

Rauno Ney

**LEAN TOOTMISE
PÕHIMÕTETE
RAKENDAMINE
SAAJOS AS NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Mehaanikateaduskond
Tehnomaterjalid ja turundus

Tallinn 2015

Mina,

Rauno Ney, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

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

Lõputöö autor

Rauno Ney.....

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Üliõpilase kood 110820461

Õpperühm TI71/81

Lõputöö vastab sellele püstitatud kehtivatele nõuetele ja tingimustele.

Juhendajad

Meelis Bergmann.....

Nimi, allkiri ja allkirjastamise kuupäev

Rene Hanni.....

Kaitsmisele lubatud „.....“20....a.

Mehaanikateaduskonna dekaan Vello Vainola.....

Teaduskonna nimetus

Nimi ja allkiri

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1. SAAJOS AS TUTVUSTUS.....	7
1.1. Ajalugu.....	8
1.2. Ettevõtte struktuur.....	9
1.3. Pakutavad tooted.....	9
1.4. Hoone ja tööpingid.....	10
1.5. Töötajad ja tööaeg.....	13
1.6. Kasutatavad materjalid ja tarnijad.....	13
2. ÜLESANDE KIRJELDUS JA EESMÄRK.....	15
2.1. Ehitusukse ja laevaukse tootmisprotsessi erinevused.....	16
2.2. Töökaardid ja nende liikumine.....	18
2.3. Painutuse tööühma operatsioonide kirjeldused.....	19
2.4. Liimimise tööühma operatsioonide kirjeldused.....	21
2.5. Liistutamise tööühma operatsioonide kirjeldused.....	22
2.6. Lean ehk timmitud mõtteviis, tootmine.....	24
3. LEAN RAKENDAMINE TOOTMISPROTSESSIS.....	26
3.1. Protsesside ja väärtusahela kaardistamine.....	27
3.2. Tehase asendiplaani muutmine.....	31
3.3. Töötajate ümberpaigutamine.....	33
3.3.1 Töötajate ümberpaigutamine ehitusukse tootmiseks.....	34
3.3.2 Töötajate ümberpaigutamine laevaukse tootmiseks.....	35
3.4. Tootmisvoo optimeerimine.....	35
4. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED.....	38
4.1. Tootmismahu arvutus.....	38
4.2. Tööjõukulu arvutus.....	39
4.3. Vahelaod.....	40
KOKKUVÕTE.....	41

SUMMARY	43
VIIDATUD ALLIKAD.....	45
LISAD	46
Lisa 1. Saajos AS struktuuriskeem.....	47
Lisa 2. Ehitusukse tootmiseks vajalike tegevuste voodiagramm	48
Lisa 3. Laevaukse tootmiseks vajalike tegevuste voodiagramm.....	49
Lisa 4. Ehitusukse tootmise maatriksvoodiagramm.....	50
Lisa 5. Laevaukse tootmise maatriksvoodiagramm	52

SISSEJUHATUS

Lõputöö eesmärk on tõsta tootmise efektiivsust tulekindlaid uksi tootvas ettevõttes Saajos AS. Töö käsitleb ukselehe valmimist kolmes järjestikuses töörühmas. Optimeerimise vajadus on eelkõige ajendatud muutunud müügiimahutusest ja lisandunud klientide erisoovidest. Tähelepanu alla on võetud kaks suurima müügiimahuga toodet: laeva üheleheline tulekindel kajutiuks ja üheleheline tulekindel ehitusüks. Tootmise efektiivsuse kasv loodetakse saavutada järgides Lean ehk timmitud tootmise põhimõtteid. Töös proovitakse leida kõige sobivamat tehase asendiplaani, rakendada tööjõu ümberpaigutamist vastavalt tootegrupile ja leida suurimat tootlikkust tagav läbiminekuaj. Eesmärk on tõsta kolme töörühma tootmismahutu 15 %.

Töö esimene peatükk tutvustab Saajos AS-i üldiselt. Välja on toodud ettevõtte väärtused ja olulisemad sündmused Saajos AS-i ajaloo ajaloos. Peatükk seletab lahti ettevõtte struktuuri ja annab ülevaate pakutavatest toodetest ning nende tähistusest. Järgnevalt antakse ülevaade kasutusel olevast hoonest ja lõputöös käsitletavatest tööpinkidest. Eelviimane alapeatükk tutvustab ettevõtte väärtuslikku inimressurssi, selle jaotumist töörühmade vahel ja kasutusel olevaid tööaegu. Viimasena tuuakse välja ukse tootmiseks vajalikud materjalid ja tarnijad, kellega koostööd tehakse.

Teine peatükk räägib lähemalt lõputöö ülesandest, selgitab selle vajalikkust ja toob välja teema päevakorda kerkimise põhjused. Järgneb lühiülevaade põhiideedest, mille rakendamisega efektiivsuse tõus saavutada loodetakse. Seejärel tutvustab teine peatükk ehitusüks ja laevaukse peamisi erinevusi ja seletab lahti nende kahe uksetüübi tootmisprotsessi erinevused. Järgmisena seletatakse lahti ettevõttes kasutusel olev töökaartide süsteem ja nende iseärasused ehitus- ja laevauste puhul. Kolm järgnevat alapeatükki räägivad töörühmade kaupa detailideni lahti seal tehtavad protseduurid erinevate ukse tüüpide tootmiseks. Viimane peatükk annab ülevaate Lean ehk timmitud tootmise põhimõtete päritolust ja selle peamistest ideedest.

Kolmas peatükk hõlmab töö praktilist poolt. Esimesena tutvustatakse timmitud tootmise põhimõtteid ja tööriistu, mida on ettevõttes juba rakendatud. Seejärel antakse hinnang hetkeolukorrale ja olemasolevale tootmiskorraldusele ning viiakse läbi väärtusahela kaardistamine.

Tootmismahu suurendamiseks on esimese punktina tähelepanu all sobivaima tehase asendiplaani leidmine, mis välistaks kõik ebavajalikud liigutused. Järgmisena otsitakse lahendusi tööjõu ümberpaigutamiseks, mille vajadus tekib erinevate tootegruppide tootmisel. Viimasena on käsitluses tootmisvoog, mis tagaks toodete ühtlase liikumise läbi tööühmade ja minimaalse läbilaskeaja. Viimane peatükk sisaldab töös läbi viidud muudatuste majanduslikku analüüsi: tootmismahu muutuse arvutust ja ettevõtte kasumlikkuse suurendamise võimalusi, mis töö käigus tekkisid.

1. SAAJOS AS TUTVUSTUS

Saajos AS on Eestis 1994 aastast tegutsev ettevõtte, mille tootmine toimub Keilas. Ettevõtte tegevusalaks on tuletõkke- ja turvauste ning profiiltoodete müük, valmistamine, paigaldamine ja hooldus. Saajose tooteid võib leida kõige nõudlikemates projektides: alates luksusristlejatest ja megajahtidest kuni elektrijaamade, hotellide ja kaubakeskusteni kogu maailmas. [1]

Klientide rahulolu on ettevõttele oluline ja firma tegevus lähtub klientide soove rahuldavast pikaajalisest tootearendus- ja tehnoloogilise protsessi arendustööst. Saajos AS-le on kõige olulisemad Baltimaade ja Skandinaavia ehitusturg ning Euroopa laevaehitusturg. [1]

Eksport moodustab 2/3 ettevõtte kogukäibest ja paljud tooted jõuavad Keilast kaugele. Sellepärast tuleb erilist tähelepanu pöörata toodete kvaliteedile. Vigade parandamine kaugel töömaal või sõitval laeval võib osutuda väga keeruliseks. Samuti on oluline ettevõtte toodetega seotud tulekindluse nõue. [1]



Sele 1. Saajos AS logo [8]

„SAAJOS“ on Soome emaettevõtte Oy Saajos International Ltd. ning sõsarettevõtte Saajos Oy poolt kasutatav kaubamärk, mis tuleneb selle ettevõtete grupi asutaja ning ka praeguse põhiomaniku perekonna nimest. Soomes, nagu Eestiski, kasutatakse seda kaubamärki põhiliselt ehitus-ja laevauste turustamiseks. [1]

Firma andmed [1]:

- Saajos AS;
- Paldiski mnt. 31, Keila;
- tel: (372) 6747 650;
- faks +372 6747 610;
- e-mail: saajos@saajos.ee;
- www.saajos.ee;
- VAT - EE100502217.

1.1. Ajalugu

1949- asutati Saajos OY Jaakko Saajose poolt.

31. august 1994- sõlmiti koostööleping AS Harju Elekter ja OY Saajos International Ltd. vahel tuletõkke uste valmistamiseks.

Detsember 1994- valmistati esimesed liimitud konstruktsiooniga ukSED Keila tehases.

Jaauuar 1995- AS Harju Elekter tulekindlate uste tehas alustab tegevust 600 m²-l viie töötajaga.

Juuni 1995- esimene suurtellimus (100 ust) ustele, Hansapanga peakontori I etapp Tallinnas.

Oktoober 1997- alustati terasest tuletõkke klaasprofiiluste valmistamist.

Detsember 1997- valmis tehase B-hall ja pind suureneb 1600 m²-ni, töötajaid on 20.

November 1998- moodustati aktsiaselts Saajos Balti, milles Harju Elektri osalus on 55% ja OY Saajos International Ltd osalus 45%.

Detsember 1998- esimene laevauste tarne, MS Regina Baltica (Estline).

Jaauuar 1999- Saajos Balti alustab iseseisvat majandustegevust, töötajaid 33.

4. Märts 1999- omandisuhe muutub jaotudes võrdselt AS Harju Elekter 1/3, OY Saajos International Ltd 1/3 ja Inexa Panel AS 1/3.

Märts 1999- rakendub ISO9001 vastav kvaliteedisüsteem.

Mai 1999- ettevõtte saab Det Norske Veritaselt Euroopa Liidu Merendusdirektiivi (MED) alaste toodete valmistamiseks sertifikaadi ja kvaliteedisertifikaadi.

September 1999- valmib tehase C-hall ja tehase pind suureneb 3000 m²-ni, töötajaid 36.

Oktoober 2000- Saajos Balti saab U.S. Coast Guardi sertifikaadi laevaustele.

Aprill 2002- valmib tehase laiendus, millega kogupind suureneb 3500 m²-ni töötajaid on 60.

Oktoober 2002- Saajos Baltis rakendub ISO14000 vastav keskkonnajuhtimissüsteem.

Jaauuar 2003- alustati C-klassi laevauste masstootmist.

Jaauuar 2004- Inexa Panel AS muudab nime Inexa AS.

Märts 2004- hakkab toimima uuendatud EVS-EN ISO 9001:2001 ja EVS-EN ISO 14000:1998 standarditele vastav kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimise süsteem.

23. mai 2005- äriregister registreeris ettevõtte uueks ärinimeks AS Saajos Inexa. Nimi võeti kasutusele alates 1. juunist 2005.

26. september 2007- Oy Saajos International Ltd omandab 100% aktsiakapitalist.

01. november 2007- Ettevõtte uueks ärinimeks saab Saajos AS.

September 2012- Saajos AS saab EVS-EN ISO 9001:2001 kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimise sertifikaadi.

Veebruar 2012- alustati uuesti peale kuue aasta pikkust vaheaega profiiluste tootmisega.

11. mai 2012- Saajos AS uue tootmishoone avamine. [1]

1.2. Ettevõtte struktuur

Ettevõtte nõukogus on neli inimest, sinna kuuluvad omaniku poolt valitud esindajad, kes tegelevad ettevõtte visiooni ja eesmärgi koostamisega. Juhatus, mida juhib juhatuse esimees, tegeleb aktiivse juhtimisega, nende eesmärk on nõukogu poolt seatud eesmärkide elluviimine. Juhatusele alluvad müügidirektor, arendus- ja kvaliteedijuht, tootmisjuht ja administratsioon, kuhu kuuluvad finantsjuht, raamatupidaja ja sekretär. Müügidirektorile alluvad kuus inimest, kes jaotuvad võrdselt ehitustoodete ja laevatoodete vahel. Mõlema tooteperekonnaga tegeleb üks müügijuht, üks projektijuht ja üks müügiassistent. Tootmisjuhi alluvuses on neljaliikmeline ostuosakond, tehnoloogiajuht koos viie tehnoloogiga, neli töödejuhatajat ning lisaks planeerija, siselogistik ja tootmisinsener. Nelja töödejuhataja vahel jagunevad võrdselt kaheksa tootmise töörühma. Esimene neist tegeleb lõikuse ja augustuse ning painutuse töörühmadega, teise juhtida on liimi ja liistu töörühmad, kolmas töödejuhataja haldab keevituse ja profiili ning eritööde töörühmi ning neljanda juhtida on värvimine ja kokkupanek. [1]

1.3. Pakutavad tooted

Saajos AS poolt toodetavad tuletõkketarindid võib jaotada kahte suurde liiki:

- Tooted Baltimaade ja Skandinaavia ehitusturule[1]:
 - EI₂₄₅ ja EI₂₆₀ klassi umbukselehega ühelehelised ja paaris tuletõkkeuksed;
 - E30, E60, EI₂₃₀ ja EI₂₆₀ klassi terasprofiilist klaasiga tuletõkketarindid;
 - tuletõkke lükanduksed;
 - turvauksed ja metalluksed.

Euroopa normide järgi on tähistus “E” - eristavale ja “EI” – isoleerivale uksele, millele järgneb tulekindlusastet näitav number minutites. Numbrid 15, 30, 60 või 120 näitavad vastupidavust tulele ja temperatuuri tõusu püsimist normi piires minutites. [1]

- Tooted laevaehitusturule [1]:
 - A15 klassi ühelehelised tuletõkkeuksed;
 - A60 klassi ühelehelised tuletõkkeuksed;
 - B15 klassi ühelehelised ja paaris tuletõkkeuksed;
 - B15 klassi ühelehelised helikindlad tuletõkkeuksed;
 - C klassi ukSED ja luugid.

A tähendab kuni ühe tunnise tulekindlusega ust, mis paigaldatakse laeva teraskonstruktsiooni ja mille tähises olev number (0, 15, 30, 60) näitab temperatuuri püsimist lubatud piirides minutites. B tähendab kuni poole tunnise tulekindlusega ust, mis paigaldatakse laeva kergvaheseintesse (numbri tähendus on analoogne A-ustele), võimalik püsivus 0, 15 või 30 minutit. C tähistab mittepõlevast materjalist ust. [1]

1.4. Hoone ja tööpingid

Tootmine toimub 2012. aastal valminud 3800 m² suuruses tootmishoones, mida renditakse Harju Elektrilt pikaajalise rendilepingu alusel. Kasutuses olevad pinnad paiknevad kõik Harju Elektri territooriumil. Tehas moodustab hoone kogupinnast 3200 m², ülejäänud jaguneb olme- ja kontoriruumide vahel. [1]

Lõputöös käsitletavaid tööpinke on neli, nendeks on painutuspink Amada HFT 100-3, liimi segamis- ja doseerimissüsteem Reinhardt- Technik Conti Mix 150, liimipress Orma NPC/DIGIT 8/120 ja liimipress Sormec T60.

