

Keskkonnaagentuur

KIK 2018 metsandusprogrammi projekt nr 14341 „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri uuringud riikliku aruandluse täitmiseks metsamulla süsinikuvaru aastase muudu osas“

Sihtfinantseerimise lepingu nr 3-2_8/7686-7/2018 10. juuli 2018

ARUANNE

Endla Asi, Helen Karu, Allan Sims, Tiiu Timmusk

Tartu, 2020

Sisukord

Sissejuhatus	3
1. Materjal ja metoodika	5
1.1. Vaatlualade iseloomustus	5
1.2. Metoodika	8
1.2.1. Puude ja alustaimestiku peenjuurte biomassi hindamine	8
1.2.2. Puistu peenvarise seire	9
1.2.3. Lagunduskatsed	11
1.2.4. Mulla CO ₂ emissiooni mõõtmine	13
2. Tulemused	15
2.1. Puude ja alustaimestiku peenjuurte biomassi hindamine	15
2.2. Puistu peenvarise seire	18
2.3. Lagunduskatsete tulemused	20
2.4. Mulla CO ₂ emissiooni (hingamisintensiivsuse) mõõtmine	25
2.5. Yasso mudeli analüüs	28
3. Kokkuvõte	35
Kasutatud kirjandus	38
Lisad	
Lisa 1 Vaatlusalade skeemid	
Lisa 2 Aastased varisevood kõigil varise vaatlusaladel fraktsioonide lõikes 2015-2019	
Lisa 3 Aastased varise ja süsiniku vood 8-l vaatlusalal 2015-2018	
Lisa 4 Puujuurte keemilise koostise muutumine lagunduskatsetel	
Lisa 5 Varise lagunduskatse keemilise koostise muutumine	
Lisa 6 Puistu peenvarise keemilise analüüs tulemused 2017-2018	

Sissejuhatus

Käesoleva aruande sisuks on Keskkonnainvesteeringute Keskuse ja Keskkonnaagentuuri vahel sõlmitud sihtfinantseerimise lepingu nr 3-2_8/7686-7/2018 10. juuli 2018 (KIK 2018 metsandusprogrammi projekt nr 14341 „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri uuringud riikliku aruandluse täitmiseks metsamulla süsinikuvaru aastase muudu osas“) raames täidetud tegevuste tulemused.

Vastavalt kliimamuutuste raamkonventsioonile ja Kyoto protokollile on Eesti kohustatud aru andma kasvuhoonegaaside heitkogustest ja sidumisest maakasutuse, maakasutuse muutuse ja metsanduse (LULUCF) ja KP LULUCF valdkondades. Heitkogused ja sidumine tuleb hinnata kõigi süsinikuvoogude, sealhulgas ka puistu varises ja mullas akumul eeruva süsiniku osas. Eesti muldkate on olnud varasematel aastatel üheks enamuuritud ökosüsteemi komponendiks, mille kohta on kogunenud palju empiirilisi andmeid nii mullakirjelduste kui ka mulla keemiliste ja füüsikaliste parameetrite näol. Varasemad ja ka hilisemad, üheksakümnendatel läbi viidud uuringud, on võimaldanud anda hinnangut Eesti muldade süsinikuvaru kohta. Tunduvalt kesisem on lähteandmete pagas nende näitajate osas, mis võimaldaksid korrektselt koostada ülal nimetatud rahvusvahelisi raporteid, kus nõutakse eelkõige andmeid mulla süsinikuvaru aastase muudu kohta. See puudutab nii süsiniku akumul eerumist mulda kui ka emissiooni mullast. Puistu peenvarise voogude osas olid andmed Eesti kohta suhteliselt napid, hõlmates ainult üksikuid kasvukohatüüpe ja vanusegruppe (*ICP Forests* ja *Integrated Monitoring* proovialade okaspuupuistutes (KIK3793) ning V. Uri uuringud). Enam oli andmeid mulla kohta (*BioSoil Soil* ja KIK 12654). Käesoleva projekti eesmärgiks oli jätkata laiaulatuslikumaid süstemaatilistelt kavandatud uuringuid, et laiendada riigispetsiifiliste andmete kogumist metsa süsinikuvoogude komponentide osas, millega alustati eelmiste KIK projektide (KIK 3793, 6250, 8171, 12654) raames. Ülal nimetatud projektide täitmise tulemusena saadi väärtuslikke andmeid metsavarise voogude süsinikuvaru kohta erinevates metsaökosüsteemides, mille baasil oli võimalik asuda välja töötama Eesti metsade aastast puistuarise voogu kirjeldavat dünaamilist mudelit (Riikliku keskkonnaseire tugiprogrammi arendustegevuse projekt Maaülikooliga aastateks 2015-2018 "Metsavarise seire, uuringud ja modelleerimine"). Lisaks puistu peenvarise voogude uuringutele toimusid käesoleva projekti raames kaheksal vaatlusosal ka detailsed uuringud metsamulla süsinikuvoogude osas, mis on ühtlasi ka sisendiks mullasüsiniku muudu uuringutele Eesti erinevates metsaökosüsteemides. Metsaökosüsteemide süsinikuvood ja süsinikuvoogude muutused on olulisel kohal ka säästva metsanduse indikaatoritena (C1.4, *7th Ministerial Conference Madrid 20-21 October 2015*).

Käesolevas projektis kavandatud töödeks oli:

- Jätkata aastaringset puistute peenvarise seiret varasemate projektide raames rajatud 31. vaatlusalal, et ajaliselt pikendada riigispetsiifiliste andmete kogumist puistu peenvarise komponendi osas.
- Puude ja alustaimestiku peenjuurte biomassi hindamine kaheksal peenvarise vaatlusalal (Karula, Mõniste, TT1, TT4, IM1, KJ1, VD1, VD2), kus kasvavad erineva koosseisu, vanuse ja kasvukohatüübiga puistud.
- Lagunduskatsete läbiviimine varise ja peenjuurte kaudu aineringsse siseneva süsinikuhulga määramiseks erineva koosseisu, vanuse ja kasvukohatingimustega puistutes.
- Mullahingamise intensiivsuse mõõtmine erinevate metsakasvukohatüüpide ja koosseisuga puistutes.
- Yasso mudeli testimine aastase mullasüsinikuvoo muudu kirjeldamiseks esialgses lähenduses, kasutades Eestis kogutud riigispetsiifilisi sisendparameetreid.

Projekti täitmise tulemusena saadakse andmeid puistute peenvarise voogude ja metsamulla süsinikuvaru ja dünaamika kohta erinevates metsaökosüsteemides, mille baasil on võimalik alustada aastase puistuvarise voogude ja mullasüsiniku aastase muudu modelleerimist esialgses lähenduses Eesti erinevates metsaökosüsteemides. Siinkohal tahaks tänada kolleege (Vladislav Apuhtin, Malle Karoles, Helen Karu, Eve Kaur, Maris Nikopensius, Allan Sims, Tiiu Timmusk, Heino Õunap), kes oma osalusega tegid selle projekti täitmise võimalikuks.

1. Materjal ja metoodika

1.1. Vaatlusalade iseloomustus

Aastaringset puistute peenvarise seiret jätkati süstemaatiliselt kavandatud varasemate projektide raames rajatud 31-l vaatlusalal, et pikendada ajas riigispetsiifiliste andmete kogumist puistu peenvarise komponendi osas. Sissejuhatuses loetletud detailsed uuringud viidi läbi kaheksal peenvarise vaatlusalal (Karula, Mõniste, TT1, TT4, IM1, KJ1, VD1, VD2) erineva koosseisu, vanuse ja kasvukohaga puistutes. Vaatlusalade valimisel konsulteeriti eelnevalt Maaülikooli professori Veiko Uriga, et täiendada erinevate metsaökosüsteemide uuringualade mitmekesisust.



Joonis 1. Detailuuringute vaatlusala puistu Karulas.

Detailuuringute vaatlusalade kirjeldused on toodud tabelis 1 ja joonisel 1. Tabel 2 annab ülevaate vaatlusalade mulla süsinikusisaldusest. Joonis 2 illustreerib Karula vaatlusala mullatingimusi. Vaatlusalade puistute skeemid on toodud lisas 1. Skeemidel on tingmärkidega tähistatud varise kogujate, mullahingamise torude, lagunduskatsete ja temperatuurianduri asukohad vaatlusalal.



Joonis 2. Sekundaarne leedemuld (Ls) Karula vaatlusalal.

Kõigi leedemuldade ühiseks tunnuseks on metsakõdu olemasolu ja leetumisprotsessi toimumine. Sekundaarsed leedemullad on leetunud põllu- ja rohumaaliivmuldade metsastumisel arenenud mullad. Kui lähtemuld on keskmiselt või tugevalt leetunud, siis on sekundaarse leedemulla profiilis kaks leethorizonti, millest alumine on primaarne, s.t varem tekkinud ja ülemine sekundaarne ehk hilisem. Tüüpprofiil on seega O–Ea'' –A–Ea'–B–C. Nõrgalt leetunud lähtemulla korral (nagu Karula vaatlusala puhul) alumine leethorizont sekundaarse leedemulla profiilis puudub.

Detailuuringute vaatlusalade puistute kirjeldused.

Tabel 1

Vaatlusala Kood	Puistu koosseis (%)	Vanus A	Keskmine H(m)/D(cm)	Kasvu- koha tüüp	1. rinde täius (%)	Puude arv tk/ha
	1. rinne					
VD1	Mä100	73	17/16	SN	67	
VD2	Ks59 Hb23 Lm14 Ku4	23	9/8	AN	50	
TT1	Ks93Ku7	17	14/10	ND	69	
TT4	Hb52 Ks28 Ku9 Ta7 Pä4	17	15/11	JK	56	1260
IM1	Mä95 Ks5	23	4/4	SS		2000
KJ1	Hb82 Ks18	37	23/18	JK	69	
Mõniste	Mä100	21	6/8	SM		2800
Karula	Mä100	90	24/23	PH	65	

Detailuuringute vaatlusalade muldade orgaanilise süsiniku varu (kg/m²)

Tabel 2

Vaatlusala kood	Puistu kood	Mullaliigi kood	Orgaanil. kihtides (kg/m ²)	Mineraalsetes kihtides (kg/m ²)	Mullaprofiilis kokku (kg/m ²)
VD1	LN-MA-V	LG1	10,626	16,551	27,177
VD2	LN-Lehtp-N	GI	0,133	20,004	20,137
TT1	PN-KS-N	LPg	0,341	15,661	16,002
TT4	PN-Lehtp-N	LP;KI	-	12,837	12,837
IM1	LN-MA-N	S'	31,246	0,893	32,139
KJ1	PN-HB-V	LP	0,218	11,267	11,485
Mõniste	PK-MA-N	LI	1,524	6,680	8,204
Karula	PN-MA-V	Ls	2,512	5,802	8,314

Tabel 2 lühendite selgitusi:

Puistu kood:

- Niiskusaste: LN – liigniiske; PN – parasniiske; PK – põuakartlik
- Puistu peaelement: KS – kask; MA – mänd; HB – haab; Lehtp – lehtpuu segu
- Vanuse aste: V – valmiv ja küps mets; N – noorendik

Mullaliigi kood:

- LG1 – Leede-turvastunud muld
- GI – Leetjas gleimuld
- LPg – Gleistunud näivleetunud muld
- LP;KI – Näivleetunud kuni leetjas muld
- S' – Väga õhuke siirdesoomuld
- LP – Näivleetunud muld
- LI – Nõrgalt leetunud leedemuld
- Ls – Sekundaarne leedemuld.

Suurtähed vaatlusalade koodides viitavad endistele metskondadele: TT – Tartu, VD – Vändra, IM – Ilumetsa, KJ – Kiidjärve.

1.2. Metoodika

1.2.1. Puude ja alustaimestiku peenjuurte biomassi hindamine

Peapuuliikide peenjuurte (diameetriga <2 mm) biomass määrati mullamonoliitide meetodil. Igalt proovialalt koguti mullapuuriga (sisemine läbimõõt 40 mm) 15 monoliiti, mis jagati kohapeal sügavuskihti järgmiselt: 0-5 cm, 5-10 cm, 10-20 cm, 20-30 cm. Proovid pakendati eraldi kilekottidesse ja ladustati KAUR-i metsaosakonna labori külmikutesse. Osa proovidest sügavkülmutati töötlemiseni. Peenjuured monoliidiproovide mullast pesti välja manuaalselt, juured jagati mikroskoobi all alustaimestiku ning puutaimede juurteks. Kokku töödeldi 480 monoliidiproovi. Väljapestud peenjuured kuivatati 65 kraadi juures 48 tundi ja kaaluti 0.05 mg täpsusega. Andmed digitaliseeriti ja arvutati peenjuurte mass vaatlusalade ja kihtide kaupa. Tulemused on toodud tabelis 3 ja 4, kusjuures tulemused esitati eraldi puude ja alustaimestiku juurte osas. Juurte keemiliseks analüüsimiseks korjati eraldi proovid nii puude kui ka alustaimestiku peenjuurte osas. Need proovid samuti kuivatati, pakendati ja edastati laboratooriumi keemiliseks analüüsimiseks. Peenjuurte proovidest määrati tselluloos (%), happeslahustuv ligniin (%), kuivaine (%), üld N mg/kg, P (mg/kg), Mg (mg/kg), Ca (mg/kg) ja orgaaniline süsinik (C) (mg/kg), Al (mg/kg), K (mg/kg), Mn (mg/kg), S (mg/kg). Proovide analüüsimine toimus rahvusvahelise seireprogrammi *ICP Forests* poolt aktsepteeritavate meetodite järgi (*Manual 2006*). Keemilise analüüsimise tulemuste põhjal arvutati nii puude kui alustaimestiku juurtes sisalduvad süsiniku vood.



Joonis 3. Mullamonoliidi jagamine kihtideks.

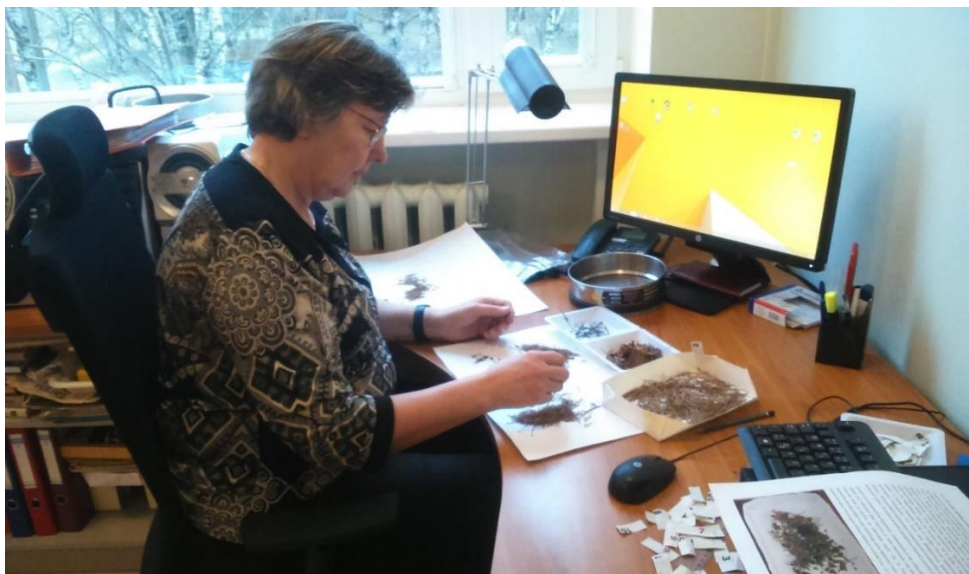
1.2.2. Puistu peenvarise seire

Puistu peenvarise seire toimub aastaringelt. Selleks on varasemate projektide (KIK 7181, 12654) raames paigaldatud varise vaatlusalale puude võrade alla 10 varise kogujat süstemaatilise asetusega ca 1,2 meetri kõrgusele maapinnast (joonis 4). Varisekogujate kogumispindala on 0,25m². Peenvarise kogumispindala on vaatlusala kohta 2.5m². Kokku toimus puistu peenvarise kogumine 31-l varise vaatlusalal. Variseproovide kogumine toimus lumevabal perioodil kuulise intervalliga, talveperioodil moodustas ühe kogumisperioodi lumikatte perioodi pikkus (novembrist aprillini). Varise proovid transporditi laboratooriumi suletud kilekottides samal päeval. Seejärel proovid kuivatati, kaaluti ja pakendati. Variseproovid sorteeriti neljaks fraktsioonideks (Joonis 5): okkad, lehed, oksad ja muu varis (viljad, seemned, putukad, samblikud jne).



Joonis 4. Varise kogumine varise vaatlusalal.

Varisefraktsioonid (Joonis 6) kaaluti ja pakendati, kogumisaasta lõppedes koostati proportsionaalselt üksikproovide massile ühendproovid aasta kohta koguvarise ja varise fraktsioonide osas keemiliseks analüüsimiseks, mis viidi analüüsimiseks Keskkonnauuringute Keskuse Tartu filiaali laboratooriumi. Variseproovidest määrati samuti tselluloos (%), happeslahustuv ligniin (%), kuivaine (%), üld N mg/kg, P (mg/kg), Mg (mg/kg), Ca (mg/kg) ja orgaaniline süsinik (C) (mg/kg), Al (mg/kg), K (mg/kg), Mn (mg/kg), S (mg/kg). Proovide analüüsimine toimus rahvusvahelise seireprogrammi *ICP Forests* poolt aktsepteeritavate meetodite järgi (Manual 2006). Kõigi analüüsitud karakteristikute kontsentratsioonid on esitatud kuivaine kohta.



Joonis 5. Varise sorteerimine KAUR-i Tartu metsaosakonna laboratooriumis.

Variseproovide kaalumisanndmed digitaliseeriti, süstematiseeriti ja tehti kokkuvõtted varise voogude osas vaatlusalade kohta kogugarise ja varise fraktsioonide ning kuude lõikes. Tulemused esitati nii absoluut- kui suhtarvudena (g/m^2 , t/ha , % vt lisa2). Variseproovide analüüsimise tulemuste põhjal arvutati peenvarisega puistu laguahelasse minev orgaanilise süsiniku hulk aastas (vt lisa3).



Joonis 6. Fraktsioonidena (okkad, oksad, muu varis) sorteeritud varise proov.

1.2.3. Lagunduskatsed

Nii juure- kui puistuvarise lagunemise käigus muundatakse orgaanilises vormis olevad toiteelemendid anorgaanilisse vormi. Lagunemise kiirust mõjutavad nii varise hulk, keemiline koostis kui ka keskkonnategurid (mulla keemilised karakteristikud, niiskus, temperatuur jne). Seetõttu on oluline viia läbi keemilisi analüüse nii varise (juure- ja puistuvarise) kui ka mulla osas. Kekkonnategurite mõju hindamiseks ja erinevate kasvukohatüüpide lagunemiskiiruse võrdlemiseks kasutatakse lisaks puhta α -tselluloosi (mida sisaldavad kõigi kõrgemate taimede rakukestad) lagunduskatseid.

Kompleksseire metoodika kohaselt (*Manual*, 1998) kasutati lagundamiseks standardseid 1 mm paksuseid α -tselluloosi ribasid, mille suuruseks on ligikaudu 30 × 50 mm ja kaaluvad ligikaudu 1g. Kõik ribad eelnevalt kaaluti, kuivatati 65° C juures, pakendati võrkkottidesse võrgusilmaga 1 mm ja asetati sügisel samblapinnale ning kaeti õrnalt värske varisega (paralleelselt variseproovidega) 40 kotikest ühele vaatlusalale. Proovid installeeriti novembris 2018.

Varise lagundamiskatseteks kaaluti 1g sama puistu peapuuliigi lehe/okkavarist, õmmeldi ruudukujulistesse võrkkottidesse küljega 10 cm, asetati samblapinnale ja kaeti õrnalt värske varisega — 40 kotikest proovitüki kohta. Proovid asetati maha 10 seeriana, igas 4 kotti. Proovid installeeriti oktoobris 2018. Lagunduskatsed võetakse üles ühe või kahe aasta jooksul.

Peenjuurte lagunduskatseteks koguti kõikidelt proovialadelt peapuuliigi peenjuuri kaevates labidaga mitmest juhuslikust kohast. Juured pesti laboratooriumis, kuivatati esmalt õhkkuivaks, edasi 65 kraadi juures 48 tundi. Juured kaaluti 1,0 grammisteks proovideks, mis pakendati katse tarvis õmmeldud lagunduskottidesse (kaatetite mõõt 10 cm) võrgusilmaga 0,1 mm. Iga prooviala jaoks valmistati ette 40 lagundusproovi. Proovid installeeriti oktoobris 2018.

Lagunduskatsete korjed algasid järgmisel kevadel. Esimene korje kõigi katsete osas (varise, peenjuurte, α -tselluloosi) toimus aprillis 2019. Juunis ja augustis toimus korje ainult varise ja α -tselluloosi lagunduskatsete osas. Juurte korjed jäeti suvel vahele, kuna juba esimesel korjel ilmnes, et nende lagunemine toimub tunduvalt aeglasemalt ning proove pole seetõttu otstarbekas korjata neli korda aastas. Novembris 2019 toimus korje jällegi nii juurte, varise kui ka α -tselluloosi osas.



Joonis 7. Varise lagunduskatsete installeerimine.

Kogutud proovid kuivatati, kaaluti ja varise ning juureproovid saadeti Keskkonnauuringute Keskuse Tartu filiaali laboratooriumi, kus need analüüsiti ülal kirjeldatud formaadi järgi. Keemilise analüüsime tulemuste põhjal arvutati iga korje järel lagundusproovides toimunud muutused. Saadud tulemused on esitatud vastavate tabelite ja graafikutena.



Joonis 7. Varise lagunduskatsete üles võtmine.

1.2.4. Mulla CO₂ emissiooni mõõtmine

Mulla CO₂ emissiooni ehk mullahingamist mõõdeti suletud dünaamilise kambri meetodi abil (kamber SRC-1 koos gaasianalüsaator EGM-4, PP Systems). Mullahingamine (Rs) koosneb autotroofsest ehk juure- ja risosfääri hingamisest (Ra) ning heterotroofsest ehk lagundajate hingamisest (Rh). Mullahingamise komponentideks jagamiseks kasutati eraldatud mullaruumalade meetodit: juurtest tuleneva hingamise välistamiseks paigaldati igale uurimisalale 2018. a sügisel seitse 50cm pikkust ja 25cm läbimõõduga vertikaalset toru (joonis 8). CO₂ voogusid mõõdeti toru sees (Rh) ja selle kõrval (Rs). Selleks, et vähendada mullahäiringuid, kasutati mõõtmiskambriga ühilduvaid plastikust „kraesid“, mis suruti 1-3 cm sügavusele mulda ning jäid sinna kogu mõõtmisperioodiks (joonis 9). Mullahingamisega samaaegselt mõõdeti ka ~5 cm sügavuselt mullatemperatuuri, kasutades gaasianalüsaatori külge kinnitatud sondi (STP-1, PP Systems) abil. Statistilisi erinevusi alade vahel analüüsiti dispersioonanalüüsi (ANOVA) abil, alade paariviisilisteks võrdlusteks kasutati Tukey HSD testi.

Lisaks paigaldati igale alale mulda 5–10 cm sügavusele 4 sensorit mulla temperatuuri ja veesisalduse pidevaks mõõtmiseks (5TM, Decagon Devices). Näitajad salvestati iga 60 minuti järel (logger Em50, Decagon Devices).



Joonis 8. Hingamiskatsete juurte eraldamise torude paigaldamine KJ1 vaatlusalal.



Joonis 9. Varustus mulla CO₂ emissiooni intensiivsuse mõõtmiseks.



Joonis 10. Mulla CO₂ emissiooni intensiivsuse mõõtmine.

2. Tulemused

2.1. Puude ja alustaimestiku peenjuurte biomassi hindamine.

Puude peenjuurte biomassi hinnati kaheksal alal. Kuna vaatlusalad asusid erinevates metsaökosüsteemides, siis olid uuritud puistud erineva produktiivsusega ja hõlmasid erinevaid metsakasvukohatüüpe. Peenjuurte biomassi ning keemilise analüüsimise andmete põhjal on võimalik anda hinnangud neis sisalduvatele süsinikuvoogudele. Tabel 3 annab ülevaate puude peenjuurte biomassi ja tabel 4 alustaimestiku peenjuurte biomassi ning neis kätketud süsinikuvoogude kohta püsivaatlusalade lõikes. Saadud tulemuste põhjal saab väita, et peenjuurte biomass on oluline mulla süsinikuringe mõjutaja ning erineb nii puuliigiti, kui kasvukohatüübiti. Puude peenjuurte biomass ja neis sisalduv süsinikuvoog varieerusid küllaltki suures ulatuses. Kõige suurem oli see KJ1 vaatlusalal (biomass 4,0897 T/ha, süsinikuvoog 2,3911 T/ha) ja kõige väiksem IM1 vaatlusalal vastavalt 3,0728 ja 1,5065 T/ha.

