

EESTI MAAÜLIKOOL
METSANDUSE- JA MAAEHITUSINSTITUUT
METSAKORRALDUSE OSAKOND

ANDRES KIVISTE

DIANA LAARMANN

ALLAN SIMS

Metsa kasvukäigu püsiproovitükide võrgustiku kordusmõõtmine

SIHTASUTUSE KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS JA EESTI MAAÜLIKOOLI VAHEL

1. JUULIL 2014. A. SÕLMITUD LEPINGU NR. 3-2_8/183-3/2014 LÕPPARUANNE

(KIK METSANDUSE 2014. A. PROGRAMMI PROJEKT NR. 7605)

TARTU 2015

SISSEJUHATUS

Metsanduse arengukava metsateaduse ja -hariduse valdkonnas on üheks prioriteetseks teadustöö valdkonnaks metsa- ja puidusaaduste mõõtmise, hindamise ja inventeerimise (s.h. monitooringu), metsa kasvu modelleerimise ning metsade kasutamise seotud rakendusuuringud. Selle valdkonna probleemistike edukaks lahendamiseks on vaja teha mahukaid välimõõtmisi metsa proovitükkidel ning statistiliselt usaldatavaid andmeanalüüse. Eesti puistute ehituse ja kasvukäigu modelleerimise eesmärki silmas pidades on Eesti Maaülikooli metsakorralduse osakonnas jõutud seisukohale, et Eestile sobiva puistute kasvukäiku prognoosiva mudeli loomiseks tuleks luua vähemalt 600 proovitükki koosnev Eestit kattev püsiproovitükkide võrgustik, mis oleks esindatud kõikide kasvukohatüüpidega ning mida tuleks mõõta 5-aastase ajavahemiku järel.

Metsa püsiproovitükkide rajamine on üldtunnustatud meetod puistu kasvukäigu uurimiseks. Näiteks juba prof Andres Mathieseni initsiatiivil rajati Järvelja Öppe-Katsemetskonda 1920-ndatel aastatel enam kui 100 püsiproovitükki, millest on paarkümmend säilinud tänaseni. Kahjuks on rõhuv enamus Eestisse rajatud püsiproovitükke mõõdetud suhteliselt lühikese ajavahemiku jooksul (10...20 a.), kusjuures mõõtmismetoodika järjekindlusest pole enamasti kinni peetud. Seetõttu on Eestis seni kogutud püsiproovitükkide andmete kasutamine puistu ehituse ja kasvu modelleerimiseks üsna problemaatiline.

Olulise erinevusena seni rajatud metsa püsiproovitükkidest mõõdetakse kaasaegsetel puistu kasvukäigu püsiproovitükkidel lisaks puude mõõtudele ka puude asukoha koordinaadid. Sellisel viisil kogutud mõõtmisandmestik võimaldab luua üksikpuu kasvuvõrranditele tuginevaid puistu kasvumudeleid, mis on oma rakendustes tunduvalt paindlikumad ja mitmekülgsemate kasutamisevõimalustega kui traditsioonilised puistu kasvumudelid (kasvukäigutabelid).

Uut tüüpi puistu kasvukäigu püsiproovitükkide rajamist Eestis alustati Urmas Petersoni eestvedamisel, mille käigus mõõdeti 1995. ja 1996. a. 300 proovitükki. Need proovitükid rajati tolleaegse Kursi metskonna salumetsadesse ning Konguta, Pikasilla ja Aakre metskondade palumetsadesse. Käesolevasse proovitükkide võrgustikku on neist valitud 203 proovitükki. Järgnevatel 1997. ja 1998. a. jätkati püsiproovitükkide rajamise metoodika arendamise katseteid Eesti Teadusfondi toetusel ning rajati 60 proovitükki Lõuna-Eesti metskondade ja Sagadi metskonna männikutesse. Süstemaatilist Eestit katva puistu kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku rajamist alustati 1999.a. Riigimetsade Majandamise Keskuse finantseerimisel. Edasi jätkus uute proovitükkide rajamine ja olemasolevate kordusmõõtmine aastate kaupa järgmiselt:

