



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

*University of Eastern Finland
Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta
Faculty of Science and Forestry*

METSÄMARJOJEN SATOISUUS OSANA
MONITAVOITTEISTA METSÄSUUNNITTELUA

Tapani Viljakainen

METSÄTIETEIDEN PRO-GRADU TUTKIELMA
ERIKOISTUMISALA METSÄNARVIOINTI JA METSÄSUUNNITTELU

JOENSUU 2015

Viljakainen, Tapani 2015. Metsämarjojen satoisuus osana monitavoitteista metsäsuunnittelua. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, metsätieteiden osasto. Metsätieteiden pro gradu, metsänarvioinnin ja metsäsuunnittelun erikoistumisala. 41 s.

TIIVISTELMÄ

Suomalaisten luonnonmarjojen kysyntä ja suosio ovat olleet jatkuvasti kasvussa erityisesti terveystietoisuuden lisääntymisen vuoksi. Marjojen mahdollisuuksia vientituotteina ei kuitenkaan olla laajasti ymmärretty, ja vuosittaisesta metsämarjasadosta tulee kerätyksi arviolta vain noin 10 prosenttia. Metsissä kasvavien marjasatojen suuruuteen voidaan vaikuttaa metsänhoidollisilla toimenpiteillä. Tietokonepohjaisten metsäsuunnittelumenetelmien avulla marjasatojen suuruus voidaan helposti ottaa pääasialliseksi tavoitteeksi tai yhdeksi tavoitteista puuntuotoksen rinnalle.

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tarkastella mustikan ja puolukan marjasatoja osana monitavoitteista metsäsuunnittelua. Tarkastelu tehtiin optimoimalla useita metsäsuunnitelmia erilaisilla tavoitteiden painotuksilla kahdelle puuston rakenteelta erilaiselle metsätilalle 10+10+10 vuoden ajanjaksolle. Marjasatoja mallinnettiin Metlan tekemiin mittauksiin perustuvilla malleilla, jotka huomioivat puuston rakenteen lisäksi esimerkiksi ravinteisuuden ja vesitalouden vaihtelun kaltaisia tekijöitä. Jokaisen metsäsuunnitelman kohdalla käytettiin kuvioille samoja käsittelyvaihtoehtoja ja vaihtoehtojen optimointiyhdistelmiä haettiin heuristisella Hero-optimointimenetelmällä. Työn eri vaiheissa tarkasteltiin marjasadoille optimaalisimpia toimenpiteitä ja puulajisuhteita, marjasatojen, nettonykyarvon ja kertymän välisiä suhteita, nettonykyarvon ja marjasatojen maksimointia rinnakkain, siemenpuumenetelmän suosimista metsänuudistamisessa sekä marjasatojen ja puuston taloudellisten arvojen välisiä suhteita.

Tuloksista havaittiin molempien marjojen suosivan erityisesti mäntymetsiä talousmetsiä vastaavassa tiheydessä. Kuusikot olivat mustikan sadolle parhaimmillaan juuri harvennuksen jälkeen ja puolukan sadon kannalta kuusikoissa kannatti suorittaa uudistushakkuu. Huonoimmillaan sadot olivat molempien marjojen osalta taimikoissa ja nuorissa kasvatusmetsissä. Kertymä oli maksimoitavana tavoitteena haitallinen molempien marjojen sadoille, mutta puuston nettonykyarvon maksimointi antoi molemmille marjoille kohtuullisen hyvät sadot, kun kaikkein korkeimmista tuotoista hieman tingittiin. Taloudelliselta kannalta marjasatojen nettonykyarvot yhteensä olivat lähellä puuntuotoksen nettonykyarvoa, ja paras taloudellinen tuotto saavutettiin, kun sekä marjat että puuntuotanto huomioitiin tavoitteenasettelussa.

Tutkimuksen johtopäätöksinä on havaittavissa, että marjasatoja voidaan huomioida puuntuotoksen rinnalla ilman merkittäviä taloudellisia menetyksiä. Parhaimmissa tapauksissa marjasadot voivat tuoda ylimääräisiä tuloja metsänomistajalle. Metsäsuunnittelussa eri tavoitteenasettelulla kannattaa eri tavoitteita kohdentaa erilaisille alueille. Ravinteikkaat kasvupaikat on optimaalisinta käsitellä ensisijaisesti puuntuotannon ehdoilla, kun kuivemmillä kasvupaikoilla parhaan tuloksen saavuttaa huomioimalla myös marjasatoja.

Avainsanat: monitavoitteinen metsäsuunnittelu, metsämarjat, mustikka, puolukka, nettonykyarvo, metsänhoito

Viljakainen, Tapani 2015. Yield of forest berries in multipurpose forest planning. University of Eastern Finland, Faculty of Science and Forestry, School of Forest Sciences. Master's thesis in Forest Sciences, specialization in forest mensuration and forest planning. 41 p.

ABSTRACT

The popularity and demand of Finnish forest berries has been constantly increasing because of a general increase in health consciousness. However, the possibilities of berries as export products have not been generally understood and only around 10 percent of the annual forest berry yield is collected. The yield can also be increased with specific forest management methods. By using computer-based forest planning methods, increasing the yield of forest berries can be taken into account in addition to the main target of wood production or as the main target in forest management planning.

The purpose of this study was to examine the possibilities and effects of taking bilberry and cowberry yields into account in multipurpose forest planning. The examination was realised by optimizing multiple forest plans with different targets and importance values for two different kinds of forest estates in a time line of 10+10+10 years. For modeling the yields and values of berries a model made by Metla was used, which e.g. took information about forest structure and soil nutrients into account. The same options for forest management were used for every forest plan and the heuristic Hero optimization method was used for the optimization of the options. The focuses of the study were the best management options and the best forest structure for berry yield, relations between berry yields, net present value and number of loggings, yields of berries with different regeneration methods as well as financial potential of berries relation to wood.

The results indicated that in pine forests both berries preferred a forest density close to that of commercial forests. In spruce forests the optimal conditions for bilberry were those right after thinning while cowberry preferred regeneration cuttings. The worst yields of berries were found in young forests of ages between 5 to 25 years. Maximizing the numbers of loggings was not good for either berry but maximizing the net present values allowed for quite large yields of berries when the absolute maximum net present value was not demanded. The net present values of berries were found to be close to the net present values of wood production and the best overall value could be achieved by taking both berries and wood production into account in planning.

The main conclusion of this study is that the yield of berries can be taken into account besides wood production without significant loss of financial value, and in the best case scenario berries can bring extra income for the forest owner. It was also found that in forest planning the best method is to focus on different targets for different forest areas. The most nutritious areas should be utilized for growing wood while less nutritious areas provide the best results when berries are also taken into consideration.

Key words: multipurpose forest planning, forest berries, bilberry, cowberry, net present value, forest management

SISÄLLYS

1 JOHDANTO	5
1.1 Metsämarjojen kaupallinen kerääminen	5
1.2 Monitavoitteinen metsäsuunnittelu	6
1.3 Tutkielman tarkoitus	8
2 AINEISTO JA MENETELMÄT	9
2.1 Aineisto	9
2.2 Menetelmät	11
2.3 Marjamallit	12
2.4 Menetelmät työvaiheittain	13
2.4.1 Marjasatotavoitteiden maksimoinnit	13
2.4.2 Tavoitteiden väliset suhteet	13
2.4.3 Marjasadoille optimaaliset toimenpiteet	13
2.4.4 Monitavoiteoptimointi	13
2.4.5 Toimenpiteet ja puulajisuhteet eri suunnitelmavaihtoehdoilla	14
2.4.6 Siemenpuuhakkuiden määrän vaikutus kokonaistuotokseen	14
2.4.7 Marjasatojen vaikutus nettonykyarvoon	14
3 TULOKSET	16
3.1 Marjasatotavoitteiden maksimoinnit	16
3.2 Tavoitteiden väliset suhteet	17
3.3 Marjasadoille optimaaliset toimenpiteet	20
3.4 Monitavoiteoptimointi	24
3.5 Toimenpiteet ja puulajisuhteet eri suunnitelmavaihtoehdoilla	27
3.6 Siemenpuuhakkuiden määrän vaikutus kokonaistuotokseen	29
3.7 Marjasatojen vaikutus nettonykyarvoon	29
4 TULOSTEN TARKASTELU	31
4.1 Marjasadot metsäsuunnittelussa	31
4.2 Marjasatojen vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen	34
4.3 Johtopäätökset	36
5 LÄHTEET	37
6 LIITTEET	39

1 JOHDANTO

1.1 Metsämarjojen kaupallinen kerääminen

Suomalaiset metsämarjat ovat tutkitusti erittäin terveellisiä ja niiden arvostus on yleisellä tasolla kasvussa myös taloudellisesti. Metsämarjojen todellinen mahdollisuus elinkeinona ja vientituotteena on ymmärretty vasta viime vuosikymmeninä. Viime vuosina metsämarjojen taloudellisen merkityksen kehitykseen on erityisesti vaikuttanut ulkomaalaisten marjankerääjien määrän kasvaminen, suomalaisten kerääjien määrän pysyessä kutakuinkin ennallaan. Kotimaisia kerääjiä ei kaupallisia tarkoituksia varten saada tarpeeksi työn fyysisen luonteen vuoksi, vaan vientiin kerääminen on rakennettu ulkomaalaisten kausityöntekijöiden varaan (Marsi 2013). Silti tärkeimpienkin metsämarjojen sadoista kerätään arviolta vain noin 10 prosenttia, joista suurin osa kotitalouksien omaan käyttöön. Potentiaalia olisi ainakin kaksinkertaistaa poiminta (Roininen & Morkkila 2007).

Taloudellisesti tärkeimpiä metsämarjoja ovat mustikka (*Vaccinium myrtillus*) ja puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*). Näiden lisäksi myyntiin kerätään lakkaa (*Rubus chamaemorus*) sekä vähissä määrin karpaloa (*Vaccinium oxycoccus* L.), metsävadelmaa (*Rubus idaeus*), variksenmarjaa (*Empetrum nigrum*) ja tyrniä (*Hippophae rhamnoides*). Mustikan ja puolukan kaupallinen merkitys on näistä muita huomattavasti suurempi, joskin lakka on arvostettu ja suhteellisen merkittävä kotimarkkinoilla. Käytännössä vain mustikkaa ja puolukkaa päätyy vientiin kansantaloudellisesti merkittäviä määriä (Marsi 2013).

Vuosittainen metsämarjasato on Suomessa arviolta 500–1000 miljoonaa kiloa riippuen erityisesti vuosittaisista ilmastotekijöistä (Roininen & Morkkila 2007). Vuonna 2011 metsämarjoja kerättiin noin 34,9 miljoonaa kiloa, joista noin 11,8 miljoonaa kiloa päätyi kaupalliseen käyttöön (Marsi 2013). Matti Vaaran ym. (2013) tekemän kyselytutkimuksen mukaan 54 prosenttia suomalaisista kotitalouksista harrasti luonnonmarjojen keräilyä vuonna 2011. Saman tutkimuksen mukaan suomalaisten kerääjien osuudesta noin 76 prosenttia kerättiin henkilökohtaiseen käyttöön. Pidemmällä tarkastelujaksolla kotitalouspoiminnan osuus kerätyistä sadosta on arvioitu olevan 75–80 prosenttia. Suomalaiset kerääjät ovat useasti eläkeikäisiä, nuorten kiinnostus marjanpoimintaan on edellistä sukupolvea vähäisempää. Suomalaisten kerääjien kaupalliseen käyttöön kerättyyn määrään vaikuttaa merkittävästi vuosittainen marjasadon runsaus sekä marjakilosta maksettava hinta. Ulkomaalaiset kerääjät ovat suomalaisten yritysten palkkaamia työntekijöitä, jotka keräävät marjoja pääasiassa vain yrityksen tarpeisiin eli myytäväksi eteenpäin (Roininen & Morkkila 2007). Ulkomaalaiset kerääjät ovat elintärkeitä

metsämarjoja kaupallisesti hyödyntäville yrityksille juuri kyseisistä syistä. Ulkomailta metsämarjanpoimijoita on Suomeen tullut vuodesta 1995 muun muassa EU:hun liittymisen vaikutuksesta (Anttila 2009). Saastamoisen ym. (2000) mukaan vuosina 1997–1999 ulkomaalaisten keräilijöiden osuus kaupallisista keräilijöistä oli marginaalinen. Heidän määränsä on kuitenkin kasvanut nopeasti viimeisen kymmenen vuoden aikana. Suomen Työ- ja elinkeinoministeriön (2014) mukaan vuosittain metsämarjanpoimijoita tulee Suomeen yli 4000 henkilöä, pääasiassa Thaimaasta.

Luonnontuoteteollisuuden mukaan metsämarjojen kysyntä on kasvanut viime vuosina ja kasvun uskotaan jatkuvan myös tulevaisuudessa. Kasvun pohjalla on lisääntynyt ymmärrys eri elintarvikkeiden terveellisyydestä ja se, että suomalaisten metsämarjojen on tutkittu olevan erittäin terveellisiä (Elintarviketeollisuusliitto 2011). Terveellisyyden hakeminen on myös kehittänyt tavallisten metsämarjojen rinnalle luomumetsämarjat. Luomumarjojen jokaisessa työvaiheessa, metsäalueen sertifikaateista kuljetukseen ja jalostukseen, on noudatettava tarkkoja kriteerejä. Näiden marjojen etu tulee helpommasta jatkomarkkinoinnista ja myynnistä, joskin kerääjälle maksettava korvaus on kutakuinkin sama. Hintakilpailussa puutarhamarjojen kanssa metsämarjat eivät pärjää, mutta luomun ja terveellisyyden korostamisella on mahdollista laajentaa kysyntää ja vientiä (Marsi 2013).

Muutamina viime vuosina metsämarjojen, erityisesti mustikan, on havaittu kärsineen lämpimän kevään aiheuttamasta liian aikaisesta kukinnasta, kesän kuivuudesta tai vähänlumisen talven aiheuttamista pakkasvaurioista. Tällaiset poikkeuksellisetkin sääolosuhteet ovat pitkällä tarkastelujaksolla suhteellisen harvinaisia, mutta ilmastonmuutoksen on ennustettu lisäävän poikkeuksellisia sääolosuhteita. Esimerkiksi kuivuuden ja alkukesän kylmyyden takia mustikan sato oli vuonna 2014 noin 79 prosenttia pitkän ajan keskiarvosta (Metla 2014). Lämmin kevät puolestaan aikaistaa mustikan kukintaa ja lisätä paleltumisalttiutta. Lisäksi liian aikaisin kevästä pölyttäjistä voi olla pulaa (Salemaa ym. 2013). Näiden muutosten ja ääriolosuhteiden seurausten selvittämiseksi Metlalla (Metsäntutkimuslaitos) on meneillään hanke ”Metsäkasvien fenologia ja satoennusteet muuttuvassa ilmastossa”, minkä on määrä valmistua vuoden 2015 aikana.

1.2 Monitavoitteinen metsäsuunnittelu

Metsäsuunnittelulla tarkoitetaan prosessia, jossa metsäalueelle tehdään tietylle ajanjaksolle suunnitelma siitä millaisia toimenpiteitä alueella tehdään. Prosessissa toimenpiteistä valitaan parhaimmat sen perusteella, mitkä toteuttavat päätöksentekijän, eli yleensä metsänomistajan,

tavoitteita parhaiten. Valinta ja sitä tukeva optimointi voidaan tehdä kuviokohtaisesti tai koko metsäalueella yhtäaikaisesti. Yleensä suunnitteluprosessissa käsitellään molempia tasoja yhtäaikaisesti. Monitavoitteisessa metsäsuunnittelussa periaatteena on optimoida suunniteltava alueen metsätaloutta useammalle eri tavoitteelle samanaikaisesti. Pienemmillä suunnittelualueilla monitavoitteisuutta toteutetaan yleensä kuviotasolla siten, että määritetään halutuille kuviolle suoraan sellaiset käsittelyvaihtoehdot, jotka tukevat eri tavoitteita. Suuremmilla metsäalueilla monitavoitteisuutta toteutetaan esimerkiksi asettamalla optimointivaiheeseen rajoitteita tai maksimoimalla hyötyfunktioita, joka sisältää useita tavoitteita. Eri tavoitteille asetetaan painotuksia sen mukaan, kuinka tärkeitä ne ovat päätöksentekijälle. Monitavoitteisella metsäsuunnittelulla on mahdollista ottaa taloudellisten tavoitteiden rinnalle monikäyttö- ja ympäristöarvoja, kun ensin on määritetty malleilla, kuinka metsikön ja puuston piirteet vaikuttavat näihin tavoitteisiin. Eräiden tavoitteiden, kuten maisema- ja retkeilyarvojen, osalta arvo mallinnetaan yleensä indekseillä kun taas esimerkiksi marjasatojen osalta voidaan käyttää kilogrammoina ilmoitettavan satopotentialin kaltaisia yksiköllisiä tunnuslukuja.

Metsikön taloudellista arvoa tarkasteltaessa yleisimmin käytetty tunnusluku on nettonykyarvo. Sen periaatteena on laskennallisesti muokata eri aikoina tapahtuneet tuotot sekä kustannukset vastaamaan tilannetta, jossa ne olisivat tapahtuneet samanaikaisesti. Laskennassa valitaan ensin inflaation tai tuotto-odotusten perusteella yleensä vuosittainen korkokanta, jonka perusteella laskenta suoritetaan. Metsätaloudessa tuottoja ovat perinteisesti lähinnä puunmyyntitulot ja kustannuksia esimerkiksi uudistamiskustannukset sekä taimikonhoidon kustannukset. Myös muille metsikön tuotteille, kuten marjasadoille, voidaan laskea nettonykyarvo. Tällöin ennen laskentaa on määritettävä, paljonko marjasatoa saadaan kerättyä ja kuinka arvokas marjakilo on kaikkien keruukustannusten jälkeen. Tällä menetelmällä voidaan arvioida myös marjasatojen taloudellista arvoa puuntuotoksen taloudellisten arvojen rinnalla.

