

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Sami Tiilikainen

SAHALINJAN TEHOSTAMINEN

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2014



**Karelia**  
AMMATTIKORKEAKOULU

**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2014**  
**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
p. (013)260 600

Tekijä  
Sami Tiilikainen

Sahalinjan tehostaminen

Stora Enso Wood Products Oy Ltd Kiteen Saha

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä johdettiin sahalinjan tehostamiseen tähtäävä projekti. Projektissa hajautettiin eri työpisteiden ohjaukset sekä toteutettiin automaattinen laadun seuranta sahatavaralle konenäkötekniikalla.

Laadun seuranta toteutettiin Limab Oy:n toimittamalla mittausjärjestelmällä ja eri työpisteiden toimintojen hajautukset toteutettiin suurimmaksi osaksi Siemens S7 -logiikkaympäristössä.

Lisäksi tehostamisen yhteydessä uusittiin ja lisättiin prosessin kameravalvontaa.

Kieli  
suomi

Sivuja 38  
Liitteet 3  
Liitesivumäärä 9

Asiasanat  
tehostaminen, hajauttaminen, konenäkö



**THESIS**  
**April 2014**  
**Degree Programme in electrical  
engineering**

Karjalankatu 3  
FI 80200 JOENSUU  
FINLAND  
p. (013)260 600

Author(s)

Sami Tiilikainen

Title

Enhancing of the saw line

Commissioned by Stora Enso Wood Products Ltd

Abstract

The purpose of this thesis was to lead enhancing project to the saw line. Enhancing was made by distributing of different work stations and by building automated quality control with machine vision.

Quality control was executed with control system which was delivered by Limab Oy and distribution of work stations were executed mostly in Siemens S7 logic controlling environment.

The project contained also renewing and adding of process monitoring.

Language  
Finnish

Pages 38  
Appendices 3  
Pages of Appendices 9

Keywords

enhancing, distribution, machine vision

## Sisällysluettelo

1	Johdanto .....	5
1.1	Työn lähtökohdat .....	5
1.2	Sahalinjan tehostaminen.....	6
1.3	Työn tavoitteet .....	7
2	Stora Enso Oy .....	8
2.1	Kiteen saha.....	8
2.2	Empower Oy .....	8
2	Sahalinja .....	9
3	Tehostamistoimenpiteet.....	11
3.1	Automaattinen sivulautojen hylkääminen.....	11
3.2	Konenäkö.....	12
3.3	Limab CantProfiler .....	13
3.3.1	Sivulauta-aihion mittari .....	14
3.3.2	Kamerat ja laserit .....	17
3.3.3	Ohjelmisto .....	19
3.3.4	Liityntä ohjelmitavaan logiikkaan .....	21
3.4	Hylkyluukkujen ohjaus .....	23
3.5	Pelkkaohjaamon toiminnot.....	26
3.6	Kameravalvonta.....	31
3.7	Särmien yhdistäminen .....	33
5	Tulokset .....	35
5.1	Tehostuminen .....	36
5.2	Jatkokehitys .....	37
6	Pohdinta.....	37
	Lähteet.....	39

### Liitteet

Liite 1	Limab CantProfiler -ikkunat
Liite 2	Sahalaitoksen asemapiirustus
Liite 3	Pääohjaamon uusien painikkeiden kytkennät

# 1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö on tehty Stora Enso Wood Products Oy Ltd Kiteen sahalle. Tilaus opinnäytetyölle tuli keväällä 2013 julki tulleiden Stora Enson tehostamistarpeiden myötä. Opinnäytetyössä käsitellyt tehostamiseen tähtäävät muutokset saha- sekä särmälinjoissa ovat siis osa koko konsernin laajuista jatkuvaa kehittämisprosessia. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimi Stora Enso Wood Products Oy Ltd Kiteen saha.

Opinnäytetyö käsittelee sahalinjan toiminnan tehostamiseen tarvittavien keinojen käyttöönottoa sekä tekniikan asennusta projektiluontoisesti. Tehostamisen tavoitteena oli kahden kiinteän työpisteen vähennys, monipuolisemman tuotannon tekeminen pienemmillä henkilöstöresursseilla ja laadunvalvonnan parantaminen. Opinnäytetyössä käsiteltävät tehostustoimet on rajattu sahalinjaan sisältäen särmäyslinjan.

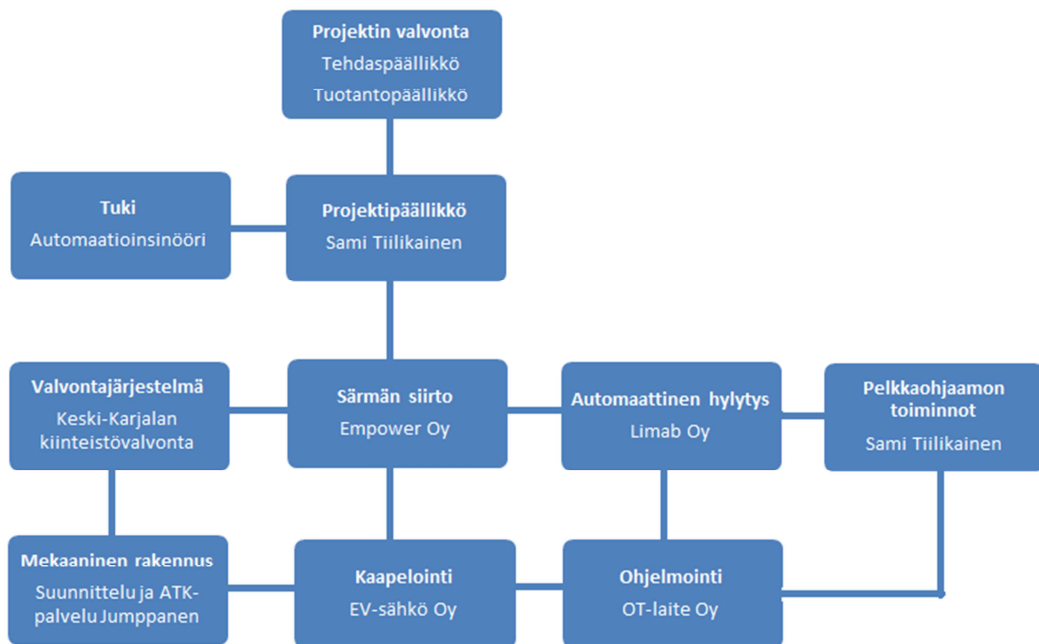
## 1.1 Työn lähtökohdat

Taloudellisten tekijöiden takia Kiteenkin sahalla on jouduttu tehostamaan toimintaa normaalien kehitysaskelien lisäksi myös käytettävissä olevien resursien vähentyessä. Kesän 2013 aikana suurimmat tehostamistoimenpiteet kohdistettiin sahalinjalle. Tuotannon tehostaminen sahalinjalla toteutettiin laadunvalvonnan automatisoinnilla ja toimintoja hajauttamalla, eli eräiden työpisteiden toiminnot jaettiin muiden työpisteiden hoidettavaksi. Nämä muutokset vaativat paljon teknisiä muutoksia ohjauslaitteisiin ja prosessin valvontaan.

Opinnäytetyön toteuttaminen edellytti laajaa kokemusta ja tietämystä sahalinjan toiminnasta, prosessista, tukeista, sivulaudoista, käytössä olevista laitteistoista sekä automaatiotekniikasta.

## 1.2 Sahalinjan tehostaminen

Tehtävänä projektissa oli toimia projektipäällikkönä sekä toteuttaa osa muutoksista. Toisena projektiorganisaation jäsenenä, teknisenä asiantuntijana ja suunnittelijana toimi Stora Enso Kiteen Sahan automaatioinsinööri. Projektia valvoi tilaajan puolelta Kiteen sahan tuotantopäällikkö sekä tehtaanjohtaja. Työryhmiä oli useita ja niiden sekä projektiorganisaation suhde on esitelty kaaviona kuvassa 1.



**Kuva 1. Projektiorganisaatio.**

Suurimpina tehtävinäni oli projektin suunnittelu, aikataulutusta, työryhmien organisoiminen, ohjaamoiden muutokset ja huolehtiminen työryhmien perehdytyksestä sekä valvoa työturvallisuusmääräysten ja -ohjeiden noudattamista. Turvallisuuden huomioon ottaminen ja valvonta onkin tänä päivänä yksi eniten työllistävistä tehtävistä.

Projektin toteutuminen selvisi minulle noin kuukautta ennen toteutusajankohtaa. Toteutukset oli tarkoitus tehdä kesäseisokissa ja näin ollen oli tehtävä aikataulu eri vaiheiden toteuttamiseksi. Karkea aikataulu on hahmoteltu kaavioon taulukossa 1. Aikaa suunnittelulle, resurssien ja tarvikkeiden tilaukselle jäi noin kuu-

kausi. Kesähuoltoseisokki oli kolmen viikon mittainen ja kaikki asennukset sekä testaukset oli saatava valmiiksi sen aikana.

**Taulukko 1. Suunniteltu aikataulu.**

Tehtävä\Viikko	25	26	27	28	29	30	31	32
Suunnittelu								
Resurssien varaus								
Tarviketilaukset								
Kaapelointi								
Pelkkaohjaamon siirto								
Automaattinen hylkääminen								
Särmän siirto								
Kameravalvonta								
Testiajot								
Viimeistelyt								

### 1.3 Työn tavoitteet

Työn tavoitteena oli, että kesähuoltoseisokin jälkeen kyetään pienemmillä resursseilla vastaavaan tuotantovolyymiin kuin ennen keväällä 2013 julkistettuja henkilöstövähennyksiä. Hajauttamisella pyrittiin poistamaan kahden työpisteen jatkuvan miehityksen tarve. Samalla toteutettiin myös sivulautojen automaattinen hylkääminen. Automatisoinnin tavoitteena oli sivulautojen laatukontrollin parantaminen. Tavoitteisiin pääsyyn tarvittiin useiden eri urakoitsijoiden ja laite-toimittajien apua. Kaikki muutokset pyrittiin tekemään kuunnellen tuotannon työntekijöiden mielipiteitä ja toteuttamaan muutokset miellyttäen kaikkia.

Omina henkilökohtaisina tavoitteinani oli oppia projektin johtamista ja organisoimista. Myös aikataulun tekeminen ja seuraaminen näin suuressa mittakaavassa oli minulle uutta. Lisäksi halusin tutustua prosessin ohjaukseen automaatio-suunnittelijan näkökulmasta.

## **2 Stora Enso Oy**

Stora Enso on maailmanlaajuinen paperi-, biomateriaali-, puutuote- ja pakkaus-teollisuuden yritys. Yhtiö toimii yli 35:ssä eri maassa ja sen palveluksessa on yli 28 000 henkilöä. Stora Enson päätuotteita ovat kemiallinen sellu, paperi, kartonki, aaltopahvi ja puutuotteet. [1.]

### **2.1 Kiteen saha**

Stora Enso Wood Products Oy Ltd Kiteen saha sijaitsee itärajalla noin seitsemänkymmentä kilometriä Joensuusta ja se on erikoistunut rakennesahatavaran tuottamiseen. Toiminta sahalla alkoi vuonna 1978 Plan-Sell Oy:n nimellä, Olli Heikinheimon toimiessa sahan johtajana sekä suunnittelijana. Vuonna 1986 saha myytiin Enso Gutzeitille ja vuodesta 1999 saha on toiminut Stora Enso Timber -nimellä. [2, s. 6–7.]

Sahan raaka-aineena käytetään kuusta, mutta Kiteellä höylätään myös muilta sahoilta tulevaa mäntyä. Kiteen saha on läheisessä yhteistyössä ympäröivien sahojen kanssa ja kuuluu itäisien kuusisahojen joukkoon yhdessä Varkauden sahan ja Venäjällä sijaitsevan Impilahden sahan kanssa. Vuotuinen tuotanto Kiteen sahalla on yhteensä noin 250 000 m<sup>3</sup> saha- ja höylätavaraa. Laitos työllisti vuonna 2013 noin 120 henkilöä, joista hieman yli kolmekymmentä oli urakoitsijoiden työtehtävissä. [3.]

### **2.2 Empower Oy**

Suurimpien Stora Enson Suomen sahojen kunnossapito on ulkoistettu Empower Oy:lle. Empower Oy on Itämeren alueen maissa toimiva rakentamis- ja asennuspalveluita, ylläpitopalveluita sekä käyttö- ja hallintapalveluita tarjoava yritys energia-, teollisuus- ja tietoliikenneyrityksille. Kiteen sahalla Empower Oy

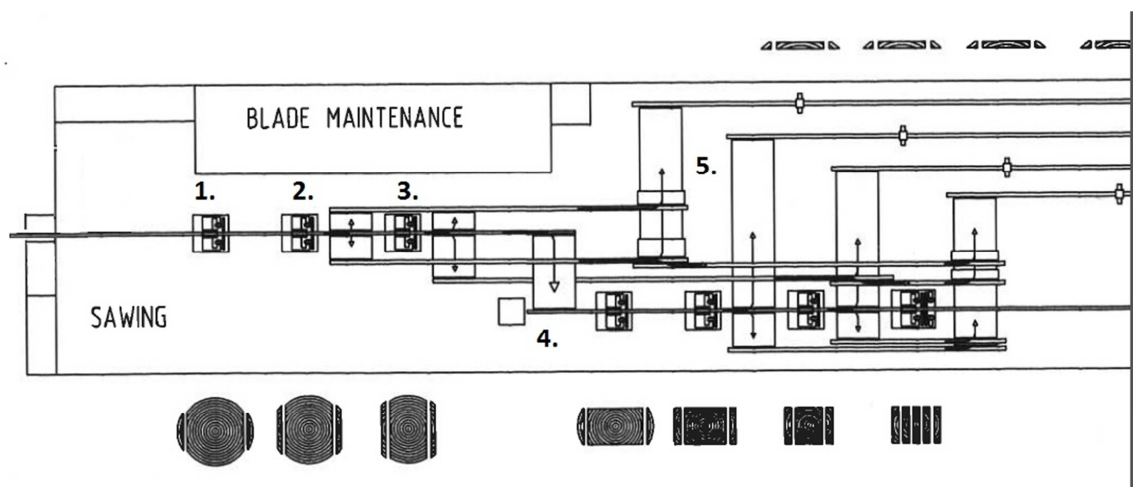


tuottaa kunnossapitopalveluita asiakasyritykselle. Se työllistää neljätoista vaki-  
tuista asentajaa sekä kaksi toimihenkilöä. Empowerin omistajat ovat pääomasi-  
joittaja AAC Capital Partners sekä konsernin johto. Tämä opinnäytetyö on tilattu  
Empower Oy:ltä Stora Enso Oy:lle. [4.]

