

Ville Paavola

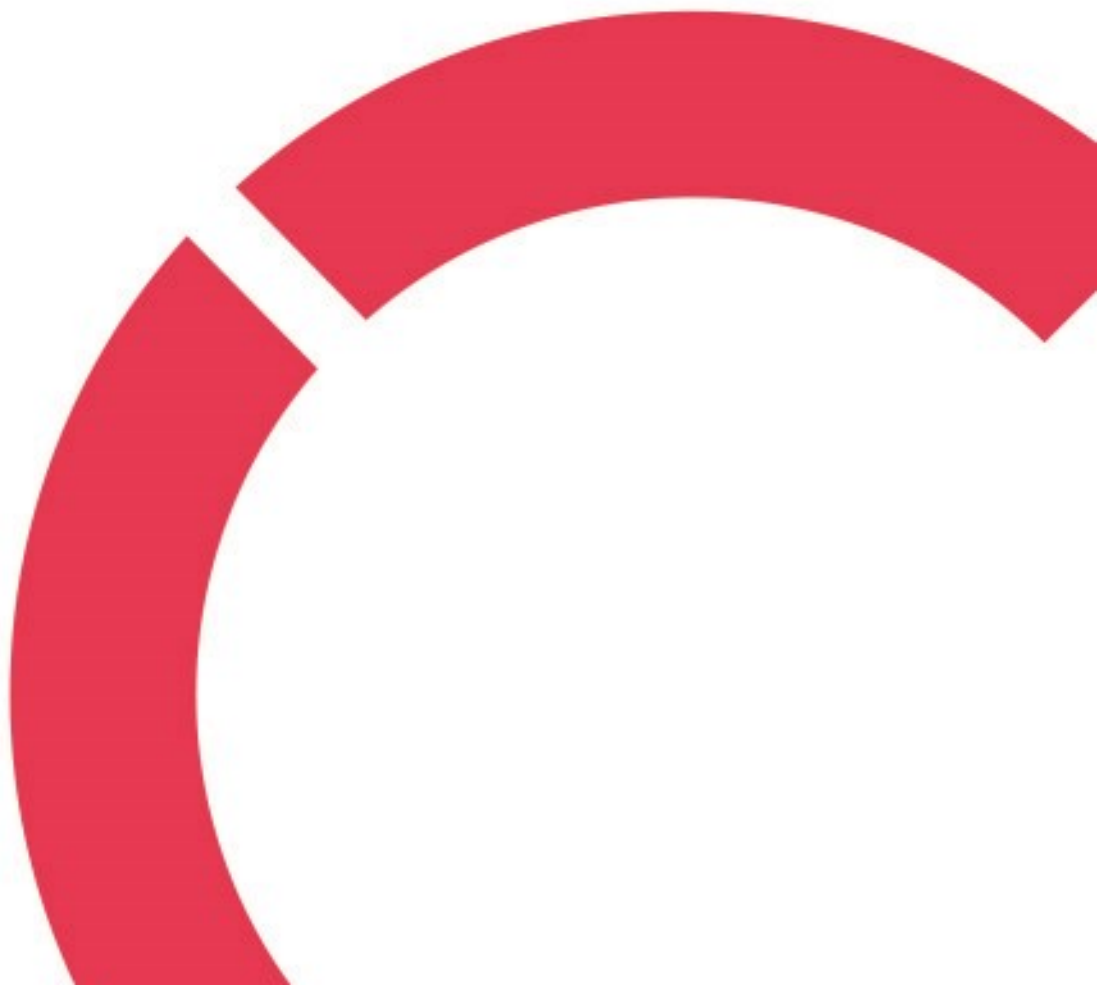
RAUMAN SAHAN TERÄHUOLLON KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö

CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Insinööri (YAMK), teknologiaosaamisen johtaminen

Huhtikuu 2024



Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Huhtikuu 2024	Tekijä/tekijät Ville Paavola
Koulutus Teknologiaosaamisen johtaminen		<input type="checkbox"/> AMK <input checked="" type="checkbox"/> YAMK
Työn nimi RAUMAN SAHAN TERÄHUOLLON KEHITTÄMINEN		
Työn ohjaaja Pekka Makkonen		Sivumäärä 39 + 3
Työelämäohjaaja Jaakko Vierola		
<p>Tehtävänantona oli kehittää Raumalle rakennettavan sahan terähuoltoa niin että terätoimittajalla tehtävä terähuolto sekä sahan terätoiminnot toimisivat sujuvasti. Ja teräasiat olisivat heti sahan tuotannon alkaessa hyvässä tilanteessa, eikä teristä saisi aiheutua turhia tuotannon katkoksia.</p> <p>Konstruktiiivinen työ on tässä tapauksessa hyvin konkreettinen ja tutkielmassa käsitellään sitä, miksi asioita on päätetty tehdä juuri tietyllä tavalla.</p> <p>Teräasioiden kehittämisessä keskityttiin toteuttamaan asiat lean-ajattelun mukaisesti niin, että teriin liittyvässä työskentelyssä sahalla tulisi mahdollisimman vähän virheitä.</p> <p>Lean teorioiden pohjalta kehitettyjen ratkaisujen ansioista Rauman sahalinjalla on aloitettu tuotanto niin että terähuolto tai teriin liittyvät asiat eivät ole aiheuttaneet turhia tuotantokatkoksia. Työssä määritellään myös, että jatkossa teriin liittyvissä asioissa suurin paino on hyvä keskittää teriin liittyvään vaihtotyöhön.</p>		

Asiasanat sahalinja, terähuolto, virheet, terälaatikko, terämerkinnät, terien vaihtaminen, terien seuranta
--

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date April 2024	Author Ville Paavola
Degree programme Teknologiaosaamisen johtaminen		
Name of thesis RAUMAN SAHAN TERÄHUOLLON KEHITTÄMINEN		
Centria supervisor Pekka Makkonen	Pages 39 + 3	
Instructor representing commissioning institution or company Jaakko Vierola		
<p>Assignment was to develop methods of saw blade handling and maintenance at new Rauma sawmill to the point where sawn timber production would not take too much negative affect on matters related to blades.</p> <p>This constructive thesis reviews why and how matters regarding blades were considered and handled.</p> <p>Focus in developing saw blades handling was on executing things with lean production theories in mind. Goal was to create methods where possibilities of making mistakes would be minimal.</p> <p>Solutions created for Rauma sawmill helped to start production with no major production stops related to saw blades. Key points to develop in the future are also reviewed in this thesis.</p>		
Key words Saw line, blade maintenance, mistakes, box for blades, markings for blades, changing the blades, follow up for blades		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

Pelkka

Vähintään kahdelta sivulta tasaiseksi sahattu tukki.

Sahausrako

Noin 4 millimetrin levyinen pyöröterän muodostama halkeama pelkkaan. Näin sahatavarakappaleet irtoavat toisistaan.

Haketusteräpäät

Teräpäät haketusteräpaloineen ja otsaterineen.

Kursoasete

Särmäyskursoista koottu asete, jolla särmätään pintalautojen sivut.

Otsaterä

Pyöröterä, joka kiinnitetään teräpään otsapintaan. Otsaterä sahaa tukin sivun irti juuri ennen haketusteräpaloilla tehtävää sivujen haketusta. Myös särmäysaseteessä särmäyskurson viereen asetettavasta pyöröterästä käytetään nimitystä otsaterä.

Särmäysasete

Särmäysyksikön akseleille särmäyskursoista, otsateristä ja välilaiipoista koottava asete, jolla haketetaan sydäntavaraa kapeampien sahatavarakappaleiden sivut pelkka- ja jakosahauksen jälkeen.

Särmäyskurso

Särmäyskurso koostuu kurson rungosta ja teräpaloista, jotka kiinnitetään toisiinsa pulteilla.

Teräasete

Teräholkille koottu asete sisältäen pyöröterät sekä reuna- ja jakoholkit tai kiinnittimet.

Teräpäyksikkö

Haketusteräpään, sähkömoottorin, peltilevyn ja johteiden muodostama kokonaisuus.

Sisällys

1 JOHDANTO	1
1.1 Tutkimusmenetelmä	2
2 RAUMAN SAHA	3
2.1 Rauman sahan toimintamalli	3
2.2 Rauman sahan sahalinja	4
2.3 Sahalinjan terät	5
2.3.1 Pelkkahakkurit 1 ja 2	5
2.3.2 Haketusteräpäiden vaihtolaite	6
2.3.3 Pelkkasaha	7
2.3.4 Jakosaha dx	8
2.3.5 Jakosaha	9
2.3.6 Sahalinjan kaikki terät	10
3 ONGELMAN MÄÄRITTELY	12
3.1 Ongelmat lähtötilanteessa ja projektin aikana löydetty ratkaisut	12
3.1.1 Terämallit	12
3.1.2 Terien saatavuus	13
3.1.3 Terätoimittajan valinta	13
3.1.4 Laitetoimittajan ja terätoimittajan yhteistyö	14
3.1.5 Terähuollon suunnittelu	14
3.1.6 Virheet terien käsittelyssä	14
4 TERÄHUOLLON KEHITTÄMISEN TYÖKALUJEN MÄÄRITTÄMINEN	16
4.1 Lean ajattelun periaatteet terähuollon kehittämisen apuna	16
4.1.1 Poka-Yoke	17
4.1.2 JOT	18
4.2 Virheiden minimointi	19
4.3 Terälaatikot	20
4.3.1 Pyöröterien laatikot	20
4.3.2 Pelkkahakkureiden terälaatikot	21
4.3.3 Särämäyskursojen terälaatikot	22
4.4 Terien merkinnät	23
4.4.1 Terien sahausyksikön merkintä	23
4.4.2 Terien nopeusluokan merkintä	24
4.5 Sahan terähuoneiden toiminnot	25
4.5.1 Pelkkahakkurien terien huone	25
4.5.2 Pelkka- ja jakosahojen terien huone	26
4.5.3 Työpisteet terien laipoitusta varten	26
4.5.4 Terähyllyt	27
5 RAUMAN SAHAN TERÄHUOLTO	28
5.1 Terätoimittajan vastuu	28
5.2 Sahan vastuu	28
5.3 Terien vaihtaminen sahakoneisiin	29
5.4 Terien vaihtamiseen käytettävät tavoiteajat Rauman sahalla	29
5.5 Terien vaihtovälit	31
5.6 Vaihtotyön resurssit	31

5.7 Terien vaihtamisen kehittäminen	32
5.7.1 Tavoitetila	32
5.7.2 Nykytila	33
6 TEKNOLOGIANÄKÖKOHDAT	34
6.1 Terien käytön ja huollon seuranta.....	34
6.1.1 RFID-tekniikkaan pohjautuva seuranta.....	34
6.1.2 Terän värinän mittaamiseen pohjautuva seuranta.....	35
6.1.3 Loggmaster teräseuranta.....	35
6.2 Robotit teränvaihdon apuna	36
6.2.1 Aseteosien pesu	36
6.2.2 Terälavojen siirtely	36
7 POHDINTA	38
LÄHTEET	40
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Metsä Fibre rakensi Raumalle maailman moderneimman sahan. Tuotanto käynnistyi vuonna 2022 kolmannella kvartaalilla ja kapasiteetti on noin 750 000 kuutiota sahatavaraa vuodessa. Perinteisesti sahoilla on työskennelty tuotantolinjojen äärellä huolehtien siitä, että tuotanto on sujuvaa ja häiriötöntä. Rauman sahalla tuotantolinjojen seuranta on kehitetty niin että se on viety linjojen äärestä keskusvalvomoon, josta voidaan kontrolloida koko tehdasta. Linjalla työskentelevien työntekijöiden tilalle tarvitaan runsaasti konenäköä, robotiikka ja uudenlaista automatiikkaa. Tästä syystä Rauman sahaa voidaan sanoa huoletta maailman moderneimmaksi sahaksi.

Jotta saha toimii niin kuin on suunniteltu ja tuottaa sahatavaraa suunnitellun verran, on tärkeää, että sahakoneiden terät toimivat oikein. Terät ovat aikojen saatossa kehittyneet niin pitkälle, että teräteknisesti kehittäminen on suurelta osin hienosäätöä. Itse terien kehittämiselläkin on toki vaikutusta mutta suurempi vipuvarsi modernin sahatehtaan tukemiseksi voidaan saada terähuollon konseptia kehittämällä.

Terät ovat yleensä niin olennainen osa sahaa että juuri sen vuoksi ne saattavat jäädä vähemmälle huomiolle. Sahalinjan ostaja saattaa saada koneen mukana terät, joita sitten tarvittaessa teroitetaan ja huolletaan. Toki hankitaan myös henkilöstöä tai ulkoista resurssia vaihtamaan ja huoltamaan teriä, jotta tuotanto hidastuisi terähuollon vuoksi mahdollisimman vähän. Rauman sahaprojektissa teräasioita ei enää ajatella mitenkään itsestään selvyytensä, vaan on tultu siihen tulokseen, että terähuollon prosesseja kehittämällä voidaan varmistua siitä, että tehdas tuottaa sen mitä on luvattu. Voidaan myös ajatella, että kun teräasiat hoidetaan heti alusta alkaen kunnolla, uuden tyyppisellä sahalaiteksella saadaan rauhassa keskittyä enemmän muihin kehityskohteisiin. Eli käytännössä halutaan sulkea pois teristä johtuvat tuotantokatkokset, jotta voidaan keskittyä kehittämään tuotantolinjojen muut ominaisuudet huippuunsa. Näin onnistutaan tavoitteissa tuottaa sahatavaraa tehokkaasti valvomotyöskentelyllä, käyttämällä apuna konenäköä ja robotiikkaa. Rauman sahalle haluttiin toimiva teräkonsepti jo heti tehtaan ylös-ajosta alkaen.

Rauman tehtaalla halutaan teriin liittyvä työ standardisoida sekä johtaa johdonmukaisesti. Terähuolto ei saa henkilöityä ja teräasioiden on sujuttava, vaikka henkilöt vaihtuisivat. Rauman saha käy TAM37 työaikamuodossa, eli viikon kaikkina päivinä ja kaikkina vuorokauden aikoina. Työaikamuoto asettaa

omat haasteet sille, miten teriin liittyviä asioita on suunniteltava. Kaikkien vuorojen on opittava hoitamaan asiat samalla tavalla. Varsinainen terien huoltaminen, eli teroittaminen ja korjaaminen on ulkoistettu terätoimittajalle. Sahalla tehtävät toimenpiteet liittyvät teräasetteiden kasaamiseen ja purkamiseen, terien asentamiseen sahakoneisiin sekä sisäiseen logistiikkaan. Kaikki työvaiheet kuvataan ja määritellään tarvittavalla tarkkuudella. Sisäisen ja ulkoisen työn rajapinnat määritellään.

1.1 Tutkimusmenetelmä

Tutkimuksen tavoitteena oli saada Rauman sahan terähuolto toimimaan alusta alkaen hyvässä yhteistyössä laitetoimittajan ja terätoimittajan kanssa kolmikantaisesti niin että teriin liittyvän toiminnon eivät hidasta tuotantoa liikaa tehtaan ylös ajon aikana. Käytännössä tämä toteutettiin niin että keväästä 2021 lähtien olin vastuussa Rauman sahan teriin liittyvistä asioista ja määrittelin ja aikataulutin teriin liittyvät asiat laitetoimittajan sekä terätoimittajan kanssa. Asioiden etenemistä seurattiin viikoittaisilla ja kuukausittaisilla palavereilla, jolloin pystyttiin tarvittaessa ratkaisemaan asioita nopealla aikataululla.

Konstruktiivinen tutkimus täyttää tieteellisen tutkimuksen vaatimukset ja tuottaa samalla ratkaisuja yritykselle. Tavoitteena on hankkia riittävä teoreettinen osaaminen ja innovoida yritykselle sopiva ratkaisu, joka voidaan ottaa myös käyttöön. (Virtanen, 2006, 46.) Tutkimusmenetelmänä on konstruktiivinen tutkimus, joka soveltuu parhaiten annettuun tehtävään, joka on Rauman sahan terähuollon kehittäminen. Kokonaisuutena sahan terähuollon kehittäminen todella laaja aihe, joten tässä työssä keskitytään pääasiassa siihen millä tavalla päädyttiin minimoimaan terien käsittelyyn liittyviä virheitä. Työssä käydään läpi sahalinjan teriin liittyvät erityispiirteet sekä pohditaan teoriaa, jonka pohjalta on voitu kehittää Rauman sahalle soveltuvia ratkaisuja. Teoriapohjaa haetaan lean-tuotantoajattelun periaatteista, jossa jatkuva parantaminen ja virheiden vähentäminen ovat suuressa roolissa. Teoriaa ja syntyneitä ratkaisuja käsitellään luvussa 4.

2 RAUMAN SAHA

Rauman sahan on maailman edistyksellisin sahalaitos ja Suomen kaikkien aikojen suurin sahainvestointi, jonka kehitystyöstä hyötyy koko sahateollisuus (Metsä Fibre, 2022).

Metsä Fibre otti vuonna 2022 käynnistyneen Rauman sahan myötä alalla selkeän loikan muiden edelle teknologian, tehokkuuden ja toimintamallin suhteen (Metsä Fibre, 2022).

2.1 Rauman sahan toimintamalli

Metsä Fibren Rauman saha on maailman modernein saha jonka tuotantokapasiteetti on 750 000 kuutiota mäntysahatavaraa vuodessa. Tällainen tuotantomäärä voidaan saavuttaa kun sahausnopeudet yltyvät jopa 250:een metriin minuutissa joka tarkoittaa noin 40 tukkia minuutissa (Metsä Fibre, 2022).

