



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Masinaehituse instituut  
Tootmistehnika õppetool

MET70LT

*Aron Härsing*

**Tootmisprotsesside efektiivsuse tõstmine ettevõttes AS  
Ensto Ensek**

Autor taotleb  
tehnikateaduse magistri  
akadeemilist kraadi

Tallinn  
2015

(Tiitellehe pöördel)

## **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

TTÜ masinaehituse instituut  
Tootmistehnika õppetool

## MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE

2014/2015 õppeaasta kevadsemester

Üliõpilane: Aron Härsing; MATM 111486

Õppekava: Tootearendus ja tootmistehnika MATM02/11

Eriala: Tootmistehnika

Juhendaja: TTÜ masinaehituse instituudi lektor, Aigar Hermaste

Konsultandid: Peeter Mõrd; Ensto Ensek AS Tallinna tehase juht; +372 5089063

### MAGISTRITÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Tootmisprotsesside efektiivsuse tõstmine ettevõttes AS Ensto Ensek

(inglise keeles) Increasing efficiency of AS Ensto Ensek production processes

### Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1	LEAN-meetodite (5S; War Room; Andon) rakendamine	16.02.2015
2.	Uue freespingi tasuvusarvutus	16.03.2015
3.	Hülsipressi projekteerimine	27.04.2015
4.	Hülsipressi jooniste vormistamine	4.05.2015
5.	Seletuskirja vormistamine	11.05.2015

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** LEAN-meetodite juurutamine, seadme tasuvusarvutus, tööaegade analüüs, seadme projekteerimine.

**Täiendavad märkused ja nõuded:**.....

**Töö keel:** eesti keel

Kaitsmistaoetus esitada hiljemalt 18.05.2015

**Töö esitamise tähtaeg:** 25.05.2015

**Üliõpilane:** Aron Härsing /allkiri/ ..... kuupäev.....

**Juhendaja:** Aigar Hermaste /allkiri/ ..... kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

# SISUKORD

<b>MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE.....</b>	<b>3</b>
<b>SISUKORD .....</b>	<b>4</b>
<b>EESSÕNA .....</b>	<b>6</b>
<b>SISSEJUHATUS .....</b>	<b>7</b>
<b>1. AS ENSTO ENSEK ÜLEVAADE .....</b>	<b>9</b>
1.1. Ensto kontserni tutvustus .....	9
1.2. Ensto Ensek AS tutvustus .....	10
1.3. AS Ensto Enseki Tallinna tehase tutvustus .....	10
<b>2. LEAN-MEETODITE RAKENDAMINE.....</b>	<b>12</b>
2.1. LEAN-tootmise ajalugu .....	12
2.1.1. Enne masstootmist.....	12
2.1.2. Masstootmine .....	13
2.1.3. LEAN-tootmise süünd.....	14
2.2. 5S meetod ja selle rakendamine .....	16
2.2.1. 5S esimene samm: sorteeri .....	16
2.2.2. 5S esimese sammu rakendamine freesimisosakonna näitel .....	17
2.2.3. 5S teine samm: sea korda .....	18
2.2.4. 5S teise sammu rakendamine freesimisosakonna näitel .....	18
2.2.5. 5S kolmas samm: saavuta puhtus .....	21
2.2.6. 5S kolmanda sammu rakendamine freesimisosakonna näitel .....	22
2.2.7. 5S neljas samm: standardiseeri .....	23
2.2.8. 5S neljanda sammu rakendamine freesimisosakonna näitel .....	23
2.2.9. 5S viies samm: seisundi hindamine .....	25
2.2.10. 5S viienda sammu rakendamine freesimisosakonna näitel .....	25
2.2.11. 5S tulemused freesimisosakonna näitel.....	26
2.3. <i>War Room</i> meetod ja selle rakendamine .....	29
2.3.1. <i>Kaizen</i> .....	29
2.3.2. <i>Muda</i> süsteem.....	30

2.3.3. <i>War Room</i> meetodi kirjeldus.....	32
2.3.4. <i>War Room</i> meetodi rakendamine freesimisosakonna näitel .....	34
2.3.5. <i>War Room</i> meetodi tulemused .....	45
2.4. <i>Andon</i> meetod ja selle rakendamine.....	47
2.4.1. <i>Andon</i> meetodi kirjeldus.....	47
2.4.2. <i>Andon</i> meetodi rakendamine freesimisosakonna näitel .....	49
2.4.3. <i>Andon</i> meetodi tulemused .....	55
<b>3. TASUVUSARVUTUS UUE FREESPINGI SOETAMISEKS.....</b>	<b>56</b>
3.1. Hetkeolukorra kirjeldus.....	56
3.2. Probleemi kirjeldus ja ülesande püstitus .....	57
3.3. Lahendus .....	58
3.4. Tasuvusarvutus.....	59
3.4.1. Lahenduskäik .....	61
3.4.2. Tulemused .....	62
<b>4. HÜLSIPRESSI PROJEKTEERIMINE.....</b>	<b>66</b>
4.1 Lähteülesanne.....	66
4.2 Lahendus .....	67
4.2.1. Hülsipressi CAD mudel .....	68
4.2.2 Tolerantsid ja istud.....	74
4.2.3 Hülsipressi maksumus.....	77
<b>KOKKUVÕTE .....</b>	<b>79</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>81</b>
<b>KASUTATUD KIRJANDUS .....</b>	<b>83</b>
<b>LISAD.....</b>	<b>84</b>
LISA 1: Nelja sammu projekti põhi .....	85
LISA 2 Freesimisosakonna 5S auditi vorm.....	86
LISA 3 Toote ST202 alamkoostu koostejoonis ja koostamisjuhend .....	87
LISA 4 Hülsipressi tootejoonised .....	88
LISA 5 Hülsipressi koostejoonis.....	91

## **EESSÕNA**

Lõputöö teema on välja pakutud AS Ensto Enseki juhi Peeter Mõrdi poolt. Töö koostamine ja andmete kogumine toimus AS Ensto Enseki Tallinna ja Keila tehastes. Töö autor soovib siinkohal tänada Maarika Hivitskajat, Viljar Laidveed ja Andres Rajametsa, kes aitasid kaasa selle töö valmimisele, ja lõputöö juhendajat, Aigar Hermastet. See töö on pühendatud Liisale.

## SISSEJUHATUS

Käesoleva töö eesmärk on tõsta tootmisprotsesside efektiivsust AS Ensto Ensek tehastes. Ülesanneteks on juurutada LEAN-meetodid Tallinna tehase koostamisosakonna freesimisjaoskonnas, teha tasuvusanalüüs plasttoodete freesimiseks mõeldud CNC freespingile ja projekteerida Keila koostamistehasele hülsipress. Teema on valitud seoses autori igapäevaste tööülesannete täitmise ja ettevõtte sooviga arendada pidevalt oma tootmisprotsesse, et püsida konkurentsisis ning säilitada ja kasvatada oma turuosa.

Töö autor töötab AS Ensto Ensekis protsessiinsenerina alates 2013. aasta septembrist ja tema põhiliste tööülesannete hulka kuulub LEAN-meetodite järjepidev rakendamine, tootmisprotsesside efektiivsuse mõõtmine ja tõstmine ning uute toodete tootmise juurutamine.

Käesolev magistritöö on jagatud neljaks osaks. Esimeses osas kirjeldatakse Ensto kontserni ja AS-i Ensto Ensek. Lähemalt vaadeldakse ettevõtte tegevusalasid ja põhilisi majanduslikke näitajaid.

Teise peatüki sisuks on LEAN-meetodite juurutamine Tallinna tehase freesimisjaoskonnas. Peatüki alguses kirjeldatakse LEAN-meetodite tekke ajalugu ja olemust. Sellele järgneb 5S, *War Room* ja *Andon* meetodi tootmise juurutamise kirjeldamine. Kirjelduse käigus tuuakse välja teooria erialakirjandusest ja praktiline lahendus Tallinna tehase freesimisjaoskonna näitel.

Töö kolmandas osas on tehtud tasuvusanalüüs CNC freespingi soetamiseks. Probleem on oluline, sest kliendikohastatud plastkilpide tootmisel on avade freesimine pudelikaelaks. Selle tagajärjel pikenevad tarneajad ja klientide ootuste täitmine on tihti raskendatud. Käesoleva töö raames on tehtud tasuvusanalüüs kahe *shuttle* töölauaga arvjuhtimisega freespingile, mis teoorias peaks suutma freesimisjaoskonna efektiivsust ja läbilaskevõimet tõsta. Tasuvusanalüüsi tegemiseks on kasutatud Enstos ametlikult kasutatavat investeerimisanalüüsitarkvara *Invest for Excel*.

Viimases osas on kirjeldatud hülsipressi projekteerimise protsessi. Antud seade on vajalik Keila koostamistehasele, et valmistada juhtmekonnektoreid. Ülesanne seade valmistada tuli

Ensto *Utility Networks* äriüksuse tootearendusmeeskonnalt. Peatükis on kirjeldatud detailselt seadme projekteerimist, istude valikut ja seadme hinna kalkulatsioone. Seadme projekteerimise hulka kuuluvad ka lisades toodud hülsipressi koostejoonis ja tähtsamate detailide tootejoonised. Projekteerimiseks ja jooniste valmistamiseks kasutati CAD tarkvara *SolidWorks*.



# 1. AS ENSTO ENSEK ÜLEVAADE

AS Ensto Ensek on 1993. aastast Ensto kontserni kuuluv tootmisettevõtte, mis tegeleb metalltoodete valmistamise ja elektritarvikute koostamisega. Alates 2010. aastast on Enstol lisaks Keila tehasele ka plastvalutooteid valmistav tehas Tallinnas. [1]

## 1.1. Ensto kontserni tutvustus

Viiburist pärit Ensio Miettinen asutas elektritarvikuid tootva ettevõtte 1958. aastal Porvoos. Tänu oma süvendatud tähelepanule just tootearenduse suunal õnnestus Miettisel jätkuvalt tutvustada uusi tooted, mida keegi teine ei tootnud. Juba ettevõtte varases arengustaadiumis sai Miettinen aru, et kasulikum on pakkuda terviklahendusi kui üksikuid tooteid. Sajandivahetusel sai perefirma tõuke üleminekuks uuele generatsioonile aastal 2001 algas Enstos uus ajastu. Ensio Miettinen andis kõik Ensto omandisuhteid puudutavad volitused ja vastutuse üle järgmisele põlvkonnale, ka kõik Ensio Miettisele kuulunud tööstusettevõtet viidi üle EM Gruppi, kuhu täna kuuluvad mitmed erinevad tööstusettevõtet ja kinnisvara. Ensto on osa EM Grupist, mis kuulub Miettiste perekonnale.

Ensto äri jaguneb kolmeks äriüksuseks:

- Ensto Utility Networks – Töökindlad ja elektrienergia kadusid vältida aitavad jaotusvõrkude lahendused;
- Ensto Industrial Solutions – Nõudlikusse tööstuskeskkonda spetsiaalselt arendatud karpide ja kilpide lahendused ning tööstuskomponendid, mille hulka kuuluvad tööstusklemmid ja lülitid, mis rahuldavad tööstussektori rangeid kvaliteedinõudeid;
- Ensto Building Technology – Unikaalsed valgustuse, elektrikütte- ja ventilatsioonilahendused ühiskondlikesse hoonetesse ja eramajadesse. Samuti on Ensto Building Technology üheks teerajajaks elektriautode laadimispunktide väljatöötamisel ja valmistamisel. [2]

EM Grupi majandusnäitajad aastal 2012:

- Käive: 261 M€
- Puhaskasum: 13 M€
- Kasumi %: 5% käibest
- Keskmise töötajate arv: 1543 inimest [3]

## 1.2. Ensto Ensek AS tutvustus

AS Ensto Ensek on tootmisettevõtte, mis tegeleb plastvalutoodete ja metalltoodete valmistamise ning elektritarvikute koostamisega. Ensto Ensekil on kaks tehas:

- Keila tehas – Keilas Harju KEKi territooriumil asuv tehasekompleks, mis koosneb metallitehasest, kus valmistatakse metalltooteid, ja koostamistehasest, kus käib elektritarvikute koostamine.
- Tallinna tehas – Tallinnas Lasnamäel asuv tehas, kus toimub plastvalutoodete valmistamine ja elektriseadmete koostamine. [1]

## 1.3. AS Ensto Enseki Tallinna tehase tutvustus

AS Ensto Enseki Tallinna tehas on 2004. aastal Tallinnasse Lasnamäele ehitatud plastvalutooteid valmistav tehas, mis kuulus kuni 2010. aastani Rootsi ettevõttele IMCO (*Injection Moulding Company*). 2010. aastal vahetas tehas omanikku ja tehasele tehti juurdeehitus. Hetkel on tehases 120 töötajat, 9800 m<sup>2</sup> tehasepinda ja vastavus ISO 9001:2008 ning ISO 14001:2004 standardile. Tehase karakteristikud on osakonniti järgmised:

Survevaluosakond:

- Tootmisala: 2800 m<sup>2</sup>
- 45 töötajat
- 22 survevalupressi kokkusurumisjõuga 50 kuni 1000 tonni
- 300 erinevat survevaluvormi
- Kohapealne survevaluvormide hooldus
- Töö toimub 3-s vahetuses, 5 päeva nädalas.
- Tootmisvõimsus: 50 000 plastkarpi nädalas, 20 000 lambikuplit nädalas ja 500 000 väikest plastkomponenti nädalas.

Koostamisosakond:

- Tootmisala: 2880 m<sup>2</sup> koos komponentide laoga
- 40 töötajat
- Töö 1-2 vahetuses
- Tihendamisjaoskond 3 arvjuhtimisega tihendusmasinaga

- Freesimisjaoskond 3 *Fanuc Robodrill* freespingi ja ühe ABB robotiga automaاتفreespingiga
- Käsitsi koostamise jaoskond
- Värvimisjaoskond käsitsi värvimisega
- Pakkimisjaoskond 4 pakkimisliiniga
- Tootmisvõimsus: 3000 klienditellimust kuus, 2500 erinevat tootevariatsiooni

Tallinna tehase poolt pakutavate teenuste portfell:

- Ensto CUBO-seeria plastkarpide ja -komponentide tootmine
- Ensto väli- ja sisevalgustite korpuste tootmine
- Plastikkomponentide valmistamine teistele Ensto toodetele
- Gustavsbergile vannitoatarvikute valmistamine
- ABB toodete värvimine

Tallinna tehase põhilised eesmärgid olemaks rahvusvaheliselt konkurentsivõimeline tootmisüksus:

- Hea tarnekindlus
- Tarneaegade vähendamine
- Stabiilne kvaliteeditase
- LEAN/EOX (*Ensto Operational Excellence*) meetodite nagu 5S, SMED, *War Room*, ANDON, *Pull Flow* jne edukas rakendamine ja juurutamine tootmisse.

## 2. LEAN-MEETODITE RAKENDAMINE

Toota – see on imelihtne. Kui sul on olemas teadmised ja oskused. Valdad tehnoloogiaid ja tunned juhtimismeetodeid ning oskad kasutusele võtta paljude võimalike seast just neid, mis nüüd ja ka tulevikus kasu toovad. [4]

Tootjal on pidevalt vaja olla uuenduslik. See aitab tal olla ees oma konkurentidest ning omada eeliseid jätkusuutlikus majandamises. Uuenduslik tootja on oma klientidele usaldusväärne ja hea partner, sest loeb nende mõtteid ja pakub turule just neid tooteid, millest klient unistab. [4]

Kulusäästlik (*lean*) tootmine on kogu maailmas populaarsust võitnud tootmise juhtimise kontseptsioon. Kontseptsiooni eesmärk on tõsta ettevõtte tõhusust, eraldades väärtustatud ning loobudes väärtusetutest töö- ja juhtimisprotsessidest. [5]

### 2.1. LEAN-tootmise ajalugu

Ükski uus idee ei tärka tühjast. Pigemini kerkivad uued ideed esile olukorras, kus vanad ideed ei paista enam töötavat. See peab paika kindlasti LEAN-tootmise puhul, mis sai alguse ühes riigis kindlal ajal, sest tööstusliku arengu tavakäsitlused ei paistnud selle riigi jaoks toimivat. Seepärast, et täielikult mõista LEAN-tootmist ja selle lähtekohta, on oluline minna tagasi veelgi kaugemasse minevikku, mootorsõidukite tööstuse algusaegadesse 19. sajandi lõpus. [6]

#### 2.1.1. Enne masstootmist

Peale sissepritsemootori leiutamist hakati 19. sajandi lõpus autosid valmistama käsitööstuslike meetodeid kasutades. Üks selliseid meetodeid viljelevaid ettevõtteid oli Prantsusmaal, Pariisis asuv Panhard et Levassor, tuntud ka nimega P&L. Sellele ettevõttele kohased karakteristikud, mis on järgnevalt loetletud, iseloomustavad selle ajastu autotööstust:

- Detsentraliseeritud tootmisorganisatsioon – enamik sõiduki osadest valmistati väikestes töökodades, mis olid koostetsehhiga samas linnas. Süsteemi koordineeris omanik-ettevõtja, kes suhtles nii tarnijate, klientide kui ka töötajatega.
- Üldotstarbelised töövahendid – kasutati töövahendeid, mis ei olnud spetsiaalsed autotööstusele ja nii levinud puidu- ja metallitööstuses nagu näiteks puurid ja saed.
- Väike tootmismah – sellised autotootjad valmistasid kuni 1000 autot aastas.

- Kliendikohasus – maksimaalselt 50 autot valmistati sama projekti alusel ja tavaliselt olid sõidukid valmistatud vastavalt kliendi eritellimusele.
- Mastaabiefekt puudus – polnud vahet, kas toota 10 või 1000 autot, hind ühe toote kohta jäi samaks.
- Kõrge kvalifikatsiooniga töötajad – töötajaskond oli konstrueerimises, masinakäsitsemises ja monteerimises vilunud. Enamik töötajaid said käsitöömeistriteks ja tänu sellele oli neil lootust saada oma töökodade juhatajateks, hakates koostefirmade iseseisvateks tarnijateks. [6]

On selge, et selliselt tootes oli ühe automobiili tükihind võrdlemisi kõrge ja autod olid sellel ajal pigem nišitoode. Samuti võttis ühe sõiduki valmistamine kaua aega ja selliste mahtude juures puudus ettevõtetel võimalus monopoolset seisundit kehtestada ja globaalselt turgu haarata. Seega on arusaadav, et sellel ajastul oli üle maailma sadu väikeseid autotootjaid, kes valmistasid autosid käsitöenduslikul viisil.

### **2.1.2. Masstootmine**

1908. aastal tõi autotootja Ford turule oma mudeli T. See oli esimene auto maailmas, mis oli kasutajasõbralik ja konstrueeritud tööstuslikuks tootmiseks. 1913. aastal avas Ford oma esimese liikuva koostamisliini Detroitis Highland Parki tehases, kus toodeti mudelit T. Kui 1908. aastal oli ühe koostaja keskmine töösükkel 514 minutit, siis uue koostamisliini avamisega oli see kukkunud 1,19 minutile. Sellega pani Ford aluse mootorsõidukite tööstuse murrangulisele suunamuutusele. Masstootmist ei taganud mitte liikuv koosteliin, vaid tõeline uuendus oli osade vahetatavus, ühendamise lihtsus ja kinnitamise kergus. 1923. aastal tootis Ford 2,1 miljonit mudeli T šassiid aastas. Fordi eeskujul saab välja tuua masstootmisele omased karakteristikud järgnevalt:

- Kõrge tootlikkus – seoses liikuva koostamisliini kasutamisega oli takt 1,19 minutit.
- Madala kvalifikatsiooniga tööjõud – tööline pidi koosteliinil tegema rutiinseid ja lihtsaid tegevusi ja seega puudus vajadus erioskustega töötajate järele.
- Tsentraliseeritud tootmissüsteem – seoses sooviga saavutada optimaalsed tarneajad, koondas Henry Ford kogu tootmise ühte tehasesse, kaasa arvatud toormaterjalid. Sellega soovis ta saavutada täielikku vertikaalset integreeritust.
- Töövahendid – spetsiaalsed töövahendid, mis võimaldavad toota suurtes kogustes ja madalate seadistusaegadega tooteid.

- Odav hind – seoses mastaabiefektiga oli võimalik toota autosid hinnaga, mis oli tavatarbijale aktsepteeritav.
- Sarnased tooted – masstootmine tähendas seda, et klient pidi tarbima toodet, mis tootja poolt turule paisati, ja eritellimusi ei olnud võimalik esitada.

Peale II maailmasõda levis masstootmine ka Euroopasse ja teistesse tööstusharudesse. Aasta 1955 oli masstootmise hiilgeaeg, kui USA-s müüdi 7 miljonit autot. Peale seda aastat hakkas masstootmine vaikselt stagneeruma, kui ilmnisid mitmed probleemid nagu näiteks töötajate vastuseis monotoonsetele töövõtetele, kütusehindade tõus ja tarbijate soov saada kliendikohastatud tooteid. Selline stagneerunud masstootmine USA-s oleks võinud igavesti jätkuda, kui Jaapanis poleks esile kerkinud uus mootorsõidukite tootmise viis. Selle uue mooduse tõeline tähendus seisnes selles, et see polnud Ameerika süsteemi koopiat, vaid jaapanlased olid välja töötamas täiesti uut toodete valmistamise moodust, mida me nimetame LEAN-tootmiseks. [6]

### **2.1.3. LEAN-tootmise sünn**

1950. aasta kevadel läks noor Toyota Motor Company insener Eiji Toyoda kolmeks kuuks Fordi Detroitis asuvasse Rouge'i vabrikusse, et kopeerida Fordi poolt loodud masstootmissüsteemi ja tuua see filosoofia Jaapanisse Toyota tehasesse üle. Naasnud kodumaale, pidas Toyoda nõu oma tootmisinseneri Taiichi Ohnoga ja jõudis järeldusele, et masstootmine ei oleks Jaapanis edukas. Seda järgnevatel põhjustel.

- Jaapani turg oli Ameerika turust palju väiksem ja vajab laia sõidukite valikut, sealhulgas luksusautosid, suuri veoautosid, väikeseid veoautosid ja väikeautosid.
- Jaapanis ei olnud immigrante ja kohalik tööjõud ning neid kaitsvad seadused ei oleks võimaldanud töölistel töötamist monotoonsel masstootmisliinil.
- Peale Teist maailmasõda oli Jaapani majandus suhteliselt halvas seisukorras, mis puhul oli masstootmiseks vajalike suurte investeeringute tegemine raskendatud.
- Maailm oli täis hiiglaslikke autotootjaid, kes soovisid Jaapanis tootmist alustada ning üritasid oma seniseid turge kaitsta Jaapani eksportkaupade eest.

Loetletud põhjused olid suuresti määravaks asjaolule, et LEAN-tootmine just Jaapanist alguse sai. Olles analüüsinud masstootmise häid ja halbu omadusi ning Jaapani majanduse omapära, töötasid Ohno ja Toyoda koos kolmanda Toyota tootmisinseneri Shigeo Shingoga välja ainulaadse tootmissüsteemi, mida tuntakse nime all „*Toyota Production System*“. Antud süsteemile olid iseloomulikud järgmised omadused:

- Pidev parendamine – efektiivsete töövõtete kasutamine ja tootmise pidev optimeerimine, et eemaldada tootmisest raiskamised, mis on seotud ületootmise, ootamiste, transpordi, ebaefektiivsete töövõtete, suurte laovarude, liikumiste ja praagi tootmisega.
- Timmitud tarneahel – kui Ford üritas oma tehases võimalikult palju osasid toota, siis Toyota tehas oli ainult lõppkoostetehas ning suurem osa komponentidest tarniti allhankijatelt, kasutades täppisajastatud „kanban“ süsteemi, mis tagas selle, et vajalik komponent jõudis täpselt sellel hetkel tootmisliinile, kui seda vaja oli. Samuti olid tarnijad spetsialiseerunud teatud komponentide tootmisele ja seega oli allhanketööde kvaliteet parem, kui see oleks olnud neid ise valmistades.
- Ettevõtte kui kogukond – Toyota võttis oma töölised tehasesse tööle, lubades neile tööd terveks eluks. See sisaldas Toyota poolt garantiisid, et töötaja võib oma töö peale kindel olla ning ettevõtte investeerib temasse ning roteerib teda erinevate osakondade vahel. Töötajat aga motiveeris see ettevõtte arengusse panustama.
- Timmitud tootearendus – kui masstootjad projekteerisid toote valmis ja alles seejärel mõtlesid, kuidas seda valmistama hakata, siis Ohno ja Toyota leidsid, et kui tootmis-, kvaliteedi-, protsessi- ja mehaanikainsenerid töötavad koos toote arendamisel, on selle tulemuseks hüppeline kvaliteedi ja hinnasäästu kasv.
- Pikaajaline filosoofia – kõik otsused, mis tehti, pidid silmas pidama, et nad pikas perspektiivis oleksid jätkusuutlikud, isegi kui lühiajaliselt ei olnud need otsused kasumlikud. [6]

Sellised olid *Toyota Production System*'i mõned põhilised erinevused masstootmisest. Sellest, et need meetodid olid arenevas ja globaliseeruvast majanduskeskkonnas jätkusuutlikud, annab tunnistust tõsiasi, et Toyotat on saatnud tohutu edu alates oma tootmissüsteemi rakendamisest. Aastal 2013 oli Toyota maailma suurim automüüja 9,98 miljoni autoga, edestades GM'i, kes suutis müüa 9,71 miljonit autot. Samuti on väga kõnekas fakt, et alates 1980.-test on nii Ameerika Ühendriikide kui ka Euroopa suurimad autotootjad kõik kasutusele võtnud Ohno ja Toyota poolt välja arendatud tootmissüsteemi. [6] [7]

Tänapäeval tuntakse LEAN-tootmise (eesti keeles ka timmitud tootmine, kulusäästlik tootmine või kuluefektiivne tootmine) all tavaliselt raiskamisevaba tootmisfilosoofiat ja -meetodeid nagu SMED (*single-minute exchange of die*), 5S, *poka-yoke*, *kanban*, *six sigma* jne. mis pärinevad *Toyota Production System*'ist. [4] [6] [8]

## 2.2. 5S meetod ja selle rakendamine

Viie S-i (5S) meetod on töökorralduse ja töökeskkonna parendamise süsteem. Ühtlasi on see ka LEAN-tootmise üks esmaseid ja lihtsamaid vahendeid. 5S pöörab peatähelepanu töökoha visuaalsele korrasolekule, organiseeritusele, puhtusele ja standardimisele. Kõike seda on tootmises vaja kõrge töökultuuri ja distsipliini tagamiseks, et saavutada parimaid tulemusi ja luua pinnas teiste LEAN-meetodite rakendamiseks. 5S on täpne ja range lähenemine korrashoiule, mis näeb ette distsiplineeritud mooduse kehtestada protsessid, mille abil hoida korras puhast ja efektiivset töökeskkonda. 5S on eelkõige töökohtade ja ladude efektiivse organiseerimise meetod, mis säästab aega ja tõstab töökultuuri. 5S võimaldab kiiresti vabaneda tootmises kogunenud mittevajalikest ja välistada selle edasine teke. 5S printsiibid on universaalsed, elementaarsed ja kergesti rakendatavad kõikjal. 5S meetod arendati välja Ohno ja Toyoda poolt Toyotas 1950.-tel, et luua võimalused JIT (*Just-in-Time Manufacturing*) rakendamiseks, mis võimaldas toota seda, mida vaja ja millal vaja. 5S on kliendi seisukohast vajalik, et tagada ja kindlustada tähtaegadest kinnipidamine, madal defektide arv ja võimalikult madal hind. 5S meetodi nimi tuleneb viie jaapanikeelse sõna algustähtedest. Sõnad on eesti keeles tõlgitavad järgmiselt:

- Seiri – sorteeri, selgita välja
- Seiton – sea korda
- Seiso – saavuta puhtus
- Seiketsu – standardiseeri
- Shitsuke – seisundi hindamine

Nende 5 sammu rakendamine annab visuaalse ja materiaalse efekti, sest peale 5S juurutamist on igäihele näha, et tootmises ei ole raiskamist ja tootmine näeb välja korrektne ning puhas.

[4] [8] [9] [10] [11]

### 2.2.1. 5S esimene samm: sorteeri

5S esimese sammuna tuleb kasutatavad esemed sorteerida ja otsustada, mis seadmed, dokumendid, detailid jne on vajalikud ja mis mitte. Mittevajalikud esemed tuleks eemaldada või paigutada sinna, kus nad ei sega. Vajalike asjade välja selgitamiseks kasutada alljärgnevat küsimustikku ja tabelit (tabel 2.2.1.).

- Kas töökohal on ebavajalikke asju?
- Kas midagi on põrandale jäänud?



- Kas kõik tööriistad ja rakised on korralikult tuvastatavad?
- Kas asjad on jaotatud ja klassifitseeritud kasutussageduse (tabel 2.2.1.) järgi?
- Kas töökohal on vananenud asju?
- Kas on identifitseeritud kõik seadmete lekked? [8] [9] [11]

Tabel 2.2.1. Kasutussageduse klassifitseerimine [9]

Kasutamise sagedus	Edasine tegevus
Pole kasutuses	Vabane esemest (ladusta/müü)
Harva kasutuses (2 korda aastas või harvem)	Ladusta väljaspool tootmisruumi
Harvem kui kord kuus kasutuses	Ladusta väljaspool tootmisruumi
Kord nädalas	Aseta märgistatud alale töökoha läheduses
Vähemalt kord päevas	Aseta märgistatud piirkonda töölaual

### 2.2.2. 5S esimese sammu rakendamine freesimisosakonna näitel

Sorteerimisega kõrvaldatakse freesimisosakonnas töökohalt kõik mittevajalik. Selle hulka võivad kuuluda tööriistad, seadmed, rakised, inventar, materjalid, komponendid, mudelid ja töökohal pidevalt mittekasutatav informatsioon. Pideva kasutamise all mõistetakse Enstos tavaliselt igapäevast kasutamist. Selleks jagatakse esemed nelja kategooriasse, tähistades kategooriaid järgnevate värvidega: roheline, oranž, punane ja must. Rohelise ja oranži värvikoodiga tähistatud esemed tuleb jätta töökohale, et neid järgmisel, „sea korda“ etapil korrastada. Punase värvikoodiga esemed tuleb viia teise kohta ja kontrollida, kas need tuleb alles hoida või võib ära visata. Musta värvikoodiga esemed tuleb kohe ära visata. Objektkategooriate tähistamise vahenditeks on värvilised sildid, linnid, kastid, kaubaalused või konteinerid, sõltuvalt esemete kasutamise sagedusest. Sorteerimiseks kasutatakse freesimisosakonnas sorteerimistabelit (tabel 2.2.2.). Sellise tabeli kasutamisega on efektiivselt võimalik välja sorteerida esemete vajalik asukoht. Kui sorteerimine on korrektselt lõpuni viidud, tuleb jätkata teise sammuga: sea korda.