## 2 Sahalinja

Sahateollisuudella on Suomessa pitkä historia ja se on edelleen yksi merkittä-  
vimmistä viennin toimialoista. Suomessa toimii satoja sahoja, joista noin puolet  
on yksityisiä ja puolet sahteollisuusyritysten omistuksessa. Ala työllistääkin  
suoraan ja välillisesti huomattavan suuren ryhmän. [4.]

Työ on tehty Kiteen sahalle, jossa kuusitukeista sahataan raakapuutavaraa se-  
kä tuotetaan jatkojalosteita, mutta tämä työ kohdistuu vain sahalinjaan. Sahalin-  
ja käsittää kuusitoista vannesahaa, joista ensimmäisellä sahaparilla tukista sa-  
hataan ulommaiset pinnat irti, jotka menevät suoraan hakkuriin. Kuvassa 2 on  
asemapiirros sahalinjasta. Ensimmäinen sahapari on merkitty numerolla 1 ku-  
vaan. Kuvan alalaidassa on myös havainnollistettu kussakin sahas-  
sa tapahtuva sahaus. Ensimmäisen sahaus-  
uksen jälkeen tukkia kutsutaan pelkaksi, eli pelkka  
tarkoittaa tukkia, jonka kaksi sivua on poistettu.



Kuva 2. Sahalinjan asemakuva [15].

Seuraavassa sahaparissa sahataan ensimmäiset talteen otettavat laudat, eli sivulaudat. Toinen sahapari on kuvassa 2 merkattu numerolla 2. Näiden sivulautojen laatua täytyy tarkkailla heti sivulaudan irrottua tukista, koska raakki-laudat voidaan ajaa hylkyhihnalle heti sahan jälkeen. Jos huonolaatuisia lautoja ei hylätä tässä vaiheessa, ne kuormittavat turhaan särmäosastoa. Juuri tämä laadunvalvontapiste automatisoitiin konenäkötekniikalla.

Kolmannessa sahaparissa voidaan vielä haluttaessa ottaa yhdet laudat tukista, jonka jälkeen pelkka käännetään kyljelleen ja syötetään jakolinjaan. Pelkka käännettiin ja syötettiin jakolinjaan sen alussa sijaitsevasta pelkkaohjaamosta. Jakolinjan ensimmäisessä sahaparissa sahataan pelkan toisilta kyljiltä pinnat irti. Nämäkin pinnat ajetaan suoraan hakkuriin. Lopuissa sahapareissa jäljelle jäänyt kappale jaetaan sopiviin osiin. Kolmas sahapari on kuvassa 2 merkattu numerolla 3 ja loppusahalinja, eli ns. jakolinja numerolla 3 linjan alkupäässä.

Kiteen sahalla on neljä särmäyslinjaa. Särmillä voidaan raa'asta lauta-aihiosta, jossa sivut ovat vielä tukin muotoiset, sahata suorakaidemainen laudan muotoinen kappale. Särmien tehtävänä on myös optimoida kappaleesta saatavan laudan pinta-ala. Laudat tuodaan särmille hihnakuljettimilla ja jakolinjalta suoraan ketjukolakuljettimilla. Lautoja voidaan ajaa myös särmiltä toiselle hihnakuljettimien avulla. Särmäosasto löytyy kuvasta 2 numerolla 5.

Särmäosaston ohjauspaikoilla valvotaan kappaleiden kulkua sahalinjalta särmäosastolle, hylätään huonoja kappaleita ja seurataan särmäyksen onnistumista. Särmäys hoidetaan automaattisesti konenäköjärjestelmällä.

### **3 Tehostamistoimenpiteet**

Työn keskeisin tehostamisen keino oli teknisten muutosten toteuttamisessa. Kohteet olivat olleet suunnitelmissa jo aiemmin, mutta vasta nyt tehostamiselle tuli todellinen tarve resurssien vähentyessä.

Suurin yksittäinen tekninen muutos oli sivulautojen automaattisen mittausjärjestelmän asentaminen sahalinjaan. Toisena suurena muutoksena oli niin sanotun pelkkaohjaamon toimintojen siirto pääohjaamoon, koska se vaati paljon kaapelointia yms. mekaanista asentamista. Vaatimattomampana toimenpiteenä tehtiin vielä kolmannen särmälinjan ohjauksen liittäminen kahden ensimmäisen linjan ohjauspaikalle.

#### **3.1 Automaattinen sivulautojen hylkääminen**

Teknisesti suurimpana muutoksena suoritettiin sivulautojen hylkäämisen automatisointi. Aikaisemmin työntekijä istui pelkkaohjaamossa, josta hän kamerayhteyden avulla, muiden ohjaustehtävien ohella, valvoi sivulautojen laatua ja kahta nappia painamalla hylkäsi huonot laudat hakkuriin. Tästä oli päästävä eroon pelkkaohjaamon toimintojen siirtyessä pääohjaamoon, koska pääohjaamossa ei enää ehtisi valvoa kahta kameran kuvaa kaikkien muiden tehtävien ohella.

Kevään aikana muutaman vaihtoehdon harkinnan jälkeen Stora Enso päätyi tilaamaan laadunvalvontaan soveltuvan mittausjärjestelmän Limab Oy:ltä, joka toimittaa mittausjärjestelmiä saha-, levy- ja terästeollisuuteen. [6.]

Limabin tarjoamasta mittarista kyetään jatkossa sivulautojen automaattisen hyllyttämisen lisäksi ottamaan tietoja, joilla voidaan parantaa ja valvoa särmän optimointia ja kesällä 2012 sahaan syötön muutoksen yhteydessä toteutettua tukinpyöritystä sahalinjan alussa [12, s. 2]. Tässä ensimmäisessä vaiheessa tyydyttiin kuitenkin vain toteuttamaan sivulautojen hylkääminen sahattavaksi kel-

paavan pinta-alan mukaan tarkkailemalla tukin pyöreiden ja niin sanotun ”met-sän” osuutta sahattavaksi tulevan pelkan kyljestä.

### 3.2 Konenäkö

Koska sivulautojen hylkääminen toteutettiin nykyaikaisella konenäköjärjestelmällä, on käsitettä avattava hieman ennen varsinaisen mittarin esittelyä. Tässä luvussa kerrotaan yleisesti konenäöstä, sen komponenteista ja toimintaperiaatteesta.

Konenäkö alkoi yleistyä teollisuudessa ihmissilmän tarkkuuden riittämättömyyden ja ihmisen prosessointikyvyn hitauden takia 1980-luvulla. Tarvittiin entistä tarkempia ja luotettavampia mittaustuloksia mahdollisimman nopeasti. Konenäkö kirjaimellisesti tarkoittaa näkemistä koneen avulla. Konenäkölaitteet toimivat siis näkyvän valon alueella prosessoiden kuvasta tarvittavia tietoja mitä erilaisimmissa sovelluksissa. [7, s. 1.]

Konenäköjärjestelmien komponentteja ovat kamera, valonlähde, kuvankäsittely, mittausohjelmisto, ohjausjärjestelmä ja käyttöliittymä. Lisäksi järjestelmään voi liittyä muita laitteita ja antureita, jotka eivät varsinaisesti ole osa järjestelmää. [7, s. 3.]

Tärkeintä kaikissa konenäköjärjestelmissä on valaistus. Valaistus vaikuttaa kaikkeen konenäköjärjestelmällä irti saatavaan informaatioon. Tämän takia onkin tiedettävä kohteen valaistuksen tarve ja tapa erittäin tarkkaan mahdollisimman hyvän informaation keräämiseksi. Valaistuksen tasaisuus on tärkeää koko kuvattavalla alueella. Erilaisia valaistustapoja ovat loisteputki- tai halogeenivalaistus, puolijohdevalaisimet, strobovalo, kuituvalaistus tai laservaloitus. Valaistuksen tasaisuuteen voidaan myös vaikuttaa koteloinnilla. [8, s. 74.]

Kamera koostuu objektiivista, jonka kautta valo heijastetaan herkälle valokennolle, joka rakentuu monesta varausyksiköstä. Varausyksiköitä kutsutaan pikseleiksi. Kameran tarkkuus riippuu pikseleiden määrästä ja tavallisesti se ilmoite-

taan megapikseleinä. Yksi megapikseli sisältää noin miljoona pikseliä, ja koska pikselit on tavallisesti sijoitettu neliön muotoon, kuvan tarkkuus usein ilmoitetaan esimerkiksi muodossa 1152 kertaa 864 pikseliä. Tällaisessa esitysmuodossa ensimmäinen lukema ilmoittaa pikseleiden määrän leveyssuunnassa ja toinen lukema korkeussuunnassa. Kameran tehtävä on siis ainoastaan kaapata kuva halutusta kohteesta. [7, s.3–9.]

Kaapattu kuva siirretään muistiin, jossa kuvankäsittelyllä kuvasta erotellaan halutut tiedot ja jätetään turhat osat pois. Näin optimoidaan kuvan sisältämää tiedon määrää pienemmäksi tiedonsiirron ja informaation käsittelyn nopeuttamiseksi. [7, s. 9–11.]

Mittausohjelmiston tehtävänä on päätellä saadusta kuvasta käyttäjän haluamat asiat. Se suorittaa käyttäjän määräämät algoritmit ja vertaa tuloksia ennalta aseteltuihin referenssiarvoihin. Yksi yleisimmistä sovelluksista on laadunvalvonta, jossa kappale luokitellaan hyväksi tai huonoksi jonkin kriteerin, esimerkiksi värin tai muodon perusteella. [10.]

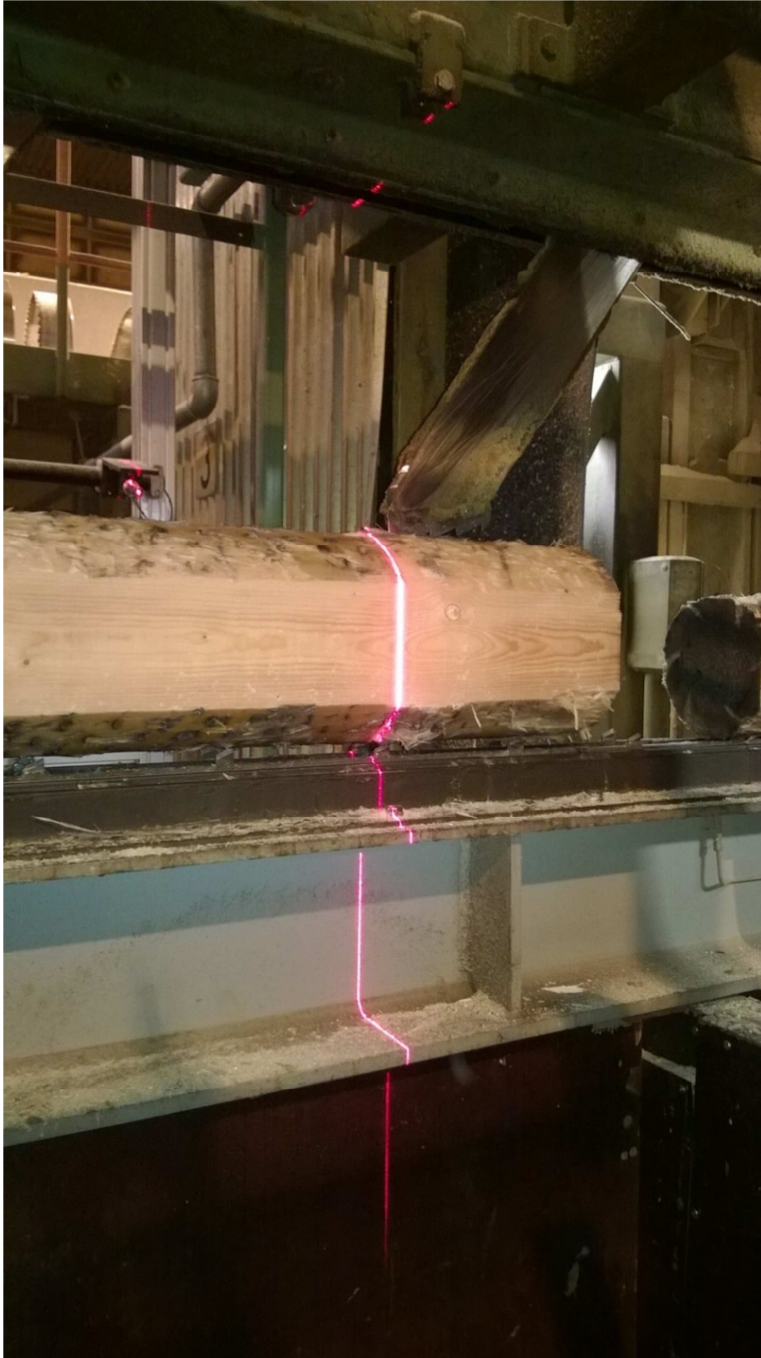
Ohjausjärjestelmä taas käyttää mittausohjelmiston tuottamaa tietoa päätöksen tekoon. Ohjausjärjestelmän päätöksen mukaan voidaan ohjata prosessia joko suoraan tai välillisesti. Tavallinen sovellus on, että konenäköjärjestelmän avulla annetaan tietoa ohjelmoitavalle logiikalle, joka ohjaa mitatun kappaleen hylkyyn tai jatkokäsittelyyn. [10.]