- Amada HFT 100-3 – painutuspink [4]:
 - tootmisaasta: 2001;
 - painutusjõud: 100 T;
 - pikkus x laius x kõrgus: 3860 x 1980 x 2690 mm;
 - mass: 6858 kg;
 - maksimaalne painde pikkus: 3100 mm;
 - tera käigupikkus: 200 mm;
 - telgede arv: 7;
 - mootor: 7,5 kW.



Sele 2. Painutuspink Amada 100 T [4]

- Reinhardt- Technik Conti Mix 150 - kahe komponente segamis- ja doseerimissüsteem [5]:
 - tootmisaasta: 2012;
 - liimi konteiner: 45 l;
 - kõvendi konteiner: 24 l;
 - segaja elektrimootor: 0,12 kW;
 - doseerimise vahekorrad: 3,2:1 – 8,7:1;
 - doseerija maksimaalne väljund: 4560-5370 cm³/min;
 - müratase: <70 dB.



Sele 3. Liimi doseerimissüsteem ja liimikamber [5]

- Orma NPC 6/110 DIGIT - liimipress [6]:
 - tootmisaasta: 2014;
 - survejõud: 120 T;
 - pikkus x laius x kõrgus: 3700 x 1650 x 2050 mm;
 - mass: 4000 kg;
 - maksimaalne ukselehe mõõt: 3000 x 1300 mm;

- silindreid: 6;
- kolvi diameeter: 85 mm;
- kolvikäik: 650 mm ;
- mootor: 2,2 kW.



Sele 4. Liimipress Orma [6]

- Sormec 2000 SRL T60 liimipress [7]:
 - tootmisaasta: 2001;
 - survejõud: 60 T;
 - pikkus x laius x kõrgus: 2900 x 1450 x 1760 mm;
 - mass: 2400 kg;
 - maksimaalne ukselehe mõõt: 2500 x 1300 mm;
 - silindreid: 4;
 - kolvikäik: 450 mm;
 - mootor: 1,5 kW.



Sele 5. Liimipress Sormec [7]

1.5. Töötajad ja tööaeg

Ettevõttes on 89 töötajat 2015. aasta 1. märtsi seisuga. Tehases on 59 töötajat, tootmise administratsioonis ja ostus töötab kokku 19 inimest. Lisaks on ettevõttes 7 müügisikut ja 4 administratsiooni inimest. Kontoripoolel töötavad inimesed päevases vahetuses, erandiks on siiski töödejuhatajad, kes töötavad vahetustega ja kellest üks on alati kohal probleeme lahendamas. Tehasetöölised töötavad enamjaolt ühes vahetuses, mis algab 7:25 hommikul ja lõppeb 15:55 õhtul. Erandina töötavad kahes vahetuses lehetöötluskeskuse ja painutuspinkide operaatorid, lisaks ka värvimise töörühma töötajad. [1]

Ettevõtte 59 tootmistöölist jagunevad töörühmade vahel järgmiselt [1]:

- lõikuse ja augustuse töörühm – 3 töötajat;
- painutuse töörühm – 7 töötajat;
- keevitus ja profiil – 13 töötajat;
- eritööd – 3 töötajat;
- liim – 7 töötajat;
- liist – 4 töötajat;
- värv – 7 töötajat;
- kokkupanek – 15 töötajat.

Töötaja registreerimine toimus ettevõtte algusaegadest saati iga töötaja poolt personaalselt koostatud tunnilehtede alusel, mis tuli iga kuu lõpus eesttöötajale või töödejuhatajale edastada. Süsteem töötas küll inimeste südametunnistuse põhjal, kuid suuremaid probleeme siiski ei valmistanud. 2014. aasta lõpus hakati paigaldama ja tutvustama sõrmejälje lugemisel põhinevat töötaja registreerimise süsteemi. Hommikul majja sisenedes ja õhtul väljudes on igal töötajal kohustus oma näpujälge lugejasse sisestada. Programm mõõdab sisse ja välja logimise vahele jäänud aega, mis on aluseks palgaarvestusel. Praeguseks hetkeks toimib süsteem kolmandat kuud ja vaatamata alguses töötajate hulgast kostnud negatiivsele vastukajale ollakse hetkel uuendusliku süsteemiga rahul.

1.6. Kasutatavad materjalid ja tarnijad

Peamised ukse tootmiseks kasutatavad materjalid on lehtmets, profiiltoodete korral profiilitorud, vill, kips, liim, klaas, pulbervärv ja erinevad sulused ning tarvikud.

Lehtmetalli tarnijaid on mitmeid: Ruukki Products AS, BE Group Eesti, Favor AS. Kõigi loetletute laod asuvad Eestis ja kauba tarne on tavaliselt 1-2 päeva. Metal Express OÜ ja Rautakontkanen Oy on profiiltoodete tarnijad, esimene pakub Forsteri ja teine Voestalpine kaubamärki kandvaid profiile. Metalexpress tarnib kogu Saajoses kasutatava roostevaba terase ja tema kasuks räägib tihti soodsaim hind, mis sisaldab ka kohaletoomist. Paroci villa tarnib Rootsis asuv tehase otse ja selle tarneaeg jääb tavaliselt kahe nädala piiridesse. Kipsi ja täitetükkidega varustab ettevõtte Renotech Oy. Liim tuleb Henkel Balti OÜ-st. Klaasi tarnijaid on kaks: Artek OÜ ja Saint Gobain Glass Estonia SE. Artek pakub suure külmakindlusega tulekindlaid Pyrostop tüüpi klaase ja Saint Gobain Glass Estonia SE väiksema külmakindlusega tulekindlaid Contraflam tüüpi klaase. Mõlemaid klaasitüüpe toodetakse Poolas ja arvestama peab pikkade tarneaegadega, mis ulatuvad tavaliselt kolme nädalani. Värvide ostab ettevõtte üldjuhul Teknos OÜ-lt, kuid väikeste koguste korral ka Pan-Baltika Solutions OÜ-lt. Teknosa puhul on miinimumkoguseks 20 kg, haruldase tooni ja väikese tellimuse korral on otstarbekam kasutada Pan-Baltika Solutions OÜ teenuseid, kes tarnivad vajadusel ka 1-2 kg. Lukustuslahendused pärinevad üldjuhul Assa Abloy Baltic AS-st, kes omab Assa toodete laovarude ja tegeleb hulgimüügiga, Abloy sulused (hinged, silindrid, lukuraamid, käepidemed, riivid) tellitakse otse tehasest. Kui hulgimüüjal laost mõni toode otsas on, saab abi nende edasimüüjatelt Luku-Expertilt ja Lock Force OÜ-lt. Akna ja uksetarvikuid tarnib lisaks veel VBH Estonia AS, kelle tootevalikust on tellitud sulgureid, riive ja liugsüsteeme. Laevauste tellimustes tihti eelistatud Triowing suluste (katteplaadid, lukuraamid, silindrid, käepidemed) tarnija on ASSA-ABLOY Hospitality, kahjuks peab nende toodete puhul arvestama 3-4 nädalase ooteajaga.

2. ÜLESANDE KIRJELDUS JA EESMÄRK

Lõputöö eesmärk on Lean tootmise põhimõtteid järgides optimeerida tuletõkkeukse tootmiseks vajalikke protsesse ja kasvatada nende efektiivsust. Lõputöö tähelepanu all on kolm järjestikku asetsevat töörühma: painutus, liimimine ja liistutamine. Ideaalis peaksid need töörühmad moodustama tootmisliini ja toimima tõe põhimõttel, omades minimaalseid pooltoodangu varusid. Töös keskendutakse kahe enamlevinud uksetüübi tootmisele: standardmõõtudega (680x1970 mm) B15 klassi ühelehelisele kajutiuksele (töös edaspidi laevauks) ja EI₂60 klassi ühelehelisele ehituse tuletõkkeuksele mõõtudega 1000x2100 mm (töös edaspidi ehitusuks). Lähtepunktiks võetakse Saajos AS-s hetkel toimiv tootmiskorraldus. Eesmärk on tõsta kolme mainitud töörühma tootlikkust 15% võrra, mis võimaldaks vajaliku töö ära teha norm töötundidega ja säästa seeläbi ettevõtte kulutusi ületundidele. Tootlikkuse mõõtühikuks on kindlas ajaperioodis toodetud uste arv.

Optimeerimise vajadus on tekkinud lisandunud suur klientidest, kelle tellimused on muutnud toodete struktuuri. Suures mahus on lisaks ühelehelistele ehituse tuletõkkeustele hakatud tootma helikindlaid kahe villaga kajutiuksi. Esmakordselt ettevõtte ajaloos on tootmisse tekkinud seeriatooted, ehk igapäevased partiid, mis koosnevad üht tüüpi udest ja moodustavad suure osa nädala tootmismahust. Muutunud on ka sihtturud, varem müüdi enamik laevatoodetest Soome laevaehitusfirmadele ja ehitusustest Baltikumi ehitusettevõtetele. Alates 2014.-st aastast on laevauste turul domineerima hakanud Prantsusmaa kliendid. Ettevõtte ehitustoodangu turuosa on viimastel aastatel enda kätte haaranud Soome ehitusfirmad.

Painutuse, liimimise ja liistutamise efektiivsuse tõus loodetakse saavutada keskendudes kolmele järgnevale tootmisprotsessi aspektile: tehase asendiplaani muutmine, tööjõu ümberpaigutamine vastavalt tootmiskoormusele ja tootmisvoo optimeerimine. Kõik saab alguse seadmete paigutusest ja sellest, kui palju aega kulub logistikale ja transpordile ehk tegevusele, mis tootele väärtust ei lisa. Iga järgnev etapp peab asuma eelmisele võimalikult lähedal, samas peab kahe etapi vahele jääma ka oludele vastav ladustamisala. Tööjõu ümberpaigutamiseks on olulised määravad hetkel tootmises olevad uksetüübid. Olenevalt sellest, kas tegemist on laeva- või ehitustootegea, jaguneb koormus

töörühmade vahel veidi erinevalt. Oluline on teada töötajate oskusi ning leida võimalus multifunktsionaalsed inimesed vajaduse korral ümber paigutada. Tootmisvoo muutmisega saab leida väikseima võimaliku läbiminekuaja. Läbiminekuajaks nimetatakse perioodi, mis kulub tellimuse saamisest kuni valmistoote kliendile üle andmiseni. Tootmisvoogu saab muuta näiteks erinevate partii suurustega. Tootmisvoog on ideaalne siis, kui läbiminekuage ja taktiaeg on võrdsed. Taktiajaks nimetatakse perioodi, mille jooksul peab toode olema valmis tellijale üle andmiseks. Näiteks kui tellija soovib ettevõttelt osta 50 ust nädalas tuleb taktiaja leidmiseks arvutada kõige pealt välja päevane kogus, milleks on $50/5=10$ ust. Ühes tööpäevas on kaheksa tundi, mis moodustab 480 minutit. Kasuliku tööaja leidmiseks tuleb sellest maha lahutada pausid: $480-15-10=455$ min. Taktiaja leidmiseks tuleb kasulik tööaeg jagada uste arvuga: $455/10=45,5$ minutit. Juhul kui ukse tootmiseks kulub kauem, ehk läbiminekuage on pikem jõuavad ukse kliendini hilinemisega. [3]

2.1. Ehitusukse ja laevaukse tootmisprotsessi erinevused

Painutuse töörühma jõudnud augustatud lehtmaterjalist ukselehe pooltele antakse esimeses faasis sobiv kuju. Seejärel liiguvad pooled edasi liimimiskambri rullikutele, kus kantakse neile peale spetsiaalne kahekomponente liim, mis seob villa ja lehepooled omavahel ühtseks piisava jäikusega tervikuks. Mööda rullikuid edasi liikudes jõuavad lehed liimi töörühma töölauale, kus paigaldatakse vajalikud tugevdused, vill, kips ja teised täitetükid ning suletakse üks teise ukselehe poole paika asetamisega. Edasi liigub peaaegu terviklik, kuid veel tahkumata leht kuumpressi vahele, kus liim kivistub ja annab uksele vajaliku jäikuse. Peale kuumpressist väljumist, liigub ukseleht mööda rullikuid edasi liistu töörühma töölauale, kus puhastatakse liimijäägid ja freesitakse üle liimiga täitunud avad. Olenevalt uksetüübist paigaldatakse seal ka hinged, lukuraam, servaliistud ja laminaat. Edasine komplekteerimine toimub kokkupaneku töörühmas.

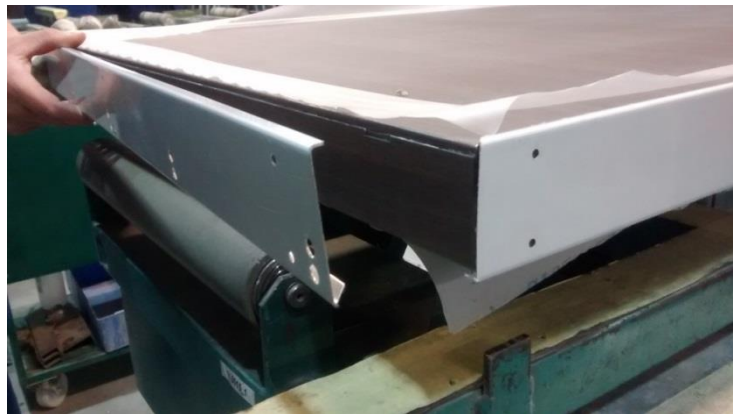
Ehitusukse leht (Sele 6) koosneb kahest kokku käivast poolest, pool üks ehk tinglikult „kaas“ ja pool kaks, mida kutsutakse karbiks.



Sele 6. Ehitusukse pool üks (üleval) ja pool kaks (all)

Ehitusukse disain on laevauksest keerulisem, paindeid tuleb teha rohkem ja ühe ukselehe poolelt teise tootmisele üleminekuks tuleb painutuspink ümber seadistada. Liimi töörühmas tehtavad tööd on nii ehitus- kui laevaukse puhul väga sarnased, kuid erinevus seisneb pressiaegades, laevaukse pressimine toimub madalamal temperatuuril ja võtab kauem aega. Järgnevas liistu töörühmas puhastatakse ukseplekid üleliigsetest liimi jääkidest, mis põhjustaksid hiljem värvidefekte ja tehakse lihtsamad eeltööd kokkupaneku hõlbustamiseks. Ehitusuksele liiste ei paigaldata.

