

Ville Kärnä

CLT-LEVYN KÄSITTELYAJAN TEHOSTAMINEN

CLT-LEVYN KÄSITTELYAJAN TEHOSTAMINEN

Ville Kärnä
Opinnäytetyö
Kevät 2015
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Kone- ja tuotantotekniikka, koneautomaatio

Tekijä: Ville Kärnä
Opinnäytetyön nimi: CLT-levyn käsittelyajan tehostaminen
Työn ohjaaja: Timo Väyrynen
Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2015 Sivumäärä: 46 + 2 liitettä

Työ tehtiin Oy CrossLam Kuhmo Ltd:n tehtaassa CLT-levyn työstö- ja jälkikäsittelylinjalle. CLT-levyn käsittelylle etsittiin nykyistä tehokkaampia ratkaisuja. Levyjen siirtely siltanosturilla ja siihen liitetyillä nostoapuvälineillä on työlästä, aikaa vievää ja riskialtista. Nykyinen siirtelytapa on pullonkaulana tuotannossa. Työssä tarkasteltiin käytössä olevia laitteita ja etsittiin niille vaihtoehtoisia ratkaisuja sekä aikataulutettiin levyn käsittelyyn kulunutta aikaa. Tavoitteena oli selvittää mahdollisimman tehokas ratkaisu levyjen siirtelyyn ja selvittää sille vaihtoehtoisia laitteita ja toimintatapoja.

Tietoa yrityksen tuotannosta ja työmenetelmistä kerättiin haastattelemalla yrityksen tuotantohenkilöstöä ja seuraamalla tuotantoprosessia. Näiden pohjalta selvitettiin vaihtoehtoisia ratkaisuja tuotannon tehostamiseksi. Ratkaisut järjestettiin tilaavan yrityksen kanssa paremmuusjärjestykseen ja kaksi parasta valittiin yksityiskohtaisempaan layoutsuunnitteluun. Yksityiskohtaisessa suunnittelussa käytettiin tuotantolinjalayoutia ja mallit piirrettiin AutoCAD ohjelmistolla, johon yritys antoi nykyisen layoutratkaisun muokattavaksi. Työtä tehdessä arvioitiin, kuinka muutokset tulevat vaikuttamaan levytuotantoon.

Tuloksena saatiin kaksi uutta ja erilaista tuotantolinjalayoutia, joissa levyn nostaminen on minimoitu. Uusissa layouteissa levyt kulkevat pääosin rullakuljettimia pitkin selvässä järjestyksessä. Seurauksena tuotantolinjaa pystytään paremmin hallitsemaan kokonaisuutena ja nostamaan sen kapasiteettia. Tuotantolinjan kuormitusaste nousee ja pullonkaula tuotannosta saadaan poistettua. Rullakuljetinjärjestelmien myötä levyjen nostamistarve vähenee ja työturvallisuus sitä mukaa paranee.

Asiasanat: CLT, puuteollisuus, layoutsuunnittelu

ALKULAUSE

Haluan kiittää toimeksiantajayrityksen tuotantoinsinööriä Timo Toivasta ja operatiivista johtajaa Jyrki Moilasta, jotka mahdollistivat tämän opinnäytetyön. Kiitän myös ohjaavaa opettajaa lehtori Timo Väyrystä opinnäytetyöni tekemisessä sekä tuotannon työntekijöitä, jotka antoivat vastauksia esittämiini opinnäytetyön ratkaisuehdotuksiin.

Kiitos myös veljelleni Kalle Kärnäälle, joka neuvoi tätä työtä tehdessä.

24.5.2015 Oulussa

Ville Kärnä

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 OY CROSSLAM KUHMO LTD	9
3 TUOTANTOPROSESSIN SUUNNITTELU	12
3.1 Layoutsuunnittelu ja layouttyypit	12
3.1.1 Tuotantolinjalayout	12
3.1.2 Funktionaalinen layout	13
3.1.3 Solulayout	14
3.2 Layoutsuunnittelu	14
3.2.1 Tavoitteet	14
3.2.2 Suunnitteluprosessin vaiheet	15
4 SUUNNITTELU TYÖN LÄHTÖKOHDAT	17
4.1 CLT-levyaihion siirtely	18
4.2 Nykyisen menetelmän ongelmakohdat	19
4.3 Siirtelyyn kuluva aika	21
5 ALUSTAVAT RATKAISUMALLIT	23
5.1 CNC-koneen siirtäminen	23
5.2 Kääntävä kuljetin	26
5.3 Alipainetarrain ja toinen siltanosturi	27
5.4 Pikakiinnikkeet	28
6 RULLAKULJETIN RATKAISUT	30
6.1 Clt-levyjen käsittelyn nopeuttaminen CNC-koneen siirrolla	30
6.1.1 Rakennuslaajennos	31
6.1.2 Lajitteleva kuljetin	31
6.1.3 CNC-koneen kuljettimet	32
6.1.4 Perhospöytä	32
6.1.5 Korkeamman noston mahdollistava puomi	33
6.2 Clt-levyjen käsittelyn nopeuttaminen kääntävällä kuljettimella	34

6.2.1 Kääntävä ja nostava kuljetin	35
6.2.2 CNC-koneen kuljettimet	36
6.2.3 Perhospöydän puolikas seinäkiskoilla	37
7 TUOTANTOLINJALAYOUTIEN ARVIOINTI	39
7.1 CNC-koneen siirtäminen	39
7.2 Kääntävä ja nostava kuljetin	41
8 YHTEENVETO	43
LÄHTEET	46
LIITTEET	
Liite 1 Lähtötietomuistio	
Liite 2 CrossLamin tuoterakenne	

SANASTO

CLT	Cross Laminated Timber, ristiinlaminoitu massiivipuu-levy
CNC-kone	numeerisesti ohjattu työstökeskus
Perhospöytä	elementinkääntöpöytä

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön aiheena on etsiä mahdollisimman tehokas ratkaisu ristikkäin liimatun puulevyn (CLT) siirtelyyn tehostamaan tuotantoa Oy CrossLam Kuhmo Ltd:n massiivipuulevytehtaalla. Työssä etsitään vaihtoehtoisia ratkaisuja ja valitaan niistä parhaat tarkempaan layoutsuunnitteluun. Opinnäytetyön aihe löytyi yhteistyössä Oy CrossLam Kuhmo Ltd tuotantoinsinöörin Timo Toivasen ja tehtaan operatiivisen johtajan Jyrki Moilasen kanssa. (Liite 1.)

Levyä siirretään puristimelta saapuvan kuljettimen päästä CNC-työstökoneelle. Työstökoneelta levy siirretään joko levyn jälkikäsitteilyalueelle tai lastataan suoraan kuljetusauton lavalle. Siirtelyyn käytetään siltanosturiin liitettyä nostopuomia ja siihen liitettyjä nostoapuvälineitä. Ongelmana ovat nykyisen käytännön monimutkaisuus, hitaus ja riskialttius. Nykyinen menetelmä on pullonkaulana tuotannossa ja rajoittaa myös tuotannon lisäämistä.

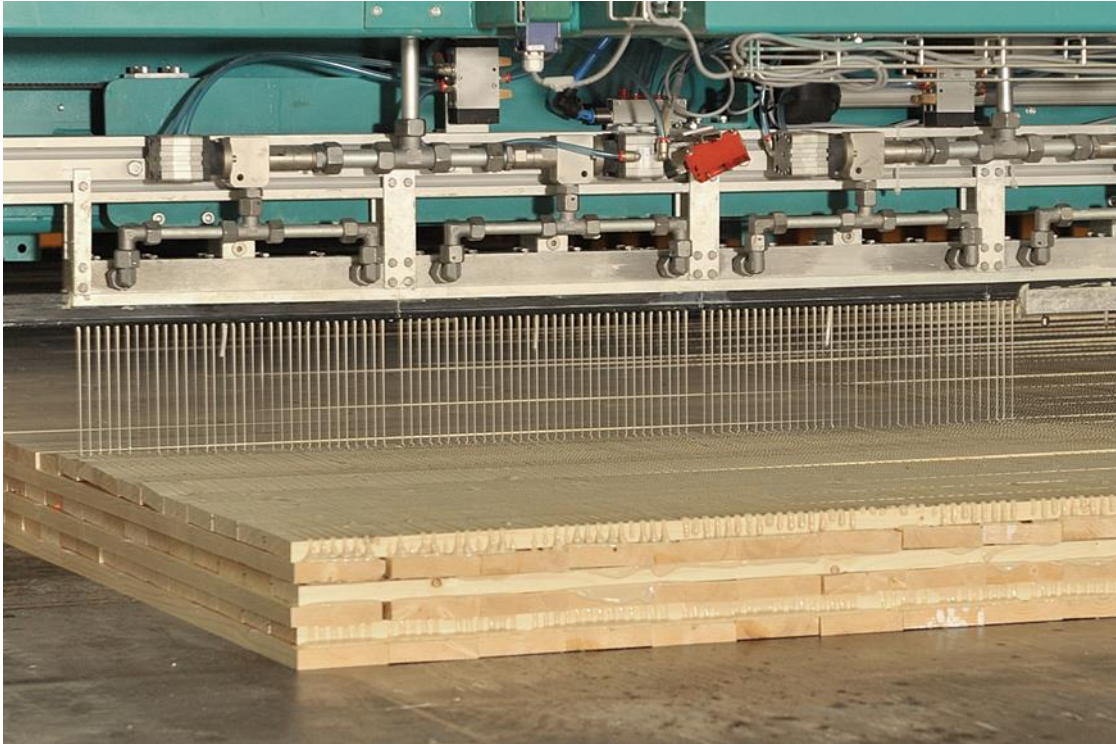
Opinnäytetyön tavoitteena on antaa tehokas ratkaisu CLT-levyn siirtelyyn ja mahdollisuudet myös tuotannon lisäämiselle. Työhön kuuluvat vain layoutsuunnittelu, vaihtoehtoisten, työtä nopeuttavien laitteiden selvittäminen ja karkeat arviot investointien suuruudesta. Tarkemmat layoutratkaisut on piirretty AutoCAD-ohjelmistolla. Työssä ei lasketa suunniteltujen laitteiden lujuuslaskelmia eikä simuloida uusia layoutratkaisuja.

2 OY CROSSLAM KUHMO LTD

Kuhmolainen CLT-levyvalmistaja OY CrossLam Kuhmo Ltd valmistaa 3-, 5- ja 7-kerroksisia massiivipuulementtejä (liite 2). CrossLam Kuhmo on ensimmäinen Suomessa CLT-levyä valmistava yritys. Materiaalina käytetään kainuulaista sahatavaraa. Suurin CLT-elementti, mitä yritys pystyy valmistamaan, on 12 metriä pitkä, 3,25 metriä leveä ja 30 senttimetriä paksu. Yritys aloitti toimintansa kesällä 2014 ja työllistää tällä hetkellä yhteensä 12 henkilöä, kahdeksan tuotannossa ja neljä johtoportaan. (1.)

Idea CLT-levylle eli ristikkäin liimatulle massiivipuulementille on syntynyt 1990-luvulla Itävallassa ja Saksassa. Sahojen puujätteelle etsittiin hyötykäyttöä teollisuuden ja Itävallan korkeakoulujen yhteistyöllä. Tuloksena syntyi nykypäivänä ympäri Eurooppaa valmistettava CLT-elementti. (2, s. 1.)

Rakenne koostuu useista, vähintään kolmesta ristikkäin ladotuista ja liimatuista kerroksista. Jokaisen ladontakerroksen jälkeen ne liimoitetaan kuvan 1 mukaisesti, minkä jälkeen ne puristetaan kerralla yhtenäiseksi CLT-levyksi. Kuvassa 2 CrossLamin puristinyksikkö on levittänyt liiman ja uusi ladonta on käynnissä. Liimattu ja ristikkäin ladottu paketti puristetaan kasaan joka kantilta kuvan 3 mukaisesti. Puristimesta saapuva CLT-levy leikataan asiakkaan tai rakennuskohteen mukaisiin mittoihinsa. (3.)



KUVA 1. Liimakerroksen levittäminen ennen uuden lautakerroksen asettamista (1)



KUVA 2. Uusi ladontakerros valmiina asennettavaksi (1)



KUVA 3. Puristinyksikkö puristaa lautakerrokset CLT-levyksi (1)

Kerroksien ainevahvuus määrittää elementin lujuuden. Elementti kestää hyvin paloa, sillä sen hiiltymisnopeus 0,65 mm/min. Rakenteeltaan elementti on luja ja jäykkä. Ominaisuuksiin nähden CLT-elementti on kevyt ja sitä voidaan käyttää monipuolisesti niin kantavana, kuin jäykistävänäkin rakenteena. Pääasiallinen käyttötarkoitus on rakennusten seinä-, lattia- ja kattorakenteet. (4.)

Rakennusmateriaalina CLT-elementti haastaa laajasti käytetyn betonielementin, sillä se on kevyempää (5 kN/m²) ja eristää paremmin lämpöä. CLT:n lämmönjohtavuus on 0,11 W/(mK) (4), betonilla 1,8 W/(mK) (5, s. 182).

