

TARTU ÜLIKOOL

Pärnu kolledž

Ettevõtlusosakond

Martin Ellram

Tootlikkuse parendamine Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski komponenditehases

Lõputöö

Juhendaja: Kalvi Almosen, MBA

Kaasjuhendaja: Margus Kõomägi, MA

Pärnu 2024

Soovitan suunata kaitsmisele

(allkirjastatud digitaalselt)

Kalvi Almosen

(allkirjastatud digitaalselt)

Margus Kõomägi

Kaitsmisele lubatud

TÜ Pärnu kolledži programmijuht

(allkirjastatud digitaalselt)

Margus Kõomägi

Olen koostanud töö iseseisvalt. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, põhimõttelised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

(allkirjastatud digitaalselt)

Martin Ellram

SISUKORD

Sissejuhatus	4
1. Tootlikkuse teoreetilised käsitlused ja selle parendamise meetodid	6
1.1. Tootlikkuse mõiste ja selle uurimine	6
1.2. Tootlikkuse parendamine ja selle meetodid	12
1.2.1. Tootlikkuse parendamine	12
1.2.2. 20 võtme meetod	14
1.2.3. Seadistusaegade vähendamise meetod	16
1.2.4. Kaizeni meetod.....	19
2. Parendusmeetodite rakendamine ja selle mõju tootlikkusele	23
2.1. Uuritava ettevõtte ülevaade ja uurimismeetod	23
2.2. Kaizeni meetod.....	26
2.3. Seadistusaegade vähendamise meetod	36
2.4. Parandusmeetodite mõju tootlikkusele.....	39
Kokkuvõte	42
Viidatud allikad.....	44
Lisad.....	47
Lisa 1. Tootlikkuse tulemused toodete lõikes	47
Lisa 2. Parendustegevused liinil.....	48
Lisa 2 järg.....	49
Lisa 2 järg.....	50
Lisa 2 järg.....	51
Lisa 2 järg.....	52
Lisa 2 järg.....	53
Lisa 3. SMED ajatabel	54
Lisa 3 järg.....	55
Lisa 3 järg.....	56
SUMMARY	57

SISSEJUHATUS

Viimased paar aastat on olnud puidutööstussektorile väga keerulised, turunõudlus on madal ja toormaterjal kallis. Eestis on konkurents sel alal väga tugev, puidutööstusettevõtteid on väikse riigi kohta üsna palju ja sellest tingituna toormaterjali mahtude kättesaadavus piiratud, mis ühtlasi tõstab ka toormaterjali hinda. Madal turunõudlus tingib omakorda müügihindade langemise. Eelpool toodu seab uuritava puidutööstusettevõtte majanduslikult raskesse olukorda.

Konkurentsis püsimiseks tuleb toota klientidele aktsepteeritava kvaliteediga tooteid ja hoida tootmiskulud võimalikult madalad. Üheks olulisemaks tootmiskulude vähendamise võimaluseks on tootlikkuse kasvamine. Kuigi tootlikkust on võimalik tõsta läbi tootmisliinide automatiseerimise, siis esmalt on oluliselt kulusäästlikum seda teha maksimeerides olemasoleva tootmiseseadmete efektiivsust. Tootlikkuse parendamiseks on mitmeid teoreetilisi lähenemisi, mis on omavahel ka paljudes aspektides kattuvad, antud lõputöö raames annab autor ülevaate Kaizeni-, 20 võtme- ja seadistusaegade vähendamise meetodite teoreetilistest käsitlustest.

Töö autor püüab leida vastust uurimisprobleemile, kas Kaizeni ja seadistusaegade vähendamise meetodite rakendamine, puidutööstuse tootmisliinil, avaldab positiivset või negatiivset mõju tootmisliini tootlikkusele. Selleks rakendab autor tootmisliinil, kuue kuu vältel, Kaizeni ja seadistusaegade vähendamise meetodeid ning võrdleb tootmisliini tootlikkuse tulemusi enne ja pärast parendusmeetodite rakendamist.

Autor on antud lõputöö raames seadnud hüpoteesi: „Kaizeni ja seadistusaegade vähendamise meetodite rakendamine, vertikaalvertikaalliinil, avaldab positiivset mõju tootmisliini tootlikkusele“.

Lõputöö uurimisobjektiks on Eesti üks suurimaid puidutööstusettevõtteid Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski komponenditehas, mis on taastuvate puitkonstruktsioonide tootja ja tegeleb puidu ostu ja selle väärindamisega. Käesoleva lõputöö eesmärgiks on

välja selgitada erinevate tootlikkuse tõstmise parendusmeetodite mõju uuritava ettevõtte tootlikkusele.

Lõputöö koosneb kahest osast. Esimeses osas kirjeldatakse teoreetilistele allikatele tuginedes tootlikkuse mõistet, tüüpe ja olulisust ning selle mõõtmise eesmärke ja kasvu juhtimist, misjärel tutvustatakse peamisi tootlikkuse parendamise meetodeid. Töö teises osas tutvustab autor ettevõtet, kirjeldab ja analüüsib tootmisliini tootmisprotsesse ning annab ülevaate erinevate tootlikkuse parendusmeetodite rakendamise protsessist ning selle mõjust tootmisliini tootlikkusele.

Töös kasutatakse kvantitatiivset meetodit, ehk analüüsi läbiviimisel kasutatakse erinevaid arvulisi ning statistilisi näitajaid, mis iseloomustavad tootmisliini tootlikkust ja seda mõjutavaid tegureid.

1. TOOTLIKKUSE TEOREETILISED KÄSITLUSED JA SELLE PARENDAMISE MEETODID

1.1. Tootlikkuse mõiste ja selle uurimine

Tootlikkus on väga oluline tegur heaolu ja rikkuse loomisel riiklikul tasandil ning konkurentsivõime loomisel ettevõtete tasandil, aga see on vaid vahend kõrge elatustaseme loomiseks riikidele ning kõrge kasumlikkuse loomiseks ettevõtetele (Almström, 2013, lk 297).

Tootlikkust võib tõlgendada kui meelega hoiakut ja mentaliteeti, et täna suudame paremini, kui eile (Yadav, Mishra & Jain, 2021, lk 1). Tootlikkus on peamine mõiste, mida ettevõtted on pikka aega kasutanud ressursikasutuse hindamiseks (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 1). Tootmisettevõtte jaoks on tootlikkus üks olulisemaid tulemuslikkuse mõõdikuid, sest see aitab kindlaks teha, kas nad suudavad kasutada oma ressursse rohkemate toodete tootmiseks (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 12).

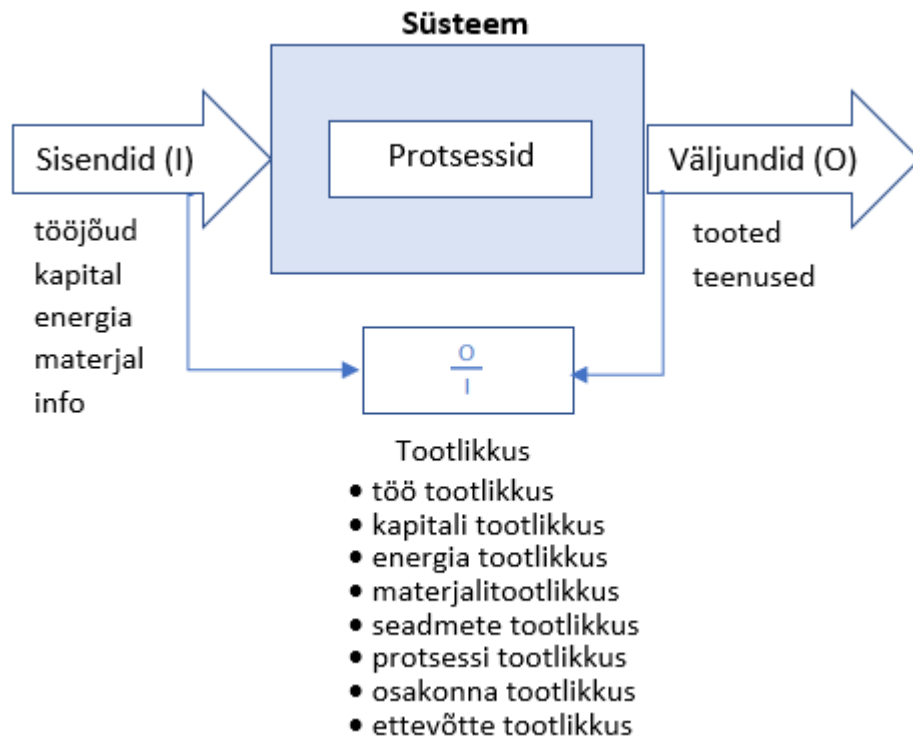
Tööstussektoris on tootlikkus peamine, iga päevaselt, jälgitav mõõdik, mis näitab kui efektiivselt suudetakse tööjõudu ja oma tootmisvahendeid kasutada. Lisaks on tootlikkuse mõõtmine oluline tegur tootmise planeerimise juures.

Arenenud tööstusriike koondava Majanduskoostöö ja Arengu Organisatsiooni (OECD) tootlikkuse mõõtmise käsiraamat (Organisation for Economic Co-operation and Development, 2001) täheldab, et tootlikkuse üldmõiste osas ei ole selle eriala kirjanduses erimeelsusi, erisused tekivad aga eesmärgi ja mõõdikute osas. Tootlikkust saab vaadelda mitmel erineval eesmärgil:

- tehniliste muutuste jälgimiseks;
- tõhususe muutuste jälgimiseks;
- reaalsete kulude kokkuhoiu jälgimiseks;
- tootmisprotsesside võrdlusanalüüsiks (*Benchmarking*);

- elatustaseme jälgimiseks.

Teatava väljundi ja kulutatud sisendi suhet süsteemis määratletakse kui tootlikkust (Kalle, 2007, lk 7). Samuti võib tootlikkust tõlgendada kui väärtust, mis muudab sisendid suurema väärtusega väljunditeks. Sisenditeks loetakse tootmisprotsessi kaasatud tööobjekte nagu näiteks algmaterjalid ja seadmed. Väljunditeks loetakse tootmisprotsessi käigus toodetud tööobjekte nagu näiteks valmistoodang. (Lavin, 2021, lk 30) Väljundite ja sisendite valik sõltub aga ise selle kavandatavast rakendamisest, tootmisettevõtetes on määratluseks üldjuhul lisandväärtus töötaja kohta või toodetud toodete arv tunnis kavandatud tootmisaja kohta (Almström, 2013, lk 297). Eelpool toodut kirjeldab hästi Kalle (2007) tootlikkuse kujunemise üldskeem (vt joonis 1).



Joonis 1 Tootlikkuse kujunemise üldskeem. Allikas: Kalle, 2007, lk 10

Teatud ajahetkes või konkreetse tooraine ühiku juures toodetud suurem toodangumaht tähendab seega tõhusamat olemasolevate ressursside kasutamist. Kasumlikkus, tulemuslikkus, efektiivsus ja säästlikkus on tootlikkusele sarnased mõisted, mida ei tohiks aga sellega segamini ajada. (Tangen, 2002) Tootlikkus on üks efektiivsusnäitajatest, mis näitab seost tulemuste ja tarbimise vahel nende tulemuste saavutamiseks (Lusena-Ezera et al., 2022, lk 1).

Tootlikkusel on mitmeid erinevaid tüüpe ja need võivad asetseda ettevõtete sees ka väga erinevatel hierarhilistel tasanditel (Tangen, 2002). Tootlikkust saab eristada osatootlikkusena, kus väljund on seotud ainult üht tüüpi sisendiga nagu näiteks toodangu kogus liini töötunni kohta ning kogutootlikkusena, kus väljund on seotud mitut tüüpi sisenditega nagu näiteks toodangu kogus kõigi sisendtegurite suhtes (Gajšek & Kostanjšek, 2015). Eelpool mainitud tootlikkuse tüübid on välja toodud tabel 1, kus on võimalik näha tootlikkusnäitajate moodustamise võimalusi ettevõtte sees (Kalle, 2007, lk 19).

