



Jürgo Krikuhhin

**KEEVITUS-
KONSTRUKTSIOONIDE
TOOTMISJAOSKONNA
EVITAMINE**

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond

Masinaehituse eriala

Tallinn 2015

Mina, Jürjo Krikuhhin, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Lõputöö autor

Jürjo Krikuhhin.....

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Üliõpilase kood 110820374

Õpperühm KMI81

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendajad

Marek Pakkin.....

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Märt Lehtsalu.....

Konsultandid

J.-E. Särak.....

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Kaitsmisele lubatud „.....“20....a.

Mehaanikateaduskonna dekaan Vello Vainola.....

Teaduskonna nimetus

Nimi ja allkiri

SISUKORD

SISUKORD.....	3
SISSEJUHATUS.....	4
1. BAASETTEVÕTTE TUTVUSTUS.....	6
2. ETTEVÕTTE TOODANG JA TOOTMISPROTSESS.....	8
3. TEHNOLOOGILISTE VOOGUDE PLANEERIMINE.....	14
4. TOOTMISJAOSKONNA PLANEERIMINE.....	23
5. ABINÕU PLANEERIMINE.....	30
6. MAJANDUSLIK OSA	33
KOKKUVÕTE.....	36
SUMMARY	38
VIIDATUD ALLIKAD.....	40
LISAD	42
Lisa 1. Tühjenduskoonuse koost	43
Lisa 2. Kruvikonveieri koost.....	44
Lisa 3. Tühjenduskoonuse tehnoloogiline spetsifikatsioon.....	45
Lisa 4. Kruvikonveieri tehnoloogiline spetsifikatsioon	46
Lisa 5. Praegune tootmise asendiplaan ja tehnoloogilised vood.....	47
Lisa 6. Tehnoloogilised vood praeguses tootmises	48
Lisa 7. Planeeritav tootmise asendiplaan ja tehnoloogilised vood.....	49
Lisa 8. Tehnoloogilised vood planeeritavas tootmises.....	50
Lisa 9. Keevitusjaoskonna plaan.....	51
Lisa 10. Teise tasandi plaan	52
Lisa 11. Juhend terviseriski hindamiseks raskuste käsitsi teisaldamisel.....	53
Lisa 12. Standardi ISO 3834-2, ISO 3834-3 või ISO 3834-4 valikut abistavad kriteeriumid	54

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö teemaks on uue keevituskonstruktsioonide tootmisjaoskonna evitamine. Lõputöö baasettevõtteks on OÜ Welmet, mis tegeleb peamiselt tellimuspõhiste metalltoodete valmistamisega. Nii väike, kui ka suurettevõtetel on ühine mure – olla edukas ja efektiivne e jätkuvalt konkurentsivõimeline. Igal ettevõttel, kellel on ette näidata omatoodang, on konkurentsivõimelisem kui ettevõtted, kellel ei ole omatoodangut. Konkurentsivõime säilitamiseks peab iga ettevõtte ennast nii tehnoloogiliselt kui ka uute juhtimissüsteemide kasutuselevõtmisega pidevalt täiustama. Selleks, et olla jätkusuutlik ka väikeettevõttena, tuleb kindlasti tagada tootmises ressursside ratsionaalne kasutamine. OÜ Welmeti läbilaskevõime on viimastel aastatel tänu toodangumahu suurenemisega jõudmas viimasele piirile ja sellest tingituna on ettevõttes suureks probleemiks ruumipuudus. Sellest ajendatuna vajab praegune tootmine laienemist ja ümberkorraldamist, samas jäädes ikkagi väikeettevõtteks ja pakkuda edaspidigi professionaalset allhanketeenust.

Lõputöö esimeses peatükis kirjeldatakse lähemalt baasettevõtet OÜ Welmet. Kirjeldatakse lühidalt tootmisettevõtte ajalugu ja sisestruktuuri, ettevõtte toodangut ja antakse lühiülevaade ettevõtte koostööpartneritest.

Lõputöö teine peatükk kirjeldab OÜ Welmeti toodangut ja tootmisprotsessi. Räägitakse lähemalt põhitoodangutest ja antakse lühiülevaade tootmismahjust.

Kolmandas peatükis kirjeldatakse praeguseid ja planeeritavaid tehnoloogilisi voogusid.

Lõputöö peaesmärgiks on uue 864m² keevitusjaoskonna projekteerimine ettevõttes. Sellest tulenevalt tahetakse vabaneda järgmistest probleemidest tootmises:

1. olemasoleva tootmishoone ruumipuudus,
2. ebaratsionaalsed tehnoloogilised vood,
3. keevitusgaaside ärajuhtimise ja töökohtade ventilatsiooni probleemid,
4. mitterahuldav materjalilogistika.

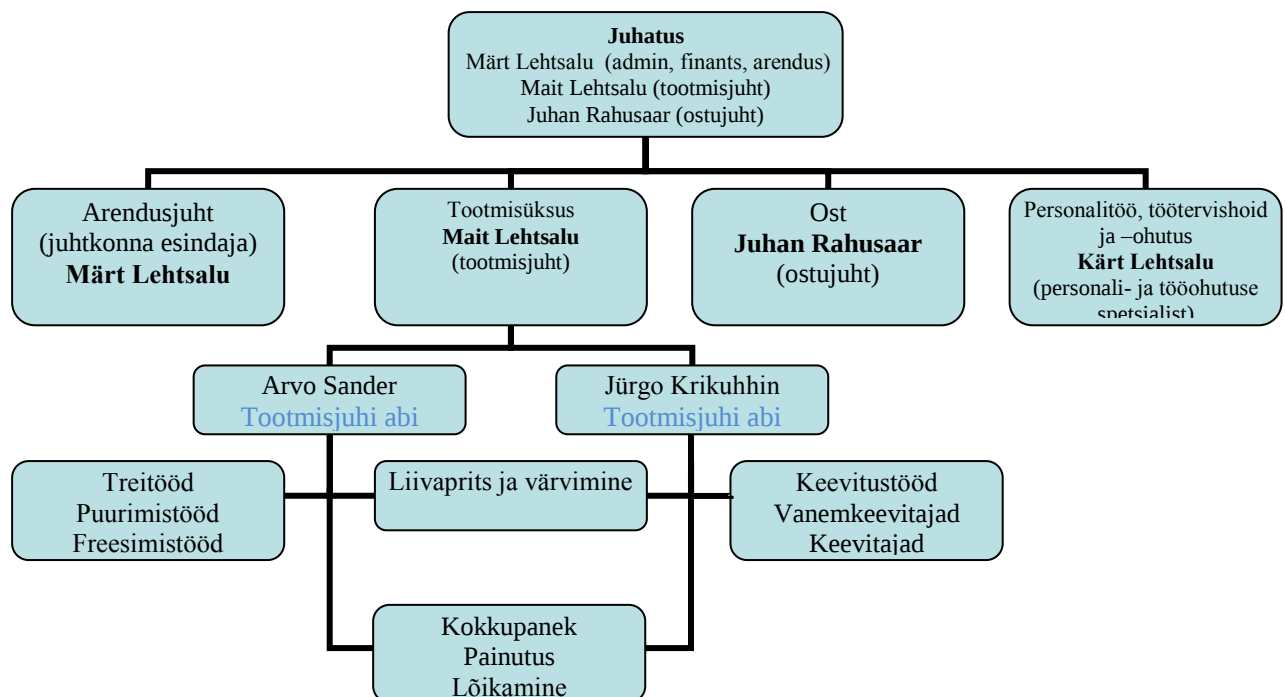
Viiendas peatükis teostatakse terviseriski analüüs teosektorite keevitamisel ja planeeritakse abinõu terviseriski vähendamiseks.

Majanduslikus osas näidatakse ära tootmise hetkelised ja planeeritavad majanduslikud näitajad, investeeringute maht ja tasuvusaeg.

Oma tööga annan ettevõttele selged põhjendused investeeringute tegemiseks ja juhiseid uue tootmisjaoskonna loomisel. Loodan, et tootmise ümberplaneerimine annab uut jõudu edasi arenemisel. Teema uudsus ettevõttes on esmakordne ja kindlasti aitab tulevikus olla konkurentsivõimelisem ja tootlikum.

1. BAASETTEVÕTTE TUTVUSTUS

Welmet OÜ on masinaehituse ja metallitööde ettevõte. Tegemist on ühe suurema ja stabiilsema tööandjaga Halinga vallas Pärnumaal. Tootmisettevõtte omab 24- aastast metallitööde ja masinaehituse kogemust. Ettevõtte põhineb 100 % Eesti kapitalil. Paremaks kvaliteedi loomiseks omandati kvaliteedijuhtimise sertifikaat ISO 9001:2008. Ettevõttes töötab tänasel ajal 37 inimest, kellest 2 on tootmisjuhi abi, 1 personali- ja tööohutuse spetsialist ja 3-liikmeline juhatus (ostujuht, tootmisjuht, finantsjuht). Tootmine toimub 3500 m² tootmispinnal [1]. Organisatsiooni struktuur on ära näidatud Sele 1.



Sele 1. OÜ Welmet organisatsiooni struktuur

Ettevõtte toodab täna [1]:

- Kruvi-, kett- ja lintkonveierid,
- kuiva puru ja pelleti hoidla tühjenduskoonused,
- palgi- ja saematerjali sorteerimisliinid,
- völliid ja ketirattad,
- ehituslikud metallkonstruktsioonid,
- korstnad ja multitsüklonid,
- põllu- ja metsamajandusmasinate ja nende komponentide valmistamine.

