



EESTI MAAÜLIKOOL

Metsandus- ja maaehitusinstituut

Metsakasvatuse osakond

Sandra Sarapuu

**PEENJUURTE BIOMASS ERINEVA VANUSEGA KASE(*Betula pendula*)- KUUSE
(*Picea abies*) SEGAMETSADES**

**FINE ROOT BIOMASS IN A CHRONOSEQUENCE SILVER BIRCH
(*Betula Pendula*)– NORWAY SPRUCE (*Picea abies*) MIXED FORESTS**

Bakalaureusetöö

Loodusvarade kasutamise ja kaitse õppekava

Juhendaja: Teadur Mats Varik, *PhD*

Tartu 2016

Eesti Maaülikool Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Bakalaureuse lühikokkuvõte	
Autor: Sandra Sarapuu		Õppekava: Loodusvarade kasutamine ja kaitse	
Pealkiri: Peenjuurte biomass kase (<i>Betula pendula</i>)- kuuse (<i>Picea abies</i>) segametsade aegreas			
Lehekülgi: 25	Jooniseid: 11	Tabeleid: 5	Lisasid: 1
Osakond:	Metsakasvatus		
Uurimisvaldkond:	Metsakasvatus		
Juhendaja(d):	Mats Varik		
Kaitsmiskoht ja aasta:	Tartu, 2016		
<p>Metsad sisaldavad märkimisväärset osa maailma süsinikuvarudest- ning oluline osa metsade süsinikust on talletatud maa-alustesse varudesse. Et mõista paremini kasvavat kliimamuutuste probleemi, on oluline uurida metsade süsinikuvarusid.</p> <p>Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on hinnata peenjuurte ($d < 2$ mm) biomassi erineva vanusega kase-kuuse segapuistutes. Mõõtmised viidi läbi seitsmel proovitükil: 18-, 25-, 40-, 50-, 60-aastases ning 30- aastases kase enamusega ning 30-aastases kuuse enamusega puistus.</p> <p>Katsealade biomassi määramiseks kasutati mullamonoliitide meetodit; mullamonoliidid võeti spetsiaalse mullapuuriga ($\varnothing 38$ mm) 40 cm sügavuseni. Igalt proovialalt võeti 11-13 mullamonoliiti, mis jaotati neljaks sügavuskihiks (0-10; 10-20; 20-30; 30-40 cm). Mullamonoliitide võtmine toimus 2015. aasta kevadel.</p> <p>Peenjuurte biomass oli 18- aastases puistus 4,33 t/ha (sellest kaskede peenjuurte biomass 1,51 t/ha, kuuskede 2,38 t/ha, rohhtaime 0,43 t/ha), 25- aastases puistus 5,54 t/ha (KS 2,20 t/ha, KU 3,08 t/ha, ROHT 0,27 t/ha), 30-aastases kase-enamusega puistus 4,80 t/ha (KS 2,67 t/ha, KU 1,83 t/ha, ROHT 0,30 t/ha), 30-aastases kuuse-enamusega puistus 3,91 t/ha (KS 1,06 t/ha, KU 2,71 t/ha, ROHT 0,15 t/ha), 40- aastases puistus 3,57 t/ha (KS 0,92 t/ha, KU 2,54 t/ha, ROHT 0,11 t/ha), 50- aastases puistus 4,20 t/ha (KS 0,83 t/ha, KU 3,05 t/ha, ROHT 0,32 t/ha), 60-aastases puistus 6,08 t/ha (KS 2,28 t/ha, KU 3,21 t/ha, ROHT 0,59 t/ha).</p>			
Märksõnad: <i>Betula pendula</i> , <i>Picea abies</i> , peenjuured, biomass			

Estonian University of Life Sciences Kreutzwaldi 1, Tartu 51014		Abstract of Bachelor`s Thesis	
Author: Sandra Sarapuu		Speciality: Forest management	
Title: Fine root biomass in a chronosequence of Silver birch (<i>Betula pendula</i>)– Norway spruce (<i>Picea abies</i>) mixed forests			
Pages: 25	Figures: 11	Tables: 5	Appendixes: 1
Department:		Silviculture	
Field of research:		Silviculture	
Instructor(s):		Mats Varik	
Place and year of defence:		Tartu, 2016	
<p>Forests contain a significant part of Earth's carbon stocks and a big part of forest carbon is stored in the below-ground carbon pool. In order to understand better the increasing problem of climate change, it is important to estimate the forests carbon pools.</p> <p>The aim of the present thesis is to assess the fine root ($d < 2$ mm) biomass in birch (<i>Betula pendula</i>)- spruce (<i>Picea abies</i>) mixed forests. The data was collected from seven stands: 18-, 25-, 40-, 50-, 60 year olds and from a 30- year old birch majority and 30- year old spruce majority plots.</p> <p>The soil core method was used to determine the stands biomass; the samples were taken with a special soil auger (\varnothing 38 mm) from 40 cm soil depth. 11-13 samples were taken from each plot, which were divided into four depth layers (0-10; 10-20; 20-30; 30-40 cm). Samples were taken in spring 2015.</p> <p>The fine root biomass in the 18- year old stand was 4,33 t/ha (of that the Silver birch fine root biomass was 1,51 t/ha, Norway spruce 2,38 t/ha, grasses 0,43 t/ha), 25- year old stand 5,54 t/ha (respectively 2,20 t/ha; 3,08 t/ha; 0,27 t/ha), 30- year old birch majority stand 4,80 t/ha (respectively 2,67 t/ha; 1,83 t/ha; 0,30 t/ha), 30- year old spruce majority stand 3,91 t/ha (respectively 1,06 t/ha; 2,71 t/ha; 0,15 t/ha), 40- year old stand 3,57 t/ha (respectively 0,92 t/ha; 2,54 t/ha; 0,11 t/ha), 50- year old stand 4,20 t/ha (respectively 0,83 t/ha; 3,05 t/ha; 0,32 t/ha), 60- year old stand 6,08 t/ha (respectively 2,28 t/ha; 3,21 t/ha; 0,59 t/ha).</p>			
Keywords: <i>Betula pendula</i> , <i>Picea abies</i> , fine roots, biomass			

SISUKORD

SISSEJUHATUS	5
1. METOODIKA	7
1.1 Proovialade kirjeldus	7
1.2 Peenjuurte biomassi hindamine	8
1.2.1 Välitööd	8
1.2.2 Labortööd	8
2. TULEMUSED JA ARUTELU	9
2.1 Peenjuurte jaotus sügavuskihiti	9
2.2 Peenjuurte biomassi seosed puistu takseertunnustega.....	12
2.2.1 Puistu vanus.....	12
2.2.2 Puistu rinnaspindala.....	14
2.2.3 Puistu tihedus.....	17
KOKKUVÕTE	19
VIIDATUD ALLIKAD	20
Fine root biomass in Silver birch (<i>Betula pendula</i>)– Norway spruce (<i>Picea abies</i>) mixed forests chronosequence.....	23
Summary.....	23
LISAD	24
Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendajate kinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta	25

SISSEJUHATUS

Arusaam globaalsete maismaaökosüsteemide reageerimisest kliimamuutustele on globaalse soojenemise ja suureneva CO₂ hulgaga atmosfääris muutunud üha prioriteetsemaks (Kalyn 2005). Kyoto protokoll ja Euroopa Liidu kasvuhoonegaaside heitkoguste jälgimise süsteemid nõuavad liikmesriikidelt iga-aastaseid raporteid kasvuhoonegaaside emissioonist ning olemasolevatest süsinikuvarudest (Lehtonen 2015).