### **3.3 Limab CantProfiler**

CantProfiler on särmäoptimointiin kehitetty nykyaikainen mittausjärjestelmä. Sillä kyetään kolmiulotteiseen prosessin mittaukseen. Järjestelmä sisältää kaksi digitaalista matriisikameraa, neljä viivalaseria ja tarvittavat ohjelmistot. [12, s. 3.]

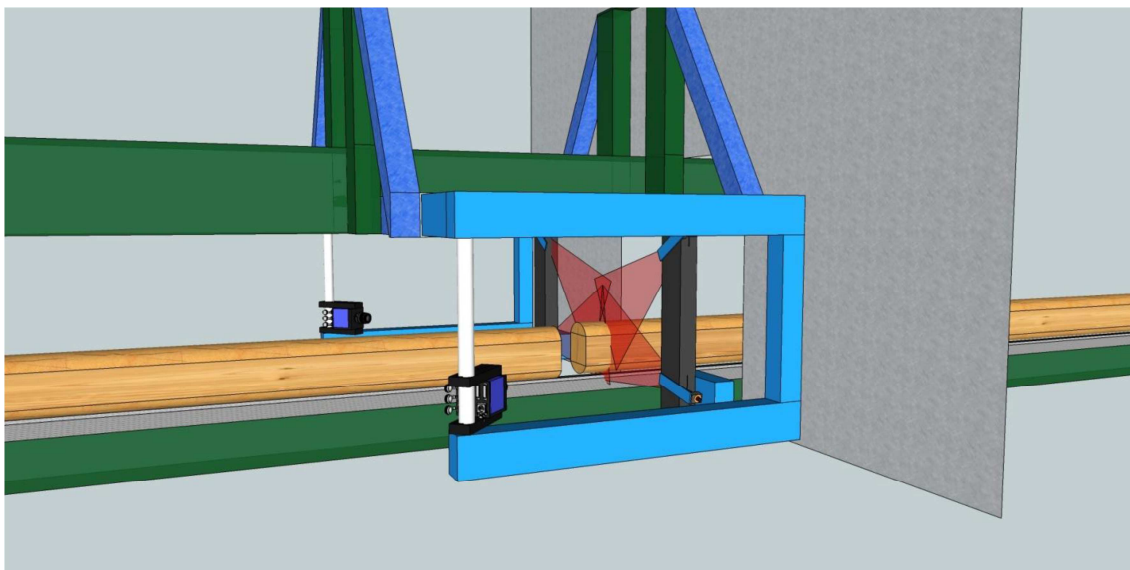
### 3.3.1 Sivulauta-aihion mittari

Viivalasereilla muodostetaan lasertaso mittarille poikittain pelkan kulkusuuntaan nähden. Kaksi kameraa, jotka on sijoitettu pelkkalinjan molemmin puolin, kuvaavat tätä lasertason ja pelkan leikkauskohtaa. Ensimmäisessä sahaparissa sahatun pinnan mittaaminen perustuu kolmiomittausperiaatteeseen. Pelkan kylkeen heijastetaan kohtisuoraan laserjuova. Kameranat kuvaavat tätä muodostunutta profiilijuovaa 45 asteen kulmassa. Näin saadaan muodostettua kuva pelkan kehästä, joka muodostuu mittapisteistä. Pelkan kylkeen muodostuva lasertaso on hyvin näkyvissä kuvassa 3. [11, s. 7.]



**Kuva 3. Pelkan pintaan muodostuva lasertaso.**

Yhdistämällä peräkkäiset kuvat saadaan muodostettua tarkka kolmiulotteinen kuva eli profiili pelkan kylkien muodoista. Pelkasta voidaan ottaa profiileja 5–10 mm:n välein [11, s. 7.] Kuvassa 4 on havainnollistettu kameroiden ja laserien asennusta pelkkalinjalla.



**Kuva 4. Mittaritelineen asennus [11, s. 5].**

Pelkan korkeus lasketaan kameroiden paksuusmittauksien erotuksesta. Pelkan pituus lasketaan kameran saatavan tiedon kappaleen päistä ja pelkkaa linjalla kuljettavan ketjukuljettimen nopeuden avulla. Nopeus mitataan ketjukuljettimen vetopäässä olevalla pulssianturilla. [11, s. 7.]

Profiileista muodostetaan pelkan muoto molemmilta puoliilta erikseen [11, s. 7]. Saatua muotoa verrataan mittausohjelmassa käyttäjän ennalta määrittämiin referenssiarvoihin, jotka riippuvat sahauksessa olevasta tuotteesta. Mitattavia asioita pelkan kyljestä ovat vajasärmän -syvyys, -leveys, -pituus ja laudan pituus [11, s. 7]. Jos mittausohjelma päättää, etteivät asetetut vaatimukset täyty jommallakummalla puolella, se lähettää ohjausjärjestelmälle pyynnön pudottaa kyseisen puolen sivulauta hylkyyn.

Ohjausjärjestelmä antaa hylkäämispyynnön erillisen i/o-moduulin kautta sahalinjan logiikalle. I/o-moduulina käytettiin Advantech USB-4761-yksikköä. Se liitetty usb-protokollalla mittausjärjestelmän tietokoneeseen ja sillä voidaan ohjata logiikan tuloja bittimuotoisena. Hylkäämispyyntö on yksinkertainen, molemmille puolille on erikseen omat lähtöbitit, joilla annetaan pyyntö sahalinjan logiikalle seurata lautaa ja antaa käsky särmälinjan logiikalle avata hylkyluukku laudan saapuessa sille. Lisäksi CantProfiler antaa sahalinjan logiikalle tiedon joka kerta



kun pelkan tyvi poistuu mittarilta. Näin voidaan seurata mittarin toimintaa. [11, s. 7.]

### **3.3.2 Kameran ja laserit**

Kamerat ovat Limab Oy:n itse rakentamia ja suunnittelema. Kamerat tunnetaan mallinimellä V3D ja ne sisältävät neljän megapikselin kennot (1700 \* 2400 pikseliä). V3D sisältää itsessään myös prosessorin ja Linux-käyttöjärjestelmän. Kamera on liitetty mittausohjelmiston sisältävään tietokoneeseen yhden gigabitin Ethernet-väylällä. [13.]

Lasereina käytetään neljää PreciLine 90405-viivalaseria, joiden aallonpituus on 638 nanometriä. [11, s. 29.] Laserit ovat kuvassa 5 taempana ja sahalinjan oikean puoleinen mittauskamera etualalla.



**Kuva 5. Kamera ja viivalaserit.**

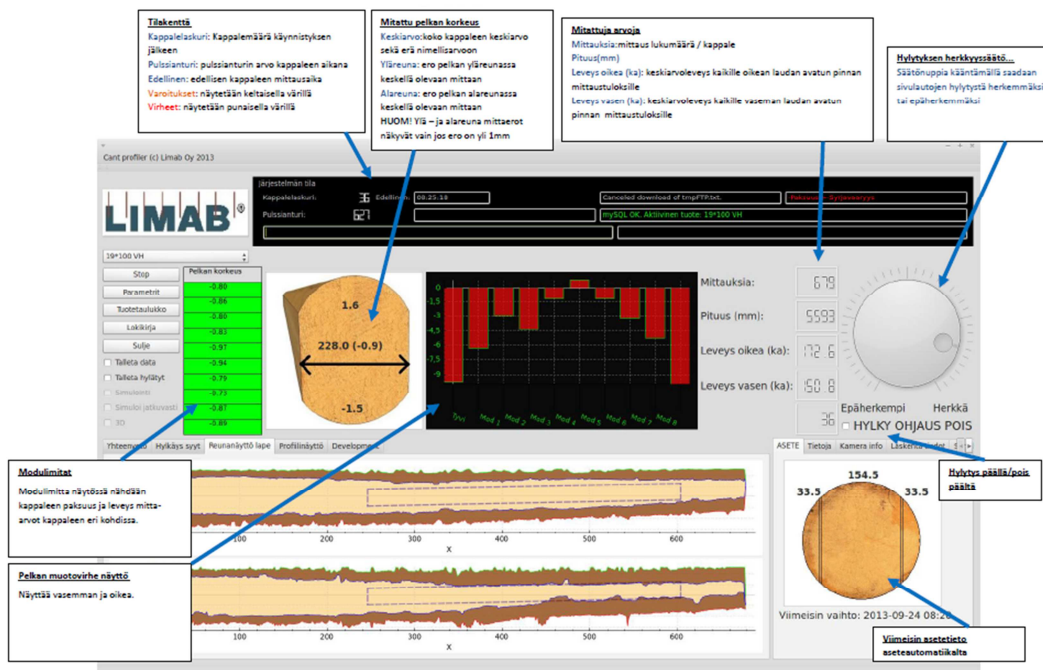
### 3.3.3 Ohjelmisto

CantProfiler-ohjelmisto voidaan jakaa kolmeen osaan.

1. käyttöliittymään
2. Linux Mint Maya kameran käyttöjärjestelmään
3. mySQL-serveriin.

Konenäköjärjestelmän sisältämien ohjelmien tehtävinä on kameroiden datan lukeminen, pelkan muodon päättelyminen kameroilta saatujen profiilitietojen perusteella, sivulaudan lasketun muodon ja vikojen esittäminen käyttäjälle, parametrien ja tuotetietojen syötön mahdollistaminen sekä niiden määrittely, tietojen antaminen logiikalle ja raportointi. [11, s. 9.]

Käyttöliittymän näkyvin osa on päämittausikkuna, joka näkyy pääohjaamossa CantProfiler-mittausjärjestelmän tietokoneen näytöllä. Kaikki normaali jokapäiväinen käyttö tapahtuu tämän ikkunan välityksellä. Kuvassa 6 on esitetty päämittausikkuna ja selitetty tärkeimmät toiminnot ja ikkunat. [11, s. 9–13.] Liitteessä 1 on kuva 6 nähtävissä suurempana.



Kuva 6. Päämittausikkuna [11, s. 9].

Mittausohjelmisto saa kulloisenkin sahauksessa olevan tuotteen asetetiedon sahalinjan asetetietojärjestelmästä. Käytössä olevan tuotteen nimi näkyy tuotetaulukkoikkunassa ja asete aseteikkunassa oikeassa alanurkassa. [11, s. 10.]

Alareunassa on molempien puolien sivulautojen kuvatut ja lasketut profiilit. Niin sanottu tukkipyöreä, tai kuten aiemmin ”metsä”, näkyy profiileissa tummanruskeana. Kuviin on mallinnettu suorakaiteen muotoisella kuviolla kapein ja lyhin mahdollinen lauta, joka sivulaudasta on mahdollista särmäsahoilla saada. [11, s. 10.]

Päämittausikkunassa vihreällä pohjalla olevien lukujen avulla voidaan seurata sahauksen onnistumista ensimmäisessä sahaparissa. Luku kertoo yhden modulimitan, eli yhden kymmenesosan tukinpituudesta matkalla tapahtuneiden kymmenen millimetrin välein tehtyjen mittausten keskiarvosta saadun pelkan korkeuden. Jos saatu arvo ei eroa tavoitellusta asetteesta asetettua yhtä millimetriä enempää, näytetään luku vihreällä pohjalla. Jos eroa on enemmän kuin on asetettu, luku näytetään keltaisella tai punaisella pohjalla. Mittoja voidaan seurata myös muotovirheiden seurantataulukosta. Siinä lasketaan sadan kappaleen muodoista keskiarvo ja esitetään muodon poikkeamat vasemmalle tai oikeaan pylväs kaaviona. Tällä taulukolla voidaan seurata tukin pyörityksen ja sahojen keskilinjan oikeellisuutta. [14.]

Käyttäjän tärkeimpänä tehtävänä on seurata, että mittausjärjestelmässä on oikea tuote ja asete, sekä hienosäätää hylkäämisherkkyyttä sopivaksi oikeassa reunassa olevan graafisen kiertokytkimen avulla. [11, s. 10.]

Tuotetaulukko sisältää mitattavien tuotteiden tiedot ja kulloisenkin tuotteen aseteelle halutut virheiden raja-arvot [11, s. 14.]. Kuvassa 7 on esitelty tuotetaulukkoikkunan sisältö.

Tuote	Paksuus	ThicknessRaw	Paksuus alaraja	ThicknessHigh	Width	WidthLow	Widthhigh	Length	LengthLow	LengthHigh	WaneWidthMax	WaneWidthMinCalc	WaneDepthMax	WaneDepthMinCalc	WaneLengthMax	WaneLengthMaxSUM	V
1 19*100 VH	19		18,5	19,9	100	103,4	105	2700	0	0	90	4	99	4	9999	9999	99

Aktiivinen tuote: 19\*100 VH  Tee muutokset jokaiseen tuotteeseen  
**Tuote tiedot**  
Tuotenimi: 19\*100 VH  Kommentti:   
Paksuus (mm): 19,0  Vajaasärmiä leveys (mm): 90,0  Vajaasärmiä määrä (kpl): 99   
Paksuus alaraja (mm): 18,5  Vajaasärmiä syvyys (mm): 99,0  Min vajaasärmiä syvyys (mm): 4,0   
Paksuus yläraja (mm): 19,9  Vajaasärmiä pituus (mm): 9999,0  Minimi vajaasärmiä leveys (mm): 4,0   
Leveys (mm): 100,0  Vajaasärmiä pituus summa (mm): 9999,0  Pääalueiden pituus (mm): 0,0   
Leveys alaraja (mm): 103,4  Syrjävääritys: 0,0  Pituus (mm): 2700   
Leveys yläraja (mm): 105,0  Pituus alaraja (mm): 0   
Suodata pois päistä (mm): 0,0  Pituus yläraja (mm): 0  Index (not visible): 34

### Kuva 7. Tuotetaulukkoikkuna [11, s. 13].

Valikosta valitaan muokattava tuote, jonka jälkeen ikkunan alareunassa sijaitsevilla asetuksilla voidaan määrittellä sallittavat virheiden raja-arvot, esimerkiksi vajaasärmiä osalta. Tuotetiedot ja mittaustiedot tallennetaan mySQL-serverille. [11, s. 14.] Tuotetaulukko on näkyvässä suurempana liitteessä 1.