Tabel 2.2.2. Esemete sorteerimistabel freesimisosakonnas

Eseme nimetus	Kasutamissagedus	Kategooria	Soovitav asukoht
Nihik	Iga tellimuse puhul		CNC masina töötsoonis
Suruõhupüstol	Iga tellimuse puhul		CNC masina töötsoonis
Kuuskantvõtmed	Mitu korda päevas		CNC masina töötsoonis
Faasijad	Iga päev		CNC masina lähedal
Avakaliiber	Mitu korda nädalas		CNC masina lähedal
Puurid	Mitu korda nädalas		CNC masina lähedal
Seadmete juhendid	Kord kuus		ei pea olema CNC osakonnas
Kilerullid	Ei kasutata		Osakond, kus kasutatakse

### 2.2.3. 5S teine samm: sea korda

5S teise sammuna tuleb leida igale asjale oma koht, mis on kõige lähemal kohale, kus seda asja kõige sagedamini kasutatakse. Vajalikud asjad tuleb hoida õiges kohas. Teatud töövahendid võib vajadusel spetsiaalselt markeerida, et nad oleksid kergelt leitavad ja oma kohale tagasi pandavad. Lahendused, mis kasutusele võetakse, peaksid tagama veakindluse ja kiired üleminekud ning elimineerima praagi tootmise, protsessisisese raiskamise ja ebavajaliku transpordi. Seda sammu ellu viies tuleb tähele panna, et kõik asukohad ja protsessid oleksid võimalikult visualiseeritud. Selleks, et antud samm oleks üheselt mõistetav ja lihtsalt täide saadetak, võib vajadusel kasutada alljärgnevat kontrollküsimustikku:

- Kas on selgelt määratletud tööala?
- Kas on valesti paigutatud asju?
- Kas vajalik info on kättesaadav?
- Kas materjalide ja inventari alad sisaldavad õigeid asju?
- Kas on tagatud üldine ergonoomika ja tööohutus? [8] [9] [11]

### 2.2.4. 5S teise sammu rakendamine freesimisosakonna näitel

Korrastamise eesmärgiks freesimisosakonnas on hästi organiseeritud töökoha loomine, kus kõik esemed on tööde teostamiseks optimaalselt paigutatud ja kus standardset korda saab visuaalselt hõlpsasti määratleda. Otsimisele, teisaldamisele ja transportimisele kuluvat energiat tuleb vähendada ja ergonoomiat parandada. Korrastamistegevusega organiseeritakse

ja märgistatakse visuaalselt kõik tööriistad, seadmed, rakised, inventar, materjalid, komponendid, mudelid ja informatsioon, mis jäävad töökohale ka pärast sortimist. Tähistatud on ka kõik tööpiirkonnad, sealhulgas vahekäigud, materjalivoo peatuskohad, tööriistakärude ja ohutusseadmete kohad. Rohelise värvikoodiga tähistatud esemed on paigutatud tõhusa töövoos saavutamiseks nii, et kõige sagedamini kasutatavad materjalid ja seadmed on kõige paremini kättesaadavad. Oranži värvikoodiga esemed paigutatakse kas rohelise värvikoodiga objektide lähedale või tähtsaima töökoha lähedale. Värvikoodidega sildid eemaldatakse, kui esemetele on leitud õige koht. Kui midagi, näiteks tööriista või standardset materjali vajatakse pidevalt, lisatakse see korrastamise etapil töökohale. Freesimisosakonna visuaalsel märgistamisel järgitakse järgmisi reegleid:

- 1) Tehase erinevad töö- ja ladustustsoonid piiritletakse põrandal värvilise joonega järgnevalt:



MUST-KOLLANE

– teede ääristus



ROHELINE

– tooted (liiguvad edasi pooltoodete lattu)



ROHELINE-

– valmistooted (liiguvad edasi valmistoodete lattu)



SININE

– pooltooted/abivahendid



KOLLANE

– sorteeritav/ümbertöödeldav prügi



PUNANE

– sorteeritud prügi (sh praaktotoed)

Näide erinevate tsoonide märgistusest freesimisosakonnas on toodud seel 2.2.3..



Sele 2.2.3. Tsoonide märgistus freesimisosakonnas

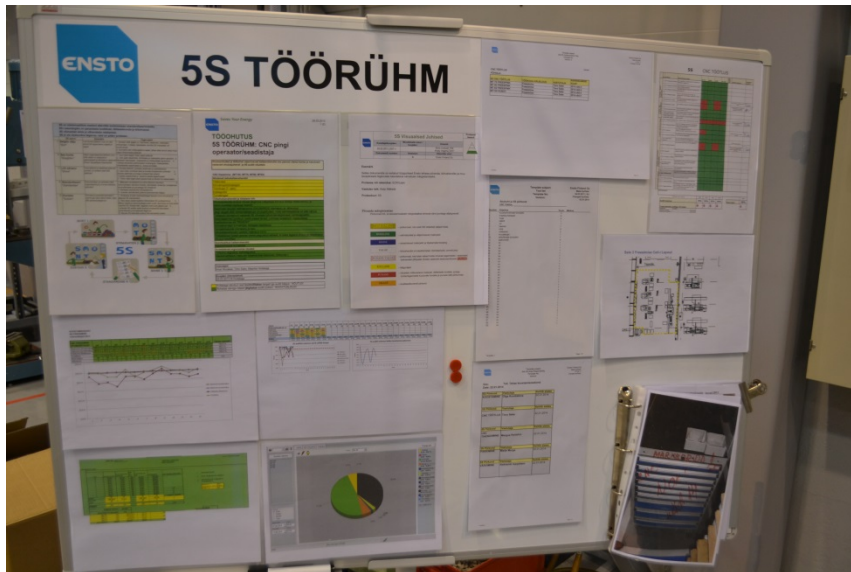
- 2) Töökohtade ja tööriistade asukohtade märgistamiseks kasutatakse ribaetikette, kuhu märgitakse suurtähtedega tööriista nimetus. Näidis ribaetiketi kasutamisest freesimisosakonnas on toodud seel 2.2.4..



Sele 2.2.4. Ribaetikettide kasutamine freesimisosakonna abivahenditel

- 3) Enstos on samuti kohustuslik, et iga 5S alal oleks oma informatsioonitahvel, kus on märgitud vähemalt 5S ala nimi, osakonna kaart, 5S audit, osakonna töötajate nimekiri

ja võtmenäidikud. Ülejäänud tahvlil olev info sõltub osakondade eripärast. Freesimisosakonna infotahvel on toodud seel 2.2.5..



Sele 2.2.5. Freesimisosakonna informatsioonitahvel

Kui esemed on korda seatud, on kohustuslik saavutada puhtus osakonnas.

### **2.2.5. 5S kolmas samm: saavuta puhtus**

5S kolmanda sammuna tuleks teha suurpuhastus. Selle käigus tuleb kindlasti kõrvaldada mustuse algallikad ja igasugused lekked. Samuti peavad olema vajalikud puhastusvahendid ja koht, kus neid hoida. Kindlasti tuleb koostada ka puhastuste protseduurireeglid nagu näiteks puhastusgraafik, kus on toodud, kes mida millal koristab. Selline tegevus võimaldab säilitada saavutatud puhastustaset. Pidevalt tuleb otsida võimalusi parendusteks, et teha puhastamine kergemaks, kvaliteetsemaks ja efektiivsemaks. Selleks, et kolmas samm oleks üheselt mõistetav ja lihtsalt saavutatav, võib vajadusel kasutada alljärgnevat kontrollküsimustikku:

- Kas koristamise harjumused on juurdunud?
- Kas on selge, kes, kuidas, mida ja millal koristab?
- Kas inventar ja seadmed on puhtad ning kontrollitud?
- Kas koristamine ja hooldus on teostatud õigeaegselt?
- Kas masinate rikkeid on lihtne avastada?
- Kas on olemas koristamise juhend ja koristamisgraafik?

## 2.2.6. 5S kolmanda sammu rakendamine freesimisosakonna näitel

Puhastamise eesmärgiks freesimises on hoida töökoht, kaasa arvatud kõik töövahendid ja seadmed, alati puhas. Puhtus aitab vältida masinate tootlikkuse vähenemist ja kõrvaldada kvaliteediprobleeme. Samuti loob positiivse töökeskkonna, mida oskavad hinnata ka kliendid ja külalised. Puhastamisega tagatakse töökoha kui terviku tõhus esmapuhastus. Vajadusel puhastatakse ja värvitakse üle ka põrandad, seinad, laed, valgustid, masinad. Seejärel koostatakse praktilised puhastamisjuhised igapäevaseks, igakuiseks või muuks perioodiliseks puhastamiseks või uuendatakse olemasolevaid juhendeid. Kõigis Ensto tehastes tuleb tagada jäätmete sorteerimine, seda ka freesimisosakonnas. Saastumise vältimise tähtsaks viisiks on masinate, seadmete ja hoone nõuetekohane hooldus. Selleks, et freesimisosakonnas saavutada puhtus, otsustati, et 5S tööpiirkonna juhised peavad sisaldama ka puhastusjuhiseid. Vajadusel on soovitatav kasutada koristamise kontrollgraafikuid (vaata sele 2.2.6.).

CNC TÖÖTLUS		5S Koristustegevuste graafik																				
CNC OPERAATOR		Nädal						Nädal						Nädal								
Ülesanne	Teostaja	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P	E	T	K	N	R	L	P
Korrasta operaatore töökohat	Vahetus A																					
	Vahetus B																					
	Vahetus C																					
Pühkida põrand töökohal ja kogu CNC pingi ümbruses	Vahetus A																					
	Vahetus B																					
	Vahetus C																					
Viia freesimisel tekkinud jääde ja muu prügi vastavasse prügikonteinerisse	Vahetus A																					
	Vahetus B																					
	Vahetus C																					
Puhasta CNC masinate välimised pinnad väljaspoolt/seespoolt	Vahetus A																					
	Vahetus B																					
	Vahetus C																					
Puhasta CNC masinate alune tolmuimejaga	Vahetus A																					
	Vahetus B																					
	Vahetus C																					
Iga vahetus	10 min																					
Iga nädal	20 min																					
		Teostaja																				

Sele 2.2.6. Koristamise kontrollgraafik freesimisosakonnas

Kui esmane suurpuhastus on tehtud ning puhastamise juhised ja kontrollgraafik loodud, saab 5S juurutamisega edasi liikuda neljanda sammu juurde, milleks on standardiseerimine, mis tagab selle, et eelnevalt tehtud samme hakatakse tulevikus üheselt mõistma.

### **2.2.7. 5S neljas samm: standardiseeri**

5S neljanda sammuna tuleks võimalikult täpselt defineerida puhastamise ja korrastamise ülesanded, kasutades lihtsaid ja näitlikke reegleid. Selgitamiseks saab vajadusel kasutada jooniseid, fotosid, värve ja muid visuaalseid abivahendeid. Standardiseerimiseks tuleb välja töötada puhastuse ja hoolduse plaanid, ajakavad, kontrolltahvlid ja muud vajalikud dokumendid. Samuti peab reegleid luues silmas pidama seda, et oleksid kaasatud kõik allüksuse liikmed ja antud raamistik võimaldaks hoida saavutatud taset ning aja jooksul pidevalt areneda. Standardiseerimise faasis tuleb kindlaks määrata ka 5. sammu ehk seisundi hindamise intervall ja protseduur. Selleks, et neljas samm oleks üheselt mõistetav ja lihtsalt saavutatav, võib vajadusel kasutada alljärgnevat kontrollküsimustikku:

- Kas töökoht on visuaalselt kiiresti kontrollitav?
- Kas töökoha standardid on lihtsalt mõistetavad?
- Kas on selged eesmärgid, mis juhivad parenduste tulemusi?
- Kas esimesed kolm sammu on korrektselt ja jätkuvalt korraldatud?
- Kas tase osakonnas on ühtlane ja paranev?
- Kas kõik töötajad on kaasatud? [8] [9]

### **2.2.8. 5S neljanda sammu rakendamine freesimisosakonna näitel**

Standardiseerimise eesmärgiks on kehtestada sama standard kogu tehasele ja tagada selle täitmine ning ühtsus Ensto kõigis üksustes, kaasa arvatud Tallinna tehase freesimisosakonnas. Igal töökohal peab töö alati algama standardikohaselt ja lõppema standardikohaselt. See standardtase on pideva täiustamise alustasemeks, millelt püüeldakse järgmise kõrgema taseme poole. Standardimistegevusega dokumenteeritakse korrastamise ja puhastamise etappidel määratletud kord. Freesimises kasutatakse standardse korralduse jäädvustamiseks fotosid (vaata sele 2.2.7.) ja igal töökohal vajalike seadmete, detailide, materjalide ja tööriistade nimekirju. Vajaduse korral kasutatakse ka töökohaplaane ja asendiplaane.





Sele 2.2.7. Töölaua standardit korraldav foto asub laua kohal

Kõik töö- ja kvaliteedijuhised peavad järgima ühesugust standardvormi. Sealjuures on kohustuslik et igale töökohale, tööriistakapile või tööriistastendile tuleb koostada tööriistanimekiri (vaata sele 2.2.8.).

<b>Asukoht ja 5S piirkond</b>			
<b>CNC Freesimine</b>			
<b>Number</b>	<b>Kirjeldus</b>	<b>Tk.arv</b>	<b>Märkus</b>
1.	AKUTRELL	6	
2.	HAAMER	7	
3.	KRUVIKEERAJA(RISTPEAGA, TAVALINE)	20	
4.	MUTRIVÕTMED(ERINEVATES SUURUSTES)	10	
5.	NUGA	7	
6.	MÕÖDULINT	5	
7.	SURVEÕHK	2	
8.	AKUTRELLI OTSIK	30	
9.	PADRUNVÕTMED	21	
10.	KALKULAATOR	1	
11.	AKULAADIA	7	

Sele 2.2.8. Tööriistanimekiri freesimisosakonnas

Peale standardiseerimist on vajalik, et töötajad oleksid pidevalt motiveeritud läbitud 4 sammuga saavutatud taseme hoidmiseks. Selleks tuleb pidevalt osakonna 5S seisundit hinnata.



### **2.2.9. 5S viies samm: seisundi hindamine**

5S viienda sammu aluseks on tõsiasi, et eelnevalt tehtud neli sammu on tootmisprotsessi tavapärase osa ja neid korratakse pidevalt. Seisundi hindamiseks on vajalik läbi viia regulaarseid (igapäevaseid, -nädalasi, -kuiseid ja -aastasi) hindamisi (töötajad, töökohad, ruumid). Seejuures tuleb hinnata ja vajadusel parendada ka nõudeid, reegleid ja protseduure. Sellega kaasneb tavaliselt ka töötajate koolitamine ja informeerimine. Pidevalt peab veenduma, et kõik töötajad oleksid 5S protsessi kaasatud, ja tuleb mõista, et 5S protsess ei lõpe kunagi, nagu ei lõpe ka korrastamine ja puhastamine. Uued töökohad, tootmisliinid ja kontorid võivad olla uue 5S tegevuse alguseks kõigi oma viie astmega. Selleks, et viies samm oleks üheselt mõistetav ja lihtsalt saavutatav, võib vajadusel kasutada alljärgnevat kontrollküsimustikku:

- Kas töötajad on koolitatud võtmeprotseduurides?
- Kas tööriistu, materjale, instrumente ja informatsiooni käsitletakse korrektselt?
- Kas 5S tegevused ja info on kehtivad ja regulaarselt üle vaadatud?
- Kas visuaalne kontroll 5S alades on täidetud?
- Kas meeskond on proaktiivne töökoha ja keskkonna juhtimisel?

### **2.2.10. 5S viienda sammu rakendamine freesimisosakonna näitel**

Seisundi hindamise eesmärgiks freesimisosakonnas on sortimise, korrastamise ja puhastamise standardtaseme säilitamine ja tõstmine, teostades ja tagades vastavaid parendustegevusi. 5S peab teha muutuma ettevõtte kultuuri osaks kõigile töötajatele ja kõigil juhtimistasanditel. Seisundi hindamise eesmärgiks on tagada, et kõik operaatorid ja muu tootmispersonal oleks kursis 5S juhendite ja standarditega ning järgiks neid. Töökohtadel täidetakse 5S auditi raporti vorm ja teostatakse regulaarselt auditeid. Tulemustest teavitatakse tagasiside korras ja järgmisel 5S auditi kontrollitakse parendustegevuste elluviimist. Auditi tulemuste esitlemiseks kutsutakse kokku tööühm. Auditeerimissagedus on freesimisosakonnas 2 nädalat. Tallinna tehases on 5S juht koostanud audiitorite nimekirja ja korraldab auditeid ristauditeerimise põhimõttel. Ristauditeerimine tähendab seda, et osakonna töötajad ei auditeeri oma osakonda, vaid auditeerivad tulevad erinevatest osakondadest, et tagada auditi tulemuste neutraalsus. Sealjuures on tähtis, et korrigeeriva tegevusega ei tohi viivitada üle 2 nädala. Enstos on ka levinud praktika, et tehase juhtkond kontrollib vähemalt kord kuu

jooksul 5S meetodi edukust. Juhtkond hindab kord aastas ka 5S tulemusi ja selle arendamise vajadust. Freesimisosakonnas kasutatavat 5S auditi vorm on toodud lisas 2.

Kui praktikas on seisundi hindamist rakendatud, võib väita, et 5S meetod on täielikult rakendatud. Sellele järgneb perioodiline tulemuste hindamine ja pidev parendamine.

### **2.2.11. 5S tulemused freesimisosakonna näitel**

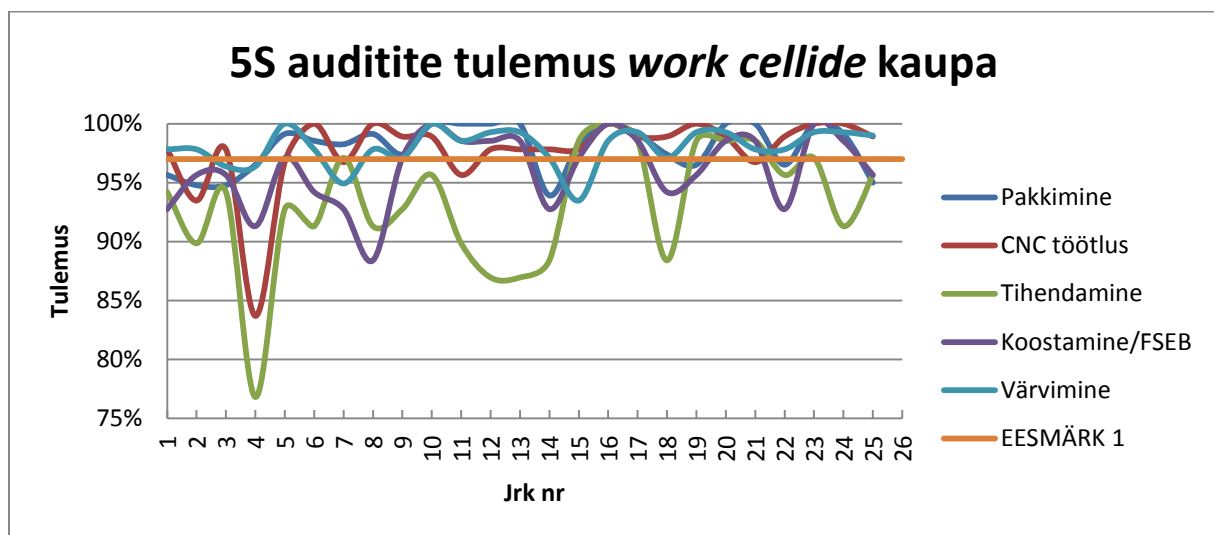
5S auditi tulemusi hinnatakse Tallinna tehases süstemaatiliselt 2013. aastast alates. Selleks kasutatakse lisas 2 toodud auditi vormi. Kusjuures igal osakonnal on kohandatud auditivorm, mis vastab antud osakonna seadmetele ja eripäradele. Freesimisosakonna auditiil on ülemises reas toodud kõik osakonnas kasutatavad töökeskused, mis on tähistatud asutusesisese koodiga vastavalt MT79, MT80, MT82 ja MT100. Esimeses veerus on auditi vormil toodud kategooriad, milles 5S olukorda antud töökohtadel hinnatakse. Kolmandas ja neljandas veerus on toodud alamkategooriad ja suunavad küsimused, et auditeerija mõistaks võimalikult üheselt hindamiskategooriat. Peale seda on toodud maatriksina kõikide masinate auditi tulemus vastavas kategoorias. Kui töökoht antud kategoorias vastab standardile, saab ta maatriksis hindeks 1, ja kui töökohal on puudusi, mis vajavad likvideerimist, on hindeks 0. Antud hinnete põhjal arvestatakse kokku osakonna tulemus. Tulemust hinnatakse protsentuaalselt, kusjuures kõik maatriksis olevad hinded on võrdse kaaluga. Lisas 2 toodud auditi vormil on maatriksis 92 hinnet ja kuna 3.04.2014 auditiil oli 11 kategoorias puudusi, mis vajasid likvideerimist, oli auditi tulemus 88%. Selliselt saadud tulemused iga jaoskonna kohta liidetakse kokku ning jagatakse jaoskondade arvuga ja seega saadakse osakonna tulemus. Osakonna tulemused omakorda liidetakse kokku ning jagatakse osakondade arvuga ja seega saadakse tehase tulemus. Saadud tulemus on indikaatoriks, mis väljendab tehase 5S taset antud kaheädalase perioodi jooksul. Aasta lõpus perioodide tulemused liidetakse ja jagatakse perioodide arvuga ning selle tulemusel saadakse 5S aasta tulemus, mida kasutatakse analüüside tegemiseks ja parenduskohtade tuvastamiseks. 5S aastatulemusele tuginedes pannakse paika järgmise aasta igakuised 5S eesmärgid, mis moodustavad osa töötajate boonussüsteemist. See on hea võimalus töötajaid motiveerida 5S parendustegevustes ja auditites aktiivselt kaasa lööma. Samuti on sellest kasu ka tööandjale, sest puhta ja korras töökoha tõttu on ettevõttel hea maine ja vähem kadusid, mis omakorda väljendub paremas efektiivsuses ja kvaliteedis.

Järgnevalt on toodud freesimisjaoskonna tulemused aastatel 2013 kuni 2015. Tulemused on võetud Ensto siseveebist nimega *Plaza*, kus asub vastavasisuline *Excel* tabel, kuhu peale iga

auditit sisestatakse 5S auditit tulemus ning programmis olevad valemid arvutavad tulemused jaoskonna, osakonna ja terve tehase kohta.

2013. aasta tulemused

- 25 perioodi (iga kahe nädala järel audit, jõulude ajal jäeti audit ära)
- Freesimisjaoskonna (CNC töötlus) aasta koondtulemus 98%
- Terve koostamisosakonna aasta koondtulemus 97%
- Aasta eesmärk koostamisosakonnas 97%
- Freesimisjaoskonna madalaim tulemus 84% ja parim tulemus 100%
- Terve tehase aasta koondtulemus 88%
- Tulemuste graafik toodud seel 2.2.11.



Sele 2.2.11. 5S auditite tulemused Tallinna tehase koostamisosakonnas 2013. aastal

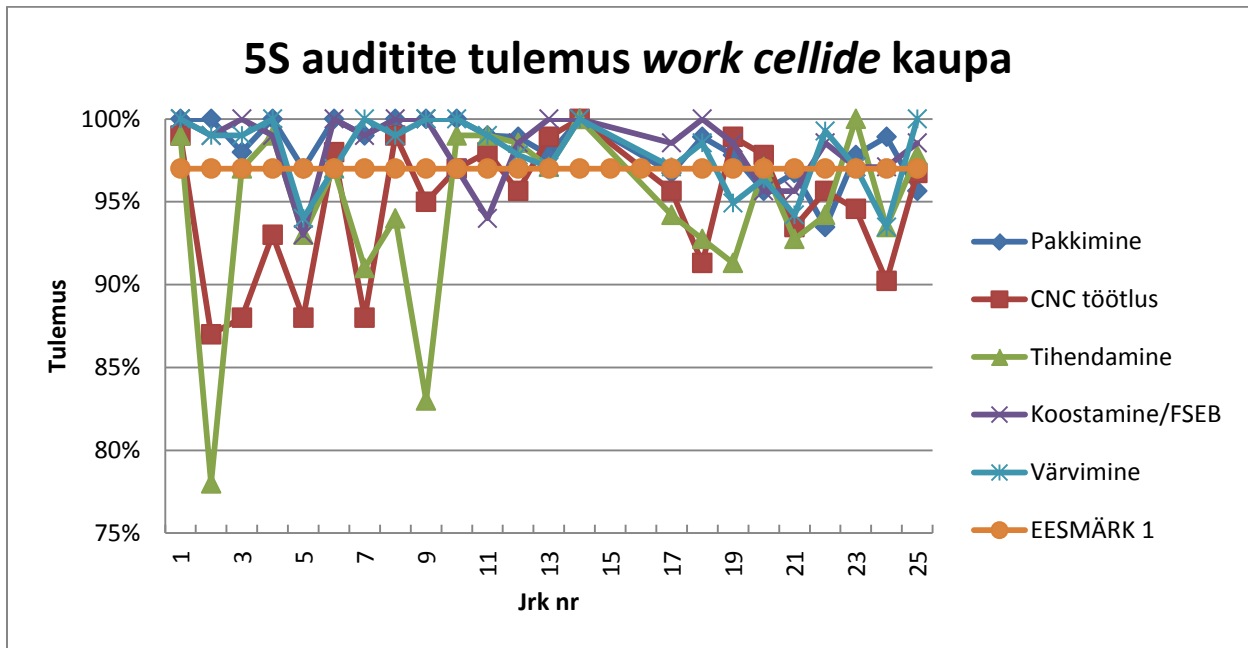
2014. aasta tulemused

- 23 perioodi (iga kahe nädala järel audit, kollektiivpuhkuse ajal ei tehtud)
- Freesimisjaoskonna (CNC töötlus) aasta koondtulemus 95%
- Terve koostamisosakonna aasta koondtulemus 97%
- Aasta eesmärk koostamisosakonnas 97%
- Freesimisjaoskonna madalaim tulemus 87% ja parim tulemus 100%
- Terve tehase aasta koondtulemus 94%
- Tulemuste graafik toodud seel 2.2.12.

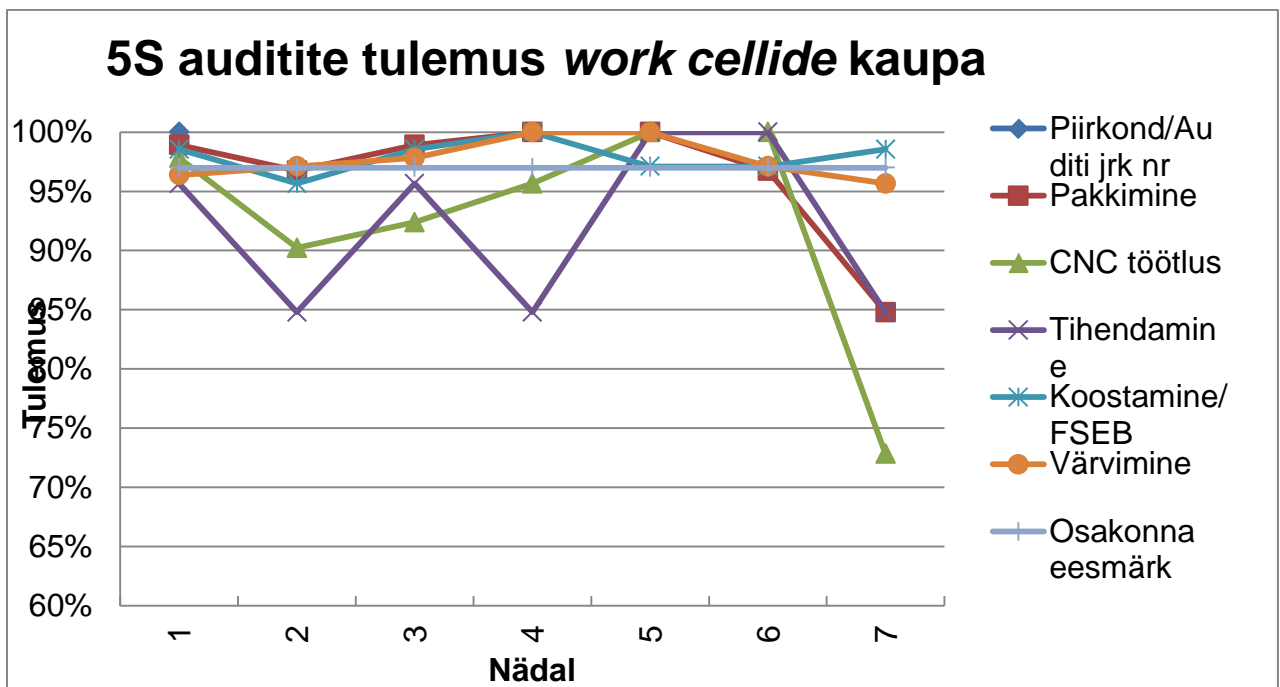
2015. aasta tulemused

- 7 perioodi (6.04.2015 seisuga)

- Freesimisjaoskonna (CNC töötlus) koondtulemus 93%
- Terve koostamisosakonna aasta koondtulemus 95%
- Aasta eesmärk koostamisosakonnas 97%
- Freesimisjaoskonna madalaim tulemus 73% ja parim tulemus 100%
- Tulemuste graafik toodud seel 2.2.13.