Aasta	Esmane mõõtmine	Korduv mõõtmine	Rahastaja
1995	102		
1996	101		
1997	26		ETF
1998	34		ETF
1999	139		RMK
2000	59	88	KIK
2001	67	101	KIK
2002	115	11	KIK
2003	24	48	KIK
2004	15	132	KIK
2005		160	KIK
2006		165	KIK
2007		129	KIK
2008	26	73	KIK
2009		144	KIK
2010	6	155	KIK
2011		165	KIK
2012		129	KIK
2013		97	KIK
2014	15	147	KIK

Eesti Maaülikooli (EMÜ) ja sihtasutuse Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK) vahel 1. juulil 2014.a. sõlmitud lepingu nr. 3-2_8/183-3/2014 kohaselt pidi EMÜ metsakorralduse osakond 2014.a. kordus mõõtma 147, rajama 15 uut puistu kasvukäigu püsiproovitükki loometsadesse ning 50 proovitükil kirjeldama kasvukoha alustaimestiku ning mullanäitajate järgi.

Käesoleva lepingu täitmise tulemusena kordus mõõdeti 2014.a. 147 püsiproovitükki, mille eelmisest mõõtmisest oli möödunud 5 aastat. Suurt tähelepanu pöörati varasemate mõõtmisandmete kontrollimisele. Selleks tuli 2014.a. kordusmõõtmisel need puud, mille 2009.a. mõõtmine oli kontrollprogrammi poolt kahtlaseks tunnistatud, erilise hoolikusega üle mõõta. 15 uut proovitükki rajati loometsadesse täiendamaks loalade metsade andmestikku. Antud projekti käigus kirjeldati lisaks 50 proovitükil kasvukohta, selleks välja töötatud metoodika alusel. Lisaks kasutati proovitükkide mõõtmisandmeid visuaalseks puistu tervislikku seisundi hindamiseks ning puistu radiaalkasvu ja kliima mõju analüüsimiseks loometsades.

Projekti vastutavaks täitjaks oli EMÜ metsakorralduse osakonna professor Andres Kiviste, projekti põhitäitjateks olid EMÜ metsakorralduse osakonna töötajad Diana Laarmann ja Allan Sims. Välitööde tegemisel osalesid metsakorralduse osakonna töötajad, magistrandid ja üliõpilased (E. Allikmäe, E.

Rähn, P. Pärn, B. Puidet, G. Laarmann, M. Gerz, V. Kängsepp, D. Silm, J. Tammemäe). Andmesisestuse arvutisse tegi Diana Laarmann ja esmase andmetöötluse viisid läbi Allan Sims, Diana Laarmann ja Andres Kiviste. Kasvukohtade kirjeldamise meetodika töötas välja Ahto Kangur. Puistu, alustaimestiku ning mullastiku seoseid analüüsis Erdi Paris. Kliima mõju analüüsi puude radiaalkasvule loometsades analüüsis Doris Silm. Puude seisundi hindamist proovitükkidel tegi Eneli Allikmäe. Puistu ning lidarimõõtmiste kõrgusandmete vahelist seost uuris Joosep Tammemäe.

Metsakorralduse osakonnas on metsandusliku modelleerimisalase informatsiooni haldamiseks loodud Metsandusliku Modelleerimise Infosüsteem (ForMIS, <http://formis.emu.ee/>), mis sisaldab dendromeetriliste mudelite andmebaasi, kasvukäigutabelite andmebaasi, kasvufunktsioonide andmebaasi ning püsiproovitükkide andmebaasi.

ForMIS-es on juurutatud ja arendatud juba mitu aastat püsiproovitükkide andmebaasi haldustarkvara. Andmestik täieneb pidevalt kordusmõõtmiste andmetega, seetõttu on pidev vajadus arendada võimalike vigade avastamise süsteemi, kus arvestatakse mitte ainult ühe, vaid ka mitme kordusmõõtmise andmeid.