Maailma metsad sisaldavad umbes 80% kogu maapealsest ökosüsteemidesse talletunud süsinikust ning 40% maa-alusest taimedesse seotud süsinikust (Finer 2010). Metsade süsinikusidumise võime ning selle suure osakaalu tõttu maailma ökosüsteemides on globaalsete muutuste arusaamiseks vaja uurida nii metsade maapealset kui maa-alust süsinikuvaru.

Tihti ületab maa-alune süsinikuvaru metsa ökosüsteemis maapealset ning peenjuurtel on maa-alustes süsinikuvoogudes olulisim roll, moodustades isegi kuni 75% aastasest netoproduktioonist (Finer 2010). Juuresüsteemides sisaldub 10-45% puu süsinikuvarudest, millest enamus on talletunud kannusüdamikku ning jämedatesse juurtesse, peenjuurte biomassi osa on võrdlemisi väike, kuid nende dünaamilisuse tõttu mängivad nad suurt rolli toitainete omastamises ning globaalses süsinikuringluses (Finer 2007).

Peenjuured mõjutavad mullasüsiniku vooge ja varusid läbi pideva orgaanilise aine produktsiooni ning aeglase või mittetäieliku lagunemisega (Prescott 2016). Sama autori väitel, on mainitud peenjuurte rollid ebaproportsionaalselt olulised globaalses süsinikuringes, jäädes tänaseni paraku väheuurituks. Peenjuurte maa-aluse paiknemise ning kalli- ja töömahuka uurimisprotsessi tõttu on nende biomassi hindamiseks tehtud uurimistöid märkimisväärselt vähem kui puistute maapealse osa kohta (Finer 2007).

Peenjuurteks loetakse juuri, mille diameeter on alla 2 millimeetri (Claus & George, 2005; *Finer et al.* 2011) ning mis tavaliselt moodustavad kogu puu biomassist alla 5% (Sun 2015). Füsioloogiliselt on peenjuured kõige aktiivsem osa juuresüsteemis ning erinevate funktsioonide järgi jagunevad peenjuured omakorda kolmeks: kasvu-, juhte- ja imijuured. Kasvujuurete peamiseks ülesandeks on uute maa-alade hõivamine (Ostonen 2004). Imi- ja juhtejuured on vastutavad vee ja toitainete omastamine eest, olles tavaliselt sümbioosis mükoriisaseentega ning puitumata. Neil on ka lühem eluiga, mistõttu toimub süsinikuringlus neis kiiremini kui jämedates juurtes (Borja 2008). Peente juurte eluiga võib ulatuda paarist nädalast mitme aastani, parasvöötme boreaalsetes metsades on see keskmiselt 0.5-1.5 aastat (Ostonen 2004).

Katsealad paiknevad jänesekapsa kasvukohatüübi metsades, mis moodustavad Eesti metsade kogupindalast ligikaudu 16% (Keskkonnaagentuur 2014). Jänesekapsa kasvukohatüübi metsad on enamasti primaarse tekkega, kuid sageli rajatud ka endistele põllumaadele. Muldade lähtekivimiks on valdavalt karbonaadiivane punakaspruun saviliiv- või liivsavimoreen, mullad on enamasti näivleetunud, harvem leetunud. Puistutest domineerivad kuuse- enamusega puistud, samuti kaasikud. Jänesekapsa kasvukohatüüp on levinud valdavalt Kagu- ja Lõuna-Eestis, vähesel määral ka Kesk- ja Põhja-Eestis (Paal 1997).

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks on hinnata peenjuurte biomassi kase-kuuse segapuistute vanuseraas.

1. METOODIKA

1.1 Proovialade kirjeldus

Peenjuurte biomassi hindamiseks kase-kuuse segametsade vanusereas kasutati aegrea meetodit. 2015. a. kevadel valiti välja kuus erineva vanusega (20-60 aastat) jänesekapsa kasvukohatüübi puistut, millest üks jagati kaheks kase- ja kuuseenamusega osa järgi puistus. Valitud puistutesse rajati proovialad. Tabelis 1 on toodud proovialade takseerandmed.

Tabel 1. Katsealade takseerandmed

Kvartal/eraldis	Vanus (a)	Diameeter (cm)	Kõrgus (m)	Rinnaspindala (m ² /ha)	Puid hektaril
Kask					
KM051-12	20	11,6	15,5	14,2	1340
KM024-4	23	17	18,2	9,6	423
EV195-2(KS)	30	15,3	19,4	15,6	850
EV195-2(KU)	30	14,3	19,4	14,9	925
KJ099-19	40	14,2	23	10,5	667
PE040-2	53	20,4	25,3	19,5	595
KJ069-4	60	29	30,9	17,6	267
Kuusk					
KM051-12	20	8,8	10,4	8,5	1400
KM024-4	23	12,6	12,8	8,6	692
EV195-2(KS)	30	14,8	13,9	6,9	400
EV195-2(KU)	30	15	13,9	14,5	825
KJ099-19	40	22,5	23,5	19,9	500
PE040-2	53	14,8	20,7	18	1048
KJ069-4	60	19	22,7	17,2	611

1.2 Peenjuurte biomassi hindamine

1.2.1 Välitööd

Peenjuurte biomassi hindamiseks kasutati mullamonoliitide meetodit (*soil coring*) (Vogt 1997; Helmisaari & Hallbäcken 1999; Ostonen *et al.* 2005). Igalt proovialalt võeti silindrilise mullapuuriga (Ø 38 mm) 11-13 mullamonoliiti. Monoliidid võeti kuni 40 cm sügavuseni ning jaotati sügavuskihtide järgi 10-cm osadeks (0-10; 10-20; 20-30; 30-40 cm), mis pakendati ning markeeriti ja toimetati edasiseks menetluseks laboratooriumi.