Laevaukse puhul on lehe pooled kujult identsed, kuid erinevad mõõtmetelt, sest üks peab teise sisse mahtuma. Laevaukse suurim erinevus ehitusuksest on servadesse paigaldatavad liistud (Sele 7), mis katavad ära kahe ukselehe poole liitumiskohad, samuti ka lamineeritud ukse laminaadi servad.



Sele 7. Laeva kajutiukse servaliistude paigaldus

Lihtsama disaini tõttu kulub laevauste painutamiseks vähem aega, kuid lisandub ajakulu liistude valmistamiseks ja nende paigalduseks. Lisaks on liistude valmistamise protsessis suur oht teha viga, sest viimistlusvariante on erinevaid ja liist peab mõõtudelt ideaalselt uksele sobituma. Lamineeritud uste puhul muutub ukselehe paksus olenevalt sellest, kas laminaati kasutatakse ühel pool või mõlemal pool. Sellega peab servaliistude valmistamisel arvestama, sest liistu ja lehe vahele

jäävatele piludele esitab klient sageli kõrged nõudmised. Liistud võivad olla nii roostevabast, kui ka värvitud kuumtsinkterasest. Lamineeritud ustele valmistatakse liistud alati töökaardi põhiselt. PVC kattega ustele saab klient tellida samuti nii värvitud, kui ka roostevabast liiste. Roostevabad liistud valmistatakse ka PVC ustele töökaardi põhjal. Värvitud liistude puhul kantakse töökaardile ainult küljeliistud, sest need vajavad luku- ja hingeavade augustamist. Üla- ja alaliistud võetakse laovarudest ja lõigatakse mõõtu. Värvitud ukselehtedele eelistab klient üldjuhul värvitud servaliiste, kuid valmistada saab roostevabu tooteid ka nendele. Lisaks on kliendi valida, kas servaliist on uksega sama tooni, või hoopis erinev.

2.2. Töökaardid ja nende liikumine

Ehituse tooted ja laeva tooted omavad mõnevõrra erinevat süsteemi ka töökaartide ja nende liikumise osas. Laevauste tootmiseks kasutatakse vana meetodit, kus tehnoloog valmistab iga tööühma tarbeks eraldi töökaardi koos kõigi joonistega, mis on konkreetse tööühma jaoks vajalikud. Keerulisemate toodete puhul võib see tähendada 7-8 erineva töökaardi valmistamist, mis on üsna asjatu aja ja paberikulu. Lisaks nõuab see tehnoloogilt väga head tootmise eripärade tundmist ja muudab protsessi tundma õppimise ajamahukaks. Iga puudu jäänud töökaart ilmneb alles tootmisprotsessis, kui mõni detail puudu jääb. Ehitustoodete puhul on üle mindud marsruutkaardi lahendusele, mis tähendab seda, et kaart liigub koos tootega järgnevasse tööühma. Töökaarte on siiski topelt ka siin, üks lengi ja teine ukselehe tootmiseks. Lengi kaart sisaldab jooniseid, mis on vajalikud augustuse, painutuse ja keevituse tööühmale. Lehe kaart läbib painutuse, liimi ja liistu, värvi ning kokkupaneku tööühmi. Hetkel toimiva lahenduse järgi käib kaart peale igat tööühma töödejuhataja käest läbi, kes täidab ära nn tootmisprotokolli. See on tabel, kuhu kirjutatakse iga tööühma järgi kuupäev ja allkiri, kinnitades et töö on lõpetatud. Ainsa erandina liigub liimist töökaart koos tootega otse liistu, sest nende kahe tööühma vahele jääv pooltoodanguvaru on minimaalne ja täiendav töökaardi kontroll hakkaks segama sujuvat töökorraldust.

Mõtted on liikunud ka töökaartide digitaliseerimise suunas, eeskujuna jälgitakse ettevõtteid, kes on igale töökohale paigaldanud tahvelarvutid. See võimaldaks kaotada paberkuul töökaardid ja säästa aega, mis kulub praegu kadunud kaartide otsimisele. Tahvlid saaks tulevikus siduda ka tootmisprogrammiga, et mugavdada töö alustamise ja lõpetamise protseduure. Selle lisafunktsiooniga saab kokku hoida aega, mis kulub üksikute tehases paiknevate arvutite juurde

liikumisele. Lisaks saab sel viisil ära hoida seal tekkivaid järjekordi ja pikaks venivaid grupiarutelusid teemavälistes küsimustes.

Normeerija poolt tehtud mõõtmiste tulemusel selgub, et iga tehase töötaja kulutab päevas keskmiselt 20 minutit kohustuslikele toimingutele tootmisprogrammis. See sisaldab edasi ja tagasi käimist, võimalikku ajakulu hõivatud arvuti korral ja väikest ajakadu ka kokku saanud meeste omavahelisele sotsialiseerumisele. Igal töökohal asuva tahvelarvuti kasutusele võtuga väheneks kulu sellele väärtust mitte lisavale tegevusele vähemalt neljandiku võrra. Arvesse tuleks võtta ka aega, mis on võimalik säästa töökaartide otsimiselt. Viis säästetud minutit töötaja kohta tähendab ettevõttele (5x59) 295 minutit rohkem tööaega ühes päevas. Aastas oleks võimalik (295x252) 74730 minutit rakendada väärtust lisava töö tegemisse ja tehase töölise keskmist palka arvestades säästaks ettevõtte (74370x0,2) 14 946 € aastas. Tehases on 32 töökohta, arvestades ühe tahvelarvuti hinnaks 200 €, kulub ostuks 6400 €. Jättes hetkel varuga kulutusi tarkvarale ja arvutite hooldamisele ning koolitusele, võib öelda, et aasta ajaga oleks investeering ennast ära tasunud.

2.3. Painutuse tööühma operatsioonide kirjeldused

Painutuspingi operaatori töö on üsna spetsiifiline ja nõuab vastavat väljaõpet, mis toimub üldjuhul kohapeal. Koolitajaks või õpetajaks on tavaliselt eestöoline, kelle kõrval seistes õpilane teadmisi kogub. Pärast põhitõdede omandamist vahetavad nad kohad. Vanemtöölise pilgu all jätkub protsess veel pikalt ja võib kokku kuluda kuid, enne kui uus inimene on omandanud vajalikud teadmised enamike tootegruppide valmistamiseks.

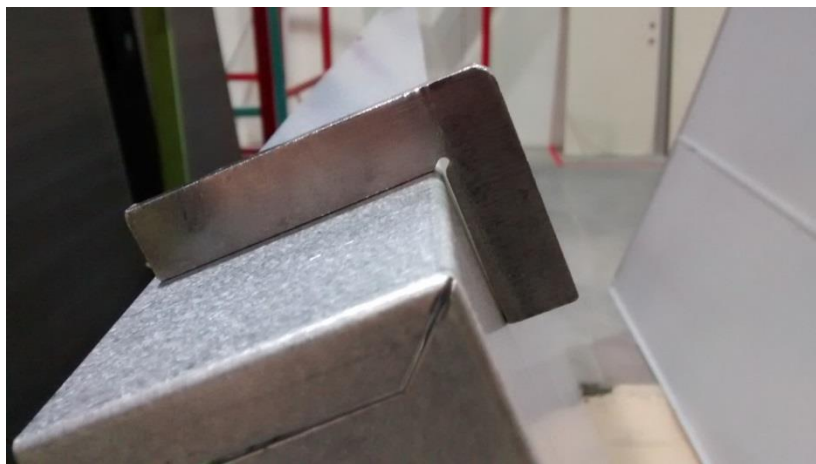


Sele 8. Painutuse tööühma jõudnud augustatud ukselehed

Kui õige painutuspingi programm on valitud ja tööks sobilik üla- ja alatera paigaldatud, võib esimese lehe tooriku pinki tõsta. Esimese detaili valmistamisega kaasneb alati ka täiendav seadistamine, kuni painded on vajaliku nurga all. Kahe uksepoole kokku sobimiseks on ülioluline,

et mõned painded oleksid kergelt üle ja mõned alapainutatud. Ehitustoote lehe painutamine on keerulisem, sest detail omab rohkem paindeid. Painete arv sõltub lehepoolest, samuti ka sellest, kas tegemist on ühe- või kahelehelise uksega. Ühelehelise ukse pool ühel on 10 ja pool kahel neli painet. Kahelehelise ukse aktiivsel ehk käigupoolel on painded samad nagu ühelehelisel uksele. Passiivse ehk vasikaukse pool ühel on üheksa painet ja pool kahel kuus painet.

Laevaukse painutamine on lihtsam, igal ukselehel on alati kaheksa painet, mõlemal poolel võrdselt neli. Laevaustele tuleb lisaks lehe painutamisele valmistada ka servaliistud, iga ukselehe külge kulub neid neli ja iga liistu kohta tehakse kaks painet. Oluline on jälgida taaskord asjaolu, et ala- ja ülepainded oleksid teostatud korrektselt.



Sele 9. Tööriist ala- ja ülepainde määramiseks

Juba painutatud detailid tõstab operaator spetsiaalsele pooltoodangu alusele (Sele 10) ja selle täitumisel transpordib ta aluse ladustamisalale, kus hoitakse liimimisse minevaid ukselehti.



Sele 10. Painutatud ukselehe pooled pooltoodangu alusel.

Painutuspingi operaatori töö on uksetootmiseks tehtavatest operatsioonidest kõige täpsem, painutajad peavad suutma tagada täpsuse 0,2 mm piirides.

2.4. Liimimise tööühma operatsioonide kirjeldused

Liimija toob painutatud lehepooltega aluse ladustamisalalt tavaliselt liimikambrile lähemale, üksikute uste puhul tuuakse lehti vahel ka ühekaupa. Lehe pool asetatakse rullikutele ja liimikambris kantakse liimikiht (Sele 11) esimesena pool kahele, liimija paigaldab sinna tugevdused sulgurile ja lukukarbile ning saadab lehe mööda rullikuid edasi.



Sele 11. Liimikihi peale kandmine.

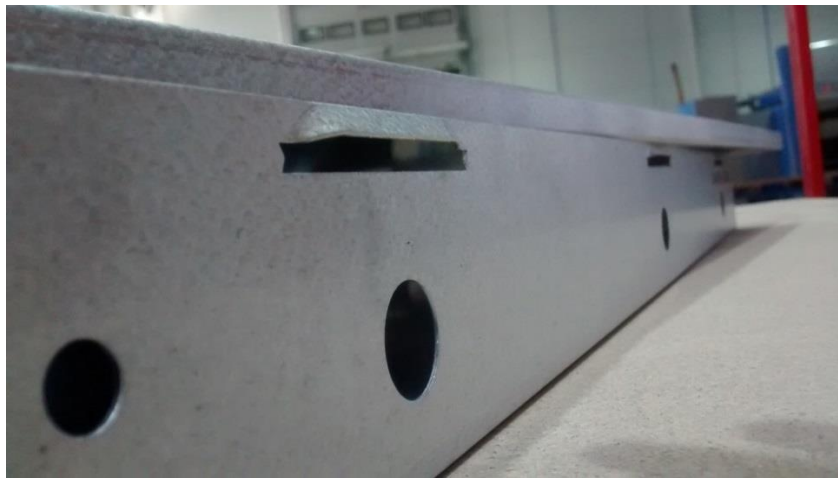
Tööühma järgmised kaks töötajat, ehk ukse koostajad, tõstavad ukselehe poole oma töölauale ja asuvad seda täitma kipsi ja villaga (Sele 12). Lisaks paigaldatakse hingetugevdused, lukukarp, riivi juhtpuksid ja kaablikõrid. Samal ajal on liimija katnud pool ühe liimiga ja paigaldanud sinna samuti lukukarbi ja sulguritugevdused.



Sele 12. Villa paigaldamine ukselehte

Suurema tule- või helikindlusega kahe villaga ukse puhul, liigub leht peale esimese villa kihi paigaldamist uuesti liimija kätte kambrisse, kes lisab villale liimikihi, mille peale paigaldatakse veel üks kiht villa. Selliste uste tootmisel tuleb töökorraldus hoolikalt läbi mõelda. Vastasel juhul tekib olukord, kus uksetäitjad peavad ootama selle järgi, kuni liimikandja kahe villakihi vahele jäävat liimi peale kannab.

Eelviimase tegevusena asetavad eelnevalt mainitud kaks töötajat pool ühe ehk „kaane“ juba villaga täidetud pool kahele ja lukustavad selle. Ehitusuksel töötavad lukustusmehhanismina spetsiaalselt disainitud kõrvad (Sele 13).



Sele 13. Ehitusukse lukustusmehhanism

Pool kahele lööb lehetöötluskeskus servadesse välja ulatuvad kõrvad, millest pool ühe painutatud serv üle libiseb ja seejärel lukustub. Laevaustel lukustusmehhanism puudub, kuni liistude paigaldamiseni hoiab uksepooli koos liim, hiljem aitavad kaasa ka tiheda istuga paigaldatud servaliistud.

Viimane operatsioon on ukse pressi tõstmine. Pressimise ajad varieeruvad kümnest kuni 27 minutini, pressi temperatuur 25-st kuni 64 kraadini. Määravates faktoriteks on ukselehe paksus, villa kihtide arv, samuti ka materjal, PVC-ga kaetud uksele on lubatud maksimaalne temperatuur 52 C. Korralikult kõvenenud liim seob ukse ühtseks tervikuks, tagab vajaliku jäikuse ja kindlustab seeläbi tulekindlusklassile vastavuse.

2.5. Liistutamise tööühma operatsioonide kirjeldused

Peale pressist väljumist liigub uks mööda rullikuid edasi liistutaja töölauale. Siin eemaldatakse nähtavad liimijäägid, mis põhjustaksid kvaliteediprobleeme värvimisel. Kuna ukсед tuleb puhastada

mõlemalt poolelt, tuleb leht vahepeal ringi keerata. Selleks peab liistutaja ukse töölaualt liinile tagasi lükkama, kus asuvad spetsiaalsed pneumaatilised tõstehoovad (Sele 14). Nende abil saab töötaja üksi ringi pöörata ka raskeid ja suuremõõdulisi ehitusüksi.



Sele 14. Ukselehe ringi pööramine

Vabas asendis asuvad mõlema poole tõstehoovad paralleelselt põrandapinnaga. Ust saab hoobade kohale liigutada mõlemalt poolt ja lüliti liigutamisel tõstetakse uks püstisesse asendisse. Tasakaalu ülemineku hetkel on töötajal mõistlik korraks ukselehte toetada, et raskuse ülekandumine vastaspoole hoobadele ei toimuks liigse inertsiga.

Freesiga puhastatakse silindri-, käepideme- ja ukse silma avad, et eemaldada sinna sattunud vill ja muu täitematerjal. Liistutaja paigaldada on hinged ja teha lukuraami sobitus. Laminaadiga uste puhul paigaldatakse laminaat ja kaetakse seejärel kilega, et vältida transpordikahjustusi. Üksikutel juhtudel toimub akna paigaldamine samuti siin töörühmas.

