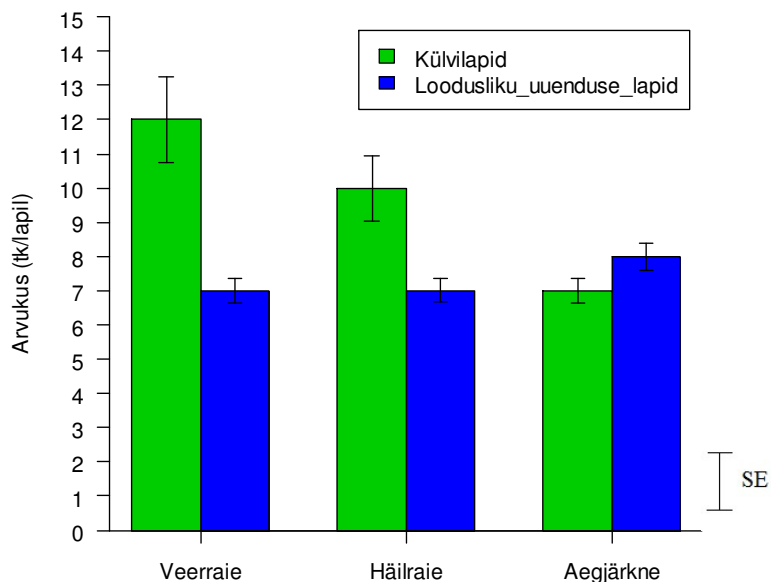
1	Kõik raied			Veerraie			Häilraie			Aegjarkne		
	Kokku	Külv	LU	Kokku	Külv	LU	Kokku	Külv	LU	Kokku	Külv	LU
<b>Keskmine kõrgus (cm)</b>	<b>8,2</b>	<b>7,5</b>	<b>9,0</b>	<b>10,3</b>	<b>9,5</b>	<b>10,9</b>	<b>9,3</b>	<b>9,7</b>	<b>9,0</b>	<b>6,5</b>	<b>6,1</b>	<b>7,3</b>
Valimi maht	547	287	260	136	56	80	147	57	90	264	174	90
SD	3,3	3,2	3,2	3,5	3,7	3,3	3,0	3,1	2,9	2,3	2,1	2,5
Variatsiooni-kordaja	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
<b>Keskmiselt lapil 2012</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>11</b>	<b>6</b>
SD	6,0	6,5	3,0	6,5	7,3	2,7	6,0	7,0	2,9	5,7	5,9	3,2
Variatsioon-kordaja	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5
<b>Keskmiselt lapil 2014</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>9</b>	<b>12</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>8</b>
SD	5,6	6,9	3,4	7,3	9,6	3,2	5,5	7,4	3,2	4,5	4,8	3,7
Variatsiooni-kordaja	0,7	0,8	0,5	0,8	0,8	0,5	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,4
Valimi maht	559	299	260	140	60	80	150	60	90	269	179	90



**Joonis 12.** Seemnetekkeliste taimede keskmine kõrgus raie- ja tekkeviisi järgi

Eelnevalt on selgitatud, et lappidel olevate taimede arvukuse puhul on mõõdetavaks alaks olnud 0,32 m<sup>2</sup>, mille sees olevad taimed on üle loetud, raadiusest väljas olevad taimed on antud töö puhul arvestamata. Arvukuse mudeli koostamisel ei ole arvestatud 2012. aasta taimede arvukust lapil ning taimede kõrguse mõju, kuna nende kahe teguri mõju on kindlasti olemas (mõlemal juhul  $p < 0,001$ ). Tabelist 7 selgub, et taimede arvukus on külvilappidel kasvuperioodi jooksul vähenenud ning loodusliku uuenduse lappide puhul suurenenud. Külvilapi taimede suurem väljalangemine tuleneb ilmselt nende tihedamast paiknemisest ning seetõttu ka suuremast konkurentsist, loodusliku uuenduse puhul on lappidel rohkem vaba ruumi ning uutel seemnetel suurem tõenäosus idanema minna. Külvilappide arvukuse puhul tuleb ära märkida ka asjaolu, et nendele on visuaalsel vaatlusel tekkinud ka looduslikku uuendust, mis võivad nende arvukuse tulemusi moonutada. Oli ka külvilappe, mille pealt olid kõik taimed välja langenud (12 lappi).

Kõrguse mõju arvukusele, ja vastupidi, tuleb välja jooniste 12 ja 13 võrdlemisel, kus külvilappide puhul tähendab suurem arvukus üldiselt kõrgemat kasvu ning loodusliku uuenduse väiksem arvukus kõrgemat kasvu. Külvi kõrgem kasv suurema arvukuse puhul võib põhineda asjaolul, et taimed võitlevad oma esimestel kasvuaastatel paremate valgustingimuste eest ning panustavad eelkõige kõrguskasvu. Loodusliku uuenduse kõrgem kasv väiksema arvukuse puhul võib väljenduda selles, et taimedel on tänu väiksemale tihedusele rohkem ruumi kasvamiseks.



**Joonis 13.** Seemnetekkeliste taimede keskmine taimede arv lapil tekke- ja raieviisi alusel

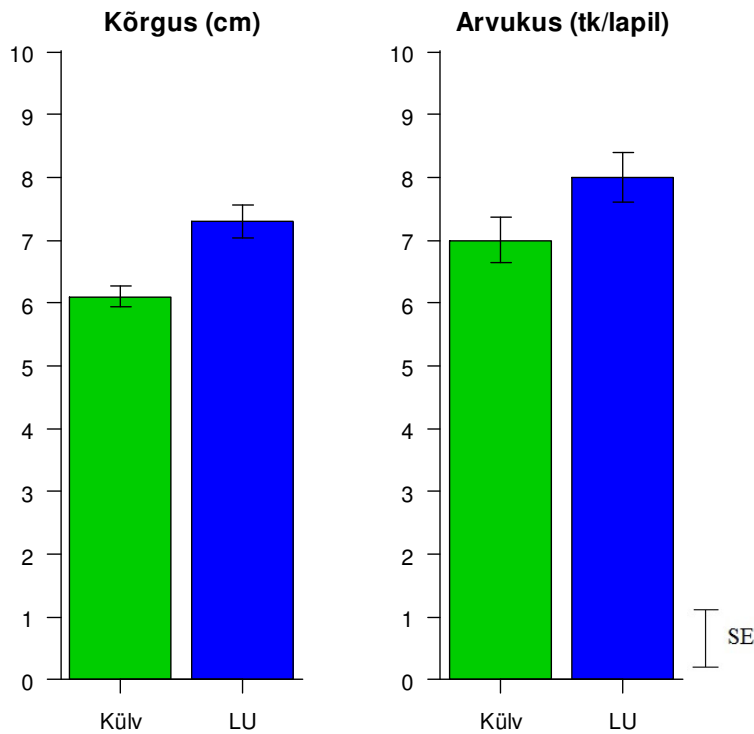
Kui teha dispersioonanalüüs arvestades mõjutavateks teguriteks raieviisi, uuenduse tekketüübi ning väetamise, siis selgub, et arvukus sõltus nii tekke-, kui raieviisist (mõlemal juhul  $p < 0,001$ ) ning nende koosmõjust ( $p < 0,001$ ) (tabel 17). Edasisel koosmõju analüüsil TukeyHSD testiga selgus, et usaldatavalt erinesid üksteisest aegjärkse raie külv ja veerraie külv (joonis 12). Veerraie ja häilraie keskmine suurem arvukus võib olla tingitud raieviiside parematest valgus ja juurkonkurentsi tingimustest, kus külvatud seemned idanesid paremini. Visuaalsel vaatlusel võis märgata ka paremat külvi kvaliteeti, kus seemned olid veidi paremini lapile jaotunud kui aegjärksel raiel, kus seemned olid enamasti ühe pundina idanema hakanud. Võib arvata, et taimede suuremal arvukusel neil lappidel on oma osa ka loodusliku uuenduse tekkel külvatud seemnete kõrvale.

Jooniselt 13 võib näha ka aegjärkse raie loodusliku uuenduse suuremat arvukust, kui teistel raieviisidel. Vahe on küll väike, aga selle suundumuse põhjuseks võib olla suurem seemnepuude ja turvet pakkuvate puude arv raicalal. Suurem puude arv

aegjärksel raiel suurendab nii idanevate seemnete arvu pinnaühikul kui ka taimede säilivust tänu turbefunktsioonile (Beland *et al.* 2000). Väetamise mõju taimede arvukusele oli negatiivse suundumusega ( $p = 0,08$ ). Väiksema keskmise arvukuse põhjuseks võib olla väetamise mõju avaldumine konkurentsisis, kus väetise omastanud taimed said kasvueelise ning kasvasid teistest üle. Tõenäoline on ka variant, et väetis avaldas suuremat mõju lappe ümbritsevale rohttaimestikule, mis hakkas taimede arvukust piirama. Visuaalse vaatluse põhjal võib väita, et nii kõrguskasvu kui ka arvukuse puhul mõjub lappide asukoht raieala sees, kuna raiealad varieeruvad kohati nii rohttaimestiku kasvu, niiskusrežiimi, kui valgustingimuste poolest.

### **3.3.1. Aegjärkne raie**

Aegjärkse raie seemnetekkeliste taimede keskmine kõrguskasv oli võrreldes teiste raietega usaldatavalt madalam, mille põhjuseks võib olla selle raie halvemad valgustingimused, vana metsa puude ja rohttaimestiku konkurents. Loodusliku uuenduse taimed olid keskmiselt kõrgemad kui külvatud ( $p = 0,008$ ) (joonis 14). Kuigi vahe on väike, siis loodusliku külvi taimede parem väljanägemine paistis silma ka visuaalsel vaatlusel. Loodusliku uuenduse parem kõrguskasv võib olla tingitud ettevalmistatud lappide erinevuse tõttu, külvilapid valmistati ette käsitsi ning olid väiksemad kui lapilööjaga ettevalmistatud, mistõttu rohttaimestiku mõju on neil suurem. Kõrguskasvu varieeruvus oli suurem loodusliku uuenduse lappidel, kus ühe taimede keskmine kõrgus küündis ka 17. sentimeetrini.