Sele 2.2.12. 5S auditite tulemused Tallinna tehase koostamisosakonnas 2014. aastal



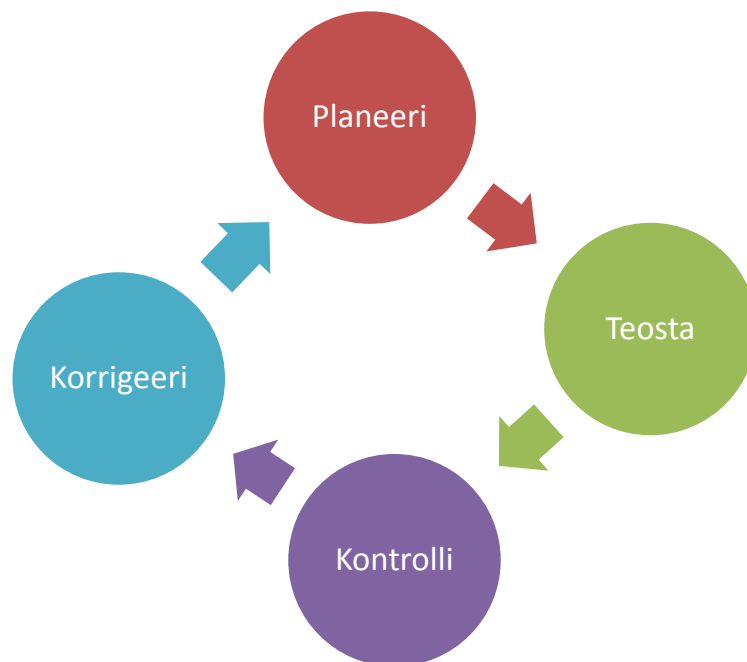
Sele 2.2.13. 5S auditite tulemused Tallinna tehase koostamisosakonnas 2015. aastal

## 2.3. War Room meetod ja selle rakendamine

*War Room* meetod ei ole tööriist, mis oleks kasutusele võetud otse *Toyota Production System*'ist üks ühele üle tuues, vaid tegu on Ensto kontserni juhtkonna ja välisekspertide abil koostatud meetodiga, mis on sobiv just Ensto kontserni kuuluvate tehaste tootmisprotsessidele. *War Room* meetod kätkeb endas LEAN-tootmisest tuntud *Kaizen* (jaapani keeles „parandamine“) filosoofiat ja *Muda* (jaapani keeles „raiskamine“) süsteemi. Järgnevalt kirjeldatakse lähemalt *Kaizen* filosoofiat ja *Muda* süsteemi, ning antakse detailne ülevaade *War Room* meetodist ja selle praktilisest rakendamisest Ensto Ensek ASi Tallinna tehase freesimisosakonnas. [4] [5]

### 2.3.1. Kaizen

*Kaizen* filosoofia võeti esmakordselt kasutusele Jaapanis peale teist maailmasõda. Sisult on *Kaizen* igapäevane tegevus, eesmärgiga parandada ettevõtte olukorda, sealhulgas tõsta tootlikkust, toodete kvaliteeti, konkurentsivõimet ja vähendada seisakuid ning ajakadusid. Metoodika eesmärk on kaasata kõik ettevõtte töötajad pidevate paranduste tegemisse. Praktikas sobib *Kaizeni* elluviimiseks kõige paremini pideva parandamise tsükkel, mis on toodud alljärgneval skeemil (Sele 2.3.1.).



Sele 2.3.1. Pideva parandamise tsükkel

Praktikas hõlmab pideva parandamise tsükkel endas järgmisi tegevusi:

- Planeeri – tuleb määrata kindlaks eesmärgid ja protsessid, mis on vajalikud soovitud tulemuste saavutamiseks.
- Teosta – tuleb parandada olukorda, tehes esmalt muudatusi väikeses mahus, et tulemusi oleks võimalik hinnata.
- Kontrolli – tuleb jälgida ja mõõta protsesse, nende vastavust kavandatud poliitikatele, eesmärkidele ja tootenõuetele ning teavitada tulemustest.
- Korrigeeeri – tuleb võtta ette tegevused protsesside toimimise parandamiseks, et saada muudatustest maksimaalset kasu.

*Kaizen* filosoofiat iseloomustavad märksõnad on inimeste koostöö, kvaliteet ja parandamisele suunatud tegevused. Samuti võib *Kaizeni* protsessi jagada kuueks järgnevalt loetletud sammuks:

- Operatsioonide standardimine
- Standarditud operatsioonide mõõtmine
- Mõõtmistulemuste võrdlemine soovituga
- Uuenduste kavandamine, et rahuldada nõudeid ja tõsta tootlikkust
- Uute operatsioonide standardimine
- Kogu eelneva tsükli kordamine [4]

### **2.3.2. Muda süsteem**

Kadude järjekindel vähendamine on Jaapani päritolu süsteem mida tuntakse kui *Muda* süsteemi. *Muda* tähendab jaapani keeles raiskamist. Raiskamine on tegevus, mis ei anna väärtust. Selle asemel kulutab raiskamine aega, ressursse ja ruumi, kuid ei soodusta tootele lisandväärtuse andmist ja kliendi soovide rahuldamist. Seega võib järeldada, et klient ei ole nõus selliste tegevuste eest maksma. Samas on väärtust lisav töö selline töö, mille eest klient on nõus ettevõttele maksma. Tootlikkuse suurendamiseks tuleb maksimeerida väärtust lisavad tööd ning kõrvaldada raiskamised tootmisprotsessist. Kaod on tihti peale varjatud ja need tuleb kõige pealt identifitseerida. LEAN-praktikates tuntakse seitset liiki raiskamist ehk *muda*, mis on järgnevalt kirjeldatud:

- 1) Ületootmine – toodetakse rohkem, kui klient või järgmine protsess vajab. Liigne tootmine paneb rahalised vahendid kinni materjali ja ressursi alla, mida võiks kasutada teiste võimaluste tarvis. Ületootmise põhjustab tavaliselt puudulik planeerimine, halb

tootmiskorraldus ja nõrk kontakt tellijaga. Selleks, et ületootmisest vabaneda, tuleb kõiki neid kolme aspekti parendada.

- 2) Kaod transportimisel – transportimisega kaod tekivad, kui personali, materjali, seadmeid, tooteid või informatsiooni paigutatakse ümber liiga tihti või kaugemale, kui see on tegelikult vajalik. Materjali ebaratsionaalne transport on mitte väärtust lisav tegevus. Selle võivad põhjustada halb tootmise või lao paigutus, töökohtade halb paigutus, halb tootmiskorraldus ja puudulik logistika. Selleks, et kadusid transportimisel vähendada, tuleb kaardistada transpordivoogusid ja kavandada vajalikud parendusmeetmed.
- 3) Mittevajalikud liigutused ja liikumised – siinkohal mõeldakse ebaratsionaalseid liigutusi millegi ulatamiseks või käsitlemiseks ning need viitavad probleemidele töökorralduses või töökeskkonnas. Mittevajalikud liigutused tekitavad pideva esinemise korral aja raiskamist, kiiremat väsimist ja ergonoomilisi probleeme. Mittevajalikud liigutused on enamasti võimalik elimineerida.
- 4) Ootamine ja viivitused – ootamisest tekivad ajakaod siis, kui töötajad, operatsioonid või toodang on sunnitud ootama edasist tegevust, materjale või informatsiooni. Sellised kaod viitavad halvale töö- ja tootmiskorraldusele, planeerimisele, juhtimise ja kommunikatsiooni probleemidele või halvale tarnija valikule. Sageli on selliste kadude parendamiseks vaja analüüsida seadmete ja töötajate ajakasutust.
- 5) Protsessisisesed kaod – kaod, mis on tekitatud mittevajaliku töö tegemisest või operatsioonide kasutamisest. Põhjused on tavaliselt järgmised: ülikõrge kvaliteet, mida klient ei nõuagi, liiga keerulised seadmed, liigne kontroll, üledimensioneeritud tooted ja puudulikud tootmisprotsessid. Selleks, et ennetada protsessisisesed kadusid, tuleks täpsustada klientide vajadusi ja nõudeid, samuti oleks vajalik teostada funktsionaalne kuluanalüüs.
- 6) Vahendid ja varud – tekib siis, kui on liiga palju vahendeid nagu seadmed, materjalid ja tööjõud. Selliste kadude põhjusteks on mittevajaliku tooraine ostmine, lõpetamata ja valmistoodangu hoidmine, mittevajalike seadmete ja tööjõu ülalpidamine. Selleks, et vabaneda kadudest, mis on seotud varudega, tuleks analüüsida ressursside käivet ja võimalusel rakendada täppisajastatud tootmissüsteemi (*Just-In-Time*; JIT)
- 7) Defektid ja ümbertöötlemine – mittevastavate pooltoodete või toodete tootmine, mis ei rahulda kliendi või järgmise tootmisprotsessi nõudmisi. Selle tagajärg on tavaliselt ümbertöötlemine, praak ja kliendi rahulolematuse. Selleks, et vabaneda sellistest

kadudest, on vajalik kvaliteedijuhtimissüsteemi parendamine ja defektide ennetamine, kasutades näiteks *Poka-Yoke* meetodit.

Kokkuvõttes on tegevusjuhhis antud seitsme kao puhul järgmine: kaod ja raiskamised tuleb määratleda ning seejärel tuleb neid vähendada või sootuks kõrvaldada, asendades need väärtust lisava protsessiga. [8] [10]

### **2.3.3. War Room meetodi kirjeldus**

*War Room*'i meetodi peaesmärk on parendada tootlikkust, tarnekiirust, toodangu kvaliteeti, tootmise paindlikkust ja kommunikatsiooni Ensto tehastes. Samuti on *War Room* efektiivne juhtimisvahend töötajate kaasamiseks ja võimaluste andmiseks osaleda pideval parendamisel, keskendudes kadude registreerimisele ja kõrvaldamisele järgmiste tegevustega:

- Tootmisprotsessis esinevate aja- ja kvaliteedikadude väljaselgitamine võrreldes kokkulepitud piirväärtuste ja kehtestatud normatiividega.
- Kadude ja ebatõhususe kohene käsitlemine, määraes lahenduste eest vastutajad.
- Süstemaatiline info kogumine, mis võimaldab peamiste kadude põhjustajate prioriteerimist, et algatada parendusprojekte ja -tegevusi.
- Protsesside suutlikkuse igapäevane jälgimine ja ettevõtte töötajate teavitamine.

*War Room* meetod koosneb järgnevatest praktilistest tegevustest:

- 1) Normatiivsete näitajate kehtestamine – *War Room* on meetod, mis põhineb kõrvalekallete jälgimisel. Ettevõtte juhtkond peab kehtestama igale mõõdetavale tegevusele normid ja kokku leppima lubatavad kõrvalekalded, mis on võrdlusbaasiks igapäevaste tegevuste hindamisel. Kaoks loetakse seda erinevust, mis jääb tegeliku päevatulemuse ja kehtestatud normi ning lubatud kõrvalekalde summa vahele.
- 2) *War Room*'i üles seadmine – tekitatakse eraldi ruum, mis vastab järgnevatele tingimustele:
  - a. On võimalik pidada püstijalu koosolekut
  - b. On võimalikult tootmishoone keskel
  - c. Mahutab vähemalt 10 inimest
  - d. Töötajatel on terve tööpäeva jooksul juurdepääs
- 3) *War Room*'i paigaldatakse järgmised infokandjad:
  - a. Koheste Tegevuste Tahvel (KTT) – tahvlile joonitakse tabel, kuhu kirjutatakse kokkulepitud tegevused kao põhjustanud probleemi koheseks kõrvaldamiseks



- või eeldatava probleemi ennetamiseks, planeeritud täitmise aeg ja selle eest vastutav isik. Märge kustutatakse tahvlilt siis, kui tegevus on lõpetatud.
- b. Kuvar kadude esiletoomiseks ja muude võtmenäitajate jälgimiseks
  - c. Kadude Koondamise Tahvel (KKT) – tahvel, kuhu asetatakse kaokaardid seadmete, osakondade ja kaoliikide kaupa. Tahvel peab visuaalselt väljendama täidetud kaokaartide hulka ja ajalist dimensiooni.
  - d. Pareto diagrammid kadude perioodilise kokkuvõtte esitlemiseks
  - e. Kadude Vähendamise Projektide tahvel (KVPT) – tahvil kajastatakse kõiki töös olevaid ja lõpule viidud Kadude Vähendamise Projekte.
  - f. 5S protsessi jälgimise graafik
- 4) Töötatakse välja osakonnale sobiv Kadude Registreerimise Kaart, kuhu märgitakse:
- a. Kao esinemise valdkond
  - b. Kaotatud aeg
  - c. Kao põhjuse lühikirjeldus
  - d. Ettevõtetud tegevused kao koheseks vähendamiseks
  - e. Kuupäev ja allkiri
- 5) Viiakse igapäevaselt läbi *War Room* koosolek, mille käigus pööratakse tähelepanu järgnevatele aspektidele:
- a. Eelmisel koosolekul Koheste Tegevuste Tahvlile kantud tegevuste ülevaatus
  - b. Kadude ülevaatus
  - c. Tootmistellimuste tähtajaline täitmine
  - d. Tootmisplaan ja töökoormus lähiajal
  - e. Muud probleemid
- 6) Viiakse perioodiliselt (nädal, kaks nädalat, kuu või kvartal) läbi Pareto koosolek, kus on päevakorras järgnevad tegevused:
- a. Eelneva perioodi kadude analüüsimine Pareto printsiibi alusel, kus tuuakse visuaalselt esile kõige olulisemad kaod.
  - b. Otsustatakse, kas alustada uute 4 sammu projektidega (vt 7. alapunkt).
  - c. Töös olevate 4 sammu projektide hetkeolukorra hindamine ja järgnevate ülesannete määramine.
- 7) Kasutatakse Nelja Sammu meetodit kadude vähendamise projektide juhtimiseks. Selleks, et standardiseerida ja lihtsustada kadude vähendamist töötajate jaoks, on loodud lihtne projektijuhtimise raamistik, mis koosneb järgnevast neljast sammust:

- a. Samm 1 – juurpõhjuste väljaselgitamine: Selles etapis kasutatakse analüütilisi meetodeid või empiirilisi teadmisi, et välja selgitada kadude algsed tekkepõhjused.
- b. Samm 2 – korrigeerivad tegevused: Selles etapis otsustakse tegevuste üle, mille eesmärk on elimineerida või vähendada kadude tekkimise juurpõhjusteid.
- c. Samm 3 – tulemus: Selles etapis hinnatakse korrigeerivate tegevuste tulemusi kadude kaartide andmetele tuginedes.
- d. Samm 4 – ennetavad tegevused: Selles etapis lepatakse kokku ennetavates tegevustes, et tulevikus juurpõhjused ei korduks ja sarnaseid kadusid enam ei esineks.

### **2.3.4. War Room meetodi rakendamine freesimisosakonna näitel**

Esimeseks sammuks *War Room* meetodi rakendamise puhul on normatiivsete näitajate kehtestamine. Selleks, et kadusid registreerida, tuleb kindlaks määrata, millised kaod on tootmise parendamise seisukohalt olulised. Käesoleva meetodi puhul ei registreerita kadusid, mis tekivad töötajatel lõunapausil, puhkepausil või tualeti kasutamisel. Tööandjale on need kaod küll olulised, aga selleks kasutatakse parendusettepanekute ja ohuolukorra märkamise meetodit ning seega neid antud kontekstis ei käsitleta. Kaod, mis *War Room* meetodi seisukohalt on olulised, on need kaod, mis on seotud väärtust lisava töö ja sellega seotud tegevustega. Teisisõnu tegevused, mille eest töötajad töötasu saavad. Kõikide koostamisosakonna töötajate efektiivsust hinnatakse, võrreldes töö jaoks ette nähtud aega ja töö läbimiseks realselt kulunud aega. Töö jaoks ette nähtud aeg on normatiivaeg, mis kaasneb kõikide töökäskudega, mida töötaja tööaja jooksul läbib. Normatiivaeg on normeeritud tööaeg, mis on mõõdetud töö esmakordsel valmistamisel, arvestades abiaegu ja jõudlust. Normatiivaeg on sisestatud Ensto ettevõtte ressursi planeerimise (ERP) programmi *IFS*. Seega, kui töötaja saab töökäsu, on seal märgitud nii töö tegemiseks kui ka masina seadistamiseks ja puhastamiseks ette nähtud normatiivaeg. Selle tulemusena võib väita, et väga lihtne on kadude hindamiseks kasutada hälbeid, mis tekivad reaalse tööaja ja normatiivaja vahel. Need kaod aga ei hõlma kõiki kadusid, mis tootmises tekivad. Tihti tehakse Tallinna tehases ümber töötlemist ja praagi sorteerimist ka töölehe alusel, sest töötaja kasutab oma tööaega selleks. Tegu on aga mitte väärtust lisava tegevusega ja seega arvestatakse ka see aeg kadudeks. Selleks, et motiveerida töötajaid osalema pidevas parendamises ehk *Kaizen* protsessis, on soovitatav lasta töötajatel registreerida ka kadusid, mis

eelneva kahe kategooria alla ei käi, kuid mis nende arvates põhjustavad tööoperatsioonides ajakadusid. Kõik mõõdikud, normid ja eesmärgid peavad olema teada kõikidele allüksuse töötajatele ja need peavad olema nähtaval *War Room*'i tahvlitel. Neid asjaolusid arvesse võttes kehtestati Tallinna tehase freesimisosakonnas *War Room* meetodit rakendades järgmised juhised töötajatele kadude registreerimiseks:

- Kõik kaod, mille tõttu on töö valmistamiseks ja masina seadistamiseks kulunud aeg vähemalt 5 minutit suurem kui ettenähtud normeeritud aeg, on töötaja kohustatud registreerima.
- Kõik tööd, mille käigus sorteeritakse praaktooteid, töödeldakse tooteid ümber või tegeletakse muude mitte väärtust lisavate protsessidega, peab töötaja registreerima.
- Kõik kaod, mida töötaja märkab tootmisprotsessis ja mis on pikemad kui 5 minutit, on töötaja julgustatud registreerima.

Teiseks sammuks on *War Room*'i üles seadmine. Tuginedes *War Room*'ile kehtestatud nõudmistest, püstitati kõikidele Tallinna tehase osakondadele ühtne *War Room*, mis asub geograafiliselt täpselt tehase keskel, on visuaalselt hästi nähtav ja võimaldab juurdepääsu kõikidele töötajatele terve tööpäeva jooksul, sõltumata vahetusest. Esmalt valiti sobiv asukoht, mis oli koostamisosakonna keskel ja seega ka terve tehase keskel. Seejärel püstitati kergkonstruktsioonidest seinad ja valmistati 16 m<sup>2</sup> (4 x 4 m) suurune koosolekuruum, kus on võimalik püstijalu koosolekuid pidada. *War Room* on toodud seel 2.3.4.



Sele 2.3.4. Tallinna tehase *War Room*

Kolmandaks paigaldati püstitatud *War Room*'i erinevad infokandjad. Igale osakonnale paigutati oma infokandjad. Seega jagati *War Room* kolmeks: survevalu, lao ja koostamisosakonna infokandjad. Käesolevas töös vaatame rakendamist freesimisosakonnas. Seoses sellega, et freesimisosakond kuulub koostamisosakonna alla, keskendub antud punkt koostamisosakonna infokandjatele, mis on kirjeldatud edaspidi. Esimesena paigutati *War Room*'i laud ja suur 40-tolline NEC'i kuvar, mis on nähtav seel 2.3.5. Laud on vajalik püstijala koosolekute pidamiseks ja vajadusel märkmete kirjutamiseks. Kuvarit kasutatakse, et vaadata eelneva perioodi tootmistulemusi ja esitleda uut informatsiooni.

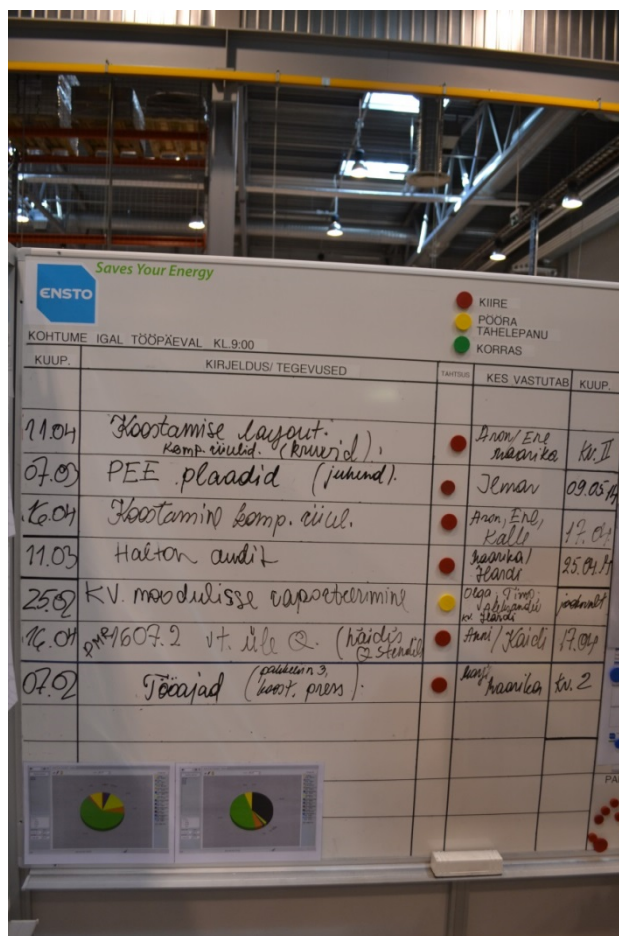


Sele 2.3.5. Kuvar ja laud *War Room*is

Peale kuvarit ja lauda paigaldati Koheste Tegevuste Tahvel (KTT), milleks kasutati 1,2 m x 1 m metalltahvli, kuhu on võimalik markeriga kirjutada ja mida saab puhastada. KTT-le jooniti tabel, kuhu on võimalik märkida kadusid põhjustanud probleemide lahendamiseks tegevus ja selle eest vastutav isik. Tabelil on 5 lahtrit. Esimeses lahtris on kuupäev, millal probleem esines ja tegevus paika pandi. Teises lahtris on lühidalt kirjeldatud ülesande sisu. Kolmandas lahtris on võimalik märkida ülesande staatus. Neljandas lahtris on märgitud vastutav isik ja viimane lahter on tegevuse täitmise eeldatav tähtaeg. Kui tegevus on sooritatud, siis antud rida kustutatakse tabelist. KTT on toodud seel 2.3.6..

Peale KKT-d paigaldati *War Room*'i Kadude Koondamise Tahvel (KKT). KKT on tahvel, kuhu asetatakse täidetud kaokaardid. Kaokaardid on eristatud osakondade ja kaoliikide kaupa. Freesimisosakonna puhul on kasutusel neli kaoliiki: tehniline rike, seadistus,

kvaliteediprobleem ja personal. Kaoliigid valitakse vastavalt osakonnale, et jagada põhilised kaod 35 suuremasse kategooriasse. Kaardid paigutatakse KKT-le selliselt, et kaartidel olevad kadude suurust näitavad jooned moodustaksid ühe pidevjoone iga kaovaldkonna kohta. Selline paigutus annab hea visuaalse ülevaate kadude mastaabist. Freesimise KKT on toodud seel 2.3.7. KKT puhastatakse kaokaartidest iga kahe nädala tagant, millele järgneb Pareto koosolek.



Sele 2.3.6. Koheste Tegevuste Tahvel





Sele 2.3.7. Freesimisosaakonna Kadude Koondamise Tahvel *War Room*'is

Kui KTT on *War Room*'i paigaldatud, siis sellele järgneb Pareto diagrammide paigaldamine. Pareto diagrammid esitletakse iga osakonna kohta eraldi. Freesimisosaakonna Pareto diagrammid koosnevad Pareto diagrammist, kus on toodud kaod põhiliste kaoliikide kaupa, järjestades kaod alates ajaliselt suurimast, ja Pareto alamdiagrammist, kus on toodud kaod alamkaoliikide kaupa, järjestades kaod alates ajaliselt suurimast. Pareto diagrammid näitavad eelneva perioodi (kaks nädalat) kadude koondit ja esitlevad selle perioodi kadusid visuaalselt, prioritseerides ajakulukamaid. Koostamisosaakonna Pareto graafikud on toodud seel 2.3.8.



Sele 2.3.8. Koostamisosakonna Pareto diagrammid *War Room*'is

Peale Pareto diagramme on vajalik leida koht *War Room*'is selleks, et paigaldada Kadude Vähendamise Projektide tahvel (KVPT). See on tahvel, kus on kajastatud kõik töös olevad ja lõpetatud Kadude Vähendamise Projektid (KVP). Kadude vähendamise projektid on KVPT-l eraldi välja toodud allüksuste kaupa. Projektid on esitatud vastavalt nende edenemisele järgides 4 sammu meetodit või on allüksuse projektid koondatud ühte kohta. Mõlemal juhul saab projekti seisundi välja lugeda 4 sammu dokumendi vormilt. KVPT peab andma ka juhuslikule *War Room*'i sisenejale hea ülevaate, millised KVP-d on hetkel töös ja millised lõpetatud. Tallinna tehases on KVPT jagatud viide erinevasse tulpa projektide staatuse järgi. Esimesed neli tulp vastavalt projektide sammudele ja viimane tulp, kuhu asetatakse lõpetatud projektid. KVP-d ehk nelja sammu projektid jagunevad nelja staadiumisse: juurpõhjuste selgitamine, korrigeerivad tegevused, tulemuste hindamine ja ennetavad tegevused. Peale iga perioodi peetud Pareto koosolekut uuendatakse projektide staatust ja vajadusel muudetakse nende asukohta KVPT-l. Tallinna tehase *War Room*'is asuv KVPT on toodud seel 2.3.9..



Sele 2.3.9. Kadude Vähendamise Projektide tahvel Tallinna tehase *War Room*'is

Viimane infokandja, mis *War Room*'is peab olema esindatud, on 5S tahvel. Tegu on tahvliga, kus on kajastatud 5S tulemused, eesmärgid ja hetkeolukord. Samuti peab 5S standard olema *War Room*'is olemas. 5S infokandja kohta vaata täpsemalt punktis 2.2.

Neljandaks sammuks peale infokandjate paigutamist *War Room*'i on freesimisosakonnale sobivate Kadude Registreerimise Kaartide (KRR) välja töötamine. Esimene tingimus on, et kaartidel peab olema võimalus registreerida järgnev info: kao esinemise valdkond, kaotatud aeg, kao põhjuse lühikirjeldus, ettevõetud tegevused kao koheseks vähendamiseks, kuupäev ja allkiri. Tuginedes töötajate ütlustele ja masintöötlemisel tekkivatele põhilistele probleemidele, kohandati Tallinna tehases nii freesimisosakonnale kui ka tihendamisosakonnale ühised kaokaardid. Antud kaokaardid on jagatud nelja erinevasse kategooriasse: tehniline rike, seadistus, kvaliteet ja personal. Erinevad kategooriad hõlmavad endas järgmisi kadusid:

- Tehniline rike – kaod, mis on seotud seadmete, abivahendite, rakiste ja arvutisüsteemide probleemidega
- Seadistus – kaod, mis on seotud seadistamisel tekkivate ajakadudega
- Kvaliteet – kaod, mis on seotud toodetud toote või tarnitud komponendi kvaliteediga
- Personal – kaod, mis on seotud töötajatega, siia alla lähevad ka muud kaod, mida ei ole võimalik eelnevate kategooriate alla kvalifitseerida.



Võttes arvesse erinevaid kadude kategooriaid ja nõutud tingimusi, on freesimisosakonna jaoks loodud kaokaardid nähtavad seel 2.3.10. Kaardi ülemisele skaalale märgitakse ajaline kadu viieminutilise sammuga. Vasakul pool kaardi servas on kaoliiki iseloomustav värv ja selle kõrval on vertikaalses kirjas toodud võimalikud seadmed, millega ajakadu võib olla seotud. Kaardi ülemises osas on trükitud kaoliik. Selle all olev suur lahter tuleb töötaja poolt täita täpsema informatsiooniga kao kohta. Selle lahtri all olevasse tühimikku tuleb kirjutada kao kõrvaldamiseks tehtud tegevus. Kaokaardi täitmise lõpetab töötaja oma nime ja kuupäevaga. Paremalt pool asuvad lahtrid on soovituslikud ja sinna on võimalik lisada toote kood, toote partii number, tootmistellimuse number ja kaoga seotud toodete kogus.

0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110											0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110										
Üks jaotis 5 min.											Üks jaotis 5 min.										
	MM/268	Masina seisaku tüüp.	<b>TEHNILINE RIKE</b>	Toode:	MM/268	Masina seisaku tüüp.	<b>SEADISTUS</b>	Toode:													
	MT100	Kao/seisaku täpsem kirjeldus. Kus, miks ja mis juhtus?	Kogus:	MM/268	MT100	Kao/seisaku täpsem kirjeldus. Kus, miks ja mis juhtus?	Kogus:														
	MT82		Partii number:	MT82		Partii number:															
	MM/267		Tootmistellimuse nr:	MM/267		Tootmistellimuse nr:															
	MT80			MT80																	
MT79	MM/255	Mida tehti kao/seisaku kiireks kõrvaldamiseks?		MT79	MM/255	Mida tehti kao/seisaku kiireks kõrvaldamiseks?															
CNC:	THIND:	Kuupäev ja nimi:		CNC:	THIND:	Kuupäev ja nimi:															
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110											0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110										
Üks jaotis 5 min.											Üks jaotis 5 min.										
	MM/268	Masina seisaku tüüp.	<b>KVALITEEDIPROBLEEM</b>	Toode:	MM/268	Masina seisaku tüüp.	<b>PERSONAL</b>	Toode:													
	MT100	Kao/seisaku täpsem kirjeldus. Kus, miks ja mis juhtus?	Kogus:	MM/268	MT100	Kao/seisaku täpsem kirjeldus. Kus, miks ja mis juhtus?	Kogus:														
	MT82		Partii number:	MT82		Partii number:															
	MM/267		Tootmistellimuse nr:	MM/267		Tootmistellimuse nr:															
	MT80			MT80																	
MT79	MM/255	Mida tehti kao/seisaku kiireks kõrvaldamiseks?		MT79	MM/255	Mida tehti kao/seisaku kiireks kõrvaldamiseks?															
CNC:	THIND:	Kuupäev ja nimi:		CNC:	THIND:	Kuupäev ja nimi:															

Sele 2.3.10. Tallinna tehase freesimisosakonnas kasutusel olevad kaokaardid

Peale kaokaardi välja töötamist on järgmine samm *War Room* koosolekute läbi viimine. *War Room* koosoleku põhiline eesmärk on kadude registreerimine, töötajate kaasamine ja kiire reageerimine probleemidele. Freesimisosakond eraldi koosolekut ei pea. Koosolek peetakse koostamisosakonna koosseisus, kuhu kuuluvad veel värvimis-, koostamis-, pakkimis- ja tihendamisosakond. Koosoleku pikkus on maksimaalselt 15 minutit ja see toimub iga päev samal ajal. Koostamisosakonnast on parima oskusteabe kohaloluks otsustatud, et osa võtavad kõikide alamosakondade *team leader*'id, tehnikajuht, hooldusjuht, laotöötaja, kvaliteedijuht,

protsessiinsener, NPI-insener, planeerija ja tootmisjuht. Vajadusel kaasatakse ka täiendavaid liikmeid *War Room* koosolekule nagu näiteks ostuspetsialist või survevalu osakonna tootmisjuht. Koostamisosakonna *War Room* koosolekul jälgitakse igapäevaselt koostamise töökohtade ja osakondade suutlikust. Enstos kasutatakse selleks IFS-i tootmisraportit või *ARROW Machine Tracking* automaatse monitoorimissüsteemi raportit. Samuti töötati välja järgnev päevakord, et koosolekut oleks võimalik läbi viia võimalikult lühidalt ja samas efektiivselt:

- Eelmisel koosolekul Koheste Tegevuste Tahvlile kantud tegevuste ülevaatus
- Kadude ülevaatus, võrreldes normatiivaegasid reaalselt tootmiseks kulunud ajaga
- Kvaliteediprobleemide ülevaatus
- Probleemsete toodete ja ostutoodete ülevaatus
- Tootmistellimuste tähtajalise täitmise ülevaatus
- Tootmisplaan ja töökoormus lähiajal
- Muud probleemid

Väga oluline on pidada kinni põhimõttest, et kõik töötajad täidavad Kadude Kaardi iga nende poolt avastatud kao kohta. Seda põhimõtet peab tootmisjuht *War Room* koosolekul juurutama ja kontrollima.

