Männi-, kuuse- ja kasepuistute majandamise tasuvus lühikese raieringi korral

Henn Korjus^{1*}, Priit Põllumäe¹ ja Siim Rool²

Korjus, H., Põllumäe, P., Rool, S. 2011. Profitability analysis of short rotations in Scots pine, Norway spruce and silver birch stands. – Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused 54, 28–36. ISSN 1406-9954.

Abstract. Estonian forest management is based traditionally on long rotations. Recent trends in wood industry and wood consumption promote also production of small-size timber for bioenergy and timber products. This opens a discussion about shorter rotations and intensive forest management again in Estonia. In current study, profitability of Scots pine, Norway spruce and silver birch stand management on fertile soils was analyzed according to three different rotation lengths: traditional long rotation, short rotation and economically optimal rotation according Finnish TAPIO rules. Stand simulation software MOTTI was used to simulate and optimize forest growth and management. Simulation results were compared with actual data on forest growth and yield in Estonia. Economically optimal rotations were for Scots pine stand 58 years, Norway spruce stand 53 years and silver birch stand 41 years. Short and optimal rotation length enable 5.9–6.5% profitability for forest owner, traditional long rotation length enables 4.8–5.4% profitability. Rotation forestry is challenging task. Based on our analysis, it is likely that applied practices can intensify wood production and reduce forest management risks. However, theoretical approach is not enough for assessing practical feasibility of short rotations. Thus further studies and experiments are needed for careful analysis and recommendations.

Key words: forest management, short rotation forestry, stand simulation, profitability.

Authors' addresses: ¹Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi 5, Tartu, 51014, Estonia; *e-mail: henn.korjus@emu.ee

²SA Erametsakeskus, Mustamäe tee 50, Tallinn, 10621, Estonia

Sissejuhatus

Eestis kasutatakse männikute, kuusikute ja kaasikute majandamisel traditsiooniliselt pikka raieringi, et kasvatada puistu väikeste kuludega 60 kuni 120 aastaga suureks ja toota võimalikult palju kvaliteetset jämedat palki. Viimastel aastakümnetel on puidutööstuses ja puidu tarbimises toimunud olulised arengud, mida metsade majandamisel ei saa ignoreerida. Metsadest saadav biomass on oluline taastuvenergeetikas taastumatute energiaallikate asendamisel. Samuti on vähenenud tööstuse

nõudmised puidu mõõtmetele, kuna tänapäevased tehnoloogiad võimaldavad väiksemõõtmelisest sortimendist toota puitplaate, puidumassi, soojus- ja elektrienergiat. Seetõttu pööratakse metsade majandamisel taas tähelepanu lühemate raieringide kasutamisele.

Eestis kasutatavad raieringi pikkused põhinevad „Metsa majandamise eeskirjas“ (Keskkonnaministeerium, 2010) toodud minimaalsetele raievanustele, mis omakorda pärinevad veidi muudetud kujul „Eesti NSV Metsakoodeksist“ (1978). Seejuures on metsa küpsusvanuste

teema Eestis poliitilise alatooniga ja ei vasta metsamajanduslikele võimalustele. Kodumaiste puuliikide raieringi lühendamine ja intensiivsem metsade majandamine on metsapoliitikas oluline alternatiiv, kui soovitakse suurendada puidutootangut ja hoida keskkonnariske võimalikult madalana. Metsaistandused annavad võimaluse täita puiduvajadust pikemas plaanis ja sedasi vähendada looduslike metsade koormust puidutootjana ka kogu maailma kontekstis. Istanduste puiduproduktioon on kiirem ja raiering lühem kui tavametsanduses. Produktiivsuse suurendamisel on täiendavaid võimalusi nii võõrpuuliikidel, metsaselekttsioonil kui ka –geneetikal (Fenning & Gershenson, 2002). Samas peab võõrliikide kasutamisel istandustes olema ettevaatlik, sest nad võivad märkimisväärselt mõjutada looduslike liikide populatsioone ja genofondi. Lisaks on risk, et võõrpuuliikide seemned kanduvad istandustest välja ja hakkavad looduses kohalike liike välja tõrjuma. Näiteks Uus-Meremaal kulutatakse igal aastal miljoneid dollareid, et mitesoovitavad istanduste liigid ei paljuneks kohtades, kus seda ei soovita (Knight *et al*, 2000).

