



Masinaehituse instituut

Tootmistehnika õppetool

MET70LT

Reimo Krass

**PROFIILMATERJALIST AVATÄIDETE
TOOTMISTEHNOLGOOGIA PARENDAMINE JA
AUTOMATISEERIMINE**

Autor taotleb
tehnikateaduste magistri
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....”201...a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....”201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”201... a.

..... allkiri

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2014 aasta kevadsemester

Üliõpilane: Reimo Krass 104722 (nimi, üliõpilaskood)
Õppekava Tootearendus ja tootmistehnika
Eriala: Tootmistehnika
Juhendaja: Masinaehituse instituudi direktor dotsent Kristo Karjust (amet, nimi)

MAGISTRITÖÖ TEEMA:

Profiilmaterjalist avatäidete tootmistehnoloogia parendamine ja automatiseerimine
Improvement and automation of production technology for profile products

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Toodete ülevaade ja tutvustus	14.03.14
2.	Profiilmaterjalist avatäidete tootmistehnoloogia parendamine ja automatiseerimine	28.03.14
3.	Profiiluste tootmise analüüs	11.04.14
4.	Majanduslik osa	25.04.14
5.	Graafiline osa	09.05.14

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

- Vähendada tootmisele kuluvaid aegasi tootmise parendamise ja automatiseerimise näol
- Tõsta profiiltoodete kvaliteeti ja vähendada toote omahinda
- Leida parendamisele ja automatiseerimisele kuluva summa tasuvus

Töö keel: Eesti

Kaitsmistaoitus esitada hiljemalt 14.05.14

Töö esitamise tähtaeg 27.05.14

Üliõpilane Reimo Krass /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja Kristo Karjust /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

TÖÖ EESMÄRK

Käesoleva töö eesmärgiks on teostada avatäidete tootmise automatiseerimine ja parendamine ettevõttes Saajos AS. Protsessi peamiseks eesmärgiks on vähendada tootmiskulusid, tõsta profiiltoodete kvaliteeti ja suurendada tootlikkust.

SISUKORD

MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE	2
TÖÖ EESMÄRK.....	3
SISUKORD.....	4
SELEDE LOETELU	6
TABELITE LOETELU	8
1. SISSEJUHATUS.....	9
2. TOODETE ÜLEVAADE JA TUTVUSTUS.....	13
2.1. Kasutatavad sulused	13
2.2 Kasutatavad profiilsüsteemid	16
2.3. Kasutatavad klaasid.....	20
3. PROFIILMATERJALIST AVATÄIDETE TOOTMISTEHNOLOOGIA PARENDAMINE JA AUTOMATISEERIMINE.....	22
3.2. Profiilmaterjali löikus ja augustus.....	26
3.2.1. Pingi valik	27
3.3. Tootmise tehnoloogiline ettevalmistus.....	34
3.3.1 Jooniste valmistamine	35
3.3.2 Lõikelehed ja augustamine.....	37
3.3.3. Tehnoloogilise ettevalmistuse parendamine	38
3.3.4. Programmi Logikal tutvustus	40
3.4. Profiilutse koostamine ja komplekteerimine.....	41
3.4.1. Keevitusrobot	42
3.4.2. Keevitusrakis.....	46
3.5. Lõppkoostamine	48
3.5.1. Värvimine.....	48
3.5.2 Kokkupanek	48
4. PROFIILUSTE TOOTMISE ANALÜÜS	50
4.1 Normaalkoormuse arvutamine	50
4.2. Võimsuse arvutus peale automatiseerimist	57
4.3. Automatiseerimise ja parendamise käik.....	64
5. MAJANDUSLIK OSA	68
5.1. Iga tootegrupi maksumus enne automatiseerimist	68
5.2. Iga tootegrupi maksumus peale esmast automatiseerimist	70

5.3. Iga tootegrupi maksumus peale lõplikku automatiseerimist	72
5.4 Automatiseerimise tasuvusaja leidmine	74
KOKKUVÕTE	77
SUMMARY	80
KASUTATUD KIRJANDUS	83
LISAD	84
Lisa 1 Siseuks Forster Presto	85
Lisa 2 Välisuks Forster Unico	86
Lisa 3 Tulekindel siseuks VA6050-Fi	87
Lisa 4 Tulekindel välisuks Jansen Janisol 2	88
Lisa 5 Saajos AS tehase plaan koos materjali liikumisega tehases	89

SELEDE LOETELU

Sele 1.1. Paigaldatud profiiluksed.....	10
Sele 2.1. Profiiltoodete tootegrupid.....	13
Sele 2.2. Profiilukud Abloy LC301 ja EL490	14
Sele 2.3. Riivid Abloy 3000 ja Assa 2356	15
Sele 2.4. Vasturauad Abloy 4613 ja 4614.....	15
Sele 2.5. Forster Unico profiilmaterjal.....	17
Sele 2.6. Jansen Janisol 2 profiilmaterjal	17
Sele 2.7. Forster Presto profiilmaterjal.....	18
Sele 2.8. Voestalpine VA6050-Fi profiilmaterjal	19
Sele 3.1. Ketassaag Kaltenbach KKS 400E ja KKS 400H	22
Sele 3.2. Elumatec AS 170 ja AS 70/04.....	23
Sele 3.3. Sammaspuurpink Proma E1720F ja PME 2.....	23
Sele 3.4. Uksed keevituslaual.....	24
Sele 3.5. Standartse profiilukse tootmise protsessi skeem.....	24
Sele 3.6. Materjali liikumine tehases	25
Sele 3.7. Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ122/64.....	29
Sele 3.8. Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ130.....	30
Sele 3.9. Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ150.....	31
Sele 3.10. Profiilitöötluskeskus Ultima-Steel.....	32
Sele 3.11. Keevitusrobot Yaskawa Motoman MA3100.....	44
Sele 3.12. Tööstusrobot ABB IRB 4600-40/2,55.....	44
Sele 3.13. Tööstusrobot KUKA KR 30 L16/2	45
Sele 3.14. Uksed kokkupaneku töölaual	49
Sele 4.1. Praeguse tootmisrežiimi Ganti graafik	54
Sele 4.2. Praeguse tootmisrežiimi resursside kasutuse analüüs	54
Sele 4.3. Praeguse tootmisrežiimi protsessi skeem.....	54
Sele 4.4. Muudetud tootmisrežiimi Ganti graafik	56
Sele 4.5. Muudetud tootmisrežiimi resursside kasutuse analüüs	56
Sele 4.6. Muudetud tootmisrežiimi protsessi skeem.....	56
Sele 4.7. Ganti graafik peale esmast automatiseerimist.....	59
Sele 4.8. Tootmisresursside kasutus peale esmast automatiseerimist.....	60
Sele 4.9. Protsessi skeem peale esmast automatiseerimist.....	60

Sele 4.10. Ganti graafik peale tootmisrežiimi lõplikku automatiseerimist	63
Sele 4.11. Tootmisressursside kasutus peale lõplikku automatiseerimist.....	64
Sele 4.12. Protsessi skeem peale lõplikku automatiseerimist	64
Sele 5.1. Realiseerimishinna kujunemine	70
Sele 5.2. Realiseerimishinna kujunemine peale esmast automatiseerimist.....	72
Sele 5.3. Realiseerimishinna kujunemine peale lõplikku automatiseerimist	74
Sele 5.4. Reliseerimishindade võrdlus	76

TABELITE LOETELU

Tabel 1.1. Võrdlustabel konkurentidega	11
Tabel 3.1. Profiiltöötluskeskuste tootjate võrdlus	28
Tabel 3.2. Profiiltöötluskeskuste võrdlus	33
Tabel 3.3. Keevitusrobotite võrdlus	46
Tabel 4.1. Erinevate operatsioonide ajanormid.....	51
Tabel 4.2 Toodete arv nädalas vahetuse kohta.....	52
Tabel 4.3 Partii tootmiseks kuluvad ajad vastavalt tootmisrõimile.....	55
Tabel 4.4. Erinevate operatsioonide ajanormid peale esmast automatiseerimist.....	57
Tabel 4.5. Toodete arv nädalas vahetuse kohta peale esmast automatiseerimist.....	58
Tabel 4.6. Partii tootmiseks kuluvad ajad peale esmast automatiseerimist	59
Tabel 4.7. Erinevate operatsioonide ajanormid peale lõplikku automatiseerimist.....	61
Tabel 4.8. Toodete arv nädalas vahetuse kohta peale lõplikku automatiseerimist.....	62
Tabel 4.9. Partii tootmiseks kuluvad ajad peale lõplikku automatiseerimist	63
Tabel 4.10. Tootmisrõimide võrdlus.....	65
Tabel 4.11. Automatiseerimise kulud.....	67
Tabel 5.1. Realiseerimishinna arvutus	69
Tabel 5.2. Realiseerimishinna arvutus peale esmast automatiseerimist.....	71
Tabel 5.3. Realiseerimishinna arvutus peale lõplikku automatiseerimist	73
Tabel 5.4. Erinevate automatiseerimise astmete tootmise näitajad.....	75

1. SISSEJUHATUS

Tänapäevases hoonete disainis kasutatakse üha enam klaasfassaade ja – konstruktsioone. See tähendab suurel hulgal profiilmaterjalist tooteid. Erinevaid konstruktsioonelemente, mis võimaldavad klaaside ja klaaspakettide paigaldust. Uksed, vaheseinad ja aknad kuuluvad antud töös käsitlevate teemade valdkonda. Seoses plaanitava tootmishulga suurendamisega antud tooterühmas on päevakorras tootmisprotsessi parendamine ja automatiseerimine.

Tootmise süsteem antud elemendi korral on üksiktootmine, mis tähendab, et iga toode on unikaalne. Esineb ka samamõõdulisi tooteid, kuid kindlasti ei liigu need mahud veel väikesari tootmise valdkonda. Samas suurem osa tooteid on sarnase konstruktsiooniga, kuuluvad ühte tooteperesse, siis on võimalik teostada tootmise automatiseerimist. Samas leidub ka erinevaid puudujääke, mida on võimalik parandada. Antud tooterühmas nähakse ettevõttes suurt tulevikku, mis tähendab et protsessi parandamine on tähtsal kohal.

Töö eesmärk on teostada avatäidete tootmise automatiseerimine ja parendamine, mille eesmärk on viia tootmiskulud väiksemaks ja parandada toote kvaliteeti ning suurendada tootlikkust. Selle tulemusel väheneb töö teostamisele kuluv aeg, väheneb materjali ja töövahendite kulu ning langeb toote omahind. Tähtsamad ülesanded antud töös on teostada profiilmaterjali lõikamise ja augustamise automatiseerimine, mis peaks kulmineeruma sobiliku pingi valikuga, mis pakub võimalust teostada sobivatele materjalidele automaatlõikust ja augustust. Arvprogramm juhtimisega pink eeldab sobiliku CAM tarkvara soetamist. Insener-tehnilise töö poolest kuulub parendamisele detailide lõikus- ja augustusjooniste automaatne koostamine ja jooniste valmistamisele kuluva aja vähendamine. Tootmises tuleks üle vaadata ka koostamise (keevitus) tingimused ja võimalused ning vähendada ukse koostamisele kuluvat aega. Teades, et profiilukse koostamine on väga ajamahukas töö, tuleb kaaluda võimalust teostada antud töö robotkeevitusega ning kasutada selleks sobilikku rakistust. Majandusliku poole pealt tuleb leida automatiseerimise kõige optimaalsem aste ehk milliste kulutustega on võimalik saavutada parim tulemus. Samuti tuleb arvestada automatiseerimisel ka eeldatava müüginahuga.

Lähteandmeteks võetakse hetkel toimiv AS Saajos tootmissüsteem, mis koosneb ettevõtte seadmetest, tootmisprotsessist, programmidest ja töötajate hulgast. Hetkel kasutuses oleva

tootmissüsteemiga toodetakse keskmiselt 15-20 profiilmaterjalist toodet nädalas. Samas praegune tootmisprotsess seab piirangud antud numbri suurendamiseks. Seoses kasvavate müüginumbrite ja turu võimalustega on oluline, et suudatakse kasvatada tootmisvõimsust.

Tootmises kasutatakse erinevate tootjate materjale. Vastavalt vajadusele kasutatakse roostevabu või tulekindlaid materjale. Lisaks mängib olulist rolli ka materjali soojuspüsivus. Vajalikud omadused sõltuvad avatäidise paigaldusest sõltuvatest tingimustest (Välisüks, siseüks, tulekindluse aste). Pealmselt kasutatakse ettevõttes kahe tootja erinevaid profiilisüsteeme: Forster ja Voestalpine. Vajaduse korral kasutatakse ka teiste tootjate materjale. Seoses vajadusega toota tulekindlaid välisüksi kasutatakse ka erinevaid Jansen Janisoli profiile. Automatiseerimise huvides oleks tähtis, et kasutataks ainult ühte kindlat profiilitüüpi, kuid mitmete tüüpide kasutamine muudab selle märksa keerulisemaks. Hetkel läheb pea kogu toodang ekspordiks. Samas kasvavate mahtudega suureneb ka erinevate klientide hulk, mis tähendab erinevaid tellijaid ja turgusid. Koos tootmise kasvamisega laieneb ka erinevate omadustega toodete hulk.



Sele 1.1. Paigaldatud profiiluksed

Töö jaotus põhineb erinevate ülesannete täitmisele. Esmalt tuuakse ülevaade toimivast tootmissüsteemist, kus kirjeldatakse täpsemalt protsessi skeemi ja tuuakse välja graafiline skeem. Leitakse tootmise kitsaskohad, kuhu on vaja pealmine tähelepanu suunata. Seejärel lahendatakse probleem materjali lõikuse ja augustuse automatiseerimise valdkonnas. Sellest lähtuvalt saab edasi minna ettevalmistuse poolega. Lõikuse ja augustuse süsteemist sõltuvalt saab valida CAM programmi. Lisaks sellele kuulub antud punktis parendamisele jooniste valmistamine ja kogu tootmise tehnoloogilise ettevalmistuse protsess, mis võimaldab kiiremini tooteid tootmisesse suunata. Koostamise osas tuleb parandada raketust, töövahendeid ja keevitajate oskusi. Kokkupaneku kiirendamiseks tuleb leida kitsaskohad, kus kulub palju aega ja proovida neid optimeerida. Viimane majanduslik osa leiab tasuvusaja ja

kulutused automatiseerimisele. Lisade alla kuuluvad protsessi skeemid enne ja pärast automatiseerimist, toodete joonised ja rakiste joonised.

Saajos Grup-i kuulub kaks ettevõtet. Üle 60 aasta terasuste äriega tegelenud Soome ettevõtte Saajos OY ning Eestis tegutsev Saajos AS, mis alustas tegevust 1994. aastal Keilas. Saajos AS tegevusvaldkonnaks on terastest tuletõkke- ja turvauste valmistamine. Terasprofiiluste tootmisega alustas ettevõtte taas 2012. aastal, peale kuue aastast vaheaega. Lisaks terasprofiiltoodetele valmistab ettevõtte ka erinevaid laevauksi ja ehituslikke silemetalluusi. 2012. aastal valminud uues ja modernses tootmishoones on tootmispinda kokku 3200 m² ja kokku on ettevõttel kasutada tegevuseks 4800 m². Saajos AS omab vastavalt standardile ISO 9001: 2008 kvaliteedijuhtimissüsteemi sertfiikaati. Ettevõttes alustatati 2014. aastal tootmissüsteemi 5S rakendamist, mille tulemusena oodatakse tehase tööviljakuse tõusu.

Erinevaid avatäidete ja uste tootjaid on Eestis suhteliselt palju. Metalluste ja terasprofiiluste tootjaid on vähem. Suurimad konkurendid terasprofiiluste valdkonnas kohalike tootjate seal on AS Saku Metall Uksetehas [1], OÜ T-Tammer [2], AS Metus-Est [3].

Tabel 1.1. Võrdlustabel konkurentidega

Ettevõtte	AS Saajos	AS Saku Metall Uksetehas	OÜ T-Tammer	AS-Metus-Est
Tegevusvaldkond	Metalluksed, laevauksed, terasprofiiluksed	Metalluksed, profiiltooted, lükand- ja tõstuksed	Metalluksed, profiiltooted, ettevõtte Stalprofiil AB edasimüüja baltikumis	Alumiinium- ja terasprofiilist avatäidised
Kasutatavad profiilisüsteemid	Forster, Voestalpine	Forster	Stalprofiil	Stalprofiil
Turu iseloomustus	Eesti, Soome, Rootsi	Eesti, Põhjamaad, Läti, Venemaa	65% Eksport, Baltimaad, Soome, Rootsi, Norra, Taani, Iirimaa	Eesti, Soome, Rootsi, Taani, Norra

Vastavalt tabelile on Eesti tootjad keskendunud väikese kohaliku turu tõttu asunud otsima müügivõimalusi ümbritsevatel turgudel. Kohalikul turul omavad suurimat kandepinda Saku Metall ja T-Tammer. Peamised materjalid, mida konkurendid kasutavad on erinevad Forsteri

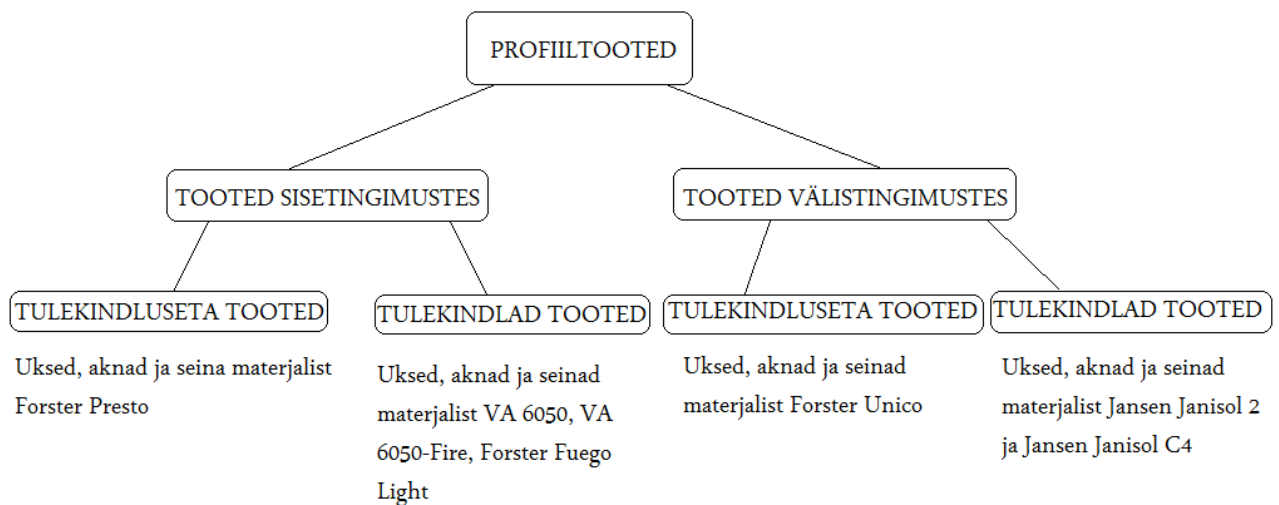
ja Stalprofili profiilisüsteemid, vastavalt nõutavale ukse klassile. Lisaks profiilustele toodetakse alati ka silemetalluksi, mis tähendab võimalust saada tellimusi suurematele projektidele. Vaadates ettevõtete impordi ja ekspordi suhtarve, siis on selge, et kohalik turg on nii kitsas, et sellest ei suudaks ükski ettevõtte elatuda, rääkimata veel mitmest. Konkurentsi pakuvad ka alumiiniumsute valmistajad, kelle eeliseks on odavamad tööjõu kulud, kuid miinuseks materjali sama või isegi kõrgem hind ning toote halvem kvaliteet. Mingil määral pakuvad konkurentsi ka puituste valmistajad, kes suudavad oma toodet müüa märksa odavama hinnaga, kuid puuduseks on uste vähene turvalisus.

Tootmise analüüsimisel kasutan erinevaid projekte, millest lähtudes arvestan, milliseid tooteid pealmiselt toodetakse ja millises protsentuaalses vahekorras. Tegu on Soome turule müüdud tellimustega, milles esineb nii tulekindlaid sise- ja välisuksi ning ilma tulekindluseta uksi.

Lõikelehtede, optimeeringute ja toodete hinna leidmiseks ja jooniste valmistamiseks kasutatakse LogiKal 8.0 tootjalt Orgadata AG. Erinevate jooniste valmistamiseks kasutatakse programme AutoCad LD. Tootmise planeerimiseks kasutatakse programmi GanttProject. Lisaks on abiks ka tootmisjuhtimistarkvara Microsoft Dynamics NAV, mis on abiks toote hindade leidmisel ja protsessi skeemide koostamisel.