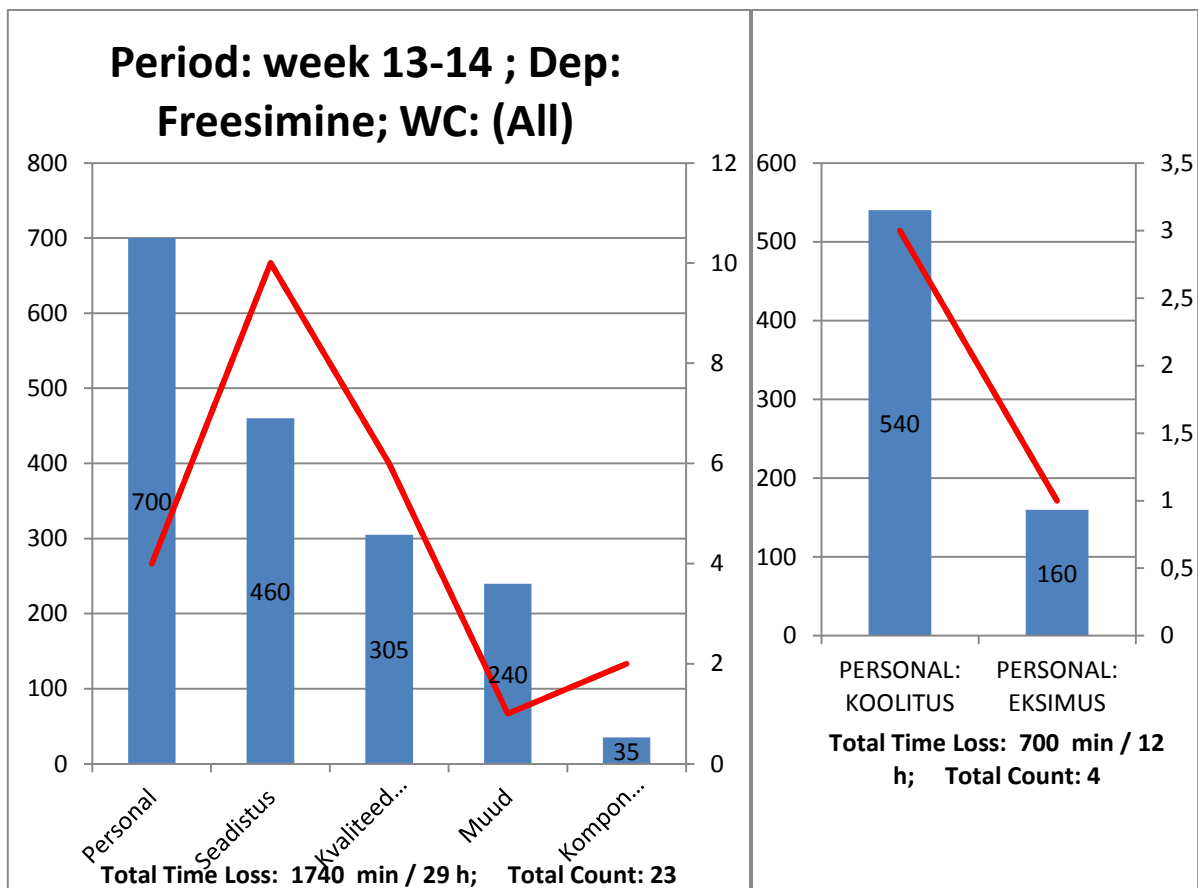
Peale seda, kui on regulaarselt rakendatud *War Room* koosolekute läbi viimist, on järgmine samm perioodiline kadude analüüs. Enstos kasutatakse selleks Pareto koosolekuid. Pareto koosoleku nimi tuleneb asjaolust, et Pareto koosolekul analüüsitakse kadusid Pareto diagrammide abil. Pareto diagrammi nimi tuleb itaalia majandusteadlase Vilfredo Pareto nimest, kes formuleeris 80-20 printsiibi, mille käigus ta väitis, et 20% teguritest mõjutavad protsessi 80%. Selle avastas ta, analüüsides itaalia maaomanikke ja leides, et 20% elanikkonnast omavad Itaalias 80% kinnisvarast. Hiljem leidis ta, et seda printsiipi on võimalik üle kanda ka teistele elualadele. Seega on Pareto printsiibi eesmärk üles leida protsessi peamiselt mõjutavad tegurid. [14] [15]

Ensto Tallinna tehases on kehtestatud järgmised Pareto koosoleku põhimõtted:

- Koosolek peetakse iga kahe nädala tagant ja seal analüüsitakse eelneva perioodi kadusid. Selle perioodi kõige olulisemad kaod tuuakse esile ja neid analüüsitakse põhjalikult.
- Koosolekust võtavad osa samad liikmed, kes osalevad igapäevastel *War Room* koosolekutel.

- Koosolek kestab maksimaalselt 1 tund ja see viiakse läbi ruumis, kus osalejatel on istumine võimaldatud.

Pareto koosolekul kasutatakse kadude analüüsimiseks sama Microsoft Excel 2007 programmis koostatud kadude andmebaasi. Kõik kaokaardid kantakse kaardi täitnud töötaja poolt peale kaardi täitmist andmebaasi. Alates 2014. aasta viimasest kvartalist hakati kaokaarte sisestama läbi programmi CRM. See võimaldas kaokaartide mugavamalt sisestamist, kadude liigitamist, paremat ülevaadet ja 4 sammu projektidega ühendamist. Pareto koosolekul kaod liigitatakse osakonna ja kaoliigi järgi ning paigutatakse tabelisse, et neid oleks visuaalselt lihtne analüüsida. Kui esmasest Pareto diagrammist ei selgu juurpõhjus, võib alati teha antud kaoliigist Pareto alamdiagrammi. Freesimisosakonna puhul kasutatav Pareto diagramm ja Pareto alamdiagramm on toodud seel 2.3.11..



Sele 2.3.11. Freesimisosakonna Pareto diagramm (vasakul) ja Pareto alamdiagramm (paremal)

Seel 2.3.11. toodud Pareto diagrammil on toodud 2014. aasta 13. ja 14. nädalal analüüsitud kaod. On tõsiasi, et esikohal on kaod, mis on seotud personaliga. Luues Pareto

alamdiagrammi, on võimalik näha, et personaliga seotud 700 kaominutist on 540 seotud koolituse ja eksimusega. Seega on võimalik kadusid edukalt analüüsida ja vajadusel kiiresti juurpõhjuseni jõuda.

Ensto koostamisosakonna Pareto koosoleku ajakava näeb välja järgnevalt:

- Käimas olevate 4 sammu projektide ülevaatus
- Kadude analüüs, kasutades Pareto diagramme
- Uute 4 sammu projektide käivitamine (vajadusel)
- Muud probleemid ja küsimused

Pareto koosolekud on hea meetod, et probleemide juurpõhjused üles leida. Selleks, et juurpõhjustega tegeleda ja neid ennetada, on vajalik Kadude Vähendamise Projekte (KVP) käivitada ja juhtida.

Viimane kohustuslik samm *War Room* meetodi rakendamisel on 4 sammu meetodi kasutamine KVP juhtimiseks. Selleks kasutatakse Ensto Tallinna tehases standardiseeritud vormi, mida võib näha lisas 1. Antud vormi täiendatakse peale iga Pareto koosolekut. KVP on lõppenud, kui kõik 4 sammu on läbitud ja tulemuseks on antud kadude vähenemine. KVP lõpetamise üle otsustatakse Pareto koosolekul.

Peale kõigi 7 sammu elluviimist *War Room*'i rakendamisel on tähtis pidevalt töötajaid koolitada ja nõuda neilt kadude registreerimist. Praktikast rakendatud *War Room* meetod peaks maksimaalse efektiivsuse jaoks töötama seel 2.3.12. toodud tsükli järgi.



Sele 2.3.12. *War Room* elutsükkel

Tegutsedes seel 2.3.12. toodud elutsükli järgi, on garanteeritud edukas 'sõda' kadude vastu ja probleeme jääb vähemaks ning tootmisprotsesside kitsaskohad tulevad päevavalgele.

### 2.3.5. War Room meetodi tulemused

Ensto War Room meetod on Tallinna tehase koostamisosakonnas töös olnud alates 2011. aasta lõpust, kui kontsernisisesse piloodiga alustati Tallinna ja Porvoo tehastes. Järgnev informatsioon on osaliselt võetud Ensto infokogumise programmist LOOK, mis on QlikView mootoril põhinev Enstole eritellimusena valmistatud tarkvara. Tulemused on toodud järgnevalt:

- Osakonnas toimuvad igapäevased War Room koosolekud ja iga kahe nädala järel toimub Pareto koosolek.
- Töötajate pidev koolitamine ja arendamine on tõstnud nende teadmisi LEAN-filosoofiast, kadude märkamisest ja esiletoomisest.
- Kadude pidev visualiseerimine ja kategoriseerimine
- Pidev War Room meetodi arendamine ja parendus
- Kõik vajalikud osakonnad on kaasatud ja kaasamiseks on selge raamistik loodud
- Positiivne tagasiside juhtkonna, keskastmejuhtide, spetsialistide ja töötajate poolt
- Freesimisosakonnas täidetud kaokaartide arv ja kadude hulk minutites on toodud tabelis 2.3.5.
- Kadude kategooriad ja kadude hulk freesimisjaoskonnas on toodud tabelis 2.3.6.
- Koostamisosakonnas on alustatud kokku 81 nelja sammu projekti ja neist 15 on algatatud freesimisjaoskonnas. Projektide detailne jaotus ja kõrvaldatud kadude arv on toodud tabelis 2.3.7.
- Koostamisosakonnas on kokku täidetud 6354 kaokaarti, ajalise kaoga 768 683 minutit
- Freesimisjaoskonnas on kokku täidetud 1563 kaarti, ajalise kaoga 168 812 minutit
- Koostamisosakonna kadude graafiline jagunemine on toodud seel 2.3.8.
- Freesimisjaoskonna kadude graafiline jagunemine on toodud seel 2.3.9.

Tabel 2.3.5. Kaokaartide arv ja kadude hulk minutites freesimisjaoskonnas

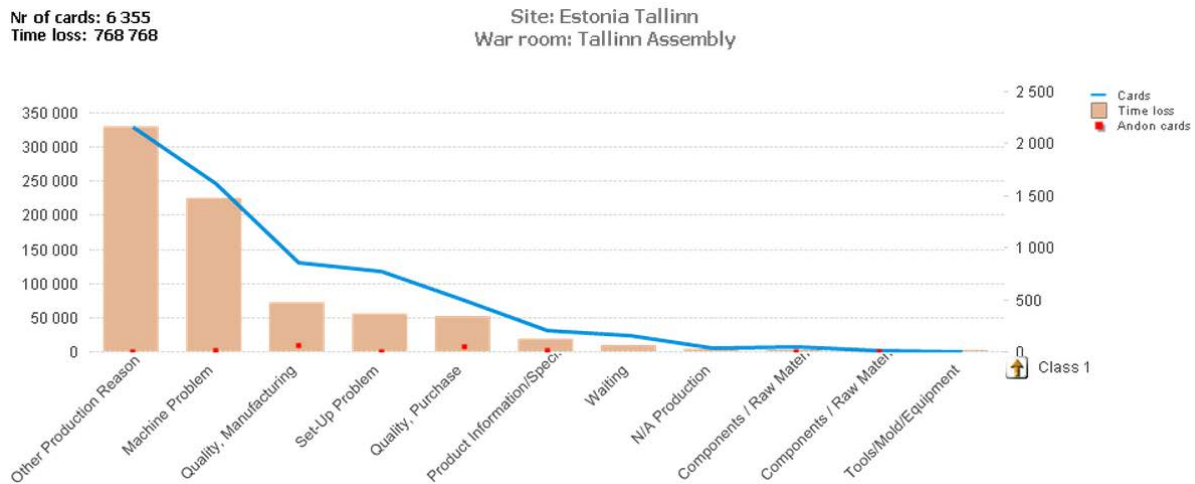
Aasta	2011	2012	2013	2014	2015
<b>Kaokaartide arv</b>	20	222	455	491	375
<b>Kaod minutites</b>	6770	59715	38827	37472	26028

Tabel 2.3.6. Kadude kategooriad ja kadude hulk minutites Freesimisjaoskonnas

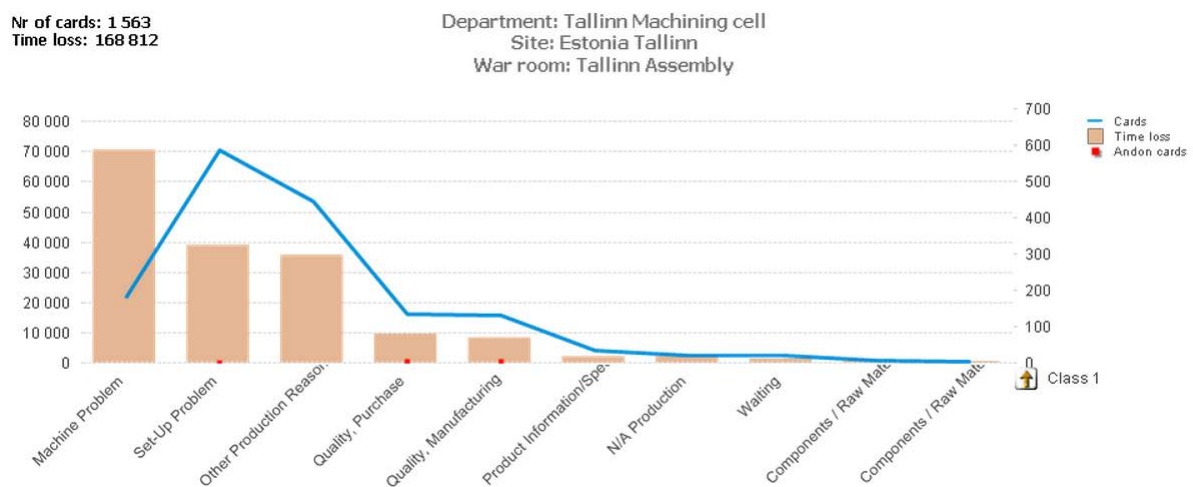
Kategooria	Masina rike	Seadistus	Muu/personal	Kvaliteet
Kaad minutites	70562	39179	41251	17820

Tabel 2.3.7. Algatatud nelja sammu projektide ja kõrvaldatud kadude arv

Aasta	Kokku	Freesimine	Kõrvaldatud kaod kokku		Kõrvaldatud kaod kokku (freesimine)		Andon häirete arv	
	Projektide arv		Tunnid	Minutid	Tunnid	Minutid	Koost.	Frees.
2012	11	3	1501	90072	1067	64005	-	-
2013	21	6	6211	372669	2522	151307	18	1
2014	28	3	2421	145284	1008	60480	91	4
2015	21	3	1242	74496	-	-	43	3
<b>Kokku</b>	<b>81</b>	<b>15</b>	<b>11375</b>	<b>682521</b>	<b>4597</b>	<b>275792</b>	<b>152</b>	<b>8</b>



Sele 2.3.8. Kadude graafiline jagunemine kaokategooriate kaupa koostamisosakonnas



Sele 2.3.9. Kadude graafiline jagunemine kaokategooriate kaupa freesimisjaoskonnas

## 2.4. Andon meetod ja selle rakendamine

*Andon* tähendab jaapani keeles laternat või lampi. Esmakordselt võeti termin *Andon* tootmisega seoses kasutusele Toyota tehases 1950. aastal, kui Ohno hakkas kasutama tootmises *Andon* tahvleid, et tootmises esinevatele probleemide ja kvaliteediriskide puhul oleks tagatud võimalikult kiire reageerimine. *Andon* on visuaalse juhtimise tööriist, mis kajastab operatsiooni staatuse ja annab signaali probleemi tekkimise korral. *Andon* suunab tähelepanu protsessi staatusele (näiteks millised masinad töötavad antud operatsioonis), kõrvalekaldumistele (näiteks masina seisaku aeg, probleemid kvaliteediga, vead seadmetes, operaatori hilinemised, materjalide puudus), vajalikele tegevustele nagu näiteks ümbertegemine. Kõige levinuim *Andon*'i liik on pea kohal rippuv lampidega silt, rida numbreid selle peal, mis vastavad töötavale masinale või operatsioonile. Kui probleem masinatöös on fikseeritud, hakkab vastav numbriga lamp põlema, sama toimub ka juhul, kui operaator tuvastab vea ja vajutab vajalikku nuppu või tõmbab nõõri. Vastava lambi põlemisele järgneb tööde juhataja otsene reaktsioon. Teine *Andon*'i liik on värviline tuli masinate kohal – juhul, kui operatsioonid töötavad korralikult, põleb roheline tuli, kui viga on leitud hakkab tööle punane tuli. [12] [13]

### 2.4.1. Andon meetodi kirjeldus

Ensto tehastele sobiv *Andon* meetod töötati välja Ensto kontserni kvaliteedijuhi poolt 2013. aasta teises pooles. Käesoleva meetodi põhilised eesmärgid on järgnevad:

- Tõsta kvaliteeditaset ja kvaliteediprobleemidele reageerimise kiirust Ensto tehastes.
- Julgustada töötajaid kaasama kõige pädevamad inimesed, et lahendada probleemid, mille puhul tootmise jätkumine on ebaselge või probleem võib kaasa tuua tõsisid kadusid.
- Tõsta kvaliteediprobleemide läbipaistvust ja vähendada probleemide lahendamisele kuluvat aega.
- Toetada pidevat parendamist läbi kadude registreerimise ja elimineerimise.

Johtudes nendest eesmärkidest ja Ensto kontserni kuuluvate tehaste iseärasustest nagu näiteks masinapark ja *layout*, töötati välja *Andon* meetod, mis filosoofiaalt oli identne *Toyota Production System*'is (TPS) rakendatuga, kuid pisiasjadelt nagu visuaalne juhtimine, erines TPS omast. Lõpuks pandi paika järgnevad tegevused, mis on vaja ellu viia, et edukalt käivitada *Andon* meetod tootmistehases:

- 1) Häirete määratlemine – lepitakse kokku, milliste probleemide korral on töötajal õigus anda *Andon* häire. Samuti tuleks selles faasis paika panna, kes reageerivad häirele esimese laine ja kes teise lainena (vajadusel). Sealhulgas peab määrama ka maksimaalse reageerimisaja.
- 2) *Andon* telefonide kasutamine – soetatakse visuaalselt hästi eristatavad telefonid, mis seadistatakse nii, et operaatoril on lihtne anda SMS-i teel häire soovitud inimestele. Antud telefonid on töötajatel ainult *Andon* häirete tegemiseks ja muuks otstarbeks neid kasutada ei ole lubatud.
- 3) *Andon* vestide kasutamine – kõikidele *Andon* häire andjatele ja reageerijatele on vajalik soetada visuaalselt kergesti eralduv vest, mida kõik antud häirega tegelevad töötajad on kohustatud kandma.
- 4) *Andon* teenindusjaamade üles seadmine – igas osakonnas peab olema koht, kus asuvad *Andon* häire läbiviimiseks vajalikud ressursid. Selleks valitud asukoht peaks võimalusel olema antud osakonna keskel või vähemalt asukohas, kus kõigil antud osakonna töötajatel on kiire juurdepääs võimaldatud. Iga *Andon* teenindusjaam peaks olema visuaalselt kergesti märgatav ja sisaldama järgmisi resursse:
  - a. *Andon* häire silt
  - b. *Andon* häire tegemiseks sobiv ajavahemik
  - c. *Andon* kaokaardid
  - d. *Andon* telefon koos laadimisvõimalusega
  - e. *Andon* vest
  - f. *Andon* telefoninumbrid ja nendega seotud isikute nimed
- 5) *Andon* kaokaartide valmistamine – iga *Andon* häire tagajärjel peab tekkima kaokaart *War Room*'i seinale. *Andon* kaokaart erineb tavalistest kaokaartidest selle poolest, et on ära tuntav oranži värvi järgi ja kaardile on lisatud lisalahter, kuhu märgitakse häirele reageerimiseks kulunud aeg. *Andon* kaokaartide täitmine annab pikas perspektiivis hea ülevaate kvaliteediprobleemidest.
- 6) *Andon* kaokaartide andmebaas – selleks, et *Andon*'iga seotud kadusid oleks lihtne eristada teistest kadudest ja Pareto meetodil analüüsida, on kohustuslik *Andon* häiretega seotud kaod kadude andmebaasis märkida teistest kadudest erineva värviga (oranž).

Neid kuut lihtsat tegevust kasutades on võimalik *Andon* meetodit kiiresti ja põhjalikult rakendada igas Ensto kontserni tehases. Järgnevas peatükis on kirjeldatud, kuidas *Andon* meetodit rakendati nende 6 sammu abil Tallinna tehase freesimisosakonnas.



## 2.4.2. Andon meetodi rakendamine freesimisosakonna näitel

Esimese sammuna defineeriti neli erinevat kategooriat, mille puhul töötajal on õigus anda *Andon* häire. Siinkohal peeti silmas asjaolu, et lihtsamate seisakute puhul ei oleks *Andon* häired õigustatud, aga samas probleemide kerkimisel on töötajad julgustatud *Andon* häiret andma. Neli erinevat probleemi, mis defineeriti, on järgnevad:

- Tootmine on seiskunud ja töötajal puudub arusaam, kuidas tootmist jätkata
- Tõsine kvaliteediprobleem
- Probleem, mis vajab kohest reageerimist
- Kõikuv kvaliteet kõrge kvaliteediriskiga toodetes

Sealhulgas määrati, et kõikide Tallinna tehases toimuvate *Andon* häirete puhul on maksimaalne reageerimisaeg 5 minutit. Seda määrates võeti arvesse Tallinna tehase suurust ja asjaolu, et ükskõik millisest tehase nurgast oleks realistlik häiret andnud osakonda jõuda. Siinkohal vajab märkimist, et *Andon* häire annab töötajale õiguse ja kohustuse katkestada oma tegevus ja esimesel võimalusel reageerida häirele. Viimane tegevus, mis esimese sammu raames tehti, oli *Andon* esimese laine häiregruppide määratlemine. Selleks analüüsiti eelnevaid kadusid ja konsulteeriti freesijate ja nende *team leader*'iga. Selle tulemusel selgus, et põhilised probleemid on seotud freesimisse saabuvate pooltoodete kvaliteediga, seadmete riketega ja joonistes avastatud vigadega. Seega otsustati freesimisse luua *Andon* struktuur, mis on nähtav tabelis 2.4.2..

Tabel 2.4.2. *Andon* struktuur Tallinna tehase freesimisosakonnas

Osakond	Osakond, millega häire on seotud	<i>Andon</i> meeskond	Probleemi kirjeldus
CNC Freesimine	Plastmassi survevalu	Survevalu osakonna tootmisjuht	Probleem, mis on seotud survevalust tulnud defektsete toodetega
		Freesimise <i>Team Leader</i>	
		Kvaliteediinsener	
	Tihendamine	Tihendamise <i>Team Leader</i>	Probleem, mis on seotud tihendamisest tulnud defektsete toodetega
		Freesimise <i>Team Leader</i>	
		Kvaliteediinsener	
	Värvimine	Värvimise <i>Team Leader</i>	Probleem, mis on seotud värvimisest tulnud defektsete toodetega
		Freesimise <i>Team Leader</i>	
		Kvaliteediinsener	
	Hooldusosakond	Mehaanik	Probleem, mis on seotud masina rikkega
		Freesimise <i>Team Leader</i>	
	NPI	NPI insener	Probleem, mis on seotud jooniste ja tootearendusega
Freesimise <i>Team Leader</i>			

Teise sammuna telliti tehasesse kõikidele *Andon* meeskondade liikmetele *Andon* telefonid. Valituks osutusid Ensto telekommunikatsiooni koostööpartneri poolt pakutavad kollased telefonid Nokia Asha 206. Telefoni valikul mängis olulist rolli telefoni hind, värv, funktsionaalsus ja ooteaeg, mis antud seadmel oli kuni 680 tundi. Antud telefon on nähtav seel 2.4.3..



#### Sele 2.4.3. *Andon* telefon

Kolmandaks sammuks *Andon*'i juurutamisel oli paralleelselt teise sammuga oranžide vestide hankimine, mida *Andon* meeskonnad on kohustatud kandma häire ajal. Valituks osutus oranži värvi töövest, mis oli kasutusel juba Tallinna tehase laos. Oranž värv sobis, sest sama värvi kasutatakse *Andon* siltidel ja kaokaartidel. Vest on näha seel 2.4.4. toodud *Andon* teenindusjaama pildil.

Neljanda sammuna seati freesimisosakonna arvutilaua juurde üles *Andon* teenindusjaam. Asukoht valiti selline, sest see on kõige mugavam ja asub kõigi nelja freespingi vahel. Teenindusjaam varustati *Andon* vesti, telefoni, kaokaartide, telefoninumbrite ja kasutusjuhendiga. Samuti on tagatud võimalus soovi korral telefoni laadida.



Sele 2.4.4. *Andon* teenindusjaam freesimisosakonnas

Peale teenindusjaama üles seadmist jätkati viienda sammu elluviimisega. Selleks loodi freesimisosakonnas ja terves koostamisosakonnas ühine *Andon* kaokaart, mis erineb mõnevõrra teistest kaokaartidest. Tavaliste kaokaartidega võrreldes täiustati *Andon* kaokaarti vastavalt Ensto tehaste ja tootmisoperatsioonidele vastavaks. Sellega seoses tehti *Andon* kaokaart mõõtmetelt suuremaks ja tunnusvärvina kasutati oranži. Samuti lisati kaks uut lahtrit: „reageerimisaeg“ ja „ennetavad tegevused ja vastutajad“. Reageerimisaja info on vajalik tootmist juhtivale personalile, et hinnata *Andon* häirete efektiivsust ja vajadusel täiendavate meetmetega häirete reageerimisele kuluvat aega vähendada. Peale kaokaardi valmistamist trükiti kaokaardid ja asetati *Andon* teenindusjaamas olevasse dokumendihoidjasse, kus töötajal on mugav kaokaarti haarata ning seda täita. Peale iga *Andon* häiret on töötaja kohustatud täitma *Andon* kaokaardi asjakohase infoga, sisestama info kaokaartide andmebaasi ning asetama kaokaardi Kadude Koondamise Tahvlile. Freesimisosakonnas kasutusel olev *Andon* kaokaart on toodud seel 2.4.5..

0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110
Üks vahe 5 min.																						
<b>Töökoht :</b>	<b>ANDON</b>	Reageerimisaeg	Toode	Kogus																		
	Probleemi täpsem kirjeldus MIS, KUS, MIKS juhtus?																					
	Kohesed parendus tegevused kaopõhjuste likvideerimiseks? Kuidas reageeriti?																					
	Ennetavad tegevused ja vastutajad																					
Toimumise kuupäev ja kaardi täitja																						

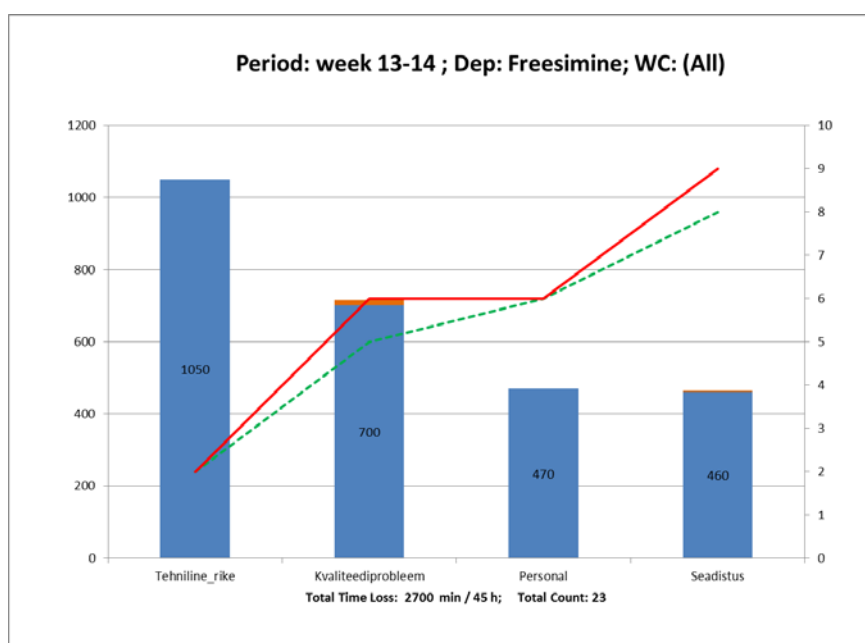
Sele 2.4.5. Freesimisosakonnas kasutusel olev *Andon* kaokaart

Viimase ehk kuuenda sammuna Andon meetodi juurutamisel Ensto Ensek ASi Tallinna tehase freesimisosakonnas täiendati kaokaartide andmebaasi selliselt, et *Andon* häiretega lisanduv info oleks mugavalt kättesaadav. Esiteks lisati kadude andmebaasi 3 uut lahtrit: reageerimisaeg, ennetavad tegevused ja *Andon*. Reageerimisaja lahtrisse sisestab töötaja *Andon* häirele reageerimiseks kulunud aja. Ennetavate tegevuste lahter lisati andmebaasi selleks, et töötaja saaks sisestada kaokaardil vastavas lahtris oleva info ka andmebaasi. Viimane lahter nimetusega *Andon* lisati eesmärgil, et info analüüsimist lihtsustada ja *Andon* häiretega kadude leidmist kiirendada. Selle lahtri täitmisel tuleb töötajal valida variant *Andon* või lahter tühjaks jätta. Täiendatud andmebaasi on võimalik näha seel 2.4.6..