**Joonis 14.** Aegjärgse raie külvilappide (Külv) ja looduslikult uuenenud lappide (LU) keskmiste kõrguste ja arvukuse võrdlus

Aegjärgse raie taimede arvukus oli külvilappidel langenud aastaga nelja taime võrra ning loodusliku uuenduse omadel kerkinud keskmiselt ühe taime võrra. Külvitaimede arvu langus lapil oli oodatud, kuna need olid väga tihedalt külvatud ning väiksemate lappide tõttu oli neil suurem rohttaimestiku mõju. Loodusliku uuenduse arvukuse suurenemine võib olla tingitud suuremast seemnepuude arvust raiel ning vana metsa turbe olemasolust, mis aitab seemnetel paremini idanema minna. 2014. aasta arvukuse mõju analüüsid selgus, et erinevate tekkeviiside mõju keskmisele arvukusele aegjärgsel raiel puudub. Üksiklappide väetamine on mõjunud seemnetekkeliste taimede keskmisele kõrgusele negatiivselt ( $p = 0,03$ ). See võib olla tingitud suurenenud rohttaimestiku kasvust, mis tänu väetamisele on tekkinud.

Kuigi aegjärgse raie puhul on korraliku maapinna ettevalmistuse puhul looduslik uuenduse kordaminek raieviiside seas parim, siis kõrguskasvu hakkavad halvemad valgustingimused ja suurem konkurents üsna pea kasvu piirama. Seetõttu on oluline

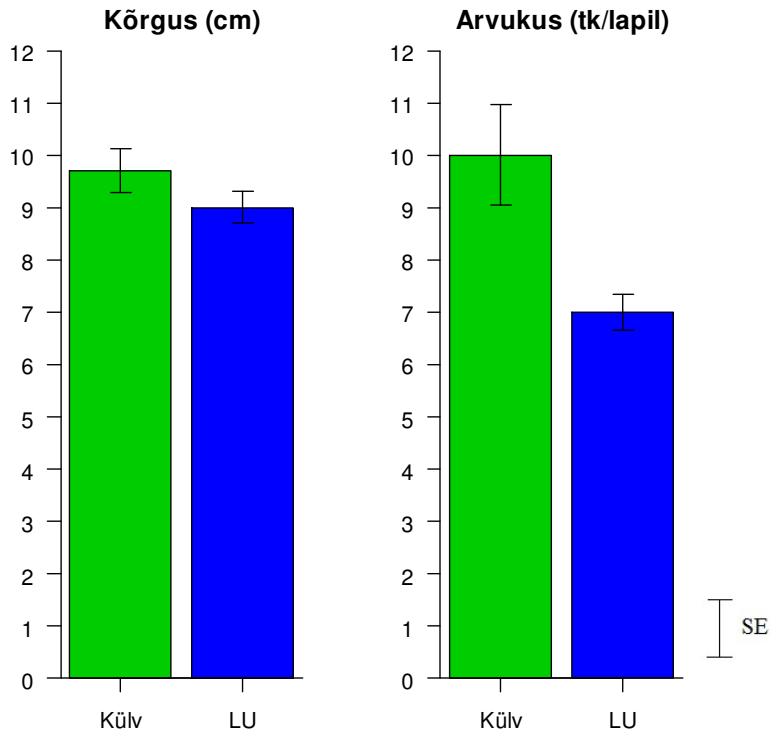
esialgset turvet ja seemneid pakkuvad puud alalt õigeaegselt eemaldada, mõnel juhul võib olla isegi varem, kui praeguse metsaseaduse alusel on lubatud. Sellisel juhul oleks võimalik valida erinevate võimaluste vahel, kui näiteks kaitstavatel aladel on oluline vana metsa pikem püsimine, siis võib turbepuid kauem säilitada. Kuid kui näiteks erametsaomanikul on eesmärk oma mets turberaiega ja looduslikul teel uuendada, mitte vana metsa hoidmine, siis oleks otstarbekas kaotada ka aegjärgse raie puhul ajaline piirang järgmise järgu tegemiseks.

### **3.3.2. Häilraie**

Häilraie taimed on keskmiselt sentimeeter madalamad kui veerraiel, kuid külvatud lappidel olevad taimed olid neil kõige kõrgemad, 9,7 sentimeetrit (joonis 15). Külvitaimedel on ka suurem arvukus, mis võib avalduda paremas taimede pikkuskasvus, kuna võisteldakse saadava valguse pärast. Kõrgusele mõju avaldavaid tegureid analüüsid selgus, et nii uuendusviis, väetamine, kui ka häilu suurus ei ole kõrguskasvule usaldatavat mõju avaldanud. Häilu suuruse mõjust antud töös on võib olla vara rääkida, kuna taimed on veel noored ning konkurents vana metsa juurtega ei ole veel nähtav. Samuti on uurimata taimede häilulisese asukoha mõju kasvule.

Taimede arv häilraie külvilappidel on keskmiselt vähenenud kolme taime võrra ning loodusliku uuenduse lappidel ühe võrra suurenenud. See muutus on tingitud külvitaimede suuremast omavahelisest konkurentsist, kuna eelneval kasvuperioodil oli nende arvukus päris suur. Loodusliku uuenduse taimede arvukuse suurenemisele aitas kaasa seemnete jätkuv idanemine raiel, mis võis mõjutada ka külvilappidel olevate taimede arvu. Hoolimata muutustest on külvilappidel olevaid taimi endiselt usaldatavalt rohkem, kui loodusliku uuenduse omadel ( $p = 0,0009$ ) (joonis 15), kuid võib arvata, et need arvud lähiaastatel võrdsustuvad. Väetamise mõju analüüsid selgus, et suundumus väetamise mõjule on olemas, kuid edasisel analüüsil selgus, et tegemist on negatiivse mõjuga arvukusele, eriti külvilappidel. Põhjuseks võib olla tänu väetamisele suurenenud kasv ja konkurents, mille tulemusena ainult kõrgemad taimed on elujõuliseks jäänud, sest külvitaimed on antud raiel kõrgemad, kui looduslikult

uuenenud lappidel olevad. Samuti võib mõju avaldada tänu väetamisele suurenenud rohhtaimestiku kasv.



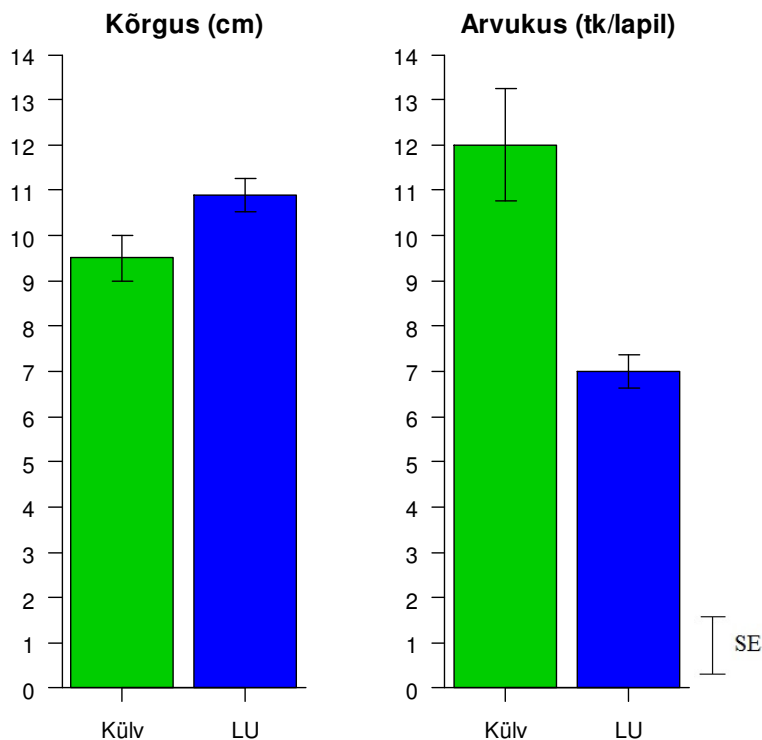
**Joonis 15.** Häilraie külvatud lappide taimede (Külv) ja looduslikul teel tekkinud taimede (LU) keskmine arvukus ja kõrgus

Nii varajases uurimuse staadiumis häilu suuruse mõju kõrgusele ja arvukusele ei kajastu, kuid kirjanduses on välja toodud mitmeid suuremate häilude eeliseid.

### 3.3.3. Veerraie

Veerraie seemnetekkelised taimed olid õige parema kõrguskasvuga, olles keskmiselt 10,3 sentimeetrit (joonis 16). Nii külvi- kui loodusliku uuenduse lappidel oli ka üsna kõrgeid, üle 20-sentimeetrised keskmisi kõrguseid. Loodusliku uuenduse lappidel on väiksem arvukus, mis võib nende parema kõrguskasvu põhjuseks olla, kuna taimedel on

rohkem kasvuruumi. Lisaks on ka külvatud taimed üsna kõrged, mis annab taaskord aimu veerraie paremast uuenemisest turberaiete omavahelisel võrdlusel. Veerraie taimede kõrgusele ei ole väetamine ja taimetüüp usaldatavat mõju avaldanud, väetatud taimed olid minimaalselt kõrgemad ning taimetüüpide võrdlemisel olid mõlemad taimed kõrge kasvuga.



**Joonis 16.** Külvitaimede (Külv – külvatud taimed, LU – loodusliku uuenduse lapid) kõrguse ja arvukuse omavaheline võrdlus veerraiel

Jooniselt 16 selgub, et taimede arvukus erineb üksteisest usaldatavalt ( $p < 0,001$ ) olles külvilappidel 12 ja loodusliku uuenduse omadel 7. Esimesel juhul on arv keskmiselt vähenenud ühe võrra, teisel juhul ühe võrra suurenenud. Tundub, et väiksem arvukus on kajastunud paremas kõrguskasvus. Visuaalse vaatluse põhjal saab väita, et külvilappidel olevate taimede arvukusele avaldab mõju ka looduslikult levinud ja idanema hakanud seemned ning tegelik külvatud taimede arv on mõnevõrra väiksem.

