



**Kristina Armus**

# **Ettevõtte X uue toote juurutamise protsess ja tootmisliini parendusvõimalused**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut  
Tootmise juhtimine ja digitaliseerimine  
Juhendaja: Andres Kase, *MBA*

Tallinn 2026

## **Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks**

Mina, Kristina Armus, annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Ettevõtte X uue toote juurutamise protsess ja tootmisliini parendusvõimalused

- 1) reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada ja teha üldsusele kättesaadavaks Tallinna Tehnikakõrgkooli digiarhiivi DSpace kaudu;
- 2) reprodutseerimiseks pärast piirangu lõppu juhul, kui instituudi direktori korraldusega on kehtestatud lõputöö avaldamisele tähtajaline piirang.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi.

### **Autorideklaratsioon**

Mina, Kristina Armus, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt. Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

*(allkirjastatud digitaalselt)*

Juhendaja Andres Kase

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

*(allkirjastatud digitaalselt)*

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

*(allkirjastatud digitaalselt)*

*(kuupäevad digiallkirjades)*

# SISUKORD

LÜHENDID JA MÕISTED .....	5
SISSEJUHATUS.....	6
1. UUE TOOTE JUURUTAMISE PROTSESS JA LEAN- TOOTMINE.....	8
1.1 Uue toote juurutamise protsess ( <i>NPI</i> ) .....	8
1.2 Uue toote juurutamise protsessi tegurid ja riskid.....	9
1.3 Lean- tootmise mõiste .....	10
1.4 Lean- tootmise meetodid .....	12
1.4.1 Taktaeg ( <i>takt time</i> ) .....	13
1.4.2 Tsükliäeg ( <i>cycle time</i> ) .....	14
1.4.3 Protsessiaeg ( <i>process time</i> ) .....	14
1.4.4 Pidev voog ( <i>continuous flow</i> ) .....	15
1.4.5 Protsessi statistiline kontroll ehk ohjekaart ( <i>statistical process control</i> ) .....	16
2. EMPIIRILISE UURINGU METOODIKA .....	18
3. UUE TOOTE TOOTMISE KÄIVITAMISE PROTSESS ETTEVÕTTES X.....	19
3.1 Uuritava ettevõtte lühitutvustus.....	19
3.2 Ettevõtte uue toote juurutamise protsess toote X näitel .....	19
3.3 Toote X tootmisprotsess .....	21
3.3.1 Esimesed PPAP- partiid.....	22
3.4 Toote X tootmisressursside kasutus.....	23
3.4.1 Tootmisprotsesside kaardistamine .....	24
3.4.2 Protsessiaeg .....	25
3.4.3 Taktiaeg.....	27
3.5 Toote X eeltöötlemise etapi parendamine .....	28
3.5.1 Toote X eeltöötlemise protsessi tsükliäeg .....	28
3.5.2 Toote X eeltöötlemise protsessi voog.....	29
3.5.3 Parenduste mõju tootmismahule.....	33
3.5.4 Parenduste mõju kvaliteediriskile.....	34
4. PARENDUSTE RAKENDAMISE OTSTARBEKUS JA POTENTSAALNE MÕJU TOOTMISE VÕIMEKUSELE JA SEISAKUTE VÄHENDAMISELE .....	36
KOKKUVÕTE.....	38
SUMMARY .....	40
VIIDATUD ALLIKAD .....	42
LISAD .....	44
Lisa 1. Tõmbeteimi tulemused.....	44
Lisa 2. SPC, protsessikontrolli kaart .....	45

Lisa 3. Uue toote/muudatuste juurutamise akt .....	46
Lisa 4. Toote teostatavuse analüüs .....	47
Lisa 5. Eeltöötlemise operatsiooni SOP .....	49

## LÜHENDID JA MÕISTED

<i>High-runner</i>	- Enim toodetav toode tootmises.
<i>Know-how</i>	- Kogemuslikult omandatud teadmised.
<i>PPAP</i>	- Tootmisdetailide heakskiitmise protsess.
<i>Muri</i>	- Jaapanikeelne väljend iseloomustamaks töötajate või süsteemide ülekoormatust.
<i>Mura</i>	- Jaapanikeelne väljend, mis iseloomustab ebaühtlust või korrapäratust.
<i>Muda</i>	- Jaapanikeelne väljend, mis iseloomustab seitset raiskamise tüüpi.
<i>TPS</i>	- Toyota tootmissüsteem
<i>Kaizen</i>	- Lean meetod, pidev parendamine ( <i>continuing improvement</i> ).
<i>NPI</i>	- Uue toote juurutamine ( <i>new product introduction</i> )
<i>PFMEA</i>	- Protsessi tõrgete liigi ja mõju analüüs ( <i>process failure mode and effects analysis</i> )
<i>FMEA</i>	- Tõrgete liigi ja mõju analüüs ( <i>failure mode and effects analysis</i> )
<i>SC</i>	- Omadused või protsessiparameetrid, mis mõjutavad oluliselt toote vormi, sobivust, funktsiooni või välimust ( <i>special characteristics</i> )
<i>Ramp- up</i>	- Ettevõtte toodangu suurendamine, tootmisvõimsuse viimine maksimumi lähedale
<i>SOP</i>	- Standardised töövõtted ( <i>standard operating procedure</i> )

## SISSEJUHATUS

Eduka tootmise aluseks on tootmise ettevalmistamine, mis loob stabiilse ja kulutõhusa tootmise ja tagab kvaliteetse toodangu. Ettevalmistamisega on võimalik ennetada protsessis ilmnevaid tõrkeid ja kitsaskohti ning leida neile lahendus enne kui probleemid päriselt realiseeruvad. Hästi planeeritud tootmine suudab vastata kliendi ootustele ja saavutada ettevõtte seatud eesmärgid.[1]

Lõputöös käsitletakse Rootsis asuva rahvusvahelise ettevõtte Eesti tootmisüksust. Konkreetsemaks teemaks on Rootsist üle toodava suuremahulise toote tootmise käivitamise protsess Eesti tehases. Mõlemas tehases kasutatakse sarnaseid tootmiseadmeid ja -tehnoloogiaid, kuid Eesti üksuse jaoks on tegemist uue tootega, mille prognoositav aastane tootmiskaht on ligikaudu 460 000 ühikut ja mahud kasvavad 2026. aastal võrreldes varasema 2025. aastaga 200%. Kui Rootsi tehasele on selline tootmiskaht tavapärane, siis Eesti tehase jaoks on selgelt tegemist suure tootmiskahtuga tootega (*high runner*), mis hõlmab märkimisväärse osa tootmisressurssidest ning mille puhul ei ole võimalik endale lubada planeerimata seisakuid.

Uue toote tootmisprotsesside juurutamisega seotud tegurite ja riskide kaardistamine aitab tuvastada seeriatootmise käivitamist mõjutavad aspektid ja leida tootmiskahtude kasvatamiseks rakendatavaid Lean- tootmise meetodikaid, mis käsitlevad kvaliteedi tagamist ja parendamist uue toote juurutamisel.[1]

Tulenevalt eelnevast, on antud töö eesmärgiks analüüsida uue toote tootmisprotsessi juurutamist ettevõttes X ja hinnata tootmisvõimekust ning protsessi stabiilsust mõjutavaid tegureid. Tuvastada tootmisliini parendusvõimalused ja võimekused tootmiskahtude kasvatamiseks, keskendudes seejuures uue toote tootmisprotsesside juurutamisele ja parenduste rakendamisele, pöörates tähelepanu ka kvaliteedile.

Lähtudes eesmärgist püstitas autor järgmised uurimisülesanded:

- Tutvuda uue toote juurutamise protsessi ja seda mõjutavate teguritega seeriatootmises, tuginedes teoreetilistele allikmaterjalidele.
- Tutvuda Lean- tootmise metodoloogiad, mis käsitlevad raiskamise elimineerimist, tootmisprotsesside parendamist ja kvaliteedi tagamist uue toote juurutamisel.
- Tuginedes teooriale, määratleda empiiriliseuuringu meetodika.
- Kaardistada ja analüüsida uuritava ettevõtte uue toote tootmise käivitamise protsessi.

- Tuvastada uue toote juurutamisega seotud tootmisliini parendusvõimalused ja hinnata nende mõju tootmismahule ja kvaliteediriskile, tuginedes kogutud andmetele ning võrreldes neid teooriaga.
- Koostada kokkuvõtlik hinnang parenduste rakendamise otstarbekuse ja potentsiaalse mõju kohta ettevõtte tootmise võimekusele ja seisakute vähendamisele.

Lõputöö struktuur on ülesehitatud horisontaalselt, mis jaguneb teoreetiliseks, empiirilise uuringu meetodika ja empiiriliseks osaks. Teoreetilises osas käsitletakse uue toote juurutamise protsessi ja seda mõjutavaid tegureid seeriatootmises, tuginedes teoreetilistele allikmaterjalidele. Tutvutakse Lean- tootmise metodoloogiatega, mis käsitlevad raiskamise elimineerimist, tootmisprotsesside parendamist ja kvaliteedi tagamist uue toote juurutamisel.

Empiirilises osas uurib autor vaadeldava ettevõtte uue toote juurutamise protsessi, kasutades selleks toote X dokumente ja andmeid. Analüüsib uue toote tootmise käivitamise protsessi, sh. eeltöötlust, kvaliteedikontrolli, tootmisressursside kasutust ja esimesi PPAP-partiisid ning olulisemaid toote X kvaliteedikontrolli parameetrite mõõtmist. Tehnoloogiliste aegade mõõtmine: taktaeg, protsessiaeg ja tsükliäeg võimaldab autoril kindlaks teha protsessis esinevad kitsaskohad ja tuvastada antud toote juurutamisega seotud tootmisliini parendusvõimalused ning luua stabiilne ja optimaalne töövoog, mis täidab ettevõtte tootmismahude kasvatamise eesmärgi [2].

Kvalitatiivne uurimismeetod võimaldab autoril analüüsida kogutud andmete põhjal toote X juurutamisega seotud tegureid ja riske ning saavutatavaid tootmisprotsessi parendusi. Hinnata ettevõtte tootmismahude kasvatamise võimekusi ja mõju toote kvaliteedile, keskendudes seejuures kindlatele etappidele ja tulemuste hindamisele.[2]

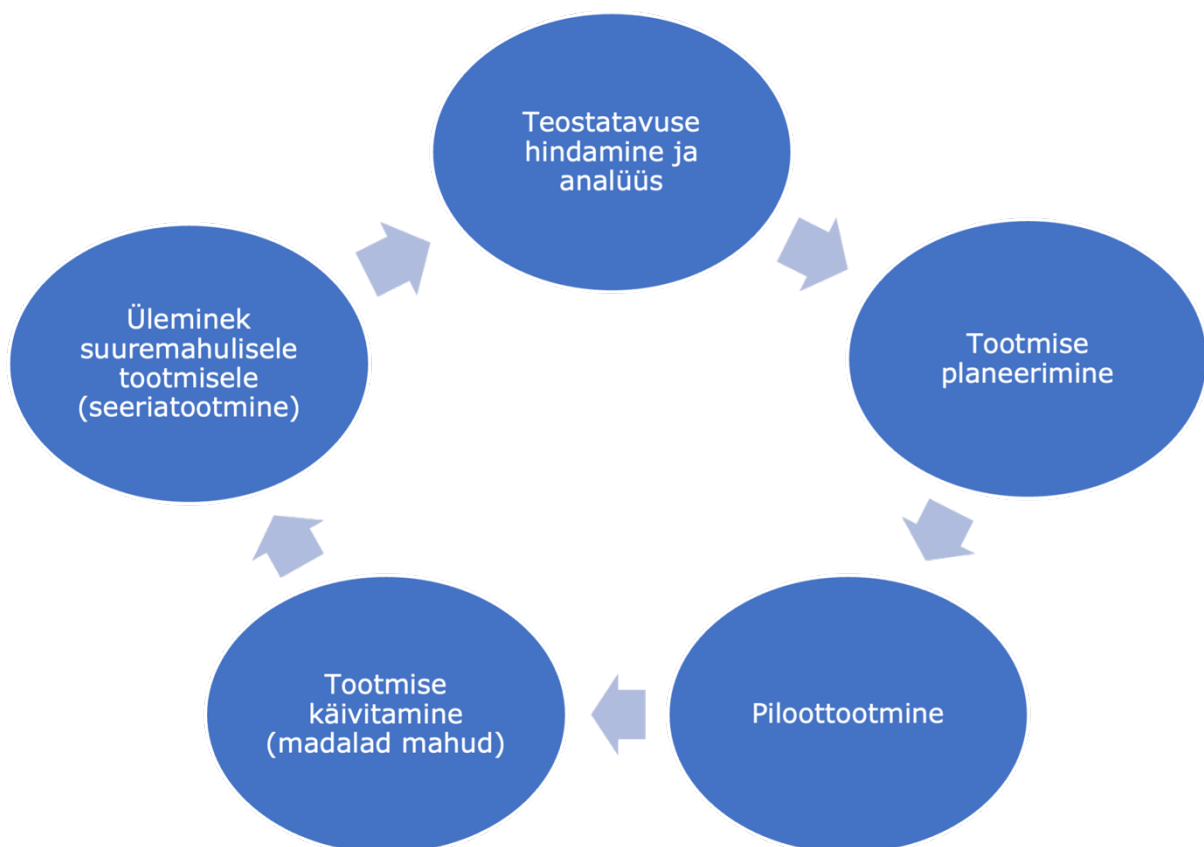
Töö lõpus koostab autor kokkuvõtliku hinnangu parenduste rakendamise otstarbekuse ja potentsiaalse mõju kohta ettevõtte tootmise võimekusele ja seisakute vähendamisele.