Käesoleva töö eesmärgiks on teoreetiliselt võrrelda metsa majandamise tasuvust viljakates kasvukohtades erineva raieringiga majandades. Analüüsiks kasutatakse Soome Metsainstituudis välja töötatud puistu simulatsioonitarkvara MOTTI (METLA, 2007). Töös võrreldakse lühikest raieringi, majanduslikult optimaalse pikkusega raieringi ja traditsioonilist pikka raieringi.

Metoodika

Käesolevas töös uuritakse virtuaalsete puistute majandamise tasuvust. Peamine eesmärk on analüüsida tasuvust lühemate raieringide korral, kui praegune Eesti metsaseadus ette näeb. Täiendavalt kasutatakse ka klassikalist tasuvusanalüüsi, mille abil arvutatakse metsamajandamise kui investeeringu nüüdispuhasväärtused

ja maa hinnangväärtused Eesti keskmiste takseernäitajate alusel. Erinevatele raieringi pikkustele vastavad tasuvusanalüüsid tehti tarkvarapaketiga MOTTI.

MOTTI on Soome Metsainstituudis (METLA) väljatöötatud metsanduslik tarkvara, mis võimaldab metsamajanduslike tegevusi virtuaalselt kavandada ja saadud tulemusi analüüsida. MOTTI tuumaks on puistupõhine kasvusimulaator, mis sisaldab kasvu ja tootlikkuse mudeleid, mis arvestavad loodusliku uuendust, puude kasvu ja suremust. MOTTI abil saab kirjeldada, kasutaja määratud tingimuste alusel, puistu dünaamikat kuni raieringi lõpuni. Kasutaja saab valida raiete käigus raiutavaid puidu koguseid, raiemeetodit ja raiutavaid puuliike. Samuti saab kasutaja ise ajastada harvendus- ja lõppraiete tegemist. Kui kasutaja ei soovi majandamisvõtteid detailselt kirjeldada, siis on võimaluseks, et tarkvara valib ise puistule majanduslikult kõige optimaalsema majandamisrežiimi Soome Metsaomanike Liidu TAPIO juhenditest lähtuvalt (TAPIO, 2011). Majandusliku tasuvuse analüüsi jaoks saab kasutaja sisestada puidusortimentide hinnad puuliikide kaupa, majandamiskulud (harvendusraied, väetamine, kuivendusvõrgu hooldus) ja kasutatava intressimäära. Programm esitab analüüsi tulemused tabelite ja graafikutena, mida saab aruandena ka välja printida (METLA, 2007).

Kuna MOTTI on testitud ja sobiv kasutamiseks Soome puistutes, siis on ta tundlik ekstrapoleerimise suhtes. Seetõttu simulatsioonides puistute asukohta ei ekstrapoleeritud, vaid puistute asukohaks valiti Vantaa. See Eesti tingimustele võimalikult lähedane ala asub Lõuna-Soomes Uusimaa maakonnas Helsingist vahetult põhjas ning on mere otsesest mõjust piisavalt kaugel.

Arvutisimulatsioonide jaoks on valitud puhtpuistud, sest nii on intensiivses metsanduses tavapärasem, neid puistuid on lihtsam majandada ja see annab majanduslikult kõige parema tulemuse. Puistutes kasvatavateks puuliikideks valiti Eestis majanduslikult kõige tähtsamad ja tavalisemad

puuliigid: arukask (*Betula pendula* Roth), harilik kuusk (*Picea abies* (L.) H.Karst.) ja harilik mänd (*Pinus sylvestris* L.). Valikusse oleks kaasatud ka teisi olulisi liike nagu harilik haab, hübriidhaab, hall-lepp ja sang-lepp, aga kahjuks puudusid MOTTI tarkvaras vajalikud mudelid simulatsioonide läbiviimiseks. Kase ja kuuse puhul on kasvukohaks valitud kõige viljakam "lehto" (vrdl. eesti keeles salumets), männi jaoks viljakas "lehtomainen kangas" (vrdl. laanemets). Nimetatud kasvukohad on MOTTI kasutatud Kuusela ja Salminen (1969) tüpoloogia järgi ligikaudselt vastavad Lõhmuse (2006) tüpoloogias naadi ja jänesekapsa-mustika kasvukohatüübile. Eesti takseerimudelitele vastavalt on valitud kase- ja kuusepuistu 1A ning männipuistu 1 boniteediklassi puistud. Metsauuendusviisiks valiti istutamine, kusjuures pika raieringi simulatsioonide puhul kasutati tavalist istutustihedust, lühemate raieringide simulatsioonides palju väiksemat istutustihedust, sest soov oli puude juurdekasvu maksimeerida, andes neile rohkem kasvuruumi. Istutustihedused olid pika raieringi puhul kuusel 3000 tk/ha, männil 4000 tk/ha ja kasel 2000 tk/ha. Ülejäänud juhtudel oli valitud istutustiheduseks 1500 tk/ha.