Puurakentaminen on myös betonirakentamista paljon ympäristöystävällisempää. Esimerkiksi Lontoossa rakennetun 9-kerroksisen asuinkerrostalon runkomateriaaliksi oli valittu CLT. Runkoon on varastoitunut 188 tonnia hiilidioksidia sen elinkaaren ajaksi. Hiili varastoituu puuhun, pitkäikäisissä puutuotteissa se pysyy jopa vuosisatoja. Luonnollisen kiertokulun mukaan hiili vapautuu takaisin luontoon, kun tuote on tullut elinkaarensa päähän esimerkiksi palaessaan tai lahotessaan. Vertailulaskelmissa on tullut ilmi, että jos vastaava kerrostalo olisi rakentanut betonista, olisi jo siinä syntynyt 124 tonnin hiilidioksidipäästöt. (6.)

3 TUOTANTOPROSESSIN SUUNNITTELU

Tuotannon tavoitteiden toteutumisen pohjana on onnistunut valmistusprosessi ja osaava työhenkilöstö. Valmistusprosessia suunniteltaessa tuotannolle asetetut tavoitteet syntyvät työskentelytavoista, laitteista ja koneista sekä valmistusmenetelmistä. Suunnittelussa tehdyt valinnat vaikuttavat suoraan kustannustehokkuuteen, joustavuuteen, laatuun ja aikakilpailukykyyn. (7, s. 475.)

Tässä työssä on etsitty useita ratkaisuvaihtoehtoja poistamaan ja vähentämään tuotannon pullonkaulaa. Suunnittelutyö on tehty layoutsuunnittelua käyttämällä.

3.1 Layoutsuunnittelu ja layouttyypit

Layoutilla tarkoitetaan tehtaan tuotantojärjestelmän komponenttien, kuten koneiden, laitteiden ja välivarastojen sijoittelua optimaalisiin paikkoihin. Tuotantojärjestelmän suunnittelussa layout on vääjäämättä kompromissi, sillä järjestelmän kaikkien tekijöiden optimaalinen ratkaisu on yleensä vaikea saavuttaa. (7, s. 475.)

Layouttyypit jaetaan useasti kolmeen eri päätyyppiin työnkulun ja tuotantolaitteiden sijoittelun mukaan. Nämä ovat tuotantolinja-, funktionaalinen- ja solulayout. (7, s. 475.)

3.1.1 Tuotantolinjalayout

Tuotantolinjassa valmistettavaan tuotteeseen käytetyt koneet ja laitteet ovat prosessin työnkulun vaatimassa järjestyksessä. Jokaiselle tuotteelle on tietynlainen tuotantolinja ja tuotteen valmistus on pitkälle automatisoitua sekä tehokasta. Työjärjestys on tuotteelle selkeä ja niiden välillä kappaleen siirtely on nopeaa. (7, s. 475.)

Tuotantolinjalayoutin valitseminen suunnittelun pohjaksi edellyttää korkeaa kuormitusastetta ja suurta volyymia. Yksittäisen tuotteen hinta on alhainen suurten valmistusmäärien vuoksi, vaikka tuottavan tuotantolinjaston investointikus-

tannukset ovat suuria. Tuotantolinja on häiriöherkkä, sillä katkos linjalla voi vaikuttaa koko loppuprosessiin. Tuotantolinjaa ohjataan kokonaisuutena, jolloin sitä on helpompi kontrolloida. (7, s. 475.)

Tuotteen laadunvalvonta on tuotantolinjalla tärkeää, sillä mahdollinen häiriö voi aiheuttaa suuret kustannukset ja automaattinen linja voi tuottaa suuret määrät virheellisiä tuotteita. Tuotantolinjat ovat useasti pitkiä ja koostuvat useista laitteista ja koneista. Tuotteen läpimenoaika tuotantolinjalla koostuu kappaleen käsittelyajoista eri koneilla, joten kapasiteetin lisääminen on linjan rakentamisen jälkeen vaikeaa. (7, s. 476.)

Tässä työssä on käytetty tuotantolinjalayoutia, sillä käsiteltävät levyt käyvät saman prosessin läpi koostaan riippumatta. Tuotannon nopeus riippuu siitä, kuinka häiriöttömästi levyjä pystytään käsittelemään.

3.1.2 Funktionaalinen layout

Funktionaalisisessa layoutissa samankaltaiset työt on ryhmitelty lähekkäin. Esimerkiksi höyläys on höyläämössä ja maalaus maalaamossa.

Funktionaalisisessa layoutissa tuotetyypeissä on paljon vaihtelua, joten tuotantomäärissä voi esiintyä suuriakin eroja. Tuotteita pystytään valmistamaan joustavasti sarjoina kuin yksittäisinä kappaleinakin, sillä yleisesti koneet ovat monipuolisia yleiskoneita. Toisin kuin tuotantolinjalayoutissa kappaleen käsittelypaikat eivät ole yhtä selkeässä järjestyksessä. Seurauksensa laadunhallinta ja töiden ohjaus on hankalaa. Työvaiheet vaihtelevat, jolloin vaihtelevat myös työpis- teiden etäisyydet ja materiaalien käsittely- ja kuljetuskustannukset. Koneiden työjonot vaihtelevat ja kasvattavat keskeneräisten tuotteiden määrää sekä pidentävät niiden läpimenoaika. (7, s. 476.)

Tuotantolinjaan verrattuna funktionaalisen layoutin toteutus on halvempi ja helpompi, mutta myöhempi tuottavuus ei pääse kilpailemaan samalle tasolle.

Funktionaalisisessa layoutissa kapasiteettia pystyy joustavammin lisäämään ja erilaisten tuotteiden valmistaminen on pieninä sarjoina nopeampaa kuin tuotantolinjassa. (7, s. 476.)

3.1.3 Solulayout

Solulayout on itsenäinen ryhmä, joka koostuu eri koneista ja työpaikoista. Se on erikoistunut tiettyjen tuotteiden tai osien valmistamiseen määrättyillä työvaiheilla. Solulayoutin voi sanoa olevan välimuoto tuotantolinjalayoutin ja funktionaalisenlayoutin väliltä. Läpimenoajat ovat funktionaalista nopeammat, tuotteiden reitit ovat selkeät eikä välivarastoja käytetä. Solu kykenee joustavasti valmistamaan tuotteita, mihin se on erikoistunut. (7, s. 477.)

Funktionaalisenlayoutin tapaan tuotantomäärissä ja tuotteiden eräkoissa voi olla suuretkin vaihtelut. Niitä voidaan joustavasti valmistaa suurina sarjoina tai yksittäiskappaleina. (7, s. 478.)

Laadunvalvonnan kannalta virheiden löytäminen ja korjaaminen on helppoa, sillä valmistusvaiheet ovat peräkkäin ja sijaitsevat samalla alueella. Tuotantolinjaan verrattuna kuormitusasteet ovat keskimäärin alhaisemmat ja tuottavuus on pienempi, mutta tuotteiden väliset asetusajat ovat nopeammat. (7, s. 478.)

Soluvalmistuksen perustana on työntekijän työssäjaksaminen, koska hyvä työmotivaatio nostaa tuottoa. Työntekijät saavat solussa itsenäisesti päättää tehtävien suunnittelusta ja tekemisistä ja voivat itse päättää työnjaosta ja tehtävien kierrättämisistä. Tämä tukee myös moniosaamista. (7, s. 478.)

3.2 Layoutsuunnittelu

3.2.1 Tavoitteet

Layoutsuunnittelun päällimmäisenä tavoitteena on tehokas virtausnopeus tuotettavalle materiaalille. Turha liikuttelu ja tilan käyttö pyritään poistamaan tuotantojärjestelmän osatoimintoja suunniteltaessa. Materiaalivirroille pyritään suunnittelemaan selkeät linjat helpottamaan tuotannonohjausta ja kehitystä. Materiaalien siirtoetäisyyksien minimoimiseksi työpisteet tulee sijoittaa mahdollisimman lähelle toisiaan. (7, s. 482.)

Suunnitteluvaiheessa huomioon on otettava mahdolliset muutostarpeet ja laajentaminen. Layoutia on joustavasti pystyttävä muokkaamaan myös mahdollisesti muuttuvien tuotantomäärien ja tuotetyyppien mukaan. Erityisesti vaikeasti

siirrettävien laitteiden ja koneiden sijoittelussa muutostarpeet on otettava huomioon. Vaikeasti siirrettävät laitteet ja kiinteät kohteet, esimerkiksi varastot, maalaus- ja tuotantolinjat ja raskaat koneet on sijoitettava niin, etteivät ne haittaa mahdollista myöhempää layoutin kehittämistä. (7, s. 482.)

Onnistuneen layoutsuunnittelun ominaisuuksiin kuuluvat (7, s. 482)

- selkeästi suunnitellut materiaalivirrat
- helposti ja joustavasti muokattava layout
- minimoidut kuljetusmatkat ja siirtotarpeet
- vaativat ja erityisosaamista tarvitsevien valmistuksien keskittäminen lähelle toisiaan
- sisäisten palvelujen sijoittelu lähelle käyttöpaikkaa
- erityistarpeiden huomiointi eri valmistusvaiheissa
- tehokkaasti käytetyt tilat
- turvallinen työympäristö ja työtyytyväisyys.

3.2.2 Suunnitteluprosessin vaiheet

Onnistuneessa suunnitteluprosessissa kehitettävä kohde käsitellään kokonaisuutena. Suunnittelutyö tehdään vain kerran, mutta samalla täytyy ottaa huomioon mahdolliset kehitykset itse tuotteessa ja näin myös laajennukset linjastoissa. (8.)

Yleisesti suunnitteluprosessi etenee seuraavasti (8):

1. Ongelman määrittäminen

- Uutta linjastoa suunniteltaessa on olennaista huomioida, että haluttu tuotantomäärä tulee toteutumaan. Tuotannon volyyymi ja toimitusketjun määrittäminen tulee myös huomioida.
- Ensisijaiset- ja tukitoiminnot pitää määrittää toteutuksen tavoitteisiin. Näiden välinen suhde vaikuttaa tuotannon keskeytyksiin ja viiveisiin. Esimerkkinä tuotannon toiminnolle on huolto tukitoimintona.

2. Ongelman analysointi

- Toimintojen väliset riippuvuussuhteet, niin määrälliseltä kuin laadulliselta näkökannalta täytyy määrittää tuotannon jatkuvuuden saavuttamiseksi ja pullonkaulojen välttämiseksi.
3. Tilantarpeen määrittäminen laitteille, ihmisille ja materiaaleille
 - Luodaan vaihtoehtoisia ratkaisuja toiminnoille. Haetaan eri layout vaihtoehtoja, vaihtoehtoisia rakenteellisia muutoksia ja kappaleenkäsittely malleja.
 4. Vaihtoehtojen arviointi
 - Arvioidaan luotuja ratkaisuvaihtoehtoja ja laitetaan ne määritettyjen kriteerien perusteella paremmuusjärjestykseen.
 5. Valitaan paras mahdollinen vaihtoehto
 - Kriteerien perusteella vaihtoehtoista valitaan paras ratkaisu vallitsevaan ongelmaan. Useasti, kustannus ei ole ollut vaikuttavana tekijänä valinnan suorittamisessa.
 6. Suunnittelun toteutus
 - Paras vaihtoehto toteutetaan käytännössä. Suunnittelua on huomattava määrä, ennen kuin todellista rakentamista aletaan suorittaa.

4 SUUNNITTELUTYÖN LÄHTÖKOHDAT

Työnä oli löytää nykyistä parempia, nopeampia ja turvallisempia ratkaisumalleja levyjen siirtelyyn. Nykyinen siirtelytapa on pullonkaula tuotantomäärille. CLT-levyn raaka-aihion käsittelyn vaiheet ovat hajallaan toisistaan, nykyistä ratkaisua voi siis verrata funktionaaliseen layoutiin. Funktionaalisessa layoutissa tuotannon eri työpisteet on ryhmitelty työpisteisiin ja materiaalien matkat työpisteiden välillä ovat tuotantolinjalayoutia suuremmat.

Tässä työssä on käytetty tuotantolinjalayoutia. Tavoitteena on minimoida siirtelyyn kuluva aikaa ja matkaa sekä selkeyttää materiaalivirrat tuotantolinjan mukaiseksi, jolloin osa toiminnoista voidaan myös automatisoida. Nykyinen ratkaisu on ollut pullonkaulana tuotannossa. Ratkaisujen tavoitteena on poistaa tuotantolinjalayoutin tapaan nykyiset logistiset ongelmat ja nopeuttaa tuotantoa sekä kohottaa volyyymia.