Ettevõtte poolt valmistatud seadmeid ja metallkonstruktsioone kasutatakse peamiselt [1]:

- saetööstuses,
- graanulitootmises,
- tselluloosi- ja paberitööstuses,
- jäätmekäitluses,
- kaevandustes,
- turbatootmises,
- metsa- ja põllumajanduses,
- (inseneri) ehituses.

Üks põhilistest klientidest ja koostööpartneritest on AS Hekotek. AS Hekotek on puidutöötlemise tehnoloogia seadmeid projekteeriv ja valmistav masinaehitusettevõtte [2]. Nende toodang moodustas 2014 aasta OÜ Welmeti müügitulust 87 %.

Tehakse koostööd ka Laitex OY, Jartek Invest OY, Technobalt Eesti OÜ, HABA Group OY, Nurme Turvas jms ettevõtetega.

2. ETTEVÕTTE TOODANG JA TOOTMISPROTSESS

Viimastel aastakümnetel on OÜ Welmet orienteeritud põhiliselt puidutöötlemise tehnoloogia seadmete valmistamisele. Aastal 1992, kui ettevõtte loodi, hakati paralleelselt põllumasinate parandamise ja valmistamisega koostööd tegema AS Hekotekiga. Esmakohtumine toimus Tallinnas mehhaanikamessil, kus kohtusid ettevõtete omanikud ja pika vestluse järel Welmeti võimaluste üle, löödi käded esimesteks proovitellimusteks. OÜ Welmetile andis eelise rullvaltside olemasolu ettevõttes ning esimesteks suuremateks töödeks ettevõttes oli kuiva puru tühjenduskoonuse valmistamine. Oli võimekus rullvaltsida koonuse küljeplekke paksusega kuni 5mm. 4 aastat hiljem oli koonustele juurde lisandunud kruvikonveierite valmistamine. Järk järgu haaval areneti ja usaldusväarsus kasvas. Tänapäeval ei ole OÜ Welmeti jaoks toodangut, mida ei suudetaks AS Hekotekile toota. Järgnevalt kirjeldatakse põhitoodangut ettevõttes.

2.1 Kuiva puru ja pelleti hoidla tühjenduskoonus

AS Hekotekis alustati hoidla tühjenduskoonuste projekteerimisega 1992 aastal. Koonuse projekteerimisel mõeldi sellele, et tal oleks võimalikult pikk eluiga ja et ettevõtte saaks rohke materjali hoiustamiseks kasutada vähest maapinda. Kõik see andis tõuke AS Hekotekile, et saada suurimaks saetööstusele ja bioenergeetikale seadmeid valmistav ettevõtte Balti regioonis. [2]

Koonuseid tänapäeval kasutatakse enamasti saepuru ja graanuli (pelleti) hoidlate väljalaadimise süsteemides. Efektiivseks muudab koonuse just tema kuju (Lisa 1). Saepuru või graanuli hoidlates saab koonuse külge monteerida erinevaid väljalaadimise süsteeme :

- sulgsöötja,
- katla etteande kruvikonveier,
- tühjendaja,
- autolaadimise kruvikonveier.

AS Hekoteki poolt tarnitavad hoidla koonused läbimõõduga 3600 mm on mahtuvusega 20-50 m³ ja läbimõõduga 5300 mm on mahtuvusega 80-200 m³. Iga koonuse aluseks on meie poolt toodetud tühjenduskoonus ja Hekoteki poolt on nn korrused, millest igaüks annab väiksemale koonusele

juurde ca 10 m³ ja suuremale koonusele ca 20 m³. Kõige mahukam koonus 200m³ koosneb meie poolt valmistatud tühjenduskoonusest 13m³ ja kaheksast korrusest ehk tsinkplekist silindrist mahuga 160 m³ ning koonuseline katus lisamahuga ca 27 m³ (Sele 2). Toodetavate koonuste karakteristikud on ära toodud Tabel 1.



Sele 2. Hoidla 200m³ koos väljalaadimisteoga 3D modelleerimises

Tabel 1

Tootevalikus olevate koonuste karakteristikud

Koonus [Ø/korruseid] [mm/tk]	Maht [m ³]	Maht [m ³] (ilma katusega)	Kõrgus [mm]	Mass [kg]
3600/1	20	15	7200	3300
3600/2	35	30	8700	3900
3600/3	50	45	10200	4500
5300/2	80	53	7500	4000
5300/4	120	93	10000	4400
5300/6	160	133	12500	4800
5300/8	200	173	15000	5200

Tavaliselt valmistatavad koonused on valmistatud kahes- või kolmes osas. See annab laadimisel võimaluse mahutada koonus efektiivselt veoki poolhaagisele (Sele 3).



Sele 3. Koonuse osad laetuna veoki poolhaagisele

2.2 Tühjenduskoonuse tehnoloogiline spetsifikatsioon

Tehnoloogiline spetsifikatsioon kirjeldab tühjenduskoonuse valmistamise protsessi operatsioonide järjekorras ning sisaldab andmeid kasutatavate materjalide kohta (Lisa 3).

2.3 Kruvikonveierid

AS Hekotek hakkas kruvikonveiereid projekteerima ja tarnima klientidele alates 1994 aastast. OÜ Welmet hakkas allhankena, vastavalt tellimusele, kruvikonveiereid tootma alates 1996 aastast. Sel ajal ja tänapäeval on kruvikonveierite nõudlus maailmas üsnagi suur. Neid kasutatakse mitmetes erinevates tootmisvaldkondades:

- puidutööstus,
- toiduainetööstus,
- põllumajandus,
- energeetika,
- mäetööstus.

Kruvikonveierid, mida toodab OÜ Welmet kasutatakse enamasti saepuru ja pelletigraanuli transportimiseks erinevate seadmete vahel ja katlamajade etteande süsteemides. Enamasti siis, kui seadmete vahe ei ületa 7 meetrit. 7 meetrit on piiratud konveieri pikkus, kui konveieri pikkus seda ületab, siis on oht, et teo keermeosa hakkab läbi painduma. Kui kruvikonveier peab vedama kaugemale kui 7 meetrit, siis tehakse kruvi kahes osas, ühendatuna vahepuksidega (Sele 4). Tootevalikusse kuuluvad ka roostevaba (AISI 304) kruvikonveierid, mida kasutatakse ülikuumades tingimustes. Näiteks katla tuhaärastus koldest.



Sele 4. 14 meetrise filtrikruvikonveieri ühenduskoht vahepuksidega

Kruvikonveieri eluiga oleneb transporditava materjali abrasiivsusest, et mida rohkem on mineraale, seda rohkem kulutab see kruvi keeret. Heades tingimustes on teada kruvikonveiereid, mis on töödanud 10-15 aastat ilma pretensioonideta.

Kruvikonveieri tootlikkust saab määrata kruvi läbimõõdu ja pöörete arvuga. Samas tuleb arvestada reduktormootori võimsusega, et tigukonveieri töö ei oleks väga kulukas, vaid oleks kõige efektiivsem. Tabelis 2 on ära toodud põhilised kruvikonveierite karakteristikud.

Tabel 2

Tootevalikus olevate kruvikonveierite karakteristikud

Keerme läbimõõt, mm	Toru läbimõõt, mm	Samm, mm	Kasutegur	Kiirus p/min	Tootlikkus m ³ /h
Ø 250	Ø 127x8	270	0,9	42	25
Ø 315	Ø 139,7x8	300	0,9	28	35
Ø 400	Ø 168,3x8	375	0,9	53	90
Ø 500	Ø 219x8	400	0,9	69	235
Ø 630	Ø 219x10	450	0,9	38	215

Kruvikonveierite plussideks on kindlasti efektiivsus, kuna nad tarbivad vähe elektrienergiat, on kaetud kaantega st ,et on tolmuwabads ning väikeste ülalpidamiskuludega. Miinusteks võib nimetada, et transporditava materjali fraktsioon on piiratud (kuni 20x20x8 mm). Suuremad materjali fraktsioonid võivad põhjustada kinnikiilumise ja võib kruvi kahjustada. OÜ Welmeti põhiliseks toodetavaks kruvikonveieriks on Ø 400 ja pikkusega 7000 mm, tootlikkusega 90 m³/h (Sele 5). Koostu joonis on ära näidatud Lisa 2.



Sele 5. Kruvikonveier tootmises Ø400 L=7000 mm

2.4 Kruvikonveieri tehnoloogiline spetsifikatsioon

Tehnoloogiline spetsifikatsioon kirjeldab kruvikonveieri valmistamise protsessi operatsioonide järjekorras ning sisaldab andmeid kasutatavate materjalide kohta (Lisa 4).

2.5 Ettevõtte tootmismaht

Baasettevõtte tootmismahud on ära näidatud tabelis 3. Tabelist on näha, et tootmismaht tonnides on eelnevatel aastatel olnud stabiilne, kuid toodangu väljamüügihinnas on toimunud muutused. Ettevõtte on suutnud õige natuke lisandväärtust toote kohta tõsta. Planeeritavas tootmises tahetakse läbilaskevõimet suurendada ja sellest tulenevalt ka tootmismahtu. Tänapäeva konkurentsitingimustes on toodete hinda raske juurde kaubelda, siis hetkel jäetakse väljamüügihind samaks. Tuleviku perspektiivis loodab ettevõtte lisandväärtust toote kohta suurendada.

