

MODERNI SAHATEKNIikka

Opintomateriaalin suunnittelu ja toteutus

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU

Tekniikan ala

Puutekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

Kevät 2011

Miika Tuominen

Lahden ammattikorkeakoulu
Puutekniikan koulutusohjelma

TUOMINEN, MIIKA: Moderni sahatekniikka
Opintomateriaalin suunnittelu ja toteutus

Puutekniikan opinnäytetyö, 45 sivua, 10 liitesivua

Kevät 2011

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia modernia sahatekniikkaa. Nykyaikaisten sahalaitosten käyttämät välineet ovat kehittyneet huomasti sahauksen alkuajoista. Sen vuoksi sahojen tuotantomäärät ovat kasvaneet huomattavasti. Tekniikan kehitys on myös johtanut siihen, että puualan oppilaitoksissa käytettävät opetusmateriaalit ovat jääneet kehityksen jalkoihin.

Porin ammattiopisto on huomannut ongelman omissa opintomateriaaleissaan ja pyytänyt siten Lahden ammattikorkeakoululta materiaalia käyttöönsä. Uusi opetusmateriaali koottiin sahaollisuuden eri osa-alueilta, joista kasattiin verkko-opetusmateriaali. Periaatteena materiaalin kasaamisessa oli opiskelijaystävällisyys. Tarkoituksena oli kasata mahdollisimman selkeä kokonaisuus, jota olisi mahdollisimman helppo lukea ja jakaa eteenpäin. Materiaali on kasattu myös ajatellen ammattikorkeakoulun opiskelijoita, koska materiaalia tullaan käyttämään myös Lahden ammattikorkeakoulun opinnoissa.

Materiaalin kasaaminen osoittautui varsin haastavaksi. Suurin syy tähän oli se, ettei aiheesta moderni sahatekniikka löydy kirjallista materiaalia kovin paljoa. Tämän vuoksi suurin osa tiedoista on kerätty yhteistyössä eri sahaollisuuden komponenttien valmistajien tai maahantuojien kanssa. Osa haastatteluista suoritettiin kasvotusten ja osa sähköpostin välityksellä.

Opintomateriaali on erittäin hyödyllinen niin puualan opiskelijoille kuin opettajille, jotka työn ansiosta löytävät tarvittavat materiaalit samasta paikasta. Tekniikan kehittyessä vielä eteenpäin on materiaaleja myös helppo päivittää palvelimelle.

Avainsanat: moderni sahatekniikka, apteeraus, tukkilajittelu, postaus, särmäys, tuore- ja kuivalajittelu, lujuuslajittelu

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Wood Technology

TUOMINEN, MIIKA:

Modern saw technology
Planning and implementation of teaching
material

Bachelor's Thesis in wood technology, 45 pages, 10 appendices

Spring 2011

ABSTRACT

The aim of this thesis was to make teaching material dealing with modern saw technology. The machinery and equipment that are used in modern sawmills have developed considerably from the beginning of the saw industry. Therefore, the sawmill production volumes have increased considerably. Because technology has developed so fast, the teaching materials that are in use in school have not developed as fast as the technology.

Pori Vocational School has noticed the problem of their teaching materials and asked Lahti University of Applied Sciences to make new material for the students. The new material was collected from different fields of the saw industry and put together in an internet server. The material has been made student friendly. The purpose was to make a material that is clear and easy to read and share forward. The material will also be used in the studies of Lahti University of Applied Sciences.

Assembling the material turned out to be quite a challenge. The biggest reason for that was that there were not many written materials available. That is why most of the information has been collected by interviewing various builders and importers. Some interviews were conducted face to face and some by e-mail.

The teaching material is very useful to students and teachers. Because of the work both can find all information that will be used in one location. It is also very easy to update the material because it is all in an internet server.

Keywords: modern saw technology, Finnish saw industry, teaching material

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
1.1	Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet	1
1.2	Yhteistyöryitykset	2
2	SAHAUKSEN HISTORIA	4
2.1	Vesisahat	4
2.2	Höyrysahat	5
2.3	Sähkösaht	6
2.4	Taloudellinen kehitys	6
2.5	Kohti nykyhetkeä	7
3	SAHATEOLLISUUS NYKYÄÄN	10
3.1	Sahatavaran tuotanto 2000-luvulla	10
3.2	Sahatavaran vienti 2000-luvulla	12
3.3	Sahateollisuus ulkomailla	14
3.4	Suomen sahtateollisuuden uhkakuvat	18
3.4	Sahateollisuuden tulevaisuuden näkymät	18
4	MODERNI SAHATEKNIikka	21
4.1	Apteeraus	21
4.2	Tukkilajittelu	22
4.2.1	Valorampit	23
4.2.2	3D-tukinmittaus	23
4.2.3	Röntgen	24
4.3	Postaus	26
4.3.1	Yleistä	26
4.3.2	Sahaussimulaattori	27
4.3.3	Sahamalli	30
4.4	Särmäys	30
4.4.1	Särmäyskone	31
4.4.2	Automaattisärmä	31
4.5	Tuore- ja kuivalajittelu	32
4.6	Kuivauksen simulointi	33

4.7	Kosteudenmittaus	37
4.7.1	Sähkönjohtavuus	38
4.7.2	Infrapuna	39
4.8	Lujuuslajittelu	39
4.8.1	Taivuttava lujuuslajittelukone	40
4.8.2	Röntgen ja ultraääni	40
4.8.3	Värähtelytaajuusmittari	40
5	YHTEENVETO	42
5.1	Materiaalin kokoaminen	42
5.2	Oma oppiminen opinnäytetyön aikana	42
5.3	Opinnäytetyön arviointi	43
	LÄHTEET	44
	LIITTEET	46

1 JOHDANTO

Suomen sahateollisuuden tuotantomäärät ovat nousseet huomasti viimeisen sadan vuoden aikana. Sahateollisuuden käyttöön on jouduttu kehittelemään uusia tekniikoita, jotta tuotanto saataisiin mahdollisimman tuottavaksi. Nykypäivänä moderneista sahalaitteistoista on saatavissa hyvin vähän materiaalia, jolla uusimpiin tekniikoihin voisi tutustua jo ennen niiden parissa työskentelyä. Tämän vuoksi työsäni kokoaan opintomateriaalin ammatti- sekä ammattikorkeakoulun opiskelijoille. Tarkoituksena on saada koottua mahdollisimman kattava tietopaketti nykyaikaisista sahalaitteista.

Tähän opinnäytetyöhön on kerätty tietoa nykypäivän uudesta, modernista sahatekniikasta yhteistyössä erilaisten yritysten kanssa, jotka valmistavat tai markkinoivat moderneja laitteistoja nykypäivän sahateollisuuden tarpeisiin. Opinnäytetyössä käydään läpi tänä päivänä sahateollisuudessa käytettävien uusimpien laitteistojen periaatteita. Materiaali on koottu haastatteleamalla yhteistyökumppaneita ja lähteenä on lisäksi käytetty yhteistyökumppaneiden tarjoamaa materiaalia, kuten esitteitä ja videoita. Opinnäytetyön tavoitteena on esitellä laitteistoja, joita käytetään modernissa sahalaitoksessa, ja tavoitteena on myös ymmärtää, miten laitteistot vastaavat nykypäivän sahateollisuuden tarpeita.

1.1 Opinnäytetyön tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyöni tarkoituksena on saada koottua mahdollisimman kattava opetusmateriaali aiheesta moderni sahatekniikka. Tarkoituksena on koota yhteen informaatiota eri lähteistä, jotta sitä voidaan käyttää mahdollisimman helposti opetustarkoitukseen. Opetusmateriaali on kasattu Lahden ammattikorkeakoulun verkkopalvelimelle, Reppuun, jossa se on helposti kaikkien oppilaiden ja opettajien saatavilla. Lisäksi opetusmateriaali on lähetetty Porin ammattiopistoon, josta alkupe-
räinen työni idea oli lähtöisin.

Aiheesta moderni sahatekniikka ei juuri ole tarjolla minkäänlaista materiaalia yleisesti. Tämän vuoksi työni suurimmat haasteet olivat itse tiedon löytämisessä. Tietoa keräsin eri alojen osaajilta niin haastattelujen, kuin myös heiltä saamieni materiaalien avulla. Iso haaste oli myös löytää yhteistyöyrityksiä, jotka todella halusivat luovuttaa tietoja tulevaisuuden opiskelijoita varten.

Tähän työhön olen kirjoittanut auki kaikki osa-alueet, joista olen tehnyt verkko-opetusmateriaalin. Opetusmateriaali koostuu power point -esityksistä, tekstiosuuksista sekä video ja kuvatallenteista, joita olen saanut käyttööni.

1.2 Yhteistyöyritykset

Opinnäytetyöni on tehty yhteistyössä useiden eri yritysten ja henkilöiden kanssa. Tarkoitukseni oli selvittää asioita juuri kyseisen osion asiantuntijoilta ja ilman heidän apuaan työni olisi ollut lähes mahdoton toteuttaa. Suurimman avun sain Limab Oy:lta, joka toimittaa erilaisia moderneja mittajärjestelmiä sahateollisuuden käyttöön. Haastattelin Limab Oy:n markkinointijohtajaa Juho Virtaa, joka kertoi hyvinkin tarkasti eri laitteiden toimitaperiaatteista. Sain häneltä myös käyttööni erilaisia esitteitä, joita pystyin liittämään osaksi opintomateriaaleja.

Bintec Oy toimii Hollolassa ja tuo maahan röntgenlaitteistoja sahateollisuuden käyttöön. Röntgenlaitteistojen tekniikka on hyvin kehittynyttä, ja heidän avustuksellaan sain kasattua siitä varsin kattavan opetusmateriaalin. Sain heiltä käyttööni heidän omia opetusmateriaaleja, joita muokkasin omaan käyttööni sopivaksi.

Ponsse Oy on suomalainen yritys, joka tuottaa nykyaikaisia metsäkoneita. Nykyaikainen sahatavaran tuotanto alkaa jo puun kaatovaiheessa. Tämä asettaa myös metsäkoneille suuria vaatimuksia, joka on johtanut siihen, että nykyiset metsäkoneet ovat kehittyneet liikkuviksi tietokoneiksi

Finscan tuo maahan moderneja optimointijärjestelmiä, joiden avulla sahoilta valmistuvat sahatavarat vastaavat nykyaikaisia laatuvaatimuksia. Finscanilta sain

myös käyttöön videoita, joita pystyin liittämään osaksi opetusmateriaalia.

Lisäksi sain paljon materiaalia myös pienemmiltä yrityksiltä. Näiden kaikkien yritysten ansiosta sain kasattua mielestäni varsin kattavan opintomateriaalikoko-
naisuuden.

2 SAHAUKSEN HISTORIA

Tässä luvussa perehdyn Suomen sahateollisuuden kehitykseen. Sahateollisuuden kehitys voidaan jakaa kolmeen eri vaiheeseen, sen mukaan, mitä energiamuotoa saha on pyörittänyt. Koneistetun sahateollisuuden historian juuret juontavat alkunsa aina 1300-luvulta asti, jolloin otettiin käyttöön ensimmäiset veden voimalla toimivat sahalaitokset Saksassa. Tästä eteenpäin sahateollisuus on kehittynyt huomattavasti.

2.1 Vesisahat

Ensimmäinen merkintä Suomen teollisesta sahatuotannosta löytyy vuodelta 1533, jolloin Hallikkoon, Hossostenkoskelle, perustettiin Suomen ensimmäinen vesisaha. 1500-luvun loppuun mennessä Suomessa oli sahoja toista kymmentä. Suurin osa sahoista oli kuningas Kustaa Vaasan perustamia. Pienet sahamyllyt nostivat osuuttaan sahateollisuudessa 1700-luvulla, Isovihan jälkeen, jolloin säädettyjen asetusten mukaan uusien hienoteräsahojen perustajat saivat osakseen erilaisia etuuksia koskien muun muassa puun hankintaa ja sahausoikeuksia. (Ahvenainen 1984, 11–13, 52–54)

Sahalaitosten sijainnit oli mietitty tarkoin ajatellen käyttökohteiden läheisyyttä ja vientimahdollisuuksia. Tämän vuoksi sahoja perustettiin Viipuriin, Poriin, Hämeenlinnaan ja Helsinkiin. Sahatavaran kysynnän kasvaessa vesisahoja perustettiin Uudellemaalle ja Satakuntaan. (Sipi 2006, 9.)

Vesisahoissa toiminta perustui siihen, että vesi johdettiin suoraan siipirattaaseen, jonka akselista liike johdettiin epäkeskon kautta suoraan teräkehään. Näin saatiin aikaiseksi sahaava liike. Aluksi sahat käyttivät vain yhtä kehäsahaa, jonka terän paksuus oli noin 10 mm. Myöhemmin, 1700-luvulla Suomessa otettiin käyttöön hollantilaisten kehittämä hienoterä, joka oli huomattavasti aikaisempaa terää ohuempi. 1700-luvun lopussa oli yleisesti käytössä 11 terää sahaa kohti. Kaksi ensimmäistä terää toimivat pelkkasahana ja loput terät paloittelivat pelkan sahata-

varaksi. Pyörösahoja alettiin käyttää vasta vesisahajakson loppuhetkillä. (Sipi 2006, 9–10.)

1700-luvulla Suomessa sahatollisuuden kehitystä hillitsi valtiovallan pelko siitä, että metsät loppuvat kesken sahauksen yleistyessä. Tämä johti siihen, että määrätettiin tarkat alueet missä sahaus on luvallista. Sahausta sai suorittaa vain siellä missä metsää oli runsaasti. Lisäksi tietyltä alueelta sai ottaa vain tietyn verran tukkeja, jotta metsän kasvu pystyttäisiin takaamaan. Sahauskelpoiseksi puu katsottiin vasta siinä vaiheessa, kun sen latva alkoi kuivua. Nämä rajoitteet poistettiin vasta 1800-luvun loppupuolella. (Sipi 2006, 10.)

2.2 Höyrysahat

Höyrysahojen valtakausi alkoi vuonna 1799 Englannin Southamptonissa, jossa Redbridgen telakalla otettiin ensimmäisenä käyttöön höyry sahan voiman tuottajana. Aikaisemmin kyseinen saha oli käyttänyt voimanaan hevosia. Höyry pyöritti päivisin sahaa ja öisin se antoi voimaa altaiden vesipumpuille. Vasta parivuosikymmentä myöhemmin höyry löysi tiensä Alankomaiden ja Saksan pieniin sahoihin. Pohjoismaiden ensimmäinen höyrysaha rakennettiin Ruotsin Norlandiin vuonna 1849. Itse sahat alkoivat myös kehittyä samoihin aikoihin höyryn kanssa. Sahoja alettiin rakentaa raudasta ja teräksestä puun sijaan. Tämä luonnollisesti tehosti sahojen toimintaa tuntuvasti. (Ahvenainen 1984, 203, 240.)