CARD DATA										QUICK ANALYSIS				
Häivokort in laadja	Tiimilunnus	Kone / Tyopiste	Aikahäviö (min)	Andoni reageeri	Andon	Häivön Kuvaus	Välittömät toimenpiteet	Ennetävät meetmed	pvm	Häivön pääluokka	Häivön alaluokka	vk	kk	w
Contact	Department	Workcell	Time Loss (min)	Andon Response Time	Andon	Main Reason Description	Immediate Actions	Preventive Actions	Date	Reason Classification	Secondary Reason Classification	Week	Month	Year
Ilmar	Freesimine	MT80	60	55	ANDON	PMR1805.1 kaaned pikema külje pealt kumerad.	Kumerus lubatud.	Teavitati survevalu	20.12.2013	Kvaliteediprobleem	KVAL: TOOTMINE	51	12	2013
Ilmar	Freesimine	MT82	5	2	ANDON	Ei saadud jooniseltsi, kas möt on antud põhjast või jalast.	Suurednasi me joonist arvutist, et saada selgust.	Teavitati lootearendust	18.3.2014	Seadistus	SEAD: TÖÖLINE	12	3	2014
Timo	Freesimine	MT79	15	2	ANDON	Kaaned ja põhjad ei lähe hästi kokku, vahe jääb sisse hingede juurde.	Kvaliteet lasi toote läbi, pidi sobima.	Teavitati survevalu	28.3.2014	Kvaliteediprobleem	KVAL: TOOTMINE	13	3	2014

#### Sele 2.4.6. Freesimisosakonna kadude andmebaas peale *Andon* meetodi rakendamist

Teiseks täiendati kaokaartide andmebaasis olevaid Pareto diagramme. Selleks värviti diagrammi see osa, mis on seotud *Andon* häirega, oranžiks, et visuaalselt oleks lihtne eristada tavalisi kadusid ja häiretega seotud kadusid. Microsoft Excel 2007 tabelitöötlusprogrammis on selliselt võimalik tabelis tulpasid lihtsalt eristada. Näide on toodud seel 2.4.7., kus on toodud freesimisosakonna kadude jaotus 2014. aasta 13. ja 14. nädalal.



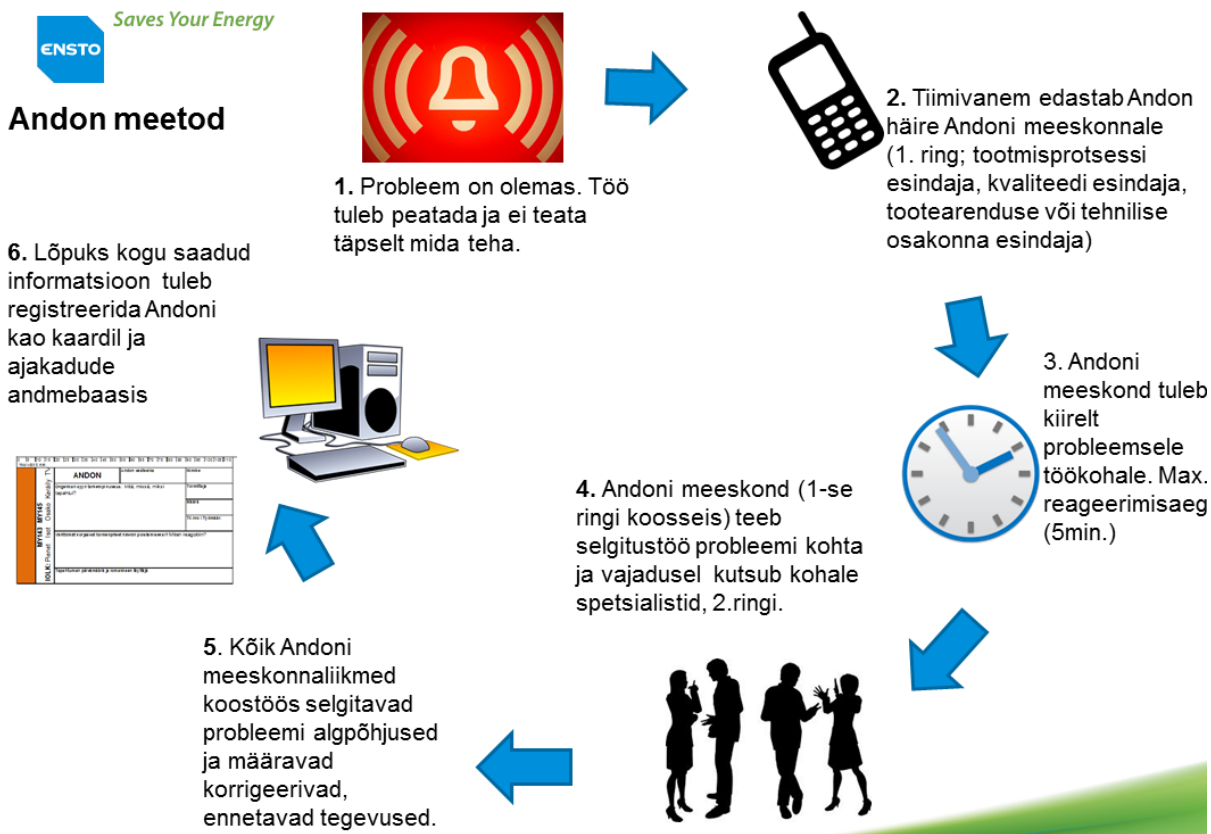
#### Sele 2.4.7. Freesimisosakonna Pareto diagramm peale *Andon* meetodi rakendamist.

Sinise värviga tulp on kaotatud minutite arv, mis on seotud tavaliste kadudega, ja oranži värvi tulp on kaotatud minutite arv, mis on seotud *Andon* häiretega. Samuti on võimalik eristada

kaokaartide arvu. Punane joon graafikul on kogu kaokaartide arv, kaasa arvatud *Andon* kaokaardid. Roheline punktiirjoon näitab tavaliste kaokaartide arvu, kuhu ei ole sisse arvestatud *Andon* kaokaarte.

Peale kaokaartide andmebaasi täiustamist oli kõik tehtud, et *Andon* meetodit oleks võimalik hakata rakendama. Seejärel koolitati freesimisosakonna töötajaid Tallinna tehase protsessiinseneri poolt, kes vastutas Andoni juurutamise eest Tallinna tehases. Koolituse käigus tutvustati töötajatele *Andon* meetodit ja ajalugu. Samuti näidati neile esialgset Ensto *Andon* standardit, mis kehtis kõikidele Ensto tehastele ja millele tuginedes hakati käesolevat meetodit juurutama. Sellele järgnes *Andon* meetodi praktiline koolitus, mille käigus töötajad pidid harjutama häire andmist ja sellele reageerimist. Selle tulemuseks oli detailne tegevusplaan (vt. sele 2.4.8.), mis pandi paika freesimisosakonna töötajate ja koolitaja koostöös *Andon* häire puhul. Antud tegevusplaan on toodud järgnevalt:

- Töötaja avastab probleemi, selgitab selle iseloomu ja peatab töö
- Töötaja annab *Andon* häire, saates *Andon* telefoniga SMS-häire *Andon* meeskonnale
- Töötaja paneb selga punase vesti, et ta oleks kergesti eristatav tehases
- *Andon* häire saanud töötajad panevad selga punased vestid ja peavad maksimaalselt 5 minuti jooksul saabuma häire andnud osakonda
- *Andon* meeskond üritab leida probleemile lahenduse. Kui probleemile lahendust ei leita, teavitatakse vajadusel teise laine töötajaid või lepitakse kokku edasistes tegevustes.
- Ideaalis peab häire lõppema sellega, et on selgitatud probleemi algpõhjus ning määratud korrigeerivad ja ennetavad tegevused. Suuremate probleemide puhul võib häire lõppeda ka edasise tegevuskava üle otsustamise ja tootmise peatamise üle otsustamisega.
- Peale häiret täidab häire andnud töötaja *Andon* kaokaardi, sisestab selle andmebaasi ja asetab kaokaardi Kadude Koondamise Tahvlile.



### Sele 2.4.8. *Andon* meetodi tsükkel

Peale koolitust, mis toimus 12.12.2013, on *Andon* meetod koostamisosakonnas ja sealhulgas ka freesimisosakonnas rakendatud. Hetkel on käimas *Andon* pilootprojekt erinevate Ensto kontserni tehastes. Tallina tehase pilootprojekt hakkas tihendamisosakonnast 2013. aasta kolmandas kvartalis ja alates 2014. aasta algusest on terves Tallinna tehases pilootprojekt töös. Pilootprojektide kestus on pool aastat kuni aasta ja peale seda otsustatakse Ensto juhtkonna poolt, kas jätkatakse *Andon* meetodi rakendamisega tehastes, kas meetodit muudetakse või projekt lõpetatakse.

### 2.4.3. *Andon* meetodi tulemused

*Andon* meetod on kasutusel alates 2013. aasta lõpust. Selle aja jooksul on terves koostamisosakonnas tehtud 152 *Andon* häiret ja freesimisjaoskonnas 8 *Andon* häiret. Tulemused on toodud tabelis 2.3.7. Antud häirete sagedust saab lugeda normaalseks, arvestades, et häiret antakse ainult juhul, kui töötaja on teadmatuses edasise tegevuse suhtes. Osakonnajuhatajad ja eestöölised julgustavad pidevalt töötajaid kasutama *Andon* meetodit probleemide ja väljakutsete puhul, mille jaoks töötajatel puuduvad kindlad juhised.

### 3. TASUVUSARVUTUS UUE FREESPINGI SOETAMISEKS

Investeeringute eelarvestamine (*Capital budgeting*) on oluliste pikaajaliste projektide, mis nõuavad suuri investeeringuid ja mille tulud ning kulud ulatuvad kaugemale tulevikku, identifitseerimis-, hindamis- ja valimisprotsess. Projektideks võivad olla näiteks uue varustuse ostmise, uue tehase ehitamine, uute toodete turule toomine vms. Investeeringute eelarve on organisatsiooni pikaajalises perspektiivis mõjutavate suuremate kulutuste plaan. Investeeringute eelarveid koostatakse selleks, et viia organisatsioon investeeringu strateegiate ja pikaajaliste plaanidega vastavusse. Organisatsiooni konkurentsivõime tulevikus sõltub eelnevatel eelarveperioodidel tehtud investeeringutest. Perioodi investeeringute eelarvestamiseks vajalikud ressursid ja planeeritud tegevused peavad sisalduma investeeringute eelarves. Lihtsaim viis investeeringu tasuvusest aimu saada, on investeeringu tasuvusaja arvutamine. Tasuvusaeg näitab, kui kiiresti äri käivitamiseks investeeritud raha tagasi teenitakse. Ent suurte ja pikaajaliste äriprojektide puhul ei anna tasuvusaeg projekti tasuvusest päris õiget pilti, sest see ei arvesta raha aegväärtust. Seepärast on investeeringute eelarvestamisel soovitatav kasutada raha aegväärtust arvestavaid meetodeid. [16]

#### 3.1. Hetkeolukorra kirjeldus

Hetkel on Ensto Ensek AS Tallinna tehase freesimisosakonnas kasutusel Fanuc Robodrill CNC-juhtimisega freespingid. Fanuc freespinkide töötsükli etapid ja ajakulu on toodud tabelis 3.1. Ajakulu arvutamiseks võeti ettevõtte ERP süsteemist IFS tootmisraportist viimase 12 kuu andmed perioodil 1.04.2014 kuni 31.03.2015. Tabelis on etappide kirjeldus ja ajakulu nende etappide läbimiseks. Viimases lahtris on arvatud viimase aasta keskmine ajakulu antud tsükli kohta, kuna antud etapi läbimine on toodete kaupa erinev.

Tabel 3.1. Freespinkide töötsükli etapid

Nr.	Etapp	Ajakulu, s	Kommentaar
1.	Rakis liigub tööasendisse, frees liigub detaili juurde	0,9 s.	
2.	Freesimine	10-200 s.	Keskmine: 60 s.
3.	Frees liigub algasendisse, rakis liigub algasendisse	0,9 s.	
4.	Töötaja avab ukse, eemaldab valmis toote(d) ja asetab uue(d) pooltoote(d) rakisesse, sulgeb ukse ja vajutab käivitusnuppu	15-35 s.	Keskmine: 22 s.



Tabelis 3.1. nähtuv etappide 2 ja 4 suur varieeruvus on seotud väga suurest erinevate toodete ja modifikatsioonide arvust. Hetkel valmistavad freespingid üle 450 erineva tooteartikli ja pidevalt lisanduvad uued kliendikohastatud tooted. Sellest ka suur varieeruvus, mis sõltub freesitavate avade arvust ja suurusest ning rakises olevast toodete arvust. Arvutustes kasutame etapi 2 ja 4 puhul keskmisi väärtusi.

Käesoleva töö valmimise ajal töötasid freesimisosakonnas 3 Fanuc Robodrill freespinkki kahes vahetuses ja viis päeva nädalas. Tootmise monitoorimissüsteemi *ARROW Machine Tracking*'u järgi on antud seadmete keskmine kasutusaste 70% tööajast. 30% tööajast masin seega seisab kas erinevate rikete, seadistuste, puhkepauside või puhastuse tõttu. Seega töötab üks freespink nädalas keskmiselt 56 tundi ja keskmine töötsükkel on 83,8 s. Üks freespink valmistab nädalas keskmiselt 2400 valmistoodet. Igas vahetuses töötab 3 töötajat, kellest üks on operaator-seadistaja ja ülejäänud 2 on operaatorid.

### **3.2. Probleemi kirjeldus ja ülesande püstitus**

Seoses sooviga pakkuda oma klientidele kliendikohastatud karbikutelahendusi 5 tööpäeva jooksul, on Enstos alustatud projektiga, mille ülesandeks on välja uurida karbikute tarneahela kitsaskohad ja nendega tegeleda. Tarneaegade lühendamise on vajalik, et püsida konkurentsivõimeline hetkel valitsevas turusituatsioonis, kus Ensto konkurendid suudavad Kesk-Euroopa turule pakkuda tooteid ühe nädala jooksul. Alustatud projekti käigus selgus, et Tallinna tehase freesimisosakonna koormus on üks pudelikaelu antud protsessis. Suure koormuse all on käesolevas peatükis mõeldud seda, et kuigi koormus on ühtlane, on tööd kuni nädala pikkune järjekord. Võimalused freesimisosakonna suure koormusega tegelemiseks on toodud järgnevalt:

- Tõsta vahetuste arv kahelt kolmele
- Soetada uusi seadmeid ja tõsta tootmisvõimsust
- Prioritiseerida vajalikke tootmistellimusi
- Tõsta seadmete efektiivsust

Kuna vahetuste arvu muutmine ja tootmisvõimsuse tõstmine kätkeb endas ka muutusi personalis ja tööjõukuludes ning tooks ettevõttele kaasa erinevaid riske, leiti, et need kaks lahendust ei ole antud juhul aktuaalsed. Tootmistellimuste prioritiseerimine muudaks hetkel kasutusel olevat tootmise juhtimise süsteemi ja samuti oleks vastuolus ettevõtte ärimudeliga. Seega jäi lauale viimane, neljas variant ja Ensto Ensek AS juht tegi siinkirjutajale ettepaneku uurida erinevaid võimalusi, kuidas tõsta seadmete efektiivsust.

### 3.3. Lahendus

Punktis 3.2. toodud probleemi lahenduseks valiti uus freespink, sest hetkel kasutusel oleva freespingi puhul oli efektiivsuse tõstmine võimalik ainult löikekiiruse arvelt ning antud juhul poleks see suurt efekti andnud. Efektiivsus tõuseks uue freespingi puhul juhul, kui kasutusel oleks pöördlaud või *shuttle*-töölauad. Sellise tehnoloogia kasutamine eemaldaks protsessist tabelis 3.1. toodud 4. etapi. Teoreetiliselt oleks võimalik vähendada tööaega 26%, arvestades, et seade suudab freesida samade parameetritega, millega hetkel kasutusel olev seade töötab. Põhiline võit tuleb selle arvelt, et toodet vahetatakse rakises sama ajal, kui freespink pöördlual teist toodet töötleb.

Uurides erinevate pingitootjate seadmeid, valiti välja Saksa pingitootja Knickmeier GmbH poolt toodetav CNC freespink K1 WitWT2, mis on toodud seel 3.3. [17]



Sele 3.3. Knickmeier GmbH freespink K1 WitWT2

Ülaltoodud freespink on valmistatud alumiiniumist ja plastikust toodete freesimiseks. Tehniliste näitajate poolest on ta võrreldav hetkel kasutatavate Fanuc Robodrill CNC freespinkidega. Knickmeieri poolt toodetud freespingi kasutamisega oleks saadav kasu järgnev: [17]

- Tööaeg väheneb keskmiselt 26%
- Universaalsed pneumaatilised rakised

- Operaator veedab masina taga vähem aega – pikemate tööaegade puhul on võimalik 2 masinat korraga teenindada

Seega on Knickmeieri freespink kõige optimaalsem alternatiiv ja järgnevad tasuvusarvutused on läbi viidud antud seadmele.

### 3.4. Tasuvusarvutus

Tasuvusarvutusel kasutati järgnevaid investeeringute eelarvestamise meetodeid:

- Puhasnüüdisväärtus (NPV)
- Kasumiindeks (PI)
- Sisemine tulumäär (IRR)
- Modifitseeritud sisemine tulumäär (MIRR)
- Diskonteeritud tasuvusaeg (DT)

Meetodite kirjeldus on toodud järgnevalt:

Puhasnüüdisväärtus:

$$NPV = I_0 + \sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{C_n}{(1+i)^n} \quad (3.1)$$

kus  $I_0$  – Investeeringu summa

$C_n$  – Tulevikus laekuvad summad

$i$  – Nõutav tulumäär investeeringult ehk kapitali hind

$n$  – Aasta

Otsuse langetamine NPV alusel:

- $NPV > 0$ , investeerida, sest investeeringu väärtus on väiksem kui juurdekasvuliste rahavoogude praegune väärtus
- $NPV = 0$ , investeerida või teha täiendav analüüs, investeering teenib täpselt nii palju tulu, kui oli nõutav tulumäär
- $NPV < 0$ , tagasi lükata, sest investeeringu väärtus on suurem kui juurdekasvuliste rahavoogude praegune väärtus

### Kasumiindeks

$$PI = \frac{\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{C_n}{(1+i)^n}}{I_0} \quad (3.2)$$

kus  $I_0$  – Investeeringu summa

$C_n$  – Tulevikus laekuvad summad

$i$  – Nõutav tulumäär investeeringult ehk kapitali hind

$n$  – Aasta

Kasumiindeks näitab, kui palju teenib iga investeeritud kapitaliühik.

Otsuse langetamine PI alusel:

- $PI > 0$ , investeerida
- $PI = 0$ , investeering teenib täpselt nii palju tulu, kui oli nõutav tulumäär
- $PI < 0$ , tagasi lükata

### Sisemine tulumäär

Sisemine tulumäär (IRR ehk *internal rate of return*) on diskontomäär (kapitali hind), mille puhul investeeringu puhasnüüdisväärtus võrdub nulliga.

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{C_n}{(1+IRR)^n} - I_0 = 0 \quad (3.3)$$

kus  $I_0$  – Investeeringu summa

$C_n$  – Tulevikus laekuvad summad

$i$  – Nõutav tulumäär investeeringult ehk kapitali hind

$n$  – Aasta

Otsuse langetamine IRR alusel:

- $IRR > i$ , investeerida
- $IRR = i$ , investeerida või teha täiendav analüüs
- $IRR < i$ , tagasi lükata

### Modifitseeritud sisemine tulumäär

Sisemine tulumäär eeldab automaatselt vahepealsete laekumiste reinvesteermist ja laenude võtmist sisemise tulumääraga, aga see pole õige, sest üldiselt on investeeringute tulumäär arvutuste tegemise ajal pigem võrdne diskontomääraga. Seega õigem oleks eeldada, et reinvesteermine toimub diskontomääraga. Sellest veast vabanemiseks kasutatakse modifitseeritud sisemist tulumäära.

$$\sum_{n=0}^{n=\infty} \frac{COF}{(1+i)^n} = \frac{\sum_{n=0}^{n=\infty} CIF(1+i)^{n-1}}{(1+MIRR)^n} \quad (3.4)$$

kus  $COF$  – Väljuvad rahavood  
 $CIF$  – Sissetulevad rahavood  
 $i$  – Diskontomäär  
 $n$  – Aasta

Otsuse langetamine MIRR alusel:

- $MIRR > i$ , investeerida
- $MIRR = i$ , investeerida või teha täiendav analüüs
- $MIRR < i$ , tagasi lükata

Diskonteeritud tasuvusaeg

Diskonteeritud tasuvusaeg näitab, kaua võtab tegelikult aega, et investering ennast ära tasuks.

$$DT = \frac{I_0}{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n DCF_t} \quad (3.5)$$

kus  $I_0$  – Investeeringu summa  
 $DCF$  – Diskonteeritud rahavoog  
 $t$  – Aasta  
 $n$  – Aastate arv kokku

Otsuse langetamine DT alusel:

Investering viiakse ellu, kui  $DT < \text{omaniku/investori poolt aktsepteeritav tasuvusaeg}$ . [16]

### 3.4.1. Lahenduskäik

Algandmete saamise jaoks kasutati Enstos kasutusel olevat ERP tarkvara IFS, kus võeti perioodi 1.03.2014 kuni 28.02.2015 Fanuc Robodrill freespinkidel raporteeritud töötunnid ja Ensto Tallinna tehases kasutusel olev tunnihind freesimisoperaatori puhul. Tasuvusarvutuse puhul eeldatakse, et töö maht tulevikus jääb samaks või tõuseb. Algandmetes on kasutatud ka maksimaalset lubatud tasuvusaega, mis Enstos on tavaliselt 5 aastat. Uute tehnoloogiate, strateegiliste investeeringute ja keskkonda säästvate lahenduste puhul on võimalik kasutada tasuvusarvutustes ka pikemat perioodi, aga antud juhul pole tegu eelmainitud olukordadega. Samuti on algandmetena antud ka diskontomäär, mis Enstos on 7%. Investeeringud, mille tootlus ei ületa 7%, ei ole kasumlikud. Seadme maksumus on võetud seadme tootja

hinnapakumisest ja sisaldab seadme hinda, installatsiooni ja koolitust. Seega on tasuvusarvutuse algandmed järgnevad:

- Seadme maksumus: 59 000 €
- Töötundide arv viimase 12 kuu jooksul: 7875 h
- Töötundide arv 26% aja säästmise korral: 5825 h
- Maksimaalne lubatud tasuvusaeg: 5 aastat
- Diskontomäär: 7%
- CNC-freespingi operaatori tunnihind: 7,05 €

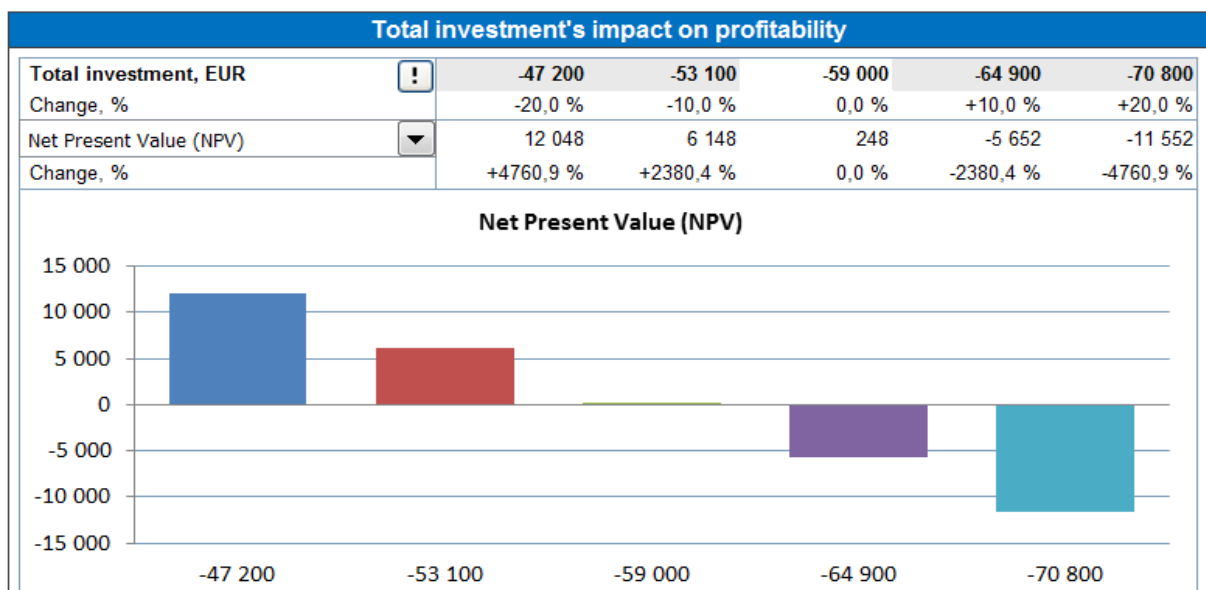
Tuginedes eelnevatele andmetele, sisestatakse antud algandmed programmi *Invest for Excel*, mis on Enstos kasutusel kui ametlik tööriist investeeringute tasuvuse hindamiseks. Kuludena sisestatakse seadme maksumus, mis jaguneb 5 võrdseks osaks (iga aasta 20% seadme maksumusest), ja antud maksumus arvatakse maha iga aasta lõppedes. Seega on amortisatsioonintervall kord aastas, iga aasta lõpus. Tuludena arvestatakse ainult säästu, mida antud investeering annab otsestelt kuludelt. Seega on tuluks 2050 töötundi, mis igal aastal säästetakse, sest arvestatakse, et materjalikulu jääb samaks. Selliselt lähenedes on iga-aastane sääst 14 450 €, kui säästetud töötunnid tänase operaatori tunnihinnaga läbi korrutatakse. Sarnaselt amortisatsioonile võtetakse säästu arvesse korra aastas ja see toimub aasta lõpus. Sisestades antud andmed *Invest for Excel* programmi, saadakse tulemused, mis on toodud peatükis 3.4.2.

### 3.4.2. Tulemused

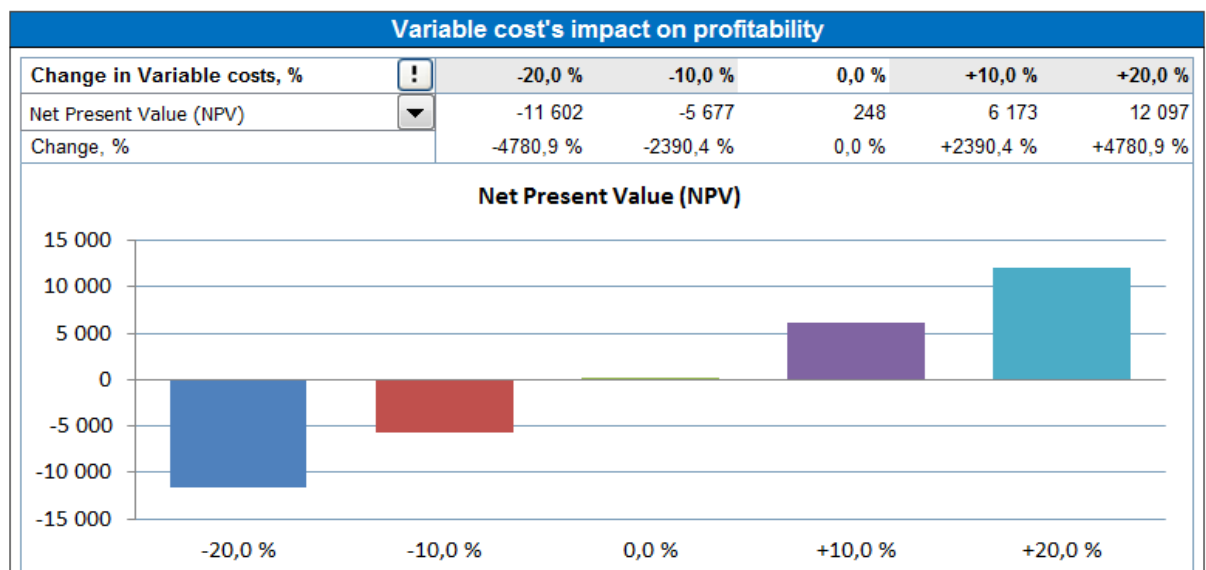
Kui sisestada punktis 3.4.1 toodud algandmed *Invest for Excel* programmi, saadakse tulemused, mille arvutamiseks programm kasutab punktis 3.4. toodud valemide (3.1 kuni 3.5). Tulemused on toodud järgnevalt, samuti on lisatud sele 3.4.4., kus on toodud ekraanitõmmis programmist *Invest for Excel*, mis näitab tulemuste vahelehte:

- Investeeringu maksumus: 59 000 €
- Sissetulevate rahavoogude hetkeväärtus: 59 248 €
- Investeeringu puhasnüüdisväärtus: 248 €
- Investeeringu sisemine tulumäär: 7,16%
- Investeeringu modifitseeritud sisemine tulumäär: 7,09%
- Kasumiindeks: 1,00
- Diskonteeritud tasuvusaeg: 5 aastat

Samuti on *Invest for Excel* kasulik erinevate stsenaariumite läbi mängimiseks ja investeringutega seotud riskide hajutamiseks. Allpool on toodud 2 graafikut, kus esimesel on toodud investeerigu suuruse mõju tulususele ja teisel muutuvkulude mõju tulususele. Graafikud on toodud seel 3.4.2. ja 3.4.3. Seega on võimalik tulemusi võrrelda ka erinevate stsenaariumide korral, kui näiteks seadme maksumus peaks minema suuremaks kui toodud hinnapakkumises või kui töötajate palgad tõusevad igal aastal 10%. Antud juhul on tegu positiivse stsenaariumiga, sest hinnapakkumise hind pole muutunud ja selleks aastaks ennustatakse palga tõusu 5%.