Tabel 3

OÜ Welmeti tootmismahud

Näitaja	Ühik	2013 a.	2014 a.	Planeeritav
Müügitulu	tuh/€	1275	1430	1930
Tootmismaht	t	634	635	860
Toodangu väljamüügihind	€/kg	2,01	2,25	2,25

3. TEHNOLOOGILISTE VOOGUDE PLANEERIMINE

Et mingisugune organisatsioon saaks olla tõeliselt mõjus, peavad kõik tema koostisosad korralikult koos töötama. Iga osa, iga tegevus, iga üksikisik mõjutab organisatsioonis teisi ja mõjutavad omakorda teda [3, p. 15]. Tehnoloogilised vood peavad toimuma teatud kindlas järjekorras, neile omaste sisemiste seaduspärasuste kohaselt. Ratsionaalse koostöö loomine mitmesuguste protsesside vahel ja iga protsessi sisemiste elementide vahel ongi organiseerimistegevuse ülesanne. Tehnoloogiliste voogude ja tootmissüsteemide absoluutset töökindlust ning stabiilsust on aga äärmiselt raske ja võiks ka öelda peaaegu võimatu saavutada, sest mitmesuguseid mõjutegureid on väga palju ja nende vastastikused seosed keerukad. Et saavutada protsessides ja tootmissüsteemide süsteemides nõutav stabiilsus ning jõuda püstitatud eesmärgini, on vajalik tootmissüsteemi kõigi tegevusalade ratsionaalne juhtimine, kontrollimine, reguleerimine ja sellega seoses tehnoloogiliste voogude ümberkorraldamine ettevõttes [4, p. 11].

3.1 Hetkelise olukorra võimalused ja lühiülevaade

Tootmisprotsess koosneb paljudest üksteisele järgnevatest tehnoloogilistest ja mittetehnoloogilistest operatsioonidest. Tootmise otstarbekas korraldamine kujutab endast sellist operatsioonide ajalist ühendamist, mille tulemusel üks operatsioon järgneb teisele võimalikult lühikese ajavahemiku järel. Mida väiksemad on operatsiooni vaheajad, seda lühem on kogu tootmistsükkel ja seda lühem on rahatsükkel. Operatsioonide otstarbekaks ajaliseks ühendamiseks tuleb organiseerida tööobjektide plaanipärane liikumine ja valida õiged kulgemisviisid ehk vood [4, p. 17]. Seda OÜ Welmeti tootmises juurutatud ei ole. Visuaalne hinnang tootmisruumides annab tunnistust, et raiskamise enamlevinud liigiks on ruumipuudus, millest tingituna on ettevõttes pidevalt üksteise järel ootamine (Sele 6).

OÜ Welmetil on olnud loomise algusest peale tootmiseks 3500 m² pind. Sellest ajast kuni tänapäevani ei ole tootmises muutunud tehnoloogiliste voogude planeerimisel midagi. Ikka ollakse jätkatud nn vana rada ja harjutud sellega ning et nii see peabki olema, samas see ju töötab. Kuna viimasel 2 aastal on lisandunud uusi turge ja selle ajendil on tootmismahud järk-järgult kasvanud, siis on hakatud märkama seda, et on tekkinud nn pudelikaelad, mis on hakanud tootmise

planeerimist segama, tekitades palju ootamist, mittevajalikke liigutusi, logistilist ebatäpsust ja teadmatust ettevõttes. Lühidalt on igas tootmisruumis erinevad tootmisprotsessid liiga tihedalt koos. Kõik see aga nõrgendab ettevõtte konkurentsivõimet erinevatel turgudel edasi tegutsemisel. Tootmist planeerida on väga raske ja aeganõudev.



Sele 6. Ruumipuudus III tootmisruumis, 4. aprill 2015

Tootmises toimub välistransport diiseltõstukiga Linde H60D, tõstejõuga 6T ja tootmisaasta 2008. On tagavaraks üks diiseltõstuk GAZ 5T ja bensiiniga LVOVSKII 4014 tõstejõuga 5T. Mõlema valmistamisaasta jääb 1970-datesse.

Väiksemate detailide ja pooltoodete transport toimub ettevõtte sisetingimustes kahvelkärudega, st et kasutatakse enamasti EUR kaubaaluseid 1200x800 mm, millele on võimalus paigaldada eemaldatavad ported kõrgenduseks. Kahvelkärude tõstevõime on 1,6T, vajavad vähe ruumi ja betoonpind võimaldab transporti sooritada. Elektritõstukit ei ole praegustes kitsastes tingimustes võimalik kasutada.

Ettevõtte tootmispind on jagatud kolme suurde ossa (Lisa 5):

- I tootmisruum,
- II tootmisruum,
- III tootmisruum.

Igat tootmisruumi on paigaldatud teenindama kaks sildkraanat, igaüks neist on 5T tõstejõuga. Tõstekõrgus on I tootmisruumis 4000 mm ning II-ja III tootmisruumis on 6000 mm. Pealelaadimine toimub enamasti väljas aga kui toodangule on ette antud tingimused, et peab olema puhas ja kuiv,

siis hoiustatakse toodangut siseruumides ja tõstetakse peale seest. Väga palju kasutatakse sildkraanasi ka erinevate detailide transportimiseks tootmisruumide piires, kuna ruumipuuduse tõttu on lihtsam ja kiireim viis tõsta otse üle toodete.

Toodangu valmistamiseks on ettevõttel kasutada konkurentsivõimeline seadmeпарк. Saagimise osakonnas teenindab kaks PILOUS saagi, trei-ja freesimisruumis on mitmeid nõukogudeaegseid trei-ja freespinke, on soetatud üks CNC juhtimisega KNUTH treipink tagamaks detailidele suuremat täpsust ja, et toote omahinda alandada. Puurimis-ja keermestamise ruumis asuvad erinevad nõukogudeaegsed puurpingid nii väiksemate, kui ka suuremate tööde tegemiseks. Leiab tootmisest veel plasma-ja gaasilõikepingi KALIBURN, lehtmaterjali giljotiin, painutuspink AMADA, rullvalts, MIG/MAG ja TIG keevitusseadmeid ettevõttelt TELWIN. Enne värvimist töödeldakse detailide pind liivaga, täpsemalt liivapritsimise teel, mille tulemusena saavutatakse puhas pind ning hiljem toimub värvimine selleks ettenähtud värviruumis.

3.1.1 Praegused tehnoloogilised vood tootmises

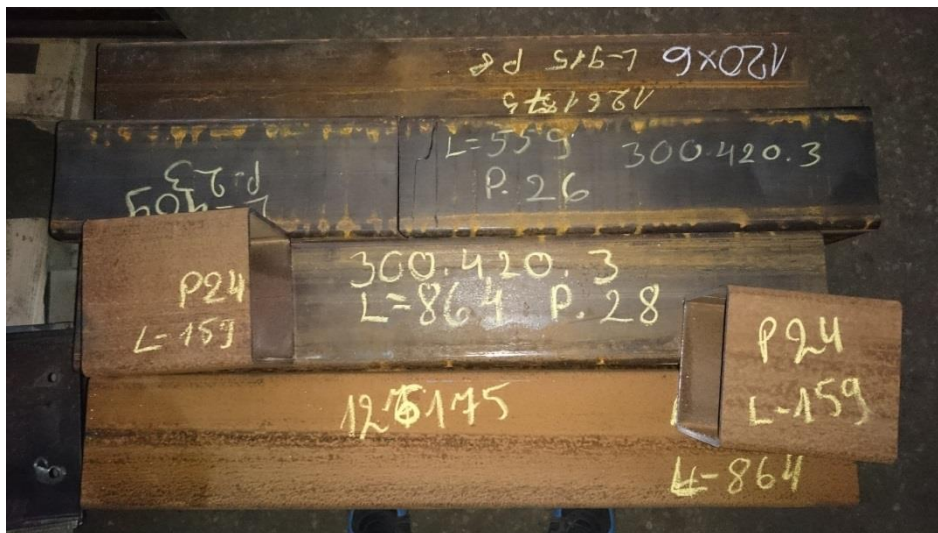
Kogu tootmine algab välilaost, kus erinevaid materjale teenindab erinevate tootmisprotsesside vahel tõstukijuht. Omavaheline ühendus tootmisjuhtide, saamehe, plasmalõike operaatori ja lukkseppade vahel toimub raadiosaatjate teel. Sellisele lahendusele tuldi alles hiljuti ja see kiirendas kogu protsessi märgatavalt.

Esimene tähtsaim tööprotsess on ettevõttes saagimine, mida teenindab igapäevaselt tõstukijuht. Esimene probleem tootmises on profiilmaterjalide välilao asukoht. Materjalide kohaletoimetamine võtab palju ressursi ja takistavaks faktoriks on liivapritsimine. Kui toimub detailide puhastamine liivaga, siis tõstukijuhil ei ole võimalik materjale saeraamile toimetada. Toimub ootamine.

Hiljem profiilmaterjalid saetakse mõõtu vastavalt joonistel antud mõõtmetele. Kõige lühema tee leiavad toorikud treimise ja freesimise osakonnas, mis asub saagimisega samas ruumis. Muud toorikud liigutatakse kas kahveltõstukite või käru abil puurimise- ja keermestamise osakonda ja vastavalt vajadusele keevitajatele tootmises. Suuremate profiilmaterjalide transportimiseks kasutatakse sildkraanasi või viimasel juhul tõstukijuht transpordib need väljast keevitajateni. Kui toimub projekti ette saagimine, siis ladustatakse toorikud tavaliselt I tootmisruumi aladele. See tekitab ruumipuudust ja vajalike liikumisteede ummistust.