# 1. UUE TOOTE JUURUTAMISE PROTSESS JA LEAN-TOOTMINE

## 1.1 Uue toote juurutamise protsess (NPI)

Tänapäeva globaliseerivas majanduskeskkonnas on tootmisettevõtted pideva surve all võimalikult efektiivselt ja lühikeste intervallidega turule tuua uusi tooteid või toote variante, et püsida konkurentsivõimelised. Konkureerimiseks püüavad ettevõtted järjepidevalt leida erinevaid viise ressursside optimeerimiseks, et saavutada soovitud tulemuslikkust.[3]

Uue toote tootmisprotsessi juurutamine ühendab omavahel nii insenertehnilised tegevused, protsessianalüüsi, kvaliteedijuhtimise kui ka tootmise käivitamise. Tootmisprotsessi juurutamist käsitletakse *new product introduction* ehk *NPI* tsükli osana (Joonis 1), mille eesmärk on tagada, et uus toode oleks tehniliselt toimiv, kvaliteetne ja stabiilselt tootmises rakendatav ning vastaks tootmisvõimekuse nõuetele.[4]



Joonis 1. Uue toote juurutamise protsess (NPI)[autori koostatud]

*NPI* on strateegiline protsess, mis ühendab tootedisaini, tootmisprotsessi, ahela koordineerimise ja kvaliteedijuhtimise üheks terviklikuks süsteemiks eesmärgiga viia toode kontseptsioonist stabiilsesse ja jätkusuutlikku masstootmisesse.[4]

Juurutamise protsess on ettevõttele üks kõige riskantsemad etappe, pannes proovile tootmise ressursi kasutuse, protsessi võimekuse ja toimimise ning avaldab mõju nii ettevõtte olemasolevatele tootmissüsteemidele kui ka nende protsessidele, mis on seotud tööviiside, õppimise, koordineerimise, ühtlustamisega ja ajavalmiduse ning ajakavaga.[5]

## **1.2 Uue toote juurutamise protsessi tegurid ja riskid**

Uue toote juurutamine (*NPI*) on oluline faas masstootmise käivitamise eelduseks, kuna riskid võivad pärineda nii sisemistest kui välistest teguritest ja ka kõige väiksemad vead protsessis võivad hiljem põhjustada suurt rahalist kahju ettevõttele[6]. Uuringud rõhutavad, et *NPI* protsesside edukus sõltub otseselt sellest, kui kiiresti suudetakse tuvastada ja kõrvaldada probleeme protsessis ning stabiliseerida voog.[7]

Uue toote puhul on disain esimene oluline tegur, mis määrab toote sobivuse olemasolevate tootmisvõimekustega. Selleks viiakse läbi toote teostatavuse analüüs (*design for manufacturing/assembly*), et tagada ettevõttes kasutusel olevate tootmisprotsesside ja tehnoloogiate sobivus tootega. Teostatavuse hindamisel on oluline tähelepanu pöörata toote funktsionaalsetele ja tehnilistele nõuetele, mis hõlmavad nii jõudlust kui ka regulatiivsete standardite määratlust. Toote disainist tulenevad eripärad võivad märkimisväärselt tõsta protsessis esinevate vigade arvu, vajada liialt keerukaid protsesse, mis pikendavad märkimisväärselt tootmistsükli või sisaldada tarbetuid tegevusi (muda), mis takistavad stabiilset tootmist ja ettevõtte eesmärkide saavutamist.[6]

Tootmise ajastamine (*scheduling*) on uue toote juurutamisel äärmiselt keerukas, sest protsess sisaldab jooksvalt paralleelseid tegevusi- seadistusi ja testimisi[4]. Samuti võib ajastuse risk tuleneda protsessis osalevate osiste ebapiisavast puhvrast, seadmete saadavusest, hooldusstrateegiatest ja liini konfiguratsioonist, mis mõjutavad kogu tootmise töökindlust ja suurendab seisakute riski protsessis.[6]

Uue toote tootmisprotsessi käivitamise faasis on kvaliteediriskid paratamatud, kuna protsessis esinev varieeruvus on suur ja ei ole veel saavutanud soovitud stabiilset seisundit. Stabiilse protsessivoo loomiseks on vajalik tuvastada protsessis ilmnevad kõrvalekalded võimalikult vara ja reageerida neile koheselt, kuna kvaliteediriskid on *NPI* juures kriitilised, iga kõrvalekalle mõjutab otseselt tootmiskvaliteeti ja võib põhjustada kliendi poolt aktsepteerimatuid kvaliteediprobleeme tootel.[4]

Uue toote juurutamisega seotud operatiivsed riskid on sageli seotud ressursside ebapiisavuse, töötajate oskuste või inimfaktoriga. Protsessi käigus peavad töötajad sageli omandama uusi oskuseid, kohanema uute protsessidega ja õppima uusi tehnoloogiaid. Kui õpikõver on tunduvalt pikem kui toote teostatavuse analüüsil algselt hinnati võib puudulik kompetentsus või ebapiisav väljaõpe põhjustada tootmise algfaasis tavapäratut ja kõrgemat defektide määra.[6]

Julian I. Tuccillo toob oma koostatud raportis „*The Challenges of a New Product Introduction*“ Ford Pinto juhtumi näiteks, kus sisemised õpikõverad olid pikemad kui turg eeldas ja suurendas seeläbi defektide ning ohutusalaste probleemide esinemise tõenäosust. Juhtumis kiirustati juurutamise etapist tootmisele üleminekul, mispärast defekte ei suudetud avastata piisavalt vara ja Ford Pinto paisati turule enne täieliku tehnilise ohutuse tagamist ning tekitas sellega rea avariiolekordi ja inimvigastusi.[1]

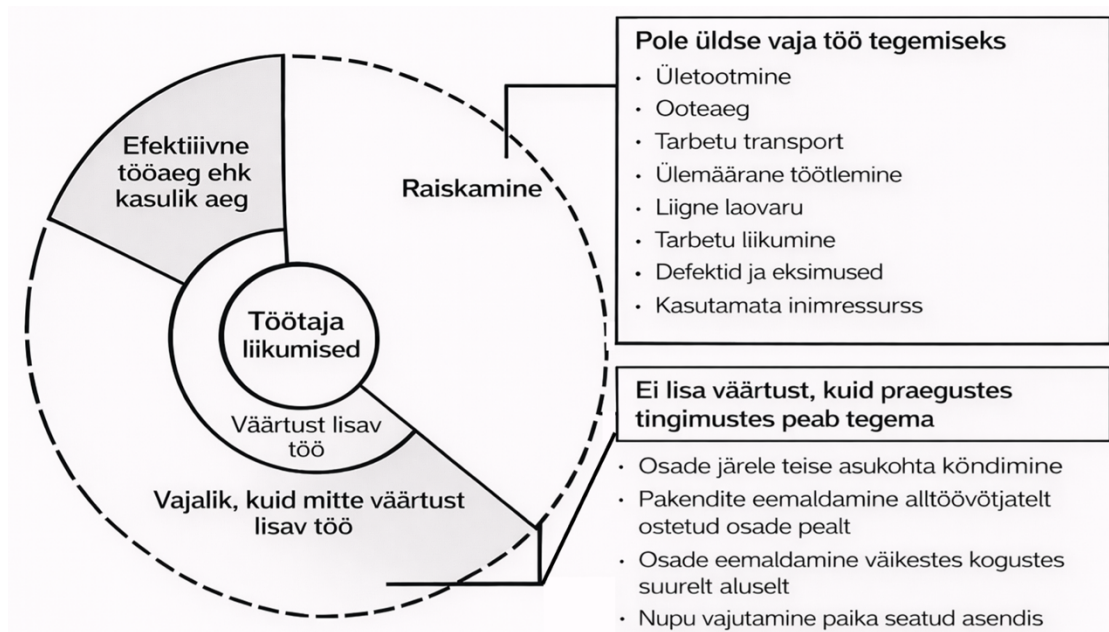
Üheks uue toote juurutamise protsessi mõjukaks teguriks on ettevõtte organisatoorne suutlikkus mobiliseerida olemasolevaid ressursse ja tasakaalustada koormust töökeskuste vahel. Isegi kui projekt käivitub edukalt, siis võib see kiirelt taas ebaõnnestuda kui puudub ettevõttes sisemine toetus ja üksmeelne arusaam projekti rollist ettevõtte edukusele. Protsessi tulemuslikkust mõjutavad ka nii ressursside nappus kui ka projektiga seatud ajalised piirangud.[1]

### **1.3 Lean- tootmise mõiste**

Lean- tootmine (*Lean manufacturing*) on juhtimisfilosoofia ja meetoodika, mis on saanud alguse Jaapani ettevõttest Toyota, kus inseneride Shigeo Shingo ja Taiichi Ohno eestvedamisel töötati välja tootmismudeli (*Toyota Production System*), mis läbi protsesside süstemaatilise parendamisega kompenseeris tehase piiratud ressursse.[4] Toyota tootmissüsteemi kontseptsioon (*TPS*) on üle maailma kui üks enim praktiseeritavaid tootmis- ja juhtimissüsteeme, mis võimaldab ettevõtetel tõsta efektiivsust, vähendada kulusid ja läbivusaegasid. Kontseptsioon eeldab protsesside järjepidevat optimeerimist, eemaldades tootmisprotsessist ebaefektiivsed ehk väärtust mitte lisavad tegevused (muri, mura, muda), mis oma iseloomu tõttu nõuavad rohkem vahendeid kui tegelikult vaja on- kui see ei lisa väärtust, on see raiskamine („*If it doesn't add value, it's waste*“, Henry Ford)[3].[8]

Enamus ettevõtteid omavad oma tegevustes ridamisi raiskamist, mida peetakse ennatlikult vähe oluliseks kuid, mis suurendab oluliselt ettevõtte tegevuskulusid. Taiichi Ohno tuvastas Toyota kolm peamist kõrvalekaldeid tekitavat valdkonda, millele ta tähelepanu juhtis: muri, muri ja muda (Joonis 2).[9]

Jaapanikeelne väljend mura iseloomustab ebaühtlust või reeglipäratust, muri- töötajate või süsteemide ülekoormatust (pudelikaelad) ja muda, mida eesti keeles kirjeldatakse mõttetuse, liiasuse ja raiskamisena.[3]



Joonis 2. Ressursiraiskajad: muri, mura, muda; autori täiendatud [11]

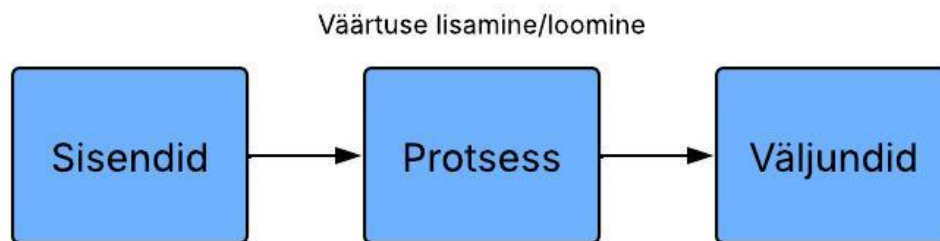
Klassikalised raiskamise tüübid[10]:

- ületootmine- liiga palju või liiga vara.
- ooteaeg- ajakulu.
- tarbetu transport – täiendav transpordikulu.
- ülemäärane töötlemine – otstarbetu ressursi raiskamine .
- liigne laovaru – täiendav ladustamiskulu.
- tarbetu liikumine – kasuliku aja kadu.
- defektid ja eksimused – lisanduv ajakulu ja tootmiskulu.
- kasutamata inimressurss (nüüdisaegsetes mudelites)[3].

Uuringud on näidanud, et raiskamise tuvastamine ja süstemaatiline vähendamine võib oluliselt tõsta tootmisprotsesside tulemuslikkust. Juhtumiuuring autoistmete polstri tootmisega tegelevas ettevõttes leidis, et üksnes Lean tööriistade rakendamisega suudeti vähendada raiskamist protsessis 47%, läbimisaega ehk tsükli aeg 26% ja sama ressursibaasi juures tõsta tootmisvõimsust 33%[11]. See ilmestab selgelt, miks Lean on üks levinumaid meetodeid efektiivsuse parandamiseks tootmises.

Tootmisprotsess on protsess, mille eesmärgiks on tegevuste rakendamisega lisada sisenditele väärtust, sidudes inimtööjõu ja tootmisvahendid omavahel (Joonis 3). Kõik

operatsioonid, mis toote loomisel tehakse, nimetatakse protsessiks. Rahvusvaheline standardiorganisatsioon ISO kirjeldab protsessi kui järjestatud tegevuste kogumit, mis kasutab eesmärgipäraselt ressursse (tööjõud, tehnoloogia, materjal, informatsioon) soovitud väljundi saavutamiseks, omades seejuures väärtust nii organisatsioonile kui ka kliendile.[12]



Joonis 3. Tootmisprotsess [autori koostatud]

Protsess on kogu ettevõtte tegevuse keskseks osaks ja ei piirdu oma olemuselt üksnes operatiivse tegevusega vaid hõlmab operatsioonide tulemuslikkuse (tõhusust) ja efektiivsuse (ressursside kasutus) mõõtmist ja analüüsi, eesmärgiga tuvastada parendamisvõimalused organisatsiooni eesmärkide saavutamiseks.[13]

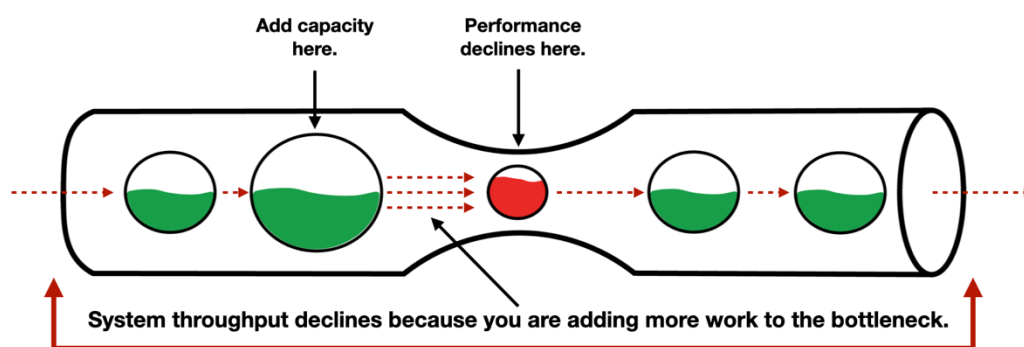
Igal protsessil on kliendid ja huvipooled (organisatsiooni sisesed kui ka välised), kellel on protsessi suhtes vajadused ja ootused ning kes määratlevad protsessi nõutavad väljundid. Sisendid ja väljundid võivad olla nii materiaalsed (seadmed, materjalid või komponendid) või mittemateriaalsed (teave).[12]

#### **1.4 Lean- tootmise meetodikad**

Efektiivse tootmisprotsessi eelduseks on ennekõike seadmete õigeaegne varustamine sisenditega, et materjali ja komponentide sujuv varustatus tagaks stabiilse ja tõhusa tootmiseseadmete koormuse. Ekslik ja hõlpsamalt rakendatav meede tootmisvõimekuse suurendamiseks on töötajate töö intensiivsuse või tööaja pikendamise kaudu, kuid tootmissüsteemi füüsilised piirangud näitavad, et sellised meetmed on üksnes lühiajaliselt ja mitte süsteemselt rakendatavad. Teos „*Factory Physics*“ käsitleb tööjõu koormamise mõju põhjalikult, autorite hinnangul põhjustavad pikad tööpäevad ja kõrge koormus pikaajaliselt töövõime langust, koormatusest põhjustatud vigade hulka ja tsükliaja varieeruvust ning ebaühtlust tööjaamades. Töötundide lisandumine võib aidata ajutiste mahu tõusude puhul, kuid ei saa toetada püsivalt tootmise efektiivsust ega stabiilsust.[14] Samuti rõhutavad autorid, et igas tootmissüsteemis määrab maksimaalse potentsiaalse

väljundi pudelikaela võimekus ehk süsteemi kitsaskoht (Joonis 4). Millest võib järeldada, et töö intensiivsuse suurendamine võib ajutiselt tõsta teatud tööjaamade väljundit, kuid ei ole kunagi suuteline ületama kitsaskoha tootmisvõimekust. Tõeline parendamine tuleb süsteemi füüsikaliste omaduste mõistmisest, mitte üksikute tööjaamade pingutamisest.[14]

Süsteemsete parendustega on võimalik tõsta protsessi läbilaskevõimet kui lühendada tsükli aega, mis saavutatakse protsesside standardiseerimisega, variatsiooni vähendamisega ja tööjaamade tasakaalustamisega ning materjalivoolu stabiilsuse tagamisega.[14]



Joonis 4. Tootmisprotsessi "pudelikael" [17]

Tootmisprotsess ei ole ainult tehniline või materiaalne muundamisjärg, vaid ka juhtumise ja strateegiline vahend, ühendades sisendite teisendamise, väärtuse loomise ja mõõdetava parendamise tsükli. Protsessipõhisel lähenemisel saavutatakse suurem läbipaistvus, tõhusus ja tagatakse ettevõtte jätkusuutlik arengu. Erinevad uurimused näitavad, et protsessi monitooring, protsessivoo analüüs ja protsessipõhine optimeerimine (pudelikaelade tuvastamine) võivad märkimisväärselt tõsta tootlikkust ja parandada ettevõtte ressursside kasutust.[15] Protsesside tulemuslikkuse tõstmiseks kasutatakse erinevaid meetodeid- takti-, protsessi- ja tsükli aegade mõõtmine ning protsessivoo planeerimine.[14]

#### 1.4.1 Taktaeg (*takt time*)

Taktiaeg (*takt time*) on Lean- tootmise kvantitatiivne juhtimisparameeter, mis määrab kui kiiresti peavad tooted valmima olemasoleva tööajaga, et rahuldada kliendi nõudlust ehk kliendinõudluse rütm. [4]

Taktaja arvutamise valem[16]:

$$\text{Taktaeg} = \frac{\text{Planeeritud tootmisaeg (tegelik tööaeg)}}{\text{Kliendi nõudlus (kliendi tellitud)}}$$

Erinevalt protsessiajast või tsükliajast ei mõõda taktaeg tootmisliini võimekust, vaid määrab operatsioonide tempo, et tootmissüsteem oleks tasakaalus ega kasutaks liigselt ressursse ning ei tekiks ebavajalikku ületootmist- muda.[17]

Toyota tootmissüsteemi järgi on taktiaeg tööriist, mis võimaldab kindlaks määrata etappide koormuse, vähendada protsesside varieeruvust ja tagada optimaalne töövoog.[3]

Taktaja kasutus Lean- tootmises:[3]

- Tootmisliinide koormuse planeerimiseks,
- operaatorite arvu ja tööjaotuse määramiseks,
- optimaalse töövoogu loomiseks (*line balancing*),
- pudelikaelade tuvastamiseks,
- visuaalse juhtimise vahendina.