Sele 3.4.2. Graafik: investeeringu mõju tulususele



Sele 3.4.3. Graafik: muutuvkulude mõju tulususele

PROFITABILITY ANALYSIS			
Project description	CNC milling machine		EUR
Nominal value of all investments	59 000	Discounted investments	59 000
Required rate of return	7,00 %		
Calculation term	5,0 years		1/2015 - 12/2019
Calculation point	1/2015	(In the beginning of period)	
<u>Present value of business cash flows</u>		<u>Notes</u>	
± PV of operative cash flow	59 248		
+ PV of residual value	0		
<b>Present value of business cash flows</b>	<b>59 248</b>		
- Present value of reinvestments (maintenance etc.)	0		
<b>Total Present Value (PV)</b>	<b>59 248</b>		
<u>Investment proposal</u>	<u>Nominal</u>	<u>PV</u>	
- Proposed investments in assets	-59 000	-59 000	
+ Investment subventions	0	0	
Investment proposal	-59 000	-59 000	
<b>Net Present Value (NPV)</b>	<b>248</b>	<b>&gt;= 0</b>	
NPV as a monthly annuity	5		
Internal Rate of Return (IRR)	7,16%	<b>&gt;= 7 %</b>	
Modified Internal Rate of Return (MIRR)	7,09%	<b>&gt;= 7 %</b>	
Profitability Index (PI)	1,00	<b>&gt;= 1</b>	
Payback time, years	5,0	Based on discounted FCF	
Return on net assets (RONA), %	16,1 %	Average 5 years	
Economic Value Added (EVA)	585	Average 5 years	
<b>Discounted Value Added (DCVA)</b>	<b>1 941</b>		
<b>Internal Rate of Return based on DCVA (IRRd)</b>	<b>81,85%</b>	<b>&gt;= 7 %</b>	
Modified Internal Rate of Return based on DCVA (MIRRd)	-		
Payback time, years, based on DCVA	3,7		
Cumulative discounted value added 1/2015->12/2017	-730		
Cumulative discounted value added 1/2015->12/2018	346		
Calculation point, Payback	1/2015		
Calculation is made by	Aron Härsing		13.03.2015
Calculation file	C:\Users\aron_harsing\Desktop\Mag. lõputöö\Tasuvusanarvutus\New milling machine calculation.xlsm		

#### Sele 3.4.4. Ekraanitõmmis *Invest for Excel* tulemuste vahelehel

Tulemustest selgub, et kasutatud algandmete puhul on täidetud kõik kriteeriumid selleks, et antud investeering oleks investeerimiskõlblik. Lisaks tasuvusanalüüsile on ka mitmeid teisi kriteeriume, mille põhjal otsustatakse investeeringu sobivuse üle. Enstos on reeglid selliselt paika pandud, et kui investeeringu maksumus ületab 10 000 €piiri, siis tuleb teha programmis *Invest for Excel* tasuvusanalüüs. Kui selle tulemus on positiivne, esitatakse investeerimisettepanek Ensto juhtkonnale, kes nõuab tihtipeale ka täiendavaid põhjendusi, riskianalüüsi ja hetkeolukorra detailset kirjeldust. Järgnevalt on toodud tegurid, mille üle tuleb tavaliselt enne investeerimisettepaneku tegemist detailselt mõelda:

- Ruumipaigutus ja *layout* tehases
- Seadme ühilduvus hetkel kasutuses oleva tarkvara ja protsessidega
- Seadme käivitamisega kaasnevad riskid
- Lisatööjõu vajadus



- Kas antud investeering on vajalik
- Kas antud investeeringul on ka muid kasutegureid peale rahalise kokkuhoiu
- Kas seade sobib olemasolevatele ja arenduses olevatele toodetele
- Kas hetkel kasutusel olev toormaterjal ja tarnijad sobivad
- Muud antud investeeringule omased aspektid ja riskid

Sellele infole tuginedes saab väita, et kuigi tasuvusarvutus on ainult üks osa investeerimisotsuse langetamisest, on see väga oluline osa. Antud tasuvusarvutuse tulemus on info, et uue freespingi soetamine on investeeringuna rentaabel otsus. Enne lõpliku otsuse tegemist tuleb siiski ka kaaluda kõiki muid olulisi aspekte, mis antud investeeringuga kaasnevad.

## 4. HÜLSIPRESSI PROJEKTEERIMINE

Konstrueerimine on üheaegselt nii teadus, kunst kui ka käsitöö. Teadus, sest kätkeb endas distsipliine nagu materjaliõpetus, tugevusõpetus, masinate töökindlus jms. Kunst sellepärast, et sisaldab loomingulisi momente. Konstruktoril peab olema võime oma töö tulemusi ette kujutada ning vajadusel originaalseid lahendusi leida. Käsitöö on konstrueerimine seetõttu, et tuleb vallata tehnilise joonestamise võtteid, kasutada arvutus- ja joonestusprogramme, tunda standardeid. Tehnilis-majanduslikuks võtmeülesandeks projekteerimisel on uue toote efektiivsuse ja konkurentsivõime kindlustamine. [20]

Käesolevas peatükis on kirjeldatud ülesande lahendamist, mille andis Ensto UN (*Utility Networks*) äriüksuse tootearendusosakond Keila koostamistehasele seoses uue toote tootmise alustamisega Keila koostamistehases. Järgnevalt on detailselt kirjeldatud lähteülesannet, toote projekteerimist, toote maksumuse arvutamist ning tolerantside ja istude määramist.

### 4.1 Lähteülesanne

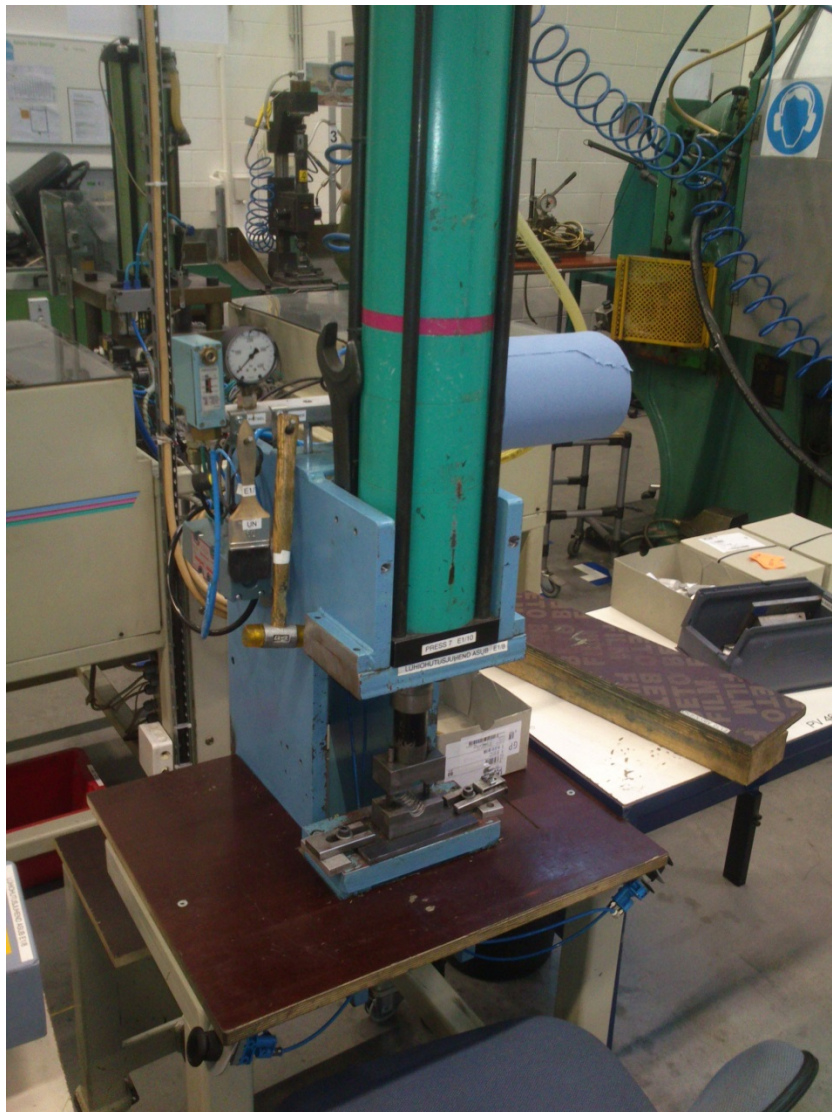
Soome peakorteris baseeruv Ensto UN äriüksuse tootearendusosakond esitas Ensto Ensek AS Keila koostamistehase NPI (*New Product Introduction*) osakonnale Lisas 3 toodud koostejoonise koos koostamisjuhendiga toote ST202 valmistamiseks. Koos antud dokumendi esitamisega määrati NPI osakonnale ülesanne valmistada sobiv töökoht, et antud toodet saaks võimalikult efektiivselt valmistada. Tootmiskogus ei olnud täpselt defineeritud, kuid töökoht pidanuks olema võimeline antud toodet suurseria tootmisena valmistama.

Järgnevalt on kirjeldatud koostamisoperatsioonid, mis on toodud ka Lisas 3 oleval koostejoonisel asetseval koostamisjuhendil:

- 1) Libista seib PUA27 konduktori traatide peale nii, et seibi ümar äär jääks suunaga konduktori isolatsiooni poole.
- 2) Aseta tihvt PT71 hülsi PT70 avasse nii, et tihvti otsad jääksid võrdsele kaugusele hülsist.
- 3) Aseta konduktori traadid hülsi avasse nii, et seibi ja konduktori isolatsiooni vaheline kaugus number 1 (2 mm) oleks tagatud.
- 4) Pressi hülsi, et tekiks ühendus konduktori ja tihvti vahel.
- 5) Kontrolli ühenduse purunemisjõudu 15 tootel tellimuse alguses ja tellimuse lõpus.

## 4.2 Lahendus

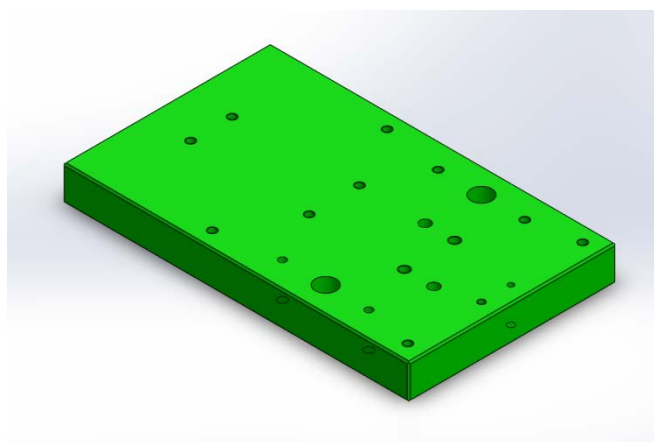
Toote joonist ja olemasolevaid seadmeid Keila koostamistehases analüüsid selgus, et koostamistehases on kasutusel hüdraulilised pressid, mille mõõtmed ja tehnilised näitajad sobivad antud toote valmistamiseks. Hüdrauliline press on toodud seel 4.2. Kuna toote koostamisjuhendis toodud etappidest tehakse käsitsi etapid 1, 2, 3 ja 5, siis antud etapid on võimalik teha pressi juures. Ning 4. etapp valmistatakse pressiga. Kasutusel olevad pressid on universaalsed ja selleks, et eelpool mainitud toodet valmistada, on vaja luua sobivad matriitsid koos ühendusdetailide, piirajate ja kaitsekraaniga. Edaspidi nimetatakse antud koostu hülsipressiks. Hülsipress projekteeriti, kasutades CAD-süsteemi konstruktiivselt. Järgnevalt on toodud hülsipressi projekteerimise protsessi kirjeldus, seadme hinna kalkulatsioon ja tolerantside määramine.



Sele 4.2. Hüdrauliline press

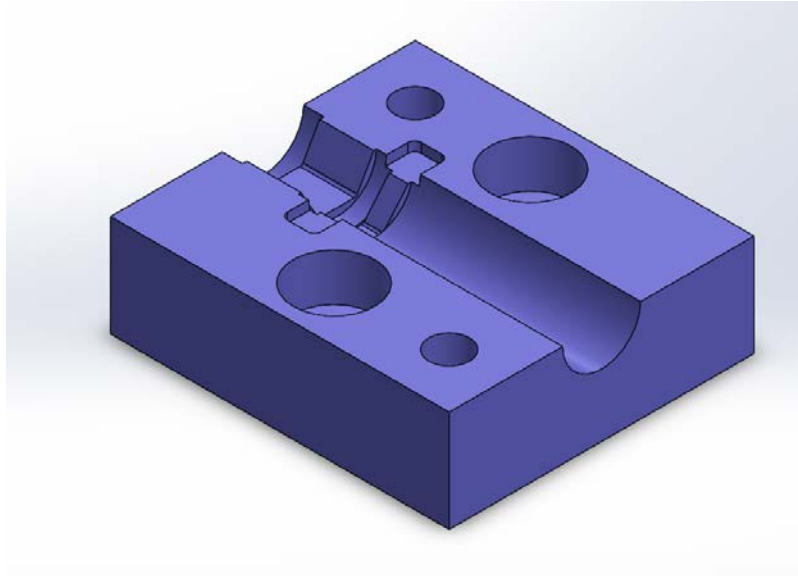
#### 4.2.1. Hülsipressi CAD mudel

Esimesena konstrueeriti alusplaat hülsipressile. Alusplaadile kinnituvad ülejäänud detailid, kasutades selleks tihvte ja polte. Projekteerimise lõpuks oli alusplaadi viimases versioonis 20 ava. Nendest 4 ava tihvtide jaoks ja 16 keermestatud ava suurustega M4, M5 ja M6. Alusplaadi mõõtmed valiti selliselt, et kõik vajalikud detailid sellele ära mahuksid ja plaat omakorda mahuks pressi alla. Alusplaadi CAD mudel on toodud seel 4.2.1. ja tehniline joonis lisas 4.



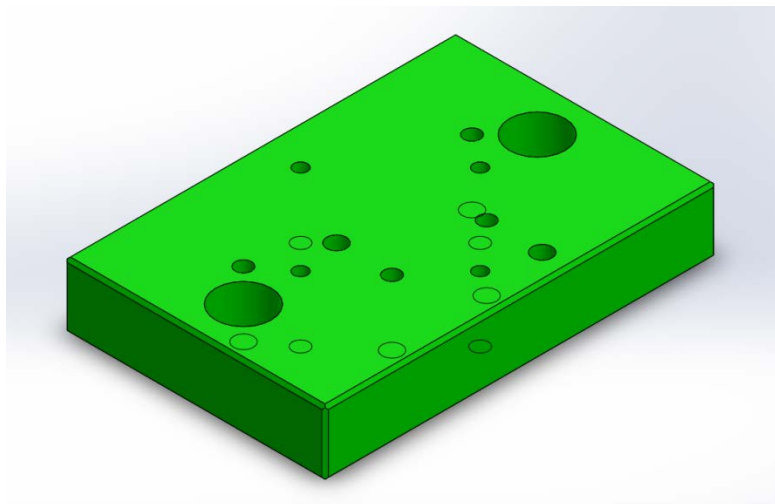
Sele 4.2.1. Alusplaadi CAD mudel

Peale alusplaati projekteeriti matriits, mille ülesanne on pressida tihvt, konduktor ja hüls kokku. Matriitsi puhul on oluline, et see oleks täpselt positsioneeritud, seega on matriitsis peale kahe ava poltide jaoks ka 2 ava tihvtide jaoks. Täpsed tolerantsid ja nende valimine on kirjeldatud peatükis 4.2.2. Matriitsi süvendi kuju valmistatakse toote CAD mudeli järgi ja töödeldakse CNC pingis matriitsi. Matriitse on 2 ja need on mõlemad identsed. Matriitsi CAD mudel on toodud seel 4.2.2. ja tehniline joonis lisas 4.



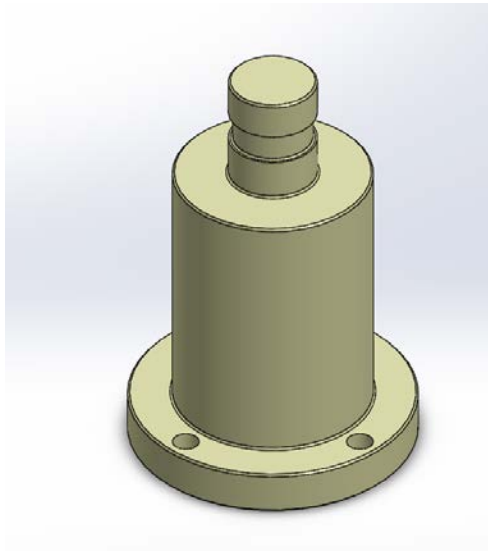
Sele 4.2.2. Matriitsi CAD mudel

Peale matriitsi konstrueeriti ülemine plaat, mille külge ülemine matriits kinnitub, ning mis omakorda kinnitub sabaga pressi külge. Sarnaselt alusplaadiga on ka ülemisel plaadil 4 ava tihvtide jaoks ja 8 keermestatud ava suurusega M4, M5 ja M6, et kinnitada saba, matriitsi ja polte, et fikseerida pukse. Ülemise plaadi CAD mudel on toodud seel 4.2.3. ja tehniline joonis lisas 4.



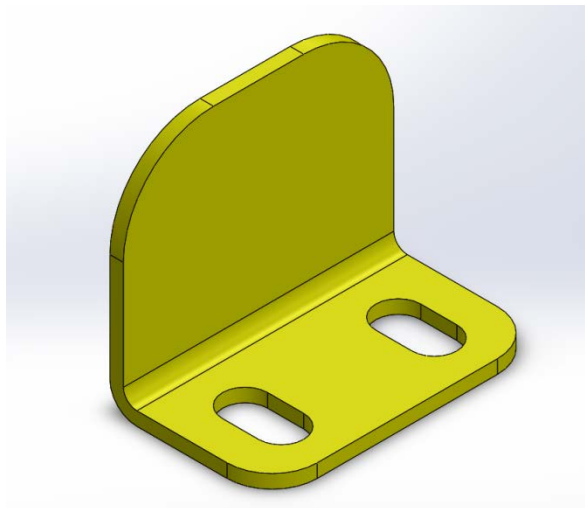
Sele 4.2.3. Ülemise plaadi CAD mudel

Press ühendatakse hülsipressiga saba kaudu, mis omakorda on kinnitatud ülemise plaadi külge. Selleks, et saba saaks pressi külge kinnituda, on sellel sees vastav soon. Saba CAD mudel on toodud seel 4.2.4.



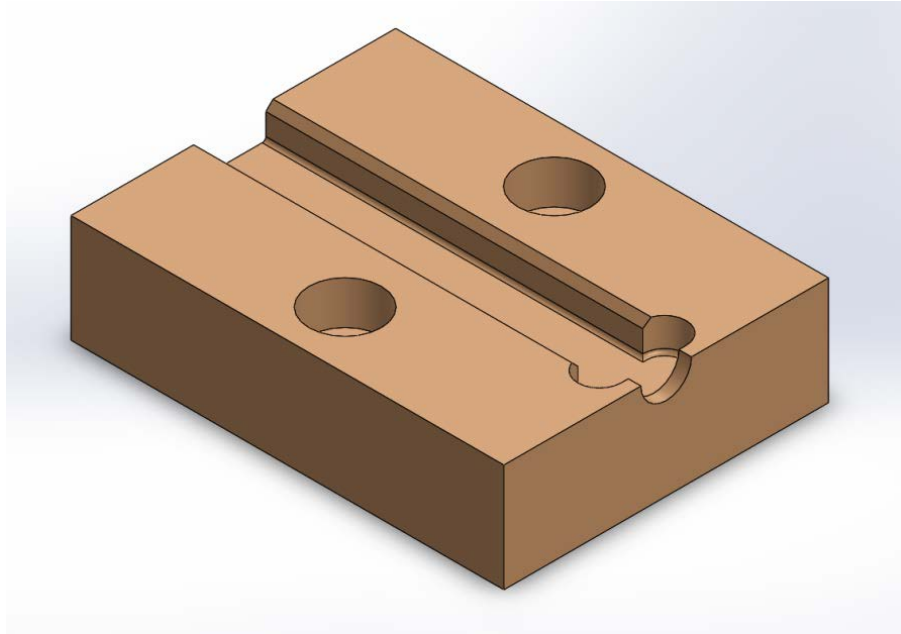
Sele 4.2.4. Saba CAD mudel

Selleks, et koostamisjuhendis toodud soovitud kaugus detailide vahel oleks tagatud, on tootele lisatud tugi, mille kaugust matriitsist on võimalik reguleerida. Tugi kinnitatakse kahe poldiga. Kuna tugesid on mitu, siis antud tugi on märgitud koostejoonisel "TUGI1". Toe CAD mudel on toodud seel 4.2.5.



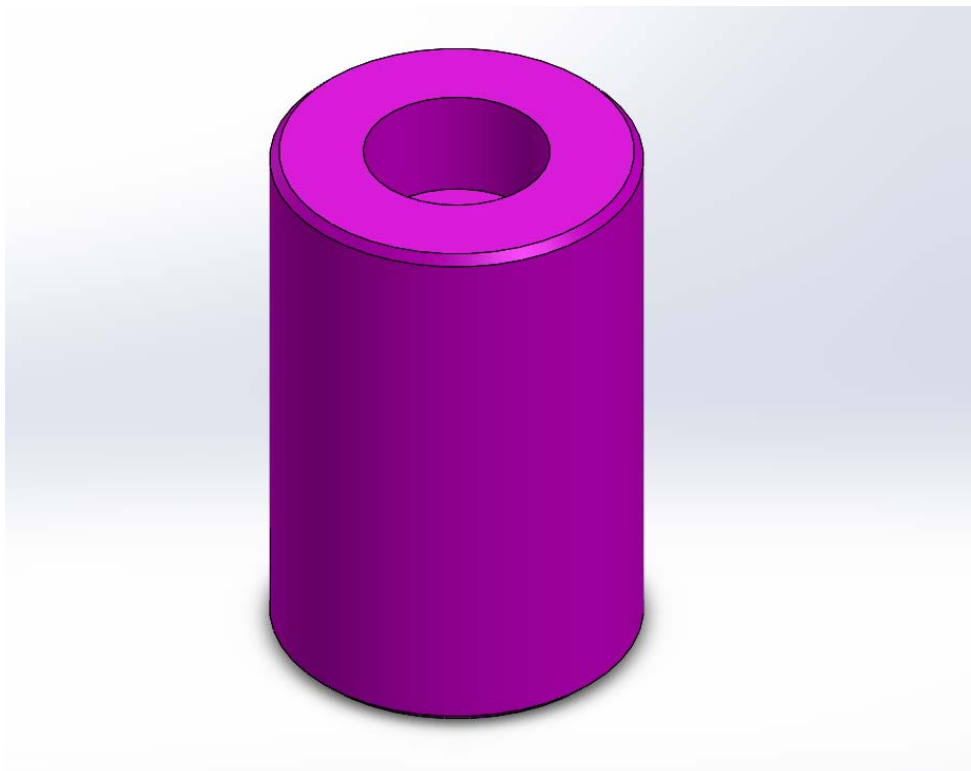
Sele 4.2.5. Toe CAD mudel

Koostu toestamiseks pressimise ajal on hülsipressile projekteeritud ka lisatugi, mis toetub alumisele plaadile ja on selle külge kinnitatud poldidega. Antud lisatugi toestab koostu seda osa, mida ei pressita matriitsi poolt. Lisatugi on märgitud koostejoonisel "TUGI2". Lisatue CAD mudel on toodud seel 4.2.6.



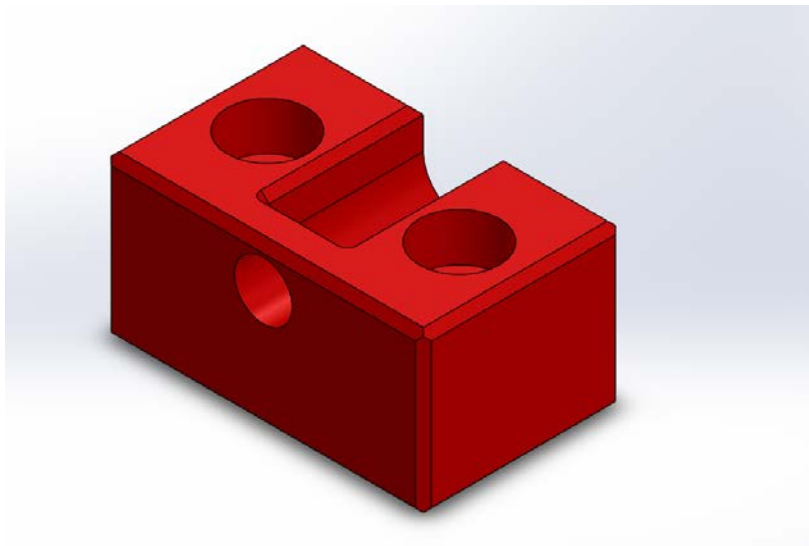
Sele 4.2.6. Lisatõe CAD mudel

Hülsipressile on projekteeritud ka 4 piirajat, et toestada pressi liikuva osa käiku. Piirajate ülesanne on tagada, et matriitside pinnad kuluksid minimaalselt ja pressi liikuva osa käik oleks ühtlane. Piiraja CAD mudel on toodud seel 4.2.7.



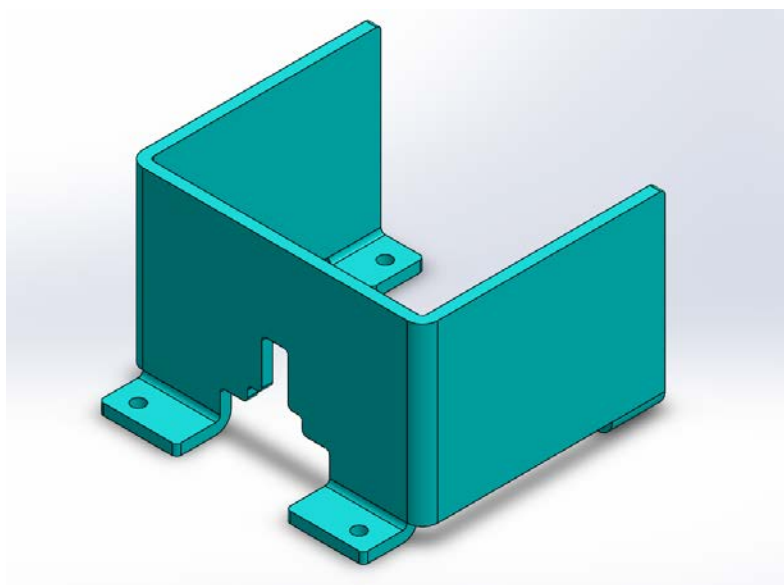
Sele 4.2.7. Piiraja CAD mudel

Peale piiraja on hülsipressile projekteeritud ka hoovatugi. Hoovatoe külge kinnitub vedruhoob, mida vabastades saab koostu fikseerida hülsipressi ja mida tõmmates saab koostu hülsipressist kätte. Hoovatugi on märgitud koostejoonisega "TUGI3". Hoovatoe CAD mudel on toodud seel 4.2.8.



Sele 4.2.8. Hoovatoe CAD mudel

Ohuolukordade ja tööõnnetuste minimeerimiseks on hülsipressile lisatud ka kaitse, mis peaks välistama võimaluse, et seadmel töötava inimese näpud liikuvate osade vahele jäävad. Kaitse CAD mudel on toodud seel 4.2.9.



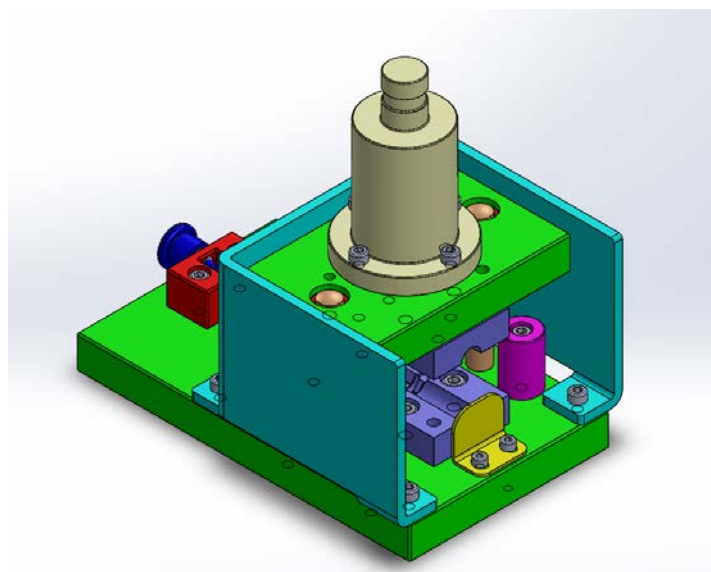
Sele 4.2.9. Kaitse CAD mudel



Järgmisena on toodud nimekiri ostutoodetest, mida hülsipressi projekteerimisel on kasutatud. Samuti on lisatud lühidalt ka ostutoodete otstarve.

- Vedruhoob GN 822-4-B-ST – toote fikseerimine pressi
- Tihvt DIN6235 12H6x100mm (2 tk) – hülsipressi liikumatu ja liikuva poole omavaheliseks positsioneerimiseks
- Tihvt DIN6235 D6x20mm (4 tk) – matriitside täpne positsioneerimine alumise ja ülemise plaadi suhtes
- Puks Maedler 62352105 (2 tk) – kasutatakse juhikuna hülsipressi liikuva poole jaoks, mööda tihvti 12H6x100mm
- Seib DIN 125 M6 St (2 tk) – puksi fikseerimiseks ülemise plaadi külge
- Polt DIN 912 M5x35mm 12.9 BLK (4 tk) – piirajate kinnitamiseks alumisele plaadile
- Polt DIN 912 M4x10 10.9 St (2 tk) – toe kinnitamiseks alumise plaadi külge
- Polt DIN 912 M6x20 8.8 A2K (4 tk) – matriitside kinnitamiseks ülemise ja alumise plaadi külge
- Polt DIN 912 M6x15 8.8 A2K (2 tk) – seibi kinnitamiseks, et fikseerida puks
- Polt DIN 912 M5x20 8.8 A2K (8 tk) – saba (4 tk) kinnitamiseks ülemise plaadi külge ning lisatoe (2 tk) ja hoovatoe (2 tk) kinnitamiseks alumise plaadi külge
- Polt DIN 912 M5x10 8.8 A2K (4 tk) – kaitse kinnitamiseks alumise plaadi külge

Eelpool toodud 9 valmistatava ja 11 ostetava toote koostamisel saadav hülsipressi koostu CAD mudel on toodud seel 4.2.10. ja Lisas 5 on koostejoonise tehniline joonis.



