Järvselja looduskaitseala potentsiaalse puidutootlikkuse ja puistutes oleva süsiniku rahalise väärtuse hindamine

Veiko Adermann¹, Allar Padari², Risto Sirgmetes²,
Aija Kosk³ and Paavo Kaimre^{2,*}

Adermann, V., Padari, A., Sirgmetes, R., Kosk, A., Kaimre, P. 2015. Valuation of timber production and carbon sequestration on Järvselja nature protection area. – Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused 63, 29–43. ISSN 1406-9954. Journal homepage: <http://mi.emu.ee/forestry.studies>

Abstract. Järvselja nature protection area was established in order to preserve and introduce virgin forests, to protect old natural forests, old deciduous forests and habitats of different species. At the same time the stands of nature protection area provide other benefits having both use and non-use values. The goal of the study is to assess the monetary value of the two components of forest ecosystem: timber production and carbon sequestration. The value of timber expresses to forest owners and policy-makers the opportunity cost of nature protection. The carbon sequestration represents the value of new service, highly appreciated in the context of climate policy. While a market for timber and carbon exists, the market-price method has been used for valuation. The data for calculations was obtained from the materials of forest inventory carried out in 2010 by the Department of Forest Management, Estonian University of Life Sciences. According to the calculations the theoretical long-term average value of timber is 325 euros per hectare. The monetary value of timber production is approximately three times higher compared to average productivity of Estonian private forests. The guidelines of Intergovernmental Panel on Climate Change for the inventories of greenhouse gases were used when transforming the growing stock and dead stem timber into biomass and finally into carbon and carbon dioxide. According to the price 4.62 € per ton of tradeable carbon equivalent in autumn 2013, the value of carbon sequestration on Järvselja nature protection area could be estimated 1473 € per hectare of forest land. Because of the high age of stands on nature protection area, the role of forests as a sequestrator of CO₂ is remarkable compared to commercial forests. The accumulation of carbon in old-growth natural forests is close to zero, but they still fulfil the role of being a carbon pool.

Key words: Järvselja, nature protection, ecosystem services, timber production, carbon sequestration.

Authors' addresses: ¹Estonian Environment Agency, Mustamäe tee 33, 10616 Tallinn; ²Institute of Forestry and Rural Engineering, Estonian University of Life Sciences, Kreutzwaldi 5, 51014 Tartu, Estonia; ³Tallinn University of Technology Tartu College, Puiestee Street 78, 51008 Tartu, Estonia; *e-mail: paavo.kaimre@emu.ee

Sissejuhatus

Järvselja Öppemetskonna juhataja 17. augusti 1924. a. korraldusega eraldati toona-se kvartal 106 lõunapoolses osas 12,8 ha suurune ala ja jäeti see looduskaitse reservaadiks. Keelati puude ja põõsaste raiumi-

ne, tuuleheite, tuulemurru ja muul teel surnud puude koristamine, karjatamine, rohukitkumine, heinaniitmine ja igasugune muu kõrvalkasutus. Eesmärk oli kasutada reservaat ürgmetsa näidis- ja uurimisalana (Meikar, 1995). Tegemist oli Eesti esimese metsandusliku kaitsealaga.

Looduskaitseaduse jõustumise järel 1957. aastal kanti ala kaitsealade registrisse, 1959. aastal võeti senine looduskaitse reservaat koos kvartali põhjapoolse osaga arvele riikliku botaanilis-zooloogilise keelualana. 1964. aastal nimetati keeluala ümber Järvelja looduskaitsealaks, mida 2006. aastal laiendati ja mille pindala 2010. a. metsakorralduse andmetel on 185,4 hektarit.

Järvelja looduskaitseala kaitse-eeskirja (2006) kohaselt on selle kaitse-eesmärgid: põlismetsakoosluste säilitamine ja tutvustamine, vanade loodusmetsade, vanade laialehiste metsade, rohunditerikaste kuusikute, soostuvate ja soo-lehtmetsade ning siirdesoo- ja rabametsade kaitse ning mõnede kaitsealuste liikide elupaikade kaitse. Majandustegevus ja loodusvarade kasutamine on sihtkaitsevööndis keelatud. Looduskaitseala piiranguvööndis on majandustegevus lubatud, kuid keelatud on uuendusraie, välja arvatud turberaie, kusjuures säilitada tuleb koosluse liikide ja vanuse mitmekesisus. Keelatud on puidu kokku- ja väljavedu külmumata pinnasel.

Kui vaadelda Järvelja looduskaitseala metsaökosüsteemina, siis pakub see järgmisi olulisi teenuseid:

- Varustusteenus: puit ja metsa mittepuidulised saadused (seened ja marjad);
- Kultuuriteenus: rekreatsioon, turism, loodusharidus ja teadmised, tööhõive;
- Reguleeriv teenus: aineriided (süsiniku sidumine), kliima regulatsioon, vee kaitse, mullakaitse;
- Elupaiga teenus: elurikkus.

2013. aastal tellis Keskkonnaministeerium Eesti Maaülikoolilt uurimistöö „Eesti kaitsavate metsade ökosüsteemiteenuste majandusliku hindamise teostamine Järvelja looduskaitseala näitel“, mille eesmärk oli hinnata rahaliselt ökosüsteemi erinevaid teenuseid. Uuringus hinnati looduskaitseala kaheksa erineva teenuse rahaline väärtus, millest käesolevas artiklis esitatakse looduskaitseala puidu tootmise potentsiaali ja puidus akumulieeritud süsiniku rahalise väärtuse arvutuse meetodika ja tulemused (Kosk *et al.*, 2013).

Töö eesmärk on metsaökosüsteemi kahe teenuse rahalise väärtuse hindamine, üks neist on metsade traditsiooniline hüvis puit ja teine viimastel aastatel ülisuurt tähelepanu pälviv süsiniku sidumise teenus. Looduskaitseala loodusväärtusi on eelnevatel aastakümnetel küllaltki põhjalikult uuritud, puit ja tema väärtus on võib-olla teenimatultki vähe tähelepanu pälvinud. Kuna puidutulu arvutamise aluseks on konkreetsed puistud oma parameetritega, esitatakse artiklis üksikasjalik ülevaade looduskaitseala puistutest. Potentsiaalne puidutulu väljendab metsaomanikule ja otsusetegijatele looduskaitse alternatiivkulu. Majandamispiirangutest tulenevat saamata jäänud tulude põhimõtet on kasutatud Eestis metsaomanikele makstavate hüvitiste sätestamisel. Käesoleva uuringu tulemused näitavad, milline oleks Järvelja looduskaitseala potentsiaalne puidutulu võrreldes Eesti keskmiste näitajatega, kui metsad oleksid piiranguteta majandatavad.