1.2.2 Labortööd

Kuni labortööde alguseni hoiti proove sügavkülmas. Sulanud mullamonoliidid pesti tihedal sõelal surveveega, et eemaldada muld juurtest. Sõelale jäänud peenjuured koguti Petri tassidesse edasiseks sorteerimiseks, kuhu lisati ka vett, et vältida juurte kuivamist. Proovidest sorteeriti kase ja kuuse ning rohttaimede peenjuured, eemaldati surnud ning üle 2 mm diameetriga juured (Joonis 1). Peale sorteerimist asetati peenjuured paberümbrikutesse ning kuivatati kuivatuskapis 65 °C juures püsiva massi saabumiseni. Seejärel proovid kaaluti 0,0001 g täpsusega ning saadud tulemustest arvutati peenjuurte mass tonnides hektari kohta mulla sügavuskihtide kaupa.



Joonis 1. Kase, kuuse ja rohttaimede peenjuurte sorteerimine proovidest

2. TULEMUSED JA ARUTELU

2.1 Peenjuurte jaotus sügavuskihti

Esimeses sügavuskihis (0-10 cm) on peenjuurte biomass suurim 60-aastases puistus, millest suurima osa moodustab kuuskede peenjuurte biomass. Vaid 0,022 t/ha on peenjuurte biomass väiksem 30-aastases kase-enamusega proovialal, kus ka peenjuurtest enamuse moodustavad kase peenjuured (Tabel 2).

Tabel 2. Peenjuurte biomass ja standardviga (BM) (t/ha) esimeses sügavuskihis (0-10 cm)

Prooviala	Kase BM	Kuuse BM	Rohttaimede BM	Kokku
KIK 18	0,44±0,07	0,94±0,12	0,24±0,06	1,61
KIK 25	0,82±0,14	1,50±0,23	0,16±0,04	2,48
KIK 30 KS	1,69±0,28	1,04±0,15	0,21±0,05	2,94
KIK 30 KU	0,65±0,15	1,64±0,17	0,08±0,02	2,37
KIK 40	0,57±0,12	1,84±0,30	0,07±0,01	2,47
KIK 50	0,30±0,09	1,43±0,16	0,21±0,06	1,93
KIK 60	0,70±0,16	1,75±0,23	0,50±0,09	2,96

Teises sügavuskihis (10-20 cm) on kase peenjuurte biomass suurenenud 18-aastases puistus 16% ning 60-aastases puistus 15 %, kõigis teistes puistutes on kase peenjuurte biomass oluliselt vähenenud võrreldes esimese sügavuskihiga (Tabel 3). Samuti on vähenenud ka kuuse ja rohttaimede peenjuurte biomass sügavuses 10-20 cm. Kõige enam oli peenjuuri teises sügavuskihis, 1,98 t/ha, jällegi 60-aastases puistus, millest suurima osa moodustasid kuuse peenjuured. 60-aastases puhtkaasikus läbi viidud uuringus oli peenjuurte biomass 1 t/ha, mis on umbes tonni hektari kohta vähem kui segapuistus (Varik *et al.*, 2013). Võrreldes Lõuna-Soomes läbi viidud sama meetodit kasutatud uuringus hariliku männi 23-aastases puistus oli peenjuurte biomass 15 cm sügavusel 1,5 t/ha (Vanninen, Mäkela 1998), mis on samas suurusjärgus uuritud 25 aastase puistuga. Domisch (2014) väidab, et liigirikkusel puistus ning peenjuurte biomassil ei ole seost, mistõttu on puhtpuistute ja segapuistute tulemused võrreldavad.

Tabel 3. Peenjuurte biomass ja standardviga (BM) (t/ha) teises sügavuskihis (10-20 cm)

Prooviala	Kase BM	Kuuse BM	Rohttaimede BM	Kokku
KIK 18	0,51±0,13	0,76±0,15	0,09±0,02	1,36
KIK 25	0,75±0,18	0,88±0,12	0,08±0,02	1,71
KIK 30 KS	0,50±0,12	0,51±0,18	0,06±0,01	1,07
KIK 30 KU	0,18±0,06	0,72±0,11	0,04±0,01	0,93
KIK 40	0,16±0,05	0,38±0,13	0,02±0,01	0,57
KIK 50	0,24±0,10	0,66±0,09	0,08±0,03	0,98
KIK 60	0,81±0,16	1,11±0,26	0,06±0,02	1,98

Kolmandas sügavuskihis (20-30 cm) on suurenenud kaskede peenjuurte biomassi osakaal ning 18-, 25-, 60-, ning 30- aastases kase enamusega puistus on kase peenjuuri rohkem kui kuuse, võrreldes esimeste sügavuskihtidega (0-20 cm), kus kuuse peenjuurte osakaal oli suurem. Põhjuseks kuuse peenjuurte paiknemine, mis asetsevad maapinnale lähemates sügavuskihtides kui kase peenjuured. (Laas 2004). Kõige suurem peenjuurte biomass on jätkuvalt 60-aastases puistus, 1,98 t/ha.

Tabel 4. Peenjuurte biomass (t/ha) kolmandas sügavuskihis (20-30 cm)

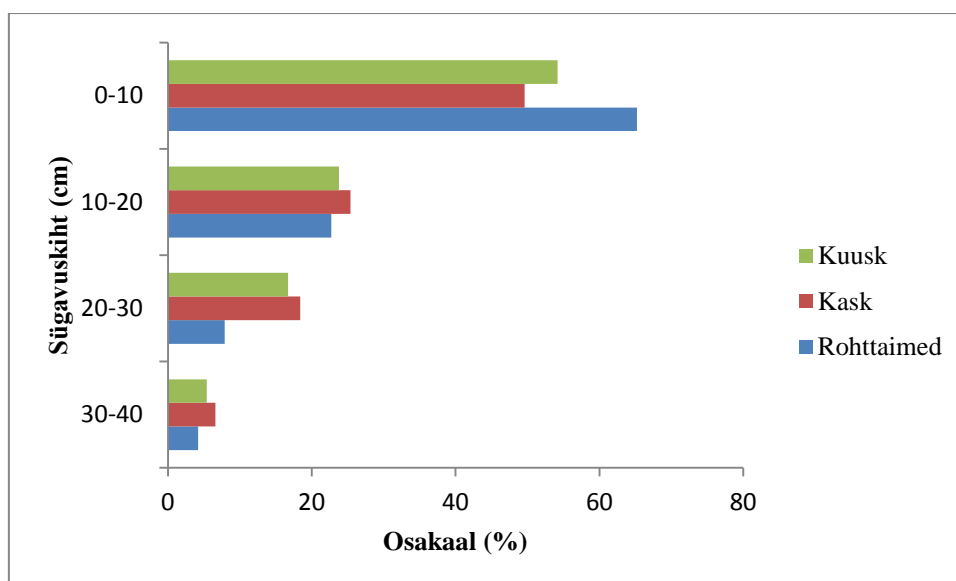
Prooviala	Kase BM	Kuuse BM	Rohttaimede BM	Kokku
KIK 18	0,45±0,11	0,42±0,08	0,09±0,02	0,96
KIK 25	0,52±0,14	0,44±0,12	0,03±0,01	0,99
KIK 30 KS	0,36±0,11	0,20±0,08	0,01±0,01	0,57
KIK 30 KU	0,16±0,07	0,28±0,07	0,02±0,00	0,47
KIK 40	0,08±0,02	0,29±0,07	0,01±0,00	0,37
KIK 50	0,21±0,08	0,74±0,17	0,03±0,01	0,98
KIK 60	0,70±0,16	0,28±0,08	0,02±0,01	0,99

Neljandas sügavuskihis (30-40 cm) on rohttaimede peenjuurte biomassi osakaal kogu peenjuurte biomassist umbes 5% (Tabel 5). Kõige suurem on peenjuurte osakaal noorimas, 18- aastases puistus, millest enamuse moodustavad kuuse peenjuured.