Liistudega uste puhul tuleb painutatud liistutoorikud sae operaatoril mõõtu saagida ja seejärel stantsida neediavad. Liistud peavad ukselehele sobima täpselt, oluline on nii liistu pikkus kui ka laius. Lühikeste detailide korral ei ulata liistud ukse nurkades kokku ja liiga pikkade puhul moodustub teravnurk, sest needid tõmbavad liistud tugevalt vastu lehte. Seetõttu tuleb liistutajal vahel ka ise liiste korrigeerida, peamiselt viili ja kummihaamriga. Viiliga saab lõppviimistluse anda liistu otstele ja pikkusele. Kummihaamrit kasutatakse servaliistude painete korrigeerimiseks juhul kui liist ei lähe peale, või jääb lehest eemale. Ukselehe ja liistu vaheline pilu võib olla kuni 0,4 mm.

Liistu töörühma töötaja täidab ka värvimisele eelnevat kvaliteedikontrolli funktsiooni. Kuna ukseleht liigub selles töörühmas horisontaalses asendis, teeb see silmale hästi nähtavaks võimalikud tootmisprotsessi käigus tekkinud mõlgid ja ebatasasused. Järgmises töörühmas riputatakse ukse

värviliinile vertikaalselt, mistõttu on värvijal mõlke oluliselt keerulisem märgata. Defektsed ukse viiakse eritöödesse, kus suuremad mõlgid tõmmatakse välja ja väiksemate puhul rakendatakse täiskeevitamist.

2.6. Lean ehk timmitud mõtteviis, tootmine

Lean filosoofia põhineb Toyota Production Systemil ja on alguse saanud Jaapanist. Sõnal „lean“ puudub otsene eesti keelne vaste, kuid lähima tõlkena on seda hakatud nimetama timmitud mõtteviisiks. See sisaldab endas kimpu erinevaid põhimõtteid ja rakendusi, mille peamine idee on saavutada vähemaga rohkem. Eelkõige hõlmab see ressursside raiskamise vähendamist, läbimõeldult tegutsemist ning pidevat lõpptähtaja täiustamist. Ressursiraiskajad tähistatakse Lean'i kirjanduses mõistega „muda“, see on jaapanikeelne väljend, kuid sobib juhuslikult ka eesti keelsesse konteksti. Raiskamise puhul eristatakse seitset erinevalt valdkonda [2]:

- **Transport-** toote liigutamine ei lisa sellele kliendi silmis väärtust ja iga liigutamisega on oht toodet kahjustada või see sootuks ära kaotada;
- **Varud-** toormaterjali, pooltoodangu ja valmistoodangu varude all on kinni reaalne raha, mis võib kaotada oma väärtuse enne selle realiseerimist. Samuti on varude hoidmiseks vaja kulutusi tõstvat lisapinda;
- **Liikumine-** aja ja energiakulu, mis tuleb viia minimaalseks;
- **Ootamine-** kui tooteid ei transpordita ega töödelda, on tegemist ootamisega. See on sageli läbiminekuaja suurim komponent, tooted lihtsalt ootavad oma järge;
- **Ületöötlemine-** Juhul kui toodet töödeldakse rohkem, kui klient on soovinud, on tegemist raiskamisega. Näiteks värvitakse ära uks, mille klient tellis ilma viimistluseta;
- **Ületootmine-** Kliendi soovist rohkem tootmine. Võidakse kasutada näiteks masina töö- ja seisuaja parandamiseks, ehk sageli probleemide varjamiseks. Toob kaasa üleliigsed laovarud, mis tekitavad liigseid liigutusi ja raiskavad ressursi;
- **Praaktoodang/vead-** Praagi esinemisel kaasnevad lisakulutused defektse toote ümber töötlemiseks või täiesti uue tootmiseks, samuti tootmise ümberplaneerimiseks.

Ressursse raiskavate tegevuste tuvastamiseks käsitleb järgmine peatükk väärtusahela kaardistamist. Selleks jaotatakse tootmine tegevusteks, mis on vajalikud ehitus- ja laevaukse tootmiseks. Peamine eesmärk on üles leida „muda“, see eemaldada, ning seeläbi kiirendada ukse tootmise

läbiminekuaga. Väärtusahela kaardistamise käigus tuvastatakse tootele väärtust lisavad tegevused, väärtust mitte lisavad kuid vajalikud tegevused ja väärtust mitte lisavad tegevused, mis tuleks protsessist eemaldada. Väärtust lisavad tegevused on need, mille eest klient on nõus maksma ja kus toode valmimise suunas edasi areneb, näiteks ukselehe painutamine. Vajalikud tegevused on väärtuse lisamiseks mõõdapääsmaatud, kuid ise väärtust ei lisa, näiteks painutuspingi seadistamine. Väärtust mitte lisavad tegevused on need, mida oleks võimalik vältida, tehes väikeseid ümberkorraldusi. Näiteks ukselehe liimijääkidest puhastamise saaks ära jätta, kui uksetäitjad oma tööd natuke puhtamalt teeksid. Suurim arengupotentsiaal on tavaliselt peidus just väärtust mitte lisavates tegevustes. [2]

3. LEAN RAKENDAMINE TOOTMISPROTSESSIS

Lean põhimõtteid on ettevõttes proovitud järgida viimased paar aastat. Viimase aasta jooksul on üsna edukalt rakendatud 5S-i, mille peamine eesmärk on luua kord ja distsipliin, mis oleksid järgnevate täiustamise sammude aluseks. 5S lihtsustab töötegemist, sest selle käigus väheneb ressursi raiskamine asjade otsimisele ja sellest tingitud tööseisakutele. 5S raames viiakse igakuiselt läbi töökohtade korrashoiu auditeid, mis tagavad selle, et loodud kord ka säiliks. Igal töökohal on loodud tööriistade nimekiri, sagedamini kasutatavad tööriistad on paigutatud kiiresti kättesaadavatesse kohtadesse ja kõik ebavajalik on silma alt ära viidud. Kõik tööriistad on tähistatud, et need oma algsel töökohal püsiksid ja tööriistad hoitakse puhtad ning töökorras. [2]

Ettevõttes on kasutusel ka Lean terminoloogiast tuntud KPI ehk tulemuslikkuse võtmenäitaja (ingl k. *Key Performance Indicators*.) “Mõõdik, mis aitab sul mõista, kuidas sul läheb ettevõttele seatud eesmärkide suhtes.” – Avinash Kaushik [9]. Tootlikkuse mõõtühikuna on kasutusel EKV, see näitab mitu ekvivalentust suudab ettevõtte toota. EKV arvestus toimub nii päeva, nädala kui ka kuu lõikes. Tarnetäpsuse mõõtmiseks on kasutusel OTD (*On time delivery*) mis näitab õigel ajal kliendini toimetatud tellimuste protsenti. ITO (*Inventory turnover*) on kasutusel ettevõtte käibe ja laovarude suhte mõõtmiseks, ehk mitu korda müüakse laovarud maha kindlas ajaühikus, näiteks ühes kuus.

Viimase tööriistana on kasutusele võetud kaokaartide registreerimine. Kõik üle kümne minutilised seisakud tuleb registreerida spetsiaalsetele kaokaartidele, mis asuvad igas töörühmas. Kaokaartidele märgitakse seisaku kestus, seisaku põhjus ning töörühm ja töökoht, kus seisak aset leidis. Igapäevastel kaokaartide koosolekutel arutatakse sel perioodil tekkinud seisakute põhjuseid ja otsitakse jooksvalt lahendusi.

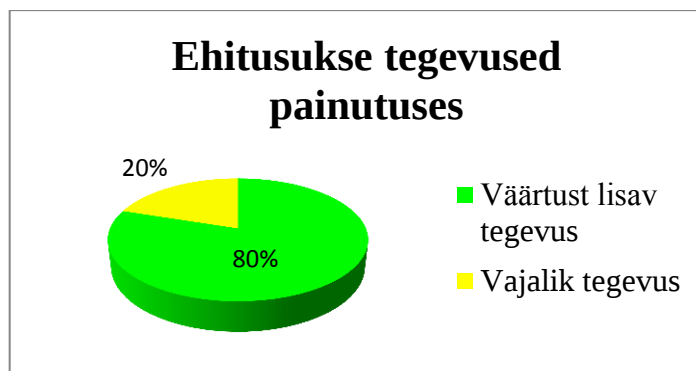
Lean põhimõtete rakendamiseks on eelnevalt vaja mõista hetke olukorda, selleks on hea läbi viia protsesside ja väärtusahela kaardistamine. Selle käigus selgitatakse välja, kuidas töö tegelikult toimub ning millised on suurimad probleemid ja nende parendamisvõimalused [2]

3.1. Protsesside ja väärtusahela kaardistamine

Protsesside arengupotentsiaali ja tõhustamisvõimaluste väljaselgitamiseks on hea tegevused kaardistada. Kaardistamine selgitab välja, kuidas töö tegelikult toimub ning millised on probleemid ja võimalikud parenduskohad. Lisas 2 on välja toodud ehitusukse tootmise tegevuste voogu kirjeldav diagramm ja lisas 3 laevaukse tootmise tegevuste voogu kirjeldav diagramm. Arendades tegevuste voodiagramme edasi ja lisades sinna olulisi mõõdikuid nagu aeg, vahemaad, tegevustesse kaasatud inimesed saab olukorda hästi kirjeldada maatriksvoodiagrammina. Maatriksvoodiagrammil saab eristada väärtust lisavaid ja mittelisavaid tegevusi. Lisas 4 on välja toodud ehitusukse maatriksvoodiagramm ja lisas 5 laevaukse maatriksvoodiagramm. Voo sümbolitele on lisatud värvid, mis näitavad järgmist [2]:

- roheline- väärtust lisav tegevus;
- kollane- vajalik tegevus (väärtust mitte lisav, kuid mõõdapääsmatu);
- punane- väärtust mitte lisav tegevus, mis tuleb protsessist eemaldada.

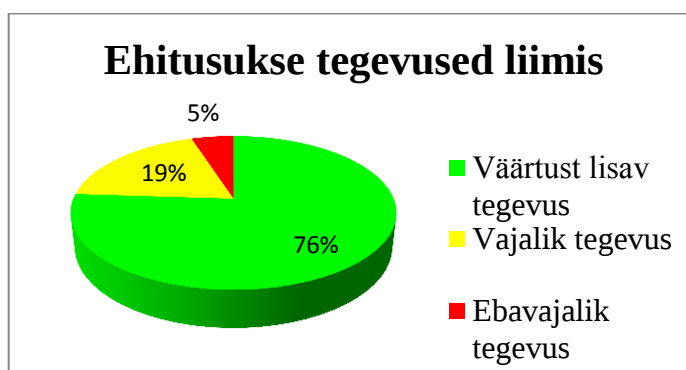
Maatriksvoodiagrammidelt näeme, et enamik painutuse töörühma sammudest on väärtust mitte lisavad. Ehitusukse puhul lisavad ainult kaks tegevust 11-st tootele väärtust ja laevaukse puhul kolm tegevust 12-st. Esialgu jätab maatriksvoodiagramm mulje, et painutaja tööaeg kulubki ainult toote liigutamisele. Tegelik olukord erineb natuke, sest lehti painutatakse keskmiselt 40 toote suuruste partiidena. Seega augustustest materjali toomiseks ja hiljem painutuse ladustamisalale viimiseks kuluv aeg jaotub ära 40 ukse peale. Ehitusukse näitel on painutajal diagrammi järgi 2020 sekundit tööd ühe ukse kohta, millest 320 sekundit kulub väärtust lisavatele tegevustele. Seadistamisele kulub 1200 s ja see jaguneb samuti ära 40 uksele. Toote liigutamisele töökoha piires ehk pinki ja alusele tõstmisele kulub 40 sekundit ühe ukse kohta. Järgi jäänud 460 sekundit moodustab ajakulu transportimisele. Jagades see läbi uste arvuga partiis, kulub ühe ukse transpordile tegelikult $460/40=11,5$ sekundit. Ukse läbiminekuajaks kujuneb $320+(1200/40)+(460/40)+40=402$ sekundit, millest transport ja toote töökoha piires liigutamine moodustab $(12+40)/402*100\%=13\%$ ja seadistamine $30/402*100\%=7\%$.



Sele 15. Tegevuste jaotus painutamise protsessis

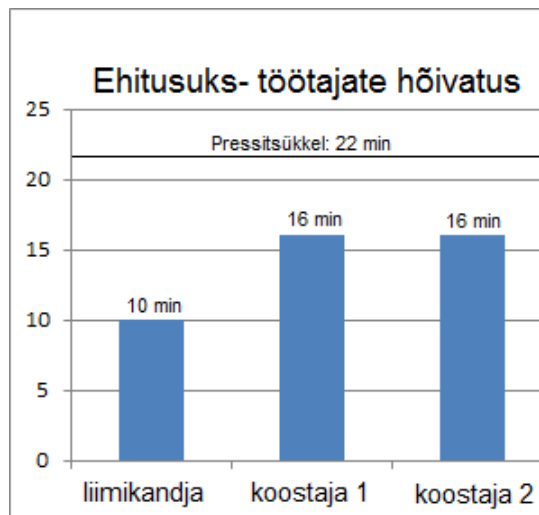
Liigselt detailidesse mineku vältimiseks sisaldavad töös käsitletavad väärtust lisavad tegevused ka väärtust mitte lisavaid tegevusi. Tuues näiteks ukselehe painutamise, sisaldab väärtust lisav tegevus ka aega, mis kulub pingis oleva detaili külje vahetamisele.

Liimimises toimub ehitusukse tootmiseks 17 tegevust, millest kaheksa lisavad väärtust. Väärtust mitte lisavaid tegevusi on palju, kuid nendele kuluv aeg moodustab 24% koguaajast (Sele 16). Väärtust mitte lisavad kuid möödapääsmatud tegevused koosnevad ka selles töörühmas toote transportimisest töökoha ja ladustamisalade vahel ning toote liigutamisest töökoha piires.