Metsast saadavate turustatavate ja turvaväliste hüvede väärtuse hindamine ei ole uurimisteemana sugugi uus. Metsade mitmekülgse kasutamise analüüsi metoodikat on arendatud 1950ndatest aastatest (Gregory, 1955). Soomes on analüüsitud nii metsade mitmekülgset kasutamist kui loodusväärtuste hindamist (Saastamoinen, 1997; Horne *et al.*, 1997; Kosenius, 2013). Saastamoinen esitas analüüsimaatriksi, mis sisaldab nii metsade pakutavad teenuseid kui nende erinevat tüüpi väärtusi. Eestis on metsa erinevate väärtuste teemat teoreetilisest seisukohast käsitlenud Kallas & Kosenkranius (1996), 1990ndate aastate teisel poolel tegeleti ka laiemalt looduse mitmekesisuse majanduslike küsimustega (Habicht & Ehrlich, 1997). Hinnatud on Eesti elanike nõudlust looduskaitsealuse metsa järele (Ehrlich, 2014). Ökosüsteemi teenuste väärtust on hinnatud ka teistes kooslustes, nt märgaladel (Kimmel, 2009). Süsteemse ülevaate ökosüsteemiteenuste hindamisest on koostanud Säästva Eesti Instituudi töörühm 2012. aastal (Sall *et al.*,

2012). Kompleksseid empiirilisi uuringuid on metsaökosüsteemi kohta tehtud siiski vähe, piiratud on üksikute hüvedega, olgu selleks siis seemned ja marjad või loodusväärtused.

Puit ja süsiniku sidumine ei ole looduskaitseala jaoks tähtsaimad funktsioonid, kuid nende rahaline väärtus on teistest funktsioonidest ja teenustest lihtsamini määratav ning mõistetav, sest tegemist on turul kaubeldavate hüvistega, mille hind kujuneb kas nõudluse ja pakkumise (puit) või rahvusvaheliste kokkulepete ja turuolukorra (süsinik) tulemusena. Ökosüsteemi teenuste rahalise väärtuse hindamine ja esitamine aitab kaasa ökosüsteemi majandamisega seotud otsuste tegemisel ja poliitika kujundamisele.

Materjal ja metoodika

Metsade ökosüsteemiteenuste rahalise väärtus arvutamiseks kasutatakse väga sageli kolme tunnustatud meetodit: turuhinna meetod, kuludel põhinev meetod ja tingliku hindamise meetod (Ecosystem Valuation, 2000).

Metoodika valimine sõltub olemasolevast ressursidest, ajast ning vajalikust tulemuste täpsusest (Ecosystem Valuation, 2000). Metoodika valik võib sõltuda nii olemasolevatest andmetest kui varasematel referentsandmetest, mille põhjal saab teha valiku näiteks tingliku hindamise, reisikulude meetodi või hedonistlike hindade meetodi vahel. Ökosüsteemid pakuvad enamasti mitmeid hüvesid, mistõttu tuleb neid tihti hinnata erinevate metoodikate abil. Iga ökosüsteemiteenuse väärtuse leidmiseks tuleb kasutada erinevate metoodikate kombinatsioone, kuid tähelepanu tuleb pöörata sellele, et väärtusi ja hindasid ei dubleeritaks (Sall *et al.*, 2012).

Turuhinna meetodit kasutatakse varustusteenuste, süsiniku sidumise, rekreatsiooni ja turismiteenuse rahalise väärtuse leidmiseks. Turuhinna meetodi puhul kasutatakse analüüsiks standardset majandus-

analüüsi tehnikat – turuhind korrutatakse läbi kauba kogusega:

$$V = P * Q \quad (1)$$

kus

V – teenuse väärtus

P – kauba või teenuse ühikuhind

Q – kauba või teenuse kogus

Saadud tulemusi interpreteerides tuleb meele pidada, et hetkeline turg võib olla mõjutatud väga paljudest sotsiaalmajanduslikest ja poliitilistest teguritest, mis suunavad turuhinna kujunemist.

Puidu väärtuse leidmiseks arvutati Järvelja looduskaitsealal asuva metsamaa potentsiaalne pikaajaline keskmine puidutoodang eeldusel, et metsad on piirangute ta majandatavad.

Metoodikat on kasutatud mitmes varasemas uuringus, nt Padari *et al.*, 2009, Sirgmets *et al.*, 2011. Arvutusmetoodika põhietapid olid järgmised:

- 1) Loodi noore metsa algandmed iga OHOR-i (kõduhorisondi tuseduse 10 erinevat väärtust), iga boniteediklassi (6 klassi: Ia, I, II, III, IV ja V ehk H_{100} vastavalt 33,5 m, 29,5 m, 25,5 m, 21,5 m, 17,5 m ja 13,5 m) ja iga puuliigi (8 enamesinevat puuliiki: harilik mänd, harilik kuusk, arukask, harilik haab, sanglepp, hall lepp, harilik tamm ja harilik saar) kohta. Algul leiti iga 480 kombinatsiooni kohta kõrgus ja diameeter 50 aasta vanuses (vastavalt H_{50} ja D_{50}). Tunnuse H_{50} arvutamiseks kasutati Andres Kiviste (1997, 1999, 2006) loodud Eesti puistute kõrguse diferentsimudelit.
- 2) Punktis 1 leitud algandmete alusel hakati simuleerima metsade kasvamist.
- 3) Metsa andmete kasvatamise käigus kontrolliti iga aasta kohta, kas mets on saavutanud tiheduse, mille puhul harvendusraiete normatiivide järgi peaks planeerima harvendusraie. Selle jaoks kasutati Henn Korjuse (1999) koostatud mudeleid. Kuna praktikas on väga raske organiseerida töid ja kavandada

harvendusraieid just õigel ajal, siis antud arvutustes vähendati raie-eelset hõreduse normi 5% võrra. Harvendusraie puhul kasutati alameetodit, st raiesse määrati keskmisest peenemaid puid.

- 4) Peale harvendus- või lageraie simulatsiooni arvutati puidusortimentide kogused. Kahjustatud puude tarbepuude sortimentidest 50% arvestati küttepuudeks. Ülejäänud 50% muudeti palkide fraktsioonist osaliselt paberipuiduks.
- 5) Liideti kokku eespool kirjeldatud arvutusmeetoditega leitud harvendus- ja lageraie sortimentide kogused. Saadud suurused jagati läbi raieringi pikkusega ning tulemuseks oli erinevate boniteetide, kasvukohatüüpide ja puuliikide kohta sortimentide keskmine väljatulek hektari kohta aastas.
- 6) Metsaregistrisse kantud puistute inventeerimisandmete järgi leiti Järvselja looduskaitsealal esineva iga kasvukohatüübi, boniteedi ja enamuspuuliigi kohta keskmine liigiline koosseis ning esinemise sagedus. Sellega saadi igale boniteediklassile keskmine aastane toodang sortimentidena puuliikide kaupa. Puidu rahalise väärtuse hindamiseks kasutati käibemaksuta hindasid lõpplaos seisuga september 2013 (OÜ Tark Mets, 2013), mis on esitatud tabelis 1.