Sahatavara käsitellään alan uusimmalla tekniikalla. Rauman saha on kaikkien aikojen suurin sahainvestointi Suomessa. Samalla tontilla sijaitseva sellutehdas muodostaa sahan kanssa tehokkaan integraatin joka mahdollistaa siirtymän fossiilittomaan tuotantoon. Saha on teknologialtaan ja tehokkuudeltaan edelläkävijä maailmassa. Esimerkiksi konenäön ja tekoälyn hyödyntäminen sahausprosessin eri vaiheissa on merkittävä uudistus. Vastaavaa tekniikka ei ole käytössä muilla sahoilla. Uusi teknologia mahdollistaa tehtaan siirtymisen keskusvalvomomalliin. Sahalla on siis vain yksi valvomo josta ohjataan kaikkia tuotantolinjoja. Perinteisesti sahoilla tuotantoa ohjataan jokaiselta tuotantolinjalta erikseen, joko valvomosta tai suoraan tuotantolinjan ääreltä. Rauman sahalla kaikkia tuotantolinjojen toimintoja ohjataan Raumalle räätälöidyn scada-järjestelmän kautta. Tuotantolinjoille on sijoitettu robotteja oikaisemaan tarvittaessa ruuhkautuvia sahatavarakappaleita. Robottien hallinta ja sahatavara lajittelu onnistuu konenäön avulla. Rauman sahan toimintamallissa on keskeistä henkilöstön moni- ja syväosaaminen sekä käyttäjäkunnossapito. Jokaisessa operaattoritiimissä työskentelee henkilöitä joilla on mekaanista kunnossapito osaamista tai sähköautomaatio osaamista. Tämä mahdollistaa pienten tuotannon häiriöiden selvittämisen nopeasti ilman ulkoista kunnossapitoapua. Henkilöstö työskentelee pääasiassa TAM37 työaikamallissa eli tehdas käy koko ajan ympäri vuoden. (Metsä Fibre, 2022.)

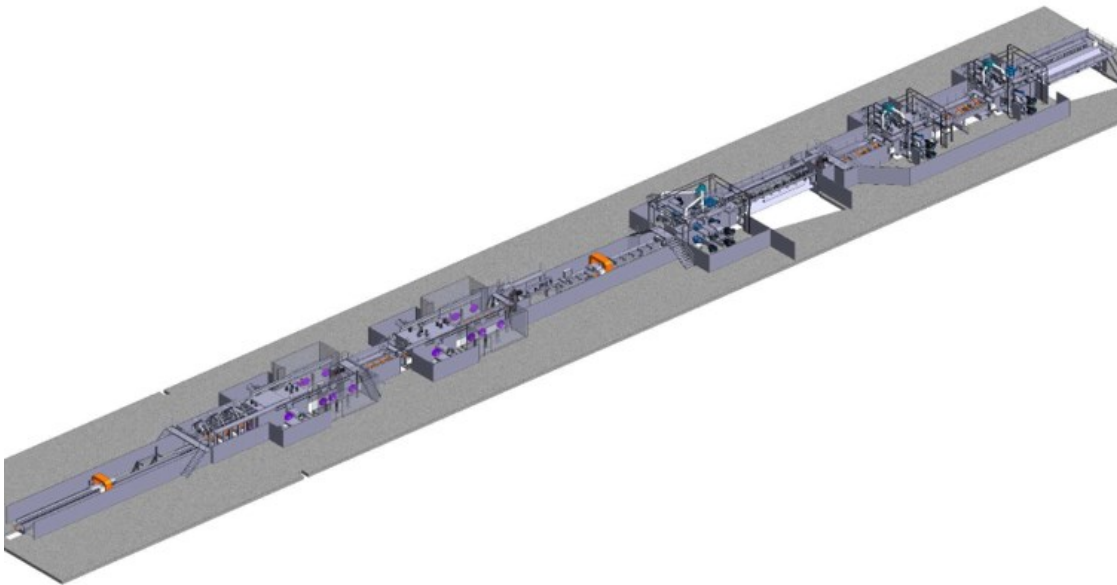
2.2 Rauman sahan sahalinja

Rauman sahan tärkein prosessi on sahaus jonka mahdollistaa Veisto Oy:n toimittama HewSaw SL250 5.5 DX sahalinja. Kyseessä on veistosaha, jossa haketus, sahaus ja särmäys ovat samassa linjassa. Suurin tuotettava sahatavaran leveys 290 millimetriä. (Veisto Oy, 2022, 34).

Veistosahaksi kutsutaan suomalaisen Veisto Oy:n kehittämää sahaustapaa jossa tukki haketetaan, sahaetaan ja särmätään valmiiksi sahatavaraksi yhdessä sahakoneessa (Varis, 2017, 96)

Linja sisältää viisi pääkonetta, jotka ovat pelkkahakkuri 1, pelkkahakkuri 2, DX-pelkkasaha, dx-jakosaha sekä jakosaha. Näillä yksiköillä pystytään tuottamaan sahatavaraa 70 –250 m/min nopeuksilla. (Veisto Oy, 2022, 35). Suuret nopeudet ovat mahdollisia DX-sahauksen ansiosta. DX tarkoittaa esisahausta jossa sahausrako muodostetaan kahdella perättäisellä pyöröterällä. Ensimmäinen terä halkaisee sahausraon puoleen väliin, jonka jälkeen seuraava terä halkaisee kappaleen kokonaan. (Halttunen , 2020).

Näin saadaan yhteen terään kohdistuvia voimia pienemmäksi jolloin sahausnopeutta voidaan kasvattaa ilman että sahauksen laatu kärsii. Tällaisessa sahakoneessa on siis kaksi kertaa enemmän pyöröteriä kuin perinteisessä mallissa jossa ei ole esisahausta. Terien suuri määrä on yksi syy sille miksi terähuoltoon halutaan Rauman sahallä panostaa. Terien vaihtaminen ja huoltaminen ei saa olla haitaksi tuotannolle.



KUVA 1 Rauman sahalinjan havainnekuva (Veisto Oy, 2021, 3)

2.3 Sahalinjan terät

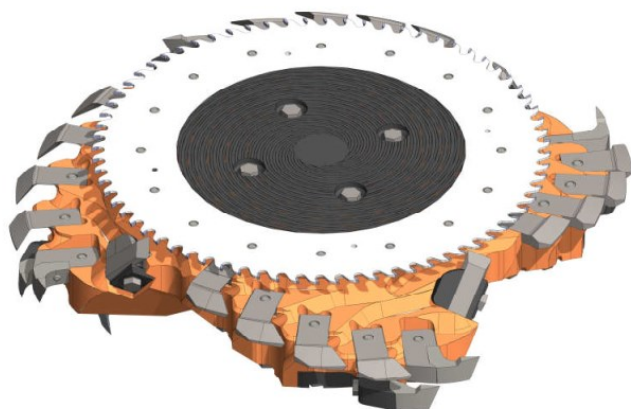
2.3.1 Pelkkahakkurit 1 ja 2

Sahalinjan ensimmäinen kone on yleensä pelkkahakkuri, jolla työstetään tukin tai pelkan kaksi vastakkaista sivua niin, että saadaan valmiit sahapinnat ja samalla selluteollisuuden raaka-aineeksi kelpavaa haketta (Varis, 2017, 93). HewSaw SL 250 5.5 DX sahalinjan ensimmäisessä vaiheessa tukkimittari mittaa tukin ulkomuodon jonka jälkeen tukki käännetään tukin pyörittäjällä parhaaseen mahdolliseen sahausasentoon. Pyörittäjiltä tukki etenee ensimmäiseen pelkkahakkuriin joka hakettaa kaksi sivua tukin mittauksen perusteella määritellyn ohjeen mukaisesti. (Veisto Oy, 2021, 7.) Tämän jälkeen pelkan käännin kääntää pelkan. Pelkka käännetään aina samalle kyljelle käyräsahausta varten. Pelkkahakkuri 2 hakettaa tukin kaksi sivua mittauksen perusteella määritellyn ohjeen mukaisesti. (Veisto Oy, 2021, 8.)

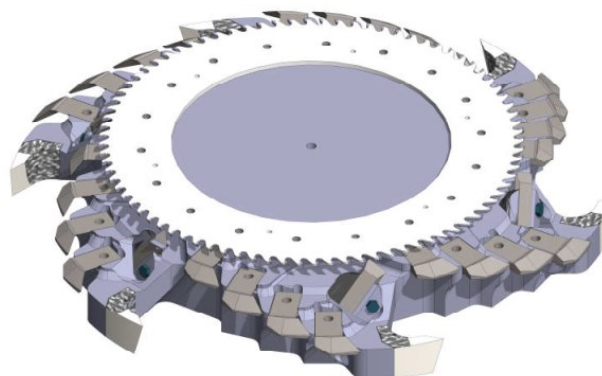
Pelkkahakkureissa on yhteensä neljä teräpäätä joilla tukki haketetaan pelkaksi. Tavallisin pelkkahakkurin konstruktio on kiinnittää hakettavat terät koneistetun kartion vaippapintaan ja pinnan silittävä pyöröterä sen otsapintaan. Edeltä leikkaavassa haketusteräpäässä pyöröterän halkaisija on isompi kuin hakettavan kartion. Pyöröterä työstää tukkiin tai pelkkaan uraa ja takana tuleva haketusterä hakettaa uran ulkopuolisen osuuden hakkeeksi. (Varis, 2017, 94.) Rauman sahalinjan teräpäät ovat edeltä sahaavia ja niissä on hakettavat terät spiraalin muodossa (Mönttinen, 2022, 2). Spiraalikartiossa pienempiä teriä on spiraalimaisessa kartiossa rivissä useita kymmeniä. Spiraaliratkaisussa haketusterän pääsärmä on puun syyn suuntainen (Varis, 2017, 94). Rauman sahakoneen haketusteräpäiden haketusterät ovat kirveen ja taltan muotoisia.

Sahalinjassa käytettäviä haketusteräpäitä on kahta eri mallia. 4-spiraalin teräpäätä on tarkoitettu käytettäväksi sahausnopeuksilla 70 -200 m/min. 6-spiraalin teräpäätä on tarkoitettu käytettäväksi sahausnopeuksilla 200 – 250 m/min. Molemmat teräpäämallit ovat edeltä sahaavia. Ne sisältävät pyöröterän josta käytetään nimitystä otsaterä sekä haketusterät eli kirveet ja taltat. Neljän spiraalin teräpäässä otsaterän halkaisija on 650 mm, taltan mallisia haketusteriä 4 kappaletta ja kaksi erityyppistä kirvestermallia $16+8=24$ kappaletta. Kuuden spiraalin terässä otsaterän halkaisija on 700 mm, talttateriä 6 kappaletta ja kahta eri kirvesmallia $24+6=30$ kappaletta (Mönttinen, 2022, 5-6).

SPIRAALISUUS
- 4&6-spiraaliset teräpäät



4 spiraalinen haketusteräpää



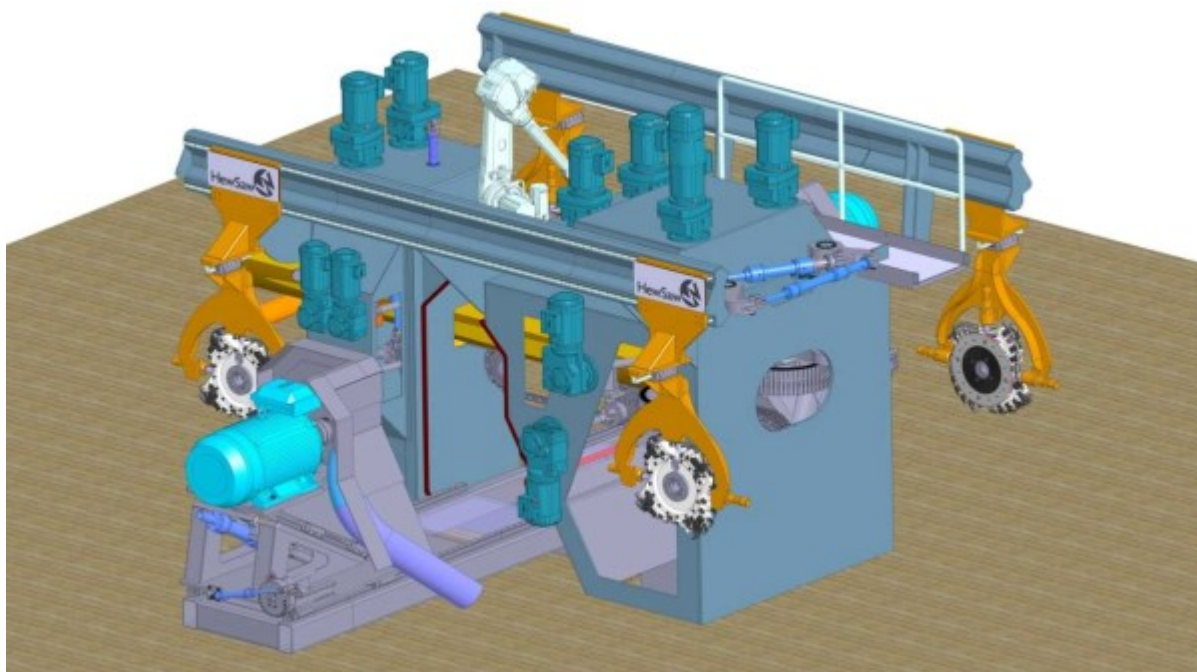
6 spiraalinen haketusteräpää

KUVA 2. Haketusteräpäät (Mönttinen, 2022, 5)

2.3.2 Haketusteräpäiden vaihtolaite

Koska hakkureissa käytetään kahta eri teräpäämallia, toimitukseen kuului myös hakettavien teräpäiden vaihtolaite. Laitteella voidaan vaihtaa hakkuriin kokonainen haketusteräpää johon on asennettu kaikki terät valmiiksi. Näin terien vaihtaminen haketusteräpäihin voidaan suorittaa tuotannon aikana. Valmiiksi kasatut teräpäät vaihdetaan koneisiin vaihtolaitteen avulla ennakoituna suunniteltuna ajankohtana joka vaatii tuotannon pysäyttämisen.

Teräpään vaihtolaite sijaitsee pelkkahakkuri 1 ja pelkkahakkuri 2 välisellä alueella. Terän vaihtolaite auttaa kuljettamaan terät terähuoneesta hakkurille ja takaisin. Teräpään vaihdon aikana teräpääyksikkö ajetaan huoltoasentoon. (Veisto Oy, 2022, 49.)



KUVA 3. Haketusteräpäiden vaihtolaite (Veisto Oy, 2021, 8)

2.3.3 Pelkkasaha

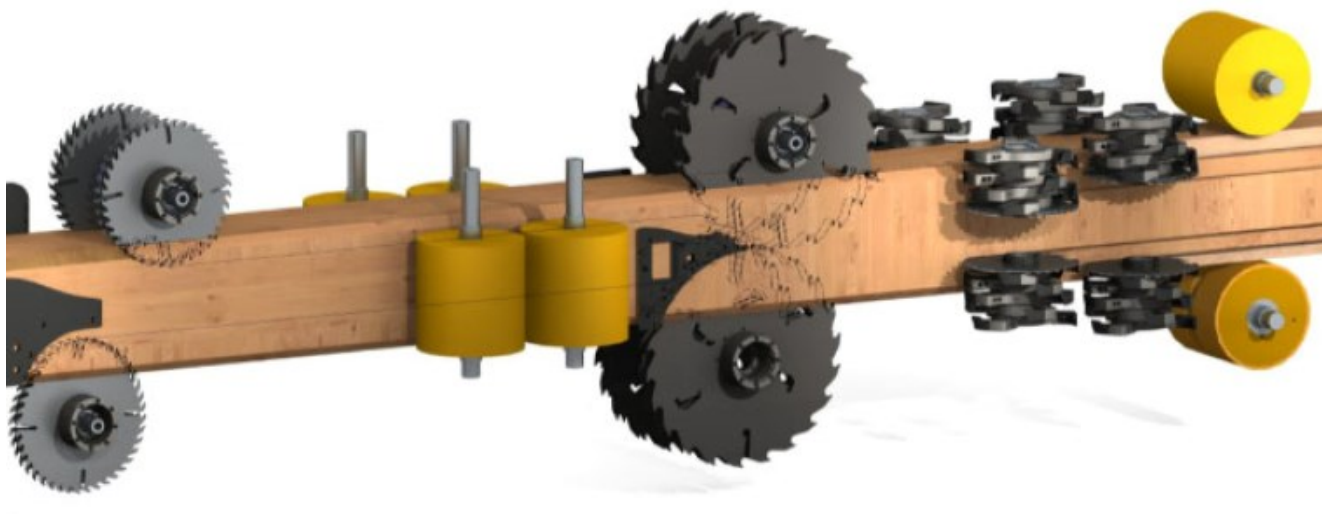
Tukkien ja pelkkojen sahauksessa on yhä enenevässä määrin siirrytty käyttämään pyörösahoja. Syinä kaksiakselisten pyörösahejen kasvavaan suosioon voidaan pitää muun muassa hyvää mittatarkkuutta (keskihajonta $S \leq 0,3$ mm), suurta syöttönopeusalueita (30-220 m/min), hyvää sahatun pinnan laatua, terien pitkää käyttöaikaa, sekä mahdollisuutta ajaa ilman jäähdytysvettä ja ylimääräisiä ohjausveitsiä. Terä, joka on pyörösaheän keskeisin osa, on yleensä seostettua terästä ja sen leikkaavat hampaat kova-metallia. (Varis, 2017, 95.)