Esitatud tulemustest selgub, et looduslik uuenduse arvukus on veerraie piires väga hea, ainsad lapid, kus oli null taime (kokku 4) olid külvatud taimede lapid. Võib järeldada, et hea seemneaasta puhul võiks veerraie uuenemine olla edukam ka laiemal raie puhul. Kuigi ära tuleb märkida ka fakt, et aegjärgne raie oli veeru teisele servale samuti üsna lähedal ning võis samuti looduslikule uuendusele kaasa aidata. Seetõttu ongi veerraie asukoht ilmakaarte ning vana metsa suhtes väga oluline.

### 3.3. Toiteelementide sisaldus mullas ja taimedes

#### 3.3.1. Toiteelementide sisaldus mullas ja taimedes raieviisi alusel

Tabelis 8 on toodud raieviiside kaupa toiteelementide sisaldus mullas: mulla happelisus, lämmastiku sisaldus protsentides ning P ja K sisaldus mg/kg kohta. Samuti on tehtud vahet väetamata ja väetatud mullaproovidel. Tabelis on kajastatud ainult magistritöö autori poolt kogutud mulla pealiskihi (O ja E horisont) proovid. Kuigi tegemist on I boniteedi puistuga ja mulla toitainete sisaldus on ilmselt männitaimede kasvuks optimaalne, sooviti väetamisega toitainete sisaldusi veelgi suurendada, et kiirendada noorte puude kasvu.

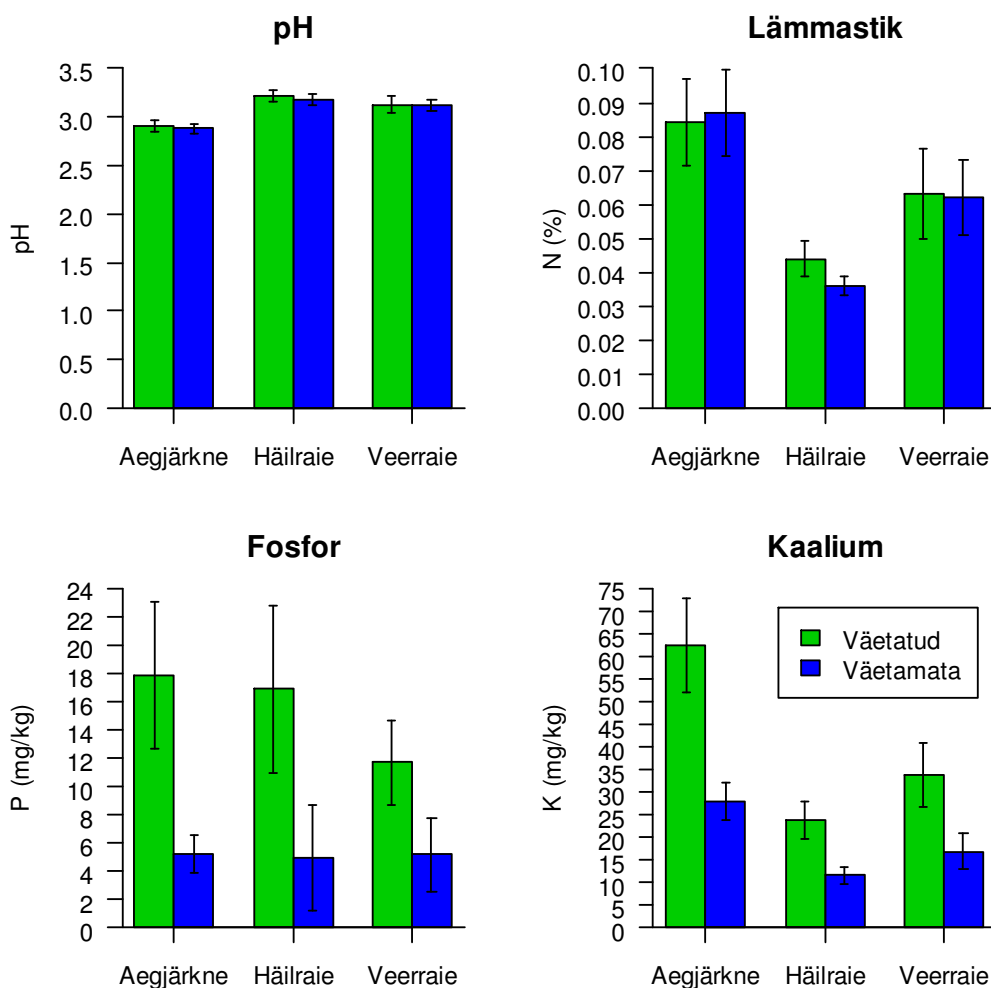
**Tabel 8.** Mulla pealiskihi toiteelementide sisaldused

	Aegjärgne raie				Häilraie				Veerraie			
	pH KCl	N %	Pmg/ kg	Kmg/ kg	pH KCl	N %	Pmg/ kg	Kmg/ kg	pH KCl	N %	Pmg/ kg	Kmg/ kg
<b>Keskmine</b>	<b>2,896</b>	<b>0,086</b>	<b>11,590</b>	<b>45,368</b>	<b>3,195</b>	<b>0,040</b>	<b>10,942</b>	<b>17,836</b>	<b>3,128</b>	<b>0,063</b>	<b>8,488</b>	<b>25,415</b>
SD	0,20	0,04	14,36	32,11	0,19	0,01	17,66	12,78	0,25	0,04	10,04	21,40
Var. kordaja	0,07	0,50	1,24	0,71	0,06	0,36	1,61	0,71	0,08	0,66	1,18	0,84
Väetamata	2,883	0,087	5,252	28,084	3,175	0,036	4,988	11,716	3,128	0,062	5,235	16,888
Väetatud	2,908	0,084	17,928	62,652	3,215	0,044	16,897	23,957	3,128	0,063	11,74	33,943
Vahe	0,025	-0,003	12,677	34,568	0,040	0,007	11,909	12,241	0,00	0,001	6,505	17,054

Tabelist 8 ja jooniselt 17 võib näha, et aegjärgse raie mulla pH on madalam kui teiste raiete puhul, Anova testi kasutades selgus, et see vahe on usaldatav ( $p = 0,02$ ) (tabel 18). Kuna männivaris on happeline (Laas 2011a) ja tõenäoliselt teistel raietel on see

paremates valgustingimustes kiiremini lagunema hakanud ning ei ole proovidesse enam nii suures ulatuses sattunud. Väetamise ja vana metsa kaugusega mulla pH seost ei omanud. Vana metsa kauguse mõju arvutamine on toodud välja mullaproovide võtmise metoodika peatükis (2.6.4).

Aegjärkse raie puhul on mulla lämmastiku sisaldus usaldatavalt suurem kui teistel raialadel (tabel 19). Siit võib järeldada, et lämmastik on jäänud mulda ning ei ole jõudnud taimedesse ega alustaimestikku nii suures ulatuses kui teistel raietel. Teiste tegurite mõju, peale raieviisi, mulla lämmastikule ei ole tuvastatud. Häilraiel on lämmastiku sisaldus väiksem kui teistel raietel, kuigi männitaimedesse ei ole see analüüsi alusel samuti jõudnud. Võimalik, et väetamisega mulda viidud lisälämmastiku on omastanud alustaimestik ja vana metsa puud või on see alumistesse mullakihtidesse uhutud, hetkel ei ole selle kohta täiendavaid uurimisi tehtud.



**Joonis 17.** Toitainete sisaldused mullas ja pH raieviiside kaupa, vearibad näitavad standardviga

Fosfori sisaldusele mullas on väetamine avaldanud positiivset mõju ( $p = 0,02$ ) (tabel 20), selgub, et kõigi raietel on väetamine sisaldust suurendanud. Veerraiel on see mõju olnud tagasihoidlikum kui teistel raietel, mille sisaldused on suurenenud kuni kolm korda. Võib arvata, et mulla suure fosforisisalduse põhjuseks on et lisafosfor, mis mulda viidi, ei olnud taimedele nii vajalik. Okkaproovide tulemustest selgub, et taimedes on fosforisisaldus suurenenud ning on võimalik, et fosfor on saavutanud okastes oma maksimumi ning ülejääk on jäänud mulda.

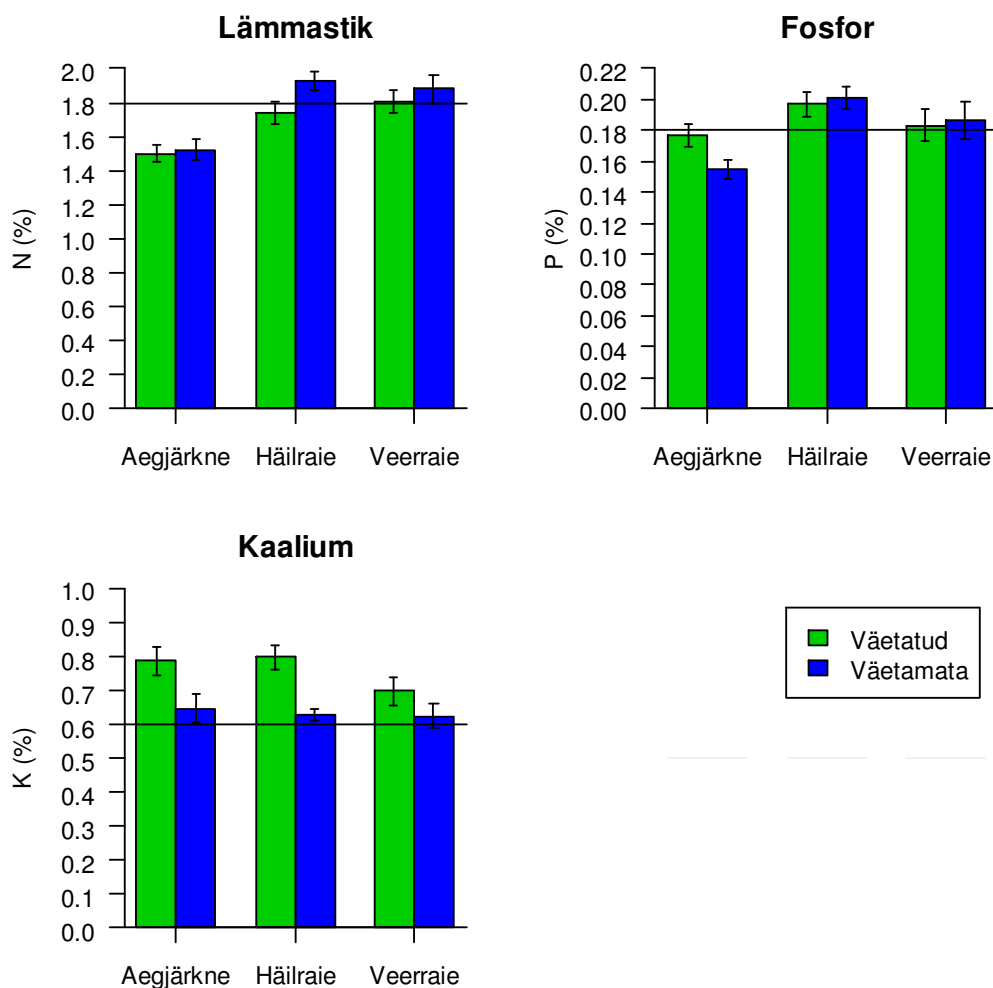
Kõiki mullaproove analüüsid selgus, et kaaliumi sisaldusele mullas on väetamine avaldanud olulist mõju ( $p = 0,0002$ ) (tabel 21). Kõigi raicalade väetatud ja väetamata