Mitmed uuringud tõdevad, et taktaja määratlemine ja järjepidev jälgimine on tootmisliini tasakaalustamise ja protsessiaja vähendamise metoodiline alustala, mis on ka Lean- tootmise põhieesmärk — raiskamise vähendamine (muda) ja väärtuse suurendamine.[18]

#### **1.4.2 Tsükli aeg (cycle time)**

Tsükli aeg on ajavahemik, mis koosneb väärtust lisavast ajast ja väärtust mitte lisavast ajast ehk kogu aeg, mis kulub toote valmimiseks. Tsükli aega iseloomustab regulaarsus/rütm/takt, mis tagab stabiilse tootmise- protsessis osalevaid osi tarbitakse ühtlaselt, rõhk on stabiilse ja prognoositava tootmistempo säilitamisel, mitte selle suurendamisel. Regulaarsus stimuleerib standardiseerimist ja lihtsustamist.[17]

Tsükli aja arvutamise valem[14]:

$$\text{Tsükli aeg} = \text{väärtust lisav aeg} + \text{väärtust mitte lisav aeg}$$

Tsükli aja parandamisel võib olla oluline mõju ka kasumlikkusele. Isegi väikesemgi raiskamise vähendamine igas tsükli võib osutada summeeritult kasulikuks.[3]

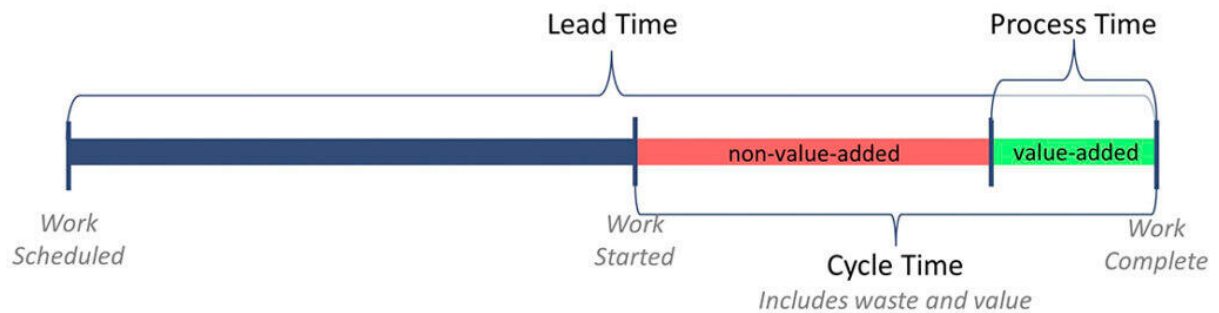
#### **1.4.3 Protsessiaeg (process time)**

Protsessiaeg (*process time*) kirjeldab ajavahemikku, mis kulub toote töötlemisele tööoperatsioonis või tööetapis ja sisaldab endas väärtuslisavat aega (*VA, value-added*) kui ka mitte väärtuslisavat aega (*NVA, non value-added*) kuid ei hõlma seejuures ootamist, transporti, laadimist ega inspekteerimist.[17]

Protsessiaja arvutamise valem[3]:

$$\text{Protsessiaeg} = \text{töötlemisaeg} \div \text{detailide arv}$$

Protsessiaeg ja tsükliäeg on oma olemuselt väga sarnased, kuid erinevusi nende vahel siiski on: ulatus- protsessiaeg keskendub konkreetsetele ülesannetele või arendusetappidele, tsükliäeg seevastu suurele pildile (kogu protsessiaja summa + kõik täiendavad ootamised).[19]

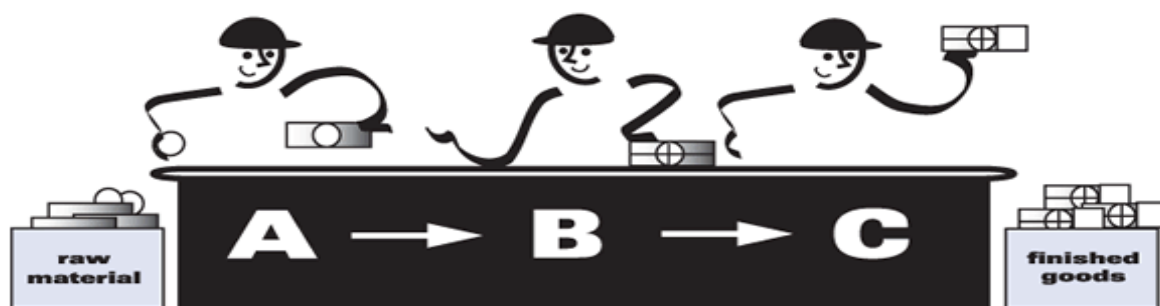


Joonis 5. Protsessiaeg ja tsükliäeg tootmisprotsessis [20]

Iga ettevõtete jaoks on aeg raha, ja üheks aja kokku hoidmise võimaluseks on selleks vähendada toote valmistamiseks kuluvat aega, just sellele Lean keskendubki- väärtust mitte lisavate aegade osakaalu vähendamisele üksikutes protsessides. Protsessi- ja tsükliäeg võivad osutada fundamentaalseks teguriks ettevõtte tuleviku määramisel.[3]

#### 1.4.4 Pidev voog (*continuous flow*)

Pidev voog (*continuous flow*) on Lean- tootmise töövahend, kus tooted liiguvad protsessis katkematult või pidevate väikeste partiidena ühest protsessist teise protsessi, kus iga etapp valmistab just seda, mida järgmine samm nõuab, vältides seejuures seisakuid ja ootamisi. Pidev voog tugineb TPS põhimõttel, mille kohaselt peaks iga tööetapp looma väärtust ühtlases tempos ja ilma katkestusteta, vähendades nii protsessi variatiivsust kui ka liigset raiskamist.[3]

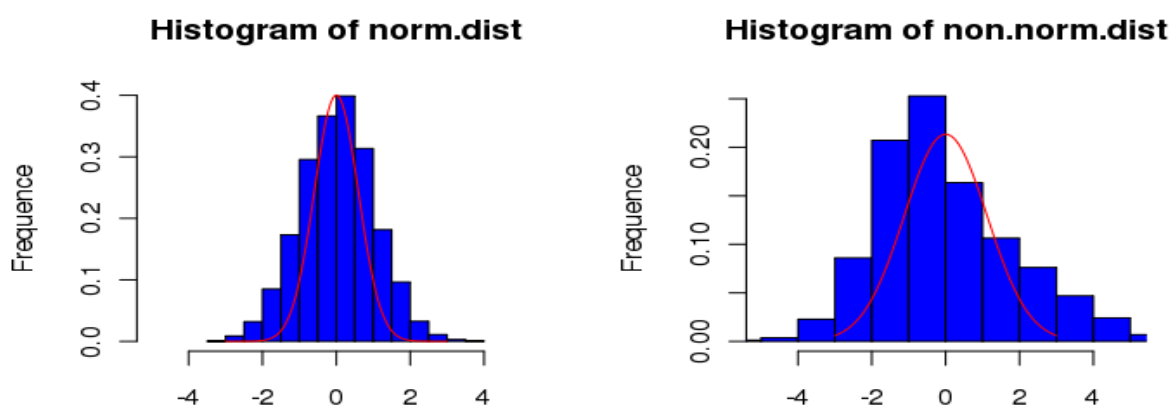


Joonis 6. Pidev voog (*continuous flow*)[22]

Meetodi eesmärgiks on taktaja põhjal optimeerida töövoogusid ja ühtlustada etappe, et tootmisliin töotaks stabiilselt ja järjepidevalt (Joonis 6). Voog saavutatakse kui töötlemise tsükli- ja protsessiajad on omavahel taktaja alusel balansseeritud ja vastavusse viidud.[3]

#### 1.4.5 Protsessi statistiline kontroll ehk ohjekaart (*statistical process control*)

Ohjekaart (*statistical process control*) ehk protsessi statistiline kontroll on meetodite kogum, mida kasutatakse Lean- tootmises selleks, et statistiliste protseduuridega jälgida, mõõta ja kontrollida protsesside stabiilsust ning kvaliteeti [3]. Walter A. Shewharti ja W. Edwards Demingi loodud kontseptuaalne raamistik eristab süsteemseid ehk protsessile omaseid kõikumisi juhuslikest ehk konkreetsetest teguritest tingitud hälvetest (Joonis 7). Tegurite põhjal on võimalik teha andmetele tuginevaid järeldusi protsessi oleku ja tolerantsidele vastavuse hindamiseks.[21]



Joonis 7. Ohjekaart (*statistical process control*), histogramm [24]

Tavapärase muutus tuleneb süsteemile omastest teguritest: kergekujulised erinevused tööoperatsioonides, töövahendite kulumine, materjal ja keskkonnatingimused. Need muutused nõuavad ümberkorraldusi protsessides, standardsetes operatsioonides ja

tehnilistes lahendustes.[3] Ebatavalisi hálbeid (*special cause*) kutsub esile kindel konkreetne sündmus: masinarike, vale seadistus, operaatori eksimus, probleemne materjali partii ning keskkonnatingimuste ebatavaline järsk muutus. Need muutused ei ole protsessile omased ja vajavad kohest sekkumist, et vältida hilisemaid seisakuid ja ebakvaliteetset toodangut.[3]

Ükski tootmisprotsess ei ole suuteline looma täiesti homogeenseid väljundeid, kuna igas protsessis esineb vältimatult varieeruvust, mis on protsessidele omane ja avaldub mitmel moel: erinevate tootmisüksuste, tööpäevade, vahetuste ja ka töötingimuste lõikes. Varieeruvus ei ole pelgalt juhuslik hálve, vaid sageli süsteemne ja protsessi loomupärane osa, mis võib sõltuda nii tehnoloogilistest teguritest kui ka inimteguritest.[3]

Statistilise protsessikontrolliga tagatud ühtlane ja ennustatav protsess toetab Lean'i eesmärki- luua sujuv ja korduv töövoog (*flow*).[3]

## 2. EMPIIRILISE UURINGU METOODIKA

Lõputöös kasutas autor kvalitatiivset uurimismeetodit, kasutades selleks dokumendianalüüsi, vaatlust ja juhtumiuuringut. Uurimismeetodite eesmärk on analüüsida uue toote tootmisprotsessi juurutamist ettevõttes X ja hinnata tootmisvõimekust ning protsessi stabiilsust mõjutavaid tegureid. Kogutud andmeid analüüsib autor kirjeldava ja võrdleva analüüsi meetodite abil, pöörates erilist tähelepanu protsessiaja ja taktiaja suhtele ning parenduste mõju tootmisvõimekusele [22]. Uurimistöö metoodiliseks raamistikuks valis autor juhtumiuuringu, kuna uuritav probleem on tihedalt seotud konkreetse ettevõtte ja konkreetse tootmisprotsessiga[2]. Uuring pakub praktilist sisendit uue toote tootmisprotsessi juurutamise parendamiseks ja Lean- tootmise metoodikate rakendamiseks ettevõtte tootmismahude kasvatamise eesmärgil.

Empiiriliste andmete kogumiseks viis autor esmalt läbi dokumendi analüüsi põhjal tootmisprotsessi kaardistamise, mille käigus kirjeldas uue toote tootmisprotsessi etappe. Protsessi kaardistamine võimaldab visualiseerida tootmisprotsessi tegelikku toimimist ja tuvastada väärtust mitteloovaid tegevusi ja võimalikke kitsaskohti. Tootmisvõimekuse hindamiseks teostas autor ajamõõtmisi piloottootmise vaatluse käigus, mille põhjal arvutas hiljem üksikute operatsioonide protsessi- ja tsükliajad ning eeltöötlemise protsessi kumulatiivse tsükliaja. Saadud tulemusi võrdleb autor tootmise taktiaja väärtusega, et hinnata töövoos võimet katta planeeritud tootmisnõudlust.

Lisaks ajamõõtmistele analüüsib autor töökorraldust ja operaatorite tööjaotust erinevates vahetustes. Töövoos analüüsi tulemusel töötas autor välja alternatiivsed töökorralduslikud stsenaariumid, mis põhinevad tööülesannete ümberjaotamisel, töörukkude paralleelsel kasutamisel ning operaatorite töökoormuse tasakaalustamisel. Nende stsenaariumide mõju hindamiseks kasutab autor võrdlevat analüüsi, keskendudes protsessi efektiivsele tsükliajale ja tootmismahule.

Protsessi stabiilsuse ja kvaliteediriski hindamiseks rakendab autor statistilise protsessikontrolli (*SPC*) meetodeid ja analüüsib visuaalide abil piloottootmise käigus kogutud mõõteandmete jaotust, mis võimaldab hinnata autoril uuritava toote protsessi varieeruvust ja masstootmisele ülemineku valmisolekut.

Oma lõputöös kasutab autor ettevõtte X ärisaladuse hoidmiseks toote X dokumentidele ja andmetele viitamisel blankette, millelt autor on eemaldanud ettevõtte jaoks olulised andmed.

## **3. UUE TOOTE TOOTMISE KÄIVITAMISE PROTSESS ETTEVÖTTES X**

### **3.1 Uuritava ettevõtte lühitutvustus**

Töös käsitletav ettevõtte kuulub rahvusvahelisse kontserni, mille filiaalid paiknevad nii Rootsis, Soomes kui ka Eestis. Uuritava ettevõtte tehas asub Saaremaal, Kuressaare linnas ja annab tööd umbes 120 inimesele. Ettevõtte pakub polümeersete lahenduste tootmist kummist, silikoonist ja polüuretaanist ning nende materjalide sidumist metallide ja plastidega.

Vaadeldavas ettevõttes praktiseeritakse laialdaselt erinevaid Lean- tootmise juhtimismetoodikaid ja kvaliteedijuhtimissüsteeme, mis toetavad uue toote juurutamise protsessi ja aitab sisse viia vajalikke muudatusi tootmise käivitamiseks tehases. Ettevõtte juurutusfaas hõlmab endas nii väljatöötatud tehnoloogiate juurutamist, operaatorite väljaõpet kui ka erinevate tehnoloogiliste parameetrite mõõtmist ja regulaarset kvaliteedikontrolli, et tagada stabiilne tootmisprotsess.

Töös käsitletava ettevõtte tehases on kasutusel kompressioon- ehk survevalu ja sissepritsevalu tehnoloogia, millega töödeldakse komponente ja toormaterjali valmistoodanguks. Tootmisprotsessi sisendkomponentide eeltöötlemiseks on kasutusel passiveerimis süsteem (rasvaärastus) ja alumiiniumoksiidi, liiva ja metallgraanuliga pritsseadmed pindade töötlemiseks. Puhastatud pindade katmine keemiliste nakkeainetega toimub kolmes värvikambris.

Ettevõttes on kasutusel ProdMasteri (ERP) tootmistarkvara materjalide ja tootmisressursse planeerimiseks, ostu ja müügi haldamiseks ja laovarvestust pidamiseks. Dokumendihalduseks kasutatakse HCL Notes platvormil, kus hallatakse tootmisprotsesside ja toodete informatsiooni: joonised, kvaliteedinõuded ja kontrollimise juhised, tehnoloogilised parameetrid, tööinstruktsioonid.

### **3.2 Ettevõtte uue toote juurutamise protsess toote X näitel**

Olenemata sellest, et uuritava toote tootmine tuuakse üle Rootsist Eesti tehasesse käsitletakse seda ettevõttes uue tootena, mille juurutamine (*NPI*) on ettevõttele kriitiline etapp enne masstootmise käivitamist. Juurutamise protsessi käigus määratakse edaspidise toodangu kvaliteet, tootmisprotsessi stabiilsus ja ettevõtte majanduslik tulemuslikkus [5].

