

Kannattavuuden arviointityökalu kyllästettyjen parrujen valmistukseen

Aku Lindgrén

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Puutekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Aku Lindgrén			
Työn nimi Kannattavuuden arviointityökalu kyllästettyjen parrujen valmistukseen			
Päiväys	24.5.2012	Sivumäärä/Liitteet	31/2
Ohjaaja(t) Risto Pitkänen, tuntiopettaja, Mauno Multamäki, projekti-insinööri			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pin Arctic Oy/ Matti Kontro			
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäyte on tehty Pin Arctic Oy:n toimeksiannosta. Työn tavoitteena oli tutkia kyllästettyjen parrujen valmistuksen kannattavuutta. Eryityisesti keskityttiin erikoismittaisten, yli 6,1 metriä pitkien parrujen valmistukseen. Lisäksi tavoitteena oli muodostaa kannattavuuden arviointiin helppokäyttöinen työkalu. Työ tehtiin käymällä läpi kyllästettyjen parrujen tuotantovaiheet ja niiden perusteella muodostettiin käsitys toiminnan kulu- ja tulorakenteesta. Lisäksi parrujen sahaus simuloitiin tietokoneohjelmalla.</p> <p>Työn teoriaosuudessa käytiin pääpiirteissään läpi puuteknologisesti tärkeimmät vaiheet parrujen tuotannossa. Tuotannon kulut ja tulot selvitettiin haastatteluin, tarjouspyynnöin tai kirjallisista lähteistä. Parrujen sahauksen simuloinnilla selvitettiin teoreettisesti sahauksen käyttösuhde, tuotettujen sahatavaralajien prosentuaalinen kertymä, sekä optimaalisimpia sahausasetteita ja latvaläpimittoja. Simuloinnin tulosten ja parrujen tuotannon kulujen sekä toiminnasta saatavien tulojen selvittämisen jälkeen luotiin niiden pohjalta Excel-ohjelma kannattavuuden arviointiin.</p> <p>Työn tuloksena toimeksiantajalle tehtiin työkalu parrujen valmistuksen kannattavuuden arviointiin. Lisäksi muodostui teoriaan perustuva näkemys tuotannon kannattavuudesta. Kyllästettyjen parrujen valmistuksen kannattavuus ei työssä tehdyn teoreettisen tutkiskelun perusteella vakuuta. Eniten kannattavuuteen vaikuttavat tekijät eli sahauksen käyttösuhde ja parrun saanto jäivät simuloinnissa heikoiksi.</p>			
Avainsanat parru, kyllästäminen			
julkinen			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Wood Technology			
Author(s) Aku Lindgrén			
Title of Thesis Profitability Assessment Tool for Manufacturing Impregnated Balks			
Date	24 May 2012	Pages/Appendices	31/2
Supervisor(s) Mr. Risto Pitkänen, Full-Time Teacher, Mr. Mauno Multamäki, Project Engineer			
Client Organisation /Partners Pin Arctic Oy Matti Kontro			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to carry out a profitability assessment of manufacturing impregnated balks for Pin Arctic Oy. The main interest was in the manufacturing of special sizes, balks longer than 6.1 meters. Furthermore, one aim of this thesis was to design an Excel-based tool for making quick profitability estimations concerning balk manufacturing.</p> <p>The thesis was done by theoretically going through every step in balk production and at the same time gathering information from literature and by making interviews and tender offers. Secondly, sawing of the balks was simulated with a computer program. The simulation was done to find out some key factors in timber production like needed log diameters for sawing patterns and the yield of sawn timber, dust, bark and chips. Lastly, the collected information was put together in an Excel-based tool.</p> <p>As a result of this thesis a picture of the profitability of manufacturing impregnated balks was formed. For making profitability assessments, an Excel-based tool was created. The result of this thesis was based on a theoretical statement. The profitability of balk manufacturing seemed to be quite poor because sawing simulation indicated that too little balk was formed during sawing. Also a lot of not so profitable byproducts like chips and sideboards was obtained.</p>			
Keywords balk, impregnation			
public			

ALKUSANAT

Haluan kiittää Pin Arctic Oy:n Matti Kontroa insinöörityön aiheesta sekä hyvähenkisestä yhteistyöstä työn toteuttamisen aikana. Kiitokset myös opettaja Risto Pitkäselle ja projekti-insinööri Mauno Multamäelle ammattimaisesta suhtautumisesta insinöörityön ohjaukseen.

Kuopiossa 17.4.2012

Aku Lindgrén

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	METSÄTEOLLISUUS	8
2.1	Metsäteollisuus Suomessa.....	8
2.2	Sahatavaran tuotanto	8
2.3	Raakapuun logistiikka	9
3	SAHAUSSIMULAATTORIT	10
4	ALIPAINEKUIVAUS	11
5	KYLLÄSTYS.....	13
5.1	Kyllästämisen periaatteet.....	13
5.2	Painekyllästys	13
6	TYÖN TOTEUTUKSEN KUVAUS	15
6.1	Lähtökohta	15
6.2	Työn suoritus.....	15
7	SIMULOINTI	17
7.1	Puustoaineistot	17
7.2	Simulointi Sawmill-ohjelmalla	21
7.3	Simuloinnin tulokset	23
8	HINTATIETOJEN SELVITYS	26
8.1	Puun hankinta ja kuljetus.....	26
8.2	Sahaus, alipainekuivaus ja mitallistus.....	27
8.3	Kyllästys.....	27
9	TYÖKALU KANNATTAVUUDEN ARVIOINTIIN.....	28
9.1	Ohjelman toimintaperiaate.....	28
9.2	Ohjelman toiminnan testaus.....	29
10	JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO.....	30
	LÄHTEET	31

LIITTEET

Liite 1 Puusto aineisto

Liite 2 Sahausasetteet ja latvaläpimitat

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tarkastella teoreettisesti kohta kohdalta kyllästettyjen parrujen tuotantoprosessi. Työssä selvitetään tuotannon eri vaiheista syntyvät kustannukset ja sivutuotteista kertyvät tulot. Tavoitteena on luoda Excel -taulukkolaskentaohjelmaan työkalu, jolla voidaan nopeasti arvioida parrujen tuotannon kannattavuus ajantasaisia hintoja käyttäen. Lisäksi tutkitaan erikoispitkien dimensioiden valmistuksen kustannusvaikutukset ja kannattavuus. Työ toteutetaan simuloimalla parrujen sahaus tietokoneohjelmalla. Toiminnan kustannukset ja tulot selvitetään tarjouspyynnöin ja haastatteluin, sekä osin kirjallisista lähteistä.

Aihe syntyi yrittäjä Matti Kontron ajatuksesta. Yrittäjä mietti voisiko olla kannattavaa hallita parrujen tuotanto kokonaisuudessaan itse pystymetsästä asiakkaalle asti? Tuotannossa Kontro käyttäisi hänelle tuttujen pohjoissavolaisten toimijoiden osaamista ja palveluja.

Puutavaran vientiin ja tuontiin erikoistuneella yrittäjä Matti Kontrollalla olisi yrityksensä Pin Arctic Oy:n kautta valmiita kontakteja mahdollisiin parruja ostaviin asiakkaisiin. Parrujen tuottamisella olisi myös metsäkone-, kuljetus-, sahaus- ja kyllästämöyrittäjä työllistävä vaikutus. Lisäksi se voisi tarjota puunmyyjälle yhden lisävaihtoehdon.

Parrut ovat perinteisistä sahatavaralajeista kaikista järeimpiä. Suomessa ne sahataan useimmin kuusesta tai männystä. Niitä käytetään kantavissa ja muissa lujutta, tai jyrkeyttä vaativissa rakenteissa. Parrujen käyttöä rajoittaa usein niiden heikko saatavuus, tai mahdollisesti vaihtoehtoisia tuotteita korkeampi hinta. Erityisesti pitkät ja järeät parrut ovat vaikeasti saatavia. Parru korvataan nykyään useimmiten liima- tai kertopuupalkilla, tai erilaisilla teräsprofiileilla. Pitkiä parruja voidaan valmistaa myös sormijatkamalla. Työssä keskitytäänkin erityisesti pitkien, yli kuusi metristen parrujen tuottamisen tarkasteluun. Parrujen käyttökohde asettaa ne usein alttiiksi vaikeille olosuhteille, siksi tämän työn kuvaamassa valmistusketjussa myös kyllästysprosessi otetaan mukaan tarkasteluun. Kyllästyksen vuoksi raaka-aineena käytetään mäntyä, koska kuusta ei voi painekyllästää.