Suomessa ensimmäisistä höyrysahoista puhuttiin vuonna 1837, jolloin senaattiin saapui kaksi anomusta höyrysahan perustamiseksi. Senaatti kuitenkin hylkäsi molemmat hakemukset, koska höyryn käyttöä voimanlähteenä vierastettiin vielä kovasti. Vasta vuonna 1859 senaatti hyväksyi ensimmäisen höyrysahan rakentamisen Iijoen suistoon. Sahan rakentaminen oli aloitettu jo ennen kuin lupa sahaan oli saatu, ja valmiiksi saha tuli vuonna 1860. Suomen ensimmäinen höyrysaha nousi Etelä-Iijoen kylään. (Ahvenainen 1984, 203–204.)

1870-luvulla höyrysahoja rakentaminen kiihtyi vauhdilla. Ensimmäinen isompi keskittymä syntyi Kotkan seudulle, jossa sijaitsi vuonna 1878 Suomen 66 sahasta peräti yhdeksän sahaa. Höyrysahat tuotiin Suomeen lähinnä Ruotsista, ja niiden teho oli 100–150 iskua minuutissa. Vuosisadan vaihteessa sahojen toimintaa tehostettiin ja niiden kierrosluvuksi saatiin 200–240 iskua minuutissa. 1900-luvulla kehitettiin myös konekäyttöiset siirto- ja syöttölaitteet, jotka luonnollisesti tehostivat sahojen toimintaa, ja kierrosluku nousi 350 iskuun minuutissa. (Sipi 2006, 10–11.)

2.3 Sähkösaht

Viimeisin sahalaitosten aikakausista voidaan sanoa alkaneen 1920-luvulla, jolloin sähkösaht yleistyivät vauhdilla Suomessa. Sahojen sähköistys on tarkoittanut sitä, että itse sahausprosessia on pystytty keventämään huomattavasti. Suurin etu, joka sähköllä on saatu aikaiseksi, on tuotannon tehokkuuden kasvattaminen. Sähkösahojen kehitys jatkuu yhä. (Sipi 2006, 11.)

2.4 Taloudellinen kehitys

Sahateollisuuden alkuajat Suomessa olivat varsin haastavat. Valtion pelko metsien loppumisesta johti siihen, että sahauksesta ammattina tehtiin luvanvaraista ja lupia myönnettiin varsin nihkeästi. Sahojen lähistöllä tuli olla runsaasti metsää, ja niistäkin sai ottaa puuta vain määrättyiltä alueilta määrätyn määrän. (Sipi 2006, 10.)

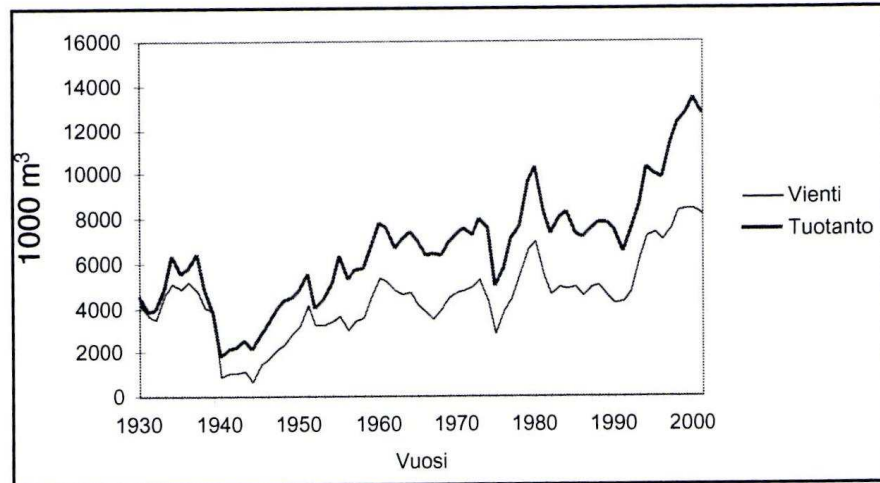
Vesisahojen aikaan haastavaa olivat myös talviajat, jolloin kylmyys ja vesistöjen riittämättömyys häiritsivät pahoin sahtateollisuuden tuotantoa. Tämä tarkoitti sitä, että kaikki saht eivät voineet toimia ympäri vuoden, mikä luonnollisesti hillitsi sahtateollisuuden taloudellista kehitystä. Näistä syistä takia alettiin pikkuhiljaa siirtyä höyrysahojen käyttöön, mikä mahdollisti sahojen ympärivuotisen käytön ja näin ollen tuloksen huomattavan paranemisen. Tuotannon kehitys oli hurjaa höyrysahojen valtakaudella. Vuonna 1885 keskimääräinen tuotanto oli 1,9 milj.m³, kun vuonna 1910 se oli jo 3,8 milj.m³ (Ahvenainen 1984, 283). Rahallisesti tuo-

tannon arvo viisinkertaistui tuona aikana. Myös vienti kehittyi hurjasti samaan aikaan. Vuonna 1885 keskimääräinen vienti oli 1,2 milj.m³ ja vuonna 1910 3,5 milj.m³ (Ahvenainen 1984, 285). Sahatavarasta 99 % oli havupuuta ja siitä noin 60 % mäntysahatavaraa. Sittemmin kuusen markkina-arvo on parantunut ja suhteet ovatkin kääntyneet pääläelleen. (Ahvenainen 1984, 300.)

Teollisuuden alana sahateollisuus oli hyvin merkittävä osa Suomen vientiä. 1930-luvulla sahateollisuuden osuus koko Suomen viennistä oli noin 25–35 %. Nykyisin tuo lukema on lähellä 3 %:a. Tärkein Suomen vienti maa on aina ollut Iso-Britannia. 1920-luvulla Iso-Britanniaan vietiin noin 40 % Suomen viennistä (Ahvenainen 1984, 330) ja vuonna 2000 sama lukema oli 18 %.

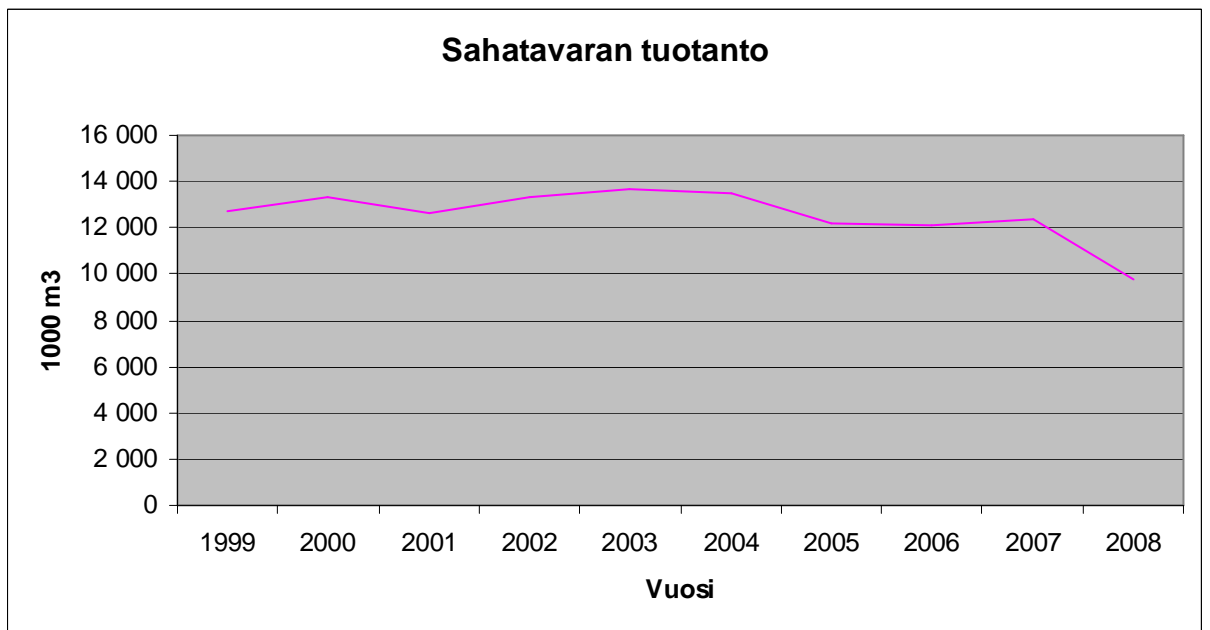
2.5 Kohti nykyhetkeä

Sähkösahejen tultua Suomen sahateollisuuden tuotanto lähti kasvuun. 1930-luvulla tuotannon määrä oli jo 4 milj.m³. Toinen maailmansota kuitenkin pudotti tuotannon noin puoleen. Sodan jälkeen Suomen sahatavaran tuotanto kasvoi suhteellisen tasaisesti aina 1980-luvulle asti. Syitä 80-luvun tuotantokapasiteetin vähenemiseen on arvioitu, ja osasyiksi on todettu silloisen markan ulkoinen arvonnousu, joka vähensi huomattavasti sahateollisuuden vientiä (Metla 2010) ja ennusti samalla tulevaa talouskriisiä. 1990-luvulla tuotanto alkoi kasvaa voimakkaasti aina vuoteen 2000 asti, jolloin tuotannon määrä tasaantui (kuvio 1). (Sipi 2006, 13.)



KUVIO 1. Sahatavaran tuotanto ja vienti 1930–2001. (Sipi 2006, 10)

Tuotannon tämänhetkinen huippu koettiin vuonna 2003, jolloin sahatavaraa tuotettiin Suomessa 13,6 milj.m³ (kuvio 2). Vielä vuonna 2004 tuotanto oli yli 13 milj.m³, mutta tämän jälkeen tuotanto on lähtenyt taas selvään laskuun. Vuonna 2008 tuotanto oli vain 9,8 milj.m³. (Metla 2010.)



KUVIO 2. Sahatavaran tuotanto 1999–2008 (Metla 2010)

3 SAHATEOLLISUUS NYKYÄÄN

Nykyinen sahateollisuus on muuttunut huomattavasti höyry- ja vesisahojen ajoista. Tekniikan kehityksen ansiosta Suomi on pystynyt vakauttamaan asemansa maailman puuteollisuuskartalla. Sahateollisuus on myös kokenut kovia viimeisten vuosien aikana. Muutoksien vuoksi Suomen sahateollisuuden rakenne on muuttunut viime vuosien aikana hyvinkin paljon.

3.1 Sahatavaran tuotanto 2000-luvulla

2000-luku on ollut varsin kaksijakoinen Suomen sahateollisuudelle. Tekniikan kehittyessä pystyttiin vuonna 2003 tekemään kaikkien aikojen suurin sahatavaran tuotannon tulos, joka oli 13,6 milj. m³. Vuodesta 2004 alkaen tuotantomäärät alkoivat vähentyä Suomen sahateollisuudessa. Kuten 90-luvulla, tämäkin sahatavaran tuotannon väheneminen alkoi osakseen ennustaa tulevaa finanssikriisiä, joka lopulta ajoi Suomen virallisesti lamaan vuonna 2008. Vuonna 2008 Suomen sahateollisuuden tuotanto oli enää vain 9,8 milj. m³. Tuotannon pienenemistä selittää osakseen myös Venäjän tullikorotukset, jotka käytännössä lopettivat Suomeen tulevan venäläisen puun kokonaan. 2010-luvun lopussa sahateollisuuden tuotanto lähti kääntymään, mutta muutos tapahtuu hyvin hitaasti. Talouskriisi karsi huomattavan määrän suomen sahoista, joita nyt on alettu hiljalleen palauttaa tuotantoon. (Metsäteollisuus 2011b.)

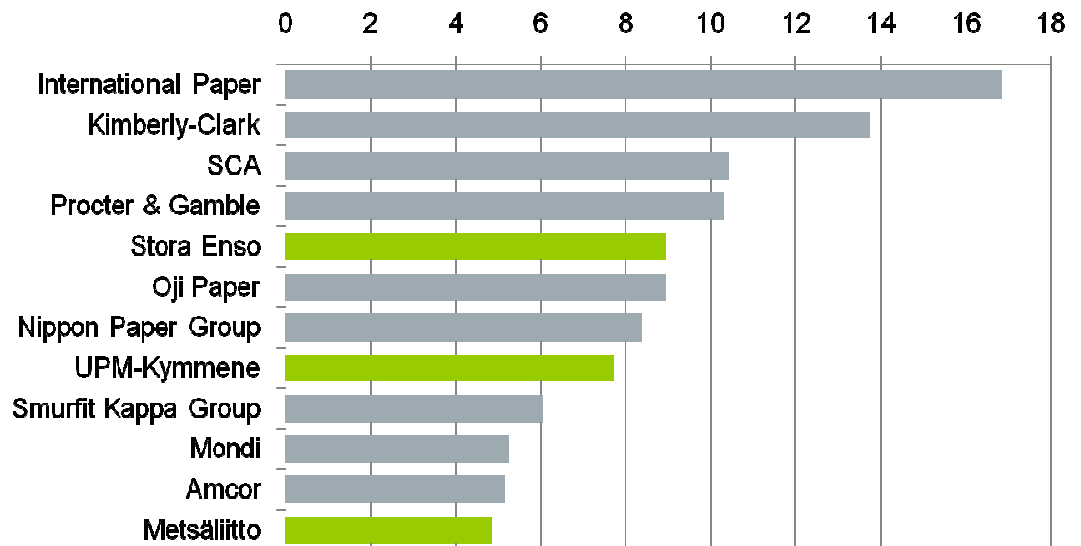
Suomalainen sahateollisuus on kokenut suuria muutoksia aina 1500-luvulta tähän päivään asti. Suurimpana muutoksena on tietenkin tekniikan kehittyminen. Suomalaiset sahat ovat olleet hyvin mukana tekniikan kehittämisessä, mikä on mahdollistanut sen, että suomalaiset sahat ovat tänä päivänä hyvin arvostettuja ympäri maailmaa. Myös suomalaiset saha-, sellu- ja vanerilaitosten rakennuttajat, kuten Raute, ovat hyvin arvostettuja maailmalla. Tekniikan kehittyminen ja maailman markkinoiden kehitys on aiheuttanut sen, että pienemmät sahat ovat väkisin jääneet suurien sahojen jalkoihin. Ensimmäisen maailmansodan aikoihin Suomessa

oli noin 600 toimivaa sahalaitosta. Tuotannon kehittyessä jouduttiin tilanteeseen, jossa pienempien sahojen oli pakko fuusioitua suurempien sahojen kanssa jotta, tuotanto saatiin vastaamaan asiakkaiden vaatimusta.