Viime vuosikymmeninä on metsäsuunnittelussa noudatettu Tapion (Kestävän metsätalouden kehittämis- ja asiantuntijaorganisaatio) laatimia metsänhoitosuosituksia. Metsänhoitosuositukset laadittiin aikoinaan varmistamaan suomalaisen puun riittävyttä. Nykyään, vaikka metsänhoitosuositukset ovat edelleen merkittävänä ohjenuorana, metsäsuunnittelussa on siirrytty enemmän kohti metsänomistajan henkilökohtaisia tavoitteita. Pukkalan (2006) mukaan metsänhoitosuositusten suoraviivainen noudattaminen ei tue useimpien metsänomistajien tavoitteita optimaalisella tavalla. Metsänhoitosuositukset eivät esimerkiksi ole taloudellisen kannattavuuden kannalta optimaalisimpia toimenpiteitä eivätkä ne erityisesti ota huomioon luontoarvoja. Valtiollisesti metsien monikäytön huomioimista on pyritty lisäämään kansallisten met-

säohjelmien kautta. Eteläisemmässä Suomessa monikäytön ohjenuorat perustuvat suosituksiin, kuinka yksityisissä talousmetsissä monikäyttöä tulisi ottaa huomioon puuntuotannon rinnalla. Pohjois-Suomessa vastaavasti painottuvat porotalous, matkailu ja valtion maiden käyttölinjaukset (Maa- ja metsätalousministeriö 2006). Kuntatasolla metsäsuunnittelussa painottuvat tärkeinä, puuntuotannon ja luontoarvojen rinnalla, myös metsien virkistysmahdollisuudet.

Hänninen ym. (2010) ovat tutkineet metsänomistajakunnan tavoitteita koko Suomen laajuudelta ”Suomalainen metsänomistaja 2010”-tutkimuksessa. Tutkimukset ovat osoittaneet, että metsänomistajakunnan rakenteessa ja tavoitteissa on tapahtumassa muutoksia. Metsätilat pirstaloituvat sukupolvenvaihdosten myötä ja metsänomistaja on yhä useammin kaupunkilainen sekä hyvin vähän metsäasioihin paneutunut. Vanhemmilla metsänomistajilla tavoitteet ovat yleensä hyvin selkeitä. Metsältä halutaan useasti joko taloudellista tuottoa tai taloudellista turvaa. Suurempien metsätilojen omistajat ovat useimmin monitavoitteisia, eli metsältä halutaan taloudellisten hyötyjen lisäksi muutakin, joskin taloudellinen tuotto on kuitenkin useimmin tärkein tavoite. Näiden monitavoitteisten metsänomistajien osuus vuonna 2009 oli 30 prosenttia metsänomistajista ja 40 prosenttia yksityismetsien pinta-alasta. Metsänomistajissa on myös merkittävä osa niitä, joiden tavoitteet ovat pääasiallisesti virkistyskäytössä tai tavoitteista ei ole selkeää kuvaa, yhteensä 34 prosenttia metsänomistajista ja 23 prosenttia yksityismetsien pinta-alasta (Hänninen ym. 2010). Näiden tutkimusten perusteella metsänomistajilla on mielenkiintoa muiden kuin taloudellisten tavoitteiden huomioimiselle metsäsuunnittelussa sekä näitä muita tavoitteita huomioivia monitavoitteisen metsäsuunnittelun menetelmiä kohtaan. Suomen valtio on reagoinut näihin metsänomistajakunnan mielipideilmaston muutoksiin vapauttamalla metsälakia vuoden 2014 alusta (Ojala ym. 2013).

1.3 Tutkielman tarkoitus

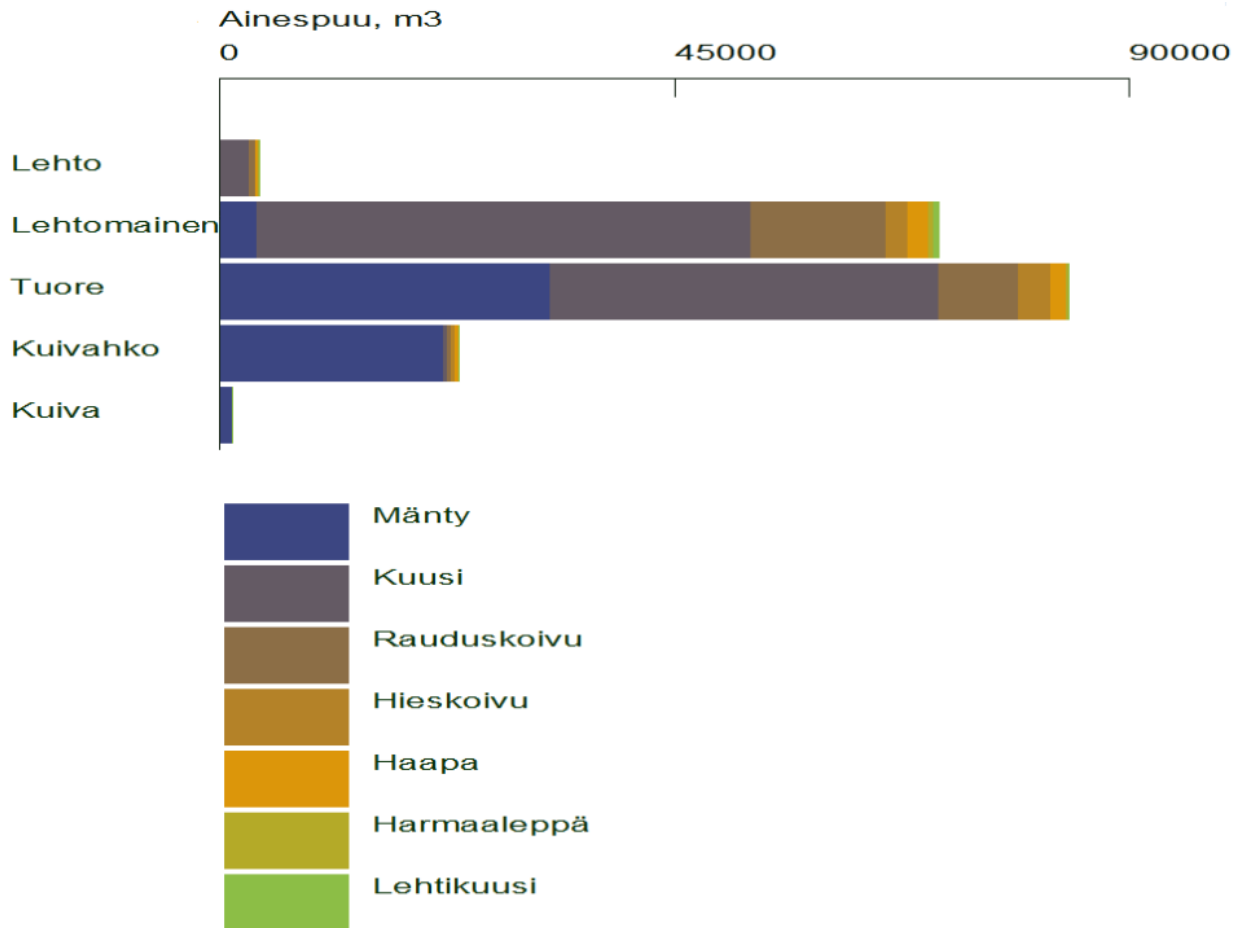
Tässä tutkielmassa tutkittiin, kuinka mustikan ja puolukan satopotentialit osana monitavoitteista metsäsuunnittelua vaikuttavat metsäsuunnitteluun prosessina sekä metsäsuunnittelun keskeisiin tavoitteisiin. Lisäksi tutkittiin mustikan ja puolukan satojen kannalta optimaalisimpia kasvuolosuhteita sekä sitä millaiset toimenpiteet muokkaavat kasvuolosuhteita optimaalisempaan suuntaan. Tutkimuksessa keskityttiin pääasiallisesti vallalla olevaan tasaikäismetsätalouteen. Lopuksi tarkasteltiin mustikan ja puolukan taloudellisesta potentiaalista nyt ja tulevaisuudessa.

2 AINEISTO JA MENETELMÄT

2.1 Aineisto

Työn aineistona käytettiin kahta metsäaluetta tarkastelemaan tilannetta kahdessa puustoltaan ja kasvupaikaltaan erilaisessa metsikössä. Ensimmäisenä tutkimusalueena oli metsäalue Kolin kansallispuiston alueelta Pohjois-Karjalan maakunnasta. Kolin kansallispuiston alue on kokonaisuudessaan noin 3000 hehtaaria ja tutkimuksessa käytettiin siitä 899,8 hehtaarin metsäaluetta. Toisena tutkimusalueena oli yksityismetsätila Suomu, joka sijaitsee Kainuun maakunnassa. Suomun metsäalue oli kooltaan 506 hehtaaria. Tutkimusalueiden valinta suoritettiin metsikkörakenteiden perusteella. Alueiden erona oli erilainen metsiköiden rakenne siten, että Koli edusti kuusivaltaista (*Picea abies*) erityisesti tuoreiden kankaiden metsäaluetta ja Suomu mäntyvaltaista (*Pinus sylvestris*) erityisesti kuivahkoiden kankaiden aluetta.

Kolin alueella kasvupaikkojen välinen jakauma: lehtomaista kangasta 284,3 hehtaaria, tuoretta kangasta 399,6 hehtaaria ja kuivahkoa kangasta 140,7 hehtaaria. Lisäksi lehtoja ja kuivia kankaita oli pieniä alueita. Puulajeista vallitsevin oli kuusi, jota oli yhteensä 90647 kuutiometriä. Noin puolet kuusen tilavuudesta oli lehtomaisilla kankailla ja loppuosa pääasiassa tuoreilla kankailla. Mäntyä alueella oli 59895 kuutiometriä, joista noin puolet tuoreilla kankailla. Tuoretta kangasta kuivemmilla alueilla suurin osa puustosta oli mäntyä, mutta lehtomaisilla kankailla männyn osuus oli vähäinen. Lehtipuuta oli merkittävästi vain lehtomaisilla ja tuoreilla kankailla, yhteensä 33544 kuutiometriä. Lehtipuulajeista runsaimpia Kolin alueella olivat rauduskoivu (*Betula pendula*), hieskoivu (*Betula pubescens*) ja haapa (*Populus tremula*), mutta alueella oli myös useita muita puulajeja. Kolin alueella puolet pinta-alasta oli uudistuskypsiä metsiä, yhteensä 476,7 hehtaaria. Varttuneita kasvatusmetsiä oli 202,5 hehtaaria, nuoria kasvatusmetsiä 79,6 hehtaaria, taimikoita 73,2 hehtaaria sekä uudistushakkuun jälkeisiä alueita yhteensä 15,1 hehtaaria (Kuva 1).

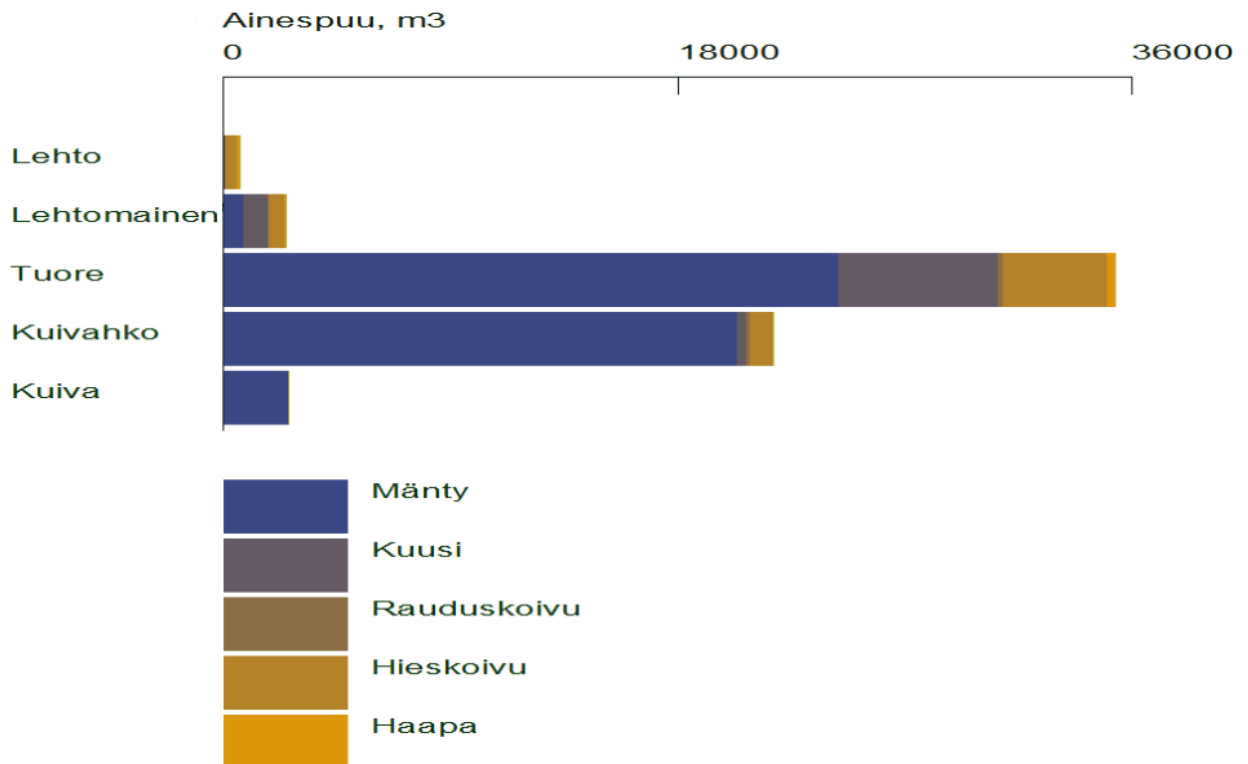


Kuva 1. Kolin alueen puulajien tilavuudet kuutiometreinä eri kasvupaikoilla.

Kolista käytettiin vain kolmannesta koko alueen pinta-alasta, koska tämä alue edusti parhaiten tutkimuksen tarkoituksiin haluttua tuoreen kankaan kuusivaltaista aluetta. Kokonaisuudessaan Kolilla oli mäntyä enemmän kuin kuusta ja lehtipuita oli enemmän kuin keskimääräisesti suomalaisissa talousmetsissä. Tätä tutkimusta varten oli mielekästä valita nimenomaan kuusi-valtainen alue vertailuksi Suomun mäntyvaltaiseen alueeseen. Lisäksi valittu osa-alue edusti parhaiten Suomun aluetta ravinteikkaampaa aluetta. Koko Kolin ottaminen tutkimusalueeksi olisi ollut kooltaan turhan suuri tutkimusasetelmaa ajatellen. Suomun metsätila oli pinta-alaltaan edelleen pienempi kuin valitun Kolin alueen pinta-ala ja vertailu on selkeämpää kun alueet ovat mahdollisimman paljon toistensa kaltaisia.

Suomun alueella vallitsevin kasvupaikkaluokka oli tuore kangas, jota oli 240,1 hehtaaria. Kuivahkoa kangasta oli 166,6 hehtaaria ja kuivia kankaita 27,3 hehtaaria. Tuoretta kangasta ravinteikkaampia alueita oli yhteensä 22,1 hehtaaria. Puulajeista vallitsevin oli mänty, jota oli 48288 kuutiometriä, josta noin puolet oli tuoreen kankaan kasvupaikoilla ja toinen puoli tuoretta kangasta kuivemmilla kasvupaikoilla. Kuusta oli 7613 kuutiometriä ja lehtipuita 6912 kuutiometriä. Männylle suosiollista kuivahkoa kangasta oli lähes yhtä paljon kuin tuoretta

kangasta, ja myös tuoreen kankaan alueista iso osa oli mäntymetsiä. Ravinteikkaampia kasvu-
paikkoja oli vähän. Niinpä kuusen ja lehtipuiden määrät jäivät suhteellisen vähäisiksi. Lehti-
puista eniten oli hieskoivua, mutta myös rauduskoivua ja haapaa kasvoi vähäisiä määriä. Sekä
lehtipuiden että kuusen osuudet olivat suurimmalta osalta tuoreilla kankailla. Ikäluokkien vä-
linen jakauma Suomun alueella: uudistuskypsiä metsäaluetta 230,5 hehtaaria, varttuneita kas-
vatusmetsiä 139,8 hehtaaria ja nuoria kasvatusmetsiä 70,7 hehtaaria. Näiden lisäksi oli vähäi-
siä alueita taimikoita, yhteensä 14,8 hehtaaria (Kuva 2).



Kuva 2. Suomun alueen puulajien tilavuudet kuutiometreinä eri kasvupaikoilla.

2.2 Menetelmät

Työ tehtiin käyttäen professori Timo Pukkalan Monsu 6.3 metsäsuunnitteluohjelmaa. Ohjelmaan oli mallinnettu suunnittelua varten tutkija Jari Miinan johdolla satomalleja mustikalle ja puolukalle. Suunnitteluprosessin alussa simuloitiin käsittelyvaihtoehdot, minkä jälkeen käsittelyvaihtoehdot käytettiin suunnitelmien optimointiin. Käsittelyvaihtoehdot simuloinnille ei asetettu rajoitteita tasaikäismetsätalouden osalta, mutta jatkuvan kasvatuksen menetelmät rajattiin tarkastelun ulkopuolelle. Käsittelyvaihtoehdot olivat samat tutkimuksen jokaisessa optimoinnissa.