Tabel 1 Tootlikkusnäitajate moodustamine ettevõttes. Allikas: Kalle, 2007, lk 19

Tootlikkuse näitaja	Osatootlikkus	Teguri tootlikkus	Kogutootlikkus
Väljund	Väljund naturaallühikutes või väärtuselises arvestuses		
Sisend	<ul style="list-style-type: none"> tootmiskuude üksikelement naturaalses väljenduses töötajate või seadmete tööaeg tootmispind tegevuskulude üksikelement põhivara üksikelement naturaalses väljenduses käibevara üksikelement omakapitali üksikelement 	<ul style="list-style-type: none"> tootmiskulude elementide summa tegevuskulud kokku või elementide summa põhivara kokku või elementide summa käibevara kokku või elementide summa omakapital kokku või elementide summa 	<ul style="list-style-type: none"> müüdnud toodete kulu kulud kokku (tootmise omahind + tegevuskulud) varad kokku

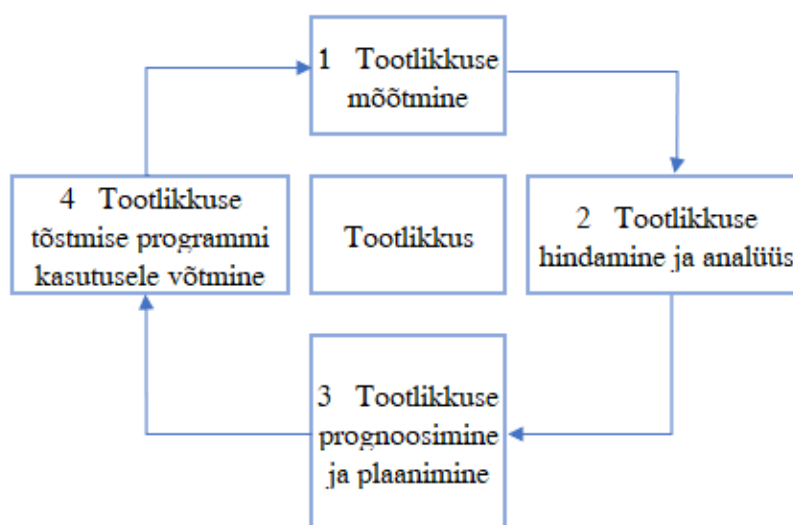
Kui tööstustes kasutatakse töösisendina ajaühikut ehk töötunde, siis on võimalik tootlikkust määratleda bruto- ja neto tunnitootlikkusena ning vahetuse- päeva-, kuu- ja aasta tootlikkusena.

Osatootlikkusnäitaja eeliseks on see, et neid on lihtne mõista ja tõlgendada, andmete hankimine ja arvutamine on kerge, teatud osatootlikkused on kasutusel ja kättesaadavad tegevusalade kohta ning see on heaks diagnostiliseks vahendiks teatud tootlikkuse probleemide lahendamiseks ja parendamiseks. Osatootlikkuse puuduseks on see, et see ei võimalda avada üldkulude suurenemise põhjust, seda on keerukas seostada kasumiga ja see võib suunata ettevõtte juhtkonna tähelepanu valedele valdkondadele. (Sumanth, 1997, lk 6)

Kui väljundid ja sisendid on naturaalühikutes, siis nimetatakse nende suhet tehniliseks tootlikkuseks ehk efektiivsuseks. Naturaalühikuteks loetakse tk, kg, m ja muud sellist. Majanduslikuks tootlikkuseks nimetatakse aga seda, kui väljundid ja sisendid avalduvad rahaliselt. Antud näitaja on seotud väljundite müügihindadega ja sisendite ostuhindadega ning seda nimetatakse tulukuseks. Kahte eelpool toodut tootlikkust saab koos vaadelda kui tulemuslikkust, kuigi tulemuslikkust on raske mõõta, sest see võib hõlmata näiteks ka säästlikkust ja kvaliteeti. (Kalle, 2007, lk 7-8) Seega pikaajaliselt on tootmisliini hindamiseks ja jälgimiseks sobivamaks mõõtmeks tootlikkus (Tangen, 2002). Eelpool toodu saab kokku võtta Krugmani (1990) sõnadega: „Tootlikkus ei ole kõik, kuid pikas perspektiivis on see peaaegu kõik.“

Tööstussektoris on konkurentsipüsimiseks ja kõrge kasumlikkuse loomiseks tootlikkus üks olulisemaid tegureid, sest see aitab kindlaks teha, kuidas organisatsiooni sees oma ressursse kasutatakse. Kuigi tootlikkust saab vaadelda mitmel erineval eesmärgil, siis edasises töös keskendub autor osatootlikkuse näitajatele, sest neid on lihtne tõlgendada ning need on heaks analüüsivahendiks tootlikkuse probleemide lahendamisel, mis on ka selle töö lõppeesmärgiks.

Ettevõtte või konkreetse tootmisliini tootlikkuse kasvu juhtimine põhineb tootlikkustsükli (vt joonis 2), mis seob omavahel kõik juhtimisfunktsioonid ja elemendid (Paudyal, 2013, lk 256).



Joonis 2 Tootlikkuse juhtimistsükkel. Allikas: Paudyal, 2013, lk 256.

Tootmisprotsessi ning tootlikkuse kasvu juhtimise ja kontrollimise eelduseks on süsteemi mõõtmine ja analüüsimine (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 1). Tootlikkuse tõstmiseks ja hindamiseks protsessi edenemist, tuleb ettevõttel kõigepealt tegeleda tootlikkuse mõõtmisega (Dilworth et al., 1989, lk 700). Tootlikkuse mõõtmine on pikaajaline protsess, kus tootlikkuse näitajad näitavad tootlikkuse kasvu või selle vähenemist pika aja jooksul (Yadav, Mishra & Jain, 2021, lk 1). Tõhus tootlikkuse mõõtmine annab ettevõttele baastaseme, mille alusel on võimalik mõõta muutuseid tootlikkuses, mis omakorda aitab teha paremaid otsuseid investeeringute osas (Card, 2006, lk 1).

Tootlikkuse mõõtmisega tuuakse välja teatud protsessi kvantifitseeritud mõõtmisväärtused (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 1). Seejärel on võimalik tootlikkust hinnata ning analüüsida ja alles seejärel planeerida samme tootlikkuse tõstmiseks (Kalle, 2007, lk 13). On oluline, et ettevõtted kasutaksid enda jaoks õigeid tootlikkuse mõõdikuid, sest vastasel juhul on järeldus ja tulemus vale ning selle baasil tehakse valesid otsuseid järeltegevuste osas (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 1).

Tootlikkuse mõõtmise peamine eesmärk on tootlikkuse tõstmine, mis hõlmab endas ka paremat ressursside kasutamist ja efektiivsust (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 1). Lisaks on ettevõtte seisukohalt tootlikkust vajalik mõõta mitmel erineval põhjusel, selgitada välja millisel tasemel ollakse ja mis vajab enim tähelepanu, aitab võrrelda tulemusi ajalooliselt kui ka konkurentidega ning lihtsustab tootmise planeerimist läbi väljundite ja sisendite tundmise. On oluline, et tootlikkuse näitajad oleksid usaldusväärsed ning lihtsasti tõlgendatavad, peavad arvestama ettevõttes valitsevaid tingimusi ja olema tootmisliini võimekuse indikaatoriks. (Kalle, 2007, lk 13) Tootlikkust saab väljendada sõltuvalt sellest, kuidas neid näitajaid fikseeritakse. Üldjuhul kasutatakse tootlikkuse näitajana naturaalselt või väärtuselist meetodit. Naturaalühikuteks on üldjuhul tk, m³, m ja kg, väärtuseliseksühikuks aga raha. (Kalle, 2007 lk 15)

Otseseks mõõtmiseks nimetatakse tootlikkuse naturaalselt mõõtmismeetodit ning sisendid peavad olema naturaalühikutes. Üldjuhul kasutatakse naturaalselt mõõtmismeetodit siis, kui väljundid on üheliigilised ja nende kvaliteet stabiilne, tootmise spetsialiseerimise tase on stabiilne ning ressursside erikulu ei muutu. (Kalle, 2007 lk 15) Ettevõtte tootlikkust väljendatakse toodetud toodangu koguse ja töötundide koguarvu suhtena (Goshu, Kitaw & Matebu, 2017, lk 4).

Tootlikkuse väärtuselist mõõtmismeetodit kasutatakse praktikas sagedamini, kuigi ka sellel on omad puudused, sest sisendid ja väljundid hinnad võivad ajas muutuda. Tootlikkuse väärtuselise mõõtmismeetodi väljundiks on netokäive. (Kalle, 2007 lk 15)

Üks peamiseks tootmisettevõtetes kasutatavast tulemus ja tootlikkuse mõõdikust on seadmete üldine efektiivsuse mõõdik (*OEE – overall equipment effectiveness*), mis on viis kuidas mõõta, võrrelda ja arendada ettevõtte tootmisprotsessi. Mõõdik koosneb kolmest elemendist ja tulemuse arvutamiseks korrutatakse kasutatavus (A), mis näitab suhet planeeritud ja tegeliku tööaja vahel, tootlus (P), mis näitab suhet masina tegeliku toodangu hulga ja teoreetilise toodangu hulga vahel teatud aja hetkel, ja kvaliteet (Q), mis näitab suhet kvaliteetselt toodetud mahu ja kogutoodangu mahu vahel. Seadmete üldise efektiivsuse mõõdik sobib kulusäästliku tootmise kontseptsiooniga ja see võeti esmakordselt kasutusele tervikliku tootlikkuse juhtimissüsteemi (*TPM*) osana. See on tööriist, mida saab kasutada tootmisliini tootlikkuse mõõtmiseks, kuid seda on võimalik kasutada ka indikaatorina jälgimaks tootmisprotsessi parendustegevusi. (Ginste et al., 2022, lk 290)

Kui eelpool (vt lk 10) sai teoreetilistele allikatele tuginedes välja toodud, et ettevõtete jaoks on oluline kasutada nende jaoks õigeid mõõdikuid, siis seadmete üldise efektiivsuse mõõdiku (*OEE*) juures on oluline kasutada ka õigeid eesmärke. Vastasel juhul on efektiivsuse tulemused petlikud.

Tööstussektoris konkrentsis püsimiseks on oluline tegeleda tootlikkuse kasvu juhtimisega, see on pidev protsess ning see eeldab tootlikkuse mõõtmist ja analüüsimist. Mõõtmine ning õigete mõõdikute kasutamine annab ettevõttele baastaseme, mille põhjal on näha muutuseid tootlikkuses ja see aitab teha otsuseid eelkõige parenduste osas. Kuna tootlikkuse mõõtmise peamine eesmärk on tootlikkuse tõstmine, siis antud töös kasutatakse ettevõtte tulemuste hindamisel naturaalsel mõõtmismeetodit, kus sisendid on naturaallühikutes (m³).

1.2. Tootlikkuse parendamine ja selle meetodid

1.2.1. Tootlikkuse parendamine

Üleilmses kasvavas konkurentsisis, kõikides tootmisharudes, on ettevõtetele lasunud surve toota kõrge jõudlusega minimaalsete kulude juures ning seetõttu on vaja konkurentsisis püsimiseks tegeleda tootlikkuse parendamisega, mis on ühtlasi ka üheks kõige olulisemaks teguriks konkurentsisis püsimise juures (Sahni, 2016). Iga ettevõtte, kes soovib jõuda kõrgema kasumi tasemini, saab seda teha tootlikkust parendades (Kumar, 2012, lk 166). Tootlikkuse parendamiseks on oluline teha õigeid asju paremini ning muuta see pideva protsessi osaks (Yadav, Mishra & Jain, 2021, lk 1).