Nykyään sahat jaetaan karkeasti kahteen eri kategoriaan: piensahoihin ja teollisuussahoihin. Piensahojen vuosittainen tuotantomäärä on alle 10 000 m³ (Metla 2011b). Teollisuussahojen tuotanto puolestaan ylittää tämän 10 000 m³:n rajan. Vielä vuonna 1998 Suomessa toimi 2374 sahaa, josta teollisuussahoja oli Suomessa vain 151 kappaletta (Metla 2011a). Nykyään teollisuussahoja on Suomessa noin 170 kappaletta, kun samaan aikaan sahojen kokonaismäärä on laskenut huomattavasti. Tuotantomäärät eivät kuitenkaan ole laskeneet samaa tahtia sahojen määrän kanssa. Tämä tarkoittaa sitä, että jäljellä olevat sahat ovat suurentaneet tuotantokapasiteettiaan, mikä tukee teoriaa, jossa pienemmät sahat ovat joutuneet fuusioitumaan isompien yritysten kanssa. Suomen kolme suurinta metsäteollisuusyritystä mahtuvat myös maailman 12 suurimman metsäteollisuus yrityksen joukkoon (kuvio 3). (Metsäteollisuus 2011b.)

TAULUKKO 1. Suomen sahatuollisuusyritysten määrän muutos 2000–2008. (Metla 2011a).

Vuosi	Yrityksiä	Toimipaikat	Palkattu henkilöstö	Liikevaihto 1000 €
2000	1242	1294	9 794	3 006 016
2001	1175	1229	9 016	2 814 245
2002	1159	1220	8 835	2 901 354
2003	1129	1178	8 585	3 025 093
2004	1099	1151	8 296	3 016 596
2005	1076	1130	7 793	2 908 359
2006	1025	1076	7 581	3 149 746
2007	1030	1094	7 809	3 538 108
2008	990	1033	7 242	2 736 070
Muutosprosentti 2000–2008	-20,29	-20,17	-26,06	-8,98



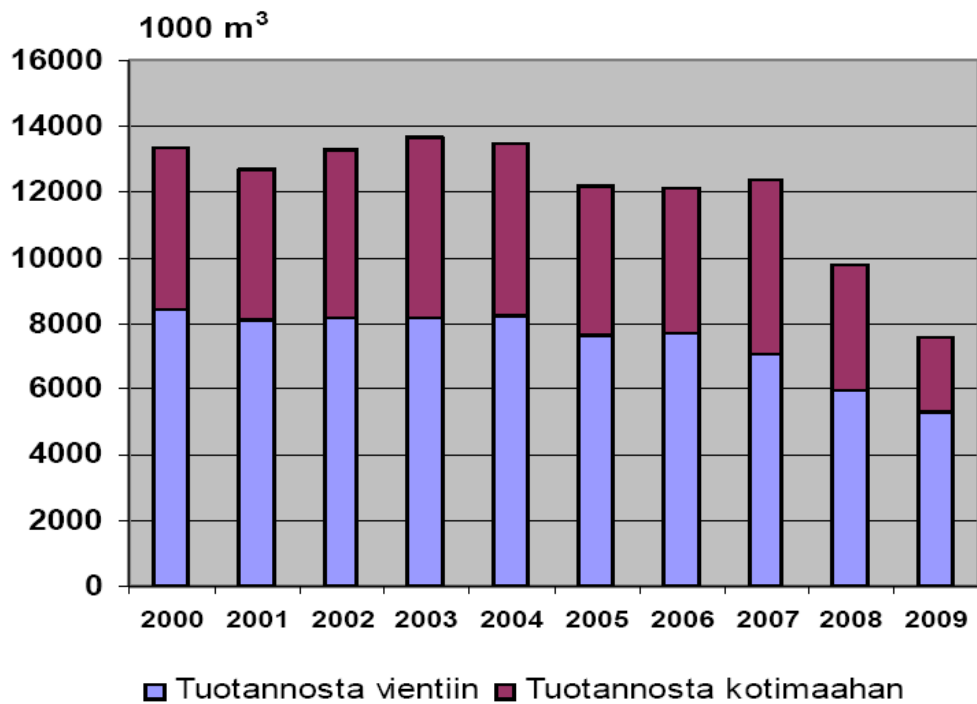
KUVIO 3. Maailman suurimmat metsäteollisuusyritykset, liikevaihto miljardia €. (Metsäteollisuus 2011b).

Tämä sahojen nykyinen kehitystahti on johtanut siihen, että kouluissa käytettävät opetusmateriaalit laitteistojen kohdalta vanhentuvat nopeasti, ja tämän vuoksi olen itse tutkinut modernia sahatekniikkaa ja luonut niiden pohjalta opintomateriaalin ammatti- sekä ammattikorkeakoulujen käyttöön.

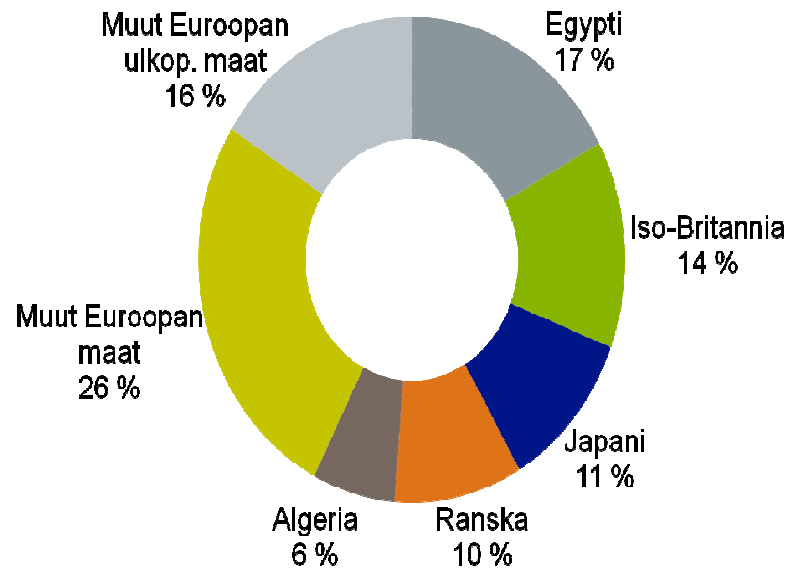
3.2 Sahatavaran vienti 2000-luvulla

Sahatavaran vienti on aina ollut tärkeä osa Suomen sahateollisuutta. Suomi oli 2000-luvun alussa maailman kolmanneksi suurin vientimaa. Kuten kaikkeen muuhunkin, myös vientiin on vaikuttanut suuresti maailman markkinakriisi, joka on pudottanut Suomen viennin reilusta 8 milj.m³:stä aina reiluun 4,5 milj.m³:iin (kuvio 4). Pääosa Suomen viennistä sijoittuu Länsi-Eurooppaan, jonne viedään noin puolet Suomen viennistä. Tärkein yksittäinen maa Euroopassa on Iso-Britannia, jonne vietiin vuonna 2009 14 % Suomen kaikesta viennistä. Muita suuria vientimaita ovat Japani sekä Egypti jonka osuus Suomen viennistä oli jopa 17 %. (Kuvio 5.) (Metla 2011a.)

Japanin tämänhetkinen kriisi tulee vaikuttamaan lähitulevaisuudessa merkittävästi Suomen sahatteollisuuden vientilukemiin. Japanissa arvostetaan puurakentamista ja tämän vuoksi Japaniin on viety 11 % Suomen viennistä, mutta tämä lukema tulee todennäköisesti ainakin hetkellisesti nousemaan Japanin uudisrakentamisen myötä. Suomen sahojen tulee myös osata varautua tähän, jotta vientiin saadaan mahdollisimman paljon tavaraa.



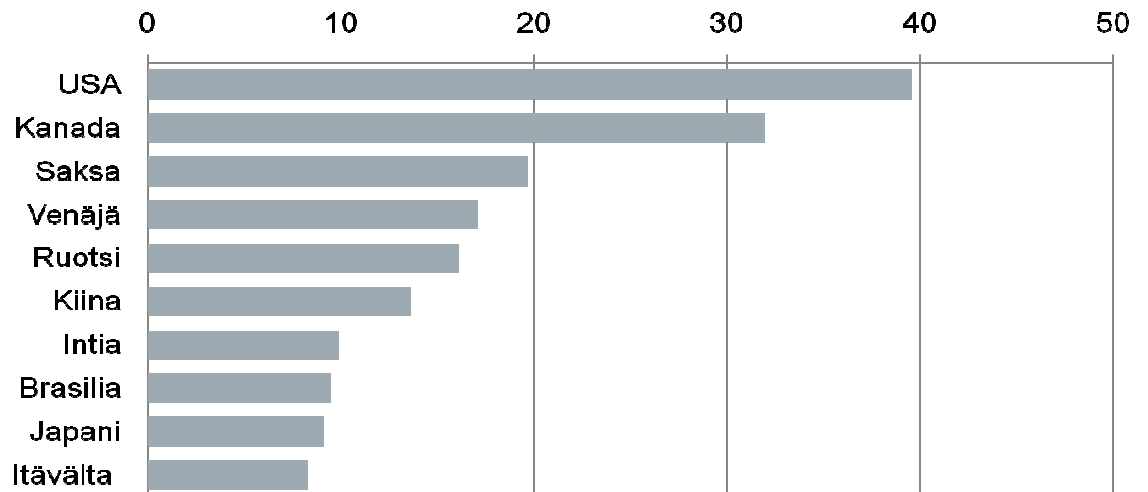
KUVIO 4. Suomen sahatteollisuuden viennin osuus sahatavaratuotannosta (Metla 2011a)



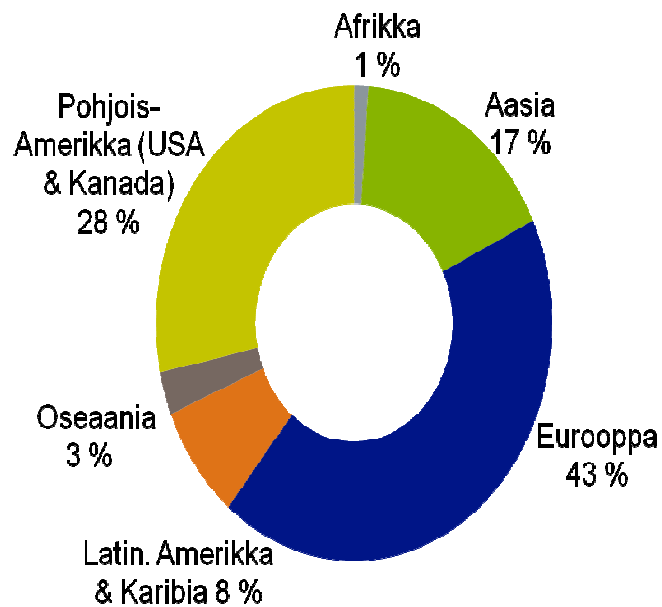
KUVIO 5. Suomen viennin osuudet maittain (Metsäteollisuus 2011b)

3.3 Sahateollisuus ulkomailla

2009 vuonna maailmassa tuotettiin yhteensä havusahatavaraa 252 milj.m³. Näistä 43 % tuotettiin Euroopassa. Suurin yksittäinen tuottaja maa oli Kanada, jonka tuotanto hipoi lähes 40 milj.m³. Suurin eurooppalainen tuottajamaa oli Saksa vajaalla 20 milj.m³ (kuva 6). Suomi oli sijalla 11 noin 8 milj.m³ tuotannollaan. Eurooppa puolestaan mantereena on maailman suurin havusahatavaran tuottaja 43 %:n osuudella maailman tuotannosta (kuvio 7). (Metsäteollisuus 2011b).

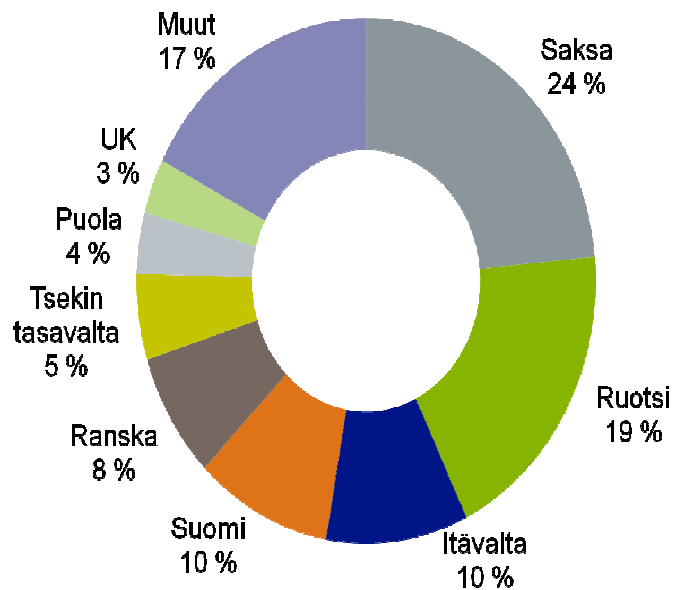


KUVIO 6. Maailman suurimmat havusahatavaran tuottajamaat. (Metsäteollisuus 2011b)



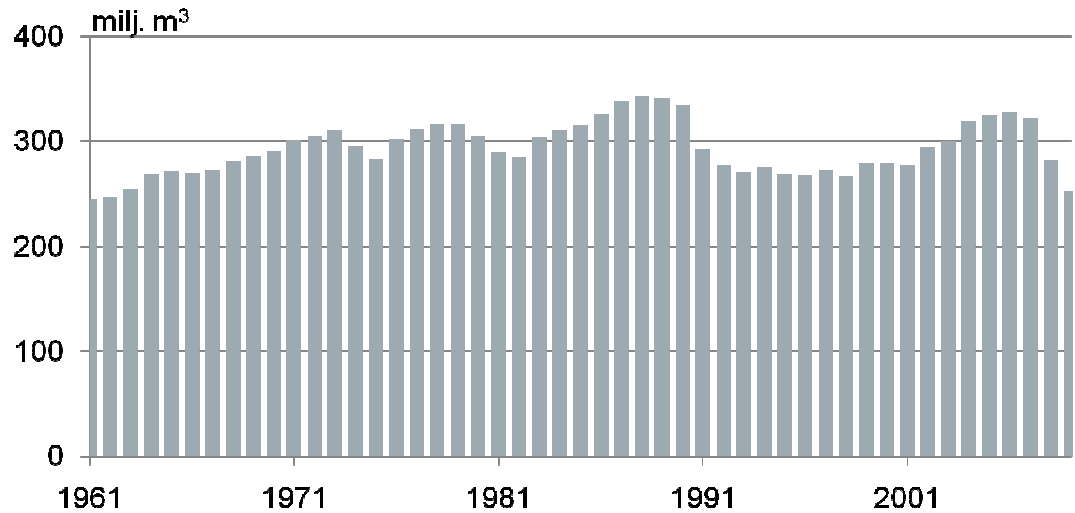
KUVIO 7. Mannerten osuudet havusahatavaran tuotannosta (Metsäteollisuus 2011b)

EU-maista Suomi oli neljänneksi suurin tuottaja havusahatavarassa (kuvio 8). Edelle ylsivät vain Saksa, Ruotsi ja Itävalta. EU:n alueella tuotettiin vuonna 2009 noin 83 milj.m³ havusahatavaraa. Tämä oli 12 % vähemmän kuin vuoden 2008 vastaava tulos. (Metsäteollisuus 2011b.)