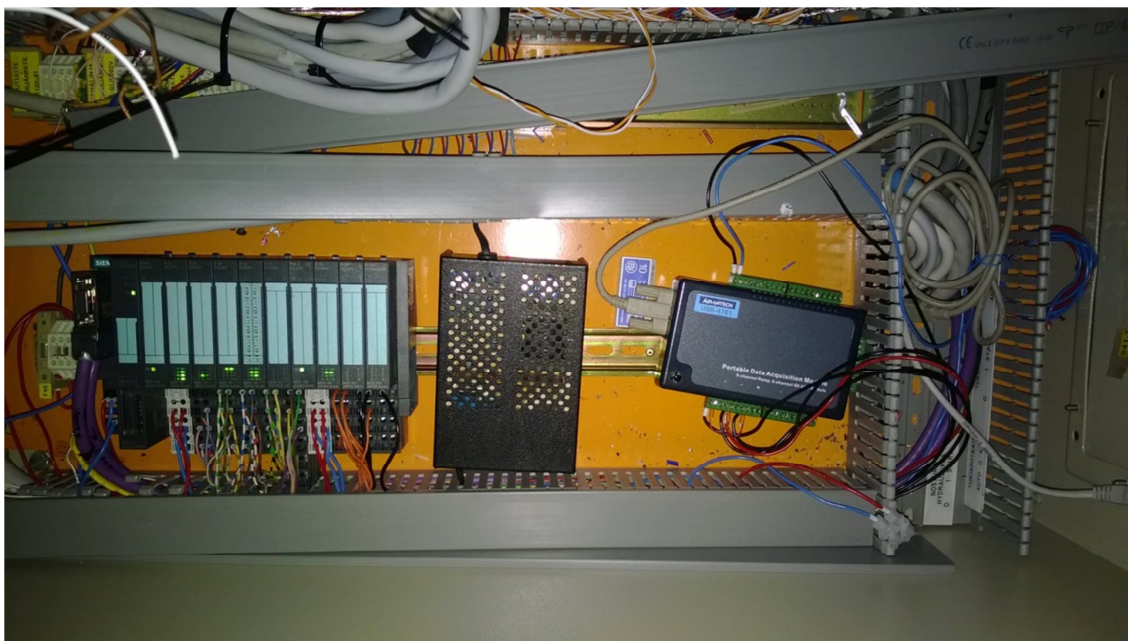
### 3.3.4 Liityntä ohjelmoitavaan logiikkaan

Kun mittaustulokset on saatu ja mittausohjelmisto on päättänyt hylätäänkö sivulauta vai ei, on aika siirtyä seuraavaan vaiheeseen. CantProfiler-ohjelmiston tehtävänä ei ole pelkästään kerätä käyttäjälle tietoa, vaan se myös ohjaa prosessia. Prosessin ohjauksella tässä yhteydessä ja tässä vaiheessa tarkoitetaan jommankumman tai molempien puolien sivulautojen ajamista hakkurihihnalle.

Kiteen sahalla on toisen saharin jälkeen mahdollista ajaa molemmat sivulaudat samalle puolelle linjaa ja edelleen samalle särmälle. Tällaisessa tapauksessa joudutaan usein tilanteeseen, jossa toinen lauta pitäisi hylätä, mutta toista ei. Tällöin hylkyyn ohjattava kappale ajetaan toiselle, käytöstä poistetulle puolelle ja hylätään sitä kautta hakkurihihnalle.

Mittausjärjestelmän huomattavassa kappaleesta käyttäjän asettamien kriteerien ylittävät virheet, se antaa ohjausjärjestelmälle tiedon. Ohjausjärjestelmän tehtävänä on saattaa tämä tieto ulos CantProfiler-mittausjärjestelmästä. Tämä tapahtuu pääohjaamossa sijaitsevan CantProfiler-tietokoneeseen liitetyn USB i/o-moduulin avulla. Tässä sovelluksessa Limab Oy hyödynsi Advantech USB-4761-moduulia [11, s. 34]. Moduulin lähdöillä voidaan suoraan antaa haluttu tieto ohjelmoitavaa logiikkaan. Kiteen sahalla moduuli sijoitettiin pääohjaamoon vasempaan ohjauspulpettiin P203v, jossa sijaitsee myös sahalinjan logiikan hajautettu i/o-yksikkö.

Ennen mittarin asennusta lisättiin yksikköön riittävästi tulokortteja, jotta kaikki halutut toiminnot voitiin toteuttaa. Hajautettu i/o-yksikkö sekä i/o-moduuli ovat näkyvissä kuvassa 8.



**Kuva 8. Hajautettu i/o-yksikkö ja -moduuli.**

### 3.4 Hylkyluukkujen ohjaus

Koska hylkyluukut kuuluvat jo särmäosastoon, on niiden ohjausohjelmat tehty särmälinjan logiikkaan. Koska CantProfilermittausjärjestelmä liittyy sahalinjan logiikkaan, oli logiikoiden välille rakennettava yhteys. Pääohjaamon hajautetun i/o-yksikön keskusyksikkö sijaitsi lähellä särmälinjan logiikan liityntäpistettä, joten päätimme kaapeloida tämän välin ja ohjata tuloja suoraan lähdoilla. Särmälinjan logiikka on vielä vanhaa S5-sarjaa ja odotettavissa on sen vaihtaminen tuoreempaan S7-sarjaan lähiaikoina.

Ohjausohjelman suunnitteli ja ohjelmoi OT-laite Oy, jonka kädenjälkeä koko sahalinjan logiikkaohjelma on. OT-laite on sahojen automatisointiin ja sähköistykseen erikoistunut yritys. OT-laitteen avustuksella tehtiin myös pääohjaamon painikkeiden ohjelmat pelkkaohjaamon toiminnoille.

Sahalinjan logiikka saa mittausjärjestelmältä tiedon, kun pelkan latva on poistunut mittarilta. Jos mittari on antanut käskyn hyllyttää pelkan jommankumman puolen sivulaudan, sahalinjan logiikka antaa sen hetken ratapulssin mukana hylkäämiskäskyn särmälinjan logiikalle. Samalla kun lauta pudotetaan sivulevyjen avulla sivullesiirtokuljettimelle, käynnistyy ajastin, jonka avulla saadaan hylkyluukku aukeamaan juuri oikeaan aikaan. Kuvassa 9 on kirveskuljetin, sivuunsiirtokuljetin sekä hylkyluukku. Hylkyluukkuna toimivat hydraulisesti ylös nousevat rullat. Rullien alla on luiska, jota pitkin hylkylaudat putoavat hakkuriin vievälle hihnakuuljettimelle. Kuva on otettu sahalinja oikealta puolelta. Hyvät laudat lähtevät myös hylkyluukkuna toimivien rullien päältä hihnakuuljetinta pitkin särmäosastolle kuvasta poispäin.



**Kuva 9. Tukkilinjan toinen laudanpudotus.**

Kuvasta 10 voidaan nähdä, kuinka lauta irtoaa sahan jälkeen. Sivulevyt ovat kuvassa vielä ylhäällä, mutta laudan irrotessa ne kääntyvät ala-asentoon päästäten laudan liukumaan kuljettimelle. Tässä vaiheessa lauta on jo mitattu ja päätös laudan laadusta tehty. Kuva on otettu sahalinjan oikealta puolelta, pelkan kulkusuuntaa vastaan.



**Kuva 10. Laudan irtoaminen.**

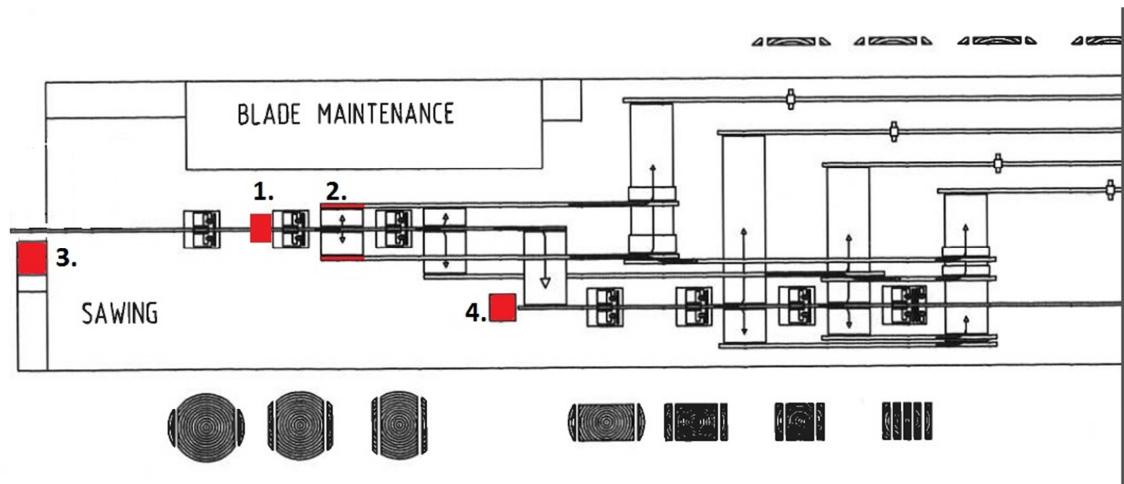


Kuvassa 11 hylkäämispäätöksen saanut lauta on irronnut pelkan kyljestä ja on pudonnut sivullesiertokuljettimelle. Sivulevyjen toimiessa ajastin on lähtenyt laskemaan aikaa ja ajan kuluttua avannut hylkyluukun. Sivullesiertokuljettimen ketjut siirtävät kappaleen aukkoon.



**Kuva 11. Hylkyluukku.**

Asemapiirroksessa kuvassa 12 mittari on kuvattu numerolla 1 ja asennuspaikka värjätty punaisella. Avautuvien hylkyluukkujen sijoittuminen sahalinjassa on havainnollistettu kuvaan 12 numerolla 2 ja punaisella värillä. Pääohjaamo jossa CantProfilertietokone sekä i/o-liitännät sijaitsevat on merkattu numerolla 3. Hajautettu pelkkaohjaamo on merkattu kuvaan numerolla 4.



1. CantProfiler-kamera
2. Hylkyluukut
3. Pääohjaamo
4. Pelkkaohjaamo

**Kuva 12. Ohjaamojen, mittarin ja hylkyluukkujen sijoittuminen [15].**

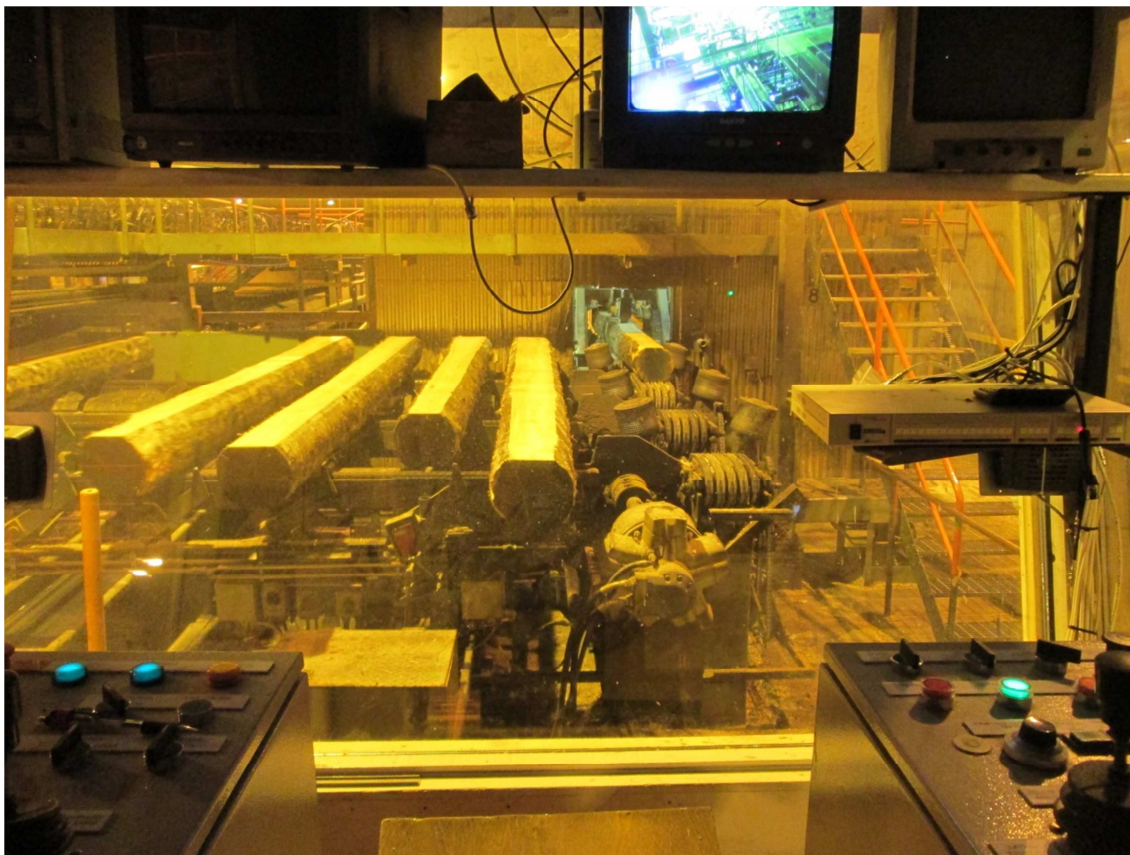
### 3.5 Pelkkaohjaamon toiminnot

Sahalinjan osalta tehostamistoimenpiteiden tavoitteena oli siis hävittää jatkuva pelkkaohjaamon miehityksen tarve. Ohjaamosta käsin ajettiin ja valvottiin pelkan kääntymistä ja annosteltiin käännetty pelkat jakolinjaan. Se sijaitsee jakolinjan alkupäässä pelkkavaraston vieressä.