Puude peenjuurte biomass ja selles sisalduv süsiniku varu vaatlusalade lõikes

Tabel 3

Proovitükk	Kihid kokku T/ha	0-5 cm T/ha	5-10 cm T/ha	10-20 cmT/ha	20-30 cm T/ha	Org C T/ha
TT1	3,6469	1,2174	0,9452	0,9864	0,4978	1,9103
TT4	3,4281	1,1486	0,9799	0,8964	0,4031	1,7572
KJ1	4,8097	2,0440	0,8476	1,3403	0,5778	2,3911
KARULA	3,4429	1,0505	0,9258	0,8347	0,6319	1,6806
MÕNISTE	3,4440	1,5607	0,6116	0,7420	0,5297	1,6247
VD1	4,3882	1,4196	1,1915	1,0916	0,6854	2,2657
VD2	3,4275	1,3644	0,8594	0,7154	0,4884	1,7058
IM1	3,0728	1,5907	0,7736	0,4166	0,2920	1,5065

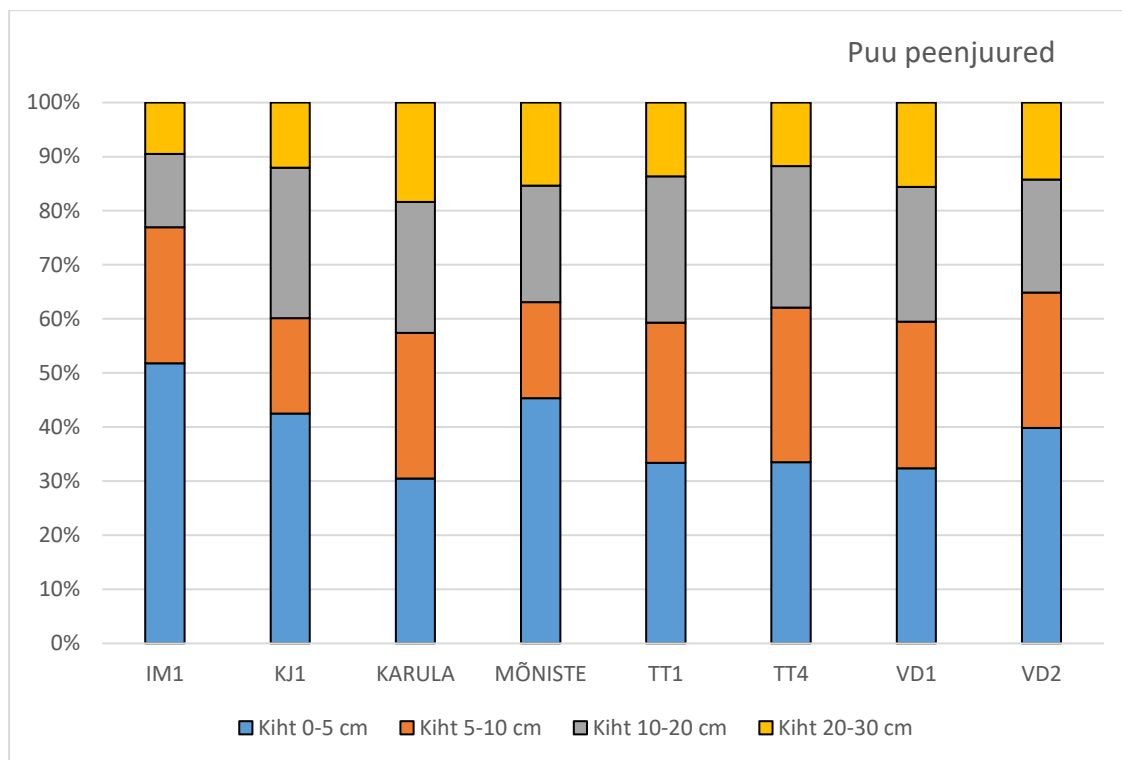
Alustaimestiku peenjuurte biomass ja selles sisalduv süsinikuvoog vaatlusalade lõikes

Tabel 4.

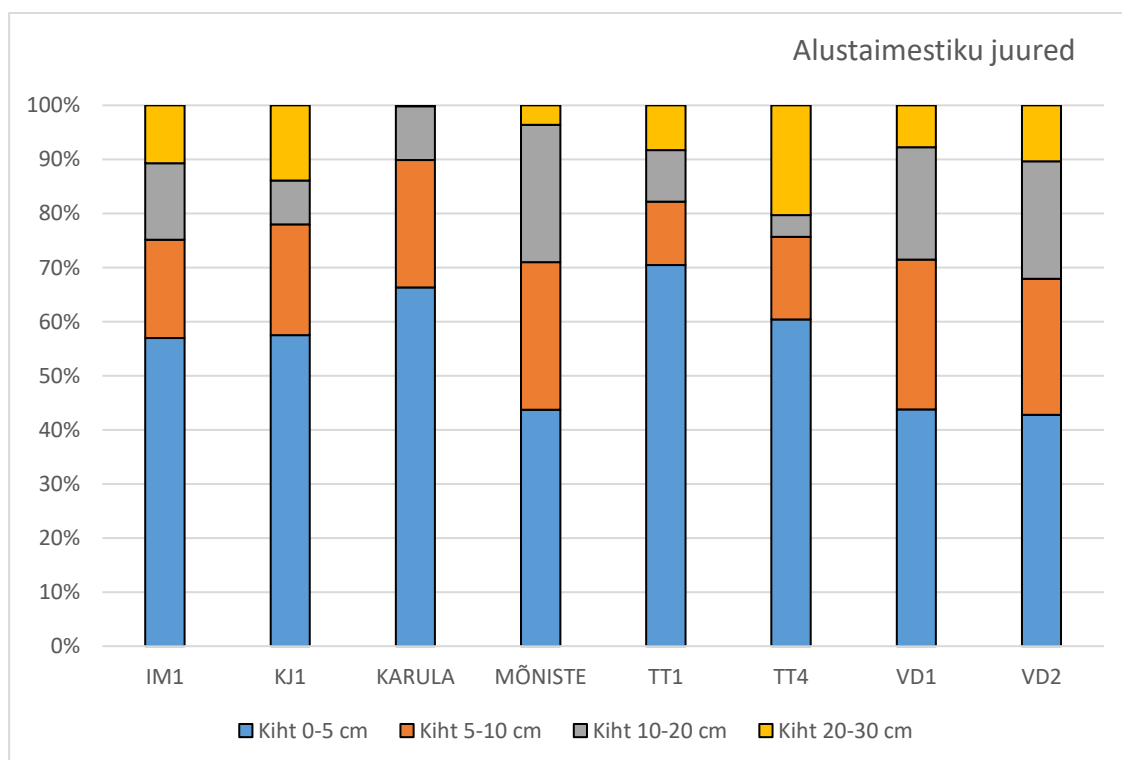
Proovitükk	Kihid kokku T/ha	0-5cm T/ha	5-10 cm T/ha	10-20 cm T/ha	20-30 cm T/ha	Org C T/ha
TT1	0,9981	0,7036	0,1167	0,0951	0,0827	0,463
TT4	0,3659	0,2211	0,0558	0,0147	0,0743	0,166
KJ1	0,4128	0,2375	0,0845	0,0335	0,0573	0,184
KARULA	2,2692	1,5046	0,5353	0,2248	0,0044	1,159
MÕNISTE	0,9149	0,4000	0,2496	0,2322	0,0331	0,451
VD1	1,2642	0,5531	0,3507	0,2623	0,0981	0,636
VD2	0,7739	0,3310	0,1946	0,1682	0,0801	0,338
IM1	1,0928	0,6229	0,1981	0,1549	0,1168	0,539

Lisaks on metsamuldade süsinikuringes oluline arvestada ka alustaimestiku juurte produktsiooni, seda eriti valgusküllastes, hõredates ja viljakates metsades, sest aastasest juureproduktsioonist võivad alustaimestiku juured moodustada küllaltki märkimisväärse osa. Näiteks Karulas oli alustaimestiku peenjuurte biomass 2,2692 T/ha ja selles sisalduv süsinikuvaru 1,159 T/ha, kuid samas tihedas kõrge produktsiooniga lehtpuupuistus (TT4) olid numbrid vastavalt 0,3659 ja 0,166 T/ha.

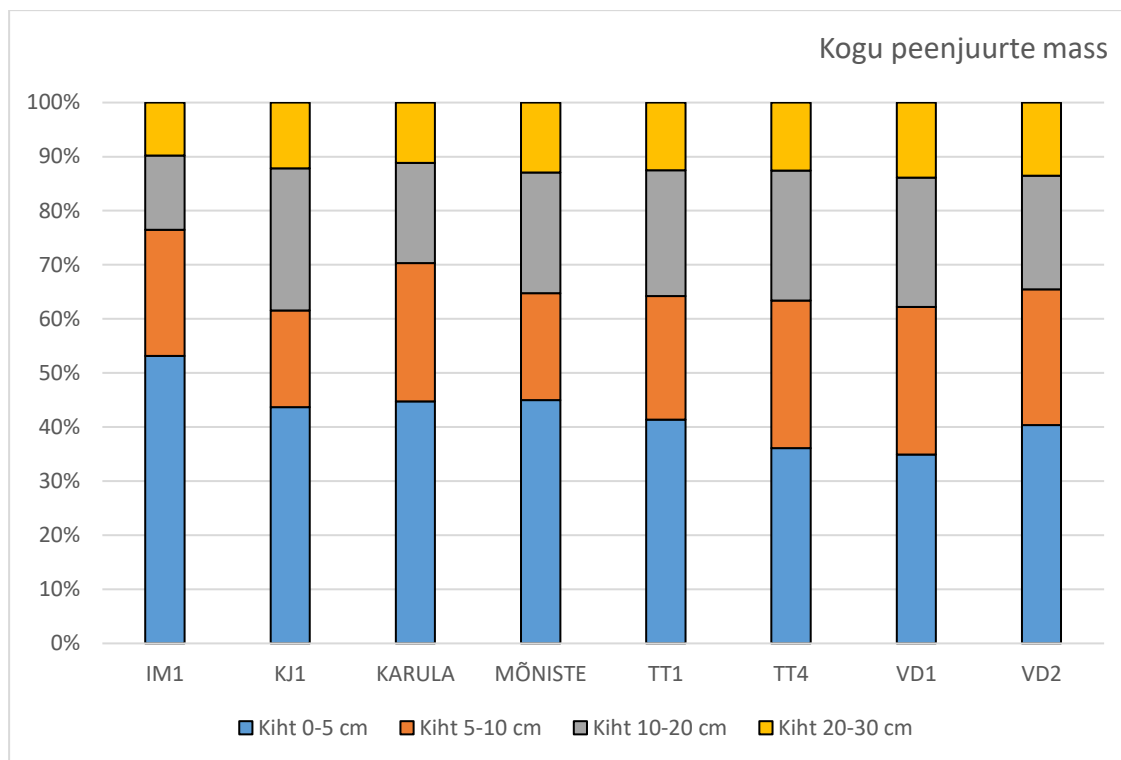
Ülevaate puistute peenjuurte biomassi jaotusest juuremonoliitides annavad ülevaate joonised 11 kuni 13. Joonistelt nähtub, et peenjuurte kõige suurem osa paikneb pinnase ülemistes kihtides ja seda eriti alustaimestiku peenjuurte osas, kus üle 50 % juurte massist paikneb ülemises 5 cm tõeseduses kihis.



Joonis 11. Puude peenjuurte biomassi jagunemine mulla monoliitides.



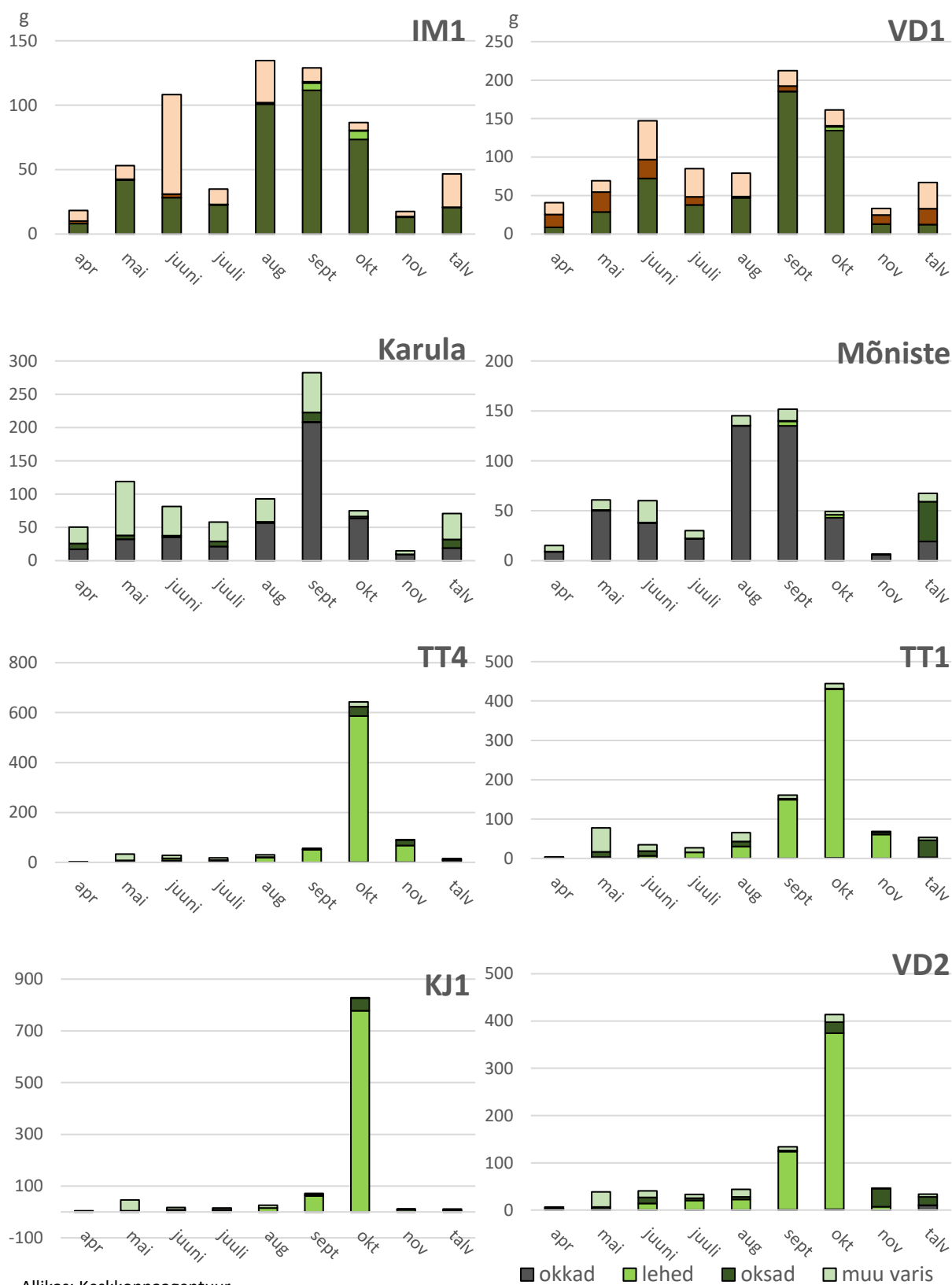
Joonis 12. Alustaimestiku peenjuurte biomassi jagunemine mulla monoliitides.



Joonis 13. Peenjuurte kogu biomassi jagunemine mulla monoliitides.

2.2. Puistu peenvarise seire

Peenvarisega mulda jõudva süsinikuvoo hindamiseks uuriti varisevoogusid 31-s erinevas puistus. (KIK 2014 projekt 8171). Kuna peenvarise keemiline koostis mõjutab ka mullas toimuvaid lagunemisprotsesse, siis oli oluline määrata mitte ainult varise biomassi, vaid ka selle keemilist koostist. Ülevaate puistu peenvarise biomassist ja keemilisest koostisest annavad lisas paiknevad tabelid 2, 3 ja 6. Puistu peenvarise jaotumisest fraksioonidesse kuude lõikes detailuuringute kaheksal vaatlusel aastal 2018 annavad ülevaate joonised 14 kuni 21. Loomulikult torkavad kohe silma erinevused varise hulga ja fraksioonilise koostise osas okaspuu- ja lehtpuupuistute vahel kuude lõikes. Kui lehtpuude osas toimub põhiline peenvarise langemine oktoobri kuus ja seda põhiliselt lehtede näol, siis okaspuupuistutes jaotub puistu peenvarise biomass nii okaste kui muude varisefraksioonide osas veidi ühtlasemalt.



Allikas: Keskkonnaagentuur

Joonised 14-21. Puistu peenvarise jagunemine fraktsioonideks varise vaatlusaladel 2018. aasta proovides kuude lõikes.

Nagu nähtub tabelist Lisa 3 on puistu peenvarise koguarises sisalduv keskmine süsinikuvoog aastas detailuuringute vaatlusaladel aastatel 2015 kuni 2018 küllaltki varieeruv, Mõniste – 1,137 T/ha kuni 2,007 T/ha vaatlusalal KJ1. Erinevus on küllaltki märkimisväärne – 44%. Vaatlusala siseselt ei ole varieeruvus erinevate aastate vahel nii suur. Kõige varise rohkem aasta oli uuritud vaatlusaladel antud perioodil 2015. aasta Kiidjärvel (KJ1), kus varise aastane biomass oli 4,322 T/ha ja selles sisalduv süsinikuvaru 2,2472 T/ha.

2.3. Lagunduskatsed

Juurte, lehe/okka varise ja α -tselluloosi lagunduskatsete tulemustest annavad ülevaate tabelid 5 kuni 7, joonised 22 kuni 27 ning lisa 4 ja 5. Nii tabelitest kui joonistest nähtub, et kõigi kolme komponendi lagunemise intensiivsus on seotud eelkõige puistu mulla ja kasvukohatüübi viljakusega. Kõige aeglasemalt toimub peenjuurte lagunemine ja kõige kiiremini lagunes α -tselluloos. Kui peenjuurte puhul oli aastane süsinikuvaru kadu 25,77 (Mõniste) kuni 45,03 % KJ1, siis varise osas oli see 28,68 (Mõniste) kuni 61,62 % TT1. Puhta α -tselluloosi osas oli lagunemine veelgi kiirem, aasta jooksul oli proovist lagunenu keskmiselt 99,81 % (TT1) kuni 50,17 % Mõniste vaatlusalal. Äärmuste vaheline erinevus on tingitud kasvukoha viljakuse erinevusest. Mõniste puhul on tegemist põuakartliku mulla (LI) ja väheviljaka kasvukohatüübiga (SM), kuid TT1 vaatlusala puhul on tegemist väga viljaka metsamulla (LPg) kasvukohatüübiga (ND), kus on väga head tingimused orgaanilise aine lagunemiseks. Väga head oli lagunemistingimused ka vaatlusaladel KJ1 ja TT4. Mõlemal puhul oli samuti tegemist väga viljakate lehtpuupuistu kasvukohatüüpidega. Vähem oli lagunemise intensiivsus seotud puistu vanuse ja liigilise koosseisuga.

TOC varu kadu aasta jooksul peenjuurte lagunduskatsetes

Tabel 5

Vaatlusala	Mullaliigi kood	Kasvukohatüübi kood	Aastas mg/proov	Aastas %
IM1	S'	SS	178,61	33,70
KARULA	Ls	PH	170,96	32,26
KJ1	LP	JK	238,64	45,03
MÕNISTE	LI	SM	131,44	25,77
TT1	LPg	ND	221,73	38,90
TT4	LP;KI	JK	245,20	44,58
VD1	LG1	SN	212,18	37,89
VD2	GI	AN	194,75	36,75

TOC varu kadu aasta jooksul varise lagunduskatsetes

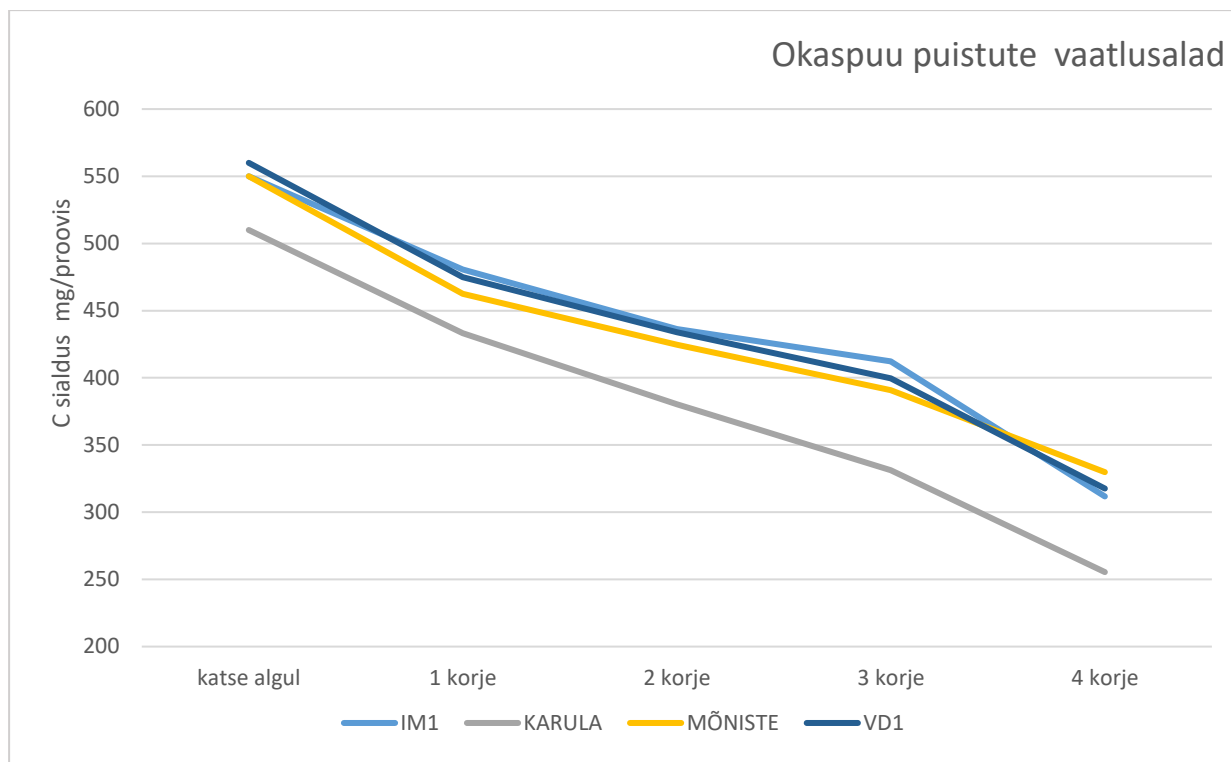
Tabel 6

Vaatlusala	Mullaliigi kood	Kasvukohatüübi kood	Aastas mg/proov	Aastas %
IM1	S'	SS	238,25	43,32
KARULA	Ls	PH	231,57	41,35
KJ1	LP	JK	252,37	49,48
MÕNISTE	LI	SM	132,61	28,68
TT1	LPg	ND	351,22	61,62
TT4	LP;KI	JK	307,60	60,31
VD1	LG1	SN	242,37	43,28
VD2 HB	GI	AN	244,75	44,50
VD2 KS	GI	AN	253,05	46,01