Valitsin tämän työn opinnäytteeni aiheeksi sen käsittelemän toimintaympäristön laajuuden vuoksi. Aihe mahdollistaa itsenäisen työskentelyn ja sen ohella on mahdollista saada kontakteja työelämään ja puualan toimijoihin. Lisäksi siinä muodostuu näkemys sahatavaran tuottamisesta ja raaka-aineen hankinnasta, sekä niihin liittyvistä kustannustekijöistä pystymetsästä lähtien valmiiksi tuotteeksi.

2 METSÄTEOLLISUUS

2.1 Metsäteollisuus Suomessa

Metsäteollisuus on yksi Suomen suurimmista teollisuuden aloista. Se kattaa sahataran tuotannon lisäksi erilaiset puulevytuotteet, sellun, paperin ja kartongin, huonekalujen valmistuksen, sekä puusepänteollisuuden ja puurakentamisen. Näistä osaluista sahataran tuotanto on puutuoteteollisuudelle merkittävin. Metsäteollisuuden tuotteet muodostavat huomattavan osan Suomen viennistä. Vaikka metsäteollisuuden merkitys kansantaloudelle on jatkuvasti pienentynyt, on sillä silti paljon suoria tai välillisiä vaikutuksia suureen osaan suomalaisista. Metsäklusteri työllistää suoraan noin 200 000 suomalaista. (Metsäteollisuus 2011.)

Koko metsäteollisuuden tuotannon arvo vuonna 2010 oli 20,6 miljardia euroa ja siitä puutuoteteollisuuden arvo oli 6,6 miljardia euroa. Suomessa metsäteollisuus kattoi 17 prosenttia teollisuustuotannon arvosta ja metsäklusteri toi noin 30 prosenttia nettovientituloistamme. Suomalainen metsäteollisuus tuottaa puu- ja paperituotteet 150 miljoonan kuluttajan tarpeisiin. (Metsäteollisuus 2011.)

Metsäteollisuus hankkii puuraaka-aineensa pääosin kotimaasta. Yksityiset metsätilat tarjoavat valtaosan markkinoiden tarvitsemasta raaka-aineesta. Kantorahatuloja puunmyynnistä saa Suomessa yli 600 000 yksityistä metsänomistajaa. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 402–403.)

2.2 Sahataran tuotanto

Sahateollisuus tuottaa Suomessa vuosittain yli 10 miljoonaa kuutiometriä sahatavaraa. Tuotannosta noin 60 prosenttia menee vientiin. Suomi on yksi eniten sahatavaraa tuottava maa Euroopassa.

Sahateollisuus toimialaan kuuluu sahauksen lisäksi puun höyläys ja kyllästys. Sahat jaetaan kokonsa perusteella teollisuussahoihin ja piensahoihin. Teollisuussahan määrityksen täyttääkseen tulee sahan käyttää vuosittain yli 10 000 kuutiometriä puuta. Suomessa teollisuussahat tuottavat valtaosan kaikesta sahatavarasta. Raaka-aineenaan teollisuussahat käyttävät lähes ainoastaan kuusta ja mäntyä. (Metsäteollisuus 2011.)

Alle 10 000 kuutiometriä puuta vuosittain käyttäviä sahoja kutsutaan piensahoiksi. Piensahat tuottavat kotimaassa käytettävästä sahatavarasta noin 25 prosenttia ja koko Suomen sahatavaran tuotannosta ne kattavat noin 10 prosenttia. Sahayrittäjät ry toimii puutuoteteollisuuden pientoimijoiden yhteistoiminta- ja etujärjestönä. Jäsenyrityksiä on yli 200 kappaletta. Piensahaus mahdollistaa suursahoja helpommin erikoismittaisten tuotteiden sahauksen asiakastarpeiden mukaan. Piensahojen on teollisuussahoja helpompaa erikoistua tuottamaan asiakastarpeita vastaavia erikoistuotteita. (Sahayrittäjät 2011.)

Vuona 2011 Suomessa valmistettiin 312 000 kuutiometriä kyllästettyä sahatavaraa, mukaan lukien pylvää. Valtaosa kyllästetystä sahatavarasta eli 217 000 kuutiometriä myytiin kotimaan markkinoilla. Muihin Pohjoismaihin verrattuna Suomi on kyllästetyn sahatavaran viejänä vähäinen. Eniten Suomesta viedään pylvää. Kyllästettyjen pylvaiden vientiä vähensi Lähi-Idän tilanne. Niiden vienti laski vuoteen 2010 verrattuna yli 20 prosenttia. (Kyllästetyn puutavaran tuotanto 2012, 13)

2.3 Raakapuun logistiikka

Puun kuljetus käyttöpaikalle tapahtuu Suomessa noin 80 prosenttisesti maanteitse puutavara-autoilla. Autokuljetuksen määrä on kasvanut pääasiassa puutavaran uiton vähenemisen seurauksena. Yhteen autokuormaan mahtuu noin 45–50 kiintokuutiometriä puuta. Keskimääräinen kuljetusmatka autokuljetuksessa vuonna 2001 oli 103 kilometriä. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 456–459 .)

Autokuljetukselle on olemassa myös muutama vaihtoehto. Joka tapauksessa puu kuitenkin ainakin alkukuljetusvaiheessa käy puutavara-auton kyydissä matkalla lastattavaksi rautatie- tai vesikuljetukseen. Kuljetusmuotojen prosenttiosuudet ovat autokuljetuksen n. 80 %, rautatiekuljetuksen 15 % ja vesiteitse kulkevan puutavaran 5 %. Vesikuljetus tapahtuu joko uittona, tai aluksen kyydissä. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 456.)

Autokuljetuksen etuina ovat nopeus ja mahdollisuus Suomen kattavan tieverkon käyttöön. Autokuljetukset mahdollistavat teollisuudelle tasaisen raaka-ainevirran vuodenaikasta huolimatta. Kuljetuskustannusten nousu luo painetta kehittää logistiikkaa. Autojen mitoitusta on vuosien varrella kasvatettu. Se on ollut tärkeä tekijä autokuljetusten osuuden kasvussa. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 459.)

3 SAHAUSSIMULAATTORIT

Lähes kaikilla aloilla tietokoneiden myötä yleistynyt simulointi tuli sahateollisuuteen 1990 luvun aikana. Alalla on sekä ulkomaisia että kotimaisia toimijoita. Yksi kotimaisista simulointi ohjelman kehittäjistä on Gadonia Oy.

Sahauksen simuloinnilla tietokoneohjelmaa käyttäen pyritään helpottamaan muun muassa tuotannon suunnittelua. Simulointi toimii myös apuvälineenä hinnoittelussa ja sen avulla pyritään saavuttamaan laadullisesti ja arvosaannollisesti optimaalisin sahaustulos. Yksi kotimaisista simulaattoreista on TUKKI ohjelma. Ohjelmaa on kehitetty vuodesta 1995 lähtien tekemällä yhteistyötä sahojen kanssa. Uusin ohjelmaversio TUKKI 5.0 pystyy simuloimaan monipuolisesti myös vajaasärmäistä lautta. (Gadonia 2011.)

Simulaattoreiden avulla pystytään vertailemaan eri sahausasetteiden kannattavuutta ja tuottamaan arvioita sahauksen saannosta. Ohjelmiin luotavat monipuoliset tuotekirjastot ja eri sahatavaralaatujen hinnoittelu mahdollistavat realistisen kuvan saannin sahauksesta. Ohjelmien monipuolistuessa niistä tulee koko ajan parempia apuvälineitä sahoille.

Virolaisen RomWaren kehittämä SAWMILL simulaattori tuottaa kattavan määrän tietoa sahauksesta. Ohjelmalla määritetään sahausasetteiden vaatimat läpimitat ja se ilmoittaa käyttösuhteen, sekä tuotetun sahatavaran, purun, hakkeen ja kuoren määrän. Simulaattoriin voi lisätä oman sahalaitoksensa kustannusten tunnusluvut ja siten pyörittää virtuaalista sahaa. (Romware 2012.)

4 ALIPAINEKUIVAUS

Sahatavaran tuotannossa kuivaus on yksi tärkeä, erityisesti laatuun vaikuttava vaihe. Se on myös yksi toiminnan merkittävimmistä kustannustekijöistä. Tässä teoria-pohjustuksessa tutustutaan tarkemmin alipainekuivaukseen, koska sitä on suunniteltu käytettävän opinnäytteen käsittelemässä parrujen valmistuksessa.