Pelkkasahassa pelkasta sahataan pyörösaheamalla ensimmäisen vaiheen pintalaudat jotka särmätään ennen sahatavaran syöttämistä erottelukuljettimelle. Automaatiikan avulla optimoidaan sivulautojen leveyden ja korkeusasema mitatun profiilimittauksen perusteella. Pelkkasahassa on käytössä dx sahausjärjestelmä, jolla pintalaudat sahataan kahdessa osassa. Ensimmäinen pyöröteräyksikkö sahaa neljäsosan pelkan ylä- ja alapuolelta, toinen pyöröteräyksikkö sahaa loput normaalina läpisahauksena. (Veisto, 2022, 41.)

Pelkkasaha on dx sahausominaisuuden vuoksi neliakselinen saha ja siinä on siis kaksi sahausyksikköä. Perinteisessä mallissa on vain yksi yksikkö ja kaksi akselia per sahausrako eikä sillä voi tehdä esi-sahausta. Akselien määrällä tarkoitetaan sitä kuinka monta terää tarvitaan sahausraon muodostami-

seen. Veistosahassa sahausrako muodostuu kun kaksi terää pyörii vastakkain. Kun pelkkasahalla halutaan sahata pelkasta irti esimerkiksi kaksi lautaa, yksi molemmilta puolilta, tarvitaan siihen kaikkiaan neljä pyöröterää. Pelkkasahalla on mahdollista irrottaa pelkasta kaikkiaan neljä lautaa, molemmilta puolilta kaksi kappaletta. Tällöin käytössä on yhteensä kahdeksan terää neljällä vaakasuoralla akselilla. Kun otetaan käyttöön esisahausta, terien ja akselien määrä tuplaantuu. Pelkkasahassa voi olla parhaimmillaan yhtä aikaisesti käytössä 16 pyöröterää kahdeksalla vaakasuuntaisella akselilla (KUVA 4).

Pyörösahauksen jälkeen pelkasta irti sahatut laudat särmätään särmäysyksiköillä jotka ovat pelkkasahan loppupäässä. Ensimmäinen yksikkö särmää uloimmat laudat ja toinen yksikkö särmää sisemät laudat. Yhdessä särmäysyksikössä on neljä teräpakkaa joilla laudan särmäys tapahtuu. Yksi kurso-pakka muodostuu edeltä sahaavasta otsaterästä sekä viidestä kursorungosta joissa jokaisessa on kolme hakettavaa teräpalaa. Näin yhdessä pakassa on siis yksi pyöröterä ja 15 haketusteräpalaa, joita kutsutaan kursopaloiksi. Kun sahataan pelkasta neljä lautaa, käytössä voi olla kaikkiaan kahdeksan kurso-pakkaa eli yhteensä 8 otsaterää ja 120 kursopalaa.

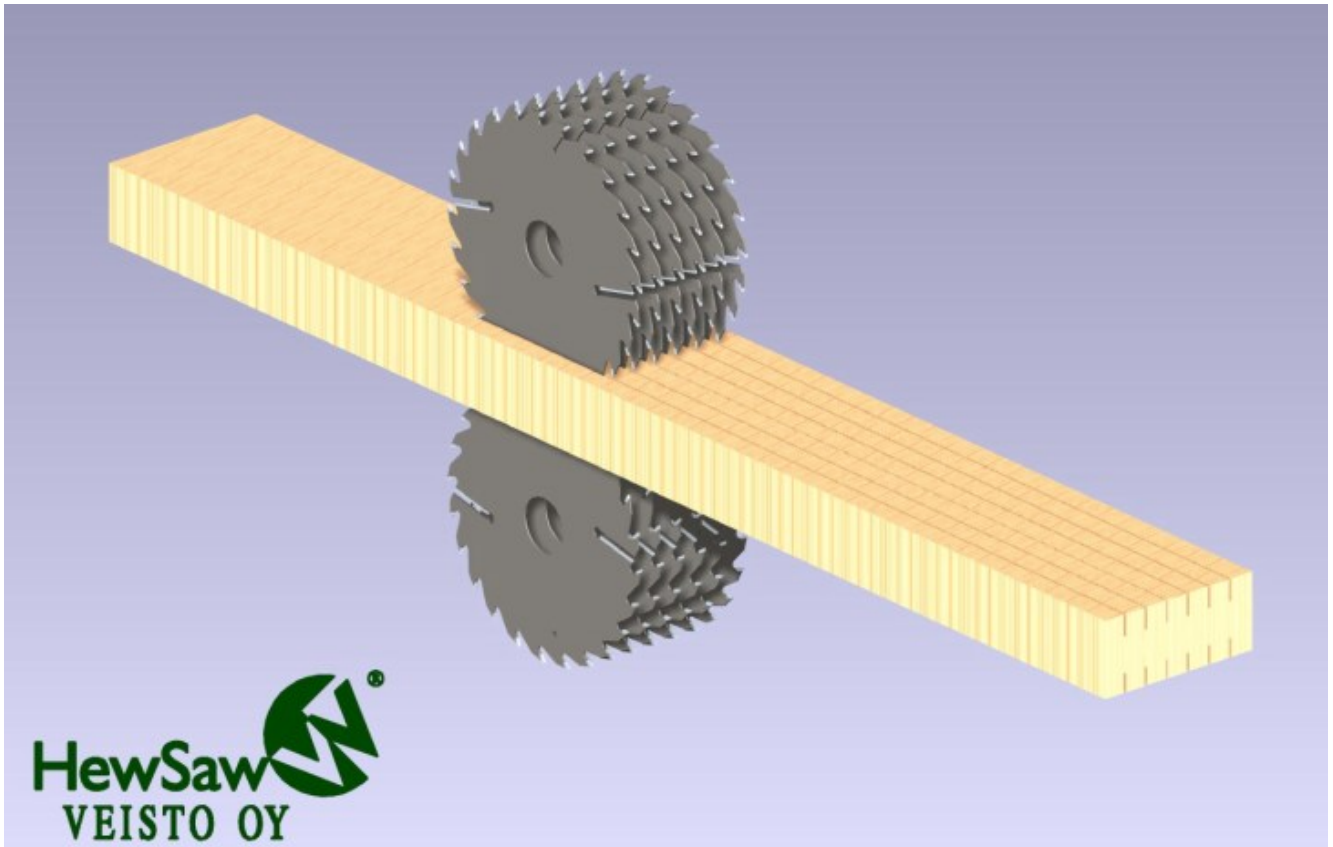


KUVA 4. Pelkkasahan toimintaperiaate (Veisto 2022, 41)

2.3.4 Jakosaha dx

Jakosahan DX yksiköllä sahataan pelkan ylä- ja alapintaa neljänneksen verran valmiiksi läpisahaavaa jakosahausta varten (Veisto 2022, 43). Pyöröteräyksikössä on 3+3 liikkuvaa leikkuuta sekä 2+2 orjateräleikkuuta. Teriä voidaan asentaa kolme sekä ylemmälle että alemmalle pyöröteräyksikölle. Keskimäinen terä liikkuu pyöröteräyksikön mukana, uloin ja sisin terä liikkuvat pyöröteräyksikköön nähden

itsenäisesti. Jakosaha dx:ssä voi olla yhtä aikaisesti 12 liikkuvaa terää joilla sahataan esiavaus sydäntävaraa ja jakovaiheen lautoihin. Näiden lisäksi on mahdollista käyttää orjateriä jotka liikkuvat kiinteästi uloimpien terien mukana. (Veisto 2022, 44.)



KUVA 6 Jakosaha dx toimintaperiaate (Veisto Oy)

2.3.5 Jakosaha

Jakosaha läpisaaha jakosaha dx:n avaaman pelkan, sekä särmää pintalaudat saadun mittaustuloksen mukaisesti. Pyöröteräyksikkö koostuu vasemmasta ja oikeasta yksiköstä ja molemmissa on ylempi ja alempi teräakseli. Pyöröteräyksikössä on 3+3 liikkuvaa leikkuuta, sekä 2+2 orjateräleikkuuta. Pelkka voidaan siis läpisaahata yhteensä 12 liikkuvalla terällä sekä tarvittaessa lisäksi 8 orjaterällä. (Veisto, 2022, 45.)

Jakosahan loppupäässä olevilla särmäyksyksiköillä särmätään jakovaiheen pintalaudat. Ensimmäinen yksikkö särmää uloimmat laudat ja toinen särmäyksikkö särmää sisemmät laudat. (Veisto, 2022, 45) Yhdessä särmäyksyksikössä on neljä teräpakkaa, joilla laudan särmäys tapahtuu. Yksi teräpakka muodostuu edeltä sahaavasta otsaterästä sekä neljästä cursorungosta joissa jokaisessa on kolme hakettavaa

teräpalaa. Näin yhdessä pakassa on siis yksi pyöröterä ja 12 haketusteräpalaa, joita kutsutaan kursopaloiksi. Kun sahataan pelkasta neljä lautaa, käytössä voi olla kaikkiaan kahdeksan kursopakkaa eli yhteensä 8 otsaterää ja 96 kursopalaa.

2.3.6 Sahalinjan kaikki terät

Kun sahalinjassa on kaikilla akseleilla orjateriä lukuun ottamatta kaikki terät paikoillaan teriä tarvitaan seuraavasti:

Pelkkahakkuri 1 (4-spiraalinen teräpää)

- Otsaterä vasen 650 mm 1 kpl
- Talttaterä 4 kpl
- Kirvesterä vasen 16 kpl
- Kursoterä vasen 8 kpl
- Otsaterä oikea 650 mm 1 kpl
- Talttaterä 4 kpl
- Kirvesterä oikea 16 kpl
- Kursoterä oikea 8 kpl
- Yhteensä 2 pyöröterää ja 56 hakettavaa terää

Pelkkahakkuri 2 (4-spiraalinen teräpää)

- Otsaterä vasen 650 mm 1 kpl
- Talttaterä 4 kpl
- Kirvesterä vasen 16 kpl
- Kursoterä vasen 8 kpl
- Otsaterä oikea 650 mm 1 kpl
- Talttaterä 4 kpl
- Kirvesterä oikea 16 kpl
- Kursoterä oikea 8 kpl
- Yhteensä 2 otsaterää ja 56 hakettavaa terää

Pelkkasaha

- DX-pyöröterä 502 mm 8 kpl
- Pyöröterä 602 mm 8 kpl
- Yhteensä 16 pyöröterää

Pelkkasahan särmäyskursot

- Otsaterä vasen 316 mm 4 kpl
- Kursoterä vasen 60 kpl
- Otsaterä oikea 316 mm 4 kpl
- Kursoterä oikea 60 kpl
- Yhteensä 8 otsaterää ja 120 hakettavaa terää

Jakosaha dx

- Pyöröterä 502 mm 12 kpl

Jakosaha

- Pyöröterä 502 mm 12 kpl

Jakosahan särmäyskursot

- Otsaterä vasen 316 mm 4 kpl
- Kursoterä vasen 48 kpl
- Otsaterä oikea 316 mm 4 kpl
- Kursoterä oikea 48 kpl
- Yhteensä 8 otsaterää ja 96 hakettavaa terää

Kaiken kaikkiaan sahakoneessa on 40 halkaisevaa pyöröterää, 20 otsaterää ja 328 hakettavaa terää.

3 ONGELMAN MÄÄRITTELY

3.1 Ongelmat lähtötilanteessa ja projektin aikana löydetty ratkaisut

Rauman saha on täysin uusi, jolloin terähuolto päästään luomaan aivan alusta. Projektin alussa syksyllä 2020 tunnistettiin useita selvitettäviä asioita liittyen Rauman sahan terähuoltoon.

Pääongelmaksi muodostui terähuollon suunnittelu, jossa oli päätettävä sahall ja terätoimittajalla tehtävät toiminnot sekä niiden rajapinnat. Merkittävässä roolissa olivat terien käsittelyn sisäinen logistiikka sekä sahall että terätoimittajalla.

Alla käydään lyhyesti läpi myös muut teriin liittyvät ongelmat, jotka oli selvitettävä ennen sahan tuotannon alkua.

3.1.1 Terämallit

Kävi ilmi että pelkästään pelkka- ja jakosahojen erilaisia pyöröteriä tarvitaan 12 eri mallia. Normaalisti vastaavan tyyppisellä sahalinjalla tarvitaan neljä erilaista pyöröterää. Raumalla terien suuri määrä aiheutuu siitä että sahauslinjan tuotantonopeus skaalautuu välille 70-250 m/min. Sahauksessa on tärkeää että terä leikkaa puusta aina mahdollisimman sopivan kokoista purua. Tavoite on 1 mm mittainen puru. Tämän vuoksi eri sahausnopeuksilla terissä pitää olla eri määrä hampaita koska sahausnopeus vaikuttaa suoraan siihen minkälaista purua terä leikkaa. Jos lastu on liian karkeaa tai pehmeää, terä ei käytäydy toivotulla tavalla, vaan voi laskea sahatavaran teknistä laatua. Pyörimisnopeuksia voidaan toki muuttaa teriä pyörittävien sähkömoottoreiden taajuusmuuttajilla mutta se ei yksistään riitä ongelman ratkaisemiseen. Laitetoimittaja oli sitä mieltä että paras ratkaisu on suunnitella teriin kolme erilaista nopeusluokkaa. Hitaimmassa luokassa terässä on vähiten hampaita, keskimmaisessä vähän enemmän ja nopeimmassa eniten. Myös terän rungon ja leikkaavan hampaan vahvuus muuttuu nopeusluokan mukaan. Näin ollen koska sahalinjassa on neljä eri sahausyksikköä, pyöröterämalleja muodostui kaikkiaan 12. Lisäksi vaihtoehtoja haketusteräpäiksi on enemmän kuin perinteisessä sahasa, neljäspiraalinen ja kuusisipiraalinen. Myös lautojen särmäykseen tarvittavien kursoterien tyyppi aiheutti runsaasti keskustelua, piti valita käytetäänkö kaksi- vai kolmespiraalisia teriä vai molempia. Lopuksi päädyttiin käyttämään kolmespiraalista terää.

3.1.2 Terien saatavuus

Projektin alussa oli todettu teriin liittyvät asiat mahdolliseksi riskiksi, jos esimerkiksi terien toimitus myöhästyy, sahan tuotanto ei voi alkaa ajoissa. Teriä piti myös osata tilata riittävästi. Jotta tarvittavien terien määrä osattiin laskea oikein, piti selvittää, kuinka paljon niitä sahausyksiköissä on käytössä kerrallaan ja kuinka usein ne täytyy vaihtaa LIITE 1. Terien määrä koneessa pystyttiin arvioimaan laite-toimittajan ohjeistuksen mukaan. Vaihtovälien laskemiseen käytettiin dataa Vilppulan sahalta, joka on Metsä Fibren sahoista tekniikaltaan lähimpänä Rauman sahaa. Samalla oli otettava huomioon terien nopeusluokat. Lisäksi oli pystyttävä selvittämään, kuinka suuri osuus kokonaistuotannosta jokaisella teräluokalla sahattaisiin. Sahan hankevaiheessa oli arvioitu vuosittain sahattava tukkimäärä tukkiluokkineen. Niiden lukujen perusteella pystyttiin arvioimaan, että tehtaan ollessa täydessä tuotannossa nopeimman luokan teriä tarvittaisiin 67 % osuus kaikista teristä, keskimmäisen luokan teriä 20 % osuus ja hitainta teräluokkaa 13 % osuus. Teriä piti siis olla niin paljon, että ne eivät missään vaiheessa lopu kesken, joten niitä laskettiin kolmen viikon sahatavaratuotantoon tarvittava määrä. Näin teristä voi olla osa huollossa ja osa hyllyssä eivätkä ne lopu kesken.

3.1.3 Terätoimittajan valinta

Kun tarvittava terämäärä oli tiedossa, pystyttiin laskemaan budjetti terien hankkimista varten. Budjettiin vaikutti toki, se keneltä terät ostettaisiin. Terien toimittaja päätettiin kilpailuttaa ja siinä käytettiin apuna terämäärälaskelman avulla luotua budjettitaulukkoa. Näin pystyttiin arvioimaan kaikkien toimijoiden tarjoamat palvelut hyvin.

Metsä Fibre kilpailutti terätoimittajan usean eri toimijan välillä. Ehdokkaiden tuli tarjota tarvittavat uudet terät luettelon mukaan sekä niiden tuotannon aikainen huolto. Muita kriteereitä olivat logistiikka sekä teknisen asiantuntijan apu ja tuki teräasioiden kehittämiseen.

Ehdokkaista löytyi paras vaihtoehto kumppaniksi ja yhteistyö LSAB:n kanssa alkoi vuoden 2021 alussa.

3.1.4 Laitetoimittajan ja terätoimittajan yhteistyö

Yksi tunnistetuista asioista oli toimittajien välinen yhtistyö. Sahaprojekti halusi varmistaa, että laitetoimittaja, terätoimittaja ja tilaaja eli Metsä Fibre suunnittelevat teriin liittyviä asioita kolmikantaisesti, jotta ratkaisut ongelmiin ovat parhaita mahdollisia eikä jälkikäteen tule erimielisyyksiä. Keväällä 2021 käynnistettiin teräprojekti jossa kävin asioita läpi sekä terätoimittajan että laitetoimittajan kanssa. Projektin etenemistä valvoi ohjausryhmä jolle raportoin säännöllisesti.

Näin yhteistyö saatiin hyvin käyntiin ja toimivaksi. Lopputuloksena Rauman sahalle saatiin terät ajoissa eikä niistä ole aiheutunut merkittäviä tuotantokatkoksia ja terien huolto on toiminut varsin hyvin alusta alkaen.