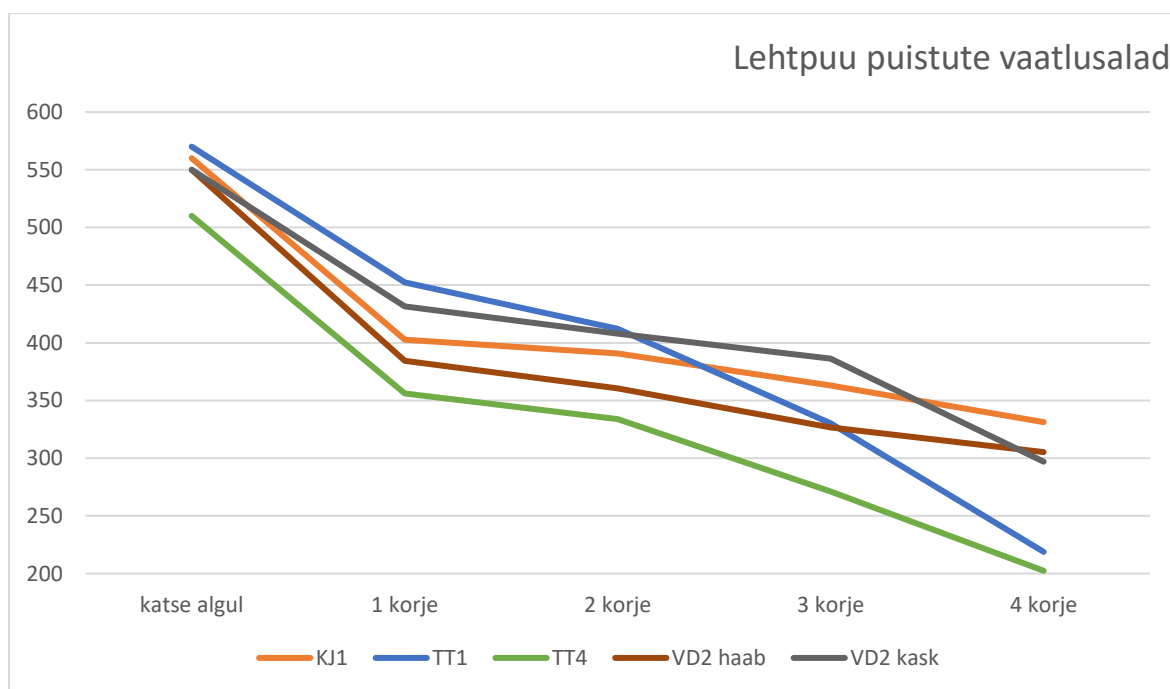
α -tselluloosi massi kadu aasta jooksul lagunduskatsetes

Tabel 7

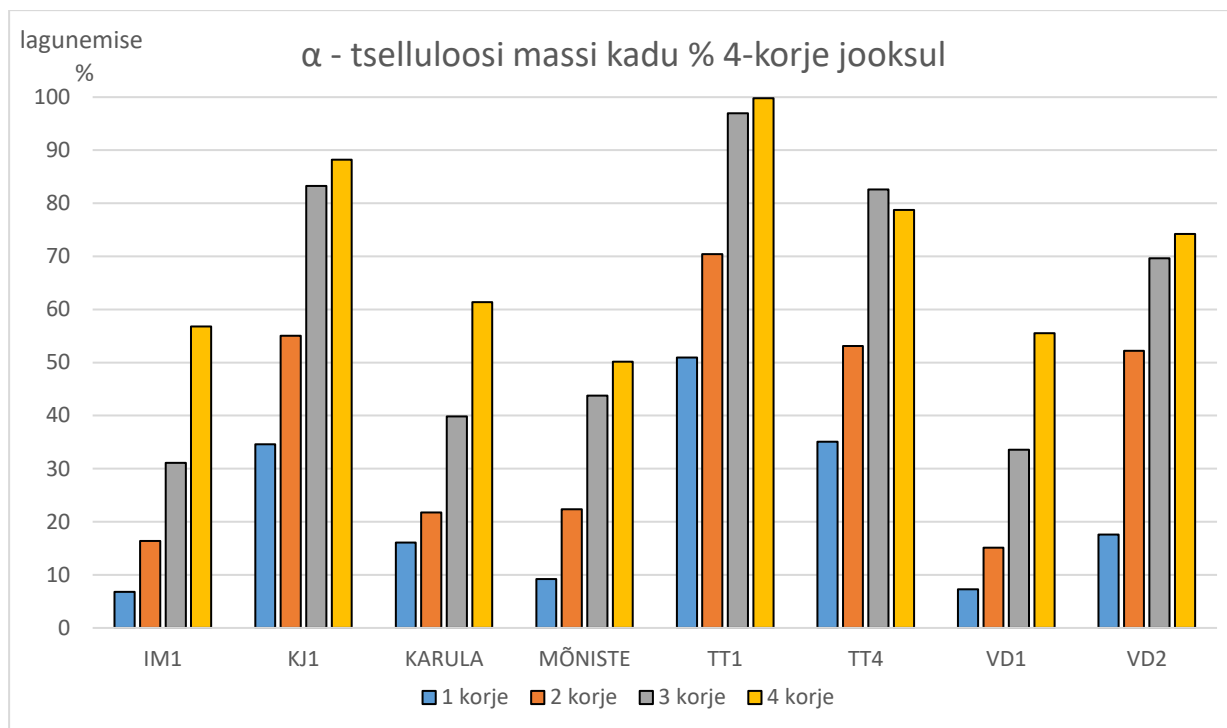
Vaatlusala	Mullaliigi kood	Kasvukohatüübi kood	Tselluloosi massi kadu %			
			1 korje	2 korje	3 korje	4 korje
IM1	S'	SS	6,78	16,37	31,09	56,78
KJ1	LP	JK	34,58	55,05	83,28	88,25
KARULA	Ls	PH	16,10	21,73	39,82	61,36
MÕNISTE	LI	SM	9,21	22,33	43,78	50,17
TT1	LPg	ND	50,94	70,40	96,94	99,81
TT4	LP;KI	JK	35,09	53,14	82,60	78,76
VD1	LG1	SN	7,27	15,13	33,60	55,53
VD2	GI	AN	17,62	52,23	69,65	74,20



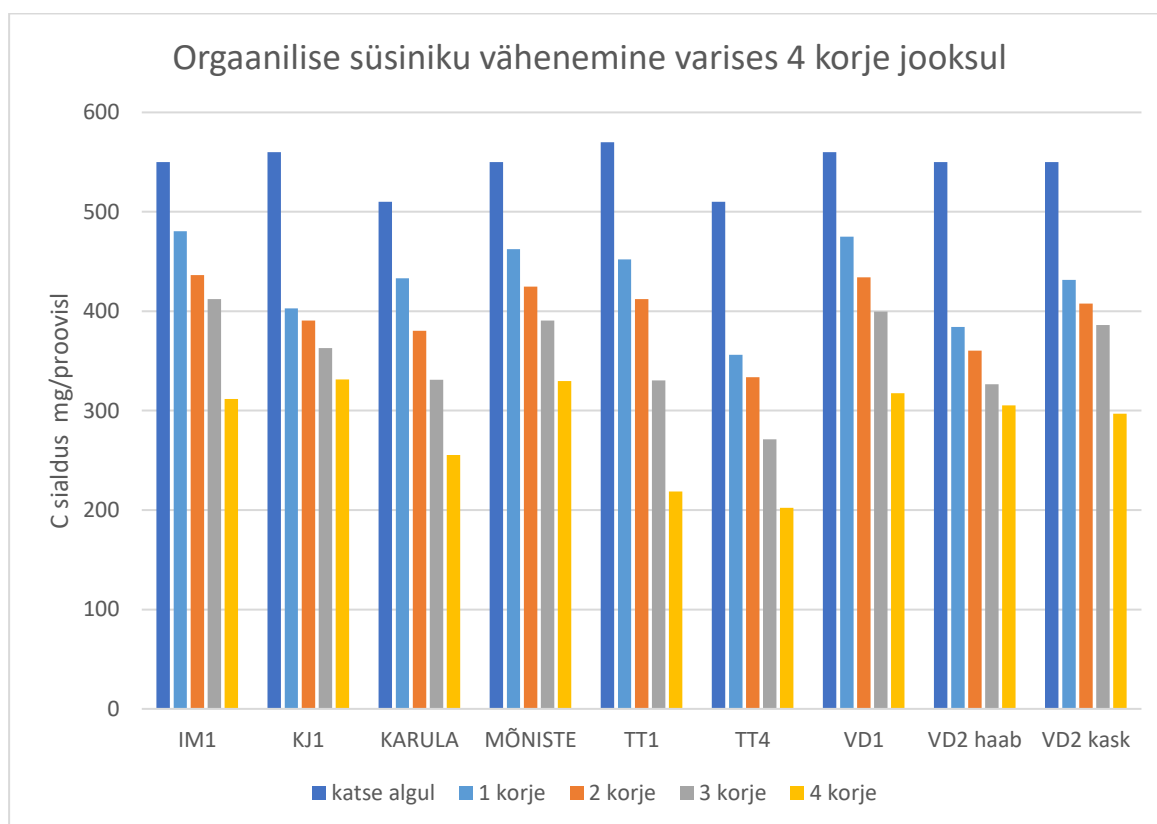
Joonis 22. TOC varu kadu (mg/proovis) varise lagunduskatsetes okaspuu vaatlusaladel.



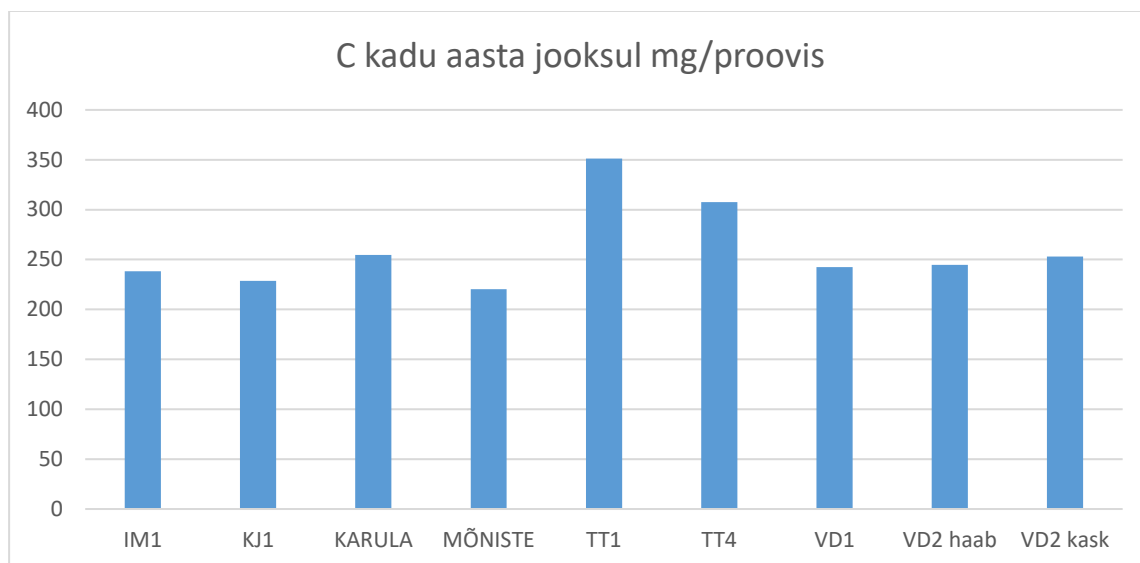
Joonis 23. TOC varu kadu (mg/proovis) varise lagunduskatsetes lehtpuu vaatlusaladel.



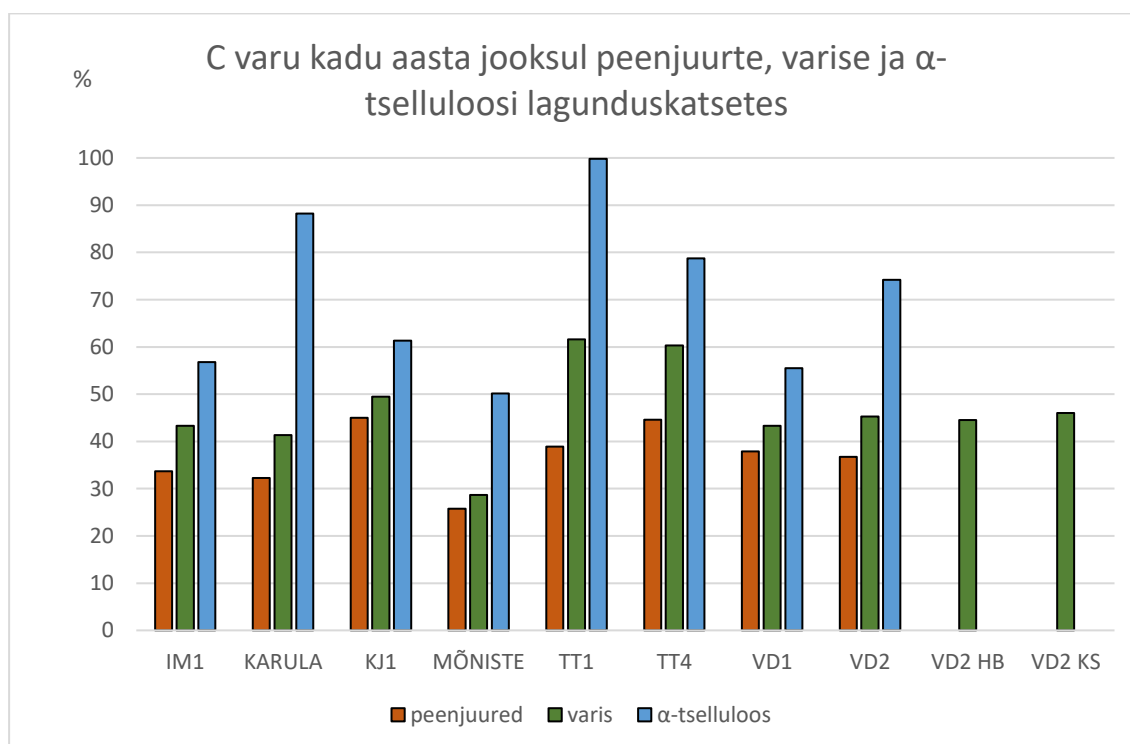
Joonis 24. α -tselluloosi massi kadu lagunduskatsetes.



Joonis 25. TOC varu kadu nelja korje lõikes varise lagunduskatsetes.



Joonis 26. TOC varu kadu aasta jooksul varise lagunduskatsetes.



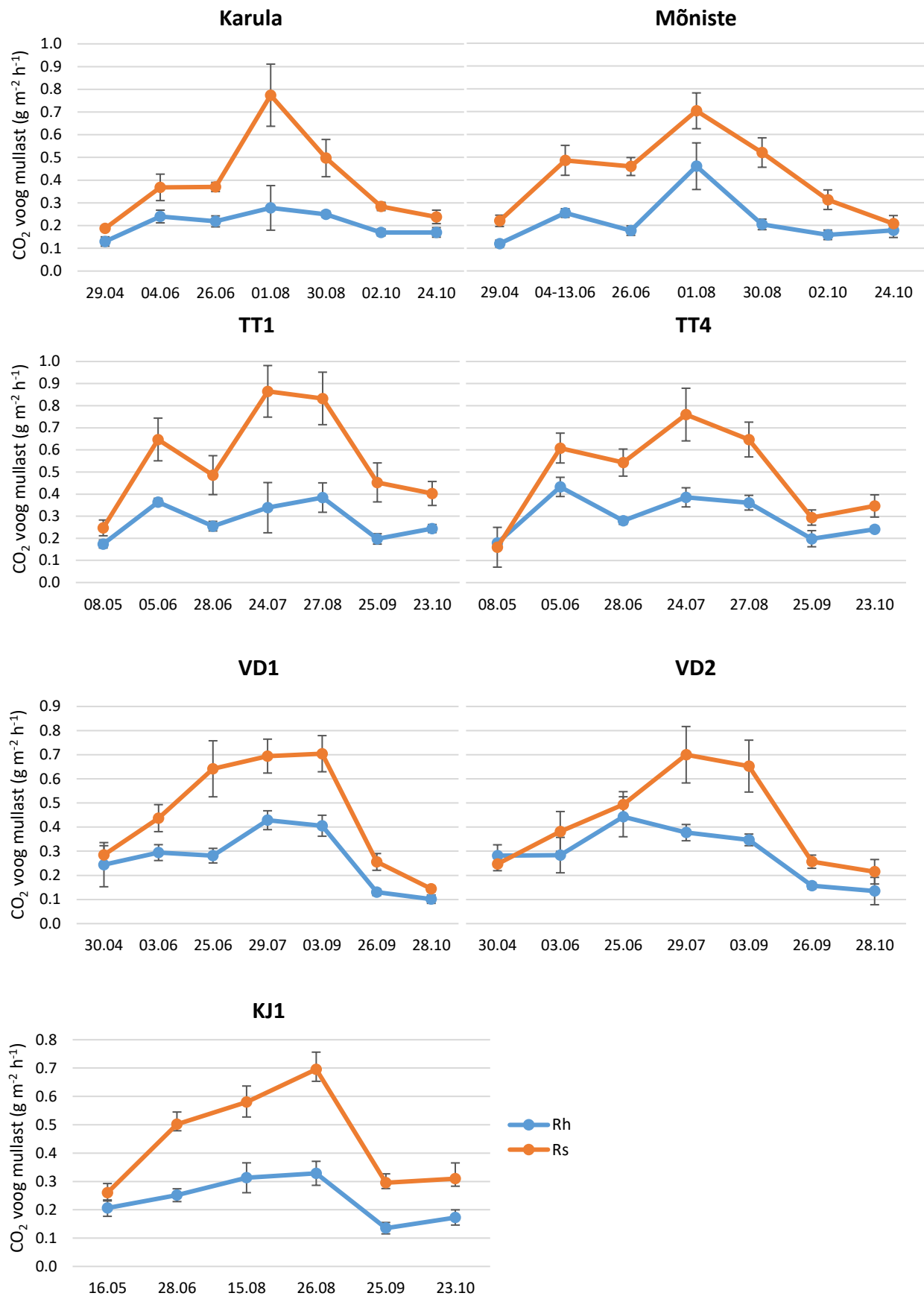
Joonis 27. TOC varu kadu aasta jooksul % puude peenjuurte, varise ja α -tselluloosi lagunduskatsetes.

2.4. Mulla CO₂ emissiooni (hingamise) mõõtmine

Mulla koguhingamist (Rs) ja eraldi ka heterotroofset mullahingamist (Rh) mõõdeti uurimisaladel aprilli lõpust/mai algusest kuni oktoobri lõpuni vähemalt kord kuus. Mõõtmisi ei olnud võimalik läbi viia Ilumetsa (IM1) katsealal, kuna sealne pinnas oli liiga niiske ning enamik juurte eraldamiseks kasutatud torudest olid veega täitunud. Kõigi mõõtmiskordade keskmised tulemused on toodud joonisel 28. Üldiselt on mullahingamise intensiivsus kõrgem suvekuudel, kuna CO₂ vood mullast on meie kliimavööndis reeglina tugevalt seotud mullatemperatuuriga (e.g. Kukumägi et al. 2014, Kriiska et al. 2019). Keskmised Rs väärtused varieerusid alates 0,14 g CO₂ m⁻² h⁻¹ (VD1 alal oktoobri lõpus) kuni 0,87 CO₂ m⁻² h⁻¹ (TT1 alal juulis), mis on võrreldav varem Eestis mõõdetud tulemustega (Kriiska et al. 2019). Kõrgeim mullahingamise intensiivsus esineski TT1 uurimisalal, olles statistiliselt oluliselt suurem kui Karulas ($p < 0,05$); teiste alade vahel Rs osas olulisi erinevusi ei leitud.

Rh on oluline komponent mulla ja kogu ökosüsteemi süsinikubilansi hindamiseks. Rh osatähtsus mulla koguhingamisest võib suurtes piirides varieeruda, sõltudes taimkatte tüübist ja aastaajast (Hanson et al. 2000). Rh/Rs suhe reeglina väheneb suvel, kui juurtest tulenev CO₂ voog suurema peenjuurte produktsiooni tõttu kasvab (e.g. Kriiska et al. 2019). Antud projektis leiti madalaim keskmine kasvuperioodi Rh/Rs suhe TT1 alal (53%) ning kõrgeim VD2 alal (69%). Samas perioodi alguse Rh väärtused võivad olla üle hinnatud, kuna läbilõigatud juurte lagunemine suurendab ajutiselt CO₂ voogu mullast. Seetõttu oleks soovitatav mõõtmisi jätkata ka järgmisel kasvuperioodil, kui juured torude sees on juba lagunened.

Kuu keskmised mullatemperatuurid ja veesisaldused (VWC, m³ m⁻³) kõigil aladel on näidatud tabelites 8 ja 9. Kiidjärvel (KJ1) paigaldati sensorid mulda 13. mail, seetõttu on mai keskmine mulla temperatuur seal kõrgem kui teistel aladel. Mõnistes on loggeri rikke tõttu andmed kättesaadavad alates 26. juunist, samuti tekkis mõõtmistes katkestus perioodil 12. juuli – 1. august. Ilumetsa (IM1) alal lõpetati mullatemperatuuri ja VWC mõõtmine juuni lõpus, kuna ka mullahingamise mõõtmisi ei olnud seal võimalik läbi viia.



Joonis 28. Keskmised ($\pm$ SE) mullahingamise (Rs) ja heterotroofse hingamise (Rh) väärtused uurimisaladel

Keskmsed ($\pm$ SD) mullatemperatuurid ($^{\circ}$ C) uurimisaladel perioodil mai – oktoober

Tabel 8

Kuu	Karula		Mõniste		TT1		TT2		VD1		VD2		KJ1		IM1	
	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD
Mai	9.33	2.21			10.00	2.67	9.76	2.81	8.11	2.34	8.79	2.23	11.42	2.01	7.19	0.98
Juuni	14.66	1.53	15.31	1.24	15.22	1.97	14.97	1.83	12.76	1.60	13.44	1.49	14.95	1.83	8.68	2.22
Juuli	15.01	1.24	14.19	1.25	14.94	2.03	14.62	1.95	12.98	1.67	13.67	1.53	14.58	2.06		
August	15.08	0.86	15.17	1.37	15.22	1.45	14.88	1.45	13.51	1.07	13.98	0.92	14.81	1.55		
September	13.72	1.58	12.24	2.73	12.30	2.87	11.72	3.07	11.23	2.06	11.77	2.05	11.71	3.10		
Oktoober	9.61	1.07	8.90	1.53	8.73	1.88	8.31	1.88	8.52	1.43	8.36	1.47	8.33	1.88		

Keskmsed ($\pm$ SD) mulla veesisaldused ($\text{m}^3 \text{ m}^{-3}$) uurimisaladel perioodil mai – oktoober

Tabel 9

Kuu	Karula		Mõniste		TT1		TT2		VD1		VD2		KJ1		IM1	
	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD	keskm	SD
Mai	0.140	0.035			0.171	0.045	0.248	0.018	0.200	0.027	0.301	0.101	0.214	0.031	0.143	0.049
Juuni	0.135	0.038	0.155	0.043	0.126	0.050	0.218	0.043	0.193	0.040	0.305	0.122	0.165	0.053	0.176	0.108
Juuli	0.142	0.041	0.193	0.047	0.118	0.045	0.208	0.045	0.184	0.029	0.247	0.093	0.140	0.065		
August	0.127	0.040	0.103	0.034	0.100	0.041	0.171	0.048	0.212	0.042	0.278	0.105	0.124	0.064		
September	0.129	0.040	0.110	0.048	0.093	0.046	0.156	0.054	0.201	0.042	0.268	0.100	0.123	0.067		
Oktoober	0.166	0.028	0.164	0.033	0.151	0.044	0.220	0.041	0.270	0.090	0.463	0.194	0.192	0.068		

2.5. Yasso mudeli analüüs

Yasso on mulla orgaanilise süsiniku dünaamika mudel, mis arvestab mulla orgaanilise süsiniku hulka, selle muutust ja heterotroofset hingamist. Mudeli sisenditeks on mulla süsiniku hulk, aastase varise hulk ning ilmastiku tingimused. Välja on töötatud kolm erinevat Yasso mudelit: 1) Yasso, 2) Yasso07 ja 3) Yasso15 (Tuomi et 2011) . Iga järgnev mudel on tehtud detailsemaks ning mudeli parameetrid on ringi arvutatud suuremal andmestikul.

Mudeli koostamisel oli hüpoteesiks, et mingil ajaühikul varise lagunev osa on proportsionaalne alles oleva varise hulgaga ehk kumulatiivselt lagunenud osa on kirjeldatav eksponentsiaalse funktsioonina.

Mullas ja varises olev süsinik on erinevates ühendites ning nende proportsioonid sõltuvad mulla ja varise koostisest. Mudelis arvestatakse komponentide erineva lagunemise kiirusega ning need komponendid on jaotatud viide rühma: A) happes lahustuvad ühendid (peamiselt tselluloos); W) vees lahustuvad ühendid (peamiselt hemitselluloos jms polüsahariidid); E) etanoolis lahustuvad ühendid (vahad jms); N) ligniin ja H) stabiilne huumus.

Erinevad komponendid lagunevad erineva kiirusega ning toimuvad rühmade vahelised muutused. Tabelis 10 on toodud Yasso07 ja Yasso15 mudelite jaoks loodud keskmised ülemineku proportsioonid, mida korrigeeritakse asukoha ilmastiku (temperatuur ja sademed) andmete alusel.