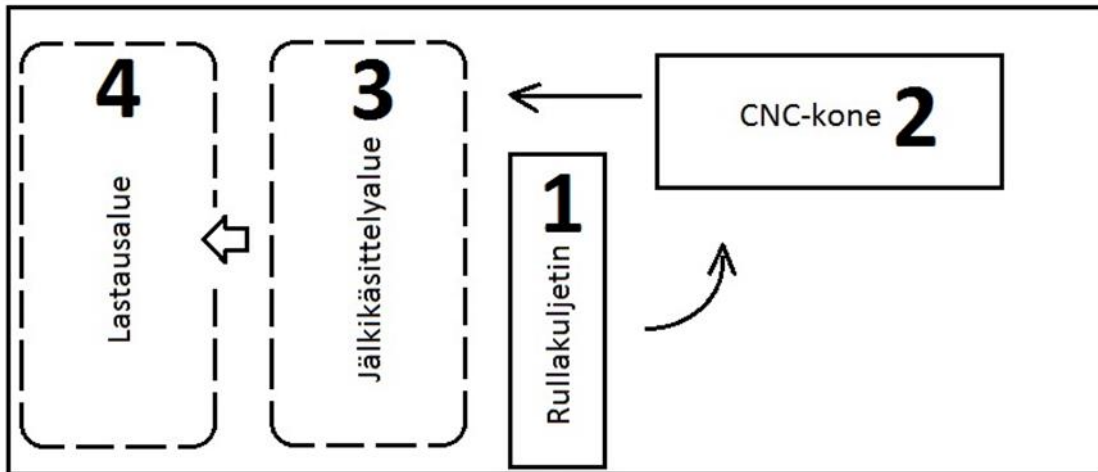
Vaikka työstettävät CLT-levykoot vaihtelevat paljon, on työnkulku kuitenkin kaikilla levyillä sama ja tuote vakio. Työssä halutaan kasvattaa tuotannon loppupään kuormitusastetta ja ohjata sitä yhtenäisenä tuotantolinjana. Siksi suunnittelussa käytettiin tuotantolinjalayoutia. Funktionaalinen layout ei sovellu työhön, koska tuotteiden työjonot voivat olla pitkiä ja keskeneräisten tuotteiden määrä korkea. Työpisteiden etäisyydet kasvattavat myös tuotteen läpimenoaikaa. Myöskään solulayout ei täysin sovellu työhön, koska se on suunniteltu valmistamaan erilaisia tuotteita pieninä sarjoina tai yksittäiskappaleina. Kuormitusasteissa eri työpisteillä on tuotantolinjaa enemmän vaihtelua eikä tuotteen virtausnopeus ole siksi yhtä sujuvaa.

Työ etenee pääosin teoriassa mainitun suunnitteluprosessin vaiheiden mukaan. Ennen työn aloitusta määritettiin tilaavan yrityksen kanssa tuotannossa esiintyviä ongelmia. Seurattiin työtapoja ja välineitä, kuinka CLT-levyä siirrellään. Näiden pohjalta tuotannon pullonkaula alkoi selvitä ja ongelmien analysoinnin kautta päästiin miettimään vaihtoehtoisia parantavia ratkaisuja tuotannon ongelmille. Saatiin neljä erilaista vaihtoehtoista ratkaisumallia, jotka tilaavan yrityksen

kanssa käytiin läpi ja arvioitiin ne paremmuusjärjestykseen. Näistä kaksi valittiin yksityiskohtaisempaan layoutsuunnitteluun.

4.1 CLT-levyaihion siirtely

Nykyisessä ratkaisussa raaka-aiho CLT-levystä tulee puristimesta rullakuljetinjonon päähän, kuvassa 4 paikkaan 1. Tästä levy nostetaan siltanosturilla ja nostoapuvälineitä käyttäen CNC-koneelle levyn tulosuunnasta katsoen oikealle puolelle, kuvassa paikkaan 2. CNC-kone on 90 asteen kulmassa rullakuljettimen nähden. Työstön jälkeen levy nostetaan CNC-koneelta rullakuljettimen yli mahdolliseen jälkikäsitteilyyn tai pakkaukseen, kuvassa 4 alueelle 3. Käsitelty levy nostetaan myöhemmin kuljetusautonlavalle, kuvassa 4 alueella 4



KUVA 4. Nykyinen layoutratkaisu

CLT-levyjä siirrellään siltanosturiin liitetystä nostopuomilla. Nostopuomiin on liitetty joko nostoliinat tai ruuvi kiinnikkeet. Kuvassa 5 on liinoilla nostoon liittyvät valmistelut suoritettu. Liinoilla nosto tapahtuu pujottamalla kaksi liinaa levyn ympäri. Liinujen päät kiinnitetään nostopuomin nostosilmukoihin liitettyihin koukkuihin. Tämän jälkeen levy nostetaan siltanosturilla ilmaan. Ruuveilla nosto tehdään niille suunnitelluilla kiinnikkeillä, jotka kiinnitetään ruuvin kantaan. Cross-Lamilla ruuveilla nostot ovat suoritettu vain kyljistä, etteivät julkisivujen pinnat vaurioidu poraamalla niihin ruuveja. Ruuveja ei poisteta enää lastauksen jälkeen, sillä asiakas pysyy hyödyntämään niitä ja tyhjentämään lavan kätevästi samanlaisilla ruuvin kiilakantaan liitettävillä nostoapuvälineillä kuin tehtaassakin.



KUVA 5. CLT-levyn nostaminen liinoilla

4.2 Nykyisen menetelmän ongelmakohdat

Ongelmana oli CLT-levyn siirtelyyn kuluva aika ja työtavan monimutkaisuus. Nostoliinojen virittely levyn ympäri ja ruuvien kiinnittäminen levyn reunaan vievät ison osan tuotantokapasiteetista. Myös itse nostotapahtuma on hidasta ja riskialtista.

Levyn saapuessa puristimesta kuljettimen päähän on nostoliinat laitettu valmiiksi arvioidulle paikalle, johon levy saapuu kuvan 6 mukaisella tavalla. Silta-nosturi nostopuomilla on siirretty levyn päälle ja liinat kiinnitetään nostopuomiin liitettuihin koukkuihin. Tällöin tuotannon henkilöstön on käytävä jalan levyn päällä, jolloin vaarana on jättää jälkiä levyn pintaan esimerkiksi kengänpohjissa

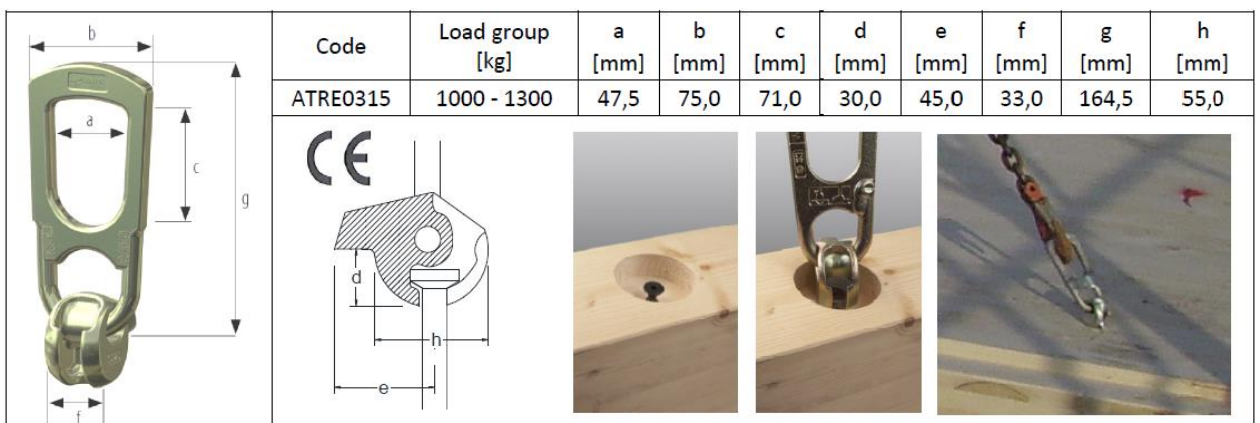
kulkeutuneiden kivien vuoksi. Levyjen pinnat voivat hyvinkin jäädä rakennuksissa julkisivuiksi, jolloin pinnan täytyy olla virheetön.



KUVA 6. CLT-levy odottaa työstöä rullakuljettimella

Levyn päällä joutuu kävelemään myös CNC-koneella, kun päästetään liinoja puomin liitetyistä koukuista pois. Työstön jälkeen sama kiinnitystapa toistuu ja levy siirretään jälkikäsitteilyyn tai suoraan kuljetusauton lavalle. Kun siirto vaatii, että levy on pystyssä, käytetään ruuveja ja niihin liitettäviä nostolaitteita.

Ruuveilla ja niihin liitetyillä nostoapuvälineillä levyä nostaessa ne kiinnitetään levyn kylkeen kuvan 7 mukaisella tavalla. Ruuvit ovat 11 m paksuja kiilakantaruuveja, ruuvit kiinnitetään akkuporakoneella. Ruuveja käytetään kahdesta neljään kappaletta levyä kohden.



KUVA 7. Ruuvin nostoapuväline (9)

Nostoa aloittaessa kiinnitetään ensin ruuvit, minkä jälkeen tuodaan nostopuomi, jossa on ruuveille tarkoitetut nosto- ja pikakiinnikkeet (kuva 8). Noston alkaessa levy on kyljellään ja nostotaakka kohdistuu ruuviin vaakasuunnassa. Tällöin on riskinä, että ruuvi taipuu ja mahdollisesti katkeaa. Mikäli levyn massaa ei ole arvioitu oikein ja ruuveja on kiinnitetty liian vähän, syntyy putoamisvaara. Vaaraa syntyy myös, jos kiinnike peittää nostettaessa levyä kyljeltään. Ruuvi voi päästä liukumaan hahlostaan pois.



KUVA 8. CLT-levy nostettu pystyasentoon ruuveja ja nostoapuvälineitä käyttäen

Nostovara oli myös yhtenä ongelmana, koska täysleveä levy otti lastatessa kiinni kuljetusauton lavan reunaan. Tähän haettiin korkeamman noston mahdollistavaa ratkaisua. Lavalle lastaus tapahtuu nostoruuveja apuna käyttäen.

Osa levyistä vaatii muoviin pakkauksen. Muovi kiinnitetään nitojaa apuna käyttäen rullasta käsin. Suurilla pakkausmäärillä tapa on erittäin hidas ja sitoo usean tuotantohenkilön työpanoksen.

4.3 Siirtelyyn kuluva aika

Taulukossa 1 on kelloitettu kahden levyn käsittelyajat. Nostot ja siirtelyt tapahtuivat ruuveja käyttäen. Ajanotto alkoi, kun puomi oli siirretty siirrettävä levyn

päälle. Valmisteluihin kuuluivat levyn pinnan putsaus muutamasta liimapur-seesta pinnalta, kahden ruuvin kiinnittäminen levyn kylkeen ja nostopuomin kiinnittäminen ruuveihin. Tämän jälkeen levy siirrettiin CNC-koneelle ja syötettiin haluttu työstöohjelma. Työstön aikataulutuksen aloitin nollapisteiden määrittämisestä. Työstön jälkeen levyn pinta puhallettiin paineilmalla puhtaaksi ja tarkastettiin työstönjälkeinen pinnan laatu. Kääntö tapahtui ruuveista nostamalla ja siirtämällä levy CNC-koneen toiseen laitaan laskien työstetty pinta alaspäin.

TAULUKKO 1. Kahden CLT-levyn työstöön kulunut aika minuutteina

Levy	valmistelut	siirto CNC:lle	Ohjelman syöttö	työstö	puhallus	pinnan tarkastus	kääntö	valmistelut	siirto	loppu siivous ja levyn hyväks.	yht.
1	4,02	4,11	3,25	9,15	5,14		4,15				
puoli 2			2,19	18,11	2,49	2,32		2,51	4,22	5	1,08,26
2	3,59	5,43	1,01	10,18	1,51	1,18	4,53				
puoli 2			1,47	18,48	2,5	1,47		3,15	3,59	4,46	1,06,25

Toiselle sivulle syötettiin työstöohjelma ja määritettiin uudet nollapisteet. Työstöajan kesto alkoi nollapisteiden siirrosta ja loppui työstöpään palattua koneen omaan nollapisteeseensä. Tämäkin puoli puhallettiin puhtaaksi ja tarkastettiin pinnanlaatu. Samat nostovalmistelut toistuivat jo kolmatta kertaa, levy siirrettiin varastoon odottamaan loppukäsittelyä. Loppusiivouksen kuului CNC-koneen puhallus sahanpurusta, sen jälkeen levy hyväksyttiin työstetyksi tilausjonosta.

Sama työjärjestys toteutui toisellakin levyllä. Kaikki työvaiheet suoritti yksi ja sama henkilö kummankin levyn työstössä. CNC-koneella työskentelee 16 tunnin aikana kaksi henkilöä neljän tunnin ajan. Muuna aikana CNC-konetta ohjaa yksi henkilö.

Taulukosta 1 huomaa, että levyn siirtelyyn ja siirtelyn valmisteluihin kuluu noin 20 - 23 min. Kokonaisuudessaan levyn käsittelyyn kului noin puolen tunnin CNC-koneistusajalla noin tunti ja 6 - 8 minuuttia. Työskentelyyn CNC-koneella, työstöohjelman syöttöön, työstöpöydän puhdistukseen ja levyn hyväksymiseen kuluu noin 13 - 17 minuuttia.

5 ALUSTAVAT RATKAISUMALLIT

Yrityksen toiveena oli saada levy kuljetettua nostamatta CNC-koneen työstöpöydälle. Alustavissa ratkaisumalleissani kahdessa ensimmäisessä ratkaisussa levy siirtyy rullakuljettimia ja niiden sovelluksia hyväksi käyttäen työstöpöydälle ja jälkikäsittely alueelle. Kahdessa viimeisessä mallissa levy siirretään nostamalla nostoapuvälineillä.