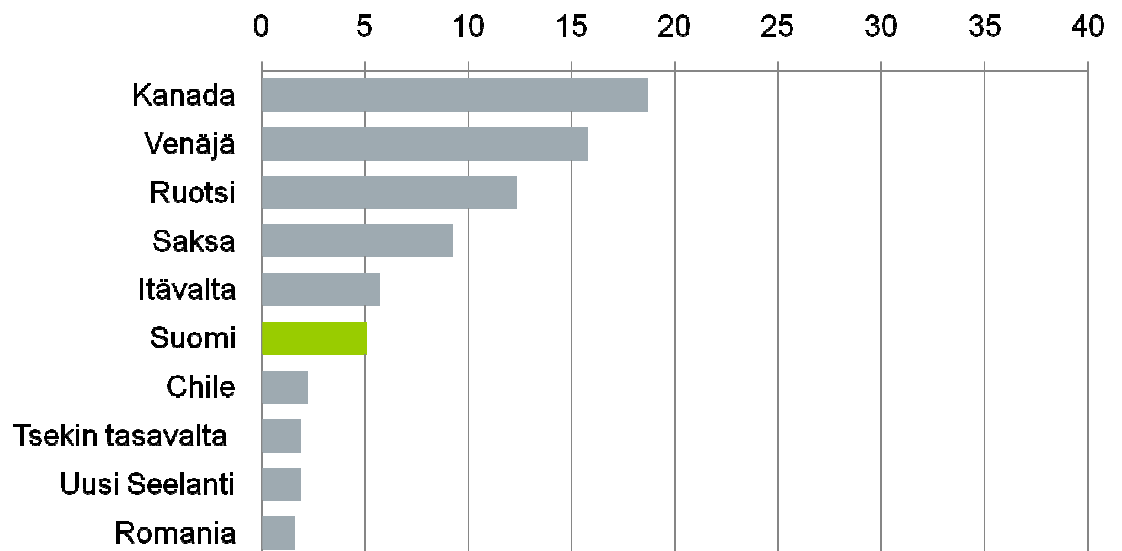
KUVIO 8. EU:n alueiden havusahatavaran tuotanto osuudet (Metsäteollisuus 2011b)

Koko maailman havusahatavaran tuotannossa näkyy samanlainen trendi kuin myös Suomen sahateollisuudessa. 2000-luvun lopussa tuotanto ympäri maailmaa on pienentynyt (kuvio 9). Tämä johtuu kansainvälisestä markkinakriisistä, joka on vaikuttanut hyvin voimakkaasti maailman sahateollisuuteen. Vuonna 2009 sahataravaa tuotettiin maailmassa 11 % vähemmän kuin edellisenä vuonna. (Metsäteollisuus 2011b.)



KUVIO 9. Maailman sahateollisuuden tuotantomäärät (Metsäteollisuus 2011b)

Myös maailman vienti koki notkahduksen 2000-luvun lopussa. Suurin vientimaa oli Kanada, joka vei noin 18 milj.m³ tuottamastaan havusahatavarasta. Suomi sijoittui tällä listalla kuudenneksi vietyään noin 5 milj.m³ (kuvio 10). Edellä olivat Euroopan maista samat, jotka myös tuottivat enemmän kuin Suomi. (Metsäteollisuus 2011b.)



KUVIO 10. Maailman suurimmat havusahatavaran viejämaat (Metsäteollisuus 2011b)

3.4 Suomen sahateollisuuden uhkakuvat

Suomen sahateollisuus on hyvin riippuvainen viennin osuudesta. Jos puuta ei saa vietyä maailmalle, saattaa se pahimmassa tapauksessa pysäyttää osan Suomen sahoista. Nyt viimeisimpänä Suomen vientiin vaikuttanut asia on Pohjois-Afrikan poliittiset konfliktit, jotka katkaisivat Egyptin viennin kokonaan. Tällä on ollut suuri hetkellinen vaikutus sahateollisuuteen, sillä Egyptiin viedään vuosittain jopa 17 % Suomen kaikesta sahateollisuuden viennistä (kuvio 5). (Arabimaiden kuohunta vaikeuttaa sahatavaran vientiä 2011)

Myös euron vahva kurssi heikentää Suomen asemaa sahatavarakilpailussa. Sahatavaran suuret tuottajamaat, kuten Yhdysvallat ja Kanada, pystyvät tarjoamaan halvempaa sahatavaraa markkinoille kuin Suomi. Niin kauan kuin euro on kalliimpaa kuin dollari, on myös sahatavaran ostaminen Euro-alueelta kalliimpaa. Pohjois-Amerikan selvä etu sahateollisuudessa tällä hetkellä on dollarin halpa hinta.

Myös Venäjällä on suuri asema Suomen sahateollisuudessa. Suomen sahat ovat hyvin riippuvaisia Venäjältä tuotujen puiden määrästä. Tämä myös pitää suomalaisen puutavaran hinnan kohtuullisena. Venäjän puutullijärjestelmä saisi pahimmillaan sen aikaan, että Suomessa sahattujen puiden hinnat nousisivat niin paljon, että niiden vienti maailmalle pysähtyisi lähes täysin.

3.4 Sahateollisuuden tulevaisuuden näkymät

Suomen sahateollisuudella on mennyt vahvasti aina viime vuosiin asti (kuvio 9). Sahateollisuus on suhdanneherkkä ala, ja sen menestyminen on vahvasti sidoksissa maailman yleiseen markkinatilanteeseen. Tällä hetkellä sahateollisuudella on vaikeaa. Suomi on menettänyt markkinaosuuksiaan muun muassa Saksalle ja Itä-Euroopan maille, jotka pystyvät tuottamaan raaka-aineita huomattavasti halvemmalla kuin Suomi. Suomi voi kilpailla vain laadulla Itä-Euroopan maita vastaan.. Tällä hetkellä kuitenkin hinta ratkaisee, ja sen vuoksi viime vuosien aikana Suo-

nessa on jouduttu pysäyttämään ja jopa lopettamaan sahalaitoksia yleisen markkinatilanteen vuoksi. (Törmä, Reini & Määttä 2010.)

Metla on ennustanut, että havusahatavaran vienti tulee pienenemään noin 2 milj.m³, mutta kotimaan kulutus tulisi pysymään suunnilleen samana. Tämä tarkoittaisi sitä, että Suomen sahatavaran tuotannon määrä tulisi vakiintumaan noin 10 milj.m³:iin vuodessa. (Törmä ym. 2010.)

Tuotanto ei kuitenkaan ala kehittyä ennen kuin nykyinen talouskriisi saadaan nurjettua. Rakennusteollisuuden elpyminen on yksi suurimmista vaikuttajista, jolla saataisiin herätettyä kotimaan markkinoita henkiin. ETLA onkin ennustanut, että rakennusteollisuus lisääntyy vuonna 2011 8 % ja vuonna 2012 6 %. Tämän ennustuksen mukaisesti lama saataisiin ohitettua nopeasti. (Törmä ym. 2010.)

Hetemäki ja Hänninen ovat tehneet taulukon (taulukko 2), jossa selvitetään eri muutoksien vaikutuksia Suomen sahatavaran kehitykseen. Tärkeimmäksi yksittäiseksi tekijäksi sahatavaran kasvulle tulevaisuudessa mainitaan puun käyttökohteiden lisääminen rakennusteollisuudessa. (Rautanen 2009)

Taulukko 2. Puutuoteteollisuuden tulevaisuuden tekijöitä (Rautanen 2009)

Muutokset jotka nostaisivat tuotanto- ja puunkäyttölukuja	Muutokset, jotka laskisivat tuotanto- ja puunkäyttölukuja
Talouslama jäisi lyhyeksi ja vientimarkkinat sekä tuotteiden hinnat selvään kasvuun jo 2009 - 2010 vaihteessa.	Talouslama jatkuu vielä 2010 - 2011. Vientikysyntä ja tuotteiden hinnat selvästi viime vuosia alhaisempia, tukkien hinnat lähtisivät nousuun.
Puutuotteiden käyttö rakentamisessa sekä muissa käyttökohteissa kasvaisi aiempaa trendikehitystään voimakkaammin.	Korvaavat rakennus- ja muut materiaalit kuten sementti, teräs, alumiini, ym., syrjäyttäisivät puutuotteita Euroopan markkinoilla.
Puutuotteiden vienti Aasian kasvaville markkinoille lähtisi nousuun.	Puutuotteiden vienti alenisi merkittävästi Japaniin ja Pohjois-Afrikkaan.
Euron valuuttakurssi heikkenee selvästi ja useaksi vuodeksi suhteessa USA:n ja Kanadan dollariin sekä Ruotsin kruunuun (tai Ruotsi siirtyisi euron käyttöön)	Euron valuuttakurssi vahvistuu selvästi ja useaksi vuodeksi suhteessa USA:n ja Kanadan dollariin sekä Ruotsin kruunuun.
Puutuoteteollisuudessa investoidaan merkittävästi uusiin tuotteisiin, palveluihin ja kehitetään viestintätapoja. Lisätään palvelua rakennusliikkeille ja kotitalouksille, kehitetään edelleen neuvontaa ja tiedotusta eri tuotteiden käytöstä ja soveltuvuudesta eri käyttökohteisiin. Huomioidaan kierrätys. Etsitään kohteita, joissa voidaan entistä enemmän tuoda esille puun ekologisuutta ja hyviä ominaisuuksia. Tehostetaan viestintää kansalaisten mielipiteen saamiseksi entistä myönteisemmäksi puun käytölle. Liitetään entistä enemmän viestintään mukaan myös suomalainen metsä, sen merkitys, hoidon ja käytön tavoitteet, kestävyys, ekologisuus, kulttuuri, monikäyttö, jne.	Puutuoteteollisuus pakenee Suomesta Venäjälle ja Baltiaan, joissa on jo suomalaisomisteista kapasiteettia.

4 MODERNI SAHATEKNIikka

4.1 Apteeraus

Puiden lajittelu sahatavaraksi alkaa jo metsästä. Nykyaikaiset harvesterit pystyvät lajittelemaan puita sahatessaan (kuvio 11). Kaatopäässä sijaitsevissa karsintaterissä on asennettuna tarkat anturit, jotka ilmoittavat tietokoneelle puun halkaisijan. Tietokone jakaa tukkipuun kymmenen senttimetrin lohkoihin ja laskee tuolla matkalla halkaisijan keskimittan. Näin saadaan selville ennuste puun mitasta ja tietokone pystyy suunnittelemaan sahausket. Ennuste perustuu leimikolla aiemmin hakattujen saman puulajin runkojen runkomuotoihin sekä käsiteltävän rungon jomitattuun osaan. Tämä ei kuitenkaan poista koneen käyttäjää kokonaan, vaan viimekädessä sahauspäätöksen tekee harvesterinkuljettaja, jolle tietokone ehdottaa kyseisen sahausket. (Vilkman 2010.)

Harvesterinkuljettaja pystyy myös olemaan jatkuvassa yhteydessä esimerkiksi sahan kanssa, esimerkiksi mahdollisista pituusmuutoksista. Lisäksi järjestelmä on kytketty satelliittijärjestelmään, jolloin kuljettaja tietää jatkuvasti oman olinpaikkansa ja pystyy GPS:n avulla seuraamaan mahdollisia esteitä maastossa. (Vilkman 2010)



Kuvio 11. Nykyaikainen harvesteri. (Vilkman, H. 2010)

Apteerauksella itsellään tarkoittaa puun runkojen katkaisukohtien määrittämistä, ottaen huomioon laatu- ja mittavaatimukset. Nämä vaatimukset on syötetty metsäkoneen tietokonejärjestelmään arvomatriisitaulukkona, josta kone itse laskee kannattavimmat sahaukset. Yleisesti käytetään kahta eri apteerausmenetelmää: arvo- ja jakauma-apteerausta. (Vilkman 2010.)

Arvoapteerauksen perusperiaate on, että arvokkainta puuta pyritään tuottamaan eniten. Matriisitaulukko on lisätty jokaiselle mitalle hinta, jota tietokonejärjestelmä pyrkii hyödyntämään siten, että sahaus olisi mahdollisimman tuottoisaa. Periaatteena on siis, että kalleinta puuta sahataan aina ensin ja eniten. (Vilkman 2010.)

Jos asiakkaalla on tarkat määrä vaatimukset tietyn mittaisesta puusta, käytetään tällöin hyväksi jakauma-apteerausta. Tällöin matriisitaulukko on lisätty hintojen tilalle kappalemäärät. Tietokone laskee jokaisen kappaleen ja vertaa sitä matriisitaulukossa olevaan lukuun. Kun luku on täyttynyt, ei saha enää sahaa kyseisen pituista tukkia, vaan siirtyy seuraaviin kokoihin. (Vilkman 2010)

4.2 Tukkilajittelu

Tukkien saavuttua sahalaitoksille ne pitää lajitella pituuksien ja latvaläpimitan mukaisesti, jotta sahaus onnistuisi mahdollisimman tehokkaasti, eikä aikaa kuluisi asetteiden jatkuvaan vaihtamiseen. Ennen lajittelu suoritettiin käsin ja silmävaraisesti. Nykyajan korkeat laatuvaatimukset ovat johtaneet siihen, että sahoilla on entistä enemmän käytössä kehittyneitä tukkien mittausjärjestelmiä, joiden avulla tukeista saadaan entistä tehokkaammin selville kaikki viat jo tukkilajitteluvaiheessa. Tämä varmistaa sen, että sahalaitosten tuotanto on entistä laadukkaampaa ja oikean laatuiset tukit voidaan sahata niille sopiviin tarkoituksiin. (LIITE 1.)