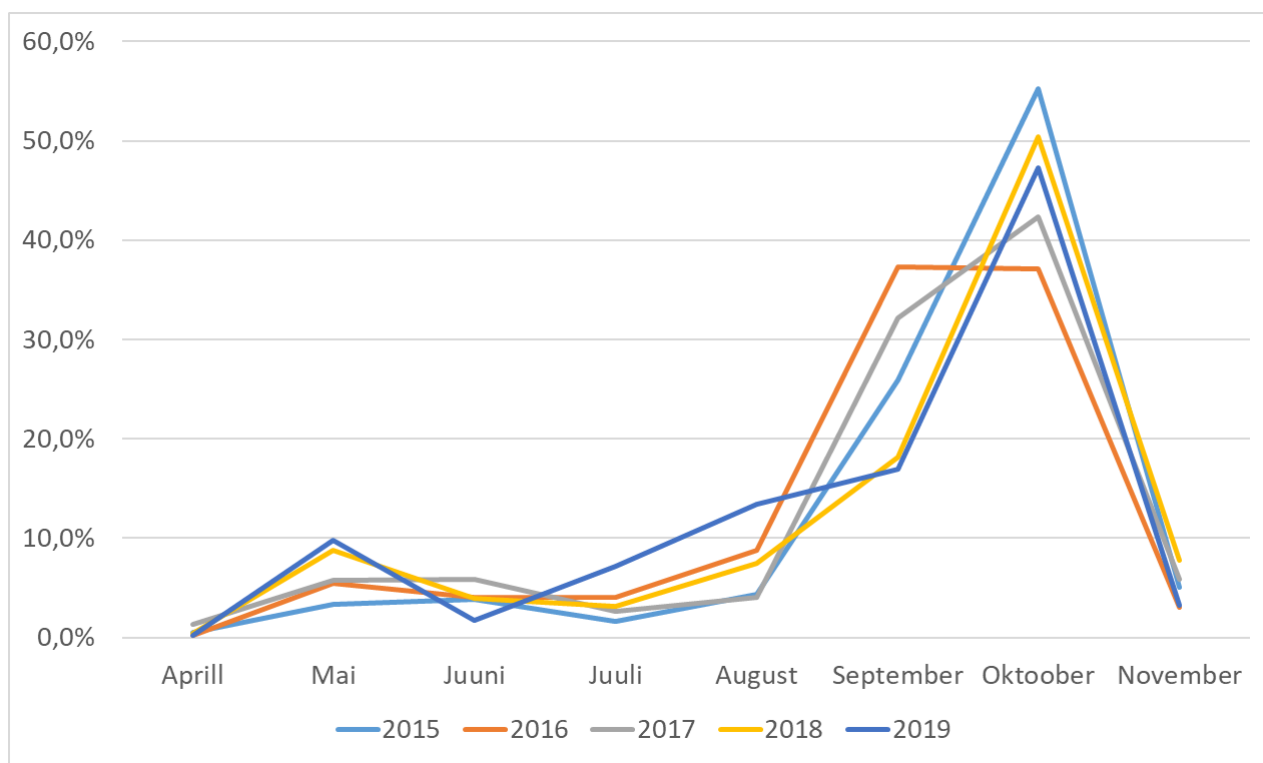
Yasso07 ja Yasso15 transformatsiooni maatriksi parameetrid.

Tabel 10

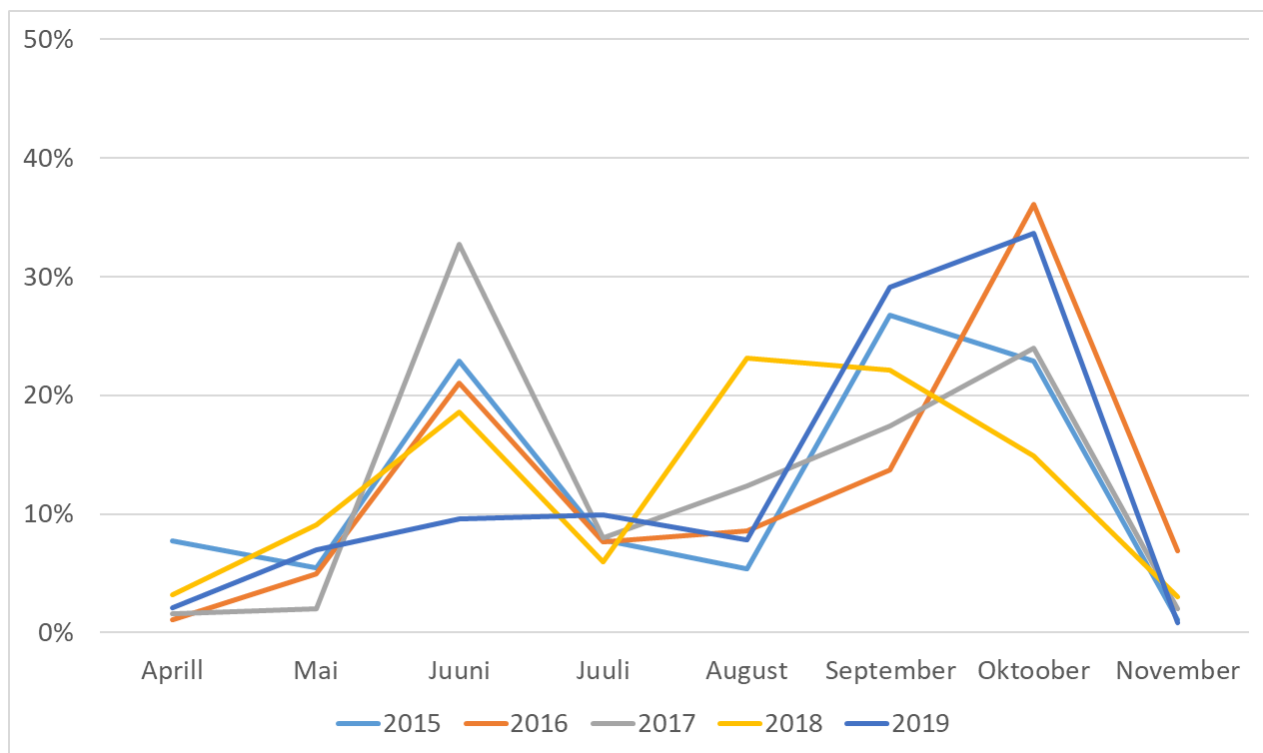
	Yasso07				Yasso15			
	A	W	E	N	A	W	E	N
A		0,99	0,00	0,00		0,99	0,00	0,00
W	0,48		0,00	0,01	0,44		0,00	0,10
E	0,01	0,00		0,92	0,25	0,08		0,65
N	0,83	0,01	0,03		0,92	0,01	0,07	

Lagunemise käigus tekivad uued ühendid ning need võivad olla vastastikused, näiteks, tselluloos võib muutuda hemitselluloosiks ja vastupidi (Tabelis 10 A->W ja W->A). Kuna nende keemilised koostised on erinevad, siis uute ühendite loomiseks kasutatakse ka varise välist hapnikku ja vesinikku ning seetõttu võib ajas antud grupi mass ajutiselt ka tõusta.

Aasta jooksul tekib metsas pidevalt varist, kuid selle tekkimise hulk aasta lõikes ei ole ühtlane ning sõltub peamiselt puuliigist. Lehtpuumetsades (Joonis 29) tekib valdav osa varisest septembri ja oktoobri kuus, okaspuumetsades (Joonis 30) on ka suvekuudel varise tekkimine suurem.

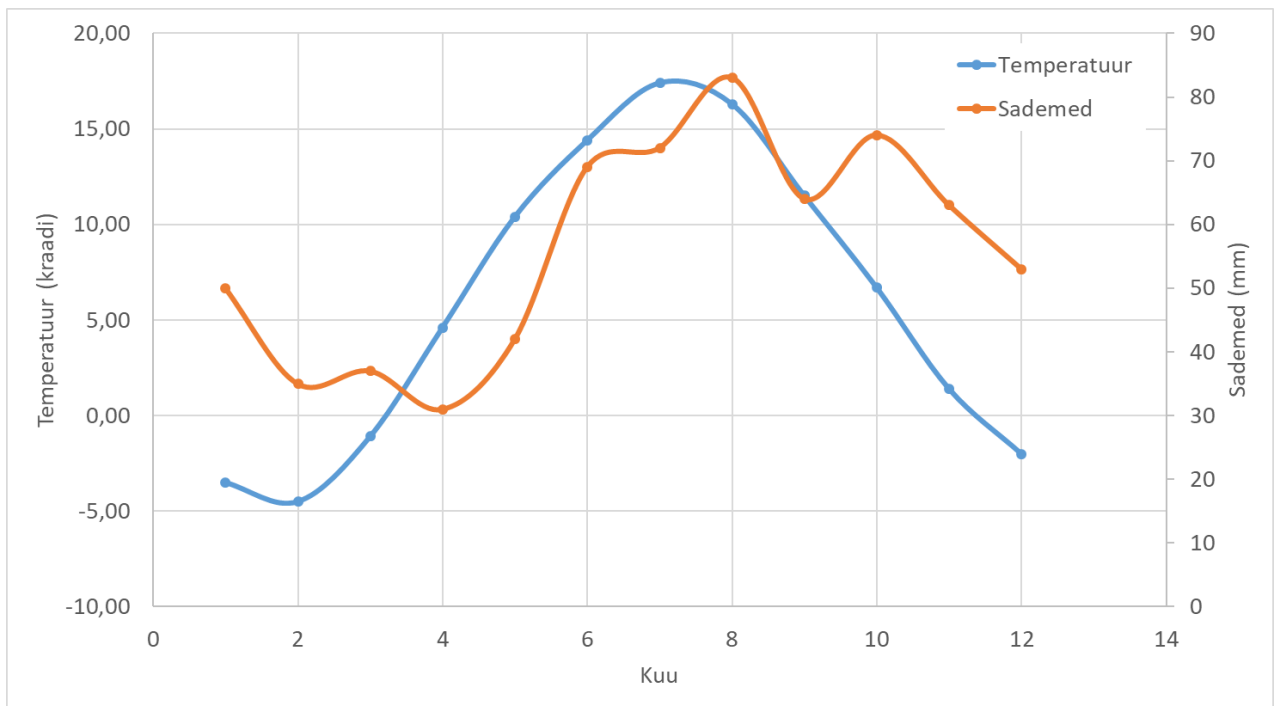


Joonis 29. Lehtpuumetsade aastase varise proportsionaalne jagunemine.



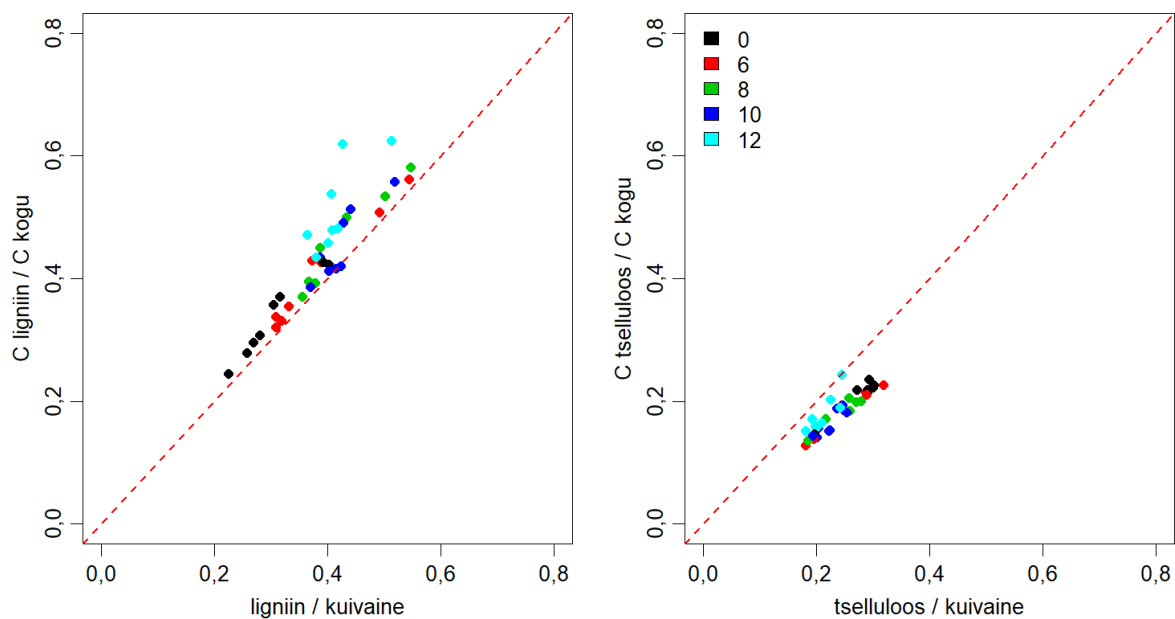
Joonis 30. Okaspuumetsade aastase varise proportsionaalne jagunemine.

Varise lagunemise kiirus sõltub nii kasvukoha mullast kui ka ilmastiku tingimusest. Seetõttu aasta jooksul tekkiva varise lagunemine ka varieeruv. Kuna varist tekib aasta jooksul pidevalt, siis on ka lagunemise algus ka erinevate ilmastiku tingimustega (Joonis 31), kas soojem ja kuivem või jahedam ja märjem või muud kombinatsioonid. Sellest lähtuvalt on Yasso mudeli jaoks vajalik teada täpsemaid nii varise koguseid kui ka ilmastiku tingimuste info kuude kaupa. Joonisel 30 on näha, kui varieeruv võib olla erinevatel aastatel kuude kaupa tekkiva varise osakaal, seetõttu on oluline pikaajaliste prognooside jaoks ka rohkematel aastatel mõõta tekkiva varise koguseid.

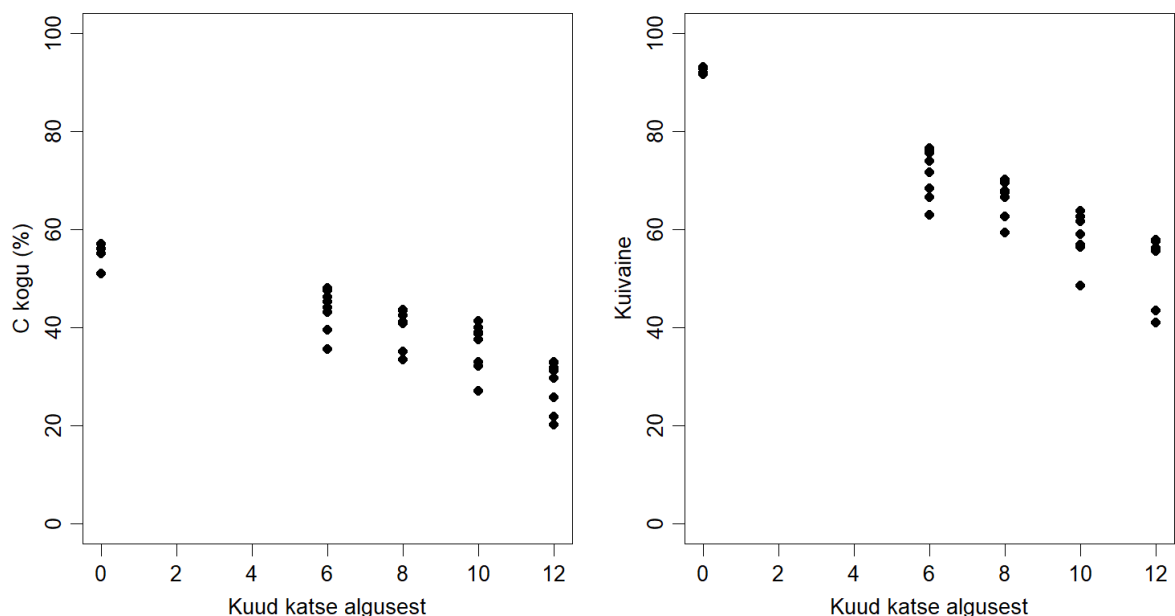


Joonis 31. Keskmine õhu temperatuur ja sademed kuude kaupa aastatel 1981-2010

Protsessi modelleerimisel on oluline esmalt määrata, kas modelleeritakse ainult süsinikku või kogu kuivaine põhiselt muutusi. Tselluloosis on 44,4% süsinikku ning ainult see osa on kogu orgaanilise süsiniku hulka arvestatud. Joonisel 4 on võrdlus tselluloosi ja ligniini osakaaludest vastavalt kogu orgaanilise süsiniku hulgast ja kuivkaalu hulgast. Joonisel 5 on kogu orgaanilise süsiniku ja kuivaine hulga muutus alates katse algusest.

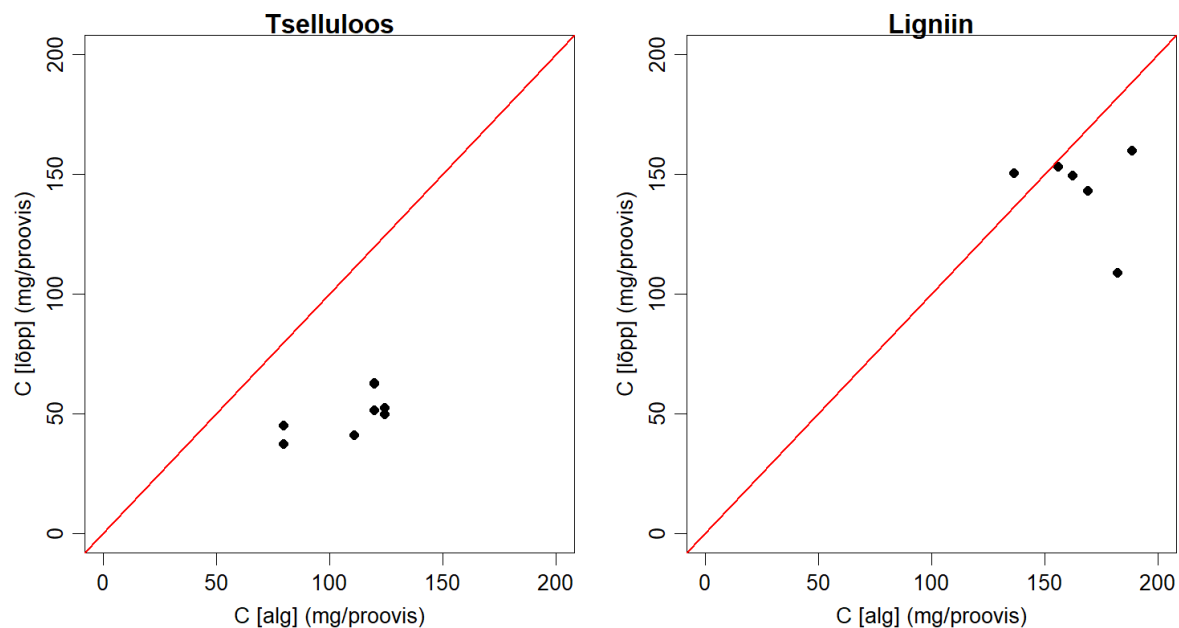


Joonis 32. Ligniini ja tselluloosi osakaalud lagunduskatsetes alates katse algusest kuni 12 kuud



Joonis 33. Kogu süsiniku osakaalu ja kuivaine hulga muutus alates lagunduskatse algusest

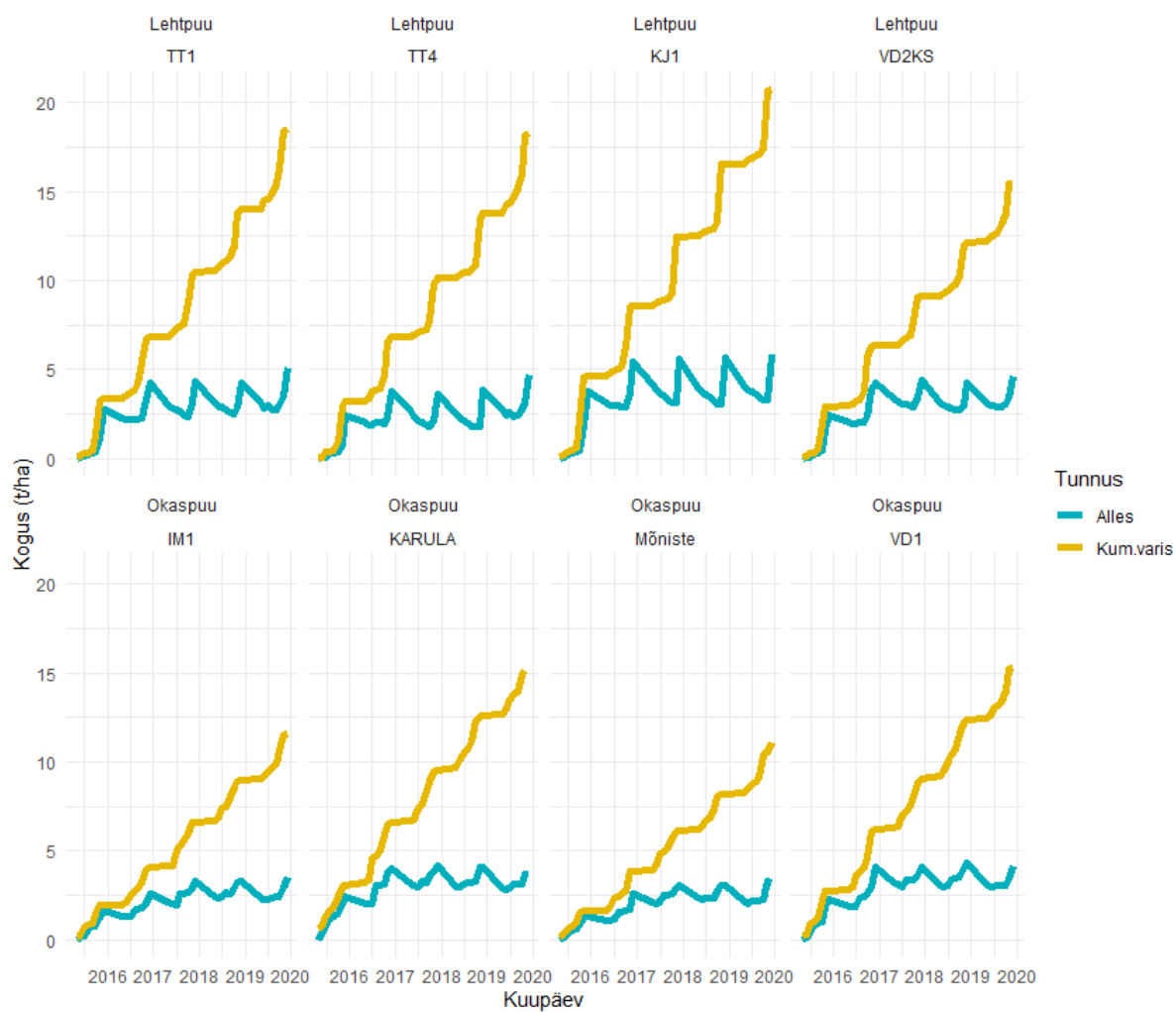
Yasso mudelile parameetrite välja töötamisel kasutasid mudeli autorid paljude riikide andmeid ning leidsid, et keskmiselt on aastane süsiniku kadu varise tselluloosis 73%, käesoleva töö ainult Eesti andmetel põhineva katse tulemuseks oli aastane kadu 54%. Ligniinis vastavalt mudeli autorite analüüsina 3,1% ja Eesti andmetel 18,7%. Antud töö käigus proovitükkide andmete vahel oli tselluloosi süsiniku kaol väiksem standardhälve (6,8%) kui ligniini süsiniku kao puhul (21,3%), mida näeb ka jooniselt 34, kus ligniini graafikul olevate punktide vaheline hajuvus on suurem.