Süsiniku arvestamisel kasutati algandmetena 2010. aasta metsakorralduse inventeerimis-andmeid. Kasvava metsa ja surnud puidu tüvepuidu mahu teiseandmisel biomassiks ning edasi süsiniku (C) ja süsinikdioksiidi (CO₂) massiks on kasutatud valitsustevahelise kliimamuutuste ekspertrühma (*Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC*) juhendmaterjale kasvuhoonegaaside (KHG) riiklike inventuuride koostamiseks (IPCC, 2006). Juhised on käesoleval ajal kohustuslikud kõigile aruandlust esitavale riikidele. Artiklis on CO₂ massi leidmisel kasutatud sama meetodikat ja tegureid, mida Eesti KHG inventuuris heitkoguste arvutamisel.

Tabel 1. Puidu hinnad ilma käibemaksuta lõpplaos seisuga september 2013 (OÜ Tark Mets 2013).

Table 1. Timber assortment prices at buyer's stock in september 2013 (OÜ Tark Mets 2013).

Sortiment <i>Assortment</i>	Euro/m ³
Männipalk <i>Pine sawlogs</i>	70,6
Männipeenpalk <i>Pine small dimension logs</i>	65,6
Kuusepalk <i>Spruce sawlogs</i>	73,0
Kuusepeenpalk <i>Spruce small dimension logs</i>	67,6
Kasepalk <i>Birch veneerlogs</i>	88,3
Kasepalk <i>Birch sawlogs</i>	62,9
Haavapalk <i>Aspen sawlogs</i>	41,0
Männipaberipuit <i>Pine pulpwood</i>	37,7
Kuusepaberipuit <i>Spruce pulpwood</i>	37,0
Kasepaberipuit <i>Birch pulpwood</i>	33,2
Haavapaberipuit <i>Aspen pulpwood</i>	34,4
Küttepuit <i>Fuelwood</i>	23,8

Arvutustes on kasutatud biomassi teiseandus- ja laiendustegureid *BCEFs* (*biomass conversion and expansion factor applicable to growing stock*) nn turustatavale puidule, mille abil leitakse tüvepuidu mahust puistu maapealne biomass.

Kogubiomass on arvutatud maa-aluse ja maapealse biomassi suhte kaudu, mis on sarnase keskmise vanuse ja hektaritagavara-ga puistutel boreaalsetes metsades nii okaskui lehtpuudel 0,24 (IPCC, 2006). Surnud puidu biomassi arvutustes on tuginetud keskmisele puidu tihedusele (Sandström et al., 2007). Süsiniku osakaaluks biomassis (kuivaines) on arvestatud 0,47 (IPCC, 2006).

Tabel 2. Biomassi teisendus- ja laiendustegurid (IPCC 2006) (t/m^3).
Table 2. Biomass conversion and expansion factors to growing stock (t/m^3).

Puuliik Tree species	Puistu tagavara (m^3/ha) Growing stock (m^3/ha)			
	< 20	21–50	51–100	> 100
Mänd <i>Pinus sylvestris</i>	1,20	0,68	0,57	0,50
Kuusk <i>Picea abies</i>	1,16	0,66	0,58	0,53
Lehtpuud <i>Deciduous sp.</i>	0,90	0,70	0,62	0,55

Süsiniku kogused C [t] igale puistuelemendile on leitud valemiga:

$$C = A * M * BCEFs * (1 + RSR) * CF \quad (2)$$

kus

A – puistuelemendi pindala [ha],
 M – puidu maht [m^3/ha] (nn likviidne puit),
 $BCEFs$ – biomassi faktor [t/m^3],
 RSR – maa-aluse ja maapealse biomassi suhe,
 CF – süsiniku osakaal biomassist.

Süsinikdioksiidi ekvivalendiks teisendamisel korrutatakse süsiniku mass 44/12-ga.

Tulemused ja arutelu

Järvselja looduskaitseala kasvava metsa tagavara on 2010. aasta metsainventeerimise andmetel 51,4 tuhat m^3 , keskmine hektaritagavara 277,3 m^3/ha . Viimane on võrreldes Eesti keskmise hektaritagavara 201,4 m^3/ha ja Tartumaa keskmise hektaritagavaraga 203,1 m^3/ha (Aastaraamat Mets..., 2014) väga kõrge näitaja. Õppe- ja Katsemetskonna metsade keskmine hektaritagavara on 167,1 m^3/ha kohta. Kuna looduskaitseala ürgmetsakvartalilt ei ole puitu varutud vähemalt 90 aastat ja mõnel teisel kvartalil on seda tehtud väga vähesel määral, on puiduvaru aastakümnete jooksul akumulunud

võrreldes majandatavate metsadega märkimisväärselt suuremaks.

Enamuspuuliigina valitseb kask (37,9%), järgnevad mänd (26,2%), kuusk (19,8%), pärn (5,9%) ja haab (5%). Tüvepuidu mahu järgi on puuliigiline järjestus mõnevõrra teistsugune (vt tabel 3): kõige enam leidub kask (27,4%), kuuske (25,7%) ja mändi (23,4%).

Metskonnas tervikuna on enamlevinud puistute pindala valitseva puuliigi järgi: kask 58,9%, mänd 19,8%, kuusk 10,7%, sanglepp 7,3%, haab 2,2%. Puistute tagavara pingerida on järgmine: kask 48,2%, mänd 27,0%, kuusk 13,7%, sanglepp 7,8%, haab 2,0%.

Seega on enamlevinud puuliikide jaotus looduskaitsealal oluliselt ühtlasem kui kogu metskonnas. Märkimisväärse erisusena tuleb nimetada pärna puistute osakaalu looduskaitsealal, mis moodustab 5,9% pindalast ja 6,0% tagavarast, samal ajal kui metskonna puistute pindalast on pärnikud 0,4% ja tagavarast 0,5%.

Järvselja looduskaitsealal asuvad metsakasvukohatüübid, nende puistute keskmine koosseis ja raieringi pikkus boniteetide kaupa on esitatud tabelis 4.

Kasutades Järvselja looduskaitsealal asuvat metsamaad puidu tootmiseks, oleks selle ala ümarsortimentide potentsiaalne tootlikkus arvutuste kohaselt 1187 m^3 aastas. Arvutuste tulemusena saadud metsamaa potentsiaalne puidusortimentide aastane toodang puuliigiti on esitatud tabelis 5.

Ümarpuidusortimentide väärtus on esitatud tabelis 6.

Järvselja looduskaitseala puidu väärtuse hindamisel on lähtutud maa kui ressursi teoreetilisest tootmispotentsiaalist, simuleerides lähteandmetest tulenevat puistute arengut ja erinevate metsakasvatustlike võtete rakendamist. Tehtud arvutuste kohaselt on Järvselja looduskaitsealal asuva metsamaa teoreetiline pikaajaline keskmine puidutootmispotentsiaal 1187 m^3 tarbesortimente aastas väärtusega 60 306 eurot aastas, mis on 325 eurot/ $ha \cdot a^{-1}$. Eesti metsamajanduse jaoks on see väga kõrge näitaja, nt erametsade teoreetiline tulu oli 2012. aasta andmetel 109 eurot ha kohta (Kaimre & Sirgmet, 2014).