Uuritava toote X juurutamise protsessi (*NPI*) kõige märgilisemaks ja olulisemaks etapiks on toote teostatavuse koosolek sidusrühmadega, kus analüüsitakse toote erinõudeid (*SC-*

*special characteristics*) ja toote disaini ning arutletakse tootmisprotsessis esinevate tõrgete ja riskide esinemise tõenäosust ning mõju (*FMEA*).

Uue toote X juurutamisel on määrava tähtsusega kvaliteedi planeerimine ja riskide hindamine. Protsess hõlmab riskide kategoorilist analüüsi protsessi võimekusest kuni tarnijate halduseni. Käsitletavas ettevõttes koostatakse iga uue toote jaoks *FMEA (failure mode and effects analysis)* ja kontrolliplaan (*control plan*), mis võimaldavad erinevate riskide ilmnemisel koheselt reageerida ja leida kiire lahendus nende kõrvaldamiseks.

Samuti hinnatakse teostatavuse käigus ettevõttes kasutusel olevate seadmete ja protsesside sobivust tootmiseks ning määratletakse tootmiseks rakendatavad seadmed ja tehnoloogia (sissepritsevalu või survevalu vormimine) ning protsessi sisendid-komponendid, kummimaterjal. Toote teostatavuse eesmärgiks on kontrollida, kas toode on reaalselt valmistatav ja millised tehnoloogilised kitsaskohad võivad esineda.

Uue toote teostatavuse analüüsi dokumendi (Lisa 4) informatsiooni põhjal luuakse hiljem toode X ettevõtte ERP programmi ProdMaster, kuhu lisatakse esialgse infoga toote tehnoloogiline kaart (toote voog) ja tootestruktuur ning LotusNotes´i toote tehnoloogiline informatsioon ja tööinstruktsioonid.

Kliendilt positiivse kinnituse saabumisel ja katsepartii tootmistellimuse laekumisel planeeritakse tootmisplaani uuritava toote piloottootmine. Esimese tootmise tulemuste põhjal on võimalik protsessis teha parandusi ja sätestada toote tootmiseks vajalikud tehnoloogiad, seadmed, rakised ja abivahendid ning uuendada LotusNotes´s kontrolli- (määratakse kontrollitavad parameetrid) ja tööinstruktsioone (sh. seadistusparameetrid). Piloottootmisega kontrollitakse, kas uus toode on tehniliselt toimiv, kvaliteetne ja stabiilselt tootmises rakendatav ning vastab tootmisvõimekuse nõuetele.

Piloottootmise käigus toodetava katsepartii eesmärk on verifitseerida toote tehniline vastavus ja hinnata materjalide, tehnoloogiate ning seadmete sobivust. Testimine aitab kindlaks teha potentsiaalsed defekti allikad ja toote valmistamise kitsaskohad ning tagab, et toote kriitilised funktsioonid on tootmise seisukohalt optimaalselt lahendatud.

Piloottootmise eesmärk on [23]:

- valideerida protsessi korduvus ja kvaliteet;
- hinnata tsükliägu ja takti järgimist;
- tuvastada materjalivoolu ja asendiplaani probleemid;
- kontrollida seadmete võimekust ja operaatorite koolitusvajadusi.

Kui piloottootmise käigus toodetud katsepartiit on kliendi poolt verifitseeritud ehk vastavad kliendi ootustele ja nõuetele, siis teostatakse järgmise piloottootmise käigus

esimene normeerimine, mille järel uuendatakse toote teostatavuse analüüsi järgselt sisestatud andmeid ettevõtte ERP programmis ProdMaster ja viiakse läbi koolitajate/brigadiride ning protsessikontrolli koolitamine, et uue toode üle anda tootmisele. Uue toote tootmise üle andmise protsess on uue toote juurutamise protsessi viimane etapp, millega kinnitatakse, et toode on tehniliselt toimiv, kvaliteetne ja stabiilselt tootmises rakendatav ning vastab tootmisvõimekuse nõuetele. Uue toote/muudatuse juurutamise akti kinnitamisega (Lisa 3) liigub ettevõtte täismahus tootmisele (*mass production*).

### **3.3 Toote X tootmisprotsess**

Toote X protsess koosneb teostatavuse analüüsi dokumendi (Lisa 4) järgi seitsmest eraldi seisvast etapist.

Toote X protsessi etapid:

- materjali sissetulek,
- komponentide eeltöötlemine,
- sissepritsevormimine,
- järeltöötlemine,
- lõppkontroll,
- pakkimine,
- lähetus.

Töös uuritava toote X sisendkomponendid saavad ettevõttesse tarnijatelt. Kauba saabumisel lattu kontrollitakse hoolikalt komponentide vastavust seatud nõuetele, kust need mittevastavuse korral järgnevasse protsessietappi ei liigu. Nõuetele vastav kaup liigub aga seejärel laost edasi juba tehnoloogilise kaardiga kindlaks määratud aadressile, eeltöötlemise osakonda.

Vaadeldava toote tootmistehnoloogia näeb ette polümeeri sidumist tootekomponendiga sissepritse vormimisel. Selleks, et mõlema materjali vahele tekiks püsiv ja tugev side, peab seotavaid komponente eelnevalt töötlemata. Komponentide töötlemine on mitme- etapiline protsess ja on seepärast jagatud uuritavas ettevõttes neljaks erinevaks töörahuks.

Esimeses etapis lapitakse komponendid ükshaaval töötlemisrakistesse, et maskeerida komponendi kindlad osad, mida tootele rakenduvate nõuete järgi ei või töödelda ega katta keemilise ainega. Töötlemisoperatsioonide jõudluse tõstmiseks koostatakse rakiste komplektid, kus üks komplekt koosneb viiest rakisest ja igaühes on omakorda 10 detaili. Eelnevalt töödeldakse käsiliivapritsiiga komponentide pinnad, et seejärel oleks võimalik peale kanda krunt- ja nakkeaine, mis on vajalik vulkaniseerimisprotsessis detailide sidumiseks kummimaterjaliga.

Eeltöötlemise protsessi toetamiseks on käsitletavas ettevõttes koostatud standardsete töövõtete juhend ehk SOP (*standard operating procedure*)(Lisa 5), mis aitab töötajatel rutiinseid toiminguid läbi viia ja tagada soovitud protsessi tulemus. Kui eeltöötlemise protsessi tulemus vastab seatud nõuetele, liiguvad komponendid edasi tootmissaali sissepritsevormimise protsessi sisendkomponendiks.

Vulkaniseerimise protsessiga on toote X tootmistehnoloogia järgi 6 minutit pikka ja tarbib ühe tsükliga 10 sisendkomponenti. Valminud tooted puhastatakse sissepritsevormimise protsessiga kaasnevast üleliigsest materjalist ja kontrollitakse valminud toote kvaliteeti, et sellel ei esineks protsessile omaseid defekte- valgumisvead ega seotavate materjalide vahelist ebapiisavat nakkuvust. Ebakvaliteetne toode eemaldatakse koheselt tootmisprotsessist ja ei liigu sealt edasi lõppkontrolli.

Lõppkontrollis jälgitakse, et tooted oleks läbinud kõiki tootmistehnoloogias ettenähtud protsesse ja teostatakse seejärel viimane kvaliteedinõuetele vastavuse kontrolloperatsioon. Uue toote tootmisesse juurutamisel teostatakse ettevõttes enamasti kolmele esimesele tellimusele 300% kontrolli või kuni töötajad on omandanud piisavalt kogemusi (õpikõver), et välistada defektsete toodete jõudmist kliendini.

Järgnevas pakkimise etapis jälgitakse, et õige toode, õiges koguses liiguks õigesse pakendisse ja oleks vastavalt markeeritud. Pakendatud tooted liiguvad valmistoodangulattu, kus kontrollitakse pakendi markeeringute ja pakkenõuete vastavust ning seejärel lähetatakse juba kliendile.

### **3.3.1 Esimesed PPAP- partiid**

Kuna toote X tootmine Eestis on alles käivitusfaasis, siis on seni toodetud kogused väikesed. PPAP-i (*production part approval process*) raames on väljastatud mitu katsepartiit, mille põhjal on ettevõtte saanud põhjalikumalt tutvavaks uue toote ja selle valmistamiseks vajalike protsessidega ning kvaliteedi karakteristikutega. PPAP raamistiku eesmärk on garanteerida, et toode X vastab nii kliendi kui ka rahvusvaheliste standardite nõuetele enne masstootmisega alustamist [24].

Minimum tensile strength 1000 N, according to test method in doc [REDACTED]

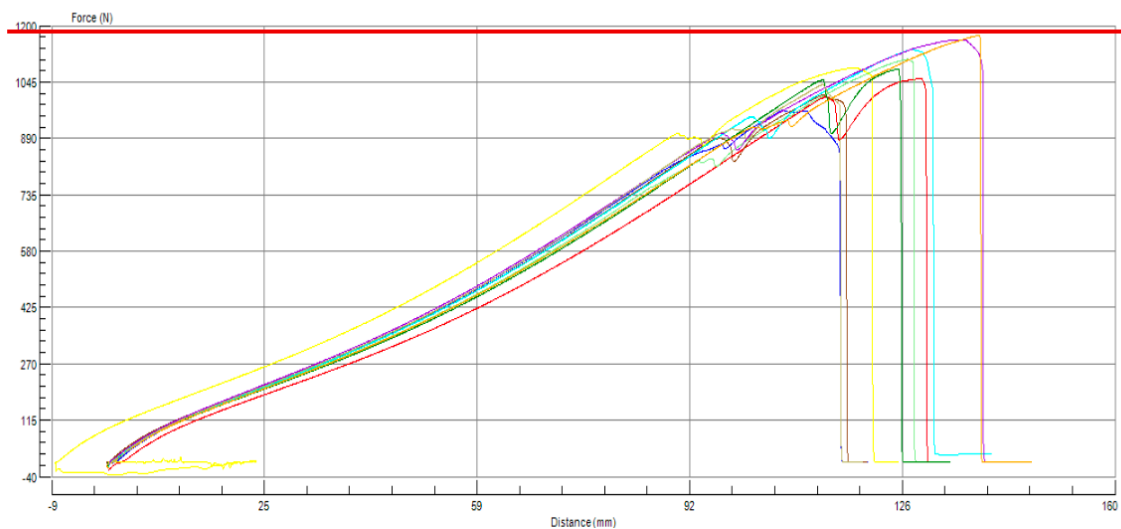
Joonis 8. Toote X tõmbetugevuse nõue standardil

Töös käsitletava toote kvaliteedi kriteerium (Joonis 8) näeb ette, et sisendkomponendi ja kummimaterjali vahelise sideme vastupidavus oleks vähemalt 1000 N (*njuutonit*), kuid toote omadustest lähtuvalt on uuritavas ettevõttes soovituslikuks toote tõmbetugevuse

alampiiriks seatud 1200 N. Tõmbetugevuse määramiseks on ettevõttes kasutusel seade Testometric, millega teostatakse kindlaks määratud intervallidega kvaliteedikontrolli (Lisa 3), et tuvastada tootmisprotsessis kõrvalekaldeid ja nõuetele mitte vastavate toodete tootmist[25].

Visuaalid on põhilised protsessi statistilise kontrolli (SPC) vahendeid, millega tuvastada tavapärasest hälvet (*common cause*) ja erilist hälvet (*special cause*). Esimeste toote X detailide partii tõmbeteimi tulemuste visuaal (Joonis 9), kirjeldab mõõtmistulemuste jaotust ning annab olulist infot nii protsessi kvaliteedi kui ka potentsiaalsete parenduskohtade kohta [26]. Joonis näitab, et kliendi poolt seatud materjalide vahelise sideme vastupidavust ei saavutatud, mõni üksik detail vastab minimaalsele lubatud tõmbetugevuse väärtusele. Väärtused peegeldavad, et mingi osa protsessist põhjustab kehva kvaliteeti.

Uuritava toote mõõtmistulemused (Joonis 9) on Walter A. Shewharti ja W. Edwards Demingi loodud kontseptuaalse raamistiku järgi süstemaatiline ehk protsessile omane kõikumine, mis tuleneb kergekujulistest erinevustest tööoperatsioonides, töövahendite kulumisest, materjali ja keskkonnatingimustest. Raamistiku järgi nõuavad need muutused ümberkorraldusi protsessides, standardsetes operatsioonides ja tehnilistes lahendustes.[3]



Joonis 9. Toote X esimese katsepartii tõmbeteimi tulemused

### 3.4 Toote X tootmisressursside kasutus

Kuna tootmine on ettevõtte X peamine protsess, mille eesmärgiks on toodangu andmine soovitud kvaliteedi ja efektiivsusega nii sise- kui ka väliskliendile, siis tootmisprotsessi ettevalmistamine määrab otseselt toote X edaspidise kvaliteedi, protsessi tulemuslikkuse

ja tootmisvõimsuse ning ettevõtte saavutatavad tootmismahud. Tootmise ettevalmistamisega suudab uuritav ettevõtte ennetada seeriatootmisel protsessis ilmnevat tõekeid ja kitsaskohti ning tagada kliendi ootustele vastamise, saavutades seatud eesmäärke.[5]

Tootmise ettevalmistamisel on vajalik [3]:

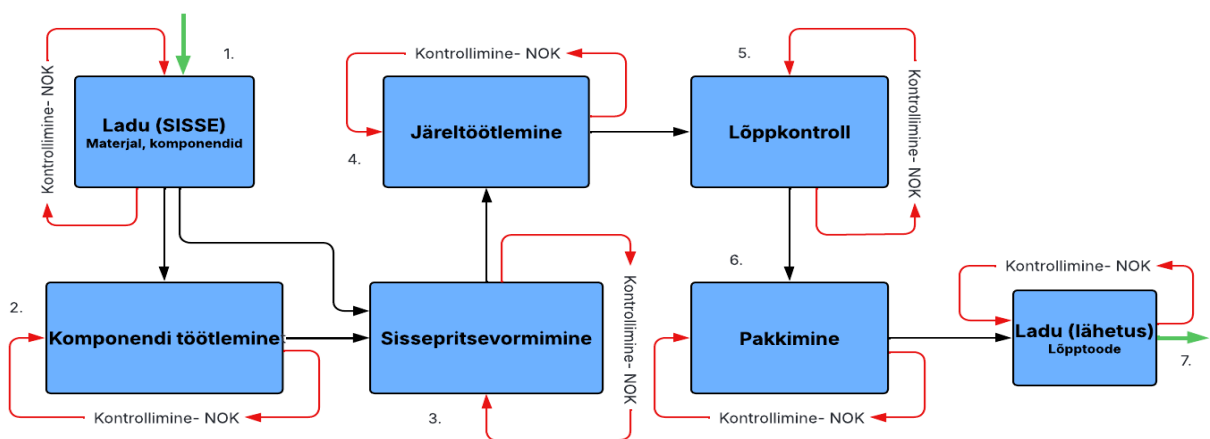
- tööprotsesside kaardistamine;
- töövoogude tasakaalustamine;
- seadmete, töövahendite projekteerimine;
- materjali liikumise ja logistika planeerimine.

### 3.4.1 Tootmisprotsesside kaardistamine

Tootmisprotsesside kaardistamine aitab tuvastada seeriatootmise käivitamist mõjutavad aspektid ja leida tootmismahude kasvatamiseks rakendatavaid Lean- tootmise meetodikaid toote X juurutamisel [3].

Lõputöö eesmärkide saavutamiseks koostas autor toote X protsessi vooskeemi, et tuua esile protsessis eelnevaid ja järgnevaid etappe ning nende vahelisi seoseid. Samuti on vooskeemiga võimalik tuvastada organisatsiooni sisesed protsessi huvipooled, kellel on protsessi suhtes vajadused ja ootused ning, kes määratlevad protsessis nõutavad sisendid ja väljundid (seadmed, materjalid, komponendid, informatsioon).[12]

Toote teostatavuse analüüs (Lisa 5) on aluseks autori koostatud toote X protsessi vooskeemi (*flowchart*) koostamiseks. Vooskeem (Joonis 10) kirjeldab õiges järjekorras kõiki protsessi etappe alates materjali saabumist kuni lõpptoodangu lähetuseni, sh. eeltöötlemine, tootmine, järeltöötlemine ja lõppkontroll ning pakkimine.