2. TOODETE ÜLEVAADE JA TUTVUSTUS

Ettevõtte üheks tootmisvaldkonnaks on profiilmaterjalist avatäidete valmistamine. Toodetakse erinevaid aknaid ja uksi. Tooteperesse kuuluvad tulekindlad sise- ja välisüksed ning tulekindluseta sise- ja välisüksed. Lisaks ühe- ja kahepoolsetele ustele valmistatakse veel erinevaid aknaid, seinu ja suuremõõtmelisi uksi. Profiilist raami sisse paigaldatakse klaas, mis on vastavuses antud uksetüübi sertifikaadiga. Lisaks valmistatakse ka osaliselt või täielikult plekiga kaetud uksi, mis on hea alternatiiv suuremõõtmeliste silemetallustele. Uksi valmistatakse vastavalt kliendi nõudmistele etteantud mõõtmete järgi. Tootele paigaldatakse või tehakse sobitus kliendi poolt soovitud sulustele. Mõõtmete poolest toodetakse nii väikesemõõdulisi aknaid kui ka suuremõõtmelisi väravaid, mille gabariitmõõtmed võivad ulatuda laiuse ja kõrguse poolest nelja meetrini.



Sele 2.1. Profiiltoodete tootegrupid

2.1. Kasutatavad sulused

Sulustena kasutatakse pealmiselt Abloy ja Assa toodangut. Lukkudena kasutatakse pealmiselt Abloy kitsasprofiil lukke, samuti ka plekiga kaetud ustel erinevaid Abloy ja Assa tavalukke.

Lisaks on kasutusel Assa kitsasprofiillukud peamiselt Rootsi turu jaoks. Abloy toodetest on enam kasutusel järgmised lukud:

- Mehaanilised kitsasprofiillukud seeriast LC300
- Elektrilised kitsasprofiillukud EL 480/2, EL 490 ja EL 402 ning lisalukk EL 477
- Tavalukkudest kasutatakse peamiselt mehaanilisi lukke LC190 seeriast ja Assa 565 ning elektrilukke EL 580/2 ja EL590



Sele 2.2. Profiilukud Abloy LC301 ja EL490 [4]

Riividest on kasutusel peamiselt:

- Abloy DF3000/3001
- Servariiv Abloy 330
- Servariiv Assa 2396



Sele 2.3. Riivid Abloy 3000 ja Assa 2356 [4]

Kasutatavad vasturauad:

- Abloy 4613 ja 4614
- Lisaks erinevad Assa vasturauad nagu näiteks Assa 1487 seeria



Sele 2.4. Vasturauad Abloy 4613 ja 4614 [4]

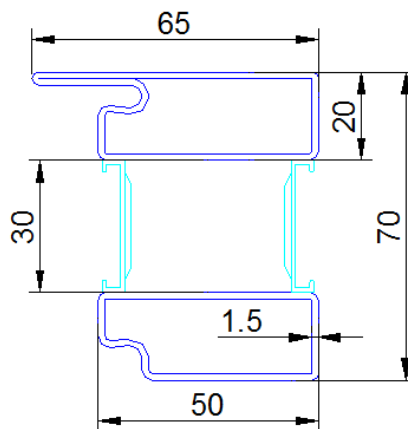
Lisaks kasutatakse ustel erinevate tootjate ukseautomaatikat, linke, katteplaate ja silindreid. Peamiselt Abloy toodangut. Kodumaisel turul kasutatakse ka ettevõtte Valnes toodangut.

Lisamärkusena olgu välja toodud, et tegelikkuses valmistab Abloy ja Assa lukke ühte ja samasse konserni kuuluvad tehased. Samas nii Eestis, kui ka Baltimaades on toodetel kaks edasimüüjat. Abloy lukke müüb Abloy OY Eesti Filiaal [5] ja Assa lukke müüb AS Assa Abloy Baltic [6]. Ukseautomaatikad on võimalik mõlemalt edasimüüvalt tarnida.

2.2 Kasutatavad profiilsüsteemid

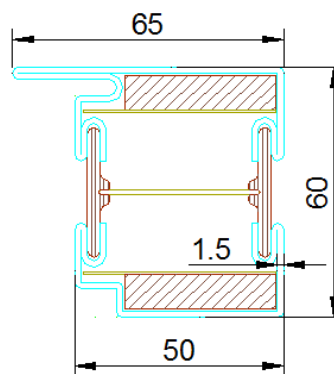
Pealmiselt kasutatakse kahe tootja materjale: Forster ja Voestalpine. Forsteri profiilidest kasutatakse Foster Unicot, Forster Presto, Forster Norm ja Forster Fuego Light. Voestalpine profiilidest kasutatakse VA 6050 ja VA 6050-Fire profiilsüsteeme. Lisaks on kasutusel vastavalt turu nõudlusele Janseni profiile: Jansen Janisol 2 EI30 ja Jansen Janisol C4 EI 60, millest on võimalik toota erineva tulekindlusega välisuksi.

Tulekindlusega välisuste puhul kasutatakse Forster Unico profiile. 70 millimeetrine profiil koosneb kahest 20 millimeetrisest kambrist, mille vahel on 30 millimeetrine kamber, mille eesmärk on tekitada sooja hoidev profiil. Tegu on külmatõkkega profiiliga, mida sobib kasutada välisuksena ka külmema kliimaga aladel. Profiilmaterjali seinad on 2 millimeetri paksusest terasest, kambrid on omavahel ühendatud võrega. Lõplikul tootel on vahekamber kaetud tihendiga, mis tagab soojahoidva efekti ning annab tootele turustatava välimuse. Pealmiselt lähevad antud materjalist tooted ekspordiks Soome turule, samas on antud toodet müüdnud ka kohalikele klientidele. Siiski antud profiilmaterjali kõrge hind seab teatud piirangud vastava tootegrupi müügi kohalikul turul. Samas ekspordiks kõlbab antud profiil väga hästi, sest omab häid omadusi ja kvaliteeti. Alternatiivina saab kasutada välisukse valmistamiseks Jansen Janisol välisukse profiile. Hinnaklassilt kuuluvad mõlemad profiilid samasse vahemikku. Forster Unico kasutamise pealmiseks põhjuseks on parem töödeldavus ning lühike materjali tarneaeg.



Sele 2.5. Forster Unico profiilmaterjal

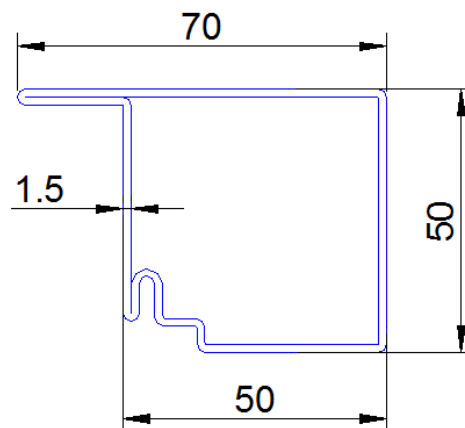
Tulekindlate välisuste valmistamiseks kasutatakse Jansen Janisol 2 ja Jansen Janisol C4 profiile, mis tagavad vastavalt EI30 ja EI60 tule- ja suitsukindluse aste. Jansen Janisol 2 tagab tulekindluseaste EI30. Antud materjal on 60 mm paksune ja materjali servas on 10 mm paksune kipsi kiht. Jansen Janisol C4 tulekindluaste EI60. 70mm paksune materjal sarnaneb Janisol 2-le kuid kogu materjal on täidetud tulekindla kipsiga. Lisaks on eritoodetel kasutatud ka tavalist Jansen Janisoli profiili, kui oli vaja kasutada ümara paindega profiili. Ennem profiili lõikamist oli vaja materjal painutada. Erinevalt Forster Unico võreaga profiilist oli Janisoli profiili võimalik painutada. Antud tooted ei kuulu kül ettevõtte peamisesse tootegruppi, kuid seoses nõudlusega ja kompleksete tellimuste täitmisega tuleb ka antud uksi toota. Materjal on kõrge hinnaga ja tarneaeg on pikk. Seoses antud faktoritega on antud toodet keeruline turustada kohalikule turule. Seoses materjali tarnega on antud toote valmistamiseks kuluv aeg samuti keskmisest pikem.



Sele 2.6. Jansen Janisol 2 profiilmaterjal

Kodumaisele turule valmistatakse tooteid ka Forsteri teisest profiilitüübist Forster Fuego Light. Antud materjale kasutatakse tulekindlate uste korral ning omab tulekindlusastet vastavalt EI_230 ja EI_260 . Forster Fuego Light kujutab endast 65 millimeetrist profiil, mis koosneb kahest 20 millimeetri paksusest kambrist, mille vahel on 25 millimeetri paksune tulekindel kips. Suurema tulekindluse aste saamiseks võib materjal olla ka täielikult täidetud kipsiga. Antud materjalidest valmistatakse tulekindlusega uksi siseturule. Arvestades, et Voestalpine 6050 Fire profiil on hinna poolest samas klassis ja seda on parem töödelda, siis Forster Fuego profiile enam oluliselt ei kasutata.

Lisaks kasutatakse ilma tulekindluseta uste korral ka Forster Presto profiili. Tegu on 50x50 materjaliga, millel on 20 millimeetrine kõrvaosa, nii tihendisoonega, kui ka tavalise materjali korral. Antud profiilitüübist valmistatakse tulekindluseta siseuksi. Varasemalt kasutati tulekindluseta siseuste valmistamiseks Voestalpine 5050 profiili. Seoses lühema tarneaja ja parema hinnaga on hakatud kasutama Forster Presto profiile.



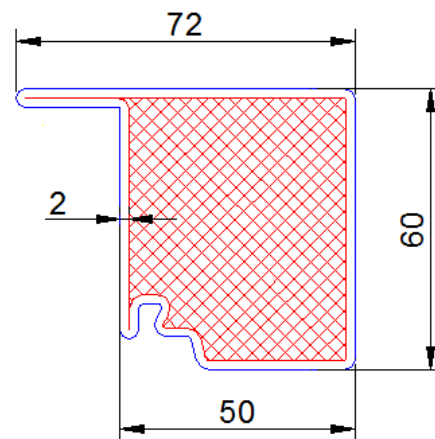
Sele 2.7. Forster Presto profiilmaterjal

Teine profiilmaterjali tootja, kelle toodangut kasutatakse on Voestalpine. Kasutatakse VA 6050 ja VA 6050-Fire profiile. Kahe materjali erinevus on see, et üks on täidetud kipsiga, teine on tühi. Kipsiga täidetud materjal tagab tulekindluse vastavastl kasutatavatele tihenditele ja klaasidele kas EI_230 või EI_260 . Tavaline VA-6050 profiil tagab tulekindluseaste EI 30 ja EI 60.

VA 6050 profiil on 2 mm paksusest terasest. Ukse paksus on 60 millimeetrit. Profiilil on tavalisest laiem kõrvaosa, mis on 22 millimeetrit tihendisoonega profiili korral ja 20

millimeetrit tavamaterjali korral. Antud materjalist tooted tagavad vastavalt klaasile EI 30 ja EI 60 tulekindlusaste. Antud materjalist ukсед kaovad mingil hetkel tootmisest ja üle minnakse täielikult VA 6050- Fire profiilitüübile.

VA 6050- Fire profiilisüsteem ei erine mõõtude poolest VA 6050 materjalist. Erinevus seisneb selles, et antud profiil on täidetud tulekindla kipsiga. Lisaks on küljeseinades sooned, mis vähendavad profiilmaterjali tugevust. Antud profiili korral kasutatakse tulekindlaid tihendeid nii klaasil, kui ka ukse ja lengi vahel. Antud materjalist valmistatakse tulekindlaid ukseid vastavalt sertifikaatidele EI_230 või EI_260 . Antud profiilitüüp on peamine materjal, millest valmistatakse tulekindlaid siseuksi. Antud materjali eelisteks on sobilik hind, hea kvaliteet ja hea töödeldavus.



Sele 2.8. Voest Alpine VA6050-Fi profiilmaterjal

Lisaks üles loetletud materjalidele valmistatakse tooteid ka teiste tootjate profiilmaterjalist, erinevatest kanttorudest kui ka vinkelraudadest vastavalt kliendi soovile. Esineb ka erinevaid tooteid, mis erinevad oluliselt standartsetest toodetest ja valmistamiseks vajavad oluliselt rohkem aega ja oskusi kui tavatooted (seinad, vaheseinad koos ustega, suuremõõtmelised ukсед).

Lisaks profiili tüübile loeb tulekindluse määramisel olulist rolli ka klaasi tüüp. Tulekindlate uste korral kasutatakse erinevaid tulekindlaid klaase vastavalt sertifikaadile.

Lõppviimistlusena värvitakse ukсед vastavlt soovitud toonile.

2.3. Kasutatavad klaasid

Kasutatavad klaasid sõltuvad pealmiselt ukse tüübist (siseuks või välisuks), tulekindluse aste (ilma tulekindlusega, EI30 või EI60) ning nõudmisest turvalisusele. Lisaks on oluliseks faktoriks ka kliendi soovid ja maksejõulisus. Samuti peetakse oluliseks soojakindlust ja helikindlust. Samuti on võimalik kasutada erineva värvusega klaase ja kilesi.

Siseustel kasutatakse ühekordset klaasi. Sõltuvalt kliendi soovist kasutatakse erineva turvalisusega klaase:

- 6 mm karastatud klaas
- 44.1 lamineeritud klaas
- 44.1 lamineeritud ja karastatud klaas

Tulekindlatel siseustel kasutatakse Contraflam või Pyrostop tulekindlaid klaase, vastavalt tulekindluse astele.

- Klaas sise Contraflam EI30 16 mm
- Klaas sise Pyrostop EI30 15 mm
- Klaas sise Contraflam EI60 24 mm
- Klaas sise Pyrostop EI60 23 mm

Välisustel kasutatakse alati kahe või kolmekordset paketti. Sisemise klaasina kasutatakse selektiivikihiga kaetud klaasi, mille eesmärgiks on peegeldada tagasi toas olev soojuskiirgus. Kahe klaasi vahel kasutatakse alumiiniumist klaasiliistu, mille paksus sõltub vastavalt vajadusest. Mida paksem vaheliist seda parema soojapidavusega on pakett. Klaasiliistud võivad varieeruda kuuest kuni 24 millimeetrini. Välisustel kasutatakse soojuspüsivuse tõstmiseks paketi täitmist argooniga. Sõltuvalt klaasi paksusele valitakse tootele sobilikud klaasiliistud ja kummitihendid. Sisemise klaasina kasutatakse välisustel näiteks 4 kuni 6 mm paksust selektiivkihiga tavalist klaasi või karastatud klaasi. Samuti võib olla kasutusel 44.1 lamineeritud klaas selektiivkihiga või sama klaas karastatud kujul. Välimise klaasina on kasutusel tavaline 4 kuni 6 mm paksune klaas või 44.1 lamineeritud klaas, suurema turvalisuse tagamiseks võib olla klaas ka karastatud. Mõned näited välisuste klaasidest:

- 2k 4+4 selektiiv – 16 (2 kordne pakett, mille sisemine klaas on 4 mm paksune selektiivikihiga klaas ja välimine on tavaline 4 mm paksune klaas, vaheliist on 16 mm paksune, kokku on paketi paksus 24 mm)
- 2k 6+6 selektiiv – 15
- 2k 6 karastatud + 6 selektiiv karastatud – 15
- 2k 44.1 + 6 selektiiv – 12
- 2k 44.1 karastatud + 44.1 karastatud selektiiv- 12
- 3k 6 karastatud + 4 + 6 karastatud selektiiv – 10 – 10

Tulekindlatel välisustel kasutatakse samuti paketti, millest ühe klaasi moodustab tulekindel klaas.

3. PROFIILMATERJALIST AVATÄIDETE TOOTMISTEHNOLLOOGIA PARENDAMINE JA AUTOMATISEERIMINE

3.1. Profiilmaterjalist avatäidete tootmise hetkeolukorra kirjeldus

Käesoleval hetkel algab profiiluste tootmise protsess sellega, et kooskõlastatakse vastavalt müügijoonisele materjali tüüp, mõõdud, konstruktsioonelemendid ja sulused. Teisisõnu valmistatakse sobiv koostejoonis. Samas valmistatakse ette ka lõikelehed ja materjali optimeeringud, milleks kasutatakse programmi LogiKal 8.0 (Orgadata AG). Antud programm aitab luua ka CAD- mudeleid, mida tuleb täiendada, et saada korrektne koostejoonis. Luuakse kaup kasutades tootmisjuhtimistarkvara, millega määratakse ära toote vajalikud andmed (klaasid, sulused). Seejärel valmistatakse ette vajalikud tootmisjoonised erinevatele töögruppidele. Samas määratakse ära ka toote marsruut koos tootmisaegadega ja toote valmistamiseks vajalikud vahendid. Sellega on ettevalmistus tehtud ja toote valmimine jätkub tehases.

Standartne tootmismarsruut algab profiilmaterjalide ja klaasiliistu lõikusega ketassaega. Kasutusel on seadmed Ketassaag Kaltenbach KKS 400E ja KKS 400H, millega lõigatakse profiilmaterjalid ja klaasiliistud sobivasse mõõtu.



Sele 3.1. Ketassaag Kaltenbach KKS 400E ja KKS 400H



Sele 3.2. Elumatec AS 170 ja AS 70/04

Lisaks kasutatakse sammaspuurpinke Proma E1720F ja PME 2 erinevate avade puurimiseks.



Sele 3.3. Sammaspuurpink Proma E1720F ja PME 2

Marsruut jätkub profiiluste koostamisega keevituses. Samas keevitatakse ka hinged, ning sobitatakse klaasiliistud ja klaasiliistu kruvid. Kasutatakse MIG käsikaarkeevitusseadmeid. Järgnevalt näeb tootmisprotsess ette uste värvimist. Lõpuks toimub uste lõplik koostamine kokkupanekus, kus paigaldatakse lukud, riivid, klaasid, klaasiliistud ja muud vajalikud lisakomponendid.

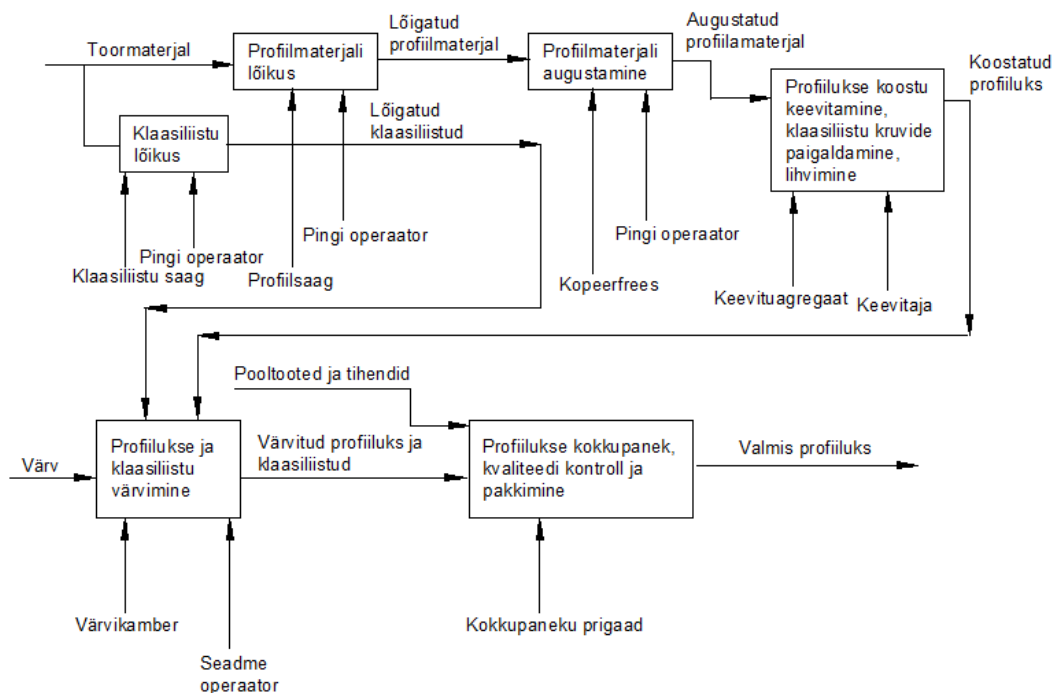
Kvaliteedi kontroll toimub jooksvalt igas tootmise etapis. Põhjalikum kontroll toimub kokkupanekus, milleks on tootmismarsruuti eraldatud vajaminev aeg.