Arvutisimulatsioonides kasutati kõigi puistute puhul kolme erinevat majanda-

misrežiimi: Eesti traditsiooniline pikk raiering (männil 90 a., kuusel 80 a., kasel 60 a.), MOTTI väljapakutud TAPIO reeglitega määratud optimaalse pikkusega raiering (männil 58 a., kuusel 53 a. ja kasel 41 a.) ja autorite poolt valitud lühike raiering (männil 40 a., kuusel ja kasel 30 a.). Valitud lühikese raieringi pikkus vastab ligikaudu modelleeritud puistute mahuküpsuse vanusele Tappo (1982) andmetest arvatuna.

Andmete analüüsis kasutati dünaamilisi investeerimisarvutusi. Seejuures arvutati majandamisvõtete tulude/kulude puhasnüüdisväärtus (lühendatult NPV, *Net present value*) ning sisemine tasuvuslavi (IRR, *Internal rate of return*). Investeeringu NPV on kõikide aastate sissetulekute ja väljaminekute nüüdisväärtuste summa. IRR arvutamine, kui investeeringute hindamise meetod, baseerub NPV kontseptsioonil. See meetod selgitab välja maksimaalse intressimäära, mille juures investeeringu NPV on null (Kaimre, 2002).

Metsamaterjali ja -taimede hinnad võeti internetist Riigimetsa Majandamise Keskuse (RMK) koduleheküljelt (RMK, 2011a,b). Ümarpuidu hindadeks valiti 2010. aasta arvutuslikud keskmised hinnad (tabel 1). Tabelis 2 on esitatud investeerimisarvutustes kasutatud hinnad, mis põhine-

Tabel 1. Andmete analüüsis kasutatud puidusortimentide hinnad (allikas: RMK, 2011a).

Table 1. Timber prices used in the data analysis (source: RMK, 2011a).

Sortimendi nimetus / Timber assortment		Sortimendi hind / Assortment price €/m ³
Männipalk	<i>Pine saw log</i>	55,16
Männipeenpalk	<i>Pine small dimension saw log</i>	47,10
Kuusepalk	<i>Spruce saw log</i>	51,70
Kuusepeenpalk	<i>Spruce small dimension saw log</i>	45,63
Kasepakk	<i>Birch veneer log</i>	103,92
Kasepalk	<i>Birch saw log</i>	44,74
Haavapalk	<i>Aspen saw log</i>	27,80
Männipaberipuit	<i>Pine pulpwood</i>	24,67
Kuusepaberipuit	<i>Spruce pulpwood</i>	24,67
Kasepaberipuit	<i>Birch pulpwood</i>	31,32
Haavapaberipuit	<i>Aspen pulpwood</i>	15,59
Küttepuit	<i>Fuelwood</i>	17,83

Tabel 2. Dünaamilistes investeerimisarvutustes kasutatud tööde ja istutusmaterjali hinnad (allikas: RMK, 2011b; Luhse, 2011).

Table 2. The prices of forestry operations and planting material used in investment calculations (source: RMK, 2011b; Luhse, 2011).

Teenuse või materjali nimetus	Forestry operation or material	Maksumus Price	Ühik Unit
Lageraie	Clearcutting	6,00	€/m ³
Harvendusraie	Thinning	10,00	€/m ³
Maapinna ettevalmistamine	Soil preparation	96,00	€/ha
Taimede istutamine	Planting	128,00	€/ha
Noorendiku hooldus	Pre-commercial thinning	96,00	€/ha
Kuuse istik	Spruce seedling	0,179	€/tk
Männi ja kase seemik	Pine or birch seedling	0,089	€/tk

vad RMK metsataimede hinnakirjal (RMK, 2011b), raiekuludeks võeti turu arvestuslik keskmine (Luhse, 2011) ning uuenduskulud võeti riigi poolt pakutavate toetusmäärade järgi (Keskkonnaministeerium, 2009). Nüüdisväärtused arvutati intressimäärade 0% kuni 6%.