3.1.5 Terähuollon suunnittelu

Terätoimittajan valinnan jälkeen seuraavana vaiheena oli suunnitella terähuollon toimivuus. Terätoimittajan kanssa pidettiin viikoittain kokouksia joissa sovittiin tavoitteista ja toimenpiteistä. Suurimmalla osalla Metsä Fibren sahoista terätoimittaja huoltaa sahalinjan kaikki pyöröterät. Rauman sahan tapauksessa tiedossa oli, että pyöröteriä on käytössä DX-sahauksen vuoksi enemmän kuin normaalisti. Näin ollen sahan teräasettajilla kuluu enemmän aikaa terien valmisteluun vaihtoa varten kuin normaalisti. Sahan teräasettajat huoltavat yleensä kaikki hakettavat terät mutta koska Raumalla teriä on enemmän, terätoimittajilta pyydettiin kilpailutuksessa hinnat myös hakettavien terien huollolle. Pyöröterien huollon lisäksi päätettiin antaa hakettavien terien huoltaminen terätoimittajalle.

Tämän jälkeen oli mietittävä, miten terähuolto kokonaisuutena toteutetaan. Pääteemoja olivat terätoimittajan ja tilaajan tehtävät ja vastuut sekä sahalla tapahtuva terien käsittely.

3.1.6 Virheet terien käsittelyssä

Merkittävin selvitettävä asia mielestäni oli, miten vähennetään mahdollisten virheiden määrää kun kaikkia teriä käsitellään kahdessa eri laitoksessa useiden eri ihmisten toimesta. Mahdollisten virheiden määrää voisi lisätä se, että pyöröteriä liikkuisi terähuollossa kaksi kertaa enemmän kuin normaalisti. Lisäksi hakettavien terien huoltaminen terätoimittajalla olisi uusi asia, joka voisi mennä pieleen.

Kun ajatellaan terän kulkua huollosta sahakoneeseen ja takaisin, voidaan hahmotella mahdollisia virheiden paikkoja. Huollossa terät puretaan terälaatikosta ja pestään. Pesun jälkeen terät lajitellaan teroitettaviin ja paloitettaviiin. Huollon jälkeen terät pakataan laatikoihin jonka jälkeen ne kuljetetaan takaisin sahalle. Perillä huolletut terät puretaan laatikosta. Yhtä terälaatikkoa käytettäessä tässä vaiheessa esimerkiksi pyöröterä voi päätyä epähuomiossa väärään hyllyyn, josta se voi lopulta päätyä aikanaan väärään sahausyksikköön. Hakettavien terien kohdalla riski asentaa terä koneeseen väärinpäin on suuri jos eripäin toimivia teriä toimitetaan samassa laatikossa.

Näitä teemoja käytiin läpi terätoimittajan kanssa yhteisissä palaverissa ja päädyttiin lopulta siihen, että huolellisella terien merkitsemisellä ja logistiikalla välttyttäisiin suurimmilta virheiltä. Oli siis tarkoitus suunnitella teriin liittyvät toiminnot mahdollisimman tarkasti lean periaatteiden mukaisesti.

Tästä terien huoltotoimintojen suunnittelusta muodostui siis tämän tutkielman pääteema ja sen ratkaisuja käsitellään seuraavissa osioissa.

4 TERÄHUOLLON KEHITTÄMISEN TYÖKALUJEN MÄÄRITTÄMINEN

4.1 Lean ajattelun periaatteet terähuollon kehittämisen apuna

Lean-ajattelu muuttaa radikaalisti toimintaketjujen ja tuotantojärjestelmien organisointitapaa. Oppeihin kuuluu yksittäisten työntekijöiden osaamisen ja luovuuden hyödyntäminen, eräkokojen kutistaminen, tuottaminen juuri oikeaan tarpeeseen, varastonhallinta ja kiertoaikojen kiihdyttäminen. (Ries, 2011, 38.) Rauman sahalinjalla tehtävät teriin liittyvät toiminnot pyritään toteuttamaan lean periaatteiden mukaisesti niin että terien vaihtoon kuuluva aika on mahdollisimman vähäinen.

5S-mentelmässä on keskeistä että tuotantolinjalta poistetaan ylimääräiset koneet, materiaalit ja työkalut. Myös muut toiminnot ja asiat jotka hidastavat virtausta, tulee poistaa. 5S:n mukaan järkeistetyllä tuotantolinjalla läpimenoajat lyhentyvät sekä virtaus paranee. Kun tällaista mallia käytetään pysyvästi helpottaa se jatkossakin pitämään tarpeelliset tavarat sekä koko työympäristön järjestyksessä, siistinä ja kunnossa. (Pinja Oy, 5.) Sahalinjalla ja terähuoneissa on järjestelty kaikki toiminnot niin että keskeisimmät työkalut ovat siellä missä niitä tarvitaan ja niitä on oikea määrä. Jokaisen sahausyksikön läheisyydessä on terien vaihtoon tarvittavat työkalut. Terähuoneissa jokaisella työpisteellä on työskentelyyn tarvittavat työkalut.

Lean-ajattelussa pyritään minimoimaan (tai mahdollisuuksien mukaan eliminoimaan) mahdollisuus ongelmien ja virheiden tekemiseen tai syntymiseen. Mieluummin estetään ongelmat ja virheet ennalta kuin tarkastetaan ja korjataan. (Strömmer P, Järvinen T & Väyrynen P, 10.) Sen lisäksi että työkalut on oikeissa paikoissa, on tärkeää pyrkiä vähentämään työssä tehtäviä virheitä jotka voivat johtua siitä että koneeseen vaihdettavat osat menevät sekaisin. Tähän on kiinnitetty Rauman sahan terähuoltoa suunniteltaessa erityistä huomiota. Terissä on selkeät merkinnät sekä niitä pidetään tarkasti omissa laatikoissaan ja työpisteissään jotta niitä ei asennettaisi väärin sahausyksiköihin.

Tarvittaessa kehitetään ja käytetään ns. virheen estimiä. Virheen estimet voivat olla joko fyysisiä tai vakioituja toimintatapoja (Strömmer, 10). Estimien rakentaminen on terähuollossa haastavaa mutta terälaatikoiden suunnittelussa on kuitenkin tällainen ajatus taustalla. Hakettavien terien kohdalla ei esimerkiksi kursoterien laatikkoon voi laittaa kirvesteriä, tai toisinpäin.

Toimintatapa-virheen estimistä yksi esimerkki voisi olla se, että sairaalassa ja päivystyksessä jokaisella potilaalla ovat henkilötunnistetiedot ranteeseen kiinnitettävässä, kosteutta kestävässä printtinauhassa. Sen avulla on mahdollisuus varmistua, että kyseessä on oikea henkilö. Tai kun potilas menee polvileikkaukseen leikattavaan polveen vedetään vedenkestävällä tussilla iso ruksi merkiksi siitä, että juuri tämä polvi on se leikattava polvi. (Strömmer, 10.) Rauman sahalla on terien merkinnässä selkeä systeemi jonka avulla kokemattomampikin operaattori voi helposti huomata mihin yksikköön kukin terä kuuluu. Jokaisesta pyöröterästä löytyy yksi kirjainmerkintä joka osoittaa mihin sahausyksikköön terä kuuluu. Lisäksi kolmea eri nopeusluokkaa varten käytetään symboleita >, >> ja >>> jotka ovat myös printattu selkeästi jokaiseen terään.

4.1.1 Poka-Yoke

Rauman sahalinjalla käytetään useita eri terämalleja. Sahausraon tekeviä pyöröteriä on 12 erilaista mallia, edeltä sahaavia otsateriä on haketusteräpäissä ja kursoissa 6 eri mallia. Hakettavia kirveitä, talttoja, kursoteriä ja sievistysteriä on yhteensä viisi eri mallia. Lisäksi tehtaan muilla osastoilla on käytössä kaksi erilaista katkaisuterää. Näin ollen erilaisia terämalleja on yhteensä 25 ja pelkästään sahalinjassa on kerrallaan käytössä 388 terää. Näin suuri terien ja eri terämallien määrä tarjoaa oivan mahdollisuuden virheiden tekemiseen. Teriä voidaan asentaa väärille akseleille, väriin sahausyksiköihin ja väärinpäin. Virheiden minimoinnista tuli siis pääteema terähuoltoon suunniteltaessa ja siinä voidaan käyttää apuna lean-ajattelua, jossa Poka-Yoke on virheitä minimoiva teema.

Poka-Yoke on yksi on lean ajattelun perustyökaluja ja se tarkoittaa tahattomien virheiden ehkäisyä. Malli on Toyotalla työskennelleen Shigeo Shingon luoma. Se on järjestelmä, joka tunnistaa poikkeavuudet ja tekee korjaavat toimenpiteet kun epänormaali tilanne on tunnistettu. (Kilponen, 2020, 52.) Tahattomia virheitä vähentämällä terin vaihtamiseen suoritettavaa aikaa voidaan lyhentää, samalla myös sahatavaran tekniseen laatuun vaikuttavat teristä johtuvat virheet vähenevät.

Poka-Yoken käyttöä tulisi harkita tilanteissa joissa, vaaditaan työntekijän valppautta, väärin asettaminen tai asentaminen on todennäköistä (Kilponen, 2020, 53). Sahan terien käsittelyssä vaaditaan työntekijän valppautta ja väärän terän asentaminen väärään paikkaan on todennäköistä jos tukena on vain ohjeistus.

Kilposen mukaan Poka-Yoke soveltuvuus tulisi selvittää ennen sen käyttöön ottamista. Eli pitää tutkia missä virhe tapahtui, mistä se johtui, mikä toimenpide aiheutti virheen, onko virheellä joitain tunnuspiirteitä. (Kilponen, 2020, 53). Rauman saha on täysin uusi eikä siellä ole voitu mitata tapahtuneita virheitä ennen tuotannon aloittamista. Kokemusperäisesti voitiin kuitenkin jo arvioida että virheiden minimoinnilla on merkittävä vaikutus sahan tuotannon sujumiseen.

Poka-Yoken hyviä esimerkkejä ovat tietyille kappaleille tarkoitetut jiggit, joissa on vasteet vain ja ainoastaan tietyille osille (Kilponen, 2020, 53). Tästä ajatuksesta lähdettiin terätoimittajan kanssa kehittämään terälaatikoita joissa olisi paikat vain tietyille terille ja selkeät merkinnät.

Laatuvarmuuden saavuttamiseksi voidaan kehittää työkaluja, ohjaimia ja muita apuvälineitä, jotta virheellistä tuotetta ei pääse syntymään (Tuominen, 2021, 101). Sahalla ja terätoimittajalla tapahtuvien virheiden minimoimiseksi terätoimittajan kanssa lähdettiin kehittämään terien sisäistä logistiikka sekä mietittiin millä tavalla teriin tehtäviä merkintöjä voisi selkeyttää.

Poka-Yoken käytöllä saavutetaan monia hyötyjä: esimerkiksi työntekijöiden perehdyttämiseen ei vaadita enää niin paljon resursseja, laaduntarkkailuun ei kuluteta aikaa, hylättyjen kappaleiden määrä vähenee, sisäänrakennettu laaduntarkkailu kehittyy, vialliset tuotteet eivät lisäänty (Kilponen, 2020, 54). Rauman sahan tuotannon alettua virheiden minimoinnin tavoittelu osoittautui heti oikeaksi ratkaisuksi. Teriä on asennettu väärinpäin tai väärälle akselille vain muutamia kertoja ensimmäisen tuotantovuoden aikana.

4.1.2 JOT

Juuri oikeaan aikaan JIT (just in time) on Shigeo Shingon Toytalle kehittämä toimintamalli joka suomalaisittain muokkaantuu käsitteeksi JOT, juuri oikeaan aikaan (Tiainen 1996, 3). JOT on toiminnan filosofia, jolla on yhdistetty toimintojen keskeiset tekijät (Tiainen 1996, 8). Häiriöttömyys on yksi JOT kehittämisen mottoajatuksia. Sillä pyritään ehkäisemään tuotantohäiriöiden synty ennalta, sekä häiriöiden tapahduttua kykyä palata nopeasti suunnitelman mukaiseen tilanteeseen. (Tiainen 1996,11). Häiriöttömyys on mielestäni yksi keskeisimpiä ajatuksia myös Rauman sahalli sujuvan tuotannon varmistamisessa. Sahan terähuollon hyvällä toimivuudella varmistetaan että tuotanto kärsii mahdollisimman vähän teriin liittyvistä häiriöistä. Rauman sahalli terähuolto häiritsee tuotantoa mahdollisimman vähän kun huollettuja teriä on tarpeeksi, ne on valmisteltu sahausta varten oikeilla aseosilla, ne asennetaan oikeisiin paikkoihin, ja asennustauko on mahdollisimman lyhyt. On myös huolehdittava siitä, että terät

valmistellaan huoltoa varten oikein. Terät on pakattava oikeisiin laatikoihin ja niiden on oltava valmiina huoltoa varten ajallaan.

4.2 Virheiden minimointi

Jotta virheitä pystytään minimoimaan, ne on ensin määriteltävä. Terätoimittajan kanssa yhteisissä palaverissa käytiin asiaa läpi ja tultiin siihen tulokseen että suuri osa virheistä yleensä liittyy siihen että teriä asennetaan väärille akseleille tai väärinpäin. Tässä voidaan ajatella että terien asentaminen sahakoneeseen on hukkaa koska asennuksen aikana ei voida sahata. Jos terä asennetaan akselille väärinpäin, siitä aiheutuu ylimääräistä hukkaa kun sahalinja on pysäytettävä ja terä on vaihdettava uudelleen. Ylimääräistä on kaikki sellainen, joka ei anna lisäarvoa asiakkaalle tai yritykselle (Tuominen 2021, 86).

Virheet ovat seurausta tasapainottomuudesta ja hukasta. Kehitä menetelmä, jossa prosessi tunnistaa virheen. (Tuominen 2021, 89.) Päätettiin että jokaiselle sahakoneelle kehitetään omat terälaatikot joilla estetään terien sekoittuminen. Näin prosessi muodostuu sellaiseksi että tietynlaisia teriä käsitellään vain niille tarkoitetuissa paikoissa. Jos jossain terälaatikossa olisi sitten yksi väärä terä, työntekijä voisi huomata sen koska siinä olisi erilainen merkintä kuin muissa terissä tai se näyttäisi väärältä. Eli prosessin osana oleva työntekijä tunnistaisi virheen. Lisäksi 12:ta eri pyöröterämallia varten piti kehitellä jokin systeemi jolla terät pystytään helposti erottamaan toisistaan.

Pahimmillaan virheet ovat hukkaa joka voi näkyä asiakkaalle asti (Tuominen, 2021, 89). Rauman sahalinjaan väärin asennetut terät voivat aiheuttaa sahatavaraan laatupoikkeamia jotka voivat päästä asiakkaalle asti jos kameranajittelut eivät jostain syystä huomaa laatuvirhettä. Näin ollen on viisasta pyrkiä karsimaan virheet pois jo sahalinjalla. Paras vaihtoehto olisi jos pystyisimme kehittämään menetelmän jossa prosessi tunnistaisi itse virheen (Tuominen, 2021, 89). Tällainen virheen tunnistaminen vaatisi sen että terissä olisi esimerkiksi jokin tunniste ja sahausyksikössä olisi jokin lukulaite. Kaikki terät olisivat yksilöity omalla numerosarjalla ja näin voitaisiin tunnistaa automaattisesti jos koneeseen olisi asennettu väärä terä. Tällä hetkellä tällainen teknologia on sahalinjojen käyttöön vasta kehitteillä eikä se olisi ehtinyt valmiiksi Rauman sahan tuotannon aloitukseen. Tämän vuoksi virheitä pyritään välttämään sillä että terissä on yksinkertaiset ja selkeät merkinnät, niille on kuljetuslaatikot joihin voi asettaa vain tietynlaisia teriä sekä selkeät paikat ja ohjeet terien käsittelylle.

4.3 Terälaatikot

Terälaatikko on kuljetuslaatikko jossa huolletut terät kuljetetaan sahalle ja tylsät terät huoltoon. Jos sahalinjalla on käytössä halkaisevia pyöröteriä kaksi eri mallia, hakettavien teräpäiden otsateriä neljää eri mallia, voisi käytössä olla vain yksi terälaatikko. Edellä kuvattu on melko tyypillinen malli sahojen ja terätoimittajien yhteistyössä. Tämä toimii hyvin silloin kun erilaisia terämalleja on vain muutamia keskenään erinäköisiä, eikä niiden laatikkoon pakkaamisesta ja purkamisesta aiheudu suurta haittaa.