Tabel 5. Peenjuurte biomass (t/ha) neljandas sügavuskihis (30-40 cm)

Prooviala	Kase BM	Kuuse BM	Rohttaimede BM	Kokku
KIK 18	0,13±0,05	0,26±0,09	0,02±0,01	0,40
KIK 25	0,10±0,05	0,26±0,10	0,01±0,00	0,37
KIK 30 KS	0,13±0,07	0,09±0,05	0,01±0,00	0,23
KIK 30 KU	0,07±0,04	0,07±0,03	0,01±0,01	0,15
KIK 40	0,12±0,06	0,03±0,02	0,01±0,01	0,16
KIK 50	0,09±0,04	0,23±0,09	0,01±0,00	0,32
KIK 60	0,08±0,04	0,07±0,03	0,01±0,00	0,15

Peenjuurte biomassi osakaal sügavuskihti väheneb ning enamuse (umbes 90%) peenjuurte biomassist asetseb maapinnast 20 cm sügavusel. (Ostonen *et al.* 2005). Käesolevas töös asub 88 % kuuskede peenjuurte biomassist kõigi puistute arvestuses kokku esimeses kahes sügavuskihis (Joonis 1). Kaskede peenjuurte biomassist asus sügavusel 0-20 cm 75 % ning rohttaimedest samuti 88 %. Neljandasse sügavuskihti jääb alla 7% peenjuurte biomassist.

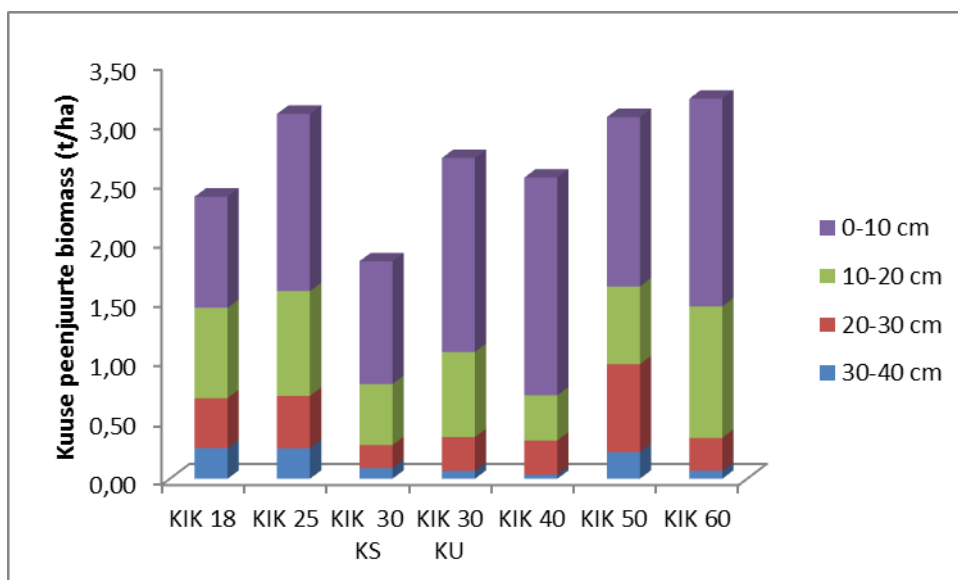


Joonis 2. Peenjuurte biomassi osakaal (%) sügavuskihti

2.2 Peenjuurte biomassi seosed puistu takseertunnustega

2.2.1 Puistu vanus

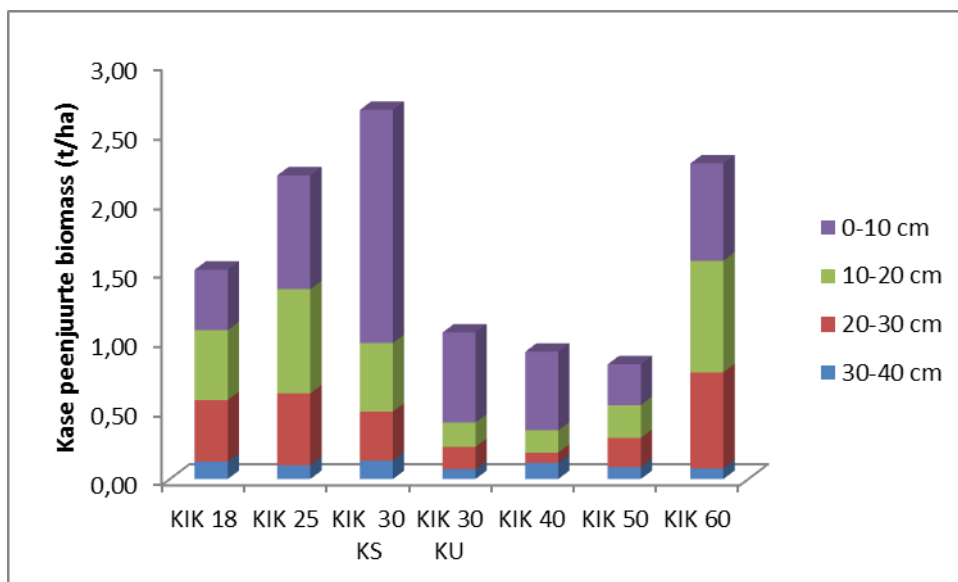
Puistu peenjuurte biomassi muutumise kohta puistu vanuse suurenedes on tehtud mitmeid uuringuid, kuid tulemused on olnud erinevad, põhjuseks erinevused kasvukohatüübis, mulla viljakuses, puuliigis ning mitmetes teistes tingimustes, mis võivad varieeruda (Borja *et al.* 2008). Claudi ja Georgi (2005) järgi on peenjuurte biomass suurim valmivas puistus, küpsusvanuse saavutamisel toimub peenjuurte biomassis langus ning seejärel biomass stabiliseerub. Helmisaari *et al.* (2002) uuritud hariliku männi puistutes oli peenjuurte biomass suurim noortes latimetsades ning puistute vanuse kasvades hakkas biomass vähenema. Vanuse kasvu ja peenjuurte biomassi vahel ei leitud seost toitainetevaeses *Calluna* kasvukohatüübis, samas kui viljakamas *Myrtillus* kasvukohatüübis oli näha, et puistu vanuse kasvades peenjuurte biomass väheneb. (Helmisaari *et al.* 2002). Borja (2008) uuritud hariliku kuuse suurim biomass oli 30-aastases puistus. Kase-kuuse segametsades *Oxalis* kasvukohatüübis ei ole näha kuuse peenjuurte biomassi stabiilset kasvavat või kahanevat trendi, 25- ning 60-aastases puistus on peenjuurte biomass ligikaudu samas suurusjärgus.