Uuritud puistute dimensioonide võrdluseks Eesti andmetega ja klassikalise tasuvusanalüüsi läbiviimiseks kasutati Tappo (1982) andmeid. Klassikaline tasuvusanalüüs viidi läbi selleks, et hinnata majanduslikku tulemust pika ja lühikese raieringi puhul Eesti keskmiste takseernäitajate (Tappo, 1982) alusel. Raieringi pikkused valiti samad MOTTI-s analüüsitud puistute raieringi pikkustega. Seejuures on MOTTI poolt kasutatud puistu kõrguse ja diameetri definitsioonid mõnevõrra erinevad Tappo (1982) kasutatud definitsioonidest: MOTTI kasutab rinnaspindalaga kaalutud keskmist kõrgust ja diameetrit, Tappo (1982) keskmise mahuga puule vastavat kõrgust (nn. Lorey kõrgus) ja ruutkeskmist diameetrit. Samuti on oluline märkida, et metsa majandamise intensiivsus on mõlemas analüüsis erinev, kuna MOTTI arvutisimulatsioonides eeldatakse metsa hoopis aktiivsemat majandamist kui seda Eestis tavapäraselt tehakse ja mida iseloomustab klassikaline tasuvusanalüüs.

Metsamajanduslike investeeringute hindamisel kasutatakse madalaid intressimäärasid (Kaimre, 2002) ning selles ana-

lüüsis kasutati baasintressina 3%. Maa hinnangvärtus arvutati Faustmanni meetodil (Price, 1989):

$$SEV = \frac{NPV}{(1+i)^u - 1} ,$$

kus SEV – maa nüüdisväärtus (€/ha), NPV – investeeringu puhasnüüdisväärtus (€/ha), i – intressimäär, u – raieringi pikkus (a).

Tulemused

MOTTI arvutisimulatsioonidest selgus valitud puistutele optimaalne raieringi pikkus lähtuvalt TAPIO juhistest: 1 boniteedi männipuistus 58 a., 1A boniteedi kuusepuistus 53 a. ja 1A boniteedi kasepuistus 41 a.

Tabelis 3 on esitatud MOTTI arvutisimulatsioonide tulemusel arvatatud puistute takseernäitajad raieringi lõpus ja võrdluseks Eesti puistute keskmised takseernäitajad samas vanuses Tappo (1982) järgi.

Tabelis 4 on esitatud puistute majandamisel saadav NPV erinevate intressimäärade korral ja investeeringu IRR. Tabelist nähtub, et raieringi pikkusel on oluline mõju metsamajandamise tulusele. Lühike ja optimaalne raiering tagavad metsaomanikule metsade majandamisel 5,9–6,5% tuluse, traditsiooniline pikk raiering aga 4,8–5,4% tuluse.

Tabelis 5 on esitatud arukase, hariliku kuuse ja hariliku männi puistutes

Tabel 3. Uuritud puistute takseertunnused sõltuvalt raieringi pikkusest.

Table 3. Achieved mean stand dimensions depending on rotation length.

Peapuuliik Main tree species		Raieringi pikkus a Rotation length years	Puistu takseertunnused raieringi lõpus Stand dimensions at the end of rotation period				
			Puistu tihedus Number of trees per ha ha ⁻¹	Rinnaspindala Basal area m ² /ha	Kõrgus Height m	Diameeter Diameter cm	Tagavara Volume m ³ /ha
MOTTI simulatsioonide tulemused Results of MOTTI simulations							
Kask	Birch	30	1087	25,8	22,3	21,6	263
Kask	Birch	41	365	17,9	28,7	28,5	228
Kask	Birch	60	350	27,1	35,5	33,6	391
Kuusk	Spruce	30	2552	26,1	14,4	14,1	179
Kuusk	Spruce	53	478	33,4	23,6	31,2	351
Kuusk	Spruce	80	315	30,0	30,8	41,4	520
Mänd	Pine	40	1263	33,9	16,3	20,2	272
Mänd	Pine	58	520	34,2	22,5	29,9	350
Mänd	Pine	90	428	41,9	27,9	35,7	491
Eesti puistute keskmised näitajad Tappo (1982) järgi Mean stand dimensions in Estonia according to Tappo (1982)							
Kask	Birch	30	1526	25,5	18,7	14,6	220
Kask	Birch	40	1038	27,7	22,4	18,4	283
Kask	Birch	60	643	29,5	27,4	24,2	363
Kuusk	Spruce	30	1890	24,9	14,2	13,0	179
Kuusk	Spruce	50	823	28,5	21,7	21,0	294
Kuusk	Spruce	80	441	29,2	29,0	29,1	391
Mänd	Pine	40	1308	25,9	15,8	15,9	193
Mänd	Pine	60	776	28,6	21,5	21,7	277
Mänd	Pine	90	466	29,7	27,1	28,5	352

Tabel 4. Puistute majandamisel saadav nüüdispuhasväärtus (NPV) erinevate intressimäärade korral ja investeeringu tasuvuslävi (IRR).