Tuoreessa puussa vettä on sekä imeytyneenä puun soluseinämässä että solujen sisällä vapaana vetenä. Puun syiden kyllästymispistettä korkeammassa kosteudessa soluseinämien veden lisäksi puussa on niin sanottua vapaata vettä, eli nestettä, joka on pisaroina mikroskooppisesti nähtävien puusolun kapillaarien sisällä. Kosteuseläminen alkaa puussa vasta, kun vapaa vesi on kokonaan poistunut. Silloin soluseinämien sisältämän veden määrä turvottaa tai kutistaa puuta lisääntyessään tai vähentyessään. Kuivuessaan puu kutistuu. Männyllä puun syiden kyllästymispiste on noin 27 %. (Kärkkäinen 2003, 175.)

Alipainekuivaus perustuu nimensä mukaan alipaineen käyttöön kuivauksessa. Alipaineen avulla voidaan veden kiehumispiste saavuttaa alhaisemmassa lämpötilassa kuin normaalissa ilmanpaineessa. Alhaisemmalla kuivauslämpötilalla taas saadaan vähennettyä kuivauksen energiantarvetta ja näin pyritään alhaisempiin kuivauskustannuksiin. Alipainekuivaus on nopea ja kohtuullisen energiatehokas kuivausmenetelmä. Parhaimmillaan energiatehokkuus on erityisesti paksuja kappaleita, kuten esimerkiksi parruja kuivattaessa. Kuivausvirheet ovat alipaine-kuivauksessa vähäisiä. (Isomäki, Koponen, Nummela & Suomi-Lindberg 2002, 62–64.)

Kuivaus tehdään alipaineen kestävässä teräksisessä sylinterissä tai kammiossa, johon tuotetaan 50–400 millibaarin paine. Nesteen kiehumispiste alenee jopa 35 °C:een. Yleisesti käytetään kuitenkin pienempää alipainetta, jossa veden kiehumispiste saadaan alueelle 50–80 °C. Paineen laskiessa kammiossa, puun sisälle syntyy ylipaine ja se saa nesteen virtaamaan kohti pintaa, josta se haihtuu tehokkaasti. Kun neste liikkuu puun sisällä nopeasti, ei pinnan ja puun sisempien osien välille pääse syntymään jännityksiä aiheuttavia suuria kosteuseroja. Alipainekuivauksella puun muodonmuutokset jäävät vähäisiksi ja saavutetaan hyvä laatu. (PuuProffa 2011.)

Painekyllästystä varten parrut on kuivattava noin 26 %:n kosteuteen, mikä on hyvin lähellä puun syiden kyllästymispistettä. Käytännössä parruista tarvitsee poistaa vain

vapaa vesi. Alipaine kuivaus sopii parrujen kuivaukseen hyvin, koska kuivattavat kappalet ovat järeitä eikä niitä tarvitse kuivata kovin kuiviksi.

5 KYLLÄSTYS

5.1 Kyllästämisen periaatteet

Puutavaran kyllästämällä pyritään estämään puuta ravintonaan käyttävien sienten kasvu. Sienet voivat olla joko home- tai sinistäjäsieniä, jotka eivät vaikuta puun lujuuteen. Ne voivat olla myös puun mekaanista lujuutta heikentäviä lahottajasieniä. Kyllästystä on käytettävä kun puun suojaaminen liialta kosteudelta sienten kasvun estämiseksi ei ole mahdollista. (Isomäki ym. 2002, 83–85)

Kyllästetty puu kestää vaikeita sää- ja ympäristöolosuhteita tavallista puuta paremmin. Kyllästetty puu jaetaan luokkiin M, A, AB ja B. M-luokka on tarkoitettu vaativimpiin mahdollisiin kohteisiin, kuten jatkuva kosketus suolaiseen meriveteen. M-luokkaan kyllästettyä puuta ei Suomen olosuhteissa tarvita ollenkaan. Yli 50 millimetriä paksu ja poikkileikkaukseltaan yli 80 millimetrinen puutavara kyllästetään aina A-luokkaan. A-luokituksen mukainen puutavara kestää jatkuvaa maakosketusta ja merivettä Suomen rannikkoalueilla. Yksityiseen laituri- ja terassikäyttöön soveltuu AB-luokan kyllästetty puu. (RT 21–10880.)

Kyllästykseen käytettävät aineet tulee olla kyseiseen kyllästysluokkaan hyväksytyjä ja kyllästykseen laatua on valvottava. Laadunvalvonnasta vastaa joko VTT tai Inspecta sertifiointi Oy. Kyllästävän laitoksen tulee olla hyväksytty tuottamaan kyllästettyä puutavaraa. Ennen toimitusta asiakkaalle on kyllästetyn puun oltava kosteuspitoisuudeltaan alle 30 prosentista, tai kyllästysaineen täydellinen kiinnittyneisyys on varmistettava jollain muulla tavalla. (RT 21–10880.)

5.2 Paineekyllästys

Puun painekyllästämisen tehdään yli- sekä alipainetta kestävässä teräksisessä sylinterissä jonne johdetaan kyllästysaine. Paineekyllästyslaitteisto (kuva 1) koostuu kyllästys sylinterin lisäksi kyllästysaineen eli käyttöliuoksen säiliöstä, kompressoreista ja siirtopumpuista sekä säätölaitteistosta. Paineekyllästyksessä kyllästysaine imeytetään puuhun nimensä mukaisesti paineen avulla. Näin menetellen saadaan koko pinta-puukerros käsiteltyä kyllästysaineella. Paineen lisäksi muita prosessissa säädettäviä muuttujia ovat kyllästysvaiheiden ajallinen kesto, sekä kyllästysaineen tai kyllästys sylinterin ilman lämpötila.



Kuva 1. Paineekyllästys sylinteri. Savonia-ammattikorkeakoulun puutekniikan laboratorion painekyllästys sylinteri. Kuva Aku Lindgrén 2012.

Paineekyllästyksessä on käytössä kaksi vallalla olevaa menetelmää. Täyssolukyllästysmenetelmä Bethell ja tyhjäsolumenetelmä Rüping. Bethell-prosessia käytetään yleisimmin suolakyllästeille ja Rüpingia kreosoottijyllä tehtävään kyllästyksen. (Lahontorjuntayhdistys Ry. 1988, 85.)

Prosessien merkittävin ero on alkupaineessa. Kyllästysprosessin alussa Bethellissä käytetään alkutyhjiötä imemään ilmaa pois kyllästettävän puun solukosta. Näin kyllästysainetta saadaan myöhemmän ylipainevaiheen aikana puristettua puuhun enemmän. Rüpingissä taas kyllästäminen aloitetaan kevyellä 0,3–0,4 MPa:n ylipaineella, jonka jälkeen täysi työpaine otetaan käyttöön. Molempien prosessien viimeinen vaihe ennen puutavarain ottamista pois sylinteristä on sylinterin alipaineistaminen. Näin saadaan nopeasti imettyä ylimääräinen kyllästysaine puutavarasta. Myös kyllästysaineen lopullinen sitoutumisaika lyhenee. (Lahontorjuntayhdistys Ry. 1988, 85.)

6 TYÖN TOTEUTUKSEN KUVAUS

6.1 Lähtökohta

Yrittäjä halusi opinnäytetyön käyvän läpi kyllästettyjen parrujen tuotantoprosessin kokonaisuudessaan metsästä asiakkaalle valmiiksi tuotteeksi. Tuotantoprosessin vaiheisiin tutustutaan työssä täysin teoreettisesti. Samalla kerätään tietoja, joita tul-taisiin tarvitsemaan mahdollisessa tuotannon koe-erässä. Näitä tietoja ovat esimer-kiksi tukkien apteerausta koskevat mitat monitoimikoneelle, sekä optimaalisin runko-koko parrujen raaka-aineeksi. Työssä selvitetään myös tuotannon kulu- ja tuloraken-etta. Näiden tietojen pohjalta voidaan arvioida tuotannon kannattavuutta ja muodos-taa toimeksiantajalle Excel-pohjainen työkalu kannattavuuden arviointiin.

Parrujen tuotannon ensimmäisenä vaiheena on mäntyleimikon ostaminen pystykaup-pana, tai vaihtoehtoisesti puutavaran hakkaaminen yrittäjän omasta metsästä. Leimi-kon tulee sijaita järkevän matkan päässä sahasta, jotta logistiset kustannukset pide-tään riittävän alhaisina. Metsäkoneyritys hakkaa päätehakkuukypsästä mäntyleimi-kosta tukit opinnäytetyössä selvitettävien mittojen mukaan ja ajaa puutavaran tien varteen. Mäntytukit kuljetetaan puutavara-autolla edelleen sahalle.