Sele 4.2.10. Hülsipressi CAD mudel

## 4.2.2 Tolerantsid ja istud

Istuks nimetatakse detailide liikuvuse astet liites, mis näitab, kui hästi detailid üksteise suhtes liiguvad ehk kokku istuvad. Sõltuvalt omavahelisest liikuvuse astmest liigitatakse istud järgmisse 3 kategooriasse:

- Liikuvad istud ehk garanteeritud lõtkuga istud
- Liikumatud istud ehk garanteeritud pinguga istud
- Siirdeistud

Lõtkuga istu puhul on võll enne koostamist avast alati väiksem. Pinguga istu puhul aga suurem. Siirdeistu puhul on osad liited pinguga ja osad lõtkuga. Siirdeistu puhul piisab iseloomustamiseks suurima lõtku ja pingu arvutustest. [19]

$$F_{Cmax} = G_{uH} - G_{IS} , \quad (4.1)$$

kus  $F_{Cmax}$  – suurim lõtk  
 $G_{uH}$  – suurim ava  
 $G_{IS}$  – väiksem võll

$$F_{Imax} = G_{IH} - G_{uS} , \quad (4.2)$$

kus  $F_{Imax}$  – suurim ping  
 $G_{IH}$  – väikseim ava  
 $G_{uS}$  – suurim võll

Väikseimat ja suurimat ava ning võlli mõõdet arvutatakse järgneva 4 valemiga. [18]

$$G_{uH} = N + ES , \quad (4.3)$$

kus  $G_{uH}$  – suurim ava  
 $N$  – nimimõõde  
 $ES$  – ava ülemine piirhälve

$$G_{IS} = N + ei , \quad (4.4)$$

kus  $G_{IS}$  – väikseim võll  
 $N$  – nimimõõde  
 $ei$  – võlli ülemine piirhälve

$$G_{IH} = N + EI , \quad (4.5)$$

kus  $G_{IH}$  – väikseim ava  
 $N$  – nimimõõde  
 $EI$  – ava alumine piirhälve

$$G_{us} = N + es, \quad (4.6)$$

kus  $G_{us}$  – suurim völli

$N$  – nimimõõde

$es$  – völli ülemine piirhälve

Samuti on vajalik arvutada ka ava ja völli tolerants. [18]

$$T_H = ES + EI, \quad (4.7)$$

kus  $T_H$  – ava tolerants

$ES$  – ava ülemine piirhälve

$EI$  – ava alumine piirhälve

$$T_S = es + ei, \quad (4.8)$$

kus  $T_S$  – völli tolerants

$es$  – völli ülemine piirhälve

$ei$  – völli alumine piirhälve

Järgnevalt on toodud kõigi 4 erineva hülsipressis esineva istu kirjeldus ja täielik arvutus. Istude valikul võeti arvesse kogemust ja otstarvet, mida antud ist täitma peab. Istu täielikus arvutustes on kasutatud valemeid (4.1) kuni (4.8) ja tabeleid teostest [18] ja [19].

Esimesena vaatleme istu, mis esineb D6x20 tihvti ning alumise plaadi, D6x20 tihvti ning ülemise plaadi ja D6x20 tihvti ning matriitsi vahel. Antud tihvti ülesanne on fikseerida matriitsi asukoht ülemisel ja alumisel plaadil XY-tasapinna suhtes. Teisisõnu vältida matriitsi liikumist mööda plaadi tasapinda. Selleks valiti siirdeist, kus puuritud avade mõõde on 6H6 ja völli ehk tihvti mõõde on 6m6. Antud ist on viimane siirdeist enne pingistu. Istu arvutus on toodud tabelis 4.2.1..

Tabel 4.2.1. D6x20tihvti istude arvutus

Nimetus	Ava	6H6	Völli	6m6
	Tähistus	Suurus (mm)	Tähistus	Suurus (mm)
<b>Nimimõõde</b>	N	6	N	6
<b>Ülemine piirhälve</b>	ES	+0,009	es	+0,006
<b>Alumine piirhälve</b>	EI	0	ei	+0,015
<b>Tolerants</b>	$T_H$	0,009	$T_S$	0,009
<b>Sobivad detailid</b>	6,000...6,009		6,006...6,015	
<b>Suurim lõtk</b>	$F_{Cmax}$	0,003		
<b>Suurim ping</b>	$F_{Imax}$	0,015		

Järgmisena on toodud istu arvutus, mis käsitleb istu, kus 12 mm läbimõõduga tihvt on alumise plaadi sees. Kuna antud tihvt peab kinnituma alumise plaadi külge, et see käituks ülemise plaadi jaoks kui juhik, valiti siirdeist, mis oleks võimalikult lähedal pingistule, et vältida olukorda, kus tihvt hakkaks alumise plaadi sees liikuma. Selleks valiti puuritud avad mõõduga 12H6 ja tihvt mõõduga 12m6. Istu arvutus on toodud tabelis 4.2.2..

Tabel 4.2.2. D12 tihvti ja alumise plaadi istu arvutus

Nimetus	Ava	12H6	Võll	12m6
	Tähistus	Suurus (mm)	Tähistus	Suurus (mm)
Nimimõõde	N	12	N	12
Ülemine piirhälve	ES	+0,0011	Es	+0,018
Alumine piirhälve	EI	0	Ei	+0,007
Tolerants	T <sub>H</sub>	0,011	T <sub>s</sub>	0,011
Sobivad detailid	12,000...12,011		12,007...12,018	
Suurim lõtk	F <sub>Cmax</sub>	0,004		
Suurim ping	F <sub>lmax</sub>	0,018		

Selleks, et tagada ülemise plaadi liikumine D12 tihvti küljes, on ülemisele plaadile lisatud puks ning puksi ja D12 tihvti vaheline ist on siirdeist, mis valitud võimalikult ligilähedane lõtkistuga, et tagada ülemise plaadi takistamatu ent samas täpselt positioneeritud liikumine mööda tihvti. Et soovitud tulemust saavutada, valiti tihvti 12m6 mõõdu tõttu puks siseläbimõõduga 12F8. Istu arvutus on toodud tabelis 4.2.3..

Tabel 4.2.3. D12 tihvti ja puksi istu arvutus

Nimetus	Ava	12F8	Võll	12m6
	Tähistus	Suurus (mm)	Tähistus	Suurus (mm)
Nimimõõde	N	12	N	12
Ülemine piirhälve	ES	+0,043	es	+0,018
Alumine piirhälve	EI	+0,016	ei	+0,007
Tolerants	T <sub>H</sub>	0,027	T <sub>s</sub>	0,011
Sobivad detailid	12,016...12,043		12,007...12,018	
Suurim lõtk	F <sub>Cmax</sub>	0,036		
Suurim ping	F <sub>lmax</sub>	0,002		

Viimasena tuleb valida puksi ja ülemise plaadi vaheline ist. Puksi ist on välisläbimõõdul 17s8. Selleks, et tagada puksi lihtne koostatavus aga samas täpne positioneerimine, tuleb puurida ülemisse plaati ava, millega puksil tekiks siirdeist. Ülemises plaadis olev ava puuritakse mõõtudega, kus vähim mõõde on 17 mm ja suurim mõõde 17,04 mm. Et tagada puksi liikumatus ülemises plaadis, kinnitatakse see veel ka seibiga, mis hoiab puksi paigal ka juhul, kui ist ei pea puksi liikumist kinni pressi jõudude tõttu. Istu arvutus on toodud tabelis 4.2.4..

Tabel 4.2.4. Ülemise plaadi ja puksi istu arvutus

Nimetus	Ava	17	Võll	17s8
	Tähistus	Suurus (mm)	Tähistus	Suurus (mm)
Nimimõõde	N	17	N	17
Ülemine piirhälve	ES	+0,040	es	+0,055
Alumine piirhälve	EI	0	ei	+0,028
Tolerants	T <sub>H</sub>	0,040	T <sub>S</sub>	0,027
Sobivad detailid	17,000...17,040		17,028...17,055	
Suurim lõtk	F <sub>Cmax</sub>	0,012		
Suurim ping	F <sub>lmax</sub>	0,055		

### 4.2.3 Hülsipressi maksumus

Hülsipressi maksumuse arvutamiseks kasutame detailide tarnijate hinnapakumisi. Hinna sisse ei arvutata toote projekteerimist ja koostamist Ensto Keila koostamistehase tehnikaosakonna poolt, sest see on osakonna töötajate igapäevane tööülesanne. Seega on antud kulud tehase kõikide toodete hinnale juurde lisatud. Selline teguviis lihtsustab toodete hinnakujundust tehases, kus on tuhandeid tooteid. Seega on lihtsam korrutada toote omahind läbi teatud kordajaga, mis võtab arvesse tehases toodetud toodete arvu ja kogu tehase kaudseid kulusid. Hülsipressi maksumus ja kalkulatsioon on toodud tabelis 4.3..

Hülsipressi arvestuslik hind on 1860 € Tabelis 4.3. on võimalik näha, et Vasar valmistab metallist detailid. Vasara hinnapakumises ei ole toodud detailide hinda eraldi, seega tabelis on toodud vaid kõikide Vasara poolt valmistatavate toodete hind. Laserstudio valmistab plastikust kaitse ja ülejäänud ostutooted ostetakse erinevatelt Ensto koostööpartneritelt.

Tabel 4.3. Hülsipressi maksumus

Artikkel	Tarnija	kogus (tk)	tüki hind (€tk)	Hind (€)	Kommentaar
Alumine plaat	Vasar	1	-	1698	Metallist detail (töödeldud)
Matriits	Vasar	2	-		Metallist detail (töödeldud)
Ülemine plaat	Vasar	1	-		Metallist detail (töödeldud)
Saba	Vasar	1	-		Metallist detail (töödeldud)
Tugi	Vasar	1	-		Metallist detail (töödeldud)
Lisatugi	Vasar	1	-		Metallist detail (töödeldud)
Piiraja	Vasar	4	-		Metallist detail (töödeldud)
Hoovatugi	Vasar	1	-		Metallist detail (töödeldud)
Kaitse	Laserstudio	1	112	112	Plastik kaitse
Polt M5x10	Baltic Polt	4	0,1	0,4	Kinnitusvahend
Polt M5x20	Baltic Polt	8	0,1	0,8	Kinnitusvahend
Polt M6x15	Baltic Polt	2	0,1	0,2	Kinnitusvahend
Polt M4x10	Baltic Polt	4	0,1	0,4	Kinnitusvahend
PoltM5x35	Baltic Polt	4	0,1	0,4	Kinnitusvahend
Seib M6	Baltic Polt	2	0,05	0,1	Kinnitusvahend
Puks	Mädler	2	10	20	Ostutoode
Tihvt D6x20	Würth	4	2	8	Ostutoode
Tihvt 12H6x100	Würth	2	4	8	Ostutoode
Vedruhoob	Elesa	1	12	12	Ostutoode
<b>KOKKU:</b>				<b>1860</b>	

## KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli tootmisprotsesside efektiivsuse tõstmine AS-is Ensto Ensek, kasutades selleks erinevaid meetodeid. Protsessid, mis antud seletuskirjas on käsitletud, olid autori arvates väga olulised ja vajasisid kõige rohkem tähelepanu. Efektiivsuse tõstmise eesmärgil rakendati tootmisesse erinevad LEAN-meetodid, viidi läbi uue ja tootliku freespingi tasuvusarvutus ning projekteeriti hülsipress koostamisoperatsioonide efektiivseks sooritamiseks.

LEAN-meetodid 5S, *War Room* ja *Andon* juurutati Tallina tehase freesimisjaoskonnas vastavalt teorias toodud juhiste ja näpunäidetele, kohandades neid osakonna eripärasid arvestades. 5S keskendub sealhulgas töökoha korrale ning puhtusele ja standardiseerituse tõstmisele. *War Room*'i meetodi põhiline ülesanne on tuua esile tootmises esinevad kaod ja vähendada neid vastavalt standardiseeritud protsessile. *Andon* meetodi kasutegur seisneb kiires reageerimises kvaliteediprobleemidele ja tootmisveisakute vähendamises. Kõikide meetodite ühine nimetaja on *Kaizen* ehk pidev parendamine. Tagajärg on see, et 2015. aasta aprilli alguse seisuga on kõik kolm meetodit Tallinna tehase freesimisjaoskonnas edukalt juurutatud ja neid kasutatakse aktiivselt tootmises. Samuti toimub meetodite pidev parendamine, et neid konstantselt paremaks ja efektiivsemaks muuta. Tulemuseks saab lugeda seda, et Tallinna tehases toimuvad iga 2 nädala tagant 5S auditid, mille keskmine tulemus freesimisjaoskonnas on olnud viimastel aastatel üle 90%. *War Room* meetodi puhul on tulemuseks 1563 täidetud kaokaarti freesimisjaoskonnas, tänu millele on algatatud 15 nelja sammu projekti, mis omakorda on aidanud tootmisest likvideerida 4600 tundi kadusid. *Andon* meetodi puhul on 8 korda tehtud tootmistöötajate poolt häire, et lahendada kvaliteediga seotud probleeme ja kõrvaldada seisak võimalikult kiiresti.

Magistritöö teises osas viidi läbi tasuvusarvutus uuele freespingile, mis on mõeldud plastmassist kilpidesse avade freesimiseks. Arvutuste tulemusena leiti, et konstantsete töötundide juures oleks analoogne freespink, millel on 2 *shuttle* töölauda, 26% efektiivsem, sest puudub vajadus seadet seisata, et tooteid vahetada. Sellele infole tuginedes tehti tasuvusarvutus Saksa firma Knickmeier GmbH pingile K1 WitWT2 maksumusega 59 000 eurot. Arvutuste läbiviimiseks kasutati *Invest for Excel* tarkvara. Tulemuseks oli tasuvusaeg 5 aastat 7% diskontomäära juures, mis on Ensto kontserni poolt aktsepteeritav tasuvusaeg uute seadmete puhul.

Viimases osas on kirjeldatud detailselt hülsipressi projekteerimise protsessi. Antud seade on vajalik, et viia läbi efektiivne juhtmekonektorite koostamine Keila koostamistehases. Hülsipress on projekteeritud, võttes arvesse Enstos olevate hüdrauliliste presside parameetreid ja eelnevaid kogemusi. Magistritöö jooksul on välja töötatud hülsipressi CAD mudel, tööpõhimõte, istud ning valmistatud detaili- ja koostejoonised. Samuti on arvutatud seadme hind, milleks on 1860 eurot. Koostejoonis ja detailijoonised on toodud käesoleva töö lisadena ning nende ja CAD mudelite valmistamiseks kasutati *SolidWorks* tarkvara.

Autori hinnangul on käesoleva magistritöö tulemus väga hea, sest tulemused kinnitasid seda, et käsitletud aspektides on võimalik efektiivsust tõsta. LEAN-meetodid vähendavad kadusid, uus arvjuhtimisega freespink töötab efektiivsemalt ning tasub ennast juba 5 aastaga ära ja hülsipress annab standardiseeritud tulemustega tooteid võrreldes universaalsete tööriistadega. Samuti oli käesolev töö arendav nii autorile kui ka kasulik autori tööandjale.



## SUMMARY

The aim of this thesis was increasing the efficiency of production processes in Ensto Ensek AS. Processes that are covered in this paper were important and needed utmost attention. In order to increase the efficiency, lean tools were implemented, investment analysis of CNC milling machine was carried out and press tool for connector end body was designed to execute effective assembly operations.

Lean production tools 5S, War Room and *Andon* were implemented in Tallinn plant CNC milling department according to theoretical instructions, adapting them to the needs of certain workcell. The aim of 5S is to ensure cleanliness and order in workcells to raise the level of standardization. The main goal of War Room tool is to bring out time losses that are apparent in production and reduce them by using fixed process. *Andon* tool's benefit is creating framework to have quick reaction to production stops and reducing quality issues. The common aspect to all tools is *Kaizen* which means continuous improvement. As a result of this work, all three tools are successfully implemented and actively used in CNC milling department. Efforts to constantly improve have continued after tools have been implemented. The results of the implementation of abovementioned tools are as following. There are 5S audits carried out in Tallinn plant milling department every two weeks. Average results of those audits have been over 90% during last few years. For War Room, the results can be seen from 1563 loss cards that have been filled and 15 four step projects that have been started based on them. These projects have resulted in eliminating 4600 minutes of losses from production. *Andon* tool has been used 8 times by production workers to solve quality issues and eliminate production stops.

Second part of the thesis focused on investment analysis of CNC milling machine which is suitable for milling holes in plastic enclosures. As a result of calculations, it is noted that milling machine with two shuttle tables will be 26% more effective than current solution. Due to this, investment analysis was carried out to acquire German company's Knickmeier GmbH milling machine K1 WitWT2. The price of the machine is 59 000 euros. Invest for Excel software was used for investment analysis and result was 5 year payback time with discount rate of 7%. This result is acceptable by Ensto Group when deciding on new investments.

In the last chapter of the thesis a detailed design of press tool for connector end body was presented. This device is needed in order to effectively assembly connectors in Keila assembly department. This press tool is designed based on previous experiences with similar equipment and the parameters of existing hydraulic press. CAD models, working principles, fits and technical drawings were engineered in order to design press tool. Also, the price of the tool was calculated and the result was 1860 euros. Part drawings and assembly drawing of this press tool are added to this thesis and can be found in extras. SolidWorks software was used to create CAD models and technical drawings.


In the opinion of the autor, the result of this thesis is very good as results confirmed the hypothesis that it is possible to increase efficiency in processes concerned. Lean tools are reducing production time losses, new milling machine will be more effective and its payback time is 5 years. Also, the press tool will make assembly process more effective compared with generic tools. This thesis was good for the author to develop as engineer and also beneficial for company Ensto Ensek AS.

## KASUTATUD KIRJANDUS

1. Ensto Enseki koduleht. Ensto kontakt. [WWW]  
<http://www.ensto.com/ee/kontaktid> (29.01.2014)
2. Ensto Enseki koduleht. Ensto kontsern. [WWW]  
<http://www.ensto.com/ee/ensto> (29.01.2014)
3. EM Grupi finantsülevaade. [WWW]  
<http://www.emgroup.fi/index.php/en/figures> (29.01.2014)
4. Uuenduslik tootmine: käsiraamat / Riives J. Tallinn: TTÜ kirjastus, 2011.
5. Womack, J.-P., Jones, D.-T. Lean Thinking. USA: Free Press, 2003.
6. Womack, J.-P., Jones, D.-T., Roos, D. The Machine that Changed the World. UK: Simon & Schuster UK Ltd, 2007.
7. The Telegraph; Automüügi edetabel 2013 [WWW]  
<http://www.telegraph.co.uk/motoring/car-manufacturers/toyota/10594637/Toyota-still-the-worlds-biggest-car-manufacturer.html> (26.03.2014)
8. Kalle, E. Tootlikkuse kasvu juhtimine ettevõttes. Tallinn: Külim, 2007.
9. Kokla, M. Tootlikkuse käsiraamat operaatoritele. Tallinn, 2010.
10. Wader, M. Lean Tools. Leadership Excellence International, 2002.
11. Peterson, J., Smith, R., The 5S Pocket Guide. Productivity Press, 1998.
12. Lean Enterprise Estonia. *Andon* artikkel [WWW]  
[http://lean.ee/index.php/et/?option=com\\_content&view=article&id=29&Itemid=18](http://lean.ee/index.php/et/?option=com_content&view=article&id=29&Itemid=18)  
(16.04.2014)
13. Liker, J. The Toyota Way. USA: McGraw Hill, 2004.
14. Klass, O. S., Biham, O., Levy, M., Malcai, O., Soloman, S. The Forbes 400 and the Pareto Wealth Distribution. Economics Letters, 2006.
15. Koch, R., The 80/20 Principle: The Secret of Achieving More with Less, London: Nicholas Brealey Publishing, 2001.
16. Karu, S., Zirnask, V. Eelarvestamine – üks strateegilise *controllingu* juurutamise eeldusi organisatsioonis. Rafiko, Tartu, 2004.
17. Knickmeier GmbH koduleht. [WWW]  
<http://www.knickmeier-gmbh.de> (14.04.2014)
18. Fischer, U., Gomeringer, R., Heinzler, M., Kilgus, R., Näher, F., Oesterle, S., Paetzold, H., Stephan, A. Mehaanikainseneri käsiraamat. II trükk. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2013.
19. Purde, M. Tolerantsid ja istud. Tallinn, 2005.
20. Tiidemann M. Masinaelementide projekteerimise alused. Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2010

LISAD

# LISA 1: Nelja sammu projekti põhi

		<b>Ensto Ensek Tallinn</b>	
		Tehas	
.....osakond		Vastutaja	
Probleemi kirjeldus		..... Osakond	Alustatud
Probleemi põhjalikum kirjeldus		Lõpetatud	
		Kaartide arv enne lõpetamist	Kaartide arv peale lõpetamist
		Kadude aeg enne lõpetamist	Kadude aeg peale lõpetamist
Juurpõhjused →		Ennetavad tegevused	
Kp./Vas	Kp./Vas	Kp./Va	Kp./Vast.
Korrigeerivad tegevused →		Tulemused →	
Kp./Vas	Kp./Vas	Kp./Va	Kp./Vast.
Kp./Vas		Kp./Vast.	

# LISA 2 Freesimisosakonna 5S auditi vorm

		5S		CNC TÖÖTLUS						
	Nr	Piirkond	Kontrollitavad asjad	MT 79	MT80	MT82	MT 100	Foto LEID STEN-DILE	Edasine tegevus	Teostatud (allkiri)
1 samm	1	CNC freespingi tootsoon	Kas vajalikud ja mittevajalikud vahendid on tootsoonis segamini?	1	1	1	1			
	2	CNC freespingi tootsoon	Kas tootsoonis on ainult tegevuse/tootepartii jaoks vajalikud tooted?	1	1	1	1			
	3	CNC freespingi tootsoon	Kas kõik kasutatud vahendid on tootsoonist eemaldatud?	1	1	1	1			
	4	CNC freespingi töötaja	Kas 5 S tahvli olev info on asja- ja ajakohane? Kas töötajad saavad aru nende sisust?	1	1	1	1			
2 samm	5	Töövahendid, tooted	Kas töövahendite, toodete paigutus on juhuslik/suvaline?	0	1	0	1		MT79 käsikahveltõstuk joone peal.	
	6	Töövahendid, tooted	Kas määratud alad on markeeritud/tahistatud ?	0	1	0	1		Toorlista sahtlid pole markeeritud. MT82 paranda märgistus parandada, osalisel katki.	
	7	Töövahendid/toorlistad	Kas töövahendid, toorlistad on markeeritud ühtse süsteemi järgi?	1	1	1	1			
	8	Töök vajaminevad materjalid, juhendid	Kas töötajad leiavad kiiresti nende töö jaoks vajalikud materjalid, juhendid?	1	1	1	1			
	9	Töök vajaminevad materjalid, tooted	Kas materjalid ja tooted võivad ladustamisel kahjustuda?	1	1	1	1			
3 samm	10	CNC freespingi tootsoon	Kas töökoht hästi organiseeritud ja korras?	0	0	0	0		Toorlista standard fotod puuduvad.	
	11	CNC freespingi tootsoon	Kas CNC freespingi tootsooni koristatakse regulaarselt (vastavalt koristusgraafikus määratud tegevustele)?	1	1	1	1			
	12	CNC freespink	Kas CNC freespingi seisukord (katted, juhtpult, nupud jms.) on korras?	0	1	1	1		Rakiste riulis rakiste voolikud porandal.	
	13	CNC freespingi tootsoon	Kas jäätmete kerg-konteinerid(prugikaste) tuhendatakse õigeaegselt?	1	1	1	1			
	14	CNC FREESPINGI tootsoon	Kas CNC FREESPINGI tootsoonis on õli/määrde laike, või muid jäätmeid, mustust?	1	1	1	1		MT80 väga puhas!	
4 samm	15	CNC freespingi tootsoon	Kas eelmise auditi leiud on korrigeeritud?	0	1	0	1		(MT82 puudub stand. Pilt toorlista stendil. MT79 Toorlista kapil puuduvad märgistused sahtlitel.) teostamata	
	16	CNC freespink	Kas CNC freespingi hooldus on ajakohane ja vastab nõuetele?	1	1	1	1			
	17	CNC freespingi- töötaja	Kas personal on koolitatud ja kas koolitused registreeritakse?	1	1	1	1			
	18	CNC töötus(pidev parandamine)	Kas töötajad üritavad tootsooni/protsessi paremaks muuta ja kas neid muudatusi dokumenteeritakse?	1	1	1	1			
	19	CNC freespingitootsoon	Kas auditeeritava alal toimub pidev parandamine?	1	1	1	1			
5 samm	20	CNC TÖÖOHUTUS	Kas tööohutusnõuded on täidetud vastavalt tööpiirkonnas kehtestatud tööohutuslehele	1	1	1	1			
	21	CNC freespingitöötaja	Kas personal järgib juhiseid?	1	1	1	1			
	22	CNC freespingitöötaja	Kas 5 S nõuetest ja soovitud peetakse kinni?	1	1	1	1			
	23	CNC freespingitöötaja	Kas töötajad teavad 5 S põhimõtteid, miks seda tehakse, kust saab infot selle kohta ning kes on auditeeritava ala tugisik 5 S' lga seonduvates küsimustes?	1	1	1	1			
Kommentaariid:										
Eelmise auditi tulemus				96%	100%	96%	100%			98%
<b>Auditi tulemus</b>				<b>78%</b>	<b>96%</b>	<b>83%</b>	<b>96%</b>		<b>Üksus kokku:</b>	<b>88%</b>
<b>Trend eelmise auditiga võrreldes</b>										
<b>Auditoid</b>										
Maarika Hivitskaja				3.04.2014						
Aleksander Karpõsev				3.04.2014						

# LISA 3 Toote ST202 alamkoostu koostejoonis ja koostamisjuhend

1	2	3	4	5	6	7	8		
Model: PTA70, vers: [A] Drawing: PTA70		Description Drawing release.						Date 27.01.2015	By PDe
ASSEMBLY INSTRUCTION: 1. Slide washer PUA27 onto conductor strands with rounded edge toward insulation. 2. Insert pin PT71 in body PT70 hole so that it extrude equal length on both sides. 3. Slide conductor strands into body hole providing distance number 1. 4. Squeeze body to make connection with conductor and pin. 5. Check breaking force of connection with 15 samples in the beginning and at end of production batch.									
Part Code PEJ98		Description Conductor 25mm <sup>2</sup>		Tool No. 66		Weight 100			
Part Code PT70		Description Connection end body		Tool No. 66		Weight 35			
Part Code PT71		Description Connection end pin		Tool No. 66		Weight 1			

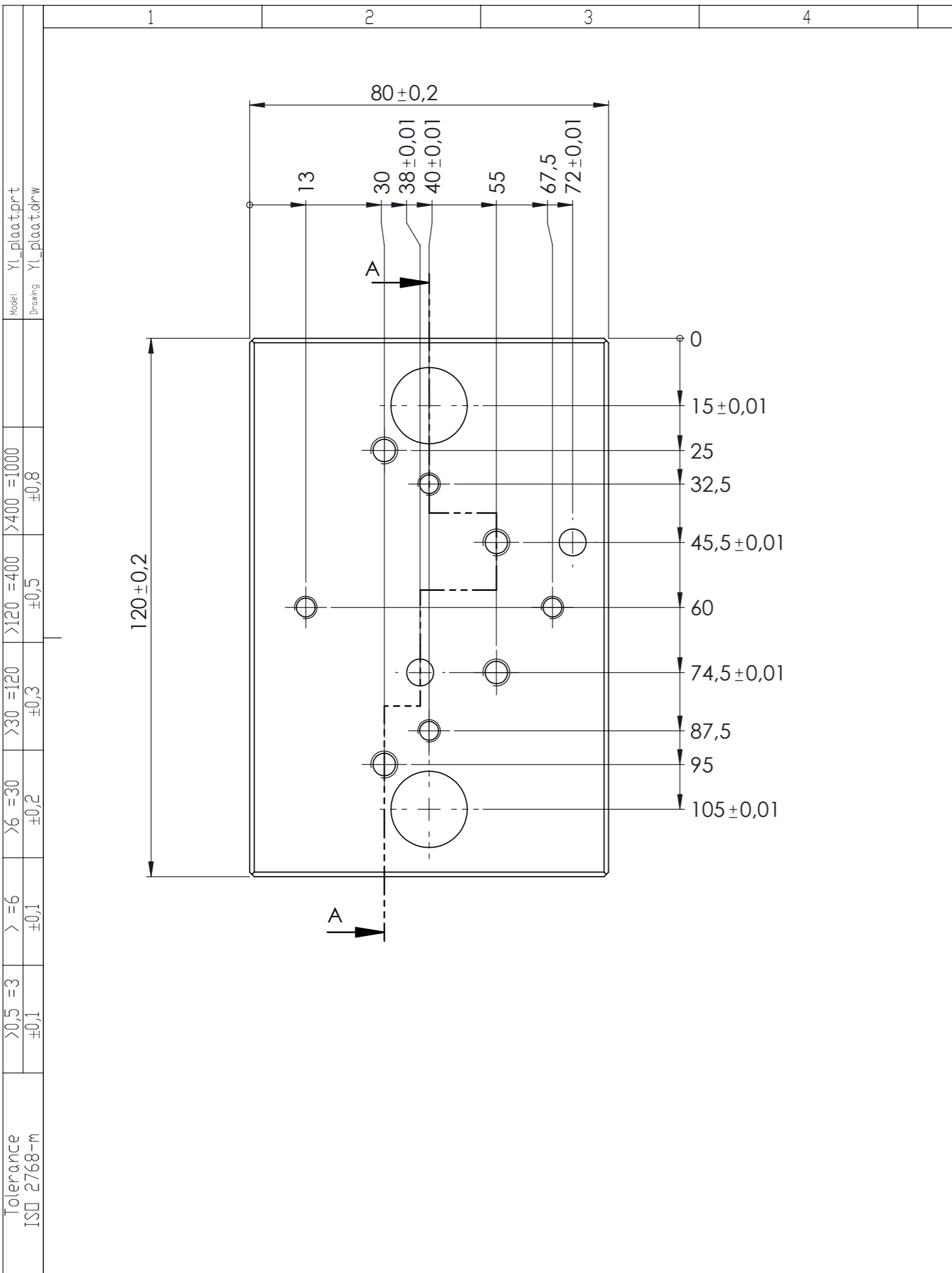
**ENSTO**  
Ensto Pol. S.p. z o.o.  
Ensto Utility Networks

Scale: 2:1  
Date: 26.01.15  
By: PDe  
Checked: A3  
Sheet No. 1 of 10

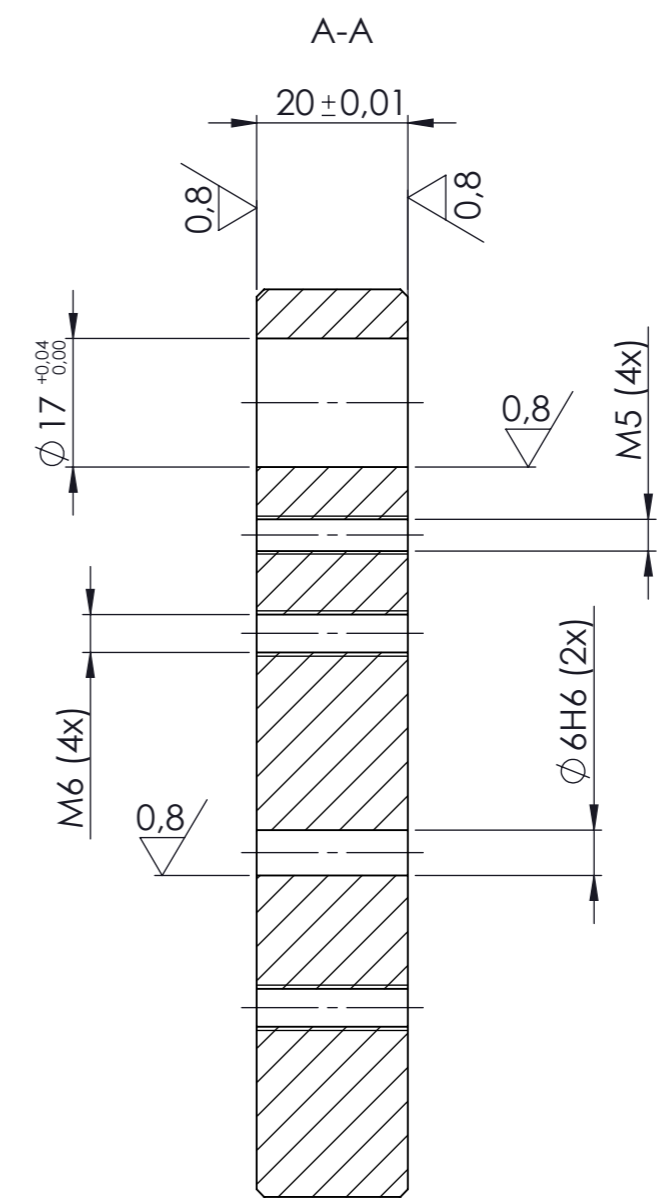
Material: ENSTO  
Ensto Mat.  
Connection unit for ST202  
7031

Material:  
Material:  
Draw No: 000218377 A  
Net: ST202  
Code: PTA70

Copyright Ensto. Unauthorized use and distribution of this document is strictly prohibited.