Sahalinjan toimimiseksi ilman pelkkasahuria oli kaikki tärkeimmät toiminnot siirrettävä tai kopioitava pääohjaamoon. Lisäksi jakolinjan ohjaamiseksi oli pääohjaamoon siirrettävä entisen pelkkasahurin ”silmät”, eli jatkuva näköyhteys jakolinjan alkuun ja pelkkavarastoon, sekä pelkkaohjaamossa sijainneisiin valvontamonitoreihin. Osa pelkkaohjaamossa näkyneistä valvontavideokuvista siirrettiin näkymään ensimmäisen särmän ohjauspaikalle tai dimensiolajitteluun. Kuvasta 13 saa kuvan pelkkasahurin silmin.

Tärkeimpänä valvottavana pidettiin jakosahoihin syöttöä ja linjaan muodostuvan pelkkajonon seuraamista. Kuvassa 13 pelkka on juuri jakolinjan ensimmäisessä sahaparissa ja seuraavat tukit pelkkavarastossa odottamassa annostelua. Kuva

on otettu huoltoseisokin jälkeen joten valvontamonitorit olivat jo siirtyneet pääohjaamoon tai särmien ohjauspaikalle.



**Kuva 13. Näkymä pelkkaohjaamosta.**

Pelkkaohjaamossa olevat ohjauspulpetit ovat kuvassa 14. Suunnitteluvaiheessa päätimme yhdessä sahan työntekijöiden kanssa, mitkä kaikki toiminnot olivat välttämättömiä saada pääohjaamoon. Lopulta suurin osa kuvassa 14 näkyvien pulpettien P206v ja P206o toiminnoista kopioitiin pääohjaamoon ja sivupulpetista vain tärkeimmät painikkeet. Suurin osa pelkkaohjaamon painikkeista oli kytetty sahalinjan hajautettuun i/o-yksikköön, joka on sijoitettu pulpetin P206v sisään. Näiden painikkeiden kopiointi tai siirto pääohjaamoon kävi helposti Profibus-kenttäväylän ansiosta. Kuitenkin osa toiminnoista oli tehty pienjännitteellä tai ne liittyivät toiseen logiikkaan. Näiden painikkeiden siirto oli hieman hankalampaa, koska oli kaapeloitava pelkkaohjaamon ja pääohjaamon väli, sillä Profibus-kenttäväylää ei ole rakennettu eri logiikoiden kesken. Kaapeloidut kytkennät ovat kuvattuina liitteessä 3.

Osa toiminnoista oli sen laatuista, että ne voitiin toteuttaa toimiviksi vain toisessa paikassa, ettei olisi mahdollisuutta ristiriitaan pelkkaohjaamon ja pääohjaamon välillä. Sahalinjan logiikassa oleviin toimintoihin tämä toteutettiin ohjauspaikan valintakytkimellä. Muissa toiminnoissa siirrettiin painikkeet kokonaan pois pelkkaohjaamosta pääohjaamoon, tai kaapeloitiin rinnalle mahdollisuuksien mukaan.



**Kuva 14. Pelkkaohjaamon ohjauspulpetit.**

Kuvassa 15 on kaikki tarvittavat painikkeet ja kytkimet sovitettuina pääohjaamon pulpetteihin. Pääohjaamon molemmissa pulpeteissa on hajautetut i/o-yksiköt, joten logiikassa olevien painikkeiden lisääminen ei vaatinut juurikaan kaapelointia, koska painikkeet tulivat näiden pulpettien kansiin. Painikkeiden paikat katsottiin ennen kesän huoltoseisokkia sahan ohjaajien kanssa, ja jokainen käyttäjä sai ilmaista toiveensa. Kuten kuvasta 15 näkyy, pulpetit tulivat melko täyteen ja jouduin jopa muokkaamaan käsinoja saadakseni kaikki painikkeet ja kytkimet mahtumaan pulpetteihin.

Painikkeiden sijoittelussa tärkeää oli huomioida järjestelmällinen sijoittelu sekä käytännöllisyys. Esimerkiksi jakolinjan käynnistys- ja pysäytyspainikkeet asennettiin tukkilinjan vastaavien yhteyteen, pelkkavasteiden painikkeet helposti näppäiltäviksi oikean käsinojan yläreunaan, eri alueisiin liittyvät painikkeet yhteen paikkaan ja jne. Kaikkinensa painikkeiden määrä noin kaksinkertaistui pul-

peteissa. Kaikkien logiikan hajautusyksikköön liitettyjen ja kaapeloiden tehtyjen painikkeiden kytkennät ovat kuvattuina liitteessä 3.



**Kuva 15. Pääohjaamon ohjauspulpetit.**

Sahalinjan logiikassa olevien painikkeiden kopiointi onnistui helposti sahalinjanlogiikan pääohjelmassa OB1, koska Siemens S7-ohjelmoitavassa logiikassa on mahdollista ohjata tulolla tuloa. On kuitenkin huomattava ettei molempien tulojen bittien tilaa voida ottaa yhtä aikaa huomioon vaan ristiriita on estettävä ohjelmallisesti.

Uusien painikkeiden tulot ohjelmoitiin tai-operaatiolla rinnan pelkkaohjaamon painikkeiden kanssa. Näin voitiin tehdä kuitenkin vain niiden painikkeiden kohdalla, joita oli mahdollista käyttää yhtä aikaa molemmista ohjaamoista.

Kiertokytkimien ja pohjaan jäävien painikkeiden toiminta ehdollistettiin ohjauspaikanvalintakytkimellä, joka oli kytketty tuloon 45.3. Kuvassa 16 on esitetty pääohjelmaan käskylistamuotoisena rakennettu ohjelma kytkimille. Ohjauspaikan valinta on heti ensimmäisenä käskylistan alussa. Tuloon 45.3 kytketyllä valintakytkimellä valitaan mitkä tulot ovat käytössä. Jos tulo on tilassa yksi, suoritetaan ohjelma uusilla pääohjaamossa sijaitsevilla tuloilla. Tulon 45.3 ollessa

tilassa nolla, hypätään uuden ohjelman yli ja vanhat tulot, eli käytännössä painikkeet ja kytkimet ovat käytössä ja uudet eivät.

Block: OB1		Pääohjelma....			
Network: 1		Ohjauslohko kutsut			
BLD 131; Pelkkaohjaamon pulpettien kopiointi pääohjaamoon					
UN	E	45.3	S 45.3	-- Pelkkalinja ohjauspaikan valinta	P2030
SPB	vanh				
U	E	45.1	S 45.1	-- Keskitinrullat valintakytkin AUKI	P2030
=	E	54.1	S 54.1	-- Keskitinrullat valintakytkin AUKI	P206
U	E	45.2	S 45.2	-- Keskitinrullat valintakytkin KIINNI	P2030
=	E	54.0	S 54.0	-- Keskitinrullat valintakytkin KIINNI	P206
U	E	36.0	S 36.0	-- Pelkan Sivuunsiirto	P203V
=	E	54.6	S 54.6	-- Pelkan Sivuunsiirto	P206
U	E	36.4	S 36.4	-- Ylivientirullasto eteen P203V	
=	E	57.6	e57.6	-- Ylivientirullasto eteen P206	
U	E	36.3	S 36.3	-- PÖLYPUHALTIMET SEIS/KÄY	P203V
=	E	55.0	S 55.0	-- PÖLYPUHALTIMET SEIS/KÄY	P206
U	E	36.2	S 36.2	-- Annostelun valinta Auto	P203V
=	E	54.3	S 54.3	-- Annostelun valinta Auto	P206
U	E	36.1	S 36.1	-- Annostelun valintakytkin Kasi	P203V
=	E	54.2	S 54.2	-- Annostelun valintakytkin Kasi	P206
U	E	39.7	S 39.7	-- Pelkka-annostin taakse	P2030
=	E	58.1	S 58.1	-- Pelkka-annostin taakse	P206
U	E	45.0	S 45.9	-- Pelkka-annostin eteen	P2030
=	E	58.0	S 58.0	-- Pelkka-annostin eteen	P206
U	E	38.1	S 38.1	-- Hakin 2 rullasto eteen	P2030
=	E	57.4	E 57.4	-- Hakin 2 rullasto eteen	P206
U	E	38.0	S 38.0	-- Hakin 2 rullasto taakse	P2030
=	E	57.5	E 57.5	-- Hakin 2 rullasto taakse	P206
U	E	39.6	S 39.6	-- Jakosahan Kaynnistyspainike	P2030
=	E	59.4	S 59.4	-- Syottokulj.kaynnistyspainike jakol	P206
U	E	38.4	S 38.4	-- JAKO II 8&9 telat vapautus	P2030
=	E	61.6	S 61.6	-- JAKO II 8&9 telat vapautus	P206
U	E	38.3	S 38.3	-- Painopyorat ylos	P2030
=	E	61.5	S 61.5	-- Painopyorat ylos	P206
U	E	38.5	S 38.5	-- Pelkkavasteet ylos	P2030
=	E	59.6	S 59.6	-- Pelkkavasteet ylos	P206
U	E	38.6	S 38.6	-- Pelkkavasteet alas	P2030
=	E	59.7	S 59.7	-- Pelkkavasteet alas	P206
vanh: NOP	0				
U	E	60.0	S 60.0	-- Pelkkavaste 1 alas	P206
O	E	38.7	S 38.7	-- Pelkkavaste 1 alas	P2030
=	E	60.0	S 60.0	-- Pelkkavaste 1 alas	P206
U	E	60.1	S 60.1	-- Pelkkavaste 2 alas	P206
O	E	39.0	S 39.0	-- Pelkkavaste 2 alas	P2030
=	E	60.1	S 60.1	-- Pelkkavaste 2 alas	P206
U	E	60.2	S 60.2	-- Pelkkavaste 3 alas	P206
O	E	39.1	S 39.1	-- Pelkkavaste 3 alas	P2030
=	E	60.2	S 60.2	-- Pelkkavaste 3 alas	P206
U	E	60.3	S 60.3	-- Pelkkavaste 4 alas	P206
O	E	39.2	S 39.2	-- Pelkkavaste 4 alas	P2030
=	E	60.3	S 60.3	-- Pelkkavaste 4 alas	P206
U	E	60.4	S 60.4	-- Pelkkavaste 5 alas	P206
O	E	39.3	S 39.3	-- Pelkkavaste 5 alas	P2030
=	E	60.4	S 60.4	-- Pelkkavaste 5 alas	P206
U	E	60.5	S 60.5	-- Pelkkavaste 6 alas	P206
O	E	39.4	S 39.4	-- Pelkkavaste 6 alas	P2030
=	E	60.5	S 60.5	-- Pelkkavaste 6 alas	P206
U	E	60.6	S 60.6	-- Pelkkavaste 7 alas	P206
O	E	39.5	S 39.5	-- Pelkkavaste 7 alas	P2030
=	E	60.6	S 60.6	-- Pelkkavaste 7 alas	P206
U	E	61.3	S 61.3	-- SIVUTUOTEKULJETTIMIT SEIS TATTI	P206
U	E	38.2	S 38.2	-- SIVUTUOTEKULJETTIMIT SEIS TATTI	P2030
=	E	61.3	S 61.3	-- SIVUTUOTEKULJETTIMIT SEIS TATTI	P206
U	E	56.7	S 56.7	-- Jalkapoljin pelkan annostelu	P206
O	E	37.3	S 37.3	-- Jalkapoljin pelkan annostelu	P203v
=	E	56.7	S 56.7	-- Jalkapoljin pelkan annostelu	P206
U	E	55.1	S 55.1	-- Pelkan keskitysaika +	P206
O	E	36.5	S 36.5	-- Pelkan keskitysaika +	P203V
=	E	55.1	S 55.1	-- Pelkan keskitysaika +	P206
U	E	55.2	S 55.2	-- Pelkan keskitysaika -	P206
O	E	36.6	S 36.6	-- Pelkan keskitysaika -	P203V
=	E	55.2	S 55.2	-- Pelkan keskitysaika -	P206
U	E	61.1	S 61.1	-- Ohjainsauva taakse Ann.esto	P206
O	E	36.7	S 36.7	-- Pelkka-annostin heti seis	P203v
=	E	61.1	S 61.1	-- Ohjainsauva taakse Ann.esto	P206

Kuva 16. Pulpettien kopiointiohjelma.

### 3.6 Kameravalvonta

Koska jatkuva miehitys pelkkaohjaamossa poistui kesäseisokin jälkeen, mutta pelkkavarastoa ja jakolinjaan syöttöä piti pystyä valvomaan ja ohjaamaan, oli jakosahurin ”silmät” siirrettävä pääohjaamoon. Valvonta toteutettiin uusilla nykyaikaisilla digitaalikameroilla. Koko kameravalvontajärjestelmän laitetoimitukset ja asennuksen toteutti kiteeläinen Keski-Karjalan Kiinteistövalvonta.

Aiemmin esitetyssä kuvassa 13 esillä oleva näkymä oli saatava myös pääohjaamoon. Pääohjaamosta ei ole suoraa näköyhteyttä pelkkavarastoon saati jakolinjaan, joten ainut mahdollinen ratkaisu oli sijoitella kameroita sopiviin paikkoihin. Jakosahurin näkökentän tuominen pääohjaamoon toteutettiin yksinkertaisesti sijoittamalla ip-domekamera sopivalle korkeudelle entisen pelkkaohjaamon seinään (kuva 17).



**Kuva 17. Pelkkasahurin korvaava kamera.**

Pelkkavaraston valvonta taas toteutettiin kattoon sijoitetun käänneltävän ip-domekameran avulla. Pelkkavaraston valvonta oli tärkeää, koska pelkkojen kääntö tapahtuu varastopöydälle tultaessa ja joillakin pelkoilla on taipumus jäädä pystyyn, jolloin jakosahaus ei voi onnistua ja syntyy häiriö. Pelkan kääntöön on suunnitteilla parannuksia, mutta niitä ei vielä tässä seisokissa toteutettu.