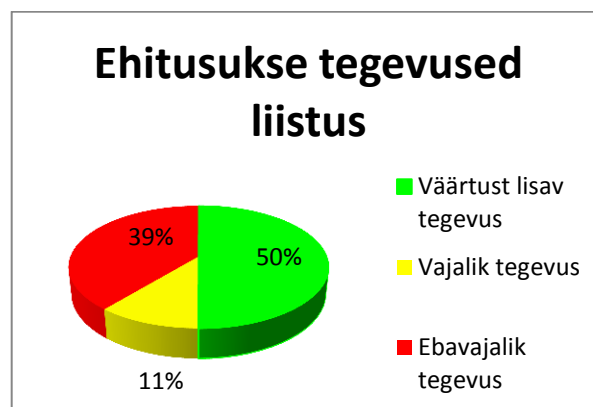
Sele 16. Tegevuste jaotus liimimise protsessis

Vaatluste käigus liimi töörühmas selgus, et töökoormus meeste vahel jaguneb väga ebaühtlaselt. Liimikandja töökoormus sõltub sellest, kas kasutusel on üks või kaks pressi. Ühe pressi teenindamisel ei ole liimikandjal tööd tervelt 12 minutit (Sele 17). Üks pressitsükkel koosneb uste ettevalmistamisest pressimiseks, eelmise pressitäie välja tõstmisest ja uute pressi tõstmisest. Kahe ukse ehk ühe pressitäie ettevalmistamiseks ja pressi tõstmiseks kulub liimikandjal kümme minutit ja kahel koostajal 16 minutit. Kuna kõik operatsioonid on üksi teostatavad, saab üks töötaja jätta paarimehele viie minuti jagu rohkem tööd, tegeledes ise ka liimi peale kandmisega. See tagab meeste ühtlase koormatuse 21 minuti ulatuses.



Sele 17. Töökoormuse jaotus liimimise protsessis

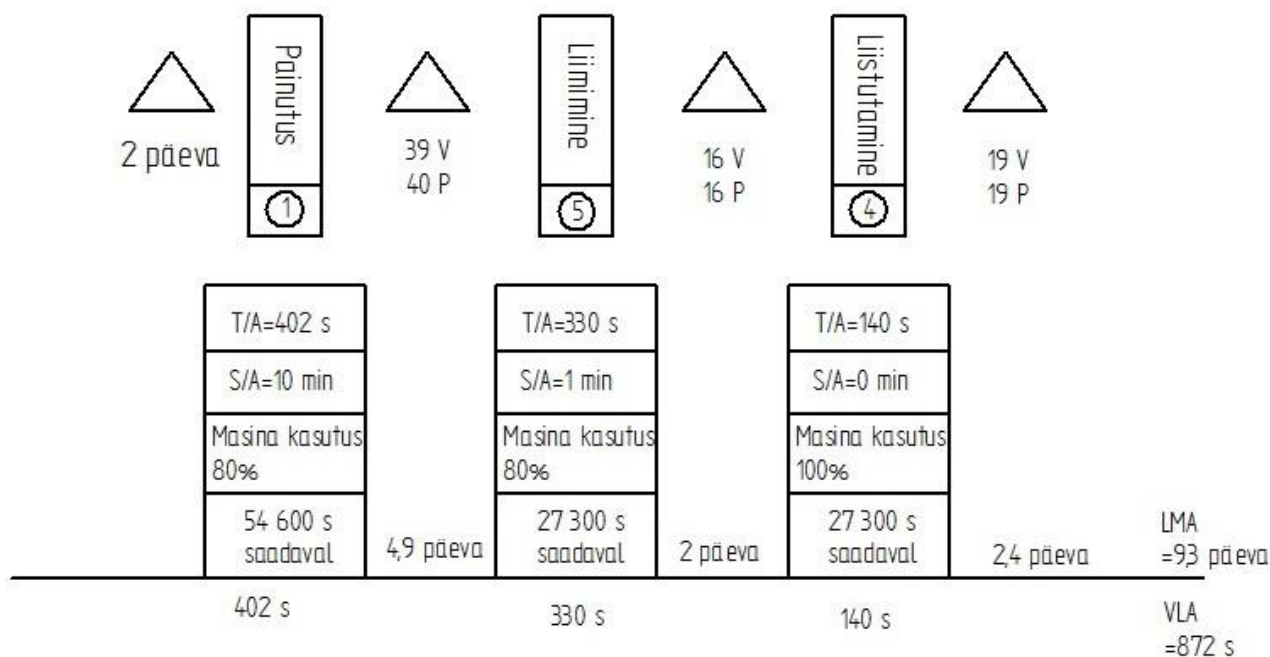
Pool liistu töörühmas ehitusüksle kuluvast ajast tootele lisaväärtust ei anna, ainsad väärtust lisavad tegevused on lukuraami sobitus, avade puhastamine ja hingede paigaldus mis moodustavad täpselt 50% ajast (Sele 18). Ülejäänud aeg kulub toote ühest kohast teise liigutamisele ja ukselehe liimist puhastamisele, mille saaks õigete töövõtete kasutamisel üldse ära kaotada. Liim satub uksele üldjuhul kinnastelt, mis määrduvad peale lukukarbi- ja sulguritugevduste paika tõstmist. Kui tugevdusi tõsta servadest, jäävad puhtaks nii kindad kui ka uks ise. Juhul kui tootele peaks siiski mõni liimitilk sattuma, puhastatakse see värvimise ettevalmistuse käigus, kus kogu uks matistatakse liivapaberiga ja puhastatakse seejärel piirituselapiga.



Sele 18. Tegevuste jaotus liistutamise protsessis

Hetkel toimiva tootmisvoo analüüsimiseks on järgnevalt tehtud ahelakaart (Sele 19), kus lehe tootmine on jagatud kolme suurde etappi. Eesmärk on tarnida kliendile 80 ust nädalas. Kaardile on toodud välja olulisemad ressursside kasutamisega seotud andmed: operatsiooni tsükliäeg, ümberseadistamisaeg, masina kasutusaeg potentsiaalsest kasutusajast, töötaja poolt saadaval olev

tööaeg ühes ööpäevas ja operatsioonis hõivatud inimeste arv. Laovarude läbimineku aeg on arvutatud laovarude kliendi päevavajadusega läbi jagamise teel. Peale painutust on vahelaos kokku 79 ust, klient vajab aga 16 (80 ust/5 tööpäevaga) ust päevas. Painutus töötab kahes vahetuses, seega tunnis peab valmima (16/16) üks uks. Esimeses vahelaos on järelkult 79 tunni laovarud, mis moodustab (79/16) 4,9 tööpäeva.



Sele 19. Ehitusukse tootmise ahelakaart

(T/A) - operatsiooni tsükli aeg

(S/A) – ümberseadistamisaeg

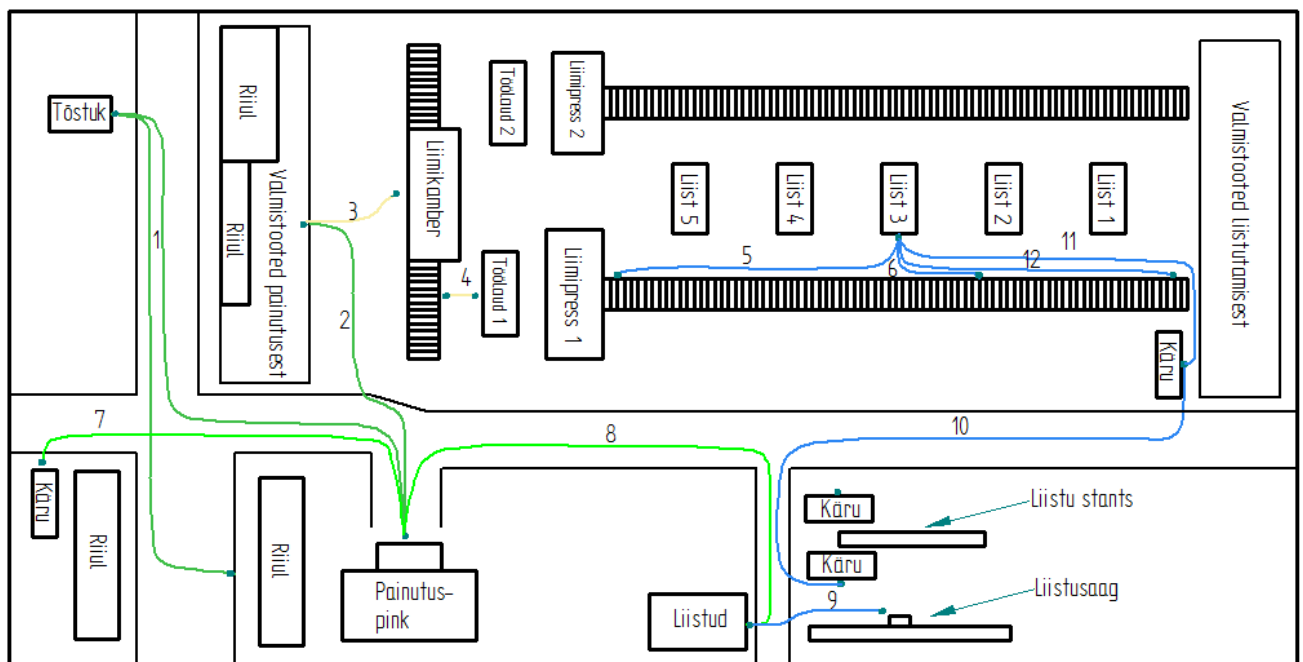
○ - operatsioonis hõivatud inimeste arv

Δ - laovarud

Kuna laovarude suurused erinevad mitmekordselt, võib järeldada, et rakendatakse tõuke meetodit. See tähendab, et toodetakse nii palju kui suudetakse, mitte nii palju kui tegelikult vaja on. Ideaalis peaks tootmine töötama tõmbele, ehk ilma suurte laovarudeta. Selleks peab iga järgneva operatsiooni tsükli aeg olema eelnevast minimaalselt lühem. See meetod hoiab igal operatsioonil tempot üleval, keegi ei soovi, et tema tegevuse taga ootaks kõik järgnevad toimingud. Arengupotentsiaali näitab see, et protsessis kasutatava materjali läbimineku aeg on 9,3 päeva, väärtust lisav aeg sealjuures 872 sekundit. Protsessi tasakaalustamise juures tuleks eesmärgiks seada kliendi vajadustele vastav taktiaeg, ehk tempo millega peab ettevõtte olema suuteline tootma, et rahuldada kliendi soove.

3.2. Tehase asendiplaani muutmine

Ettevõttes hetkel kasutusel oleva tehase asendiplaani (Sele 20) suurimad miinused töi väärtusahela kaardistamine hästi välja. Ühe liimikambri ja liimikandja olemasolu muudab töökoormuse võrdse jaotamise töötajate vahel keeruliseks. Liimikandja töömaht sõltub sellest, mis tüüpi uksi hetkel liimitakse ja mitut pressi on vaja korraga teenindada. Teise suure probleemina võib välja tuua pika ja ruuminõudva liistu liini, mis töötab suures osas vahelaona. See kulutab liistu tööühma töötajate aega, sest vajalike uste töölauale toomine ja samuti alusele ladustamine on raskendatud. Liistuliini lühendamise ja võidetud põrandapinna abil saab painutuspingi tuua liimi töötajatele lähemale ja vähendada seeläbi liikumisteid ning parandada töötajate vahelist info liikumist.



Sele 20. Tehase asendiplaan algses töökorralduses

1. Augustatud lehtede toomine painutuspingi juurde
2. Painutatud lehtede viimine ladustamisalale
3. Lehtede ladustamisalalt liimikambri juurde viimine
4. Lehe liimi töölauale tõstmine
5. Ukse liistutamise töölauale viimine
6. Ukse ümber pööramine
7. Liistude painutuspingi juurde toomine
8. Liistude ladustamisalale viimine
9. Liistude sae juurde viimine

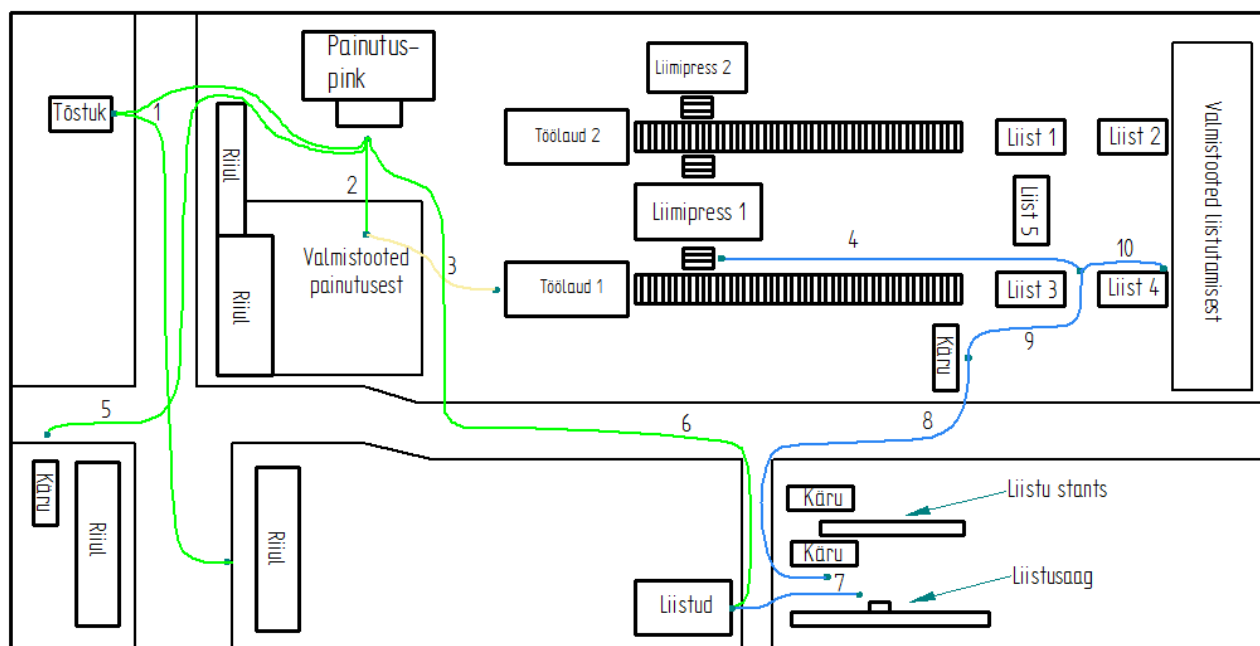
10. Liistude ladustamine kärule
11. Liistude toomine töökohale
12. Ukse viimine liini lõppu

Tegevused 7-11 toimuvad ainult laevauste korral.

Töö autori poolt väljapakutaval tehase asendiplaanil (Sele 21) puudub liimikandja töökoht. Mõlema liistuliini alguses asuvad liimikambrid, mis on kasutatavad ka töölauana. Mõlemas liimikambris töötab kaks töötajat, kes tegelevad paralleelselt lukukarbi, villa ja teiste vajalike detailide paigaldamisega ning liimikihtide peale kandmisega. Sellise lahenduse korral suudavad kaks töötajat tööülesanded võrdselt ära jagada ja liimikandja ei muutu pudelikaelaks, mis tekitab seisakuid koostajate töös. Uus töökorraldus vähendab uste liimiga määrdumist, sest iga uksega tegeleb nüüd ainult kaks inimest. Uksi katsub vähem kätepaare ja järgmises etapis on selgelt näha, kes suudavad tööd puhtalt teha ja järgmisele tööühmale kvaliteetse toote tarnida. Uste määrdumise vältimine võimaldab liistu tööühmas säästa aega ja ära jätta ukse pööramiseks ja puhastamiseks vajalikud tegevused. Muutuse teostamist lihtsustab asjaolu, et ettevõttel on kaks liimikambrit juba olemas. Teine pidi algsete plaanide järgi tööle hakkama automaatkambrina, kuid vajadus selle järgi kadus. Ainsa muudatusena tuleb liimikambritelt eemaldada tagasein, et töös olevale uksele oleks ligipääs mõlemalt poolt.