Tööstussektoris olev tugev konkurents raskendab toormaterjali kättesaadavust ja müügituru nõudlust, ehk toormaterjal on kallis ja müügihind madal. Seetõttu on ettevõtetele oluline tegeleda tootlikkuse parendamisega, läbi selle on võimalik vähendada tootmiskulusid ja olla kasumlik.

Enamik ettevõtteid üle maailma soovivad leida tootlikkuse parendamise strateegia jaoks ülima valemi aga paljud neist kannatavad hoopis süstemaatilise ja järjepideva parendamise meetodika puudumise tõttu (Schiraldi, 2013, lk 1). Tootlikkuse parendamine, selle kasvu juhtimine, on järjepidev protsess ja see seob omavahel kõik juhtimisfunktsioonid ja tootmise elemendid (Kalle, 2007 lk 12). Tootlikkuse tõstmiseks on palju erinevaid võimalusi, seda on võimalik teha kasutatavate meetodite täiustamisel, paremate tööriistade kasutamisele võtmisel või siis töötajate motivatsiooni tõstmisel (Almström, 2013, lk 299).

Esimene tegevus tootlikkuse tõstmise juures on selle mõõtmine. Soovides tootlikkust teatud liini lõigus tõsta tuleb seda esmalt mõõta, et saada selgus, mis tasemel antud hetkel ollakse. Mõõtmismeetodid ja näitajad peavad olema otstarbekad ja seostuma tootmisväljunditega. Ettevõtte siseselt tuleb saadud tulemusi kriitiliselt hinnata ja analüüsida ning seejärel saab planeerida tootlikkuse kasvu. (Kalle, 2007 lk 12)

Enne tootlikkuse tõstmise planeerimist tuleb välja arvutada tootlikkuslävi, mis on ettevõtte jaoks tootlikkuse tase, mille juures teenib ettevõtte kasumit aga alla selle tulemuse tehes kahjumit (Kalle, 2007 lk 36). Tootlikkusläve arvutamise juures on

puuduseks see, et müüdid toodete ja ostetud ressursside hinnad peaksid olema stabiilsed, sest muidu muudavad need tegurid kogukasumi suurust. Samas on tootlikkusläve meetodi kasutamine ettevõtetele kasulik, sest aitab hinnata tootlikkuse olukorda ning planeerida tootlikkuse kasvu. (Kalle, 2007, lk 38)

Kuigi tootlikkusläve välja arvutamine on oluline, siis töö autor leiab, et puidutööstussektoris üldist tootlikkusläve välja arvutada ei saa, sest toormaterjali ning toote müügihinnad on väga muutlikud.

Ettevõtetes, kus suurimaks kuluks on tootmiseks kasutatav toormaterjal, on võimalik saavutada suurem tootlikkus tooraine efektiivse kasutamisega (Devaru et al., 2015, lk 1). Lisaks toob Tangen (2002) oma artiklis välja tootlikkuse parendamist mõjutavad mitmed erinevad väljundite ja sisendite omavahelised seosed:

- sisendi tõus on väiksem kui väljundi tõus;
- väljund tõuseb, aga sisend väheneb;
- väljund tõuseb, aga sisend jääb samaks;
- väljund jääb samaks, aga sisend väheneb;
- väljund väheneb, aga sisend väheneb veel rohkem.

Kuigi innovatsioon ja automatiseerimine on vajalik protsess aitamaks kaasa töötleva tööstuse majanduskasvule ning olla maailmaturul konkurentsivõimeline, siis on olemas ka palju teisi vahendeid selle saavutamiseks (Schiraldi, 2013, lk 1). Kui viimastel aastakümnetel on tootlikkust tõstetud tootmisliinide automatiseerimise ning töömahuka töö sisseostmise abil, siis tänasel päeval on rõhk taas kompetentsetel töötajatel ja tootlikkuse parendusprogrammidel (Almström, 2013, lk 299). Tootlikkuse tõstmiseks jaoks on võimalik kasutada väga palju erinevaid meetodeid, Kalle toob oma raamatus välja näiteks 20 võtme-, kulusäästliku ehk *LEAN* tootmise, viis S, kadude vähendamise, kvaliteedijuhtimise- ja kõike hõlmava tulemusliku hoolduse meetodi (*Total Productive Maintenance*). Kvaliteedijuhtimise meetod hõlmab endas ka täieliku kvaliteedijuhtimise süsteemi (*TQM*) või tervikliku tootlikkuse juhtimissüsteemi (*TPM*). (Kalle, 2007, lk 94)

Töö autor leiab, et kuigi automatiseerimine on hea võimalus pöörata tootlikkus kasvule, siis oluliselt otstarbekam on seda teha läbi olemasolevate seadmete parendamise. Kuigi tootlikkuse tõstmiseks on võimalik kasutada mitmeid erinevaid meetodeid, siis paljudes aspektides ja ideedes on need siiski kattuvad.

Järgnevates alapeatükkides annab töö autor lühikese ülevaate peamistest parendamismeetoditest, mida tootmisettevõtetes tootlikkuse, efektiivsuse ja kasumi suurendamise eesmärgil kasutatakse.

1.2.2. 20 võtme meetod

Üks laialt kasutatavast parendusmeetodist on 20 võtme meetod (*20 Keys*), mis on alguse saanud 1980. aastatel Jaapanist, viimase kümnendi jooksul on see laienenud ka Euroopasse ning kõik suurimat tööstusriigid on selle tänaseks kasutusse võtnud. Horvaatia teadlased Erceg, Dotlic ja Mikuš (2018) toovad oma uurimuses välja, et 20 võtme meetod võimaldab ettevõtetel täita oma strateegilisi eesmärke. 20 võtme meetod sisaldab endas, millest tuleb ka selle meetodi nimi, 20 erinevat tööriista ja tehnikat, mida kasutatakse ettevõtte sees erinevates olukordades ja valdkondades. Antud meetod sisaldab endas järgnevaid tehnikaid ja tööriistu:

- puhastamine ja organiseerimine;
- süsteemide ja eesmärkide struktureerimine;
- töötamine parendusgruppides;
- pooltoodangu vähendamine;
- seadistamisaja vähendamine;
- protsesside analüüsimine ja parendamine;
- protsesside kujundamine kontrollivabaks;
- protsesside sidumine;
- masinate ja seadmete efektiivne hooldamine;
- töökoha distsipliin;
- kõrge kvaliteedi loomine ja tagamine;
- tarnijate arendamine;
- kadude vähendamine;
- töötajate innustamine paranduste tegemiseks;
- töötajate mitmekülgne arendamine;
- tootmise efektiivne planeerimine;
- tõhususe kontroll;
- infotehnoloogia eesmärgipärane kasutamine;
- energia ja materjalide säästmine;

- tehnoloogia oskusteabe tagamine.

Kõigi eelpool toodud 20 võtme meetodi ideeks on pidev täiustamine ja ettevõtte ülesannete parem täitmine ja seega aitab see kaasa ettevõtte üldisele eesmärgile, milleks on kasumi teenimine. Neli põhivõtit, mis moodustavad 20 võtme alustalad on puhastamine ja organiseerimine, süsteemide ja eesmärkide struktureerimine, töötamine parendusgruppides ning tehnoloogia oskusteabe tagamine. Erceg, Dotlic ja Mikuš (2018) sõnul saab 20 võtit jagada eesmärgi põhiselt viide rühma:

Tabel 2 20 võtme eesmärgi kategooriad. Allikas: Erceg et al., 2018, lk 25.

Rühm	Võtmete rühma peamine eesmärk	Võtmed
1 Kulud	Kulude vähendamine	6 Kaizen kontseptsioon 13 Kadude vähendamine 14 Töötajate innustamine paranduste tegemiseks 17 Tõhususe kontroll 19 Energia ja materjalide säästmine
2 Protsess	Protsessivoo parandamine, varude vähendamine, kiirem tarne	5 Seadistamisaja vähendamine 4 Pooltoodangu vähendamine 8 Protsesside sidumine 16 Tootmise efektiivne planeerimine
3 Motivatsioon ja kindlustunne	Töökoha ökonoomsus	1 Puhastamine ja organiseerimine 2 Süsteemide ja eesmärkide struktureerimine 3 Töötamine parendusgruppides 10 Töökoha distsipliin
4 Kvaliteet	Kvaliteedi parandamine	7 Protsesside kujundamine kontrollivabaks 9 Seadmete efektiivne hooldamine 11 Kvaliteedi tagamine 12 Tarnijate arendamine 15 Töötajate mitmekülgne arendamine
5 Tehnoloogia	Tehnoloogia areng	18 Infotehnoloogia eesmärgipärane kasutamine 20 Tehnoloogia oskusteave

Tabelis 2 on välja toodud 20 võtme meetodid, mis on jagatud eesmärgi põhiselt viide gruppi, kus igal grupil on oma valdkond ettevõtte eesmärkide täitmiseks. Esimese grupi eesmärk on kulude vähendamine ja üks olulisemaid võtmeid selles on Kaizen kontseptsioon, milles kogu ettevõtte on eesmärgistatud pideva arengu ja parendamise protsessile. Teise grupi eesmärk on protsessivoo parandamine, kus sõltuvalt valdkonnast võib lugeda üheks olulisemaks võtmeks seadistamisaja vähendamist, kus tegeletakse masinate seadistamisaja vähendamisega. Kolmanda grupi eesmärk on töökoha ökonoomsuse tagamine, kus üheks efektiivsemaks ja lihtsamaks meetodiks on puhastamine ja organiseerimine ehk viis S. Neljanda grupi eesmärgiks on kvaliteedi

parandamine läbi viie erineva võtme, kus üheks olulisemateks on kvaliteedi tagamine ja töötajate mitmekülgne arendamine. Viimase viienda grupi eesmärgiks on tehnoloogia areng läbi tehnoloogia oskusteabe omandamise ja selle eesmärgipärase kasutamise. (Erceg et al., 2018, lk 26)

20 võtme meetod võimaldab kergemini täita ettevõtte strateegilisi eesmärke, arendada inim- ja organisatsioonipotentsiaali ning on hea võimalus ettevõtte protsesside ümberkorraldamiseks. Antud meetod on protsess, mis viib ettevõtte pideva täiustamise ja raiskamiste eemaldamise kultuurini, kõikides ettevõtte sees asetsevates protsessides ja tasemetes. Organisatsiooni pideva arengu ja äriedu tagab kõigi 20 võtme rakendamine ettevõttes, kuigi praktikas enamik ettevõtteid kõiki 20 võtme metoodikaid korraga kasutusele ei võta. (Erceg et al., 2018, lk 26)

Töö autor leiab, et kõigi 20 võtme meetodi korraga kasutusele võtmine on keeruline ja võib mõjuda töötajate motivatsioonile halvasti ning seetõttu võiks neid rakendada meetod meetodi haaval. Meetodi rakendamisel ja progressi nähes võiks töötajate kaasatus ja motivatsioon tõusta ning pikaajaliselt ja järjepidevalt arenedes on seda siiski võimalik saavutada. Samas autor nõustub, et 20 võtme meetod võimaldab täita ettevõtte strateegilisi eesmärke ning aitab kaasa tootlikkuse kasvule. Edasises töös on töö autor keskendunud 20 võtme kahele parendusmeetodile, milleks on *Kaizeni* kontseptsioon, seadistamisaja vähendamise meetod.