4.2.1 Valorampit

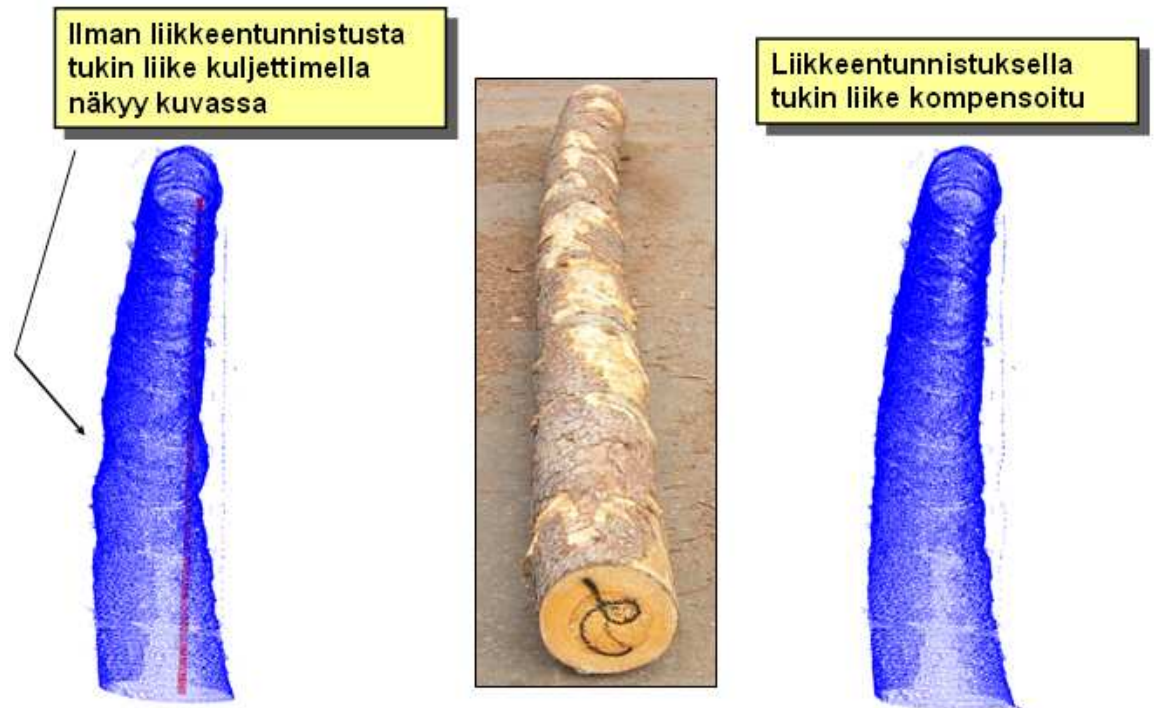
Valorampit ovat halvin vaihtoehto tukkilajittelun suorittamiselle. Niiden pääsääntöiset markkinat ovat Venäjällä. Valorampissa tukit mitataan perinteisten valokennojen avulla, jossa valo heijastetaan tukkiin, joka muodostaa tulevan varjon avulla tukille muodon. Läpimitta mitataan kahdesta tai kolmesta suunnasta. Valoramppien mittatarkkuus on ± 1 mm. Lisäksi tukin pituus mitataan pulssiantureilla ja valokennoilla. Näillä saadaan mittatarkkuudeksi noin 1 cm. Valorampeilla ei kuitenkaan saada yhtä tarkkaa lopputulosta pinnan muodoista kuin 3D-tukinmittauksella saavutetaan. Sen avulla ei esimerkiksi saada selville puun lenkoutta tai soikeutta. Tämän vuoksi tätä teknologiaa ei juuri käytetä Suomen saha-teollisuudessa. (Virta 2010.)

4.2.2 3D-tukinmittaus

3D-tukinmittaus suoritetaan laseria ja digitaalikameraa hyväksi käyttäen. Normaaliversiossa laitteistoon kuuluu kolme laseria ja kolme nykyaikaista digitaalikameraa. Tämä riittää kuvaamaan koko tukin pinnan. Laser mittaa tarkasti tukin pinnan muotoja, jolloin saadaan luotua tukista tarkka mallinnus, joka avulla tukki voidaan lajitella haluamallaan tavalla. Laserin ja digitaalikameroiden kuvat on yhdistetty suoraan lähiverkkoon. Tämän ansiosta saadaan tietokoneen ruudulle reaaliaikaista kuvaa tukeista. Lasereita voidaan lisätä tarpeen mukaan, jolloin myös mittatarkkuus paranee. (Sipi 2009.)

Mittatarkkuus 3D-tukinmittauksessa on huomattavasti tarkempi kuin valorampilla. Tätäkin voidaan vielä tarkentaa liikkeentunnistimen avulla. Tällöin laitteistoon lisätään kolme laseria lisää, noin sentin päähän edellisistä lasereista. Nämä laserit mittaavat, onko tukki mahdollisesti päässyt liikkumaan mittauksen aikana. Jos tukki kuitenkin liikkuu mittauksen aikana, korjaa se mahdolliset virheet automaattisesti tietokoneen ruudulle (kuvio 12). Liikkeen tunnistin minimoi virheiden määrän 3D-mallennuksessa ja näin ollen tehostaa tuotanto. Hinnaltaan 3D-laitteisto on

noin kaksi kertaa kalliimpi kuin valoramppilinjasto. Kuitenkin lajittelulaadultaan se on monin verroin tarkempi kuin valoramppilajittelu. (Virta 2010.)



Kuvio 12. Liikkeen tunnistimen vaikutus kuvattavaan tukkiin (Virta, J. 2010)

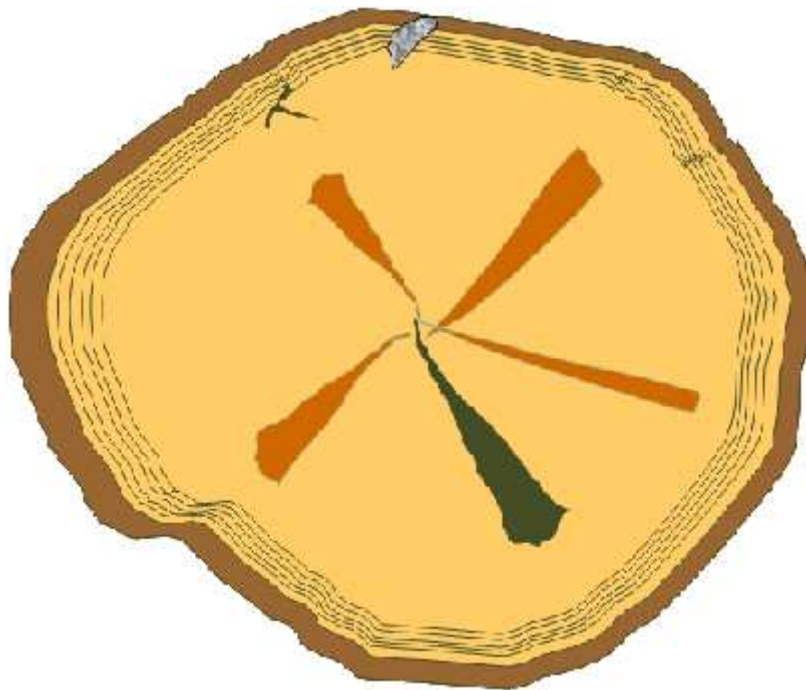
4.2.3 Röntgen

Kehittynein tukinmittausjärjestelmä on röntgen. Röntgenin avulla saadaan selvitettyä tukeista pienimmätkin viat, jotka voivat heikentää valmiin tuotteen laatua. Laitteen ansiosta saadaan tuotettua täysin oikeanlaista tuotetta oikeaan käyttöön. Ennen röntgenlaitetta on tukkien lajittelussa jäänyt kokonaan huomioimatta tukki-
ne sisäiset ominaisuudet. Röntgenillä saadaan tukista helposti selville sen tiheys, oksien laatu, tarkka muoto ja halkaisija, vuosirenkaat sekä se, sisältääkö tukki metallia tai kiviä (kuvio 13). Röntgenlaitte muodostaa tukista kolmiulotteisen kuvan (Kuvio 14) (Kari 2009.)

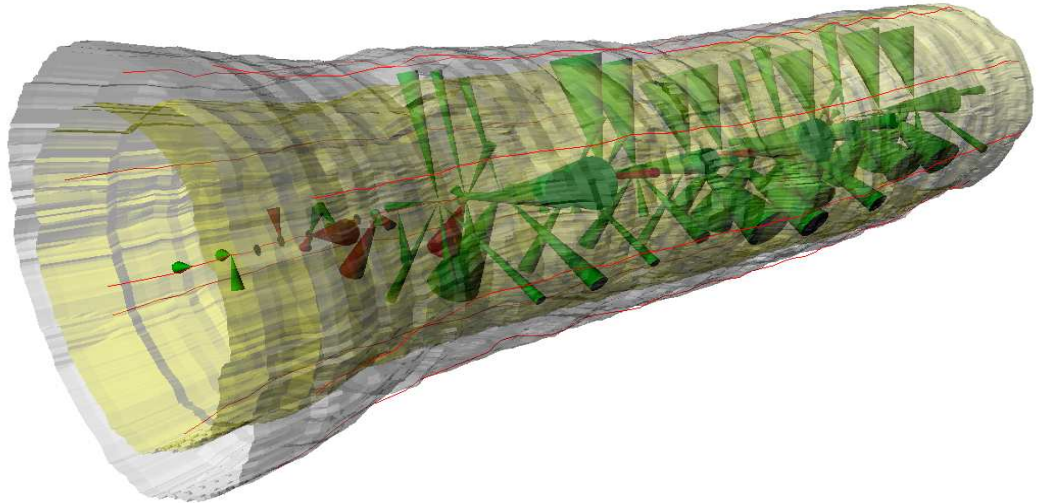
Röntgen perustuu säteiden absorbtion aineeseen. Röntgenputkesta lähetetään tutkittavaan kohteeseen viuhkamainen säde, joka tunkeutuu tukin läpi muodostaen

kuvan sen sisällöstä. Mittaukset suoritetaan yleensä aina 1–4 suunnalta. Mittauksen tarkkuus ja laatu on suoraan verrannollinen tukkiin kohdistettavien röntgensäteiden määrään. (Sipi 2009.)

Röntgenlaitteisto liitetään aina osaksi 3D-tukinmittauslinjaa, jolloin laserit mittaavat tukin muotoa ja röntgen tukin sisältöä. Tällöin saadaan aikaiseksi mahdollisimman tarkka kuva tukista ja sen sisällön laadusta. Hinnaltaan röntgenlaitteisto on selvästi muita menetelmiä kalliimpi. Se maksaa noin 15 kertaa enemmän kuin pelkkä 3D-linjasto. Kuitenkin röntgenlaitteiston takaisinmaksuaika on todella lyhyt. Se maksaa itsensä takaisin 6–12 kuukaudessa. Lisäksi röntgenlaitteisto laskee tuotantokuluja 15–20 % ja nostaa laatua 30–50 % ellei jopa enemmänkin. (Kari 2009.)



KUVIO 13. Röntgenin löytämät virheet tukista (Virta 2010)



KUVIO 14. Röntgenin visualisointi (Kari 2009)

4.3 Postaus

Postauksella tarkoitetaan sahaus asetteensuunnittelua. Nykyaikaisissa sahoissa asetteen suunnittelun hoitavat tietokoneet, jotka on kytketty erilaisiin antureihin, jotka mittaavan tukin erilaisia ominaisuuksia. Näiden ominaisuuksien perusteella tietokone tekee puulle sahaussuunnitelman, jota noudattamalla saadaan tukeista kaikkein suurin hyöty aikaiseksi.

4.3.1 Yleistä

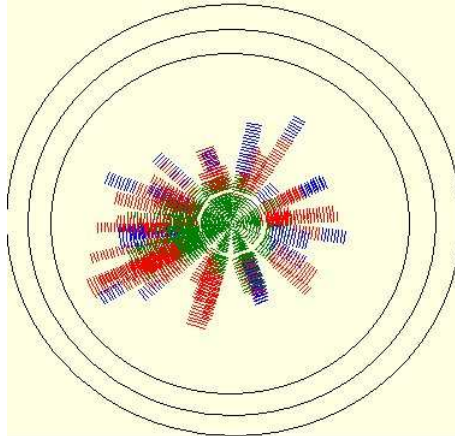
Tavallisesti tukit on lajiteltu ja mitattu etukäteen sahan tukkilajittelulaitoksessa ja ryhmitelty kooltaan ja laadultaan samantyyppisiksi eriksi. Kullekin tukkierälle voidaan tietokoneen sahaussimulaattorihjelmilla kätevästi tehdä niin sanottuja koesahauksia. Tuloksista tärkeimpiä ovat sahatavaran määrän- ja arvonmukainen saanto. Sahatavaran arvon laskeminen edellyttää tietoja siitä, mitä sahatavaralaatu- ja keskimääräisestä tukkierästä tukista syntyy ja niiden hintaa.

Uusi saha saatetaan rakentaa siten, että sillä sahataan täysin lajittelemattomia tukkeja. Varsinkin uudet pikkutukkisahat toimivat näin. Tällöin sahakoneiden asetteiden tulee muuttua tarpeen mukaan eli olla niin sanotusti vaihtuva-asetteisia. Tukki 3D-kuvataan kuljettimella juuri ennen sahausta ja sahausasete muodostetaan automaattisesti tukin mittojen ja sahatavaratarpeen mukaan joka tukille erikseen. Samalla optimoidaan tukin syöttöasento sahaan (esim. lenko tai soikea tukki).

Suomessa tukit yleensä lajitellaan ennen sahausta. Tällöin tukin keskiosasta sahattava keskitavaran (sydäntavaran) paksuus ja leveys ovat ennalta tehdyn postauksen mukaiset. Sen sijaan pintalautojen mitat määräytyvät nykyisin usein jo sahausprosessin aikana tapahtuvan konenäkömittauksen optimoinnin perusteella. Menettely edellyttää profilointiominaisuutta sahakoneilta.