Table 4. Net present value (NPV) with different interest rates and the internal rate of return (IRR) of forest management.

Intressimäär Interest rate %	NPV (€/ha) vastava peapuuliigi ja raieringi pikkuse korral NPV (€/ha) according to main tree species and rotation length								
	Mänd 40 a. Pine 40 y	Mänd 58 a. Pine 58 y	Mänd 90 a. Pine 90 y	Kask 30 a. Birch 30 y	Kask 41 a. Birch 41 y	Kask 60 a. Birch 60 y	Kuusk 30 a. Spruce 30 y	Kuusk 53 a. Spruce 53 y	Kuusk 80 a. Spruce 80 y
0	8344	18946	32619	5206	8782	14050	3373	22453	41103
1	5406	10844	14529	3530	5759	7600	2333	13316	19756
2	3429	6174	6415	2316	3699	3978	1558	7780	9444
3	2094	3449	2626	1432	2286	1908	978	4396	4352
4	1189	1836	773	787	1309	702	544	2308	1777
5	573	868	-182	313	628	-16	217	1008	438
6	152	277	-701	-36	152	-455	-29	190	-280
IRR (%)	6,4	6,5	4,8	5,9	6,3	5,0	5,9	6,2	5,4

Tabel 5. Klassikaline tasuvusanalüüs uuritud puistutes pika ja lühikese raieringi korral lähtudes Tappo (1982) Eesti puistute keskmistest takseerandmetest.

Tabel 5. Results of classical analysis in forest stands managed with long or short rotations based on Tappo (1982) average stand parameters in Estonia.

Pea-puuliik Main tree species		Raieringi pikkus Rotation length aastat years	Puidutoodang Annual timber production m ³ / (ha*a)	NPV 3% intressimäära korral NPV with 3% interest rate €/ha	Maa hinnangväärtus 3% intressimäära korral Soil expectation value with 3% interest rate €/ha
Kask	Birch	60	7,47	1768	361
Kask	Birch	30	7,33	1477	1035
Kuusk	Spruce	80	6,84	1269	132
Kuusk	Spruce	30	5,97	938	657
Mänd	Pine	90	5,34	956	72
Mänd	Pine	40	4,83	1074	475

klassikalise tasuvusanalüüsi tulemused Eesti puistute keskmiste näitajate (Tappo, 1982) alusel arvutatud lühikese ja pika raieringi korral 3% intressi juures. Kõik variandid toodavad kasumit, arukase ja kuuse puistus on nüüdisväärtus pikema raieringi puhul suurem, männi puistus on nüüdisväärtus aga lühikese raieringi puhul suurem. Maa hinnangväärtus on kõigi uuritud puistute puhul suurem lühikese raieringi korral.

Arutelu

MOTTI poolt simuleeritud arukase puistute tulemuste ning Eesti keskmiste takseer-näitajate võrdlemisel selgub, et simulatsiooni näitajad on üldiselt suuremad (kõrgus, diameeter), mis on tingitud väiksemast puistu tihedusest simulatsioonis, võimaldades puudel paremini ära kasutada kasvukoha potentsiaali. Võrreldes aga tagavarasid on näha, et simulatsiooni tulemused on suuremad vaid väga lühikese (30 a.) ning pika (60 a.) raieringi korral. Vaadeldes NPV-de ja IRR saadud väärtusi on näha, et pikema raieringiga majandamine annab kõige tagasihoidlikuma tulemuse – kasumit on oodata ainult kuni 4% intressimäära juures, samas kui lühema raieringi puhul on see 5% ning TAPIO 41 aastase raieringi puhul koguni 6% (investeeringu tasuvus 6,3%). Ligilähedase tasuvuse annab ka väga

lühikese raieringiga majandamine, ent oluliselt tagasihoidlikumaks jääb pika raieringiga variant.