Tabel 3. Kasvava metsa pindala ja tagavara puuliikide kaupa Järvselja looduskaitsealal.

Table 3. Area on stands and growing stock volume by dominant tree species on the Järvselja nature protection area.

Puuliik Tree species	Pindala Area		Kasvava metsa tagavara Growing stock		
	Enamuspuuliigina As a dominant tree species		Keskmine Average	Kokku Total	%
	Ha	%	m ³ /ha	m ³	
Mänd <i>Pinus sylvestris</i>	48,5	26,2	65,0	12 051	23,4
Kuusk <i>Picea abies</i>	36,8	19,8	71,2	13 210	25,7
Kask <i>Betula pendula</i> , <i>B. pubescens</i>	70,3	37,9	75,9	14 073	27,4
Haab <i>Populus tremula</i>	9,3	5,0	28,8	5 336	10,4
Sanglepp <i>Alnus glutinosa</i>	5,2	2,8	15,0	2 788	5,4
Jalakas <i>Ulmus glabra</i>	0,0	0,0	0,0	2	0,0
Künnapuu <i>Ulmus laevis</i>	0,0	0,0	0,0	7	0,0
Lehis <i>Larix</i> spp.	1,4	0,8	0,3	56	0,1
Nulg <i>Abies</i> spp.	0,0	0,0	0,5	95	0,2
Pärn <i>Tilia cordata</i>	10,9	5,9	16,5	3 063	6,0
Saar <i>Fraxinus excelsior</i>	3,0	1,6	3,6	664	1,3
Tamm <i>Quercus robur</i>	0,0	0,0	0,0	1	0,0
Vaher <i>Acer platanooides</i>	0,0	0,0	0,3	57	0,1
Kokku Total	185,4	100,0	277,3	51 403	100,0

Näitaja on märkimisväärselt kõrgem kui Eesti keskmine puidutulu ja selle baasil kehtestatud looduskaitseliste piirangute eest makstav hüvitis Natura 2000 võrgustikku kuuluvatele erametsades, mis on 110 eurot hektari kohta sihtkaitsevööndi ja 60 eurot hektarile piiranguvööndi eest.

Biomass ja seotud süsiniku kogus Järvselja kaitsealal metsakvartalite lõikes on

esitatud tabelis 7. Keskmine biomassi kogus hektari kohta on 183,6 tonni. Kokku on alal metsa puitse biomassis 16 125 tonni süsiniku (86,7 t CO₂/ha), mis on võrdne 59 125 tonni CO₂ ekvivalendiga (318,0 t CO₂/ha).

Süsiniku sidumise väärtuse leidmiseks kasutati samuti turuhinna meetodit. Võttes süsiniku sidumise teenuse väärtuse arvutamisel aluseks biomassiga seotud 59 125 tonni

Tabel 4. Järvselja looduskaitsealal esinevate metsakasvukohatüüpide pindalaline jagunemine boniteetide lõikes 2010. aasta metsainventeerimisandmete põhjal.

Table 4. Distribution of forest site types by site index on Järvselja forest protection area.

Kasvukoha- tüüp <i>Forest site type</i>	Boniteet <i>Site index</i>	Pindala (ha) <i>Area (ha)</i>	Keskmine koosseis <i>Average composition of stands</i>	Raiering (aastat) <i>Rotation period (years)</i>
Naadi <i>Aegopodium</i>	IA	13,8	37,4KS 26,2HB 24,5KU 4,3MA 4,2LV 1,9SA 1,5LM 0,1TA	53
	I	23,9	38,3KS 25,5KU 21,2HB 7,9LV 2,7MA 2,7LM 1,5SA 0,2TA	59
	II	15,0	37,6KU 32,4KS 14,4HB 8,2LV 2,9LM 2,7MA 1,6SA 0,3TA	71
	III	1,0	33,7KU 27KS 18,5HB 12,5LV 6,7MA 0,8SA 0,3LM 0,3TA	69
Jänese kapsa- kõdusoo <i>Oxalis drained swamp</i>	IA	1,2	34,7KU 26,2MA 23,5KS 13,1HB 2LM 0,4SA 0,1LV	58
	I	18,9	33,9KU 29,8MA 28,8KS 3,6HB 3,1LM 0,4LV 0,3SA	71
	II	10,6	36,4MA 31,6KS 25,7KU 3,3LM 2,3HB 0,5LV 0,2SA	80
	III	8,0	46,5MA 30,2KS 19,9KU 2,2LM 0,8HB 0,3LV 0,1SA	88
	IV	2,3	49,9MA 32,7KS 15KU 1,3LM 0,6HB 0,3LV 0,1SA	93
Jänese kapsa- mustika <i>Oxalis-Myrtillus</i>	IA	3,4	32,1KU 28,6KS 26MA 11,8HB 0,8LV 0,6LM 0,1SA 0,1TA	59
	I	20,7	35,3MA 31,7KU 23,2KS 8,3HB 0,9LM 0,5LV 0,1SA	69
	II	7,0	40KU 26,5MA 22,8KS 7,9HB 1,6LM 0,9LV 0,2SA 0,1TA	79
	III	0,1	48,6KU 22,6MA 19,2KS 5,4HB 2,3LV 1,3LM 0,5SA 0,1TA	89
Mustika- kõdusoo <i>Myrtillus drained swamp</i>	II	3,3	36,4MA 31,6KS 25,7KU 3,3LM 2,3HB 0,5LV 0,2SA	80
	III	8,1	46,5MA 30,2KS 19,9KU 2,2LM 0,8HB 0,3LV 0,1SA	88
	IV	8,5	49,9MA 32,7KS 15KU 1,3LM 0,6HB 0,3LV 0,1SA	93
Mustika <i>Myrtillus</i>	I	2,7	63,5MA 20KU 12,3KS 3,7HB 0,4LM 0,1LV	75
	II	8,7	62,8MA 20,9KU 12,3KS 3,2HB 0,6LM 0,2LV	86
	III	2,1	61,3MA 22,2KU 13,3KS 2HB 0,9LM 0,2LV	94
Jänese kapsa- pohla <i>Oxalis-Rhodo- coccum</i>	IA	1,6	66,1MA 16,1KU 15,5KS 1,9 HB 0,1LM 0,1LV 0,1SA	63
	I	0,2	78,8MA 10,9KU 9,3KS 0,8HB 0,1LM 0,1LV	76
	II	6,4	76,6MA 14,3KU 7,7KS 0,9HB 0,3LV 0,1LM 0,1TA	88