Joonis 3. Kuuse peenjuurte biomassi muutus puistu vanuse suurenedes

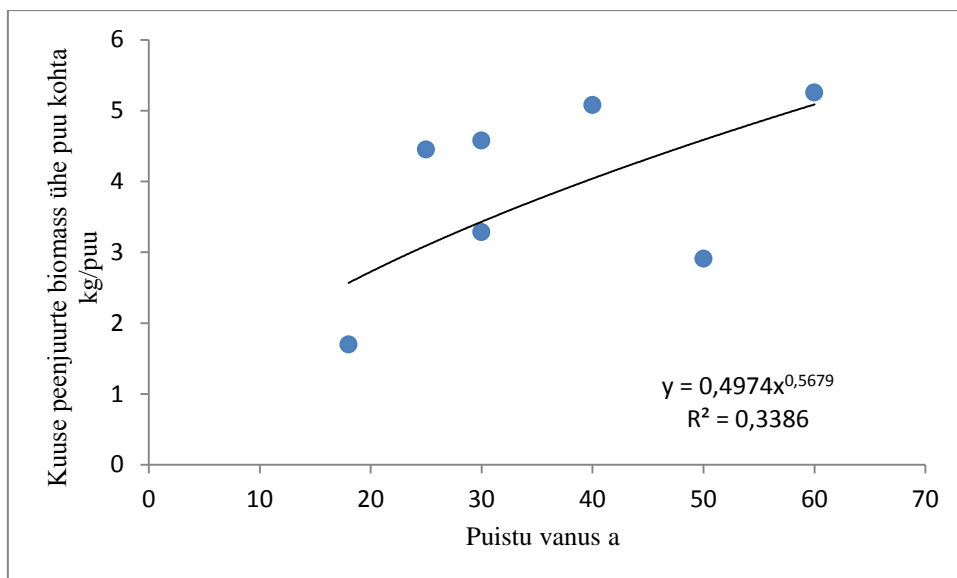
Kase peenjuurte biomass tõusis kuni jõudis suurimale massile 30-aastase kase- enamusega puistus, mis sobiks Borja (2008) esitatud väitega, kuid võrreldes 30-aastase kuuse-

enamusega puistuga langeb kase peenjuurte biomass 51% võrra (Joonis 4), ning jääb sellele tasemele. Seega ei saa välja tuua tugevat seost puistu vanuse kasvamise ning peenjuurte biomassi vahel.

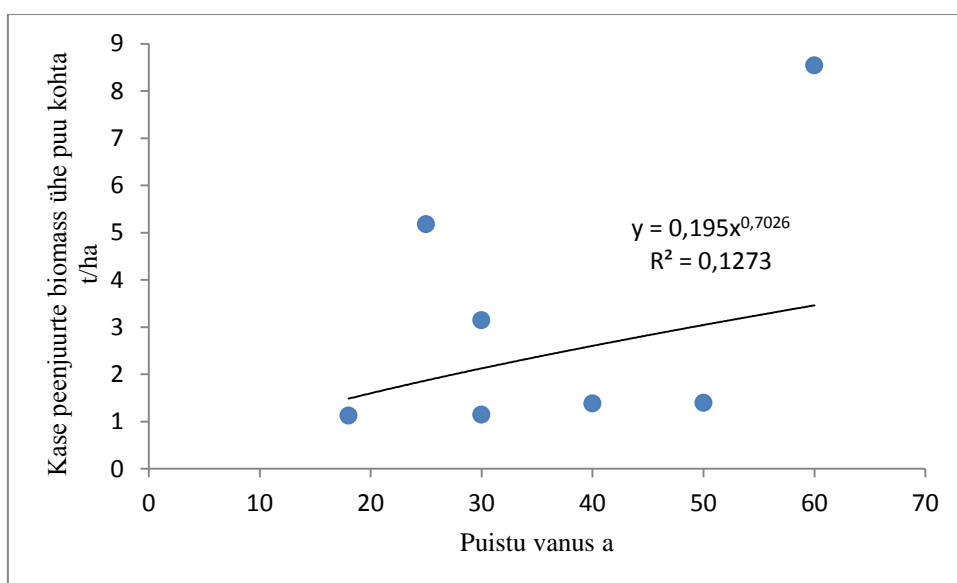


Joonis 4. Kase peenjuurte biomassi muutus puistu vanuse suurenedes

Arvutades välja kuuse peenjuurte biomassi ühe puu kohta, on näha nõrka seost, kus puistu vanuse kasvades suureneb biomass ühe puu kohta ning tipneb 60-aastases puistus (Joonis 5). Sama tendentsi on näha ka kase peenjuurte biomassis ühe puu kohta (Joonis 6). Mõlemal juhul on see kontrastis varem esitatud hüpoteesiga, kus peenjuurte biomass on suurim keskealises metsas ning tipneb kuuse puhul 30-aastases puistus. Põhjuseks võib olla tõsiasi, et individuaalsetel vanematel puudel on rohkem peenjuurte biomassi kui noortel, kuid kuna puude tihedus langeb puistu vanuse kasvades, langeb ka peenjuurte biomass kogu puistus. (Borja 2008)