Hariliku kuuse modelleeritud takseer-tunnuste erinevused Eesti keskmiste takseernäitajatega esinevad keskmise ja pika raieringi puhul. Lühikese (30 a.) raieringi puhul on tunnuste erinevused tagasihoidlikud. MOTTI simulatsioonide tulemused olid oluliselt paremad kui Eesti keskmised takseernäitajad sealjuures oli tagavara 50 a. puistus ~60 m³ ning 80 a. puistus üle 120 m³ suurem. Modelleeritud tagavara tulemustest on näha et puistu ei suudaks ka kahe lühema lõppraiega sama palju puitu toota kui ühe pika raieringiga, mis on seletatav sellega, et oma parima kasvukiiruse saavutab kuusik keskeas. NPV ja IRR väikesed erinevused eri raieringide puhul kinnitavad seda sama – olenemata raieringi pikkusest on tulusus suhteliselt sarnane. Küll aga saavutab parima tulemuse kasutades TAPIO 53 aastast raieringi. Samuti on võimalik lühemate raieringidega vähendada kuuse eripärast tingitud riske nagu juurepessu ja tuulekahjustused, mis sagedamini esinevad vanemas eas. Brukas & Weber (2009) on arvutanud kuuse kasvatamise tasuvuseks Saksamaal alla 2%, Rootsis 3–4% (algtihedustega vastavalt 1200–2500 ning 3000 taime hektari kohta). Märkimisväärne erinevus leitud IRR-s on selgitatav raieringidega, mis Saksamaal on

vahemikus 80–120 aastat, ent Rootsis vahemikus 55–75 aastat. Leedu ja Läti osas (algtheduse 2000–2500 taime ha kohta) on nad saanud tulemuseks 3,5 ning 4,7%, kusjuures seda Leedu puhul 75 aastases puistus ning Lätis 81 aastases puistus. Kõrgemat IRR nimetatud Balti riikides põhjendavad nad pea-asjalikult väiksemate tööjõukuludega (Brukas & Weber, 2009).

Hariliku männi puhul on erinevused nii takseertunnustes (võrrelduna MOTTI simulatsiooni ja Eesti keskmiste tunnustega) kui ka raieringide modelleerimisel saadud tunnustes märkimisväärsed. Modelleeritud takseertunnused on Eesti keskmistest takseernäitajatest oluliselt suuremad, seda pea-asjalikult väikese algtheduse tõttu, sest mänd on valgusnõudlik puuliik ning hõredamas puistus suudavad puud rohkem kasvukoha potentsiaali ära kasutada. Simuleeritud raieringide tulemustest nähtub selgelt, et 90 a. raiering (IRR 4,8%) on oluliselt vähemrentaabel võrreldes kahe lühema raieringiga (6,4–6,5%). Ka klassikalise tasuvusanalüüsi juures on näha, et 3% intressimäära juures on lühem raiering tulusam. Männi puhul on Brukas & Weber (2009) arvutanud Saksamaal tasuvuseks vähem kui 1%, Rootsis 1,5–2,5% (algthedustega vastavalt 10 000 ning 2500 taime hektari kohta). Saksamaa tulemus võib olla paljuski seletatav kõrge algthedusega, mis viib rajamise kulud väga kõrgeks. Samuti on erinevused raieringides, mis Saksamaal on vahemikus 100–140 aastat ja Rootsis vahemikus 80–120 aastat. Leedu ja Läti osas (algthedused vastavalt 4000–7000 ja 3000 taime ha kohta) on nad saanud tulemuseks 3,1 ning 3,8%, kusjuures seda Leedu puhul 105 aastases puistus ning Lätis 100 aastases puistus.

Klassikalise tasuvusanalüüsi tulemusi vaadates on näha, et erinevate raieringide puhul on aastane puidutoodang (m^3/ha) uuritud puistutes suhteliselt sarnane. Kui aga vaadata puistute nüüdisväärtust, siis 3% intressi puhul on suuremat tulusust oodata männi puhul, kui kasutada lühemat raieringi. Kuuse ning kase puhul on

see vastupidine st. kasumlikumaks osutus pikem raiering. Samas maa hinnangväärtuseid vaadeldes selgub, et pigem tuleks eelistada lühemat raieringi.

Analüüsi tulemuste juures tuleb silmas pidada, et simulatsiooni käigus on kasutatud Soomes Vantaa looduslikke tingimusi, mis on küll lähedased Eesti tingimustele, ent pole kindlasti identsed. Teise asjaoluna vajab märkimist, et edaspidisel analüüsil tuleks kasutada fikseeritud istutamise kulude asemel kulusid sõltuvalt istutatava taime hinnast ning algthedusest, et erinevate majandusrežiimide eripärad oleksid analüüsis arvestatud. Maa hinnangväärtuse puhul tuleb arvestada asjaolu, et arvutustes eeldatakse, et puistu on rajatud tühjale maale ning oma mõju tulemustele on ka asjaolul, et pika raieringi ning kahe teise raieringi istutustihedused olid märkimisväärselt (eriti kuuse ja männi puhul) erinevad. Nii kuuse kui ka männi puhul olid istutamisega seotud kulud oluliselt suuremad ning täpsema võrdluse saamiseks tuleks edaspidi kasutada sarnaseid istutustihedusi.