1.2.3. Seadistusaegade vähendamise meetod

Enamus tootmistoiminguid, sõltumata tegevusalast, vajab aeg-ajalt masinate seadistamist töös oleva toote muutmiseks või tehniliseks hindamiseks ja hooldamiseks. Seadistamised ja hooldamised, mida tehakse toote tootmise asemel, kulutavad tootmisaega ja seetõttu nimetatakse neid toiminguid kui raiskamisi. Eelpool toodud seadistusaegade vähendamiseks töötas Shigeo Shingo välja *Single-Minute Exchange of Die (SMED)* tehnika ahk ümberseadistamine mõne minutiga, mis aitab parandada aja kasutamist ja suurendada tootmismahu ehk tõsta teatud tootmisliini tootlikkust. Lisaks annab see *SMED*-i kasutavale ettevõttele võimaluse teha rohkem tootevahetusi ja seega reageerida paindlikumalt klientide soovidele. (Kumar, 2012, lk 166)

Godina koos kolleegidega (Godina et al., 2018, lk 784) toovad oma artikellis välja, et *SMED-i* tehnika koosneb viiest etapist:

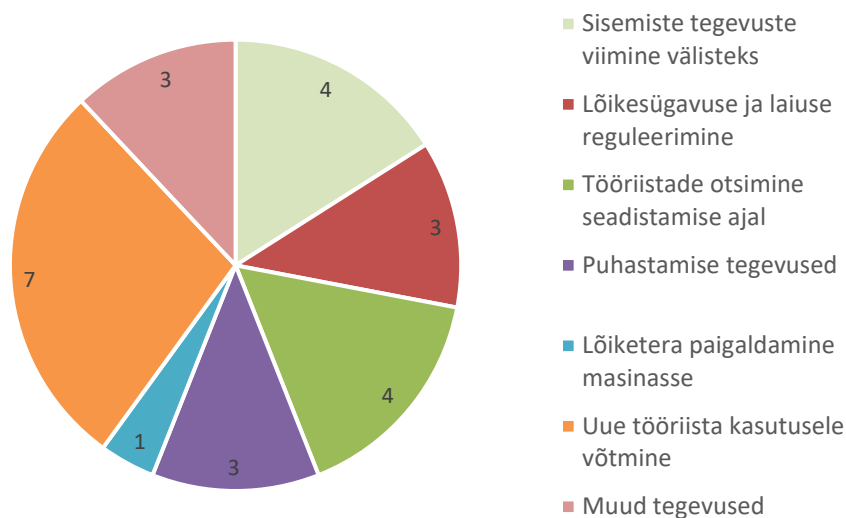
- kogu töö kestvuse mõõtmine;
- välimiste ja sisemiste tegevuste eraldamine;
- sisemiste tegevuste muutmine välisteks;
- kõikide tegevuste ajakulu vähendamine;
- tegevuste standardiseerimine ja parima praktika säilitamine.

Loetelus toodud sisemiste tegevuste all mõeldakse tegevusi, mida tehakse seadme seismise ajal ning välimiste tegevuste all mõeldakse tegevusi, mida tehakse enne seadme seiskamist (Godina et al., 2018, lk 784).

SMED analüüsi läbiviimiseks tuleb kaasata meeskonda kõik antud seadmega seotud töötajad. Kui meeskond on loodud ja seade, millega analüüsi teostama hakatakse on valitud, siis mõõdetakse kogu seadme seadistamiseks kulunud aeg. Oluline on see, et mõõtmist alustatakse hetkel kui seade on tootnud viimase toote ning mõõtmine lõpetatakse, kui seade on tootnud esimese kvaliteetse toote. Analüüsi käigus leitakse kohti parendusteks, nagu näiteks uute tööriistade kasutamine masina seadistamisel, sisemiste tegevuste viimine välisteks ja palju muud. (Godina et al., 2018, lk 785)

Töö autor leiab, et meeskonda tuleks kaasata võimalikult palju erinevate teadmistega ja kogemustega töötajaid. See aitab näha probleeme ja lahendusi erinevate nurkade alt ning seetõttu on meetodi rakendamise mõju suurem. Lisaks võiks seadistusaegade vähendamise meetodi rakendamist samal tootmisseadmehel korrata, et leida veel paremaid lahendusi seadistuse teostamiseks.

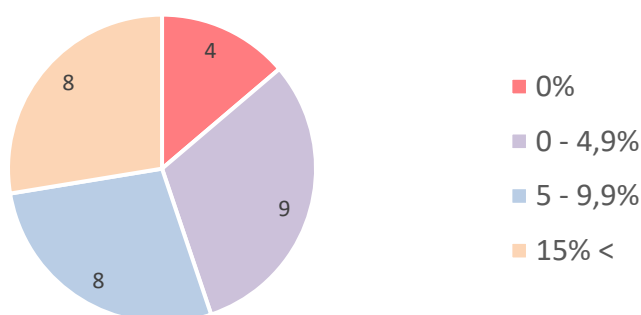
Põhja-Ameerika puidutööstus ettevõtetes läbi viidud küsitlusest selgus, et *SMED* analüüsi abil saavutati tootlikkuse kasv ja suurem võimekus reageerida kiiresti klientide soovidele. Joonisel 3 (vt lk 18) on välja toodud küsitlusel osalejate analüüsi käigus leitud parendustegevused, mis muudavad seadme seadistusaega lühemaks. (Buehlmann & Kucuk, 2018, lk 674)



Joonis 3 SMED analüüsi parendustegevused. Allikas: Buehlmann & Kucuk, 2018, lk 674; autori arvutused.

Kõige populaarsem parendustegevus küsitluse käigus oli uue tööriista kasutusele võtmine seitsme vastanuga, millele järgnesid nelja vastajaga sisemiste tegevuste viimine välisteks ja tööriistade otsimine seadistamise ajal.

Sama küsitluse käigus selgus SMED-i rakendamise mõju tootlikkuse kasvule, mis on välja toodud joonisel 4. (Buehlmann & Kucuk, 2018, lk 674)



Joonis 4 Tootlikkuse kasvumäär küsitluses osalejate seas. Allikas: Buehlmann & Kucuk, 2018, lk 674; autori arvutused.

Küsitluses osalenud puidutööstus ettevõtetest ei olnud, *SMED*-i rakendamisel, neljal ettevõttel mingisugust mõju tootlikkuse kasvule. Kaheksa ettevõtet suutis *SMED*-i

rakendamisel tõsta tootmisliini tootlikkust rohkem kui 15%, kaheksa ettevõtet 5-9,9% ja üheksa ettevõtet 0-4,9%. (Buehlmann & Kucuk, 2018, lk 674).

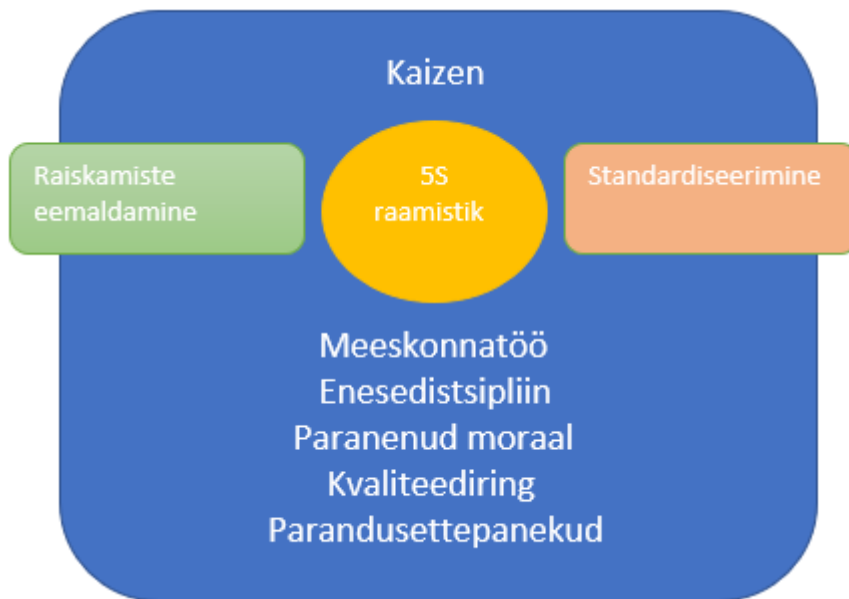
Töö autor leiab, et seadistusaegade vähendamise meetodi rakendamise mõju sõltub meeskonda kaasatud töötajate erinevatest teadmistest ja ning eelkõige nende motivatsioonist. Kuigi antud meetodi rakendamise peamine eesmärk on vähendada seadmete seadistamisele kuluvad aega, siis lisaks on see hea moodus märkamaks ohtlike töövõtteid töö teostamise ajal ning seeläbi parandada tööohutust.

1.2.4. Kaizeni meetod

Üks pideva parendamise protsessile suunatud tööriist on *Kaizen*, mis Jaapani keelest otsetõlgituna tähendab muutumist paremuse suunas, kus sõna esimene osa *kai* tähendab muutumist ja sõne teine osa *zen* head. *Kaizen* on pideva täiustamise strateegia, mis käsitleb tootmisprobleeme nii juhtkonna kui ka tootmistöötajate pideva kaasamise kaudu, kes töötavad koos klientide vajaduste rahuldamiseks. Antud tööriista rakendamine parandab kvaliteeti, vähendab tootmis- ja tootekulusid ning seega suurendab ettevõtte tootlikkust ja konkurentsivõimet. (Erdogan et al., 2017, lk 165).

Pideva täiustamise võti põhineb väikestes muudatustes ja töötajate loomingulistes ideedes, mille tulemusi on sageli lühiajaliselt raske märgata. Seega võib öelda, et *Kaizen* viitab väikestele muutustele ja pidevale pingutusele muutuste tegemiseks. (Janjic et al., 2020, lk 98). *Kaizeni* aluseks on lõputu püüd leida probleeme ja pakkuda neile lahendusi, mis ei põhine investeringutel vaid protsesside ja töötajate tulemuslikkuse parandamisel ning üksikasjalikel uurimistel. (Mekonnen & Geremew, 2019, lk 1). *Kaizen* on tööriist, mille abil on äritegevuses võimalik saavutada tipptase. Mitmed uuringud on kinnitanud, et *Kaizeni* eduka rakendamise alustalad on juhtkonna tugi, erinevate töötajate osalemine, premeerimine ja eesmärgi selgus. (Janjic et al., 2020, lk 98).

Kaizeni meetodite ja tegevuste rakendamist nimetatakse ka *Kaizeni* üritusteks, mis kestavad üldjuhul mõne päeva, antud tegevust toetavad mitmed põhifunktsioonid, mis on välja toodud joonisel 5 (vt lk 20). Ürituse raames valitakse konkreetne seade või tootmisliin, mida hakatakse töögrupis jälgima. Jälgimise tulemusena tehakse tootmisliinil mitmeid muudatusi, mis õnnestumise korral vähendavad seisakuid ja tõstavad tootlikkust. (Mika, 2006, lk 33).