Joonis 10. Toote X protsessi vooskeem [autori koostatud]

### 3.4.2 Protsessiaeg

Rahvusvaheline standardiorganisatsioon ISO defineerib protsessi kui omavahel seotud või vastastikku mõjutatavate tegevuste jada, mis kasutab eesmärgipäraselt ressursse (tööjõud, tehnoloogia, materjal, informatsioon) soovitud väljundi saavutamiseks, rõhutades seejuures, et protsessi käsitus peab olema mõõdetav- tulemuslikkus ja efektiivsus [12]. Sellest tulenevalt leidis autor koostatud toote X protsessi vooskeemi alusel (Joonis 10) piloottootmise protsessi etappide: eeltöötlemine, sissepritsevormimine, lõppkontrolli ja pakkimine tootmisvõimsuse, mille alusel arvutada protsessiaeg. Protsessiaja arutamiseks on autoril võimalik välja selgitada iga etapi mõju toote X tootmisprotsessis.

Autor vaatles toote X piloottootmise protsessi intervallidena ühe kuu jooksul. Vastavalt antud töö teoreetilises osas käsitletud protsessiaja mõistest (vt. lk. 14) leidis autor toote X protsessiaja ja kasutas selleks eeltoodud valemit ning arvestades ühes vahetuses käideldud toote X arvu. Autor lähtus arvutuses vahetuse arvestuslikust kasulikust tööajast 7,5 tundi.

Toote X eeltöötlemise osakonnas töö suuresti varieerub ja teostamisel tuli operaatoril töötada paralleelselt teise toote töötlemisega. Ühe vahetusega suutis operaator ära töödelda 10 töötlemisrakiste komplekti ehk 500 detaili.

Sissepritsevormimise etapil mõõdetud seadme töötlemisaeg on kuus minutit, mille vältel toodetakse kümme toote X detaili. Vastavalt toote X tootmiseks võimalike kasutatavate seadmete arvuga on autor tabelis (Tabel 1) väljatoonud ühes vahetuses toodetavate detailide koguarv.

Tabel 1. Tootmisseadmetel toodetavate toote X detailide arv ühes vahetuses, tükki

<b>Üks press</b>	<b>Kaks pressi</b>	<b>Kolm pressi</b>	<b>Neli pressi</b>
450	900	1350	1800

Vaatlustulemustel selgus, et antud toote järeltöötlemist: puhastamine üleliigsest kummimaterjalist ja visuaalne kontrollimine on võimalik teostada tootmiseseadme vulkaniseerimistsükli ajaga ja seepärast viiakse see operatsioon läbi tootmiseseadme töötsükli ajal- operaator puhastab ja kontrollib eelneva tsükliga valminud tooted. Seega järeltöötlemisel käideldavate detailide arv on võrdne tootmiseseadme ühe töötsükli väljundiga.

Kontrollimise ja pakkimise operatsiooni viivad läbi sama osakonna töötajad, kes lõppkontrolli teostamise järel ka pakivad tooted lähetuseks. Nendes etappides käideldud toote X ühikud on autori poolt liidetud ja leitud aritmeetiline keskmine: 2000 tükki.

Autor koostas toote X protsessiaja arvutamiseks piloottootmise vaatlustulemuste põhjal tootmisprotsessis käideldavate detailide arvust kokkuvõtliku tabeli (Tabel 2).

Tabel 2. Ühes vahetuses käideldavate toote X detailide arv, tükki

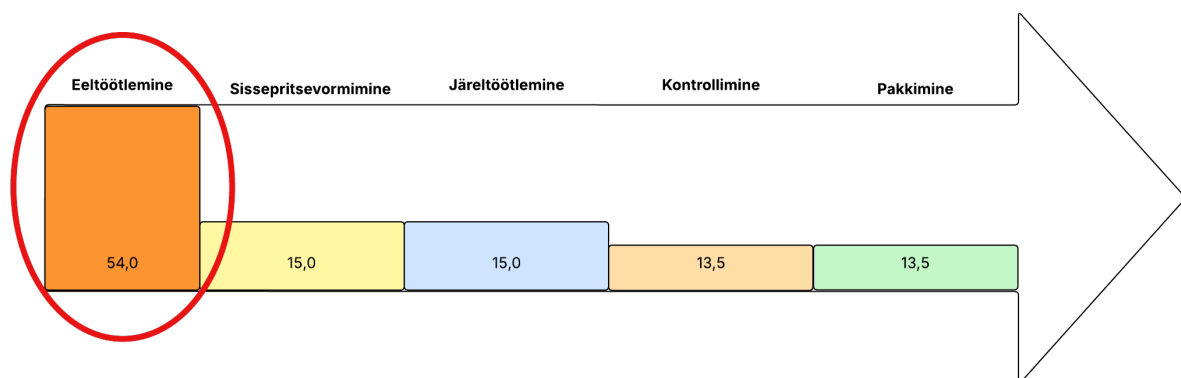
2. etapp	3. etapp	4. etapp	5. etapp	6. etapp
500	1800	1800	2000	2000

Saadud tulemustega koostas autor protsessiaegade ehk ühe detaili töötlemisele kuluva aja tabeli (Tabel 3) vastavalt toote X protsessi vooskeemil nummerdatud etappidele (Joonis 10). Protsessiajaga on autoril võimalik tuvastada toote X tootmisprotsessis kitsaskohad, kasutades selleks ülaltoodud protsessiaja arvutamise valemit (vt. lk. 15).

Tabel 3. Toote X tootmisprotsessi etappide protsessiaeg, sekundit tükile

2. etapp	3. etapp	4. etapp	5. etapp	6. etapp
54,0	15,0	15,0	13,5	13,5

Kasutades eelnevalt autori koostatud protsessiaegade tabelit (Tabel 3) on võimalik saadud tulemuste põhjal visualiseerida joonise toote X protsessiaegadest (Joonis 11), et eristada protsessis esinevat kitsaskohta ehk pudelikaela.



Joonis 11. Toote X tootmisprotsessi pudelikael [4]

Joonis näitab, et toote X tootmisprotsessi etapid on ebaühtlased ega ole omavahel tasakaalus- protsessi esimese etapi protsessiaeg on võrreldes teistega etappidega märkimisväärselt suurem. Taiichi Ohno on identifitseerinud ülekoormust- muri ühe

peamise kõrvalekaldeid tekitava valdkonnana, millele tähelepanu juhtida.[9] Joonis järgi saab autor eeltöötlemise etappi lugeda protsessi pudelikaelaks, mis mõjutab kõiki järgnevaid etappe ja määrab toote X maksimaalse tootmisvõimsuse protsessis.

Uurimused rõhutavad, et *NPI* protsesside edukus sõltub otseselt sellest, kui kiiresti suudetakse tuvastada ja kõrvaldada probleeme protsessis ning stabiliseerida voog. Mida kiiremini suudetakse vähendada protsessiaegade varieeruvust, seda väiksem on operatiivne ebakindlus ja seda suurem on tõenäosus, et uus toode jõuab masstootmisel planeeritud mahus, kvaliteedis ja kuluraamis.[7]

### 3.4.3 Taktiaeg

Erinevalt protsessiajast ei mõõda taktaeg toote X tootmisliini võimekust, vaid määrab operatsioonide tempo, et tootmine oleks tasakaalus ega tekiks ebavajalikku ootamist-raiskamist ehk muda [17]. Toyota tootmissüsteemi (*TPS*) järgi on taktiaeg tööriist, mis võimaldab kindlaks määrata toote X eeltöötlemise etapi koormuse, vähendada protsesside varieeruvust ja tagada optimaalne töövoog [3].

Töös käsitletava toote puhul on esmatähtis just eeltöötlemine, mis märkimisväärselt mõjutab ja ka dikteerib järgneva sissepritsevormise operatsiooni sammu. Selleks, et tagada tootmiseseadmete pidev ja sujuv varustatus komponentidega, kasutas autor eeltöötlemise operatsiooni taktaja arvutamiseks uurimustöö teoreetilises osas välja toodud valemit (vt. lk. 14). Taktaeg määrab kui kiiresti peavad tootmiseseadmete sisendid valmima, et rahuldada nõudlust ja luua rütm.

Vastavalt varasemalt arvutatud toote X protsessiaegadega (Tabel 3) on autoril võimalik järgnevalt taktaja arvutamise valemi abil leida kui kiiresti peavad eeltöötlemise protsessis detailid valmima ehk taktaeg. Autor arvutas taktaja sissepritsevormimise protsessiaja alusel, mis toote tootmistehnoloogiast lähtuvalt seab toote X protsessile maksimaalse saavutatava tootmismahu. Taktaja arvutamisel lähtuti ettevõttes arvestavat tegelikku ehk kasulikku tööaega 7,5 tundi päevas.

$$\frac{450 \text{ min}}{1800 \text{ tk}} = 0,25 \text{ min} = 15 \text{ sek/tk}$$

Kui protsessiaeg ületab taktaega, tekib tootmisvõimekuse puudujääk, kui protsessiaeg on taktaja väärtusest väiksem, suureneb risk ületootmiseks. Seega figureerib taktiaeg toote X tootmisprotsessi parenduse aluskriteeriumina, defineerides optimaalse töötempo, mille ümber formuleerida toote X eeltöötlemise protsessi operaatorite töövoog.[3]

Kui kõrvutada varasemalt autori arvutatud eeltöötlemise etapi protsessiaeg 54,0 sek/tk (Tabel 3) ja taktaeg 15 sek/tk, siis antud tulemuste põhjal saab autor järeldada, et eeltöötlemise etapis on tootmise võimekuse puudujääk ning sellest lähtuvalt vajab see tootmisprotsessi etapp parendamist, et saavutada tasakaalustatud ja optimaalne toote X tootmisprotsess, mis võimaldab täita ettevõtte tootmiskahtude kasvatamise eesmärki.

Mitmed uuringud tõdevad, et taktaja määratlemine on tootmisliini tasakaalustamise ja protsessiaja vähendamise meetodiline alustala, mis on ka Lean- tootmise põhieesmärk – raiskamise vähendamine (muda) ja väärtuse suurendamine.[18]

### 3.5 Toote X eeltöötlemise etapi parendamine

Teoses „*Factory Physics*“ rõhutavad autorid, et igas tootmisprotsessis määrab maksimaalse potentsiaalse väljundi pudelikaela võimekus ehk süsteemi kitsaskoht [14]. Sellest lähtuvalt analüüsib autor toote X eeltöötlemise protsessi ja koostab põhjal võimaliku soovitusliku optimaalse eeltöötlemise protsessi töövoog, et tagada tasakaalustatud toote X protsess.

#### 3.5.1 Toote X eeltöötlemise protsessi tsükliäeg

Kuna antud tootel on eeltöötlemise operatsioon jagatud neljaks protseduuriks ehk töörahuks: lappimine rakistesse, karestamine ja värvimine krunt- ning värvainega, siis tsükliäeg võrreldes protsessiajaga, mis keskendub konkreetsetele etappidele, võimaldab kogu toote valmistamiseks kuluvat ajavahemikku koos täiendavate ootamistega kirjeldada [19]. Selleks, et analüüsida operatsioonidele kuluvat tegelikku ajakulu, mõõtis autor stopperiga igale töörahu töötlemise kuluva aja koos operatsioonide vaheliste täiendavate ootamistega- töötlemisrakiste transport protseduuride vahel ja värvi kuivamiseks kuluv aeg. Mõõtmine võimaldab autoril toote X eeltöötlemise protsessi analüüsida ja välja selgitada operatsioonides esinev ebakõla, mis ei järgi protsessi taktaega.

Autor koostas töörakkude operatsioonidele kuluva aja jaotusega tabeli (Tabel 4). Tabelis on 500 detaili ehk vaadeldavas ettevõttes ühe korraga käideldava partii töötlemiseks kuluv aeg, minutit.

Tabel 4. Töörakkude 500 ühiku operatsioonidele kuluv aeg, minutit

<b>Lappimine</b>	<b>Karestamine</b>	<b>Kruntimine</b>	<b>Värvimine</b>
45	30	30	30

Autor kasutas tabeli koostamisel keskmise tsükliäja arvutamise meetodit- jagades kindlal perioodil toodetud ühikute arvu vajaliku ajaga. Keskmise tsükliäja arvutamise meetodit

kasutatakse laialdaselt masstootmis keskkondades, mis sobib antud toote X tootmismahude kasvatamise eesmärgiga.[19]

Autor koostas mõõtmistulemuste põhjal (Tabel 4) eeltöötlemise protsessi operatsioonide tsükliajadega tabeli (Tabel 5), kus lappimine töötlemisrakistesse on kirjeldatud töörakuna 1, karestamine töörakuna 2, kruntaine pealekandmine töörakuna 3 ja nakkeaine pealekandmine töörakuna 4.

Tabel 5. Eeltöötlemise protsessi tööraakude tsükliajad, sekundit tükile

1. tööraak	2. tööraak	3. tööraak	4. tööraak	Tsükliajad kokku
5,4	3,6	3,6	3,6	16,2

Saadud arvutuse põhjal on eeltöötlemise protsessi operatsioonide tegelik summeeritud tsükliajad 16,2 sek/tk, mis on võrreldes eelnevalt autori poolt leitud protsessiajaga (Tabel 3) märkimisväärselt väiksem, kuid taktajaga (vt. lk. 27) 15 sek/tk siiski veidi suurem. Tulemustest lähtudes ei jõua ikkagi eeltöötlemise protsess seadmete nõudlusele järele ja tekib protsessi võimsuse puudujääk (vt. lk 26).

Autori arvutatud summeeritud tsükliajad esindab protsessi tehnoloogilist ülempiiri, mis isegi ideaalilähedases järjestikulisel konfiguratsioonis ei ole suuteline saavutama nõudluspõhist taset.

Kumulatiivne tsükliajad eeldab:

- järjestikulist töökorraldust;
- minimaalset paralleelsust;
- protsessi käsitlemist ühe tervikuna.

Tuginedes arvutustele leiab autor, et hoolikalt läbimõeldud töövoogude loomisega on võimalik saavutada soovitud toote X tootmismahude täitmise võimekus.

### 3.5.2 Toote X eeltöötlemise protsessi voog

Pidev voog (*continuous flow*) on Lean- tootmise üks põhilisi printsiipe, mille eesmärgiks on tagada, et tooted liiguvad tootmisprotsessis sujuvalt, ilma katkestuste, ooteaegade, järjekordade või üleliigse varu kuhjumiseta, mis võimaldab vähendada läbimisaega ja parandada kvaliteeti (vead ilmnevad kiiremini ja minimaalses mahu). Printsiibi kohaselt peaks iga toote X töötapp looma väärtust ühtlases nõudluspõhises tempos, vähendades nii toote X protsessis variatiivsust kui ka liigset raiskamist.[3] Meetod eeldab, et toote X tootmisprotsess on stabiilne ja valitseb nõudluspõhine tempo, mille määratleb taktaeg-

eeltöötlemise etapp peab olema võimeline töötama nõutud rütmiga, et ennetada toote X protsessis komponentide kuhjumisi või puudujääke [3].

Kuigi üksikute töörikkude tsükliajad jäävad alla taktiaja (Tabel 5), ületab protsessi kumulatiivne tsükliage nõudluspõhise taktiaja (vt. lk 27), mistõttu pidev voog selles konfiguratsioonis ei ole võimalik. Pideva voo saavutamine eeldab kas protsessiaja vähendamist, tööülesannete ümberjaotamist või täiendava paralleelse ressursi rakendamist [3].