Kasvukoha- tüüp <i>Forest site type</i>	Boniteet <i>Site index</i>	Pindala (ha) <i>Area (ha)</i>	Keskmine koosseis <i>Average composition of stands</i>	Raiering (aastat) <i>Rotation period (years)</i>
Siirdesoo <i>Mesotrophic bog</i>	III	0,6	75,4MA 17,8KS 6KU 0,5HB 0,2LM 0,1LV	96
	IV	3,4	78MA 16,6KS 4,9KU 0,4LM 0,1HB 0,1LV	104
	V	2,7	83,5MA 13,7KS 2,3KU 0,4LM	113
Sinika <i>Vaccinium uliginosum</i>	III	1,2	91,7MA 5,4KS 2,4KU 0,3HB 0,1LM 0,1LV	99
	IV	1,3	88,9MA 8,1KS 2,7KU 0,2HB 0,1LM	106
	V	0,5	93,2MA 5,5KS 1,3KU	117
Madalsoo <i>Eutrophic- mesotrophic swamp</i>	II	2,9	59,7KS 23,4KU 6,4MA 5,2HB 3,9LM 1LV 0,3SA	72
Lodu <i>Eutrophic fen</i>	I	0,5	43KS 38,1LM 9,7KU 3,9SA 2,9HB 1,7MA 0,7LV	62
	III	2,3	47,5KS 32,1LM 12,8KU 3,5MA 1,5LV 1,4HB 1,2SA	69
Jänesekapsa <i>Oxalis</i>	IA	1,4	38,5MA 31,7KU 21,8KS 6,9HB 0,6LV 0,3TA 0,1LM 0,1SA	60
	I	0,1	39,9MA 34,1KU 19,2KS 5,5HB 0,9LV 0,1LM 0,1SA 0,1TA	70
	II	0,3	43,7KU 31,2MA 16,9KS 5,2HB 2,3LV 0,4TA 0,2LM 0,1Sa	81
Angervaksa <i>Filipendula</i>	I	0,7	41,5KS 19,2KU 18,7HB 8,8LM 5,6LV 4,8MA 1,4SA	61

Märkused: KS – kask, HB – haab, MA – mänd, LV – hall lepp, SA – saar, LM – sanglepp, TA – tamm

Notes: KS – *Betula pendula*, B. pubescens, HB – *Populus tremula*, MA – *Pinus sylvestris*, LV – *Alnus incana*, SA – *Fraxinus excelsior*, LM – *A. glutinosa*, TA – *Quercus robur*

CO₂ ning kaubeldava süsinikuekvivalendi hinna 4,62 €/tonn CO₂, võib Järvselja looduskaitseala metsade süsiniku sidumise väärtust hinnata 273 159 eurole (2013. a novembri seisuga). Keskmisena on vastav väärtus 1473 € metsamaa ja 1461 € kogu kaitseala ühe hektari kohta.

Tulenevalt heitkoguse võimalikest hinnamuutustest on süsiniku sidumise rahasse arvatav väärtus raskesti ennustatav ning tulemused märkimisväärselt erinevad. Näiteks kui arvestada CO₂ ühiku minimaalseks hinnaks 1 € (Kyōto protokolli raames lubatud madalaim hind heitkoguse ühikutega kauplemisel) ning maksimaalseks Euroopa Liidu jäätmekeaubanduse süsteemis 2020. aastaks prognoositud hinna

20 €, võib süsiniku sidumise majanduslik väärtus kaitsealal jääda laia vahemikku, so 59 tuhat kuni 1,183 miljonit eurot.

Erinevalt potentsiaalse puidutulu arvutamise meetodikast, mis lähtub metsa juurdekasvust ning tugineb saamata jäänud tulule, ei ole õige samaviisi läheneda süsiniku sidumise teenuse väärtuse leidmisele. On selge, et vähemalt lähitulevikus ei kavandata kaitsealal raieid. See tähendab, et mets antud alal on suuteline siduma täiendavalt süsinikku vaid teatud piirmäärani. Metsast välja (puittoodetesse seotuna või fossiilsete kütuste asendajana) süsinikku ei viida. Järvselja kaitseala metsade puistute pindalaga kaalutud keskmine vanus on aga 106 aastat. See on märkimisväärselt

Tabel 5. Järvselja looduskaitsealal asuva metsamaa potentsiaalne aastane puidutoodang puuliigiti sortimentide kaupa (m³/aastas).

Table 5. The theoretical long-term average timber production on Järvselja nature conservation area.

Puuliik <i>Tree species</i>	Raieliik <i>Type of felling</i>	Sortimentatsioon (m ³ /aastas) <i>Assortments (m³/year)</i>					
		Jämepalk (tüükast) <i>Logs (first knot)</i>	Jämepalk (mujalt) <i>Logs</i>	Peenpalk (tüükast) <i>Logs (first knot)</i>	Peenpalk (mujalt) <i>Logs < 18 cm</i>	Paberipuit <i>Pulpwood</i>	Küttepuit <i>Fuelwood</i>
<i>Populus tremula</i>	HR	3,31	3,78	0,00	0,00	35,29	11,09
	LR	4,00	5,03	0,00	0,00	35,91	16,68
<i>Betula pendula, B. pubescens</i>	HR	11,67	13,94	0,00	0,00	121,80	9,04
	LR	20,32	34,93	0,00	0,00	104,22	19,10
<i>Picea abies</i>	HR	20,32	30,62	22,92	46,78	45,52	8,16
	LR	26,29	57,51	4,99	28,80	22,86	13,00
<i>Alnus glutinosa</i>	HR	0,84	1,03	0,00	0,00	0,00	11,11
	LR	1,11	2,15	0,00	0,00	0,00	10,95
<i>A. incana</i>	HR	0,18	0,12	0,00	0,00	0,00	12,16
	LR	0,29	0,22	0,00	0,00	0,00	15,06
<i>Pinus sylvestris</i>	HR	26,57	34,66	28,46	52,93	52,84	6,20
	LR	30,51	61,19	5,14	28,78	15,29	2,80
<i>Fraxinus excelsior</i>	HR	0,54	0,99	0,27	0,65	0,00	1,75
	LR	0,60	1,45	0,12	0,43	0,00	0,73
<i>Quercus robur</i>	HR	0,08	0,14	0,04	0,08	0,00	0,22
	LR	0,07	0,17	0,01	0,03	0,00	0,05

Märkused / Notes: HR – harvendusraie (*thinning*); LR – lageraie (*clear-cutting*).

kõrgem kui Eesti puistute keskmine (56 aastat) ning oluliselt kõrgem ka meie teistest rangelt kaitstavatest puistutest, mille keskmine on 76 aastat. Enam kui pooltes kaitseala puistutes on enamuspuuliigiks lehtpuud keskmise vanusega 72 aastat. Seetõttu võib eeldada, et Järvselja kaitseala metsade roll CO₂ sidujana ei ole enam kuigi arvestusväärne, sest nn loodusmetsa süsiniku sidumine läheneb üleküpsetes metsades nullile.