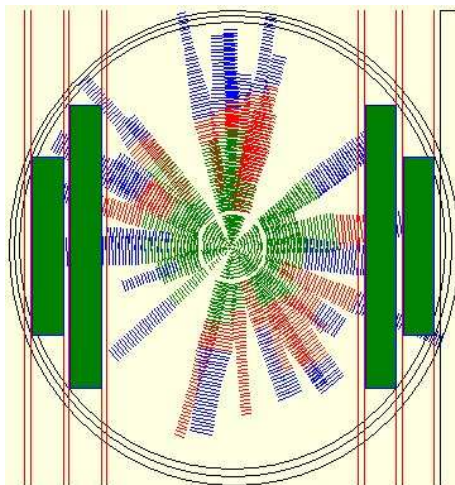
4.3.2 Sahaussimulaattori

Sahaussimulaattorin ensimmäisessä vaiheessa syötetään ohjelmaan tukin tiedot (latvaläpimitta, kartiokkuus ja pituus). Ohjelmalle annetaan myös sahausraon ja tuoremittojen tiedot. Ohjelma muodostaa annettujen tietojen perusteella kuvan postattavasta tukista. Värit ilmoittavat oksien laadun (vihreä=terve, punainen=kuollut ja sininen=osaksi laho). Ympyrät ilmaisevat latva-, keski- ja tyvihalkaisijat. (kuvio 15)



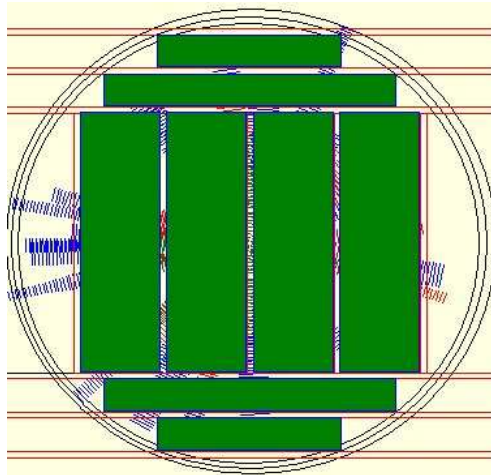
KUVIO 15. Postattava tukki

Toisessa vaiheessa määritetään keskitavaran leveys eli pelkan korkeus ja sivulaudat. Kun pelkan ja sivulautojen paksuudet on syötetty simulaattoriin, laskee simulaattori täyssärmäisten lautojen leveydet ja pituuden, jos ne ei ole tuki pituisia (kuvio 16).



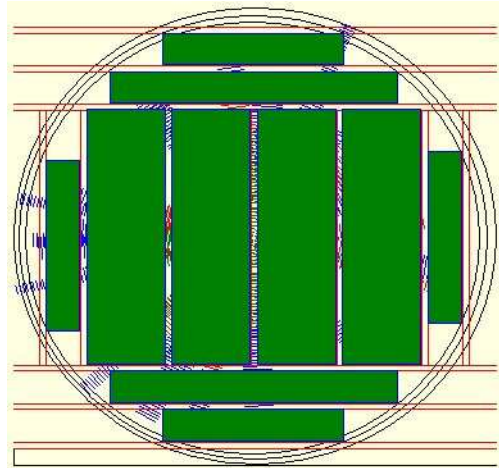
KUVIO 16. Toinen vaihe

Kolmannessa vaiheessa määritetään keskitavaran paksuudet ja kappalemäärät (2 ex log/4 ex log) Näiden tietojen perusteella muodostuu kuva keskitavaran mukaisesti. (kuvio 17)



KUVIO 17. sahauskeskitavaran muodostus 4 ex log:in mukaisesti

Viimeisessä vaiheessa lisätään puuttuvat sivulaudat. Näin saadaan selville tukista tuleva saanto prosentti. normaalisti saanton on keskimäärin 45 %. Kuvion mukainen saanto on erittäin harvinainen, johtuen siitä että asiakkaalle toimitetaan sahatavara tilauksen mukaan, eikä siihen yleensä ole käytettävissä juuri sopivaa tukki- raaka-ainetta. (kuvio 18)



KUVIO 18. postauksen lopputulos

4.3.3 Sahamalli

Sahaussimulaattoreilla voi helposti tutkia lenkouden, tukin soikeuden ja kartiokkuuden vaikutusta saantoon. Voi myös pyrkiä selvittämään hyvälaatuisesta ja heikkolaatuisesta tukkiraaka-aineesta maksettavaa sopivaa hintaa, edellyttäen että syntyvän sahatavaran laatujaakautuman pystyy jostain arvioimaan. Isoimmilla sahoilla on käytössä ns. sahamalli, joka pitää sisällään runsaasti tietoa sahalle tulleista tukeista, tukkilajittelun tukkiluokista ja niiden laatujaakautumista sekä tuotetusta sahatavarasta ja sen laatujaakautumasta, syntyneestä purusta ja hakkeesta sekä voimassa olevat hintatiedot.

Sahamallin avulla voidaan tilauksiin valita sopivimmat käytettävissä olevat tukkiluokat ja parhaat simulaattorilla tuotetut asetteet. Metsässä työskentelevälle hakkuukoneelle lähtee myös tiedot asiakastilauksia varten tavoiteltavista tukeista, jos niitä ei ole vielä sahalla.

4.4 Särmäys

Särmäyksen periaatteena on poistaa vajaasärmä sahauksessa syntyneistä sivulauta-

aihiosta. Vajaasärmä poistetaan kokonaan tai osittain riippuen halutusta laadusta. Särmäys pyritään myös tekemään niin, että lauta-aihiosta saataisiin paras mahdollinen korvaus. särmäyksen lopputuotteena syntyy purua, haketta ja lauta, joiden kaikkien hinta vaikuttaa lopulliseen särmäykseen. (Sipi 2006, 88–90.) (LIITE 2)

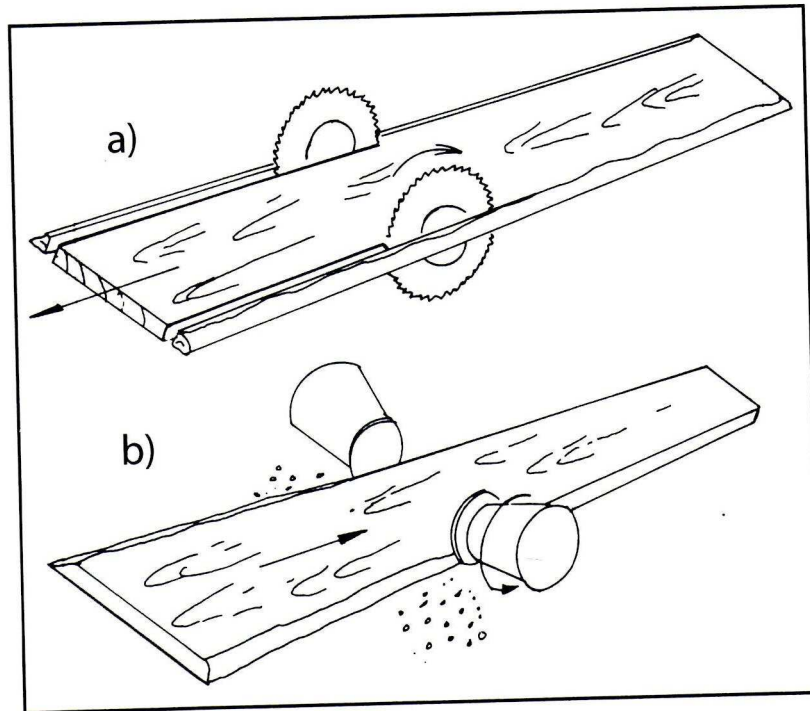
4.4.1 Särmäyskone

Särmäyskone toimii yleensä kahdella pyörösahalla tai särmäyskursolla. Terät ovat säädettäviä, joten laudan paksuutta voidaan säädellä helposti. Pyöröteriä käytettäessä syntyy laudan oheistuotteena purua ja rimaa, joka voidaan erillisellä hakettimella hakata hakkeeksi. Jos käytetään särmäyskursoja, syntyy oheistuotteeksi vain haketta, koska kurso hakettaa poisajettavan osan suoraan. (kuvio 19) (Sipi 2006, 88–90.)

Särmäyskoneita on kolmea erilaista. Manuaalisärmäyksessä kaikki toiminta tapahtuu särmääjän toimesta. Särmääjä määrittää aihiolle laadun sekä halutun leveyden. Lisäksi hän myös keskittää ja syöttää aihion särmäyskoneeseen. Puoliautomaattisärmäyksessä eroa manuaalisärmäykseen on se, että kone hoitaa aihion keskittämisen ja syöttämisen särmäyskoneeseen. Automaattisärmäys on täysin automatisoitu. (Sipi 2006, 88–90.)

4.4.2 Automaattisärmä

Särmäystekniikka on kehittynyt niin tehokkaaksi tänäpäivänä, että ihmisen ainut tehtävä on määrittää automaatille laudan maksimilaatu ja muut perustiedot joita sahauksessa tarvitaan. Särmäyksessä käytetään hyväksi kameratekniikkaa. Särmäaihiot ajetaan kameran lävitse, joka antaa aihiolle laadun sekä optimoi leveyden ja suuntauksen. Tämän jälkeen aihio syötetään saatujen arvojen mukaisesti särmäsaahan lävitse. (Virta 2010.)



KUVIO 19 Särmäys pyöröterällä ja hakettimella (Sipi 2006, 89)

4.5 Tuore- ja kuivalajittelu

Tuorelajittelussa sahatavara lajitellaan karkeasti laatu- ja pituusluokkiin ennen sahatavaran kuivausta. Tämä lajittelu suoritetaan siksi, että kuivaus suoritetaan erilailla korkea- ja huonolaatuisten sahatavaroiden välillä. Laadukkaat sahatavarat kuivataan hitaasti, kun taas heikommat kappaleet kuivataan nopeasti. Tämä myös mahdollistaa sahatavaran kuivauksen suoraan sen käyttötarkoituksenmukaiseen kuivuuteen. (Lukander 2010.)

Kuivalajittelu suoritetaan heti kuivauksen jälkeen. Tässä vaiheessa sahatavarasta mitataan niin kosteus kuin kuivauksen aikana ilmenneet virheet, kuten halkeamat ja vääntymiset.

Finscanin kehittämä Boardmaster (kuvio 20) on uusinta teknologiaa lajittelun saralla, sitä käytetään niin tuore- kuin kuivalajittelussakin. Se suorittaa lajittelun nykyaikaisilla viivakameroilla, joilla virheiden havaitseminen on huomattavasti

tarkempaa kuin ihmissilmällä. Havainnointi on myös monta kertaa nopeampaa ja siksi myös tehokkaampaa kuin ihmisillä. Tiedonsiirto kameran ja tietokoneen välillä suoritetaan valokuitukaapelilla, joka takaa tiedon nopean ja varman liikkumisen laitteiden välillä. Boardmasterilla voidaan parhaimmillaan lajitella 100 kappaletta lautoja minuutissa. (Lukander 2010.)



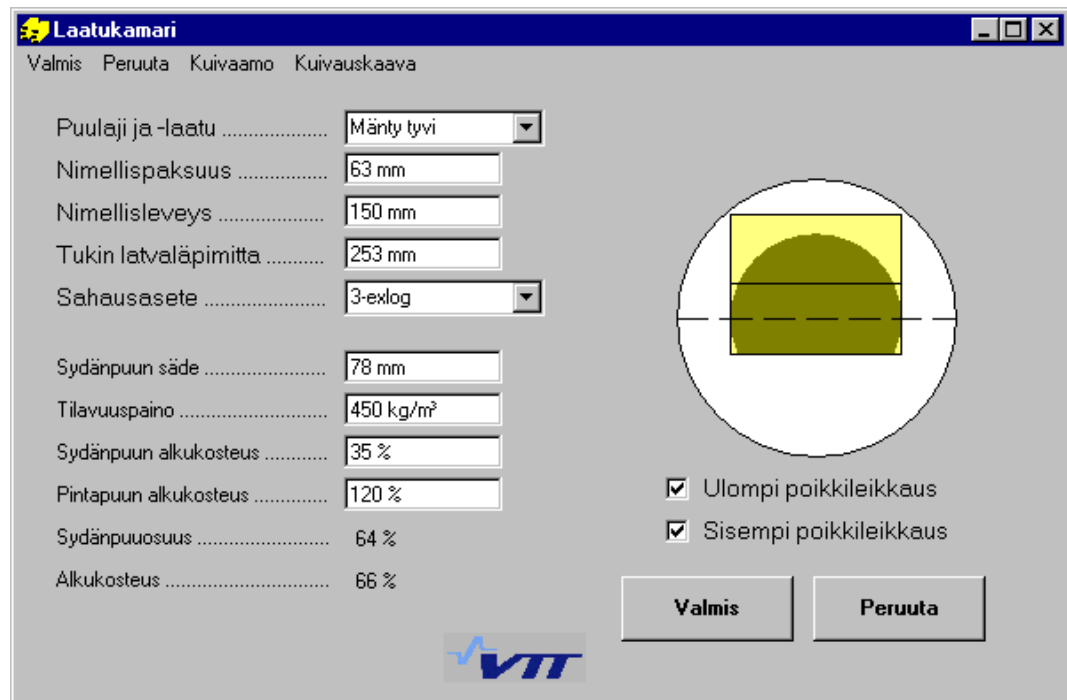
KUVIO 20 Boardmasterin kamerapää (Lukander 2010)

4.6 Kuivauksen simulointi

Kuivauksen simulointi on helpottanut kuivaussuunnittelua huomattavasti. Suomalaiselle sahateollisuudelle kehitetty Laatukamari ohjelmisto on mahdollistanut sen, että voidaan entistä tarkemmin perehtyä etukäteen siihen, miten eri sahatavarat reagoivat kuivaukseen. Suurin yksittäinen tekijä, mikä alentaa sahatavaran arvoa on kuivaushalkeamat. Tätä varten VTT on kehittänyt laatukamari-ohjelman, minä avulla on pyritty pääsemään eroon kuivaushalkeamista. Laatukamariohjelmisto simuloi kamarikuivaamon kuivauksen tietyllä kuivauskaavalla ja kertoo simuloinnin jälkeen kuivauksen laadun. Ohjelmassa kuivauksen laatuun vaikuttavia tekijöitä ovat loppukosteus, kuivumisjännitykset ja sahatavaran pinnan halkeilu, kosteusgradientti sekä kosteuden keskihajonta. Ohjelma on tehty pääasiassa sahatavaran kuivauksen simulointiin

Kuivauksen simulointi aloitetaan tarvittavien lähtötietojen asettamisella ohjelmaan (kuvio 21). Ohjelma laskee annettujen tietojen perusteella tukin sydänpuu-

osuuden sekä alkukosteuden. Laskussa käytetään hyväksi VTT:n omien tutkimustulosten keskimääräisiä arvoja



The screenshot shows the 'Laatukamari' software window with the following parameters and options:

Parameter	Value
Puulaji ja -laatu	Mänty tyvi
Nimellispaksuus	63 mm
Nimellisleveys	150 mm
Tukin latvaläpimitta	253 mm
Sahausasete	3-exlog
Sydänpuun säde	78 mm
Tilavuuspaino	450 kg/m ³
Sydänpuun alkukosteus	35 %
Pintapuun alkukosteus	120 %
Sydänpuuosuus	64 %
Alkukosteus	66 %

Options:

- Ulompi poikkileikkaus
- Sisempi poikkileikkaus

Buttons: Valmis, Peruuta

VTT logo is visible at the bottom center.