Ensimmäisessä rullakuljetinratkaisussa CNC-kone siirretään rullakuljetinlinjaston kanssa samaan linjaan, uuteen rakennuslaajennokseen. Levyn siirtelyt ja kääntö työstövaiheiden välillä tapahtuu rullakuljettimilla ja perhospöydällä. Työstetty levy nostetaan ruuveilla ja nostoapuvälineillä linjaston sivussa perhospöydältä jälkikäsittelyalueelle. Toisessa rullakuljetinratkaisussa pohjaratkaisu ja koneiden sijainnit pysyvät nykyisellään. Levyn siirto rullakuljetinlinjaston päästä CNC-koneelle tapahtuu 90 astetta kääntävällä kuljettimella, jonka päälle levy ajetaan käännön ajaksi. Käännyttyä levy ajetaan rullakuljettimia pitkin CNC-koneelle työstettäväksi. Työstetty levy nostetaan ja siirretään jälkikäsittelyalueelle seinäkiskoilla kulkevalla perhospöydän puolikkaalla, jossa levy nostetaan siltanosturilla pois pöydän otteesta.

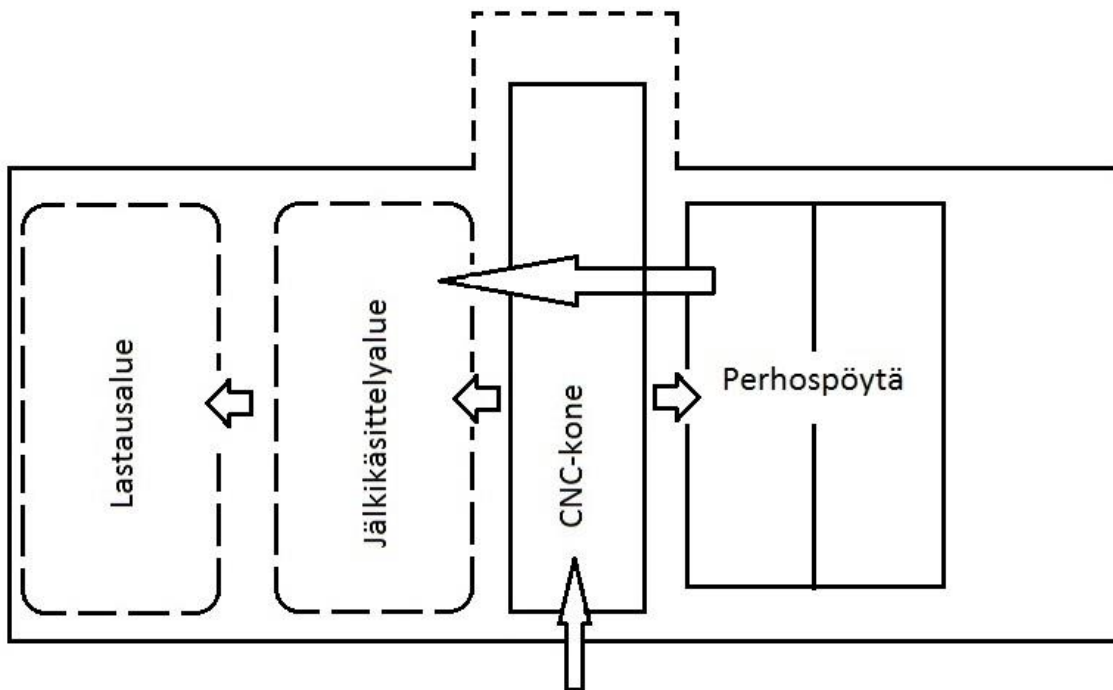
Kahdessa nostoapuvälineratkaisussa tavoitteena on pienillä investoinneilla saada tuotantoa nopeutettua. Ensimmäisessä ratkaisussa levyt nostetaan rullakuljettimelta CNC-koneelle alipainetarraimella. Alipainetarraimelle on asennettu oma siltanosturi nykyisen 25 tonnin siltanosturin lisäksi. Alipainetarrain nostaa levyt vaakasuunnassa ja pystysuunnan nostot tehdään ruuveilla ja niihin liitetyillä nostoapuvälineillä. Toisessa ratkaisussa levyjen nostot tehdään levyyn liitettävillä pikakiinnikkeillä. Pikakiinnikkeet ovat liitettynä siltanosturin nostokoukuun.

5.1 CNC-koneen siirtäminen

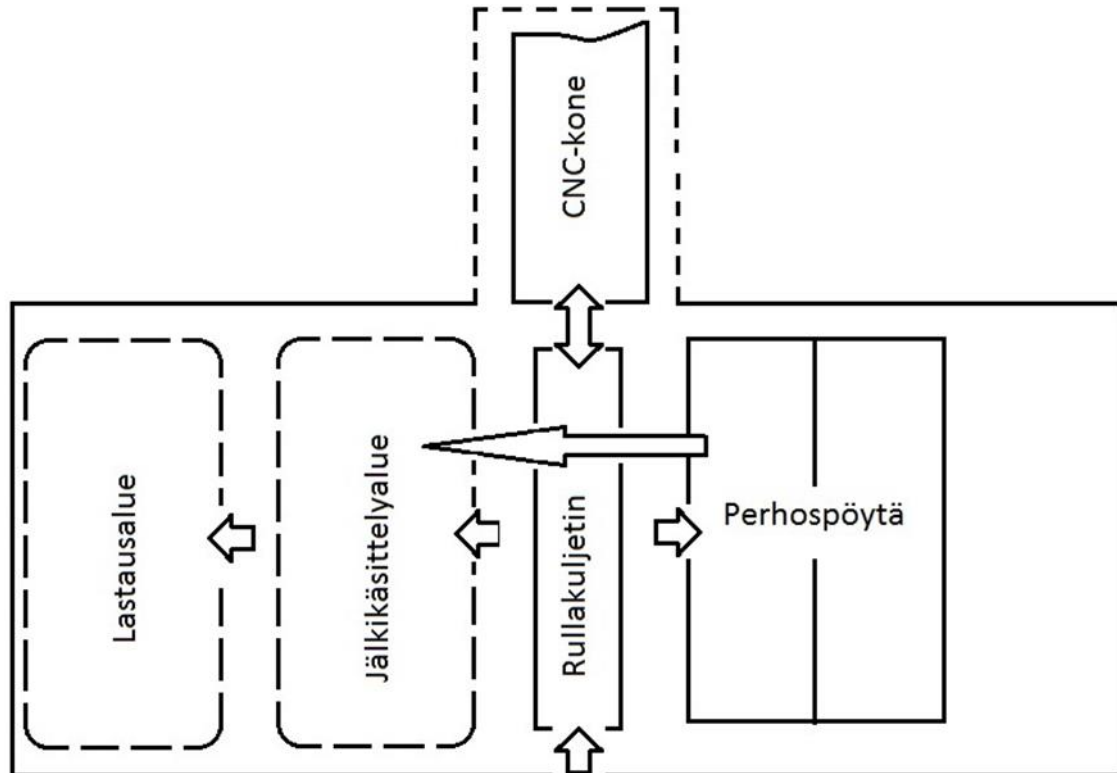
Nykyisessä ratkaisussa CNC-kone on 90 asteen kulmassa puristimesta lähtevää kuljetin jonoa nähden. Tuotantolinjalayoutin tapaan tässä ratkaisussa tuotanto virtaviivaistetaan ja CNC-kone siirretään kuljetinta nähden suoraan, jolloin

levyä ei tarvitse kääntää. Rullakuljettimet tuovat levyn työstöpöydälle asti. Seurauksena levyä ei tarvitse enää nostaa ja saadaan karsittua nostoon liittyvät ongelmat. Levyn siirtotarve minimoituu. Liinujen käyttötarve poistuu ja ruuveja tarvitaan ainoastaan perhospöydältä nostaessa levyä jälkikäsitteilyyn tai kuljetusauton lavalle. Levyn nostoon kuuluva 90 asteen kääntö poistuu ja siirtoetäisyydet minimoituu. Levyjen virtausnopeus olisi tällä tuotantolinjalayout ratkaisulla malleista nopein.

CNC-kone ei mahdu suoraan nykyiseen pohjaratkaisuun käännettäväksi. Koneen siirtäminen vaati minimissään 65 m² rakennuslaajennoksen. CNC-koneen siirtämiselle on kaksi vaihtoehtoa, mutta kumpikin vaatii lisätilaa. Ensimmäisessä ratkaisussa kone siirretään nykyisen rullakuljettimen tilalle ja siihen vaaditaan mainittu 65 m² laajennos kuvan 9 mukaiseen paikkaan. Toisessa vaihtoehdossa CNC-kone siirretään kokonaisuudessaan omaan rakennukseensa kuvan 10 tavalla. Se vaatii 265 m² laajennoksen.



KUVA 9. CNC-kone siirretty pienempään laajennokseen



KUVA 10. CNC-kone siirretty erilliseen rakennukseen.

CNC-koneen työstöpöytä on 40 cm korkeammalla kuin puristimelta tuleva kuljetin. Jos kone siirretään nykyisen rullakuljettimen päälle, se vaatii samaan tasoon nostavan rullakuljettimen. Nosto tapahtuu esimerkiksi saksinostintyyppisellä ratkaisulla. Jos nousu tapahtuisi rullarampilla, vaarana olisi levyn luisuminen taaksepäin.

Toisessa ratkaisuvaihtoehdossa CNC-kone siirretään omaan rakennukseensa, jolloin uusi rakennus voidaan valmiiksi laskea 40 cm nykyistä hallia alemmas. Tällöin nostavaa kuljetinta ei tarvita ja levy voi rullata suoraan puristimelta CNC-koneen työstöpöydälle.

Rullakuljettimet vaaditaan myös CNC-koneelle, jotta levy pääse kulkemaan työstöpöydälle. Laitteiston asentamiseen ja CNC-koneen siirtämiseen vaaditaan osaava henkilöstö laitteen valmistajalta.

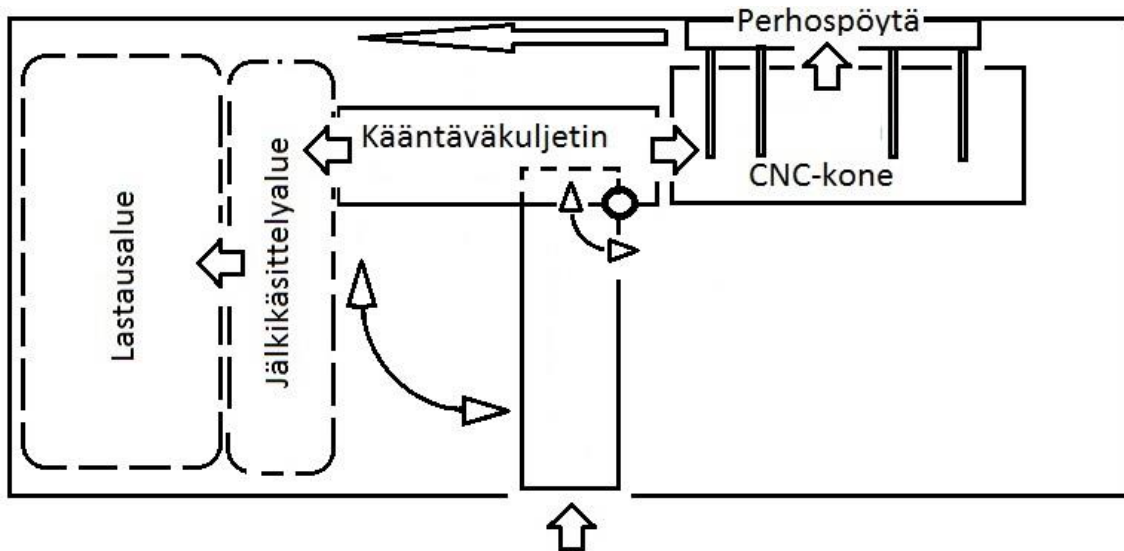
Levyn kääntäminen toiselle sivulle onnistuu perhospöydällä, joka on pienemässä laajennoksessa kuvan 9 mukaisessa paikassa CNC-koneen vieressä.

Suuremmassa laajennoksessa levy rullataan CNC-koneelta takaisin lajittelevalle kuljettimelle, joka ajaa sitten levyn perhospöydälle. Levy nostetaan kuljetusautonlavalle perhospöydältä. Perhospöydällä levy nostetaan pystyyn ja siihen liitetään nostoruuvien nostoapuvälineet. Nostaminen on jatkossa turvallisempaa ja ruuveilla nostaessa rasitus kohdistuu oikeaoppisesti ruuvien suuntaisesti. Siirto onnistuu sivusuunnassa myös CNC-koneelta jälkikäsitteilyalueelle.

5.2 Kääntävä kuljetin

Kääntävän kuljettimen ratkaisumallissa levyn saamiseksi CNC-koneen kanssa samaan korkeuteen ja linjaan levyä pitää nostaa vähintään 40 cm, minkä jälkeen se siirtyy kuljettimelle, joka kääntyy 90 astetta. Tälläkin ratkaisulla on nostoon liittyvät ongelmat minimoitu ja esimerkiksi liinujen käyttötarve poistuu kokonaan. Ruuveilla nostamista tarvitaan enää kuljetusautoon lastauksessa ja mahdollisissa sivulta - sivullekäännöissä. Tuotanto virtaviivaistuu ja prosessi on jatkuvaa tuotantolinjalayoutin tapaan.