Suunnitelmien optimoinnit tehtiin heuristisella Hero-optimointi menetelmällä. Hero-menetelmässä jokaiselle kuviolle valitaan ensin satunnaisesti yksi simuloiduista vaihtoehtoista, minkä jälkeen jokaisen kuvion kohdalla erikseen valitaan sellainen vaihtoehto, joka parantaa tavoitefunktion arvoa eniten. Näin jatketaan, kunnes yhdenkään kuvion kohdalla ei ole tarjota parempaa vaihtoehtoa (Pukkala 2007). Käytännössä laskentaa varten määritetään parametrit satunnaishakujen määrälle optimoinnissa sekä optimointikertojen lukumäärälle. Tässä tutkimuksessa näiden parametrien arvoiksi annettiin 64 ja 5.

Suunnittelun ajanjaksoksi valittiin 10+10+10 vuotta. Tässä ajassa metsikön hoitotoimenpiteillä on mahdollista vaikuttaa marjasatojen suuruuteen ja eri käsittelyvaihtoehtoja on lyhyempää ajanjaksoa enemmän. Lisäksi uudishakkuualueen varvusto ehtii palautumaan ennalleen ennen seuraavia toimenpiteitä. Varvusto palautuu uudistushakkuista suhteellisen nopeasti, mutta varsinkin maanmuokkauksessa tuhoutuneen varvuston palautuminen voi kestää useita vuosia. Useimmissa työvaiheissa tuloksina tarkasteltiin valittujen tavoitemuuttujien arvoja tämän 30 vuoden ajanjakson lopussa.

2.3 Marjamallit

Työssä käytetyt marjamallit perustuivat Metlan, tutkija Kauko Salon johdolla tekemiin mittauksiin. Marjasato on mallin mukaan riippuvainen metsikön rakenteesta sekä muun muassa ravinteisuudesta ja vesitaloudesta. Vuosittain marjasadossa on suurta vaihtelua esimerkiksi säästä riippuen. Malli huomioi ja eliminoi tämän laskemalla jokaiselle vuodelle sadan tulema-vaihtoehdon jakauman, joiden keskiarvoa käytettiin ennusteena. Marjasatoennusteen laskenta toteutettiin ensin kuviokohtaisesti ja sen jälkeen kiloina hehtaaria kohden koko tilan alueella. Marjasatoennusteessa on myös kerroin uudishakkuualueille siten, että heti uudishakkuun jälkeen sato on huonompi, kunnes varvusto ehtii palautua ennalleen. Käytännössä varvuston määritettiin palautuneen ennalleen silloin kun puuston keskiläpimitta rinnankorkeudelta oli yli kolme senttimetriä. Koko tilan marjasatoa tarkasteltaessa ennustettu keskisato oli kerrottava alueen pinta-alalla. Malli laskee myös arvion kerätylle marjasadolle sekä marjasadon tuomalle tuotolle. Nämä tekijät riippuivat marjasadosta siten, että marjoja kerätään vain tarpeeksi hyväsatuisilla kuvioilla ja hyvinä marjavuosina. Ennusteessa sadosta kerättiin 75 prosenttia silloin, kun marjoja oletettiin poimittavan. Marjasadon tuotto määräytyi hintaparametreilla ja keruun kustannuksilla. Myös marjasatojen tulot annettiin hehtaaria kohden, vaikkakin laskenta suoritettiin kuviokohtaisesti.

2.4 Menetelmät työvaiheittain

2.4.1 Marjasatotavoitteiden maksimoinnit

Monitavoitteista metsäsuunnittelua varten laskettiin ensin marjasatopotentialit Kolin ja Suomen alueilla alkutilanteessa. Lisäksi tehtiin optimointi, jossa marjasatoja maksimoitiin, jotta nähtiin kuinka suureksi marjapotentiaali voidaan optimaalisilla toimenpiteillä kasvattaa. Mustikan ja puolukan sadon maksimoinnissa kyseessä olevan marjan sato on ainoana tavoitteena. Kokonaismarjapotentiaalın optimoinnissa molempien marjojen sadot määritettiin yhtä arvokkaiksi.

2.4.2 Tavoitteiden väliset suhteet

Työvaiheessa tarkasteltiin eri tavoitemuuttujien suhteita toisiinsa ja selvitettiin marjasatotavoitteiden lisäksi muutamien yleisesti käytettyjen tavoitemuuttujien optimitoimenpiteillä saamat maksimaalliset arvot. Tarkasteltavat tavoitemuuttujat olivat mustikan marjasato, puolukan marjasato, metsikön nettonykyarvo, hakkuukertymä ja jäljelle jäävän puuston tilavuus. Optimoinnin tavoitteenasettelussa kahden tavoitteen painotusta vaihdeltiin asteikolla 0–10 siten, että painotusten summa oli 10. Ääripäinä olivat tilanteet, joissa maksimoitiin vain toista käsiteltävinä olevista tavoitteista. Tavoitteenasettelussa tavoitteet ovat riippumattomia toisistaan ja tämän vaiheen pääasiallisena tarkoituksena oli tarkastella, minkälaiset riippuvuussuhteet ovat eri tavoitteiden välillä.

2.4.3 Marjasadoille optimaaliset toimenpiteet

Työvaiheessa selvitettiin sitä, millaiset toimenpiteet suosivat mustikan ja puolukan satoja. Tämä tehtiin vertailemalla mustikan ja puolukan maksimoinneissa valikoituneita toimenpiteitä sekä näiden suunnitelmiin valikoituneiden toimenpiteiden vaikutuksia puulajisuhteisiin. Vertailukohtina tarkasteltiin tilannetta, jossa maksimoitiin molempien marjojen satoja samanaikaisesti, sekä tilannetta, jossa maksimoitiin puuntuotoksen nettonykyarvoa.

2.4.4 Monitavoiteoptimointi

Työvaiheessa oli aluksi tarkoituksena tarkastella mustikkasatoa, puolukkasatoa, puuntuotoksen nettonykyarvoa ja kertymää tavoitteina rinnakkain. Kertymää ei todettu olevan mielekäästä maksimoida tavoitteena, sillä sen kasvattamisen havaittiin tutkimuksen aikana vähentävän merkittävästi niin marjasatoja kuin nettonykyarvoa. Lisäksi kertymän maksimointi ei ole käytännöllinen konkreettista metsäsuunnittelua ajatellen. Niinpä metsäsuunnittelun näkökulmasta oli mielekkäämpää käyttää kertymän tavoitetta rajoitteena jokaiselle kymmenvuotiskaudelle.

Kymmenvuotiskauden kertymänä käytettiin kasvun suuruista kertymää. Kolin alueen kymmenen vuoden kertymänä oli jokaisella kymmenvuotiskaudella 36240 kuutiometriä ja Suomen alueella 11150 kuutiometriä. Kolmessa eri optimoinnissa tavoitteenasetteluna maksimoitiin nettonykyarvoa, toisessa marjasatoja ja kolmannessa nettonykyarvoa ja marjasatoja yhdessä. Jokaisessa optimoinnissa kertymän painotus asetettiin sellaiseksi, että kertymän tarkoitus rajoitteena toteutui.

2.4.5 Toimenpiteet ja puulajisuhteet eri suunnitelmavaihtoehdoilla

Valittujen suunnitelmavaihtoehtojen osalta tarkasteltiin, kuinka erilainen tavoitteenasettelu vaikutti metsäalueille optimoituihin toimenpiteisiin sekä millainen vaikutus tavoitteenasettelulla oli puuston rakenteeseen. Kertymän suuruus oli näiden suunnitelmavaihtoehtojen osalta määritetty ennalta, joten eri tavoitteenasettelu vaikutti vain siihen millaisiin metsikköihin kohdennettiin hakkuita ja millaisia nämä hakkuut olivat. Toimenpiteiden vertailu tehtiin hehtaaria kohden ja puuston tarkastelu suhteessa alkutilanteeseen.

2.4.6 Siemenpuuhakkuiden määrän vaikutus kokonaistuotokseen

Työvaiheessa tehtiin tarkastelua siitä kuinka siemenpuuhakkuiden määrä vaikuttaisi marjasatojen potentiaaliin. Käytännössä käsittelyvaihtoehtojen simulointi tehtiin uudestaan ja siemenpuuhakkuita koskevia parametreja vaihdettiin koskien sitä, kuinka ravinteikkaalla alueella uudistushakkuu tehdään aina männyn siemenpuuhakkuuna. Tarkastelua tehtiin vain Suomen alueella, sillä siemenpuuhakkuun voidaan generoida vain mäntyvaltaiseen metsikköön. Ravinteikkaimmat alueet olivat tuoreet kankaat, joihin siemenpuuhakkuita voitiin suunnitella. Maksimoitavana tavoitteena oli hakkuukertymä, eli käytännössä kaikki hakkuukypsät metsiköt asetettiin hakkuiden kohteeksi. Näin maksimoitiin hakkuiden ja näin myös tehtävien siemenpuuhakkuiden määrä. Oletuksena oli, että metsikön rakenne siemenpuuasennossa on suhteellisen ihanteellinen marjasatojen kannalta.

2.4.7 Marjasatojen vaikutus nettonykyarvoon

Viimeisenä työvaiheena tehtiin tarkastelu marjasatojen taloudellisesta vaikutuksesta satojen nettonykyarvon avulla. Laskennallisesti tämä tehtiin huomioimalla 30 vuoden suunnittelujakson lisäksi tulevaisuuden marjasatoa määräämättömänä ajanjaksona. Myös puuntuotoksen nettonykyarvo laskettiin samalla periaatteella. Optimointi tuotti tuloksena alkutilanteen lisäksi marjasadon arvon jokaisen kymmenvuotiskauden jälkeen. Jokaisen kymmenvuotiskauden sadoksi laskettiin sen kauden alku- ja lopputilanteen välinen keskiarvo jokaiselle vuodelle.

Lisäksi 30 vuoden suunnittelujakson jälkeisen marjasadon suuruutena käytettiin jakson loppu-tilanteen arvoa. Näiden arvojen avulla voitiin marjasatojen arvo diskontata alkutilanteeseen. Näin saatu marjasatojen nettohyötyarvoa verrattiin sitten puuntuotoksen nettohyötyarvoon maksimoituna rinnakkain ja erikseen. Nettohyötyarvon laskentakorkona oli kaksi prosenttia. Taloudellisia arvoja varten määritettiin tuottoon vaikuttavia kustannus- ja hintatekijöitä. Puuntuotoksen osalta harvennuksilla ja avohakkuilla oli samat kantohinnat (Taulukko 1). Kustannuksia puuntuotoksen osalta aiheuttivat uudistuskustannukset ja taimikonhoitokustannukset (Taulukko 2).

Taulukko 1. Puuston arvon laskemiseen määritetyt puutavaralajien hinnat tärkeimpien puulajien osalta. Hinnasto oli sama sekä harvennus- että uudistushakkuissa.

Puutavaralajien hinnat	Tukkipuu €/m ³	Pikkutukki €/m ³	Kuitupuu €/m ³
Mänty	45	22	15
Kuusi	45	22	16
Koivu	40	0	15

Taulukko 2. Puuntuotantoon liittyvistä kustannustekijöistä tärkeimmät ja yleisimmät. Muita kustannuksia aiheuttavia työlajeja ei tämän tutkimuksen suunnitelmavaihtoehdoissa toteutettu.

Puuntuotannon kustannustekijät	€/ha
Laikutus	310
Mätästyys	350
Kylvö	240
Istutus	750
Taimikonhoito	400

Marjasadoille määritettiin mallin avulla arvo hehtaaria kohden. Mustikalle ja puolukalle oli määritetty parametreilla marjakilosta maksettava hinta, matkakustannukset kiloa kohden sekä keruukustannukset kiloa kohden. Hinta ja matkakustannukset kiloa kohden pysyivät vakioina sadosta ja muista tekijöistä riippumatta, mutta keruukustannukset olivat sitä alhaisemmat, mitä parempi sato oli kuviokohtaisesti (Taulukko 3).

Taulukko 3. Marjasatojen taloudelliseen arvoon liittyvien parametrien arvoja. Marjakilon arvo ja matkakustannukset olivat vakioarvoja, mutta keruukustannukset riippuivat sadon hyvydestä.

Marjasatojen taloudelliset arvot	Kerätyn marjakilon arvo €/kg	Keruukustannukset* €/kg	Matkakustannukset €/kg
Mustikka	3,00	1,50	0,50
Puolukka	2,00	1,00	0,50

*Keruukustannukset kun satoa oli 40 kg/ha

3 TULOKSET

3.1 Marjasatotavoitteiden maksimoinnit

Lähtötilanteessa, eli ennen toimenpiteitä tai kasvun simulointia, Suomulla oli sekä mustikan että puolukan satopotentiaali Kolin aluetta parempi. Kolin alueella puolukan satopotentiaali oli kohdennetuilla toimenpiteillä mahdollista kasvattaa Suomen aluetta korkeammalle tasolle. Suomen alue oli optimaalisempi myös marjojen satojen yhtäaikaiselle maksimoinnille. (Taulukko 4).

Taulukko 4. Kolin ja Suomen metsätilojen marjapotentiaalit lähtötilanteessa, sekä marjasatopotentiaalit maksimoitaessa mustikan ja puolukan satoja erikseen ja yhdessä.

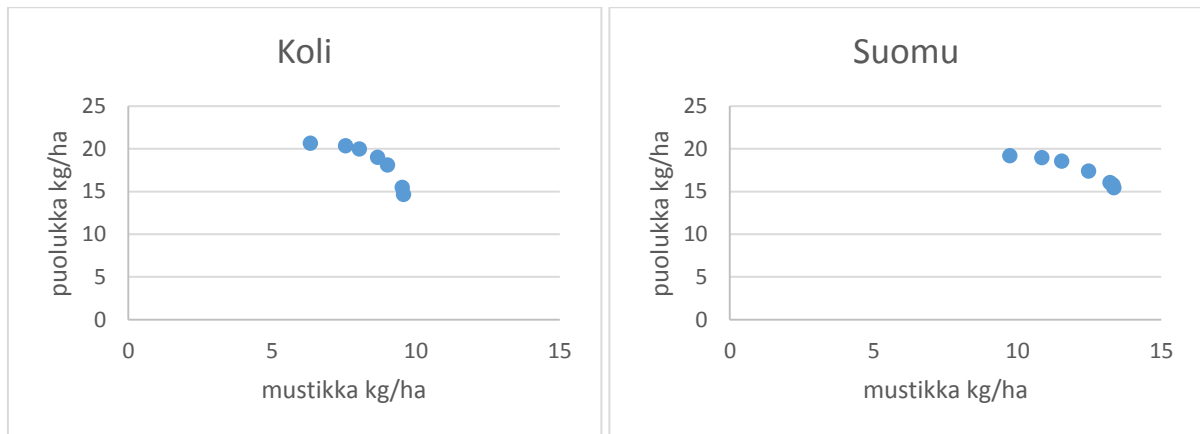
	Marjasadot alkutilanteessa kg/ha/v	Marjasatojen maksimointi kg/ha/v	Kokonaissadon maksimointi kg/ha/v
Koli			
Mustikka	7,79	9,57	8,67
Puolukka	16,17	20,65	18,98
Suomu			
Mustikka	11,25	13,35	12,466
Puolukka	17,24	19,18	17,404

Lähtötilanteessa Kolin alueella oli suhteellisen paljon uudistuskypsää kuusimetsää, joka yleensä on rakenteeltaan liian tiheää ollakseen marjasadoille optimaalinen kasvualusta. Marjasatopotentiaaliin vaikutti myös Kolin suurempi nuorien taimikoiden määrä, jollaisissa varsinkin mustikan sato voi olla lähes olematonta, sekä männyn määrän erot alueiden välillä. Suomen alueella 76,88 prosenttia puuston tilavuudesta oli mäntyä, kun Kolilla vastaavasti mäntyä oli vain 32,91 prosenttia. Suunnittelujakson 30 vuoden aikana Kolin alueella oli mahdollista tehdä puolukan kannalta paremmat kasvuolosuhteet kuin Suomen alueella, sillä Kolin alueella oli mahdollista tehdä enemmän uudistushakkuita, mikä vaikuttaa positiivisesti puolukan satopotentiaaliin.

Mustikkapotentiaali oli Suomen alueella parempi lähtötilanteessa, mutta myös optimointien jälkeen. Suomen alueella oli Kolin aluetta suhteellisesti enemmän tuoreen kankaan alueita, joista suurin osa oli mäntyvaltaisia. Kolilla vastaavasti suurin osa tuoreen kankaan metsiköistä oli kuusivaltaisia. Kolilla oli myös runsaasti lehtomaista kangasta ja ravinteikkaammilla kasvupaikoilla varvuston kasvu on yleensä heikkoa.