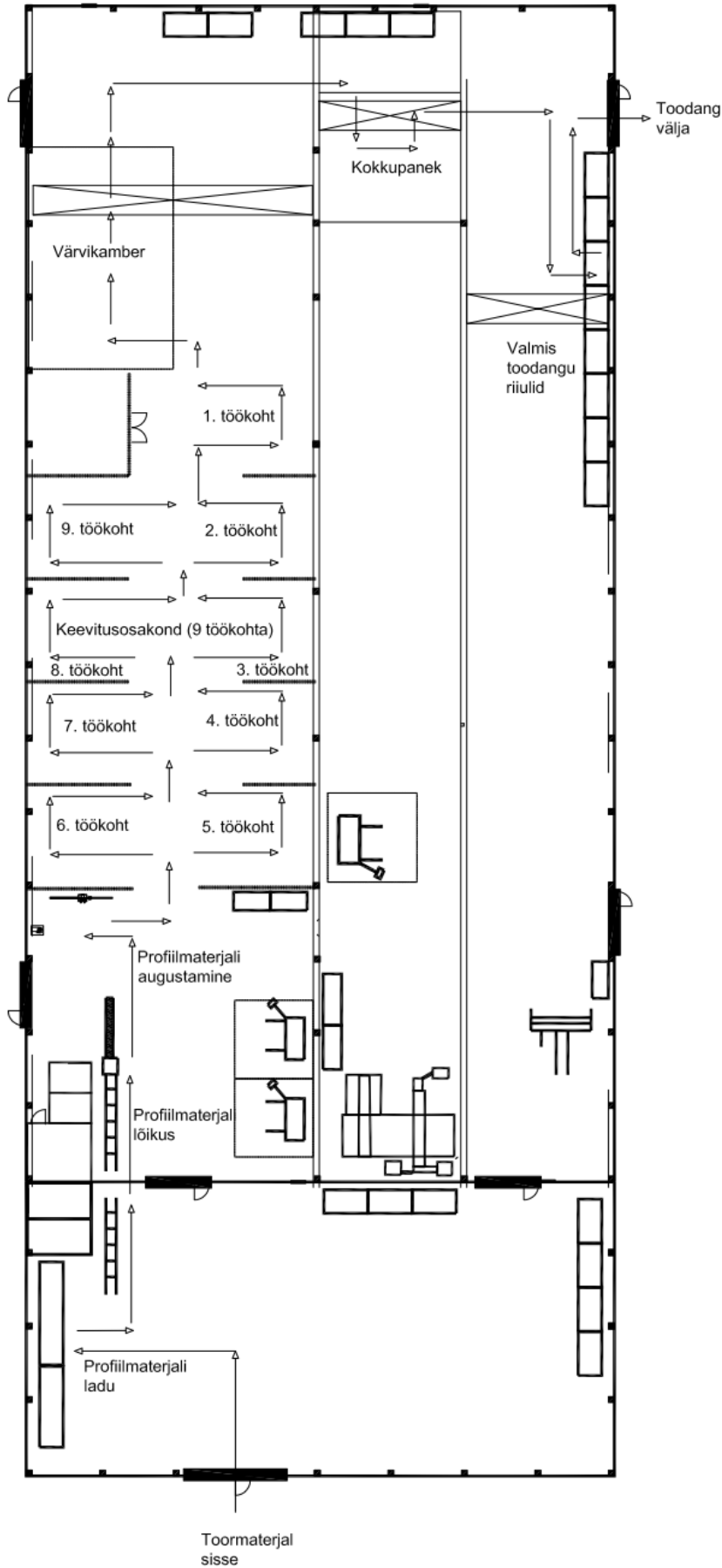
Sele 3.4. Uksed keevituslaual

Osadel ebastandardsetel toodetel on detailid, mida on vaja valmistada lehetöötluspingil või giljotiinkääridega. Juhul, kui ustel on löögiplaadid või katteplaadid alustatakse paraleelselt profiilmaterjali lõikusega ka CAM programmi loomisega lehetöötluspingile. Selleks kasutatakse programmi JETCAM. Peale programmi valmimist toimub detailide töötlemine lehetöötluskeskuses PRIMA-POWER E6X. Lihtsamate detailide lõikamiseks kasutatakse giljotiinkääre LGS 3050-6-3C (paigaldusplaadid, tugevdused). Peale lehetöötlust võib vaja minna ka painutamist või liiguvad detailid otse keevitusse, kokkupanekusse või värvi.

Standartsete toodete protsessi skeem on välja toodud Seel 3.1. Materjalik liikumine teahases on nädatud Seel 3.2.



Sele 3.5. Standartse profiilukse tootmise protsessi skeem



Sele 3.6. Materjali liikumine tehases

Programmidest kasutatakse profiilide optimeerimiseks ja vajalike lõikusmõõtude määramiseks LogiKal 8.0 (Orgadata AG). Joonised valmistatakse AutoCad 2D joonestuskeskkonnas. Keerulisemate detailide konstrueerimisel kasutatakse Autodesk Inventor rakendust. Tootmisjuhtimistarkvaraks on Microsoft Dynamics NAV.

Pealmiseid kitsaskohti tootmisprotsessis on kolm:

- Esmalt tootmise ettevalmistus tehnoloogilise ettevalmituse poole peal. Hetkel arvestatakse reaalseks ajakuluks 130 minutit toote kohta, mis teeb nädalaseks tootmismahuks 18 toodet.
- Teiseks on profiilmaterjali lõikus ja augustus. Antud punktis on maksimaalne toodete hulk, mida hetkel toota suudetakse 10-15 toodet nädalas.
- Kolmandaks kitsaskohaks on toodete koostamine keevitusosakonnas. Ühe üksuse nädalane toodete hulk on kuni 5 toodet. Samas esmalt ei tekita antud punkt probleeme, sest ettevõttel on võimalik korraga kasutada profiiltoodete valmistamiseks 6-7 keevitajat.

3.2. Profiilmaterjali lõikus ja augustus

Profiilmaterjali lõikus ja augustus on praegust tehnoloogiat kasutades ajakulukas protsess. Tavalise ühelehelise ukse kohta kulub profiili lõikuse, augustuse ja klaasiliistu lõikuse peale 280 min. Paarisukse korral on see aeg juba 460 min. Framuugid ja vahepostid lisavad veel lisa-aega. See näitab, et kasutuses olevad pingid ei taga piisavalt kiiret töötlemise võimalust.

Pealmiseks lahenduseks nähakse antud kitsaskoha korral automaatse APJ- töötlemiskeskuse soetamist. Ajaline võit peaks võimaldama suurendada tootmise hulka. Samas peab olema kindel, et oleks piisavalt tööd, et ping oleks maksimaalselt hõivatud.

APJ- töötlemiskeskus eeldab CAM programmi, mis võimaldab valmistada pingile APJ programmi. Antud elemendis on abiks programm LogiKal 8.0, mis omad mitmekülgseid võimalusi.

Eeldused pingile:

- Sobilik CAM programm
- Sobitus LogiKal 8.0

- Võimalik töödelda erinevaid profiili tüüpe
- Töödeldavate detailide pikkus 6,6 m
- Automatiseerimise võimalus
- Sobilik hinnaklass
- Arvprogramm juhtimisega pink
- Teostama nii profiili lõikamist ja augustamist
- Võimalik töödelda terasest profiilmaterjali

Pingil võiks olla automaatne etteandeseade, mis võimaldab kasutatavad toorikud automaatselt töösse panna. Pink peaks lõikama sisse riivi- ja lukuavad, profiili otsad vastavalt nõutud nurgale ja vajalikud mahalõiked, et toorikud saaksid minna otse keevitusse. Peale detailide lõikust/augustust võiks olla robot, mis tõstab detailid õige aluse peale, et oleks tagatud võimalikult kiire töö järgmistel operatsioonidel keevituses. Samas saab antud ülesandega hakkama ka tööline.

3.2.1. Pingi valik

Pingi valikul on tähtsal kohal kohaliku tarnija olemasolu ja hoolduse olemasolu ning kiire abi probleemide korral. Pingitootjatest teostatakse valik ettevõtete Elumetec ja BJM Ingenieurbüro & Maschinenbau seadmete vahel. Lisaks vaadeldi töö käigus ka Emmegi Group ja Mecal toodangut.

Tabel 3.1. Profiiltöötluskeskuste tootjate võrdlus

Tööpinkide tootja	Elumetec	BJM	Emmegi	Mecal
Riik	Saksamaa	Saksamaa	Itaalia	Itaalia
Pinkide valiku mitmekülgsus*	5	4	5	3
Pinkide tehnoloogilised võimalused*	4	5	5	3
Kohalik tarnija või välismaine	Glastech ja Projecta Balti AS	Välismaine, otse tootjalt	Välismaine edasimüüa	Välismaine edasimüüa
Hoolduse kättesaadavus ja kiirus*	5	4	3	2
Hinnaklass*	4	3	2	2
Ühilduvus LogiKal programmiga	Jah	Jah	Jah	Jah
* Hinnatakse tootjaid skaalal 1-5, kus 5 näitab omaduse kõrgemat taset				

Peamised põhjused profiiltöötluskeskuse valiku tegemisel Elumetec ja BJM pinkide vahel on järgmised:

- Tarnija ja hoolduse olemasolu
- Ettevõtte tehnoloogilistele tingimustele sobiliku pingi olemasolu
- Ühildavus programmiga LogiKal
- Soodsam hind võrreldes konkureerivate tootjatega
- Toote kõrge kvaliteet ja töökindlus
- Pingitootja usaldusväarsus

Pingivaliku võrdluse teen järgnevate Elumatec profiiltöötluskeskuste mudelite vahel: SBZ122/64, SBZ130, SBZ150 ja konkureeriva tootja seade Ultima-Steel. Järgnevalt tuakse välja ülevaade valiku all olevatest pinkidest.

Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ122/64

Tegu on kolmeteljelise pingiga, mis on mõeldud väga pikkade profiilide töötlemiseks, mida saab teha kuni viiest küljest. Kaks tööpiirkonda võimaldavad sama paigaldusega töödelda korraga mitut detaili. Võimaldab töödelda õhukeseseinalist terast ja alumiiniumi. Võimaldab profiile lõigata, puurida, freesida ja keermestada. Pingil on automaatne kinnitussüsteem, mis võimaldab töödelda ilma ümber seadistamata ka erineva pikkusega detaile. Pingil on mobiilne juhtimissüsteem koos tarkvaraga, mis võimaldab programme redigeerida. Tööpiirkond on x-telje suunas 6700 mm, y-telje suunas 350 mm ja z-telje suunas 280 mm. Maksimaalsed ettenihke kiirused on mööda x-telge 60 m/min ja mööda y- ja z-telge 30m/min. Tööriista maksimaalne pöörlemiskiirus on 24 000 p/min. Seadme kabariitmõõtmed on pikkus 8450 mm, laius 3400 mm ja kõrgus 2450 mm ning mass 3400 kg.

Lisavarustusena on võimalik pingile paigaldada automaatne tööriista vahetaja, lisa tööriista hoidjad magasinis kuni 40-le tööriistale, automaatne profiili pikkuse mõõtja ja tööriista jahutusseade.



Sele 3.7. Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ122/64 [7]

Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ130

Vaadeldav seade on kolmeteljeline pink, mis koos koos nurka muutva tööriistahoidjaga annab juurde neljanda telje, mida on võimalik programeerida juhtprogrammiga. Kaks tööpiirkonda

võimaldavad sama paigaldusega töödelda korraga mitut detaili. Lisaks lõikamisele on võimalik teostada freesimist, puurimist ja keerrestamist. Võimaldab töödelda alumiiniumi, terast ja terasest profiilmaterjali. Magasiniis on kohti maksimaalselt kaheksale tööriistale, tööriista vahetus võimaldab kasutada tavapärasest kiiremat liikumiskiirust, mis tagab võimalikult väikse ajakao tööriista vahetuse peale. Pingil on mobiilne juhtimissüsteem koos tarkvaraga, mis võimaldab programme redigeerida. Saadaval on seade erinevate töölaua pikkustega, millest sobivaim on antud juhul 7200 mm. Tööpiirkonnad sel juhul on x-telje suunas 7200 mm, y-telje suunas 485 mm ja z-telje suunas 340 mm. Maksimaalsed ettenihke kiirused on mööda x-telge 60 m/min ja mööda y- ja z-telge 30m/min. Tööriista maksimaalne pöörlemiskiirus on 6000 p/min.

Lisavarustusena on võimalik paigalda seadmele automaatne tööriista vahetaja, jäätmete eemaldamise konveier, nurka muutvad tööriistahoidjad, kiirtööstööriistahoidjad, mis võimaldavad töödelda antud juhul kuni 15 000 p/min ja topeltkinnitussüsteem, mis võimaldab korraga kinnitada kaks profiilmaterjali.



Sele 3.8. Elumetec profiilitöötluskeskus SBZ130 [7]

Elumetec profiiltöötluskeskus SBZ150

Tegu on 5-teljelise seadmega, mis võimaldab ökonoomselt töödelda alumiinium- ja terasprofiile. Seadmega on võimalik teostada lõikamist, freesimist, puurimist ja

keermestamist. Töödelda on võimalik kuuest küljest ja võimalik on lisavarsutusena soetada nurka muutev tööriistahoidja. Tööriistahoidjasse mahub 8 standardtööriista ning 3 eritööriista (ketassaag, pöörduva peaga tööriist). Kaks eraldi töötlemistsooni võimaldavad kiirendada töötlemist. Pingil on mobiilne juhtimissüsteem koos tarkvaraga, mis võimaldab programme redigeerida. Saadaval on seade erinevate töölaua pikkustega, millest sobivaim on antud juhul 7300 mm. Tööpiirkonnad sel juhul on x-telje suunas 7300 mm, y-telje suunas 1000 mm ja z-telje suunas 350 mm. Maksimaalsed ettenihke kiirused on mööda x-telge 60 m/min ja mööda y- ja z-telge 36 m/min. Tööriista maksimaalne pöörlemiskiirus on 24000 p/min.

Lisavarustusena on võimalik seadmele paigaldada tööriist, millega on võimalik töödelda toorikut alt poolt, automaatne tooriku pikkuse mõõtja, tööriista ja vibratsiooni mõõtja ja jäätmete eemaldamise konveier.

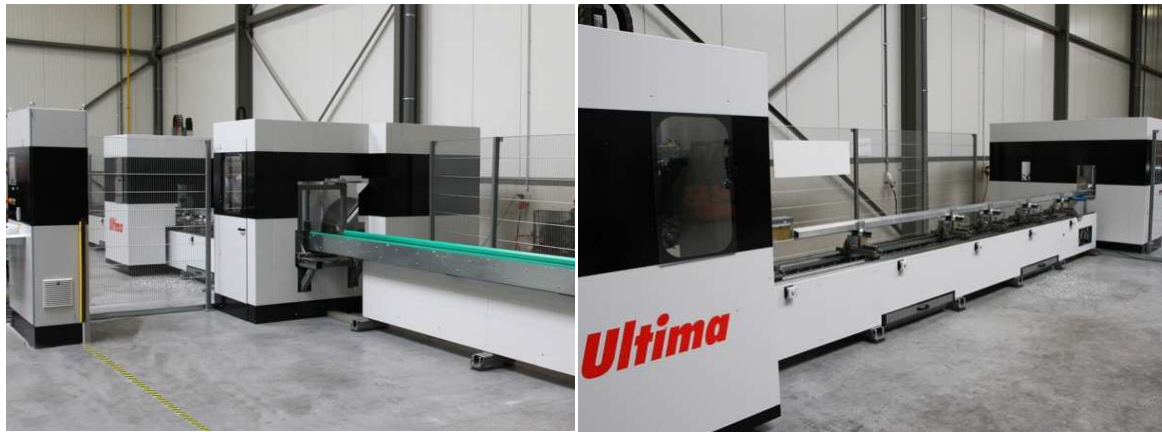


Sele 3.9. Elumetec profiiltöötluskeskus SBZ150 [7]

Profiiltöötluskeskus Ultima-Steel

Tegu on profiilmaterjalidele mõeldud töötlemiskeskusega Saksamaa tootjalt BJM Ingenieurbüro & Maschinenbau. Tegu on nelja teljelise seadmega, mis võimaldab lõigata ja töödelda profiilmaterjali pikkusega kuni 7500 mm. Seadmel on olemas automaatne tööriistavahetaja. Võimaldab töödelda neljast küljest materjali maksimaalse ristlõikega

100x150 mm. Seade koosneb kahest töötlemiskohast, kus esimeses toimub freesimine ja puurimine. Peale mehaanilist töötlemist toimub profiilide transport lõikuskeskusesse, kus toimub lõikamine. Peale lõikust transpordib konveier detailid edasi, kohta kust operaator saab detailid eemaldada konveierilindilt. Maksimaalne pöörlemiskiirus on freesimisel 24000 p/min. Tööriistamagasinis on maksimaalselt 12 tööriista. Pingil on automaatsed kinnitusrakised, mis võimaldavad koos anduritega detailide transporti.



Sele 3.10. Profiiltöötluskeskus Ultima-Steel [8]

Tabel 3.2. Profiiltöötluskeskuste võrdlus

Töötlemiskeskus	Elumatec SBZ 122/64	Elumetec SBZ 130- 7,2m	Elumetec SBZ 150-7,3 m	Ultima-Steel
Tooriku pikkus (mm)	6700	7200	7300	7500
Tööpiirkond X×Y×Z (mm)	6700×340×280	7200×485×340	7300×1000×350	7500×100×150 (profiili mõõtmed)
Ettenihke maksimaalne kiirus (m/min)	60 (x), 30 (y,z)	60 (x), 30 (y,z)	60 (x), 36(y,z)	60 (x), 30 (y,z)
Tööriistade maksimaalne arv tööriistavahetajas	36(40)	8	11	12
Töödeldavad materjalid	Al, teras	Al, teras	Al, teras	Al, teras
Töötlemissuundade arv	5	5	6	4
Töötelgede arv	3	4	5	4
Ühilduvus LogiKal programmiga	Jah	Jah	Jah	Jah
Spindli võimsus (kW)	7	7	15	8,6
Maksimaalsed pöörded (p/min)	24 000	6000(15 000)	24000	24000

Valitud seadmeks osutus Elumetec SBZ 150, mille tööpiirkonna pikkus on 7,3 meetrit.

Seadme valiku peamised faktorid on järgmised:

- Odavam hind kui Ultima-Steel seadmel
- Väiksemad gabariitmõõtmed kui Ultima-Steel seadmel
- Võimalus kasutada mitmekesisemaid tööriistu
- Võimalik teostada pikast latist järjest lõikamist
- 5-telge
- Kegesti automatiseeritav
- Ühildavus programmiga LogiKal
- Kiire materjali töötlus

- Suuremate tehnoloogiliste võimalustega seade võrreldes teiste Elumetec pinkidega SBZ 122/64 ja SBZ 130.

3.3. Tootmise tehnoloogiline ettevalmistus

Varem tehti suur osa tööst tehnoloogilise ettevalmistuse poole pealt müügiesakonnas. Nii eeljooniste, lõikelehtede, optimeeringute koostamine kui ka suluste ja klaaside sisestamine tootmisjuhtimisprogrammi oli varem müügiesakonna kohustus. Tehnoloogi ülesandeks oli valmistada korrektne koostejoonis, detailide tööjoonised ja kontrollida lõikelehtede õigsust ning lisada tootmisjuhtimisprogrammi vajalikud materjalid ja marsruut.

Seoses ettevõtte juhtkonna sooviga, suunata müügiesakonna töö ainult müümisele, peab kogu tootmise ettevalmistus üle minema tehnoloogile. Seoses personali vahetumisega juhtus see oodatust kiiremini. Antud hetkel on kogu tehnoloogiline ettevalmistus tehnoloogi käes, mis tähendab, et kitsaskoht on tootmiselt üle kandunud hetkeliselt tehnoloogilise ettevalmistuse peale. Arvestades, et keskmiselt kulub ühe ukse tootmisjoonise valmistamise peale 60 minutit, siis hakkab see tõsiselt piirama valmistatavate toodete arvu. Antud probleemile on võimalik kaks lahendust:

- Suurendada tööjõu hulka
- Parandada jooniste valmistamise kiirust

Järgnevalt tuuakse välja tehnoloogi töö järjestus peale müügitellimuse saamist müügiesakonnast. Sulgudes on toodud keskmine aeg, mis kulub ühe ukse töösse panemiseks tehnoloogi poolt.

- Mudeli loomine koos lõikelehtede ja optimeeringutega (15 min)
- Projektiks vajaliku materjali hulga määramine (5 min)
- Klaasi margi ja mõõtude määramine (5 min)
- Joonise valmistamine (35 min)
- Suluste ja lisainfo lisamine joonisele (10 min)
- Suluste ja klaaside lisamine müügitellimusele programmis Microsoft Dynamics NAV (3 min)
- Lõikelehtede kontroll (5 min)
- Vajalike lisadetailide jooniste valmistamine (15 min)

- Tootmiskomplekti ja marsruudi loomine programmis Microsoft Dynamics NAV (15 min)
- Töökaartide valmistamine erinevatele töörühmadele (2 min)

Arvestades, et keskmise raskusastmega toode on tavaline paarisuks, millele kuluvat aega võib arvestada keskmiseks ajakulaks ühele tootele, siis arvestatakse antud ukse valmistamise aeg standardaegadeks. Arvestades, et esineb ka palju keerukamaid tooteid koos framuugide, vahepostide, katte- ja löögiplaatidega ning ka ühelehelisi uksti siis antud arvestus on igati tõene. Seega hetkel kulub ühe ukse töösse panemiseks 1 tund ja 50 minutit, mis tähendab et oluliselt mitte rohkem kui 3 ust päevas ja 15 ust nädalas. Lisades juurde veel eriti keerukad tooted, mis võtavad kordades kauem aega, siis praegune insener tehnilise personali hulk jääb selgelt kesiseks. Järeldus antud probleemist oleks järgmine:

- Tuleb vähendada töö teostamiseks kuluvat aega
- Suurendada tööjõu hulka vastavalt vajadusele

Arvestades praeguseid tootmiskahtusi jääb ressursist juba selgelt puudu. Teravamalt hakkas antud probleem tekkima just peale tööjõu vähenemist ja mahtude suurenemist peale aastavahetuse rahulikumat perioodi. Probleemi võimendavad eritooted ja uute profiiltüüpide kasutuselevõtt, mis vajab suuremat eeltööd. Seoses sellega, et tootmismahud on täis, tähendab see seda, et enam ei ole võimalik anda klientidele mõistlikke tähtaegu ja tänu sellele jääb suur hulk tellimusi müümata.