Kääntävän kuljettimen akseli, jonka ympäri koko kuljetin pyörähtää on oltava oikealla kohdalla, jotta kuljettimen kääntymä 90 astetta levy jatkaa suoraan CNC-koneen työstöpöydälle kuvan 11 tavalla. Kääntävän kuljettimen jokaisessa neljässä nurkassa on kiskon päällä rullaava rautapyörä. Jos jokaiselle pyörälle piirrettäisiin pyörähdysakselilta säde, tulee pyörän olla sädettä vasten 90 asteen kulmassa, jotta pyörintävastus olisi optimaalisin. Vähintään toisen, kuljettimen pidemmän sivun renkaista tulee olla vetävä. Voimanlähteenä toimii sähkömoottori sopivalla alennusvaihteella tai taajuusmuuttajalla varustettuna. CNC-kone vaatii rullakuljettimet, jotta levy pääsee kulkemaan työstöpöydälle asti.



KUVA 11. Kääntävän kuljettimen toimintaperiaate

Levyn valmistuttua työstöstä levy voidaan ajaa rullia pitkin sivullaan kääntävän kuljettimen kautta jälkikäsittelyalueelle. Toisena mahdollisen siirtoapuvälineenä työstöpöydältä jälkikäsittelyalueelle voisi toimia seinäkiskoilla kulkeva perhospöydän puolikas. Näin virtausnopeus saataisiin maksimoitua CNC-konetta siirtämättä. Tuotantolinjan tapaan osa työvaiheista olisi mahdollista myös automatisoida.

5.3 Alipainetarrain ja toinen siltanosturi

Alipainetarraimella levyn siirtely nopeutuisi vaakasuunnassa. Nykyiset nostoon liittyvät valmistelut vähenisi ja liinojen käyttö poistuisi. Alipainetarrain toimii sähköisellä alipainepumpulla, joka sijaitsee tarraimessa. Se vaatii toimiakseen 3-vaihesyötön alas nosturista, josta se roikkuu.

Tarraimen etuina olisi nostojen nopeuttamien CNC-koneelle ja sieltä mahdolliseen jälkikäsittelyyn. Se olisi myös hellävarainen levyn pinnalle eikä pinnalle tarvitsisi enää jalan astua. Tarrain tarttuu imukupeilla tasaisin välimatkoin levyn pintaan, jolloin ohuemmatkin levyt nousevat rullakuljettimelta tasaisesti ylös eikä notkumista pääse tapahtumaan.

Toinen siltanosturi olisi tarkoitettu nostamaan ja siirtelemään levyä pysty suunnassa nykyisellä puomiratkaisulla ja ruuveilla. Kummankin siltanosturin toiminta-alue sijaittisi samoilla kiskoilla, joten toinen siltanosturi olisi ajettava pois

edestä, jos toisen siltanosturin toimintasäde tulee samalle alueelle. Esimerkiksi jos levy halutaankin nostaa CNC-koneelta ruuveilla pystyyn, on alipainetarrainmen siltanosturi ajettava tarpeeksi sivuun. Toiminta olisi liian hidasta yhdellä siltanosturilla, sillä alipainetarrainta ja nostopuomia jouduttaisiin jatkuvasti vaihtelevaan.

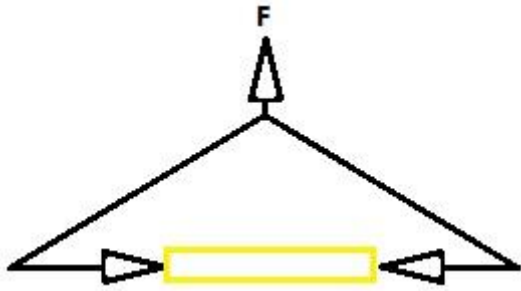
Investoitaviin ratkaisuihin kuuluu alipainetarrain ja toinen siltanosturi. Ratkaisu on edullisempi kuin edellä mainitut alustavat ratkaisumallit. Nopeuden puolesta tuotanto ei kuitenkaan yllä samalle tasolle. Nostamisessa siirtelyn liikeradat eivät ole vakiot ja tuotantohenkilöstö joutuu ajamaan siltanosturia käsin, jolloin aikaa kuluu nykyisen ongelman tapaan levyn asemoimiseen työstöpöydälle.

Tuotantolinjalayout ei siis pääse oikeuksiinsa, vaan tuotanto pysyy nykyisen funktionaalisen layoutin tasolla ja kuormitusaste jää lähelle nykyistä tasoa. Työjono pysyvät lähes samoina ja kuljetusetäisyydet samoina. Ratkaisumalli tuo apua siirtelyn monimutkaisuuteen ja hellävaraisuutta levyjen käsittelyyn.

5.4 Pikakiinnikkeet

Pikakiinnikeratkaisulla haettiin nopeampaa ja halpaa ratkaisua nostoliinon ja ruuvien tilalle. Haasteina pikakiinnikkeillä ovat vaihtelevat levykoot, kuinka saada kiinnike kerralla ja nopeasti kiinni levyyn ja välttää levyn notkahtelut, painamat sekä jäljet levyn pinnassa.

Eräs taloelementtivalmistaja käyttää seinien siirtelyssä kuvan 12 mukaista sivuista tarraavaa pikakiinnikemallia, jossa tarrausvoima riippuu nostettavan kappaleen massasta. Kiinnike on kolmio mallinen (kuva 12), missä nosto tapahtuu kolmion kärjestä ja hypotenuusa osa puristaa elementtiä piikkimallisilla ottimilla. Kiinnike korvasi nostoliinat, jolloin yksi hidas työvaihe eli liinon asettelu levyn ympäri poistuisi. Levyn pystyyn nostaminen ja kuljetusautoon lastaaminen suoritetaan entiseen tapaan nostoruuveja käyttäen nykyisellä puomiratkaisulla.



KUVA 12. Kolmiomallinen pikakiinnike

Toisena vaihtoehtona pikakiinnikkeissä oli yksittäiset puristintyyppiset ottimet, missä kiinnikeitä laitetaan kiinni levykoon mukaan. Tämän tyyppisiä nostimia käytetään metalliteollisuudessa. Siellä nostettavat levyniput ovat raskaita, mutta pituudeltaan maltillisempia. CLT-levylle samanlainen nostin pitäisi tehdä mittatilaustyönä.

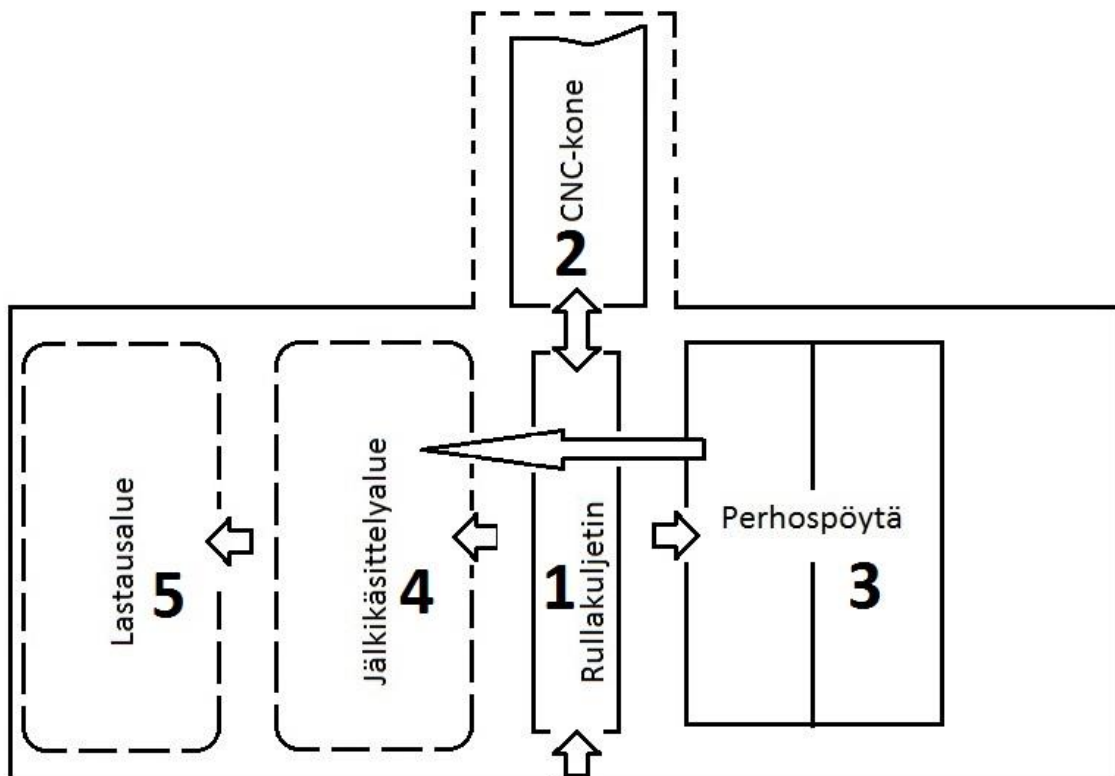
Pikakiinnikkeillä ei katsottu ratkaistavan olemassa olevaa pullonkaulaa tuotannossa ja työturvallisuudenkin kannalta kiinnikkeet ovat vaarallisia. Seurauksena päädyttiin yksityiskohtaisempaan suunnitteluun rullakuljetin ratkaisuihin.

6 RULLAKULJETIN RATKAISUT

Yksityiskohtaisempaan suunnitteluun valittiin yhdessä tuotantohenkilöstön ja johtoportaan kanssa levyn siirtelyyn rullakuljetin kokonaisuudet. Levyn virtausnopeus suorilla kuljetinjärjestelmillä on nostovälineitä nopeampaa ja turvallisempaa.

6.1 Clt-levyjen käsittelyn nopeuttaminen CNC-koneen siirrolla

Siirtämällä CNC-kone omaan 265 m² rakennuslaajennokseen kuvassa 13 paikkaan 2, saamaan linjaan puristimelta tulevan rullakuljettimen 1 kanssa. Siltanosturilla nostamista tarvitsisi tehdä vasta levyn valmistuttua, kun perhospöytä kuvassa 13 paikassa 3 on nostanut levyn pystyyn. Pystyasennosta levy nostetaan nostoruuveilla mahdolliseen jälkikäsittelyyn alueelle 4 ja lastataan kuljetusauton kyytiin alueella 5.



KUVA 13. Työvaiheet CNC-koneen siirtämisen jälkeen

6.1.1 Rakennuslaajennos

CNC-kone ei suoraan mahdu käännettäväksi 90 asteen kulmaan samaan linjaan kuin puristimelta tulevat rullakuljettimet. Rakennusta täytyy laajentaa ja katselmuksessa päätettiin tässä ratkaisussa siirtää kone kokonaan oman katon alle. CNC-kone vaatii noin 265 m² rakennuslaajennoksen samaan linjaan kuin rullakuljetinlinjasto. Tuotantolinjalayoutia mukailleen näin levyn siirto- ja kääntötarve minimoituu.

CAD-kuvassa laajennokselle tuli pituudeksi 22 m ja leveyttä 12 m. Laajennos tulee 40 cm tehdashallia alemmaksi. Seurauksena CNC-kone ja rullakuljetinlinjasto saadaan saamaan korkeuteen ja saadaan linjasto yhdeksi jatkuvaksi kokonaisuudeksi puristimelta CNC-koneelle asti. Linjastokokonaisuus on mahdollista myös automatisoida ja saadaan työnkulku selkeäksi ja helpommin hallittavaksi. Laajennuksen korkeudeksi riittää, että kone mahtuu esteettä liikkumaan. Laajennoksen ulkopäätyyn tulee nosto-ovi, josta koneen tuottaman purun ja puujätteen voi lasta pois.

6.1.2 Lajitteleva kuljetin

Lajitteleva kuljetin tarvitaan puristimelta tulevan rullakuljetin jonon ja CNC-koneen väliin kuvassa 13 paikkaan 1. Alustavista ratkaisumalleista poiketen 40 cm nostoa ei tällä kuljettimella tarvita, sillä CNC-kone on saatu samaan tasoon nykyistä tehdashallia matalammalla rakennuslaajennoksella.

Lajittelevassa kuljettimessa on vetävät rullat kahteen suuntaan, linjaston suunnassa ja tätä poikittaisessa suunnassa. Poikittaista suuntaa tarvitaan, kun levyä ajetaan perhospöydälle, jossa levy voidaan kääntää toiselle sivulle tai nostaa pystyyn ruuveilla nostoa varten. Nostettaessa ruuveilla voidaan samaan aikaan uusi työstettävä levy ajaa työstöpöydälle, sillä perhospöytä on rullakuljetinlinjastoon nähden sivussa eikä häiritse levyvirtaa CNC-koneelle. Ajettaessa levyä sivulle vetävät rullat nousevat hieman linjaston suuntaisia rullia ylemmäs ja levy pääsee esteettä rullaamaan perhospöydälle.

Levyn kulku kuljettimilla on mahdollista automatisoida. Automaattinen kulku CNC-koneelta perhospöydälle ja takaisin CNC-koneen kuljetinjärjestelmän asemoiden sen optimaalisesti työstöpöydälle säästää yhden henkilön työpanoksen. Työpanoksen pystyy silloin siirtämään työstöohjelman asetukseen CNC-koneelle ja työstöpöydän putsaukseen puujätteestä. Linjaston kuormitusastetta saadaan nostettua ja keskeneräisiä töitä vähennettyä. Linjasto kestää automaation seurauksena huomattavasti vähemmän häiriöitä, sillä pienikin pysäytys vaikuttaa koko linjastoon ja häiriön poistaminen sekä korjaus sitoo työntekijöitä pois omilta töiltään.