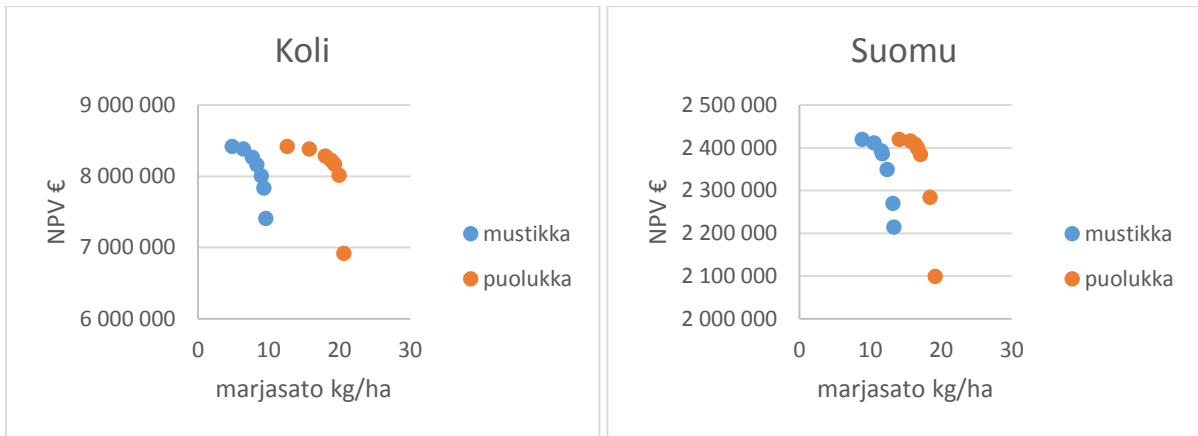
3.2 Tavoitteiden väliset suhteet

Mustikan ja puolukan satoisuuden välillä oli selvästi havaittavissa, että marjoilla on erilaiset optimaaliset kasvu ympäristöt. Huomattavaa on kuitenkin, että riippumatta tavoitteenasettelusta molemmista marjoista saadaan kohtalaisesti satoa. Puolukka ei vaikuttaisi vaativan kasvaakseen niin merkittävää aukkoisuutta ja auringonvalon lisäystä, että se tekisi mustikan kasvun vaikeaksi. Toisaalta myöskään mustikka ei viihdy niin tiheissä metsissä, että puolukalle ei olisi kasvumahdollisuuksia. Eri alueiden välillä mustikan ja puolukan suhteessa ei ole merkittäviä eroja (Kuva 3).



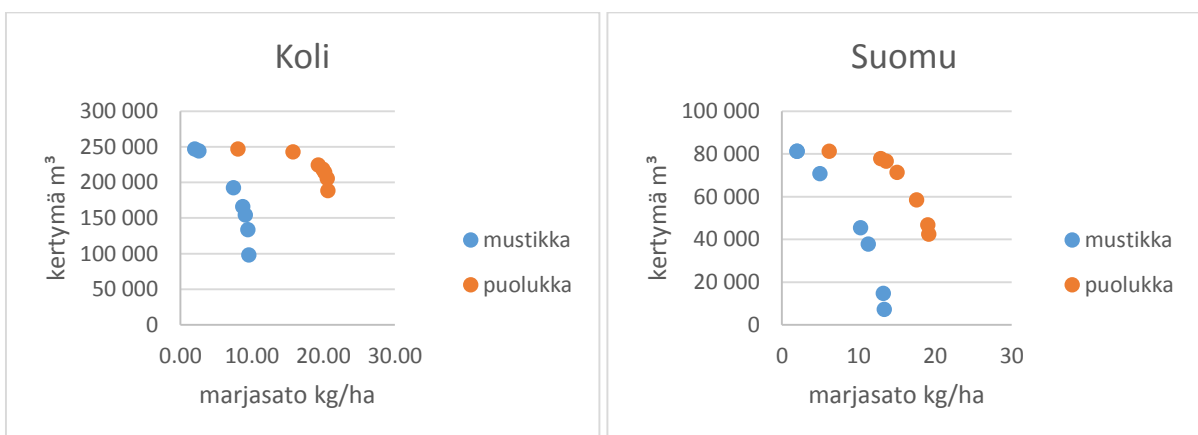
Kuva 3. Mustikan ja puolukan satojen välinen suhde Kolin ja Suomen alueella.

Marjasatojen suosiminen liiaksi vähensi puuntuotoksen nettohyötyarvoa huomattavasti. Huomattavaa oli kuitenkin, että tinkimällä hieman nettohyötyarvon maksimaalisesta arvosta, marjojen satoisuuden voidaan saada huomattava lisäys varsinkin puolukan osalta. Mustikan vähäisenkin suosiminen vaikutti nettohyötyarvoa alentavasti. Suomen alueella marjasatojen alentava vaikutus nettohyötyarvoon oli Kolin aluetta suurempaa. Toisaalta Suomen alueella myös nettohyötyarvon maksimointi tuotti edelleen kohtuulliset marjasadot. Erot alueiden välillä johtuivat todennäköisesti siitä, että Suomen metsiköt olivat hieman nuorempia ja toimenpide oli tavoitteenasettelusta huolimatta jonkinasteinen harvennus suurella osalla alueista. Huomattavaa on myöskin, että puolukan satoisuus ja nettohyötyarvo tukivat tavoitteina toisiinsa tiettyyn pisteeseen saakka. Vain äärimmäinen puolukan satoisuuden suosiminen vaikutti merkittävästi nettohyötyarvoon (Kuva 4).



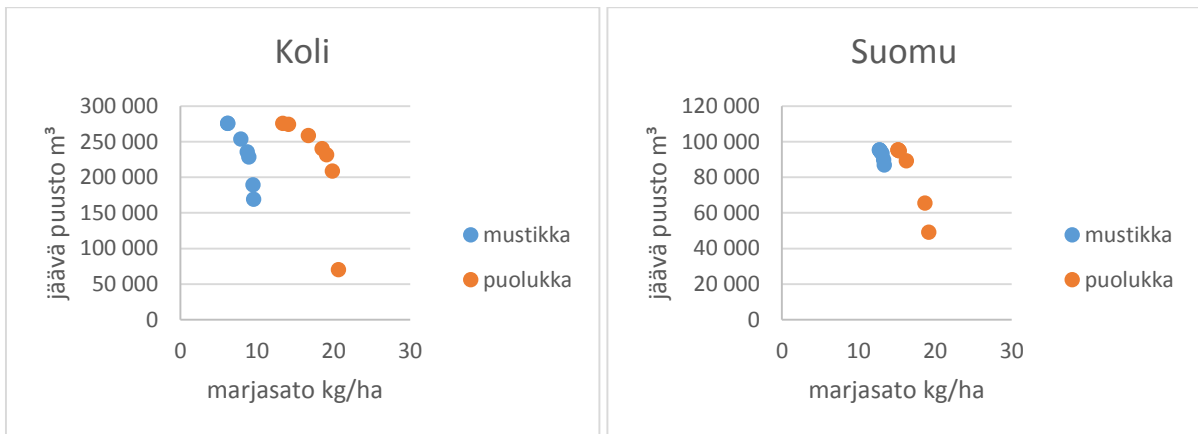
Kuva 4. Puuntuotannon nettonykyarvon ja marjasatojen välinen suhde. Mustikka ja puolukka on kuvattu erikseen, mutta molemmilla marjoilla on hyvin samansuuntainen vaikutus nettonykyarvoon.

Hyvin voimakkaat hakkuut olivat marjasatojen kannalta haitalliset. Jopa puolukan satoisuus kärsi merkittävästi, kun kaikki hakkuupotentiaali realisoidaan. Mustikan ja puolukan kasvu- paikan suosimisen erot näkyivät sen sijaan selkeästi. Puolukan ja hakkuukertymän välinen käyrä oli mustikan vastaavaa käyrää huomattavan tasaisempi varsinkin Kolin alueella. Kolilla vanhojen kuusikoiden hakkaaminen vaikutti positiivisesti puolukan kasvuun. Varttuneissa kuusikoissa puolukan kasvu on yleensä heikko, ja koska Kolin alueella isoimmat hakkuut osuivat juuri tällaisiin metsiin, osoitti puolukan ja kertymän transformaatio suhde vain vähäistä kilpailua näiden kahden tuotteen välillä. Suomun alueella ei vastaavaa ollut havaittavissa, sillä metsä oli hieman nuorempaa ja lisäksi mäntyvaltaista. Hakkuukertymän lisääntyessä nuorempia metsiköitä hakattiin vasta niiden varttuessa myöhemmin suunnittelujakson loppupuolella. Mustikalla oli havaittavissa, että metsiköiden rakenne on nykyisellään mustikalle suhteellisen suotuisaa eivätkä hakkuut edistä mustikan satoisuutta (Kuva 5).



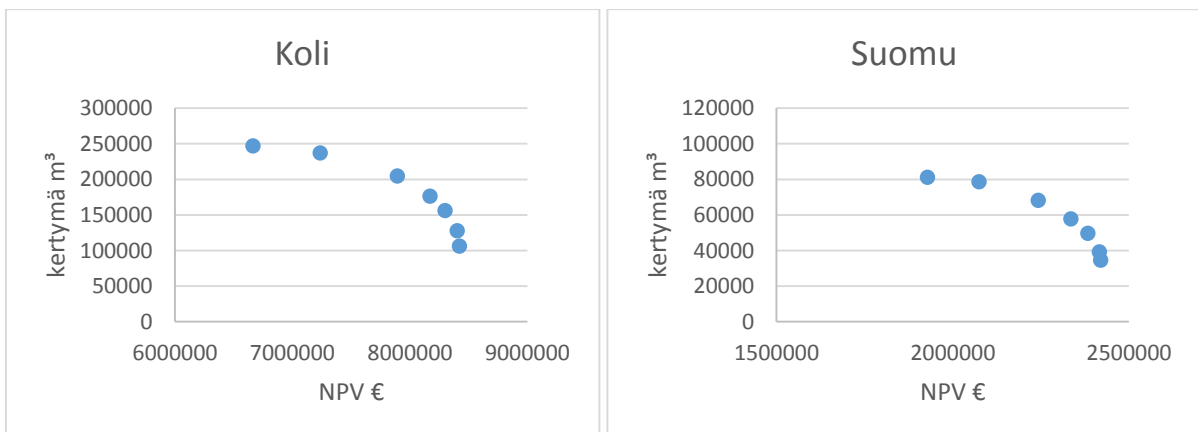
Kuva 5. Kertymän ja marjasatojen välinen suhde. Mustikan ja kertymän välinen suhde on selvästi käänteinen, puolukan osalta suhde on tasaisempi.

Vertailtaessa marjasatotavoitteita jäävän puuston tavoitteeseen oli havaittavissa vastaavia asioita kuin marjasatojen ja kertymän välisessä vertailussa. Kolilla puolukka vaati suhteellisen runsaita hakkuita, joten varsinkin satoa maksimoidessa tavoitteet eivät tukeneet toisiaan. Suomen alueella runsas metsäisyys ei kuitenkaan juuri pienentänyt satoja. Kohdennetuilla hakkuilla satoisuus parantui jonkin verran varsinkin Kolin alueella, missä ilmeisesti vanhat kuusikot olivat hieman liian tiheitä myös mustikan kasvuille. Suomulla sen sijaan vastaavaa ongelmaa ei ollut, vaan Suomen kaltainen mäntyvaltainen metsä vaikutti olevan tiheydeltään optimaalista mustikan kasvuille (Kuva 6).



Kuva 6. Marjasatojen ja jäävän puuston välinen suhde. Mustikka tukee jäävän puuston tavoitetta varsinkin Suomen alueella.

Hakkuukertymän ja nettonykyarvon vaihtosuhte kuvaa lähinnä metsiköiden hakkuukypsyystä. Kertymää maksimoitaessa hakkuut tapahtuivat suunnittelukauden lopulla, jotta myös suunnittelujakson kasvu saatiin hakkuisiin mukaan. Nettonykyarvon kannalta tämä oli virheellinen toimenpide, sillä kun hakkuiden tuotto diskontataan suunnittelujakson alkuun, on jakson alussa hakattu puusto arvokkaampaa. Maksimaaliseen nettonykyarvoon vaadittiin kuitenkin suhteellisen merkittäviä hakkuita molemmilla alueilla (Kuva 7).



Kuva 7. Kertymän ja nettonykyarvon välinen suhde.

Jatkotarkastelua varten sekä hakkuukertymän että jäävän puuston tavoitteiden mukana pitäminen ei ollut mielekäästä, sillä ne olivat suoraan toisiaan vähentäviä. Jatkotarkasteluihin valittiin hakkuukertymä mukaan, koska se kuvaa paremmin sitä, että metsässä suoritetaan toimenpiteitä. Konkreettista metsäsuunnittelua tehdään myös enemmän hakkuukertymän mukaan. Jäävän puuston tavoitteita voidaan hyvin kuvata hakkuumäärän ylärajoina.

3.3 Marjasadoille optimaaliset toimenpiteet

Puolukan satoa maksimoitaessa hakkuuta oli selvästi enemmän kuin mustikan satoa maksimoitaessa. Erityisesti uudistushakkuuta tehtiin puolukan satoa maksimoitaessa paljon enemmän. Harvennuksia oli puolukkaa maksimoitaessa noin puolet vähemmän kuin mustikan maksimoinnissa. Käytännössä jokaiselle kuviolle oli valittu jonkinlainen toimenpide molemmissa tapauksissa, eli liian tiheästi kasvava metsä oli haitallinen molempien marjojen kasvun kannalta. Mustikkaa maksimoitaessa avohakkuuta ei ollut juuri lainkaan, joten kokonaisuudessaan Kolin alueella uudistushakkuuta lykättiin noin 500 hehtaarilta uudiskypsiä metsiköitä. Taimikko tai nuori kasvatusmetsä ei siis ollut yhtä suotuisa mustikan kasvulle kuin varttunut metsä, mikä oli nähtävissä jo kertymän ja marjasatojen välisissä vertailuissa. Mustikan sato lähti hyvin nopeasti laskemaan kertymien kasvaessa. Puolukalla lasku tapahtui paljon hitaammin. Molempien marjojen tavoitteenasettelussa uudistushakkuiden määrä väheni noin mustikan ja puolukan maksimointien puoleenväliin. Mielenkiintoista on kuitenkin, että hakkuuta tehtiin yhteensä jonkin verran vähemmän kuin kummassakaan edellisessä tavoitteenasettelussa. Nettonykyarvon maksimoinnissa hakkuut kohdentuivat erityisesti uudistushakkuihin. (Taulukko 5).

Taulukko 5. Kolin alueella suoritettavien hakkuiden pinta-ala hehtaareina, kun maksimoitiin marja-satoja tai nettonykyarvoa. Kyseessä ovat koko suunnittelujakson aikana tapahtuvat hakkuut.

Koli	Mustikan maksimointi	Puolukan maksimointi	Marjasatojen maksimointi	Nettonykyarvon maksimointi
Ensiharvennus, ha	47,4	55,7	6,5	0
Alaharvennus, ha	720	305,9	398,1	92,4
Ylispuiden poisto, ha	6,9	67,5	59,5	37,2
Siemenpuuhakkuu, ha	0	107,2	78,3	50,1
Avohakkuu, ha	23,2	262	95	216,8
Avohakkuu säästöpuin, ha	0	108,8	20,2	35,7

Suomun alueella oli nähtävillä samankaltaisia tuloksia kuin Kolin alueella. Puolukkaa maksimoitaessa uudistushakkuiden määrä kasvoi suuremmaksi. Suomun tapauksessa myös harvennuksia tehtiin enemmän puolukkaa kuin mustikkaa maksimoitaessa. Metsäalue ei siis ollut lähtötilanteessakaan liian tiheää. Lisäksi oli nähtävissä, että mustikka pystyi menestymään hyvin myös harventamattomassa männikössä, sillä suurin osa alueesta jätettiin hakkaamatta. Puolukkaa maksimoitaessa alueen puustoon kohdennettiin enemmän toimenpiteitä. Molempien marjojen tavoitteenasettelussa sekä uudistus- että harvennushakkuiden määrä oli hyvin lähellä mustikan ja puolukan maksimointien puoliväliä. Nettonykyarvon maksimoinnissa oli havaittavissa hakkuiden painottumista avohakkuihin ja siemenpuuhakkuihin sekä ylispuiden poistoon. Varsinkin ensiharvennuksia tehtiin ylispuiden poistona (Taulukko 6).

Taulukko 6. Suomun alueella suoritettavien hakkuiden pinta-ala, kun maksimoitiin marjasatoja tai nettonykyarvoa. Kyseessä ovat koko suunnittelujakson aikana tapahtuvat hakkuut.

Suomu	Mustikan maksimointi	Puolukan maksimointi	Marjasatojen maksimointi	Nettonykyarvon maksimointi
Ensiharvennus, ha	25,6	45,9	38,4	0,9
Alaharvennus, ha	0,0	17,2	4,4	18,7
Ylispuiden poisto, ha	0,0	144,8	67,8	48,4
Siemenpuuhakkuu, ha	0,6	22,3	8,4	92,2
Avohakkuu, ha	0,0	31,5	31,5	82,0
Avohakkuu säästöpuin, ha	73,3	159,2	99,2	0,0

Ilman toimenpiteitä männyn ja kuusen tilavuus kasvaisi Kolin alueella noin 45 prosenttia ja lehtipuiden noin 70 prosenttia koko suunnittelujakson aikana verrattuna lähtöpuustoon. Sekä mustikan että puolukan satoja maksimoitaessa oli havaittavissa huomattavaa männyn suosimista kuusen kustannuksella. Mustikan optimaaliselle kasvulle männikkö voi olla kuusikko tiheämpi, mutta lehtipuuta kuitenkin suosittiin jopa mäntyä enemmän. Mallin mukaan lehtipuusto kuitenkin alentaa mustikan satoa. Nettonykyarvon maksimoinnissa kaikkia puulajeja hakatiin kutakuinkin yhtä paljon (Taulukko 7).

Taulukko 7. Eri puulajien tilavuuksien muutokset suunnittelujakson aikana marjasatojen tavoitteenasetteluilla Kolin alueella suhteessa tilavuuden alkuarvoon.