Seevastu on kaitsealal väga oluline tähtsus süsiniku talletajana ehk nn reservuaarina (*carbon pool*), mida majandusliku väärtuse leidmisel tuleb arvestada. Süsiniku jätkuva sidumise majanduslikku väärtust metsamaal saaks hinnata vaid majandatavates metsades, samuti metsastatud aladel metsastamistevõime tulemusena.

Uuringus ei ole süsiniku väärtuse leidmisel arvestatud metsavarisesse ega -mulda talletatud süsinikuvaru, kuna a) vastavad algandmed puuduvad, b) lähtudes muutustest CO₂ bilansis, on süsteem saavutanud (või saavutab) stabiilsuse, mistõttu täiendavalt süsinikku varis ja muld alal enam ei seo.

Kuivõrd seotud C ja CO₂ kogused on edaspidi teada ning see ei muutu Järvselja kaitsealal oluliselt, võib igal ajahetkel arvutada uue väärtuse vastavalt kujunevale turuhinnale.

Järeldused

Käesolevas artiklis esitatud metsaökosüsteemi kahe teenuse – puidu ja süsiniku

Tabel 6. Järvselja looduskaitsealal asuva metsamaa potentsiaalse puidutoodangu väärtus (eurot/aastas).
 Table 6. The value of timber production on Järvselja forest protection area (euro per year).

Puuliik	Raieliik	Potentsiaalne tulu sortimentide müügist (eurot/a) The value of potential timber production (euro per year)					
		Jämepalk (tüükast) Logs (first knot)	Jämepalk (mujalt) Logs	Peenpalk (tüükast) Logs (first knot) <18 cm	Peenpalk (mujalt) Logs <18 cm	Paberipuit Pulpwood	Küttepuit Fuelwood
HB	HR	135,75	154,96	0,00	0,00	1213,84	263,88
	LR	164,14	206,29	0,00	0,00	1235,45	397,01
KS	HR	1030,36	876,89	0,00	0,00	4043,75	215,12
	LR	1794,10	2196,90	0,00	0,00	3460,13	454,64
KU	HR	1483,65	2235,03	1549,69	3162,17	1684,26	194,22
	LR	1919,48	4198,44	337,65	1946,72	845,79	309,46
LM	HR	19,93	24,57	0,00	0,00	0,00	264,40
	LR	26,49	51,20	0,00	0,00	0,00	260,63
LV	HR	4,19	2,80	0,00	0,00	0,00	289,41
	LR	6,81	5,14	0,00	0,00	0,00	358,47
MA	HR	1875,54	2447,12	1851,41	3443,32	1992,22	147,62
	LR	2153,99	4320,26	334,56	1872,48	576,31	66,63
SA	HR	12,82	23,61	6,48	15,41	0,00	41,57
	LR	14,36	34,49	2,85	10,31	0,00	17,28
TA	HR	1,96	3,34	0,88	1,85	0,00	5,13
	LR	1,68	4,16	0,17	0,82	0,00	1,29
						Kokku	60306

Märkused: KS – kask, HB – haab, MA – mänd, LV – hall lepp, SA – saar, LM – sanglepp, TA – tamm
 Notes: KS – *Betula pendula*, *B. pubescens*, HB – *Populus tremula*, MA – *Pinus sylvestris*, LV – *Alnus incana*, SA – *Fraxinus excelsior*, LM – *A. glutinosa*, TA – *Quercus robur*

sidumise – väärtuse arvutamiseks on tarvis teavet nii olemasolevate puistute, metsamaa puidutootmisvõime kui puistute potentsiaalse arengu kohta. Metsa-ökosüsteemi teenuste väärtuse arvutamine nõuab suures mahus algandmeid, mille hankimiseks ja töötlemiseks tuleb teha oluliselt rohkem pingutusi kui arvutuste lõppfaasile, kus puidu mahu ja hinna või süsinikuekvivalendi hinna abil arvutatakse teenuse turuväärtus.

Puidutulu hindamisel ei ole lähtutud mitte olemasolevast puiduvaru realiseerimisest ja sellest tulenevast puidumüügi-

tulust, vaid puistute ühtlasest kasutamisest tulevikus. Järvselja looduskaitseala metsamaa teoreetiline pikaajaline keskmine puidutootmispotentsiaal 6,4 m³/ha aastas on kõrgem kui Eesti keskmine puistute juurdekasv, mis Keskkonnaagentuuri (Aastaraamat Mets 2013) andmetel on 5,9 m³/ha/a. Järvselja looduskaitseala arvestuslik pikaajaline puidutulu on 325 eurot/ha aastas, mis on umbes kolm korda kõrgem Eesti erametsade arvestuslikust tulust. Tulemused näitavad looduskaitseala puistute suurepäraseid kasvutingimusi.

Tabel 7. Metsa biomass ja seotud süsiniku mass kvartalite lõikes Järvselja looduskaitsealal.
 Table 7. Forest biomass and amount of carbon on Järvselja nature protection area by compartments.

Kvartali number No of compartment	Pindala Area	Kasvava metsa tagavara Growing stock volume			B i o m a s s Biomass			Kasvavas biomassis seotud In growing biomass			Surnud puidus seotud In dead wood			Biomassis seotud Totally in biomass		
		Enamus- puuliigina As a dominant tree species	Kesk- mine Aver- age	Kokku Total	%	Maa- pealne Above ground	Kokku Total	%	Süsinik Carbon	CO ₂	Süsinik Carbon	CO ₂	Süsinik Carbon	CO ₂	Süsinik Carbon	CO ₂
		Ha	m ³ /ha	m ³		Tonni, tons	Tonni, tons	t/ha	Tonni, tons	t/ha	Tonni, tons	Tonni, tons	Tonni, tons	Tonni, tons	Tonni, tons	t/ha
208	3,6	1,9	27,0	171	0,3	93	116	0,3	54,4	199	1,1	1,1	1,0	4	55,4	203
209	19,0	10,2	233,3	4 370	8,5	2 376	2 946	8,7	1 384,8	5 078	27,4	27,4	16,7	61	1 401,5	5 139
225	13,8	7,4	159,8	2 131	4,1	1 151	1 427	4,2	670,8	2 459	13,3	13,3	14,2	52	684,9	2 511
226	19,1	10,3	262,0	5 085	9,9	2 687	3 332	9,8	1 566,1	5 742	31,0	31,0	25,9	95	1 592,0	5 837
227	18,6	10,0	320,8	6 376	12,4	3 478	4 313	12,7	2 027,0	7 433	40,1	40,1	8,5	31	2 035,6	7 464
241	18,5	10,0	212,1	4 230	8,2	2 286	2 835	8,3	1 332,4	4 886	26,4	26,4	22,7	83	1 355,1	4 969
242	18,6	10,0	291,2	5 818	11,3	3 164	3 924	11,5	1 844,3	6 762	36,5	36,5	16,6	61	1 860,8	6 823
243	18,6	10,0	316,0	6 006	11,7	3 275	4 062	11,9	1 908,9	6 999	37,8	37,8	2,5	9	1 911,4	7 008
259	18,1	9,8	252,9	4 921	9,6	2 507	3 109	9,1	1 461,0	5 357	28,9	28,9	7,3	27	1 468,3	5 384
260	18,6	10,0	292,9	5 565	10,8	2 907	3 604	10,6	1 694,0	6 211	33,5	33,5	7,7	28	1 701,7	6 240
261	18,9	10,2	321,7	6 729	13,1	3 524	4 369	12,8	2 053,6	7 530	40,6	40,6	4,8	18	2 058,4	7 548
Kokku Total	185,4	100,0	277,3	51 403	100,0	27 449	34 037	100,0	15 997,3	58 657	316,4	316,4	127,8	468	16 125,1	59 125
																318,9