6.1.3 CNC-koneen kuljettimet

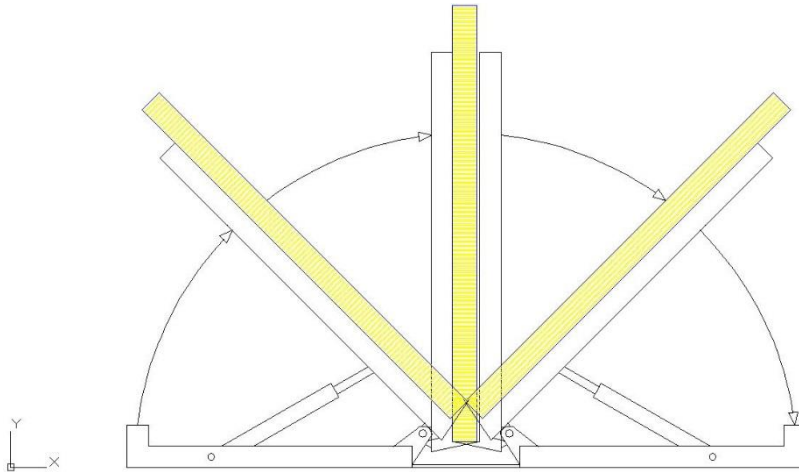
Rullakuljettimet tarvitaan myös CNC-koneelle. CNC-koneelle on saatavissa laitevalmistajan suunnittelema lisävarusteena saatava kuljetin- ja paikoitusjärjestelmä, jossa on rullakuljettimet levyn siirtelyyn pituussuunnassa ja ketjukuljettimet sivuttaissiirtelyyn ja paikoitukseen. Oikean paikoituksen määrää sivuohjuri. Kuljettimet ja ohjurit nousevat siirtelyn ajaksi esiin sylinterien avulla. Pyörimisliikkeet tapahtuvat sähkömoottoreilla. Työstön ajaksi elimet menevät piiloon CNC-koneen työstöpöydän ripojen väliin.

6.1.4 Perhospöytä

Levyn kääntäminen toiselle sivulle ja pystyyn nostaminen ruuveilla nostamista varten tapahtuu perhospöydällä kuvassa 13 paikassa 3. Perhospöydässä on kaksi hydraulisylintereillä nousevaa puoliskosta kuvan 14 mukaisesti. Perhospöydällä levyn kääntäminen on turvallista ja nopeampaa nykyiseen ratkaisuun verrattuna. Levyä ei tarvitse enää nostaa, kun sitä käännetään toiselle sivulle, jolloin nostovalmisteluihin kulunut aika jää pois ja automatisoimalla myös työntekijän työpanos voidaan siirtää muualle.

CLT-levy ajetaan rullakuljettimilla perhospöydän toiselle puoliskolle, minkä jälkeen tyhjä puolisko nostetaan ensin ylös. CLT-levy nostetaan tyhjää puoliskoa vasten. Puoliskot ovat nyt vastakkain ja ensimmäiseksi nostettu puolisko voi laskeutua, jolloin levy on käännetty toiselle sivulle. Levy ajetaan rullakuljettimilla takaisin lajittelevalle kuljettimelle, josta se jatkaa CNC-koneelle käännetyn sivun

työstöön. Perhospöytää voidaan käyttää myös levyn nostamisessa pystyyn, jolloin levy on turvallisesti nostettavissa nostoruuveilla jälkikäsitteilyyn tai suoraan kuljetusauton lavalle. Nostoruuvit jätetään paikoilleen, joita asiakas pystyy hyödyntämään lastatessaan levyjä pois kyydistä ja nostaessa levyjä rakennuskohteeseen.



KUVA 14. Perhospöytä

6.1.5 Korkeamman noston mahdollistava puomi

Levyä lastatessa kuljetusauton lavalle, ongelmia on syntynyt täysleveän 3,2 m levyn lastauksessa. Nostovaraa on jäänyt pari senttiä ja pahimmassa tapauksessa levyä on jouduttu raahaamaan. Nostopuomin pituus on myös aiheuttanut ongelmia lastatessa lyhyitä levyjä kuljetusauton päätyosaa. Jos nostopuomi on nostettavaa levyä pidempi ottaa nostopuomin pää kuljetusauton lavan päätyyn ja kaikkea tilaa ei saada välttämättä käytettyä hyödyllisesti. Nykyisessä puomiratkaisussa nostopuomin nostoripoihin liitetään välikappaleeksi koukku, jonka toisessa päässä on nostosakkeli. Koukku liitetään nostopuomin nostoripaan ja nostosakkeli nostoruuvien nostoapuvälineeseen, kuvan 15 mukaisesti.

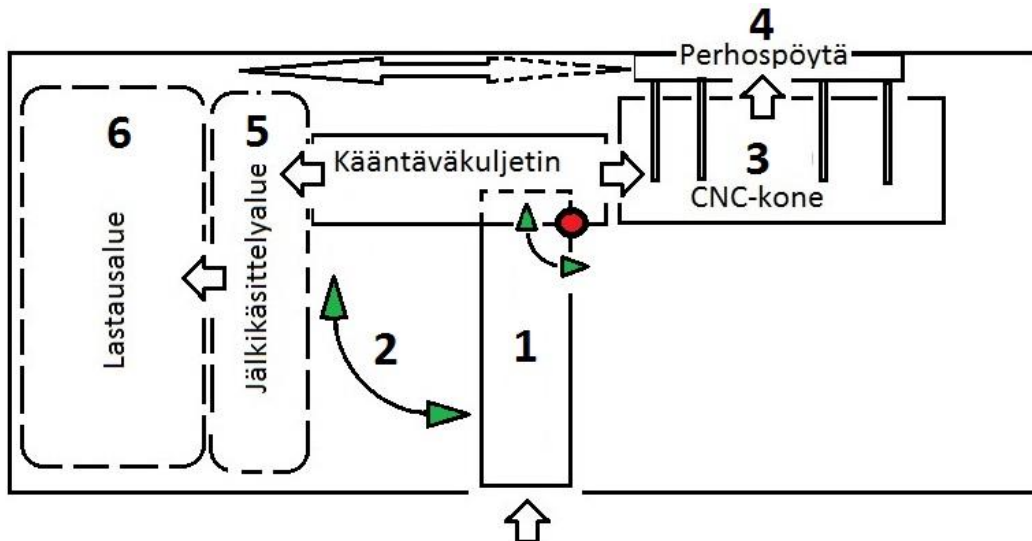


KUVA 15. Ruuvien nostoapuvälineen liittäminen nostopuomiin

Nostovaraa saisi lisää, jos koukut olisivat kiinteästi nostopuomissa kiinni. Nostoruuvien nostoapuvälineiden nostopistettä saadaan näin ylemmäs, jolloin lastaus helpottuu ja nopeutuu. Lyhyille levyille lyhempi nostopuomi helpottaisi lastaustyötä ja mahdollistaa tiiviin lastauksen kuljetusauton lavalle.

6.2 CIt-levyjen käsittelyn nopeuttaminen kääntävällä kuljettimella

Kääntävän kuljettimen ratkaisu on suunniteltu vähentämään siltanosturin tarvetta työvaiheiden välillä. Levy pyritään siirtämään kuljettimia pitkin aina jälkikäsittealueelle asti kuvassa 16 paikkaan 5. Nostaminen on välttämätöntä vasta perhospöydän puolikkaan tuotua levy jälkikäsittealueelle. Perhospöydän puolikas (kuva 16 laite 4) tulee seinäkiskoja pitkin jälkikäsittealueelle, missä siihen porataan nostoruuvit ja levy nostetaan pöydän otteesta pois. Samaan aikaan seuraava levy on ajettu CNC-työstöön paikkaan 3. Työstön valmistuttua CNC-koneella perhospöytä palaa tyhjänä CNC-koneelle vastaanottamaan uutta levyä.



KUVA 16. Työvaiheet kääntävän ja nostavan kuljettimen asennuksen jälkeen

Ratkaisu on automatisoitavissa jälkikäsittelyalueelle asti, jos levyn kääntöä toiselle sivulle ei tarvitse suorittaa. Tuotantolinjalayoutin tapaan linjaston kuormitusastetta saadaan nostettua, nopeutettua työvaiheita ja linjastoa pystytään hallitsemaan paremmin kokonaisuutena. Siltanosturi voidaan levyn kääntöä CNC-koneella lukuun ottamatta varata kokonaan jälkikäsittely- ja lastausalueen käyttöön (kuva 16, alueet 5 ja 6). Tasapainotus työvaiheiden välillä on helppoa, sillä pitkiä jonotusaikoja ei pääse syntymään, koska samanaikaiset toiminnot ovat automaatiolla mahdollisia.

Levyn valmistuttua työstöstä uuden levyn syöttö työstöpöydälle ja työstetyn levyn siirtäminen jälkikäsittelyalueelle voidaan suorittaa samanaikaisesti. Jonotusajat muodostuvat pääosin CNC-koneen viemästä ajasta. Tätäkin aikaa voidaan lyhentää automaatiolla, jos työntekijän työpanos siirretään levyn ajamisesta CNC-koneen työstöohjelmien syöttöön ja työstöpöydän puhdistamiseen.

6.2.1 Kääntävä ja nostava kuljetin

Kääntävä kuljetin nostomekanismilla tarvitaan CNC-koneen ja puristimelta tulevan rullakuljettimen väliin kuvassa 16 paikkaan 1. Kääntävä kuljetin tulee nykyisen rullakuljetin linjaston päähän, viimeisen rullakuljetinyksikön tilalle.

Kääntävä kuljetin on samalla korkeudella kuin puristimelta tuleva kuljetinjono. Kääntävässä kuljettimessa on nostomekanismi, koska CNC-kone on 40 cm korkeammalla kuin rullakuljetinjono. Nostomekanismina toimii samanlainen saksityyppinen mekanismi kuin alustavassa ratkaisumallissa ehdotetussa rullakuljetinratkaisussa. Mekanismi on yleisesti käytössä erilaisissa henkilönostimissa.

Kääntävässä kuljettimessa on tarkoin määritetty pyörähdyspiste. Levyn rullattua kuljettimelle se nostaa sitä 40 cm, minkä jälkeen kääntää sitä 90 astetta myötäpäivään pyörähdysakselin päästä katsottuna. Kääntävä kuljetin on samassa linjassa CNC-koneen kanssa. Kääntävä kuljetin on automatisoituina robotti. Työturvallisuuslain mukaan tilan, jonka kääntävä kuljetin ottaa, täytyy eristää henkilökunnasta tarpeeksi tehokkailla valvontamenetelmillä tai fyysisellä esteellä (10).

Pyörähdysakselin lisäksi siinä on neljä kantavaa rautapyörää, jotka kulkevat rautakiskoilla. Jos pyörähdysakselin pää toimisi piirrettävän ympyrän keskipisteenä ja säde ylittäisi pyörän sivu reunaan, on pyörä kohtisuorassa sädettä vasten. Näin pyörät pysyvät kiskoilla ja ovat aina kiskoa nähden samassa asennossa. Puristimen puoleisista pyöristä toinen on vetävä ja toimii sähkömoottorilla sopivalla alennusvaihteella tai taajuusmuuttajalla. Käännön aikana seinäkiskoilla liikkuvan perhospöydän puolikkaan tulee olla pysähdyksissä joko CNC-koneella tai jälkikäsitteilyalueella. Kääntävä kuljetin ei mahdu kääntymään täyspitkän levyn kanssa, jos perhospöytä on samaan aikaan kuljettimen kohdalla.

Kuljettimen päällä rullakuljettimet pyörivät kumpaankin suuntaan. Kun levy on samassa linjassa CNC-koneen kanssa, levy voidaan ajaa rullia pitkin myös jälkikäsitteily alueelle. Kääntömekanismi pienentää jälkikäsitteilyaluetta hallin pituussuunnassa noin 5 metriä.