KUVIO 21. Laatukamarin alkutietojen syöttö

Seuraavassa vaiheessa ohjelmaan syötetään käytettävän kuivaamon tiedot (kuvio 22)

Laatukamari

Valmis Peruuta Sahatavara Kuivauskaava

Lopetuskriteeri Loppukosteus

Tavoitekosteus 15 %

Ohjausanturit Paineputoli

Anturityyppi Märkä-anturi

Puhallussyvyys 6,0 m

Rimaväli 25 mm

Laske kosteushajonnat

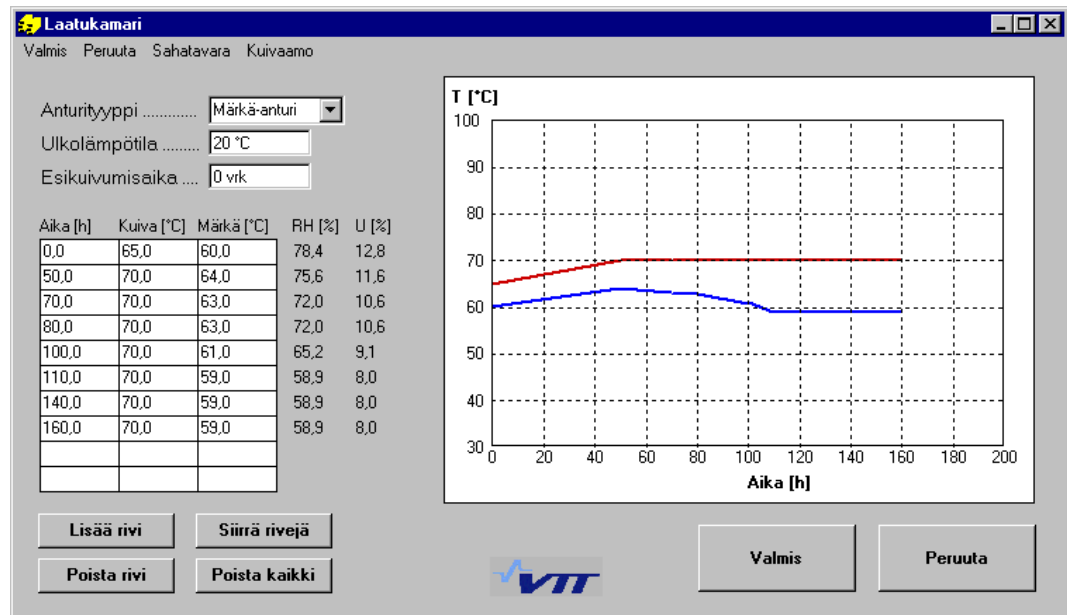
Aika [h]	Ilman nopeus [m/s]	Suunnan vaihtoväli [h]
0	3,5	2
100	2,5	4

Valmis Peruuta Poista rivi Poista kaikki

VTT

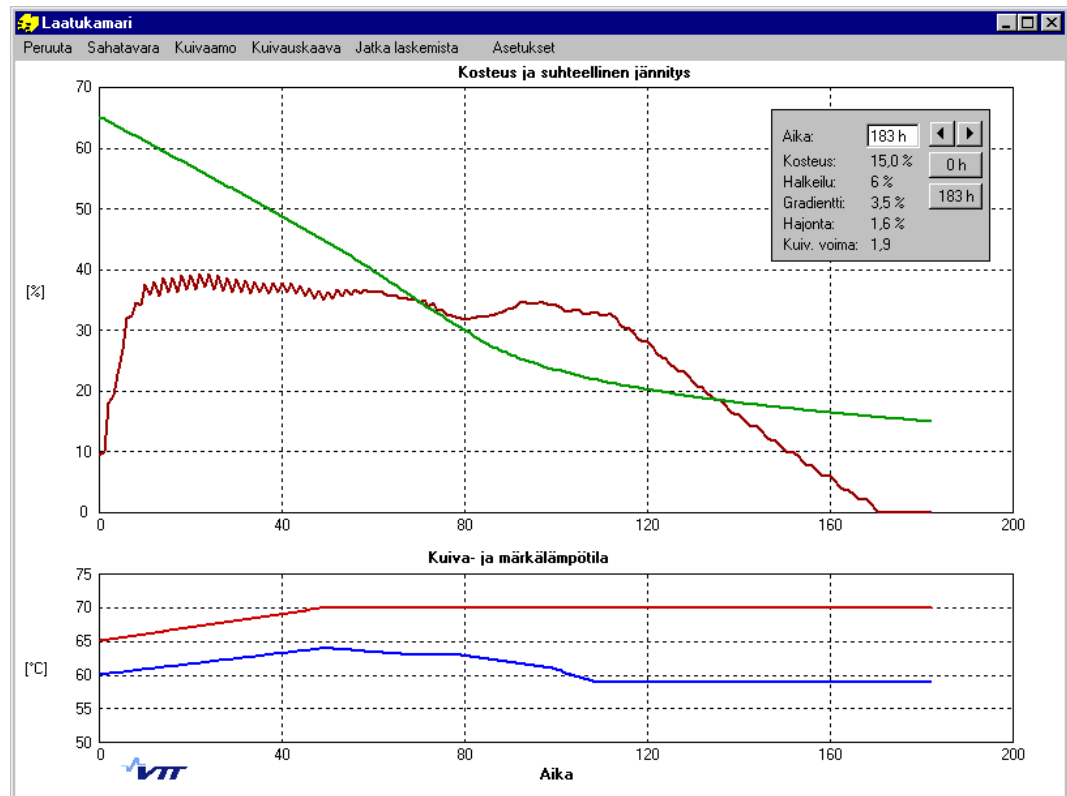
KUVIO 22 kuivaamon perustiedot

Tämän jälkeen ohjelmaan syötetään haluttu kuivauskaava käännepisteiden avulla (kuvio 23). Lisäksi ohjelma kysyy ulkolämpötilaa ja esikuivumisaikaa. Näiden tietojen avulla ohjelma muodostaa kuivauksesta graafisen kaavan, jossa punainen väri tarkoittaa lämpötilaa ja sininen käyrä märkälämpötilaa tai suhteellista kosteutta.



KUVIO 23. Kuivauskaavan syöttö

Lopputuloksen ohjelma antaa myös graafisessa muodossa. Kuvasta käy ilmi kuivauksen onnistuminen. Se ilmoittaa muun muassa kuivauksesta aiheutuneen halkeilun määrän (kuvio 24)



KUVIO 14. Laatikamarilla saadun tuloksen tarkastelu

4.7 Kosteudenmittaus

Puun kosteuden mittaaminen on erittäin tärkeää, koska puu materiaalina ei sovellu käytettäväksi kosteana. Tämän vuoksi sahatut puut kuivataan hyvin tarkoissa olosuhteissa sahoilla, ennen niiden toimitusta asiakkaille. Kuivauksen lopputulosta voidaan valvoa perinteisellä punnitus-kuivaus-menetelmällä, joka kuitenkin kii-vaassa tehdasympäristössä on liian hidas menetelmä. Tämän vuoksi kosteuden mittaamiseen on kehitetty erilaisia mittareita, jotka helpottavat ja nopeuttavat lopputuloksen saamista. Seuraavassa kerron periaatteita sähkönjohtavuus- ja infrapunamenetelmästä. (Stenlund 2010.)

4.7.1 Sähkönjohtavuus

Ehkä yleisin sahoilla käytetty kosteuden mittausmenetelmä on sähkönjohtavuuteen perustuva menetelmä. Siinä puuhun lyödään kaksi elektrodia ja niiden välinen sähkövastus mitataan (kuvio 25). Mittarilaitteisto muuntaa saamansa tiedon sähkövastuksesta ja ilmoittaa tuloksen kosteusprosenttina. Jokainen puulaji johtaa sähköä eri tavalla, mikä on otettu huomioon sähkönjohtavuusmittaristossa. Aina ennen mittauksen aloittamista tulee laitteistosta valita kyseisen puun asetukset. Tällöin mittari antaa oikean lukeman. Sähkönjohtavuusmittari sopii hyvin myös jatkuvaan mittaukseen, joten sitä voidaan hyvin käyttää kamarikuivaamossa koko kuivauksen ajan. (Stenlund 2010.)

Laitteisto voi olla kiinteä, tietokoneeseen liitetty yksikkö tai mukana helposti kannettava niin sanottu vasarayksikkö. Vasarayksikössä mukana on pieni mittarilaitteisto, joka ilmoittaa suoraan puunkosteuden (kuvio 25). (Stenlund 2010.)



KUVIO 25. Sähkönjohtavuusmittari vasarayksiköllä (Stenlund 2010)

4.7.2 Infrapuna

Infrapunamittari on nopein linjastolla käytettävistä kosteusmittareista. Sen toiminta perustuu laitteen lähettämään infrapunavaloon, joka lähetetään mitattavaan kohteeseen. Takaisin tulevan valon määrä analysoidaan, minkä tuloksena laitteisto antaa kappaleen kosteusprosentin. Parhaiten infrapunamittarit toimivat sahan puurun, lastun ja pellettien kosteuden mittauksessa, koska tekniikasta riippuen infrapunavalvo voi olla osittain herkkä puun syiden suunnille ja näin ollen saattaa vääristää tuloksia.

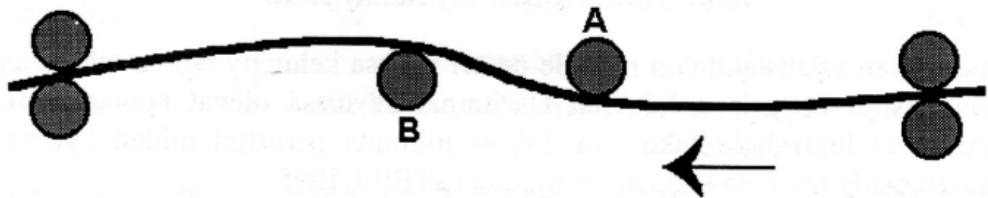
4.8 Lujuuslajittelu

Lujuuslajittelulla tarkoitetaan, että sahatavara luokitellaan eri luokkiin sahatavaran lujuuden perusteella. Lujuuteen vaikuttavat niin ympäristötekijät kuin sahatavaran sisäiset ominaisuudet. Lujuusluokitus on tärkeää nykyisessä rakentamisessa, jotta rakenteiden kestävyys voidaan taata. Aikanaan sahatavara lujuuslajiteltiin ainoastaan visuaalisesti ja lajittelussa oli paljon eroa eri lajittelijoiden välillä. Lajittelun perusteena käytettiin erilaisia visuaalisesti havaittavia ominaisuuksia, kuten oksien määrää, kokoa ja sijaintia sekä vuosirengasväliä. (Lindgren 1997, 29.)

Nykyisin sahalaitoksissa käytetään hieman kehittyneempiä menetelmiä sahatavaran lujuuden määrittämiseksi. Käytössä ovat taivuttava lujuuslajittelukone, röntgen, ultraääni sekä värähtelytaajuutta mittaava lajittelukone.

4.8.1 Taivuttava lujuuslajittelukone

Taivuttavan lujuuslajittelukoneen periaatteena on taivuttaa sahatavaraa ja mitata siitä puun lujuus (kuvio 26). Mittaus tapahtuu suoraan linjastolla, jossa sahatavara kulkee taivuttavien tukkirullien välistä. Mittaus voi tapahtua kahdella eri menetelmällä, joista ensimmäisessä menetelmässä sahatavaraa taivutetaan vakiovoimalla, jolloin lasketaan rullien aiheuttamaa taipumaa sahatavaraan nähden. Toisessa menetelmässä sahatavaran taivutus on vakio. Tällöin mitataan voimaa, jolla sahatavaraa tulee taivuttaa, jotta taivutus saadaan vakioon. (Lindgren, C. 1997, 30.)



KUVIO 26. Raute Timbergrade on esimerkki taivuttavasta lujuuslajittelukoneesta.. (Lindgren 1997, 30)

4.8.2 Röntgen ja ultraääni

Röntgeniä ja ultraääntä käytetään nykyisin myös sahatavaran lujuuslajittelussa. Näillä menetelmillä saadaan helposti selville puun sisällä olevat heikkoudet, kuten piilo-oksat ja pihkataskut. Piilo-oksat ja pihkataskut heikentävät huomattavasti puun lujuusominaisuuksia, ja ne eivät ole havaittavissa paljaalla silmällä. Röntgeniä hyödynnetään jo sahauksen alussa, tukkilajittelussa ja sahatavaran lujuus selviää siten jo heti sahauksen alussa. Investointina röntgen on kallis ja näin ollen se on käytössä vain suurimmissa sahalaitoksissa. (Kari 2009.)

4.8.3 Värähtelytaajuusmittari

Limab Oy on kehittänyt mittauslaitteiston, Precigraden, jossa sahatavaran lujuus lasketaan sen värähtelyominaisuuksien avulla. Laitteen toimintaperiaatteena on se, että sahatavaran päähän lyödään tietyllä voimalla pienellä vasaralla. Tämä aiheuttaa paineaallon sahatavaraan, joka etenee värähdellen sahatavaran sisällä. Värähtely mitataan toisessa päässä hyvin tarkalla mikrofonilla, joka siirtää tiedon värähtelyn voimakkuudesta tietokoneelle, jossa värähtelystä lasketaan sahatavaran lujuus. Lankun pituus vaikuttaa läpitulevaan värähtelyyn. Tämän vuoksi lankun pituus mitataan tarkasti värähtelyn yhteydessä laserin avulla. Laitteistoa on saatavana myös puntariominaisuudella, jolloin sahatavaran tarkka paino lasketaan värähtelyn yhteydessä. Puntariominaisuus takaa 20–30 % tarkemman lopputuloksen sahatavaran lujuuslajitteluun. Puntarilla varustettu laitteisto on hinnaltaan puolitoistakertainen. (Virta 2010.)