Suurem liimipress on paigutatud kahe rullikute liini vahele. See võimaldab ainult suure pressiga liimides suunata tooteid peale pressimist mõlemale rullikute liinile, tagades seeläbi maksimaalne läbilaskevõime järgnevas tööühmas.

Teise suure muudatusena on ümber paigutatud liistutamise tööühma töölaudad. Need on tõstetud mõlema liini otstesse ja asuvad üksteise järgi. Sel meetodil saab uksega tehtavad operatsioonid võrdselt kahe töötaja vahel ära jagada ja tekitada tõmbe efekt, kus esimene töölaud peab hoidma tempot üleval, et teisel töölaual stabiilselt tööd oleks. Ainult kindlatele tegevustele keskendumine ja vähemate tööriistade kasutamine võimaldab vajalikud töövahendid hoida ligemal ja tõsta töö tempot. Kuna töötajad töötavad ühes taktis, kulgeb sujuvamalt ka valmis uste alusele ladustamine. Ukse valmimisel tõstetakse uks koheselt alusele, nii ei jää see liinile järgnevate uste liikumist takistama. Asendiplaanile on märgitud ka viies töölaud, mis võimaldab lisatööjõu rakendamisega tõsta tööühma läbilaskevõimet.



Sele 21. Autori poolt välja pakutav tehase asendiplaan

Kõige enam lühendas uus tehase asendiplaan käiguteid painutuse töörühmas:

Ehitusukse puhul 108-lt meetrilt 64-le ja laevaukse tootmiseks 89-lt meetrilt 79-le meetrile partii kohta (Tabel 1). Liimi töörühmas uus asendiplaan otsest kokkuhoidu kaasa ei toonud, saavutatud kolme meetrine võit ehitusukse ja kuue meetrine võit laevaukse puhul tuleneb ebavajalike tegevuste ära jätmisest. Liistu töörühmas vähenesid vajalikud liikumised ehitusukse tootmiseks üheksa meetrit ja laevaukse tootmiseks 24 meetrit ühe ukse kohta.

Tabel 1

Ukse tootmiseks läbitavad vahemaad

Töörühm	Ehitusuks		Laevauks	
	Uus asendiplaan	Vana asendiplaan	Uus asendiplaan	Vana asendiplaan
Painutus	64 m	108 m	79 m	89 m
Liim	18 m	21 m	9 m	15 m
Liist	12 m	23 m	50 m	74 m

3.3. Töötajate ümberpaigutamine

Liimikandja ülesandeid täitnud töötaja saab paigutada ümber liistu töörühma, kus oli juba eelnevalt töökohtade arv ühe võrra suurem töötajate arvust. Ümber paigutamiseks vajalikud oskused

omandab uus töötaja teiste töörühma töötajate käest ja need on töötajate tagasiside alusel ühe nädala jooksul õpitavad. Liimi pealekandmisega on ukse koostajad juba tuttavad, sest on seda tööd varemgi pidanud tegema. Järgnev töötajate ümber paigutamine toimub vastavalt tootmises olevale tootegrupile. Ehitusüksed vajavad maksimaalset tööjõu ressursi liimimisel, laevauksed aga aeganõudvas liistude paigaldamise protsessis. Töötajate ümberpaigutamise eesmärk on ühtlustada töörühmade tsükliajagasiid ja tagada seeläbi sujuv tootmisvoog. Selle käigus ei tohi unustada, et ajutiselt üleliigsele tööjõule tuleb leida rakendus mõnes teises töörühmas.



Sele 22. Töötajate jaotus algses tootmiskorralduses

3.3.1 Töötajate ümberpaigutamine ehitusukse tootmiseks

Painutamise tsükliajaga saab vähendada, lisades protsessi abitööline. Abitöölise kohustusteks on eelkõige väärtust mitte lisavad tegevused ehk logistika: materjali pingi juurde toomine, valmistoodangu ladustamisalale viimine, toodete pinki ja alusele tõstmine. Peale lühiajalist töökogemust on abitöölist võimalik rakendada ka pingi seadistamisel. Näiteks saab abitööline vahetada ära terad, samal ajal kui operaator tegeleb juhtpuldi seadistamisega. Samuti saab pingi operaatori vabastada kohustuslikest töö alustamise ja lõpetamise protseduuridest tootmisprogrammis. Suure mõõduliste uste puhul saab abitöölist rakendada ka väärtust lisavas painutuse protsessis. Kahekesi on suure toote vastu piirajat hoidmine oluliselt lihtsam ja efektiivsem.

Liimimine on ehitususte puhul kõige optimaalsem kahe pressiga, kellest kumbagi teenindavad kaks ukse koostajat. Liimimise tsükliajaga antud töös ei vähendata, kuid väheneb uste tootmiseks kasutatav inimjõu ressurss, sest töö tehakse nüüd ära ilma liimikandja töökohata.

Liistu töörühmas piisab ehitususte puhul ühest töötajast. Ebavajalike tegevuste ära jätmine ja lühenenud liikumisteed on töörühma tsükliajaga vähendanud piisavalt, et üks töötaja jõuab järgmisele töörühmale ette valmistada kõik ukSED, mida kaks pressi suudavad liimida.

Ümberpaigutamise käigus vabaks jäänud neli inimest on võimalik rakendada tehases pidevalt vajalikel abi- ja ettevalmistustöödel: prügi pressimine, lukukarpide koostamine, kipsi ja villa lõikamine, pakkematerjalide ettevalmistamine jne.



Sele 23. Töötajate jaotus välja pakutavas töökorralduses ehitusukse tootmiseks

3.3.2 Töötajate ümberpaigutamine laevaukse tootmiseks

Painutamise töörühma on suunatud abitööline ka laevaukse tootmiseks. Abitöölise ülesanded pingioperaatori töö kiirendamiseks on põhiliselt samad, mis olid eelnevas alampeatükis kirjeldatud ehitusukse tootmise puhul. Lisandub ainult liistude painutamisega seonduv toodete transport.

Laevauksi on kõige optimaalsem liimida suure pressiga (Sele 21, Liimipress 1), sest sinna mahub neli ust korraga. Kahe töötajaga liimides on nelja ukse ettevalmistusaeg minimaalselt lühem pressis kõvenemise ajast, see tagab ühtlase töötajate koormatuse kogu pressitsükli jooksul. Ühtlasi annab suur press välja piisava toodangu, mida järgmine töörühm maksimaalse mehitatuse korral vastu suudab võtta.

Liistutamise töörühmas tuleb piisava läbilaskevõime tagamiseks ära mehitada kõik viis töölauda, samal ajal kui kuues töötaja tegeleb liistude saagimisega ja stantsimisega.

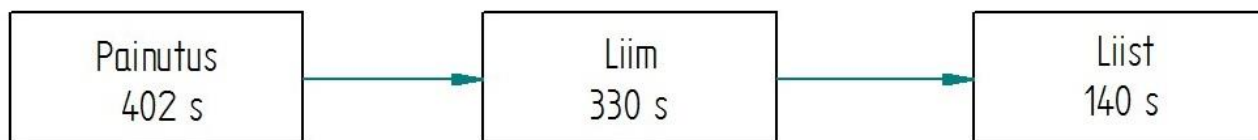


Sele 24. Töötajate jaotus välja pakutavas töökorralduses laevaukse tootmiseks

3.4. Tootmisvoo optimeerimine

Tootmisvoo optimeerimisel võttis autor eesmärgiks rakendada tõmbe põhimõttel tootmist. Ideaalses olukorras peavad töörühmade tsükliajad olema täpselt ühel tasemel. Praktikas on hea, kui igas järgnevas töörühmas kulub minimaalselt vähem aega, et hoida tempo üleval ja tekitada tõmmet. Kuna liimi töörühma tsükliaja vähendamine ei olnud selle töö eesmärgiks, võib seal kuluva aja võtta aluseks, millele võimalikult lähedale viia teiste töörühmade tsükliajad.

Tsükliajad ettevõtte algses tootmiskorralduses:



Sele 25. Ehitusukse tsükliajad enne optimeerimist



Sele 26. Laevaukse tsükliajad enne optimeerimist

Abitöölise lisamine painutuse protsessi kiirendab seda peamiselt väärtust mitte lisavate tegevuste võrra. Painutuspingi operaatoril ei kulu enam aega toodete pingi juurde ja ladustamisalale transpordile, samuti painutatud toote alusele paigutamisele. Ukse tsükli aeg kiireneb seeläbi transpordi arvelt 12 s ja toote alusele tõstmiselt 20 s. Lisaks saab abitööline enne toote painutamist katta kilteibiga silindri ja käepideme avad, mis vähendab pingi operaatori tööd 30 s. Tsükli aeg väheneb seeläbi $12+20+30=62$ s. Ehitusukse tsükli aeg väheneb $402-62=340$ sekundile ja laevauksel $520-62=458$ sekundile. See on piisav aeg tagamaks liimi tööruhmale pidev töö, jättes samal ajal ka minimaalse puhveraja painutajale. Tehase asendiplaani muutusest ja lühenenud liikumisteedest saadav ajavõit ei ole siinkohal mainimist väärt, sest 44 m (ehitusukse puhul) ja 10 m (laevaukse puhul) lühenenud käiguteed ühe partii (40 ust) kohta ei anna mõõdetavat ajavõitu ühe ukse tsükli ajale.

Liistutamises töötas ehitususte tootmiseks algses töökorralduses neli töötajat, seega 140 sekundiline tsükli aeg tähendab tegelikult $140 \cdot 4 = 560$ s tööd ühele inimesele ühe ukse tootmiseks. Ebavajalike tegevuste (Lisa 4) välja jätmine kahandab selle $560-55-70-55-35=345$ sekundile. Lisaks lühendab uus tehase asendiplaan töölauale toomise aega 10 s võrra ja ukse alusele tõstmise aega samuti 10 s võrra. Lõplikuks ehitusukse tsükli ajaks kujuneb $345-10-10=325$ s, mis on natuke lühem, kui liimis kuluv aeg ja tagab seega ühtlase tõmbe läbi kolme tööruhma.

Ühele laevauksel kuulub liistu tööruhmas 2740 s ühe inimese tööd. Sellest 420 s kulub sae operaatoril liistude valmistamiseks, $2740-420=2320$ s tööd tehakse ära liistu töölaual. Ebavajaliku tegevuse (Lisa 5) ära jätmine vähendab tööaega 35 s võrra, uus asendiplaan säästab töölauale toomiselt ja ukse alusele tõstmiselt kokku 20 s ning liistude toomiselt samuti 20 s. Ukse ümber pööramine, mis võttis varem 70 s, on nüüd vajadusel teostatav 10 s kestvas esimeselt töölaualt

teisele tõstmise protsessis. Tsükliäeg väheneb $2320-35-20-20-60=2185$ sekundile. Rakendades kõiki liistutamise töölaudu ja paigutades sinna viis töötajat, väljub töörühmast ukseleht iga $2185/5=437$ sekundi järel, mis on sobiv töötajate ideaali lähedaseks rakendamiseks ja töörühmade vahelise tõmbe tekitamiseks.



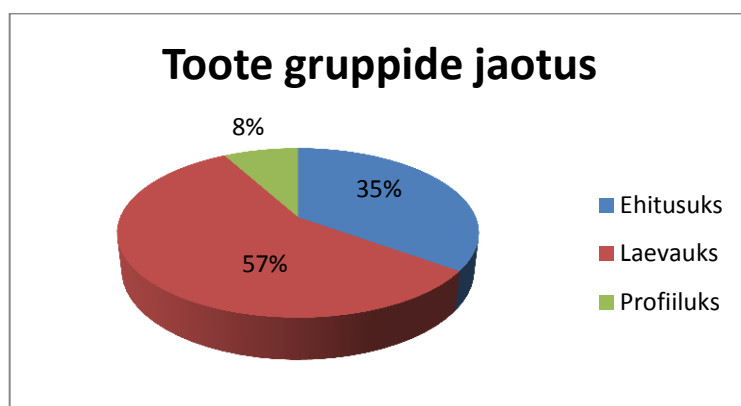
Sele 27. Ehitusukse tsükliajad pärast optimeerimist



Sele 28. Laevaukse tsükliajad pärast optimeerimist

4. MAJANDUSLIKUD ARVUTUSED

Autori poolt välja töötatud tootmiskorralduse majandusliku kasuteguri hindamiseks on aluseks võetud 2015. aasta esimese kvartali tootmistulemused. Sellesse perioodi mahtus 469 töötundi, ehk $469/8=58,6$ tööpäeva. Esimeses kvartalis toodeti kokku 5620,4 EKV väärtuses uksi, millest ehitusüksed moodustasid 1953,7 EKV-d, laevauksed 3196,7 EKV-d ja profiiluksed 470 EKV-d.



Sele 29. Toodangu jaotus 1. kvartal 2015

4.1. Tootmismahu arvutus

Arvestades ehitusüks keskmiseks EKV väärtuseks 1,6, toodeti perioodil kokku $1953,7/1,6=1221$ ust. Ukse läbiminekuage oli $402+330+140=872$ s (Sele 25), autori poolt välja pakutud tootmiskorralduses kujunes selleks $340+330+325=995$ s (Sele 27).

872 s -> 1221 tk

995 s -> x tk ?

$$\frac{1221 \times 872}{995} = 1070 \Rightarrow \frac{1070}{1221} = -12,4\%$$

Töös käsitletav laevauks moodustab 2,4 EKV-d ja neid toodeti $3196,7/2,4=1332$ ühikut. Ukse läbiminekuage oli $520+450+685=1655$ s (Sele 26), autori poolt pakutavate muudatuste tulemusel kujuneks uueks ajaks $458+450+437=1345$ s (Sele 28).

1655 s -> 1332 tk

1345 s -> x tk ?

$$\frac{1332 \times 1655}{1345} = 1639 \Rightarrow \frac{1639}{1332} = +23\%$$

Ehitus- ja laevauksi toodeti 2015. aasta esimeses kvartalis kokku 1221+1332=2553 tk, välja töötatud tootmiskorralduse rakendamine võimaldaks toota 1070+1639=2709 ust. Tootmismaht kasvaks seega 6,1%.

4.2. Tööjõukulu arvutus

Ettevõttest saadud töötajate minutitasude alusel on võimalik välja arvutada kokkuhoid tööjõukuludelt, mis tekkisid seoses töötajate ümber paigutamisega. Võrdlusperioodiks on valitud 2015. aasta esimene kvartal, mille jooksul tehti ettevõttes tööd 58,6x455=26663 min.