Pelkkaohjaamon videokuvat saatiin näkymään pääohjaamossa tallentimen ja kahden uuden 42-tuumaisen näytön avulla. Aluksi suunnitelmissa oli lisätä vain yksi näyttö, mutta asennusvaiheessa huomattiin, etteivät kaikki kuvat mahtuneet yhdelle näytölle järkevästi. Pääohjaamossa oli jo ennestään kaksi samankokoista näyttöä, joten ohjaamon seinä alkoi olla jo melko täynnä, kun lisäksi tilaa veivät vielä prosessimittareiden sekä aseautomatiikan näytöt. Kuvassa 18 pelkkaohjaamosta siirretyt kuvat ovat kahdessa oikeanpuoleisessa näytössä ja pelkkasahurin näkökenttä lisättiin edellisessä investoinnissa lisättyyn tallentimeen ja näyttöön kuvan vasemmassa yläkulmassa.



**Kuva 18. Pääohjaamon kuvat.**

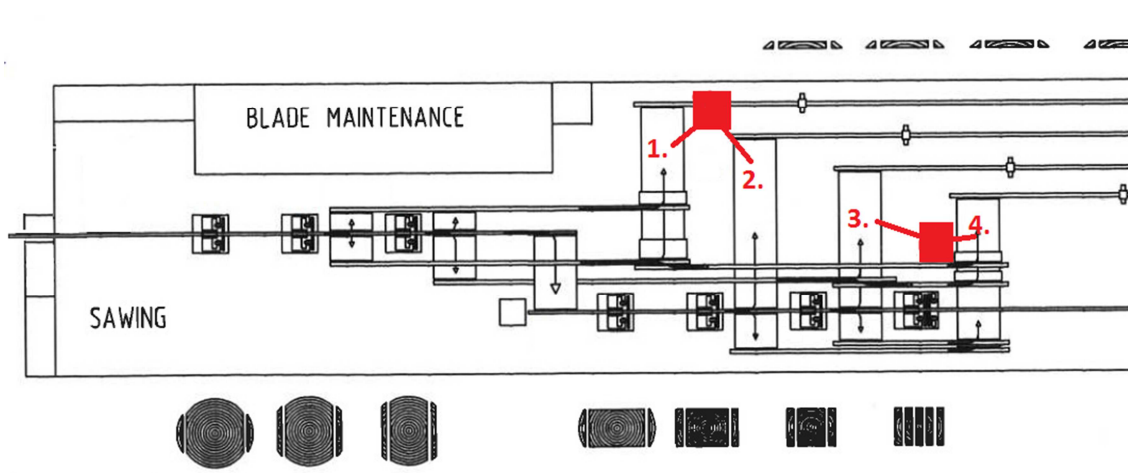


Kuten huomata saattaa, on sahurilla täysi työ kaikkien kuvien seuraamisessa ja siksi kuvien määrä pyrittiin pitämään mahdollisimman pienenä. Kuitenkin uusia kuvia lisättiin toistakymmentä. Kuvassa 18 näkyy myös CantProfilermittausjärjestelmän käyttöliittymäikkuna alimmaisessa kuvaruudussa.

### 3.7 Särmien yhdistäminen

Särmien yhdistämisen tarkoituksena oli mahdollistaa kolmen särmän ajaminen yhden tuotantotyöntekijän avulla. Aikaisemmin yksi henkilö pystyi ajamaan vain kahta särmää kerrallaan. Yhdistämisen ansiosta suurin osa sahausaseteista pystytään ajamaan yhden henkilön ohjaamana.

Yhdistäminen toteutettiin samaan tapaan kuin pelkkaohjaamon toimintojenkin siirto. Särmien tapauksessa tosin ei ohjaus paikkaa enää jätetty entiselle paikalleen, vaan kolmannen särmän ohjauspulpetit ja tietokoneet siirrettiin kokonaisuudessaan ensimmäisten särmien ohjauspaikalle. Samalla osa prosessin valvontakamerakuvista tuotiin ensimmäiselle särmälle ja vanhoista kuvaputkinäytöistä luovuttiin. Kuvassa 19 on merkattu särmät sahalinjan asemapiirustukseen numeroin ja ohjauspaikka yhdistetty viivalla tilanteessa ennen tehostamista.



Kuva 19. Särpälinjojen ohjauspaikat [15].

Suurin haaste pulpettien siirtämisessä oli saada ne mahtumaan ensimmäisten särmien ohjauspaikalle, koska pulpetteja oli ennestäänkin jo useampia. Ajan saatossa särmien ohjauspaikkoja onkin muutettu useaan otteeseen. Alkuperäinen sahan suunnittelijan tarkoitus oli että kaikkia särmiä ohjattaisiin yhdestä suuresta ohjaamosta. Pian huomattiin, ettei tämä ratkaisu toiminut seitsemänkymmenluvun tekniikalla ja jokainen särmä sai oman ajopaikan. Seuraavassa vaiheessa särmät jaettiin kahdelle ohjauspaikalle ja lopulta kolme ensimmäistä yhdistettiin vuoden 2013 kesäseisokissa. Tekniikan kehittyessä ollaan siis palaamassa takaisin alkuperäiseen yhden ohjauspaikan järjestykseen.

Ohjauspaikalla suurimpana uudistuksena tuli valvontakamerakuvien uudistaminen. Särmällä tämä toteutettiin samaan tapaan kuin pääohjaamossakin, tosin särmille tuotiin vain vanhoja analogisia kuvasignaaleja. Vanhoista kuvaputkinäytöistä hankkiuduttiin eroon ja tilalle hankittiin yksi 47-tuumainen LED-näyttö johon kaikki kuvat saatiin jaettua hyvin. Näin suuren näytön sijoittamisessa joutui käyttämään hieman mielikuvitusta, koska näyttö oli saatava sopivalle katseletäisyydelle ja se ei saanut peittää näkökenttää särmille. Ratkaisuksi tähän keksittiin nostaa näyttö erillisellä tolalla särmääjän eteen, siten että näytön alta mahtui kulkemaan helposti, eikä tolppa tullut tärkeimpien valvottavien kohteiden tai kulkureitin tielle. Tässä ratkaisussa ensimmäisenä hankaluutena eteen tuli rakenteiden tärinä. Tärinän takia tolpan runko jouduttiin hitsaamaan lattian alla oleviin saharakennuksen paksuihin runkopalkkeihin. Kuvassa 20 on näyttö asennettuna tolpan päähän ensimmäisten särmien ohjauspaikalla. Tolpan runkorakenteet valmisti ja asensi paikallinen suunnittelu- ja konepajayrittäjä.



**Kuva 20. Uusi kolmen särmälinjan ohjauspaikka.**

Edellisestä kuvasta saa hyvän käsityksen kuinka ahtaaksi särmien ohjauspaikka tuli, kun kaikki tarvittavat pulpetit siirrettiin sinne. Suurinta osaa kytkimistä ja painikkeista tosin tarvitaan vain käynnistämiseen ja tärkeimmät painikkeet onkin sijoitettu pienempiin, kuvassa 20 istuimen etupuolella oleviin pulpetteihin. Kolmannen särmän ohjauspulpetti sijoitettiin ensimmäisen särmän vastaavan päälle ja on näin helposti käytettävissä oikealla kädellä.

## **5 Tulokset**

Tämä opinnäytetyö on kirjoitettu noin kahdeksan kuukautta tehostamisen jälkeen, joten työn tulokset ja toimivuus on ehditty todeta jo useaan kertaan.

Tehostamistoimenpiteiden onnistumisesta parhaiten kertonee se että sahan käynnistyttyä huoltoseisokin jälkeisenä maanantaiaamuna, alkoi sahasta tulla niin paljon puutavaraa välivarastoon ja rimoitukseen, että tuotannolle tuli kiire saada voimalaitos käyntiin, että puut pystyttiin ottamaan kuivattavaksi.

Aliurakoitsijoiden toiminta projektin aikana oli totuttuun tapaan erinomaista. Kaikki käytetyt resurssit olivat jo ennestään tuttuja ja perehtyneitä sahalinjaan, joten toiminta heidän kanssaan oli helppoa. Työturvallisuuden valvontaan ei tarvinnut käyttää suurta huomiota, sillä kaikkien työntekijöiden valveutuneisuus turvalliseen työskentelyyn oli erinomaisella tasolla.

Automaattisen sivulaudan hylkäämisen osalta on jouduttu tekemään paljon hienosäätöä mittausjärjestelmään, mutta pääosin hylkääminen on toiminut hyvin. Pelkkaohjaamon poistuminen aiheutti ennen seisokkia paljon ihmetystä ja epäilyjä, mutta heti sahauksen alettua sahan työntekijät huomasivat, että sahaaminen onnistuu hyvin näinkin. Suuria muutoksia ohjauksiin pääohjaamossa ei ole tarvinnut tehdä, muutamaa toiminnon lisäystä lukuun ottamatta. Nämäkin toiminnot ovat olleet sellaisia joita käyttöhenkilöt eivät olleet osanneet ottaa huomioon ja tuoda esille kun muutosta suunniteltiin.

Särmien yhdistämisessä ei ole tietooni tullut mitään ongelmia ja kolmen särmän ajo yhdellä henkilöllä on sujunut jouhevasti. Ainoita muutoksia särmälle ovat olleet pulpettien asentojen tai korkeuden muutoksia sekä joidenkin kytkimien paikkojen tai tyyppien vaihtamisia.

## **5.1 Tehostuminen**

Suoraan verrannollista kesäseisokin jälkeisiä tuotanto- tai häiriöprosenttilukuja ei voi esittää, koska viime vuosina joka kesäseisokissa on tehty erilaisia muutoksia, kuten kesällä 2012 tehty sahaan syötön muutos, jonka jälkeen sahan käyttöaste oli todella alhaisella tasolla muutaman kuukauden. Rehellisesti voin kuitenkin sanoa ettei vetämieni tehostamistoimenpiteiden takia tullut yhtään normaalia huoltoseisokin jälkeistä aikaa enempää häiriöistä johtuvaa seisokkia tai tuotannon menetyksiä.

Tuotannon tehokkuus on myös pysynyt projektin ansiosta lähellä henkilöstöresurssien vähentämistä edeltävän ajan tasoa. Kaiken kaikkiaan projekti onnis-

tui mielestäni loistavasti ja helpotukseksi olen saanut tunnustusta projektista sahan johdolta.

## 5.2 Jatkokehitys

Sahalaitos ja sahalinja on jatkuvan kehityksen kohteena. Suoraan tähän projektiin liittyvänä jatkokehitystoimenpiteenä voidaan mainita konenäköjärjestelmän hyödyntäminen muuhunkin kuin sivulautojen hylkäämiseen. Jatkossa mittarilla tullaan seuraamaan tiiviisti tukin pyöriksen ja sahauksen onnistumista. Mittaustuloksia voidaan myös tulevaisuudessa hyödyntää esimerkiksi särmäyksen optimoinnissa. CantProfiler-järjestelmä on vielä toimittajankin puolesta tuotekehitysvaiheessa, joten uusia ominaisuuksia tultaneen vielä lisäämään.

Muita tavalla tai toisella projektiin liittyviä ja varteenotettavia kehitystoimenpiteitä ovat muun muassa pelkkapöydän ja jakolinjaan syötön mekaniikan päivitys tai särmälogiikan päivitys Siemens S7-sarjaan.

## 6 Pohdinta

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli siis johtaa sahalinjan tehostamiseen tähtäävä investointiprojekti suunnittelusta käyttöönottoon. Tehostamisella tähdättiin vastaavaan tuotantovolyymiin pienemmillä henkilöresursseilla ja parantamaan laatukontrollia. Tuotannon tehostamisen menetelminä käytettiin automatisointia ja toimintojen hajauttamista useampaan työpisteeseen. Huomattavimpana muutoksena tehtiin pelkkaohjaamon toimintojen siirto pääohjaamoon ja sivulautojen hylityksen automatisointi.

Usean työryhmän johtaminen aikaisempaa kokemusta vailla oli haastavaa, kun hoidettavana oli myös osaksi kunnossapidon työnjohtaminen ja oma osuus projektin asennuksista. Aikataulussa pysyminen oli tärkeä tekijä projektin onnistumisessa, vaikka testaukset jäivätkin viime hetkiin. Kaiken kaikkiaan pidän työtä erittäin opettavaisena ja hyödyllisenä tulevaisuutta ajatellen, sillä vastaavat projektit ovat insinöörille arkipäivää.

Lopuksi haluan vielä kiittää kaikkia aliurakoitsijoita, kunnossapidon henkilöstöä ja etenkin automaatioinsinööri Timo Tahvanaista opinnäytetyön aiheen antamisesta sekä avustamisesta kaikissa opinnäytetyön vaiheissa.

## Lähteet

1. Stora Enso Oy. Stora Enso lyhesti. 2014.  
<http://www.storaenso.com/aboutus/stora-enso-in-brief/Pages/Stora-Enso-lyhyesti.aspx> [Luettu 4.2.2014]
2. Musikka, T. Traverssivaunun sähköistyksen uusiminen. Savonia ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. 2006.
3. Stora Enso Oy. Kiteen sahan esittely. 2013. [PowerPoint-esitys]
4. Empower Oy. Teollisuuspalvelut. 2014.  
<http://www.empower.eu/web/fi/teollisuuspalvelut> [Luettu 6.2.2014]
5. Suomen sahat Ry. Merkitys kansantaloudelle. 2010.  
<http://www.suomensahat.fi/sahateollisuus/suomessa/merkitys-kansantaloudelle> [Luettu 9.2.2014]
6. Limab Oy. Yritysesittely. 2013. <http://www.limab.fi/fi/etusivu> [Luettu 9.2.2014]
7. Automation Technology Laboratory. Aalto University School of Electrical Engineering. Konenäkö robotin ohjauksessa. 2013.  
[http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c\\_teoria.pdf](http://automation.tkk.fi/attach/AS-0-2230/lab3c_teoria.pdf) [Luettu 11.2.2014]
8. Fonselius, J., Pekkola, K., Selosmaa, S., Ström, M. & Välimaa. Automaatiolaitteet. Helsinki. 1996
9. Aho, J. Mikä on pikseli? 2001.  
<http://www.reunamo.com/arto/vinkit/sekalaiset/pikseli.htm> [Luettu 24.2.2014]
10. Opetushallitus. Puutuoteteollisuus. Konenäkö. 2009.  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/automaatio/konena-ko/index.html> [Luettu 1.3.2014]
11. Limab Oy. CantProfiler pelkan mittausjärjestelmä. Huolto- ja käyttäjän käsikirja. Stora Enso Kitee. 2013
12. Limab Oy. Tarjous L13017. Sivulauta-aihion mittari. Stora Enso Timber Oy. 2013
13. Mäkikuutti, H. CantProfiler kamerasta. Email Heikki.Makikuutti@limab.fi. Vastaanottaja: Sami Tiilikainen. Lähetetty 7.1.2014
14. Mäkikuutti, H. Limab Oy. CantProfiler koulutus. Pidetty 24.3.2014
15. Stora Enso Wood Products. TK. Prosessikaavio 150166. 7.4.2004.