Täiendavalt on meetodikaid ja uurimustulemusi tutvustatud konverentsidel ja seminaridel:

24.10.2014. Brasov. Rumeenia. Rahvusvaheline konverents „Forest and sustainable development“, kus osales ~300 inimest

Kiviste, A. Long-term monitoring and evaluating forest dynamics: the Estonian Network of Forest Research Plots. (suuline ettekanne)

Korjus, H. Assessment of tree mortality on the Estonian Network of Forest Research Plots. (posterettekanne)

12.02.2015. Tartu. RMK teadusseminar, kus osales ~100 inimest

Arumäe, T. Metsade takseerimine kaugseire abil. (suuline ettekanne)

Arumäe, T., Lang, M. Metsatakseerimine aerolidari abil. (posterettekanne)

Sims, A., Kiviste, A. Puude juurdekasvu modelleerimine. (posterettekanne)

Sims, A. Puude koore uuringud. (posterettekanne)

Krumm, L., Laarmann, D., Hordo, M. Biodiversity of Calamagrostis type alvar forests in Estonia. (posterettekanne)

Maleki, K. Individual tree mortality of silver birch in Estonia. (posterettekanne)

Püsiproovitükkide andmete põhjal valmis doktoritöö, mis kaitsti 29. augustil 2014.a.:
Diana Laarmann. 2014. Metsaökosüsteemi taastamise seire ja analüüs. (Monitoring and evaluation of forest ecosystem restoration.) Doktoritöö. Tartu. Eesti Maaülikool

Täiendavalt on valminud bakalaureusetööd, mida esitleti eelkaitsmisel 24. aprillil 2015.a.:
Erdi Paris. 2015. Muldade ja taimestiku analüüs naadi kasvukohatüübis.
Doris Silm. 2015. Kliima mõju analüüs arukase, hariliku kuuse ja hariliku männi radiaalkasvule loometsades.
Eneli Allikmäe. 2015. Puude seisundi hindamine metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel.

Täiendavalt on valmimas magistritöö, mida esitleti eelkaitsmisel 24. aprillil 2015.a.:
Joosep Tammemäe. 2015. Lidarandmete kasutamine metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel puistu kõrguse hindamiseks.

Püsiproovitükkide andmete põhjal valminud käsikirjad ja publikatsioonid:
Maleki, Kobra; Kiviste, Andres; Korjus, Henn (2015). Analysis of Individual Tree Competition Effect on Diameter Growth of Silver Birch in Estonia. Forest Systems, 0 [ilmumas]

Korjus, Henn; Laarmann, Diana (2015). Deadwood flow characteristics as an indicator of forest ecosystem naturalness. Journal of Forest Research: Open access, 4(2), e118.

Sims, Allan; Mändma, Ruth; Laarmann, Diana; Korjus, Henn (2014). Assessment of tree mortality on the Estonian Network of Forest Research Plots. Metsanduslikud uurimused = Forestry studies, 60, 54 - 60.

Lilleleht, Ando; Sims, Allan; Pommerening, Arne (2014). Spatial forest structure reconstruction as a strategy for mitigating edge-bias in circular monitoring plots. Forest Ecology and Management, 316, 47 - 53.

Henttonen, H. M.; Mäkinen, H.; Peltoniemi, M.; Laurén, A.; Hordo, M. (2014). Response of radial increment variation of Scots pine to temperature, precipitation and soil water content along a latitudinal gradient across Finland and Estonia. Agricultural and Forest Meteorology, 198-199, 294 - 308.

Korjus, Henn; Kangur, Ahto; Sims, Allan; Paluots, Teele (2014). Männikud ja looduskaitse. Malle Kurm (Toim.). Mänd Eestis (314 - 341). Tartu: Eesti Maaülikool

Kiviste, Andres; Hordo, Maris; Kangur, Ahto; Kardakov, Anton; Korjus, Henn; Laarmann, Diana; Lilleleht, Ando; Metslaid, Sandra; Sims, Allan (2015). Monitoring and evaluating forest dynamics: the Estonian Network of Forest Research Plots. In: Proceedings of the Biennial International Symposium FOREST AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT: Biennial International Symposium FOREST AND SUSTAINABLE DEVELOPMENT; Brasov, Romania; 24- 25.10.2014. Brasov: Transilvania University Press, 110 - 117.

Kiviste, Andres; Hordo, Maris; Kangur, Ahto; Kardakov, Anton, Korjus, Henn; Laarmann, Diana; Lilleleht, Ando; Metslaid, Sandra; Sims, Allan (2014). Long-term monitoring and evaluating forest dynamics: the Estonian Network of Forest Research Plots. In: Book of abstracts: International symposium "Forest and sustainable development", Braşov, Romania, 24-25 October 2014. Braşov: Transilvania University of Braşov, 47.