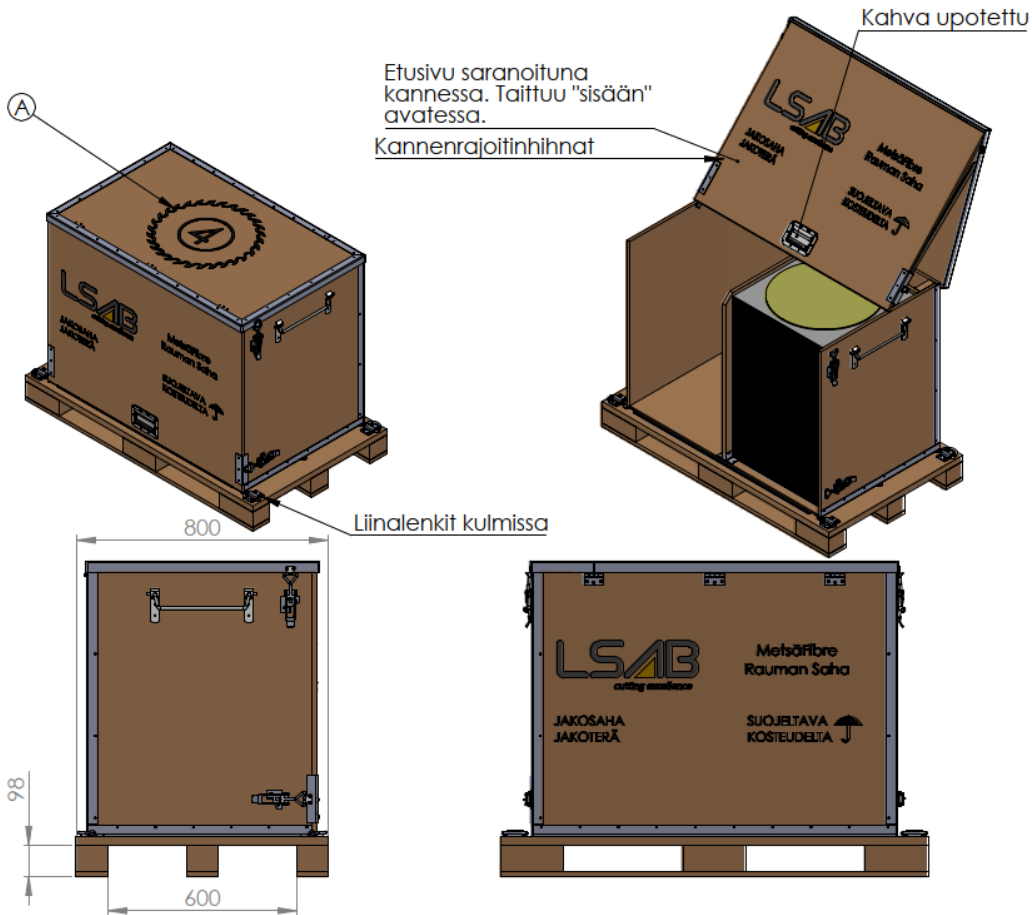
Raumalla pelkästään halkaisevia pyöröterämalleja on 12. Jos ne kaikki pakattaisiin samaan laatikkoon, olisi purkaminen hidasta ja vaikeaa. Työntekijän olisi tarkasti tutkittava jokainen terä ennen kuin se nostetaan laatikosta terähylllyyn. Terästä on katsottava sen malli ja hylly on täytettävä niin että, yhdellä hyllyllä ei ole kuin yksi terämalli. Tässä vaiheessa virheen mahdollisuus olisi suuri jos mallivaihtoehtoja olisi 12.

4.3.1 Pyöröterien laatikot

Rauman sahalinjassa on neljä eri sahausyksikköä jossa jokaisessa on omat pyöröterämallinsa. Sahausyksiköt ovat DX-pelkkasaha, pelkkasaha, DX-jakosaha ja jakosaha. Yksiköt voidaan numeroida seuraavasti, 1= DX-pelkkasaha, 2=pelkkasaha, 3=DX-jakosaha ja 4=jakosaha.

Jokaisella teräyksiköllä on siis omat terät eikä yksiköiden teriä saa sekoittaa keskenään. Jos kaikki terät olisivat yhdessä laatikossa, ne asennettaisiin helposti väärin sahausyksiköihin. Virhe voisi tulla niin että terä nostettaisiin terälaatikosta väärään terähylllyyn josta se asennettaisi väärään sahausyksiköön. Tämän virheen minimoimiseksi terätoimittajan kanssa päätettiin että jokaiselle sahausyksikölle tehdään omat terälaatikot.

Jokaisella sahausyksiköllä on siis oma terälaatikko ja siinä kuljetetaan vain kyseisen yksikön teriä. Laatikot ovat numeroitu sahausyksiköiden mukaan jotta ne on mahdollisimman helppo tunnistaa. Numerot on maalattu laatikkoon niin isolla fontilla että niitä ei voi olla näkemättä. Kun laatikossa on vain yhden sahausyksikön teriä, työntekijän ei ole mahdollista ottaa laatikosta väärää terää jos hän on oikealla terälaatikolla. Esimerkiksi jakosahan eli sahausyksikön 4 terät ovat pakattu laatikkoon 4, jolloin teräasettaja purkaa terälaatikon 4 terät aina jakosahan terähylllyyn.



KUVA 7 jakosahan terälaatikko

4.3.2 Pelkkahakkureiden terälaatikot

Pelkkahakkureissa on vasen- ja oikeakätisiä teriä. Jos Rauman sahan pelkkahakkurien teriä liikuteltaiisiin vain yhdessä terälaatikossa, olisi mahdollista asentaa terä teräpäähän väärinpäin. Virheiden välttämiseksi, pelkkahakkurien terät päätettiin jakaa kahteen isoon kuljetuslaatikkoon ja 12 pienempään. Pelkkahakkureiden teräpäissä on useita eri tyyppisiä teriä. Suurimmat terät ovat pyöreät otsaterät jotka ovat halkaisijaltaan 650-700mm. Nämä vievät terälaatikosta isoimman tilan. Lisäksi teräpäihin kiinnitetään hakettavia teriä joita ovat talttaterät, kirveet ja uloimmalle kehälle asennettavat kursoterät tai kaviot.

Rauman sahalinjan rakenne on sellainen että pelkkahakkureiden teräpäät avautuvat käytäville päin tarvittaessa terien asennusta varten. Sahalinjan keskilinja erottaa vasemman ja oikean puolen toisistaan. Vasemman puolen käytävälle avautuviin teräpäihin asennetaan vastapäivään pyörivät terät ja oikealle puolelle avautuviin teräpäihin asennetaan myötäpäivään pyörivät terät. Molemmille puolille on omat terälaatikot. Vasemman puolen laatikossa kuljetetaan vain vastapäivään pyöriviä teriä ja oikean puolen

laatikossa on vain myötäpäivään pyöriviä teriä. Vasemman puolen terälaatikossa on merkinnät HAKKURI VAS, ja H josta sahalla ja terätoimittajan tehtaalla työntekijät tunnistavat että kyseessä on pelkkahakkurin terälaatikko. Oikean puolen terälaatikossa on myös kirjain H, sekä teksti HAKKURI OIK. ja lisäksi myös teksti TUNNELI. Oikean puolen terälaatikko voidaan kuljettaa sahalinjan oikean puolen käytävälle vain sahalinjan ali pienen tunnelin kautta. Tämän vuoksi laatikossa lukee tunneli, näin työntekijät tietävät että laatikko kuuluu viedä sahalinjan oikealle puolelle.

Yksinkertaisimmillaan kappaleeseen liitettyjen pulttien määrä voidaan seurata toimittamalla pultit työpisteeseen laatikossa, johon mahtuu täsmälleen työssä tarvittava määrä pultteja (Kilponen, 2020). Molempien laatikoiden sisälle mahtuu tarvittava määrä otsateriä sekä kuusi pienempää laatikkoa hakettavia teriä. Hakettavien terien laatikoissa on värimerkinnät jotta laatikoita ei sekoiteta sahalinjalla tai terähuollossa. Sahalinjan oikean puolen hakkurien teräpäiden terät ovat kulkeneet alusta asti laatikoissa jotka on dedikoitu sahalinjan oikealle puolelle, vasen puoli vastaavasti. Tämä on toiminut niin hyvin, että Rauman sahalla ei ole vielä koskaan asennettu yhteenkään pelkkahakkuriin teräpäähän terää väärinpäin.

4.3.3 Särämäyskursojen terälaatikot

Pelkka- ja jakosahoissa on molemmissa särämäysyksiköt joilla haketetaan sahattavien lautojen särmät. Molempien sahojen yksiköissä on kahdeksan särämäyskursoa, eli yhteensä niitä on 16. Sahausyksikön molemmilla puolilla on kaksi vastapäivään pyörivää kursoa ja kaksi myötäpäivään pyörivää kursoa. Särämäyskursojen terille tehtiin vain yksi laatikko koska sahalinjan molemmiin puoliin käytetään molempiin suuntiin pyöriviä teriä. Särämäyskurson terien laatikko on merkitty kirjaimella S jotta se osataan kuljettaa tehtaalla oikeaan paikkaan.

Laatikkoon mahtuu kursoteräpakassa käytettävät otsaterät sekä kursoterät. Otsaterät ovat pyöröteriä ja niitä on vain kahta eri mallia jotka erottuvat toisistaan kohtalaisen selkeästi. Kursoterät ovat hakettavia teriä jotka on helppo asentaa väärinpäin. Eri suuntaan pyörivät kursonterät voitaisiin erottaa toisistaan terälaatikoilla joissa on erilaiset värikoodit. Kursopakkojen asennuksissa on tapahtunut jonkin verran virheitä ja niiden välttämiseksi on syytä jatkaa kehittelyä.

4.4 Terien merkinnät

Rauman sahalinjassa on siis neljä pyöröteriä sisältävää sahausyksikköä. DX-yksiköillä tehdään pelkkaan esiavaus ja kahdella muulla sahausyksiköllä suoritetaan niin sanottu läpisahaus. Sahausyksiköt ovat 1= DX-pelkkasaha, 2=pelkkasaha, 3=DX-jakosaha ja 4=jakosaha. Näissä yksiköissä on käytössä yhteensä 12 eri terämallia. Sahalinjan nopeudet vaihtelevat tukkiluokasta riippuen välillä 70-250 m/min. Tämän vuoksi terämalleja on paljon.

Jokaisen sahausyksikön terät jaetaan sahausnopeuden perusteella kolmeen eri luokkaan ja kun meillä on 4 sahausyksikköä, terämalleja muodostuu yhteensä 12.

Suurin terämallien määrään vaikuttava tekijä on sahauksessa syntyvän purun lastun pituus. Halkaisusahauksessa purun pituuden tulisi olla 0,8-1,3 mm/hammas (Varis, 2017, 107). Liian pieni tai liian karkea puru saattaa vuotaa sahattavan kappaleen ja terän väliin, jolloin terän huojunta lisääntyy ja sahaus jälki huononee. Purun pituus vaihtelee syöttönopeuden ja terän hammaslukumäärän mukaan (Varis, 2017, 107). Suuren nopeusvaihtelun vuoksi Veisto on jakanut pyöröterät kolmeen eri nopeuskategoriin jotta purun pituus saadaan pysymään järkevällä tasolla eikä terä alkaisi huojumaan liikaa. Perusajatus on se, mitä enemmän nopeutta, sitä enemmän terässä on hampaita, jolloin purupituus saadaan pysymään mahdollisimman lähellä haluttua 0,8-1,3 mm/hammas.

4.4.1 Terien sahausyksikön merkintä

Rauman sahalla on jokaisessa sahausyksikössä kolme erilaista terämallia joita kuuluu vaihtaa sahattavan nopeuden mukaan.

Nopeusalueet	Terämallit sahausyksikkö 1	Terämallit sahausyksikkö 2	Terämallit sahausyksikkö 3	Terämallit sahausyksikkö 4
75-130 m/min	502x4.1x2.8x200x30xB-27	602x4.5x3.0x115x36xB-27	502x4.3x3.0x260x30xB-27	502x4.7x3.2x115x30xB-27
120-200 m/min	502x3.9x2.6x260x48xB-27	602x4.3x2.8x200x54xB-27	502x3.9x2.6x260x48xB-27	502x4.3x2.8x200x48xB-27
180- 250 m/min	502x3.7x2.4x260x60xB-25	602x4.1x2.6x260x72xB-25	502x3.7x2.4x260x60xB-25	602x4.1x2.6x260x72xB-25

KUVA 8 terämallit

Työntekijä voi erottaa terät toisistaan vertaamalla hampaiden määrää, terien halkaisijaa, keskireiän kokoa tai lukea terään stanssatun kuvauksen josta nämä kaikki käyvät ilmi. Kuvaus voi olla esimerkiksi seuraavanlainen: 502x4.1x2.8x200x30xB-27, jossa 502=terän halkaisija, 4.1= terän hampaan vahvuus, 2.8 terän rungon vahvuus, 200=keskireiän halkaisija, 30=hampaiden lukumäärä ja B-27=hampaan muoto ja kulma.

Yllä kuvattu on perinteinen tapa tehdä terään merkintä josta voi nähdä sen oleelliset tiedot. Näiden tietojen perusteella työntekijä voi myös Rauman sahalla tarkistaa mikä kokoinen terä on ja paljonko siinä on hampaita. Teriä kuuluu kuitenkin vaihtaa sahattavan nopeuden mukaan eikä sahausyksiköiden teriä sovi sekoittaa keskenään. Tästä perinteisestä kuvauksesta työntekijä ei voi nähdä mihin sahausnopeuteen mikäkin terä on tarkoitettu tai mihin sahausyksikköön se pitäisi asentaa. Tähän seikkaan kiinnitimme terätoimittajan kanssa huomion heti kun laitetoimittaja ilmoitti että teriä on oltava kolmessa nopeusluokassa jokaisessa sahausyksikössä. Ymmärsimme että jos terät merkitään perinteisellä tyylillä, työntekijän on todella helppoa tehdä virhe ja asentaa terät väärään sahausyksikköön ja nopeusluokatkin menevät helposti sekaisin. Terien asentaminen virheettömästi olisi käytännössä mahdotonta ilman selkeää aputaulukkoa tai että työntekijät opettelisivat terien tyyppit ulkoa.

Tavoitteena oli siis vähentää tai poistaa virheiden mahdollisuus joten tähän kohtaan oli ehdottomasti keksittävä jokin ratkaisu jolla vähennettäisiin mahdollisia virheitä terien käsittelyssä ja asennuksessa. Tässä vaiheessa oli selvää että sahausyksiköitä on neljä erilaista ja jokaisella on omat terämallit, joten oli selkeä ratkaisu päätyä käyttämään sahausyksikön numeroa terässä. Päätettiin siis merkitä jokaiseen terään selkeästi sen teräyksikön numero johon terä oli tarkoitettu. Näin työntekijän ei tarvitse tarkistaa terästä kuin yksi selkeästi merkitty numero jolloin voi heti tietää mihin yksikköön terä kuuluu.

Teräyksikön osoittaminen terämerkinnällä oli yksinkertainen ja toteutettavissa oleva ratkaisu, joten se päätettiin toteuttaa.

4.4.2 Terien nopeusluokan merkintä

Sahausyksikön lisäksi työntekijöiden tulee tietää milloin mikäkin terä asennetaan koneeseen. Teriä vaihdetaan nopeusluokkien mukaan. Jokaiseen sahausyksikköön vaihdetaan terät kun nopeusluokka vaihtuu. Nopeusluokat ovat seuraavat 70-130 m/min, 120-200 m/min, 180-250 m/min. Jokaiselle sahauserälle on suunniteltu oma sahausnopeus ja työntekijät näkevät sahauslistasta mitä nopeusluokkaa kussakin sahauserässä käytetään.

Koska sahausyksiköiden merkintä oli selkeä ratkaisu, pohdittiin vastaavaa myös nopeusluokan merkitsemiseksi. Terätoimittaja toi esiin seikan että 70-130 m/min merkintä on liian pitkä terään jossa on muutenkin paljon merkintöjä. Asiaa pohdittuamme päätimme toteuttaa nopeusluokan merkinnän seuraavasti. Merkitsemiseen päätettiin käyttää suurempi kuin merkkiä >. Merkki oli tarpeeksi yksinkertainen ja erilainen jolloin se varmasti erottuisi ja sen huomaisi helposti. Merkinnät ovat: nopeusluokka

70-130 m/min =>, 120-200 m/min =>> ja 180-200 m/min =>>>. Tätä samaa nopeusmerkkiä käytetään sahauskeskuksen työjonolistassa josta operaattorit voivat nähdä mitä teräluokkaa kussakin sahauserässä käytetään.

Teriin painetut teräyksiköitä ja terän nopeusluokkaa osoittavat merkinnät ovat esimerkiksi, jakosahan nopein terä = 4 >>> (kuva 9). Näistä symboleista työntekijä näkee helposti mihin yksikköön terä kuuluu asentaa ja milloin. Kokemattomampikin operaattori onnistuu terän vaihtamisessa kun tietää vain nämä kaksi tärkeää asiaa, sahausyksikön joka on osoitettu numerolla, sekä nopeusmerkinnän joka on osoitettu suurempi kuin merkillä.



KUVA 9 terän merkinnät

4.5 Sahan terähuoneiden toiminnot

Rauman sahalla on kolme terähuonetta tai -tilaa joissa teriä käsitellään ja ne valmistellaan asentamista varten. Kaikki terät huolletaan terätoimittajan toimesta mutta sahalla teriä on kuitenkin säädettävä, kasattava asetteiksi ja niihin on asennettava laipat joilla terät kiinnitetään akseleille.

4.5.1 Pelkkahakkurien terien huone

Terähuone 1 sijaitsee lähellä pelkkahakkureita ja sinne on sijoitettu vasemman puolen teräpäiden terät. Huoneesta löytyy paikka terälaatikolle, hyllyt hakettaville ja edestä sahaaville pyöröterille sekä työpiste talttaterien säätämistä varten. Sahalinjan molemmilla puolilla käytetään vain yhdenlaisia talttateriä joten ne kaikki säädetään tässä yhdessä työpisteessä. Terähuone 1 tuodaan siis aina vain vasemman puolen hakettavien terien laatikko, eikä siellä koskaan käsitellä oikean puolen teriä.