3.3.1 Jooniste valmistamine

Joonised valmistatakse programmis AutoCad 2D joonestuskeskkonnas. Abiks on sellele programm LogiKal, mis annab välja vajalikud vaated. See tähendab, et puudub vajadus luua erinevaid 3D mudeleid detailidest, kuna kasutatavas programmis on see rakendus juba sees ning mudelite luuakse automaatselt koos lõikelehtede valmistamisega. Lisaks detaili vaadetele peavad joonisel olema ka vajalike suluste margid ja nimetused, klaasi tüüp, ukse käelikus, värv ja muud vajalikud detailid.

Koostejoonis peab tagama võimaluse kontrollida kõiki ukse mõõte (klaasi ava, ukse kabariit, raam ja pilud). Näitama ära tihendite paigutuse ja võimaldada teostada vajalikud koostamise, kui ka lõppkoostamise operatsioonid. Antud etapp on tehnoloogilise ettevalmistuse

ajakulukaim, seega väga tähtis on vähendada antud punktis kuluvat aega. Tähtis on kasutada ära maksimaalselt programmi LogiKal võimalusi, mis aitaksid vähendada antud tegevusele kuluvat aega.

Lahendusena nähakse ette tuua tootmisesse tagasi müügitellimuse leht, millega müügiosakonna töötaja ehk antud juhul projektijuht tooted töösse annab. Antud müügitellimuse leht peab kajastuma kõiki vajalikke andmeid ukse kohta, lisaks kliendipoolset kinnitatud joonist, mis määrab ära toote täpse konstruktsiooni. Müügitellimuse leht peab sisaldama järgmisi andmeid:

- Müügitellimuse number
- Toote kood
- Tulekindluse aste
- Toote tüüp
- Profiilmaterjali tüüp
- Ukse käeliskus
- Sulused (lukk, riiv, silinder, käepide,link, ukse automaatika, sulgur, vasturaud ja muud uste külge kinnituvad detailid)
- Lisainfo (katteliistud, tihendi tüübid, automaatlävi, harjastihend ja muu vajalik info tehnoloogile, mis on toote valmistamiseks oluline)
- Tähtaeg
- Klient
- Kliendi joonis või kliendi poolt kinnitatud joonis
- Klaasi tüüp ja mõõtmed

Antud andmetega alustab tööd tehnoloog. Esimese asjana luuakse mudel kasutades programmi LogiKal. Sellest lähtudes läbitakse automaatselt järgmised etapid ettevalmistuses, mis muidu võiksid kulutada asjatult aega:

- Luuakse uste koostamislehed
- Optimeeringud, mille järgi hakkab toimuma toodete automaatne lõikamine profiilitöötluskeskkonnas
- Augustusjoonised
- Lõike- ja augustusprogramm profiilitöötluskeskusele
- 2D joonised programmis AutoCad

Järgneb tehnoloogi poolt koostamisjooniste valmistamine. Kiiremaks tegutsemiseks saab kasutada joonisepõhjust, mis muudavad protsessi kiiremaks. Lisaks parandatakse programmist LogiKal tulenavat joonist, mis võimaldab korrektse ukse joonise valmistamist lühema ajaga. Lisaks koostamisjoonisele on vaja valmistada veel erinevad detailijoonised.

Järgneb kasutatavate materjalide loetelu ja marsruudi loomine programmis Microsoft Dynamics NAV. Antud punktis nähakse aja vähenemiseks lahendust, mis võimaldab leida lühikese ajaga võimalikult sarnane toode, millel on täiesti sarnane või peaaegu sarnane komplekt ja marsruut. See lahendus peaks vähendama oluliselt antud punktis kuluvat aega, sest suurem osa tooteid on juba sarnasel kujul tootmisest läbi käinud. Pealmised sarnasused, mida on vaja jälgida on materjali tüüp ja toote kuju (framuug, vahepuud, löögiplaadid, läve tüüp, mõõt). Samas on kaalumisel ka võimalus luua vastav programm tootmiskomplekti ja marsruudi loomiseks.

Järgneb valmistatud jooniste paljundamine, mis edastatakse tootmisele. Kuna kasutusel on töökaartide valmistamine paberil ja antud jooniste viimine interaktiivsele kujule nõuaks väga suuri kulutusi, siis antud punktis ajakulu kokkuvõidu ei ole võimalik teha.

Antud lahendus annab võimaluse müügiesakonnale rohkem tööaega (arvestades varasemat lahendust, kus tootmisjooniste ja lõikelehtede valmistamine oli müügiesakonna töötaja ülesanne), samas tehnoloogi tööaeg oluliselt ei pikene, kuigi tööülesandeid tuleb oluliselt juurde. Põhjused, miks antud lahendus on parem, kui hetkel kasutuses olev on järgmised:

- Väheneb aeg jooniste valmistamise peale
- Suureneb ülevaatlikkus toote üle
- Väheneb vigade tekkimise tõenäosus
- Toode on paremini kirjeldatud
- Topelt kontrolli võimalus
- Ühtne protsessi käsitlemine tehnoloogi poolt protsessi algusest lõpuni
- Sujuvam töö

3.3.2 Lõikelehed ja augustamine

Lõikelehed valmistatakse programmiga LogiKal. Lõikelehed sisaldavad lisaks detailide tüübile, pikkusele ja lõikenurkadele ka augustust. Augustus teostatakse vastavalt sulustele (luku-, riivi-, lukuvastuse- ja kinnitusavad).

Programmi viiakse sisse võimalus lisada erinevate lukkude, riivide ja muude vajalike avade ja augustuste lisamise võimalus. Vastavalt sisestatud väärtustele luuakse programm tööpingi jaoks, mille järgi toimub detailide töötlemine. Väga oluline on, et kõik detailide pikkused oleksid programmis õiged, et ei tekiks vigu. Lõikelehtede ja optimeeringute välja printimine on vajalik kontrollimiseks ja parema ülevaate loomiseks töötlemisel.

Töö käik:

- Mudelite loomine programmis LogiKal, kuhu sisse kuulub profiilsüsteemi valimine, mõõtude määramine, ukse konstruktsiooni loomine ja augustuse määramine kõikidel tellimusel olevatel toodetel
- Lõikelehed ja optimeeringute loomine
- Töötlemisprogrammi loomine profiiltöötlemiskeskusele

Optimeeringud ja lõikelehed edastatakse koos töökaardiga tootmisesse. Valmis programm salvestatakse serverisse, kust see jõuab tootmisesse ja võimalik kasutada profiiltöötluskeskuses. Vastavalt töötaja kogemustele ja oskusele ning toote keerukusele võtab antud protseduur aega 5-25 minutit ühele toottele.

3.3.3. Tehnoloogilise ettevalmistuse parendamine

Esimese muudatusena tuuakse tagasi müügitellimuse esileht, mille annab välja programm Microsoft Dynamics NAV. Müügiesakonna töötaja sisestab vajalikud andmed toote kohta programmi. Sama lahendust kasutatakse ka kõigi teiste toodete korral ja kasutati ka ennem esilehe kaotamist profiiltoodete korral. Antud lahenduse korral oli teine kaalutav variant viia jooniste tegemine tagasi müügiesakond. See eeldaks, et ka töö programmiga Logikal oleks täielikult või osaliselt müügiesakonna käes. Antud lahendus toob tagasi vana olukorra, kus oli töö liiga liigendatud ja selle tõttu oli ka liiga palju ajakulu. Samas juhul kui tööd on siiski tehnoloogil liiga palju siis võib jooniste valmistamisega müügiesakonnast abi saada jooniste vormistamise poole pealt. Sellisel juhul valmistaks tehnoloog Logikalis mudelid ja antud mudeleid kasutades valmistaks müügiesakonna töötaja koostejoonised.

Antud juhul kaob ära koostejoonisele suluste märkimine, mis säästab toote kohta kuni 10 minutit.

Lisaks viiakse sisse automaatne tootmiskomplekti ja marsruudi valmistamise võimalus programmis Microsoft Dynamics NAV, sarnaselt juba töösse rakendatud viisil, mis on rakendatud silemetalluse puhul. Koostöös programmiga Logikal ja Microsoft Dynamics NAV luuakse võimalus vastavalt sisestatud andmetele luua õige komplekt ja marsruut. Peale antud uuendust ei ole enam vaja käsitsi antud tegevust teostada.

Seoses andmebaasi loomisega, millega on võimalik leida üles varem tööse läinud sarnased tooted vähendatakse jooniste valmistamise aega. Lisaks viiakse sisse koos programmi haldaja abiga muudatused programmis logikal, mis võimaldab luua täpsemaid mudeleid, mille eesmärgiks on vähendada lisatööd korrektse 2D joonise valmistamisel. Peamised puudused, mille muutmine vähendab joonestamise aega on järgmised:

- Mõõtmete kandmine joonisele vastavalt ettevõttes kehtestatud standardile
- Suluste automaatne lisamine vastavalt augustusele
- Kinnitusavad joonisele vastavalt augustusele

Peale vastavate protseduuride täide viimist on tehnoloogi töö protsess koos kuluva ajaga järgmine:

- Mudeli loomine koos augustuse, lõikelehtede ja optimeeringutega (15 min)
- Projektiks vajaliku materjali hulga määramine (5 min)
- Klaasi margi ja mõõtude määramine (5 min)
- Joonise valmistamine (20 min)
- Suluste ja klaaside lisamine müügitellimusele programmis Microsoft Dynamics NAV (3 min)
- Lõikelehtede kontroll (5 min)
- Vajalike lisadetailide jooniste valmistamine (15 min)
- Tootmiskomplekti ja marsruudi loomine programmis Microsoft Dynamics NAV (5 min)
- Töökaartide valmistamine erinevatele tööruhmadele (2 min)

Seoses muudatustega viiakse keskmine toote tehnoloogilise ettevalmistamise aega 110 minutilt 75 minutile. Seega säästetakse ühe toote kohta 35 minutit, mis teeb protsessi aja vähenemiseks 32%. Selle tulemusel suureneb nädalane toodete maht tehnoloogi poolt 18 tootelt 26 tootele.

3.3.4. Programmi Logikal tutvustus

Antud töös mängib olulist rolli programm LogiKal, millest on hetkel ettevõttes kasutuses versioon 8.0. Programmi tootjaks on Saksamaa ettevõtte Orgadata AG [9], kelle tegevusalaks on erineva arvuti tarkvara tootmine. Ettevõtte on tegutsenud üle 30 aasta ja töötajaid on üle 160. Programm LogiKal on ettevõtte pealmine toode, mis on mõeldud ettevõtetele kes toodavad erinevat tüüpi profiilmaterjalist uksi, aknaid ja seinakonstruktsioone. Antud programm võimaldab vähendada tootmiskulusid protsessi ettevalmistuse, materjali kulu ja tootmisaegade vähenemise pealt.

Programm Logikal pakub võimalusi teostada järgmised protseduurid:

- Luua toote mudelid vastavalt vajadusele ja importida need joonestuskeskonda edasiseks töötamiseks
- Lõikelehtede ja optimeeringute loomine profiilmaterjali lõikamiseks
- Klaaside mõõtude ja markide määramine
- Suluste ja muu lisavarustuse paigalduse määramine
- Augustus vastavalt sulustele, augustusjooniste ja APJ programmi loomine edasiseks töötamiseks profiiltöötluskeskuse jaoks
- Pinnaviimistluse määramine
- Toote hinna arvutus
- Kasutatavate tihendite, hingede, klaasiliistu, klaasiliistu kruvide ja muude lisadetailide automaatne määramine vastavalt valitud profiilitüübile ja nõudmistele

Töö programmis logikal kulgeb järgmiselt:

- Valitakse toote valmistamiseks sobiv profiilmaterjal, mis vastab soovitud üksetüübi kasutusala ja tulekindlusega
- Seejärel defineeritakse toote kuju ja mõõtmed. Antud punktis määratakse, millise tootega on tegu (ühepoolne uks, paarisuks, aken, profiilsein, framuugide ja vahepostide asetus ning hulk)
- Määratakse tihendite tüüp ja kasutus vastavalt serfitikaadile
- Järgmisena määratakse ära profiilmaterjali täpsed margid iga konstruktsioonelemendi kohta eraldi, samas määratakse ära ka sõlmede ühenduskohtade asetus, mille tulemusel määratakse detailide lõikusnurgad
- Klaasi tüübi ja margi määramine

- Hingede ja suluste määramine
- Klaaside importimine Microsoft Dynamics NAV-i
- Vajalike profiilmaterjalik koguse määramine ja info edastamine ostuosakonnale
- Jooniste importimine AutoCad-i

3.4. Profiilutse koostamine ja komplekteerimine

Lõigatud ja augusta detailid transporditakse edasi keevitamisosakonda, kus toimub uste komplekteerimine ja koostamine. Automatiseerimise eesmärgiks on, et kogu koostamisel toimuva keevitamise teeb ära keevitusrobot. Keevitamise laud koosneb rakisest, mille peal on pneumaatiline rakis, mis võimaldab detailide kiiret ja täpset kinnitamist enne töötlemist. Eesmärgiks on vähendada keevitamisele kuluvat aega, mis on käsitsi koostamise korral suure ajakuluga protsess. Arvestades, et hetkel kulub ühepoolse ukse keevitamiseks 280 minutit ja kahepoolse ukse korral 480 minutit, siis antud kohast on võimalik vähendada suures koguses tööaega.

Tulevikus on plaan soetada keevitusrakis, mille projekteerimine ei kuulu hetkel antud töö käigus teostatavate ülesannete hulka. Keevitusrakise soetamiseks on kaks võimalust: kas kasutada standartset toodet või projekteerida toode, kasutades erinevaid standartseid tooteid kui ka erinevaid valmistatavaid detaile. Valiku tegemise peamised faktorid on järgmised:

- Toote hind
- Piisavad tehnoloogilised võimalused
- Vastavus vajadustele
- Automatiseeritavus
- Koostamisele kuluva aja kokkuhoid
- Mõõtmed

Mõõtmed, milliseid raame peaks saama kindlasti kokku keevitada oleks 0,7x 1,8 kuni 2x2,4 meetrit. Lisaks võiks olla võimalus koostada ka väiksemaid aknaid. Maksimaalsed mõõtmed, milliseid tooteid üldse võib ette tulla on 2,4x3 meetrit. Suuremate toodete esinemine on suhteliselt harv ja alati on võimalik kasutada käsitsi koostamist. Liksaks peaks olema võimalik keevitada vahepuid ja framuugi osasi.

Samuti oleks võimalik robotiga keevitada ka hingesid. Samas on vähetõenäoline, et on võimalik piisavalt kiiresti tagada uste paigaldus rakisesse enne hingede keevitamist, et paigalduse ja seadistamise aeg ei kulutaks asjatult võimalikku seadme kasulikku tööaega. Hingede paigaldamise protsess näeks ette, et esimese asjana paigaldatakse uks ja ukse raam rakisesse, nii et oleksid tagatud ukse ja raami õiged pilude mõõtmed, selleks kasutatakse paigaldusklotse. Järgmisena tuleb tagada hingede asukoht peale mida järgneb keevitamine. Järgneb jahtumine, mis peaks tagama korrektse hingede asetuse. Teades, et suurema osa antud töös võtab protsessi ettevalmistamine ja peale keevitamist toimuv jahtumine, siis mõttekas on hingede paigaldamine teha käsitsi. Majanduslikult ei ole antud protsessi mõtet ka automatiseerida, sest see võtaks liiga palju ressursse ja oleks suhteliselt keerukas.

Hingede keevitamine, koos ülejäänud eritöödega tehakse manuaalselt koos mõõtude ja kvaliteedi kontrolliga, mis tagab kvaliteetse toote, mis järgmise sammuna liigub värvimisse ja kokkupanekusse.

3.4.1. Keevitusrobot

Tootlikkuse parandamise tõstmiseks on mõttekas asendada inimtööjõud robotiga. Antud kohas peaks töötmissüklus koosnema rakisest ja keevitusrobotist. Lisaks tööaja kokkuhoiule tagab keevitusrobot ka keevisõmbluse parema kvaliteedi.

Keevitusroboti eelised manuaalse keevitamise ees:

- Ajaline kokkuhoid
- Parema kvaliteet
- Väiksem töövahendite kulu (traat, gaas, vool)

Keevitusrobot peab olema tehnoloogiliselt piisavalt võimekas, et tagada koostu täielik keevitamine. Oluline on tagada profiili õmbluse keevitavus kogu lõikejoone ulatuses ehk siis profiili kõigist neljast küljest.

Keevitusroboti pealmised valiku tingimused:

- Sobilik hinnaklass
- Piisavad tehnoloogilised võimalused
- Vajadustele vastav töötsoon

- Kergesti automatiseeritav
- Suure liikumisamplituudiga
- Piisavalt kerge kaaluga, et oleks võimalus asetada seade liikuvatele rakistele
- Maksimaalselt kaks robotit peavad teostama kogu töö
- Tarnijapoolne hooldus ja abi probleemide korral
- Sobilik tarkvara koos robotiga

Valiku teostan järgmiste tootjate robotite vahel:

- Yaskawa Motoman keevitusrobotid
- ABB keevitusrobotid
- KUKA keevitusrobotid

Antud tootjate vahel teostatakse valik, sest tegu on tuntud tootjatega, kelle tooted omavad kõrget kvaliteeti ja kelle pakutavas kvaliteetses teenuses võib kindel olla. Lisaks vastavad antud ettevõtete tooted ka valiku tingimustele.

Järgnevalt valitakse iga tootja pakutavatest mudelitest välja sobivam, mille vahel toimub lõplik keevitusroboti valik.

Yaskawa Motoman MA3100

Antud seadme plussiks on väga suur töötsoon raadiusega 3121 mm. See tähendab, et piisab ühest robotist, et teostada kogu keevitamine ühe paigaldusega. Omab DX100 juhtimissüsteemi, mis vastab koos juhtimisprogrammidega ette antud tingimustele. Roboti kaal on 501 kg, mis ei tekita antud juhul probleeme, sest seade omab piisavalt suurt liikumisraadiust. Tegu on spetsiaalse keevitusrobotiga, millest tingituna pole olulisel kohal selle väike tõstekoormus, mis on 3 kg. Positioneerimise täpsuseks loetakse $\pm 0,15$ mm ja töotelgede arv on kuus.



Sele 3.11. Keevitusrobot Yaskawa Motoman MA3100[10]

ABB IRB 4600-40/2,55

Tegu on tööstusrobotiga, mis on mõeldus ka kaarkeevitamise protsesside teostamiseks. Töötsooni raadius on 2550 mm, kaal 430 kg ja tõstejõud 20 kg. Robotitega pakutakse kaasa erinevaid tarkvarasid, mille hulgast on võimalik valida endale sobivaim. Positioneerimise täpsuseks loetakse $\pm 0,06$ mm ja töötelgesid on kuus.



Sele 3.12. Tööstusrobot ABB IRB 4600-40/2,55[12]

KUKA KR 30 L16/2

Tegu on tööstusrobotiga, mis sobib samuti keevitamiseks. Seade oma suurt tööpiirkonda raadiusega 3102 mm. Tõstejõud on 16 kg ja seadme mass on 700 kg. Lisaks pakutakse robotiga koos ka juhtimissüsteemi KRC4. Positioneerimistäpsuseks loetakse vähemalt $\pm 0,07$ mm ja töötelgesi on kuus.



Sele 3.13. Tööstusrobot KUKA KR 30 L16/2 [13]

Tabel 3.3. Keevitusrobotite võrdlus

Seade	Yaskawa Motoman MA3100	ABB IRB 4600-40/2,55	KUKA KR 30 L16/2
Horisontaalse töösooni radius (mm)	3121	2550	3102
Töötelgede arv (tk.)	6	6	6
Tõstekoormus (kg)	3	20	16
Kaal (kg)	501	435	700
Positsioneerimise täpsus (mm)	±0,15	±0,07	±0,08

Valitud osutus keevitusrobot Yaskawa Motoman MA3100. Antud seadme valiku põhjused olid järgnevad:

- Suur tööpiirkond, mis võimaldab teostada protsessi ühe roboti ja ühe paigaldusega
- Kergem kaal võrreldes seadmega KUKA KR 30 L16/2, mis muudab lihtsamaks seadme automatiseerimist ja rakise projekteerimist
- Tõstekoormus ei ole keevitusroboti valikul oluline
- Positsioneerimistäpsus $\pm 0,15$ on piisav ja optimaalseim antud valikuvariantidest

3.4.2. Keevitusrakis

Tulevikus konstrueeritav rakis peaks koosnema töölauast, millele kinnituvad pneumaatilised kinnitid, mis tagavad koostu fikseerimise vastavalt vajadusele.