proove võrreldes on sisaldused väetatud proovides umbes poole võrra suurenenud. Aegjärkse raie kaaliumisisaldused mullaproovides on kõrgemad kui teistel raietel, võib arvata, et sellel raiel on keerulisem aineid omastada või kuna seal kasvab väiksem uuendus, siis ei vajata nii noorte ja väikeste taimede poolt rohkem kaaliumi ning see on jäänud mulda pidama.

Tabelis 9 ja joonisel 18 on esitatud toiteelementide (NPK) sisaldus taimede okastes. Tabelis on eristatud ka väetatud ja väetamata proovide keskmised. Põhjamaades peetakse N-i puhul tugeva defitsiidi piiriks 12 mg/g (1,2%), P puhul Norra ja Rootsi kirjanduses (Braekke 1994. viidatud Jacobson ja Pettersson 2010 kaudu) 1,2 mg/g (0,12%) Soome kirjanduses (Paarlahti *et al.* 1971, Veijalainen *et al.* 1984, Reinikainen *et al.* 1998. viidatud Moilanen *et al.* 2004 kaudu) 1,3-1,4 mg/g (0,13-0,14%) ning K puhul peetakse mõlemal juhul piiriks 3,5 mg/g (0,35%) kohta. Optimaalseks sisalduseks peetakse Norras ja Lõuna-Rootsis, mille sisaldused võib Eestisse üle kanda, N-i üle 18 mg/g (1,8%), P puhul vähemalt 1,8 mg/g (0,18%) ning K võiks olla üle 6 mg/kg (0,6%) (Braekke 1994. viidatud Jacobson ja Pettersson 2010 kaudu).

**Tabel 9.** Toitainete (NKP) sisaldus kõigil raietel

	Aegjärkne raie			Häilraie			Veerraie		
	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
<b>Keskmine</b>	<b>1,510</b>	<b>0,166</b>	<b>0,718</b>	<b>1,834</b>	<b>0,199</b>	<b>0,715</b>	<b>1,841</b>	<b>0,185</b>	<b>0,662</b>
SD	0,18	0,03	0,15	0,22	0,03	0,13	0,27	0,04	0,14
Var. kordaja	0,12	0,16	0,21	0,12	0,13	0,18	0,14	0,21	0,22
Väetamata	1,523	0,155	0,648	1,927	0,201	0,630	1,879	0,187	0,626
Väetatud	1,497	0,177	0,787	1,741	0,197	0,799	1,803	0,183	0,699
Vahe	-0,025	0,022	0,139	-0,186	-0,004	0,169	-0,076	-0,003	0,072



**Joonis 18.** Toitainete sisaldus okastes raieviiside kaupa, jooned tähistavad optimaalseid sisaldusi Braecke (1994. viidatud Jacobson ja Pettersson 2010. kaudu) järgi, vearibad näitavad standardviga

Tabelist ja jooniselt selgub, et lämmastiku sisaldus okastes on aegjarkse raie puhul madalam kui teistel raietel. Tabelist 22 selgub, et see erinevus on usaldatav ( $p = 0,02$ ). Mullas oli aegjarkse raie puhul lämmastiku sisaldus küll suurem, kuid taimedesse ei ole see mingil põhjusel jõudnud. Üks võimalikke põhjuseid, miks lämmastikusisaldus okastes ei ole suurenenud, on kehvemad valgustingimused, taimed ei suuda olemasolevaid toitaineid ära kasutada. Kirjanduse järgi on okaste optimaalsest lämmastikusisaldusest aegjärksel raiel umbes 0,3 mg/kg puudu. Teiste tegurite mõju lämmastiku sisaldusele usaldatavalt puudub, kuid taime ning raie koosmõju suundumus

on olemas ( $p = 0,07$ ). Toiteelementide erisused mullas (mulda viidud NPK) ei ole okastes olevatele toitainetele Anova testi alusel mõju avaldanud.

Fosfori sisaldust okastes on usaldatavalt mõjutanud raieviis ja taimeliik, ( $p < 0,001$  ja  $p = 0,02$ ) (tabel 23). Tabelist 9 selgub, et aegjärksel raiel on fosforisisaldus okastes väiksem kui teistel raietel, kuigi mullas oli see kõrgem ning optimaalsele sisaldusele on see üsna lähedal. Taimed on veel väikesed ja ei saa väetisega juurdetoodud mullast kätte. Antud küsimus vajab järgnevat uurimist. Fosforisisaldus sõltub ka taime ja raie koosmõjust ( $p = 0,002$ ). Näiteks taimede võrdluse puhul on looduslik uuendus ja külv kõigil raietel kõrgema fosforisisaldusega kui istutatud taimed. Võimalik, et neil noorematel taimedel, mis ei ole enne taimlates väetist saanud, on fosforivajadus suurem kui istutatud taimedel. Fosfori sisaldus okastes ei sõltunud toiteelementide sisaldusest mullas.

Taimede okastes kaaliumisisaldusele ei ole ükski eelnevatest teguritest statistilise analüüsi alusel usaldatavat mõju avaldanud, kuigi keskmiselt on kaaliumi väetatud taimede okastes rohkem. Taimede kasvule ei ole väetamine samuti statistilist mõju avaldanud, kuid kaaliumi- ja fosforisisalduse suurenemine mullas võib tulevikus selle vahe ilmsemaks teha. Võib eeldada, et noored taimed suudavad vähemalt osa lisatud toitaineid omastada, kui nad suuremaks kasvavad ning suuremat hulka toitaineid vajavad. Hetkel on veerraie ja häilraie uuendusel NPK sisaldus okastes optimaalne, aegjärksel raiel on toiteelemente okastes optimaalsetest sisaldustest veidi vähem.

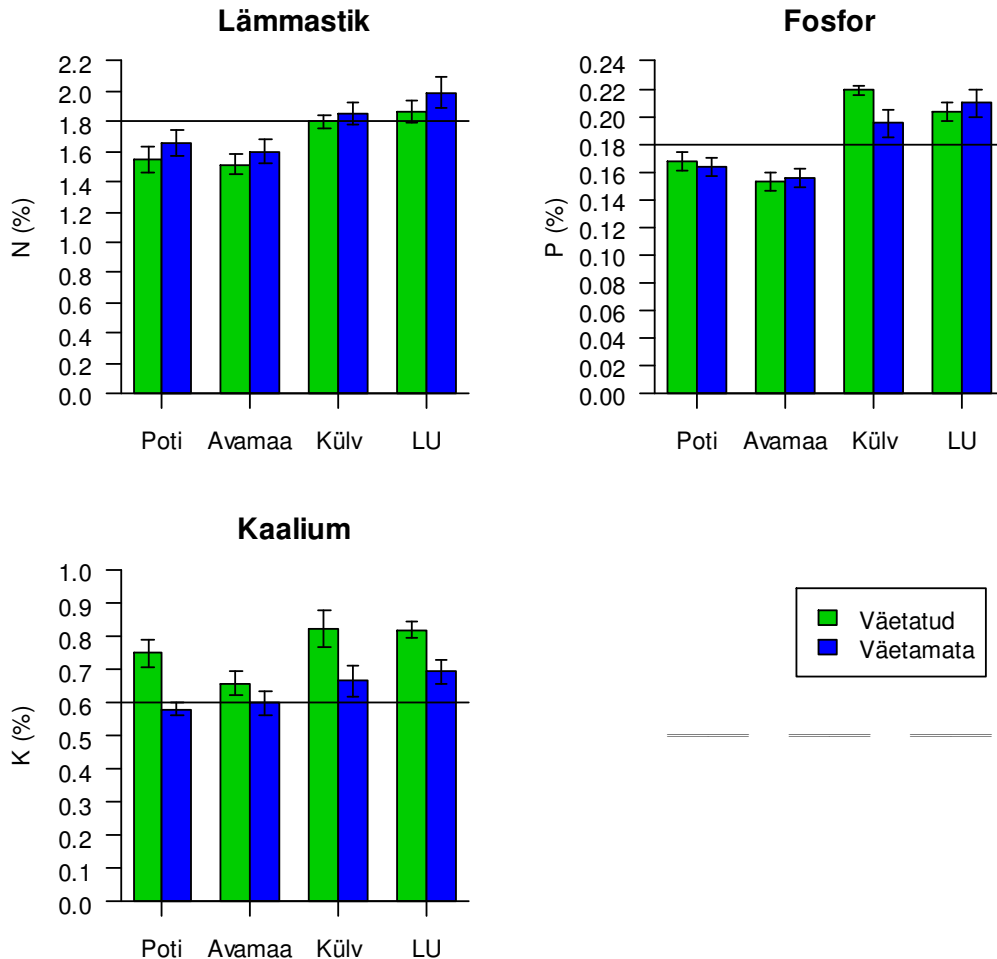
### **3.3 2. Toiteelementide sisaldus mullas ja taimedes taimetüüpide alusel**

Järgnevalt vaadeldakse toitainete sisaldust taimedes taimetüüpide kaupa, kuna alal on neli erinevat liiki taimi, millest paljasjuursed ja potitaimed on ka taimlates väetisega hästi varustatud. Mullaproovide andmeanalüüsi puhul tuuakse järgnevalt välja ainult statistiliselt usaldatavad erinevused. Eelnevalt on teada, et mullas on suurenenud PK

sisaldus. Optimaalsed okaste NPK sisaldused kirjanduse põhjal on toodud eelmises peatükis. Okaste toitainete sisaldused on toodud välja tabelis 10 ja joonisel 19.