5 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyöni tarkoitukseni oli koota opintokokonaisuus aiheesta moderni sahatekniikka. Materiaali kasattiin palvelimelle, josta se jaettiin Porin ammat- tiopistoon puualan opiskelijoiden käytettäväksi

5.1 Materiaalin kokoaminen

Koin materiaalin kasaamisen varsin haastavaksi, koska kyseisestä aiheesta ei juuri kirjallisuutta ollut tarjolla. Tästä syystä suurin osa materiaalista on kerätty erilaisil- la haastatteluilla. Sain tietoja eri alojen yrityksiltä niin sähköisessä kuin suullisessa muodossa. Näistä tein yhteenvedon ja kasasin sen opetusmateriaalimuotoon. Pysin myös saamaan kasaan erilaisia kuvia ja videoita, jotka havainnollistavat opetusta huomattavasti. Oma päämääräni materiaalin suhteen oli saada se mahdollisimman opiskelijaystävälliseksi.

Suurin haaste materiaalin suhteen oli juurikin se, ettei sitä ollut tarjolla juurikaan saatavissa, vaan tieto piti kaivaa eri alojen asiantuntijoilta. Suurin osa yrityksistä, joihin olin yhteydessä, oli mielellään mukana kehittämässä tulevaisuuden opinto- materiaalia puualan opiskelijoille, mutta joukkoon mahtui myös yrityksiä, joiden kanssa toimiminen vaati huomattavasti enemmän ponnisteluja tiedon saamiseksi.

5.2 Oma oppiminen opinnäytetyön aikana

Opinnäytetyöni oli mielestäni varsin haastava juurikin siitä syystä, että materiaalia aiheeseeni ei ole saatavissa kirjatietona, vaan tiedot piti kaivaa eri asiantuntijoiden avustuksella. Ehkäpä myös juuri tästä syystä koen itse oppineeni varsin paljon aiheesta moderni sahatekniikka, koska jouduin näkemään paljon vaivaa materiaa- lin hankkimista varten.

Itse opinnäytetyöprosessi oli mielestäni varsin kaksijakoinen. Alussa innostus aiheeseen oli kova ja työni edistyikin varsin mallikkaasti. Sain kasattua osaan aiheistani todella hyödyllistä tietoa. Tämän jälkeen alkoivat kuitenkin ongelmat kun, yhteistyöyrityksiä, joilta olisi saanut kerättyä tietoa, ei meinannut löytyä. Pienen yhteistyökumppaneiden kartoittamisen jälkeen asiat kuitenkin alkoivat taas luistaa ja sain mielestäni koottua varsin hyvän materiaalin opiskelijoiden käyttöön.

5.3 Opinnäytetyön arviointi

Tämä työ on mielestäni varsin ajankohtainen, sillä ainakin itse olen sitä mieltä, että koulussamme käytettävät materiaalit ovat hiukan uudistusta vaille. On myös lisäksi tärkeää, että tulevat puualan ammattilaiset oppivat jo koulussa moderneista laitteistoista ennen kuin pääsevät työskentelemään niiden kanssa oikeissa työtehtävissä.

Itse koen saaneeni kasattua hyvin eri osa-alueiden tietoja, ja kokonaisuus, jonka kasasin koulun palvelimelle, on mielestäni opiskelijaystävällinen ja helppokäyttöinen. Tämä oli minulle tärkein kriteeri työssäni. Koen onnistuneeni tavoitteessani kasata selkeän ja havainnollisen materiaalin niin ammattiopiston kuin ammattikorkeakoulun opiskelijoille.

LÄHTEET

- Arabimaiden kuohunta vaikeuttaa sahatavaran vientiä. 2011. Aamulehti 3.3.2011 [Viitattu 20.3.2011]. saatavissa:
<http://www.aamulehti.fi/cs/Satellite/Talous/1194668836102/artikkeli/arabimaiden+kuohunta+vaikeuttaa+sahatavaran+vientia.html>
- Ahvenainen, J. 1984. Suomen sahateollisuuden historia. Porvoo: WSOY.
- Kari, A. 2009. RE: Röntgen valaisu [sähköpostiviesti]. Miika Tuominen puutekniikan opiskelija. lähetetty 1.12.2009
- Lindgren, C. 1997. Sahatavaran visuaalinen ja koneellinen lujuuslajittelu. Espoo : Valtion teknillinen tutkimuskeskus
- Lukander, R. 2010. FinScan - BoardMaster (Lahden AMK, Lahti Polytechnic - Lahden Pölytekniikka) [sähköpostiviesti]. Miika Tuominen puutekniikan opiskelija. Lähetetty 5.5.2010
- Metla. 2010. Emu ja suomen metsäsektori. [viitattu 18.12.2010]. Saatavissa:
<http://www.metla.fi/julkaisut/muut/emu/loppura2.htm> 1
- Metla. 2011a. Suomalaisten itsenäisten sahojen tuotannon tehokkuus 2000-luvulla [viitattu 3.2.2011]. saatavissa:
<http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2010/mwp167.pdf> 2
- Metla 2011b. Laatuseloste [viitattu 28.3.2011. saatavissa:
<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/laatu/puunkaytto.htm>

Metsäteollisuus 2011a. Ajankohtaiskatsaus [viitattu 14.1.2011]. saatavissa:
<http://www.metsateollisuus.fi/Infokortit/ajankohtaiskatsaus/Sivut/default.aspx> 1

Metsäteollisuus 2011b. Tilastokuviot [viitattu 3.2.2011]. saatavissa:
<http://www.metsateollisuus.fi/tilastopalvelu2/tilastokuviot/Perustietoa/Forms/AllItems.aspx> 2

Rutanen, M. 2010. Suomen sahatöiden kysyntä ja asiakasrakenne - nykytila ja tulevaisuuden skenaariot. [viitattu 20.3.2011]. Saatavissa:
<https://helda.helsinki.fi/bitstream/handle/10138/14149/Progradu%202009%20Martti%20Rautanen.pdf?sequence=1>

Sipi, M. 2006. Sahatavaratuotanto. Helsinki: Edita.

Sipi, M. 2009. Puuraaka-aineen mittaus. Helsinki: Yliopistopaino.

Stenlund, H. RE: Moderni sahateknologia [sähköpostiviesti]. Miika Tuominen puutekniikan opiskelija. Lähetetty 5.5.2010

Törmä, H., Reini, K & Määttä, S. 2010. Suomen sahatöiden supistumisen ja tulevaisuudenkuvien aluetaloudelliset vaikutukset saatavilla:
<http://www.helsinki.fi/ruralia/julkaisut/pdf/Raportteja62.pdf>

Vilkman, H. 2010. RE: Apteeraus [sähköpostiviesti]. Miika Tuominen puutekniikan opiskelija. Lähetetty 2.12.2009

Virta, J. 2010. RE: Moderni sahateknologia [sähköpostiviesti]. Miika Tuominen puutekniikan opiskelija. Lähetetty 11.5..2010

LIITTEET

LIITE 1 Oteita opintomateriaalista osiosta tukkilajittelu.



MODERNI SAHATEKNIikka

2. Tukkilajittelu



Valorampit

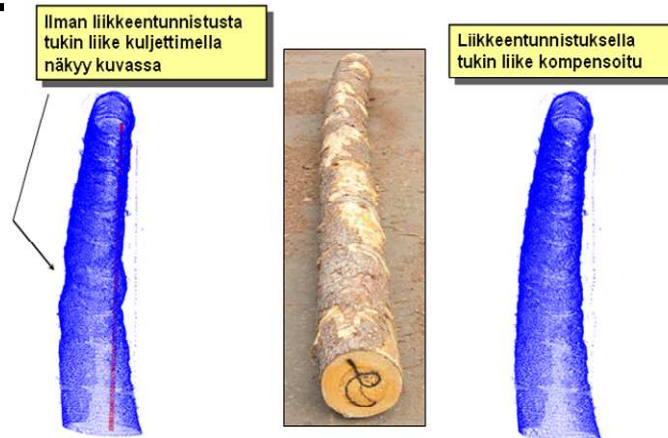
Positiivista

- + Halpa hinta
- + Suhteellisen tarkka halkaisijan mitta

Negatiivista

- Epätarkka mitta puun muodoille

[3-D tukinmittaus]



Liikkeen tunnistimen vaikutus kuvattavaan tukkiin (Juha Virta, Limab Oy, 2010)

[3-D tukinmittaus]

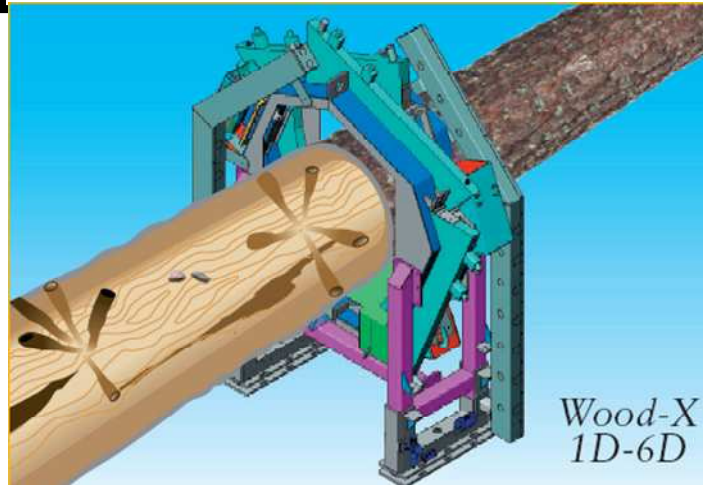
Positiivista

- + Huomattavasti tarkempi kuin valoramppi
- + Varma toiminen
- + Suhteellisen halpa (2xvaloramppi)

Negatiivista

- Puun sisältö jää lajittelematta

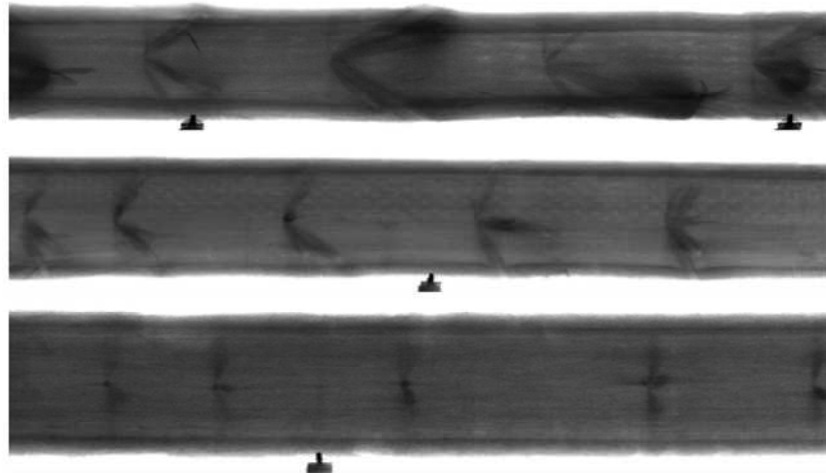
Röntgen



Röntgen laitteisto (Bintec Oy)

Röntgen

Röntgenin ottamaa kuvaa (Bintec Oy)



[Röntgen]

Positiivista

- + Tarkkaa tietoa tukin sisällöstä
- + Laskee tuotantokuluja 15-20%
- + Nostaa tuotantoa 30-50%
- + Nopea takaisin maksu aika 6-12kk

Negatiivista

- Kallis kertainvestointi (15x kalliimpi kuin 3D)
- Satunnaiset korkeat huolto kustannukset

LIITE 2 Otteita opintomateriaalista osiosta särmäys.



MODERNI SAHATEKNIikka

Särmäys

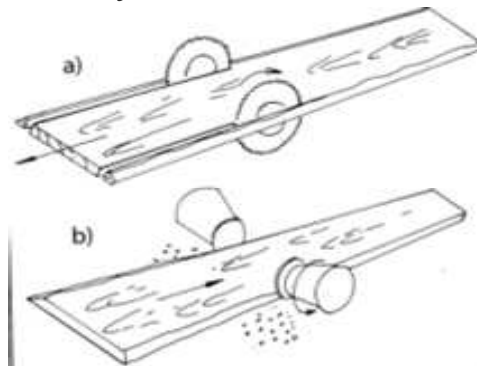


Periaate

- Poistetaan vajaasärmä sahauksessa syntyneistä sivulauta-aihoista
- Voidaan poistaa osittain tai kokonaan, riippuen halutusta laadusta
→ pyritään saamaan paras mahdollinen tuotto

[Särmäyskone]

- a) Särmäyskone pyörösahalla
- b) Särmäyskone kursolla



[Manuaalisärmä]

- Toimita tapahtuu särmääjän toimesta
- Särmäjä määrittää aihiolle halutun leveyden ja laadun
- Särmäjä myös keskittää ja syöttää aihion koneeseen

[Manuaalisärmä]

- Toimita tapahtuu särmääjän toimesta
- Särmääjä määrittää aihiolle halutun leveyden ja laadun
- Särmääjä myös keskittää ja syöttää aihion koneeseen

[Automaattisärmä]

- Särmääjän ainut tehtävä on määrittää laudan maksimi laatu
- Aihiot ajetaan kameran lävitse, joka antaa sille laadun, sekä optimoi leveyden ja suuntauksen
- Näiden arvojen perusteella kone syöttää aihion särmäkoneeseen

LIITE 3 Otteita opintomateriaalista osiosta lujuuslajittelu.

MODERNI SAHATEKNIikka

Lujuuslajittelu

Yleistä

- Periaatteena lajitella sahatavara lujuuden perusteella eri luokkiin
- Lajuuteen vaikuttavat ympäristötekijät ja puun sisäiset ominaisuudet
- Aikaisemmin lajiteltu vain visuaalisesti
- Nykyään käytössä erilaisia menetelmiä
 - Taivutus
 - Röntgen ja ultraääni
 - Värähtely

[Taivuttava lujuuslajittelukone]

- Sahatavaran lujuus lasketaan taivuttamalla puuta
- Mittaus suoritetaan suoraan linjastolla, jossa sahatavara liikkuu
- Mittaus voidaan suorittaa kahdella eri tavalla

[Röntgen ja ultraääni]

- Menetelmillä saa helposti selville puun sisäiset heikkoudet
- Röntgenin avulla puun lujuus selville jo tukkilajittelussa
- Röntgen investointina hyvin kallis, siksi käytössä vain joillakin isoilla sahoilla
- Katso lisää osiosta Tukkilajittelu

[Värähtelytaajuusmittari]

- Limab Oy on kehittänyt värähtelytaajuusmittarin, Precigraden
- Laitteisto mittaa sahatavaran lujuuden puun värähtelyn avulla
- Sahatavaraan lyödään vasaralla, joka aiheuttaa paineaallon puuainekseen

[Värähtelytaajuusmittari]

- Laitteiston toisessa päässä mikrofoni, joka mittaa värähtelyn
- Tietokone muuttaa värähtelyn lujuudeksi
- Pituus vaikuttaa värähtelyn arvoihin, joten se mitataan tarkasti laserin avulla värähtelyn yhteydessä