Sahalla tukeista sahataan parruja ja pinnoista lautaa. Latvatukista sahattavat 75x75 millimetrin parrut ja kaikki sivulaudat myydään lähellä toimivan pakkaus-lavavalmistajan raaka-aineeksi. Latva, pinnat ja sahanpuru myydään energiantuotan-toon. Parrut kuivataan joko alipaineella, tai taapeloidaan kuivumaan ajan kanssa, sekä tarvittaessa mitallistetaan höyläämällä. Lopuksi parrut painekyllästetään A-luokkaan. Kyllästyksen jälkeen parrut ovat valmiita toimitettaviksi asiakkaalle.

6.2 Työn suoritus

Työn toteuttaminen aloitettiin suunnittelemalla sitä yhdessä tilaajan kanssa. Aihetta lähdettiin heti alussa rajaamaan tarkoituksena keskittyä kyllästettyjen erikoispitkien, eli yli 6,1 metristen parrujen tuotantoon. Sain heti työn alussa toimeksiantajaltani yh-teystietoja yrityksiin joiden palveluja hän on suunnitellut käyttävänsä, jos päätyy ko-keilemaan parrujen valmistusta käytännössä. Heiltä sain työn suorittamiseen vaadit-tuja lähtötietoja.

Parrujen sahaus simuloidaan Savonia-ammattikorkeakouluun hankitulla tietokone-ohjelmalla. Simulointia varten käydään mittaamassa metsästä todelliset puustoaineis-

tot. Tuotannon kulurakenne ja tuotteista saatavat hinnat selvitetään tarjouspyynnöillä tai haastattelemalla yrittäjiä. Esimerkiksi metsäkoneyrittäjää haastattelemalla selvitetään hakkuun ja puun lähikuljetuksen hinta. Koska tarkoituksena on tuottaa erikoispitkiä dimensioita, on niiden vaikutus tuotantoon huomioitava kaikissa vaiheissa. Sivutuotteiden hintoja tiedustellaan niiden loppukäyttäjiltä. Parrujen valmistamisen kannattavuutta verrataan suoraan saman puutavaraerän myyntiin pystykauppana.

Kun tarvittavat hintatiedot on työn edetessä selvitetty ja simulointi suoritettu, aloitetaan kannattavuuden arviointityökalun luominen. Se pyritään toteuttamaan mahdollisimman yksinkertaisesti, jotta Excel-ohjelmointi ei veisi liian suurta osaa opinnäytteen tekemisestä. Tavoitteena on työkalun helppokäyttöisyys ja käytännöllisyys. Työkalun aikaansaamisen helpottamiseksi on tiettyjä toimintaan vaikuttavia muuttujia lähdetty yksinkertaistamaan ja karsimaan jo työn alkuvaiheessa. Lähinnä yksinkertaistaminen liittyy simuloitaviin puustoaineistoihin. Työkalu tulee todennäköisesti toimimaan suunta-antavana kannattavuuden arvioinnin välineenä, eikä absoluuttisen tarkkana tarjouslaskurina.

7 SIMULOINTI

7.1 Puustoaineistot

Simulointia, sekä parrujen valmistuksen ja puuerän pystykaupan taloudellista vertailua varten päätettiin kerätä metsästä aineistoksi puiden runkojen mittoja. Metsäalueet joilta aineistot kerättiin sijaitsevat Juvalla Etelä-Savossa. Mittatiedot kerättiin kolmelta eri metsäpalstalta. Kaikki kuviot olivat hakkuukypsiä ja puustoltaan täysin mäntyvaltaisia metsiä. Alueet valittiin puuston hakkuukypsän iän ja keskenään erilaisen runkokoon perusteella. Runkojen keskikoko pienimmän puuston alueella oli 490 litraa, toiseksi järeimmällä 730 litraa ja järeimmän puuston kuviolla 1049 litraa. Myöhemmin työssä aineistoja kutsutaan nimillä puusto 1, puusto 2 ja puusto 3.

Kultakin alueelta mitattiin puiden pituus ja 40 rungon rinnantasaläpimitta. Runkojen pituus oli jokaisen kuvion puuston sisällä hyvin samanlainen, koska metsät olivat jo vanhoja ja tasaisesti kasvaneita. Siksi jokaisen alueen sisältämiä puita pidettiin työn yksinkertaistamiseksi yhtä pitkinä ja vertailtavia ja simuloitavia pituuksia oli siten vain kolme kappaletta. Runkojen järeyden mukaan kasvavassa järjestyksessä niiden pituus oli puusto 1:llä 19, puusto 2:lla 22 ja puusto 3:lla 25 metriä. Rinnan-tasaläpimitat vaihtelivat 21 ja 48 senttimetrin välillä. Jokaisen rungon läpimitat on nähtävissä liitteessä 1. Edustavan otoksen saamiseksi jokaiselta alueelta mitatun 40 runkoa sisältäneen puustoalueen sisälle ei jätetty yhtään runkoa mittaamatta.

Runkojen tilavuuden määrittämisen apuna käytettiin Tapion Taskukirjan taulukkoa. Tilavuudet on esitetty taulukossa 2. Laasasenahon laatimien runkokäyräyhtälöiden perusteella muodostetusta taulukosta selviää rungon kuorellinen tilavuus, kun puun pituus ja rinnantasaläpimitta tunnetaan. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 331.)

Jokaista puuta ei työssä käsitelty erikseen, vaan työmäärän vähentämiseksi aineistosta on etsitty tiettyjä keskiarvoja. Jokaisen alueen puusto on kuitenkin käsitelty erikseen. Aluksi puustojen rungot jaettiin luokkiin läpimitan perusteella ja rajana luokkien välillä käytettiin neljän senttimetrin paksuuden lisääntymistä. Ensimmäinen läpimitaluokka oli 20–23 senttimetriä ja järein 48–51 senttimetriä (taulukko1).

Jokaisen läpimitaluokan sisältämien runkojen määrä laskettiin yhteen ja luokan sisälle kuuluvien runkojen läpimitoista otettiin keskiarvo. Taulukossa 1 kuvataan puustojen läpimitaluokittain sisältämät runkojen määrät sekä läpimitaluokkien keskiarvo. Näitä

keskiarvoja käytettiin kunkin puuston runkojen kokonaistilavuuden määrittämiseen (taulukko 2). Keskiarvoläpimitat määritettiin myös, jotta niitä voitaisiin käyttää sahaoksen simuloinnissa ja puiden hinnan laskemisessa.

TAULUKKO 1. Runkoaineistojen tiedot

Läpimittaluokka cm	Luokkaan kuuluvien runkojen määrä			Läpimittaluokan keskiarvo cm		
	Puusto 1	Puusto 2	Puusto 3	Puusto 1	Puusto 2	Puusto 3
20-23	10	2	-	22	23	-
24-27	19	10	4	25	26	27
28-31	7	11	9	30	29	29
32-35	3	14	13	33	33	34
36-39	1	2	9	38	39	38
40-43	-	1	1	-	41	40
44-47	-	-	3	-	-	46
48-51	-	-	1	-	-	48

TAULUKKO 2. Runkojen kuorellinen litratilavuus

Läpimittaluokka cm	Runkojen kuorellinen litratilavuus läpimittaluokkien keskiarvon perusteella		
	Puusto 1	Puusto 2	Puusto 3
20-23	3,46	0,846	-
24-27	8,417	5,37	2,532
28-31	4,424	7,315	6,552
32-35	2,286	11,984	12,935
36-39	1,006	2,382	11,151
40-43	-	1,315	1,371
44-47	-	-	5,436
48-51	-	-	1,974
40 rungon otoksen tilavuus yhteensä m ³			
	Puusto 1	Puusto 2	Puusto 3
	19,59	29,21	41,95

Laasasenaho on laatinut myös taulukot, joilla pystyy arvioimaan tukkipuun ja kuitupuun prosentuaalista osuutta rungon tilavuudesta. Niidenkin lukemiseen tarvitaan tietää puun pituus ja läpimitta. Taulukosta saatava tukki- ja kuitupuuosuuden summa ei koskaan ole 100 prosenttia, vaan niiden summan ja 100 prosentin erotuksesta saadaan latvahukan määrä. (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 335.) Tukki- ja kuitupuuosuuden määrittämisessä läpimittoina käytettiin jo aiemmin kuvatun mukaisia keskiarvoja (taulukko 1). Taulukossa 3 eritellään puustoittain niiden tukki- ja kuitupuuosuudet läpimittaluokittain.

Laasasenahon taulukon perusteella määritettyjen tukki- ja kuitupuuosuuksien (taulukko 3) määrillä laskettiin puustojen hinta pystykauppana (taulukko 4). Puuston järeytyessä kuitupuun osuus rungon tilavuudesta laskee ja puukuution keskihinta nousee. Puusto3 oli siis suhteellisesti hinnaltaan kallein. Hinnat on määritetty Savo-Karjala alueen viikon 45/2011 päätehakkuusta saatavan hinnan mukaan.