Korjus, Henn; Mändma, Ruth; Laarmann, Diana; Sims, Allan (2014). Assessment of tree mortality on the Estonian Network of Forest Research Plots. In: Book of abstracts: International symposium "Forest and sustainable development", Braşov, Romania, 24-25 October 2014. Braşov: Transilvania University of Braşov, 43.

Krumm, Leevi; Laarmann, Diana; Hordo, Maris (2014). Biodiversity of alvar forests in Estonia. In: Book of Abstracts: Forest landscape mosaics: disturbance, restoration and management at times of global change, 11-14 August 2014, Tartu, Estonia. (Toim.) Kangur, Ahto; Metslaid, Marek; Moser, W. Keith; Trei, Piret. Tartu: Eesti Maaülikool, (Transactions of the Institute of Forestry and Rural Engineering Estonian University of Life Sciences; 40), 113 - 113.

Mändma, Ruth; Laarmann, Diana; Korjus, Henn; Sims, Allan (2014). Assessment of tree mortality in managed and unmanaged forest stands in Estonia. In: Book of Abstracts: Forest landscape mosaics: disturbance, restoration and management at times of global change, 11-14 August 2014, Tartu, Estonia. (Toim.) Ahto Kangur, Marek Metslaid, W. Keith Moser, Piret Trei. Tartu: Eesti Maaülikool,

(Transactions of the Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences; 40), 122 - 122.

Mõistus, Marta; Lang, Mait; Sims, Allan. Puittaimestiku kaardistamine aerolidari andmete põhjal metsana lisanduvatel aladel. Metsanduslikud Uurimused 59, 45-58.

KOKKUVÕTE JA ARENGUKAVA

Vastavalt sihtasutuse Keskkonnainvesteeringute Keskus ja Eesti Maaülikooli vahel 01.07.2014 sõlmitud teadusuuringu lepingule nr. 3-2_8/183-3/2014 "Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku kordusmõõdistamine", teostas EMÜ metsakorralduse osakonna töögrupp lepingu lähteülesandes ettenähtud välitööd täies mahus, sisestas andmed arvutisse ja teostas esmase andmeanalüüsi.

1. Välitööde grupp koosseisus D. Laarmann, E. Allikmäe, E. Rähn, P. Pärn, B. Puidet, G. Laarmann, M. Gerz, V. Kängsepp, D. Silm, J. Tammemäe tegid mõõtmisi üle Eesti kokku 147 puistu kasvukäigu püsiproovitükil, kus teostati puistu inventuur, 50 proovitükil, kus teostati kasvukoha kirjeldamise uuring, 8 proovitükil, kus teostati puistu tervise hindamise uuring ning erinevatel proovitükkidel, kus kontrolliti puistu kõrgust lidarandmete analüüsi jaoks.
2. Proovitükkidel mõõdeti kõigi puude koordinaadid proovitüki tsentri suhtes, puude diameetrid kahes suunas, mudelpuudel lisaks kõrgus ja võra alguse kõrgus. Samuti hinnati iga puu rikkeid ja vigastusi.
3. Proovitükkidel mõõdetud puud tähistati diameetri mõõtmise kohalt värvitäpiga. Proovitüki tsentrisse kaevati plastmasstoru. Proovitüki asukoha leidmiseks kordusmõõtmisel 5 aasta pärast koostati skits, kus proovitükkide tsentrid on seotud looduses leiduvate püsiobjektidega.
4. GPS seadmega kontrolliti ning vajadusel korrigeeriti proovitükkide tsentrite geograafilised koordinaadid.
5. Mõõtmisandmed sisestati arvutisse andmehaldus tarkvara abil, millega kontrolliti sisestatud andmete kooskõla ja arvutati proovitükkide takseertunnused.
6. Kordusmõõtmistel mõõdeti proovitükkidel erilise hoolikusega need puud, mis Maris Hordo erindite leidmise programm oli tunnistanud "kahtlaseks mõõtmistulemuseks". Iga erindi puhul tehti otsus, kas oli tegu mõõtmisveaga või loodusliku häiringuga.