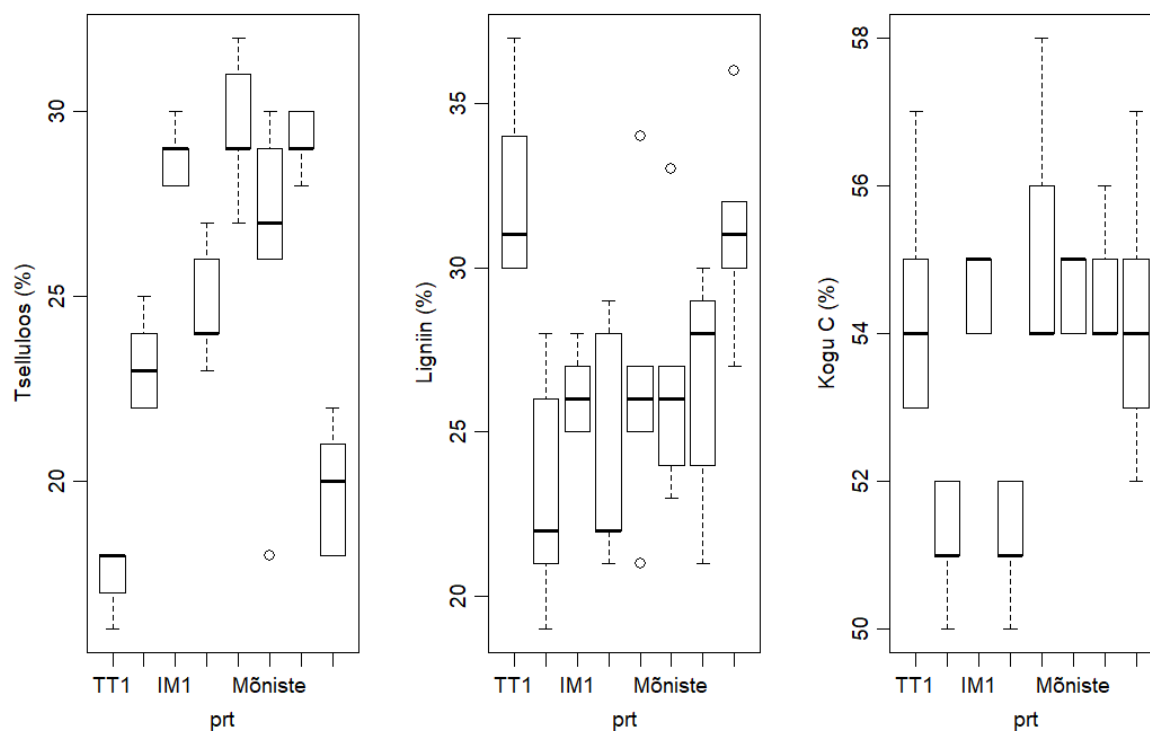
Joonis 34. Süsiniku aastane kadu tselluloosis ja ligniinis.

Puistupõhise mudeli eelduseks on mõningane stabiilsus, mõne aasta jooksul ei muutu oluliselt puistu puuliigiline koosseis ning kasvukoha tingimused on samad, aastate vahel varieeruvad kuude lõikes sademed ja temperatuur. Varist tekib pidevalt juurde ning selle lagunemine on samuti pidev protsess.

Joonisel 35 on proovitükkide varise kogused. Kumulatiivne varise kogus on mõõdetud tulemus. Alles olev osa on modelleeritud lagunemiskatsega saadud andmete alusel. Joonisel tuleks arvestada, et esimesel paaril aastal on lagunemise kogused allahinnatud, kuna teada on juurde tulnud varise hulk, kuid mitte enne seal olnud osa.



Joonis 35 Varise vood proovitükil: kumulatiivselt juurde tulnud alates 2015. aastast ning sellest lagunemise tulemusena alles jäänud.



Joonis 36. Tselluloosi, ligniini ja orgaanilise süsiniku osakaalu varieeruvus proovitükkide kaupa.

Proovitükkidel tehti 2016. ja 2017. aastal mullaprofiilide keemilised analüüsid. Vahepeal on vaadeldud nii varise voogusid kui ka tehtud lagunemiskatsed. Kindlasti vajaks kordamist mullaprofiilide keemiline analüüs, et kogu süsiniku ringe modelleerimisel näeks mullas toimunud tegelikke muutusi.

Jätkata tuleks tekkiva varise koguse analüüsiga, kuna Joonisel 36 on näha, kui palju aastate vaheline süsiniku osakaal varise koostises kõigub. Samuti on mõjutanud varise koguste varieeruvust erinevatel aastatel ilmastiku tingimused (tormid jms), seetõttu on pikaajalise varise koguse prognoosimise puhul ennustuse viga ka suurem.

3. Kokkuvõte

1. Puistute peenjuurte biomassi hinnati kaheksal vaatlusalal, mille puistud olid erineva liigilise koosseisu, vanuse ja kasvukohatingimustega. Kuna proovialad olid valitud piki keskkonnagradiiente, uuritud puistud olid erineva produktiivsusega ja hõlmasid erinevaid metsakasvukohatüüpe, siis saadud tulemuste põhjal saab väita, et peenjuurte biomass on oluline mulla süsinikuringe mõjutaja ning erineb kasvukohatüübiti. Aastane peenjuurte produktsioon oli suurem produktiivsemates puistutes, kuid okaspuude peenjuurte biomass oli kõrge väheproduktiivsetes puistutes (VD1). Lisaks on metsamuldade süsinikuringes oluline arvestada ka alustaimestiku juurte produktsiooni, seda eriti valgusküllastes, hõredates ja viljakates metsades, sest aastasest juureproduktsioonist võib alustaimestiku juurte osa olla kuni 40 %. Peenjuurte biomassis akumulunud süsiniku hulk on uuritud vaatlusaladel 1,92–2,83 t/ha.

2. Peenvarise seiret viidi läbi kokku kolmekümne ühel vaatlusalal. Peenvarise koguarises sisalduv keskmine süsinikuvoog aastas detailuuringute vaatlusaladel aastatel 2015 kuni 2018 oli küllaltki varieeruv, Mõniste – 1,137 T/ha kuni 2,007 T/ha vaatlusalal KJ1. Erinevus on küllaltki märkimisväärne – 44%. Vaatlusala siseselt ei ole varieeruvus erinevate aastate vahel nii suur. Kõige variserohkem aasta oli uuritud vaatlusaladel antud perioodil 2015. aasta Kiidjärvel (KJ1) varise aastane biomass oli 4,322 T/ha ja selles sisalduv süsinikuvaru 2,2472 T/ha.

3. Lagunduskatsed paigaldati kaheksale detailuuringute vaatlusalale. Igale vaatlusalale paigaldati 40 lehe/okkavarise ja 40 juurevarise proovi, kokku 640 lehe/okka- ja juurevarise proovi (joonis 7, 8). Paralleelselt nii lehe/okka- kui juurevarise lagundusproovidega paigaldati igale vaatlusalale ka 40 α -tselluloosi lagundusproovi, kokku 960 proovi.

Lagunduskatsete korjed algasid järgmisel kevadel. Esimene korje kõigi katsete osas (varise, peenjuurte, α -tselluloosi) toimus aprillis. Juunis ja augustis toimus korje ainult varise ja α -tselluloosi lagunduskatsete osas. Juurte korjed jäeti suvel vahele, kuna juba esimesel korjel ilmnes, et nende lagunemine toimub tunduvalt aeglasemalt ning proove pole seetõttu otstarbekas korjata neli korda aastas. Novembris toimus korje jällegi nii juurte, varise kui ka α -tselluloosi osas.

Kõigi kolme komponendi lagunemise intensiivsus on seotud eelkõige puistu mulla ja kasvukohatüübi viljakusega. Kõige aeglasemalt toimub peenjuurte lagunemine ja kõige kiiremini lagunes α -tselluloos. Kui peenjuurte puhul oli aastane süsinikuvaru kadu 25,77 (Mõniste) kuni 45,03 % KJ1, siis varise osas oli see 28,68 (Mõniste) kuni 61,62 % TT1. Puhta α -tselluloosi osas oli lagunemine veelgi kiirem, aasta jooksul oli proovist lagunenud keskmiselt 99,81 % (TT1)

kuni 50,17 % Mõniste vaatlusalal. Äärmuste vaheline erinevus on tingitud kasvukoha viljakuse erinevusest. Mõniste puhul on tegemist põuakartliku mulla (LI) ja väheviljaka kasvukohatüübiga (SM), kuid TT1 vaatlusala puhul on tegemist väga viljaka metsamulla (LPg) ja metsakasvukohatüübiga (ND), kus on väga head tingimused orgaanilise aine lagunemiseks. Väga head oli lagunemistingimused ka vaatlusaladel KJ1 ja TT4. Mõlemal puhul oli samuti tegemist väga viljakate puistu kasvukohatüüpidega. Vähem oli lagunemise intensiivsus seotud puistu vanuse ja liigilise koosseisuga. Peenjuurte lagunduskatsete üles võtmist oleks vajalik jätkata 2020. aasta vegetatsiooniperioodil.

4. Mulla koguhingamist (R_s) ja eraldi ka heterotroofset mullahingamist (R_h) mõõdeti uurimisaladel aprilli lõpust/mai algusest kuni oktoobri lõpuni vähemalt kord kuus. Mõõtmisi ei olnud võimalik läbi viia Ilumetsa katsealal, kuna sealne pinnas oli liiga niiske ning enamik juurte eraldamiseks kasutatud torudest olid veega täitunud. Kõigi mõõtmiskordade keskmised tulemused on toodud joonisel 28. Üldiselt on mullahingamise intensiivsus kõrgem suvekuudel, kuna CO_2 vood mullast on meie kliimavööndis reeglina tugevalt seotud mullatemperatuuriga (e.g. Kukumägi et al. 2014, Kriiska et al. 2019). Keskmised R_s väärtused varieerusid alates 0,14 $\text{g CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (VD1 alal oktoobri lõpus) kuni 0,87 $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ h}^{-1}$ (TT1 alal juulis), mis on võrreldav varem Eestis mõõdetud tulemustega (Kriiska et al. 2019). Kõrgeim mullahingamise intensiivsus esineski TT1 uurimisalal, olles statistiliselt oluliselt suurem kui Karulas ($p < 0,05$); teiste alade vahel R_s osas olulisi erinevusi ei leitud.

R_h on oluline komponent mulla ja kogu ökosüsteemi süsinikubilansi hindamiseks. R_h osatähtsus mulla koguhingamisest võib suurtes piirides varieeruda, sõltudes taimkatte tüübist ja aastaajast (Hanson et al. 2000). R_h/R_s suhe reeglina väheneb suvel, kui juurtest tulenev CO_2 voog suurema peenjuurte produktsiooni tõttu kasvab (e.g. Kriiska et al. 2019). Antud projektis leiti madalaim keskmine kasvuperioodi R_h/R_s suhe TT1 alal (53%) ning kõrgeim VD2 alal (69%). Samas perioodi alguse R_h väärtused võivad olla üle hinnatud, kuna läbilõigatud juurte lagunemine suurendab ajutiselt CO_2 voogu mullast. Seetõttu oleks soovitatav mõõtmisi jätkata ka järgmisel kasvuperioodil, kui juured torude sees on juba lagunened.

5. Puistu peenvarise uuringute vaatlusaladel tehti 2016. ja 2017. aastal mullaprofiilide keemilised analüüsid. Vahepeal on vaadeldud nii varise voogusid kui ka tehtud lagunemiskatsed. Kindlasti vajaks kordamist mullaprofiilide keemiline analüüs, et kogu süsiniku ringe modelleerimisel näeks mullas toimunud tegelikke muutusi.

Jätkata tuleks tekkiva varise koguse analüüsiga, kuna Joonisel 36 on näha, kui palju aastate vaheline süsiniku osakaal varise koostises kõigub. Samuti on mõjutanud varise koguste varieeruvust erinevatel aastatel ilmastiku tingimused (tormid jms), seetõttu on pikaajalise varise koguse prognoosimise puhul ennustuse viga ka suurem.

Projekti käigus kogutud Yasso mudeli sisendparameetrite (varise hulk, varise lagunemise kiirus, peenjuurte boimass, peenjuurte lagunemise kiirus, CO₂ emissiooni intensiivsus, mulla omadused ja teised tegurid) tulemuste analüüs näitas, et nende väärtuste varieeruvust mõjutavad oluliselt ilmastiku tingimused, mulla omadused ja eriti varise tekkimise aeg aasta jooksul, millest sõltub tegelik varise lagunemise algus ja intensiivsus. Seetõttu ei ole võimalik lühiajaliste katsete tulemuste baasil teha statistiliselt usaldusväärseid üldistusi ja koostada pikaajalisi prognoose. Usaldusväärsete tulemuste saamiseks on vaja jätkata käesolevate uuringutega.

Kasutatud kirjandus

Hanson, P.J., Edwards, N.T., Garten, C.T., Andrews, J.A. (2000). Separating root and soil microbial contributions to soil respiration: A review of methods and observations. *Biogeochemistry*, 48, 115–146.

ICP IM Programme Centre. 1998. Manual for Integrated Monitoring. Helsinki. Finnish Environment Institute.

KIK 2012 metsandusprogrammi projekt nr 3793 „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri uuringud riikliku aruandluse täitmiseks maakasutuse ja metsandussektoris“ aruanne. E. Asi, J. Frey, I. Ostonen-Märtin, T. Timmusk.

KIK 2014 metsandusprogrammi projekt nr 8171 „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri uuringud riikliku aruandluse täitmiseks metsavarise osas“, lõpparuanne. Asi, E. 2016. Keskkonnaagentuur, 65 lk.

KIK metsandusprogrammi projekt nr 12654 „Kasvuhoonegaaside heitkoguste inventuuri uuringud riikliku aruandluse täitmiseks metsavarise ja -mulla osas“ lepingu nr 3-2_8/5301-5/2016 11 aruanne. Asi, E., Timmusk, T. 2018. Keskkonnaagentuur.

Kriiska, K., Frey, J., Asi, E., Kabral, N., Uri, V., Aosaar, J., Varik, M., Napa, Ü., Apuhtin, V., Timmusk, T., Ostonen, I. (2019). Variation in annual carbon fluxes affecting the SOC pool in hemiboreal coniferous forests in Estonia. *Forest Ecology and Management*, 433, 419–430.

Kukumägi, M., Ostonen, I., Kupper, P., Truu, M., Tulva, I., Varik, M., Aosaar, J., Söber, J., Lõhmus, K. (2014). The effects of elevated atmospheric humidity on soil respiration components in a young silver birch forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 194, 167–174.

Lõhmus, E., (2004). Eesti metsakasvukohatüübid. Eesti Loodusfoto — Tartu, 80 lk.

Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests, 2006.

Tuomi, M., Laiho, R., Repo, A., & Liski, J. 2011. Wood decomposition model for boreal forests. *Ecological Modelling* 222 (3): 709-718.

Uri, V., (2018). Metsavarise seire, uuringud ja modelleerimine. Riikliku keskkonnaseire tugiprogrammi arendustegevuse töö. 2014–2018. Lõpparuanne. Eesti Maaülikool – 31 lk.