Joonis 5. Kuuse peenjuurte biomassi muutus ühe puu kohta puistu vanuse muutudes

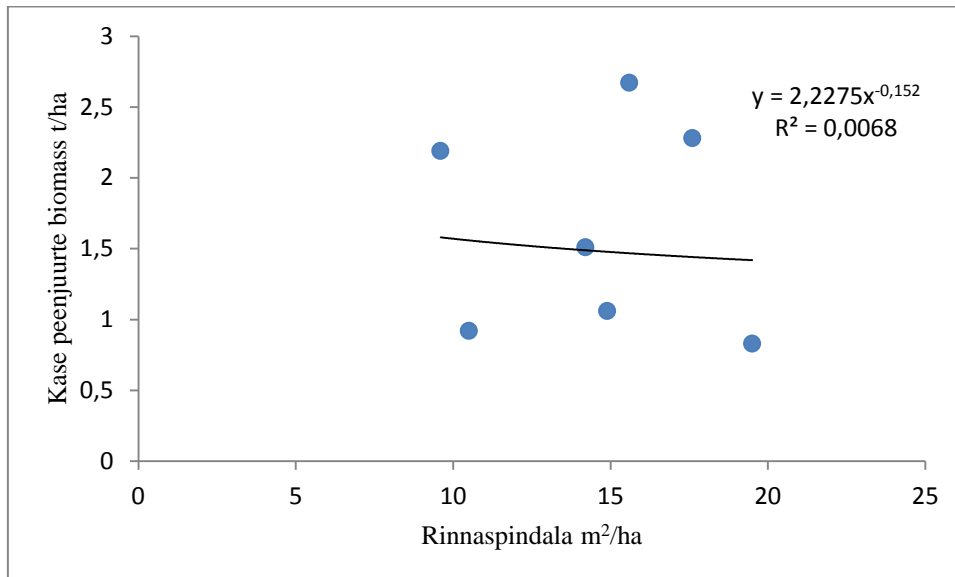


Joonis 6. Kase peenjuurte biomassi muutus ühe puu kohta puistu vanuse muutudes

2.2.2 Puistu rinnaspindala

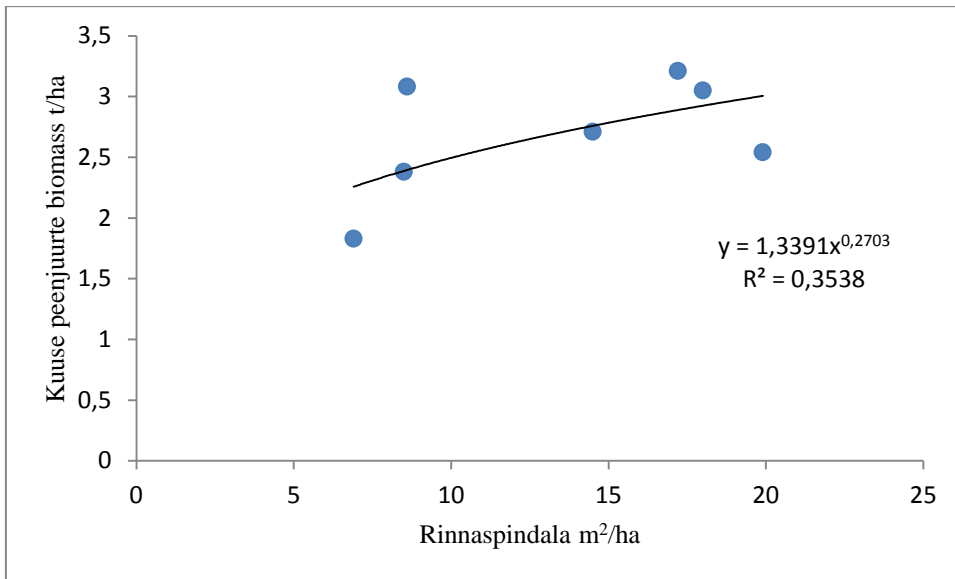
Kaskede rinnaspindala muutumine ei avalda märgatavat mõju kaskede peenjuurte biomassile (Joonis 7). Peenjuurte biomass on umbes 1 tonn hektari kohta 30-aastases kuuseenamusega ning 40- ja 50-aastases puistus, kuid kase rinnaspindala suureneb igal

proovitükil 5m²/ha võrreldes eelneva proovialaga. Samuti on ligikaudu sarnaste rinnaspindaladega 30 aastases puistus kase- ja kuuse enamusega puistutes kaskede peenjuurte biomasside vahe ligikaudu 1,5 tonni.



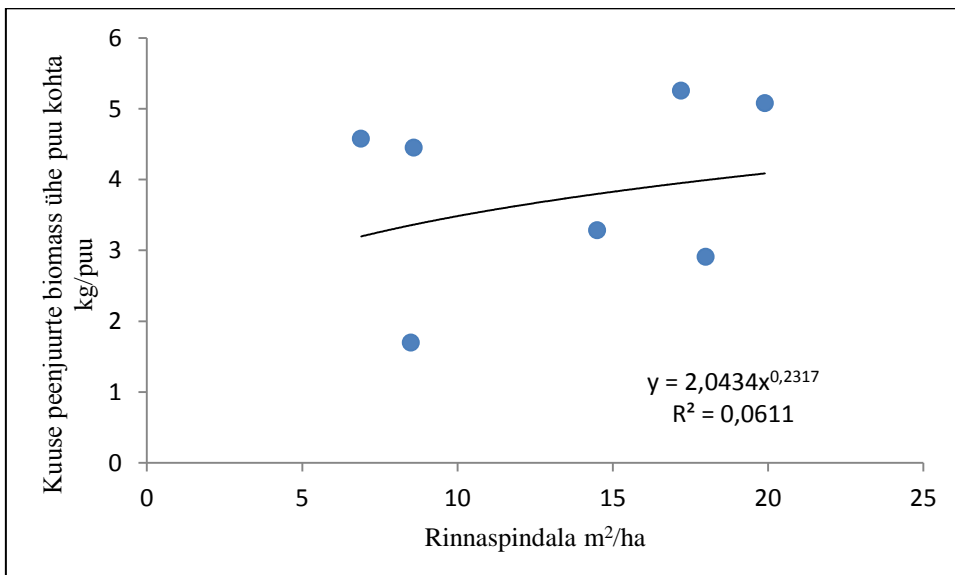
Joonis 7. Kase peenjuurte biomassi muutumine kaskede rinnaspindala suurenedes

Ka kuuskede rinnaspindala suurenemine ei avalda olulist mõju kuuskede peenjuurte biomassile (Joonis 8). Seos on tugevam kui sama näitaja kaskede rinnaspindala ja kaskede peenjuurte biomasside vahel. Ligikaudu sarnase rinnaspindalaga 18- ja 25-aastastes puistutes erineb kuuskede peenjuurte biomass 0,7 tonni võrra.