Erinevad konstruktsioonid, mida on vaja keevitada:

- Ukse konstruktsioon, mis koosneb tavaliselt T või Z profiilist. See tähendab, et arvestada tuleb kinnitamisel välise kõrvaga, mida ei ole võimalik kasutada kinnituspinnana.

- Raami keevitamine: antud konstruktsiooni kinnitamiseks on vaja lähtuda läve tüübist või selle olemasolust. Võimalusel, kui läve ei ole saab kasutada sobilikku tuge, mis tagab stabiilse konstruktsiooni. Rakis peab tagama ka kahe posti vahel oleva läve paigaldamise.
- Framuugi keevitamine: tähtis on tagada täisnurksete profiilide õige asukoht ukse raamiga.
- Vahepostide paigaldamine: vahepostide paigaldamine eeldab lisakinnitite olemasolu rakise keskosas.
- Eridetailide keevitamine: erinevate detailide näiteks paigaldusplaatide keevitamiseks võib kasutada eelnevat manuaalset punktkeevitamist või kiirkinniteid

Keevitusrakis peaks tagama koostu kiire ja täpse kinnituse, mille tööpõhimõte peaks olema järgmine:

- Tööline asetab detailid õigetsse kohtadesse, detailid peavad olema õiget pidi ja kokku minevad nurgad peavad olema vastastikku
- Järgnevalt aktiveeritakse nupuvajutusega pneumosüsteem, mille tulemusel toimub detaili kinnitumine.
- Peale detaili kinnitamist toimub detaili keevitamine pealt asendist, küljepealt ja ka alt poolt.
- Lõpetuseks toimub õmbluste lihvimine samuti roboti abil

Lisaks raamida keevitamisele on vaja rakist, mille abil oleks võimalik paigaldada hinged, tagades vajaliku täpsuse ja mis tagaks kvaliteedi keevitusjärgsete deformatsioonide vastu. Antud punkt on olulise tähtsusega, kuna sellega on olnud eelnevalt palju probleeme. Hea oleks kasutada ka antud punktis robotkeevitust, mis tagaks kvaliteetsema keevituse ja järeldedeformatsioonid oleksid väiksemad.

Hingekeevituseks sobilik rakis tellitakse profiilitootjalt Forster [13] mis tagab kiirema hingede keevitamise ning parema kvaliteedi. Antud rakis vähendab probleemi, mille tulemusel on uste pilude mõõtmed paigast ära, mis on olnud pidev kvaliteediprobleem.

Automatiseerimise jõudmisel vastavasse järku tellitakse keevitusrakis antud elementide konstrueerimisele keskendunud ettevõttelt. Antud töö käigus rakist projekteerima ei hakata.

3.5. Lõppkoostamine

Peale koostu keevitamist toimub lõplik pinnaviimistlus ja koostamine, mille tulemusel valmib toode, mis saadetakse kliendile. Esmalt toimub toote värvimine ja peale seda lõplik toote kokkupanek, millel järgneb pakkimine ja lähetamine kliendile. Antud protseduuride käigus on olulisel kohal ka kvaliteedi kontroll, et vältida hilisemaid reklamatsioone ja lisakulusid. Antud etapp ei kuulu hetkel kitsaskohtade nimistusse, mille puhul suuremaid protsessi parendamisi ei rakendata.

3.5.1. Värvimine

Pinnaviimistlus tagatakse peale keevitamist värvimise teel. Toodete värvimine toimub värvikambris pulbervärvimise teel. Värvikamber töötab kahes vahetuses ja ühe toote kohta arvestatakse antud protseduuri korral tööajaks 45 minutit.

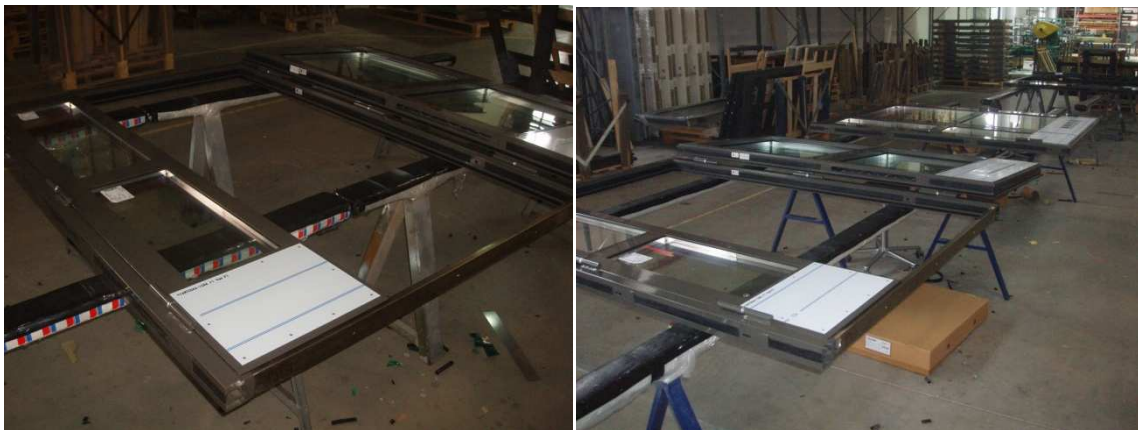
Vähendamaks abiaegu antud protseduuri korral on väga oluline, et korraga oleks võimalik värvida kõik sama värvi tooted. Samuti on kasulik, kui ühte värvi tooteid on võimalikult palju. Kvaliteedi seisukohalt on oluline, et nii enne, kui ka peale värvimist toimusks kvaliteedi kontroll. Enne värvimist on oluline teostada visuaalne kontroll, mille tulemusel jälgitakse keevisõmbluste kvaliteeti ja toote vastavaust joonisega. Peale värvimist on oluline jälgida, kas kogu toode on kaetud ühtsalselt ja korrekteselt värviga. Lisaks peab kontrollima, kas on tagatud joonisel nõutud värvikihi paksus, milleks kasutatakse värvikihi paksuse mõõtmist.

3.5.2 Kokkupanek

Ukse lõplik koostamine toimub viimasena kokkupanekus peale toote värvimist. Antud töögrupis töötab korraga ühe uksega kaks töolist, kelle omavaheline tegutsemine ja koostöö peab tagama võimalikult kiire ja ajakadudeta töö. Selleks, et ajakaod oleks võimalikult väikesed on oluline, et kõik tööriistada ja vajaminevad materjalid oleksid võimalikult käeultrauses.

Antud tööetapis toimub ka põhjalikum kvaliteedi kontroll, mille käigus kontrollitakse toote vastavust joonisega:

- Mõõtmed
- Ukse käeliskus
- Värvide mark ja värvikihi paksus
- Suluste sobituse kontroll
- Mehaaniline toimimine



Sele 3.14. Uksed kokkupaneku töölaual

Kokkupaneku töö profiiluste puhul kulgeb järgmiselt:

- Esmalt sobitatakse kokku uks ja leng
- Paigaldatakse uste löögitihendid, peale mida kontrollitakse uste õhuvahesi ja tihendite toimivust
- Vajadusel paigaldatakse erinevad tihendid vastavalt serfitikaadile avadele, lengile ja uksele
- Järgneb tootele klaaside paigaldus koos klaasitihenditega
- Vajadusel paigaldatakse tootele automaatläved, harjastihendid, löögiplaadid ja kõik muu vajalik
- Ustele paigaldatakse alati vasturaud ja riiv koos riivivarrastega
- Vastavalt kliendi soovile paigaldatakse ka lukud, silindrid, käepidemed, lingid ja ülejäänud sulused, mida soovitakse
- Kvaliteedi kontroll

Järgneb toote pakkimine ja saatmine kliendile. Ühe toote peale arvestatakse antud tööprotsessis ajakuluks 120 minutit.

4. PROFILUSTE TOOTMISE ANALÜÜS

Antud punktis kasutan tootmisvõimsuse arvutamiseks programmi GanttProject, et leida millist toodete hulka on ettevõtte võimeline tootma enne ja pärast tootmisprotsessi parendamist. Esmalt leian võimsuse, mis on võimalik teostada olemasolevate vahendite, seejärel leian võimsuse peale parendamist, kuid ilma investeringuteta. Viimaseks leian võimsuse, mis on võimalik saavutada koos CNC profiiltööluskeskuse ja robotkeevitusega.

Arvestan, et tellimuse valmistamiseks antakse aega 20 tööpäeva, millest 5 päeva on aeg tehnoloogile ja 15 päeva tootmisele. Tegemist on siiski ideaalse mudeliga, sest realselt ei suuda tehnoloog tööd alustada kohe peale tellimuse saamist, vaid parimal juhul paar päeva hiljem. Samas, kui tehnolooge oleks mitu, siis oleks see isegi võimalik.

4.1 Normaalkoormuse arvutamine

Protsess algab tehnoloogilise ettevalmistusega. Seejärel toimub profiilmaterjali ja klaasiliistu lõikus. Seadmetest kasutatakse hetkel Ketassaag Kaltenbach KKS 400E ja KKS 400H. Nimetame neid vastavalt profiililõikus ja klaasiliistu lõikus. Seejärel toimub profiilmaterjali augustamine kopeerfreeside Elumatec AS 170 ja AS 70/04 ja puurimine sammaspuurpinkdel Proma E1720F ja PME 2. Nimetame antud tööühikute freesimisega. Järgneb keevitamine, värvimine ja kokkupanek. Värvimiseks loetakse töökeskuses ühte värviahju ja kokkupanekus ühte kokkupaneku brigaadi, mis koosneb kahest töötajast.

Arvestan ajanormid uksele kogulaiusega 1400 mm, kus käiguukse laius on 1000 mm ja passiivne pool 400 mm.

Tootmiseks kuluva aja arvutamiseks leian tükiaja, mille arvutamisel lähtutakse arvutusvalemite, väljatöötatud tabelitest ja kogemuslikest statistilistest meetoditest. [14]

Tükiaeg T_{tk} leitakse valemitega:

$$T_{tk} = T_{op} + T_{el} + T_{pi}, \quad [4.1]$$

kus T_{tk} - tükiaeg

T_{op} - operatiivaeg

T_{el} - ettevalmistus ja lõpetusaeg

T_{pi} - aeg puhkusteks ja isiklikeks asjadeks

$$T_{op} = T_m + T_{abi}, \quad [4.2]$$

kus T_{op} - operatiivaeg

T_m - masinaaeg

T_{abi} - abiaeg

Tabel 4.1. Erinevate operatsioonide ajanormid

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Ajad(min)					
			T_m	T_{abi}	T_{op}	T_{el}	T_{pi}	T_{tk}
	Profiiluks 10+4x21							
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	110	5	115	5	10	130
2.	Profiilmaterjali lõikus	Profiilsaag	120	24	144	20	16	180
3.	Klaasiliistu lõikus	Klaasiliistu saag	24	5	29	8	3	40
4.	Profiilmaterjali augustamine	Freesimine	160	32	192	29	19	240
5.	Ukse koostu keevitamine, hingede ja klaasiliistu kruvide paigaldus, lihvimine	Keevitus	280	56	336	50	34	420
6.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	30	6	36	5	4	45
7.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	80	16	96	15	9	120
Kokku:								1175

Tabel 4.2 Toodete arv nädalas vahetuse kohta

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Toodete arv nädalas ühe vahetuse kohta (tk.)
	Profiiluks 10+4x21		
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	18,5
2.	Profiilmaterjali lõikus	Profiilsaag	13,3
3.	Klaasiliistu lõikus	Klaasiliistu saag	60
4.	Profiilmaterjali augustamine	Freesimine	10
5.	Keevitamine	Keevitus	5,7
6.	Värvimine	Värv	53,3
7.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	20

Tabel näitab kui palju on võimeline tootma üks töökeskus tooteid nädalas ühe võimsuse kohta. Juhul kui on võimalik kasutada kahte vahetust või kahte tööpinki korraga siis on see number poole suurem.

Lähtudes tehnoloogi võimsusest näitab arvutus, juhul kui tööaeg on 130 minutit tootele ja nädalane tööaeg on 2400 minutit, siis nädalaga saab maksimaalselt töösse panna 18 toodet.

$$i = \frac{t_{kogu}}{t_{tk}}, \quad (4.3)$$

kus i - nädalane toodete hulk

t_{tk} - tükiaeg

t_{kogu} - nädalane tööaeg

$$i = \frac{2400}{130} = 18,46 \approx 18 \text{ toodet}$$

Arvestatakse olukorraga, et toodete tootmist alustatakse 3 nädalat enne tähtaega. Kuna reaalselt saab alustada tootmist juba ka varem, kui tehnoloog on töö kogu partiiga lõpetanud, siis annab see kindluse, et tehnoloogi käest jõuab alati tooted tootmisesse 3 nädalat enne tähtaega. Antud olukord väldib võimalust, et mitte sisse arvestatud ajakaod tehnoloogi töös häiriks tootmist. Kuna reaalne olukord on selline, et tehnoloog ei ole võimeline alustama tööd neli nädalat enne tähtaega, vaid on ka võimalus, et ta teeb seda 16 päeva enne tähtaega.

Tehases algab protsess profiilmaterjali lõikamisega, mille peale kulub 3240 min.

$$T_{partii} = i \cdot t_{tk}, \quad (4.4)$$

kus T_{partii} - Kogu partii peale kuluv aeg

i - toodete hulk

t_{tk} - tükiaeg

$$T_{partii} = 18 \times 180 = 3240 \text{ min}$$

Seega kulub kogu partii lõikamiseks $6,75 \approx 7$ tööpäeva.

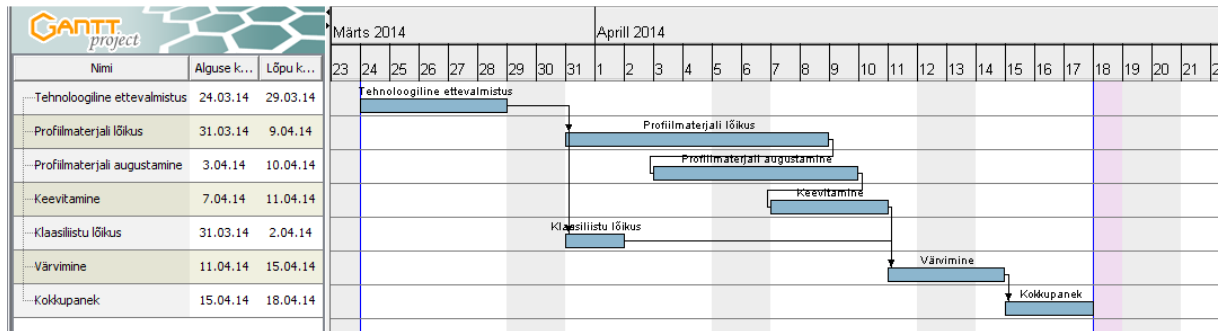
Klaasiliistu lõikuse peale kulub $T_{partii} = 40 \times 18 = 720 \text{ min} \Rightarrow 1,5$ tööpäeva (valem 4.4).

Profiilmaterjali augustamise peale kulub $T_{partii} = 240 \times 18 = 4320 \text{ min} \Rightarrow 9$ tööpäeva (valem 4.4).

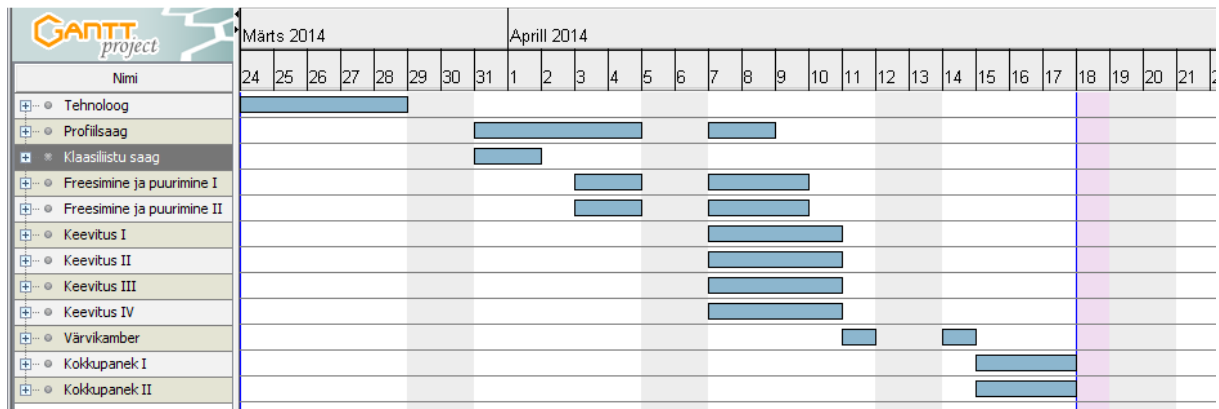
Kuna antud töökeskuses töötab korraga 2 töolist siis kulub kokku 4,5 päeva. Antud protsessi saab alustada juba varem, kui esimesed tooted on välja lõigatud ja ei pea ootama kuni kogu eelmine operatsioon on lõppenud. Samuti on ka keevitamisega. Keevitamise peale kulub $T_{partii} = 420 \times 18 = 7560 \text{ min} \Rightarrow 15,75$ tööpäeva (valem 4.4). Hetkel on arvestus tehtud, et kasutatakse nelja keevitajat kogu partii koostamiseks, siis kulub kogu partii koostamiseks 4 tööpäeva.

Järgmiseks läheb kogu partii korraga värvi. Värvimise peale kulub $T_{partii} = 45 \times 18 = 810 \text{ min} \Rightarrow 1,7$ tööpäeva (valem 4.4).

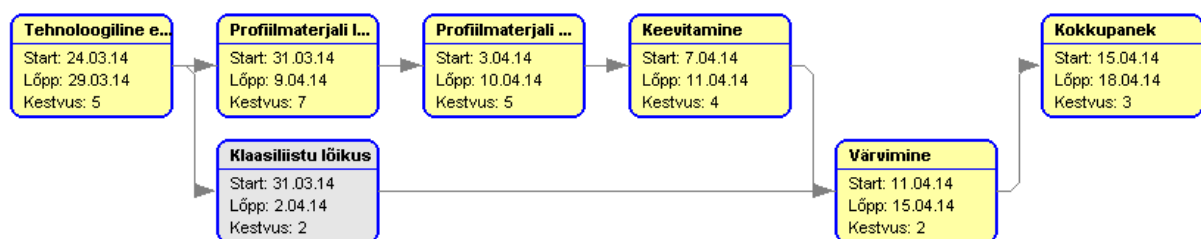
Kokkupanek alustab pealse seda, kui kogu partii on värvitud. Aega kulub $T_{partii} = 120 \times 18 = 2160 \text{ min} \Rightarrow 4,5$ tööpäeva (4.4). Antud aeg jaguneb kahe või vajadusel ka rohkemate kokkupaneku paaride vahel.



Sele 4.1. Praeguse tootmisrežiimi Ganti graafik



Sele 4.2. Praeguse tootmisrežiimi ressursside kasutuse analüüs



Sele 4.3. Praeguse tootmisrežiimi protsessi skeem

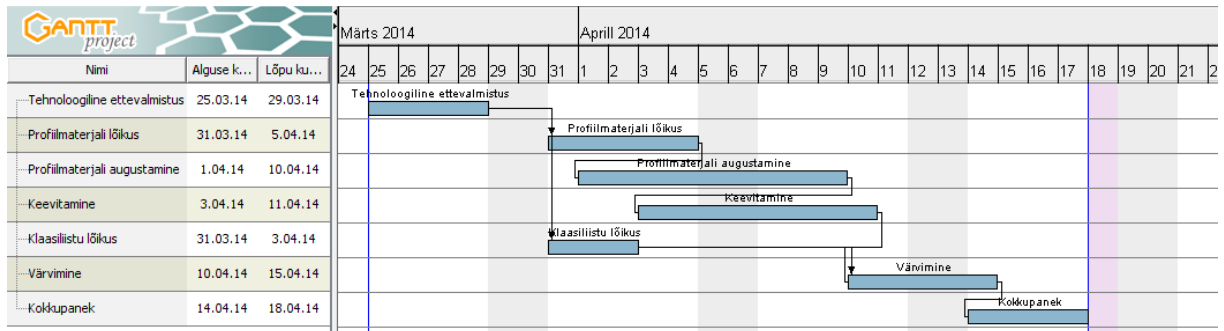
Tabelitest võib välja lugeda, et hetkel on maksimaalne võimsus 18 toodet nädalas, samas aga on tootmises kitsaskoht, mis on profiilmaterjali lõikus. Arvestades, et antud koguse toodete lõikamiseks kulub aega 7 päeva, siis kuu norm arvestades, et nädalas jõuab lõigata 13 toodet,

oleks see 52 toodet kuus. Antud kogus on praegustes tingimustes suhteliselt hea tulemus. Arvestades, et tellimusi ei tule ühtlaselt, vaid mingil hetkel on koormus palju suurem, siis võib tekkida tihti probleeme.