Intensiivse metsakasvatusega saadav puidutoodangu suurenemine ei ole teoreetilise modelleerimisega kindlalt tõestatud, vaid vajab edaspidist katselist ja praktilist uurimist. Mäkinen *et al.* (2005) näitasid, et intensiivse metsakasvatuse kasumlikkus selgub tegelikkuses ikkagi raieringi lõpus ja seetõttu on tulususe hindamine seotud suhteliselt suure määramatuse komponendiga.

Analüüsi tulemused näitavad, et majanduslikust aspektidest lähtuvalt võivad, erinevalt Eestis levinud klassikalistest arusaamadest, lühemad raieringid olla vägagi arvestatavad alternatiivid. Sealjuures on analüüsist välja jäänud mitmed kiirekasvulised lehtpuud nagu hall lepp ja harilik haab, mis taastuenergia seisukohast võivad olla veelgi perspektiivsemad. Teatud piiratud aladel lühemate raieringide kasutamine võimaldab vastata kiiremini turul tekkivale nõudlusele sh. vähendades survet looduslikele metsadele. Lühikesed raierin-

gid võimaldavad metsaomanikule ka suu-remat paindlikkust oma investeeringute kasutamisel ning võimalust maandada metsamajandusega seotud riske nagu ulatuslikud metsakahjustused, mis eriti puudutavad kuusikuid.

Kokkuvõte

Käesolevas artiklis analüüsiti intensiivse metsamajanduse tasuvust lühikese raieringi korral. Tööst selgus, et lühikese raieringi rakendamine on majanduslikult tasuv viljakates kasvukohtades nii arukase, hariliku kuuse kui ka hariliku männi kasvatamisel. Optimaalseks raieringi pikkuseks arvutati 1A boniteedi kasepuistus 41 aastat ja kuusepuistus 53 aastat ning 1. boniteedi männipuistus 58 aastat.

NPV analüüsides selgus, et kõikide uuritud raieringi pikkuste puhul teenib metsaomanik arvestavat tulu. Kõige suurema sisemise tasuvuslängvega oli optimaalse raieringi pikkusega TAPIO majandamisskeem, mis võimaldas saada 6,2–6,5% puhasintressi. Lühemad raieringid võimaldasid tulu teenida 5,9–6,4%. Eesti metsaseaduse alusel valitud raieringide pikkuste korral jäi metsade majandamise majanduslik tulem (tulusus 4,8–5,4%) lühemate raieringide kasutamisele natukene alla.

Klassikalise tasuvusanalüüsi tulemustest selgus, et uuritud puistute aastane puudutoodang ja investeeringu nüüdisväärtus on kasutatud raieringi pikkuste korral kõigil puuliikidel samas suurusjärgus. Lühemate raieringide kasutamise otstarbekust kinnitas maa hinnangväärtuse arvutamine, mis lühemate raieringide puhul andis parema tulemuse kui traditsioonilise pika raieringi puhul.

Kasutatud kirjandus

Brukas, W., Weber, N. 2009. Forest management after the economic transition – at the crossroads between German and Scandinavian traditions. – Forest Policy and Economics, 11, 586–592.