Joonis 8. Kuuse peenjuurte biomassi muutumine kuuskede rinnaspindala suurenedes

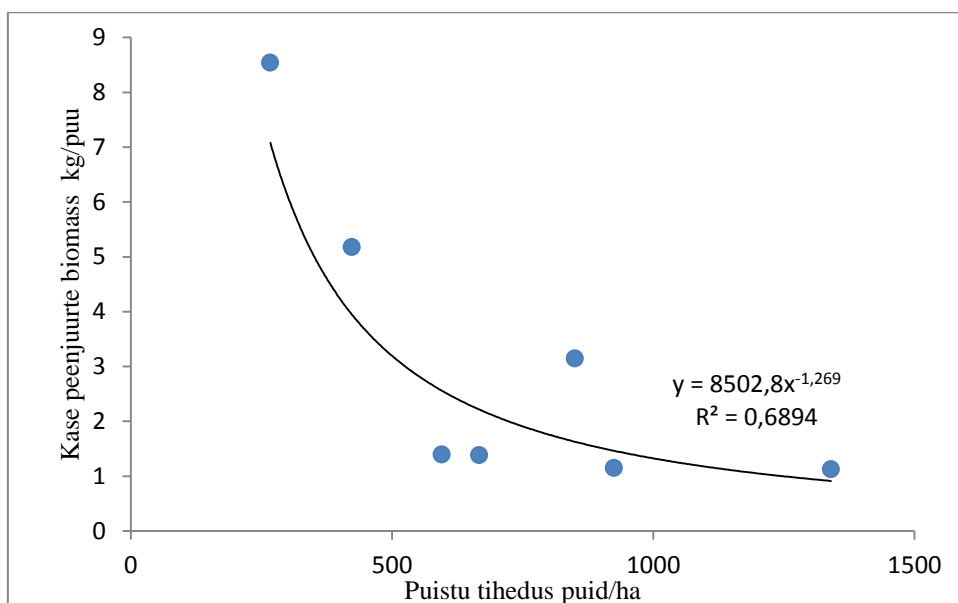
Finer (2007) andmetel on enamasti suurem seos peenjuurte biomassil üksiku puu ja rinnaspindala vahel, kui seosed terve puistu biomassil rinnaspindalaga. Vaid parasvöötme kuusikutel on puistute peenjuurte biomassi ja rinnaspindala seos suurem kui üksiku puu peenjuurte biomassiga võrrelda. Sama kehtib ka käesolevas töös, kus rinnaspindala ja puistu peenjuurte biomassi vaheline seos (Joonis 8) on suurem kui rinnaspindala seos ühe puu peenjuurte biomassiga (Joonis 9).



Joonis 9. Kuuse peenjuurte biomassi muutumine ühe puu kohta kuuskede rinnaspindala suurenedes

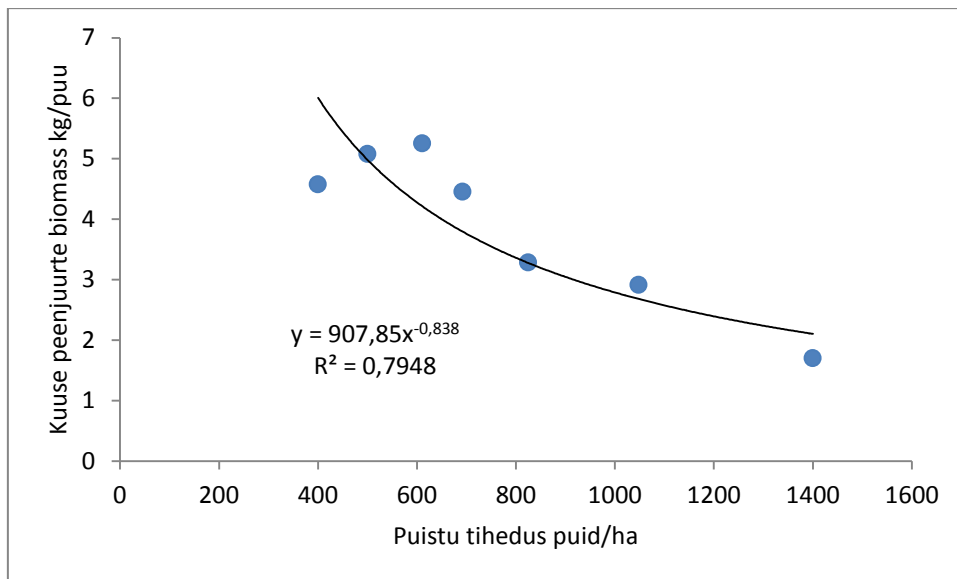
2.2.3 Puistu tihedus

Kase peenjuurte biomass ühe puu kohta näitab, et puistu tiheduse suurenedes kase peenjuurte biomass ühe puu kohta väheneb (Joonis 10). Hõredas 60-aastases puistus (tihedusega 267 puud/ ha) on kaskede peenjuurte biomass suurim (8,5 kg/puu kohta) ning tihedaimas (1340 puud/ha) 20-aastases kase-kuuse segametsas väikseim (1,1 kg/puu kohta).



Joonis 10. Kase peenjuurte biomassi võrdlus puistu tihedusega

Kuuskede peenjuurte biomassi ühe puu kohta ning puistu tiheduse vahel on võrreldes kaskedega seos tugevam (Joonis 11). Hõredamates puistutes on kuuskede biomass ühe puu kohta selgelt suurem (näiteks 5,3 kg/ puu kohta 60-aastases puistus) kui tihedaimas puistus (1,7 kg/ puu kohta 18-aastases puistus).



Joonis 11. Kuuse peenjuurte biomassi võrdlus puistu tihedusega

KOKKUVÕTE

Käesoleva bakalaureusetöö eesmärgiks oli uurida kase-kuuse segametsade peenjuurte biomassi puistute aegreas. Mõõtmised teostati seitsmel proovialal: 18-, 25-, 40-, 50-, 60-, aastases ning 30- aastases kase enamusega puistus ning 30-aastases kuuse enamusega puistus. Proovide võtmiseks kasutati mullamonoliitide meetodit ning saadud proovid jagati nelja sügavuskihti (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm ning 30-40 cm).

Mõõtmiste tulemusena leiti proovitükkide kase, kuuse ning rohttaimede peenjuurte biomassid. Peenjuurte biomass 18-aastases puistus oli 4,33 t/ha, 25-aastases puistus 5,54 t/ha, 30-aastases kase-enamusega puistus 4,80 t/ha, 30-aastases kuuse-enamusega puistus 3,91 t/ha, 40-aastases puistus 3,57 t/ha, 50-aastases puistus 4,20 t/ha ja 60- aastases puistus 6,08 t/ha. Selgus, et kõrgeim oli kõigi peenjuurte biomass esimeses sügavuskihis (0-10 cm) samuti 60-aastases puistus, kus peenjuurte biomass oli 2,96 t/ha. Kase peenjuurte biomass oli suurim 30-aastases kase enamusega puistus, 2,67 t/ha ning väikseim 40-aastases puistus, 0,92 t/ha. Kuuse peenjuurte biomass oli suurim 60-aastases puistus, 3,21 t/ha ning väikseim 30-aastases kase-enamusega puistus, 1,83 t/ha.

Esimeses kahes sügavuskihis (0-20 cm) paiknes 88% kogu peenjuurte biomassist. Neljandas sügavuskihis (30-40 cm) aetses vaid 7% peenjuurte biomassist.

Puistu peenjuurte biomassi ning puistu vanuse vahelised seosed ei kattu varem tehtud uuringutega, kus on leitud, et peenjuurte biomass on suurim ligikaudu 30-aastases puistus ning hakkab vananedes vähenema kuni stabiliseerub. Puistu rinnaspindala ning peenjuurte biomassi vahel ei ole tugevat seost, kuna ligikaudu sarnaste rinnaspindalaga erivanuselistes puistutes on biomassi erinevus kuni 0,7- 1,5 tonni. Puistu tiheduse ja peenjuurte biomassi vahel on märkimisväärne seos- mida tihedam puistu, seda väiksem on peenjuurte biomass ühe puu kohta.