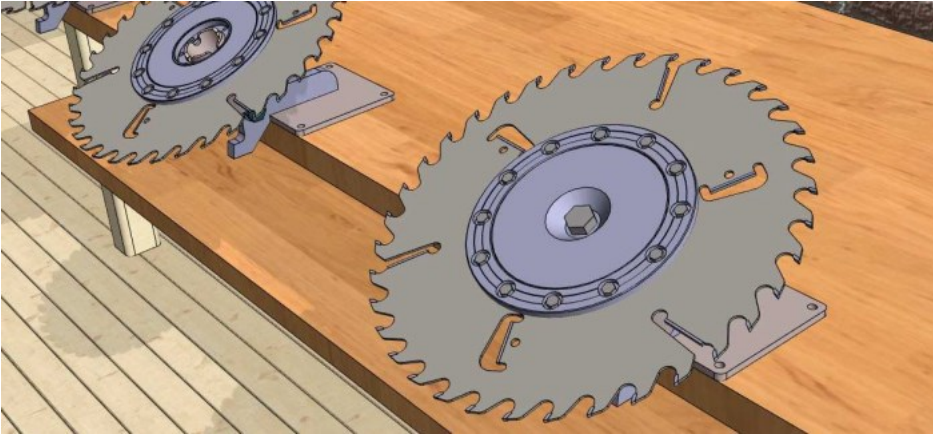
Sahalinjan oikealla puolella pelkkahakkureiden välissä on sopivasti tilaa niin että sinne oli mahdollista sijoittaa terähyllyt teräpäiden teriä varten. Oikean puolen terälaatikolle on merkitty paikka käytävällä. Sahan oikealle puolelle tuodaan vain oikean puolen terälaatikko joten siellä käsitellään vain oikealla puolella käytettäviä teriä. Näin terät eivät voi koskaan mennä väärinpäin, koska vääränkätisiä teriä ei ole tarjolla kun teriä vaihdetaan.

4.5.2 Pelkka- ja jakosahojen terien huone

Terähuone 2 sijaitsee lähellä pelkka- ja jakosahoja jolloin terien siirtomatkat ovat mahdollisimman lyhyitä. Terähuoneen toimintoja ovat muun muassa terien laipoittaminen, särmäyskursojen kasaaminen, terien purkaminen terälaatikosta hyllyyn ja niiden pakkaaminen laatikoon.

4.5.3 Työpisteet terien laipoitusta varten

Pyöröterät asennetaan kiinni asetelaippoihin joilla ne kiinnitetään sahausyksiköiden akseleille. Tätä työtä varten terähuoneessa on oltava työpiste. Teoriassa tähän riittäisi vain yksi mutta koska meillä on neljä sahausyksikköä, voisivat eri yksiköiden terät mennä sekaisin yhdellä pisteellä. Eri sahausyksiköiden terät ovat merkitty ja ne kuljetetaan omissa laatikoissaan virheiden välttämiseksi. Tätä samaa periaatetta oli noudatettava myös työpisteiden suhteen. Siispä jokaiselle sahausyksikölle on terähuoneessa oma työpiste jolla kyseisen sahausyksikön terät laipoitetaan. Kasauspiste on mahdollisimman yksinkertainen, se sisältää ergonomisesti nousevan ja laskevan työpöydän johon on kiinnitetty kaksi jigiiä joissa terien laipoitus tehdään. Jigejä on kaksi sen vuoksi, että sahausrako muodostuu aina kahdesta vastakkaisesta terästä jotka molemmat pyörivät sahaussuunnan vastaisesti. On siis järkevää laipottaa aina vastakkain pyörivät terät yhtä aikaa, jolloin on helpompi tarkistaa että terien pyörimissuunta on oikein.



KUVA 10 havainnekuva terien laipoituspisteeltä (Veisto Oy, 2022, 74)

Terähuoneen keskivaiheilla on myös yksi työpiste kursopakkojen kasaamista ja säätämistä varten. Näitä työpisteitä on vain yksi. Tätä vaihetta olisi hyvä vielä kehittää niin että eri suuntiin pyörivät kursopakat kasattaisiin eri pisteissä. Tällä hetkellä pisteellä kasataan yksi kursopakka kerrallaan, joko vasta- tai myötäpäivään pyörivä. Kun nämä erotetaan mahdollisten virheiden määrä vähenee.

4.5.4 Terähyllyt

Jokaisella työpisteellä laipoitetaan suuri määrä teriä ja ne on säilytettävä jossakin. Terät kuljetetaan omilla laatikoissaan ja olisi hyvä jos pystyisimme hyödyntämään laatikoita myös säilytyspaikkana. Jokaisessa terälaatikossa on kuitenkin kolme eri nopeusluokkien mukaista terämallia. Nämä mallit on pidettävä erillään johon nykyinen terälaatikko ei täysin kykene ainakaan silloin kun laatikko on lähes täynnä. Lisäksi teriä on hieman lajiteltava sen mukaan kuinka paljon hammasta on hiottu. Huollosta tulee teriä joissa hammasta on hiottu useampaan kertaan jolloin se on hieman kapeampi kuin uutena. Koska sahaustekniikka on sellainen että kaksi terää sahaa vastakkain, on terissä oltava yhtä leveät hampaat. Jos toisessa terässä on kapeampi hammas, sahausjälkeen muodostuu pykälä, joka ei ole laadullisesti sallittu. Tämän välttämiseksi työntekijään on tarkistettava teriä laipoittaessaan että vastakkaiset terät ovat mahdollisimman samanlaiset. Tämä olisi vaikeaa jos terät säilytettäisiin laatikossa. Tämän vuoksi jokaiselle työpisteelle suunniteltiin omat terähyllyt joissa on tarpeeksi nauloja jotta terät voidaan kategorioida hyllyyn nopeusluokan ja hampaan koon mukaan. Näin on helpompi valita hyllystä keskenään sopivat terät laipoitusta varten.

5 RAUMAN SAHAN TERÄHUOLTO

Sahan terähuolto toteutetaan niin että tehtaan kaikki terät, kuorimoa lukuun ottamatta, teroittaa ja huoltaa ulkoinen taho. Huoltopakettiin kuuluu sahalinjan lisäksi sahatavaralajittelulinjojen trimmereiden terät, hylkysahatavaraleikkureiden terät, sivutuotekäsittelyn rumpuhakkurin ja kuorimurskan terät. Usein sahoilla ulkoistetaan vain pyöröterien huolto mutta Raumalla myös hakettavien terien huolto kuuluu samaan pakettiin. Sahan teräasettajien vastuulle jää mm. teräasetteiden kasaaminen ja purkaminen, terien vaihtaminen sahausyksiköihin, terälaatikoiden pakkaaminen ja purkaminen.

5.1 Terätoimittajan vastuu

Terätoimittaja toimittaa ja huoltaa Rauman sahan terät. Toimittajan kanssa on sovittu että he noutavat sahatut terät huollettavaksi kerran viikossa. Keskiviikkoisin terätoimittaja noutaa huoltoon lähtevät terät ja tuo samalla huolletut terät sahalle. Vaihdon toteuttaa terätoimittajan valitsema logistiikkaurakoitsija joka toimittaa huollettujen terien laatikot sahalle sovituille paikoille, joista se noutaa samalla huoltoon menevien terien laatikot.

Omassa tehtaassaan terätoimittaja pesee, hioo ja tarvittaessa juottaa teriin uusia teräpaloja. Jos toimituksen mukana sahalla on tullut teriä joita ei voi enää käyttää, toimittaja vaihtaa terät uusiin. Näin terävaraston koko pysyy sahalla koko ajan stabiilina. Toimittajan on huolehdittava myös siitä, että terälaatikot ovat pakattu sovitulla tavalla jotta laatikoista saadaan purettua terät niille merkityille paikoille. Näin saadaan oikeat terät helposti oikeaan hyllyyn, eikä virheitä pääse tapahtumaan.

5.2 Sahan vastuu

Sahan teräasettajat vastaavat siitä että huoltoon lähtevät terät ovat pakattu niille merkittyihin terälaatikoihin, näin vähennetään terätoimittajalla sattuvia mahdollisia virheitä. Sahalle saapuneet terät puretaan niille varatuille merkityille hyllypaikoille ja inventoidaan. Teräasettajan vastuulla on huolehtia siitä että sahalla on tuotannon aikana koko ajan tarvittava määrä teriä linjastojen äärellä valmiina vaihtoa varten. Pyöröteriä on laipoitettava teränopeusluokkien mukaan. Jokaisella nopeusluokalla on oma määrätty terälaippa jolla terä kiinnitetään sahakoneeseen. Hakettavien terien osalta valmistelutyö sisältää taltterien pituuden tarkistamista sekä kirvesterien ja otsaterien sijoittelua merkityille paikoille

vaihtoa varten. Särmäyskursojen terät on rakennettava teräpakoiksi joihin kuuluu yksi otsaterä ja neljästä viiteen kursonrunkoa, joissa jokaisessa on kolme hakettavaa terää. Kursonrungoissa olevat kirvesterät säädetään millinkymmenyksen tarkasti oikeaan asentoon jotta terät pyörivät sahakoneessa oikealla välyksellä, jolloin niillä saadaan mahdollisimman hyvä hake.

5.3 Terien vaihtaminen sahakoneisiin

Keskeinen osa Rauman sahan terähuoltoa on kesken tuotannon tapahtuva terien vaihtaminen sahausyksiköihin. Sahakoneen teriä vaihdetaan 1-3 kertaa päivässä eikä vaihtotyöhön saisi kulua liikaa tuotantoaika. Rauman sahan täyden kapasiteetin tuotantomäärä on 750 000 sahatavarakuutiota vuodessa. Tehdas käy ympäri vuorokauden viikon kaikkina päivinä koko vuoden, huoltotaukoa lukuun ottamatta. Päivätuotanto olisi näin noin $750\,000\text{ m}^3 / (365 - 10) = 2113\text{ m}^3$ vuorokaudessa. Tukkeina tämä tarkoittaisi käyttösuhteella 2 n. 4500 tukkikuutiota vuorokaudessa. Kun tukin koko on noin 200 litraa, kappaletta niitä sahataan keskimäärin $4226\text{ m}^3 / 0,200\text{ m}^3 = 21\,130$ kpl päivässä. Terien vaihtoväliä on täysin uudella sahaustekniikalla sahatessa vaikea arvioida.

Terien vaihtotyötä suunnitellessa verrattiin terien vaihtoon menevä aika Vilppulan sahalla jossa on samantapainen sahalinja LIITE 2. Vilppulan ja Rauman sahalinjoissa on kuitenkin eroja joten suoraa vertailua ei voi tehdä. Rauman sahalinjassa on DX-sahaus jonka ansiosta pyöröteriä käytetään kaksinkertainen määrä. Vilppulassa on erilaiset pelkkahakkurit eikä siellä ole vaihtolaitetta teräpään vaihtoon joten vertailu ei tässä ole reilua. Vilppulan sahalinjan terien vaihtamiseen ja muuhun terätyöhön liittyviä aikoja voitiin käyttää vain suuntaviivoina, ei suorina tavoiteaikoina.

Rauman sahalla pelkkahakkureiden terät on tarkoitus vaihtaa vaihtamalla kerralla koko teräpää johon terät on ennalta asennettu. Tätä varten Veisto sahalinjan toimitukseen kuului teräpään vaihtolaite. Pelkkahakkureiden vaihtamiseen kuluva aika on siis suunniteltu niin että se tehtäisiin teränvaihtolaitetta käyttämällä.

5.4 Terien vaihtamiseen käytettävät tavoiteajat Rauman sahalla

Teräpää kiinnitetään vaihtolaitteeseen neljällä pultilla. Normaalityöskentelyssä teräpään pulttien irrottamiseen menee aikaa yhden minuutin verran. (Karjalainen 2020.) Pelkkahakkureiden terien vaihtaminen on tarkoitus tehdä vaihtolaitteella. Laitteeseen asennetaan teräpää jossa on ennalta vaihdetut haket-

tavat terät. Operaattori vaihtaa koko teräpään kerralla ja yhteen vaihtoon saisi kulua aikaa viisi minuuttia. Ennen kuin teräpään vaihtolaite saadaan käyttöön, terät on vaihdettava perinteisellä tavalla. Eli terät vaihdetaan suoraan teräpäähän sahauslinjan ollessa seis. Vilppulassa hakkureiden neljän teräpään terien vaihtamiseen menee kahdelta operaattorilta aikaa 20 minuuttia silloin kun tehdään päivittäinen perusvaihto johon kuuluu talttaterät, yksi kierros kirveitä sekä otsaterän vaihto. Eli yhden teräpään terien vaihtamiseen kuluu aikaa 20 minuuttia.

Pelkkasahan pyöröterien vaihtamiseen kuluva aika Vilppulassa yhdeltä operaattorilta 20 minuuttia. Raumalla Pelkkasahassa on vaihdettavia teriä kaksin kertainen määrä joten yhdeltä operaattorilta vaihtotyö voi viedä 40 minuuttia.

Jakosahan pyöröterien vaihtoon kuluu Vilppulassa kahdelta operaattorilta aikaa noin 20 minuuttia.

Molempien sahausyksiköiden särmäyskursojen vaihtoon kuluu aikaa 20 minuuttia kun vaihdetaan vain 4 kursopakkaa per sahausyksikkö. Jos vaihdetaan kaikki kursot, aikaa kuluu tuplasti enemmän.

	aika/akseli min	akselien määrä kpl	Sahausyksikön terien vaihtoon kuluva aika
Teräpään vaihtaminen vaihtolaitteella	5	4	20
PH terien vaihtaminen teräpäähän	10	4	40
PS pyöröterien vaihtaminen	5	8	40
PS kursoterien vaihtaminen	5	8	40
DX-jakosahan terien vaihtaminen	10	4	40
Jakosahan terien vaihtaminen	10	4	40
JS kursonterien vaihtaminen	5	8	40

TAULUKKO 1 terien vaihdon tavoiteajat

Yllä olevassa taulukossa on Rauman sahalinjan terien vaihtamisen tavoiteaika. Tavoiteaika kuvaa sitä kuinka kauan yhdellä operaattorilla voi mennä aikaa terien vaihtamiseen. Eli jos yksi operaattori vaihtaisi kaikki terät, tavoiteaika olisi 240 minuuttia silloin kun hakkureiden teriä ei vaihdeta vaihtolaitteella. Yleensä teriä ei kuitenkaan vaihdeta kaikkia yhdellä kertaa ja resurssina on aina vähintään kolme operaattoria.

5.5 Terien vaihtovälit

Sahausolosuhteista riippuen pystytään nykyisillä sahalinjoilla ajamaan samoilla terillä jopa 15 000 tukkia ennen terien vaihtoa (Varis, 2017, 96). Rauman sahalla on tarkoitus sahata vuorokaudessa keskimäärin 20 000 – 30 000 tukkia joten 15 000 tukin välein tehtävä terien vaihto on liian tiheä. Tavoitteena on tehdä vain yksi isompi terien vaihto vuorokaudessa. Tämä tarkoittaa sitä että pelkkahakkureiden terien vaihtovälitavoite on 20 000 tukkia. Pelkka- ja jakosahojen pyöröterien vaihtovälien venyttäminen 20 000 tukkiin on erittäin haastavaa ja ensin pyritäänkin siihen että pyöröteriä vaihdettaisiin kaksi kertaa vuorokaudessa.

Rauman sahalinjalla sahataan sellaisia asetteita joissa sydäntavara on aina sama mutta pintalauta voi muuttua tai jos tukki liian pieni tai kiero, pintalautaa ei sahata välttämättä ollenkaan. Eli pintalauta sahataan muuttuvana. Tämä tarkoittaa sitä, että koska jokaisesta tukista ei välttämättä sahata lautoja, särmäyskursoja ei käytetä yhtä paljon kuin halkaisevia pyöröteriä. Särmäyskursojen vaihtoväliksi on arvioitu 20 000 lautaa ja kursot vaihdetaan aina kun sahattu määrä tulee täyteen. Tämä vaihtelee sahattavista asetteista riippuen mutta keskimäärin särmäyskursot vaihdetaan 3 kertaa viikossa.

Voidaan siis summata että kun sahataan 20 000 tukkia vuorokaudessa, pelkkahakkureiden terät on vaihdettava kerran, pyörösahojen terät kaksi kertaa ja särmäyskursojen terät joka toinen päivä.

5.6 Vaihtotyön resurssit

Tavallisessa tuotantoviikossa on 21 vuoroa joista 1,5 vuoroa käytetään ennakkohuoltoon. Noiden ennakkohuoltovuorojen aikana vaihdetaan aina kaikkien yksiköiden terät. Pelkkahakkurin, pelkka- ja jakosahojen pyöröterät ja kursoterät on kaikki vaihdettava huoltovuorossa. Toisinaan voi olla tilanteita että huoltovuoroon mennessä joillakin terillä on sahattu vain muutamia tuhansia mutta ne kannattaa silti vaihtaa linjan ollessa seis. Näin säästytään ainakin yhdeltä ylimääräiseltä teränvaihdolta joka keskeyttäisi tuotannon huoltovuorojen välissä.

Joka vuorokausi on vaihdettava pelkkahakkureiden terät. Vaihtotyö tehdään aamuvuoron aikana jolloin sahalla on eniten resursseja. Samaan aikaan vaihdetaan pelkka- ja jakosahojen terät. Tämä aamuvuoron terien vaihto pyritään suorittamaan aina kun on tuotantoerien välissä on terien nopeusluokan

vaihto. Eli kun on esimerkiksi sahattu nopeusluokan >> asete loppuun klo 10 ja seuraavana on alkamassa asete jossa käytetään > luokan teriä, otetaan terien vaihto tähän väliin.