CANTPROFILER – CANT MEASUREMENT SYSTEM

23.9.2013

**Tilakenttä (kts tarkempi kuvaus kohdassa 4.1.1.1)**  
 Kappalelaskuri: Kappalemäärä käynnistyksen jälkeen  
 Pulsianturi: pulssianturin arvo kappaleen aikana  
 Edellinen: edellisen kappaleen mittausaika  
 Varoitukset: näytetään keltaisella värillä  
 Virheet: näytetään punaisella värillä

**Mittattu pelkan korkeus**  
 Keskiarvo: koko kappaleen keskiarvo sekä erä nimellisiarvoon  
 Yläreuna: ero pelkan yläreunassa keskellä olevaan mittaan  
 Alareuna: ero pelkan alareunassa keskellä olevaan mittaan  
 HUOM! Ylä- ja alareuna mittaerot näkyvät vain jos ero on yli 1mm

**Mittattu arvoja**  
 Mittauksia: mittaus lukumäärä / kappale  
 Pituus(mm)  
 Leveys oikea (ka): keskiarvoleveys kaikille oikean laudan avatun pinnan mittaustuloksille  
 Leveys vasen (ka): keskiarvoleveys kaikille vaseman laudan avatun pinnan mittaustuloksille

**Hylytyksen herkkyyssäätö...**  
 Säätönappia kääntämällä saadaan sivulautojen hylitystä herkemäksi tai epäherkemäksi

The screenshot shows the LIMAB CantProfiler software interface. At the top, there's a status bar with the LIMAB logo and system information. Below that, a control panel includes buttons for 'Stop', 'Parametrit', 'Tuotetaulukko', 'Lokikirja', and 'Sulje'. A 'Pelkan korkeus' (Cant height) table is visible, listing values from -0.80 to -0.89. The main display area features a 3D model of a cant with dimensions 1.6, 228.0 (-0.9), and -1.5. Next to it is a bar chart showing height variations across different modules (Mod 1 to Mod 8). On the right, numerical readouts show 'Mittauksia: 679', 'Pituus (mm): 5593', 'Leveys oikea (ka): 172.6', and 'Leveys vasen (ka): 150.8'. A rotary knob is used for sensitivity adjustment, currently set to 'Epäherkempi' (Less sensitive). Below the main display, there are two horizontal profile graphs showing cant height variations along the x-axis (0 to 600). At the bottom right, a circular inset shows a top-down view of the cant with dimensions 154.5 and 33.5. The interface also includes a 'HYLKY OHJAUS POIS' (Reject control off) button and a date/time stamp 'Viimeisin vaihto: 2013-09-24 08:26'.

**Modulimitat (kts tarkempi kuvaus kohdassa 4.1.1.2)**  
 Modulimita näytössä nähdään kappaleen paksuus ja leveys mitta-arvot kappaleen eri kohdissa.

**Pelkan muotovirhe näyttö (kts tarkempi kuvaus kohdassa 4.1.1.x)**  
 Näyttää vasemman ja oikean.

**Hylytys päällä/pois päältä**

**Viimeisin asetieto aseteautomatiikalta**





## 4.1.2 Tuotetaulukko ikkuna

Tuotetaulukko –ikkuna sisältää kullekin sivulaudalle sallitut maksimi vikakoot (vajaasärmäsäännöt).

Tuote	Paksuus	ThicknessRaw	Paksuus alaraja	ThicknessHigh	Width	WidthLow	WidthHigh	Length	LengthLow	LengthHigh	WaneWidthMax	WaneWidthMinCalc	WaneDepthMax	WaneDepthMinCalc	WaneLengthMax	WaneLengthMaxSUM	V
19*100 VH	19		18,5	19,9	100	103,4	105	2700	0	0	90	4	99	4	9999	9999	99

**TUOTERIVIT**  
Näillä riveillä näkyvät kaikki luodut tuotteet

**AKTIIVINEN TUOTE**  
Vain yksi tuote voi olla kerrallaan aktiivinen. Aktiivisen tuotteen voi valita joko päämittausnäytöstä, tai tästä valintaruudusta

**VALITTU TUOTE**  
Kun käyttäjä klikkaa jotain tuoteriviä ikkunan yläreunassa, näytetään a.o. tuotteen yksityiskohdat näissä kentissä. Tässä esimerkissä käyttäjä on valinnut tuotteen KU30.6\*127 (näkyvissä pohjalla).

**Tee muutokset jokaiseen tuotteeseen**  
Normaalisti tietyt vian raja-arvot ovat samat kaikissa eri tuotteissa, kuten esimerkiksi minimipituus. Jos tätä arvoa halutaan muuttaa, se vaatisi normaalisti kaikkien tuotteiden läpikäymistä ja minimipituus -arvon muuttamista. Tämän helpottamiseksi käytössä on Tee muutokset jokaiseen tuotteeseen -valintaruutu. Kun tämä ruutu on valittuna ja tiettyyn kenttään tehdään muutos (esim minimipituus), jonka jälkeen painetaan Talleta tiedot -painiketta, ohjelma kysyy talletetaanko solun tiedot kaikkiin tuotteisiin. Jos tähän vastataan kyllä, kaikkien tuotteiden minimipituus kentän tiedot muutetaan vastaaviksi arvoksi.

Aktiivinen tuote: 19\*100 VH  Tee muutokset jokaiseen tuotteeseen

**Tuote tiedot**

Tuoterivi: 19\*100 VH  Kommentti:

Paksuus (mm): 19,0  Vajaasärmä leveys (mm): 90,0  Vajaasärmä määrä (kpl): 99

Paksuus alaraja (mm): 18,5  Vajaasärmä syvyys (mm): 99,0  Min vajaasärmä syvyys (mm): 4,0

Paksuus yläraja (mm): 19,9  Vajaasärmäpituus (mm): 9999,0  Minimivaajaasärmä leveys (mm): 4,0

Leveys (mm): 100,0  Vajaasärmä pituus summa (mm): 9999,0  Pääakselien pituus (mm): 0,0

Leveys alaraja (mm): 103,4  Syrjävääryys: 0,0  Pituus (mm): 2700

Leveys yläraja (mm): 105,0  Pituus alaraja (mm): 0

Suodata pois päältä (mm): 0,0  Pituus yläraja (mm): 0  Index (not visible): 34

Talleta tiedot Uusi tuote Kopioi ja liitä Poista tuote Peruuta muutokset Sulje

**Talleta tiedot**  
Tallettaa tehdyt muutokset tietokantaan

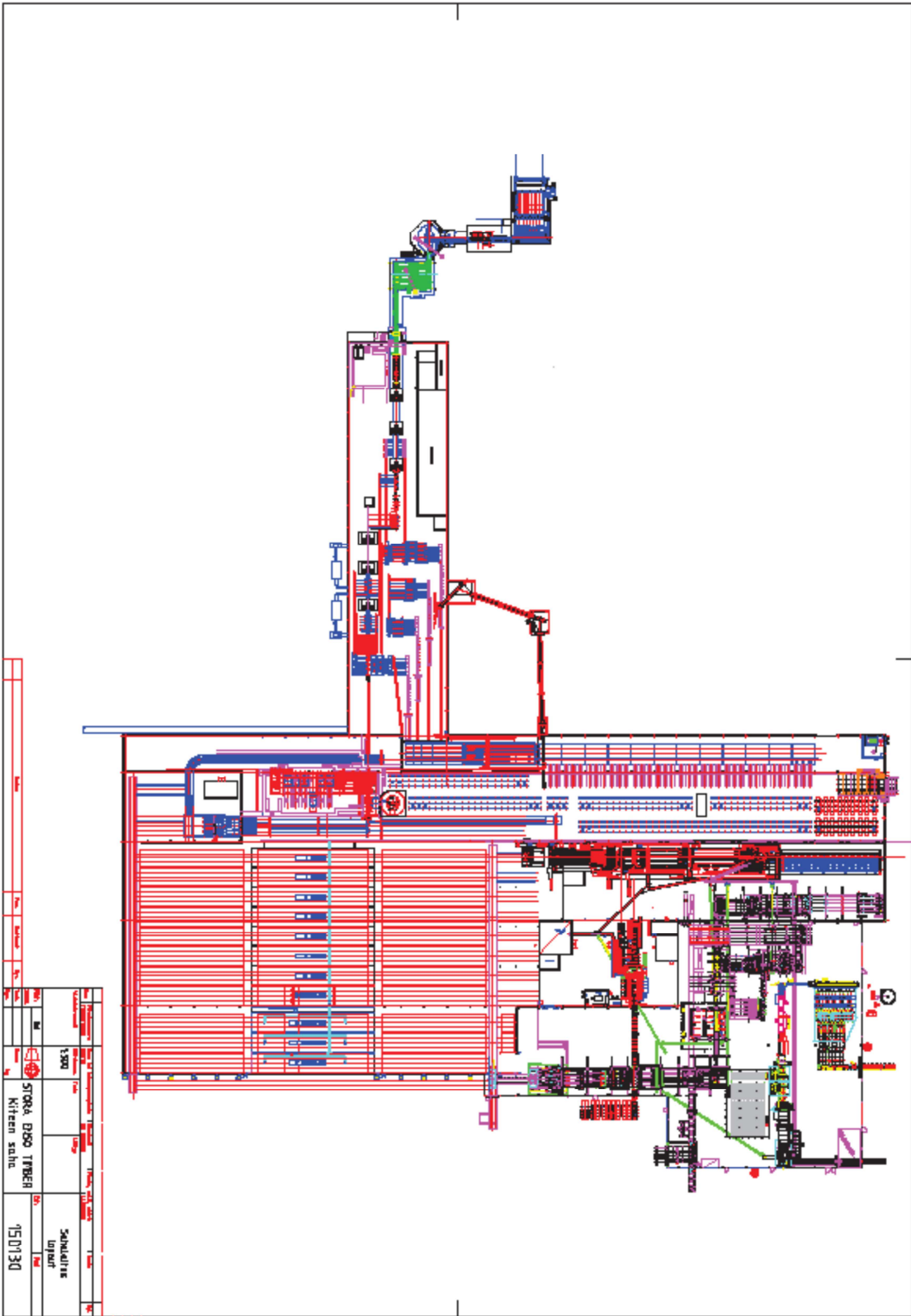
**Uusi tuote**  
Luo uuden tuotteen tietokantaan. TUOTERIVILLE ilmestyy oletusarvona "New product" -rivi, jota käyttäjä muokkaa tarpeita vastaavaksi

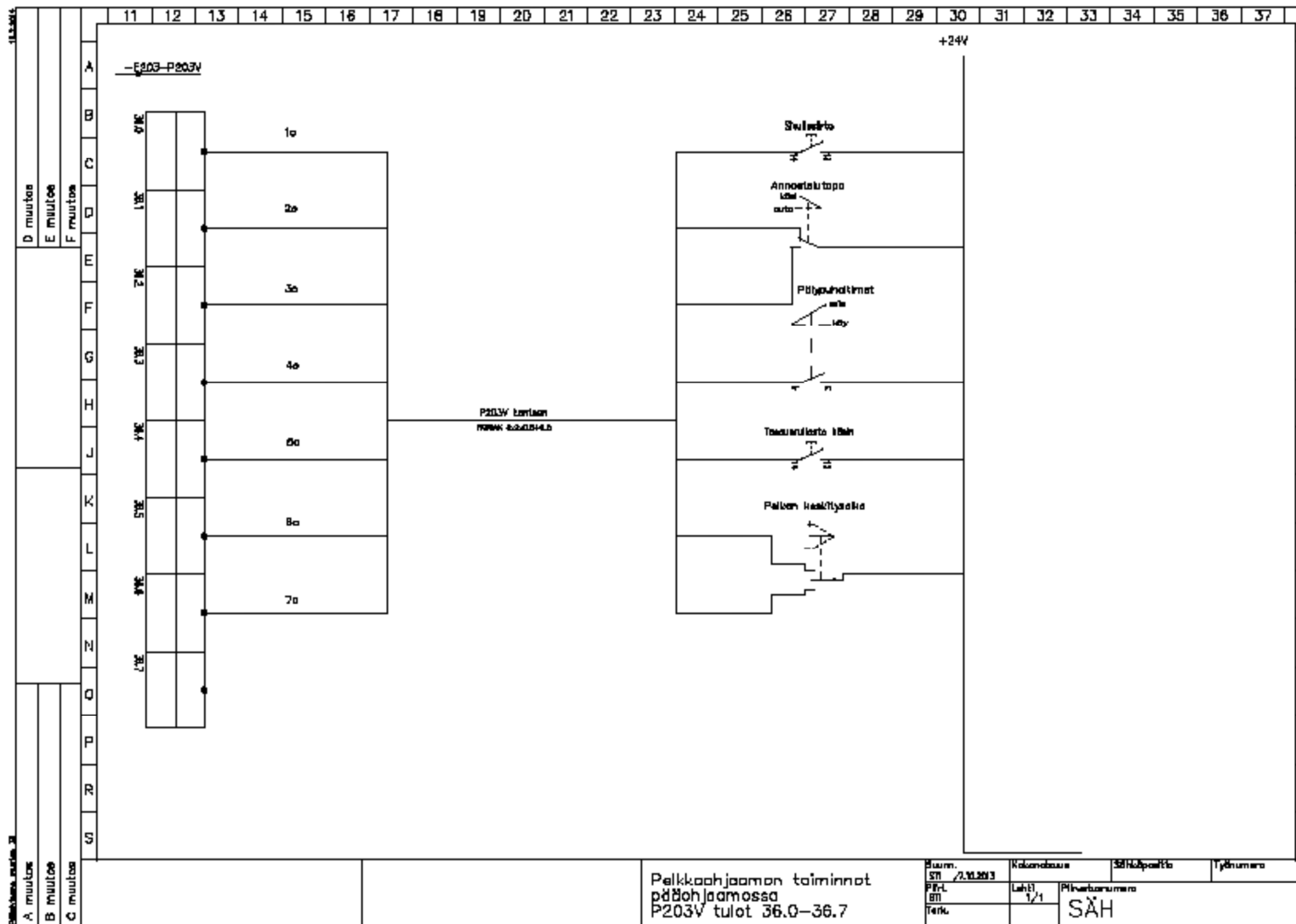
**Kopioi ja liitä**  
Kopioi valitun rivin (näkyvissä VALITTU TUOTE -kentissä) ja luo siitä kopion tuoteriveille.