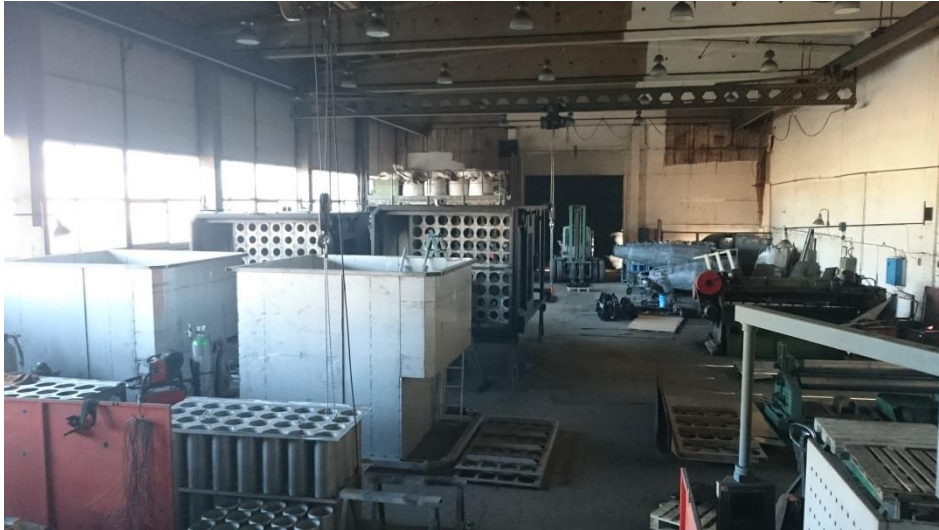
I tootmisruumis toimub koostude monteerimine, detailide keevitamine ja aeg-ajalt värvimistööd (Lisa 6). Montaaži jaoks transpordib detailid sisse ja välja tõstukijuht. Keevitaja otsib oma

projektile vastavad detailid ise üles ja transpordib need sildkraana või kahveltõstuki abil tööalale. Enamasti leiab keevitaja oma detailid kas saagimise, plasma-ja gaasilõike või detailide puhastuse alalt. Kõikidele detailidele on üheselt peale kirjutatud projekti number, mille abil leiab keevitaja vajaminevad detailid üles (Sele 7). Kuna I tootmisruumi keevitajate liikumistee detailide puhastuse ja plasmalõike pingi vahel on suhteliselt suur, siis kasuliku tööaja kasutamine on tugevalt häiritud. Arvestades, et keevitamine on ettevõttes põhiprotsess, siis rahalises väärtuses kaotab ettevõtte piisavalt palju, et hakata mõtlema selle parendamisele. Hinnanguliselt kaotatakse aastas kasulikust tööajast 10%.



Sele 7. Projekti numbrid detailide peal

II tootmisruumis toimub keevitamine, detailide ettevalmistus- ja puhastus (Lisa 6). Seda ruumi teenindab vastavalt vajadusele tõstukijuht. Enamasti keevitajatele detailide sisse toomisel gaasi-ja plasmalõikusest, saagimisest või välilaost lehtmaterjali näol. Detailide ettevalmistuse ala peal asetsevad painutuspingid, rullvalts ja giljotiin lehtmaterjali töötlemiseks. Neid varustab materjali ja gaasi-ja plasmalõike detailidega tõstukijuht, kui on tegemist suuremate detailidega. Kergemad detailid on ladustatud tavaliselt EUR alustele ja kui liikumisteed parasjagu lubavad, toimub transportimine käsikahveltõstukitega. Kogemuste põhjal on tõdetud, et enamasti kogu see protsess võtab tohutu aja. Tootmisruumid on tavaliselt üle ladustatud. Ei ole kindlat organiseeritust ja ladustatakse sinna, kus vaba ruumi on (Sele 8). Sildkraanade järgi ootamine on suurimaks ajakuluks II tootmisruumis. See tekitab erinevate protsesside teostajate vahel pingeid ja motivatsiooni langust.



Sele 8. II tootmisruum

III tootmisruumis toimuvad keevitusprotsessid ning plasma-ja gaasilõike tööd (Lisa 6). Nagu eelnevates tootmisruumides, teenindab neid samuti tõstukijuht. Kuna ettevõtte ruumid on ette seadnud mõningad piirid, siis lehtmaterjali pealelaadimine plasmalõike pinki toimub väljaspool siseruume (Sele 9). Selleks on ettevõttel kasutada puldiga juhitud plasmalõikus laud, mis liigub raudteerelsside peal läbi seina välja. Seal toimub koostöös tõstukijuhiga pealelaadimine ja laud liigutatakse sisse töösandisse tagasi. Lõiketöödeldud detailid ladustatakse kas EUR alusele, kastidesse või kärudele ja transporditakse edasi I või II tootmisruumi aladele. Samas ruumis olevad keevitajad transpordivad endale detailid ette sildkraanadega või käsi kahveltõstukitega. Sele 6 pealt on visuaalselt näha, mis olukord seal tavaliselt vastu vaatab.



Sele 9. Materjali laadimine väljastpoolt

Tavaterase detailide puhastamine mustusest ja korrosioonist toimub suruõhujoas liivaga, v.a roostevaba detailid. Roostevaba detaile puhastatakse tavaliselt happepesu teel OÜ Scanmetis. Kui detailide pealispind on liivaga töödeldud, liiguvad nad edasi värvimisruumi. Seal teostatakse vastavalt kliendi nõudmistele kruntimine ja värvimine. Ettevõttes soojaruumi eraldi pole, siis tavaliselt kuivavad detailid värviruumis. Sel ajal ei toimu värvimist ja tootmine seisab. Kui ilm lubab ja toode/detail võimaldab, siis tuuakse välja kuivama. Seal tekib aga tavaliselt probleem liivaga töötlemisel tekkiva tolmu, mis tahes-tahtmata tekib kuna pritsitakse õues ja tuul veab tolmu vastavalt suunale. Värvimise kvaliteeti kontrollitakse hiljem visuaalselt ja värvipaksuse mõõtmine toimub elektroonilise mõõteriistaga. Kui kõik tingimused on täidetud, liiguvad detailid edasi lõppkoostamiseks I-sse tootmisruumi (Sele 10).

Senine tsehi plaan ei võimalda toota sujuvalt, iga protsess mõjutab mingil määral teist ja tootmine on tugevalt häiritud. Selleks on vaja teha ümberkorraldusi ettevõtte plaanis. Planeeringu peaeesmärgiks on luua uus keevitusjaoskond, mis tagaks tootmisruumides mugavad ja ohutud töötingimused ning töötajate tööaja efektiivne kasutamise [4].



Sele 10. Montaažitöid teostatakse I tootmisruumis

3.1.2 Tehnoloogiliste voogude ümberkorraldamise suurim mõjutegur

Keevitusosakonda tootmises eraldi ei ole. Keevitajatel on kujunenud välja töökohad kus nad töid teostavad, kuid kõik võib muutuda vastavalt töö iseloomule. Ei ole suudetud organiseeritult kogu ahelat paika panna. Praegu toimub keevitus igas tootmisruumis (Lisa 6) ja kahjuks ettevõtte ventilatsioonisüsteem on amortiseerunud ja on üleval suur terviseriski oht.

Keevitamisel tekib nn keevitussuits, mis sisaldab kahjulikke ühendeid, metalliaurusi ja gaase. Nende kahjulikkus sõltub keevitavast materjalist, lisamaterjalist ja kasutatud keevitusprotsessist, seetõttu peab keevituskohas olema nõuetekohane ventilatsioon, mis garanteeriks sobiva õhuvahetuse.

Legeerimata teraste keevitamisel on üle 80% tekkivatest ühenditest tervisele kahjutud. Kõrglegeerterase ja roostevaba terase keevitamisel on kahjulikeks kroomi ja nikli ühendid, mis võivad olla vähitekitajateks. Alumiiniumi keevitamisel tekkivad metalliaurud ja aerosoolid on mürgised ja võivad põhjustada Alzheimeri tõbe [5, p. 168].

Keevitamise kaitsegaasid CO₂, Ar, He ja N₂ on mittemürgised, kuid kinnistes ruumides keevitades võivad need välja tõrjuda õhu ja esile kutsuda keevitaja lämbumise. MAG keevitusel moodustub vähesel määral vingugaasi, mistõttu kinnistes ruumides ja mahutites keevitades on vaja tugevat töökoha ventileerimist [5, p. 168].

Keevitajatel on kasutada hetkel 14 MIG/MAG keevitusseadet süsinikterase keevitamiseks ja 3 TIG keevitust roostevaba terase jaoks, vahel harva ka alumiiniumist detailide kokku keevitamiseks.

Uue keevitusjaoskonna evitamisega lahendatakse probleem korraliku ventilatsiooni ja keevitussuitsu ärajuhtimis süsteemi loomisega. Vana tootmishoone jääb põhiliselt keevitussuitsu vabaks.