Tasakaalustatud töövoog loomisega on võimalik saavutada [3]:

- stabiilne ja prognoositav tootmisrütm;
- kogu protsessi läbilaskevõime vastavus nõudlusele;
- minimaalne vahetoodangu (*WIP*) tase;
- lühem läbimisaeg (*lead time*);
- väiksem ressursiraiskamine ja parem tööjõu kasutus;
- pideva voo eeltingimuste loomine.

Autori eesmärgiks on Lean- tootmise põhimõtet järgides viia eeltöötlemise protsessi tsükliage taktile võimalikult lähedale, optimeerides tööjõu kasutamist ja eemaldades protsessist raiskamist (muda)- ooteaeg, tarbetu liikumine. [18] Toote X protsessi etappide ühtlustamine vähendab protsessi variatiivsust ja autoril on võimalik saavutada stabiilne toote X voog.

Autor koostas eeltöötlemise protsessi mõõtmistulemuste ja piloottootmise vaatluse analüüsi tulemusel kaks soovituslikku töövoogu (Joonis 12 ja 13) optimaalsete partii suurustega, mis võimaldavad tagada ettevõtte tootmisseedmetele piisavas mahus sisendkomponente, et protsessis ei tekiks ebavajalikke seisakuid ja võimaldab saavutada toote X tootmisel ettevõtte tootmismahude kasvatamise eesmärki.

Tootmisprotsesside juhtimisel on visualiseerimine keskse tähtsusega, kuna see võimaldab muuta kompleksse ja ajapõhise informatsiooni kiiresti tõlgendatavaks ning toetab otsuste tegemist tootmisvõimekuse ja ressursikasutuse parendamiseks. Protsessides, kus läbilaskevõime on piiratud ühe või mitme tööetapi poolt, aitab selge visualiseerimine luua efektiivsema töökorralduse ja ressursside jaotuse, et vastata nõudluspõhisele taktiajale.

Antud protsessi tööjaamade koormuse tasakaalustamiseks kasutas autor ajapõhist Gantt-tüüpi protsessikaarti [27]. Operaatori ettenähtud puhkeegade lisamine joonisele võimaldab autoril hinnata tööaja struktuuri ja eristada väärtust loovad ning mitteloovad ajaperioodid- puhkepausid. Autori koostatud töövoog (Joonis 12 ja 13) võimaldavad kasutada ettevõttel saadaval olevat kasulikku tööaega otstarbekalt ja vastavalt vajadusele

juhtida ning kohandada eeltöötlemise osakonna ressursse soovitud väljundi saavutamiseks.

Hommik + õhtu 1 inimene mõlemas vahetuses		
	Operatsioon	Ajakulu
2 KÄRU	Lappimine:	0600-0730
	Karestamine:	0730-0830
	<b>PAUS</b>	<b>0830-0840</b>
	Krunt:	0840-0940
	Värv:	0940-1040
	Tühjendamine:	1040-1100
	<b>LÕUNA</b>	<b>1100-1130</b>
1 KÄRU	Lappimine:	1130-1215
	Karestamine:	1215-1245
	<b>PAUS</b>	<b>1245-1255</b>
	Krunt:	1255-1325
	Värv:	1325-1355
	Tühjendamine:	1355-1410
	Lõpetamine:	1410-1430

**Väljund: 3x500= 1500 detaili**

	Operatsioon	Ajakulu
1 KÄRU	Lappimine:	1430-1515
	Karestamine:	1515-1545
	Krunt:	1545-1615
	Värv:	1615-1645
	<b>PAUS</b>	<b>1645-1655</b>
	Tühjendamine	1655-1710
2 KÄRU	Lappimine:	1710-1840
	Karestamine:	1840-1900
	<b>LÕUNA</b>	<b>1900-1930</b>
	Karestamine:	1930-2010
	Krunt:	2010-2110
	Värv:	2110-2145
	<b>PAUS</b>	<b>2145-2155</b>
	Värv:	2155-2220
	Tühjendamine:	2220-2240
	Lõpetamine:	2240-2300

**Väljund: 3x500= 1500 detaili**

Joonis 12. Ühe operaatoriga eeltöötlemise protsessi töövoog

Joonisel (Joonis 12) on koostatud töövoog ühe operaatoriga vahetuses, kus tööraakude operatsioonid (lappimine, karestamine, kruntimine ja värvimine) sooritatakse järjest ja kasutatavate kärude arv on vahelduv. Antud töövoos puhul on eeltöötlemise protsess killustatud- operaator katab mitut rolli, mis seab töötajale suure koormuse. Ühe operaatoriga koostatud töövoos vahetuse väljundiks on 1500 detaili, millega on võimalik välja arvutada protsessiaeg, arvestades kasulikuks tööajaks 7,5 tundi vahetuses.

Ühe operaatoriga töövoos protsessiaeg[3]:

$$450 \text{ min} \div 1500 \text{ tk} = 0,3 \text{ min/tk} = 18,0 \text{ sek/tk}$$

Antud koostatud töövoos eeltöötlemise etapi protsessiaeg on 18,0 sek/tk, mis näitab, et lisaks tehnoloogilisele piirangule esinevad ka töökorralduslikud kaod- ooteajad tööraakude vahel. Autori koostatud voog piirab toote X protsessi läbilaskevõimet (vt. taktaega lk. 27) ja ei ole võimalik luua pidevat voogu (*continuous flow*) toote X tootmisel.

Hommik + õhtu 2 inimest kahes vahetuses												
Inimene nr1			Inimene nr2			Inimene nr1			Inimene nr2			
1 KÄRU	Lappimine:	0600-0645	Hommikune vahetus	Lappimine:	0600-0645	1 KÄRU	1 KÄRU	Lappimine:	1430-1515	Krunt:	1430-1500	1 KÄRU
	Karestamine:	0645-0715		Karestamine:	0645-0715			Karestamine:	1515-1545	Värv:	1500-1530	
1 KÄRU	Lappimine:	0715-0800		Krunt:	0715-0815	2 KÄRU	1 KÄRU	Lappimine:	1545-1630	Krunt:	1530-1600	1 KÄRU
	Karestamine:	0800-0815		<b>PAUS</b>	<b>0815-0825</b>			Tühjendamine:	1630-1645	Värv:	1600-1630	
	<b>PAUS</b>	<b>0815-0825</b>		Värv:	0825-0925			<b>PAUS</b>	<b>1645-1655</b>	Tühjendamine:	1630-1645	Võtavad koos
	Karestamine:	0825-0840		Tühjendamine:	0925-0945		1 KÄRU	Lappimine:	1655-1740	<b>PAUS</b>	<b>1645-1655</b>	
2 KÄRU	Lappimine:	0840-1010		Krunt:	0945-1015	1 KÄRU	2 KÄRU	Karestamine:	1740-1840	Lappimine:	1655-1740	1 KÄRU
	Karestamine:	1010-1100		Värv:	1015-1045	15min vah	1 KÄRU	Lappimine:	1840-1900	Karestamine:	1740-1810	1 KÄRU
	<b>LÕUNA</b>	<b>1100-1130</b>		<b>LÕUNA</b>	<b>1100-1130</b>			<b>LÕUNA</b>	<b>1900-1930</b>	Krunt:	1810-1840	1 KÄRU
	Karestamine:	1130-1140		Tühjendamine:	1130-1140			Lappimine:	1930-1955	Värv:	1840-1900	
1 KÄRU	Lappimine:	1140-1225		Krunt:	1140-1240	2 KÄRU		Karestamine:	1955-2025	<b>LÕUNA</b>	<b>1900-1930</b>	
	Karestamine:	1225-1245		<b>PAUS</b>	<b>1245-1255</b>		1 KÄRU	Lappimine:	2025-2110	Värv:	1930-1940	
	<b>PAUS</b>	<b>1245-1255</b>		Värv:	1255-1355			Karestamine:	2110-2140	Krunt:	1940-2040	2 KÄRU
	Karestamine:	1255-1305		Tühjendamine:	1355-1415			<b>PAUS</b>	<b>2145-2155</b>	Värv:	2040-2140	
1 KÄRU	Lappimine:	1305-1350	Lõpetamine:	1415-1430			Krunt:	2155-2225	<b>PAUS</b>	<b>2145-2155</b>		
	Karestamine:	1350-1420					Värv:	2225-2255	Krunt:	2155-2225		
	Lõpetamine:	1420-1430						Õhtune väljund 8x500=4000 detaili	Värv:	2225-2255		

**Väljund: 5x500= 2500 detaili**

**Väljund: 8x500= 4000 detaili**

Joonis 13. Kahe operaatoriga töövoog

Joonisel (Joonis 13) on koostatud töövoog kahe operaatoriga vahetuses, kus tööraakude operatsioonid (lappimine, karestamine, kruntimine ja värvimine) on jaotatud töötajate vahel. Töö tempo on kogu vahetuse lõikes ühtlasem ja detailide partiisid käsitletakse paralleelselt, mille tulemusena on vähenenud töö katkestused ja operatsioonide vahelised ooteajad. Kahe operaatoriga koostatud töövoog hommikuse vahetuse väljundiks on 2500 detaili ja õhtuse vahetuse 4000 detaili. Vastavalt vahetuse väljundile on võimalik välja arvutada vahetuste protsessiaeg (kasulikult tööaeg 7,5 tundi vahetuses).

Kahe operaatoriga töövoog hommikuse vahetuse protsessiaeg[3]:

$$450 \text{ min} \div 2500 \text{ tk} = 0,18 \text{ min/tk} = 10,8 \text{ sek/tk}$$

Kahe operaatoriga töövoog õhtuse vahetuse protsessiaeg[3]:

$$450 \text{ min} \div 4000 \text{ tk} = 0,11 \text{ min/tk} = 6,6 \text{ sek/tk}$$

Töövoogude protsessiaeg hommikuses vahetuses on 10,8 sek/tk ja õhtuses vahetuses 6,6 sek/tk, mis ületab toote X protsessi läbilaskevõimet (vt. taktaega lk. 27) ja loob eelduse pideva voo tekkimiseks toote X tootmisel.

Tulemused näitavad, et kumulatiivne tsükli-aeg ei ole protsessi absoluutne piir, vaid kehtib ainult järjestikulise tööloogika korral. Paralleelsuse, tööjaotuse ja mitme tööraaku samaaegse kasutamise kaudu on võimalik vähendada kogu protsessi tsükli-ajaga.

### 3.5.3 Parenduste mõju tootmismahule

Lean- teooria rõhutab, et uus toode tuleb juurutada viisil, mis minimeerib raiskamist, tagab voo sujuvuse ning optimeerib ressursikasutust. Voolu loomine ja raiskamise eemaldamine võimaldab uue toote juurutamise protsessis (*NPI*) vältida sujuvat käivitamist ohustavad tegurid: ülekoormust (muri), ebavõrdsust (mura) ja raiskamist (muda), mis oma iseloomu tõttu nõuavad rohkem vahendeid kui tegelikult vaja on.[8]

Tootmisvõimsus määratakse saadaval oleva tööaja (7,5 tundi) ja protsessi tsükli- või protsessiaja suhtena ning väljendab maksimaalset toodangumahtu kindlal ajaperioodil (vahetuses). Autor koostas tabeli (Tabel 6) antud uurimustöö raames käsitletud eeltöötlemise protsessi väljunditega: vaatlus piloottootmise käivitamisel (Tabel 3), autori mõõdetud teoreetilise tsükliajaga (Tabel 5), autori koostatud ühe operaatoriga töövoog (Joonis 12, lk. 31) ja kahe operaatoriga töövoog hommikuses ning õhtuses vahetuses (Joonis 13, lk. 32).

Tabel 6. Autori uurimustöös käsitletud eeltöötlemise protsessi väljundid vahetuses, tükki

<b>Vaatlus</b>	<b>Teoreetiline</b>	<b>Joonis 6</b>	<b>Joonis 7, vahetus 1</b>	<b>Joonis 7, vahetus 2</b>
500	1667	1500	2500	4000

Tabeli analüüs näitab, et protsessi kumulatiivne tsükliäeg määrab tootmisvõimekuse üksnes järjestikulise töökorralduse korral. Tegelikel olukordades võimaldab tööülesannete jaotamine ja tööraakude paralleelne töötlemine oluliselt vähendada kogu protsessi tsükliäega ning suurendada tootmismahu üle teoreetilise kumulatiivse piiri. Seega on tootmismahu kasvatamisel määrava tähtsusega mitte üksnes tehnoloogilised parameetrid, vaid eelkõige töökorralduslikud lahendused ja protsessi voog.

Antud autori uurimustöö teoreetilises osas on toodud üheks uue toote juurutamise protsessi mõjukaks teguriks ettevõtte organisatoorne suutlikkus mobiliseerida olemasolevaid ressursse ja tasakaalustada koormust töötappide vahel.[1] Samuti rõhutavad uurimused, et *NPI* protsesside edukus sõltub otseselt sellest, kui kiiresti suudetakse vähendada protsessis varieeruvust ja tuvastada riske, seda väiksem on operatiivne ebakindlus ning seda suurem on tõenäosus, et uus toode jõuab masstootmisse planeeritud mahus, kvaliteedis ja kuluraamis.[7]

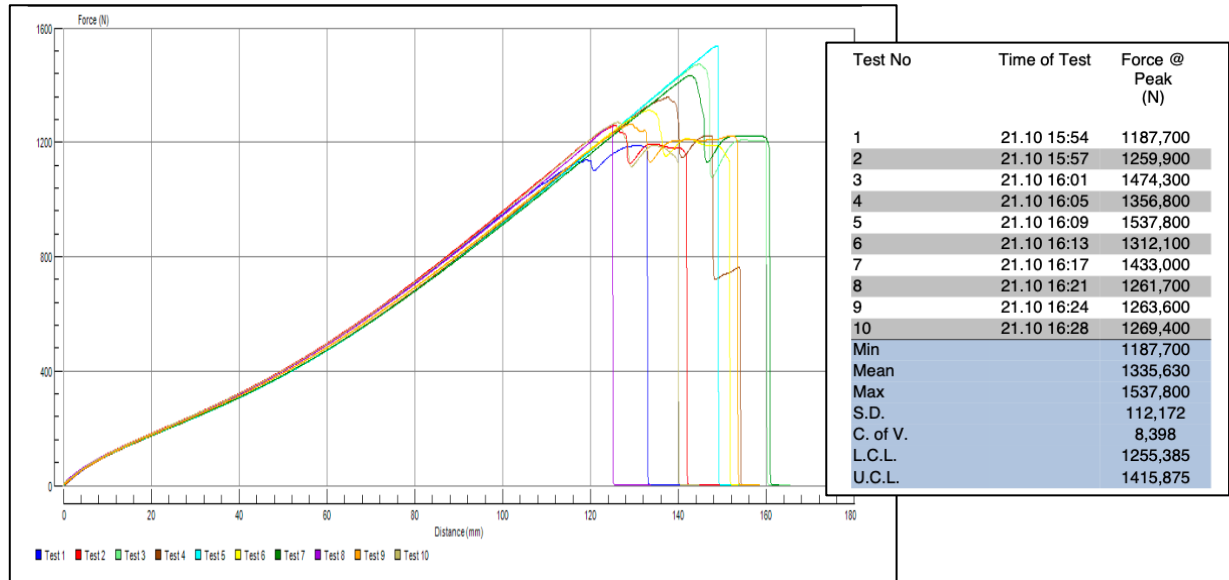
Antud tabeli väärtuste ja varasemalt (Tabel 1, lk. 25) leitud tootmisseedmete maksimaalne ühes vahetuses nõutav sisendkomponentide kogus 1800 ühikut näitab, et täpselt ühikulist väljundit ei ole võimalik saavutada antud eeltöötlemise etapis. Kuna eeltöötlemise osakonna töö on suuresti varieeruv ja operaatorid opereerivad erinevate toodete töötlemisega, siis antud tulemustele tuginedes leiab autor, et erinevate koostatud töövoogude graafikutega on võimalik organiseerida osakonna tööd ja jagada töökoormust vastavalt toote X tootmismahudele. Koostatud töövoog graafikud on toetavaks elemendiks, mille alusel ettevõttes juhtida tootmist.