**Poista tuote**  
Kopioi valitun rivin (näkyvissä VALITTU TUOTE -kentissä) ja luo siitä kopion tuoteriveille. Tämä toiminto helpottaa uusien tuotteiden luomista.

**Peruuta muutokset**  
Peruu viimeksi tehdyt muutokset

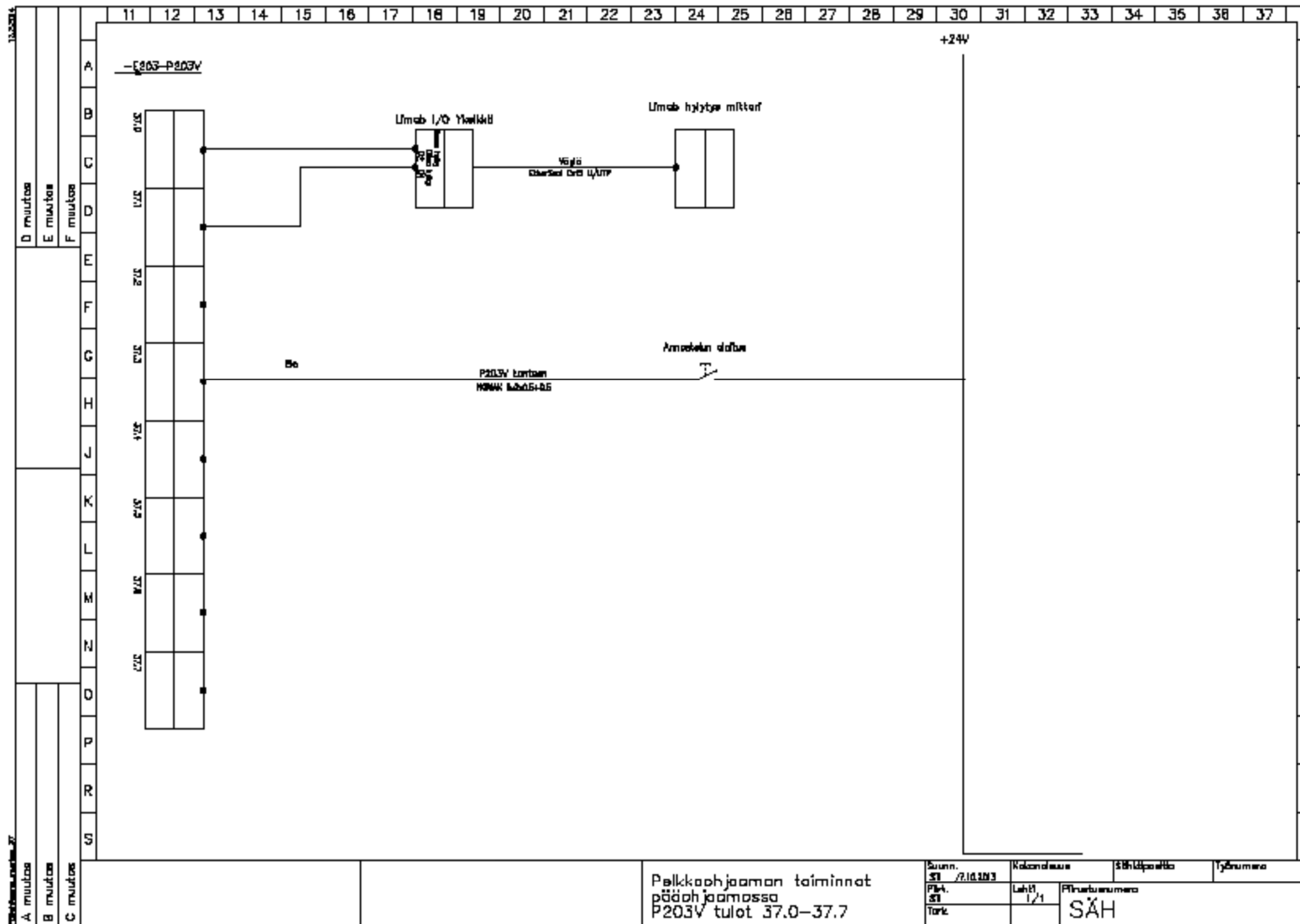
**Sulje**  
Sulkee tuotetaulukko -ikkunan

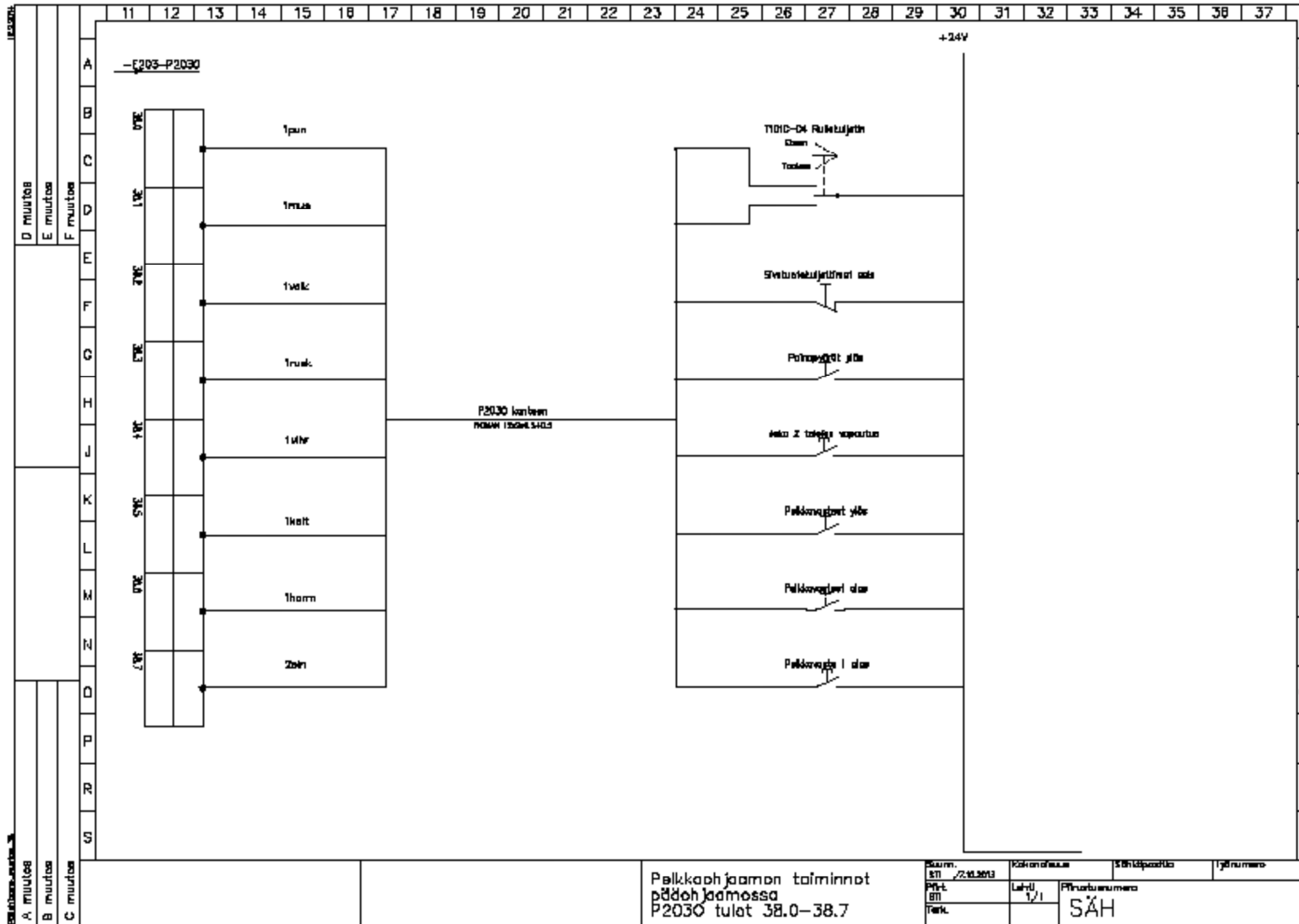




Pelkkaohjaamon taiminnat  
pääohjaamossa  
P203V tulot 36.0-36.7

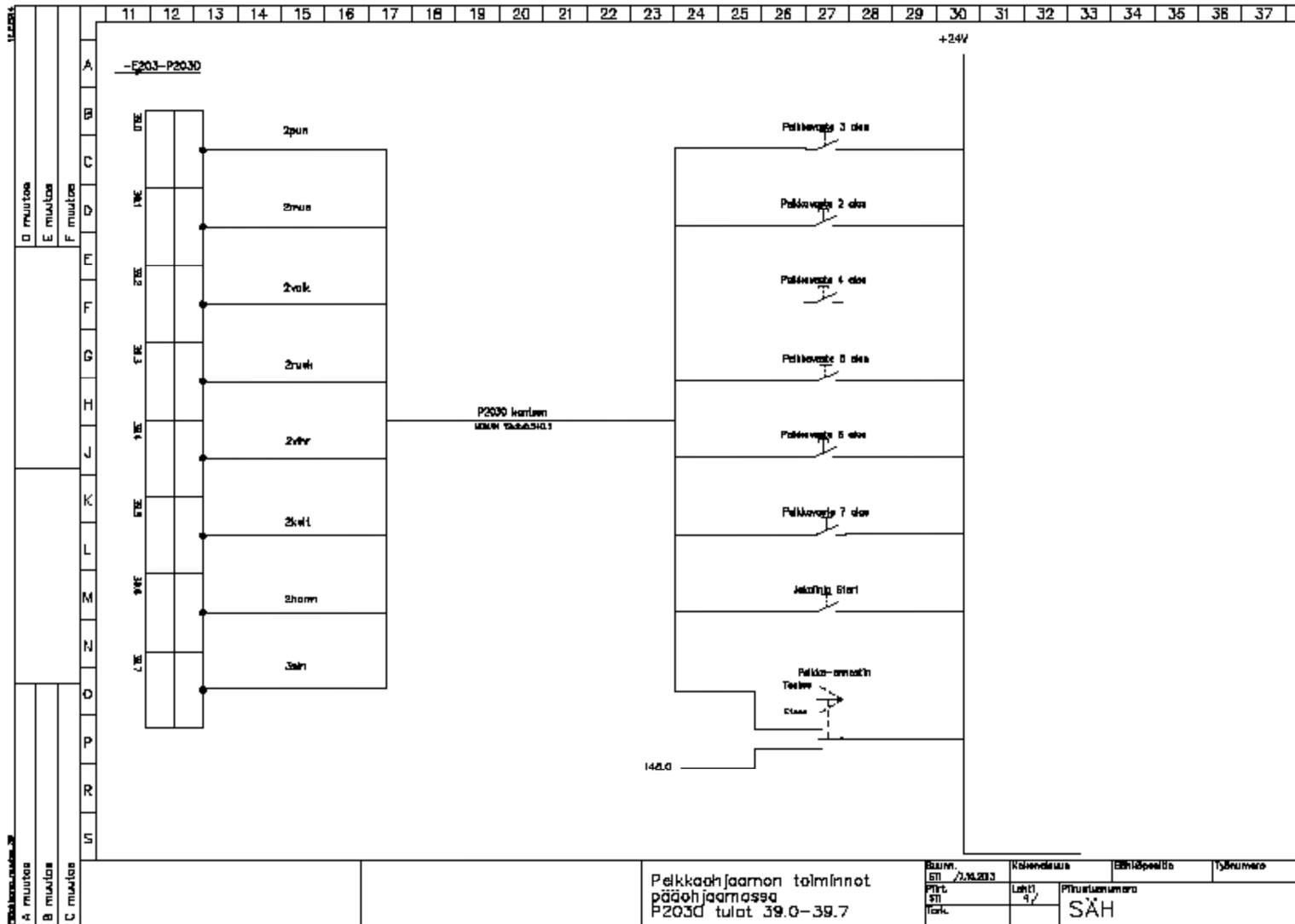
Siun.	Kokonaisuus	Sähköpaikka	Työnumero
50	2/2003		
PEL	Lehti	Pihvianumero	
EN	1/1	SÄH	
Tark.			





Palikkaohjaimen toiminnat  
 pöydän lamppuissa  
 P2030 tulot 38.0-38.7

Siuna 871	Kokonaismäärä	Sähköpostiosoite	Yhteyshenkilö
PR- 871	Lehti 1/1	Pöytälamppu	
Teht.		SÄH	



Pelkkavirtajärjestelmän toiminnat  
pääohjauksessa  
P2030 tulot 39.0-39.7

Suunn. BT	Käsitellyt 2.11.2013	Kokoukset 9/	ESRiäspäätös	Tunnus SÄH
--------------	-------------------------	-----------------	--------------	---------------