Tabel 2

Ettevõtte tööjõukulu 2015. aasta esimeses kvartalis

Töörühm	Töötajaid	Minuti- tasu (€)	Kvartali- kulu (€)
Painutus	2	0,24	12798
Liim	5	0,18	23997
Liist	4	0,2	21330
Kokku			58125

Ehitusukse tootmiseks on tööjõu ümberpaigutamise käigus töötajate arv vähenenud 11-lt seitsmele (Tabel 3). Painutuse töörühma määratud abitööline on tabelis märgitud liimi töötajate hulka.

Tabel 3

Ettevõtte tööjõukulu ehitusukse tootmiseks pärast töötajate ümber paigutamist

Töörühm	Töötajaid	Minuti- tasu (€)	Kvartali- kulu (€)
Painutus	1	0,24	6399
Liim	5	0,18	23997
Liist	1	0,2	5333
Kokku			35728

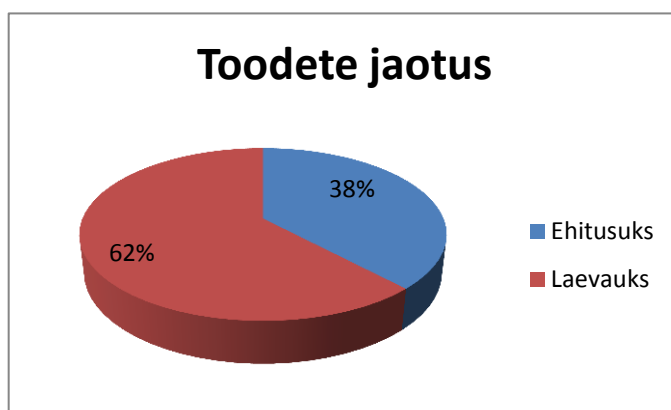
Laevaukse tootmisprotsessis väheneb hõivatud töötajate arv ühe võrra (Tabel 4), sest kahe vahetuse asemel saab töö ära teha abitöölist kasutades, mis toob siiski märgatava kokkuhoiu.

Tabel 4

Ettevõtte tööjõukulu laevaukse tootmiseks pärast töötajate ümber paigutamist

Töörühm	Töötajaid	Minuti- tasu (€)	Kvartali- kulu (€)
Painutus	1	0,24	6399
Liim	3	0,18	14398
Liist	6	0,2	31996
Kokku			52793

Võttes arvesse liimi töörühma läbivat ehitus- ja laevauste osakaalu (Sele 30) oleks tööjõukuludelt 2015. aasta esimeses kvartalis saanud säästa $58125 - (0,38 \times 35728 + 0,62 \times 52793) = 11817$ €



Sele 30. Ehitus- ja laevauste jaotus liimi töörühmas

4.3. Vahelaod

Tõmbel põhineva süsteemi rakendamisel vabaneb tehases kasulik põrandapind ja laos olnud toodete all kinni olnud raha on võimalik kasutada ettevõttele kasulikumalt. Tehase pinnal, mis on kasutusel varude hoidmiseks, ei toimu väärtust lisavaid tegevusi. Laopindade minimaaliseerimisel, saab tekkinud põrandapinda kasutada näiteks tootmise laiendamiseks ja lisatulu teenimiseks. Laos seisvale toormaterjalile, pool- ja valmistoodangule on kulutused tehtud ja nende kiire realiseerimine raskendatud, seistes nende väärtus ja potentsiaalse ostja leidmise tõenäosus kahaneb. Laovarude vähendamiseks vabanenud raha saab kasutada ettevõttele lisatulu teenimiseks näiteks investeerides või juba järgmisi ukse tootes. Võttes ukse keskmiseks omahinnaks 240 €, on laovarudesse hetkel paigutatud $(79 + 32 + 38) \times 240 = 35760$ €, mis kuuluks tõmbe süsteemi rakendamisel ettevõtte vabadesse vahenditesse.

KOKKUVÕTE

Lõputöö käigus viidi läbi väärtusahela kaardistamine, mis tõi esile tootmisprotsessis toimuvad suurimad raiskamised. Selle alusel töötati välja tehase asendiplaan, millel puudub liimikandja töökoht. Liimi pealekandmine toimub töölaual ja see teostatakse ukse koostajate poolt. Selline tootmiskorraldus tagab töötajate ühtlase koormuse ja jätab protsessist välja ootamise, mis toimus varem liimikandja ja ukse koostajate vahel. Lisaks väheneb ukse liimiga määrdumise oht, sest uksi katsub vähem kätepaare ja seda on vaja vähem töökohtade vahel liigutada. Liimimise tsükliaga ühe töökohta kaotamine ei suurenda. Välja töötatud asendiplaanil on painutuspink toodud liimi tööruhmale lähemale ja lühendatud liistuliini pikkust. Need muudatused lühendavad ukse tootmiseks vajalike käiguteid keskmiselt 20%.

Olenevalt tootmises olevast uksetüübist, moodustati kõige optimaalsem töötajate ümberpaigutamise süsteem. Lisatööjõudu suunati painutamise ja laevaukse puhul ka liistutamise tööruhma, eesmärgiga tagada võimalikult ühtlane tootmisvoog. Liimimise tööruhmas ja ehitususte puhul ka liistutamises vajalike töötajate arv vähenes. Töötajate ümberpaigutamise ja ebavajalike tegevuste protsessist kõrvaldamise tulemusena oli võimalik tööruhmade tsükliajad viia peaaegu võrdseteks. Tõmbe tekitamiseks tootmisprotsessis jäeti iga järgneva tööruhma tsükli-aeg minimaalselt lühemaks eelmise tööruhma tsükliajast. Tõmbe meetodil tootmine minimaliseerib laovarud, vabastab kasulikku tootmispinda ja eelnevalt varudesse paigutatud raha on nüüd realiseeritav näiteks uute toodete tootmiseks.

Välja töötatud tootmiskorralduse muutused võimaldavad tootmismahtu tõsta 6,1%. Võttes näitena 2015. aasta esimese kvartali, suurenes toodetud ehitus- ja laevauste arv 2553-lt uksele 2709 uksele. Seejuures vähenes ettevõtte sama perioodi tööjõukulu 11817 €, ehk 20% võrra. Lisaks vabanes vähenenud laovarude arvelt kasulikku tootmispinda ja tekkis võimalus vabanenud käibevahenditelt lisatulu teenida.

Autor soovib ettevõttel tõsiselt kaaluda töökaartide digitaliseerimist ja töökohtadele tahvelarvutite paigaldamist. Sidudes tahvelarvutid ka tootmisprogrammiga, on töö võtmise ja lõpetamise protseduuridelt võimalik säästa piisavalt, et tahvlite ostusumma tagasi teenida juba poole aastaga.

SUMMARY

Applying the Principles of Lean Production on the Example of Saajos AS

The goal of this thesis was to increase the production capacity in a company that manufactures fire resistant doors, by the application of the principles of Lean production. To achieve that goal, three steps were taken: change of the layout, redeployment of the employees according the products in progress and optimization of the flow. Thesis is focused on two of the best-selling products: B15 class single leaf marine fire door and EI₂60 class single leaf construction fire door. The topic is actual, as the project manufacturing company is facing the challenges of mass production. Large series of identical products from new clients push the company to find ways of cost-efficient manufacturing, use of their resource.

As a first step, Value Stream Mapping was carried out in order to identify all the possible wastes and opportunities for improving the process. Driven by this, a new layout was designed for the factory, which does not have a separate workplace for applying the glue. According to the new work arrangement, it is done by the same employees, who fill the door with wool, gyps and all the necessary reinforcements. At the same time this keeps all the employees equally occupied and eliminates the waiting that occurred between the two workplaces. As a bonus, the risk of staining the door with glue is reduced, since the door doesn't have to be transported between the workplaces anymore. Cycle time of gluing workstation stays the same; eliminating one workplace doesn't have a negative effect on it. The developed layout brought the bending machine closer to the gluing workstation, and reduced the area, that was used by the trimlist adding workstation. The developed layout reduced the length of paths 20%.

The redeployment of employees was done according to the product groups. Additional workforce was added to the bending workstation for both products and also to the trimlist adding workstation in case of marine doors. The number of employees was reduced in the gluing workstation and also in the trimlist adding workstation in case of construction doors. This ensures a smooth flow throughout the three workstations. Relocating the employees and eliminating the unnecessary

actions almost equalized the cycle times of the workstations. To apply pull system, the cycle times were left in a decreasing order. A slightly shorter cycle time in the next workstation keeps the pace up and minimizes the stocks. This free space can be used to expand the production, and money that was kept under the stocks can now be used to earn more profit.

As an example the results from first quarter of 2015 when 2553 doors were produced, developed changes allowed the increase of production capacity by 6,1%, raising it to 2709 doors. Simultaneously, labour costs were decreased by 11817 €, which makes 20% of the total labour costs. As an addition, the opened floor space and funds kept as stocks can now be used more efficiently.

Author recommends considering the installation of tablets to every workplace and digitalizing the work orders. This helps to save time from the necessary actions that are done for starting or completing a work order. The saved time can earn the cost of tablets back in 6 months.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] Saajos AS, Töötaja ABC, Keila 2013.
- [2] Jari Pekka Kukkonen ja Sulev Senkel, Läbimurre, Tallinn: Äripäev, 2012.
- [3] Art Byrne, The Lean Turnaround, Ameerika Ühendriigid: The McGraw-Hill Companies, Inc. 2013.
- [4] Amada HFT 100-3 painutuspingi manuaal.
- [5] Reinhardt- Technik Conti Mix 150 kahe komponentse segamis- ja doseerimissüsteemi manuaal.
- [6] Orma NPC 6/110 DIGIT kuumpressi manuaal.
- [7] Sormec 2000 SRL T60 kuumpressi manuaal.
- [8] Saajos AS [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.saajos.ee> [Kasutatud 19 märts, 2015].
- [9] Leanway OÜ, „KPI – mis asi see veel on?“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.leanway.ee/blogi/kpi-mis-asi-see-veel-on/> [Kasutatud 26. märts, 2015].

LISAD

Lisa 1. Saajos AS struktuurskeem

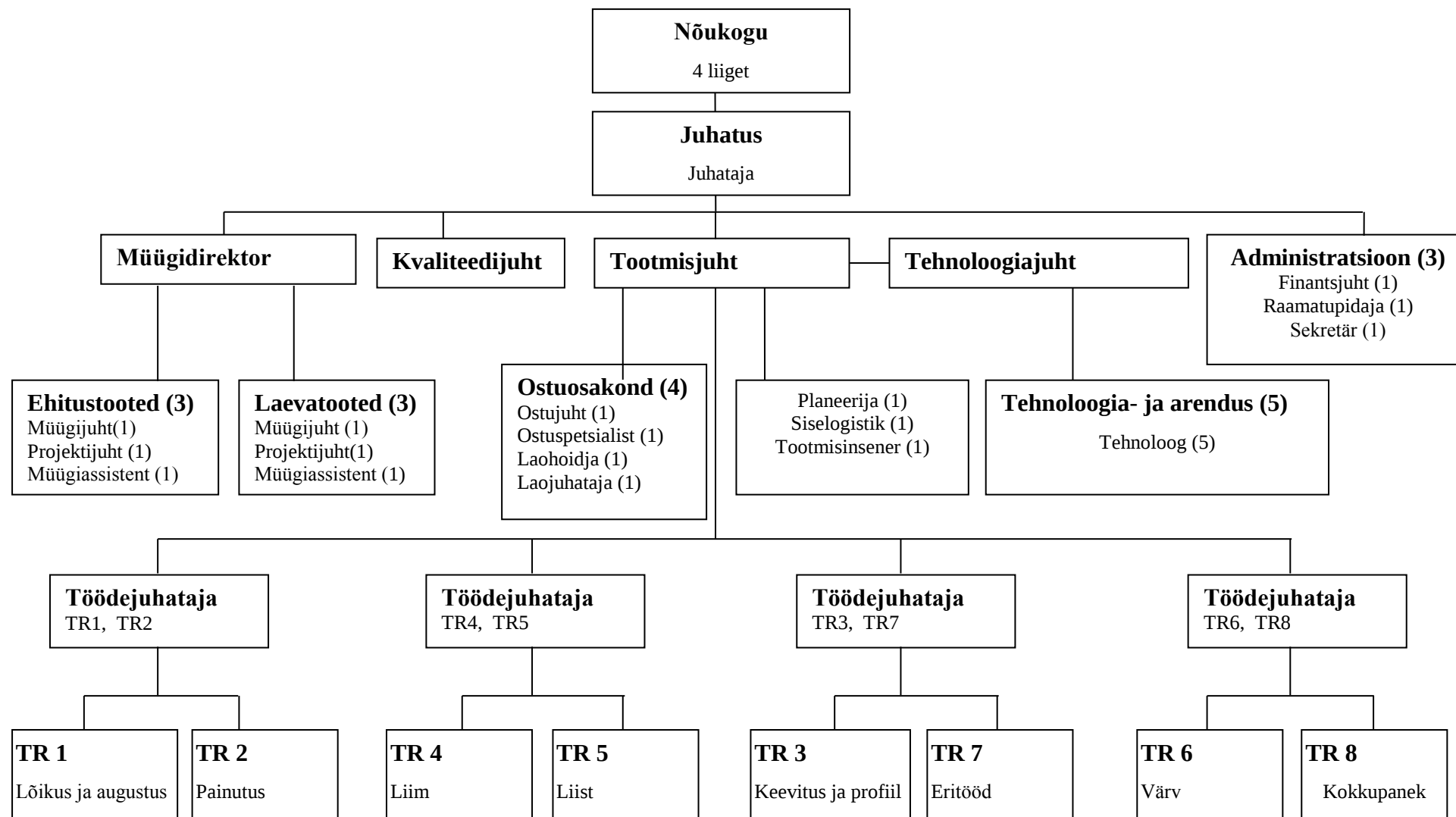
Lisa 2. Ehitusukse tootmiseks vajalike tegevuste voodiagramm