3.2 Planeeritavad tehnoloogilised vood ettevõttes

Juhtivaks subjektiks ja juhitavaks objektiks organisatsioonis on inimene, st juhtimine lähtub inimesest ja on suunatud inimesele. Sealjuures on juhtimine suunatud ka vajalike ressursside soetamisele ja eesmärgipärasele kasutamisele. Juhtimine peab tagama tööstusettevõtte plaanipärase arengu ning kõigi tema koostisosade harmoonilise ja häireteta tegevuse. Töökoha organiseerimise all mõistetakse abinõude rakendamist niisuguste tingimuste loomiseks, mis võimaldavad töötada kõrge tootlikkusega, tagavad seadmete ratsionaalse kasutamise, tööliste võimalikult väiksema väsimise ja tervise säilitamise [4, p. 136].

3.2.1 Tootmise operatiivne planeerimine ja juhtimine

Töö operatiivne juhtimine töökohtadel on üks tootmisjuhi raskemaid igapäevaseid ülesandeid. Juhtides tootmist nii, et otstarbekalt koormata ressursse, hoida tootmises ära kitsaskohti, tagades seejuures võetud tellimuste tähtajalise täitmise, suure tootlikkuse ja kasumliku tootmise – see on

üks keerukamaid ülesandeid. Selle realiseerimiseks on vaja tootmissüsteemi head tundmist ja selle tõhusa toimimise tagamist [6, p. 343].

Tootmise operatiivse planeerimine ja juhtimine hõlmab näiteks järgmiste ülesannete lahendamist [6, p. 344]:

- töökäskude koostamine (ingl k. *job release*),
- töö dispetšimine (ingl k. *job dispatching*),
- lühima ajaga töö esimesena (ingl k. *shortest process time – SPT*),
- varasema tähtaja reegel (ingl k. *earlist due date – EDD*),
- sisendi - väljundi juhtimine (ingl k. *input/output control*).

Tootmisprotsessi organiseerimise põhinõueteks on [4, p. 16]:

- tootmise võimalikult kitsam spetsialiseerumine,
- tööobjektide võimalikult otsesuunaline liikumine,
- tootmise proportsionaalsus,
- paralleelsuse, pidevuse ja rütmilisuse tagamine.

Toodete liikumise otsevoolulise ja omavahel seotud tootmisallüksuste maksimaalse läheduse üksteisele tagab otstarbekas paigutamine vastavalt ettevõtte võimalustele [4, p. 32]. See kõik paneb proovile tootmisjuhi pädevuse tootmise efektiivsel planeerimisel.

3.2.2 Tehnoloogiliste voogude ümberkorraldamine

Tootmine vajaks radikaalset ümberkorraldamist, kuna tootmise praegune seis ei anna võimalust toota efektiivselt. Pakutakse välja lisa tootmispinna planeerimist, mis eeldab eri üksuste ümberkorraldamist vähendamaks erinevatel tootmisetappidel seisakuid ja arusaamatusi, mis on tavaks saanud kitsastes tootmistingimustes.

Lisa tootmispinna all mõeldakse uue keevituskonstruktsioonide tootmisjaoskonna evitamist, millest tehakse täpsemalt juttu järgmises peatükis.

Uue jaoskonna evitamine viiks praegusest tootmisest välja enamus keevitajatest. Selle tulemusena vabanevad tootmispinnad, mis annab võimaluse tootmise ümberplaneerimiseks. Uus tsehhi plaan koostatakse vastavalt ettevõtte võimalustele. On selgelt näha, et tehnoloogiliste voogude liikumine on vabam ja erinevad tootmisprotsessid on jaotatud laiemalt igas tootmisruumis. Toimunud on muudatused igas tootmisruumis (Lisa 8).

I tootmisruumis hakatakse tegema montaažitöid. Vana plaani järgi toimus seal mitmeid erinevaid tööprotsesse koos, oli suur segadus ja must õhkkond, siis uue plaani järgi, kliendi vaatenurga alt vaadates, on uksest sisse astudes kohe võimalus tutvuda valmistoodanguga, vabad liikumisteed ja tolmuvaba õhkkond, mis annab ettevõttele võimaluse jätta klientidele hea esmamulje. Toorikud ja detailid saavad vabamalt liikuda, võimalus tuua monteerimiseks sisse rohkem detaile ja sellega seoses kindlustatakse, et tootmistsükkel lüheneb. Kõik montaažiks vajalikud detailid ja osakoostud transpordib töstukijuht vastavalt tootmisjuhi plaanidele.

II tootmisruumi jääb detailide ettevalmistus ja lisandub juurde saagimine. Keevitusjaoskonna evitamisega vabanes tootmispind ja saagimisele leiti logistiliselt parem asukoht. Uue plaani järgi kolib metalli väliladu tootmisele lähemale ja see garanteerib lühikesed ooteajad saeraamil. See on võimalik tänu liivapritsi kaotamisega tootmises. Liivaga töötlemine asendatakse haavelduskambriga (Lisa 5).

II tootmisruumi tööprotsessi valmistatavad detailid ladustatakse transpordikärudele, mille töstukijuht transpordib keevitusjaoskonda. Seal toimub detailide keeviskoostamine.

III tootmisruumi plaanitakse jätta üks keevituse ala ja suurendada gaasi-ja plasmalõike ala. Keevituse alal hakatakse keeviskoostama kruvikonveieri kruvisi. Kuna sisetoru tuleb saagimisest, sektorid plasmalõikest ja tapid treimisest, siis on otstarbekas jätta kruvide keevitamine sinna. Gaasi- ja plasmalõike ala suurendamisega tekib rohkem ruumi detailide ladustamisele. Varasemalt veeti detailid õue vihma ja tolmu kätte. Idees plaanitakse pikendada ka lõikelaud 6 meetri pealt 12 meetriseks. See peaks tagama suurema läbilaskevõime kuna ettevalmistusajad peaksid vähenema.

Planeeritakse lisa värviruum ja montaažiruum tootmise ettevõtte pudelikaelte kaotamiseks (Lisa 7).

Kõik planeeritavad muudatused eeldavad seda, et ettevõttes evitatakse uus keevituskonstruktsioonide tootmisjaoskond.

4. TOOTMISJAOSKONNA PLANEERIMINE

Tootmisjaoskond on tootmissüsteemi osa, mis on ette nähtud ja vastutab teatud liiki toodete valmistamise eest, tehes parimal võimalikul viisil kindlaksmääratud tehnoloogilisi operatsioone [7, p. 23]

OÜ Welmeti põhiprotsess on keevitamine ja sellest tulenevalt on peaesmärgiks seatud uue keevitusjaoskonna loomine ettevõttes (Lisa 9) . Uue jaoskonna asendiplaan territooriumil on projekteeritud vastavalt ettevõtte võimalustele, kasutades ära tühjast laohoonest põhja suunas asuvat pinda. Hetkel seal asub haljastus ja kasutamata laohoone (Lisa 7).

4.1 Projekteerimise nõuded

Baasettevõtte poolt püstitatud nõuded projekteerimisel:

- keevitusjaoskond mõõtudega 24x36 m,
- hoone teraskonstruksioonidest ja seinad sandwich paneelidest,
- hoone kõrguse määrab ära sildkraanade konstruktsioon,
- sildkraanade arv 4, jaotatud ära kahe löövi vahel 2x2 tk,
- sildkraanade tõstekõrgus konksu alla 6m ja tõstejõud 4,99T,
- postid, talad, fermid valmistab baasettevõtte ise etteantud jooniste järgi,
- tööstuslikud tõsteuksed 5x5 m, 2 + 2 ust otstes,
- kütteks õhksoojuspump,
- ventilatsioon soojustagastusega ja keevitussuitsu eemaldusega,
- keevitusgaasi liikumine keevitusagregaatidesse tsentraalsüsteemis,
- tööstuselekter,
- valgustus,
- teine tasand keevitajate olmeruumide ja kontori tarbeks.

Antud jaoskonna nõuded projekteerimisel esitati hinnapakumiseks Nordecon AS-le, kes koostas lähtudes ette antud tingimustest hinnapakumise:

- Projekteerimine,
- Üldehitus,
- Välisrajatised ja pinnasetööd,
- Hoone sisesed eriosad,
- Üld-ja juhtimiskulud.

Pakkumine ei sisaldanud sildkraanasi ja nende kandetalasi. Lisainfoks jagati, et kui läheb töösse, siis projekteerimise käigus leitakse juba kõige optimaalsemad ja õiged lahendused. Projekti kestvuseks on 7 kuud. Kõik rahalised väärtused on ära toodud majanduslikus osas (ptk 6).

4.2 Planeeritav jaoskond

Seadmete ja töökohtade paigutamisel lähtutakse nii, et ei tekiks takistusi toorikute, pool-ja valmistoodete liikumisel ühes tootmishoone otsast teise. Seadmed tuleks paigutada nii, et tõstukil oleks võimalus vabalt liikuda. Hea planeerimine ja protsesside juhtimine vähendab kindlasti üksteise järel ootamist. Ootamine töökohtadel vähendab töökultuuri ja suurendab asjatult pingeid.

Kogu toomispinnaks on arvestatud 864 m². Jaoskonna töökohtade planeerimisel lähtutakse sellest, et 16 keevitajat saaksid vabalt teostada keeviskoostamist. Kui ühe löövi laiuks tuleb 12 meetrit siis tuleks keevitusala planeerimise juures arvestada sellega, et hoonet läbiv liikumistee oleks piisavalt vaba. Puht kogemuslikult arvestatakse enamus keevitajatele tööalaks minimaalselt 16 m², mis peaks olema piisav meie tootmise iseloomule. Kaks tööala plaanitakse suuremate konstruktsioonide keeviskoostamiseks . Metalli jäätmete jaoks on jaoskonnas kaks jäätmekonteinerit.