Koli	Mustikan maksimointi	Puolukan maksimointi	Marjasatojen maksimointi	Nettonykyarvon maksimointi	Ei toimenpiteitä
Mänty	-0,02	-50,32	-22,57	-25,60	45,44
Kuusi	-17,92	-69,52	-15,98	-20,13	46,07
Lehtipuut	4,54	-62,37	9,20	-1,24	69,26

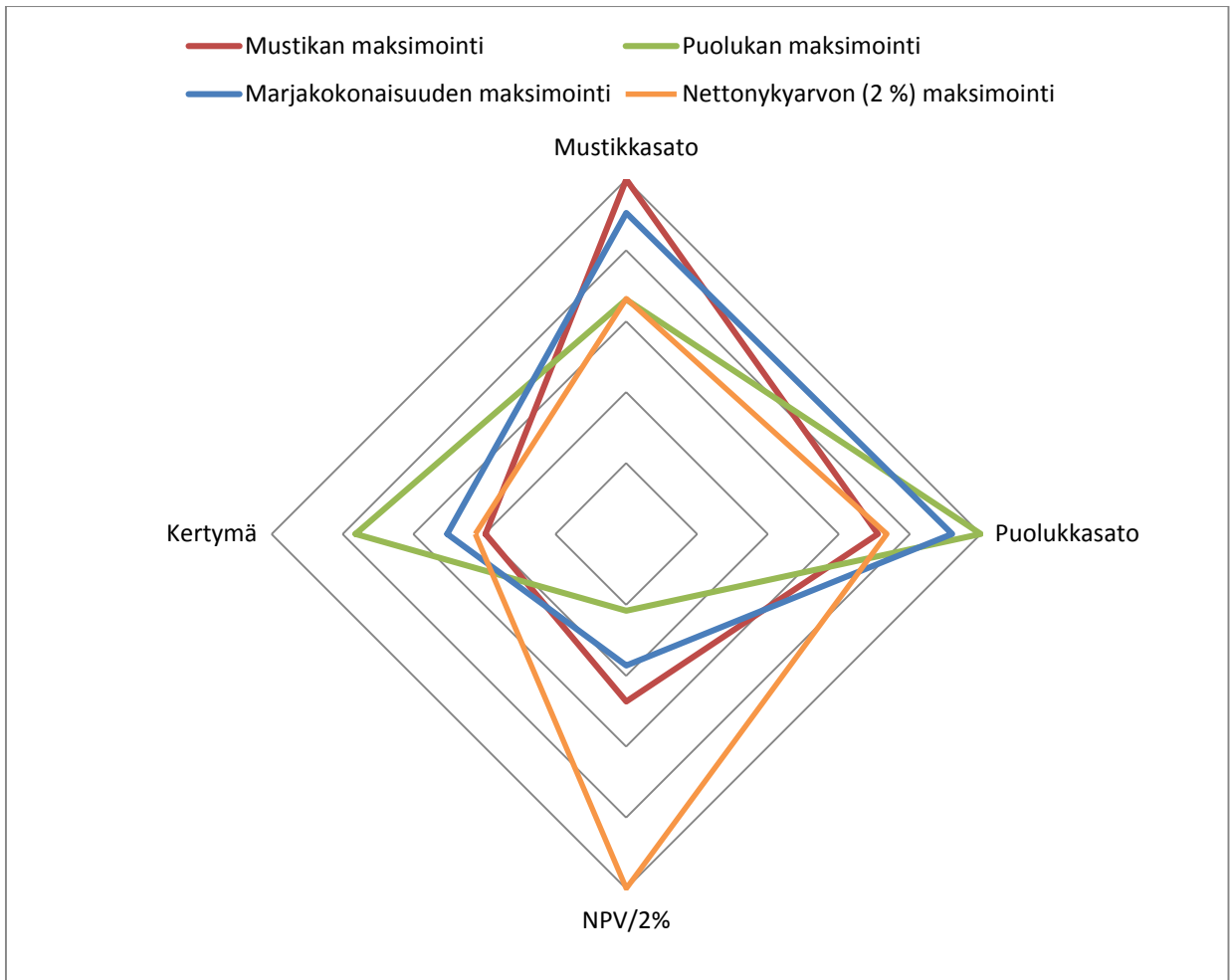
Männikön merkitys marjapaikkoina oli havaittavissa siitä, että mäntyyn harvennukset kohdistettiin ensimmäisenä. Mäntymetsikön tiheys välittömästi harvennuksen jälkeen ei ollut mustikalle niin optimaalinen kuin se oli myöhemmin harvennuksen jälkeen. Vastaavasti kuusikoiden harvennukset tehtiin vasta suunnittelujakson lopulla, jotta tiheyttä saatiin alhaisemmaksi. Puolukan tapauksessa saattoi männyn suomisessa kyseessä olla siemenpuiden ja säästöpuiden jättäminen avohakkuissa. Marjakokonaisuutta maksimoidessa vaikuttaisi siltä, että kuivahkojen kankaiden männiköissä, eli puolukan suosimilla kasvupaikoilla, suosittiin enemmän puolukalle suosiollisia uudistushakkuita, jolloin myös mäntyä kertyy muita puulajeja enemmän.

Suomun alueella mustikan maksimoinnissa lehtipuihin ja mäntyihin kohdistuvat hakkuut olivat hyvin marginaalisia. Kuuseen kohdistettiin hieman enemmän hakkuuta, mutta hyvin maltillisesti. Puolukkaa maksimoitaessa oli havaittavissa mäntymetsiin kohdistuvat hakkuut, kuten myös Kolin alueella. Suomun alueella puustoa kuitenkin hakattiin Kolin aluetta vähemmän. Marjakokonaisuutta maksimoidessa hakkuiden määrä asettui mustikan ja puolukan maksimointien puoleenväliin, mutta uudistushakkuut kohdistuivat enemmän mäntymetsiin. Nettonykyarvon maksimoinnissa hakkuut olivat runsaat ja kohdentuivat tasaisesti jokaista puulajia kohtaan (Taulukko 8).

Taulukko 8. Eri puulajien tilavuuksien muutokset suunnittelujakson aikana marjasatojen tavoitteenasetteluilla Suomun alueella suhteessa tilavuuden alkuarvoihin.

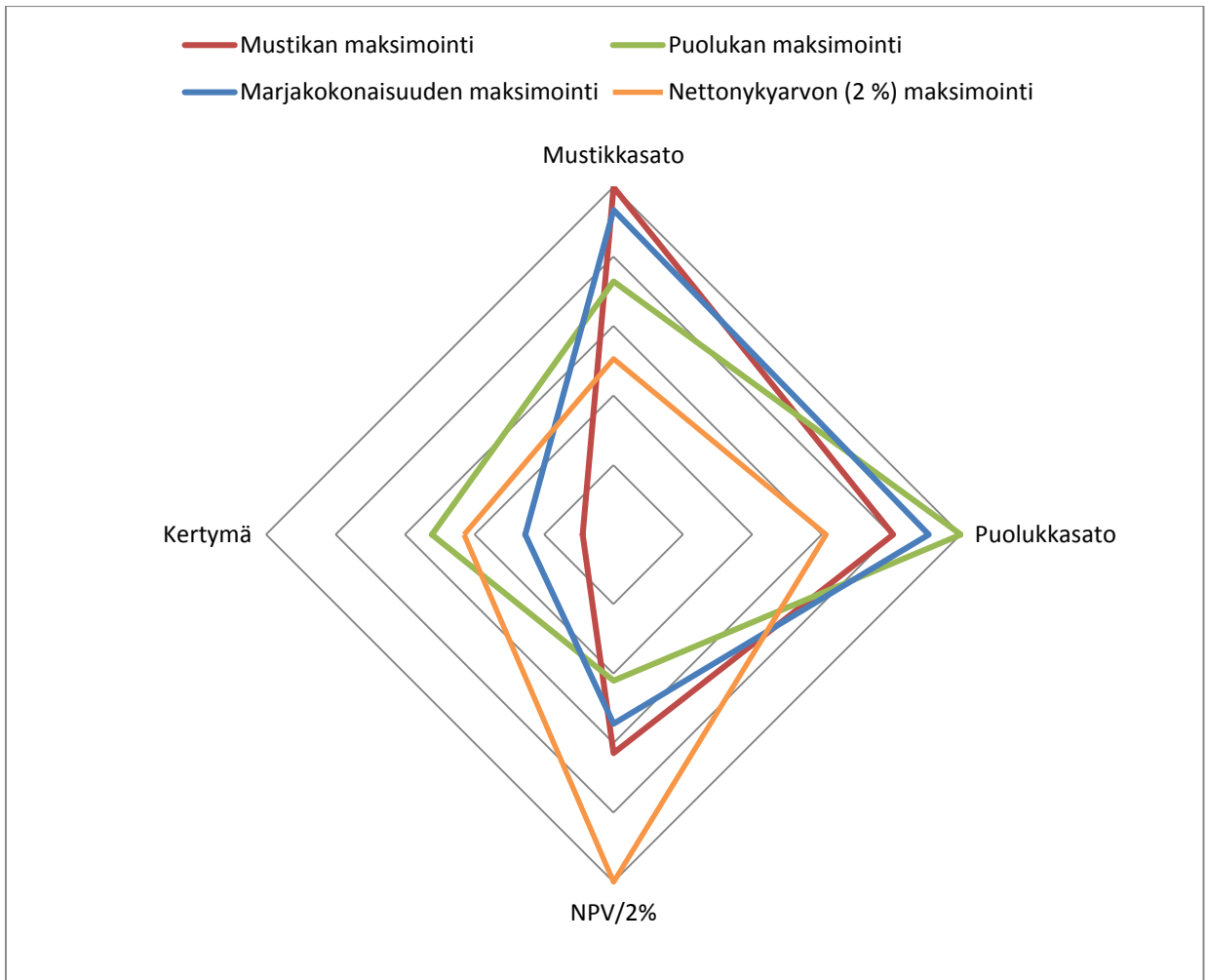
Suomu	Mustikan maksimointi	Puolukan maksimointi	Marjasatojen maksimointi	Nettonykyarvon maksimointi	Ei toimenpiteitä
Mänty	35,63	-27,96	8,18	-0,19	47,07
Kuusi	19,77	-7,21	11,55	-0,39	43,39
Lehtipuut	76,50	3,41	53,52	0,55	92,49

Eri tavoitteiden saamat arvot suhteessa nettonykyarvoon ja kertymään peilaavat samoja asioita, joita marjatarvoitteille on aiemmin jo todettu. Kokonaismarjatarvoite asettui marjasatojen suhteen mustikan ja puolukan maksimoinnin väliin, lähelle molempien marjasatojen maksimiarvoja. Puolukan maksimoinnin kertymä oli suurin ja mustikan maksimointi sai marjatarvoitteista suurimman nettonykyarvon. Huomioitavaa on, että Kolin alueella yksikään tavoitteista ei silti antanut hyvää nettonykyarvoa suhteessa nettonykyarvon maksimiin. Nettonykyarvon maksimointi ei ollut erityisen optimaalinen kummankaan marjan kannalta (Kuva 10).



Kuva 10. Marjaoptimoinnit sekä nettonykyarvon maksimointi kuvattuna neljän tavoitteen osalta Kolin alueelta. Kulmissa ovat tavoitteiden maksimoinnilla saadut arvot ja muiden tavoitteenasetteluiden suhde potentiaalsiin maksimiarvoihin.

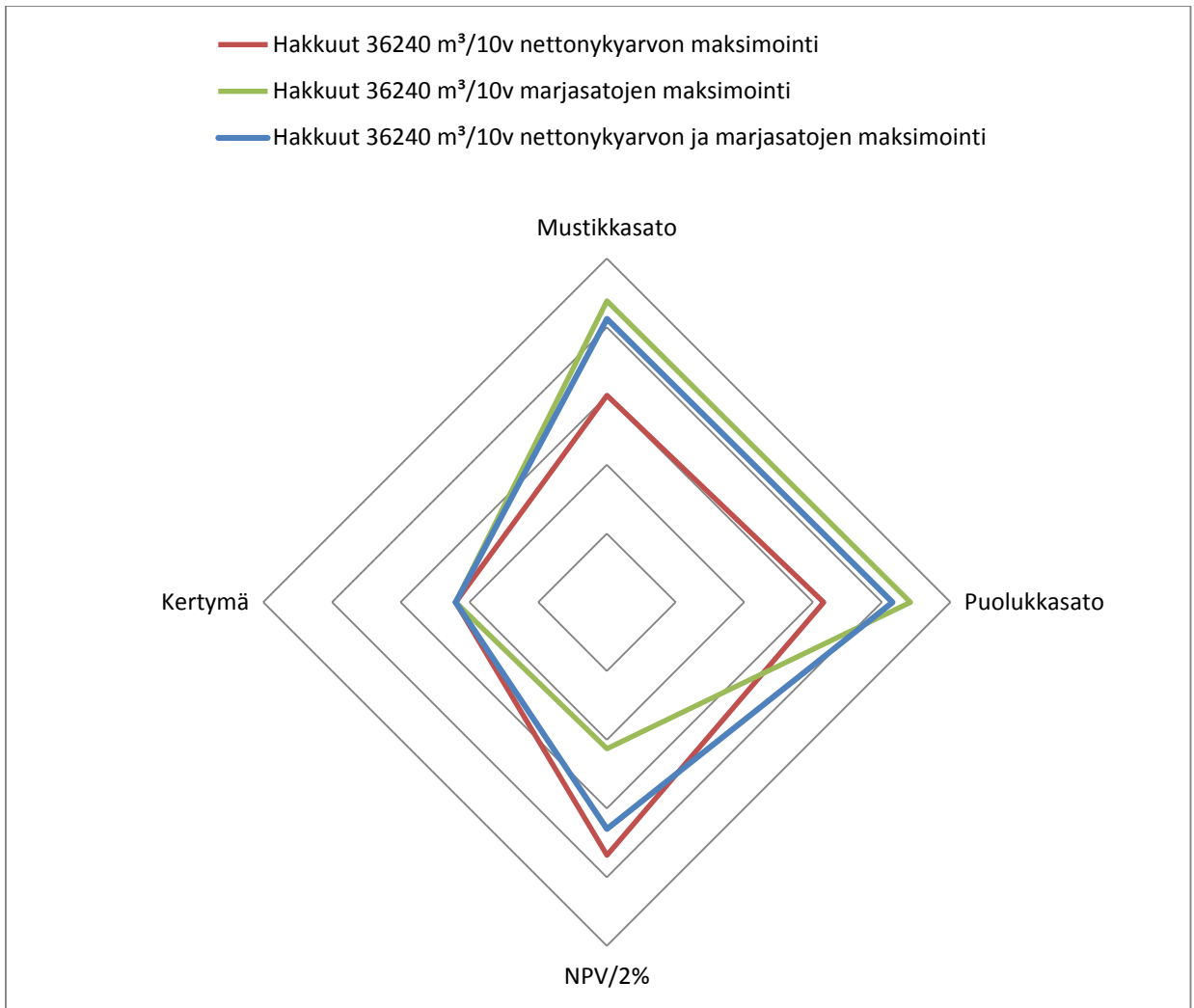
Marjatavoitteiden maksimoinnit antoivat hyviä arvoja molempien marjojen sadoille Suomen alueella. Puolukkaa maksimoitaessa mustikan sato kärsi, mutta mustikan maksimointi oli myös puolukan osalta suhteellisen edullinen. Kokonaismarjatavoite asettui kaikkien tavoitteiden osalta mustikan ja puolukan optimoinnin väliin, joskin seuraa lähempänä mustikan maksimoinnin saamia arvoja. Puolukan maksimoinnin kertymä oli suurin, kun toisaalta mustikan maksimointi sai suurimman nettonykyarvon. Suomunkin tapauksessa pelkkiä marjasatoja optimoitaessa ei kuitenkaan päästy lähelle nettonykyarvon maksimaalista arvoa. Toisaalta nettonykyarvon maksimointi ei tuottanut lähelle marjasatojen maksimaalisia arvoja (Kuva 11).



Kuva 11. Marjaoptimoinnit sekä nettonykyarvon maksimointi kuvattuna neljän tavoitteen osalta Suomun alueelta. Kulmissa ovat tavoitteiden maksimoinnilla saadut arvot ja muiden tavoitteenasetteluiden suhde potentiaalisiin maksimiarvoihin.