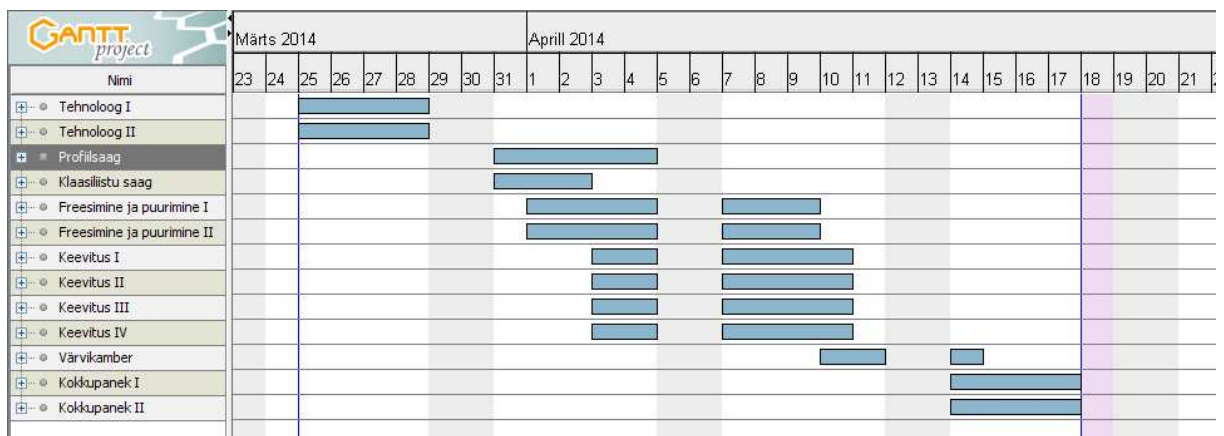
Lihtsaim viis suurendada tootlikkust, ilma investeeringuid tegemata on suurendada profiilsae koormust ühelt vahetuselt kahele. Lisaks tuleb jaotada tehnoloogiline ettevalmistus kahe töötaja vahel. Profiilmaterjali augustus jääb hetkel ühe vahetuse peale. Samas keevitajate ja kokkupaneku paaride hulgaga saab sõltuvalt vajadusest ümberarvestusi teha, sest reaalselt on võimalik kasutada ka suuremat hulka töötajaid. Samas määravaks võib saada asjaolu, et profiiluksed ei ole ettevõtte ainus tegevusvaldkond. Antud asjaolu tähendab, et koguaeg ei ole võimalik antud maksimaalset koormust rakendada, kuid hetkeliselt on võimik toota suuremaid mahtusid vastavalt tellimustele.

Tabel 4.3 Partii tootmiseks kuluvad ajad vastavalt tootmisršiimile

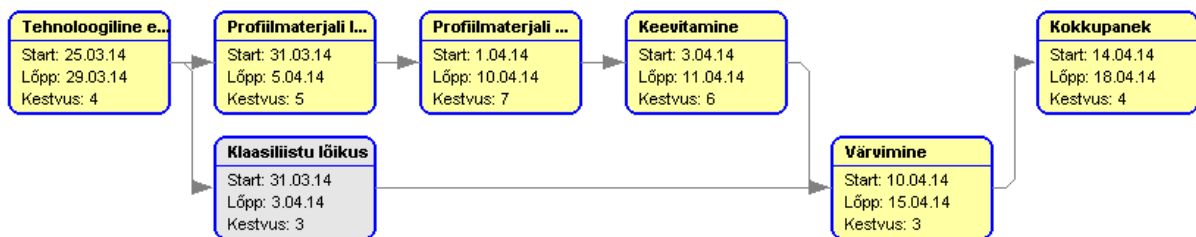
Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Ajad(min)		Korruga töötavate võimsuste arv	Vahetuste arv	Vajalik arv päevi operatsiooni teostamiseks
			T _{tk}	T _{partii}			
	Profiiluks 10+4x21						
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	130	3380	2	1	3,5
2.	Profiilmaterjali lõikus	Profiilsaag	180	4680	1	2	4,9
3.	Klaasiliistu lõikus	Klaasiliistu saag	40	1040	1	1	2,2
4.	Profiilmaterjali augustamine	Freesimine	240	6240	2	1	6,5
5.	Keevitamine	Keevitus	420	10920	4	1	5,7
6.	Värvimine	Värv	45	1170	1	1	2,4
7.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	120	3120	2	1	3,3



Sele 4.4. Muudetud tootmisrežiimi Ganti graafik



Sele 4.5. Muudetud tootmisrežiimi resursside kasutuse analüüs



Sele 4.6. Muudetud tootmirežiimi protsessi skeem

Graafik näitab, et 14 tööpäevase tootmistsükliga on võimalik toota 26 toodet nädalas. Jääb sisse ka väike varu. Tabelis toodud koormuste juures on freesimise maksimaalne koormus 20 toodet nädalas ja 80 toodet kuus. Suurendades freesimise töörežiimi 1,5 kordseks siis on võimalik toota juba pidevalt 26 toodet nädalas.

4.2. Võimsuse arvutus peale automatiseerimist

Peale profiiltöötluskeskuse kasutuselevõttu langeb tootmise kitsaskoht profiili lõikuse ja augustese koha pealt tehnoloogi töö peale. Lisaks tavapärasele tööle peab tehnoloog valmistama ette programmid ka töötlemiskeskusele. Samas antud protseduur ei võta märgatavalt palju aega, sest programmis Logikal on antud protseduur muudetud lihtsaks ja kiiresti käsitletavaks.

Esmalt leian tulemused ilma keevitamise protseduuri automatiseerimata. Protsess hakkab pihta tootmise tehnoloogilise ettevalmistusega tehnoloogi poolt, mille käigus luuakse lisaks joonistele ja lõikelehtedele ka programm profiiltöötluskeskusele. Järgneb töötlemine profiiltöötluskeskuses, mille jooksul lõigatakse ja augustatakse detailid. Järgneb keevitamine kasutades manuaalkeevitust. Edasi jätkub protseduur värvimise ja kokkupanekuga.

Tabel 4.4. Erinevate operatsioonide ajanormid peale esmast automatiseerimist

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Ajad(min)					
			T _m	T _{abi}	T _{op}	T _{el}	T _{pi}	T _{tk}
	Profiiluks 10+4x21							
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	75	4	79	4	7	90
2.	Profiilmaterjali lõikus ja asugustamine	Profiiltöötluskeskus Elumetec SBZ 150	30	20	50	10	5	65
5.	Ukse koostu keevitamine, hingede ja klaasiliistu kruvide paigaldus, lihvimine	Keevitus	280	56	336	50	34	420
6.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	30	6	36	5	4	45
7.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	80	16	96	15	9	120
Kokku:								740

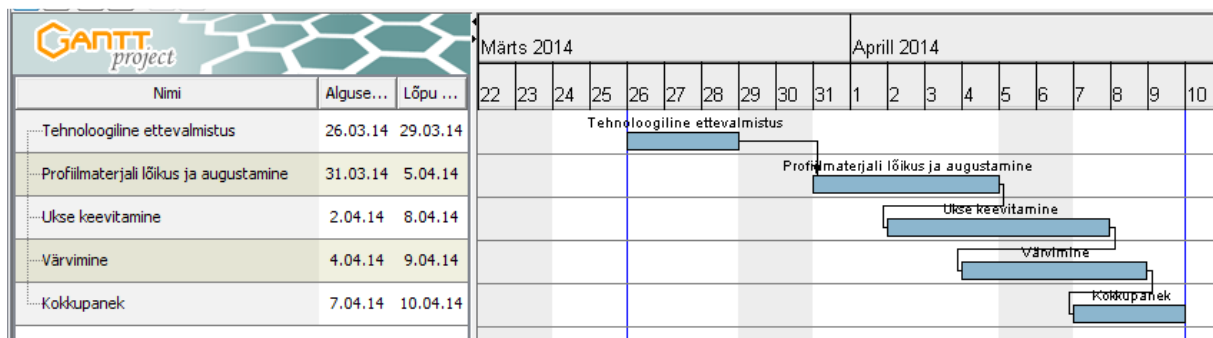
Tabel 4.5. Toodete arv nädalas vahetuse kohta peale esmast automatiseerimist

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Toodete arv nädalas ühe vahetuse kohta (tk.)
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	26,7
2.	Profiilmaterjali lõikus ja asugustamine	Profiiltöötluskeskus Elumetec SBZ 150	36,9
5.	Ukse koostu keevitamine, hingede ja klaasiliistu kruvide paigaldus, lihvimine	Keevitus	5,7
6.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	53,3
7.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	20,0

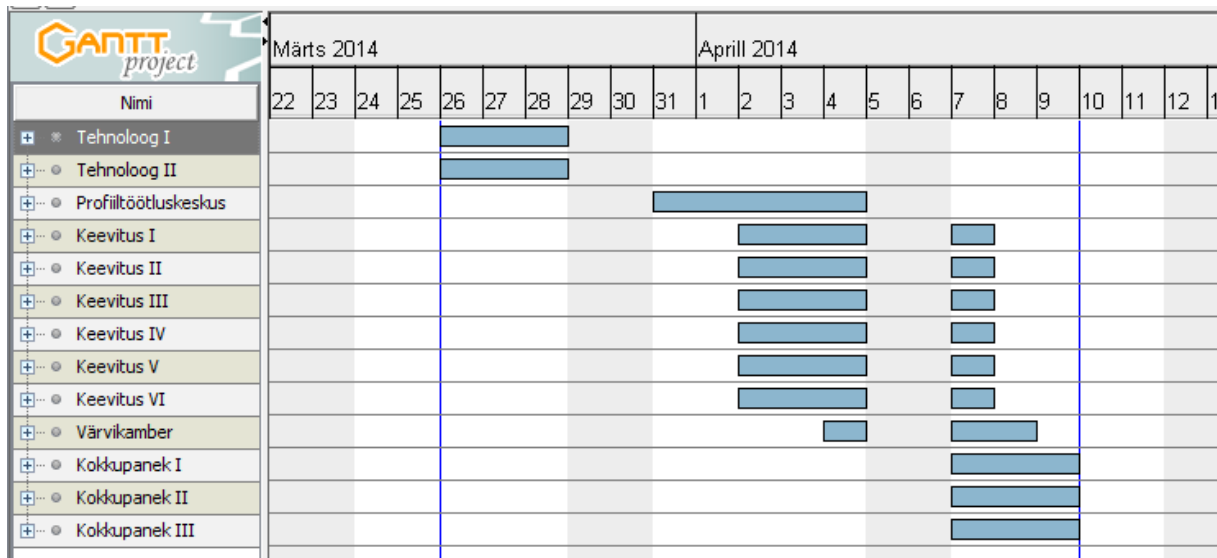
Antud juhul jääb tootmise kitsaskoht keevitamise osakonna peale. Samas võimalik on kasutada maksimaalselt kuni üheksat keevitajat, siis valin hetkel toodete hulgaks 30 toodet nädalas, mis koormab kuut töölisi. Vajalikud tööliste ja töökeskuste hulgad on toodud tabelis 4.6.

Tabel 4.6. Partii tootmiseks kuluvad ajad peale esmast automatiseerimist

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Ajad(min)		Korruga töötavate võimsuste arv	Vahetuste arv	Vajalik arv päevi operatsiooni teostamiseks
			T _{tk}	T _{partii}			
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	90	2700	2	1	2,8
2.	Profiilmaterjali lõikus ja asugustamine	Elumetec SBZ 150	65	1950	1	1	4,1
5.	Ukse koostu keevitamine, hingede ja klaasiliistu kruvide paigaldus, lihvimine	Keevitus	420	12600	6	1	4,4
6.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	45	1350	1	1	2,8
7.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	120	3600	3	1	2,5



Sele 4.7. Ganti graafik peale esmast automatiseerimist



Sele 4.8. Tootmisresside kasutus peale esmast automatiseerimist



Sele 4.9. Protsessi skeem peale esmast automatiseerimist

Graafik näitab, et tootmitsükli pikkus on võimalik viia koos profiiltöötluskeskusega lühemaks. Olenevalt keevitus ja kokkupaneku prigaadide hulgast 11-15 päeva. Samas keevituse osakond on tugevalt koormatud, mis tähendab, et mahtu pidevalt tõsta ei ole võimalik. Samas arvestades varu on võimalik tagatda tootlikkus 30-40 toodet nädalas.

Järgnevalt leian tulemused peale keevitusprotseduuri automatiseerimist. Keevitamine toimub spetsiaalrakises robotkeevitusega koos lihvimise ja ka hingede keevitamine. Peale seda toimub klaasiliistu kruvide ja lisadetailide paigaldamine ning katteplaatide neetimine.

Tabel 4.7. Erinevate operatsioonide ajanormid peale lõplikud automatiseerimist

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Ajad(min)					
			T _m	T _{abi}	T _{op}	T _{el}	T _{pi}	T _{tk}
	Profiiluks 10+4x21							
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	75	4	79	4	7	90
2.	Profiilmaterjali lõikus ja asugustamine	Profiiltöötluskeskus Elumetec SBZ 150	30	20	50	10	5	65
3.	Ukse keevitamine, hingede paigaldamine, lihvimine	Automaatkeevitus ja - lihvimis keskus	25	20	45	10	5	60
4.	Klaasiliistu kruvide paigaldamine, lisatööd keevituses	Keevitus	20	10	30	5	5	40
5.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	30	6	36	5	4	45
6.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	80	16	96	15	9	120
Kokku:								420

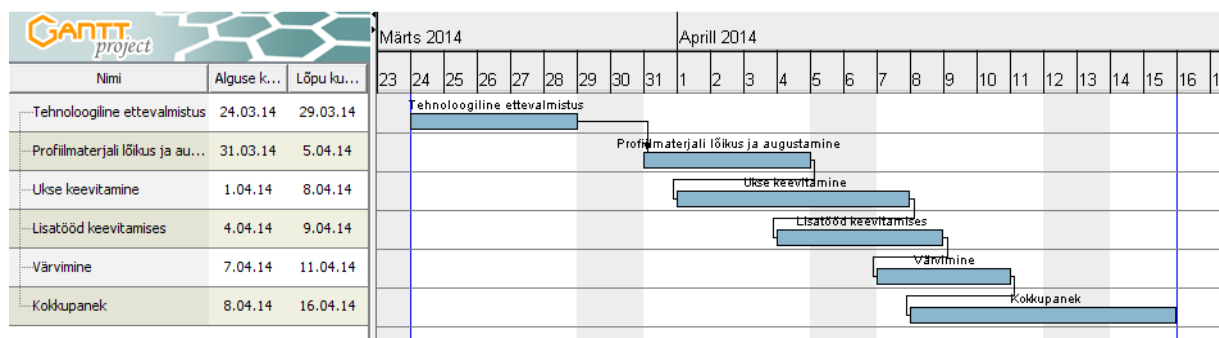
Tabel 4.8. Toodete arv nädalas vahetuse kohta peale lõplikku automatiseerimist

Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Toodete arv nädalas ühe vahetuse kohta (tk.)
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	26,7
2.	Profiilmaterjali lõikus ja asugustamine	Profiiltöötluskeskus Elumetec SBZ 150	36,9
3.	Ukse keevitamine, hingede paigaldamine, lihvimine	Automaatkeevitus ja - lihvimis keskus	40
4.	Klaasiliistu kruvide paigaldamine, lisatööd keevituses	Keevitus	60
5.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	53,3
6.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	20

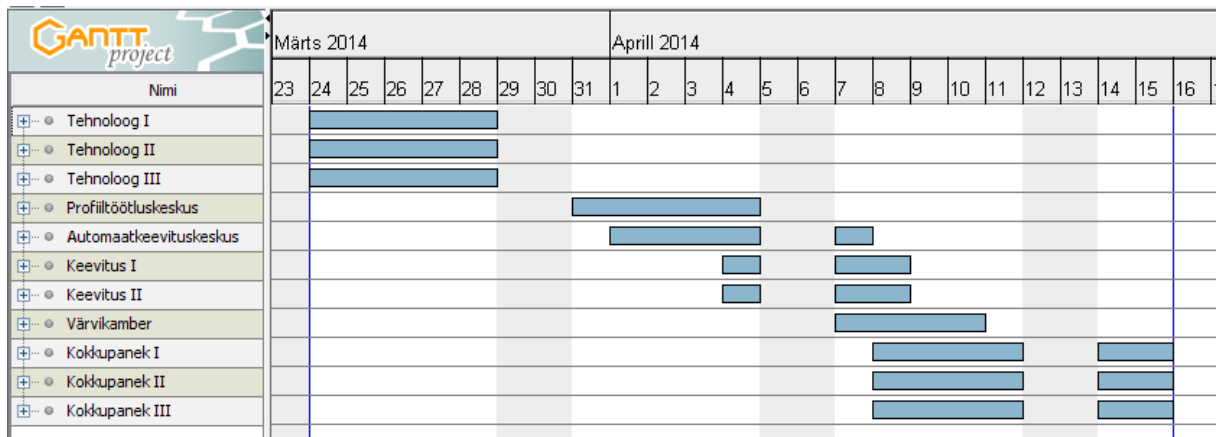
Lähtudes profiiltöötluskeskuse võimsusest, siis ühes vahetuses töötades on võimalik toota 36 toodet. Samas kahes vahetuses oleks see juba 73 toodet. Vastavalt vajadusele peab reguleerima ma ülejäänud töökeskuste hulka. Arvestan töökeskuste ja töötajate vajaduse, juhul kui profiiltöötluskeskus töötab kahes vahetuses ja toodab selle ajaga 73 toodet kuus.

Tabel 4.9. Partii tootmiseks kuluvad ajad peale lõplikku automatiseerimist

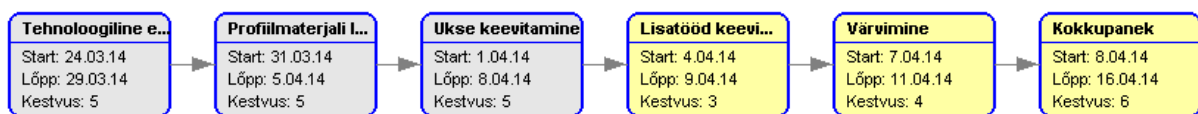
Jrk.	Operatsioon	Töökeskus	Ajad(min)		Korruga töötavate võimsuste arv	Vahetuste arv	Vajalik arv päevi operatsiooni teostamiseks
			T _{tk}	T _{partii}			
1.	Tehnoloogiline ettevalmistus	Tehnoloog	90	6570	3	1	4,6
2.	Profiilmaterjali lõikus ja asugustamine	Elumetec SBZ 150	65	4745	1	2	4,9
3.	Ukse keevitamine, hingede paigaldamine, lihvimine	Automaatkeevitus ja - lihvimis keskus	60	4380	1	2	4,6
4.	Klaasiliistu kruvide paigaldamine, lisatööd keevituses	Keevitus	40	2920	2	1	3,0
5.	Ukse ja klaasiliistu värvimine	Värv	45	3285	1	2	3,4
6.	Ukse kokkupanek, kvaliteedi kontroll ja pakkimine	Kokkupanek	120	8760	3	1	6,1



Sele 4.10. Ganti graafik peale tootmisrežiimi lõplikku automatiseerimist



Sele 4.11. Tootmisressursside kasutus peale lõplikku automatiseerimist



Sele 4.12. Protsessi skeem peale lõplikku automatiseerimist

Antud skeem tagab ühtlase ja kiire tootmistsükli, mille pealmiseks põhjuseks on kitsaskohtade puudumine. Ükski protsess ei võta teistest märgatavalt kauem aega. Selle tulemusel on võimalik nädalas toota kuni 73 toodet, mis teeb kuu mahuks 292 toodet, mis on arvestades praeguseid tootmismahutusi ja võimsuseid kordades suurem number.

4.3. Automatiseerimise ja parendamise käik

Esimese etapina tuleb läbi viia tootmisrežiimi parendamine ja lisaks sellele tootmisprotsessi parendamine igas tootmisetapis. Vajaduse kasvades ja võimaluste korral tuleb edasi minna suuremate kulutustega ja teostada investeeringud. Esimese etapina soetatakse profiltöötluskeskus, millega kaotatakse lõikus ja augustus olev kitsaskoht. Viimase etapina toimub automaatkeevituskeskuse projekteerimine ja töösse rakendamine, millega vähendatakse kasvavat koormust keevitamise valdkonnas.

Tabel 4.10. Tootmisrežiimide võrdlus

Nr.	Näitaja	Praegune tootmisrežiim	Parendatud tootmisrežiim	Automatiseerimise I tase	Automatiseerimise II tase
1.	Protsessi aeg (min)	1175	1175	740	420
2.	Toodete hulk nädalas (tk.)	13	20	30	73
3.	Tootmispartii peale kuluv aeg (min)	15275	23500	22200	30660
5.	Toodete hulk kuus (tk.)	52	80	120	292

Tabel näitab, et peale automatiseerimist väheneb ühe toote valmistamiseks kuluv aeg ligi kolm korda. Seoses automatiseerimisega kasvab toodete hulk võrreldes praegusega enam kui 5 korda. Automatiseerimise plussiks on kitsaskohtaede kaotamine ja protsessi ühtlaseks muutumine, miinuseks aga kõrge hind.