TAULUKKO 3. Tukki- ja kuitupuosuudet puustoittain

Puusto1			Puusto2			Puusto3		
Läpimitta cm	Tukki %	Kuitu %	Läpimitta cm	Tukki %	Kuitu %	Läpimitta cm	Tukki %	Kuitu %
22	77	21	23	74	25	-	-	-
25	81	18	26	89	9	27	85	14
30	84	15	29	90	8	29	86	13
33	95	4	33	92	7	34	95	3
38	96	3	39	93	6	38	96	3
-	-	-	41	93	5	40	96	3
-	-	-	-	-	-	46	96	3
-	-	-	-	-	-	48	97	2
Läpimitta cm	Tukkia m ³	Kuitua m ³	Läpimitta cm	Tukkia m ³	Kuitua m ³	Läpimitta cm	Tukkia m ³	Kuitua m ³
22	2,664	0,727	23	0,626	0,212	-	-	-
25	6,818	1,515	26	4,779	0,483	27	2,152	0,354
30	3,716	0,664	29	6,584	0,585	29	5,635	0,852
33	2,172	0,091	33	11,025	0,839	34	12,288	0,388
38	0,966	0,030	39	2,215	0,143	38	10,705	0,335
-	-	-	41	1,223	0,066	40	1,316	0,041
-	-	-	-	-	-	46	5,219	0,163
-	-	-	-	-	-	48	1,915	0,039
Yhteensä m ³	16,336	3,027	Yhteensä m ³	26,452	2,328	Yhteensä m ³	39,230	2,173
% osuus	84 %	16 %	% osuus	92 %	8 %	% osuus	95 %	5 %

TAULUKKO 4. Puustojen arvo pystykaupassa viikolla 45/ 2011

Puusto 1		
Tukin arvo	Kuidun arvo	Arvo yhteensä
906,46 €	52,67 €	959,13 €
Puusto 2		
Tukin arvo	Kuidun arvo	Arvo yhteensä
1 467,84 €	40,50 €	1 508,34 €
Puusto 3		
Tukin arvo	Kuidun arvo	Arvo yhteensä
2 176,85 €	37,80 €	2 214,65 €

Simulointia varten oli runkoaineiston kartiokkuutta arvioitava, sillä kartiokkuus on yksi ohjelmaan syötettävä muuttuja. Koska työn yksinkertaistamisen vuoksi päätettiin tiettyyn puustoon kuuluvia runkoja pitää yhtä pitkinä, täytyy niiden kartiokkuuden muutos rungon tilavuuden kasvaessa ottaa huomioon. Jos rungon pituus pysyy muuttumattomana, niin tyviläpimitan kasvaessa myös rungon kartiokkuus kasvaa. Rungon kartiokkuuden arvo ilmoitetaan mm/m. Simuloinnissa tarvittavat lähtötiedot on listattu taulukkoon 5.

Vertailupuustojen välillä runkojen kartiokkuudessa ei ole suuria eroja. Puusto1:llä valtaosa rungoista on pieniläpimittaisia ja erän rungot ovat siksi kokonaisuutena vähiten kartiokkaita. Esimerkiksi tyveltään paksuimpien runkojen kartiokkuutena käytetään simuloinnissa puusto1:llä 9 mm/m ja ohuimpien runkojen kartiokkuutena 4 mm/m (taulukko 5). Kartiokkuuden ei tarvinnut olla absoluuttisen tarkka, mutta sen arviointi edes jollakin tarkkuudella parantaa runkoaineiston perusteella tehtävän sahauskesimuloinnin tarkkuutta.

TAULUKKO 5. Simuloinnin lähtötiedot

	Läpimitta cm	Kappalemäärä	Kartiokkuus mm/m	Pituus m
Puusto1	22	10	4	19
	25	19	6	
	30	7	7	
	33	3	8	
	38	1	9	
Puusto2	23	2	4	22
	26	10	5	
	29	11	6	
	33	14	7	
	39	2	8	
	41	1	8	
Puusto3	27	4	5	25
	29	9	5	
	34	13	6	
	38	9	6	
	40	1	7	
	46	3	8	
	48	1	9	

Kartiokkuuden arvo määritettiin määräämällä jokaisen rungon latvaosa kolmen metrin päästä latvasta halkaisijaltaan kahdeksan senttimetrin paksuiseksi. Tästä alaspäin runkoa pidettiin tasaisesti paksuuntuvana kartiona. Kartion paksuuntumasta määritettiin runkojen kartiokkuus. Todellisuudessa puunrunko ei ole geometrialtaan näin yk-

sinkertainen. Sen geometriassa voi samassa rungossa yhdistyä erilaisia pyörähdyskappaleita kuten neiloidi, kartio, paraboloidi ja sylinteri (Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002, 327).

7.2 Simulointi Sawmill-ohjelmalla

Tukkien sahaus simuloitiin Romware Oy:n kehittämällä Sawmill v3.0 ohjelmalla. Simuloinnin tukena oli Exceliin tehtyjä taulukoita ja laskureita sekä tiedonkeruuta että simuloinnin helpottamista varten. Simulaattorin kapasiteetti tukin pituuden osalta loppuu normaaliversiossa 6,1 metriin. Työssä oli tarkoitus tutkia tarkemmin juuri yli kuusi metristen parrujen valmistusta. Tämän takia Romwarelta tiedusteltiin mahdollisuutta simuloida myös kuutta metriä pidempiä tukkeja. Vastauksena kyselyyn saatiin tiedosto, jonka avulla ohjelman pituuskapasiteetti kasvoi kymmeneen metriin.

Simuloinnin tarkoituksena oli hakea kannattavimmat parrujen sahauksessa käytettävät asetteet ja metsäkoneelle niitä vastaavat latvaläpimitat. Lisäksi kerättiin tietoa mm. raaka-aineen käyttösuhteesta ja selvitettiin sahatavaralajien prosentuaalinen kertymä.

Aluksi simulaattoriin luotiin kirjasto tuotettavista dimensioista. Parrujen dimensiot on nähtävissä taulukossa 6. Tuotekirjasto koostui 11 eri profiilisesta parrusta (taulukko 6) ja kahdesta sivulauta dimensioista, jotka olivat 19x75 mm ja 19x100 mm. Parru on määritelmänsä mukaan poikkileikkaukseltaan neliö ja sen halkaisija on minimissään 100 millimetriä. Tässä työssä parruiksi kutsutaan myös muita järeitä dimensioita, joiden poikkileikkaus voi poiketa neliöstä. Parrut pyritään tuottamaan täyssärmäisinä ja simulaattorissa se otetaan huomioon pienenä latvaläpimitan ylimittana. Parrujen sahauksen yhteydessä syntyvät sivutuotteet, eli latvatukista sahattavat 75x75 millimetrin parrut ja kaikki sahauksessa syntyvät sivulaudat on suunniteltu myytävän sahan läheisyydessä toimivalle pakkauslavojen valmistajalle. Pakkauslavoihin käytettävässä puutavarassa ei sallita ollenkaan kuorta, joten myös sivutuotteet simuloitiin täyssärmäisinä.

TAULUKKO 6. Simuloitujen parrujen dimensiot

mm	50	75	100	125	150	175	200
50					x	x	x
75		x			x	x	x
100			x		x		
125				x			
150					x		
175							
200							

Sahatavaran täyssärmäisyys pyrittiin simuloinnissa varmistamaan vielä saheita trimmaamalla. Trimmaus tarkoittaa sahatun tuotteen lyhentämistä sahauksen jälkeen poistamalla siitä mahdollinen vika. Pyrittäessä täyssärmäiseen saheeseen, on poistettava vika todennäköisimmin vajaasärmäisyys. Siksi jokaisen sivulaudan pituutta päätettiin simuloinnissa lyhentää tekemällä niihin yhden metrin trimmaus ja parrudimensioita trimmataa 150 millimetriä. Näin varmistetaan myös, ettei tuotannosta synny liian optimistinen kuva.

Sahauksen simuloinnilla on tarkoitus etsiä optimaalinen sahausasete tietylle tukkiluokalle. Ohjelmissa simuloitavana on aina vain yksi tukki kerrallaan. Tässä työssä oli kuitenkin tarve simuloida jokaisen rungon kaikki tukit tyvestä latvaan asti. Siksi täytyi simuloinnin tueksi luoda Excel-laskuri, jolla määritetään simuloitaessa tukin pituus latvaläpimitan ja kartiokkuuden perusteella. Kun rungon tyviläpimita tunnetaan, saadaan tietoja vertaamalla selville sekä tyvi- että latvaläpimittaa vastaava tukin pituus.