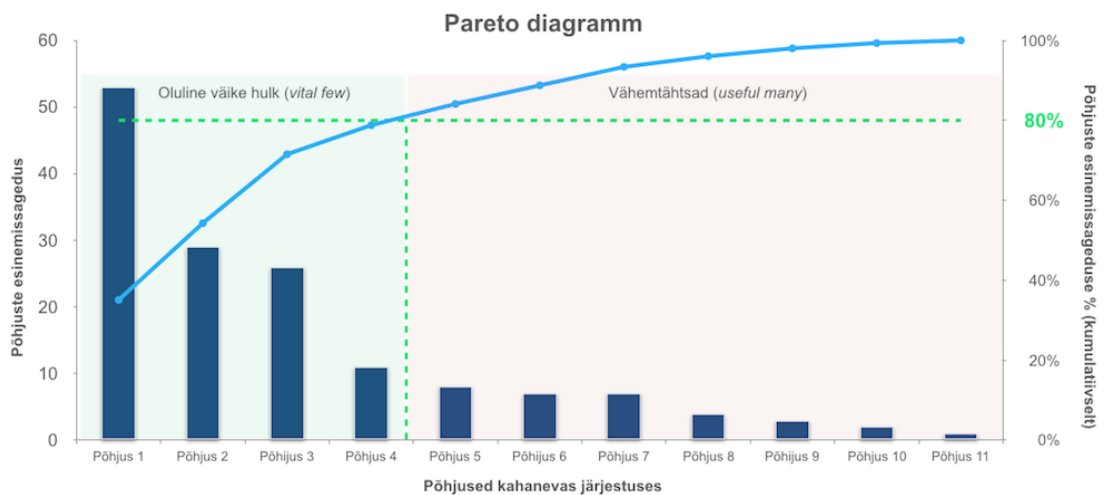


Joonis 5 Kaizeni põhifunktsioonid. Allikas: Erdogan, 2015, lk 4

Kaizeni efektiivse rakendamise üheks olulisemaks faktoriks on meeskonnatöö, kuhu tuleb kaasata erinevate tööülesannete ja oskustega töötajaid. Juhtidel on meeskonnatöö ja selle arendamise juures oluline roll, vältimaks konfliktide teket, mis võib takistada *Kaizeni* edukat rakendamist. Meetodi tõhus rakendamine eeldab ka head planeerimist ja kontrollistrateegiaid. (Erdogan, 2015, lk 4)

Autor leiab, et kuigi *Kaizeni* efektiivse rakendamise eelduseks meeskonnatöö ja erinevate oskustega töötajate kaasamine, siis kõige olulisem on komponendiks on töötajate motivatsioon ja järjepidevus. Lisaks on olulisel kohal kommunikatsioon, et kõik tootmisliinil töötavad töötajad mõistaksid, et *Kaizeni* raames teostataval mõõtmisel ei kontrollita nende võimekust vaid seadmete ja tootmisliini seiskumise põhjuseid.

Lisaks on oluline kasutada põhjuste ja tagajärgede ehk *Ishikawa* diagrammi ning *Pareto* analüüsi, mis aitavad kaasa pidevate parenduste tegemisel ning nende analüüsimisel. (Erdogan, 2015, lk 4) Pareto analüüs, mis on välja toodud joonisel 6 (vt lk 21), on tuntud kui 80/20 reegel, mis näitab, et 80% tulemist moodustab 20% põhjuste poolt ning see annab hea indikatsiooni, millele *kaizeni* ürituse raames tuleb keskenduda (Grosfeld-Nir et al., 2007, lk 2318).



Joonis 6 Pareto diagramm. Allikas: Bankiir, 2018.

Kalaluu diagramm on graafiline meetod konkreetse sündmuse või probleemi põhjuse näitamiseks, see on levinud tööriist, mida kasutatakse põhjuste ja tagajärgede analüüsiks, et tuvastada konkreetse probleemi põhjuste kompleksne koosmõju. Diagrammi kasutatakse, et ajurünnaku ideid grupeerida ning tagada, et võimalike sümptomite põhjustajaid oleks leitud vähemalt neljast peamisest kategooriast (materjal, inimene, meetod ja masin). Peale võimalikke põhjustajate lisamist diagrammi teostab töögrupp hindamise, kus valitakse välja kõige tõenäolisem probleemi tekitaja. (Coccia, 2018, lk 295)

Autor leiab, et iga seadme rikke või tootmisliini seiskumise puhul kalaluu diagrammi kasutama ei pea, sest algpõhjus võib olla ilmselge. Kalaluu diagrammi tuleks kasutada siis, kui probleemi algpõhjust ei nähtud või on teadmata.

Organisatsiooni pidevaks täiustamiseks, kulude vähendamiseks ning tööjõu, seadmete ja materjalide kasutamise efektiivsuse suurendamiseks on ülioluline, et kõik töötajad, erinevatest funktsioonidest, oleksid kaasatu *Kaizeni* tegevustesse ja treeningutesse. (Mekonnen & Geremew, 2019, lk 2). Seejuures on oluline, et *Kaizeni* ürituste meeskondades osaleksid erinevate teadmiste ja tööülesannetega töötajad. (Erdogan, 2015, lk 5). Nende ürituste eesmärgid saab sõnastada järgnevalt:

- ettevõtte pidev täiustamine;
- kulude vähendamine ja optimeerimine, säästmaks tööjõu, seadmete ja materjali pealt;
- ettevõtte töötajate pidev kaasamine *Kaizeni* tegevustesse ja koolitustesse;

- toote kvaliteedi tõus;
- tootlikkuse kasv ettevõttes.

Kaizen on struktureeritud projekt, mille viib läbi projektimeeskond eesmärgiga saavutada parendusi konkreetsetes protsessis või liini lõigus. *Kaizeni* meetodit ei kasutata mitte ainult protsesside täiustamiseks vaid aitab arendada ka töötajate suutlikkust probleemide lahendamisel ja hoiakute parandamisel. *Kaizen* toetub kolmele sambale, milleks on töökoha kord, raiskamiste eemaldamine ja standardiseerimine. (Erdogan, 2015, lk 5)

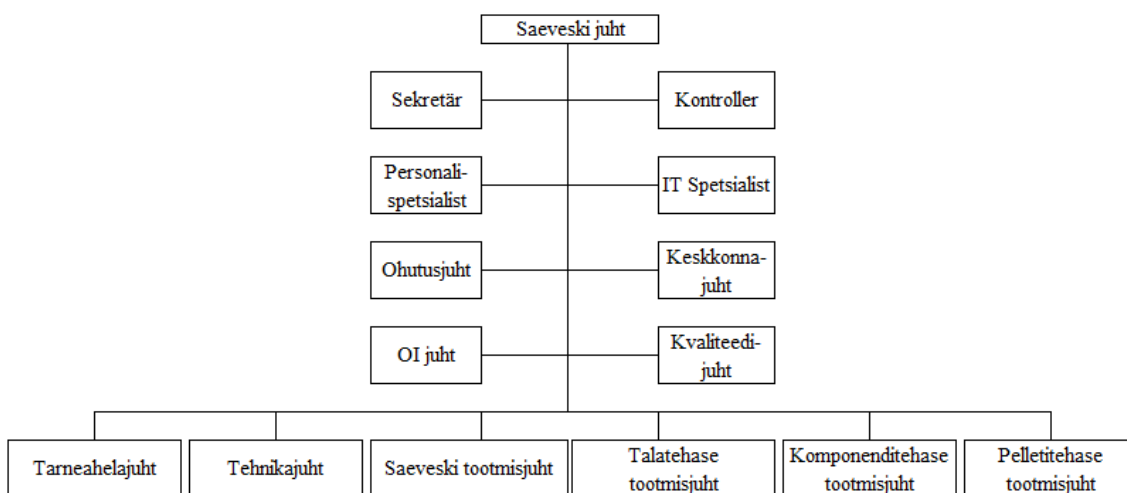
Autor leiab, et *Kaizen* ja 20 võtme meetod on väga paljudes aspektides kattuvad, kui 20 võtme meetod on laiapõhjalisem, siis *Kaizen* keskendub rohkem pideva parenduse protsessile, et tuvastada probleeme ja nende allikaid tootmisliinil. *Kaizeni* eduka rakendamise peamisteks alustaladeks on kommunikatsioon, erinevate teadmiste ja oskustega töötajate kaasamine, meeskonnatöö ja töötajate motivatsioon. *Kaizeni* pidev ja sihipärane rakendamine tagab tootmisliini sujuvama töö ning seeläbi tootlikkuse kasvu.

2. PARENDUSMEETODITE RAKENDAMINE JA SELLE MÕJU TOOTLIKKUSELE

2.1. Uuritava ettevõtte ülevaade ja uurimismeetod

Stora Enso Eesti AS on osa Stora Enso ülemaailmsest paberi- ja puidutööstuskontserni ettevõttest, mille koosseisu kuulub puidutööstus Järvamaal Imaveres ning metsavarumisüksused Imaveres, Näpil, Tartus, Kuressaares ja Pärnus. Tallinnas asub ettevõtte Globaalne Tugiteenuste Keskus, kus tegutsevad IT-, logistika- ja finantsüksused, mis teenindavad kõiki Stora Enso üksuseid üle maailma. 30.01.2024 seisuga oli Eesti ettevõttes tööl 501 töötajat. Imavere saeveski koosseisu kuuluvad neli tootmisüksust, saeveski, talatehas, komponenditehas ja pelletitehas.

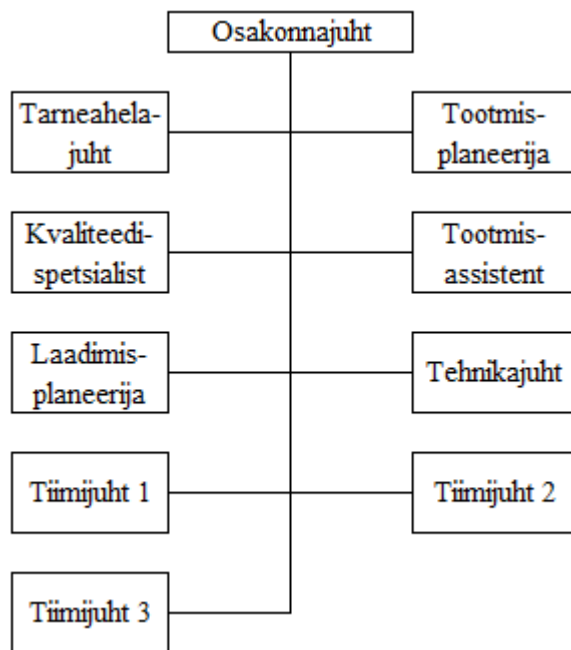
Ettevõtte dokumendialüüsi teostamisele tuginedes saab välja tuua, et ettevõtte juhtkonda kuulub 15 inimest, kus igal tootmisüksusel ja valdkonnal on oma juht, kes vastutab antud tootmise ja valdkonna toimimise eest (Juhtimisstruktuur, 2022). Juhtivtöötajate juhtimisstruktuur on välja toodud joonisel 7.



Joonis 7 Imavere saeveski juhtivtöötajate juhtimisstruktuur (autori koostatud).

Komponenditehas avati 1999. aastal ja selle peamine eesmärk on toota oksavaba sõrmjätkatud puitmaterjali akna-, ukse-, ja liistutootjatele. 2023 aasta peamiseks sihtturgudeks olid Eesti, Rootsi ja Prantsusmaa, mis moodustasid kokku 70% kogu müügitulust.

Komponenditehases on kuus tootmisliini, horisontaal sõrmjätkliin, kaks vertikaal sõrmjätkliini, profiilhöövel, liimpres ja järkamisliin. Tehases töötas 30.01.2024 seisuga 61 töötajat. Joonisel 8 on välja toodud komponenditehase juhtivtöötajate struktuur.



Joonis 8 Komponenditehase juhtivtöötajate juhtimisstruktuur (autori koostatud).

Osakonnajuht vastutab kogu tehase toimimise eest ja tema meeskonda kuulub üheksa töötajat. Tarneahelajuht vastutab kogu müügi ja toormaterjali hankimise eest ja teda abistavad tootmis- ja laadimisplaneerija ning tootmisassistent. Kvaliteedispetsialist vastutab kvaliteedi tagamise eest, viies läbi igapäevaseid kontroll- ja testprotseduure. Tiimijuhid vastutavad vahetuste komplekteerimise ja igapäevaste tootmisprobleemide lahendamise eest ning on olulises rollis parendustegevuste läbiviimisel. Elektrikute, mehaanikute ja teritajate tegevusi juhib tehnikajuht.