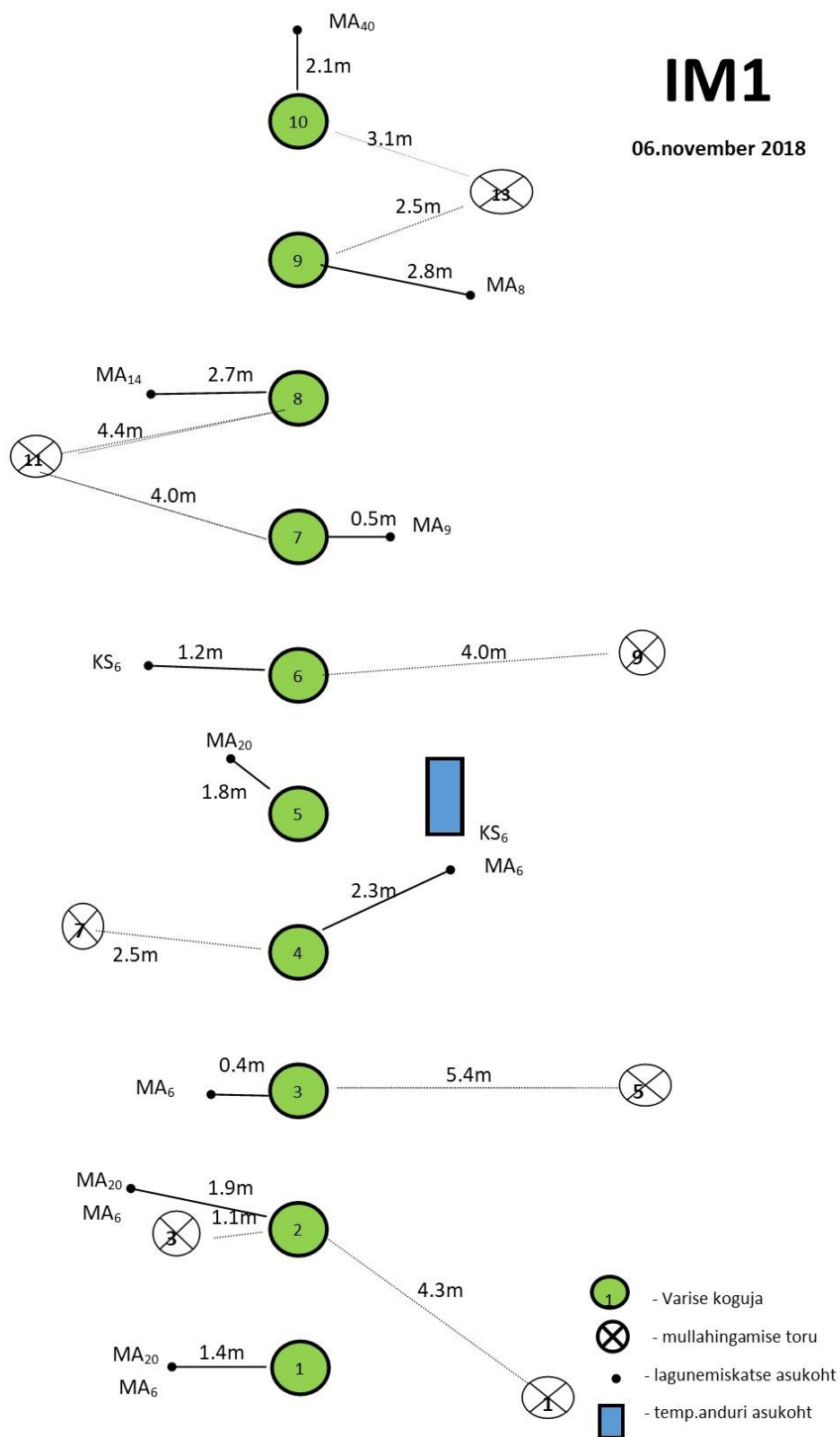
LISAD

Lisa 1

Vaatlusalade skeemid

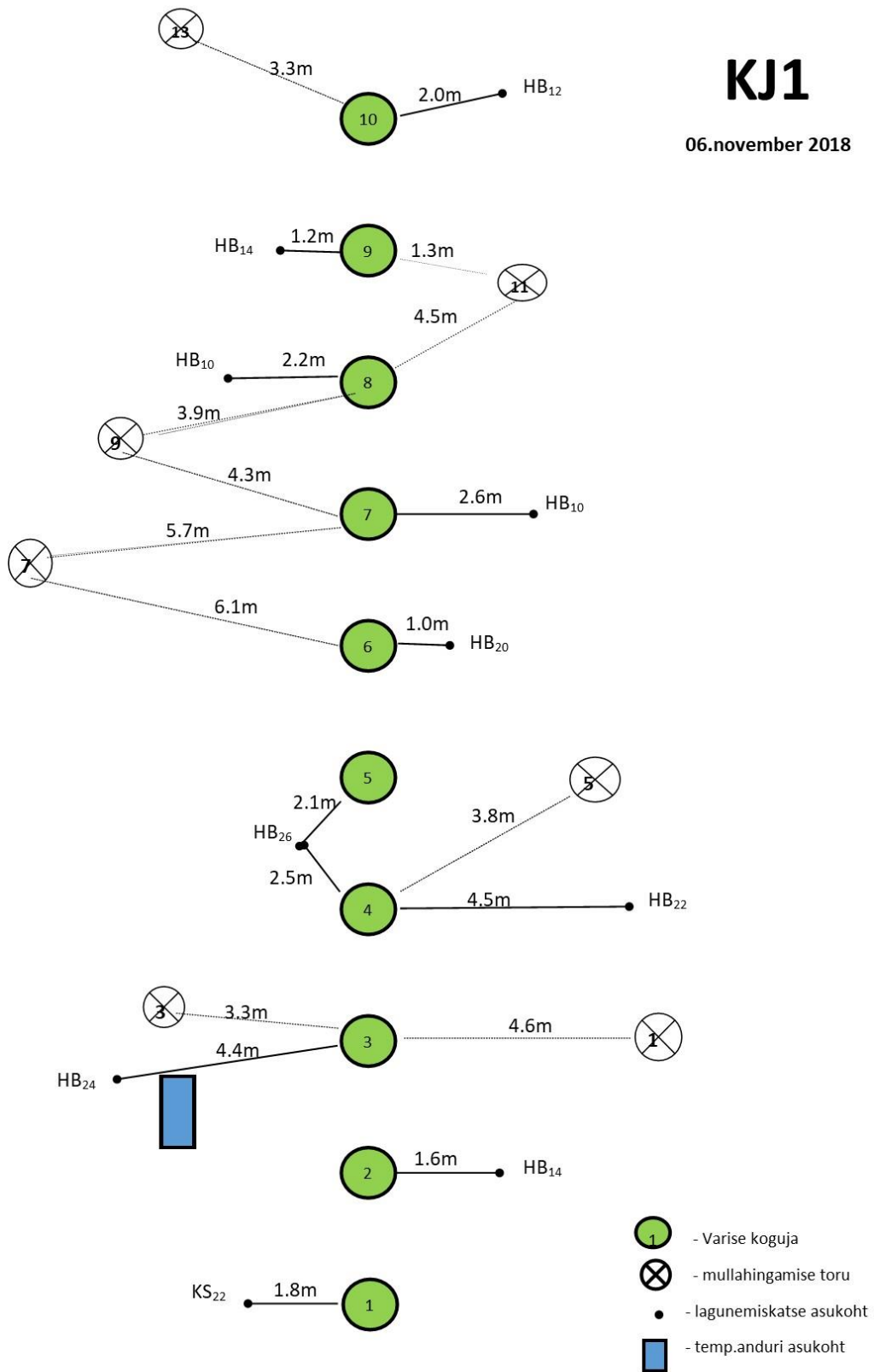
IM1

06.november 2018



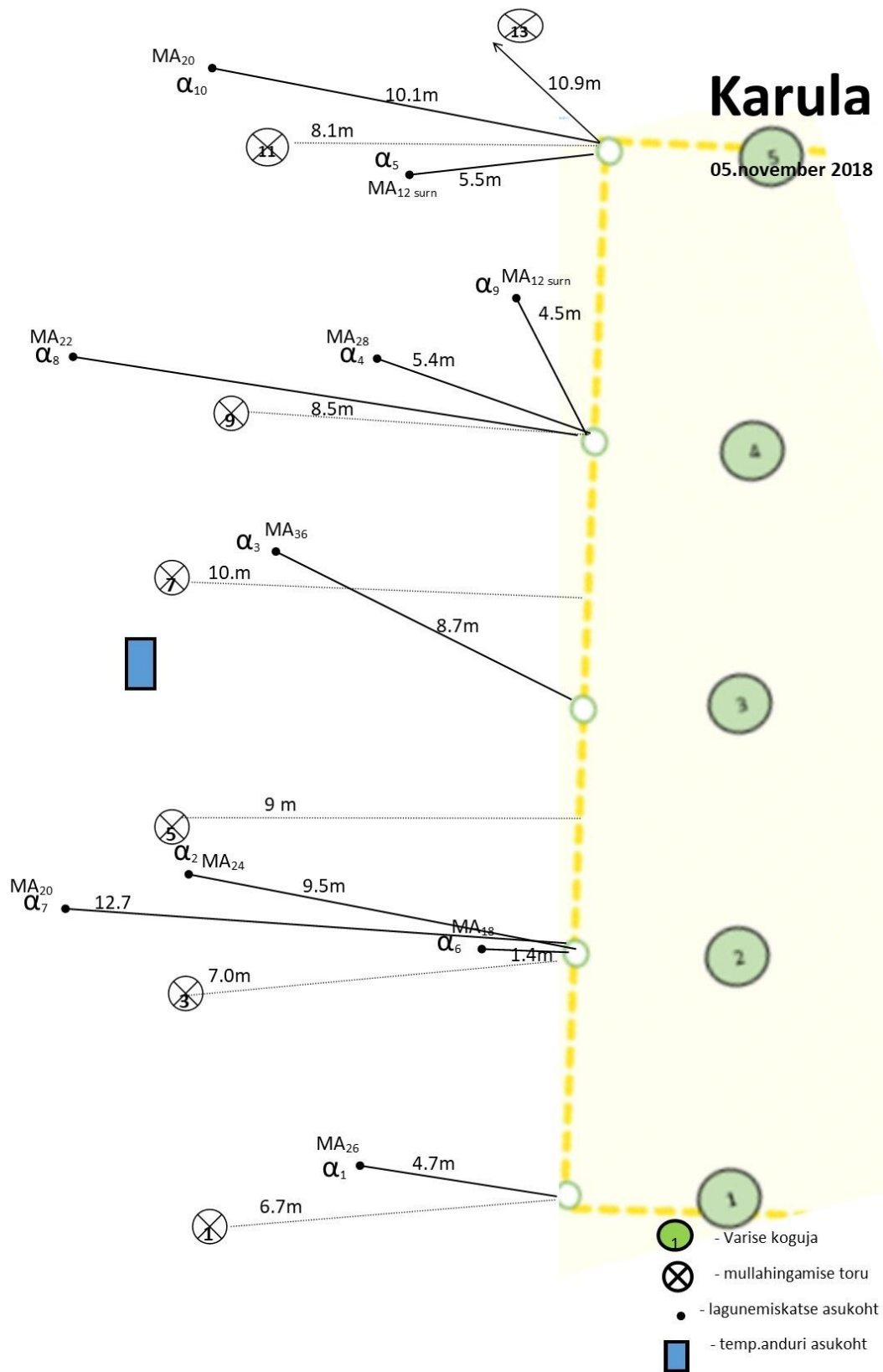
KJ1

06.november 2018



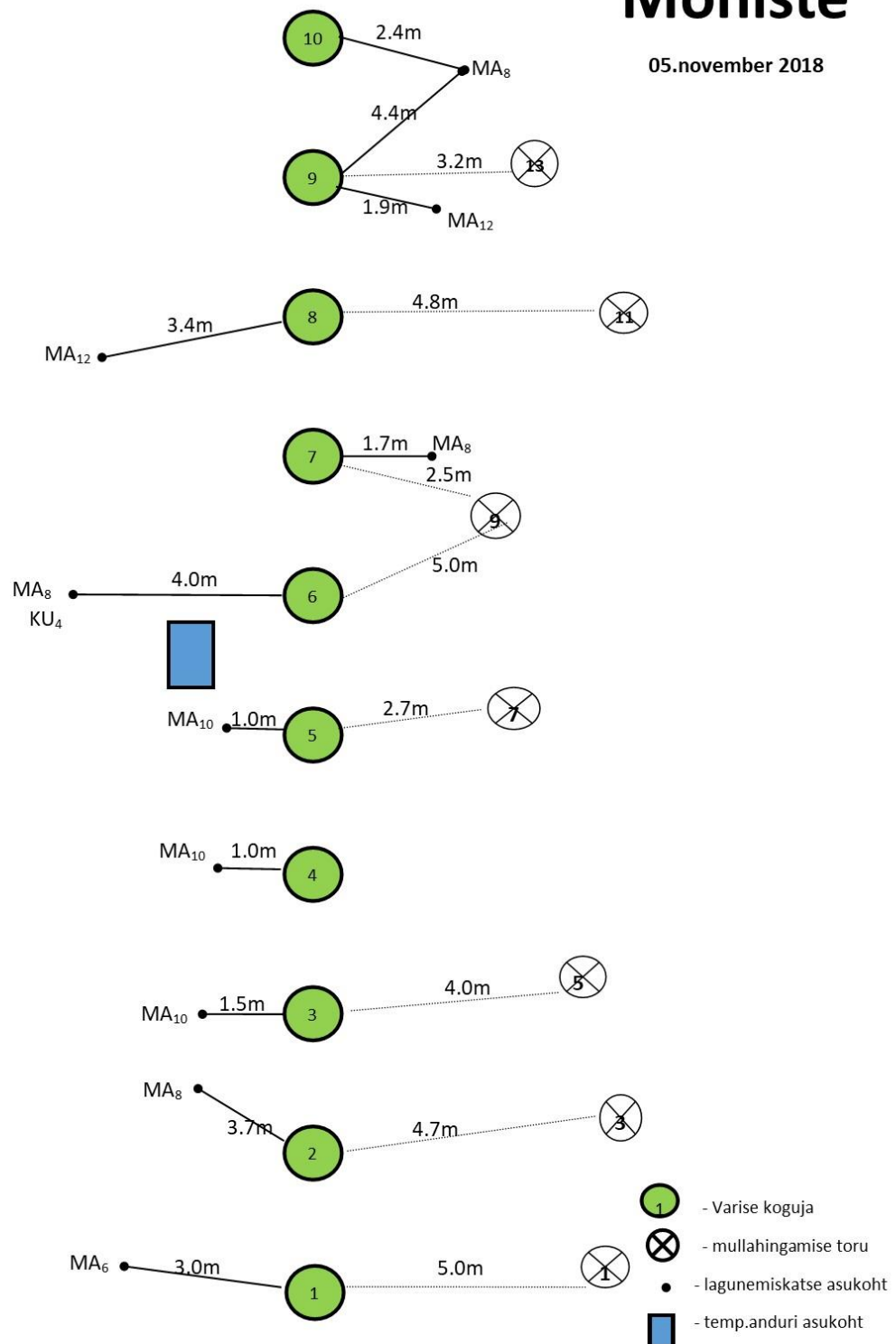
Karula

05.november 2018



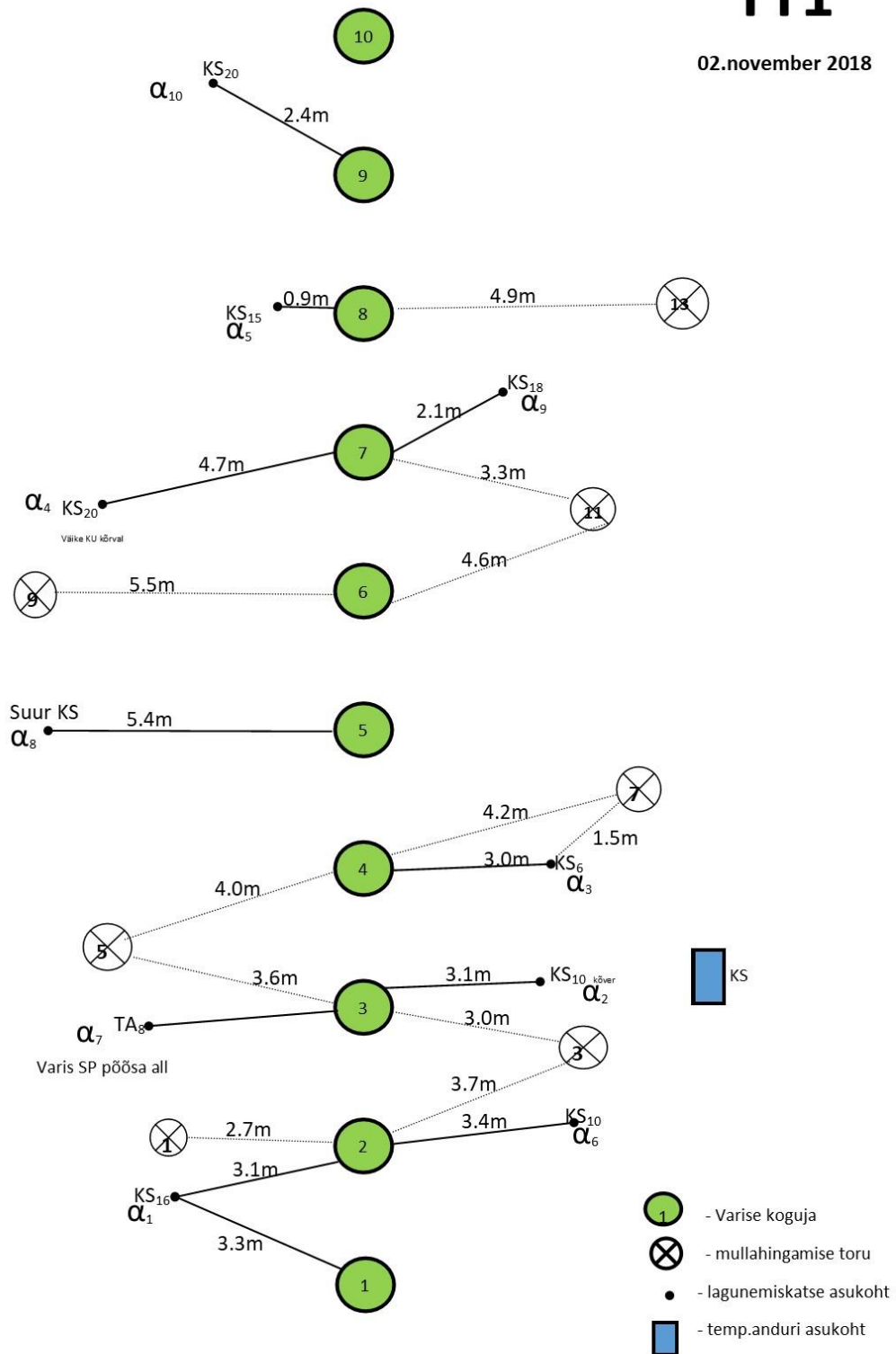
Mõniste

05.november 2018

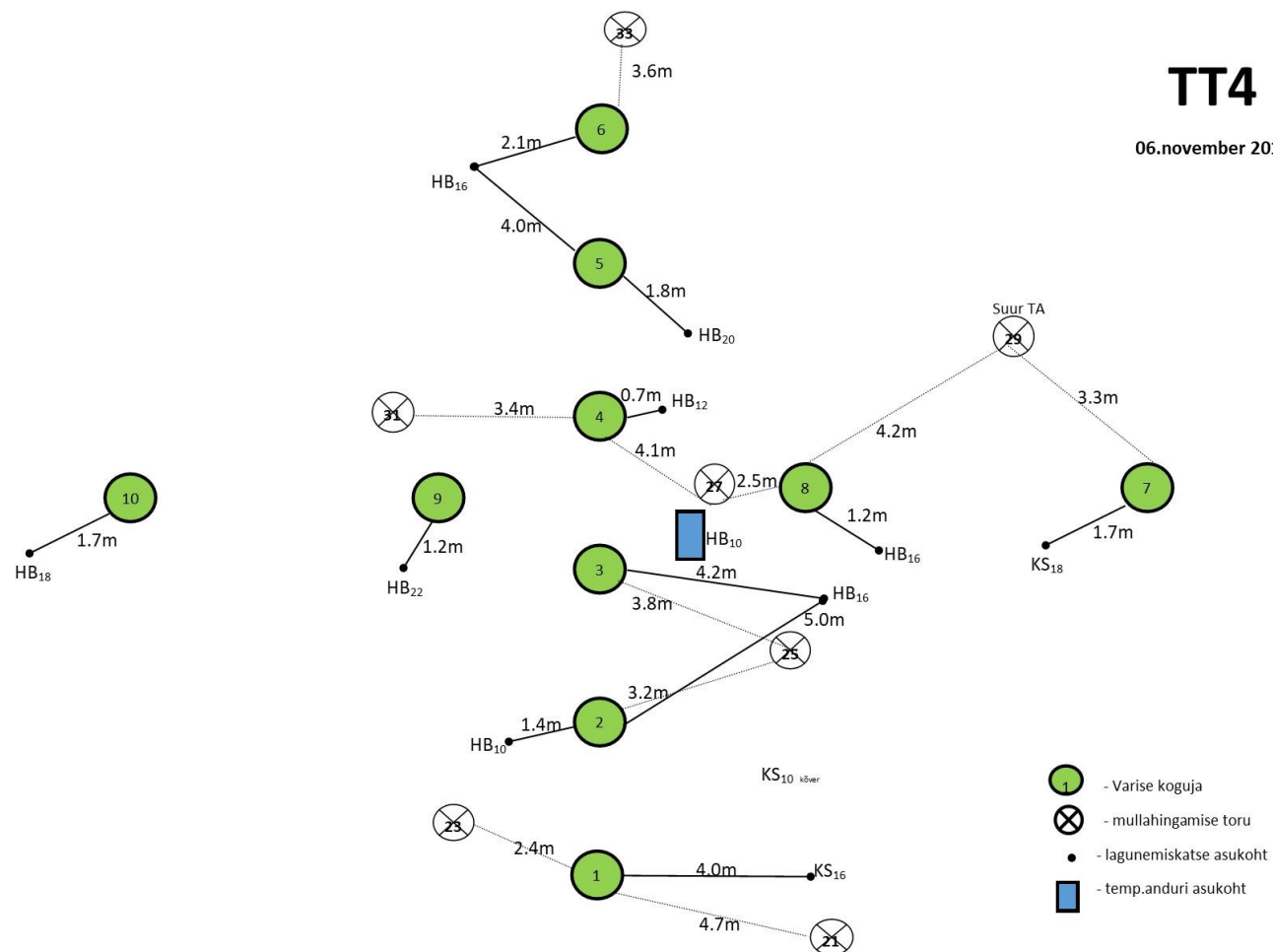


TT1

02.november 2018

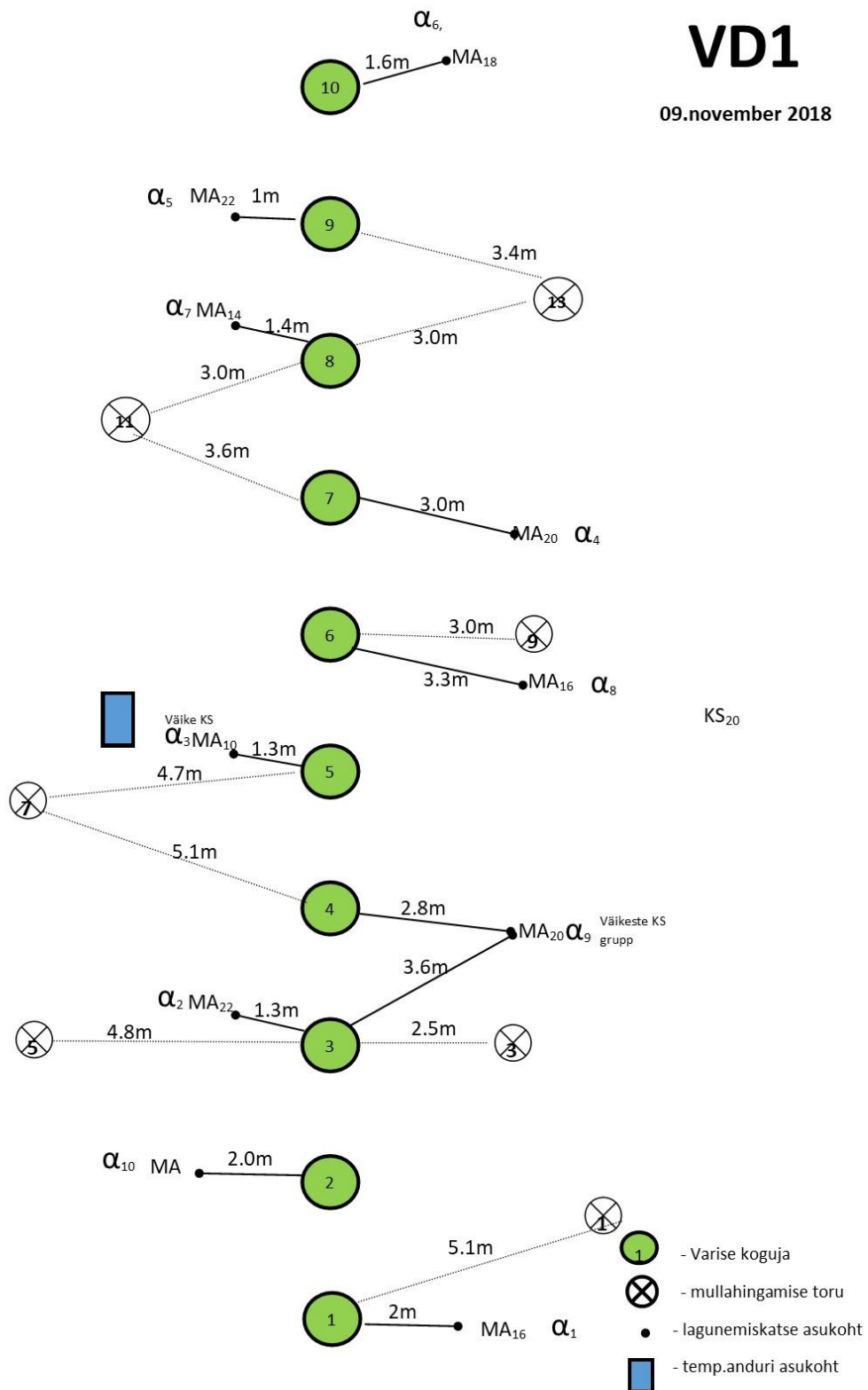


06.november 2018



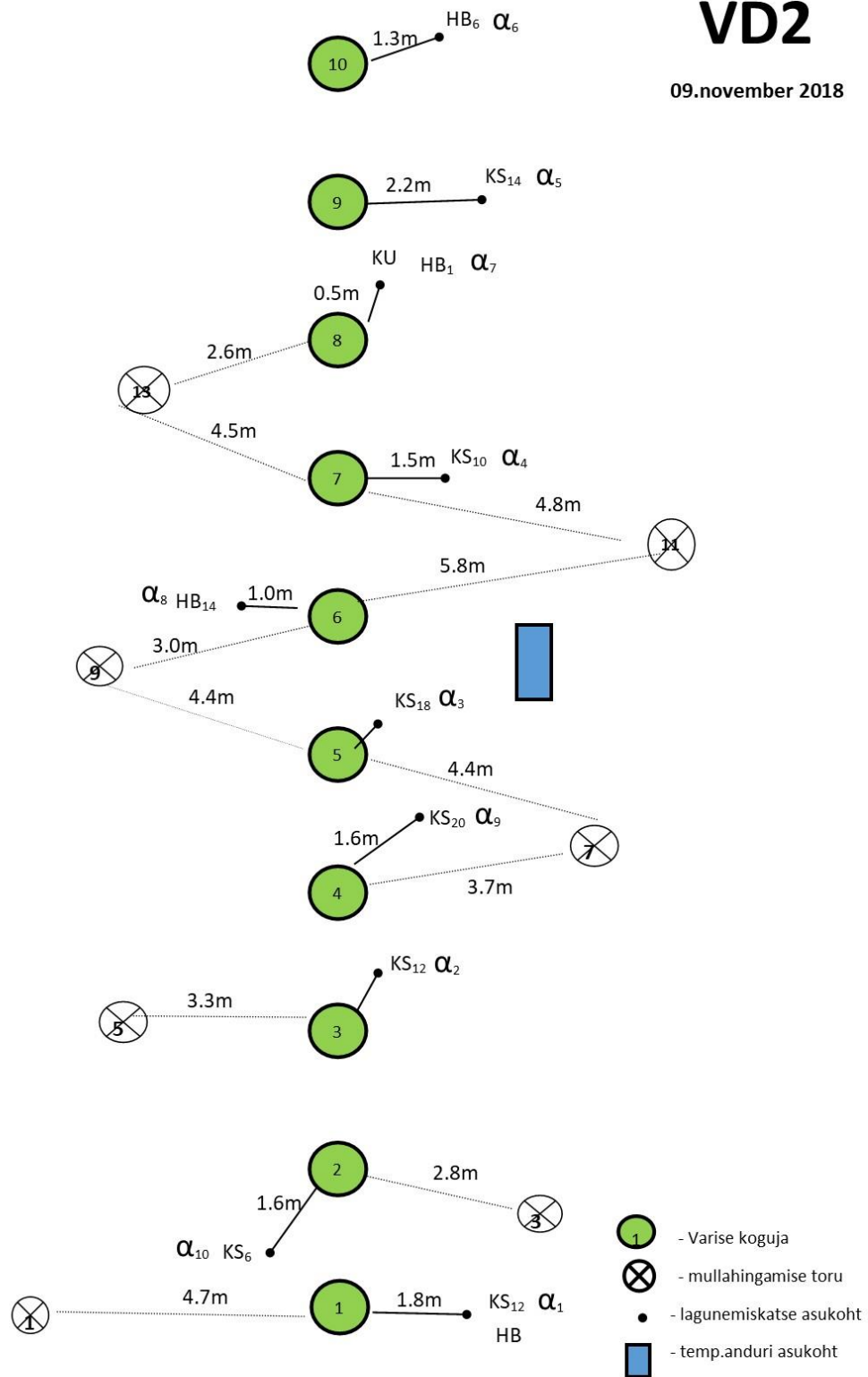
VD1

09.november 2018



VD2

09.november 2018



Lisa 2 Aastased varisevood kõigil varise vaatlusaladel fraktsioonide lõikes aastatel 2015-2019

Prooviala	Prooviala iseloomustav kood	KOKKU 2015				KOKKU 2016				KOKKU 2017				KOKKU 2018				KOKKU 2019 (puudub talv 2019/2020)			
		Kogu varis (g)	okka kaal (g)	leht (g)	oks (g)	Kogu varis (g)	okka kaal (g)	leht (g)	oks (g)	Kogu varis (g)	okka kaal (g)	leht (g)	oks (g)	Kogu varis (g)	okka kaal (g)	leht (g)	oks (g)	Kogu varis (g)	okka kaal (g)	leht (g)	oks (g)
VD1	LN-MA-V	816.8	535.9	3.6	43.6	893.7	550.3	4.2	32.2	761.2	502.7	2.6	18.4	894.8	539.6	4.9	120.4	727.4	503.9	4.2	30.9
VD2	LN-Lehtp-N	791.8	2.7	629.1	95.9	869.9	1.9	707.5	51.9	716.1	1.9	568.3	54.7	790.1	13.9	560.6	113.0	820.4	4.5	629.1	32.5
VD3	PN-MA/lehtp-V	1138.0	349.0	361.1	203.2	1177.4	356.6	385.9	151.7	1035.8	373.5	328.4	118.6	1241.9	401.6	398.3	174.6	1072.6	346.9	344.0	150.8
VD4	PN-KS-V	1056.2	0.8	869.2	100.1	1084.1	0.1	845.7	114.3	1055.4	0.2	743.0	192.7	916.8	0.4	705.0	117.0	1007.6	0.4	774.8	128.6
VD5	PN-MA/KU-V	1109.8	683.4	31.8	149.5	1120.4	659.8	32.9	72.2	1092.0	745.9	23.2	82.6	1473.4	927.1	38.9	135.0	810.8	510.2	21.4	74.3
VD6	PN-MA-N	617.4	515.4	5.9	7.8	767.2	639.6	5.7	5.6	810.0	694.6	7.8	12.2	1051.7	885.5	9.4	12.2	754.8	635.6	6.7	8.8
TT1	PN-KS-N	861.8	7.1	746.3	33.4	885.7	4.4	703.4	36.6	952.5	3.7	760.7	105.4	935.1	4.4	694.7	93.5	1115.2	0.9	705.4	34.1
TT2	PN-KU-N	496.2	438.1	14.3	3.1	632.1	560.7	11.0	4.4	694.6	602.5	25.9	8.2	1515.2	1332.1	42.2	12.6	446.8	392.8	12.4	3.7
TT3	LN-KU/lehtp-N	401.1	20.5	332.9	11.6	499.5	24.0	363.6	21.8	496.5	27.6	369.2	42.2	552.2	28.5	423.6	29.0	610.4	31.5	468.3	32.1
TT4	PN-Lehtp-N	814.3	4.3	693.4	60.2	931.7	4.0	728.9	119.6	875.3	128.3	617.8	68.7	916.9	11.6	738.0	83.0	933.6	3.8	779.0	45.5
TT5	PN-KU/lehtp-N	887.9	66.8	677.9	70.8	945.1	40.9	644.6	96.5	952.8	57.1	673.7	116.6	1118.1	66.5	802.3	113.4	1123.4	66.8	806.1	113.9
TT6	PN-HB-N	871.4	0.5	712.7	94.8	967.2	0.4	754.3	115.8	889.6	0.5	734.8	74.6	1049.1	0.5	847.6	109.2	991.2	0.5	800.9	103.2
VA1	PN-MA/KU-N	855.3	673.4	3.3	23.4	935.4	770.9	3.3	33.9	744.5	617.6	2.4	25.0	1178.8	959.2	4.2	38.2	746.8	607.7	2.6	24.2
VA2	PN-MA/lehtp-N	799.9	388.7	237.7	14.5	849.7	382.5	260.1	35.9	991.6	381.4	268.1	79.9	949.5	418.0	276.5	44.6	940.1	413.9	273.8	44.2
VA3	LN-KU/lehtp-V	991.3	192.3	552.6	122.8	1086.6	226.5	562.8	97.3	1018.1	258.6	473.5	97.2	1378.7	301.7	708.0	142.0	1039.0	227.3	533.5	107.0
VA4	LN-Lehtp-V	1043.1	0.6	820.1	103.9	1109.8	0.2	827.6	104.0	1085.7	0.5	760.5	138.7	1067.2	0.4	794.2	114.2	1215.9	0.5	904.8	130.1
VA5	LN-KS-N	797.2	0.1	592.4	102.2	791.8	0.3	646.2	39.4	717.2	0.1	520.7	66.5	811.6	0.2	618.3	73.2	831.4	0.2	633.3	75.0
IM1	LN-MA-N	560.3	381.1	23.3	40.8	566.8	395.4	20.1	24.4	677.9	467.9	15.5	7.2	629.0	420.2	14.2	7.6	644.2	446.2	22.6	36.9
IM2	LN-MA/lehtp-N	606.8	343.3	155.3	19.8	635.8	333.6	141.3	44.9	750.5	403.0	129.9	59.3	603.6	327.5	131.0	36.7	668.2	362.5	145.1	40.6
IM3	PN-MA/KU-V	1214.1	627.1	3.3	233.6	851.8	508.6	3.1	90.9	1129.2	651.6	2.8	128.2	1052.4	593.1	3.1	144.7	986.7	556.1	2.9	135.7
KJ1	PN-HB-V	1158.0	0.1	995.8	80.2	994.1	0.1	851.2	46.8	984.1	0.0	812.8	87.6	1032.1	0.0	874.0	71.6	1035.2	0.0	870.1	48.5
KJ2	PN-Lehtp-V	1033.5	0.4	777.1	142.6	893.8	1.2	624.6	81.9	989.4	0.7	748.6	107.8	952.7	0.8	700.9	107.5	1044.2	0.9	768.3	117.8
KJ3	LN-MA/lehtp-V	1312.0	430.5	317.4	197.0	1227.7	470.5	297.9	86.9	1169.2	447.3	283.6	118.3	1291.1	470.8	313.0	138.6	1128.1	411.4	273.5	121.1
Karepa2	PK-MA-N	979.4	267.5	434.8	143.9	971.1	259.3	403.5	76.3	844.9	239.2	389.8	82.0	1708.2	468.8	752.1	183.6	941.5	258.4	414.5	101.2
Mõniste	PN-KU/lehtp-V	457.7	393.4	5.0	7.6	577.1	515.5	3.7	3.1	606.8	508.2	6.2	20.9	586.6	457.3	7.8	41.7	713.5	558.1	8.9	29.4
Vändra	PN-KU-V	1194.3	698.3	115.8	175.3	1220.3	800.4	116.0	152.9	1101.5	715.1	101.5	103.5	1431.0	901.4	135.6	174.6	1631.9	1028.0	154.6	199.1
Põikva	LN-KS-V	1128.2	52.8	690.4	242.5	818.7	26.1	512.3	125.7	637.1	15.5	370.0	112.3	785.6	27.0	476.2	142.6	931.5	32.0	564.6	169.1
Sagadi	PK-MA-V	864.0	472.1	1.5	152.6	760.4	418.2	1.0	94.8	725.5	441.3	1.1	71.4	942.9	559.4	1.9	128.9	544.4	309.3	0.8	72.5
Vihula	PN-MA-V	849.6	436.1	39.3	100.2	885.2	488.6	31.5	99.6	852.5	450.7	28.1	54.1	1031.5	620.8	31.4	110.5	622.9	331.0	23.8	61.0
Karula	PN-MA-V	907.6	430.0	3.9	148.4	991.7	488.0	2.4	114.4	813.0	422.8	2.9	105.3	844.8	463.4	3.5	52.9	747.4	337.9	3.5	85.8
Karepa	PN-KU-V	1151.0	685.9	0.2	214.1	1365.4	361.8	0.1	92.9	830.3	557.4	0.1	90.9	2062.4	1053.4	0.3	249.9	1526.5	779.7	0.2	185.0
KOKKU		27766.0	9098.4	10847.5	3139.5	28306.9	9290.6	10496.4	2268.5	27000.8	9717.4	9773.6	2451.0	30732.4	11201.7	11111.0	2866.7	26827.1	8378.9	10953.4	2357.6
Märkus:																					
projektis osalenud proovitükkidel varised sorteeriti																					
2018. ja 2019.a varise fraktsioonid on arvutatud proovitükkidel, mis ei osalenud antud projektis, aastate 2015-2017 fraktsioonide keskmiste järgi.																					