Hoonesse on planeeritud teenindama keevitajaid elektriline virnastaja Liftstar, tagamaks tervise säästmise hoonesisestel transporditöödel ja mis peaks tagama ka efektiivsema ajakasutuse. Virnastaja jaoks on tootmises planeeritud laadimispunkt, kus toimub laadimine. Virnastaja tõstejõud on 1,6T ja tõstekõrgus 5 meetrit (Sele 11).



Sele 11. Elektriline virnastaja Liftstar WS95-16

Jaoskonna kohal hakkab keevitajaid teenindama neli 4,99T tõstejõuga raadioteel juhitud tross-telfriga sildkraanat ettevõttelt Konecranes. Kuna hoone on jaotatud kaheks eraldi lööviks, siis kummalegi poole jääb tööle kaks sildkraanat. Raadioteel juhtivate kraanade kasuks otsustati sellepärast, kuna praeguses tootmises on enamikel kraanadel kaabel suhteliselt lühike ja oht vigastuste tekitamiseks väga suur (Sele 12). Konecranesi poolt pakutavate kraanade plussid [8]:

- kõikumise juhtimine,
- automaatne asetamine,
- raputuse vältimine,
- tigu liikumine,
- kokkupõrke vältimine.



Sele 12. Tsükloni ümberpööramine

Võitmiseks ajas ja rahas hakkab keevitusagregaate täitma tsentraalsüsteemis gaasiramp, mis asub väljaspool siseruume. Seda selleks, et tõstukijuht saaks ohutult ja lihtsalt gaaside paketid ümber vahetada. Praeguses tootmises asuvad keevituse kaitsegaasid oma ettenähtud kohas ja iga keevitaja peab oma ballooni vahetamiseks kulutama märkimisväärselt aega. Kõik see on vastuolus ettevõtte eesmärkide saavutamiseega.

Tööaja efektiivseks kasutamiseks planeeritakse hoonesse olmeruumid ja kontor jaoskonna juhataja jaoks. Selleks on arvestatud 40 m² ala. Tahetakse ehitada nii, et tekiks teine tasand, mille alla jääks ruumi remondialale, keevitus jms tarvikute ladustamisele ja tööriistalaole. Tasandi kontorisse on planeeritud arvuti ja printer vajalike tööde tegemiseks, söögituba vahe-ja lõunapauside tegemiseks, riietus-ja pesuruum ning wc (Lisa 10).

Väiksemate operatsioonide tegemiseks on planeeritud tuua üle praegusest hoonest keevitajatele kasutada väike puurpink, lintkäi ja tavaline käi.

Suruõhuga hakkab jaoskonda varustama laohoonesse paigaldatud Atlas Copco GA37, mis üleüldiselt jääb teenindama peale keevitajate veel värviruumi ja haaveldust.

Tulekustutite vajadus arvutati vastavalt „Nõuded esmastele tulekustutusvahenditele ja nende vajadus“ järgi [9]. 1 tulekustuti iga 150 m² kohta, kuid vähemalt 2 tulekustutit igale korrusele. Tulekustutite arv leitakse valemiga (1) :

$$n = \frac{S_{kj}}{150}, \quad (1)$$

kus n – tulekustutite arv tk;
 S_{kj} – keevitusjaoskonna pindala m² ;
 150 – tingimus tuleohutusklassi järgi m².

$$n = \frac{864}{150} = 5,76 \sim \text{valin 6 kustutit.}$$

4.3 ISO 3834 keevitustööde kvaliteedisüsteemi sertifitseerimine

Seoses olukorraga ja nõudmistega turul oleks vaja koos keevitusjaoskonnaga juurutada ettevõttes keevitustööde kvaliteedisüsteem ISO 3834.

Kogu selle idee, alates taotlemisest kuni lõpuks selle sertifikaadi saamise jaoks arvestatakse protsessi läbiviimiseks 3-5 kuud. Idee on olnud ettevõttes tegelikult päris pikalt. Reaalne mõte tuli tegelikult sellest, et teatud hangete korral oli toodetele sisse kirjutatud nõue ISO 3834 sertifikaadi osas. Kuna seda ettevõttel ei ole, siis oldi sunnitud nendest hangetest kõrvale jääma.

Seda oleks vaja juurutada selleks, et ettevõtte võidaks sellest korrastatud toimimisprotsessi ja ka olulise müügiargumendi nt sise-ja välisturgudel ning suhtlemisel sise-ja välisklientidega.

4.3.1 Sobiva kvaliteedinõuete taseme valiku kriteeriumid ISO 3834-1 järgi

Sulakeevituse protsesse kasutatakse laialdasemalt mitmesuguste keevitsoodete valmistamiseks. Mõnes ettevõttes on nad tootmist iseloomustavaks võtmejooneks. Toodete nomenklatuur ulatub lihtsatest keerulisteni. Need protsessid avaldavad mõju tootmiskuludele ja toote kvaliteedile. Seega on tähtis tagada, et neid protsesse teostatakse võimalikult efektiivselt ja et toimuks kõikide aspektide asjakohane ohje [10, p. 4].

Keevitusprotsesside kvaliteedi nõuete määratlemine on tähtis, kuna nende protsesside kvaliteeti ei saa hõlpsasti tõendada. Kvaliteeti ei saa tõendada kontrollimise teel, vaid toode tuleb valmistada kvaliteetselt. Isegi kõige ulatuslikum ja kõrgetasemeline mittepurustav kontroll ei paranda toote kvaliteeti. Et keevistooted oleksid kõlblikud ja vabad tõsistest probleemidest valmistamisel ja kasutamisel, on vaja teostada ohjet kavandamisel, materjali valikul, valmistamisel ja järgneval kontrollil. Näiteks võib halb kavandamine põhjustada tõsiseid ja kulukaid probleeme töökojas, ehitusplatsil või teenindamisel. Materjali vale valik võib põhjustada pragude tekkimist keevisliidetes [10, p. 4].

Vigadeta ja efektiivse tootmise tagamiseks vajab tootmise juhtimine potentsiaalsete probleemide tekkimise allikate mõistmist ja tunnustamist ning asjakohaste protseduuride evitamist nende ohjamiseks. ISO 3834 identifitseerib meetmed kasutamiseks erinevates olukordades. Selle standardi rakendamine võib tüüpiliselt esineda järgmistes olukordades [10, p. 4]:

- lepingute puhul: keevituse kvaliteedinõuete spetsifitseerimisel;
- tootjatel: keevituse kvaliteedinõuete kehtestamisel ja töökorras hoidmisel;

- valmistuskoode ja rakendusstandardeid koostavatel komiteedel;
- keevituse kvaliteedinõuete rakendamist hindavatel organisatsioonidel, nt kolmandal osapoolel, kliendil või tootjal.

4.3.2 ISO 3834 üldised põhiprintsiibid

ISO 3834 määratleb kvaliteedinõuded, mis sobivad metallide sulakeevituse protsessidele. Selles standardis sisalduvaid kvaliteedinõudeid või laiendada ka teistele keevitusprotsessidele. Need nõuded seonduvad ainult selliste toote kvaliteedi aspektidega, mis võivad olla mõjutatud sulakeevitusest, ilma et oleksid omistatud ükskõik millisele spetsiifilisele tootegrupile. Sellepärast näeb standard ISO 3834 ette meetodi demonstreerimaks tootja suutlikkust valmistada tooteid kindlaksmääratud kvaliteediga [10, p. 6].

Standard on ette valmistatud selliselt, et see [10, p. 6]:

- on sõltumatu valmistatava konstruktsiooni tüübist;
- määratleb kvaliteedinõuded keevitamiseks töökodades ja ehitusplatsidel;
- annab juhised kirjeldamiseks tootja võimekust toota kindlaksmääratud kvaliteedinõuetele vastavaid konstruktsioone;
- annab alused hinnata tootja keevitusala võimekust.

4.3.3 Asjakohase kvaliteeditaseme nõuete valik

Nõuete valik peab toimuma vastavuses tootestandardi, spetsifikatsiooni, regulatsiooni või lepinguga. Standardit ISO 3834 võidakse rakendada varieeruvates olukordades. Tootja peab valima ühe kolmest osast, mis määratleb kvaliteedinõuded erinevatel tasemetel, lähtudes tootega seotud kriteeriumitest [10, p. 7]:

- toote ohutuse kriitilisuse määr ja tähtsus;
- valmistamise keerukus;
- valmistatud toodete vahemik;
- kasutatud materjalide vahemik;
- esineda võivate metallurgiliste probleemide määr;
- millisel määral mõjutavad valmistoote talitlusvõimet tootmisdefektid toote valmistamisel, nt detailide nihkumine, kõverdumine või keevitusvead.

Lisa 12 loetleb kriteeriumid, mis abistavad ISO 3834 asjakohase osa valikul.

ISO 3834-5 on nimetatud ära dokumendid, mis on vajalikud kvaliteedinõuete vastavushindamiseks standardi ISO 3834-2, ISO 3834-3 ja ISO 3834-4 järgi. Seda osa võib kasutada ainult koos standardiga ISO 3834-2, ISO 3834-3 või ISO 3834-4 [11, p. 4].

ISO 3834 juurutamisega ettevõttes on eesmärgiks:

- keevituse kvaliteeditaseme kindlustamine tootmises ja toetavates tegevustes, mittevastavuste ennetamine, avastamine, kõrvaldamine ja tegevuste korrigeerimine,
- tootmistegevuse tõhususe arvestus, arendamine, kontroll ja jälgimine
- info parem liikumine,
- tootmisjaoskondade vahelise koostöö parendus e seostatud tootmine – iga jaoskond on teisele klient ja tellija.