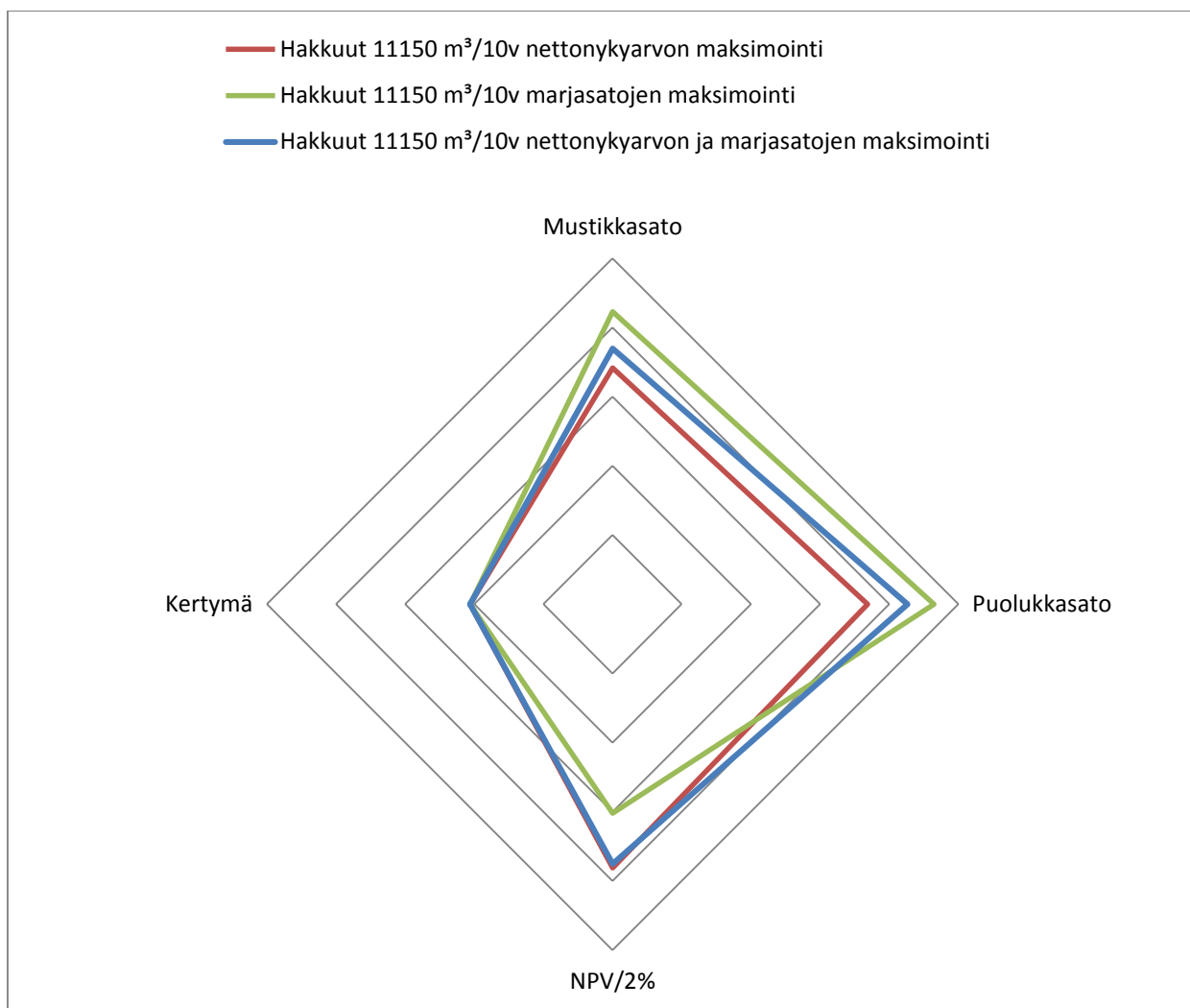
3.4 Monitavoiteoptimointi

Kolin alueella nettonykyarvon optimointi ei ollut erityisen hyvä sellaisenaan kummankaan marjasadon kannalta. Marjasatotavoitteen maksimointi puolestaan ei tuottanut merkittävän hyvää nettonykyarvoa. Optimoitaessa näitä kuitenkin rinnakkain voitiin kaikkia kolmea tavoitetta toteuttaa ilman suurempia menetyksiä. Nettonykyarvo ei siis sinänsä ollut marjasatojen kannalta vastakkainen tavoite ainakaan tässä tapauksessa. Huomattavaa on, että puolukka ja mustikka saivat jokaisessa suunnitelmassa toisiinsa nähden samansuuntaisia arvoja (Kuva 12).



Kuva 12. Kolin metsäalueelle tehtyjä optimointeja kertymällä 36240 m³/10v. Kulmissa ovat tavoitteiden maksimoinnilla saadut arvot ja muiden tavoitteenasetteluiden suhde potentiaaliin maksimiarvoihin.

Suomun alueella nettonykyarvon ja marjasatojen välinen ero oli Kolin aluetta vähäisempi. Marjasatojen optimointi tuotti paremman nettonykyarvon ja nettonykyarvon maksimointi paremmat marjasadot kuin Kolin alueella. Nettonykyarvon osalta ei ollut juuri merkitystä, otettiinko marjatavoitteet mukaan tavoitteenasetteluun yhtenä tavoitteena. Ero nettonykyarvon maksimoinnin ja rinnakkain maksimoinnin välillä oli hyvin vähäinen, kun rinnakkain optimoitaessa marjasatojen arvot saatiin korkeammalle tasolle. Marjasatojen osalta erot olivat vähäisiä suunnitelmien välillä, joskin niiden huomioiminen paransi hieman sekä mustikan että puolukan satopotentiaalia (Kuva 13).



Kuva 13. Suomen metsäalueelle tehtyjä optimointeja kertymällä $11150 \text{ m}^3/10\text{v}$. Kulmissa ovat tavoitteiden maksimoinnilla saadut arvot ja muiden tavoitteenasetteluiden suhde potentiaaliin maksimiarvoihin.

Molemmilla alueilla kasvun suuruisella hakkuukertymällä kasvun arvo pieneni alkutilanteeseen nähden. Tämän vuoksi tutkimuksen aikana tehtiin myös tarkastelua sellaisilla hakkuumäärillä, joilla kasvun arvo ei alentunut. Suomen alueella alhaisempi kertymärajoite antoi hieman paremmat nettonykyarvon ja marjasadot, mutta arvot eivät merkittävästi muuttuneet. Kolin alueella muutokset olivat Suomen aluetta vähäisempiä (Liitteet 1 ja 2).

Huomioitavaa eri kertymien välisessä vertailussa on toisaalta suhde nettonykyarvon maksimoinnin kannalta optimaaliseen kertymäärään. Nettonykyarvon maksimoinnin kertymä on molemmilla alueilla suurempi verrattuna molempien kertymävaihtoehtojen optimointeihin. Käytännössä siis nettonykyarvon optimoinnissa olisi optimaalinen kertymä suurempi kuin kumpikaan edellä mainituista vaihtoehdoista. Tämä johtuu siitä, että molemmilla alueilla oli suhteellisen runsaasti uudistuskypsiä metsiköitä. Tällaisilla alueilla hakkuupotentiaalia on jo suunnittelujakson alussa runsaasti. Uudistushakkuun jälkeen metsikön kasvu ei palaudu takai-

sin hakkuuta edeltävälle tasolle suunnittelujakson aikana. Monitavoitteisessa suunnittelussa on rajoitteiden asettamisessa jätettävä liikkumavaraa, jotta eri toimenpiteiden välillä voidaan tehdä valintaa eri tavoitteiden hyödyksi. Toisaalta nettohyötyarvon mukainen kertymä oli vain noin kolmannes maksimaalisesta kertymästä, joten käytännössä liikkumavaraa olisi tässä tapauksessa ollut jopa nettohyötyarvon suuruisella kertymällä.

3.5 Toimenpiteet ja puulajisuhteet eri suunnitelmavaihtoehdoilla

Kolin alueella nettohyötyarvon optimoinnissa tehtiin erittäin runsaasti avohakkuuta sekä muita uudistushakkuuta. Harvennusten määrä oli pinta-alaltaan toiseksi yleisin toimenpide, joskin marjasatojen optimoinnissa harvennusten määrä oli nettohyötyarvon maksimointiin nähden kaksinkertainen. Marjasatojen maksimoinnissa hakkuiksi valikoituivat harvennusten lisäksi tasaisesti eri uudistushakkuutyypit, sekä ensiharvennuksia ja ylispuiden poistoa. Rinnakkain optimoinnin hakkuualat olivat kutakuinkin keskiarvona kahden muun suunnitelman väliltä. Merkittävää on kuitenkin, että nettohyötyarvon lisäys tavoitteenasetteluun vähensi ensiharvennusten määrää enemmän ja lisäsi alaharvennusten määrää (Taulukko 9).

Taulukko 9. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 36240 m³/10v optimoitujen suunnitelmien mukaan tehtävät toimenpiteet Kolin metsäalueella.

Koli	Hakkuukertymä 36240 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Ensiharvennus, ha	1,1	56,8	6,8
Alaharvennus, ha	230,6	495,6	397,5
Ylispuiden poisto, ha	38,0	50,4	47,4
Siemenpuuhakkuu, ha	48,9	79,6	76,7
Avohakkuu, ha	195,1	63,3	100,8
Avohakkuu säästöpuin, ha	12,2	49,6	22,6

Puulajien osalta nettohyötyarvon maksimoinnissa oli havaittavissa männyn ja lehtipuiden suosiminen kuusen kustannuksella. Se todennäköisesti johtui Kolin metsien rakenteesta. Vanhemmat metsiköt olivat yleisemmin kuusella ja niinpä uudistushakkuut kohdentuivat kuusivaltaisiin metsiin. Harvennusten määrän jäädessä vähäiseksi mäntyyn ja lehtipuihin kohdentuvat hakkuut jäivät vähäisemmiksi. Marjasadon maksimoinnissa mäntyyn kohdistui enemmän hakkuuta. Mäntymetsät ovat marjojen kannalta parhaita kasvualustoja ja niiden harvennaminen parantaa marjasatoja entisestään. Rinnakkain optimoitaessa mäntyyn kohdistui edelleen enemmän hakkuuta kuin kuuselle ja lisäksi lehtipuihin kohdistui hieman suuremmat hakkuut. (Taulukko 10).

Taulukko 10. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 36240 m³/10v optimoitujen suunnitelmien vaikutukset puulajien tilavuuteen Kolin metsäalueella.

Koli	Hakkuukertymä 36240 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Mänty	-9,91	-26,87	-20,13
Kuusi	-21,87	-18,39	-16,43
Lehtipuut	-6,39	2,85	-1,43

Suomun alueella nettonykyarvon maksimoinnilla hakkuut kohdentuivat erityisesti siemenpuuhakkuihin sekä ylispuiden poistoon. Harvennuksista hakkuilla kerättiin arvokkaimmat puut pois ja uudistushakkuut toteutettiin halvimman uudistusmenetelmän perusteella. Marjasatoa maksimoitaessa hakkuiden jakauma oli samansuuntainen, joskin siemenpuuhakkuiden sijaan toteutettiin avohakkuita säästöpuin sekä avohakkuita enemmän kuin nettonykyarvon maksimoinnissa. Myöskin harvennuksista painopiste siirtyi hieman enemmän ensiharvennuksiin ja ylispuiden poistoon. Rinnakkain optimoinnilla tehtiin käytännössä vain ylispuiden poistoa, siemenpuuhakkuita ja avohakkuita säästöpuin. Joka tapauksessa Suomun alueella nettonykyarvon maksimointi ja marjasatojen maksimointi olivat toimenpiteiden osalta paljon lähempänä toisiaan kuin mitä ne olivat Kolin alueella (Taulukko 11).

Taulukko 11. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 11150 m³/10v optimoitujen suunnitelmien mukaan tehtävät toimenpiteet Suomun metsäalueella.

Suomu	Hakkuukertymä 11150 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Ensiharvennus, ha	1,7	38,0	4,2
Alaharvennus, ha	31,6	18,6	17,5
Ylispuiden poisto, ha	71,5	109,3	109,6
Siemenpuuhakkuu, ha	84,0	33,5	49,7
Avohakkuu, ha	0,0	21,1	2,3
Avohakkuu säästöpuin, ha	28,0	91,7	76,7

Suomun alueella nettonykyarvon maksimoinnissa suosittiin lehtipuuta sekä jossain määrin myös mäntyä kuusen kustannuksella. Marjasatojen maksimoinnissa mäntyä suosittiin enemmän, ja lehtipuihin kohdennettiin nettonykyarvon maksimointia enemmän hakkuita. Rinnakkain optimoitaessa tilanne männyn ja kuusen välillä tasoittuu niin että hakkuita kohdennetaan molempiin. On kuitenkin huomioitava, että valtaosa Suomun puustosta oli mäntyä, joten puulajien muutokset eivät välttämättä kerro kaikkea. Hakkuukertymän toteuttamiseksi mäntymetsiin oli pakko kohdentaa merkittäviä määriä hakkuita (Taulukko 12).

Taulukko 12. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 11150 m³/10v optimoitujen suunnitelmien vaikutukset puulajien tilavuuteen Suomen metsäalueella.

Suomu	Hakkuukertymä 11150 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Mänty	-0,13	-0,11	-0,15
Kuusi	-0,28	-0,32	-0,16
Lehtipuut	0,52	0,35	0,48

3.6 Siemenpuuhakkuiden määrän vaikutus kokonaistuotokseen

Marjasatopotentiaalit muuttuivat hyvin vähän siemenpuuhakkuita koskevia parametreja muuttamalla. Suomen alueella marjasadot yhteensä kasvoivat 8,8 prosenttia kun siemenpuuhakkuita tehtiin tuoreen kankaan ja sitä kuivemmissä metsissä verrattuna siihen kun niitä tehtiin vain kuivilla metsäalueilla. Arvioitu sato jäi molempien marjojen osalta alle puoleen lähtötilanteen satoihin verrattuna. Molempien marjojen osalta satopotentiaalinen muutos oli positiivinen ja samansuuruinen, joskin suuruudeltaan ei järin merkittävä. Toisaalta siemenpuuasento oli varsinkin mustikalle aina selvästi huonompi vaihtoehto kuin varttunut mäntymetsä.

3.7 Marjasatojen vaikutus nettonykyarvoon

Kolin alueella suurimman yhteenlasketun nettonykyarvon tuotti suunnitelmavaihtoehto, jossa maksimoitiin nettonykyarvoa ja marjasatoja samanaikaisesti. Käytännössä siis näiden vaihtoehtojen maksimoiminen eivät vaikuttaneet haitallisesti toistensa toteutumiseen. Puuntuotoksen nettonykyarvon maksimoinnin saama arvo oli 7,09 prosenttia alhaisempi verrattuna nettonykyarvon ja marjasatojen maksimoinnin. Marjasadon arvon suhde kokonaisnettonykyarvoon oli 26,77 prosenttia maksimoitaessa puuntuotoksen nettonykyarvoa. Myös marjasatoja huomioitaessa puuntuotoksen nettonykyarvo oli marjasatoa merkittävämpi: marjasadon nettonykyarvo oli siinä tapauksessa 34,94 prosenttia kokonaisnettonykyarvosta. Marjasatojen tuoma nettonykyarvon lisäys oli kuitenkin huomattavasti suurempi kuin puuntuotoksen nettonykyarvon menetys tavoitteita optimoitaessa rinnakkain. Rahallisesti yhden prosenttiyksikön ero oli Kolin tapauksessa noin 129 euroa hehtaaria kohden (Taulukko 13).

Taulukko 13. Kolin alueen nettonykyarvojen maksimointi optimointien vertailu nettonykyarvon kannalta kun huomioidaan marjasatoja.

Koli	Suhdeluku, %	Nettonykyarvo yhteensä, €	Nettonykyarvo yhteensä, €/ha	Marjasadon nettonykyarvo, €/ha
Nettonykyarvon maksimointi	0,93	10809496	12013	3216
Marjasadon maksimointi	0,97	11253000	12506	4369
Nettonykyarvon ja marjasatojen maksimointi	1,00	11634417	12930	4296

Suomun alueella marjojen merkitys kokonaisnettonykyarvosta oli Kolin aluetta suurempi. Suomun alueella parhaimman tuloksen tuotti vaihtoehto jossa maksimoitiin marjasatoja. Marjasadon osuus kokonaisnettonykyarvosta oli kyseisessä vaihtoehdossa 50,26 prosenttia. Muissa vaihtoehtoissa puuntuotoksen nettonykyarvo oli marjasadon arvoa suurempi. Marjasadon maksimoinnin ero vaihtoehtoon, jossa maksimoitiin nettonykyarvoa ja marjasatoja samanaikaisesti, oli kuitenkin hyvin vähäinen. Toisaalta vaihtoehto, jossa maksimoitiin puuntuotoksen nettonykyarvoa, jäi vain 3,92 prosenttia parhaimmasta vaihtoehdosta. Rahallisesti yhden prosenttiyksikön ero oli Suomun tapauksessa noin 87 euroa hehtaaria kohden (Taulukko 14).

Taulukko 14. Suomun alueen nettonykyarvojen maksimointi optimointien vertailu nettonykyarvon kannalta kun huomioitiin marjasatoja.

Suomu	Suhdeluku %	Nettonykyarvo yhteensä, €	Nettonykyarvo yhteensä, €/ha	Marjasadon nettonykyarvo, €/ha
Nettonykyarvon maksimointi	0,96	4250849	8401	3879
Marjasadon maksimointi	1,00	4424107	8743	4394
Nettonykyarvon ja marjasatojen maksimointi	1,00	4420468	8736	4226

Huomattavaa näissä vaihtoehtoissa oli ensinnäkin se, että erot jäivät kaikkien vaihtoehtojen välillä suhteellisen marginaalisiksi. Nettonykyarvon menetys oli huonoimmassa suunnitelmassa 7,09 prosenttia. Luonnollisesti nettonykyarvo ei voi laskea kovin alhaiselle tasolle, sillä hakkuurajoitteet pakottavat tekemään toimenpiteitä. Sitäkin merkittävämpää oli, että molemmilla metsäalueilla marjasadot toivat kokonaisnettonykyarvoon huomattavia lisäyksiä. Marjasatoja maksimoitaessa puuntuotoksen nettonykyarvo laski, mutta marjoista saatava lisätulo oli enemmän kuin menetetty puuntuotoksen nettonykyarvo. Lisäksi oli huomattavaa, että tässä tapauksessa marjasatojen huomioiminen aloitettiin nolatilanteesta, eli tilanteesta jossa marjasatoihin ei aiemmin ollut kiinnitetty huomiota ja oletettiin, että suunnittelujakson jälkeen marjasadot saadaan ylläpidettyä parannetulla tasolla.

Tarkastelua tehtiin myös tilanteessa, jossa huomioitiin vain 30 vuoden suunnittelujakson aikana kerätty marjasato. Tällöin molemmilla alueilla paras vaihtoehto oli tilanne, jossa maksimoitiin nettonykyarvoa ja marjasatoja samanaikaisesti. Marjasatojen nettonykyarvo oli tällä aikarajauksella vähän reilu puolet verrattuna määrättömän ajanjakson tilanteeseen. Tämä osoittaa sen, että vaikka marjasatoa ei saataisi ylläpidettyä suunnittelujakson jälkeen, on sen huomioiminen puuntuotoksen rinnalla myös taloudellisesti kannattavaa.