Lisa 3. Laevaukse tootmiseks vajalike tegevuste voodiagramm

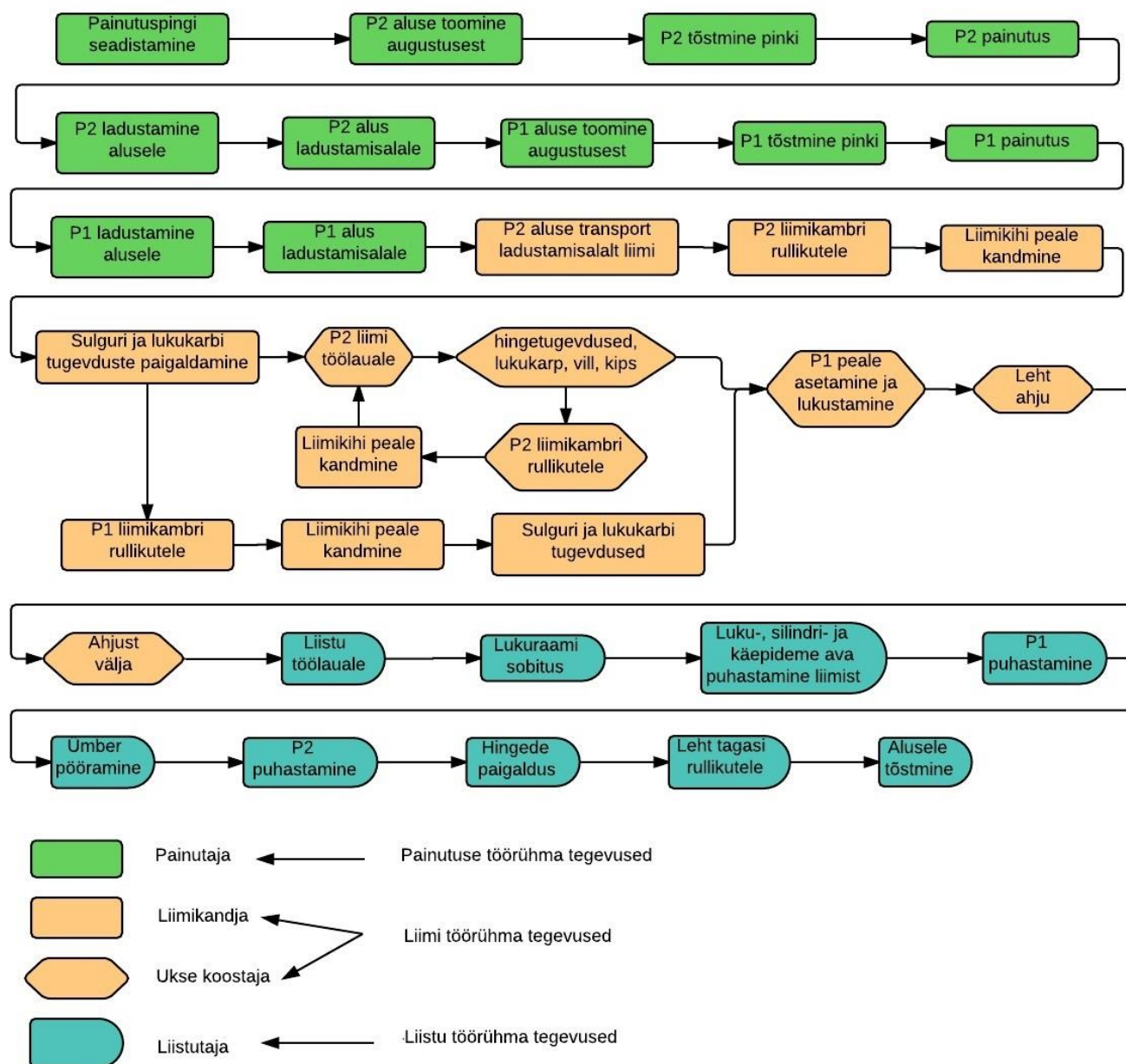
Lisa 4. Ehitusukse tootmise maatriksvoodiagramm

Lisa 5. Laevaukse tootmise maatriksvoodiagramm

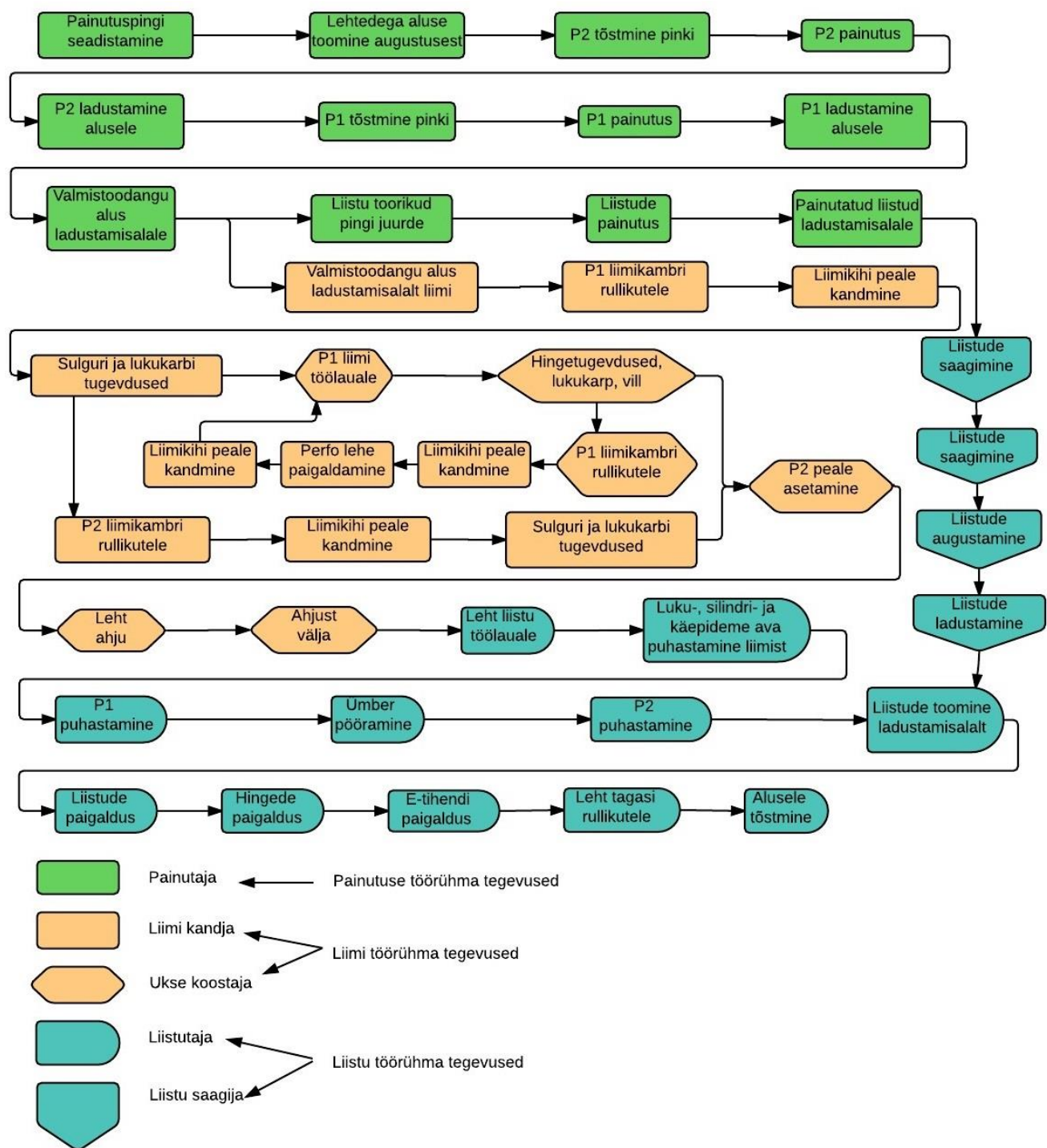
Lisa 1. Saajos AS struktuuriskeem



Lisa 2. Ehitusukse tootmiseks vajalike tegevuste voodiagramm



Lisa 3. Laevaukse tootmiseks vajalike tegevuste voodiagramm



Lisa 4. Ehitusukse tootmise maatriksvoodiagramm

Ehitusukse tootmine (enne parendamist)						Kuupäev: 6.04.2015		
Samm	Voog	Masin/töövahend	Kaugus (m)	Aeg (s)	Inime -sed	Diagrammi sümbol		
						○	→	Δ
1. Painutuspingi seadistamine				1200	1			
2. P2 aluse toomine augustusest	→	Tõstuk/käru	41	150	1		x	
3. P2 tõstmine pinki	Δ			10	1			x
4. P2 painutus	○	Painutuspink		140	1	x		
5. P2 ladustamine alusele	Δ	Alus		10	1			x
6. P2 alus ladustamisalale	→	Kahvelkäru	13	80	1		x	
7. P1 aluse toomine augustusest	→	Tõstuk/käru	41	150	1		x	
8. P1 tõstmine pinki	Δ			10	1			x
9. P1 painutus	○	Painutuspink		180	1	x		
10. P1 ladustamine alusele	Δ	Käru		10	1			x
11. P1 alus ladustamisalale	→	Kahvelkäru	13	80	1		x	
12. P2 aluse transport ladustamisalalt liimi	→	Kahvelkäru	6	45	1		x	
13. P2 liimikambri rullikutele	Δ			10	1			x
14. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseerija		65	1	x		
15. Sulguri ja lukukarbi tugevduste paigaldamine	○			25	1	x		
16. P2 liimi töölauale	→		3	10	2		x	
17. Hingetugevduste, lukukarbi, villa ja kipsi paigaldamine	○	Näpitsad, villa ja kipsinuga		250	2	x		
18. P2 liimikambri rullikutele	→		3	10	2		x	
19. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseerija		65	1	x		
20. P2 liimi töölauale	→		3	10	2		x	
21. Teise villakihi paigaldamine	○	Villanuga		90	2	x		
22. P1 aluse transport ladustamisalalt liimi	→	Kahvelkäru	6	45	1		x	
23. P1 liimikambri rullikutele	Δ			10	1			x
24. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseerija		65	1	x		

25. Sulguri ja lukukarbi tugevduste paigaldamine	○			25	1	x		
26. P1 peale asetamine ja lukustamine	○			30	2	x		
27. Ukse ahju tõstmine	Δ			40	2			x
28. Ukse ahjust välja tõstmine	Δ			40	2			x
29. Liistu töölauale viimine	→	Liistuliini rullikud	10	35	1		x	
30. Lukuraami sobitus	○	Puur, keermestaja		140	1	x		
31. Luku-, silindri- ja käepideme ava puhastamine liimist	○	Frees ja nuga		55	1	x		
32. P1 puhastamine liimist	○	Lahustilapp		55	1	x		
33. Ukselehe ümber pööramine	→	Pööramishoovad	7	70	1		x	
34. P2 puhastamine liimist	○	Lahustilapp		55	1	x		
35. Hingede paigaldamine	○	Akutrell		85	1	x		
36. Lehe rullikutele tagasi lükkamine	→		6	35	1		x	
37. Alusele ladustamine	Δ	Alus		25	2			x
Kokku		37 sammu	152			15 korda	12 korda	9 korda
				2210	45	1325 s	720 s	165 s

Sümbol	Muutja	Kirjeldus
○	Tegevus	Protsessi alajaotus, mis muudab toodet, ning toimub töökoha piires
→	Transportimine	Toote viimine teisele töökohale või ladustamisalale
Δ	Liigutamine	Toote liigutamine töökoha piires, k.a ladustamine

Lisa 5. Laevaukse tootmise maatriksvoodiagramm

Laevaukse tootmine (enne parendamist)						Kuupäev: 09.04.2015		
Samm	Voog	Masin/töövahend	Kaugus (m)	Aeg (s)	Inimesed	Diagrammi sümbol		
						○	→	Δ
1. Painutuspingi seadistamine				1200	1			
2. Lehtede toomine augustusest	→	Tõstuk/käru	41	220	1		x	
3. P2 tõstmine pinki	Δ			10	1			x
4. P2 painutus	○	Painutuspink		140	1	x		
5. P2 ladustamine alusele	Δ	Käru		10	1			x
6. P1 tõstmine pinki	Δ			10	1			x
7. P1 painutus	○	Painutuspink		140	1	x		
8. P1 ladustamine alusele	Δ	Käru		20	1			x
9. Valmistoodangu alus ladustamisalale	→	Käru	13	80	1		x	
10. Liistu toorikud pingi juurde	→	Käru	17	65	1		x	
11. Liistude painutus	○	Painutuspink		150	1	x		
12. Painutatud liistud ladustamisalale	→	Käru	18	50	1		x	
13. Valmistoodangu alus ladustamisalalt liimi	→	Käru	6	45	1		x	
14. P1 liimikambri rullikutele	Δ			10	1			x
15. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseeriya		35	1	x		
16. Sulguri ja lukukarbi tugevduste paigaldamine	○			25	1	x		
17. P1 liimi töölaual	→		3	10	2		x	
18. Hingetugevduste, lukukarbi, villa paigaldamine	○	Tangid, villanuga		110	2	x		
19. P1 liimikambri rullikutele	→		3	10	2		x	
20. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseeriya		35	1	x		
21. Perforeeritud lehe paigaldamine	○			20	1	x		
22. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseeriya		35	1	x		
23. P1 liimi töölaual	→		3	10	2		x	
24. Villa paigaldamine	○	Villanuga		90	2	x		
25. P2 liimikambri rullikutele	Δ			10	1			x

26. Liimikihi peale kandmine	○	Liimidoseerija		35	1	x		
27. Sulguri ja lukukarbi tugevduste paigaldamine	○			25	1	x		
28. P2 peale asetamine	○			15	2	x		
29. Ukse ahju tõstmine	Δ			20	2	x		
30. Ukse ahjust välja tõstmine	Δ			20	2	x		
31. Liistude toomine sae juurde	→		7	45	1		x	
32. Liistude mõõtu saagimine	○	Liistusaag		280	1	x		
33. Liistude augustamine	○	Liistu stants		135	1	x		
34. Liistude ladustamine	Δ	Käru		20	1			x
35. Ukse liistu töölauale toomine	→	Liistuliini rullikud	10	35	1		x	
36. Luku-, silindri- ja käepideme ava puhastamine liimist	○	Frees, nuga		295	1	x		
37. P1 puhastamine liimist/kilest	○	Lahustilapp		75	1	x		
38. Ukselehe ümber pööramine	→	Pööramishoovad	7	70	1		x	
39. P2 puhastamine liimist/kilest	○	Lahustilapp		70	1	x		
40. Liistude toomine ladustamisalalt	→		44	65	1		x	
41. Liistude paigaldamine	○	Trell ja neetija		1140	1	x		
42. Hingede paigaldamine	○	Akutrell		90	1	x		
43. E-tihendi paigaldamine	○	Trell ja neetija		410	1	x		
44. Lehe rullikutele tagasi lükkamine	→		6	35	1		x	
45. Alusele tõstmine	Δ			25	2			x
Kokku		45 sammu	178			23 korda	13 korda	8 korda
				4245	53	3390 s	740 s	115 s

Sümbol	Muutja	Kirjeldus
○	Tegevus	Protsessi alajaotus, mis muudab toodet, ning toimub töökoha piires
→	Transportimine	Toote viimine teisele töökohale või ladustamisalale
Δ	Liigutamine	Toote liigutamine töökoha piires, k.a ladustamine