Nii ettevõttes üldiselt, kui ka komponenditehases on vastutusala selgelt paigas, meeskonnad on komplekteeritud erinevate teadmiste ja oskustega töötajatega, mis loob hea pinnase parendustegevuste edukaks elluviimiseks.

Konkurents puidutööstussektoris on ajas läinud aina tugevamaks, see on tingitud eelkõige vähesest nõudlusest ja kallist toormaterjalist, lisaks on suur mõju konkurentide investeeringutel. Vähesest nõudlusest ja tugevast konkurentsist tulenevalt on toodete müügihinnad madalad, mistõttu on ettevõtte kasumlikkus tugeva surve all. Konkurentsipüsimiseks on oluline hoida tootmiskulud madalad, tarneajad lühikesed ja toote kvaliteet kliendile aktsepteeritav. Tootmiskulusid vähendada ja tarneaegasid lühendada on võimalik läbi tootlikkuse tõstmise, tootes ühes konkreetses ajaühikus rohkem toodangut kui varasemalt. Kuna tooteportfelli kuulub üle 50 erineva toote, mis erinevad nii mahu, väljatuleku kui ka müügihinna poolest ja müüdüd toodete ja ostetud toormaterjali hinnad ei muutu samas suunas ja kiirusel, siis ühest tootlikkusläve ei ole võimalik tootmisliinile välja arvutada. Ettevõttes on tarvitusel toote kasumiläve arvutamise tabel, kus kasutatakse viimase kolme kuu keskmiseid tootmisandmeid, mis sisaldavad toormaterjali hinda, materjali väljatulekut, liimi kulu ning energia- ja tööjõukulu, millest viimased kaks on tugevalt seotud tootmisliini tootlikkusega.

Kuigi tootlikkust on võimalik tõsta läbi uute ja võimsamate seadmete paigaldamise, siis antud uurimustöö raames keskendub autor tootlikkuse tõstmisele läbi erinevate teoreetiliste parendusmeetmete kasutamise.

Komponenditehase vertikaalliin koosneb kümnest peamisest tootmiseseadmest ja protsessist ja sellel töötab kuus töötajat vahetuse kohta. Lisaks on tööprotsesside korraldamises oluline roll kolmel tiimijuhil. Liini olulisemateks protsessiosadeks ja järjestuseks on:

- materjali etteanne;
- lintsaa;
- hõövel;
- kaamera;
- opticut;
- sorteerimine;
- freesid;
- üleanne;
- press;
- kuivamisala.

Tootmisliini peamised protsessiosad on erineva võimekusega ning põhjustavad erinevas mahu kõrvalekaldeid. Seetõttu on oluline eelkõige maksimeerida nende liinosade tootlikkust, mis on tootmisliinil pudelikaelaks.

Tootlikkuse parendamise teoreetilisi käsitlusi on mitmeid ja paljud neist on eesmärgipõhiselt ka kattuvad. 20 võtme- ja Kaizeni meetodid on selle heaks näiteks, kus Kaizeni tegevuste eesmärgid samastuvad 20 võtme meetodi omadega just tootlikkuse tõstmise vaatenurgast. Seetõttu kasutab töö autor antud uurimustöö raames tootlikkuse tõstmise eesmärgil Kaizeni ja SMED meetodit.

Töös kasutab autor kvantitatiivset uurimismeetodit, Kaizeni ja seadistusaegade vähendamise meetodite kasutamisel rakendatakse vaatlust, mille põhjal viiakse läbi eksperimendid. Eksperimendi tulemuste, tootlikkuse ja kõrvalekallete analüüsimisel kasutatakse liht- ja võrdlusanalüüsi.

2.2. Kaizeni meetod

Kaizen on pideva täiustamise strateegia, mis peaks parandama toote kvaliteeti, vähendama tootmis- ja tootekulusid ning suurendama ettevõtte tootlikkust ja konkurentsivõimet (vt lk 19). Väljend, parandama toote kvaliteeti, võib kõlada eksitavalt, sest puidutööstuse eesmärk on toota täpselt nii kvaliteetset toodet, et rahuldada kliendi vajadused. Tootes kvaliteetsemat toode, kui klient vajab, on ka tootmiskulud suuremad ja see vähendab ettevõtte konkurentsivõimet.

Ettevõtte dokumendianalüüsi teostamisele tuginedes saab välja tuua, et ettevõtet on sertifitseeritud ja omab *Nordic Certified Scantlings Windows & Doors* sertifikaati (Kvaliteedi käsiraamat, 2022), seega on toodete kvaliteedi kontrollimine ja tagamine rangelt reglementeeritud. Ettevõttes tuleb igapäevaselt läbi viia järgmised testid ja kontrollid:

- tooraine niiskuse mõõtmine;
- hõõveldustolerantside mõõtmine;
- sõrmtapi mõõtmine;
- liimi jaotumise kontrollimine sõrmtapis;
- tihedus- ja jooditest;
- murdmistest;

- lõpptoote kontroll;
- delaminatsioonitest;
- puidu aastarõngaste laiuse määramine;
- puidu tiheduse määramine;
- südamepuu osakaalu määramine;
- liimi temperatuuri mõõtmine;
- õhuniiskuse ja temperatuuri mõõtmine;
- töövahendite kontroll.

Lisaks eelpool toodud sisemistele kohustuslikele kontrollidele teostab kaks korda aastas ettevõtte üle kontrolli sertifikaati väljastav ettevõtte.

Tabelis 3 on välja toodud kõik klientide nõuded 2023. aastal, mille kogusummaks oli 2589 eurot, neljal korral oli nõude põhjuseks liigniiskete tükide sisaldumine tootes ja ühel korral vaigu sisaldumine tootes ning materjali liigne kõverus (Klientide nõuded, 2024).

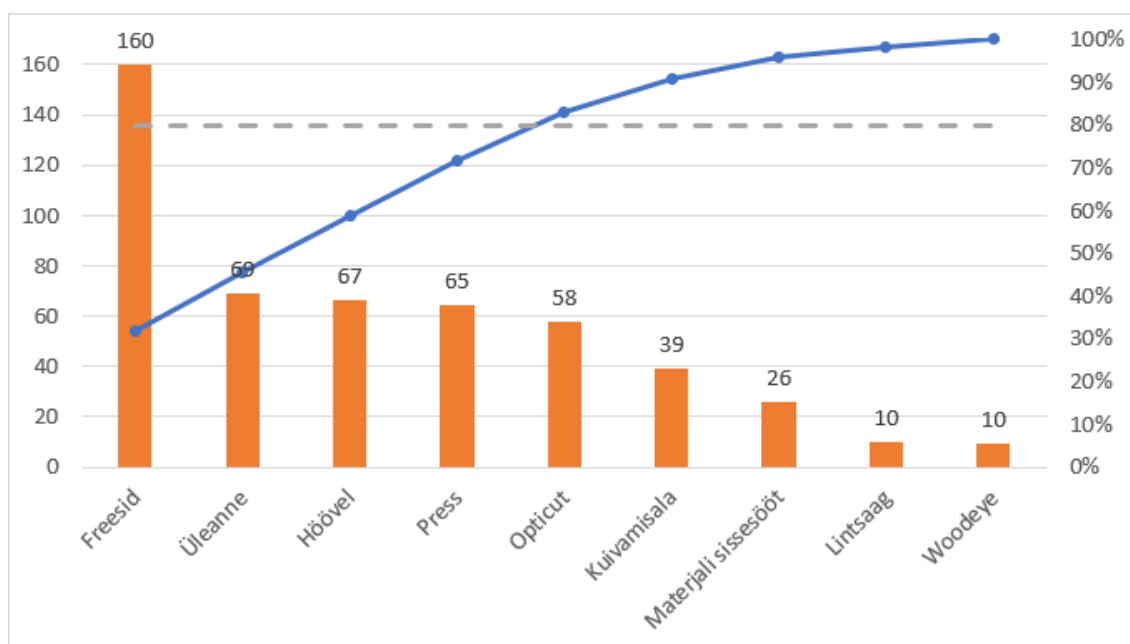
Tabel 3 Klientide nõuded aastal 2023 (autori koostatud).

Nõude aeg	Põhjus	Nõue €
13.02.2023	Materjal kohati vaigune	302
25.04.2023	Osad tükid niisked	100
26.05.2023	Osad tükid niisked	50
12.10.2023	Osa materjali kõver	790
18.10.2023	Osad tükid niisked	50
03.11.2023	Paljud tükid niisked	1297
	Kokku	2589

Nõuete kogusumma 2589 eurot moodustab ettevõtte müügitulust umbkaudu 0,03%, mis näitab, et ettevõtte toote kvaliteet on hea ja kvaliteedikontroll toimiv. Eelpool toodule saab hinnata kvaliteedikontrolli tõhusaks ja edasises töös Kaizeni rakendamisel toote kvaliteedi tõstmisele tähelepanu pöörama ei pea vaid jälgitakse, et läbi muude parendustegevuste toote kvaliteet ei langeks.

Enne parendustegevuste läbiviimist analüüsis töö autor tootmisliini seisakuid, perioodil jaanuar 2023 kuni september 2023, protsesside lõikes. Joonisel 9 (vt lk 28) on välja toodud Pareto analüüs (vt lk 21), kus tulpadena tootmisliini seisakud tundides, asukoha

põhiselt ja sinise joonega seisakute summaarne osakaal kogu seisakute summast. Kõige rohkem seisakuid sel perioodil on põhjustanud freesid. Pareto reegli kohaselt (vt lk 20) tuleks keskenduda vähestele kõrvalekallele asukohtadele, mis moodustab aga suure hulga kogu seisakute summast. Jooniselt saab välja lugeda, et suure hulga seisakuid tekitavad freesid, üleanne, hõövel ja press, mis moodustavad peaaegu 80% kogu tootmisliini seisakute ajast. Edasise töö raames nendes asukohtades kõige rohkem parendustegevusi ka läbi viiakse.



Joonis 9 Tootmisliini seisakud protsesside põhjal (autori koostatud).

Tootmisliini tootlikkuse tõstmiseks rakendati ajavahemikus oktoober 2023 – märts 2024 Kaizeni meetodit (vt lk 19). Esmalt korraldati välise koolitaja poolt tootmisjuhile, tehnikameeskonnale ning tootmisliini töötajatele Kaizenit tutvustav kolme päevane treening, mille eesmärgiks oli tutvustada Kaizeni olemust, ideed ja selle erinevaid tööriistu. Seejärel alustati Kaizeni üritustega, mida korraldati selles ajavahemikus 18. korral ja mis kestsid kahest tunnist kuni kolme päevani. Teooriast lähtuvalt kaasati üritustel võimalikult palju erinevate teadmiste ja oskustega töötajaid (vt lk 19), üritustel osalesid tootmisjuht, tiimijuhid, vähemalt üks töötaja tehnikameeskonnast ja tootmisliini kaks operaatorit.