Kuna ISO 3834 rakendamiseks on vajalik ka ISO 9001:2008 dokumentide olemasolu, siis laiemas mõttes peaksid nad omavahel tegevusi hõlmama, selleks, et saavutada ärilisi eesmärke ja pikaajalist jätkusuutlikku kasumlikkust, tugevdada konkurentsivõimet ja luua keskkond, milles ettevõtte on võimeline ennast pidevalt parendama.

5. ABINÕU PLANEERIMINE

5.1 Ergonoomiline töökoht

Töötervishoid ja tööohutus on ettevõtte tegevuse lahutamatud osad ja vajalikud nii tööandjale kui ka töötajale, sest tervist tagavate lahenduste rakendamine töökeskkonnas ei ole ainult töötajate tervisega arvestamine, vaid see tõstab ka ettevõtte efektiivsust:

- Ergonoomilised töökohad on hästi optimeeritud – vajalikud töötaja poolt tehtud liigutused ei ole läbi mõeldud mitte ainult tervise seisukohast, vaid ka tööprotsessis vajalike liigutuste arvu, amplituudi, jm osas;
- Ergonoomilised töövahendid säästavad töötaja tervist, mille tulemusena osaleb töötaja aktiivselt ning järjepidevalt tööprotsessis, ilma terviseriketest põhjustatud tõrgete ja kuludeta;
- Töötaja tööviljakuse tõus, mis tuleneb heast enesetundest, mille annab mugav ja dünaamiline töökoht ning tunnetus, et temast hoolitakse [12].

5.2 Abinõu planeerimise vajadus

Kruvikonveierite valmistamine on olnud pikki aastaid ettevõtte põhitoodanguks. Igapäevaselt on vaja keevitajal kokku keevitada sektoreid kruvi moodustamiseks (Sele 13). Kui tuua näitena Ø 400 kruvi sektori kaalu 5 kg, siis kui 7000 mm kruvi valmistamiseks kulub 16 sektorit, teeb see kogukaaluks ca 80 kg metalli. Aegade jooksul läbi käinud seljaprobleemid ja vastavalt ka seadusele, tehti keevitajatele terviseriski hindamine raskuste käsitsi teisaldamisel (Lisa 11). Mõlemad keevitajad on vanuses üle 40 aasta ja selle tulemusena riskitaseme määramisel tuli jälgida viidet ja tulemuseks saadi riskitase nr 2, mistõttu tuleb keevitaja töökoht muuta ergonoomilisemaks, eesmärgiga vähendada töötaja luu- ja lihaskonna ülekoormuse ja seljavigastuse ohtu [13]. Selleks plaanib autor soetada väikse abinõu, et sektorite keevitamine oleks tervist säästvam.

Ohutegurid kruvisektorite keevitamisel:

- On ebastabiilne ehk liigub ja vetrub,
- Nõutav füüsiline pingutus võib olla liiga suur,
- Ebakindel kehaasend keevitamisel.



Sele 13. Kruvisektorite keevitamise rakis

5.3 Hüdraulilise abinõu soetamine kruvisektorite keevitamiseks

Planeeritakse soetada ettevõttesse hüdrauliline käärtõstelava Edmolift CRD 200 (Sele 14). Sellise valiku kasuks osutusid mitmed kriteeriumid. Selle laua tõstekõrgus on piisav selle töö ohutuks sooritamiseks, platvormi gabariidid on parajad kruvisectori keevitamiseks, tõstevõime 200 kg on varuga ja ratastega alusraam võimaldab tõstelava kiirelt ja mugavalt teisaldada. Raamil on kaks pööravat piduritega ja kaks fikseeritud ratast (Sele 14 on näidatud baasmudel). Nivoolüliti mis peatab tõstelava määratud kõrgusel ja on reguleeritav. Jalaga juhitud juhtpult, mis on hea lahendus, et kätega saaks kruvisektoreid kinni hoida nende langetamisel lavaga. Lava annab võimaluse teha ka teise mastaabiga töid ning tagab kõigil juhtudel keevitajatele õige tõstekõrguse detailide keevitamiseks. Igati praktiline ja vajalik instrument ettevõttele, kes hoolib oma töömeestest.



Sele 14. Käärtõstelava Edmolift CRD 200

Tabel 4

Käärtõstelava Edmolift CRD 200 karakteristikud [14]

Mudel	CRD 200
Tõstevõime	200 kg
Tõsteulatus	1170 mm
Suletud kõrgus	280 mm
Platvormi pikkus	900 mm
Platvormi laius	600 mm
Tõsteaeg	12 s
Võimsus	380 W
Toide	400 V / 10A
Kaal	125 kg

6. MAJANDUSLIK OSA

Lõputöö peaesmärgiks oleva uue keevitusjaoskonna planeerimine on seotud tootmismahdade suurenemisega. Praegune tootmispind ei võimalda rohkem toota, ettevõtte sisetingimusi valitseb suur ruumipuudus ja seega on vaja uut tootmispinda, et läbilaskevõimet suurendada, koos millega peaks suurenema ka senine käive.

Uue keevitusjaoskonna evitamine peaks tagama praeguses tootmishoones materjalide kiirema ja parema liikumise, vähendades erinevatel tootmisetappidel seisakuid ja arusaamatusi, mis paratamatult tekivad kitsastes tootmistingimustes. Hetkel kulub toorikute ja toodete liigutamiseks väga palju aega, ladustamine toimub ebaloogilistes kohtades, mille tulemusena tsehhis toimub toorikute ja toodete edasi-tagasi liigutamine. See kõik aga vähendab ettevõtte tootmisvõimsust ja suurendab kulusi. Hinnanguliselt kulutatakse praeguses tootmises ca 10% kasulikust tööajast. Uue keevitusjaoskonna loomine tagaks sujuvama, loogilisema ja kiirema tootmise erinevate tööprotsesside vahel, tootmises peaks tekkima korrapärasus, tarneajad peaksid lühenema ja kvaliteet paranema.

6.1 Baasettevõtte majanduslikud näitajad

Kui toodete hinda tõsta ei ole võimalik, tuleb ettevõttel konkurentsivõime parandamiseks efektiivsemaks muutuda sisemiste protsesside parendamise läbi. Olemasolevate ressursside ära kasutamiseks, tuleb oma tegevusi ja protsesse korrastada, sest pikas perspektiivis pole jätkusuutlik tegevus tagatud vaid kulude kokkuhoiu, odavama tööjõu või kärbetega tehnoloogilise võimekuse arvelt [15, p. 5].

Uue jaoskonna evitamisega tahetakse läbilaskevõimet suurendada ja selle tulemusena on oodata müügitulu tõusu. Omanike eesmärgiks ei ole kasumimarginaali kergitamine vaid, et müügitulu suurenemisel oleks võimalik tõsta ettevõtte keskmist brutopalka, see on võimalik tänu kasumiprotsendi säilitamisega müügitulu suhtes. Kõik näitajad on ära toodud Tabel 5.

Tabel 5

Majanduslikud näitajad OÜ Welmet baasil

Näitaja	Ühik	Hetkeseis	Planeeritav
Müügitulu	tuh/€	1430	1930
EBITDA	tuh/€	126	177
EBITDA %	%	9	9
Puhaskasum	tuh/€	83	122
Puhaskasumi %	%	6	6
Tootmispind	m ²	2452	3316
Ruutmeetritl tulenev käive	€/m ²	583	582
Käive töötaja kohta	€	38649	52162
Kasum töötaja kohta	€	2243	3297
Keskmine brutopalk, 37 töötajat	€	1001	1260
Efektiivsuse tõus	%	-	26

6.2 Investeeringute koondtabel ja tasuvusaeg

Investeeringute koondtabelis on kulutused keevitusjaoskonna projekteerimiseks ja ehitamiseks AS Nordecon poolt. Sildkraanade pakkumine vastavalt ettevõtte poolt antud tingimustele ja elektrilise virnastaja hinnaklass Laomaailma kodulehelt [16]. Keevitustööde kvaliteedisüsteem on kooskõlastatud Inspecta Estonia Oü ekspertidega [17]. Investeeringud on ära näidatud Tabel 6.

Tabel 6

Investeeringute koondtabel

Kulukoht	Planeeritav kulu, tuh/€
Projekteerimine	20
Üldehitus	120
Välisrajatised ja pinnatööd	90
Hoone sisesed eriosad	115
Üld ja juhtimiskulud	25
CXTS- tüüpi sildkraanad, 4 tk, 4,99T	65
Elektriline virnastaja Liftstar WS95-16	8

Kulukoht	Planeeritav kulu, tuh/€
Abinõu Edmolift CRD 200	1,8
ISO 3834 keevitusprotsesside juurutamine	3
Kokku:	447,8

Uue keevituskonstruktsioonide tootmisjaoskonna kasutusele võtu tasuvusaeg on leitav valemiga (2):

$$T = \frac{P_m}{K_a}, \quad (2)$$

kus P_m - koguinvesteering, tuh/€
 K_a - aastane kasum, €/aastas

$$T = \frac{447,8}{122} = 3,7 \text{ aastat}$$

KOKKUVÕTE

Baasettevõtte OÜ Welmet on tegutsenud 24 aastat ja püüab aasta-aastalt muutuda paremaks. Ettevõtte jätkusuutlikkuse seisukohalt on äärmiselt oluline tootlikkus ja tööviljakus. Iga väärtusahela lüli mõjutab vahetult tootlikkust. Tihenevates konkurentsitingimustes tuleb ettevõttel leida üha uusi võimalusi lülide parendamiseks ja kulude kokkuhoiuks.