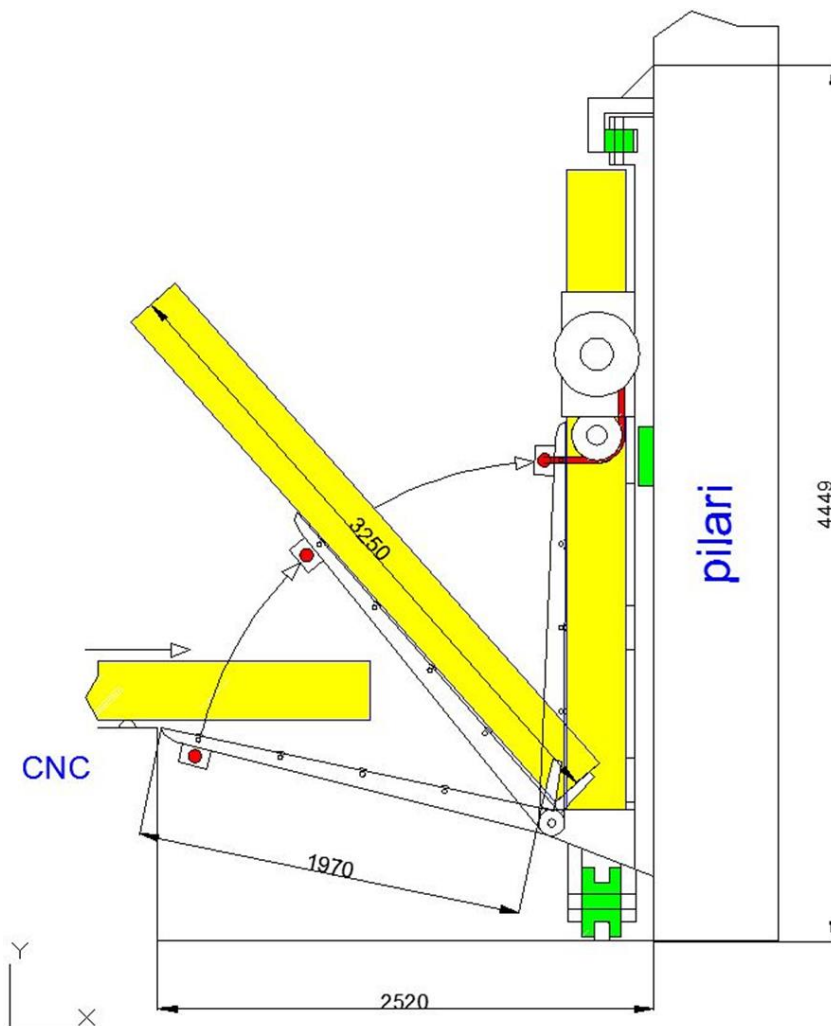
6.2.2 CNC-koneen kuljettimet

CNC-kone vaatii liikuttelun ajaksi kuljettimet, työstöpöydän ripojen väliin on sijoitettu CNC-koneen laitevalmistajan suunnittelemat lisävarusteena saatavat kuljettimet. Kuljettimet nousevat ja nostavat levyn työstöpöydästä irti, kun levyä ha-

lutaan liikuttaa haluttuun suuntaan. Kuljetinjärjestelmä sisältää kuljetin- ja paikoitusjärjestelmän, jossa on rullakuljettimet levyn siirtelyyn pituus suunnassa ja ketjukuljettimet sivuttaissiirtelyyn ja paikoitukseen. Oikean paikoituksen määrää sivuohjuri. Kuljettimet ja ohjurit nousevat siirtelyn ajaksi esiin sylinterien avulla. Pyörimisliikkeet tapahtuvat sähkömoottoreilla. Työstön ajaksi elimet menevät piiloon CNC-koneen työstöpöydän ripojen väliin.

6.2.3 Perhospöydän puolikas seinäkiskoilla

CNC-koneen tekemän työstön jälkeen työstöpöydän viereen ajetaan perhospöydän puolikas kuvan 16 mukaisesti paikalle. Perhospöydän puolikas avautuu aivan työstöpöydän reunan viereen kuvan 17 mukaisesti. CNC-koneen kuljettimet ovat nostaneet levyä hieman työstöpöydästä irti ja rullaavat levyn perhospöydän puolikkaalle.



KUVA 17. Perhospöydän puolikas

Perhospöydän puolikkaan nostolaitteiston sarananivel on työstöpöytää hieman alempana ja nostolaitteiston kärjet levyn alareunan tasossa. Pöytä on siis hieman vinossa, jotta levy valuu painovoiman avulla perhospöydälle. CNC-koneelta kuljettimet tuo levyn perhospöytää kohti ja tiputtaa sen laidan yli kaltevalle pöydälle, mitä pitkin se pääsee valumaan pöydän sisäreunaan asti.

Perinteisessä perhospöydässä nosto tapahtuu hydraulisylintereillä pöydän alapuolelta. Tässä ratkaisussa pöydän alapuolelle ei mahdu sylintereitä, joten noston täytyy tapahtua pöydän yläpuolelta. Koska perhospöytä liikkuu lähes koko hallin pituudelta, on sähkötoimisen nostolaitteiston valitseminen selvä valinta. Perhospöydän kumpaankin päähän laitetaan sähkövinssit. Vinssit pystytään sijoittamaan pieneen tilaan ja tukevasti kiinni rakenteeseen. Vinssit sijoitetaan perhospöydän ylimmän seinäkiskon läheisyyteen, mistä vaijeri kulkee väkipyörän kautta perhospöydän nostopisteisiin. Nostopisteet ovat pöydän päädyissä.

Perhospöytä ja levy on nostettu sähkövinsseillä pystyyn, mistä se ajetaan lastausalueelle. Perhospöytä kulkee kiskoilla, missä vähintään yksi pyörä vetää. Kuvassa on vihreällä merkattu pyörät, mihin pöytä nojaa. Tukipisteitä on kolme. Vetävät pyörät sijaitsevat lattialla kulkevalla kiskolla. Lastausalueella levy nostetaan perhospöydästä ruuveilla ja siirretään jälkikäsittelyyn tai suoraan kuljetusauton lavalle. Samaan aikaan työstöpöytä on puhdistettu, uutta työstöohjelmaa syötetään CNC-koneelle, kääntöpöytä on käännetty levyn kanssa ja siirtoa suoritetaan CNC-koneelle.

7 TUOTANTOLINJALAYOUTIEN ARVIOINTI

Alustavia malleja tarkemmassa layoutsuunnittelussa rullakuljetin ratkaisut poistavat suuren osan nykyisistä ongelmista ja linjastosta tulee yhtenäisempi kokonaisuus. Linjastoa on helpompi hallita ja työnkuvat ovat selkeät.

7.1 CNC-koneen siirtäminen

CNC-koneen siirtäminen tekee rullakuljetinlinjastosta yhtenäisen linjaston, aina puristimesta CNC-koneen työstöpöydälle asti. Tältä väliltä saadaan poistettua nykyisin käsin tehtävät työvaiheet. Siltanosturin käyttö voidaan varata kokonaan välille perhospöytä–lastausalue.

CNC-koneen siirtämisen tuotantolinjalayoutratkaisulla saadaan poistettua monimutkaiset ja aikaa vievät työvaiheet. Työnkulku linjastolla on selkeää ja helposti hallittavaa. Liinujen käyttötarve saadaan poistettua kokonaan valmistuslinjalta ja ruuveilla levy saadaan nostettua turvallisesti, kun se on nostettu perhospöydällä valmiiksi pystyasentoon. Levyä ei tarvitse jatkossa nostaa perhospöydän ansiosta ollenkaan riskialttiisti sivuasennosta pystyasentoon. Seurauksena myös jalan levyn päällä kävely saadaan poistettua ja vähennettyä levyn pinnalle kohdistuvia raskuuksia. Työturvallisuus paranee tätä myötä levyjen käsittelyssä. Nosto- ja valmisteluja tarvitsee jatkossa tehdä enää ennen perhospöydältä nostoa. Sieltä nosto voidaan suorittaa rauhassa, koska perhospöytä on rullakuljetinjonolta sivussa eikä estä uuden levyn virtaamista CNC-koneen työstöpöydälle.

Jos linjasto automatisoidaan, työnkuvat muuttuvat selvästi. Linjasto täytyy tahdittaa virtaamaan CNC-koneen työstöjen mukaisesti. Levyn virtaus on helposti automatisoitavissa kulkemaan automaattisesti CNC-koneen työstöpöydälle ja sieltä perhospöydälle. CNC-koneella työskentelevän työntekijän ei tästä edespäin tarvitse käyttää työaikaansa nostovalmisteluihin ja siltanosturia ajamiseen ennen kuin nostaessaan levyä perhospöydältä jälkikäsittelyyn. Seurauksena työpiste voidaan sijoittaa myös kokonaan CNC-koneelle, kun jälkikäsittelyn tuotantohenkilöstö hoitaa levyjen siirtelyn perhospöydältä pois. Levyn siirtymisen aikana CNC-koneella työskentelevä pystyy samaan aikaan puhdistamaan työstöpöydän ja asettamaan uuden työstöohjelman CNC-koneeseen, kun levy käy

kääntymässä toiselle sivulle tai ennen kuin uusi levyn raaka-aihiö rullaa työstöpöydälle.

Tuotantolinjan investointikustannukset ovat tunnetusti suuret, mutta nykyistä suurempien valmistusmäärien ansioista levyn yksikköhintaa saadaan alemmas. Tämän layoutratkaisun investoitavina kohteina ovat 265 m² rakennuslaajennos, johon CNC-kone siirretään. Hinta-arvio yhdelle tehdashalli neliölle on noin 900 €, jolloin sen rakentaminen kustantaa noin 239 000 €. Lajittelevalle kuljettimelle ja perhospöydälle eräs laitevalmistaja on antanut karkeaksi arvioksi noin 100 000 € ilman asennusta ja rahtia. CNC-kone vaatii myös kuljetinratkaisun, jonka saa CNC-koneen laitevalmistajalta lisävarusteena. Tälle ei suoraa hintaa osattu sanoa vielä opinnäytetyön tekemisen aikana. Karkeaksi arvioksi voi investoinnille arvioida asennuksineen 500 000 €.

Tällä hetkellä tuotantomääränä on noin neljä kappaletta päivässä. Määrä riippuu levykerroksista. Paksuissa ja pitkissä levyissä aikaa kuluu enemmän ja pienemmissä päinvastoin. Nykyisellä ratkaisulla siltanosturia ja nostoruuveja käyttäen aikaa kuluu levyn siirtelyvalmisteluihin, siirtelyyn ja kääntöihin noin 20 - 23 minuuttia. CNC-koneelle tehtävät työvaiheet työstöpöydän putsauksineen ja ohjelmien käsittelyineen vievät aikaa 13–17 minuuttia. Tavoitteena on tilaavalla yrityksellä ollut 10 levyn päivätuotanto.

Suunnittelemani tuotantolinjalayout mallilla levyjen siirtelyyn kuluva aika kutakuinkin puolittuisi. Automatisoituna levyn siirtymisen aikana CNC-koneella työskentelevä työntekijä pystyy tekemään samaan aikaan työstöpöydän puhdistuksen ja asettamaan uuden työstöohjelman CNC-koneelle. Yhtäaikainen toiminta pienentää levyn läpimenoaikaa ilman simulointia arvioiden 20 minuuttia. Nykyinen työstöaika yhdelle levyille kokonaisuudessaan, ennen kuin uutta levyä päästään nostamaan on noin 1 tunti ja 10 minuuttia, kun levyn työstöön CNC-koneella kuluu aikaa noin 30 minuuttia. Aikataulutuksessa levy nostettiin CNC-koneen viereen, joten aikaa kuluu vielä enemmän, jos levy siirretään kerralla jälkikäsittelyalueelle tai kuljetusauton lavalle. Automaatiolla levyn valmistuksessa päästään alle tuntiin, joten nykyisen yhden ja puolen työvuoron aikana ehditään

10 levyn päivävauhtiin. Vaatimuksena, että vuoronvaihto ja tauot tehdään työpisteillä limittäin ja CNC-kone on täysivuoroisesti ajossa häiriöttä.

7.2 Kääntävä ja nostava kuljetin

Asentamalla kääntävä ja nostava kuljetin nykyisen kiinteän rullakuljettimen tilalle voidaan siltanosturin käyttö rajata kokonaan jälkikäsitteily- ja lastausalueelle lukuun ottamatta siltanosturin tarvetta kääntäessä levyä toiselle sivulle. CNC-koneen siirtoon verrattuna kääntöä ei tällä ratkaisulla pysty suorittamaan ilman siltanosturin avustusta. Kääntö tehdään nykyisellä menetelmällä ruuveja käyttäen. Raskaat levyt voidaan kääntää perhospöydän puolikasta apuna käyttäen. Levy voidaan nostaa sillä pystyyn, mutta kääntö ja lasku täytyy suorittaa siltanosturilla ja nostoapuvälineillä. Kuitenkin liinujen käyttötarve on poistettu valmistuslinjalta eikä levyn päällä tarvitse enää jalan astua.

Yleisemmin levyjä työstetään vain toiselta puolelta, jolloin niitä ei tarvitse kääntää. Silloin siltanosturi on vapaasti käytössä jälkikäsitteily- ja lastausalueella. Sen seurauksena valmistuslinjaston tuotannonhallinta on helpompaa, koska siltanosturin käyttöä ei tarvitse sekoittaa automaattisiin levyn ohjauksiin. Mikäli kaikki levyyn kohdistuvat CNC-työstöt pystyään suorittamaan yhdeltä puolelta, ei monimutkaisia nostovalmisteluja ja levyn kääntöä levyn valmistuksen aikana tarvitse suorittaa. Nostovalmistelut ja liinujen- ja ruuvien käyttötarve saadaan poistettua kokonaan valmistuslinjalta. Ruuvien kiinnittämistä tarvitaan jälkikäsitteilyalueella, jossa levy nostetaan pois perhospöydän puolikkaan otteesta. Työvaiheet vähenevät ja helpottuvat. Seurauksena työntekijän työpanos saadaan tehokkaammaksi.

Automatisoimalla levyn virtaus jälkikäsitteilyalueelle asti työnkuva muuttuu huomattavasti. Työntekijä pystyy ohjaamaan koko valmistuslinjan laitteiden toimintoja CNC-koneelta akselilla kääntävä kuljetin–jälkikäsitteilyalue. Yhtäaikaiset toiminnot ovat tässäkin mahdollisia. Levyn rullattua työstön jälkeen automaattisesti perhospöydän puolikkaalle, pystyy työstöpöydän puhdistuksen jo tällöin aloittamaan. Levy nousee pystyyn ja perhospöydän puolikas kulkee jälkikäsitteilyalueelle. Samaan aikaan uusi levy raaka-aihiolla rullaa puhdistetulle työstöpöydälle.

Kun uusi raaka-aihiö on työstettävänä, voidaan samaan aikaan viimeksi työstetty levy päästää rauhassa irti perhospöydän otteesta jälkikäsitteilyalueella.