### **3.5.4 Parenduste mõju kvaliteediriskile**

Uue toote tootmisprotsessi käivitamise faasis on kvaliteediriskid paratamatud. Protsessis esinev varieeruvus on suur ja ei ole veel saavutanud soovitud stabiilset seisundit, iga kõrvalekalle mõjutab otseselt tootmiskvaliteeti ja võib põhjustada tootel X kliendi poolt aktsepteerimatuid tõmbetugevuse tulemusi.[4]

Töö teoreetilises osas on välja toodud, et tootedisain on üheks esimeseks oluliseks teguriks *NPI* faasiga kaasnevatest riskidest uue toote juurutamisel, määrates selle sobivuse ettevõtte olemasolevate tootmisvõimekuste ja tehnoloogiliste piirangutega- keerukad töötlemisetapid võivad suurendada vigade esinemis sagedust [6]. Samuti tuuakse välja, et uue toote juurutamise käigus peavad töötajad sageli omandama uusi oskuseid,

kohanema uute protsessidega ja õppima uusi tehnoloogiaid, mis võivad põhjustada tootmise algaasis tavapäratut ja kõrgemat defektide määra, kui töötajad ei suuda uut tehnoloogiat piisavalt kiiresti omandada ja õpikõver on tunduvalt pikem kui algselt hinnati.[6]



Joonis 14. Toote X tõmbeteimi tulemuste jaotus

Toote X (Joonis 14) tõmbetestide tulemus näitab, et võrreldes piloottootmise käivitamisega (Joonis 9, lk.23) on tulemused märgatavalt paremad. Tõmbeteimiga saavutatakse toote X jaoks minimaalne tõmbetugevus 1200 N, vaid üksik toode jääb alla soovitusliku alampiiri.

Tulemustest lähtuvalt järeldab autor, et uuritava toote kvaliteeti mõjutasid mitmed teoreetilises osas käsitletud tegurid: piloottootmise protsessi etappides esinev varieeruvus- pidev voog võimaldab tuvastada protsessis esinevad kvaliteediprobleemid kiiremini, keerukad töötlemisetapid, mis suurendavad vigade esinemis sagedust ja töötajate õpikõver, mis on seotud uute protsesside ja tehnoloogiatega kohanemisega ning oskuste omandamisega.

## 4. PARENDUSTE RAKENDAMISE OTSTARBEKUS JA POTENTIAALNE MÕJU TOOTMISE VÕIMEKUSELE JA SEISAKUTE VÄHENDAMISELE

Kuigi autori mõõdetud üksikute töörikkude protsessiajad jäid alla nõudlusest tuleneva taktiajale, ületas kogu protsessi kumulatiivne tsükliäeg taktiaja väärtuse, mistõttu protsess ei suutnud rahuldada nõutavat päevast toodangumahtu. Autori täiendav parendusstsenaariumite visualiseerimine (Joonis 12 ja 13) näitas, et suhteliselt väike protsessiaja vähendamine võimaldab viia kogu toote X protsessi tsükliäja taktiaja piiridesse ja ettevõttel saavutada tootmismahude kasvatamise eesmärk.

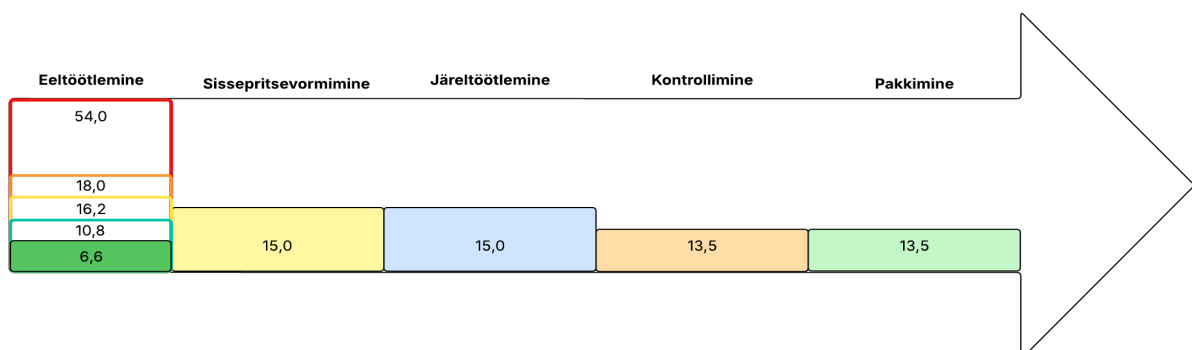
Autor koostas tabeli (Tabel 7) antud uurimistöö raames eelnevalt käsitletud eeltöötlemise operatsiooni tsükliäegadega. Tabel võimaldab hõlpsalt võrrelda autori koostatud töövoogude mõjust eeltöötlemise protsessi tsükliajale.

Tabel 7. Eeltöötlemise operatsiooni aegade võrdlus, sekundit tükile

Vaatlus	Teoreetiline	Joonis 6	Joonis 7, vahetus 1	Joonis 7, vahetus 2
54,0	16,2	18,0	10,8	6,6

Tabeli väärtused näitavad, et teoreetiline tsükliäeg ei ole toote X protsessi absoluutne piir, operaatorite arvu suurendamine ja tööülesannete selgem jaotamine võimaldas vähendada protsessis ooteaegu (muda) ja suurendada paralleelsust töörikkude operatsioonide vahel.

Kasutades eelnevalt autori koostatud eeltöötlemise protsessi aegade tabelit (Tabel 7) ja toote X protsessi etappide tabelit (Tabel 3, lk. 26) on võimalik visualiseerida joonise toote X protsessi etappidega (Joonis 15), et eristada autori koostatud töövoogude mõju tootmise võimekusele ja seisakutele.



Joonis 15. Parenduste mõju toote X tootmisprotsessile [4]

Autori loodud toote X töövood löid eeldused taktipõhiseks ja pidevaks tootmisvooks, mis on ka Lean- tootmise eesmärk. Pideva voo loomisega (*continuous flow*) liiguvad vaadeldavad tooted protsessis katkematult või pidevate väikeste partiidena ühest protsessist teise, välistades nii toote X tootmisprotsessis seisakuid ja ebavajalikke ootamisi.

## KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli analüüsida uue toote tootmisprotsessi juurutamist ettevõttes X ning hinnata tootmisliini parendusvõimalusi Lean- tootmise metoodikate abil, keskendudes tootmismahude kasvatamisele ja kvaliteediriskide vähendamisele. Uue toote juurutamise protsess (*NPI*) kujutab endast ettevõtte jaoks üht riskantseimat etappi, kuna see mõjutab otseselt tootmisprotsessi stabiilsust, tootmisvõimekust ja toodangu kvaliteeti. Eriti kriitiline on see olukorras, kus tegemist on suure tootmismahuga (*high runner*) tootega, mille puhul planeerimata seisakud ja kvaliteediprobleemid ei ole vastuvõetavad.

Teoreetilises osas käsitleti uue toote juurutamise protsessi olemust, sellega seotud tegureid ja riske ning Lean- tootmise põhimõtteid ja tööriistu. Teoriaanalüüs kinnitas, et edukas *NPI* eeldab süsteemset lähenemist, kus protsessi stabiilsus, ressursikasutus ja kvaliteedijuhtimine on omavahel tihedalt seotud. Samuti rõhutati, et tootmismahude kasvatamine üksnes töö intensiivsuse või tööaja pikendamise kaudu ei ole pikaajaliselt jätkusuutlik ning tegelik tootmisvõimekuse kasv saavutatakse protsesside tasakaalustamise ja raiskamise vähendamisega.

Empiirilises osas analüüsiti ettevõtte X toote X tootmise käivitamise protsessi, kasutades kvalitatiivset uurimismeetodit, mis hõlmas protsesside kaardistamist, tehnoloogiliste aegade mõõtmist ning piloottootmise vaatlust. Protsessiaja ja tsükliaja arvutuste põhjal tuvastati, et tootmisprotsessi peamiseks kitsaskohaks oli eeltöötlemise etapp, mille protsessiaeg ületas oluliselt taktaega ning piiras kogu tootmisliini võimekust. Samas näitas detailsem tsükliaja analüüs, et tehnoloogiline tsükliage oli märkimisväärselt väiksem kui esialgne protsessiaeg, viidates töökorralduslikele kadudele ja ebaefektiivsele töövoole.

Töö käigus koostati kaks alternatiivset eeltöötlemise protsessi töövoogu, mis põhinesid tööülesannete ümberjaotamisel, paralleelsuse suurendamisel ja tööjaamade koormuse tasakaalustamisel. Analüüs näitas, et töökorralduslike parenduste abil on võimalik oluliselt vähendada protsessi efektiivset tsükliagea ning suurendada tootmismahut ka ilma tehnoloogilisi investeeringuid tegemata. Võrreldes algse töövooga kasvas tootmismahut parendatud töövoogude puhul märkimisväärselt, ületades nii algse tegeliku tootmisvõimekuse kui ka kumulatiivse tsükliaja põhjal arvutatud teoreetilise taseme.

Lisaks tootmisvõimekusele hinnati parenduste mõju kvaliteediriskile, kasutades statistilise protsessikontrolli (*SPC*) tööriistu. Mõõtmistulemuste analüüs näitas, et tootmisprotsessis esines süsteemset varieeruvust, mis on tüüpiline uue toote juurutamise faasis. *SPC* rakendamine võimaldab sellist varieeruvust varakult tuvastada ja toetab protsessi

stabiliseerimist enne masstootmisele üleminekut, vähendades seeläbi defektide ja seisakute riski.

Kokkuvõttes võib järeldada, et uue toote tootmisprotsessi edukas juurutamine ettevõttes X sõltub eelkõige protsessi varajasest kaardistamisest, tehnoloogiliste aegade süstemaatilisest mõõtmisest ning Lean- tootmise põhimõtete rakendamisest. Töö tulemusel pakutud parandused on praktiliselt rakendatavad ning aitavad suurendada tootmisvõimekust, parandada protsessi stabiilsust ja vähendada kvaliteediriske. Käesolev lõputöö annab ettevõttele X väärtusliku sisendi tootmisprotsesside edasiseks arendamiseks ja kinnitab, et tootmismahdade kasvatamine on võimalik saavutada eelkõige töökorralduslike ja protsessipõhiste lahenduste kaudu.

## **SUMMARY**

### ***The Process of Implementation Company X's New Product and Opportunities for Improving the Production Line***

The objective of this Bachelor's thesis was to analyze the implementation of a new product manufacturing process in Company X and to evaluate opportunities for improving production capacity and process stability by applying Lean Manufacturing principles. New Product Introduction (NPI) is one of the most critical phases in manufacturing organizations, as it directly affects production performance, quality, stability, and operational risk. This is particularly important in the case of high-volume products, where even minor process deviations may result in significant financial losses.

The theoretical part of the thesis addressed the concept of New Product Introduction, key factors and risks related to production ramp-up, and Lean Manufacturing principles, including takt time, process time, cycle time, continuous flow, and statistical process control (SPC). The literature review highlighted that successful NPI requires a systematic approach, in which process stability, capacity planning, and quality management are closely integrated. It also emphasized that increasing production output solely by extending working hours or increasing labor intensity is not sustainable in the long term, and that effective capacity improvement is primarily achieved through process optimization and waste reduction.

The empirical part of the thesis focused on analyzing the production ramp-up of Product X in Company X. A qualitative research approach was applied, including process mapping, measurement of technological and process times, and observation of pilot production. The analysis revealed that the main bottleneck of the production line was the pre-treatment stage, where the cumulative process time exceeded the takt time and limited the overall production capacity. Although the technological cycle time itself was relatively low, inefficient work organization and waiting times significantly reduced the effective throughput of the process.

Based on the findings, two alternative workflow configurations were developed for the pre-treatment process. These solutions focused on task redistribution, increased parallelism between workstations, and improved workload balancing. The results demonstrated that substantial increases in production output could be achieved through organizational and process-based improvements without additional technological investments. Compared to the initial workflow, the improved configurations significantly increased daily output and

exceeded both the actual initial production capacity and the theoretical capacity derived from cumulative cycle time calculations.

In addition to capacity analysis, the impact of process improvements on quality risk was assessed using Statistical Process Control tools. Histogram analysis of force measurement data indicated noticeable process variation, which is typical during the early stages of new product introduction. The application of SPC provides an effective means for monitoring process stability, identifying abnormal variation, and supporting the transition from pilot production to stable mass production.

In conclusion, the results of this thesis confirm that successful implementation of a new product manufacturing process depends primarily on early process analysis, systematic measurement of process times, and the application of Lean Manufacturing principles. The proposed improvements offer practical and cost-effective solutions for increasing production capacity, enhancing process stability, and reducing quality-related risks. The findings provide valuable input for Company X and demonstrate that significant performance improvements can be achieved through process-oriented and organizational measures rather than by increasing resources alone.

## VIIDATUD ALLIKAD

- [1] J. I. Tuccillo, „The Challenges of a New Product Introduction“.
- [2] „KVALITATIIVNE JA KVANTITATIIVNE UURIMISVIIS SOTSIAALTEADUSTES“. Vaadatud: 15. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/3538e168-6012-4e90-8484-4bb59be8b14a/content>
- [3] J. Nicholas, *Lean Production for Competitive Advantage: A Comprehensive Guide to Lean Methodologies and Management Practices, Second Edition*. Oxford, UNITED KINGDOM: Productivity Press, 2018. Vaadatud: 22. november 2025. [Online]. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tktk/detail.action?docID=5323461>
- [4] „the-toyota-way-second-edition-14-management-principles-from-the-worlds-greatest-manufacturer-2nbsped-1260468518-9781260468519\_compress“.
- [5] N. Slack ja A. Brandon-Jones, *Operations Management*, 10th Edition. Harlow: Pearson, 2022.
- [6] M. Schiraldi, Toim, *Operations Management*. InTech, 2013. doi: 10.5772/45775.
- [7] A. Alogla, „Revisiting lean healthcare: adopting value stream mapping from manufacturing“, *Front. Health Serv.*, kd 5, lk 1613756, sept 2025, doi: 10.3389/frhs.2025.1613756.
- [8] E. Suroso ja A. D. Santosa, „Effects Of Lean Manufacturing Practices On Operational Performance“, *j. res. soc. sci. Humanit.*, kd 4, nr 2, lk 174–179, juuni 2024, doi: 10.47679/jrssh.v4i1.121.
- [9] „The\_machine\_that\_changed\_the\_world“.
- [10] „Ettevõtte ressursivargad Mura, Muri ja Muda | Leanway“, Lean juhtimine praktikute abiga. Vaadatud: 22. november 2025. [Online]. Available at: <https://leanway.ee/mura-muri-muda/>
- [11] E. Santos, T. M. Lima, ja P. D. Gaspar, „Optimization of the Production Management of an Upholstery Manufacturing Process Using Lean Tools: A Case Study“, *Applied Sciences*, kd 13, nr 17, lk 9974, sept 2023, doi: 10.3390/app13179974.
- [12] „The process approach in ISO 9001“.
- [13] „(PDF) Process Definitions - Critical Literature Review“, *ResearchGate*, aug 2025, doi: 10.35808/ersj/2352.
- [14] „[Wallace\_Hopp,\_Mark\_Spearman]\_Factory\_Physics (1)“.
- [15] Y. Lee, J. Shin, ja W. Lee, „Manufacturing process analysis framework for process mining: case study of fully automated factory applications“, *Int J Adv Manuf Technol*, kd 136, nr 11, lk 5641–5664, veebr 2025, doi: 10.1007/s00170-025-15029-5.
- [16] „Taktiaeg ehk kliendinõudluse rütm | Leanway“, Lean juhtimine praktikute abiga. Vaadatud: 28. november 2025. [Online]. Available at: <https://leanway.ee/taktiaeg/>
- [17] K. Venkataraman, B. V. Ramnath, V. M. Kumar, ja C. Elanchezhian, „Application of Value Stream Mapping for Reduction of Cycle Time in a Machining Process“, *Procedia Materials Science*, kd 6, lk 1187–1196, 2014, doi: 10.1016/j.mspro.2014.07.192.
- [18] C.-N. Wang, T. T. B. C. Vo, Y.-C. Chung, Y. Amer, ja L. T. Truc Doan, „Improvement of Manufacturing Process Based on Value Stream Mapping: A Case Study“, *Engineering Management Journal*, kd 36, nr 3, lk 300–318, juuni 2024, doi: 10.1080/10429247.2023.2265793.
- [19] L. Frady, „Process Time vs. Cycle Time: What’s the Difference?“, [isixsigma.com](https://www.isixsigma.com/dictionary/process-time-vs-cycle-time-whats-the-difference/). Vaadatud: 23. november 2025. [Online]. Available at: <https://www.isixsigma.com/dictionary/process-time-vs-cycle-time-whats-the-difference/>
- [20] „Understanding Takt Time vs Cycle Time vs Process Time“. Vaadatud: 9. jaanuar 2026. [Online]. Available at: <https://www.linkedin.com/pulse/understanding-takt-time-vs-cycle-process-sudip-paul-d4tjf>
- [21] „Out of the Crisis: Management & Quality Improvement“, [studylib.net](https://studylib.net/doc/26316994/w.-edwards-deming-out-of-the-crisis-mit-press-2000). Vaadatud: 18. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://studylib.net/doc/26316994/w.-edwards-deming-out-of-the-crisis-mit-press-2000>