**Tabel 10.** Toitainete (NKP) sisaldused taimetüüpid

	Potitaimed			Avamaataimed			Külvitaimed			Looduslik uuendus		
	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %	N %	P %	K %
<b>Keskmine</b>	<b>1,604</b>	<b>0,165</b>	<b>0,664</b>	<b>1,558</b>	<b>0,154</b>	<b>0,628</b>	<b>1,828</b>	<b>0,207</b>	<b>0,744</b>	<b>1,923</b>	<b>0,207</b>	<b>0,757</b>
SD	0,25	0,021	0,13	0,21	0,021	0,11	0,18	0,024	0,17	0,27	0,026	0,11
Var. kordaja	0,15	0,13	0,19	0,14	0,14	0,18	0,10	0,12	0,23	0,14	0,12	0,15
Väetamata	1,660	0,163	0,581	1,602	0,155	0,599	1,856	0,195	0,666	1,988	0,210	0,694
Väetatud	1,548	0,167	0,748	1,514	0,153	0,658	1,801	0,219	0,822	1,859	0,204	0,819
Vahe	-0,112	0,004	0,167	-0,088	-0,002	0,059	-0,055	0,023	0,155	-0,129	-0,006	0,125



**Joonis 19.** Toitainete sisaldused taimedes taimetüübi kaupa, jooned tähistavad optimaalseid sisaldusi Braecke (1994. viidatud Jacobson ja Pettersson 2010. kaudu) järgi, veeribad näitavad standarddviiga

Paljasjuursete taimede dispersioonanalüüsil selgus, et nende toiteelementide sisaldust nii mullas kui okastes ei mõjuta statistiliselt usaldusväärselt mitte kumbki tegur (raieviis ja väetamine). Kaaliumi sisaldus okastes on peale väetamist küll suurenenud, kuid mitte usaldusväärselt. Samal ajal, kui PK sisaldus mullas on suurenenud siis avamaataimede okastes ei ole väetamise mõjul PK suurenenud, kuigi P optimaalse sisalduseni oleks kirjanduse alusel veel ruumi. Ka lämmastiku optimaalseni (1,8%) on veel ruumi, aga kuna mullast oli lisatud lämmastik kadunud, siis hetkel võib arvata, et hetkel on peamine kasvupidur N-i defitsiit, sest P-d ja K-d on mullas piisavalt. Samas on avamaa- ehk paljasjuursete taimede kõrguskasv keskmiselt parem olnud, mis viitab nende heale kohastumisele alaga ja piisava hulga toitainete kättesaamisest.

Potitaimi analüüsidest selgus, et lämmastiku sisaldus okastes on aegjärksel raiel usaldatavalt madalam kui teiste raiete puhul ( $p < 0,001$ ). Väetamise ja raie koosmõju ( $p = 0,002$ ) lämmastiku sisaldusele okastes ei olnud positiivne ning oli väga varieeruv, näiteks häilraie puhul on väetamata taimede N sisaldus tunduvalt suurem (~0,4%). Tundub, et lämmastikusisaldus mullas on antud viljakas kasvukohas potitaimede olnud piisav ning lisakogused ei olnud vajalikud. Potitaimi, nagu ka avamaataimi, on eelnevalt taimlates ka piisavalt väetatud ning lisatoitained ei vaja. On ka võimalus, et potitaimede mullapallides on veel piisavalt toitaineid ning lisatud väetis ei ole veel jõudnud mõjuda. Fosfori sisaldus potitaimede okastes erines kõigil raietel usaldusväärselt ( $p = 0,0002$ ), olles suurim häilraiel ning väiksem aegjärksel.

Kui vaadelda potitaimede okaste K sisaldust kõigil raietel kokku, siis väetamise mõju oli positiivne nii mullas ( $p = 0,01$ ), kui ka okastes, ( $p < 0,001$ ). Tundub, et mulda viidud lisakaalium on jõudnud ka uuritavatesse taimedesse ning ei ole alustaimestikku, alumistesse mullakihtidesse ja vanametsa puudesse kaotsi läinud. Kuigi kaalium ei tundu olevat piiravaks faktoriks ka väetamata aladel. Veerraiel olevatel väetatud potitaimedel on kaaliumisalus väiksem kui teiste raiete puhul, võimalik, et sellel olevates paremates valgus- ja juurkonkurentsi tingimustes taimed ei vaja lisakaaliumi. Samas on potitaimedes optimaalse N-i ja P-i sisalduseni veel ruumi ja kui mulda on

neid toitained viidud, siis potitaimed neid kergelt kätte ei saa ning aegjärgse raie puhul on potitaimede N ja P defitsiidi piirile üsna lähedal.

Külvatud taimede fosforisisaldus okastes sõltus positiivselt väetamisest ja raieviisist ning oli aegjärgsel raiel madalam, kui teistel raietel. Raie ja väetamise koosmõjust fosforisisalduse puhul joonistub välja, et teistest erinevad usaldusväärselt ( $p = 0,04$ ) aegjärgse raie väetamata taimed, mis on madalamad kui teistel raieviisidel ning ei ole ilmselt lisafosforit omastanud. Teistel raieviisidel on väetatud taimede fosforisisaldused suuremad. Samuti oli külvitaimede puhul lämmastikuisaldus aegjärgse raie taimedes madalam kui teistel raietel ( $p = 0,007$ ). Väetamise mõju lämmastikuisaldusele taimedes puudus. Kaaliumi sisaldus on küll suurenenud, kuid see vahe ei ole statistiliselt usaldusväärne. Optimaalsete sisaldustega võrreldes, ei tohiks kõiki külvitaimi vaadates probleemi olla, kuid raied eraldi vaadates on ka külvitaimede puhul aegjärgsel raiel probleeme, sest N ja P on alla optimaalse taseme.

Looduslikku uuendust analüüsid selgus, et nendelt lappidelt võetud mullaproovide pH sõltus vana metsa kaugusest ( $p = 0,04$ ), millest võib järeldada, et loodusliku uuenduse lapid, mis on üle terve ala põhjalikult mineraliseeritud ning kus puudub rohttaimestik ja toitained liiguvad vabamalt, saavad ka vana metsa puud toitained paremini kätte ja seal laguneb varis, mis mõjutavad seega rohkem mullaomadusi. Nendelt lappidelt võetud proovide põhjal selgus veel, et mullas olev kaaliumisisaldus sõltus väetamisest ( $p = 0,004$ ), kaaliumisisalduse suurenemine on välja tulnud ka kõiki mullaproove vaadates.

Kaaliumisisaldus loodusliku uuenduse okastes on suurenenud, kuid mitte statistiliselt usaldusväärselt. Selgus, et nii lämmastiku kui ka fosfori sisaldus okastes sõltus usaldatavalt raieviisist ( $p = 0,001$  ja  $0,0006$ ). Mõlemal juhul (N ja K) olid aegjärgse raie keskmised sisaldused usaldatavalt madalamad. Põhjus, miks aegjärgsel raiel on okaste fosfori ja lämmastiku sisaldused väiksemad, võib olla vana metsa puude suuremas konkurentsis või halvemates valgustingimustes, kus okkad on oma mahutavuse saavutanud. Visuaalsel vaatlusel ja kasvuerinevuste võrdlemisel selgus samuti, et aegjärgse raie taimede okkad on väiksema suurusega ning taimed madalama kasvuga. Kõiki loodusliku uuenduse mullaproove analüüsid selgus, et optimaalse sisalduse

suhtes on olukord positiivne, kuid raieid eraldi analüüsid selgus jällegi, et aegjärksel raiel on sisaldused optimaalsest väiksemad.

Kuna muld on ajas muutuv (Astover *et al.* 2012) ning väetamine võib kiirendada mullaomaduste muutumisi ning mikroorganismide tegevust, siis on oluline jätkata ka tulevikus mullauuringuid. Samuti on oluline jätkata taimede toitainete sisalduse monitooringut, kuna muutunud mulla omaduse võivad suure tõenäosusega muuta taimede toitainete sisaldusi.

### **3.4. Ulukitõrje**

2013. aasta sügisel läbi viidud istutatud taimede pritsimisel ulukitõrjevahendiga *Trico* ei ilmnunud taimede visuaalsel vaatlusel mingit mõju taimedele. Selgus, et aiast väljas oleval alal pritsitud taimedel ei olnud ulukikahjustusi, need üksikud pritsitud hukkunud taimed tundusid olevat hukkunud muudel põhjustel, näiteks toitainete puudus või liigniiskus. Samuti ei ole uurimistöö nii varajases faasis selgunud rajatud tara tõhusus ulukikahjustuste ärahoidmisel. Ulukikahjustuste monitooringut tuleb tulevikus jätkata.

## Kokkuvõte

Enamus Eesti metsadest uuendatakse lageraiega. Seoses kaitstavate metsade suure osakaaluga ning metsanduskaugete inimeste negatiivse suhtumisega lageraiesse, tuleb senisest enam kasutada alternatiivseid metsauuendamisi. Üks võimalus selleks on turberaiete osakaalu suurendamine. Hetkel uuendatakse turberaietega metsateatiste alusel 9% Eesti metsadest, kuid kaitstavate metsade osakaal on 25%. Kõigis kaitsealustes metsades ei ole parim variant metsamajandamistegevuse lõpetamine, vaid teatud metsatüüpide, näiteks litemännikute, puhul on oluline majandamise jätkumine. Turberaied on looduslähedane metsauuendamise viis, mis sobib ka maastiku välisilme säilitamiseks, näiteks suurte maanteedes. Turberaiete kasutamisel on mitmeid metsakasvatustlike probleeme ning praktilises metsanduses puudub turberaiete „edulugu“. Oluline on leida senisest tulemuslikumaid lahendusi turberaiete kasutusele võtmiseks ning anda metsaomanikele edukalt toimivaid soovitusi turberaietega metsa uuendamiseks.