Arvestades, et tootmise täielik automatiseerimine vajab resursse ja aega, siis jaotatakse töö parendamine ja automatiseerimine kolme etappi. Vastavalt tootmise vajalikule võimsusele saab määrata automatiseerimise optimaalsed tasemed.

Esimeses tasemes toimub igasugune parendamine, mida on võimalik saavutada koheselt ilma suuremaid kulutusi tegemata. Antud parendamise tase on vajalik saavutamaks nädalane tootmise hulk 20-25 toodet nädalas. Parendamise käigus pööratakse tähelepanu pealmiselt järgmistele punktidele:

- Tehnoloogilise töö parendamine, töö ajakulu vähendamine, töö lihtsustamine ja jaotus müügiosakonna vahel
- Töö parendamine profiilmaterjali lõikuses, üleminek kahe vahetusega tootmisrežiimile vajaduse korral
- Töö parendamine profiilmaterjali augustuses, ülemineks kahe vahetusega tootmisrežiimile vajaduse korral
- Töö parendamine keevituses, rakistuse ja töövahendite arendamine
- Töö parendamine kokkupanekus, eesmärgiga kiirendada ukse komplekteerimist ja pakkimist

Automatiseerimise teises tasemes soetatakse profiiltöötlemiskeskus Elumetec SBZ 150, mille töösse rakendamise kuluks arvestatakse 155 000 Eurot. Vajalik toodete kogus, mida eeldatakse, et tehas peab tootma on antud juhul 25-35 toodet kuus. Tähtsamad punktid antud staadiumis on järgmised:

- Profiiltöötluskeskuse paigaldamine ja töösse rakendamine, vajalike oskustega töötajate koolitamine
- Programmi Logikali APJ süsteemi töösse rakendamine ja koostöö profiiltöötluskeskusega
- Programmis Logikal korrektse augustuse määramine, mis on seoses määreatavate sulustega.
- Vajaduse korral kahe vahetusega töörežiimi rakendamine
- Keevitusosakonna töö organiseerimine ilma kitsaskohtade tekkimiseta antud tootmise etapis
- APJ programmi loomine tehnoloogi poolt

Automatiseerimise kolmanda etapi vajaduseks hinnatakse 35-80 toodet nädalas. Antud staadiumi pealmiseks tegevuseks on automaatkeevituskeskuse töösse rakendamine, mille hinnaks arvestatakse 108 000 Eurot. Pealmised tegevused antud tasemel on:

- Keevitustöölaua ja rakistuse projekteerimine ja töösse rakendamine
- Keevitus- ja lihvimisprotseduuride töösse rakendamine roboti abil
- Vajalike oskustega töötajate koolitamine

Kogu automatiseerimise ja parendamise hinnaks arvestatakse 263 000 Eurot.

Tabel 4.11. Automatiseerimise kulud

Nr.	Kulu nimetus	Summ (Eur)
	Automatiseerimise I tase	
1.	Töötluskeskus Elumetec SBZ 150	122 500
2.	Töövahendid ja lisatarvikud	16 500
3.	Tarkvara ja tarkvara arendus	5 000
4.	Pingi paigaldusega seotud kulud	4 000
5.	Töötajate koolitamine	1 500
6.	Kulud tööprotsessi parendamisele	1 500
7.	Ettearvamatud kulud	4 000
	Kokku:	155 000
	Automatiseerimise II tase	
1.	Keevirobot Yaskawa Motoman MA3100	25 500
2.	Rakise projekteerimine ja valmistamine	47 500
3.	Töövahendid ja lisatarvikud	19 000
4.	Tarkvara ja tarkvara arendus	5 000
5.	Kulud rakise ja roboti paigaldusele	4 000
6.	Töötajate koolitamine	1 500
7.	Kulud tööprotsessi parendamisele	1 500
8.	Ettearvamatud kulud	4 000
	Kokku:	108 000
	I ja II automatiseerimise taseme kulud kokku:	263 000

5. MAJANDUSLIK OSA

Majanduskliku poole pealt leitakse esmalt iga toote hind ennem automatiseerimist, peale esimese staadiumi automatiseerimist ja peale lõpliku automatiseerimist. Võrreldakse tulemusi ja tehakse järeltõlg. Lõpuks leitakse automatiseerimise tasuvusaeg.

Toote hinna kujundamisel arvestan, et toodetakse nelja tüüpi uksi:

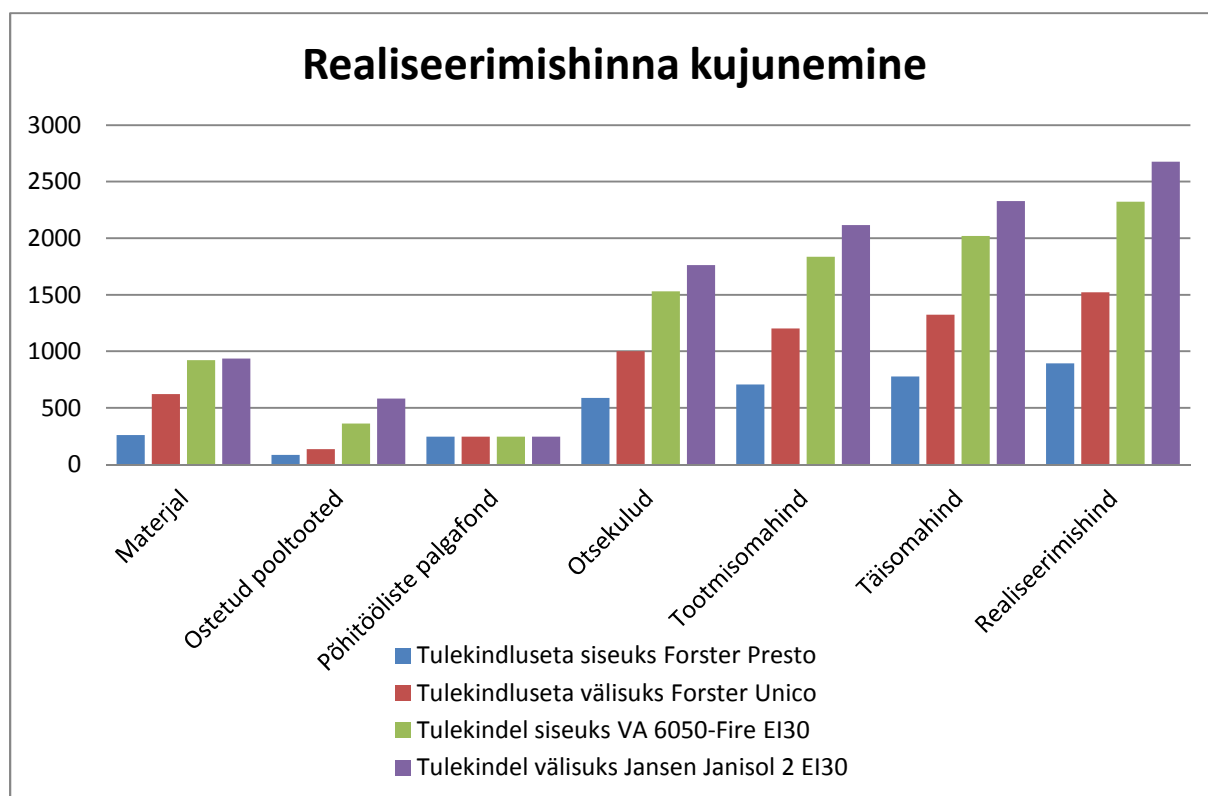
- EI₂30 tulekindlaid siseuksi profiilmaterjalist Voestalpine 6050 Fire. Antud tootegrupp moodustub 40% kogumahust.
- Välisüksed Forster Unico profiilmaterjalist, mis moodustuvad 25% tootmise kogumahust.
- Siseüksed profiilmaterjalist Forster Presto, mis moodustuvad 25% tootmise kogumahust.
- EI30 tulekindel välisüks Jansen Janisol 2 profiilmaterjalist, mis moodustuvad 10% tootmise kogumahust.

5.1. Iga tootegrupi maksumus ennem automatiseerimist

Tööjõu kulu ukse kohta on hetkel 245 Eurot. Materjali alla arvestatakse pealmselt profiilmaterjal, lehtmaterjal, tihendid ja värv. Ostetud pooltoodete hinna moodustavad pealmselt riiv ning avatäite klaasid ja paketid. Lukud ja ülejäänud sulused toote hinna sisse ei kuulu. Hetkel kasutusel olevatel seadmetel amortisatsiooni ei arvestata. Tootmise üldkuludeks arvestatakse 20% otsekuludest. Lisaks arvestatakse tootmisvälisteks ja ettearvamatuteks kuludeks 10% tootmisomahinnast. Kasumiks arvestatakse 15% täisomahinnast.

Tabel 5.1. Realiseerimishinna arvutus

		Ühikule Eurosid			
Nr.	Kulu nimetus	Tulekindluseta siseuks Forster Presto	Tulekindluseta välisuks Forster Unico	Tulekindel siseuks VA 6050-Fire EI30	Tulekindel välisuks Jansen Janisol 2 EI30
	Otsekulud				
1.	Materjal	260	622	922	936
2.	Ostetud pooltooted	84	135	363	582
3.	Põhitööliste töötasu				
	Põhitöötasu	182,8	182,8	182,8	182,8
	Sotsmaks	60,3	60,3	60,3	60,3
	Töötuskindlustus	1,8	1,8	1,8	1,8
	Põhitööliste palgafond kokku	245	245	245	245
4.	Otsekulud kokku	589	1002	1530	1763
5.	Kulud seadmete amortisatsioonile	0	0	0	0
6.	Tootmise üldkulud (20% otsekuludest)	117,8	200,4	306,0	352,6
7.	Tootmisomahind	706,7	1202,3	1835,9	2115,5
8.	Tootmisvälised ja ettearvamatud kulud (10%)	70,7	120,2	183,6	211,6
9.	Täisomahind	777,4	1322,6	2019,5	2327,1
10.	Kasum (15%)	116,6	198,4	302,9	349,1
11.	Realiseerimishind	894	1521	2322	2676



Sele 5.1. Realiseerimishinna kujunemine

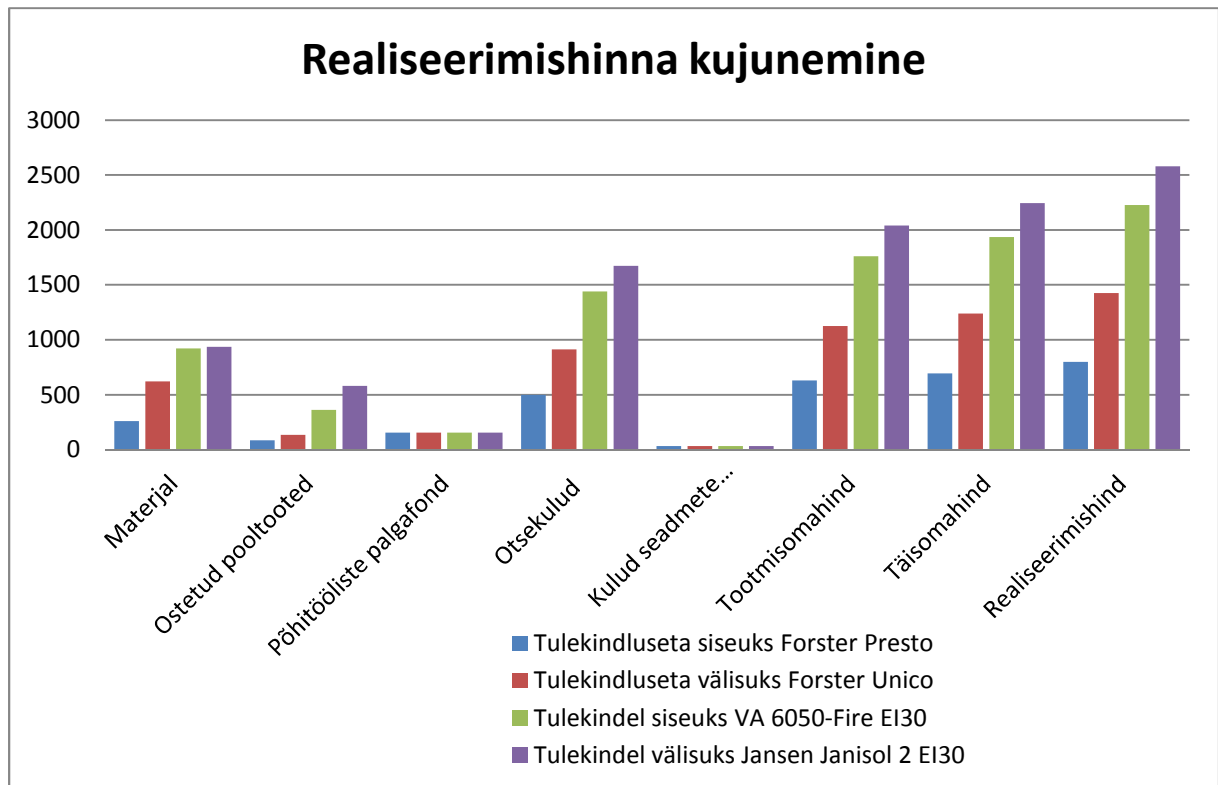
Realiseerimishind tulekindluseta siseuksel on 894 Eurot, tulekindluseta välisuksel 1521 Eurot, tulekindlal siseuksel 2322 Eurot ja tulekindlal välisuksel 2676 Eurot.

5.2. Iga tootegrupi maksumus peale esmast automatiseerimist

Leian iga tootegrupi hinna peale profiiltöötluskeskuse Elumetec SBZ 150 kasutuselevõttu. Automatiseerimisele kuluvaks summaks arvestatakse 155 000 Eurot, mille amortiseerumise ajaks võetakse 5 aastat. Tootes kuus 80 toodet teeb see ühe toote kohta 32 Eurot. Seoses automatiseerimisega on põhitöölise palgafond vähenenud 90 Eurot toote kohta. Peale profiiltöötluskeskuse kasutuselevõttu on see vähenenud 155 Euronni.

Tabel 5.2. Realiseerimishinna arvutus peale esmast automatiseerimist

		Ühikule Eurosid			
Nr.	Kulu nimetus	Tulekindluseta siseuks Forster Presto	Tulekindluseta välisuks Forster Unico	Tulekindel siseuks VA 6050-Fire EI30	Tulekindel välisuks Jansen Janisol 2 EI30
	Otsekulud				
1.	Materjal	260	622	922	936
2.	Ostetud pooltooted	84	135	363	582
3.	Põhitööliste töötasu				
	Põhitöötasu	115,7	115,7	115,7	115,7
	Sotsmaks	38,2	38,2	38,2	38,2
	Töötuskindlustus	1,2	1,2	1,2	1,2
	Põhitööliste palgafond kokku	155	155	155	155
4.	Otsekulud kokku	499	912	1440	1673
5.	Kulud seadmete amortisatsioonile	32	32	32	32
6.	Tootmise üldkulud (20% otsekuludest)	99,8	182,4	288,0	334,6
7.	Tootmisomahind	631,1	1126,7	1760,3	2039,9
8.	Tootmisvälised ja ettearvamatud kulud (10%)	63,1	112,7	176,0	204,0
9.	Täisomahind	694,3	1239,4	1936,4	2243,9
10.	Kasum (15%)	104,1	185,9	290,5	336,6
11.	Realiseerimishind	798	1425	2227	2581



Sele 5.2. Realiseerimishinna kujunemine peale esmast automatiseerimist

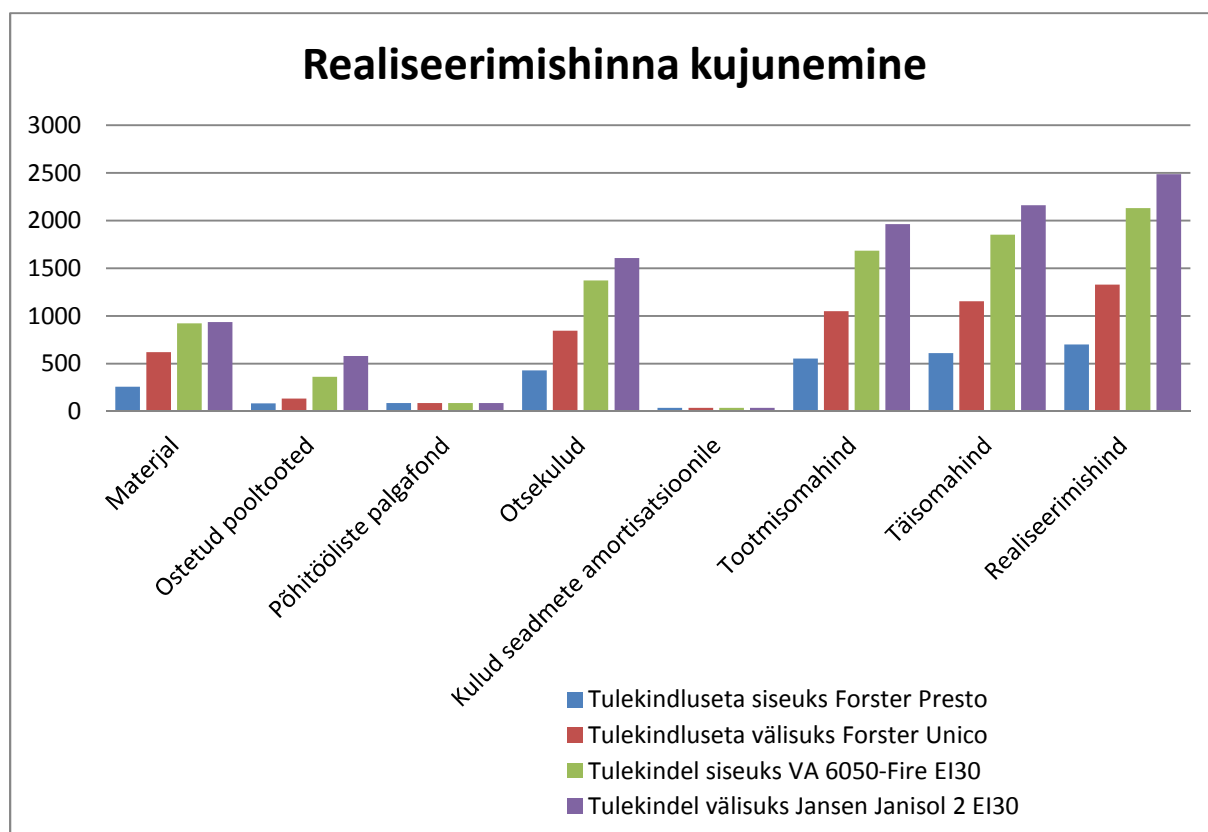
Realiseerimishind peale profiiltöötluskeskuse kasutuselevõttu on tulekindluseta siseuksel 798 Eurot, tulekindluseta välisuksel 1425 Eurot, tulekindljal siseuksel 2227 Eurot ja tulekindljal välisuksel 2581 Eurot. Realiseerimishind vähenes 96 Euro võrra ja täisomahind 83 Euro võrra toote kohta.

5.3. Iga tootegrupi maksumus peale lõplikku automatiseerimist

Järgnevalt leian iga tootegrupi hinna peale profiiltöötluskeskuse Elumetec SBZ 150 ja Automaatkeevituskeskuse kasutuselevõttu. Lõplikuks automatiseerimisele kuluvaks summaks arvestatakse 263 000 Eurot. Tootes 30 toodet koos teeb see ühe toote hinnale lisanduvaks amortisatsioonsummaks 37 Eurot viie aastase perioodi jooksul. Põhitööliste palgafond on peale lõplikku automatiseerimist 88 Eurot tootele. Võrreldse algsega on see vähenenud 157 Eurot.