Laskurin avulla tukin pituus on kartiokkuuden ja latvaläpimitan avulla määritettävissä 0,3 metrin välein, joka on myös simulaattorin vaihteluväli tukin pituudelle. Laskuria käytettiin myös tyvitukista seuraavien tukkien pituuden määrittämiseen. Silloin edellisen tukin latvaläpimittaa käytettiin seuraavan tyviläpimitana. Näin saatiin simuloitua koko runko. Jokaisen puuston rungot (taulukko 5) simuloitiin tyvestä alkaen latvaa kohti, kunnes saavutettiin paksuus 124 millimetriä, joka on 75x75 millimetrin parrun tarvittava katkaisukohdan läpimita.

Samaan läpimitaluokkaan kuuluvia runkoja simuloitiin useammalla asetteella. Näin saatiin mahdollisimman kattava aineisto vertailtaessa eri asetteiden sekä erikoispitkien ja normaalimittaisten parrujen sahaamisen eroja. Simuloinnilla pyrittiin tuottamaan mahdollisimman paljon yli 6,1 metristä tavaraa.

7.3 Simuloinnin tulokset

Simuloimalla tuotetun aineiston perusteella haettiin kannattavimmat tavat sahata parruja. Huomioon otettiin eri sahausasetteet, sekä pituudet. Laskuissa erikoispitkien parrujen hintaan lisättiin positiivinen kerroin, jolla ne erotetaan lyhyemmistä. Parasta ja huonointa tuottoa verrattiin keskenään. Lisäksi verrattiin saannon ja tuoton käyttäytymistä, kun simuloidaan lyhyitä tai erikoismittaisia parruja.

Yhtenä simuloinnin ennako-oletuksena oli, että jos tyvitukki ja seuraava tukki olisivat molemmat yli kuusi metrisiä, saisi niistä parhaimman katteen. Simuloinnin tuloksia tarkasteltaessa tämän huomattiinkin tietyn ehdoin pitävän paikkansa. Jos tyvitukista seuraavan tukin pituutta kasvatetaan yli kuuden metrin siten, että tyvitukki katkaistaan lyhyempänä, ei kannattavuus parane. Eli toisen tukin pituuden kasvattaminen yli kuuteen metriin reilusti yli kuusi metrisen tyvitukin kustannuksella ei laskelmien perusteella kannata. Saanto huononee ja tyvitukista saatavan parrun määrä vähenee niin paljon, että samaan katteeseen pääsemiseksi erikoispitkistä olisi saatava ainakin puolitoistakertainen hinta lyhyeen parruun verrattuna. Yhdestä rungosta kahden erikoispitkän tukin ottaminen kannattaa siis vain, jos ne molemmat saadaan katkaistua optimaalisimmasta latvaläpimitasta. Puuston on silloin oltava jo kohtuullisen järeää ja pitkä.

Simuloinnin tiedettiin joiltain osin poikkeavan käytännöstä. Yksinkertaistamisen takia tietyt asiat vaikuttavat simuloinnin tuloksissa todellisuutta positiivisemmilta ja toiset taas negatiivisemmilta. Liian optimistisen simuloinnin tuloksesta tekee osaltaan se, että runkoja pidetään työssä täysin suorina. Erikoispitkiä tukkeja on siis työssä voitu simuloida mielin määrin. Todellisuudessa kaikki rungot eivät ole täysin suorina, vaan niiden lenkous vaikuttaa voimakkaasti parhaimman katkaisukohdan valintaan. Sen vuoksi kaikkia tukkeja ei voi katkaista pitkänä vasta sopivimman latvaläpimitan kohdalta. Tämä alentaa osaltaan jonkin verran yli kuusi metristen tukkien saantoa leimikosta ja siten vääristää erikoispitkän ja normaalimittaisen parrun saantoa.

Simuloinnin tuottaessa liian paljon erikoispitkää parrua todellisuuteen verrattuna, on siinä sivulaudan osalta nähtävissä päinvastaisuutta. Pitkän tukin sahauksessa syntyy kartiokkuudesta johtuen suuri määrä pintaa. Näistä pinnoista simuloitiin lautaa vain latvaläpimitan ehdoilla. Pintalautaa jää sahaamatta vielä jäljelle jäävästä pinnasta. Pinnoista olisi luultavasti sahattavissa lähes puolitoistakertainen määrä lautaa verrattuna simuloinnin tulokseen. Se vähentäisi hakkeeksi menevän puun määrää ja parantaisi sahauksen käyttösuhdetta. Osa pintalautoista tulee olemaan ensi-luokkaista ja

oksatonta, mutta määrän pienuuden vuoksi siitä mahdollisesti saatavaa korkeaa hintaa ei työssä huomioida.

Runkojen muodon yksinkertaistaminen pudottaa simuloinnissa sahauksen saannon luultavasti alhaisemmaksi kuin todellisuudessa kävisi. Käyttösuhde jää heikoiksi. Yhden sahatavarakuution tuottaminen vaatisi simuloinnin perusteella jopa yli kolme kuutiometriä raaka-ainetta. Normaalisti käyttösuhde on ollut piensahoilla noin 2 eli yhden sahatavarakuution tuottaminen vaatii kaksi kuutiometriä puuta.

Pitkän tavaran sahaaminen kasvattaa käyttösuhdetta. Simuloinnin suuri käyttösuhde on myös osaltaan seurausta rungon muodon pitämisestä liian yksinkertaisena. Todellisuudessa runko kapenee tyveltä alkaen työssä käytettyä kartiokkuutta vähemmän. Kartiokkuus lisääntyy jyrkemmin vasta latvassa. Reaalisemman tuloksen saamiseksi olisi saman rungon tukkeja kuvaavaa kartiokkuutta pitänyt kasvattaa latvaa kohti edetessä. Käytännön sahauksessa luultavasti saavutettava parempi käyttösuhde on otettava huomioon arvioitaessa lopullista kannattavuutta.

Puusto 2 osoittautui ennako-oletusten mukaisesti parhaiten parrujen raaka-aineeksi soveltuvaksi leimikoksi runkokokonsa perusteella. Puusto 1 vaikuttaa myös hyvältä vaihtoehdolta, jos tarkoituksena ei ole tuottaa kaikkein järeimpiä parruja. Puusto 3 on tarkoitukseen aivan liian järeää, yli tuhannen litran runkokoko ja yli 40 senttimetrin läpimittaiset tyvet vaativat mahdollisesti jo ainakin sahauksessa erikoisjärjestelyjä. Puusto 3:n kaikkein järeimmät rungot jätettiin kokonaan simuloimatta, koska niistä kertyvästä tiedosta ei olisi hyötyä jatkossa.

Sahatavaralajit joita simuloitiin jaettiin neljään ryhmään: yli ja alle kuusimetriset parut, sivulaudat ja latvasta sahattava 75x75 millimetrin parru. Sahatuotteiden prosentuaalisia kertymiä tarkastellaan tarkemmin puusto 2:n ja 1:n simuloinnin tuloksiin keskittyen. Raaka-aineen käyttösuhde tuotettua sahatavarakuutiota kohden vaihteli simuloinnissa 2,99 ja 3,33 välillä. Taulukossa 7 on listattu simuloitujen sahatuotteiden prosentuaalinen saanto puustoista 1 ja 2. Simuloinnin perusteella raaka-aineesta noin 67–70 prosenttia menisi hakkeeksi (taulukko 7). Päätuotetta eli parrua saataisiin mahdollisesti noin 20 prosenttia leimikon tilavuudesta.

TAULUKKO 7. Sahatuotteiden prosentuaalinen saanto simuloinnin perusteella

	Puusto 1	Puusto 2
Parru yli 6m	4–9 %	11–14 %
Parru alle 6m	12–16 %	9 %
75x75 parru	4 %	2–3 %
Sivulauta	5–7 %	8–9 %
Hake	69–70 %	67–69 %

Selkein simuloinnissa esiin tullut ero puusto 1:n ja 2:n välillä on yli ja alle kuusi metristen parrujen saannossa. Se on myös toiminnan kannattavuuteen eniten vaikuttava tekijä puustojen välillä. Järeämmästä puusto 2:sta saatava yli 6 metrisen parrun määrä on huomattavasti suurempi kuin puusto 1:ssä. Pitkästä parrusta oletetusti saatava korkeampi hinta tekisi näin ollen puusto 2:sta simuloinnin perusteella kannattavimman vaihtoehdon. Noin 700 litran runkoko vaikuttaisi järkevimmältä runkokoolta parrujen raaka-aineeksi. Tyviläpimitaltaan vastaavan kokoiset mäntyrungot ovat noin 30 senttimetriä paksuja.