Jos tällaisessa terien vaihdossa olisi vain yksi operaattori vaihtamiseen kuluisi aikaa 120 minuuttia. Pelkkahakkurien vaihtamiseen 40 minuuttia, pelkkasahan pyöröterien vaihtamiseen 40 minuuttia ja jakosahan terien vaihtamiseen 40 minuuttia = 120 minuuttia. Sahauslinjalla on kuitenkin kolme operaattoria joten vaihto aika pienenee 40 minuuttiin. Tähän voidaan lisätä vielä tuorelajittelun operaattori jolloin terien vaihto aika lyhenee 30 minuuttiin. Lisäresurssina tässä voidaan käyttää myös päiväprosessinhoitajaa. Lisäresurssi tulee tarpeeseen etenkin silloin kun joudutaan vaihtamaan särmäyskursojen terät.

Niin sanotussa perusteränvaihdossa joka suoritetaan päivittäin tavoiteaika on siis 30 minuuttia, tähän voidaan päästä silloin kun työtä suorittaa vähintään neljä operaattoria ja kun kurson teriä ei vaihdeta.

Näihin terien vaihtamisen tavoiteaikoihin ei olla kuitenkaan päästy kuin satunnaisesti. Jotta vaihtotyö olisi mahdollista tehdä puolessa tunnissa, terien vaihtamisen työvaiheet on standardoitava ja ne on koulutettava kaikille jotka tätä työtä tekevät.

5.7 Terien vaihtamisen kehittäminen

Terien vaihtamiseen kuluva aika on tuotannon hukkaa joka vaikuttaa suoraan sahauksen käyttöasteeseen. Mitä kauemmin linja seisoo terien vaihtamisen vuoksi, sitä vähemmän linja tuottaa sahatavaraa. Terähuollon osalta sahakoneen terien vaihtamiseen kuluvan ajan optimoinnin tulisi olla seuraava kehityskohde. Terien vaihtoon kuluvalle ajalle voidaan suoraan tuotantoaika lisäämällä vaikuttaa positiivisesti tuotantomääriin. Terien vaihtamiseen olisi hyvä määritellä tavoitetilä. Jolla kuvataan halutun tulevaisuuden tila (Rother, 2011, 69). Kun tiedetään minne täytyy päästä, pystytään määrittelemään sitä varten keinot.

5.7.1 Tavoitetila

Tavoitetilan tulisi kuvata haluttua tilaa mutta ei sitä miten sinne päästään. Tavoitetila sisältää prosessin vaiheet, prosessin ominaisuudet, prosessin mittarit ja tulostittarit. Sinun tulee ymmärtää riittävästi nykyistä tilannetta määritelläksesi asianmukaisen tavoitetilan. (Rother, 2011, 106-107.)

5.7.2 Nykytila

Ensin on siis määriteltävä terien vaihtamisen nykytila. Tällä hetkellä terien vaihtamisen prosessit ovat vielä hiomattomia ja viiden eri työvuoron suorittamisessa teränvaihtojen kestoissa on vielä runsaasti vaihtelua. Nykytilan määrittämiseksi olisi hyvä mitata kaikkien vuorojen kaikki terien vaihdot sekä purkaa jokainen teränvaihtotyö yksittäisiin vaiheisiin. Määrittelyä voitaisiin tehdä prosessianalyysin avulla. Prosessianalyysin ei ole tarkoitus paljastaa ongelmia tai potentiaalisia parannuksia vaan muodostaa käsitys prosessin nykyisestä tilasta ja hankkia faktat ja tiedot (Rother, 2011, 253). Tarkoitus on tutkia sitä kuinka prosessin tulisi toimia. Terien vaihtamisesta olisi hyvä tehdä arvovirtakuvaus ja perehtyä sen jälkeen jokaiseen yksittäiseen osaprosessiin. Näin voidaan saada kuva nykyisestä tilasta jonka jälkeen on mahdollista määritellä tarkasti tavoitetila ja määritellä keinot sen saavuttamiseksi. Terien vaihtamiseen kuluvaa aikaa pystytään siis kehittämään vielä paljon ja siitä kannattaa tehdä oma projekti.

6 TEKNOLOGIANÄKÖKOHDAT

Rauman saha on kaikin puolin tekniikaltaan edelläkävijä ja myös teriin liittyvää teknologiaa aiotaan kehittää. Sahalla tehtäviin terätoimintoihin liittyvä teknologian kehittäminen voisi sisältää terien seurannan automatisointia sekä joidenkin toimintojen automatisointia robotin avulla.

6.1 Terien käytön ja huollon seuranta

Sahalinjoissa käytettävät pyöröterät vaativat jatkuvaa huoltoa. Terät on huollettava säännöllisesti luonnollisen kulumisen tai yllättävien rikkoontumisten vuoksi. (Varis, 2017, 108.) Tällä hetkellä Rauman sahallä vaihdetaan pyöröterät sahakoneisiin yleensä kaksi kertaa päivässä. Tavallisesti yhdellä terällä on sahattu 5 000-20 000 tukkia. Teriä vaihdetaan koneeseen toisinaan vain teräluokan vaihdon vuoksi, toisinaan taas huonon sahausjäljen takia.

Terien huoltokierto pysyy siis kohtalaisen säännöllisenä mutta olisi hyvä jos pystyisimme jollain keinolla mittaamaan kuinka monta tukkia yksi terä jaksaa sahata ennen kuin se on niin kulunut, että sahausjälki on huono ja terä on huollettava. Tällä hetkellä terien kulumisen mitataan käytännössä vain seuraamalla sahatavaran laatua. Jos yksittäisen terän käyttämistä pystyttäisiin seuraamaan ja kulumisesta olisi olemassa raakaa dataa, voitaisiin määritellä terille tarkat vaihtovälit. Samalla voitaisiin seurata kuinka kauan yksi terä kestää käytön ja jatkuvan huoltamisen kierrettä ennen kuin runko on niin löysä ettei sitä enää kannata huoltaa. Seurannalla voitaisiin myös mahdollisesti nähdä jos terät kuluvat jossain tietyssä sahausyksikössä muita nopeammin ja terän tai sahakoneen mekaaniset viat voitaisiin löytää nopeammin.

6.1.1 RFID-tekniikkaan pohjautuva seuranta

Veisto Oy on kehitellyt terien seurantaan varten RFID-tekniikkaan pohjautuvaa puoliautomaattista ratkaisua (Koljonen, 2024). RFID (Radio Frequency Identification) on langaton kommunikaatioteknologia jota käytetään datan kuten sarjanumeron, position, värin ja ostopäivämäärän ynnä muun vastaavan välittämiseen (Chetouane, 2015, 382).

Terän laippaan asennettaisiin RFID tagi, joka voitaisiin lukea käsiskannerilla kun terä laippoineen asennetaan tai otetaan pois sahakoneesta. Teriin pitäisi olla lisäksi esimerkiksi laserilla kaiverrettu viivakoodi jonka voitaisiin myös lukea käsiskannerilla. Käyttäjä lukisi terän ID-koodin viivakoodin lukijalla laipoittaessaan jolloin terän yksilöivä koodi voitaisiin yhdistää laipassa olevaan RFID tagiin. Teriä purkaessa pitäisi myös lukea koodit käsiskannerilla. Luettavat tiedot välittyisivät tietokantaan jossa datasta voidaan tehdä terien vertailua. (Koljonen, 2024.)

Veiston RFID tekniikkaan pohjautuvassa seurannassa on toki ideaa mutta mielestäni se sisältää vielä liian paljon vaiheita jotka ovat käyttäjän varassa. Koodinlukijan käyttäminen unohtuu helposti jolloin virheiden määrä voisi olla suuri ja datan kertymisessä voisi kestää melko kauan ennen kuin sitä päästäisiin analysoimaan. Tätä kannattaa silti vielä kehittää. Jos koodinlukijaa olisi pakko käyttää, niitä olisi hyvä olla vain yksi, nyt RFID:lle ja viivakoodille pitää olla omat skannerit. Parasta olisi jos lukijat voisi sijoittaa kiinteästi sahakoneeseen tai terähuoneeseen niin että käyttäjän ei tarvitsisi tehdä toimenpiteitä ollenkaan, vaan skanneri lukisi tiedot automaattisesti.

6.1.2 Terän värinän mittaamiseen pohjautuva seuranta

Veisto Oy:n yhteistyökumppani on tehnyt konseptikehitystä terän värinän mittaamiseen perustuvassa seurannassa. Teräakseleille asennetaan anturit joilla seurataan terien värinää. Värinädatan perusteella tekoäly laskee yhtäläisyyksiä värinän ja terän todellisen kulumisen välillä. Värinädataa on saatu ja seurattu mutta sääolosuhteista, asetteista ja eri tukkiluokista johtuvat poikkeamat ovat vielä niin suuria että isompia linjoja ei ole vielä voitu vetää. Joitain yhtäläisyyksiä on toki löydetty. (Koljonen, 2024.)

Värinän mittaamisessa datan määrä on suuri ja datan analysointi ei onnistune ilman tekoälyn apua. Tällä menetelmällä voidaan saada tietoa terien käyttäytymisestä sahatessa. Dataa ei voida kuitenkaan kohdistaa tiettyyn terään ilman rinnalla olevaa järjestelmää kuten edellä mainittua RFID- tekniikkaan pohjautuvaa. Näitä molempia tekniikoita kehittämällä voitaisiin mahdollisesti löytää keinot seurata terän elämää ja löytää parhaat mahdolliset sahaamiseen.

6.1.3 Loggmaster teräseuranta

Loggmaster on LSAB:n kehittämä ohjelma jolla vanneterien teroituskiertoa seurataan (Larjama, 2024) Terien yksilöivät tiedot kirjataan käsin järjestelmään. Jokaisessa terässä on laserilla printattu numerokoodi. Tällä hetkellä tätä ohjelmaa käytetään pääasiassa vain vanneterien seurantaan. Vannesahojen

terien määrät ovat huomattavasti pienempiä kuin pyörösahojen. Ohjelmasta on kehitteillä versio jota voitaisiin soveltaa veistosahalinjojen terien kanssa. Tällä hetkellä terien kirjaaminen on vielä liian työlästä eikä ohjelma ole vielä käytännöllinen.

6.2 Robotit teränvaihdon apuna

Molemmissa pelkkahakkureissa on kaksi teräpäätä joissa on 24 hakettavaa terää. Näitä teriä on vaihdettava Rauman tuotantomäärä huomioiden vähintään kerran vuorokaudessa. Tuotannon aikana terät sahaavat tukkia suurissa nopeuksissa ja tästä prosessista syntyy myös jonkin verran purua joka tunkeutuu teräpäähän terien kiinnityspulttien avainkoloihin. Näihin sahausyksiköihin ei voida vaihtaa teriä linjan käydessä vaan tuotanto seisoo aina kun teriä vaihdetaan. Tämän vuoksi teränvaihtoprosessin on oltava selkeä ja nopea jotta siihen ei tuhlaudu liikaa kallisarvoista tuotantoaikaa. Ennen kuin terät voidaan irrottaa teräpäistä, ne on puhdistettava niin että työkaluilla saadaan terät mahdollisimman nopeasti irti eikä pultteja rikota.

Pulttien kantojen puhdistamiseen Veisto on suunnitellut sahausyksikön päälle sijoitettavan huoltorobotin. Tällä robotilla pystytään muun muassa puhdistamaan teräyksiköt ennen kuin teriä irrotetaan. Robotilla on myös ajateltu tehtävän teräyksiköiden linjauksia ja muita mittaustoimenpiteitä. (Karjalainen 2020.) Robottia ei ole asennettu, joten sitä ei ole vielä päästy testaamaan. Odotusarvo kuitenkin on että puhdistusrobotti vähentää operaattorin työtä ja näin nopeuttaa terien vaihtamista.

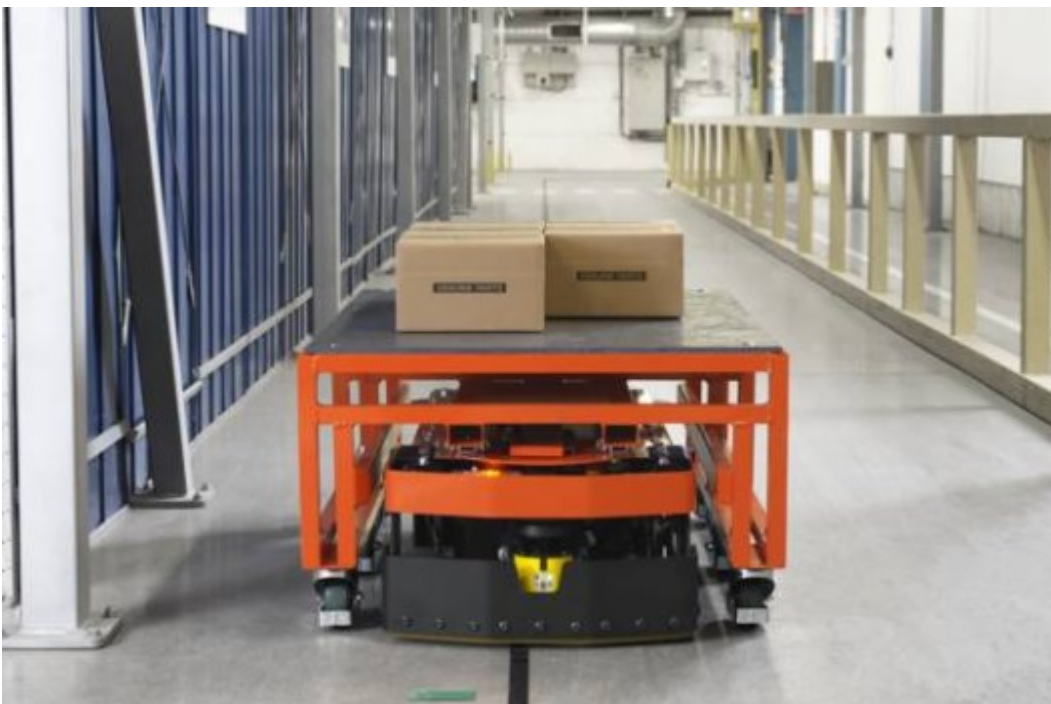
6.2.1 Aseteosien pesu

Terät kiinnitetään sahausyksiköiden akseleille terälaippojen avulla. Nämä terälaipat ovat aseteosia joiden on tärkeää pysyä hyvässä kunnossa ja oikeissa mitoissaan. Kulunut tai likainen laippa voi johtaa terän liialliseen huojuntaan joka voi näkyä sahatavarassa ylimääräisenä teräpykälänä. Terien laippoja pestään säännöllisesti sahalle hankitulla ultraäänipesurilla. Ultraäänipesu pesee vaikkeankin lian pois laipoista hellävaraisesti niiden pintaa kuluttamatta.

6.2.2 Terälavojen siirtely

Tällä hetkellä sahalla terien vaihto tehdään edelleen manuaalisesti. Työntekijät valmistelevat käsin kaikki sahausyksiköihin asennettavat terät. Teräasettaja kiinnittää teriin aseteosat jotka sitten kiinnitetään sahausyksiköiden akseleille. Nämä terä-/laippasetit kuljetetaan terähuoneesta sahausyksikön viereen vaihdettavaksi pumppukärryillä siirrettävillä terälavoilla.

Sahausyksiköissä on yhteensä 32 teräksellistä joista puoleen vaihdetaan terät kaksi kertaa vuorokaudessa. Terälavalle mahtuu kahden akselin terät joten terälavoja on siirrettävä linjalta terähuoneeseen 16 kertaa vuorokaudessa. Yhteen lavan siirtoon voi työntekijällä mennä noin viisi minuuttia aikaa eli yhteensä noin 80 minuuttia ja nämä työt tehdään kahdessa vuorossa jolloin tähän kävelyyn tuhlaantuu aikaa minimissään 40 minuuttia vuorossa, todellisuudessa aikaa menee noin tunti. Tämä turha kävely voitaisiin ulkoistaa vaikkapa Toyotan automaattisella kuljetusvaunulla (Toyota Forklifts, 2024). Vaunulle voidaan opettaa kuljettava reitti yksikertaisesti teipillä eikä se koskaan väsy kulkemaan opittua reittiä. Tällaisen vaunun avulla pystyttäisiin vapauttamaan teräasettajan työaikaa muuhun toimintaan.



KUVA 11 (Toyota Forklifts, 2024)

Tämän kuljetusvaunun jälkeen seuraava askel teränvaihdon kehittämiseksi robotiikalla voisi olla robotti joka nostaa terät lavalta ja asentaa ne sahausyksikön akselille. Toki terä-laippasettien purkuun ja kasaukseen voitaisiin myös käyttää jossain vaiheessa robotiikkaa. Toisaalta tällaisen epäsuorasti tuotantoon vaikuttavan toiminnon automatisointi voi olla vielä vaikeaa perustella. Uskon kuitenkin että robotiikka tulee yleistymään entisestään ja ratkaisujen hinnat laskevat. Ennen pitkää monimutkaiset ja vaihtelevat työtehtävät jotka on ajateltu vain ihmisen hoidettavaksi tullaan tulevaisuudella hoitamaan oppivien autonomisten robottien avulla.

7 POHDINTA

Kun syksyllä 2020 minulle annettiin työtehtäväksi tutkimuksen aiheeksi Rauman sahan terähuollon kehittäminen, mietin että aihe on todella suuri ja siitä on vaikea saada selkeää tutkimusta aikaiseksi. Aiheen laajuus näkyy kyllä tässä työssä ja tutkielman kannalta viisasta olisi ollut keskittyä tiukemmin johonkin tiettyyn osa-alueeseen. Tutkielmasta huolimatta työtaakkani olisi Rauman teräasioiden kehittäminen joten keskityin vetämään teräprojektia niin että sahalle saataisiin teräasiat haltuun heti tuotannon alkaessa niin että teriin liittyvää häiriöaikaa ei tulisi liikaa.