Tabel 5.3. Realiseerimishinna arvutus peale lõplikku automatiseerimist

		Ühikule Eurosid			
Nr.	Kulu nimetus	Tulekindluseta siseuks Forster Presto	Tulekindluseta välisuks Forster Unico	Tulekindel siseuks VA 6050-Fire EI30	Tulekindel välisuks Jansen Janisol 2 EI30
	Otsekulud				
1.	Materjal	260	622	922	936
2.	Ostetud pooltooted	84	135	363	582
3.	Põhitööliste töötasu				
	Põhitöötasu	65,7	65,7	65,7	65,7
	Sotsmaks	21,7	21,7	21,7	21,7
	Töötuskindlustus	0,7	0,7	0,7	0,7
	Põhitööliste palgafond kokku	88	88	88	88
4.	Otsekulud kokku	432	845	1373	1606
5.	Kulud seadmete amortisatsioonile	37	37	37	37
6.	Tootmise üldkulud (20% otsekuludest)	86,4	169,0	274,6	321,2
7.	Tootmisomahind	555,4	1051,0	1684,6	1964,2
8.	Tootmisvälised ja ettearvamatud kulud (10%)	55,5	105,1	168,5	196,4
9.	Täisomahind	611,0	1156,2	1853,1	2160,7
10.	Kasum (15%)	91,6	173,4	278,0	324,1
11.	Realiseerimishind	703	1330	2131	2485



Sele 5.3. Realiseerimishinna kujunemine peale lõplikku automatiseerimist

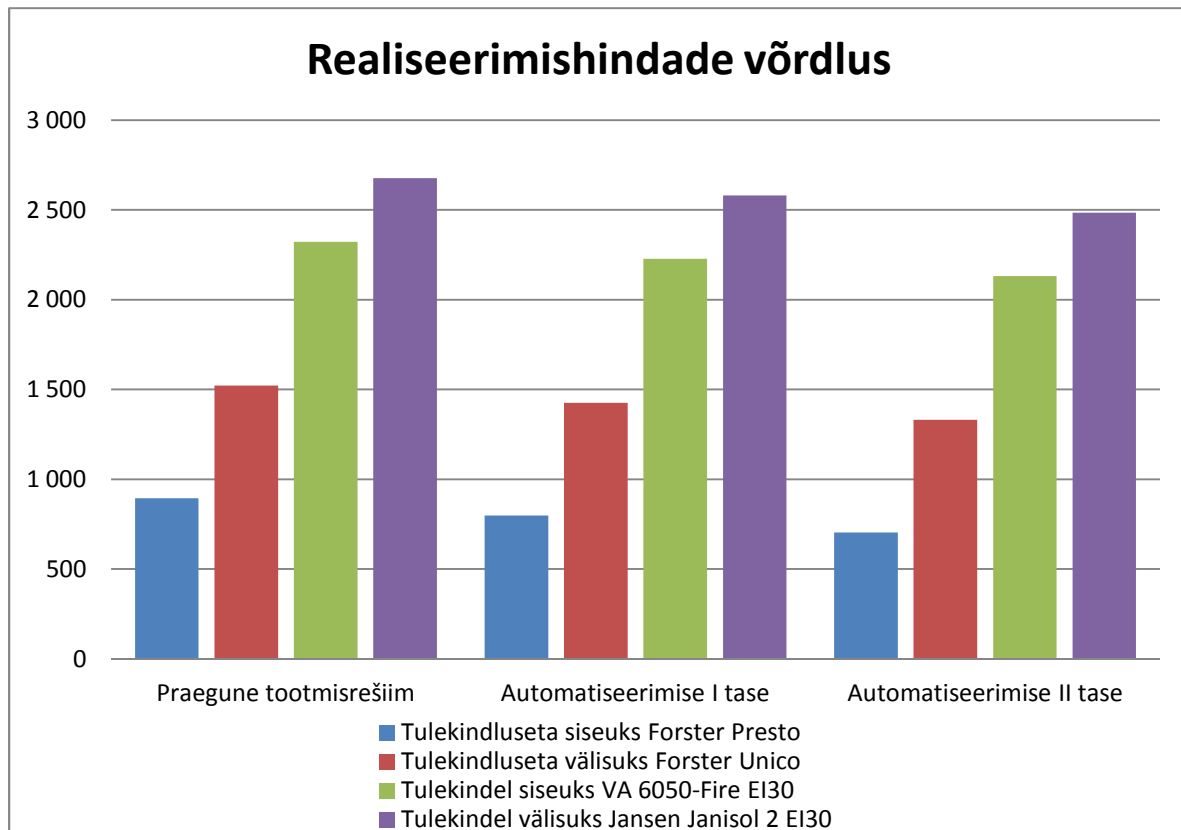
Realiseerimishind tulekindluseta siseuksel on 703 Eurot, tulekindluseta välisuksel 1330 Eurot, tulekindlal siseuksel 2131 Eurot ja tulekindlal välisuksel 2485 Eurot. Võrreldes algsega vähenes realiseerimishind 191 Euro võrra ja täisomahind 166 Euro võrra toote kohta. Automaatkeevituse kasutuselevõttuga vähenes realiseerimishind 95 Eurot ja täisomahind 83 Eurot toote kohta.

5.4 Automatiseerimise tasuvusaja leidmine

Järgnev tabel näitab kokkuvõtlikult erinevate automatiseerimise astmete tootmise näitajaid. Sisaldab protsessi aega, tööjõu kulu, automatiseerimise kulu, aastast toodete hulka, toodete realiseerimishindu, aastast müügitulu ja kasumit.

Tabel 5.4. Erinevate automatiseerimise astmete tootmise näitajad

Nr.	Näitaja	Praegune tootmisrežiim	Automatiseerimise I tase	Automatiseerimise II tase
1.	Protsessi aeg (min)	1175	740	420
2.	Tööjõu kulu ühe toote kohta (Eur.)	245	155	88
3.	Kulud automatiseerimisele (Eur.)	-	155 000	108 000
4.	Amortisatsioonikulu ühe toote kohta (Eur.)	-	32	37
5.	Toodete hulk aastas (tk.)	624	960	1440
6.	Toote realiseerimishind (Eur.)			
	Tulekindluseta siseuks Forster Presto (25%)	894	798	703
	Tulekindluseta välisuks Forster Unico (25%)	1 521	1 425	1 330
	Tulekindel siseuks VA 6050-Fire EI30 (40%)	2 322	2 227	2 131
	Tulekindel välisuks Jansen Janisol 2 EI30 (10%)	2 676	2 581	2 485
7.	Müügitulu (Eur.)	1 123 294	1 636 464	2 317 176
8.	Kasum (Eur.)	146 517	213 452	302 240



Sele 5.4. Reliseerimishindade võrdlus

Järgnevalt leian automatiseerimise I ja II taseme tasuvusaja[15]:

$$T_{tasuv} = \frac{\text{Varade soetamismaksumus}}{\text{keskmine rahavoog aastas}}, \quad (5.1)$$

kus T_{tasuv} - tasuvusaeg

$$T_{tasuv}(I \text{ tase}) = \frac{155000}{213452} = 0,72 \text{ aastat} = 8,7 \text{ kuud}$$

$$T_{tasuv}(II \text{ tase}) = \frac{263000}{302240} = 0,87 \text{ aastat} = 10,5 \text{ kuud}$$

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö sisuks on teostada avatäidete tootmise automatiseerimine ja parendamine ettevõttes Saajos AS. Protsessi peamiseks eesmärgiks on vähendada tootmiskulusid, tõsta profiiltoodete kvaliteeti ja suurendada tootlikkust.

Seoses profiiltoodete hulga kiire kasvuga ja müüginumbrite suurenemisega on tekkinud kitsaskoht tootmises, mis seisneb selles, et ei suudeta enam toota nii palju kui on tekkinud nõudlust. Suure nõudluse peamiseks põhjusteks on turu laienemine ja ehitusturu kasv nii kohalikul turul kui ka lähiriikides. Lisaks väikesele hulgale toodetele, mis toodetakse kodumaale on järjest suurenenud mahukate projektide hulk peamises sihtturus olevates riikides Soomes, Rootsis ja Venemaal. Arvestades hetkelist majanduslikku olukorda võib prognoosida, et müüginumbrite maht lähiaastatel kasvab veelgi. Seda soodustab ka ettevõtte mitmekülgne tootevalik, mis hõlmab ehitussektorites silemetalluksi ja profiiluksi. Profiiluste poole pealt toodetakse tulekindlaid sise- ja välisuksi EI30 ja EI60 ning ilma tulekindluseta sise- ja välisuksi. Samuti on ettevõtte toodangus ka lai valik silemetalluksi vastavalt nõutavale tulekindlusele ja tingimustele. Seoses laia tootevalikuga on võimalik pakkuda oma toodangut suurtele projektidele nagu näiteks koolid, hotellid, kaubanduskeskused ja ärihooned, mis oma suurustelt tagavad ettevõttele kindla sissetuleku.

Peale seda, kui 2012 aastal alustati ettevõttes Saajos AS taas profiiluste tootmist on müüginumbrid järjest kasvanud. Kuni tänaseni on tootmine suutnud peamiselt toodangu hulka kasvatada toodangu valmistamise aja vähenemise pealt, mille peamiseks faktoriks on töötajate teadmiste ja oskuste kasv, mis võimaldab toota kiiremini ja väiksemate vigade hulgaga. Samas mingil hetkel saavutatakse antud töövahendite ja protsessi mudeli maksimum, mis tähendab, et tuleb teostada investeeringud, mille tulemusel on võimalik vähendada tootmisprotsessi peale kuluvat aega. Profiiltoodete tootmiseks mõeldud seadmed on hetkel vananenud, oma amortisatsiooninormi ületanud ja kasvav tootmismahut nõuab seadmete välja vahetamist. Kitsaskohti on hetkel profiiluste valmistamise protsessis kolm. Esimene on tootmise tehnoloogiline ettevalmistus, teine profiilmaterjali lõikus ja augustus ning kolmas toodete koostamine keevitusosakonnas.

Seoses sellega, et profiiluste tootmisse andmine tehnoloogi poolt on ajakulukas protsess, siis on oluline selle kiirendamine. Esimene samm antud protsessi juures oli programmi Logikal kasutuselevõtt, mille tulemusel on võrreldes varasemaga protsessi aeg vähenenud kordades. Seoses programmi pideva parandamisega on ajaline kokkuhoid vähenenud veelgi. Samas parandusi on vaja teha veel edasi, mille tulemusel on võimalik muuta protsess järjest automaatsemaks ja teostatavaks väiksemate ajakuludega. Antud protsessi tulemusel muudetakse jooniste valmistamine automaatseks, mille tulemusel puudub vajadus käsitsi jooniseid korrigeerida sest joonis modeleeritakse otse Logikalist ja on valmis tootmisele edastamiseks. Lisaks võetakse kasutusele müügitellimuse esileht, mille annab välja programm Microsoft Dynamics NAV vastavalt sinna sisestatud toote andmete põhjal. Selle tulemusel kaob ära vajadus märkida toote suluste andmeid joonisele. Koos automaatse marsruudi ja vajalike materjalide lisamise süsteemiga väheneb tehnoloogi poolt kuluv aeg 32%.

Profiilmaterjali lõikuse ja augustamise peamine probleem on vananenud seadmete kasutus. Modernsemate seadmete kasutuselevõtt võimaldaks antud protsessi kordades kiirendada. Profiilmaterjali lõikus ja augustus on just need etapid, mis hakkavad esmalt tekitama probleemi tootmishulga kasvatamiseks. Lõikuse maksimaalne nädalane võimsus on vaid 13 toodet vahetuse kohta, mis jääb väheseks juba ka tootmisvõimsusel 15-20 toodet nädalas. Esmalt aitab kül kitsaskohta siluda mitmevahetusega töörežiim, kuid toote hinna vähendamiseks sellel positiivne mõju puudub. Sellega seoses nähakse vahendina tootmise mahu tõstmiseks APJ-profiiltöötluskeskuse kasutuselevõttu. Peale pinkide võrdlust ja vajaduse väljaselgitamist osutus valitus seade Elumetec SBZ 150, mille pealmised eelised on tehnoloogiline mitmekülgsus, viis töötlemistelge ja head eeldused järgnevas automatiseerimiseks, mille tulemusel on võimalik teostada ka uusi automatiseerimise protsesse tulevikus. Seoses pingi kasutusele võtuga vähenes profiilmaterjali lõikusele ja augustusele kuluv aeg seitse korda. Antud etapi automatiseerimise kuluks hinnatakse 155 000 Eurot ja toote omahind vähenes keskmiselt 83 Eurot.

Kolmanda punktina nähakse tulevikus ette keevitamise automatiseerimist. Antud protsess pole kül nii kriitiline nagu kaks eelmist, kuid rahalist kokkuhoidu on võimalik saavutada. Hetkel kasutatakse manuaalset keevitamist, mille miinusteks on suur ajaline kulu ja keskmine kvaliteet. Keskmiselt hinnatakse, et päevas suudab üks keevitaja valmistada ühe toote. Seoses tootmismahude suurenemisega on oluline antud protseduuri automatiseerimine, sest lisaks profiilustele on vaja keevitamise poole pealt ressursse suunata ka ülejäänud tootegruppidele. Sellega seoses nähakse ette keevitusroboti kasutuselevõttu, millele lähitulevikus

konstrueeritakse ka automaatne rakis, mis vähendab toote paigaldusele kuluvat aega. Valiku põhjal valiti sobivaks keevitusrobotiks Yaskawa Motoman MA3100, mille peamiseks eeliseks on suur tööpiirkond, mille tulemusel on võimalik ka keskmisest suuremõõtmelisemaid tooteid koostada ühe paigaldusega. Seoses automatiseerimisega väheneb toote valmistamiseks kuluv aeg antud tootmisetapis 4 korda ja kuluks hinnatakse 108 000 Eurot. Antud etapis väheneb toote omahind 83 eurot toote kohta.

Majandusliku poole pealt vähenes keskmiselt toote omahind peale lõplikku automatiseerimist 166 Eurot. Ajaliselt vähenes tootmisele kulunud aeg ligi kolm korda 1175-lt minutilt 420-le minutile, mille tulemusel toimus ka rahaline kokkuvõtte. Maksimaalse automatiseerimise tulemusel on võimalik antud vahenditega toota kuni 300 toodet kuus, mis tagaks ettevõttele kindla tuluallika ja arvestatava kasumi. Automatiseerimise tasuvusajaks hinnatakse esimeses astmes 9 kuud ja koos teise astmega 11 kuud.

Tulevikku silmas pidades saavad peamised eesmärgid olema automatiseerimise ja parendamise protsessi jätkamine. Tähtsamad punktid pikas tulevikus oleks automaatsete 3D mudelite loomine, mis võimaldaks vastavalt kliendi soovile luua automaatsed mudelid juba nii ettevõtte kodulehel, kui ka müügi isikul disainikeskkonnas. Vastavalt edasi peaks juba automaatselt olema võimalik luua vajalikud tootmisjoonised ja töötlemisprogrammid. Tootmise poole pealt oleksid järgmised etapid profiiltöötluskeskusele materjali automaatne etteandmine ja mahatõstmine. Samuti oleks oluline automatiseerida transport erinevate osakondade vahel.

Probleemidest kerkisid töö jooksul esile automaatkeevituse rakise projekteerimise keerulisus. Antud ülesande lahendamine tulevikus eeldab sarnaste toodetega tutvumise või lasta tellida vajalik toode sarnast tootmissüsteemide projekteerimisele keskendunud ettevõttelt, kes on kogemusi nii rakiste projekteerimisega ja robotkeevitus protsesside töösse juurutamisega.

Töö eesmärgiks seatud plaan teostada profiiltoodete tootmise parendamine ja automatiseerimine sai täidetud. Selle tulemusel vähenes toote omahind 166 Eurot keskmiselt toote kohta ja kasvas aastane kasum. Vähenes toote valmistamiseks kuluv aeg kokku ligi kolm korda. Paranes toote kvaliteet, seoses robotkeevituse töösse rakendamise ja automatiseerimisega vähendati inimlike vigade tõenäolsust. Seoses parendamise ja automatiseerimisega on võimalik suurendada tootmisvõimsust ligi kuus korda. Lähtudes antud punktidest hinnatakse tehtud töö edukaks ja eesmärgid loetakse täidetuks.

SUMMARY

The content of thesis is improvement and automation of production technology for profile products at Saajos AS. The main purpose of the process is increase production costs, improve quality and increase the production output.

The sales of profile doors are raised by the time and this means that production can not produce enough. The construction market has grown in recent years in Estonia, Finland, Sweden and Russia. In view of economical situation it is possible to predict that sales numbers will grow even more. The company has a wide product range and this is this is a positive factor to get effective projects. There are produced a wide range of metal doors and profile doors. The Company produces Forster Presto internal doors, Forster Unico external doors, Voestalpine 6050-Fi fire resistance EI30 and EI 60 doors and Jansen Janisol EI 30 and EI 60 doors. There are wide range on metal doors according to the required fire resistance and conditions. It is possible to offer our products to large projects such as schools, hotels and commercial buildings.

Producing profile doors at Saajos AS restarted in 2012. The production volumes are increased slowly. The production staff has become more experienced and this is the reason why there are produced more doors. The main reasons of production increasing are faster working processes and fewer quality errors. But if company needs to produce more than 30 doors per week it is only way to make investments and reduce the production time. The manufacturing equipments of profile doors are old-fashioned. The bottleneck of profile doors producing are tree. First is technological preparation, second is profile material cutting and milling and third is welding.

Technological preparation of profile doors are time-consuming process and it should be shortened. First step of process was computer program LogiKal 8.0 for Orgadata AG. After that the time of tehnological preparation is increased and is encreasing more after developement of program. After developement it is possible do get 2D drawings automaticaly and it is ready to use for production. Another innovation is sales order sheet. This is printed out of Microsoft Dynamics NAV. Data has been entered in production program by sales worker and it is not needed to add same data on drawing. With automatic product structure and bill material list and other innovations it is possible to increase process time 32%.

The main issue on profile material cutting and milling is old-fashioned equipment. It is important to invest in modern modern equipment. Cutting and milling are the major bottlenecks. Profile cutting maximal manufacturing capacity is 13 doors per working day. First step it is possible to use two production exchange, but there no positive effect by production cost. Next step of increase production capacity is purchase at CNC profile machining centre. The suitable device is Elumetec SBZ 150. The main advantages of device are a broad range of technological possibilities, 5-axis and future automation options. The processing time decreases seven times and the cost of automation was 155 000 Euros. Production cost decline 83 Euros by one product average.

Third point of automation is welding. This is not the main problem, but it is possible to achieve financial savings. Currently are used manual arc welding. The limitations are long processing time and the average cost of quality. It is estimated that one worker will produce one door in a day. It is important to automate welding process if production amounts increases over 50 products per week. This is the reason to purchase at automated welding centre. It consists of a welding robot and automated pneumatic welding device. The suitable welding robot is Yakasava Motoman MA3100. The main advantage is a large working area. The processing time decreases four times and the cost of automation was 103 000 Euros. Production cost decline 83 Euros by one product average.

By the economical side significant advances were made. Product manufacturing cost decreased 166 Euros and manufacturing time decreased tree times, 1175 minute to 420 minute. This was the main reason to get financial savings. Maximal production output is 300 products per months after automation. Automation payback period in first stage is 9 months and with second stage 11 months.

It is important to continue automating and improvement in future. In the far future main items of automation will be automate 3D models in an interactive design program. It should be helpful for client, salesman and constructor. In production the main innovations should be automatic material feeding on and out in machining centers and automatic material transport between different departments.

Turned out to be a problem was constructing automatic welding device. This will be time consuming work and there are two opportunities. Construct device by our company constructors or ordered it by a specialized manufacturer.

The main purpose of thesis improvement and automation of production technology for profile products were successful. By the result manufacturing cost decline 83 Euros by one product average and companies profit increased. Product manufacturing time decreased tree times and reduced quality mistakes. It is possible to improve capacity. Bases on these points the work is considered successful and objectives were performed.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ettevõtte AS Saku Metall koduleht [WWW] <http://www.sakumetall.ee/> (26.02.14)
2. Ettevõtte OÜ T-Tammer koduleht [WWW] <http://www.tammer.ee/> (26.02.14)
3. Ettevõtte AS Metus-Est koduleht [WWW] <http://www.metus.ee/> (26.02.14)
4. Ettevõtte Luku-Expert koduleht [WWW] <http://www.lukuexpert.ee/> (18.04.14)
5. Ettevõtte Abloy OY Eesti Filiaal koduleht [WWW] <http://www.abloy.ee/> (12.03.14)
6. Ettevõtte Assa Abloy Baltic koduleht [WWW] <http://www.assaabloy.ee/> (12.03.14)
7. Ettevõtte Elumatec GmbH kodulehekülg [WWW] <http://www.elumatec.com/> (05.04.14)
8. Ettevõtte BJM Ingenieurbüro & Maschinenbau GmbH kodulehekülg [WWW] <http://www.bjm-gmbh.de/> (05.04.14)
9. Ettevõtte Orgadata AG koduleht [WWW] <http://www.orgadata.com> (08.03.14)
10. Yaskava Motoman Robotics Global koduleht [WWW] <http://www.motoman.com> (18.04.14)
11. ABB Global koduleht [WWW] <http://www.abb.com> (18.04.14)
12. Ettevõtte KUKA Roboter GmbH koduleht [WWW] <http://www.kuka-robotics.com> (18.04.14)
13. Ettevõtte Forster Profilsysteme AG koduleht [WWW] <http://www.forster-profile.ch> (18.04.14)
14. Toltsenov, T.V. Tööpingi-, lukksepa- ja montaažitööde tehniline normeerimine. Tln: Eesti riiklik kirjastus, 1958.
15. Kallam, H., Kolbre, E., Lend, E., Möller, L., Reinold, V., Simson, A., Uustalu, A., Venesaar, U. Ärikorralduse põhiteadmised. Tln: Külim, 2003.

LISAD

Lisa 1 Siseuks Forster Presto

Lisa 2 Välisuks Forster Unico

Lisa 3 Tulekindel siseuks VA6050-Fi

Lisa 4 Tulekindel välisuks Jansen Janisol 2

Lisa 5 Saajos AS tehase plaan koos materjali liikumisega tehases