- Eesti NSV Metsakoodeks. (Forestry Code of Estonian SSR). 1978. Eesti NSV seadus, kinnitatud Eesti NSV Ülemnõukogu otsusega 14. detsembril 1978. a. (In Estonian).
- Fenning, T., Gershenzon, J. 2002. Where will the wood come from? Plantation forests and the role of biotechnology. – Trends in Biotechnology, 20(7), 291–295.
- Kaimre, P. 2002. Metsanduse ökonomika. (Forest economics). Doktoriväitekirj. (PhD thesis). Tartu, Eesti Põllumajandusülikool. (Tartu, Estonian Agricultural University). 197 pp. (In Estonian).
- Keskonnaministeerium. (Ministry of the Environment). 2010. Metsa majandamise eeskiri. (Regulation for forest management). [WWW document]. – URL <https://www.riigiteataja.ee/akt/13299966>. [Accessed November 2, 2011]. (In Estonian).
- Keskonnaministeerium. (Ministry of the Environment). 2009. Erametsanduse toetuse andmise alused, toetuse taotlusele esitatavad nõuded, taotluse hindamise kord ja hindamiskriteeriumid, toetuse tagasinõudmise kord, kinnituskirja vorm ja nõuded sisule ning metsa inventeerimise ja metsamajandamiskava koostamise toetuste täpsustatud määrad. (Regulations for supporting private forestry, requirements for application, evaluation criterias, support recovery procedures, confirmation letters and content requirements and rates for supporting forest inventory and preparation of forest management plans). [WWW document]. – URL <https://www.riigiteataja.ee/akt/119042011009>. [Accessed May 9, 2011]. (In Estonian).
- Knight, D.H., Baker, W.L., Engelmark, O., Nilsson, C. 2000. A landscape perspective on the establishment of exotic tree plantations: lodgepole pine (*Pinus contorta*) in Sweden. – Forest Ecology and Management, 141, 131–142.
- Kuusela, K., Salminen, S. 1969. The 5th National Forest Inventory in Finland. – Communicationes Instituti Forestalis Fenniae, 69(4), 1–72.
- Luhse, T. 2011. Harvendusraiete tasuvusanalüüs MOTTI tarkvaraga. (Economic analysis of thinnings using MOTTI software). Bakalaureusetöö. (Bachelor thesis). Eesti Maaülikool. (Estonian University of Life Sciences). 77 pp. (In Estonian).
- Lõhmus, E. 2006. Eesti metsakasvukohatüübid. (Forest site types in Estonia). Tartu, Eesti Loodusfoto. 80 pp. (In Estonian).
- METLA. (Finnish Forest Research Institute Metla). 2007. MetINFO – MOTTI Stand Simulator. [WWW document]. – URL <http://www.metla.fi/metinfo/motti/motti-kotisivu-en.htm>. [Accessed May 7, 2010].
- Mäkinen, H., Hynynen, J., Isomäki A. 2005. Intensive management of Scots pine stands in southern Finland: First empirical results and simulated further development. – Forest Ecology and Management, 215, 37–50.

- Price, C. 1989. The theory and application of forest economics. Basil Blackwell, Oxford. 402 pp.
- RMK. (State Forest Management Centre). 2011a. Met-samaterjali hinnakiri. (Price list for timber assortments). [WWW document]. – URL <http://rmk.ee/teemad/puidu-muuk/palk>. [Accessed May 4, 2011]. (In Estonian)
- RMK. (State Forest Management Centre). 2011b. Metsataimede hinnakiri. (Price list for forest plants). [WWW document]. – URL <http://rmk.ee/teemad/taimed-seemned/metsataimede-muuk/hinnakiri-1>. [Accessed May 4, 2011]. (In Estonian)
- TAPIO. (Forestry Development Centre Tapio). 2011. Developing sustainable forestry. [WWW document]. – URL <http://www.tapio.fi/home>. [Accessed April 7, 2011].
- Tappo, E. 1982. Eesti NSV puistute keskmised takse-ertunnused puistu enamuspüüli, boniteedi ja vanuse järgi. (Average forest stand parameters by main species, site class and age in Estonia). Tallinn, Eesti Metsakorralduskeskus, 72 pp. (In Estonian).

Profitability analysis of short rotations in Scots pine, Norway spruce and silver birch stands

Henn Korjus, Priit Põllumäe and Siim Rool

Summary

Forest management in Estonia is based on long rotations because of traditions and low silvicultural costs. Recent trends in timber consumption promote production of small-size timber for bioenergy and timber products as well as timber of large dimensions. Shorter rotation for native species is a good alternative in forest policy to increase timber production and manage environmental risks on acceptable level in Estonia.

In current study, profitability of Scots pine, Norway spruce and silver birch stand management on fertile soils was analyzed according to three different rotation lengths: traditional long rotation, short rotation and optimal rotation according Finnish TAPIO rules. Stand simulation software MOTTI developed in Finnish Forest Research Insti-

tute was used to simulate and optimize forest growth and management. Optimal rotations were for Scots pine stand 58 years, Norway spruce stand 53 years and silver birch stand 41 years. Short and optimal rotation length enable 5.9–6.5% profitability for forest owner, traditional long rotation length enables 4.8–5.4% profitability.

Short rotation forestry is challenging task in Estonia. Based on our analysis, it is likely that applied practices can intensify wood production and reduce forest management risks. However, theoretical approach is not enough for assessing practical feasibility of short rotations. Therefore further studies and experiments are needed for careful analysis and recommendations before large scale applications.

Received July 22, 2011, revised November 7, 2011, accepted November 14, 2011