Kääntävän ja nostavan kuljettimen ratkaisussa investointikustannukset ovat CNC-koneen siirtämiseen verrattuna pienemmät. CNC-konetta ei tarvitse siirtää tai rakentaa laajennusta. Laitteet on suunniteltu mahtuvan nykyiseen pohjaratkaisuun. Nykyisen kiinteän rullakuljettimen tilalle sijoitetaan kääntävä ja noston suorittava kuljetin. Eräs laitevalmistaja on antanut kääntö- ja nostomekanismille karkeaksi hinta-arvioksi noin 90 000 € ilman rahtia ja asennusta. CNC-koneen viereen tulee seinäkiskoilla liikkuva perhospöydän puolikas, jolle en opinnäytetyön aikana saanut hinta-arvioita. Hinta-arvio jäi puuttumaan myös CNC-koneen kuljettimille. Karkeaksi arvioksi voi kokonaisinvestointien kuitenkin jäävän noin puolet pienemmäksi kuin CNC-koneen siirron kokonaisinvestoinnit.

Kääntävän ja nostavan kuljettimen ratkaisulla päästään ilman tuotannon katkoja ja ilman levyn kääntämisiä siltanosturilla tavoitettuun 10 levyn päivävauhtiin. Yhtäaikaiset toiminnot mahdollistavat levyn valmistukseen kuluvan ajan pienemisen. Automaation hoitaessa levyjen siirrot pystyy työntekijä suorittamaan samaan aikaan CNC-koneella tarvittavat valmistelut. Levyn käännöt voivat viivästyttää tuotantoa, jos siltanosturi on samaan aikaan varattuna jälkikäsitteilyalueella tai kuljetusautoon lastauksessa.

Levyn käsittelyssä etuna kääntävän ja nostavan kuljettimen ratkaisussa on levyn kääntyminen valmiiksi oikein päin kuljetusauton lavaa nähden. Myös investointikustannukset ovat pienemmät, mutta tuotantoa ajatellen levyn kääntämiseen toiselle sivulle täytyy nykyistä hidasta, työlästä ja riskialtistakin ruuveilla kääntämistä käyttää.

8 YHTEENVETO

Työssä selvitettiin nykyistä tehokkaampi ratkaisu CLT-levyn siirtelylle CNC-työstö- ja jälkikäsittelylinjalla. Nykyisessä ratkaisussa ristiinliimattu CLT-levyn raaka-aihiot tulevat kuljettimen päähän, josta se nostetaan siltanosturilla erilaisia nostoapuvälineitä käyttäen CNC-koneelle. Työstökoneelta levy nostetaan samoilla välineillä jälkikäsittelyyn ja mahdollisen pakkauksen jälkeen kuljetusauton lavalle asiakkaalle lähetettäväksi.

Tuloksena saatiin neljä ratkaisumallia, joista kaksi valittiin yhdessä tilaavan yrityksen kanssa alustavia malleja tarkempaan layoutsuunnitteluun. Suunnittelussa käytettiin tuotantolinjalayoutia. Kumpikin vastasi haluttuihin päätavoitteisiin eli tuotannon nopeuttamiseen, nostojen monimutkaisuuteen, riskialttiuden vähentämiseen, työläisiin ja aikaa vieviin työvaiheisiin ja levyä rasittaviin siirtelyihin. Levyn läpimenoaikaa saadaan nopeutettua ja kummankin ratkaisun arviona on pääsy tavoiteltuun kymmenen levyn päivätuotantoon.

Ensimmäisessä tarkemmassa tuotantolinjalayoutratkaisussa CNC-koneen siirtäminen rullakuljetin jonon päähän omaan rakennuslaajennokseen poistaa levyn nostamisvaiheet kokonaan ennen jälkikäsittelyalueelle siirtämistä. Vasta CNC-työstön jälkeen levy tarvitsee nostaa jälkikäsiteltäväksi ja lastattavaksi kuljetusauton lavalle. Nostot jälkikäsittelyalueelle tehdään perhospöydältä turvallisesti pystyasennosta. Perhospöytä on rullakuljetinjonon vieressä eikä siten häiritse uuden työstettävän levyn rullaamista CNC-koneelle. Tuotantolinjan työvaiheet selkeytyvät, keskeneräiset työt vähenevät ja tuotantolinjaa on helpompi hallita kokonaisuutena.

Toisessa tarkemmassa tuotantolinjalayoutratkaisussa pohjaratkaisu pysyy samana ja CNC-kone nykyisellä paikallaan. Layoutratkaisu poistaa valmistuslinjalla tehtävät nostot kokonaan, lukuun ottamatta kääntäessä levyä toiselle sivulle. Silloin käytetään nykyistä ratkaisua eli siltanosturia ja nostoapuvälineitä. Viimeisen rullakuljettimen tilalle tulee nostava ja kääntävä kuljetin, joka nostaa ja siirtää levyn CNC-koneen kanssa samaan tasoon ja koneen suuntaiseksi. Käännyttyään levy rullaa CNC-koneelle. CNC-koneelta työstetty levy siirretään

CNC-koneen viereen ajetulle perhospöydän puolikkaalle, joka nostaa levyn pystyyn. Perhospöytä kulkee tehdashallin pituussuunnassa seinäkiskoilla ja vie työstetyn levyn pystyasennossa jälkikäsittelyalueelle. Jälkikäsittelyalueella levy voidaan nostaa rauhassa pois pöydän otteesta häiritsemättä levyvirtausta CNC-koneelle. Tässäkin ratkaisussa tuotantolinja virtaviivaistuu, kun tuotanto ei ole enää täysin riippuvainen siltanosturin käyttöajasta. Työvaiheet selkeytyvät ja tuotantolinjaa pystytään hallitsemaan parempana kokonaisuutena.

Lähtötiedoissa tavoitteina oli selvittää mahdollisimman tehokas ratkaisu levyjen siirtelyyn ja pakkaukseen sekä selvittää vaihtoehtoisia laitteita ja toimintatapoja työhön. Ratkaisuksi saatiin kaksi erilaista tuotantolinjalayoutia. Kumpikin on automatisoitavissa olevia linjastoja, jotka tehostavat nykyistä tuotantoa huomattavasti. Työssä selvitettiin myös vaihtoehtoisia laitteita levyjen siirtämisen tehostamiseksi. Pakkaus on yksi iso kokonaisuus, johon opinnäytetyöni laajuus ja aikataulu eivät riittäneet.

Suunniteltuja tuotantolinjalayouteja ei ole simuloitu tietokoneella, joten tuotantomäärät ovat arvioita. Levyjen siirtelyyn kuluu nykyisin kuitenkin niin paljon aikaa, että rullaradoilla levyn virtausnopeus työvaiheesta toiseen ainakin puolittuu. Rullarataratkaisut mahdollistavat myös osatoimintojen automaation, jolloin yhtäaikaiset toiminnot ovat mahdollisia, mikä lisäksi nopeuttaa levyjen virtausnopeutta.

Uudet tuotantolinjalayoutratkaisut ovat laaja kokonaisuus, jolloin tarkat investointikustannukset ovat arvioita. Tilaava yritys antoi suunnittelulle vapaat kädet ja tavoitteena oli hahmottaa uusia ideoita tuotannon parantamiseksi. Siksi ratkaisujen hintahaarukka on muutamasta tuhannesta eurosta satoihin tuhansiin euroihin. Tarkemmissa layoutratkaisuissa kuitenkin päädyttiin satojen tuhansien eurojen investointikustannusten ratkaisuihin.

Työn tilaajayritys saa työstä tukea tuotannon nopeuttamiseksi. Tuotantolinjan kapasiteetin kasvattaminen on vaikeaa toteutuksen jälkeen. Siksi jatkokehitystä ajatellen on tärkeätä, että suunnitellut tuotantolinjalayout ratkaisut simuloidaan ja saadaan arvioita tarkemmat arvot tuotannon nopeutumisesta. Jos tavoiteltua tuotantomäärää halutaan entisestään lisätä, tuotantolinjalayout ratkaisuihin

CNC-koneen siirto palvelee tätä parhaiten. Siirtämällä CNC-kone omaan rakennukseensa saadaan lisää tilaa nykyiseen tehdashalliin. Tilaan voidaan asentaa tuotantoa nopeuttavia laitteita, esimerkiksi laite muoviin pakkaukselle tai kuljettin, joka kääntää levyn valmiiksi kuljetusauton suuntaiseksi. Jälkikäsitteilytilaa saadaan myös enemmän, sillä vastaavasti kääntävän kuljettimen ratkaisussa tila pienenesi entisestään. Rakentaessa uutta laajennusta CNC-koneelle kannattaa harkita, laajentaako tilan hieman suuremmaksi. Laajennokseen voi myöhemmässä vaiheessa helposti asentaa toisen CNC-koneen, jolloin kapasiteetin kasvattaminen olisi tarvittaessa helppoa ja nopeaa. Työn jatkokehityskohteeksi jää myös tarkkojen investointilaskelmien tekeminen.

LÄHTEET

1. Toivanen, Timo 2015. Tuotantoinsinööri, Oy CrossLam Kuhmo Ltd. Katselmus 6.5.2015.
2. Stauder, Cameron 2013. Cross-Laminated Timber. An analysis of the Austrian industry and ideas for fostering its development in America. Itävalta: Fachhochschule salzburg: university of applied sciences. Saatavissa: http://www.marshallplan.at/images/papers_scholarship/2013/StauderCameron_2013.pdf. Hakupäivä 4.5.2015.
3. CLT-tuotteita suomalaisesta puusta. Oy Crosslam Kuhmo Ltd. Saatavissa: http://www.karelia.fi/puurakentaminen/files/CLT-elementtien_tuotanto.pdf. Hakupäivä 4.5.2015.
4. CLT - ristiinliimattu massiivipuulevy. 2011. Tekninen tiedote. Puuinfo. Saatavissa: <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/content/rakentaminen/suunnitteluohteet/CLT-ristiinliimattu-massiivipuulevy-cross-laminated-timber/CLT.pdf>. Hakupäivä 4.5.2015.
5. Tekniikan kaavasto. 2000. Tampere: Tammertekniikka Oy.
6. Rakennusmateriaalien hiilijalanjälki. Puuinfo. Suomen metsäsäätiö. <http://www.puuinfo.fi/sites/default/files/Rakennusmateriaalien%20hiilijalanj%C3%A4lki%20WEB.pdf>. Hakupäivä 4.5.2015
7. Haverila, Matti – Uusi-Rauva, Erkki – Kouri, Ilkka – Miettinen, Asko 2009. Teollisuustalous. Tampere: Hämeen kirjapaino Oy.
8. Tompkins, J. – White, J. - Bozer, Y. – Tanchoco, J. 2010. Facilities planning. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc.
9. Anchorage for timber elements transport. Rothoengineer. Rotho Blaas srl.
10. Työturvallisuuslaki. 738/2002. Finlex. Saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738>. Hakupäivä 27.5.2015.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Ville Kärnä

Tilaaaja Oy CrossLam Kuhmo Ltd.

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Timo Toivanen

Työn nimi CLT-levyn käsittelyajan tehostaminen

Työn kuvaus Ristikkäin liimatun puulevyn (CLT) käsittelylle etsitään nykyistä tehokkaampaa ratkaisua. Liimattu CLT aihio tulee kuljettimen päähän, josta se siirretään CNC-työstökoneelle. Työstökoneelta levy siirretään joko suoraan- tai pakkauksenjälkeen kuljetusauton lavalle. Levyn siirtely tapahtuu siltanosturiin liitettyllä puomilla käyttäen nostoliinoja tai nostoruuveja. Työssä tarkastellaan käytössä olevia laitteita ja etsitään niille vaihtoehtoisia ratkaisuja sekä aikataulutetaan levyn käsittelyyn kulunutta aikaa.

Työn tavoitteet Tavoitteena on selvittää mahdollisimman tehokas ratkaisu levyjen siirtelyyn ja pakkaukseen sekä selvittää vaihtoehtoisia laitteita ja toimintatapoja työhön. Työssä selvitetäisiin käytössä olevan aikataulun puitteissa myös muita logistiikkaa parantavia työvälineitä ja menetelmiä

Tavoiteaikataulu

Kevät 2015

Päiväys ja allekirjoitukset

12.2.2015



C Panel		1	2	3	4	5
nr.	paksuus mm	C	L	C	L	C
C1	60	20	20	20		
C2	80	20	40	20		
C3	80	30	20	30		
C4	90	30	30	30		
C5	100	30	40	30		
C6	120	40	40	40		
C65	140	50	40	50		
C7	100	20	20	20	20	20
C8	130	30	20	30	20	30
C9	160	40	20	40	20	40

L Panel		1	2	3	4	5	6	7
nr.	paksuus mm	L	C	L	C	L	C	L
L1	60	20	20	20				
L2	80	30	20	30				
L3	100	40	20	40				
L4	90	30	30	30				
L5	100	30	40	30				
L6	120	40	40	40				
L65	140	50	40	50				
L7	160	60	40	60				
L8	100	20	20	20	20	20		
L9	130	30	20	30	20	30		
L10	160	40	20	40	20	40		
L11	180	40	30	40	30	40		
L12	200	40	40	40	40	40		
L13	140	20	20	20	20	20	20	20
L14	180	30	20	30	20	30	20	30
L15	220	40	20	40	20	40	20	40
L16	260	50	20	50	20	50	20	50
L17	300	60	20	60	20	60	20	60