Baasettevõtte poolt püstitatud eesmärgid said täidetud korrektselt, uus tootmisjaoskond sai planeeritud vastavalt ettevõtte eripärasusi ja võimalusi arvestades. Lõputöö alguses püstitatud probleemid said lahenduse ja kogu ettevõtte sai ümberkorraldatud nii, et saavutada veelgi paremaid tulemusi. Uue keevituskonstruktsioonide tootmisjaoskonna evitamine on ettevõtte jaoks väga tähtis, sest selle planeeringu tõttu saab ettevõtte oma tootlikkust tõsta. ISO 3834 juurutamisega võidab ettevõtte korrastatud toimimisprotsessi ja ka olulise müügiargumendi erinevatel turgudel tegutsemisel. Autori nägemus selle lõputööga oli panna alus ettevõtte arengule parema tuleviku nimel. Ettevõttel on vaja liikuda välja oma mugavustsoonist ja peab endale peaesmärgiks seadma tootlikkuse suurendamise, sest see on parim viis raha teenimiseks.

Uuringu tulemusel selgus, et keevitajal lasub kruvisektorite keevitamisel riskitase 2 raskuste käsitsi teisaldamisel ning see tähendab, et keevitajale tagatakse ettevõtte poolt ergonoomiline ja tervist säästev abinõu kruvi sektorite keevitamisel.

Autori poolt planeeritav tootmisjaoskonna investeeringu mahuks on 447,8 tuhat € ja tasuvusaeg tema kasutusele võtmiseks on 3,7 aastat. Tasuvusaeg kooskõlastati ettevõtte omanikega ja see sai positiivse tagasiside. Omanike kaks kriteeriumi saab täidetud, et oleks tagatud kaasaegsed tingimused ja motiveeritud töötajad.

Tuleviku perspektiivis kindlasti tegeleb autor edasi ettevõtte efektiivsuse tõstmisega ja pideva parendamisega. Pakutakse välja järgmised sammud ettevõtte konkurentsivõime parandamiseks. Hetkeseisuga näeb autor sisemiste protsesside parendamist timmitud tootmise põhimõtetel, sest see tähendab pidevat oma tegevuse ja protsesside täiustamist, et vähendada kulusi, lühendada tarneaegu ja parendada kvaliteeti.

Lõputöö autorile andis tehtud töö märkimisväärselt palju teadmisi tootmiseplaneerimisest. Kogu lõputöö vältel saadud tagasiside juhendajatelt, omanikelt ja kolmandatelt isikutelt on tulevaks eluks väga vajalik. Saadud uutele kogemustele ja teadmistele tuginedes julgeb autor rohkem teha täiendavaid ettepanekuid ja nõuandeid, mis aitaks kaasa ettevõtte arengule.

SUMMARY

Base company OÜ Welmet has been operating for 24 years and is trying to become better year by year. Nowadays, the competition continuously amplifies and being competitive the company must continually evolve. In intensifying competing conditions, the company must find new alternatives to reduce expenses.

The stated goals of the base company were correctly completed, a new production department was planned by considering the specific characteristics and possibilities of the company. The hypothesis were answered and the entire company was reorganized to achieve even better results. The new implementation of welding construction department is very important for the company, because due to its plans the company can increase its productivity. Inculcating ISO 3834, the company wins a structured workflow and also an important sales argument operating in the various markets. Author's vision in this thesis was to lay the foundation for the company's development for a better future. The company is required to move out of its comfort zone and need to establish increasing the productivity as its main goal to earn more money.

As a result of the research, the welder has a risk level 2 in welding screw sectors while moving heavy things manually. Due to it, the company has to ensure the welder an ergonomical and health sustainable equipment.

According to the author, planned investment volume in production department is 446,5 thousand euros (EUR) and the payback period of its implementation is 3,7 years. The payback period was coordinated with the owners of the company and it got positive feedback. These two criteria's of the owners, where the modern conditions need to be ensured and employees have to be highly motivated, will be covered.

In the future perspective, the author will certainly continue with increasing the efficiency of the company and its constant improvement by providing certain steps to improve the company's competitiveness. At the moment, the author sees the improvement of the internal processes of lean

manufacturing principles, because it means a continued improvement in its activities and processes to reduce costs, shorten delivery times and improve quality.

To the author, this thesis gave a significant amount of knowledge in production planning. Throughout the thesis, the given feedback from supervisors, owners and third parties is very necessary for further life. Relying on new experiences and knowledge the author dares to do more further suggestions and give advice, which could contribute the development of the company.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] OÜ Welmet, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.welmet.ee>. [Kasutatud 21 aprill, 2015].
- [2] AS Hekotek, [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.hekotek.ee>. [Kasutatud 21 aprill, 2015].
- [3] J. S.Oakland, Terviklik kvaliteedijuhtimine, England: Kirjastus Külim, 2006, p. 483.
- [4] R. Üksvärav ja E. Sarapik, Tootmise organiseerimine tööstusettevõttes, Tallinn: VALGUS, 1974, p. 295.
- [5] A. Laansoo, Keevitustehnoloogia, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2011, p. 172.
- [6] J. Riives, Uuenduslik tootmine, Tallinn: TTÜ kirjastus, 2011, p. 446.
- [7] J. Lavin ja J. Riives, Tootmise korraldamine, Tallinn: Innove, 2014, p. 170.
- [8] Konecranes, „Trosstelfriga kraanad,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.konecranes.ee/seadmed/sildkraanad/trostelfriga-kraanad>. [Kasutatud 23 Aprill 2015].
- [9] Riigi Teataja, „Nõuded esmastele tulekustutusvahenditele ja nende vajadus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/616710>. [Kasutatud 1 September 2003].
- [10] *Quality requirements of fusion welding of metallic materials Part 1: Criteria for the selection*, Tallinn: Estonian centre for standardisation, 2006.
- [11] *Quality requirments for fusion welding of metallic materials. Part5: Documents with which it is necessary to conform to claim conformity to the wuality requirments of ISO3834-2, ISO 3834-3 or ISO 3834-4*, Tallinn: Estonian centre for standardisation, 2006.
- [12] Laomaailm, „Ergonoomiline töökoht,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://laomaailm.ee/ergonoomiline-tookoht-on-see-ka-moistlik-ja-palju-see-maksab/>. [Kasutatud 18 Aprill 2015].
- [13] Riigi teataja, „Raskuste käsitsi teisaldamise töötervishoiu ja tööohutuse nõuded,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/84808>. [Kasutatud 24 Aprill 2015].
- [14] Laomaailm, „Käärtõstelava CRD 200,“ [Võrgumaterjal]. Available:

- <http://laomaaailm.ee/laokaup/kaartostelava-crd-200/>. [Kasutatud 22 Aprill 2015].
- [15] M. Säinas, *Timmitud tootmise ja piirangute teooria*, Tartu: Tartu Ülikool, 2014, p. 105.
- [16] Laomaaailm, „Elektrilised virnastajad,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://laomaaailm.ee/laosisustus/tosteseadmed/elektrilised-virnastajad/>. [Kasutatud 26 Aprill 2015].
- [17] Inspecta Oü, „Juhtimissüsteemide sertifitseerimine,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.inspecta.com/et/Meie-teenused/Sertifitseerimine/Juhtimissüsteemide-sertifitseerimine/>. [Kasutatud 28 Aprill 2015].

LISAD

Lisa 1. Tühjenduskoonuse koost

Lisa 2. Kruvikonveieri koost

Lisa 3. Tühjenduskoonuse tehnoloogiline spetsifikatsioon

Lisa 4. Kruvikonveieri tehnoloogiline spetsifikatsioon

Lisa 5. Praegune tootmise asendiplaan ja tehnoloogilised vood

Lisa 6. Tehnoloogilised vood praeguses tootmises

Lisa 7. Planeeritav tootmise asendiplaan ja tehnoloogilised vood

Lisa 8. Tehnoloogilised vood planeeritavas tootmises

Lisa 9. Keevitusjaoskonna plaan

Lisa 10. Teise tasandi plaan

Lisa 11. Juhend terviseriski hindamiseks raskuste käsitsi teisaldamisel

Lisa 12. Standardi ISO 3834-2, ISO 3834-3 või ISO 3834-4 valikut abistavad kriteeriumid

Lisa 1. Tühjenduskoonuse koost

Lisa 2. Kruvikonveieri koost

Lisa 3. Tühjenduskoonuse tehnoloogiline spetsifikatsioon

Lisa 4. Kruvikonveieri tehnoloogiline spetsifikatsioon

Lisa 5. Praegune tootmise asendiplaan ja tehnoloogilised vood

Lisa 6. Tehnoloogilised vood praeguses tootmises

Lisa 7. Planeeritav tootmise asendiplaan ja tehnoloogilised vood

Lisa 8. Tehnoloogilised vood planeeritavas tootmises

Lisa 9. Kevitusjaoskonna plaan

Lisa 10. Teise tasandi plaan

Lisa 11. Juhend terviseriski hindamiseks raskuste käsitsi teisaldamisel

Lisa 12. Standardi ISO 3834-2, ISO 3834-3 või ISO 3834-4 valikut abistavad kriteeriumid