Kaizeni meetodi läbiviimisel kasutati teooriast lähtuvalt mitmeid toetavaid põhifunktsioone, milleks olid meeskonnatöö, enesedistsipliin, parandusettepanekud,

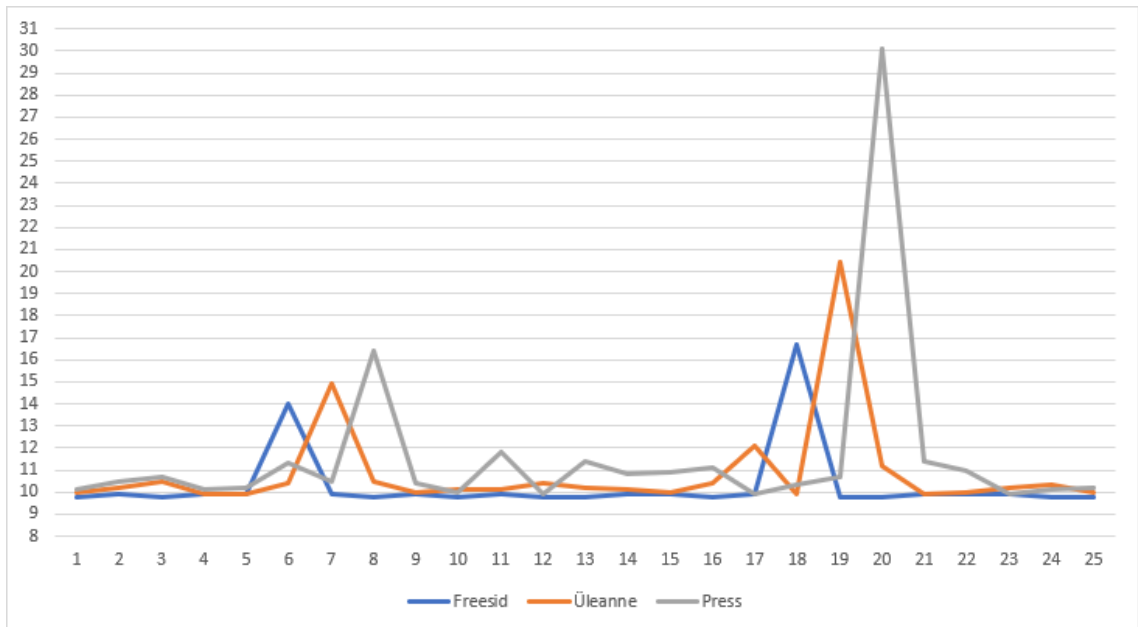
raiskamiste eemaldamine ja standardiseerimine (vt lk 20). Kaizeni raames jagati meeskonna liikmed tootmisliinil erinevatesse asukohtadesse laiali, et kõik olulised kohad oleks kaetud ja probleemi ilmnmisel suudetaks tuvastada probleemi asukoht ning põhjus. Kõik tootmisliinil tuvastatud seisakud ja kõrvalekalded märgiti üles seisakute registreerimise lehele. Kaizeni ajal registreeriti, teooriast lähtuvalt, esialgu 30 minuti jooksul liini tootlikkused 15-minutilistes ajavahemikes, seda selleks, et mõista seisakute ja kõrvalekallete mõju liini tootlikkusele (vt lk 10). Lisaks mõõdeti kolme peamise liiniosa tsükliäegu, et statistiliselt tõestada, milline liini osa on pudelikael. Peale esimest 30 minutilist mõõtmist koguneti kogu meeskonnaga kokku ja arutati vaatluse tulemusi ning tehti plaan edasisteks katsetusteks ja liini parameetrite muutmiseks. Seejärel korrati vaatluseid ja arutelusid senikaua kuni probleeme ei tuvastatud ja soovitud katsetused olid läbi viidud. Kaizeni ürituse viimaseks tegevuseks oli edukate katsetuste ja parimate toimivate liini parameetrite standardiseerimine.

Kuna uurimuse käigus viidi Kaizeni üritusi läbi 18 korda, siis järgnevalt kirjeldab töö autor ühe ürituse vaates tehtut ja seejärel teeb kokkuvõtte kõigist sellel perioodil tehtud parendustegevustest ning mõjust tootlikkusele.

Üks Kaizeni üritustest viidi läbi 09.10.2023, kestvusega 2 tundi ja 15 minutit. Osalejateks olid tootmisjuht, kolm tiimijuhti, mehaanik ja kaks operaatorit. Meeskonna liikmed jagati kuute liini erinevasse asukohta laiali, tootmisjuht oli meeskonnajuhiks, kelle ülesandeks oli jälgida tootmise üldpilti, liigutada vastavalt vajadusel meeskonnaliikmeid liini erinevatesse kohtadesse ning täita liini tootlikkuse registreerimise lehte. Kuna tootmisprotsessi kontrollimise eelduseks on süsteemi mõõtmine (vt lk 10), siis jagati kõigile üritusel osalenutele seisakute registreerimise leht, kuhu tuli kirja panna kõik liinil nähtud kõrvalekalded ja seisakud.

Esmalt mõõdeti kolme võtmeseadme tsükliajad, et statistiliselt välja selgitada, milline neist on tootmisliinil pudelikaelaks. Tsükliäegade mõõtmisel selgus, et liini pudelikaelaks on freesid, mis tähendab seda, et toote liini läbimise kogutsükli reguleerib materjali tootmine freesides. Joonisel 10 (vt lk 30) on välja toodud kõigi võtmeseadmete tsükliajad, freesi tsükliajad kõiguvad 9,8s – 9,9s vahemikus, väljaarvatud kahe erandiga, kui enne freese puhveris olid kaks lühiseisakut. Freesi tsükliäegade stabiilsus näitab, et materjali enne freese oli piisavalt, et seade pidevalt töös hoida ja peale freese oli puhver piisavalt

tühi, et freesid saaksid ette antud kiiruse juures pidevalt töötada. Üleande ja pressi pikematest tsükliageadest, samal joonisel, saab välja lugeda, et antud seadmetel ei olnud piisavalt materjali, mida töödelda ning see tähendab seda, et tootmisliini pudelikaelaks saab lugeda freesid.



Joonis 10 Võtmeseadmete tsükliajad sekundites (autori koostatud).

Samal ajal registreeriti liini tootlikkused ja kõrvalekalded kahe 15-minutiliste tsüklikena, mis järel koguneti aruteluks ja andmete analüüsimiseks. Esmalt arvutati freesi keskmise tsükliaja baasil maksimaalne freesikelkude arv, mida on võimalik toota 15 minuti jooksul. Tabelis 4 (vt lk 31) on näha, et esimese kahe mõõtmise jooksul oli maksimaalne planeeritud kelkude arv 91, samas tegelik toodetud kelkude arv esimesel korral oli 77 ja teisel 78. Tegelikult toodetud madalam kelkude arv näitab kõrvalekallete esinemist liinil, mida esimesel mõõtmisel esines 137 sekundit ja teisel mõõtmisel 128 sekundit.

Tabel 4 Liini tootlikkuse registreerimise leht (autori koostatud).

Liini tootlikkuse registreerimise leht							
Liin:	VERT2						
Osalejad:	Raico, Ants, Robert, Martin, Meelis, Urmas, Kunnar						
Kuupäev:	09.10.2023						
Toode:	50x150 Daloc						
Ajavahemik	Freesi kiirus	Freesi tsükli-aeg (sek)	Planeeritud kelkude arv	Tegelik kelkude kogus	Erinevus (+/-)	Seisakud (sek)	Kommentaariid
09:15-09:30	5	9,85	91	77	-14	137	1) Freesi seadistamine - 110s; 2) Freesi puhverlindid lööb kiiruse tõstmisel häiresse - 28s.
09:30-09:45	5	9,85	91	78	-13	128	1) Üleandes klotsid risti - 128s; 2) Kiramos materjal risti - 124s.
10:15-10:30	5	9,35	96	95	-1	9	1) Paketi ettevalmistamise aja vähendamine 0,5s võrra - tsükli-aeg 9,85s -> 9,35s.
10:30-10:45	6	9,2	98	94	-4	36	1) Freesi läbiveo kiiruse tõstmine - võit 0,15s; 2) Üleandes risti 34s.
11:00-11:15	6	9,1	99	99	0	0	1) üleande reguleerimine seisakute vältimiseks; 2) Muundi seadistamine, et vältida puhverlintide häiresse minemist; 3) puhverlintide kiiruse tõstmine - võit 0,1s; 4) 2x hõõvliis laud kinni - 35s.
11:15-11:30	6	9,1	99	98	1	9	1) 2x tasandamise kontroll, materjal kare ja ei tasandanud ära - 9s.
Kokku			575	541	-34	319	

Seejärel kaardistati kõik kõrvalekalded tootmisliinil, mida kahe mõõtmise ajal tuvastati, töö raames tegi autor seisakutest kokkuvõtte ja kandis need ühele seisakute registreerimise lehele (vt tabel 5 lk 32). Samast tabelist on näha, et esimesel mõõtmisel oli kokku kolm seisakut, nendest kaks ühesugust ja põhjuseks oli puhverlindi häiresse minek kuna lintide kiirus oli liiga suur. Seda probleemi paluti uurida tehnikameeskonnal ja oodati nende poolset tagasisidet. Teiseks seisaku põhjuseks oli materjali kõverus ja sellest tingitud freesi seadistamine.

Teise mõõtmise üheks kõrvalekaldeks oli üleandes klotsid risti, mille põhjust ei suudetud koheselt tuvastada ja otsustati järgmise mõõtmise ajal sinna rohkem tähelepanu pöörata. Teiseks kõrvalekaldeks oli toomaterjali risti minek kiramos ja põhjuseks kiramo liiga

suur kiirus, mis vedas materjali viltu. See seisak aga ei mõjutanud tootmisliini tootlikkust, sest liini järgnevad puhvriosad olid täis ning see võimaldas freesidel pidevalt tööd teha.

Tabel 5 Seisakute registreerimise leht (autori koostatud).

Seisakute registreerimise leht		Liin:	Vert2
		Kuupäev:	09.10.2023
Mõõtmise aeg	Kestus (s)	Seisaku kirjeldus ja takistuse täpsustus	
09:15-09:30	110	Freesi seadistamine, materjal kõver	
	12	Puhverlint häires, lindi kiirus liiga suur	
	16	Puhverlint häires, lindi kiirus liiga suur	
09:30-09:45	128	Üleandes klotsid risti. Harja kiirus liiga suur ja tõmbab materjali pikali?	
	124	Kiramos materjal risti. Kiramo kiirus liiga suur	
10:15-10:30	9	Puhverlint häires, lindi kiirus liiga suur	
10:30-10:45	34	Üleandes klotsid risti. Harja kiirus liiga suur ja tõmbab materjali pikali	
	2	Tasandamise häire, kuigi materjal oli korrektselt tasandatud. Mis probleem?	
11:00-11:15	10	Höövliis laud kinni. Lühike vaigune materjal	
	25	Höövliis laud kinni. Lühike vaigune materjal	
11:15-11:30	2	Tasandamise häire, kuigi materjal oli korrektselt tasandatud. Mis probleem?	
	7	Tasandamise häire. Materjal kare ja üksteise küljes kinni	

Kuna võtmeseadmete tsükliajade (vt joonis 10 lk 30) mõõtmisel selgus, et liini pudelikaelaks on freesid, siis arutati kuidas oleks võimalik freesi töötsükli kiiremaks teha. Freesi töötsükli mõistmiseks võeti kogu tegevus pulkadeks lahti ning mõõdeti palju iga tegevus aega võtab ja kanti andmed tabelisse (vt tabel 6 lk 33), seejärel arutati ja jõuti ühisele arvamusele, et tegevus kuus, viiteaeg ülemise tala alla liikumiseks, on liiga pikk ning selle vähendamiseks tehti liini parameetrites muudatused.

Tabel 6 Freesi tegevused ajaliselt (autori koostatud).