2012. aastal rajati Järveljale turberaiete näidis-katseala männikus, mille alusel on koostatud käesolev magistritöö. Võrreldi kolme turberaieviisi (aegjärkne-, veer-, ja häilraie) mõju neljale uuendamise viisile (avamaa- ehk paljasjuursed taimed, potitaimed, külvatud ning loodusliku külvi teel tekkinud taimed). Maapind oli ettevalmistatud ning viidi läbi väetamiskatse uurimaks NPK kompleksväetise mõju taimede kasvule, toitainesisaldusele mullas ja taimedes. Samuti toimub alal ka ulukikahjustuse võrdluskatse, mille jaoks on umbes pool katsealast tarastatud ning väljaspool tara viidi läbi istutatud taimede pitsimiskatse. Alal toimub ka mitmeid teisi Eesti Maaülikooli teadlaste ja üliõpilaste poolt teostatavaid uurimisi, mille tulemusi on samuti töös mainitud.

Magistritöö eesmärgiks oli võrrelda erinevate turberaieviiside ja metsa uuendamise võtete mõju esimese kahe turberaiejärgse aasta jooksul. Uuriti väetamise mõju noorte puude kõrguskasvule ning toitainete sisaldusele mullas ja männitaimede okastes. Analüüsiti ka valgus- ja juurkonkurentsi mõju uuendusele.

Tulemused ja järeldused:

- Veerraiel on istutatud taimede kõrgus ja laduvõrse pikkus usaldatavalt suurem kui teiste raiete puhul. Veerraie paljasjuursed taimed olid parema kõrguskasvuga kui muud raieviisi ja uuendamisviisi kombinatsioonid.
- Aegjärkse raie istutatud taimede kõrguse ja juurdekasvu näitajad on tõenäoliselt tänu suuremale juur- ja valguskonkurentstile kõige madalamad.
- Istutatud taimede kõrguse ja juurdekasvu varieeruvus raieviisi ja uuendamisviisi siseselt oli suur ning selle põhjuseid tuleb edasi uurida.
- Istutatud taimede säilivus sõltus usaldatavalt raieviisist ning väetamisest. Aegjärksel raiel oli hukkunud ligi veerand esialgselt istutatud taimedest. Väetatud taimed olid ka visuaalsel vaatlusel tervema väljanägemisega.
- Lisatoitainete mulda viimine ei mõjunud usaldatavalt istutatud taimede kõrgusele ja viimase aasta juurdekasvule, kuigi keskmiselt olid väetatud taimede näitajad paremad.
- Külvi teel tekkinud taimede puhul olid kõrguskasvu tulemused parimad veerraiel ning halvimald aegjärksel raiel.
- Külvatud taimede arvukus oli suurim veerraiel ning väikseim aegjärksel raiel.
- Loodusliku külvi teel tekkinud taimi oli tänu suuremale seemnepuude arvule arvukamalt aegjärksel raiel.
- Külvatud taimede arvukus oli pärast teist aastat langenud, kuid loodusliku uuenduse arvukus oli suurenenud.
- Loodusliku uuenduse kõrgus oli keskmiselt suurem (välja arvatud häilraiel) kui külvatud taimedel.

- Väetamise mõju külvi teel tekkinud taimede kõrgusele ja arvukusele ei olnud statistiliselt usaldatav, kuigi enamuse katsevariantide korral olid tulemused keskmiselt paremad.
- Taimede arvukus sõltub vana metsa tihedusest ja kaugusest. Kirjanduse põhjal võib olla männi seemnepuude mõju kuni 100 meetrit, efektiivne uuendus tekib kuni 50 meetri kaugusel.
- Vana metsa suhtes hästi valitud asukohaga ja suunaga veerraie võib olla praegu lubatavast laiem.
- Aegjärgse raie esimese etapi järgne metsa suur tihedus pakub küll suurt seemnete hulka ning turvet päikesepõletuste eest, kuid vanade puude juurkonkurents hakkab õige pea peale raiet piirama uuenduse kasvu.
- Kirjanduse alusel on suuremad häilud uuenduse tekkeks sobivamad kui väikesed, käesoleva uurimuse katsealal ei olnud usaldatavaid erinevusi erineva suurusega häilude vahel veel ilmnenu.
- Maapinna mineraliseerimine on oluline viis mustika ja mustika-pohla kasvukohatüübis uuendusele paremate mullatingimuste loomiseks ning rohhtaimestiku tõrjumiseks.
- Kirjanduse põhjal on võimalik taimede juurdekasvu väetamisega suurendada.
- Väetamise mõju katsealal avaldus PK sisalduse suurenemises mulla ülakihis ning P sisalduse suurenemises taimede okastes. Soovitav on jätkata edasist uurimist väetamise mõju väljaselgitamiseks.
- Ulukikahjustuste uuringu tulemustes ei ole nii varajases taimede kasvustaadiumis tulemusi ilmnenu, ilmselt vähendas ulukikahjustusi ka soe ja vähese lumega 2013/2014 talv.

Männikute uuendamine turberaiega on reaalne alternatiiv looduslähedaseks ning esteetiliselt sobivaks metsauuendamiseks, kuid selle teostamisel võib tekkida mitmeid probleeme. Seetõttu on oluline efektiivseks metsauuenemiseks raiete ja uuendamise põhjalik planeerimine ning kõikide raiejärgude õigeaegne läbiviimine. Väga soovitatav on seemneaasta arvestamine, maapinna ettevalmistamine loodusliku uuenduse paremaks tekkeks ning võib kaaluda taimede lisamist istutamise teel, kiirendades nii uue metsapõlve teket. Parimaid tulemusi on võimalik saavutada veerraiel, kuid samas peab

meeles pidama, et tegemist on kõige silmatorkavama turberaie viisiga. Häilraie puhul on suuremate häilude puhul võimalik saavutada häilu keskosas väga häid tulemusi. Aegjärgse raie puhul peaks uuenduse parema kasvu tagamiseks kasutama seni lubatavast suuremat raiekraadi ning juurkonkurentsi pakkuvate vana metsa puude kiiremat eemaldamist. Katsealal tuleks jätkata kõrguskasvu monitooringut erinevate raieviiside korral. Kuna mulla ja okaste toitainete sisaldus on tänu väetamisele suurenenud, tuleb jätkata väetamise mõju uurimist taimede kasvukiirusele. Magistritöös käsitletud katseala jääb töö autori peamiseks katseobjektiks ka tulevikus.

## Viidatud allikad

- Aastaraamat Mets 2011. 2013. Keskkonnateabe keskuse koduleht. [http://www.keskkonnainfo.ee/failid/aastaraamat\_METS\_2011.pdf] (04.05.2014)
- Alamäe, J. 2012. Turberaieviisidest Eesti metsades – uuringute ülevaade ja Järvselja katseala rajamine. Bakalaureusetöö metsanduse erialal. Eesti Maaülikool. Metsandus- ja maaehitusinstituut, Metsakasvatuse osakond, 39 lk
- Astover, A., Kõlli, R., Roostalu, H., Reintam, E., Leedu, E. 2012. Mullateadus – õpik kõrgkoolidele. Eesti Maaülikooli põllumajandus- ja keskkonnainstituut. Tartu: Greif, 486 lk.
- Braekke, F.H. 1994. Diagnostiske grenseverdier for næringselementer i gran- og furunäler. – NLH, Aktuelt fra Skogforsk, 15–94, As 11p. Viidatud Jacobson, S., Pettersson, F. 2010. An assessment of different fertilization regimes in three boreal coniferous stands. – Silva Fennica, 44, 815–827. kaudu
- Béland, M., Agestam, E., Ekö, P.M., Gemmel, P., Nilsson, U. 2000. Effects of scarification and seedfall on natural regeneration of Scots pine under two shelterwood densities in southern Sweden. – Scandinavian journal of forest research, 15, 247–255.
- Belials, V. 2004. Turberaie ja valikraie – mis need on?. – Sinu Mets, 2, 3.
- Eesti Metsanduse Arengukava aastani 2020. 2010. Riigi Teataja. – eRT. [https://www.riigiteataja.ee/aktiis/3180/2201/1003/Eesti\_%20metsanduse\_arengukava.pdf] (04.05.2014)

EFINORD Annual Meeting 14th May 2014-Sum-up. 2014. Efinordi koduleht. [http://www.efinord.efi.int/portal/annual\_meeting\_may\_2014\_summery/] (28.05.2024)

Eksperthinnang majandatavate ja majanduspiirangutega (piiranguvööndid) metsade majandamispiirangute kohta. 2010. Keskkonnaministeeriumi koduleht. [http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1144339/Majanduspiirangute+eksperthinnang.pdf] (18.05.2014)

Erefur, C., Bergsten, U., de Chantal, M. 2008. Establishment of direct seeded seedlings of Norway spruce and Scots pine: Effects of stand conditions, orientation and distance with respect to shelter tree, and fertilisation. – Forest Ecology and Management, 255, 1186–1195.

Fastac 50. 2014. Baltic Agro koduleht. [http://www.balticagro.ee/index.dsp?page=3898] (04.05.2014)

Fujimori, T. 2001. Ecological and silvicultural strategies for sustainable forest management. Elsevier, 195 pp.

Glöde, D., Sikström, U. 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester productivity and damage to the regeneration. – Silva Fennica, 35(1), 71–83.

Hagner, S. 1962. Natural regeneration under shelterwood stands –an analysis of the method of regeneration, its potentialities and limitations in forest management in middle North Sweden. Meddellanden fran Statens skogsforskningsinstitut, 52 (4), 263 lk. Viidatud Béland, M., Agestam, E., Ekö, P.M., Gemmel, P., Nilsson, U. 2000. Effects of scarification and seedfall on natural regeneration of Scots pine under two shelterwood densities in southern Sweden. – Scandinavian journal of forest research, 15, 247–255. kaudu

Hånell, B., Nordfjell, T., Eliasson, L. 2000. Productivity and Costs in Shelterwood Harvesting. – Scandinavian journal of forest research, 15, 561–569.