Rauman sahalle saatiin kaikki terät ajoissa ja ne ovat vieläpä osoittautuneet kohtalaisen toimiviksi. Jonkin verran lisäeriä on tilattu mutta terämalleja ei ole tarvinnut toistaiseksi muuttaa, joten sanoisin että tavoitteessa ollaan.

Tämän työn tutkimusmenetelmä on konstrukttiivinen tutkimus koska tilaaja halusi konkreettisia tuloksia. Työn onnistumisen täydelliseen mittaamiseen ei ole tällä hetkellä mahdollisuutta koska samanlaista sahalinjaa ei ole olemassa. Mistään ei ole saatavilla sopivaa verrokkidataa. Muutamia konkreettisia mittareita toki on olemassa.

Tavoitteena oli, että terät eivät aiheuttaisi tuotannon ylös ajossa liikaa katkoksia. Tässä onnistuttiin siinä mielessä, että teriin suunnitellut merkinnät, teräyksikön tunnus ja nopeusluokkamerkintä vähensivät merkittävästi virheitä. Toisaalta tätä on hankala todistaa koska Rauman saha on uusi eikä sellaisesta ajasta ole vertailudataa jolloin terämerkintöjä ei olisi ollut. Samoin terälaatikoiden suunnittelu on onnistunut vähentämään virheitä koska pelkkahakkureihin ei ole koskaan asennettu teriä väärinpäin. Teriin tehdyt merkinnät, terälaatikot ja terien käsittelyn hyvin suunnitellut työpisteet ovat johtaneet siihen, että terien asennusvirheitä on sattunut niin vähän, että niistä ei ole merkintöjä häiriöjärjestelmässä. Selvää on että Rauman sahalla on vuoden 2023 aikana teristä johtuvia häiriöitä ollut noin 3% (LIITE 3). Osuus on siis jo varsin pieni ja tulevaisuudessa se tulee vain pieneneään. Teriin liittyvää häiriöaikaa pystytään vähentämään optimoimalla terien vaihtotyötä. Jatkossa kannattaa määrittää tarkkaan terien vaihtamiseen liittyvät vaiheet, kellottaa ne ja kehitellä menetelmiä joilla ne paranevat. Löydetyt metodit on sitten ohjeistettava tarkasti teriä vaihtavalle henkilöstölle. Kursoterien terävaihtolaatikoita ja terien huoltopistettä kannattaa myös kehittää jotta pakkojen kasaamiseen saadaan selkeyttä ja virheet vähenevät.

Jonkin verran sahalla on haasteita teriin liittyvän teräkynnyksen kanssa joka vaikuttaa sahatavaran tekniseen laatuun. Tähän ongelmaan on syytä keskittyä jatkossa. Ongelmaa on tutkittava järjestelmällisesti tekemällä terätestejä, joka käytännössä tarkoittaa sitä että tarvitaan suuria määriä dataa sahuu-eristä ja olosuhteista. Terästeillä voidaan löytää sahakoneesta sellaisia ominaisuuksia jotka vaikuttavat terän huojuntaan negatiivisesti. Toki voidaan löytää myös teristä sellaisia ominaisuuksia jotka lisäävät huojuntaa. Sahatavaran tekniseen laatuun liittyviä ongelmia on aina tarkasteltava kokonaisuutena. Sahalinjan toiminta ja sahausyksiköiden linjausvirheet voivat olla laatuun vaikuttavia juurisyitä.

Teräasioiden tarkan suunnittelun seurauksena Rauman sahan tuotannon käynnistyessä terät eivät muodostuneet tuotantoa rajoittavaksi ongelmaksi missään vaiheessa. Pyöröterien rikkoutumisia on myös sattunut todella vähän, mikä osoittaa sen että terämallit ovat olleet alusta asti sahalinjaan sopivia. Sanoisin että näiltä osin työtä voidaan pitää onnistuneena.

Ilman tätä tehtävänantoa teriin liittyvät asiat olisivat voineet jäädä liian vähälle huomiolle. Varsinkin tuotannon alkuvaiheessa terien liian vähäinen määrä, niiden toimimattomuus tai terien käsittelyssä tapahtuvat virheet olisivat voineet hidastaa tuotantoa merkittävästi. Teräprojektin anisoista tuotannon alkaessa pystyttiin keskittymään muihin tuotannon toimivuuteen liittyviin asioihin, kuten tavoite oli. Tässä vaiheessa tilanne Rauman sahalla on terien osalta hyvä ja tästä on jatkaa asioiden kehittämistä vielä parempaan suuntaan.

LÄHTEET

Metsä Fibre 2022. <https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/metsafibre/sahatavaran-tuotanto/rauman-saha/>

Metsä Fibre 2022. [https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/uutiset-ja-julkaisut/uutiset-ja-tiedotteet/artikkelit-videot/2023-fi/tutustu-rauman-sahan-prosessiin-/](https://www.metsagroup.com/fi/metsafibre/uutiset-ja-julkaisut/uutiset-ja-tiedotteet/artikkelit-videot/2023-fi/tutustu-rauman-sahan-prosessiin/)

Metsä Fibre 2020. Rauman Saha Rekryinfot 2020

Veisto Oy. 2022. Sahalinjan käyttö- ja huolto-ohjeet 2022

Varis R. 2017. Sahateollisuus. Saarijärvi: Kustannuspalvelut Kirjakaari Oy.

Halttunen T. 2020. HEWSAW SL250 5.5 DX–NELISAHAUSLINJAN TOIMINTAPERIAATE

Veisto Oy. 2021. Koulutusmateriaali HewSaw SL250 55 dx MF Rauma

Mönttinen T. 2022. Koulutusmateriaali Metsä Fibre Oy Rauma SL250 5.5 dx terätekniikka

Pinja Oy. 5S viitoittaa tien Lean tuotantoon. Ladattavissa: <https://blog.pinja.com/opas-5s-viitoittaa-tien-lean-tuotantoon>.

Ries, E. 2011. LEAN STARTUP – kokeilukulttuurin käsikirja. Painettu Latviassa 2016: LavasDesign Oy

Strömmer P., Järvinen T & Väyrynen P. Erinomainen pikaopas. https://irp.cdn-website.com/fd58c006/files/uploaded/Erinomainen_pikaopas_LEAN.pdf

Kilponen, T. 2020. Poka-Yoke: virheen estävä. Oamk_kone with passion: vuodesta 1894, 2 (2), 52-54

Tuominen K. 2021. LEAN Kohti Täydellisyyttä. ChangeManager Pro

Tiainen J. 1996. JOT: Tie tulevaisuuteen ja menestykseen. 1996. Kuhmon kirjapaino.
Koljonen T. Puhelinkeskustelu Veisto Oy terien seurannan kehityksestä 5.2.2024

Virtanen, A. 2006. Konstruktiivinen tutkimusote. Miten koulutus ja elinkeinoelämän odotukset kohtaavat ammattikorkeakoulun opinnäytetöissä.

Chetouane F. 2015. An Overview on RFID Technology Instruction and Application. Ladattavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S240589631500350X>

Karjalainen R. 2020. Palaveri pelkkahakkureiden terapäiden vaihtojärjestelmään liittyen 8.10.2020

Larjama A. 2024 Palaveri teriin liittyen. 27.2.2024

Rother M. 2011. TOYOTA KATA. Bookwell Oy, Porvoo

Toyota Forklifts. <https://toyota-forklifts.fi/automaattitrukit/automaattiset-kuljetusvaunut/>

LIITE 1

Rauma						
Kohde	koneen tyyppi	terän kuvaus	Käytössä kerralla kpl	Kierrossa kpl	Terävaihtoja/vko	Uusia aloitukseen
Pelkkahakkurit	HewSaw					3
						kpl
	4-spiraalin teräpä	Otsaterä 650 mm Z 60+4 vasen	2	6	3	18
		Otsaterä 650 mm Z 60+4 oikea	2	6	3	18
	6-spiraalin teräpä	Otsaterä 650-700 mm vasen	2	8	4	24
	(nopeudet 200-250 m	Otsaterä 650-700 mm Oikea	2	8	4	24
		HAKETUSTERÄPALA 10x39-90	24	120	5	360
		HAKETUSKIRVES vasen	32	96	3	288
		HAKETUSKIRVES oikea	32	96	3	288
Pelkkasaha	HewSaw					
		DX-esisahaus pyöröterä 502 mm Z30	1	20	15	61
		DX-esisahaus pyöröterä 502 mm Z48	2	29	15	88
		DX-esisahaus pyöröterä 502 mm Z60	5	70	15	211
		Pyöröterä 602 mm Z36	1	20	15	61
		Pyöröterä 602 mm Z54	2	29	15	88
		Pyöröterä 602 mm Z72	5	70	15	211
Jakosahat	HewSaw					
		DX-esisahaus pyöröterä 500 mm Z30	2	31	15	92
		DX-esisahaus pyöröterä 500 mm Z48	3	40	15	119
		DX-esisahaus pyöröterä 500 mm Z60	7	110	15	329
		Pyöröterä 502 mm Z30	2	31	15	92
		Pyöröterä 502 mm Z48	3	40	15	119
		Pyöröterä 502 mm Z60	7	110	15	329
Särmäkursot	HewSaw					
		Otsaterä 316 mm Z 27 oikea	8	24	3	72
		Otsaterä 316 mm Z 27 vasen	8	24	3	72
		KURSOPALA vasen	56	112	2	336
		KURSOPALA oikea	56	112	2	336

Aikaväli Edellinen 1 Vuosi		
Syy	Aika (hours)	
Suunniteltu ennakkohoolto / Sahalinja Veisto / Sahalinja Veisto, Yleinen	1286	27 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Tuorelajittelu, lankku, yleinen	328	7 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Tuorelajittelu, lankku, yleinen	226	5 %
Tuotannon häiriöt / Erän, asetteen, lajinvaihto	214	4 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahaus yleinen	205	4 %
Laadunvalvonta	193	4 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Tuorelajittelu, lauta, yleinen	192	4 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6	148	3 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	128	3 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Tuorelajittelu, lauta, yleinen	100	2 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle, yleinen	91	2 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	90	2 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Sahalinja Veisto, Yleinen	90	2 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Terävaihto, yleinen	90	2 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6	88	2 %
Ei työaikaa	81	2 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahaus yleinen	78	2 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6 dx	75	2 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle, yleinen	74	2 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 2	57	1 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Sahalinja Veisto, Yleinen	55,0	1 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / EK3 Laudanerotus, yleinen	55	1 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6 dx	43	1 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 2	39	1 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Hakeasema / Hakeasema yleinen	33	1 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Jakosaha H6 / Pyöröterät	33	1 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Rimoitus, lankku, yleinen	31	1 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 1	30	1 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 1	30	1 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 1	26	1 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	25	1 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 1	23	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK2 Laudanerotus / EK2 Laudanerotus, yleinen	22	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 1	21	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6	20	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Hydraulikka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 1	20	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 2	19	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 3	18	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Rimoitus, lankku, yleinen	18	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 3	17	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / EK3 Laudanerotus, yleinen	17	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 1	14	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle, yleinen	14	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 2	12	0 %
SMES	12	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 2	12	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Rimoitus, lauta, yleinen	11	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6	11	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 2	11	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 3	11	0 %
SCADA	11	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 1	10	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Jakosaha H6 / Jakosaha H6, yleinen	9	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Sahalinja Veisto, yleinen	9	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Mittauskuljetin	9	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sivutuotekäsittely / Purukuljettimet / Jakohihnakuuljetin purulle	9	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkasaha H4 dx / Pelkkasaha H4 dx, yleinen	8	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / EK3 Laudanerotus, yleinen	7	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / EK2 Laudanerotus / EK2 Laudanerotus, yleinen	7	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 1	6	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Sahalinja Veisto, Yleinen	6	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkasaha H4 dx / Kurso 2, haketusterät/pyöröterät	6	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Tukkikuljetin 5	5	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / EK3 Laudanerotus, yleinen	5	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Tukkimittari Prologic+	5	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 2	5	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle, yleinen	5	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Tukinpyörin R2	4	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 1	4	0 %
Tuotannon häiriöt / Urakointi	4	0 %
Suunniteltu ennakkohoolto / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle, yleinen	4	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Hydraulikka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 3	4	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Tukinpyörin R2	4	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Tukkimittari 2 RTG ja 3D	4	0 %
Suunniteltu ennakkohoolto / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6	4	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Mittauskuljetin	4	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 1	4	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Hydraulikka / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 2	3	0 %
Sosiaalinen tauko	3	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkasaha H4 dx / Pyöröterät 2	3	0 %

LIITE 3/2

Suunniteltu ennakkohuolto / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6 dx	3	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Pneumatiikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / EK3 Laudanerotus, yleinen	3	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R1	3	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Hydrauliiikka ja voitelukoneikot / Hydraulikoneikko HPU 1 6000 I	3	0 %
Suunniteltu ennakkohuolto / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	3	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Mittauskuljetin	3	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Sivusiirtokuljetin	3	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Ennakkohuolto / Sahalinja Veisto / Sahalinja Veisto, Yleinen	3	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Mittauskuljetin pukkain 1	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 1	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin PK	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Sivuvetotelasto	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R1	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Ennakkohuolto / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Siivous / Siivous, yleinen	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin PK	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 2	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Jakosaha H6 / Kurso 2, haketusterät/pyöröterät	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Sydäntavarakuljetin	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Hihnakuuljetin 1	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 1	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sivutuotekäsittely / Hakekuljettimet / Hakekuljetin sahalta	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Siivous / Pelkkasaha H4 dx	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sivutuotekäsittely / Hakekuljettimet / Hakekuljetin varastolle	2	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sivutuotekäsittely / Hakeasema / Hakeasema yleinen	2	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 2	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Jakosaha H6 dx / Jakosaha H6 dx, yleinen	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkahakkuri 2 / Pelkkahakkuri 2, yleinen	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 3	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Sivusiirtokuljetin	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkahakkuri 2 / Pyöröterät	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Hakekuljettimet / Hakekuljetin sahalta	1	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R1	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Puupula	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sivutuotekäsittely / Hakekuljettimet / Hakekuljetin sahalta	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Siivous / Jakosaha H6 dx	1	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	1	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sivutuotekäsittely / Hakeasema / Hakeasema yleinen	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Hakeasema / Rumpuhakku	1	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Hihnakuuljetin	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Tasauspätkäkuljettimet / Pätkäkuljetin sahalta	1	0 %
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 3	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 3	1	0 %
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sivutuotekäsittely / Tasauspätkäkuljettimet / Pätkäkuljetin sahalta	1	0 %

Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 1	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Sivusiirtokuljetin	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Jakosaha H6 dx	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 1	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Sivuvetotelasto	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Kiihdytyskuljetin 4	1	0%
Tuotannon häiriöt / Terät / Jakosaha H6 dx / Pyöröterät	1	0%
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkahakkuri 1 / Pyöröterät	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Tukkimittari 2 RTG ja 3D	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Tukkimittari Prologic+	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Rimoitus, lauta, yleinen	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Tukkimittari Prologic+	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 2	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / Pelkanmittauskuljetin	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin PK	1	0%
Tuotannon häiriöt / Siivous / Pelkkahakkuri 2	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Purukuljettimet / Jakohihnakuuljetin purulle	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sivutuotekäsittely / Hakeasema / Rumpuhakku	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R1	1	0%
Suunniteltu ennakkohoolto / Sahalinja Veisto / Pelkkahakkuri 2	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Hydrauliiikka ja voitelukoneikot / Hydraulikoneikko HPU 1 6000 I	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 2	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Hydrauliiikka / Sahalinja Veisto / Pelkkasaha H4 dx	1	0%
Tuotannon häiriöt / Jäätyminen	1	0%
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkahakkuri 1 / Pelkkahakkuri 1, yleinen	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Hakekuljettimet / Hakekuljetin varastolle	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Sivusiirtokuljetin	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 2	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Hydrauliiikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Mittauskuljetin	1	0%
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Mittauskuljetin	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Hakeasema / Metallinilmaisin	1	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sivutuotekäsittely / Hakekuljettimet / Paksususeula, (Karkea seula)	1	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Sydäntavarakuuljetin	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkahakkuri 1 / Haketusterät	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Terät / Pelkkasaha H4 dx / Pyöröterät 1	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / Ek3 Hihnakuuljetin	0,5	0%
Kunnossapidon häiriöt / Hydrauliiikka / Sahalinja Veisto / Pelkankaadin 1	0,5	0%
Kunnossapidon häiriöt / Hydrauliiikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Tukkinostin 3	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 2	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R2	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Ruuhka / Sahalinja Veisto / EK2 Laudanerotus / Ek2 Sivuvetotelastot	0,5	0%
Kunnossapidon häiriöt / Hydrauliiikka / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle / Sahansyötöt 1 ja 2 sahalinjalle, yleinen	0,5	0%
Suunniteltu ennakkohoolto / Sahalinja Veisto / Pelkankuljetin 2	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Pelkanmittauskuljetin	0,5	0%
Suunniteltu ennakkohoolto / Sahalinja Veisto / EK3 Laudanerotus / EK3 Laudanerotus, yleinen	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R3	0,5	0%
Kunnossapidon häiriöt / Sähkö/Automatiikka / Sahalinja Veisto / Tukinpyöritin R3	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Sivutuotekäsittely / Purukuljettimet / Kolakuuljetin purulle	0,5	0%
Kunnossapidon häiriöt / Mekaniikka / Hydrauliiikka ja voitelukoneikot / Vesisumu 2	0,5	0%
Kunnossapidon häiriöt / Hydrauliiikka / Sahalinja Veisto / Syöttökuljetin 2	0,5	0%
Tuotannon häiriöt / Muu tapahtuma / Hydrauliiikka ja voitelukoneikot / Öljyvoitelu	0,5	0%