7. Kõigi proovitükkide kohta on tehtud esmased takseerarvutused, puude asendiskeemid ja kaardid, mis on esitatud käesolevas aruandes.
8. Hinnati kordusmõõtmisele kuulunud proovitükkidel pärast viimast mõõtmist väljalangenud puude suremise põhjusi vastavalt punktis 1.8 esitatud metoodikale.
9. Teostati mullainventuur vastavalt välja töötatud metoodikale.
10. Teostati alustaimestiku inventuur vastavalt välja töötatud metoodikale.
11. Metsandusliku modelleerimise infosüsteemi (ForMIS) sisestati või ühildati KKPRT andmebaas nii, et kõik mõõtmisandmed asuvad infosüsteemis (<http://formis.emu.ee/sampplot/>).
12. Viidi läbi esmane andmeanalüüs, lisaks teostati puistu struktuuri ruumiline analüüs ning otsiti seoseid puistu, taimestiku ning mullastiku vahel.
13. Uuriti puu kasvu ka kliima omavahelisi seoseid loometsadesse rajatud puistutes.
14. Hinnati puistu tervist resistograafia.

EMÜ metsakorralduse osakonnas loodud Eestit kattev metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustik koosneb praegu 714 proovitükist, laiendatud võrgustik koosneb 819 proovitükist, kuhu kuuluvad ka teistel eesmärkidel rajatud proovitükid või katsealad, kus on kasutatud puistuinventuuril KKPRT võrgustiku metoodikat.

Järgnevalt oleks antud valdkonnas vaja teha järgmist

1. Kõige olulisemaks ülesandeks metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku juures on kindlustada proovitükkide **regulaarne kordusmõõtmine** 5 aastase intervalli järel. Ainult sellisel juhul saame teada informatsiooni puude juurdekasvu ja väljalangevuse kohta, mis on vajalikud puistu kasvumudelite kohta. Juhul, kui järgneval paari aastakümne jooksul ei õnnestu proovitükke kordusmõõdeti, osutub proovitükkide võrgustik ja seni tehtud töö puistu kasvukäigu modelleerimise seisukohalt praktiliselt kasutuks.
2. Kogutud proovitükkide andmestikku saab kasutada **Eesti puistu ehituse seaduspärasuste uurimiseks**: puude diameetri jaotusseadused, kõrguskõverate mudelid, puude võra mudelid, kliima dendroskaalade uuendamine, puudevahelised konkurentsindexid ja puude paiknemise mudelid jms. Need teemad on praegu EMÜ metsakorralduse osakonnas üheks tähtsamaks uurimisvaldkonnaks. Antud teemat on toetanud Eesti Teadusfond grantide 4813 ja 5768 raames.

3. Tuleks jätkata kasvukäigu püsiproovitükkide eralduste **ajaloo** uurimist. Koostöös Riigimetsa Majandamise Keskusega on alustatud juba RMK arhiividest varasemate andmete ja tegevuste otsimine: metsapõlvkonna takseerikirjeldus, lageraieaasta, uuenemisviis, hooldusraied ja muud metsamajanduslikud tööd, vahepealsete aastate takseerikirjeldused. See töö on sobiv metsandustudengitele ülesandena metskonnas menetluspraktika raames.
4. Kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikku tuleks kasutada täiendavate uurimisteemade algatamiseks, näiteks puude tüvemoodustaja mudeli koostamiseks, puude võrade uurimiseks ja ortofotode rakendamiseks vajalike mudelite loomiseks jne.
5. Üha enam tähelepanu tuleb pöörata proovitükkide mõõtmiste kvaliteedile. Proovitükkidel tehtud mõõtmisvigu analüüsis põhjalikult Maris Hordo, kes kaitses 2004. a. magistritöö teemal "Erindite diagnostika puistu kasvukäigu püsiproovitükkide andmeil".
6. Mõõtmiste kvaliteedi parandamiseks töötada välja tahvelarvutitele andmesisestussüsteem, mis võimaldab metsas mõõtmiste käigus koheselt tuvastada võimalikud vead ja erandid.
7. Tuleb jätkata proovitükkide kasvukohtade kirjeldamistega nii, et lõpuks oleksid kõikidel proovitükkidel teostatud mulla- ning alustaimestikuinventuur.
8. Tuleb jätkata puistu tervisliku seisundi uurimist, kasutades selleks resistograafi ning laiendada uurimust puu mädanikku põhjustajate identifitseerimisega (liigilise määramisega).
9. Tuleb jätkata kaugseiremeetodite rakendamist puistu mõõtmistel.