Lisa 3 Aastased varise ja süsinikuvood 8-l vaatlusalal aastatel 2015-2018.

Proovi-ala	Frakt-sioon	2015						2016						2017						2018						Keskmine Org C voog t/ha/a
		Kogutud mass (g)	Varise- voog g/m2	Kuiv aine %	Bio- mass t/ha	Org C %	Org C voog t/ha/a	Kogutud mass (g)	Varise- voog g/m2	Kuiv aine %	Biomass t/ha	Org C %	Org C voog t/ha/a	Kogutud mass (g)	Varise- voog g/m2	Kuiv aine %	Biomass t/ha	Org C %	Org C voog t/ha/a	Kogutud mass (g)	Varise- voog g/m2	Kuiv aine %	Bio- mass t/ha	Org C %	Org C voog t/ha/a	
IM1	Kogu varis	560.3	224.1	93.4	2.093	54	1.1304	566.8	226.7	93.3	2.115	57	1.2056	677.9	271.2	93.1	2.525	54	1.3633	629.0	251.6	93	2.340	55	1.2869	1.247
IM1	okkad	381.1	152.5	93.7	1.428	54	0.7714	395.4	158.2	93.3	1.476	57	0.8411	467.9	187.2	94.2	1.763	55	0.9697	420.2	168.1	92.9	1.561	55	0.8587	0.860
IM1	lehed	23.3	9.3	94.1	0.088	54	0.0474	20.1	8.0	92.3	0.074	60	0.0444	15.5	6.2		0.000		0.0000	14.2	5.7		0.000		0.0000	0.046
IM1	oksad	40.8	16.3	94.1	0.154	55	0.0845	24.4	9.8	92.6	0.090	59	0.0533	7.2	2.9	92.7	0.027	55	0.0147	7.6	3.0	93.1	0.028	55	0.0155	0.042
IM1	muu varis	115.0	46.0		0.000		0.0000	126.9	50.8	91.9	0.466	52	0.2425	187.3	74.9		0.000		0.0000	187.1	74.8		0.000		0.0000	0.243
KJ1	Kogu varis	1158.0	463.2	93.3	4.322	52	2.2472	994.1	397.7	92.6	3.682	55	2.0253	984.1	393.6	91.9	3.617	51	1.8449	1032.1	412.9	92.6	3.823	50	1.9115	2.007
KJ1	okkad	0.1	0.0		0.000		0.0000	0.1	0.0		0.000		0.0000	0.0	0.0		0.000		0.0000	0.0	0.0		0.000		0.0000	
KJ1	lehed	995.8	398.3	94.2	3.752	52	1.9511	851.2	340.5	91.9	3.129	53	1.6584	812.8	325.1	93.6	3.043	49	1.4911	874.0	349.6	92.2	3.223	49	1.5794	1.670
KJ1	oksad	80.2	32.1	94.5	0.303	51	0.1547	46.8	18.7	93.7	0.175	53	0.0929	87.6	35.1	94.4	0.331	50	0.1655	71.6	28.6	93.8	0.269	49	0.1316	0.136
KJ1	muu varis	81.8	32.7		0.000		0.0000	96.1	38.4	93.1	0.358	55	0.1968	83.6	33.5		0.000		0.0000	86.6	34.6		0.000		0.0000	0.197
Karula	Kogu varis	907.6	363.1	92.7	3.366	58.0	1.9520	991.7	396.7	92.7	3.677	58.0	2.1327	813.0	325.2	93.9	3.054	49	1.4963	844.8	337.9	92.7	3.133	54	1.6916	1.818
Karula	okkad	430.0	172.0	93.0	1.599	57.0	0.9117	488.0	195.2	93.0	1.815	57.0	1.0348	422.8	169.1	94.3	1.595	51	0.8133	463.4	185.4	93	1.724	55	0.9482	0.927
Karula	lehed	3.9	1.6		0.000		0.0000	2.4	1.0		0.000		0.0000	2.9	1.2		0.000		0.0000	3.5	1.4		0.000		0.0000	
Karula	oksad	148.4	59.4	93.0	0.552	58.0	0.3201	114.4	45.8	93.0	0.426	58.0	0.2468	105.3	42.1	93	0.392	54	0.2116	52.9	21.1	92.6	0.196	54	0.1057	0.221
Karula	muu varis	325.4	130.2	91.9	1.196	57.0	0.6818	386.9	154.7	91.9	1.422	57.0	0.8106	281.9	112.8		0.000		0.0000	325.1	130.0		0.000		0.0000	0.746
Mõniste	Kogu varis	457.7	183.1	93.0	1.702	55	0.9364	577.1	230.9	92.7	2.140	57	1.2198	606.8	242.7	92.6	2.248	54	1.2138	586.6	234.6	93.1	2.184	54	1.1795	1.137
Mõniste	okkad	393.4	157.4	93.5	1.471	58	0.8534	515.5	206.2	92.8	1.914	60	1.1481	508.2	203.3	94.2	1.915	55	1.0533	457.3	182.9	93.3	1.707	56	0.9557	1.003
Mõniste	lehed	5.0	2.0		0.000		0.0000	3.7	1.5	91.7	0.014	58	0.0079	6.2	2.5		0.000		0.0000	7.8	3.1		0.000		0.0000	0.008
Mõniste	oksad	7.6	3.0		0.000		0.0000	3.1	1.2	92.6	0.011	59	0.0068	20.9	8.3	92.7	0.077	55	0.0425	41.7	16.7	93	0.155	55	0.0853	0.045
Mõniste	muu varis	51.6	20.7		0.000		0.0000	54.8	21.9	92.4	0.203	58	0.1175	71.5	28.6		0.000		0.0000	79.8	31.9		0.000		0.0000	0.118
TT1	Kogu varis	861.8	344.7	93.1	3.209	55	1.7651	885.7	354.3	92.5	3.277	54	1.7696	952.5	381.0	92.5	3.524	53	1.8679	935.1	374.0	93.1	3.482	53	1.8456	1.812
TT1	okkad	7.1	2.8		0.000		0.0000	4.4	1.8		0.000		0.0000	3.7	1.5		0.000		0.0000	4.4	1.8		0.000		0.0000	
TT1	lehed	746.3	298.5	93.7	2.797	58	1.6223	703.4	281.4	91.7	2.580	59	1.5223	760.7	304.3	94.9	2.888	52	1.5016	694.7	277.9	92.7	2.576	53	1.3652	1.503
TT1	oksad	33.4	13.4	94.3	0.126	56	0.0706	36.6	14.6	93.5	0.137	57	0.0781	105.4	42.1	93.2	0.393	53	0.2082	93.5	37.4	94	0.352	53	0.1863	0.136
TT1	muu varis	75.0	30.0		0.000		0.0000	141.2	56.5	93.1	0.526	58	0.3050	82.8	33.1		0.000		0.0000	142.5	57.0		0.000		0.0000	0.305
TT4	Kogu varis	814.3	325.7	93.2	3.036	52	1.5786	931.7	372.7	92.4	3.444	54	1.8596	875.3	350.1	91.8	3.214	51	1.6392	916.9	366.8	92.8	3.404	50	1.7018	1.695
TT4	okkad	4.3	1.7		0.000		0.0000	4.0	1.6		0.000		0.0000	128.3	51.3		0.000		0.0000	11.6	4.7		0.000		0.0000	
TT4	lehed	693.4	277.4	93.8	2.602	55	1.4310	728.9	291.6	91.7	2.674	55	1.4705	617.8	247.1	93.7	2.315	48	1.1114	738.0	295.2	93.1	2.748	50	1.3742	1.347
TT4	oksad	60.2	24.1	94.3	0.227	49	0.1113	119.6	47.8	93.5	0.447	50	0.2236	68.7	27.5	93.5	0.257	50	0.1285	83.0	33.2	94.2	0.313	52	0.1627	0.157
TT4	muu varis	56.3	22.5		0.000		0.0000	79.2	31.7	93.5	0.296	57	0.1689	60.6	24.2		0.000		0.0000	84.2	33.7		0.000		0.0000	0.169
VD1	Kogu varis	816.8	326.7	93.1	3.042	55	1.6731	893.7	357.5	92.1	3.292	58	1.9096	761.2	304.5	92.4	2.813	54	1.5192	894.8	357.9	93.3	3.339	54	1.8032	1.726
VD1	okkad	535.9	214.4	93.3	2.000	54	1.0800	550.3	220.1	92.9	2.045	60	1.2270	502.7	201.1	94.8	1.906	55	1.0485	539.6	215.8	92.7	2.001	55	1.1004	1.114
VD1	lehed	3.6	1.4		0.000		0.0000	4.2	1.7		0.000		0.0000	2.6	1.0		0.000		0.0000	4.9	2.0		0.000		0.0000	
VD1	oksad	43.6	17.4	93.7	0.163	54	0.0882	32.2	12.9	92.4	0.119	56	0.0667	18.4	7.4	92.2	0.068	54	0.0367	120.4	48.2	92.8	0.447	55	0.2458	0.109
VD1	muu varis	233.7	93.5		0.000		0.0000	307.0	122.8	92	1.130	57	0.6440	237.5	95.0		0.000		0.0000	229.9	91.9		0.000		0.0000	0.644
VD2	Kogu varis	791.8	316.7	92.2	2.920	52	1.5185	869.9	347.9	91.6	3.187	57	1.8167	716.1	286.4	91.5	2.621	54	1.4153	790.1	316.0	92.6	2.927	53	1.5511	1.575
VD2	okkad	2.7	1.1		0.000		0.0000	1.9	0.7		0.000		0.0000	1.9	0.8		0.000		0.0000	13.9	5.6		0.000		0.0000	
VD2	lehed	629.1	251.6	93.8	2.360	52	1.2274	707.5	283.0	92	2.604	54	1.4059	568.3	227.3	93.8	2.132	52	1.1088	560.6	224.2	92.3	2.070	52	1.0763	1.205
VD2	oksad	95.9	38.4	94.5	0.363	50	0.1813	51.9	20.8	93.3	0.194	56	0.1085	54.7	21.9	93.4	0.204	52	0.1062	113.0	45.2	93.8	0.424	53	0.2248	0.155
VD2	muu varis	64.1	25.7		0.000		0.0000	108.6	43.4	92.1	0.400	59	0.2361	91.3	36.5		0.000		0.0000	102.6	41.0		0.000		0.0000	0.236

Lisa 4

Puujuurte keemilise koostise muutumine lagunduskatsetel.

Proovi koht	Aeg	Proovi mass (g)	Karakteristik	Ühik	TOC	Ligniin (HL)	Kuivaine	Tselluloos	ÜldN	Mg	Al	P	K	Ca	Mn	S
IM1	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	530	320	925	210	5,4	1,2	0,068	0,93	2,9	2,5	0,076	1,1
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	530,000	320,000	925,000	210,000	5,400	1,200	0,068	0,930	2,900	2,500	0,076	1,100
	I korje	0,796	Varu proovis	mg/proov	461,680	350,240	741,872	230,840	5,492	0,565	0,103	0,501	0,494	2,070	0,050	0,446
	II korje	0,689	Varu proovis	mg/proov	351,390	330,720	653,861	199,810	5,030	0,255	0,083	0,462	0,606	1,309	0,054	0,510
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	178,610	-10,720	271,139	10,190	0,370	0,945	-0,015	0,468	2,294	1,191	0,022	0,590
			Varu kadu a jooksul	%	33,70	-3,35	29,31	4,85	6,86	78,76	-21,59	50,36	79,09	47,64	28,38	53,65
			Varu jääk a möödudes	%	66,30	103,35	70,69	95,15	93,14	21,24	121,59	49,64	20,91	52,36	71,62	46,35
Karula	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	530,000	300,000	921,000	230,000	6,200	1,700	0,290	1,400	2,700	3,300	0,250	1,200
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	530,000	300,000	921,000	230,000	6,200	1,700	0,290	1,400	2,700	3,300	0,250	1,200
	I korje	0,791	Varu proovis	mg/proov	442,960	355,950	739,585	237,300	6,407	0,427	0,340	0,585	0,530	1,898	0,127	0,593
	II korje	0,704	Varu proovis	mg/proov	359,040	309,760	664,576	253,440	5,562	0,204	0,845	0,549	0,486	1,126	0,084	0,465
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	170,960	-9,760	256,424	-23,440	0,638	1,496	-0,555	0,851	2,214	2,174	0,166	0,735
			Varu kadu a jooksul	%	32,26	-3,25	27,84	-10,19	10,30	87,99	-191,31	60,78	82,01	65,87	66,21	61,28
			Varu jääk a möödudes	%	67,74	103,25	72,16	110,19	89,70	12,01	291,31	39,22	17,99	34,13	33,79	38,72
KJ1	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	530	240	938	160	6,6	1,7	0,58	0,79	4,7	9,5	0,29	0,9
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	530,000	240,000	938,000	160,000	6,600	1,700	0,580	0,790	4,700	9,500	0,290	0,900
	I korje	0,724	Varu proovis	mg/proov	412,680	311,320	684,180	144,800	0,869	0,724	0,724	0,659	0,869	8,688	0,167	0,702
	II korje	0,607	Varu proovis	mg/proov	291,360	279,220	565,724	139,610	7,891	0,577	0,607	0,668	0,911	0,728	0,115	0,668
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	238,640	-39,220	372,276	20,390	-1,291	1,123	-0,027	0,122	3,790	8,772	0,175	0,232
			Varu kadu a jooksul	%	45,026	-16,342	39,688	12,744	-19,561	66,079	-4,655	15,481	80,628	92,333	60,231	25,811
			Varu jääk a möödudes	%	54,974	116,342	60,312	87,256	119,561	33,921	104,655	84,519	19,372	7,667	39,769	74,189
Mõniste	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	510	310	925	260	5,5	1,5	0,99	1,0	2,0	2,5	0,087	0,9
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	510,000	310,000	925,000	260,000	5,500	1,500	0,990	1,000	2,000	2,500	0,087	0,900
	I korje	0,805	Varu proovis	mg/proov	458,850	322,000	747,040	281,750	5,394	0,451	0,700	0,572	0,523	1,530	0,059	0,403
	II korje	0,728	Varu proovis	mg/proov	378,560	342,160	685,776	225,680	6,552	0,298	0,277	0,648	0,801	1,674	0,189	0,648
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	131,440	-32,160	239,224	34,320	-1,052	1,202	0,713	0,352	1,199	0,826	-0,102	0,252
			Varu kadu a jooksul	%	25,77	-10,37	25,86	13,20	-19,13	80,10	72,06	35,21	59,96	33,02	-117,56	28,01
			Varu jääk a möödudes	%	74,23	110,37	74,14	86,80	119,13	19,90	27,94	64,79	40,04	66,98	217,56	71,99
TT1	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	570	400	919	210	8,1	1,3	1,6	0,68	2,3	5,4	0,22	0,78
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	570,000	400,000	919,000	210,000	8,100	1,300	1,600	0,680	2,300	5,400	0,220	0,780
	I korje	0,867	Varu proovis	mg/proov	487,200	478,500	813,450	182,700	8,700	1,044	2,349	0,661	0,740	5,655	0,165	0,644
	II korje	0,741	Varu proovis	mg/proov	348,270	437,190	663,195	125,970	8,151	0,741	1,630	0,482	0,652	4,965	0,111	0,534
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	221,730	-37,190	255,805	84,030	-0,051	0,559	-0,030	0,198	1,648	0,435	0,109	0,246
			Varu kadu a jooksul	%	38,90	-9,30	27,84	40,01	-0,63	43,00	-1,89	29,17	71,65	8,06	49,48	31,60
			Varu jääk a möödudes	%	61,10	109,30	72,16	59,99	100,63	57,00	101,89	70,83	28,35	91,94	50,52	68,40
TT4	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	550	310	932	180	9	1,4	0,65	0,8	3,3	7,6	0,15	0,91
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	550,000	310,000	932,000	180,000	9,000	1,400	0,650	0,800	3,300	7,600	0,150	0,910
	I korje	0,761	Varu proovis	mg/proov	426,160	350,060	707,730	167,420	10,654	0,761	0,556	0,670	0,761	7,153	0,091	0,753
	II korje	0,635	Varu proovis	mg/proov	304,800	298,450	601,345	152,400	9,525	0,762	1,270	0,635	0,889	8,255	0,108	0,826
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	245,200	11,550	330,655	27,600	-0,525	0,638	-0,620	0,165	2,411	-0,655	0,042	0,085
			Varu kadu a jooksul	%	44,58	3,73	35,48	15,33	-5,83	45,57	-95,38	20,63	73,06	-8,62	28,03	9,29
			Varu jääk a möödudes	%	55,42	96,27	64,52	84,67	105,83	54,43	195,38	79,38	26,94	108,62	71,97	90,71
VD1	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	560	320	922	230	6,4	1,3	0,08	1,0	3,0	2,1	0,049	0,94
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	560,000	320,000	922,000	230,000	6,400	1,300	0,080	1,000	3,000	2,100	0,049	0,940
	I korje	0,805	Varu proovis	mg/proov	458,850	370,300	747,845	233,450	6,118	0,346	0,137	0,483	0,499	1,449	0,019	0,443
	II korje	0,682	Varu proovis	mg/proov	347,820	341,000	649,946	197,780	7,502	0,225	0,116	0,512	0,750	1,228	0,023	0,518
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	212,180	-21,000	272,054	32,220	-1,102	1,075	-0,036	0,489	2,250	0,872	0,026	0,422
			Varu kadu a jooksul	%	37,89	-6,56	29,51	14,01	-17,22	82,69	-44,93	48,85	74,99	41,54	52,68	44,86
			Varu jääk a möödudes	%	62,11	106,56	70,49	85,99	117,22	17,31	144,93	51,15	25,01	58,46	47,32	55,14
VD2	Katse algus	1,000	Kontsentratsioon	mg/g	530	220	939	160	7,4	1,6	0,11	0,71	2	8,9	0,084	0,91
	Katse algus	1,000	Varu proovis	mg/proov	530,000	220,000	939,000	160,000	7,400	1,600	0,110	0,710	2,000	8,900	0,084	0,910
	I korje		Varu proovis	mg/proov	429,730	447,270	817,364	219,250	8,770	0,816	1,052	0,553	0,447	6,928	0,132	0,816
	II korje		Varu proovis	mg/proov	335,250	394,850	705,515	178,800	9,685	0,820	1,192	0,589	0,820	6,556	0,253	0,969
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	194,750	-174,850	233,485	-18,800	-2,285	0,781	-1,082	0,121	1,181	2,344	-0,169	-0,059
			Varu kadu a jooksul	%	36,75	-79,48	24,87	-11,75	-30,88	48,78	-983,64	17,11	59,03	26,34	-201,55	-6,43
			Varu jääk a möödudes	%	63,25	179,48	75,13	111,75	130,88	51,22	1083,64	82,89	40,98	73,66	301,55	106,43

Lisa 5 Varise lagunduskatse keemilise koostise muutumine .