- Högberg, P., Nordgren, A., Buchmann, N., Taylor, A. F. S., Ekblad, A., Högberg, M. N., Nyberg, G., Ottosson-Löfvenius, M., Read, D., J. 2001. Large-scale forest girdling shows that current photosynthesis drives soil respiration. – *Nature*, 411, 798–792.
- Jacobson, S., Pettersson, F. 2010. An assessment of different fertilization regimes in three boreal coniferous stands. – *Silva Fennica*, 44, 815–827.
- Karlsson, C. 2006. Fertilization and release cutting increase seed production and stem diameter growth in *Pinus sylvestris* seed trees. – *Scandinavian journal of forest research*, 21, 317–326.
- Karlsson, C., Örlander, G. 2000. Soil scarification shortly before a rich seed fall improves seedling establishment in seed tree stands of *Pinus sylvestris*. – *Scandinavian journal of forest research*, 15, 256–266.
- Kask, R., 1996. Eesti mullad. Mats 1996. 280 lk.
- Keskkonnaministri 27. detsembri 2006. a määruse nr 88 „Metsa majandamise eeskiri” muutmine. Riigi Teataja. – eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/126022014013>] (18.05.2014)
- Kurrikoff, R. 2013. Metsa loodusliku uuenduse ja külvi kordaminek Järvelja turberaie näidis-katsealadel. Magistritöö metsamajanduse erialal. Eesti Maaülikool. Metsandus- ja maaehitusinstituut, Metsakasvatuse osakond, 48 lk
- Laas, E. 2011a. Mets ja keskkond. Rmt: Laas, E., Uri, V., Valgepea, M. Metsamajanduse alused. Tartu Ülikooli Kirjastus. Tartu. 79–166.
- Laas, E. 2011b. Metsa uuenemine ja uuendamine. Rmt: Laas, E., Uri, V., Valgepea, M. Metsamajanduse alused. Tartu Ülikooli Kirjastus. Tartu. 416–471.
- Laas, E. 2012a. Turberaied võivad olla alternatiiviks lageraietele. – *Eesti Mets*, 2, 24–30.
- Laas, E. 2012b. Hajali raiumisega turberaie. – *Eesti Mets*, 3, 30–34.

- Laas, E., Väärt, T. 2004. Turberaied männikutes ja männiuuenduse tekkimine turberaiealadel. – Metsanduslikud uurimused, 41, 86–100.
- Metsaseadus. 2006. Riigi Teataja. – eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/MS>] (04.05.2014)
- Metsa majandamise eeskiri. 2006. Riigiteataja. – eRT. [<https://www.riigiteataja.ee/akt/126022014016>] (04.05.2014)
- Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökka, H., Issakainen, J. 2004. Comparing effects of wood ash and commercial PK fertilizer on the nutrient status and stand growth of Scots pine on drained mires. – *Baltic Forestry*, 10, 2–10.
- Möller, G. 1992. The scandinavian experience in forest fertilization research and operations. School of Environmental and Forest Sciences. [<http://www.cfr.washington.edu/research.smc/rfnrp/2ffc.html>] (27.05.2014)
- Nilsson, U., Gemmel, P., Johansson, U., Karlsson, M., Welander, T. 2002. Natural regeneration of Norway spruce, Scots pine and birch under Norway spruce shelterwoods of varying densities on a mesic-dry site in southern Sweden. – *Forest Ecology and Management*, 161, 133–145.
- Nilsson, U., Örlander, G., Karlsson, M. 2006. Establishing mixed forests in Sweden by combining planting and natural regeneration – Effects of shelterwoods and scarification. – *Forest Ecology and Management*, 237, 301–311.
- Paarlahti, K., Reinikainen, A., Veijalainen, H. 1971. Nutritional diagnosis of Scots pine stands by needle and peat analysis. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae*, 74 (5), 1-58. Viidatud Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökka, H., Issakainen, J. 2004. Comparing effects of wood ash and commercial PK fertilizer on the nutrient status and stand growth of Scots pine. – *Baltic Forestry*, 10, 2–10. kaudu
- Pietilainen P., Moilanen M. 2003. Effect of drainage intensity and fertilization on Scots pine Stands Growing on an Oligotrophic Tall Sedge Fen. – *Baltic Forestry*, 9, 22–32.

- Pietiläinen, P., Moilanen, M. & Vesala, H. 2005. Nutrient status and growth of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) on drained peatlands after potassium fertilisation. – *Suo - Mires and Peat*, 56, 101–113.
- Pikk, J., Seemen, H., Peterson, P. 1999. Pohlamännikute normaalse juurdekasvu taastumine pärast lämmastikuga väetamist. – *Metsanduslikud uurimused*, 31, 61–71.
- Puidet, B. 2014. Turberaie katsealal männi uuendust kahjustavad metsahaigused ning invasiivsete haigustekitajate monitooring. Bakalaureusetöö loodusvarade kasutamise ja kaitse erialal. Eesti Maaülikool. Metsandus- ja maaehitusinstituut, Metsakasvatuse osakond, 56 lk
- Raid, L. 1987. Väetamise mõjust metsakõdu omadustele. Kokkuvõte. – *Metsanduslikud uurimused*, 22, 46.
- Reinikainen, A., Veijalainen, H., Nousiainen, H. 1998. Puiden ravinnepuutokset – metsänkasvattajan ravinneopas. – *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja*, 688, 44.
- Viidatud Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökka, H., Issakainen, J. 2004. Comparing effects of wood ash and commercial PK fertilizer on the nutrient status and stand growth of Scots pine on drained mires. – *Baltic Forestry*, 10, 2–10. kaudu
- Saarsalmi, A., Mälkonen, E., 2001. Forest Fertilization Research in Finland: A Literature Review. – *Scandinavian journal of forest research*, 16, 514–535.
- Seemen, H. 1987. Väetamise mõjust pohla- ja mustikamännikute alustaimestikule. – *Metsanduslikud uurimused*, 22, 48–63.
- Seemen, H. 2003. Metsaväetamisega on võimalik saavutada mitmeid eesmärke. – *Sinu Mets*, 1, 11.
- Sikström, U., Almqvist, C., Jansson, G. 2010. Growth of *Pinus sylvestris* after the application of wood ash or P and K fertilizer to a peatland in Southern Sweden. – *Silva Fennica*, 44, 411–425.

- Sunkvist, H. 1994. Extent and causes of mortality in *Pinus sylvestris* advance growth in northern Sweden following overstorey removal. – Scandinavian journal of forest research, 9, 158–164.
- Tälli, P., Seemen, H. 1983. Puistute väetamine: praktiline juhend. Tallinn 1983. 36 lk.
- Uri, V. 2011. Õhu koostis ja mets. Rmt: Laas, E., Uri, V., Valgepea, M. Metsamajanduse alused. Tartu Ülikooli Kirjastus. Tartu. 107–112.
- Vaasma, T. 2013. Ulukitõrjevahend Trico. – Eesti Jahimees, 3, 72–73.
- Valkonen, S. 2000. Effect of retained Scots pine on regeneration, growth, form and yield of forest stands. – Invest. Agr.: Sist. Recur. For, 1, 121–145.
- Valkonen, S., Ruuska, J., Siipilehta, J. 2002 . Effect of retained trees on the development of young Scots pine stands in Southern Finland. – Forest Ecology and Management, 166, 227–243.
- Veijalainen, H., Reinikainen, A., Kolari, K.K. 1984. Metsäpuden ravinneperäinen kasvuhäiriö Soumessa. – Folia Forestalia, 601, 41. Viidatud Moilanen, M., Silfverberg, K., Hökka, H., Issakainen, J. 2004. Comparing effects of wood ash and commercial PK fertilizer on the nutrient status and stand growth of Scots pine on drained mires. – Baltic Forestry, 10, 2–10. kaudu

**LISAD**

## LISA 1. Välitöö lehed

Tabel 11. Avamaa- ehk paljasjuursete taimede välitöö lehe näidis

Veerraie, Avamaataim, Aed, Ruut 1										
Nr. vahemikus 1151-1216										
Nr.	Säilivus (2012 sügis)	Asendatud 2013 kevad	H (cm) (2012 sügis)	dH (cm) (2012 Sügis)	Väetamine (2013 kevad)	H (cm) (2014 kevad)	dH (cm) (2014 kevad)	Säilivus (2014 kevad)	Mulla proov (2013 sügis)	Okka proov (2013 sügis)
1151			29	12	v	43	14			
1152			19	6		30	11			
1153			39	19	v	57	17			
1154			32	14		42	12			
1155			41	19	v	63	20			
1156			36	14		51	15			
1157			26	10	v	36	9			
1158			24	12		32	6			
1159			46	17	v	65	18			
1160			27	10		33	7			
1161			29	13	v	30	10	Uus latv		
1162	kuiv	x				27				
1163			26	10		31	8			
1164			24	10	v	37	13			
1165			22	9		45	21			
1166			30	11	v	45	15			
1167	kir		30	14				Surnud		
1168			36	11		46	11			
1169			38	16	v	60	23		36	34
1170			40	7		50	9			
1171			36	18	v	60	22			
1172			35	13		43	8			
1173			27	3	v	42	12			
1174			24	9		45	21			
1175			36	15	v	42	6			
1176			32	7		39	8			
1177			35	8	v	40	4			
1178			25	5		31	11			
1179	kuiv	x				19	0			
1180			24	9	v	37	12			
1181			32	13		53	20			
1182			21	10	v	31	10			

**Tabel 12.** Loodusliku uuenduse häilraie välitöö lehe näidis

<b>Häilraie, LU, Aed, 30m</b>											
<b>Nr. vahemikus 2906-2920</b>											
Nr.	Arv 0,32 m <sup>2</sup> (2013 juuni)	Väetamine (2013 juuni)	Arv lapil (2014 kevad)	Kõrgus 2014 kevad					Keskmine H 2014 kevad	Mullaproovi nr (2013 sügis)	Okkaproovi nr (2013 sügis)
				5	5	6	5	7			
<b>2906</b>	<b>5</b>	<b>v</b>	11	5	5	6	5	7	5,6		
2907	5		3	15	19	15			16,3		
<b>2908</b>	<b>2</b>	<b>v</b>	3	11	13	13			12,3		
2909	4		5	11	10	11	17	28	15,4		
<b>2910</b>	<b>4</b>	<b>v</b>	4	13	14	11	8		11,5		
2911	9		8	14	18	11	12	7	12,4	67	72
<b>2912</b>	<b>7</b>	<b>v</b>	9	8	13	11	13	12	11,4	71	67
2913	8		6	12	11	5	7	7	8,4		
<b>2914</b>	<b>4</b>	<b>v</b>	9	5	5	5	10	11	7,2		
2915	8		7	7	6	5	4	5	5,4		
<b>2916</b>	<b>4</b>	<b>v</b>	4	8	14	13	12		11,8		
2917	8		10	14	13	14	14	15	14,0		
<b>2918</b>	<b>6</b>	<b>v</b>	6	18	8	6	6	5	8,6		
2919	18		17	6	6	6	7	8	6,6		
<b>2920</b>	<b>8</b>	<b>v</b>	7	5	8	9	6	8	7,2		