Kuna looduskaitseala ürgmetsakvartalilt ei ole puitu varutud vähemalt 90 aastat ja mõnel teisel looduskaitseala kvartalil on seda tehtud väga vähesel määral, on puiduvaru akumuliseerunud aastakümnete jooksul võrreldes majandatavate metsadega märkimisväärselt suuremaks. Järvselja looduskaitseala keskmine hektaritagavara 277,3 m³/ha on võrreldes Eesti keskmise hektaritagavaraga 201,4 m³/ha (Aastaraamat Mets 2013) väga kõrge näitaja.

Uuendusraietest loobumine on tõstnud Järvselja looduskaitseala puistute keskmise vanuse 106 aastani. Seetõttu ei ole looduskaitseala metsade roll CO₂ sidujana enam kuigi arvestusväärne, sest süsiniku sidumine läheneb üleküpsetes metsades nullile. Seevastu on kaitsealal väga oluline tähtsus süsiniku talletajana ehk reservuaarina. Järvselja looduskaitseala metsade süsiniku sidumise väärtuseks hinnati 1473 € metsamaa ühe hektari kohta. Süsiniku sidumise kui ökosüsteemi teenuse arvestuslik väärtus on seega oluliselt suurem kui puidutulu väärtus.

Artiklis mainitud 2013. aasta uurimisprojekti hinnati ka teisi looduskaitseala väärtusi nagu seeded, marjad jmt. Puidu osakaaluks hüvivate väärtuste summast kujunes ainult 0,4%. Suurima osa looduskaitseala teenuste summaarsesse väärtusse andis tingliku hindamise meetodil tuletatud elurikkuse väärtus 78,9 tuhat eurot hektari kohta. Saadud näitajate absoluutväärtuse ja omavahelisse suhtesse tuleb suhtuda kriitiliselt, sest ökosüsteemiteenuste koguväärtuse komponendid on hinnatud erineva metoodikaga. Paljudes varasemates uuringutes on täheldatud, et maksevalmiduse hinnangud kalduvad hüpoteetilise iseloomu tõttu väärtusi üle hindama.

Metsaökosüsteemi teenuse väärtuse hindamine näitab, kuidas erinevad teenused (kasutusviisid) ja nende muutused mõjutavad ühiskonna tulu. Väärtuste hindamine pakub informatsiooni metsade jätkusuutliku kasutamise kavandamiseks, metsapoliitiliste otsuste tegemiseks ja poliitikavahendite rakendamiseks. Analüüsi

tulemused näitavad, et Järvselja looduskaitseala puhul on ühiskonna jaoks tekkiv kasu oluliselt suurem kui omanikul metsa majandamisest saamata jääv tulu.

Käesoleva uuringu käigus kogutud informatsiooni on võimalik kasutada sotsiaalse tulu-kulu analüüsi teostamiseks, mille alusel on võimalik põhjendada avaliku raha kasutamist kaitsealuste metsade kaitseks, säilitamiseks või taastamiseks.

Tänuavaldused. Artikli aluseks olevat uurimistööd tehti Keskkonnaministeeriumi tellimusel ja rahastamisel. Autorid tänavad retsensente kasulike märkuste ja soovitusete eest.

Kasutatud kirjandus

- Aastaraamat Mets 2013. (Yearbook Forest 2013). 2014. Keskkonnaagentuur. (Environmental Agency). Tartu. 244 pp. (In Estonian).
- Ecosystem Valuation. 2000. Market Price Method. [WWW document]. – URL http://www.ecosystemvaluation.org/market_price.htm [Accessed 05 February 2016].
- Ehrlich, Ü. 2014. Demand for Protected Forest by Working Age Inhabitants of Estonia. (Eesti tööelise elanikkonna nõudlus looduskaitsealuse metsa järele). [WWW document]. – URL http://www.envir.ee/sites/default/files/noudlusmetsajarele_yllasehrlich.pdf [Accessed 05 February 2016]. (In Estonian).
- Habicht, K., Ehrlich, Ü. 1997. Economic Issues of Biodiversity Protection. (Looduse mitmekesisuse säilitamise majandusprobleeme). Estonian Institute of Economics. (Eesti Majanduse Instituut). Tallinn, 42 pp. (In Estonian).
- Horne, P., Ovaskainen, V., Naskali, A. 1997. Valuing the Benefits of Forest Conservation. – Scandinavian Forest Economics, 36, 363–370.
- IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. 2006. [WWW document]. – URL <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/> [Accessed 14 July 2015].
- Järvselja looduskaitseala kaitse-eeskiri (vastu võetud 24.04.2006, muudetud, täiendatud, viimati jõustunud 01.04.2010). (Protection Rules of Järvselja Nature Protection Area). – Riigi Teataja [WWW document]. – URL <https://www.riigiteataja.ee/akt/1020654?leiaKehitiv> [Accessed 14 July 2015]. (In Estonian).
- Kaimre, P., Sirgmet, R. 2014. The Profitability Analysis of Private Forests Management in 2012. (Erametsade majandamise 2012. a kattetulu arvu-