Proovi koht	Aeg	Korje proovi keskmine mass (g)	Karakteristik	Ühik	TOC	Ligniin	Kuiv-aine	Tselluloos	UldN	Mg	Al	P	K	Ca	Mn	S
IM1	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	550.000	250.000	927.000	280.000	5.200	0.790	0.076	0.320	1.200	5.600	0.540	0.400
okka varis	I korje	0.815	Varu proovis	mg/proov	480.555	244.350	765.630	244.350	5.376	0.595	0.076	0.293	0.660	5.213	0.415	0.375
	II korje	0.752	Varu proovis	mg/proov	436.334	263.305	695.878	180.552	5.341	0.519	0.090	0.323	0.451	5.341	0.384	0.519
	III korje	0.665	Varu proovis	mg/proov	412.238	265.960	626.336	139.629	5.386	0.472	0.120	0.293	0.439	4.987	0.359	0.459
	IV korje	0.588	Varu proovis	mg/proov	311.746	229.398	561.731	111.758	5.000	0.406	0.094	0.282	0.388	4.294	0.329	0.447
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	238.254	20.602	365.269	168.242	0.200	0.384	-0.018	0.038	0.812	1.306	0.211	-0.047
Karula	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	560.000	210.000	929.000	270.000	5.200	0.490	0.240	0.390	1.400	5.500	0.940	0.440
okka varis	I korje	0.788	Varu proovis	mg/proov	441.112	228.433	739.650	212.679	4.963	0.291	0.150	0.284	0.417	5.435	0.559	0.315
	II korje	0.731	Varu proovis	mg/proov	424.096	241.296	677.822	175.488	5.776	0.322	0.205	0.358	0.505	4.826	0.592	0.512
	III korje	0.625	Varu proovis	mg/proov	374.880	237.424	590.436	118.712	5.561	0.331	0.225	0.369	0.569	4.748	0.550	0.494
	IV korje	0.608	Varu proovis	mg/proov	328.428	231.116	575.965	115.558	5.900	0.322	0.219	0.353	0.511	4.318	0.541	0.523
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	231.572	-21.116	353.035	154.442	-0.700	0.168	0.021	0.037	0.889	1.182	0.399	-0.083
KJ1	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	510.000	290.000	919.000	270.000	8.200	2.300	0.053	1.000	5.400	23.000	0.450	1.000
lehe varis	I korje	0.719	Varu proovis	mg/proov	395.560	258.912	665.979	165.416	12.226	1.295	0.069	1.007	1.366	18.699	0.345	0.863
	II korje	0.674	Varu proovis	mg/proov	350.220	242.460	626.355	161.640	8.756	1.212	0.175	0.943	1.280	20.205	0.370	0.876
	III korje	0.605	Varu proovis	mg/proov	320.650	242.000	564.465	139.150	10.285	1.331	0.236	0.908	1.029	19.965	0.411	0.968
	IV korje	0.613	Varu proovis	mg/proov	257.628	245.360	574.756	141.082	10.428	1.472	0.736	0.920	1.534	19.629	0.478	1.043
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	252.372	44.640	344.244	128.918	-2.228	0.828	-0.683	0.080	3.867	3.371	-0.028	-0.043
Mõniste	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	550.000	260.000	928.000	270.000	5.100	0.450	0.240	0.350	0.960	3.700	0.500	0.410
okkavaris	I korje	0.811	Varu proovis	mg/proov	462.441	251.503	757.754	219.051	4.949	0.349	0.154	0.276	0.438	3.326	0.349	0.316
	II korje	0.759	Varu proovis	mg/proov	424.760	257.890	701.613	189.625	5.234	0.356	0.182	0.349	0.425	3.110	0.334	0.523
	III korje	0.662	Varu proovis	mg/proov	390.757	231.805	626.536	158.952	5.630	0.384	0.199	0.344	0.523	3.113	0.351	0.477
	IV korje	0.611	Varu proovis	mg/proov	329.832	219.888	579.038	140.484	5.864	0.348	0.183	0.379	0.495	2.993	0.305	0.507
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	132.609	31.615	178.716	78.567	-0.915	0.001	-0.029	-0.103	-0.057	0.333	0.043	-0.191
TT1	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	570.000	370.000	919.000	180.000	10.000	3.400	0.055	1.500	5.900	12.000	1.400	0.950
lehevaris	I korje	0.767	Varu proovis	mg/proov	452.294	352.636	716.004	130.322	9.966	2.300	0.107	0.690	0.843	11.499	0.997	0.843
	II korje	0.736	Varu proovis	mg/proov	412.160	338.560	674.912	125.120	10.304	2.282	0.213	0.883	1.472	11.776	1.030	0.957
	III korje	0.612	Varu proovis	mg/proov	330.264	220.176	568.788	116.204	11.620	2.079	0.422	0.917	1.223	11.620	1.101	0.917
	IV korje	0.466	Varu proovis	mg/proov	218.785	158.270	434.777	83.790	8.845	1.583	0.652	0.745	1.117	9.310	0.978	0.745
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	351.215	211.730	484.223	96.210	1.156	1.817	-0.597	0.755	4.783	2.690	0.422	0.205

Lisa 5 järg

Proovi koht	Aeg	Korje proovi keskmine mass (g)	Karakteristik	Ühik	TOC	Ligniin	Kuiv-aine	Tselluloos	UldN	Mg	Al	P	K	Ca	Mn	S
TT4	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	510.000	280.000	918.000	250.000	13.000	2.000	0.052	1.200	6.700	22.000	0.370	1.600
lehe varis	I korje	0.672	Varu proovis	mg/proov	356.054	235.130	629.477	154.514	10.077	0.941	0.081	0.739	1.008	17.467	0.275	1.008
	II korje	0.642	Varu proovis	mg/proov	333.736	256.720	592.381	128.360	12.194	1.155	0.212	0.963	1.348	17.329	0.379	1.219
	III korje	0.522	Varu proovis	mg/proov	271.180	213.815	485.517	114.730	10.952	1.043	0.250	0.730	0.887	15.645	0.349	1.095
	IV korje	0.440	Varu proovis	mg/proov	202.400	167.200	410.520	92.400	8.800	1.056	0.484	0.660	0.924	13.200	0.387	0.880
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	307.600	112.800	507.480	157.600	4.200	0.944	-0.432	0.540	5.776	8.800	-0.017	0.720
VD1	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	560.000	240.000	931.000	280.000	5.500	0.590	0.090	0.320	0.990	4.800	0.180	0.440
okka varis	I korje	0.805	Varu proovis	mg/proov	474.891	233.421	755.801	241.470	5.956	0.419	0.080	0.274	0.419	4.427	0.121	0.362
	II korje	0.748	Varu proovis	mg/proov	434.014	246.939	695.171	194.558	5.463	0.427	0.112	0.322	0.412	4.639	0.120	0.501
	III korje	0.655	Varu proovis	mg/proov	399.611	255.489	615.794	137.571	6.485	0.452	0.157	0.360	0.557	4.193	0.124	0.524
	IV korje	0.588	Varu proovis	mg/proov	317.628	235.280	561.731	117.640	5.706	0.394	0.165	0.388	0.588	3.706	0.118	0.547
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	242.372	4.720	369.269	162.360	-0.206	0.196	-0.075	-0.068	0.402	1.094	0.062	-0.107
VD2	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	550.000	280.000	917.000	250.000	14.000	4.000	0.051	0.990	2.300	19.000	0.330	1.600
HB lehe	I korje	0.699	Varu proovis	mg/proov	384.340	307.472	648.486	132.772	11.880	1.817	0.126	0.601	0.839	15.374	0.307	1.188
varis	II korje	0.668	Varu proovis	mg/proov	360.450	293.700	614.768	126.825	13.350	1.602	0.147	0.734	0.935	16.020	0.340	1.268
	III korje	0.616	Varu proovis	mg/proov	326.692	277.380	572.019	117.116	14.177	1.479	0.160	0.801	0.986	14.794	0.382	1.418
	IV korje	0.611	Varu proovis	mg/proov	305.250	299.145	570.207	109.890	13.431	1.770	0.287	0.794	0.855	13.431	0.440	1.404
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	244.750	-19.145	346.793	140.110	0.569	2.230	-0.236	0.196	1.445	5.569	-0.110	0.196
VD2	Katse algus	1.000	Kontsentratsioon	mg/g	550.000	360.000	916.000	180.000	10.000	3.500	0.050	0.680	1.800	12.000	0.730	0.900
KS lehe	I korje	0.744	Varu proovis	mg/proov	431.649	372.111	683.196	133.960	10.419	1.861	0.134	0.558	0.558	12.652	0.603	0.893
varis	II korje	0.728	Varu proovis	mg/proov	407.867	364.167	664.968	123.817	10.925	1.675	0.146	0.685	1.020	11.653	0.583	0.947
	III korje	0.690	Varu proovis	mg/proov	386.213	331.040	637.942	124.140	12.414	1.931	0.166	0.828	0.897	12.414	0.641	1.035
	IV korje	0.594	Varu proovis	mg/proov	296.950	285.072	555.297	100.963	11.284	1.900	0.273	0.713	0.653	11.284	0.576	1.010
			Varu kadu a jooksul	mg/proov	253.050	74.928	360.704	79.037	-1.284	1.600	-0.223	-0.033	1.147	0.716	0.154	-0.110

Lisa 6 Puistu peenvarise keemilise analüüsimise tulemused

Proov	Aasta	Vaatlusala kood	Varise fraksioon	Happeslahustuv ligniin %	Kuiv-aine %	Tselluloos %	Üld N mg/kg	Al mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	TOC mg/kg	TOC gC/kg	Org C %
TS19001931	2017	IM1	kogu varis	28	93.1	28	5800	120	460	1300	5000	770	480	520	540000	540	54%
TS18001841	2017	IM1	okas	25	94.2	28	6700	84	450	1400	5500	790	600	490	550000	550	55%
TS19001891	2017	IM1	oksad	35	92.7	25	6300	290	480	780	5600	570	160	760	550000	550	55%
TS19001932	2017	IM2	kogu varis	29	92.4	24	6300	120	450	1500	5200	1100	490	510	530000	530	53%
TS18001842	2017	IM2	okas	26	94.4	30	4700	110	300	1200	5600	730	430	420	530000	530	53%
TS19001892	2017	IM2	oksad	34	92.8	29	3700	77	240	830	3600	480	170	320	530000	530	53%
TS19001933	2017	IM3	kogu varis	26	92.5	27	6400	160	680	2100	5800	690	450	550	540000	540	54%
TS18001843	2017	IM3	okas	23	94.3	29	6200	170	560	1700	6100	660	650	470	550000	550	55%
TS19001893	2017	IM3	oksad	28	92.7	27	5100	150	560	2000	4800	550	160	450	530000	530	53%
TS19001786	2017	Karepa	kogu varis	23	95.4	25	8100	140	1300	3700	11000	920	210	940	470000	470	47%
TS19001775	2017	Karepa	okas	20	94.9	25	8700	44	1500	4300	13000	970	260	890	470000	470	47%
TS19001884	2017	Karepa	oksad	37	92.8	26	7200	160	800	1800	8400	790	110	850	540000	540	54%
TS19001930	2017	Karepa2	kogu varis	29	92.3	21	9800	57	1600	4000	12000	1900	360	840	520000	520	52%
TS19001899	2017	Karepa2	okas	21	93.3	23	8500	32	1410	3200	15000	1000	430	840	500000	500	50%
TS18001848	2017	Karepa2	leht	30	92.4	19	11000	51	2300	5300	16000	3400	550	880	550000	550	55%
TS19001911	2017	Karepa2	oksad	41	93.2	26	6700	33	550	1700	6600	810	100	440	540000	540	54%
TS19001783	2017	Karula	kogu varis	25	93.9	32	5700	230	410	1100	5000	470	570	490	490000	490	49%
TS19001776	2017	Karula	okas	21	94.3	30	5800	260	530	1400	5300	550	930	610	510000	510	51%
TS19001898	2017	Karula	oksad	35	93.0	29	3800	240	240	570	3200	310	160	400	540000	540	54%
TS19001934	2017	KJ1	kogu varis	28	91.9	24	8500	50	990	5500	19000	1800	320	870	510000	510	51%
TS18001844	2017	KJ1	leht	27	93.6	26	10000	59	1400	6400	22000	2300	440	1100	490000	490	49%
TS19001894	2017	KJ1	oksad	25	94.4	32	3200	24	370	4100	18000	1300	81	300	500000	500	50%
TS19001935	2017	KJ2	kogu varis	30	91.8	22	9800	58	990	4200	15000	2300	590	1000	530000	530	53%
TS18001845	2017	KJ2	leht	32	93.2	22	7800	70	860	4100	16000	2600	710	700	540000	540	54%
TS19001895	2017	KJ2	oksad	33	93.4	34	3800	37	380	2100	11000	830	170	360	520000	520	52%
TS19001936	2017	KJ3	kogu varis	28	92.8	26	8400	110	620	1900	6900	1200	650	750	540000	540	54%
TS18001847	2017	KJ3	okas	26	94.3	29	4400	74	220	800	5700	600	500	430	540000	540	54%
TS18001846	2017	KJ3	leht	32	92.2	20	13000	69	1100	3700	15000	3500	1800	860	530000	530	53%
TS19001896	2017	KJ3	oksad	38	93.1	32	5100	50	350	840	6400	760	270	380	530000	530	53%
TS19001929	2017	Mõniste	kogu varis	27	92.6	26	5800	230	480	1200	3400	570	450	500	540000	540	54%
TS18001849	2017	Mõniste	okas	26	94.2	28	5000	220	310	810	3100	470	450	370	550000	550	55%
TS19001897	2017	Mõniste	oksad	38	92.7	29	4300	290	230	310	3700	290	130	430	550000	550	55%
TS19001782	2017	Põikva	kogu varis	31	93.8	20	11000	60	800	2200	12000	3000	100	840	500000	500	50%
TS19001780	2017	Põikva	lehed	27	93.1	19	10000	49	690	2800	15000	4200	140	830	490000	490	49%
TS19001777	2017	Põikva	okkad	21	94.2	27	6600	43	490	1100	6900	1300	67	670	500000	500	50%
TS19001881	2017	Põikva	oksad	41	93.8	27	4700	35	340	1300	12000	1200	40	450	530000	530	53%
TS19001784	2017	Sagadi	kogu varis	24	94	31	5600	270	410	1100	5600	520	410	510	500000	500	50%
TS19001773	2017	Sagadi	okkad	21	94.2	28	5000	260	420	1200	6800	610	630	590	510000	510	51%
TS19001883	2017	Sagadi	oksad	38	92.5	27	3300	250	230	450	4400	350	110	410	550000	550	55%

Lisa 6 järg

Proov	Aasta	Vaatlusala kood	Varise fraktsioon	Happeslahustuv ligniin %	Kuiv-aine %	Tselluloos %	Üld N mg/kg	Al mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	TOC mg/kg	TOC gC/kg	Org C %
TS19001917	2017	TT1	kogu varis	34	92.5	18	9600	67	1200	4900	8900	2600	920	840	530000	530	53%
TS18001830	2017	TT1	leht	33	94.9	19	11000	67	1400	6200	13000	3600	1300	930	520000	520	52%
TS19001905	2017	TT1	oksad	40	93.2	30	5200	33	450	2300	7500	1100	250	390	530000	530	53%
TS19001918	2017	TT2	kogu varis	27	92.5	26	7000	360	760	2200	17000	1300	1200	840	510000	510	51%
TS18001831	2017	TT2	okas	26	95.4	25	8000	110	690	2500	18000	1200	1200	710	490000	490	49%
TS19001906	2017	TT2	oksad	43	92.6	27	9200	340	880	1800	9400	980	780	890	540000	540	54%
TS19001919	2017	TT3	kogu varis	34	91.9	18	10000	62	690	2400	6500	2300	660	820	540000	540	54%
TS18001832	2017	TT3	leht	35	93.7	17	9200	48	720	2700	6800	3100	830	860	570000	570	57%
TS19001909	2017	TT3	oksad	47	93.3	26	4300	38	220	800	3800	800	210	330	550000	550	55%
TS19001920	2017	TT4	kogu varis	26	91.8	22	12000	95	1200	5700	19000	2100	480	1200	510000	510	51%
TS18001833	2017	TT4	leht	25	93.7	23	15000	80	1400	8000	21000	2500	530	1300	480000	480	48%
TS19001907	2017	TT4	oksad	29	93.5	21	6100	18	630	4000	14000	1100	75	460	500000	500	50%
TS19001921	2017	TT5	kogu varis	35	92.1	20	11000	76	1600	5200	11000	2400	770	950	530000	530	53%
TS18001834	2017	TT5	leht	33	94.1	19	12000	60	2100	5900	14000	3200	890	960	530000	530	53%
TS19001908	2017	TT5	oksad	41	93.5	25	6200	33	480	2100	6600	830	190	400	550000	550	55%
TS19001922	2017	TT6	kogu varis	29	91.5	24	17000	110	1800	6900	17000	2100	360	1500	510000	510	51%
TS18001835	2017	TT6	leht	28	92.9	22	16000	120	2100	8500	19000	3400	610	1400	510000	510	51%
TS19001910	2017	TT6	oksad	28	92.8	30	5100	30	410	3500	15000	1200	98	430	520000	520	52%
TS19001912	2017	VA1	kogu varis	28	92.9	27	8300	130	560	1300	7100	820	380	570	540000	540	54%
TS18001836	2017	VA1	okas	26	94.3	26	7300	120	460	970	7300	730	370	500	530000	530	53%
TS19001900	2017	VA1	oksad	38	92.8	24	8400	250	620	1000	5300	660	290	930	540000	540	54%
TS19001913	2017	VA2	kogu varis	31	92.5	27	6000	500	510	1700	5400	900	620	470	540000	540	54%
TS18001837	2017	VA2	okas	26	94.2	31	4600	230	320	1000	5200	470	370	400	530000	530	53%
TS19001901	2017	VA2	oksad	35	92.8	29	3400	160	180	680	4700	470	180	350	540000	540	54%
TS19001914	2017	VA3	kogu varis	30	92.1	22	13000	62	940	2600	14000	1900	300	1000	520000	520	52%
TS18001838	2017	VA3	leht	32	90.8	18	16000	44	1100	4100	15000	3200	470	1200	560000	560	56%
TS19001902	2017	VA3	oksad	42	93.2	26	5400	45	370	1200	9100	810	110	410	540000	540	54%
TS19001915	2017	VA4	kogu varis	27	92	19	16000	55	800	3200	11000	2100	69	1100	530000	530	53%
TS18001839	2017	VA4	leht	29	92.5	16	19000	52	770	3400	14000	2700	96	1300	530000	530	53%
TS19001903	2017	VA4	oksad	43	93.2	26	8600	39	380	1300	8700	790	27	560	540000	540	54%
TS19001916	2017	VA5	kogu varis	36	91.3	18	11000	61	970	1700	12000	2800	280	920	540000	540	54%
TS18001840	2017	VA5	leht	34	91.8	18	11000	42	980	1800	15000	3800	390	820	560000	560	56%
TS19001904	2017	VA5	oksad	46	93.1	26	6300	35	390	1000	8700	960	72	470	540000	540	54%

Lisa6 järg

Proov	Aasta	Vaatlusala kood	Varise fraktsioon	Happeslahustuv ligniin %	Kuiv-aine %	Tselluloos %	Üld N mg/kg	Al mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	TOC mg/kg	TOC gC/kg	Org C %
TS19001923	2017	VD1	kogu varis	29	92.4	30	5400	150	350	1000	4300	600	130	440	540000	540	54%
TS18001823	2017	VD1	okas	26	94.8	28	5200	130	290	560	4600	560	160	400	550000	550	55%
TS19001885	2017	VD1	oksad	37	92.2	26	6200	270	500	1200	5200	590	68	670	540000	540	54%
TS19001924	2017	VD2	kogu varis	32	91.5	21	16000	58	1100	2700	14000	3100	430	1300	540000	540	54%
TS18001824	2017	VD2	leht	32	93.8	21	13000	50	880	2300	16000	3900	520	1100	520000	520	52%
TS19001886	2017	VD2	oksad	38	93.4	24	6100	25	530	1900	9200	1200	160	470	520000	520	52%
TS19001925	2017	VD3	kogu varis	31	92.4	24	8500	69	580	1200	7500	1600	190	580	540000	540	54%
TS18001825	2017	VD3	okas	25	94.7	30	8400	84	440	670	5900	960	140	530	550000	550	55%
TS18001826	2017	VD3	leht	34	92.7	18	12000	46	1100	2500	14000	4400	470	970	540000	540	54%
TS19001887	2017	VD3	oksad	44	93.0	25	7100	61	540	1000	7900	920	92	540	540000	540	54%
TS19001926	2017	VD4	kogu varis	31	92.2	19	9300	47	650	2100	10000	2300	280	780	530000	530	53%
TS18001827	2017	VD4	leht	29	93.0	18	12000	46	860	2900	14000	3200	390	890	540000	540	54%
TS19001888	2017	VD4	oksad	38	94.2	32	4500	26	270	810	7400	640	76	310	520000	520	52%
TS19001927	2017	VD5	kogu varis	28	92.4	26	8100	160	680	1100	9100	1000	340	670	530000	530	53%
TS18001828	2017	VD5	okas	24	94.7	26	6800	130	520	940	8800	950	400	540	550000	550	55%
TS19001889	2017	VD5	oksad	37	92.5	26	5400	210	470	630	5100	580	140	610	540000	540	54%
TS19001928	2017	VD6	kogu varis	27	92.5	29	6500	75	360	1000	4600	980	43	500	550000	550	55%
TS18001829	2017	VD6	okas	28	94.6	31	4500	53	230	420	5000	770	40	380	550000	550	55%
TS19001890	2017	VD6	oksad	37	92.2	28	6200	150	340	600	6500	1100	40	580	540000	540	54%
TS19001781	2017	Vihula	kogu varis	26	93.7	29	5200	240	500	1100	6100	740	340	570	490000	490	49%
TS19001778	2017	Vihula	lehed	26	93.3	18	7100	46	1500	2400	12000	3800	510	650	500000	500	50%
TS19001772	2017	Vihula	okkad	21	94.7	29	5400	250	490	1300	7100	770	520	600	500000	500	50%
TS19001882	2017	Vihula	oksad	36	92.8	28	3400	240	210	530	4400	390	89	490	530000	530	53%
TS19001785	2017	Võidula	kogu varis	25	95.4	26	8900	110	990	1700	11000	1600	210	800	470000	470	47%
TS19001779	2017	Võidula	lehed	29	93.1	16	8700	44	1500	2500	12000	3900	300	830	490000	490	49%
TS19001774	2017	Võidula	okkad	21	94.7	25	8100	48	970	1700	13000	1400	250	780	460000	460	46%
TS19001880	2017	Võidula	oksad	39	92.8	25	7200	170	790	1200	8500	970	130	800	540000	540	54%

Lisa6 järg

Proov	Aasta	Vaatlusala kood	Varise fraktsioon	Happeslahustuv ligniin %	Kuiv-aine %	Tselluloos %	Üld N mg/kg	Al mg/kg	P mg/kg	K mg/kg	Ca mg/kg	Mg mg/kg	Mn mg/kg	S mg/kg	TOC mg/kg	TOC gC/kg	Org C %
TS19001951	2018	IM1	kogu varis	27	93	29	5000	110	370	1500	4200	670	380	370	550000	550	55%
TS19001947	2018	IM1	okas	22	92.9	27	5500	93	360	1600	5600	750	570	400	550000	550	55%
TS19001943	2018	IM1	oksad	38	93.1	25	4700	170	290	520	4800	480	120	470	550000	550	55%
TS19001949	2018	Karula	kogu varis	27	92.7	29	5000	210	320	1000	4300	480	530	380	540000	540	54%
TS19001945	2018	Karula	okas	21	93	27	6000	240	500	1600	4900	590	890	450	550000	550	55%
TS19001944	2018	Karula	oksad	37	92.6	26	5500	260	300	640	6100	480	200	480	540000	540	54%
TS19001950	2018	KJ1	kogu varis	22	92.6	26	9600	77	1300	8100	21000	2400	350	1000	500000	500	50%
TS19001941	2018	KJ1	oksad	25	93.8	28	4300	42	420	4400	20000	1300	120	340	490000	490	49%
TS19001961	2018	KJ1	haava leht	18	92.2	26	11000	52	1400	10000	22000	2500	390	1100	490000	490	49%
TS19001954	2018	Mõniste	kogu varis	24	93.1	29	5300	260	370	1100	3300	490	470	400	540000	540	54%
TS19001948	2018	Mõniste	okas	21	93.3	26	5300	240	400	1300	3300	500	550	400	560000	560	56%
TS19001942	2018	Mõniste	oksad	36	93	28	3200	290	180	360	4400	440	190	320	550000	550	55%
TS19001957	2018	TT1	kase leht	27	92.7	17	10000	60	1700	7100	13000	3500	1100	910	530000	530	53%
TS19001955	2018	TT1	kogu varis	30	93.1	18	10000	77	1300	5400	9700	2600	860	810	530000	530	53%
TS19001937	2018	TT1	oksad	43	94	25	5900	34	540	2600	6500	960	240	410	530000	530	53%
TS19001962	2018	TT4	haava leht	17	92.8	24	8800	67	660	5600	23000	2200	320	1100	500000	500	50%
TS19001956	2018	TT4	kogu varis	19	92.8	23	10000	130	890	6000	20000	2100	370	1000	500000	500	50%
TS19001963	2018	TT4	leht	17	93.1	22	10000	59	720	5700	20000	2400	380	950	500000	500	50%
TS19001938	2018	TT4	oksad	28	94.2	26	3600	27	300	2600	16000	1000	73	340	520000	520	52%
TS19001952	2018	VD1	kogu varis	28	93.3	29	5400	160	340	1100	4700	630	120	400	540000	540	54%
TS19001946	2018	VD1	okas	23	92.7	27	5800	120	380	1400	4500	690	170	440	550000	550	55%
TS19001939	2018	VD1	oksad	35	92.8	27	3800	170	250	810	4400	610	74	400	550000	550	55%
TS19001961	2018	VD2	haava leht	26	92.3	23	15000	39	820	1500	19000	4000	250	1300	510000	510	51%
TS19001958	2018	VD2	kase leht	29	92.3	18	8500	40	700	1700	13000	4100	610	700	540000	540	54%
TS19001953	2018	VD2	kogu varis	31	92.6	22	12000	82	760	1700	13000	2900	290	1000	530000	530	53%
TS19001959	2018	VD2	leht	26	92.3	21	14000	52	860	2000	18000	4500	410	1200	520000	520	52%
TS19001940	2018	VD2	oksad	39	93.8	29	5600	37	410	1100	7800	1200	160	430	530000	530	53%