4 TULOSTEN TARKASTELU

4.1 Marjasadot metsäsuunnittelussa

Kolin ja Suomun välinen merkittävin ero oli kasvupaikkajakauma ja siitä riippuvat erot puulajijakaumassa. Erityisesti männyn määrän on tutkittu vaikuttavan positiivisesti mustikan ja puolukan marjasatoihin (Tonteri ym. 2005, Salo 1995). Kehitysluokkien väliset vähäiset erot tasoittuvat kolmenkymmenen vuoden suunnittelujakson aikana, joskin Kolilla oli suhteessa hieman enemmän potentiaalisesti uudistettavia alueita. Kehitysluokkien väliset erot eivät merkittävästi tässä tapauksessa vaikuttaneet eri marjojen runsaussuhteisiin.

Karkeasti jaoteltuna tuoretta kangasta kuivemmat kasvupaikat ovat puolukan kasvupaikkoja ja tuoreet kankaat mustikan kasvupaikkoja. Tuoretta kangasta ravinteikkaammilla kasvupaikoilla molempien marjojen sadot jäävät vähäisemmiksi muun kasvillisuuden aiheuttaman kilpailun takia. Ihalainen & Pukkala (2001) ovat tutkimuksessaan saaneet ravinteisuuden ja marjasatojen välisille suhteille vastaavia tuloksia. Ravinteikkaammilla alueilla molempien marjojen varpuja esiintyy joissain määrin, mustikkaa enemmän, mutta marjasadot jäävät yleensä suhteellisen heikoiksi.

Kolilla lehtomaisia kankaita oli merkittävästi enemmän kuin Suomun alueella. Niinpä varttuneemmissa metsiköissä viihtyvän mustikan sato jäi Kolin alueella merkittävästi Suomun alueen sadosta. Lisäksi Suomun alueen mäntymetsiköt ovat mustikan kannalta optimaalisimpia, vaikka ne ovat suurelta osin kuivahkojen kankaiden kasvupaikoilla. Mustikkaa kuitenkin esiintyy myös kuivahkoilla kankailla puolukan seassa. Puolukan kasvuun vaikuttaa erityisesti metsän valoisuus ja tehtävien uudistushakkuiden määrä. Sadollisesti puolukkaa vaikuttaisi tulosten perusteella esiintyvän runsaammin tuoreiden kankaiden uudistushakkuualueilla kuin kuivahkojen kankaiden uudistusalueilla, sillä Kolin alueella puolukan satopotentiaalia oli mahdollista kasvattaa Suomun aluetta suuremmaksi. Lisäksi Kolin alueella mustikan ja puolukan satojen maksimointi onnistui paremmin rinnakkain; todennäköisesti metsiköitä muokattiin eri marjoja suosiviksi. Toisaalta on huomioitava, ettei liian varttuneissa kuusikoissa kasva kummankaan marjan satoa, joten sellaiseen metsään on marjasatojen maksimoinnin kannalta kannattavinta tehdä uudistushakkuu. Koska Kolilla oli suhteellisesti suuri määrä tällaisia varttuneempia kuusikoita, on niihin tehtävä toimenpide lähes aina parempi vaihtoehto kuin metsikön jättäminen käsittelemättä.

Mustikan satopotentialista on selkeästi tehtävissä kaksi merkittävää huomiota. Ensimmäiseksi lehtomaisella kankaalla kasvu on heikompaa kuin tuoreella kankaalla, mutta myös heikompaa kuin kuivahkolla kankaalla. Ravinteisuuteen ja kasvupaikkoihin ei voi vaikuttaa, mutta huomioitavaa on, että mustikkasatoa, kuten myös puolukkasatoa, parantavat toimenpiteet on syytä kohdistaa lehtomaista kangasta kuivemmille kasvupaikoille. Toisaalta puusto, varsinkin kuusi, kasvaa sitä nopeammin mitä ravinteikkaampaa kasvupaikka on. Käytännössä metsänomistajan halutessa harjoittaa monitavoitteista metsänhoitoa ja metsäsuunnittelua, on hänen syytä valita eri tavoitteita tukevat alueet kasvupaikkojen mukaisesti. Toiseksi mustikkasato on parempi mäntyvaltaisissa metsissä kuin kuusivaltaisissa metsissä. Käytännössä siis yksi merkittävimmistä toimenpiteistä, mitä metsänomistaja voi mustikkasatoa parantaakseen tehdä, on puulajivalinta siten, että tuoreiden kankaiden kasvupaikoille valikoidaan uudistettavaksi puulajiksi mänty kuusen sijasta. Varsinkin varttuneemmissa ja harventamattomissa kuusikoissa kenttätason valaistus on liian heikko merkittäviin mustikkasatoihin. Tämä siitäkin huolimatta, että mustikka on varjokasvi ja myös liiallinen valon määrä vähentää mustikan satoisuutta. Parlanen ym. (2005) mukaan mustikkasatojen kannalta tärkeää olisi optimoida valon määrää suhteuttamalla harvennusvoimakkuutta metsikön valtapituuteen.

Optimaalisin metsikön rakenne mustikan kasvua ajatellen vaikuttaisi olevan varttunut mäntymetsikkö. Esimerkiksi Maznayan (2001) ja Kalinowskin (2004) tutkimukset osoittavat, että mäntymetsäköissä mustikan varvuston peittävyys on sitä parempi, mitä varttuneempi metsä on. Suomen alueella ei mustikkasatoa maksimoitaessa juuri toimenpiteitä suoritettu. Siitä on huomattavissa myös se, että mäntymetsän varttuessa siitä tulee mustikalle optimaalisempi kasvupaikka. Ne harvat toimenpiteet mitä mustikkasatoa optimoitaessa Kolin alueella tehtiin, olivat ensiharvennuksia sekä avohakkuuta säästöpuin. Ensiharvennuksien valikoitumisesta toimenpiteiksi voi päätellä, että nuori kasvatusmetsä voi mustikkaa ajatellen olla liian tiheä. Näissä ensiharvennustilanteissa saattoi mahdollisesti olla riukuuntuvia metsiköitä, jolloin kevyt harvennus vähentää kilpailua ja lisää valoa mustikan kasvua ajatellen. Avohakkuu säästöpuin simuloitiin vain suuremmilla kuvioilla (yli 3 hehtaaria). Avohakkuu säästöpuin toimenpiteen valikoituminen mustikan maksimointiin selittyy sillä, että mallin mukaan pienikin pohjapinta-ala on parempi kuin pohjapinta-alan arvo nolla. Avohakkuut saattoivat myös kohdentua kuusivaltaisiin metsikköihin. Tulokset ovat linjassa esimerkiksi Miinan ym. (2010) tutkimukseen, jossa todettiin mustikan huomioimisen puuntuotoksen rinnalla johtavan pidempään kiertoaikaan, toistuviin harvennuksiin ja suurempaan männyn suhteelliseen osuuteen.

Puolukkaa maksimoitaessa molemmilla alueilla koko pinta-alalle kohdentui toimenpiteitä suunnittelujakson aikana. Toimenpiteen kohdentuminen tarkoitti aina metsän tiheyden vähenemistä, mikä puolestaan viesti puolukan valontarpeesta. Molemmilla alueilla uudistushakkuuta tehtiin huomattavasti enemmän kuin harvennushakkuuta. Käytännössä metsäsuunnittelua ajatellen puolukan satoisuus kasvaa aina kun metsässä tehdään toimenpide. Niinpä puolukan satopotentialin kannalta olisi optimaalisinta tehdä toimenpiteitä suhteellisen nopealla sykkeellä. Kuivemmilla alueilla harvahko männikkö on puolukalle optimaalisinta. Ravinteikkaammilla alueilla puolukan kannalta paras toimenpide vaikutti olevan avohakkuu, jolloin puolukan satoisuus on aina hetkellisesti parhaimmillaan kasvupaikasta riippumatta. Muutama vuosi uudistushakkuun jälkeen uudistushakkuualueelle syntyvä taimikko sekä muun kasvillisuus kuitenkin vähentävät puolukan satoisuutta merkittävästi. Avohakkuu ei myöskään ole kaikissa tilanteissa puolukalle paras vaihtoehto, sillä kertymän maksimoinnissa puolukan satopotentialit eivät olleet lähelläkään maksimaalisia arvoja. Metsäaluetta on mahdotonta pitää jatkuvasti uudistushakkuun jälkeisessä tilassa, joten metsäsuunnittelussa puolukkasatoa maksimoidessa järkevintä on tehdä toimenpiteitä nopeassa sykkeessä sekä pidentää kiertoaikaa. Tärkeintä puolukan satoisuuden kannalta on joka tapauksessa metsikön pitäminen niin harvanna, että kenttäkerroksessa riittää runsaasti valoa. Luonnollisesti ravinteikkaampien kasvupaikkojen kohdalla puolukan sato jää suhteellisen huonoksi muilla kuin juuri uudistetuilla alueilla, mutta tuoreen ja kuivahkon kankaiden välillä kasvupaikkaa tärkeämpi metsikön ominaisuus vaikuttaisi olevan puuston tiheys.

Vaikka marjojen välillä oli eroja optimaalisimpien toimenpiteiden välillä, eivät optimaalisimmat toimenpiteet ole erityisesti haitallisia toisen marjan satoisuuden kannalta. Varsinkin Suomen kaltaisella alueella tehtävä mäntymetsiköiden harventaminen pitää molempien marjojen satoisuuden korkealla tasolla. Ainut erityisen haitallinen toimenpide on uudistushakkuu mustikan kannalta, sillä satoisuuden palautuminen lähelle uudistushakkuuta edeltänyttä tasoa kestää suhteellisen pitkän ajanjakson, jopa vuosikymmeniä. Eri marjoja tukevat toimenpiteet on kuitenkin mahdollistaa kohdistaa eri alueille siten, että keskimäärin marjojen sadot saadaan ylläpidettyä suhteellisen korkealla tasolla. Pitkällä tähtäimellä marjasatojen kannalta on edullista tehdä kevyitä toimenpiteitä useasti. Niinpä esimerkiksi luontoarvojen suosiminen ei ole marjasatojen kannalta optimaalista. Toisaalta liian lyhyt kiertoaika voi haitata varvuston kasvamista ja lisää aina taimikkovaiheen osuutta, minkä aikana marjasato on kehoimmillaan. Sen sijaan maisema-arvot ja metsikön hoito virkistysalueena voisivat olla marjasadoille edullisia, vaikka satoja ei erikseen huomioitaisikaan.

Tämänhetkinen tilanne metsäsuunnittelussa on marjasatojen kannalta suhteellisen hyvä. Yleisesti ottaen keskimääräinen metsänomistaja toteuttaa hakkuita hieman taloudellisesti optimaalisinta tilannetta myöhemmin. Tällainen tilanne on marjasatojen kannalta lähellä optimaalista tilannetta. Vain kaikkein korkeimman tuotto-odotusten ja nettonykyarvon mukaan toimivilla voi marjasatojen tilanne olla hieman heikompi. Toisaalta varsinkin mustikan kannalta nykyinen ohjeistus metsänuudistamiseen voi olla ongelmallinen. Käytännössä nykyään tuoreelle kankaalle istutetaan aina kuusta. Kun mustikka viihtyy paremmin mäntymetsissä kuin kuusimetsissä, voi kuusenistutuksella olla mustikkasatoja vähentävä vaikutus. Tämän tutkimuksen mukaan nimenomaan tuoreiden kankaiden puulajivalinta on yksi merkittävimmistä marjasatoihin vaikuttavista tekijöistä. Kokonaistilannetta ajatellen paras tilanne voisi olla männyn ja kuusen sekametsien istuttaminen tuoreiden kankaiden alueille. Lisäksi tämän tutkimuksen tulokset viittaavat siihen suuntaan, että peitteisen metsätalouden menetelmät voisivat olla myös marjasatojen kannalta hyvä vaihtoehto. Huonon marjasatopotentiaalinen taimikkovaihe jäisi vähäisemmäksi, metsikkö ei olisi koskaan liian avoin tai liian tiheä eikä varvustoa tuhottaisi esimerkiksi maanmuokkauksessa.

4.2 Marjasatojen vaikutus taloudelliseen kannattavuuteen

Marjasadoilla oli huomattava metsikön nettonykyarvoa lisäävä vaikutus. Jos marjasato hyödynnetään mallien mukaisesti, voi marjasadon arvo olla yhtä suuri kuin puuntuotoksen arvo, riippuen erityisesti metsän kasvupaikkarakenteesta sekä pienilmastosta. Miina ym. (2010) tutkimuksen mukaan mustikan hinnalla on suora vaikutus siihen kuinka metsää oli taloudellisesti optimaalisinta käsitellä. Varsinkin pienemmän metsätilan omistajalla voisi tuoton lisäys olla huomattavakin. Kun tutkitaan marjasatojen osuutta nettonykyarvosta, on huomioitava mistä tilanteesta tarkastelu aloitetaan. Tämän tutkimuksen metsäalueilla metsä oli suhteellisen vanhaa. Niinpä nettonykyarvo kasvaa nopeasti ja nettonykyarvon maksimointi on suurella hakkuumäärällään haitallinen marjasatojen kannalta. Jos tilanne laskettaisiin metsikön kasvatuksen alusta, voisi tilanne olla erilainen. Taimikkovaiheessa marjasadot jäävät vähäisiksi, mutta marjojen taloudellinen potentiaali voisi olla pitkällä tähtäimellä lähempänä puuntuotoksen nettonykyarvoa. Lisäksi tällä hetkellä verotus tuo lisää etuja marjojen keräämiselle suhteessa puuntuotoksen tuloihin. Puunkauppojen pääomatuloista joutuu maksamaan veroa 30–32 prosenttia, joskin hyödyntämällä metsävähennyksiä voi selvitä alhaisemmilla verojen osuuksilla. Marjasatoja saa toistaiseksi kerätä ja myydä verottomana. Marjasatojen tuomat tulot ovat joka tapauksessa ylimääräistä tuloa, sillä metsää kannattaa kasvattaa ensisijaisesti puuntuotoksen ehdoilla. Niinpä sadon vähäinenkin kerääminen ja myyminen ovat aina tuottoa kotiinpäin.

Käytännössä metsien käsittely marjasatojen kannalta optimaaliseksi on ongelmallista. Metsänomistaja ei voi luotettavasti laskea olevansa ainut, joka hyötyy marjasatojen lisääntymisen tuomasta nettohyötyarvon lisäyksestä. Erittäin hyviä marjapaikkoja on rajallisesti varsinkin eteläisemmässä Suomessa. Jos joku pyrkisi tarkoituksellisesti kehittämään tällaisia marjapaikkoja, muita innokkaita marjastajia tai marjayritysten kerääjiä saattaisi pyrkiä hyödyntämään tilannetta. Lisäksi metsänomistaja pystyy yksinään hyödyntämään vain rajallisen metsäalueen marjasadon satokauden aikana. Taloustutkimuksen (2013) mukaan ammattimainen kerääjä voi saada yhden työpäivän aikana kerättyä 66 kiloa mustikoita. Kun tämän tutkimuksen mukaan keskimäärin hehtaarin metsäalueella on 7–13 kiloa mustikoita ja 13–21 kiloa puolukoita, on yhden henkilön tehtävä paljon työtä esimerkiksi sadan hehtaarin kokoisen metsäalueen marjasatojen hyödyntämiseksi satokauden aikana. Esimerkiksi työelämässä mukana oleva henkilö tuskin haluaa käyttää kaikkea vapaa-aikaansa marjojen keräämiseen. Niinpä, vaikka metsänomistaja laskisi olevansa ainut, joka hyötyisi marjasatojensa kasvattamisesta, olisi hänen palkattavansa lisätyövoimaa marjasadon tuoman potentiaalın hyödyntämiseen.

Tilanne on erilainen, jos puhutaan valtio- tai kuntaomisteisesta metsäalueesta. Tällöin marjasadon lisäyksen voidaan suoraan laskea hyödyttävän kansantaloutta. Mitä enemmän marjasatoa saadaan kerättyä metsäalueilta, sitä enemmän sitä päätyy myös kaupalliseen tarkoitukseen. Kansantaloudellista hyötyä näiden metsäalueiden kehittämisestä saataisiin varsinkin, jos valtio tarkoituksella markkinoisi alueita marjoja niitä taloudellisesti hyödyntäville tahoille.

On tärkeää muistaa, että metsämarjoista on taloudellista hyötyä ainoastaan ja vain jos ne kerätään. Metsämarjojen kerääminen on vähenemään päin kun maaseudun väestö vähenee ja suuret ikäluokat vanhenevat (Roininen & Mokka 2007). Kaupungissa asuvien marjastusintoa voi rajoittaa esimerkiksi se, jos ei ole tietoa, minne marjojen perässä kannattaa suunnata sekä se, jos ei ole käytössä autoa. Jos metsäalue on lähellä asutuskeskusta tai esimerkiksi lähellä mökkiasutusta, tulee sen metsämarjasato paljon tarkemmin hyödynnettyä. Eteläisessä Suomessa, jossa on paljon väkeä, esimerkiksi ulkoilualueet ovat paikoin hyvinkin suosittuja marjastuspaikkoja. Turtiainen ym. (2011) onkin tutkinut asumistiheydellä olevan alueellisesti selvä korrelaatio siihen, kuinka suuri osa vuotuisesta sadosta tulee kerätyksi. Tiettömien taipaileiden takaisilta, syrjäisiltä alueilta ei marjoja poimi kuin lähempänä tai siellä asuvat. Matkaynnä muiden kustannusten vuoksi marjanpoimintayritysten ulkomaisia poimijoitakaan ei saada näille syrjäalueille, varsinkaan kun tietoa hyvistä marjasadoista ei pystytä varmistamaan kuin paikan päällä. Saastamoinen ym. (2011) mainitseeikin tärkeiksi metsämarjojen poimin-

nan kehittämisen kohteiksi uusien paikantamisteknologioiden kehittämisen sekä paremman vuorovaikutuksen vanhojen ja uusien kerääjien välillä. Tällaisilla toimenpiteillä etäisyyksiin liittyviä epävarmuustekijöitä olisi mahdollista vähentää. Kun marjasadoista keskimäärin kerätään vuosittain vain noin 10 prosenttia ja ekologisesti harmitonta olisi ainakin kaksinkertaistaa kerätty määrä, myös muita metsämarjojen keruun tehostamiseen tähtääviä toimenpiteitä olisi syytä miettiä. Voisiko valtio esimerkiksi tukea metsämarjojen satoja edistäviä toimenpiteitä maksamalla niiden tekemisestä metsänomistajille?