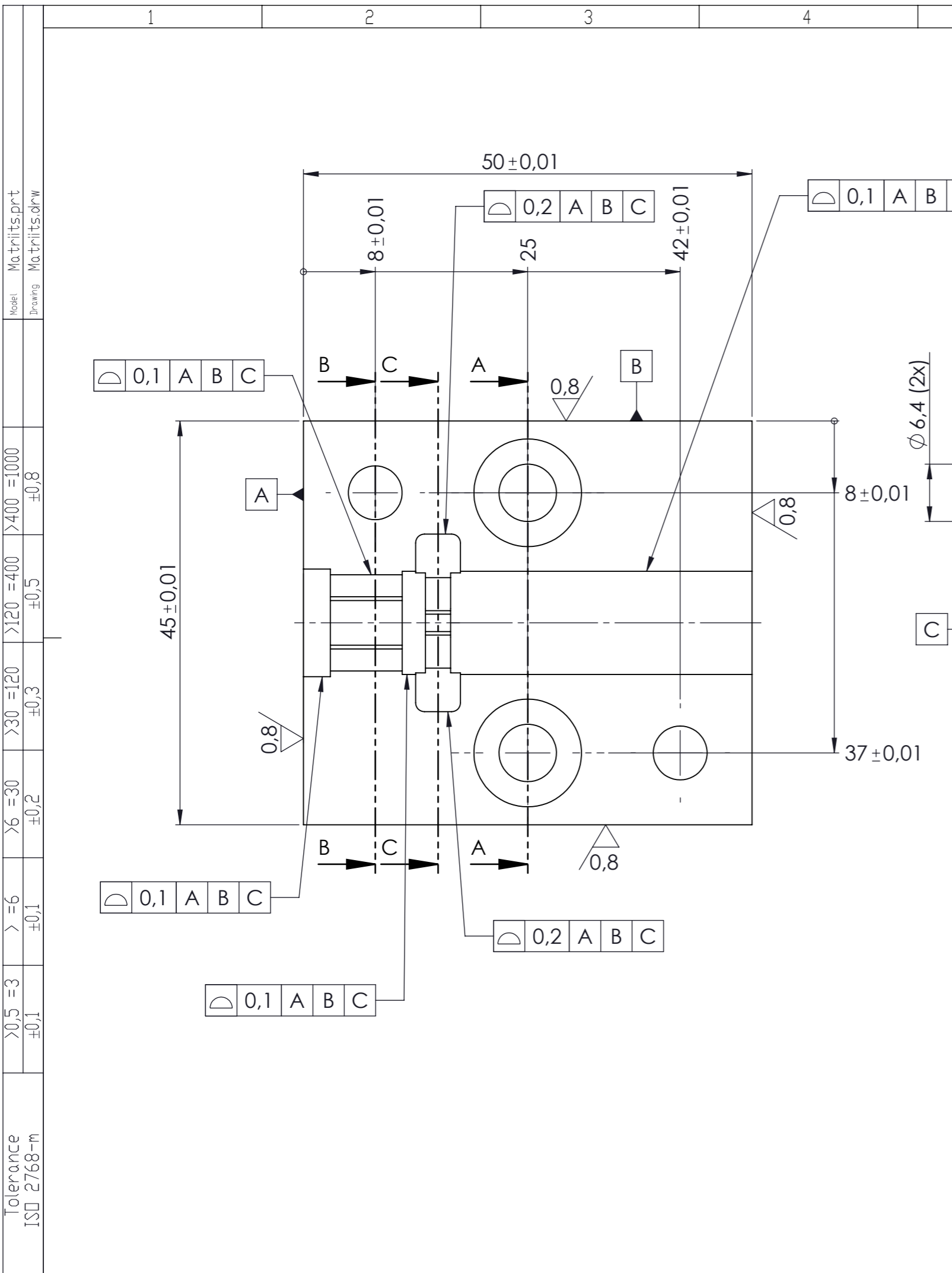
ID	Description	Date	By	Appr.
A	NEW	28.04.2015	A.Härsing	A.Ra.jamets



1. Märkimata pinnakaredused Ra6.3
2. Välisservad faasida 1x45°
3. Keermestatud avade asukohtade mõõtude tolerants ISO 2768-m

Supplier:	Tool No:	Volume	Weight [g]
Material: C45 1.1730		Ensto Mat:	
Scale	Date	<h1>Ülemine plaat</h1>	
1:1	28.04.2015		
A3	By A.Härsing		
	Checked A.Ra.jamets		
Sheet No: 1(1)	Ctrl:	Replaces:	
		Replaced:	
		Drw No:	A
		Ref:	
		Code:	





ID	Description	Date	By	Appr.
A	NEW	28.04.2015	A.Härsing	A.Ra.jamets

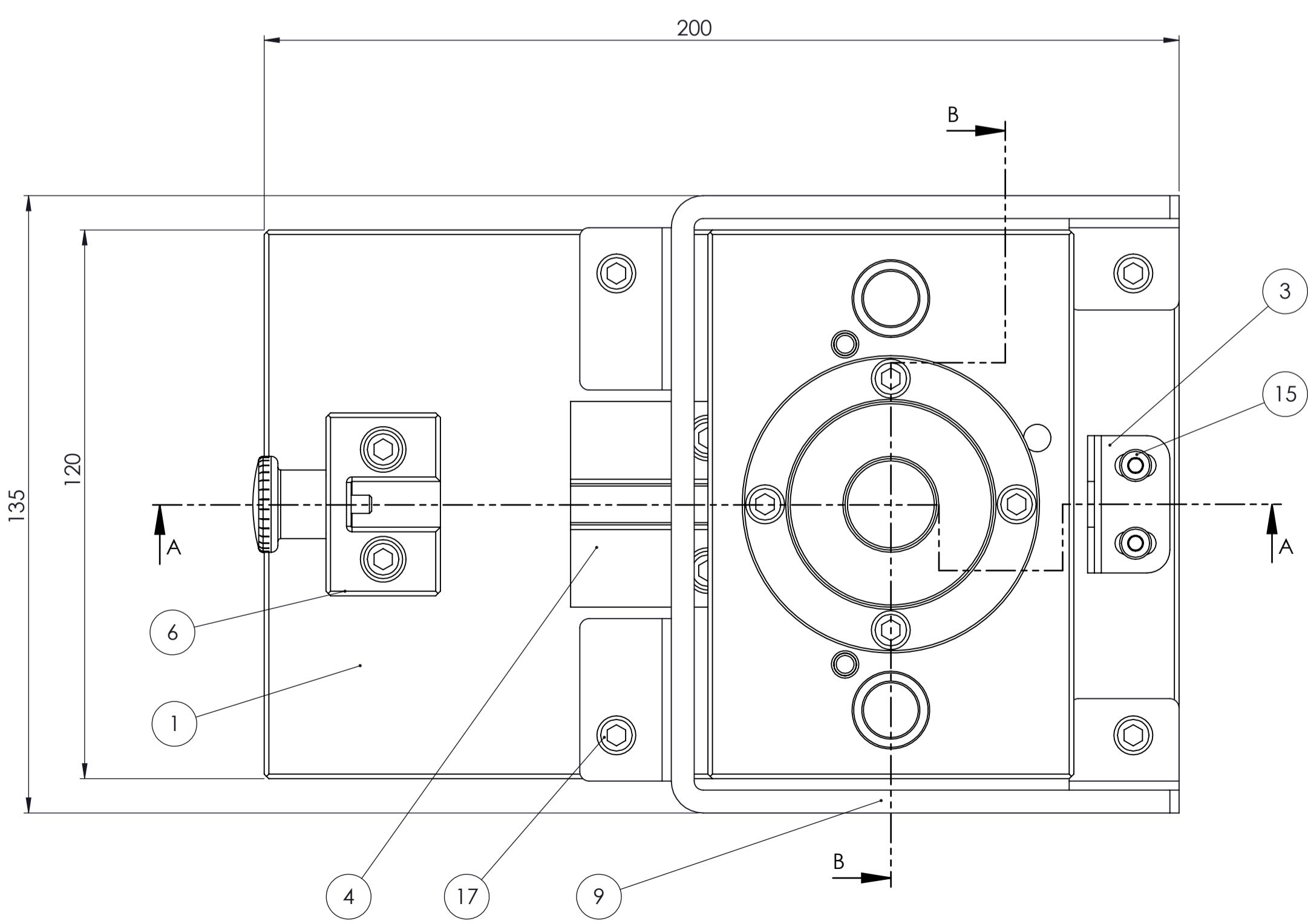
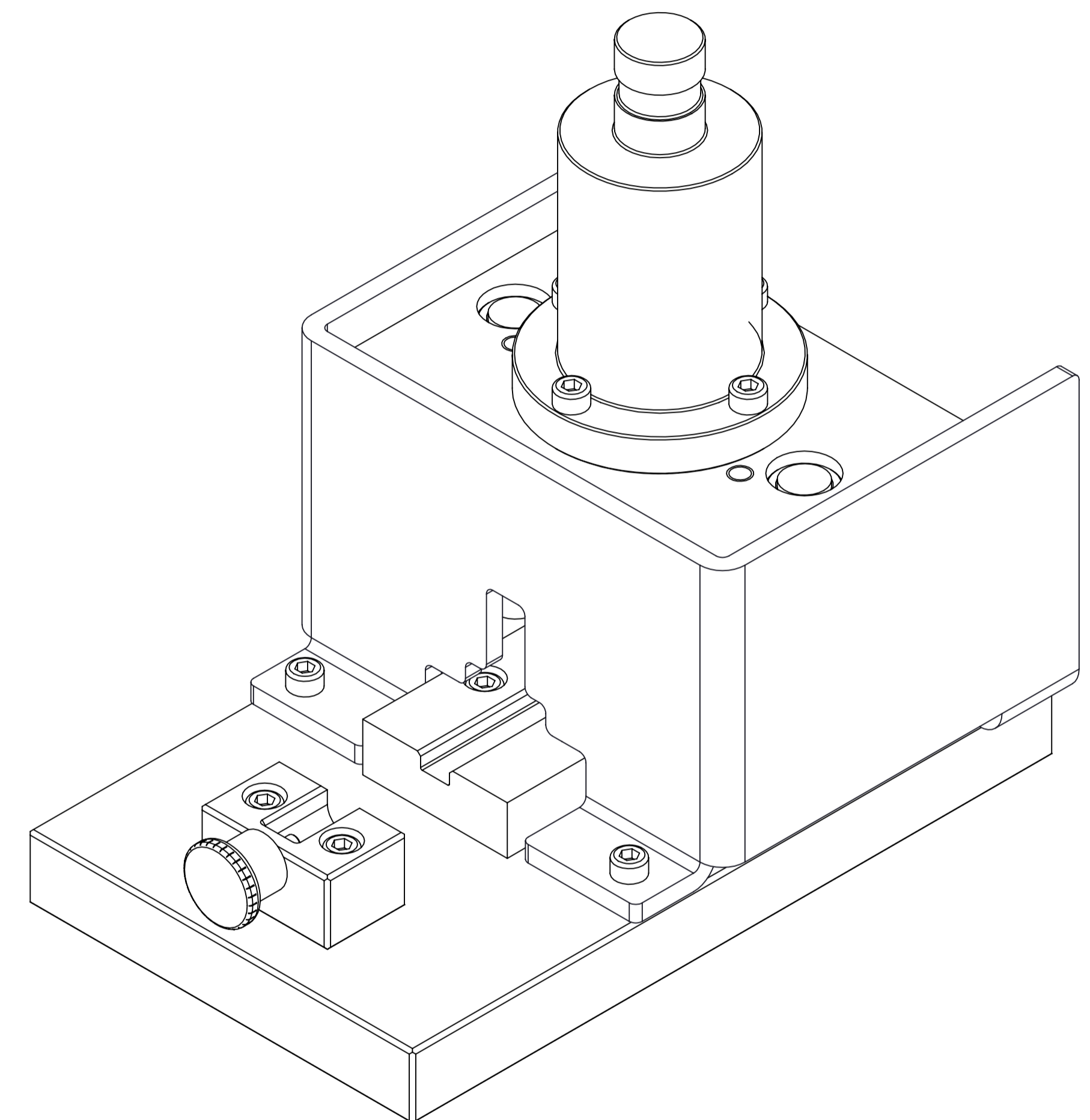
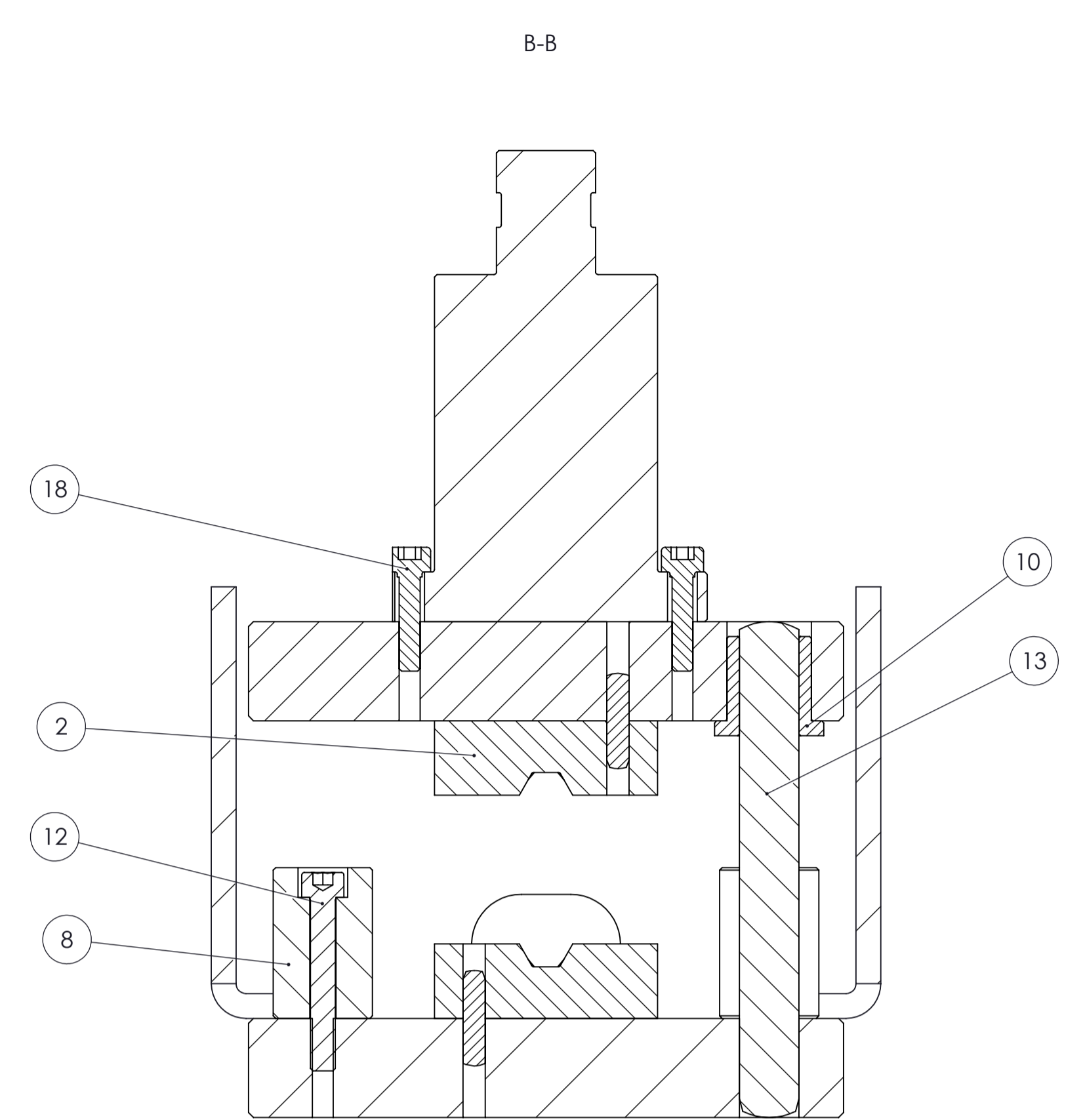
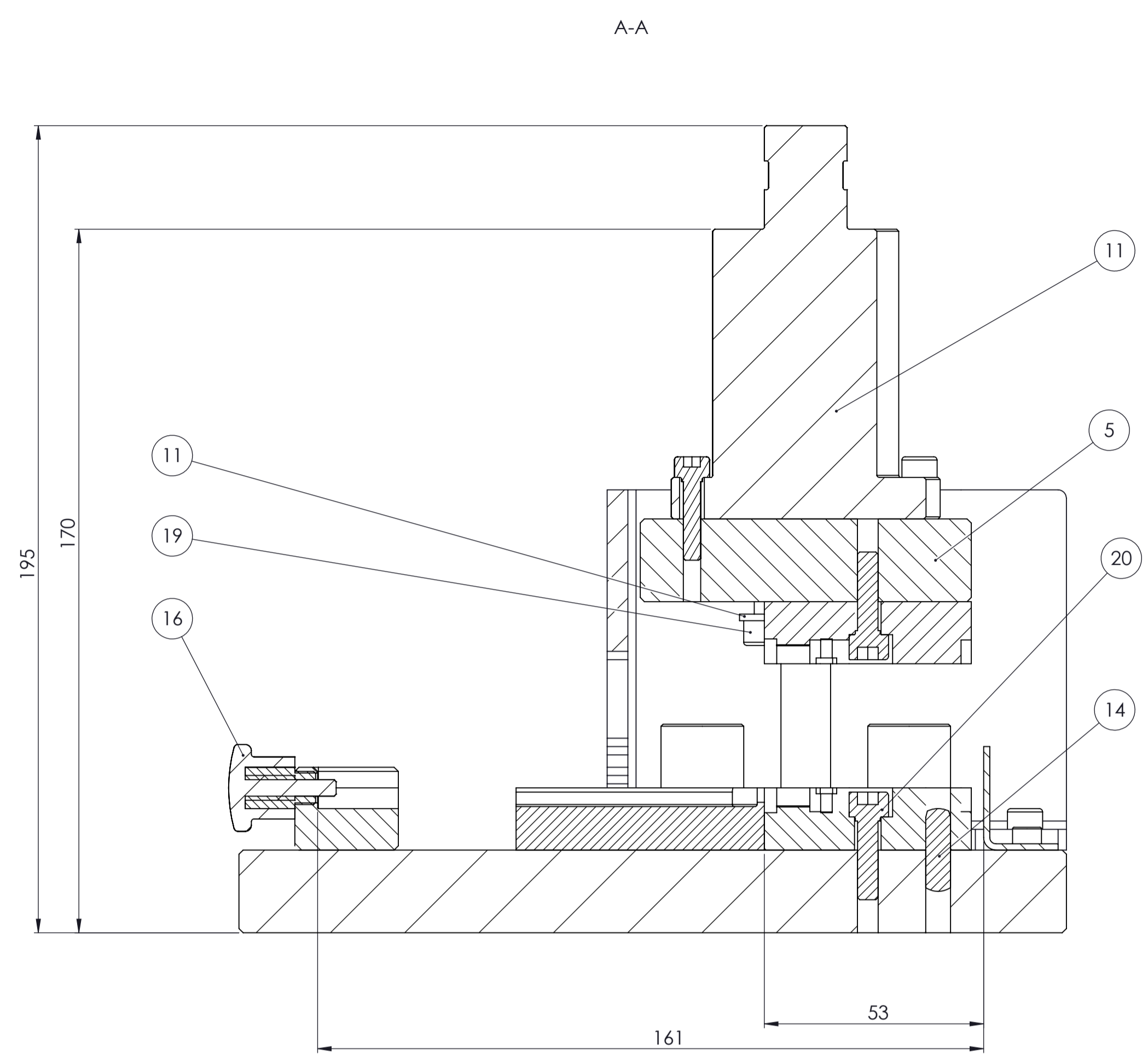
- Märkimata pinnakaredused Ra6.3
- Märkimata raadiused 2 mm
- Süvistatud avade asukohtade mõõtude tolerants ISO 2768-m

Supplier:	Tool No:	Volume	Weight [g]
Material: K460 (1.2510) HRC53...55		Ensto Mat:	
		Replaces:	
		Replaced:	
Scale	Date	Draw No:	
2:1	28.04.2015	A	
A3	By	Ref:	
	A.Härsing		
	Checked	Code:	
	A.Ra.jamets		
Sheet No:	Ctrl		
1(1)			

# Matriits

ID	Description	Date	By	Appr.
A	NEW	27.04.2015	A.Härsing	A.Ro.janets

Projekt: HYLSPRESS.05M  
 Zeichnung: HYLSPRESS.05M



Part	Code	Description	Pcs	Weight (g)
20		Screw M5X20 DIN912 8.8 A2K	4	12
19		Screw M6X15 DIN912 8.8 A2K	2	12
18		Screw M5X20 DIN912 8.8 A2K	8	12
17		Screw M5X10 DIN912 8.8 A2K	4	12
16	0X36401	DN 822-4-3-ST	1	13
15		DIN912 M4X10 10.9 ST	2	
14		DIN 6325 D6X20	4	
13		DIN 6325 12H6X100 tivvt	2	
12		DIN 912 M5X35 12.9 BLK	4	
11		DIN 125 M6 st	2	
10		Bl F-V se dn1850 St G1 62352105 Mueller	2	
9		KAITSE	1	1132
8		PIIRAJA	4	
7		SABA	1	1560
6		TUGI3	1	128
5		FLAAT_YL	1	
4		TUGI2	1	887
3		TUGI1	1	
2		MATRIITIS_AL	2	
1		ALUSPLAAT	1	3697

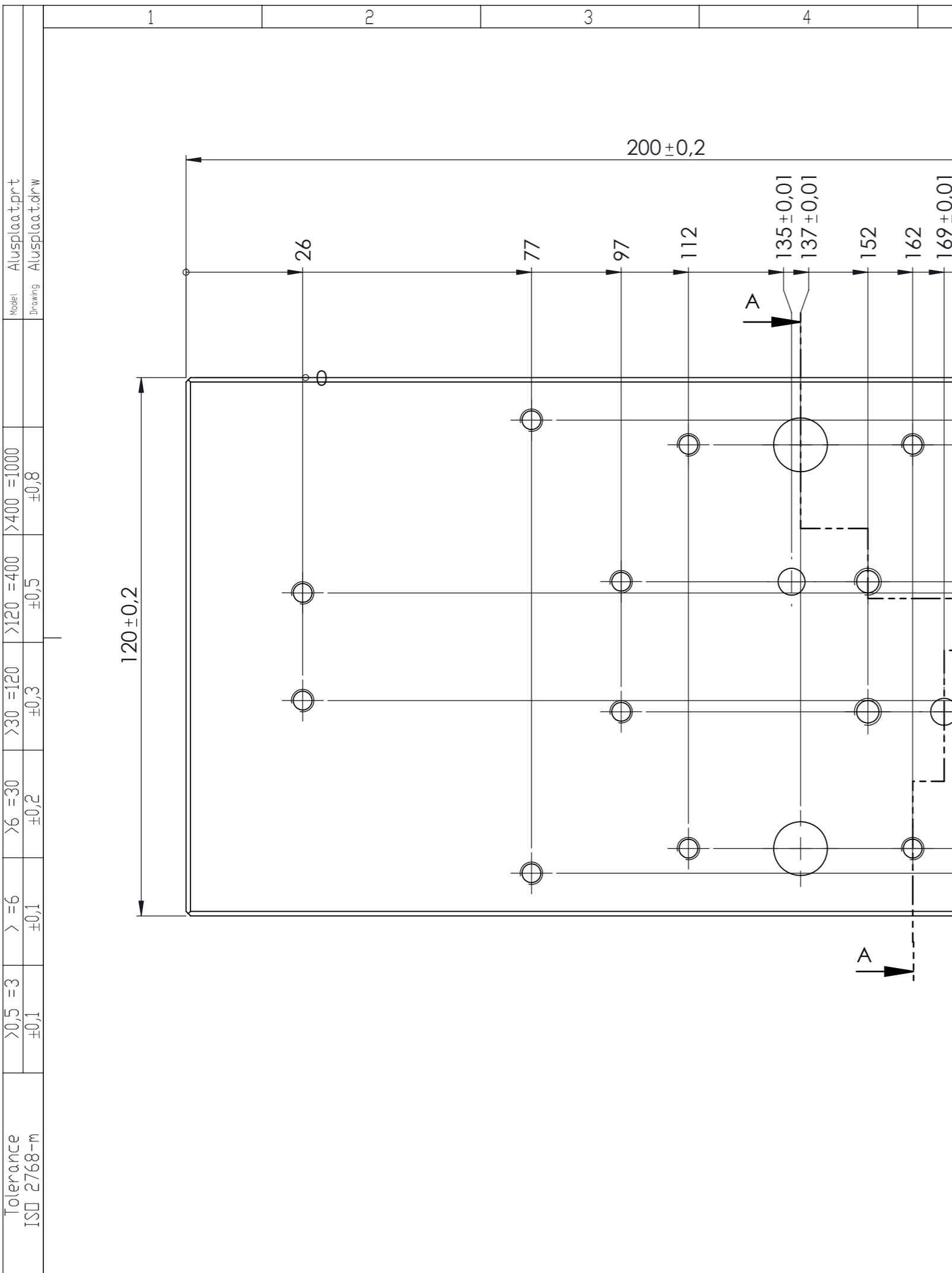
Supplier	Tool No	Ensto Mat	Volume	Weight (g)

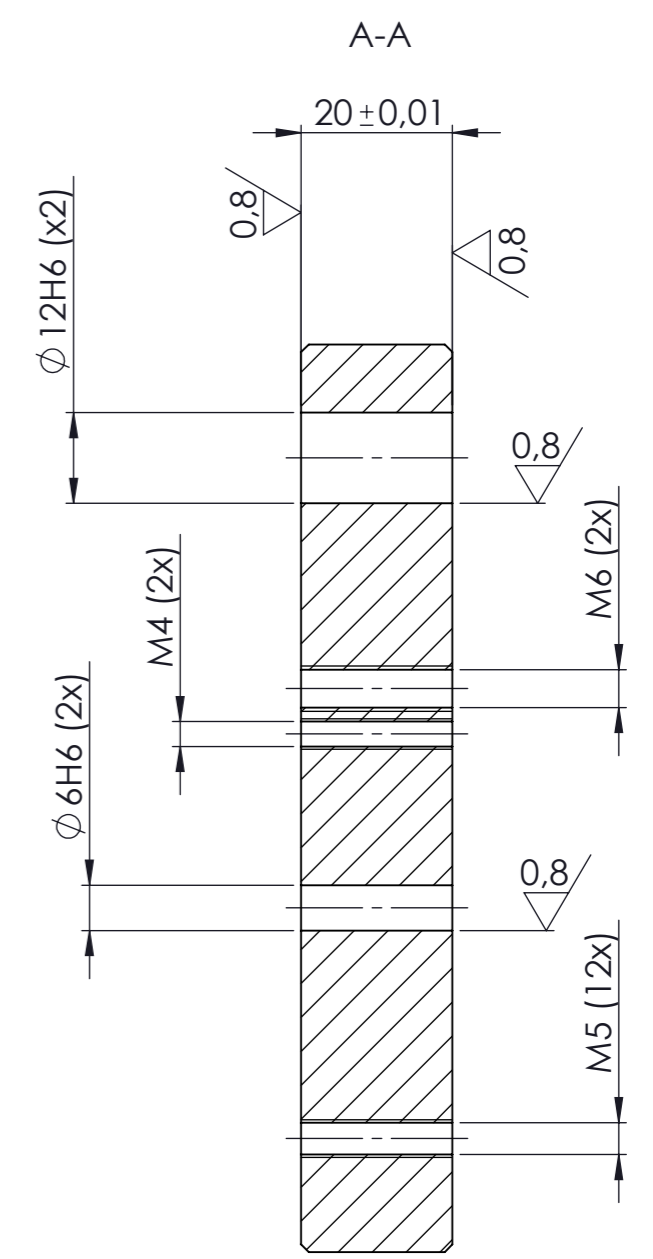
<b>ENSTO</b>		Scale: 1:1		Date: 27.04.2015
		By: A.Härsing		Checked: A.Ro.janets
		Sheet No: 1(1)		Code:

<b>Hülspress</b>		Replaces:	
		Replaces:	
		Drw No:	A
		Def:	
		Code:	



ID	Description	Date	By	Appr.
A	NEW	28.04.2015	A.Härsing	A.Ra.jamets



1. Märkimata pinnakaredused Ra6.3
2. Välisservad faasida 1x45°
3. Keermestatud avade asukohtade mõõtude tolerants ISO 2768-m

Supplier:	Tool No:	Volume	Weight [g]	3697	
Material: C45 1.1730	Ensto Mat:				
<b>ENSTO</b>		<b>Alusplaat</b>			
Scale: 1:1	Date: 28.04.2015				Replaces:
A3	By: A.Härsing				Replaced:
Sheet No: 1(1)	Checked: A.Ra.jamets				Drw No: A
	Ctrl:	ReFi:			
		Code:			