8 HINTATIETOJEN SELVITYS

Kyllästettyjen parrujen tuotantokustannukset ja sivutuotteista saatavat hinnat selvitetiin ja ne eritellään tässä luvussa. Sahatuotteiden hinnat voivat vaihdella lyheälläkin aikavälillä paljon. Tuotantokustannukset kehittyvät maltillisemmin. Tarkoituksena kulujen ja tuotteiden hintojen selvittämisellä oli muodostaa niiden perusteella kuva tuotannon kulu- ja tulorakenteesta. Selkeä näkemys auttaisi myöhemmin laskentaohjelman teossa. Sahauksesta ja kyllästyksestä pyydytetyt tarjouspyynnöt ovat yrittäjien ja työn toimeksiantajan välisiä luottamuksellisia tietoja eikä hintoja siksi mainita tässä työssä.

8.1 Puun hankinta ja kuljetus

Suurimman yksittäisen kulun parrujen tuotantoon aiheuttaa puutavaran hankinta. Vuonna 2011 mäntytukkipuun hinta päätehakkuussa pystykauppana vaihteli noin 53 euron ja reilun 60 euron välillä. Ajantasainen hinta on nopeasti selvitettävissä esimerkiksi metsälehdien internetsivuilta (Metsälehti 2012). Osa leimikon puumäärästä on halvempaa kuitupuuta. Päätehakkuukypsässä männikössä kuidun osuus jäänee alle 10 prosenttiin. Hakkuun jälkeen metsäkoneelta saadaan tarkat tiedot hakatun puutavaran määrästä.

Puun korjuukustannus selvitettiin Sulkavalaiselta metsäkoneyrittäjältä. Haastattelin yrittäjää joulukuussa 2011. Samalla kyselin, miten pidemmän tukin tekeminen vaikuttaa korjuukustannuksiin. Yrittäjän mukaan puutavaran korjuu maksaa päätehakkuussa pystymetsästä tien laitaan kuljetettuna noin seitsemän euroa kuutiometri. Sama hinta kattaa kaikki leimikosta saatavat puutavaralajit. Ajomatka saa olla enintään 300 metriä. Sitä pidemmältä ajomatkalta laskutetaan lisäksi 21 senttiä kuutiolta jokaista ajettua sataa metriä kohden.

Koneyrittäjä kertoi lisäksi, että metsäyhtiöt maksavat pylväiden teosta hieman normaalia tukkia parempaa hintaa. Pylväät ovat pitkä puutavaralaji ja siksi tässä työssä vertailukelpoisia pitkiin parrutukkeihin. Yrittäjän mukaan pylväät ovat nopeita tehdä ja niitä mahtuu ajokoneen kyytiin paljon. Yleensä niitä saadaan hyviltä mailta, joilta hakkuu ja kuljetus ovat helposti toteutettavissa. Niiden teko ei siis sinällään ole vaikeampaa tai kalliimpaa, kuin tavallisen sahatukin teko.

Raakapuun maantiekuljetuksen hinta on selvitetty Metlan vuoden 2010 Metsätilastollisesta vuosikirjasta (Metla 2012). Autokuljetuksen keskimääräinen pituus vuonna

2009 oli 109 kilometriä ja kuljetuksen hinta tehtaalle keskimäärin 6,64 €/m³. Tällöin reilun sadan kilometrin matkalla hinta on noin 6,1 c/m³km ja sitä hintaa tullaan käyttämään laskurissa kuljetuksen hintana.

8.2 Sahaus, alipainekuivaus ja mitallistus

Sahauksen hinta selvitettiin tammikuussa 2012 Juankoskelaiselta sahurilta. Hinta sisältää myös parrujen kuivauksen alipaineella kyllästykseen sopivaan 26 %:n kosteuteen. Parrut on mahdollista myös mitallistaa lisähintaan sahan yhteydessä toimivalla höylällä. Sahalla tukin pituus voi olla maksimissaan 8,6 metriä.

Sahauksessa syntyvät sivutuotteet myydään sahauspaikalta eteenpäin. Lähistöllä toimiva pakkauslavavalmistaja noutaa sivulaudat ja latvaparrun suoraan sahalta raaka-aineekseen. Sivutuotteena syntyvä pinta ja puru myydään hakkeeksi energiakäyttöön Juankoskella toimivalle lämpövoimalalle. Puusta saatavan energiahakkeen hinta on riippuvainen hakkeen laadusta ja kosteuspitoisuudesta. Energiasisällön mukaan määräytyvä hinta hakkeella on noin 18 €/MWh.

Sivutuotteiden hinnat voivat muuttua nopeastikin mutta koska niiden varastointi ei ole järkevää ne myydään pois aina sahauksen jälkeen kulloinkin voimassa olevaan hintaan. Parempaa kannattavuutta olisi mahdollista tavoitella sahaamalla sivulaudan ohessa myös muita dimensioita. Osan niistä voisi jatkojalostaa mitallistamalla ja mahdollisesti lisäksi kyllästä. Näin koko ketjun jalostusarvo paranisi.

8.3 Kyllästys

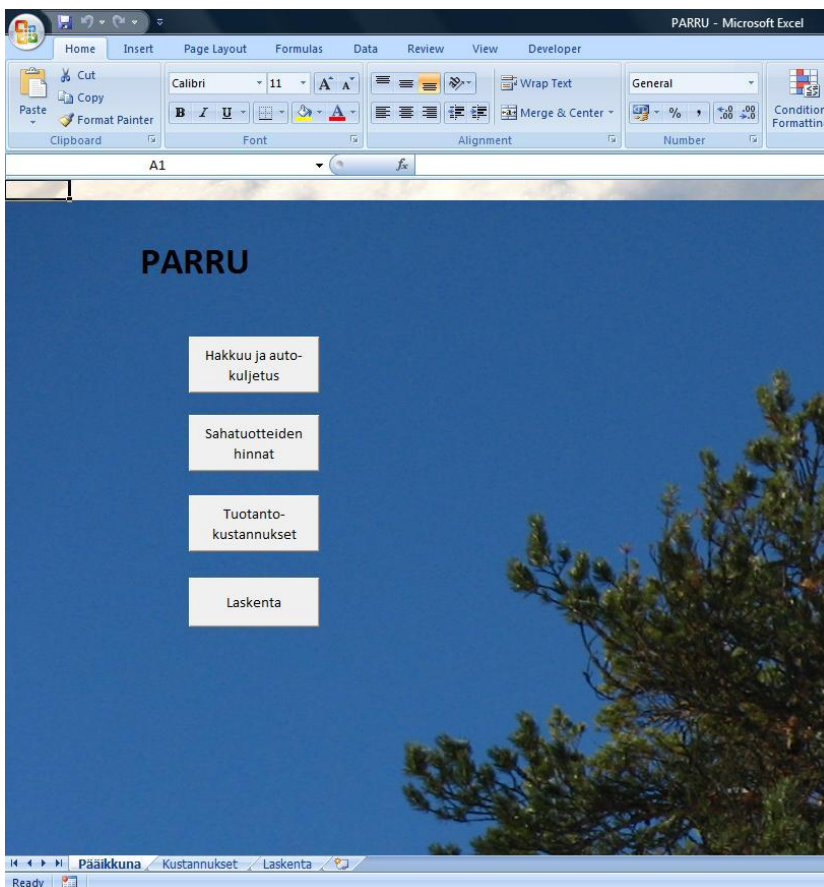
Parrut kuljetetaan Juankoskelta Juukaan kyllästettäväksi. Kuljetus kyllästämölle sekä painekyllästyksen hinta A-luokkaan selvitettiin. Kyllästyksen hintaan kuuluu lisäksi 7 €/kuutio arvoinen kierrätysmaksu. Kyllästysaineen kiinnittyä parrut ovat valmiita toimitettaviksi asiakkaalle.

9 TYÖKALU KANNATTAVUUDEN ARVIOINTIIN

Kyllästetyjen parrujen valmistamisen kannattavuuden arviontia varten luotiin Excel-pohjainen ohjelma nimeltä Parru. Ohjelmassa hyödynnetään Microsoftin VBA-ohjelmointikieltä. Ohjelmointia käytettiin, jotta työkalusta saataisiin mahdollisimman yksinkertainen ja nopea käyttää. Käyttäjä syöttää perustiedot toimintaan liittyvistä tunnusluvuista ja saa nopeasti laskelman kannattavuudesta arvioitavakseen.