- [22] „Andmete kogumise meetodid“, Uurimistööd. Vaadatud: 9. jaanuar 2026. [Online]. Available at: <https://uurimistoodevormistamine.wordpress.com/uurimuseloogika/andmete-kogumise-meetodid/>
- [23] G. Issar ja L. R. Navon, *Operational Excellence: A Concise Guide to Basic Concepts and Their Application*. Cham, SWITZERLAND: Springer International Publishing AG, 2016. Vaadatud: 13. detsember 2025. [Online]. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/tktk/detail.action?docID=4337423>
- [24] P. M. Press, „What to know about Part Submission Warrant (PSW) for PPAP“, PPAP Manager. Vaadatud: 2. jaanuar 2026. [Online]. Available at: <https://ppapmanager.com/2023/10/part-submission-warrant/>
- [25] „M250-FT CT & AT Precision Low Capacity Computer Controlled Testing Machine“, AZoM. Vaadatud: 24. detsember 2025. [Online]. Available at: <https://www.azom.com/equipment-details.aspx?EquipID=5755>
- [26] T. Stapenhurst, *Mastering Statistical Process Control: A Handbook for Performance Improvement Using Cases*. Routledge, 2005.
- [27] „How is a Gantt Chart Used in Manufacturing Process?“ [Online]. Available at: <https://snicsolutions.com/blog/how-is-a-gantt-chart-used-in-manufacturing-process>

# LISAD

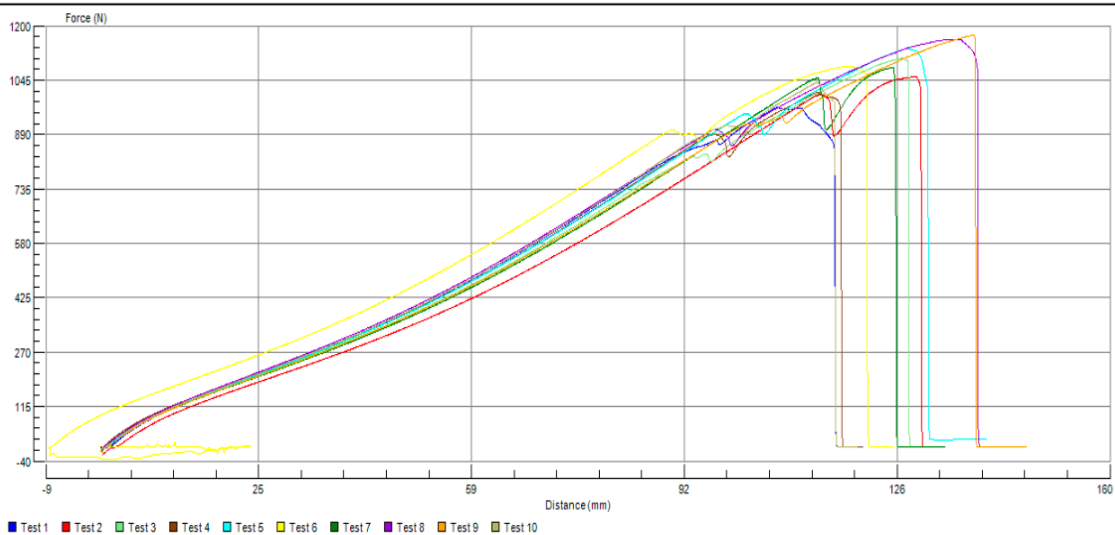
## Lisa 1. Tõmbeteimi tulemused

**Testometric**  
materials testing machines

**winTest™**  
**Analysis**

Test Name : Piim  
Test Type : Tear  
Test Date : 18.09.2025 10:44  
Test Speed : 50,000 mm/min

Test No	Time of Test	Force @ Peak (N)
1	18.09 10:44	967,800
2	18.09 10:48	1054,400
3	18.09 10:53	1107,300
4	18.09 10:57	1010,600
5	18.09 11:01	1134,400
6	18.09 11:06	1083,700
7	18.09 11:11	1079,600
8	18.09 11:16	1161,200
9	18.09 11:21	1173,000
10	18.09 11:26	1039,600
Min		967,800
Mean		1081,160
Max		1173,000
S.D.		65,524
C. of V.		6,061
L.C.L.		1034,286
U.C.L.		1128,034



Page 1



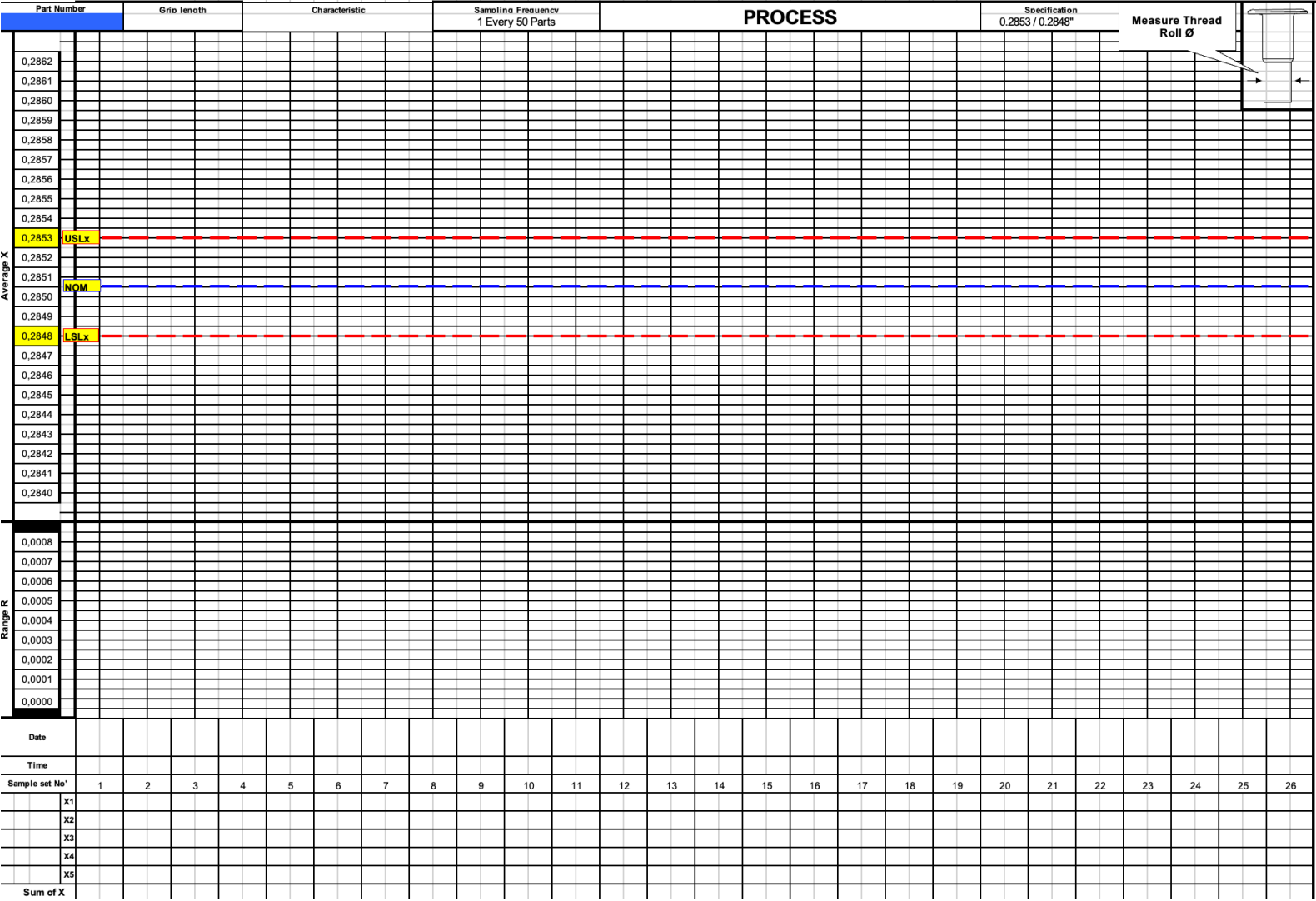
Unit 1 Lincoln Business Park Lincoln Close,  
Rochdale, Lancashire, England OL11 1NR

Tel: (44) (0)1706 654039 Fax: (44) (0)1706 646089  
Email: [info@testometric.co.uk](mailto:info@testometric.co.uk) website: [www.testometric.co.uk](http://www.testometric.co.uk)

# Lisa 2. SPC, protsessikontrolli kaart

## Process Control Chart

## Chart No'



SPC SAMPLE INSTRUCTIONS

Instructions for SPC data collection	
1	Sample date to be entered into Date box <input type="text"/>
2	Sample time to be entered into Time box <input type="text"/>
3	1 off samples to be taken 50 parts during Heading operation (stoppages & resetting to be noted on average X chart)
4	The set of 5 samples to be measured for Grind thread roll dia, & results to be recorded Sample 1 into box X1 Sample 2 into box X2 Sample 3 into box X3 Sample 4 into box X4 Sample 5 into box X5
5	The results are to be added together (X1+X2+X3+X4+X5) & entered into Sum of X box
6	The smallest Xresult (Xmax - Xmin) and result to be added to R box
7	Number in Xavg box to be plotted on Average X chart Number in R box to be plotted on AR Range chart
8	If point plotted on Average X chart falls outside Dotted specification lines, Setter to reset machine to bring next plot into control (inside GREEN control lines) & all components headed between last "within specification" plot and "out of specification" plot to be 100% inspected
9	If point plotted on Average X chart falls outside GREEN control lines Grinder to be reset to bring next plot into control (inside GREEN control lines)
Average X Chart	
UCL = Avg(Xavg) + (0.58 * Ravg)	
LCL = Avg(Xavg) - (0.58 * Ravg)	
Range R Chart	
UCL = 2.11 * Ravg	

### Lisa 3. Uue toote/muudatuste juurutamise akt

#### UUE TOOTE/MUUDATUSE JUURUTAMISE AKT

<input type="checkbox"/> Uus toode	<b>Artikkel:</b>	<b>Tellimus:</b>	<b>Masina/Seadme nr:</b>	<b>Operatsioon(id):</b>	<b>Vastutav tehnoloog:</b>				
<input type="checkbox"/> Muudatus									
<b>Kontrollnimekiri:</b>				<b>Jah</b>	<b>Ei</b>	<b>Mööndusega</b>	<b>Ei kohaldu</b>	<b>Vastutav isik/ allkiri</b>	<b>Märkused</b>
Uue toote või muudatuse juurutamiseks olemas vajalikud tehnoloogiad, seadmed, rakised ja abivahendid.								Vastutav tehnoloog	
Töö ergonoomika vastavuses sissejuhatava ohutusjuhendiga V-095.								Töökeskkonna-spetsialist	
Tööohutusmärgiste kasutus vastavuses sissejuhatava ohutusjuhendiga V-095.								Töökeskkonna-spetsialist	
Töökoha valgustus vastavuses ettevõtte riskianalüüsiga (lugemine, masinatel töötamine, komplekteerimine 300 lux, puhastamine, kvaliteedikontroll ja eriotstarbelised								Töökeskkonna-spetsialist	
Töökoha asendiplaan ja märgistused järgivad Standardtöö, 5S ja Hoshin põhimõtteid.								Töökeskkonna-spetsialist	
Tööprotsessis kasutatavate abivahendite ohutus (vorm/rakised, muud lisaseadmed) vastavalt määrusele "Töövahendi kasutamise töötervishoiu ja tööohutuse nõuded".								Töökeskkonna-spetsialist	
Kontrollinstruktsioon uuendatud, sh määratud kontrollitavad parameetrid								Kvaliteedispetsialist	
Töökohale määratud standardne asendiplaani number.								Vastutav tehnoloog	
Tööinstruktsioonid (sh seadistusparameetrid) uuendatud vastavalt katsepartii tootmisele								Vastutav tehnoloog	
Normeerimine teostatud, ProdMaster ja LotusNotes uuendatud								Vastutav tehnoloog	
Toote voog (tehnoloogiline kaart) ja struktuur (ProdMasteris) vastavuses tegelikkusega								Vastutav tehnoloog	
Koolitused koolitajale/brigadrile ja protsessikontrollile teostatud								Vastutav tehnoloog	
<b>Uus toode tootmiseks vastuvõetud</b>			Tehnoloogiajuht:	kuupäev:	allkiri:	märkused:			

## Lisa 4. Toote teostatavuse analüüs

### Toote teostatavuse analüüs

Koosoleku kp:	
Osalejad:	
Päringu nr/ nimetus:	
Klient:	
Kliendihaldur:	
Põhjus	

### Detaili info

Pakkumuse nr:	
Kliendi artikli nr:	
Nimetus:	
Joonise nr/ rev.	
Sisemine artikli nr:	
CAD mudeli nr/ rev.	
Aastane kogus:	
MOQ:	
Nõutud materjalistandard:	
Kummimaterjal:	
Detaili neto kaal, g	
Lisakomponent	
Sarnased tooted tootmises	
Hinna ja tarneaja eesmärk	
Kliendi spetsiifilised nõuded?	
Lisanõuded	
Lisainformatsioon	

### Spetifikatsioon

-/Jah/Ei

Arusaadav	
Saavutatav	
Möödetav	
3D mudel vastavus joonisega	
Kriitilised- või eriomadused	
Ohutusega seotud omadused	
Vastavus toidu- ja hügieeninõuetega	
Markeering teostatav	

### Toodetavus

-/Jah/Ei

Sobilik meetod tootmiseks	
Puuduvad keelatud ained	
Sobilik masin(grupp)	
Masinaresursi olemasolu	
Alternatiivne tootmismeetod	
Välised protsessid	

<b>Vormi info</b>	
Vormitüüp	
Pesade arv:	
Pesade asetus:	
Press:	
Pressigrupp:	
Külmkanal (CRB)	
Vormi vaakum	
Väljatõukaja	
Lisakütja	
Tootmise abivahendid	
Lisainfo	
<b>Tootmine</b>	
Jäätme kaal, g	
Jäätmega detaili kaal, g:	
Toorikute ettevalmistus	
Komponentide ettevalmistus	
Vulk. aeg:	
Tsükli aeg:	
Järelvulkaniseerimine:	
Puhastamine:	
Pakkimine:	
Praagiprotsent	
Lisainfo:	
Jäätmega matsu kaal	
Aastane kummivajadus	
<b>Päringu kokkuvõte:</b>	
<b>Kommentaariid:</b>	

## Lisa 5. Eeltöötlemise operatsiooni SOP

15.732 v4

# STANDARD OPERATION PROCEDURE

## *Standardised töövõtted*

Artikkel:	Click to add text	
Nimetus:	Click to add text	
Autor:	Kuupäev:	Versioon:
Tehnoloogiaosakond	2025-08-13	

**KAHTLUSE KORRAL KÜSI KOHE**

Lehekülg:1