VIIDATUD ALLIKAD

Aastaraamat Mets 2014. (2016).

[http://www.keskkonnaagentuur.ee/sites/default/files/aastaraamat_mets_2014_loplik.pdf]
(15.05.2015)

Borja, I., De Wit, H. A., Steffenrem, A., Majdi, H. (2008). Stand age and fine root biomass, distribution and morphology in a Norway spruce chronosequence in southeast Norway.- *Tree Physiology*. 28, 773-784.

Claus, A., George, E. (2005). Effect of stand age on fine-root biomass and biomass distribution in three European forest chronosequences.- *Canadian journal of forest research*. 35, 1617-1625.

Domisch, T., Finer, L., Dawud, S. M., Vesterdal, L., Raulund Rasmussen, K. (2014). Does species richness affect fine root biomass and production in young forest plantations?. *Oecologia*. 177, 581-594.

Finér, L., Helmisaari, H.-S., Lõhmus, K., Majdi, H., Brunner, I., Børja, I., Eldhuset, T., Godbold, T., Grebenc, T., Konôpka, B., Kraigher, H., Möttönen, M.-R., Ohashi, M., Oleksyn, J., Ostonen, I., Uri V., Vanguelova, E. (2007) Variation in fine root biomass of three European tree species: Beech (*Fagus sylvatica* L.), Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.), and Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Biology*. 141, 394-405.

Finer, L., Ohashi, M., Noguchi, K., Hirano, Y. (2010). Factors causing variation in fine root biomass in forest ecosystems. *Forest ecology and management*. 261, 265-277.

Finer, L., Ohashi, M., Noguchi, K., Hirano, Y. (2011). Fine root production and turnover in forest ecosystems in relation to stand and environmental characteristics. *Forest Ecology and Management*. 262, 2008-2023

- Helmisaari, H.-S., Hallbäcken, L.** (1999). Fine-root biomass and necromass in limed and fertilized Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) stands. *Forest Ecology and Management*. 119, 99-110.
- Helmisaari, H.-S., Makkonen, K., Kellomäki, S., Valtonen, E., Mälkonen, E.** (2002). Below- and above-ground biomass, production and nitrogen use in Scots pine stands in eastern Finland. *Forest ecology and management*. 165, 317-326.
- Kalyn, A. L., Van Rees, K. C. J.** (2005). Contribution of fine roots to ecosystem biomass and net primary production in black spruce, aspen, and jack pine forests in Saskatchewan.- *Agricultural and Forest Meteorology*. 140,236–243.
- Laas, E.** (2004). Okaspuud. Tartu: Altex. 360 lk.
- Lehtonen, A., Palviainen, M., Ojanen, P., Kalliokoski, T., Nöjd, P., Kukkola, M., Penttilä, T., Mäkipää, R., Leppälampi-Kujansuu, J., Helmisaari, H.-S.** (2015). Modelling fine root biomass of boreal tree stands using site and stand variables. *Forest Ecology and Management*. 359, 361-369.
- Ostonen, I., Lõhmus, K., Pajuste, K.** (2005). Fine root biomass, production and its proportion of NPP in a fertile middle-aged Norway spruce forest: Comparison of soil core and ingrowth core methods. *Forest Ecology and Management*. 212, 264-277.
- Paal, J.** (1997). Eesti taimkatte kasvukohatüüpide klassifikatsioon. Tallinn: 298 lk.
- Prescott, C.** (2016). Introduction to Forests, roots and soil carbon. *Forest Ecology and Management*. 359, 321.
- Sun, T., Dong, L., Mao, Z., Li, Y.** (2015). Fine root dynamics of trees and understory vegetation in a chronosequence of *Betula platyphylla* stands. *Forest Ecology and Management*. 346, 1-9.
- Vanninen, P., Mäkelä, A.** (1998) Fine root biomass of Scots pine stands differing in age and soil fertility in southern Finland. *Tree Physiology*. 19, 823-830
- Varik, M., Aosaar, J. Ostonen, I., Lõhmus, K., Uri, V.** (2013) Carbon and nitrogen accumulation in belowground tree biomass in a chronosequence of silver birch stands – *Forest Ecology and Management*. 302, 62-70.

Vogt, K., Vogt, D. J., Bloomfield, J. (1997). Analysis of some direct and indirect methods for estimating root biomass and production of forests at an ecosystem level. *Plant and soil*. 200, 71-89.

Fine root biomass in Silver birch (*Betula pendula*)– Norway spruce (*Picea abies*) mixed forests chronosequence

Summary

The aim of this thesis is to evaluate the fine root biomass in Silver birch and Norway spruce mixed forests chronosequence.

The knowledge about forest carbon supplies is essential to face the growing problem of climate change and measuring the amount of CO₂ in the atmosphere is becoming a priority. Therefore, it is important to know, how big part of the carbon pool is stored below- ground in the fine roots.

The study was conducted in six different birch- spruce forest stands of different age (18, 25, 30, 40, 50, 60 years) , one of which was divided into two sample areas according to the majority of birch or spruce in the stand. Soil coring method until the depth of 40 cm was used to gather samples from the areas. The samples were divided by the depth into four (0-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm, 30-40 cm).

The fine root biomass in the 18- year old stand was 4,33 t/ha, in the 25- year old stand 5,54 t/ha, in the 30-year old birch majority stand 4,80 t/ha, in the 30-year old spruce majority stand 3,91 t/ha, in the 40-year old stand 3,57 t/ha, in the 50-year old stand 4,20 t/ha and in the 60-year old stand 6,08 t/ha.

The results show, that the fine root biomass is highest at the first depth level (0-10 cm) and in the 60- year old stand (6,08 t/ha and 2,96 t/ha of that was situated in the first 10 cm). 88% of the fine root biomass was in the first 20 cm of depth, only 7 % of the fine root biomass was in the 30-40 cm part of the sample.

The results showed a significant correlation between fine root biomass per tree and the tree density on the stand with both spruce and birch. With the growth of density, the fine root biomass of one tree decreases. There was no significant connection between fine root biomass and the basal area of the stand. The correlation between stand age and fine root biomass was not so significant here than in earlier studies, where the fine root biomass was highest at the stand age of 30 years and decreased from there and finally stabilized.

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents lõputöö salvestamiseks (avaldamise tähtajatu piirang) ning juhendajate kinnitus töö kaitsmisele lubamise kohta

Mina,
sünniaeg

1) annan Eesti Maaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud lõputöö

_____.

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja(d) on _____,

(juhendaja(te) nimi)

salvestamiseks säilitamise eesmärgil, sh digitaalarhiivis DSpace säilitamise 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 _____

(allkiri)

Tartu, _____

(kuupäev)

Juhendajate kinnitus lõputöö kaitsmisele lubamise kohta.

Luban lõputöö kaitsmisele.

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)

(juhendaja nimi ja allkiri) (kuupäev)