4.3 Johtopäätökset

Kaikki marjoja koskevat toimenpiteet on kannattavinta kohdentaa tuoreille ja kuivahkoille kankaille, sillä muilla kasvupaikoilla sadot jäävät vähäisiksi näihin verrattuna. Kiertoaika kannattaa pitää pitkähkönä ja peitteisen metsätalouden menetelmät voisivat olla parempia kuin mikään tasaikäismetsätalouden tilanne. Eri marjoja varten kannattaa kohdentaa toimenpiteitä hieman erilaisiin metsiin, eikä kaikkia metsäalueita kannata yrittää muuttaa molemmille marjoille optimaaliseksi samanaikaisesti. Mäntymetsiköt ovat kokonaissadon kannalta parhaita, joten niitä kannattaisi suosia kuusen sijaan. Marjasatoja kannattaa harvoin pitää ensisijaisena tavoitteena. Marjasadot ovat suhteellisen neutraaleja tavoitteita ja metsikössä voi olla kohtalainen sato, vaikka marjasatoja ei huomioitaisi lainkaan. Taloudellinen tulos voi heikentyä, jos marjojen kannalta optimaalisia toimenpiteitä tehdään jatkuvasti. Lisäksi liian pitkään jatketuilla harvennuksilla on taipumusta tuottaa valtapuuston alle aluskasvillisuutta, joka haittaa merkittävästi marjojen satoisuutta. Marjojen huomioiminen muiden tärkeimpien metsäsuunnittelun tavoitteiden rinnalla on kuitenkin suhteellisen yksinkertaista ja tämän tutkimuksen perusteella myös kannattavaa.

5 LÄHTEET

Alueelliset metsäohjelmat 2006-2010. 2006. Yhteenvedo metsäkeskusten metsäohjelmista. Maa- ja metsätalousministeriö. 20 s.

Anttila, S. 2009. Ulkomaalaisten metsämarjanpoimijoiden perusoikeudelliset oikeudet ja velvollisuudet. Lapin yliopisto, Oikeustieteiden tiedekunta, Pro gradu-tutkielma. 19 s.

Elintarviketeollisuusliitto 2011. Metsämarjojen poimintaan tarvitaan jatkossakin ulkomaista työvoimaa. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: http://www.etl.fi/www/fi/tiedotteet/2011.php?we_objectID=597. [Viitattu 9.4.2015].

Hänninen, H., Karppinen, H. & Leppänen, J. 2010. Suomalainen metsänomistaja 2010. Metla julkaisut. 17-43.

Ihalainen, M. & Pukkala, T. 2001. Modelling Cowberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and Bilberry (*Vaccinium myrtillus*) Yields from Mineral Soils and Peatlands on the Basis of Visual Field Estimates. *Silva Fennica* 35(3): 338 s.

Kalinowski, M. (2004) Influence of pine stand age on chosen features of resources of *Vaccinium myrtillus*. *Lesne Prace Badawcze* 2004, 87 s.

Marsi 2013. Luonnonmarjojen ja -sienten kauppantulomäärät vuonna 2013. Maaseutuvi-rasto. 8-11 s.

Maznaya, EA. 2001. Structure and productivity of the above-ground phytomass of *Vaccinium myrtillus* L. and *V. vitis-idaea* L. coenopopulations in shrublichen pine forests (Kola peninsula). *Rastitel' nye Resursy* 37, 15 s.

Metla tiedotteet 2014. Puolukasta keskimääräistä parempi, paikoin jopa runsas sato. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.metla.fi/tiedotteet/2014/2014-09-02-marja-sienisato.htm>. [Viitattu 9.4.2015].

Miina, J., Pukkala, T., Hotanen, J.P. & Salo K. 2010. Optimizing the joint production of timber and bilberries. *For Ecol Manage* 259, 2065-2071 s.

Ojala J. & Mäkelä M. (2013). Uusi metsälaki lisää metsänomistajien valinnanmahdollisuuksia ja vastaa toimintaympäristön muutoksiin. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2013: 71-73 s.

Parlane, S., Summers, R.W., Cowie, N.R. & van Gardingen, P.R. 2005. Management proposals for bilberry in Scots pine woodland. *Forest Ecology and Management* 222 (2006). 276 s.

Pukkala, T. 2007. Metsäsuunnittelun menetelmät. Joen Forest Program Consulting Ay. 120 s.

Pukkala, T. 2006. Muut kuin puuaineiset tuotteet metsäsuunnittelussa. *Metsätieteen aikakauskirja* 1/2006: 73 s.

Roininen, K. & Morkkila, M. 2007. Selvitys marjojen ja marjasivuvirtojen hyödyntämispotentiaalista Suomessa. *Sitra*. 12 s.

Salemaa, M., Tonteri, T. & Ilvesniemi, H. 18.7.2013. Saako tulevaisuudessa mustikkapiirakkaa? [Verkkoartikkeli] Saatavilla: http://www.tiede.fi/artikkeli/uutiset/saako_tulevaisuudessa_mustikkapiirakkaa. [Viitattu 17.6.2015]

Saastamoinen, O., Kangas, K. & Aho, H. 2000. The picking of wild berries in Finland in 1997 and 1998. *Scandinavian Journal of Forest Research* 15:6. 645–650 s.

Saastamoinen, O., Turtiainen, M. & Salo, K. 2011. Mustikan ja puolukan sadot ja talteenotto Pohjois-Suomessa – kohti systemaattista marjatalouden tarkastelua. Luonnontuotealan valtakunnallinen tutkimusseminaari 4.10.2011. 18 s.

Salo, K. 1995. Non-timber forest products and their utilization. Teoksessa: Hytönen, M. (toim.). *Multiple-use forestry in the Nordic countries*. Metla.

Taloussanommat 9.7.2013. Yli tonni käteen – näin se onnistuu mustikoilla. [Verkkoartikkeli] Saatavilla: <http://www.taloussanommat.fi/harrastukset/2013/07/09/yli-tonni-puhtaana-kateen-nain-se-onnistuu-mustikoilla/20139543/139>. [Viitattu 17.4.2015].

Työ- ja elinkeinoministeriö tiedotteet 2014. Selvitysmies Wallin: Marjanpoimijat työsuhteeseen ja palkkatulosta veronalaista. [Verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.formin.finland.fi/public/default.aspx?contentid=300629&contentlan=1&culture=fi-FI>. [Viitattu 9.4.2015].

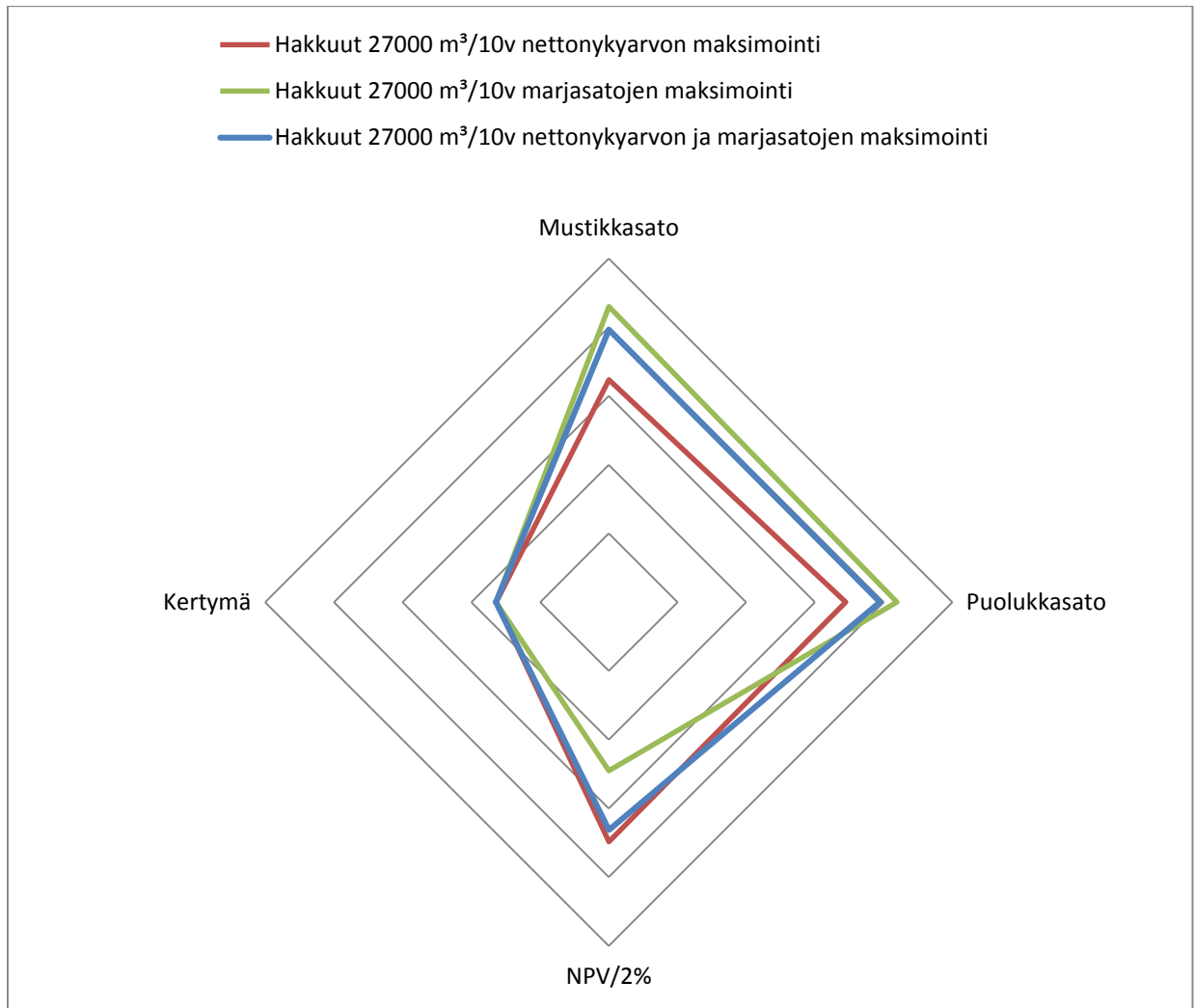
Tonteri, T., Hotanen, J-P., Mäkipää, R., Nousiainen, H., Reinikainen, A. & Tamminen, M. 2005. Metsäkasvit kasvupaikoillaan - kasvupaikkatyypin, kasvillisuusvyöhykkeen, puuston kehitysluokan ja puulajin yhteys kasvilajien runsaussuhteisiin. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 946.

Turtiainen, M., Salo, K. & Saastamoinen, O. (2011). Variations of yield and utilisation of bilberries (*Vaccinium myrtillus* L.) and cowberries (*V.vitis-idaea* L.) in Finland. *Silva Fennica* 45(2): 248 s.

Vaara, M., Saastamoinen O. & Turtiainen M. 2013. Changes in wild berry picking in Finland between 1997 and 2011. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28:6. 586-595.

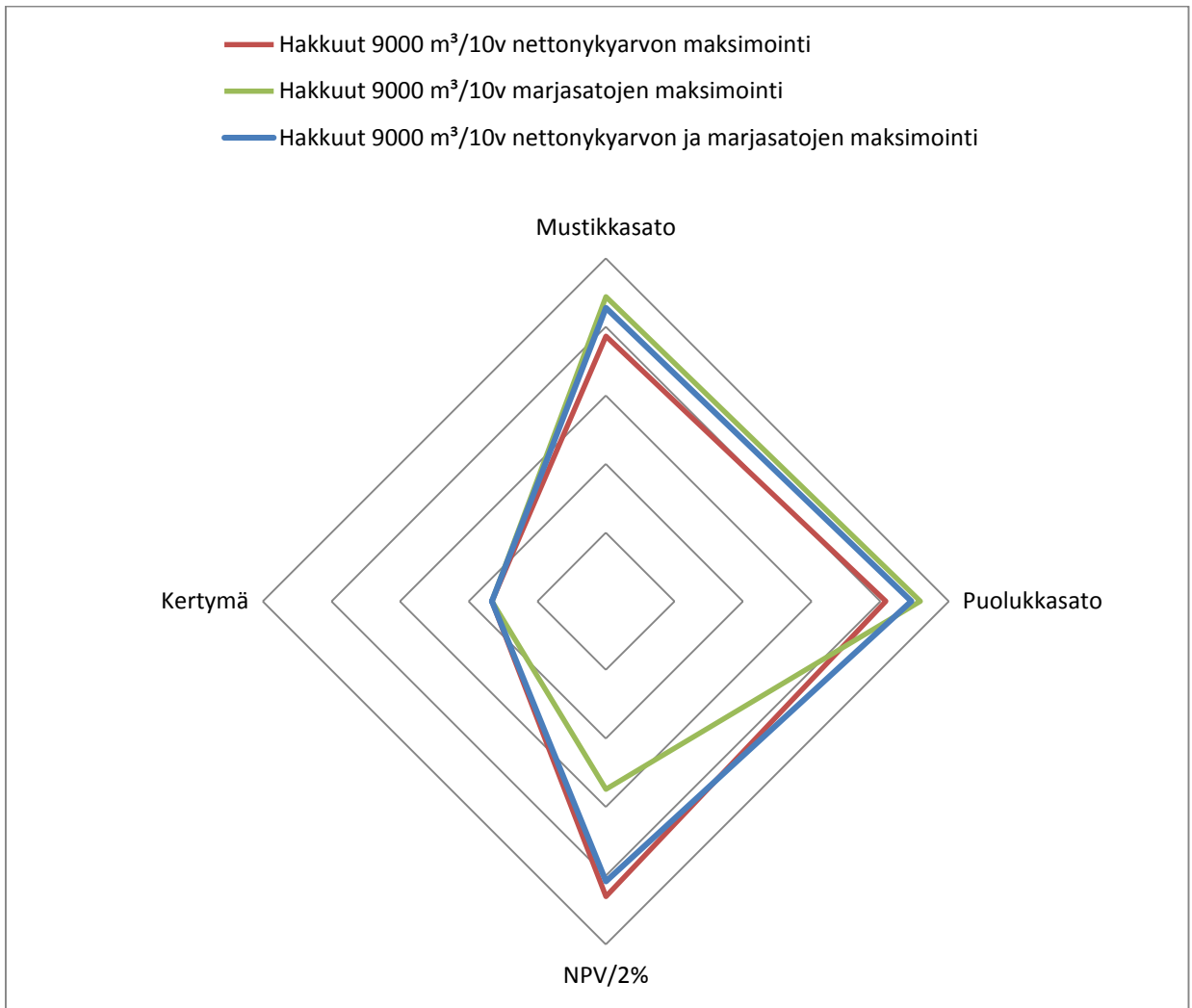
6 LIITTEET

Liite 1



Kuva 14. Kolin metsäalueelle tehtyjä optimointeja kertymällä 27000 m³/10v.

Liite 2



Kuva 15. Suomen metsäalueelle tehtyjä optimointeja kertymän arvolla 9000 m³/10v.

Liite 3

Taulukko X. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 27000 m³/10v optimoitujen suunnitelmien mukaan tehtävät toimenpiteet Kolin metsäalueella.

Koli	Hakkuukertymä 27000 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Ensiharvennus/ha	5,5	36,3	6,2
Alaharvennus/ha	15,6	45,1	38,2
Ylispuiden poisto/ha	37,6	57,6	62,2
Siemenpuuhakkuu/ha	123,1	54,1	72,3
Avohakkuu/ha	14,7	29,0	3,2
Avohakkuu säästöpuin/ha	205,7	362,5	319,4

Taulukko X. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 27000 m³/10v optimoitujen suunnitelmien vaikutukset puulajien tilavuuteen Kolin metsäalueella.

Koli	Hakkuukertymä 27000 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Mänty	8,48	-13,22	-9,52
Kuusi	-5,34	0,60	3,08
Lehtipuut	8,67	25,25	20,91

Taulukko X. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 9000 m³/10v optimoitujen suunnitelmien mukaan tehtävät toimenpiteet Suomun metsäalueella.

Suomu	Hakkuukertymä 9000 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Ensiharvennus/ha	4,3	44,5	0,0
Alaharvennus/ha	35,9	6,1	23,4
Ylispuiden poisto/ha	59,0	100,5	78,2
Siemenpuuhakkuu/ha	66,1	19,0	45,9
Avohakkuu/ha	0,0	22,0	0,0
Avohakkuu säästöpuin/ha	20,8	97,7	23,0

Taulukko X. Hakkuukertymärajoitteen arvolla 9000 m³/10v optimoitujen suunnitelmien vaikutukset puulajien tilavuuteen Suomun metsäalueella.

Suomu	Hakkuukertymä 9000 m ³ /10v		
	NPV	Marjasato	Molemmat
Mänty	-0,03	-0,01	-0,02
Kuusi	-0,14	-0,08	-0,12
Lehtipuut	0,67	0,37	0,68