- tamine ja analüüs). Estonian University of Life Sciences. (Eesti Maaülikool). [WWW document]. – URL http://www.eramets.ee/wp-content/uploads/2013/01/erametsanduse_kattetulu_2012.pdf [Accessed 14 July 2015]. (In Estonian).
- Kallas, A. Kosenkranius, E. 1996. Assessment of forest value: economic and environmental aspects. – Integrating Environmental Values into Forest Planning – Baltic and Nordic Perspectives. EFI Proceedings, Joensuu, 13, 123–129.
- Kimmel, K. 2009. Ecosystem Services of Estonian Wetlands. Tartu University Press. 161 pp.
- Kiviste, A. 1997. Difference equations of stand height, diameter and volume depending on stand age and site factors for Estonian state forests (on the basis of 1984–1993 forest inventory data). (Eesti Riigimetsa puistute kõrguse, diameetri ja tagavara vanuseridade diferentsimudel 1984–1993. a. metsakorralduse takseerikirjelduste andmeil). – Transactions of the Estonian Agricultural University, Tartu. (EPMÜ teadustööde kogumik, Tartu), 189, 63–75. (In Estonian).
- Kiviste, A. 1999. Estonian Forest Growth Models. (Eesti puistute kasvumudelitest). – Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, Continuous Forest Management Planning. (EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised, Pidev metsakorraldus), 32, 28–36. (In Estonian).
- Kiviste, A., Kiviste, K. 2006. Difference equations of stand height, diameter, and volume depending on stand age and site factors for Estonian state forest. – Second International Conference on Forest Measurements and Quantitative Methods and Management & The 2004 Southern Mensurationists Meeting; Proceedings of the conference held on 15–18 June 2004, Hot Springs, Arkansas USA. Warnell School of Forestry and Natural Resources, University of Georgia, Athens, GA, 30602, 284–296.
- Korjus, H. 1999. The models of thinning. (Hooldusraiate mudelistest). – Transactions of the Faculty of Forestry, Estonian Agricultural University, Continuous Forest Management Planning. (EPMÜ Metsandusteaduskonna toimetised, Pidev metsakorraldus), 32, 44–49. (In Estonian).
- Kosenius, A.-K., Haltia, E., Horne, P., Kniivilä, M., Saastamoinen, O. 2013. Value of ecosystem services? Examples and experiences on forests, peatlands, agricultural lands, and freshwaters in Finland. (Ekosüsteemipalveluiden arvo? Esi-
merkkejä ja kokemuksia Suomen metsistä, soista, maatalousmaista ja sisävesistä). – PTT Reports, 244, 102 pp. (In Finnish).
- Kosk, A., Sirgmet, R., Padari, A., Adermann, V., Sinijärvi, L. 2013. The Economic Value of the Ecosystem Services of Protected Forests on the Example of Järvselja Nature Protection Area. (Eesti kaitstavate metsade ökosüsteemiteenuste majanduslik väärtus Järvselja looduskaitseala näitel. Report). The Institute of Agricultural and Environmental Sciences, Estonian University of Life Sciences. (Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja keskkonnainstituut). 46 pp. (In Estonian).
- Meikar, T. (ed.). 1995. In the Forests of Järvselja (Kastre-Peravalla). (Järvselja (Kastre-Peravalla) metsades 2, Järvselja metsades: teadustööst ja metsade majandamisest Järvseljal). Academic Society of Forestry. University of Tartu Press. (Tartu Ülikooli Kirjastus). 66 pp. (In Estonian).
- Padari, A., Muiste, P., Mitt, R., Pärn, L. 2009. Estimation of Estonian Wood Fuel Resources. – Baltic Forestry, 15(1), 77–85.
- Robinson, G.G. 1955. An Economic Approach to Multiple Use. – Ashgate, R.S. (ed.). Economics of Forestry, 2003, 287–294.
- Saastamoinen, O. 1997. A Framework for Assessing the Total value of Forests in Finland. – Scandinavian Forest Economics, 36, 395–406.
- Sall, M., Uustal, M., Peterson, K. 2012. Ecosystem Services. Overview of Nature Goods and their Monetary Value. (Ökosüsteemiteenused. Ülevaade looduse pakutavatest hüvedest ja nende rahalisest väärtusest). SEI Tallinn, 18, 62 pp. (In Estonian).
- Sandström F., Petersson H., Kruys N., Stahl G. 2007. Biomass conversion factors (density and carbon concentration) by decay classes for dead wood of *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. in boreal forests of Sweden. – Forest Ecology and Management, 243, 19–27.
- Sirgmet, R., Kaimre, P., Padari, A. 2011. Economic impact of enlarging the area of protected forests in Estonia. – Forest Policy and Economics, 13(3), 155–158.
- Tark Mets OÜ. 2013. Overview of the Timber Market in the Second Quarter of 2013. (Ülevaade 2013. aasta II kvartali puiduturust). [WWW document]. – URL <http://www.eramets.ee/wp-content/uploads/2013/01/puiduhinnad-2013-ii-kv.pdf> [Accessed 14 July 2015]. (In Estonian).

Valuation of timber production and carbon sequestration on Järvselja nature protection area

Veiko Adermann, Allar Padari, Risto Sirgmet, Aija Kosk and
Paavo Kaimre

Summary

Järvselja nature protection area was established in order to preserve and introduce virgin forests, to protect old natural forests, old deciduous forests and habitats of different species. At the same time the stands of nature protection area provide other benefits having both use and non-use values. The nature and its components (flora, fauna, fungi etc.) of Järvselja forest protection area have been studied profoundly in earlier studies but the timber production has not been dealt with. It is understandable because the preserving of nature values traditionally means avoiding the harvesting and use of timber on that area.

The goal of the study is to assess the monetary value of the two components of forest ecosystem: timber production and carbon sequestration. The value of timber expresses to forest owners and policy-makers the opportunity cost of nature protection. The carbon sequestration represents the value of new service, highly appreciated in the context of climate policy. While a market for timber and carbon exists, the market-price method has been used for valuation.

The data for calculations was obtained from the materials of forest inventory carried out in 2010 by the Department of Forest Management, Estonian University of Life Sciences. According to the calculations the theoretical long-term average annual productivity of stands on the 185.4 ha of nature protection area is 1187 m³ of timber. The value of timber considering the market prices in 2013 is 60603 euros per year making 325 euros per hectare accordingly. The monetary value of timber production is approximately three times higher compared to the average net revenue of Estonian private forests.

The guidelines of Intergovernmental Panel on Climate Change for the inventories of greenhouse gases were used when transforming the growing stock and dead stem timber into biomass and finally into carbon and carbon dioxide. The results of the calculations indicate that the average timber biomass per hectare is 183.6 tons containing 16 125 tons (86.7 t CO₂/ha) of sequestered carbon or 59 125 tons (318 t CO₂/ha) of CO₂ equivalents.

According to the price 4.62 € per ton of tradeable carbon equivalent in autumn 2013, the value of carbon sequestration on Järvselja nature protection area could be estimated 273 159 euros which is 1473 € per hectare of forest land. Because of the high age of stands on nature protection area, the role of forests as a sequestrator of CO₂ is remarkable compared to commercial forests. The accumulation of carbon in old-growth natural forests is close to zero, but they still fulfil the role of being a carbon pool.

In addition to timber and carbon sequestration the value of other forest ecosystem services – berries and mushrooms, cultural services, biodiversity – were calculated in the research project carried out in 2013. The share of timber in the total value of services was only 0.4%. The biggest portion of the total value of the nature protection area is the value of biodiversity, 78.9 thousand euros per hectare respectively. This result was calculated using the contingent valuation method via the hypothetical scenario asking people's willingness to pay for the biodiversity. One has to be rather critical in comparing estimated numbers obtained by different methods, because some of these methods are based on real quantities and prices while some

on the hypothetical scenarios. The results of the study could be used in cost-benefit analysis to explain the use of public funds for the protection, maintenance or restoration of protected forests.

Received November 9, 2015, revised November 25, 2015, accepted December 18, 2015