## LISA 2. Statistilise analüüsi tulemused

**Tabel 13.** Istutatud taimede keskmist kõrgust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Raie	2996	2	20,2	<0,001 ***
Taim	20	1	0,27	0,601
Väetus	19	1	0,26	0,612
Raie:Taim	825	2	5,56	0,004 **
Raie:Väetus	159	2	1,07	0,343
Taim:Väetus	29	1	0,39	0,534
Raie:Taim:Väetus	280	2	1,89	0,152
Jääk	56368	760		

**Tabel 14.** Kogu ala istutatud taimede säilivust mõjutavad tegurid TukeyHSD testi järgi

Faktor	LR Chisq	Df	Pr(>Chisq)
Taim	2.2504	1	0.1335761
Väetus	6.9078	1	0.0085818 **
Raie	15.9100	2	0.0003509 ***

**Tabel 15.** Istutatud taimede keskmist juurdekasvu mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Taim	49.6	1	2.2846	0.1310807
Väetus	17.1	1	0.7879	0.3750105
Raie	317.3	2	7.3029	0.0007223 ***
Taim:Väetus	17.4	1	0.8017	0.3708759
Taim:Raie	35.6	2	0.8198	0.4409216
Väetus:Raie	2.5	2	0.0566	0.9449777
Taim:Väetus:Raie	17.8	2	0.4100	0.6637713
Jääk	16382.0	754		

**Tabel 16.** Külvilappide ja loodusliku uuenduse lappide keskmist kõrgust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs.

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Taim	35.3	1	4.5363	0.03364 *
Väetus	0.3	1	0.0375	0.84656
Raie	458.1	2	29.4455	7.38e-13 ***
Taim:Väetus	0.9	1	0.1128	0.73712
Taim:Raie	34.6	2	2.2252	0.10905
Väetus:Raie	3.4	2	0.2203	0.80232
Taim:Väetus:Raie	12.2	2	0.7811	0.45842
Jääk	4161.6	535		

**Tabel 17.** Külvi ja LU arvukuse dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Taim	2.2	1	0.0798	0.77764
Raie	1053.6	2	18.7347	1.350e-08 ***
Väetus	84.4	1	3.0011	0.08377 .
Taim:Raie	712.7	2	12.6726	4.169e-06 ***
Taim:Väetus	27.7	1	0.9854	0.32131
Raie:Väetus	25.4	2	0.4512	0.63707
Taim:Raie:Väetus	19.0	2	0.3376	0.71365
Jääk	15380.5	547		

**Tabel 18.** Kogu ala mullaproovide pH sisaldust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Ksum	0.0658	1	1.3363	0.25191
Raie	0.4092	2	4.1545	0.02005 *
Väetus	0.0104	1	0.2113	0.64726
Raie:Väetus	0.0087	2	0.0879	0.91598
Jääk	3.2012	65		

**Tabel 29.** Kogu ala mullaproovide N sisaldust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Ksum	0.000234	1	0.1744	0.6776367
Raie	0.009451	2	3.5142	0.0355485 *
Väetus	0.000087	1	0.0647	0.7999437
Raie:Väetus	0.000390	2	0.1449	0.8654000
Jääk	0.087404	65		

**Tabel 20.** Kogu ala mullaproovide P sisaldust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Ksum	28.2	1	0.1508	0.6991
Raie	18.6	2	0.0499	0.9514
Väetus	992.3	1	0.0409	0.0244 *
Raie:Väetus	149.0	2	0.3988	0.6727
Jääk	12145.0	65		

**Tabel 21.** Kogu ala mullaproovide K sisaldust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Ksum	47.1	1	0.1088	0.7426277
Raie	910.0	2	1.0504	0.3556688
Väetus	6796.3	1	15.6892	0.0001879 ***
Raie:Väetus	1504.2	2	1.7362	0.1842505
Jääk	28156.9	65		

**Tabel 22.** Kõigi okkaproovide N sisaldust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Taim	0.1605	3	2.4417	0.07560 .
Raie	0.1819	2	4.1508	0.02174 *
Väetus	0.0163	1	0.7452	0.39230
Taim:Raie	0.2723	6	2.0710	0.07421 .
Taim:Väetus	0.0277	3	0.4212	0.73864
Raie:Väetus	0.0121	2	0.2758	0.76016
Taim:Raie:Väetus	0.1987	6	1.511	0.19476
Jääk	1.0518	48		

**Tabel 23.** Kõigi okkaproovide P sisaldust mõjutavate tegurite dispersioonanalüüs

Faktor	Sum Sq	Df	F-statistik	Pr(>F)
Taim	0.001993	3	2.9888	0.040126 *
Raie	0.001930	2	apr.07	0.018502 *
Väetus	0.000048	1	0.2167	0.643664
Taim:Raie	0.005322	6	3.9911	0.002553 **
Taim:Väetus	0.001544	3	2.3161	0.087504 .
Raie:Väetus	0.000150	2	0.3377	0.715100
Taim:Raie:Väetus	0.001208	6	0.9057	0.498828
Jääk	0.010669	48		

## LISA 3. Mullakaevad

Tabel 24. Mullainfo aias olevalt veerraielt

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O1	1						
O2	7				1,356	114,7	378,83
O3	3			0,252	1,21	77,66	206,42
E	15			1,122	0,037	0,36	4,59
Bh	7-9			0,896	0,077	41,28	13,11
Bg	26			1,294	0,014	20,34	1,16
Cg	Alates 60 cm-st		75 cm	1,304	0,008	65,2	5,74

Muld: **L<sub>1</sub>g**

Nimi: Gleistunud keskmiselt leetunud leedemuld



Joonis 20. Veerraiel aias olev mullakaev (foto: Reimo Lutter)

**Tabel 25.** Mullainfo aegjarkse raie neljandalt prooviruudult

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O1	7	Turbasammal			0,997	133,71	557,97
O2	2				1,487	106,56	397,13
O3	2				1,188	66,4	288,16
Eg	26-31 (15)			1,278	0,018	0,2	2,68
Bh	6-9			0,956	0,157	13,3	27,76
Bg	19-32			1,253	0,029	9,88	5,38
Cg			75 cm	1,200	0,008	41,65	0,37

Muld: LG1

Täpne nimi: Leede turvastunud muld



**Joonis 21.** Aegjarkse raie neljanda ruudu mullakaeve (foto: Reimo Lutter)

**Tabel 26.** Veerraie mullakaeve aiast väljas oleval alal

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O2	4-5				1,445	125,06	282,34
O3	2-3				1,469	70,03	291,21
E	4-5			1,009	0,035	0,86	6,5
Bh	2-3	Katkendlikult					
Bg	30-40			1,148	0,016	14,09	1,92
BCg			75 cm	1,351	0,008	18,4	0,01

Muld: **L<sub>g</sub>**

Täpne nimi: Gleistunud õhukeselt leetunud leedemuld



**Joonis 22.** Aiast väljas oleva veerraie mullakaeve (foto: Reimo Lutter)

**Tabel 27.** 35 meetrise häilu mullainfo aiast väljas

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O2	10-14				1,638	95,09	33,94
O3	1-2			0,101			
E	15			1,131	0,026	0,34	9,94
Bh		Katkendlikult			0,062	114,88	20,41
Bg	40-45			1,235	0,029	75,6	16,88
BCg			80 cm	1,281	0,007	33,41	5,35

Muld: **L<sub>1g</sub>**

Täpne nimi: Gleistunud keskmiselt leetunud leedemuld



**Joonis 23.** 35 meetrise häilu mullakaeve aiast väljas (foto: Reimo Lutter)

**Tabel 28.** Kontrollala mullakaeve

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O2	10-14			0,088	1,481	82,45	306,98
O3	1-2						
E	18-28			1,058	0,024	0,2	3,44
Bh		Katkendlikult					
Bg	40-45		75 cm	1,246	0,017	3,91	6,13
Cg			85 cm		0,011	9,31	8,03

Muld: **L<sub>III</sub>g**

Täpne nimi: Gleistunud tugevalt leetunud leedemuld



**Joonis 24.** Kontrollala mullakaeve (foto: Reimo Lutter)

**Tabel 29.** Aegjarkse raie esimese ruudu mullainfo

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O1	6	Turbasammal			1,041	109,87	424,91
O2	4-8			0,065	1,282	62,08	293,2
E	5-7			1,008	0,059	0,7	8,04
Bh	4-8	Katkendlikult			0,1	26,15	16,59
Bg	Kaeve lõpuni		75 cm		0,009	15,68	1,92

Muld: **LG**

Täpne nimi: Leede gleimuld



**Joonis 25.** Aegjarkse raie esimese ruudu mullakaeve (foto: Reimo Lutter)

**Tabel 30.** Aias oleva 35 meetrise häilu mullainfo

Horisont	Paksus (cm)	Märkused	Proovi sügavus	Lasuvus-tihedus (g/cm <sup>3</sup> )	N %	P mg/kg (AL)	K mg/kg (AL)
O1	2						
O2	5-6				1,484	94,39	263,01
O3	2-3						
E	5-7				0,034	0,28	6,12
Bg	30-35				0,03	27,44	3,07
Cg			75 cm		0,007	17,88	2,68

Muld: **L<sub>1</sub>g**

Täpne nimi: Gleistunud keskmiselt leetunud leedemuld



**Joonis 26.** Aias oleva 35 meetrise häilu mullakaev (foto: Reimo Lutter)