9.1 Ohjelman toimintaperiaate

Ohjelma käyttää laskennassa pohjatietonaan työssä selvitettyjä hintoja sekä simuloinnin tuloksena saatuja oletuksia tuotettavien sahatavaralajien prosentuaalisista määristä. Käyttäjä syöttää pääkäyttöliittymän (kuva 2) kautta aukeaviin kahteen syöttöikkunaan tiedot hakattavan puuerän koosta, lähikuljetusmatkasta sekä maantiekuljetuksen pituuden. Toiseen ikkunaan annetaan sahatavaralajeja koskevat tiedot, kuten niiden tavoitehinta ja tieto siitä, mitkä lajit kyllästetään tai mitallistetaan. Kolmannen napin alta aukeavalle välilehdelle päivitetään tarvittaessa tuotantokustannukset.



Kuva 2. Pääkäyttöliittymä. Kannattavuuden arviointityökalu Parrun pääkäyttöliittymä.

Tiedot täytettyään käyttäjä voi tarkastella toiminnan kannattavuutta. Laskennasta on nähtävissä eri sahatavaralajien kuutiomääräiset kertymät, sekä niistä saatavat tulot. Tuotannon kulut jaotellaan laskennassa raaka-aineen hankintaan ja jalostukseen. Sekä raaka-aineen hankinnan että tuotannon eri vaiheiden osuus kuluista prosentteina on myös eritelty tarkemmin. Näin on helposti nähtävissä, mikä vaihe vaikuttaa kustannuksiin eniten. Viimeisenä on arvio toiminnan tuloksesta.

9.2 Ohjelman toiminnan testaus

Ohjelman toimintaa kokeiltiin yhdessä työn ohjaajien ja tilaajan kanssa. Kannattavuuden arviointityökalu todettiin toimivaksi ja siihen suunniteltiin mahdollisia lisätoiminnallisuuksia. Työn tilaajan mielestä työkalu täytti sille asetut ennako-oletukset hyvin. Tapaamisessa arvioitiin myös parrujen valmistuksen kannattavuutta opinnäytteessä tehdyn selvitystyön perusteella.

Parrujen tuotannon kannattavuus ei simuloinnin perusteella vakuuttanut ohjaushenkilöitä eikä tilaajaa. Huomioon on kuitenkin otettava että liian optimistisen kuvan välttämiseksi simuloinnissa käytettiin varsin pessimistisiä arvioita tietyistä muuttujista. Onkin mahdollista että käytännössä parrun saanto voisi olla parempi kuin simuloinnin perusteella vaikuttaa. Siinä tapauksessa ohjelman parametrejä tullaan säätämään paremmin totuutta vastaaviksi.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET JA YHTEENVETO

Insinööriyön aiheena oli teoriatasolla tutustua kyllästettyjen parrujen tuotannon vaiheisiin. Erityisesti keskityttiin erikoispitkien, yli 6,1 metristen parrujen valmistamisen ja sen aiheuttamien mahdollisten erityisvaatimusten tarkasteluun. Tavoitteena oli simuloimalla parrujen sahaus ja kartoittamalla tuotantoon liittyvät kulut ja tulot, muodostaa kuva toiminnan taloudellisesta kannattavuudesta. Kannattavuuden arviointia varten tehtiin työn toimeksiantajalle Excel-pohjainen työkalu, jolla arviointi on nopeasti tehtävissä ajankohtaisia hintoja käyttäen.

Simuloinnin perusteella päätuotetta eli parrua saataisiin sahatuksi vain noin 20 prosenttia raaka-aineeksi hakatun puutavaraerän tilavuudesta. Näin vaatimaton parrun saanto ei vaikuta lupaavalta tuotannon kannattavuutta ajatellen. Sivulaudan ja latvaparrun saanto oli noin 10 %. Hakkeeksi näyttäisi tuotannossa menevän lähes 70 % raaka-aineesta. Sahauksen käytösuhde simuloinnin perusteella vaihteli 2,99 ja 3,33 välillä.

Heikko parrun saanto, sekä huono raaka-aineen käytösuhde voivat johtua simuloinnin helpottamiseksi tehdyistä oletuksista ja puustoaineistojen yksinkertaistamisista. Teoreettisen tutkiskelun tueksi olisi toteutettava parrujen valmistuksen koe-erä, minkä perusteella saataisiin paremmin todellisuutta vastaava kuva parrujen saannosta. Arvioitiin, että jos parrun saanto nousisi käytännössä noin 30 %:n hakatun puutavaran tilavuudesta, olisi toiminta mahdollista saada taloudellisesti kannattavaksi.

Työn tavoitteet saavutettiin ja kannattavuuden arviointia varten tehty työkalu osoittautui toimivaksi ja helppokäyttöiseksi. Työkalu vastasi toimintansa ja käytettävyytensä puolesta työn tilaajan odotuksia. Ohjelman toimintaa on tarpeen tullen mahdollista laajentaa ja tarkentaa koe-erän valmistuksen tuottaman tiedon perusteella.

LÄHTEET

Gadonia 2011. *Simulointiohjelmisto Tukki 5.0* [verkkosivu]. Gadonia Oy [viitattu 12.12.2011].

Saatavissa:

<http://www.gadonia.fi/>

Isomäki, Koponen, Nummela & Suomi-Lindberg 2002. *Puutuoteteollisuus 2*. Helsinki: Edita Prima

Kyllästetyn puutavaran tuotanto 2012. *Puu & Tekniikka 2012/4*. [verkkojulkaisu]. Espoo: Puu & Tekniikka Oy [viitattu 14.4.2012] Saatavissa:

http://www.puutekniikka.fi/_PDF/PT4_2012_low.pdf

Kärkkäinen, M 2003. *Puutieteen Perusteet*. Helsinki: Metsälehti kustannus

Lahontorjuntayhdistys Ry. 1988. *Puunsuojaus*. Helsinki: Rakennuskirja Oy

Metla 2012. *Puun korjuu ja kuljetus*. [verkkojulkaisu]. Metsäntutkimuslaitos. [viitattu 3.1.2012] Saatavissa:

http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2010/vsk10_05.pdf

Metsälehti 2012. *Puun hintatilatot* [verkkosivu]. Metsäkustannus. [viitattu 4.4.2012].

Saatavissa:

<http://www.metsalehti.fi/puunhinnat/>

Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2002. *Tapion Taskukirja*. 24. uudistettu painos. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio

Metsäteollisuus 2011. *Perustietoa metsäteollisuudesta*. [verkkosivu] Metsäteollisuus ry. [viitattu 28.11.2011] Saatavana:

<http://www.metsateollisuus.fi/Sivut/default.aspx>

RT 21-10880 *Kyllästetty puutavara*. Rakennustietosäätiö, Rakennustieto Oy

Romware 2012. *Sawmill v3.0 sahaussimulaattori* [verkkosivu]. Romware Oü. [viitattu 12.3.2012].

Saatavissa:

<http://www.romware.eu/html/sawmill.html>

PuuProffa 2011. *Alipainekuivaamo* [verkkosivu]. Pro Puu ry. [viitattu 2.12.2011]. Saatavissa:

http://www.puuproffa.fi/proffin/index.php?option=com_content&task=view&id=94&Itemid=135

Sahayrittäjät 2011. *Pääsivu* [verkkosivu]. Sahayrittäjät ry. [viitattu 7.12.2011].

Saatavissa:

<http://www.sahayrittajat.fi/web/>

Puusto aineisto

Runko	Rinnantasaläpimitta cm		
	Puusto 1	Puusto 2	Puusto 3
1	21	23	25
2	21	23	27
3	22	24	27
4	22	25	27
5	22	25	28
6	23	25	28
7	23	25	28
8	23	26	28
9	23	27	30
10	23	27	30
11	24	27	31
12	24	27	31
13	24	28	31
14	24	28	32
15	25	28	33
16	25	28	33
17	25	29	33
18	25	29	34
19	25	29	34
20	25	29	34
21	26	30	34
22	26	31	34
23	26	31	34
24	26	32	35
25	26	32	35
26	26	32	35
27	26	32	36
28	26	32	37
29	27	33	37
30	28	33	37
31	29	33	37
32	29	33	38
33	30	33	39
34	30	33	39
35	31	34	39
36	31	34	40
37	32	34	45
38	33	39	46
39	33	39	47
40	38	41	48

Liite 2

Sahausasetteet ja latvaläpimitat

Ex log	Paksuus mm	Leveys mm	Latvaläpimita mm
2	50	150	204
4	50	150	286
2	50	175	226
3	50	175	260
4	50	175	302
2	50	200	248
3	50	200	280
1	75	75	124
1	75	150	188
2	75	150	238
2	75	175	257
1	100	100	161
1	100	150	201
1	125	125	198
1	150	150	235