Tegevuste järjekord	Tegevus	Ajaline kulu (s)
1	Freeslaud jõuab koduasendisse (ooteaeg)	0,13
2	Pakett alustab liikumist ja jõuab pörkelaواني	0,75
3	Küljeseinad liiguvad kinni-lahti	0,45
4	Pörkelaud joondab klotsid	0,73
5	Küljeseinad lähevad kinni	0,19
6	Küljeseinad on kinni ja viiteaeg ülemise tala alla liikumiseks	0,75
7	Ülemine tala liikub alla	0,3
8	Tala on all ja viiteaeg freesi liikumiseks	0,17
9	Freeslaud alustab liikumist läbi freesi ja jõuab teisele poole lõppu	3,61
10	Küljeseinad ja ülemine tala lähevad lahti	0,12
11	Pakett alustab freeslaualt liikumist ja vabastab freeslaua	0,64
12	Freesi kelk vaba ja viiteaeg freesi tagasi liikumiseks	0,14
13	Freesi kelk alustab liikumist ja jõuab koduasendisse	1,87
	Kogu tegevus kokku	9,85

Kolmanda mõõtmise alustades mõõdeti uuesti freesi tsükliäga ja saadi faktiline kinnitus, et parameetri muutmisel suudeti viite aega ülemise tala alla liikumiseks vähendada 0,5 sekundit, 0,75s pealt 0,25s peale ja sellega kogu freesi tsükliäga vähendada 9,85s pealt 9,35s peale ehk läbi antud tegevuse suudeti tõsta freeside tootlikkust 5,08%. Kuigi tsükliäga suudeti vähendada jäi liini pudelikaelaks endiselt freesid. Kolmanda mõõtmise (vt tabel 5 lk 35) ainus seisak oli puhverlintide häiresse minek. Neljandal mõõtmisel kordus teise mõõtmiskorra seisak, kus üleandes läks materjal risti ja veaks tuvastati harjade liiga suur kiirus. Teiseks kõrvalekaldeks oli tasandamise häire freesides, kuigi probleemi seal meeskonnaliiga sel hetkel ei tuvastanud. Neljanda mõõtmise alguses tehti liini parameetrites muudatus ja tõsteti freesi läbiveokiirust, millega vähendati freesitsükliäga 0,15s (vt tabel 4 lk 31). Peale antud kahte mõõtmist koguneti taas aruteluks ja korrati eelneva korra tegevusi ning kanti tulemused ja kõrvalekalded tabelitesse. Arutelu tulemusel otsustati üleandes, seisakute vähendamiseks, harjade kiirust langetada ja jälgida sellest tulenevaid muutusi. Samal ajal lahendas tehnikameeskond puhverlintide häiresse mineku probleemi, tõstes muundite maksimaalseid koormuseid, see võimaldas liini parameetrites teha muudatusi ja tõsta lintide kiirust, millega suudeti freesi tsükliäga vähendada 0,1s (vt tabel 4 lk 31).

Viiendal mõõtmisel esines kaks kõrvalekallet, milleks oli vaiguse toormaterjali kinnijäämine hõõvlisse. Liini üldist tootlikkust see ei mõjutanud kuna järgnevates

puhverosades oli materjali piisavalt. Viimasel mõõtmiskorral esines kaks samasugust seisakut, milleks oli tasandamise häire freesides. Ühel korral oli tekke põhjuseks materjali kare pind, mis ei võimaldanud materjali korrektsed tasandamist ning teise kõrvalekalde põhjust ei suudetud taaskord tuvastada.

Peale kahte mõõtmist koguneti lõplikuks aruteluks ja tulemuste analüüsimiseks. Kuna tootlikkuse mõõtmisega tuuakse välja tootmisliini kvantifitseeritud mõõtmisväärtused (vt lk 11), siis esmalt arvutati välja tootmisliini seisaku protsent kõikide mõõtmiste peale kokku, milleks oli 90 minuti jooksul 319 sekundit ehk 5,9% tööajast. Seejärel lepiti kokku järgnevad tegevused, milleks oli järgnevate päevade jooksul välja uurida, mis tekitab tasandamise häireid freesides ning mis põhjusel jäävad vaigused lühikesed lauad aeg-ajalt hõõvlisse kinni. Lõpetuseks koostati, teooriast lähtuvalt (vt lk 19), liini parameetrite standard (vt tabel 7), kuhu pandi kirja sel ajahetkel kõige paremini toimivad seaded ja mida peavad operaatorid järgmistel kordadel selle toote tootmisel kasutama.

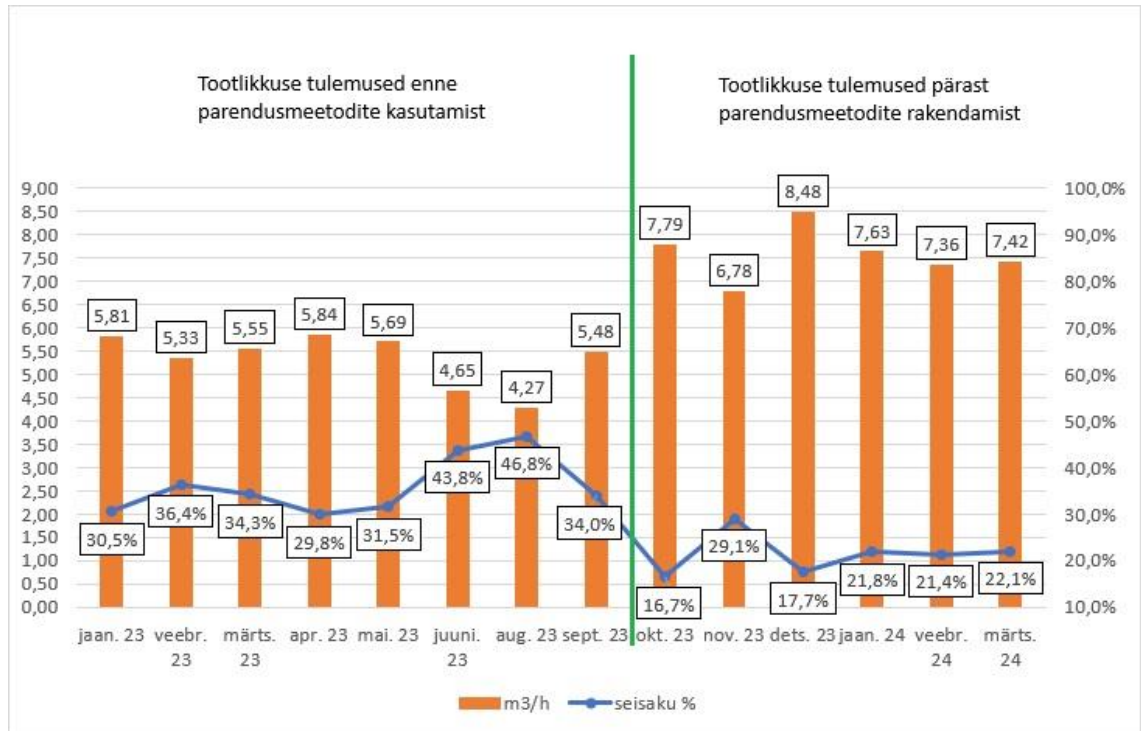
Tabel 7 Liini parameetrite standard (autori koostatud).

Vert 2 Tootmise standard	
Toode: RW 50x150 Daloc	
Kirjeldus	Kiirus, parameeter
Lindid kiirus alustamine/lõpetamine	70/30
Freeside kiirus	6
Harjade korrigeerimine	5.0
Liimi alustamine ja lõpp	0.52/0.21
Lindi kanali kitsen. ees	0.05
Lindi kanali kitsen. Järel	0.20
Kiirusanduri korrektuur	35
Pressiaeg	4sek
Vähene pressisurve $**x**x1.9=$	Off 165
Klotsipööraja lindi ristiliikumisel	30

Antud Kaizeni ürituse raames selgitati välja tootmisliini pudelikael, milleks oli freesid ja seetõttu otsiti lahendusi freesi tsükliaja vähendamiseks. Kolme erineva katsetuse koosmõjul suudeti vähendada tsükliagea (vt tabel 4 lk 34) 9,85s peal 9,1s peale, mis annab võimaluse toota 7,61% suurema tootlikkusega kui varem. Lisaks suudeti tuvastada mitmeid seisakuid tekitavaid olukordi ja asukohti, millest osad suudeti likvideerida samal ajal ning ülejäänud järgnevate päevade vältel. Antud perioodi vältel oli tootmisliinil küll

seisakuid 5,9% tööajast, aga kogu pilti see ei peegelda, sest erinevaid kõrvalekaldeid ja masinate seadistamisi tuleb oluliselt rohkem ette kui selle 1,5 tunni sees suudeti tuvastada.

Tervikpildi saamiseks tuleb võrrelda antud toote tootlikkuse tulemusi pikema perioodi lõikes. Joonisel 11 on välja toodud selle toote tootlikkused kuude lõikes perioodil jaanuar 2023 – märts 2024.



Joonis 1 50x150 Daloc tootlikkused kuude lõikes (autori koostatud).

Jooniselt on näha parandusmeetodite rakendamise mõju tootlikkuse kasvule ja seisakute vähenemisele, alates oktoobrist 2023 on läbi erinevate parandustegevuste tootlikkus märgatavalt kasvanud, olles varasemalt umbkaudu 5,5 m3/h juures ja tõustes umbkaudu 7,5 m3/h juurde. Tulemuste analüüsimisele selgub, et enne parandusmeetodite rakendamist oli 50x150 Daloci keskmine tunnitootlikkus 5,41 m3/h ja pärast parandusmeetodite rakendamist 7,48 m3/h, mis teeb tootlikkuse kasvuks 38,4% (vt lisa 1).

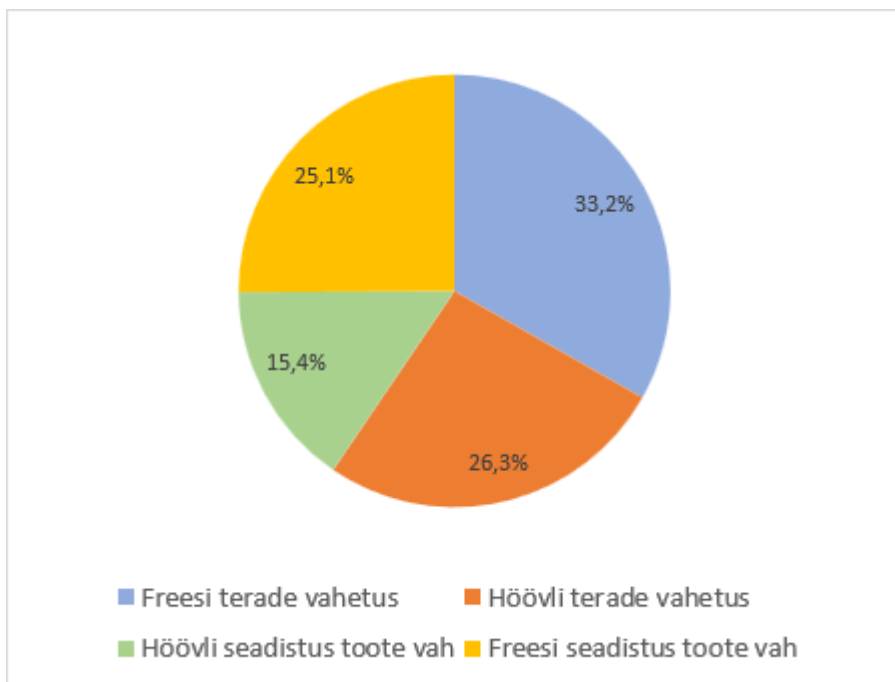
Kogu uurimustöö ja Kaizeni rakendamise perioodi vältel tehti tootmisliinil väga palju erinevaid katsetus- ja parandustegevusi, mis on välja toodud lisa 2. Katsetustegevustes kõik ei õnnestunud ja andsid negatiivse tulemuse, aga see on parandusprotsessi loomulik osa. Enamus kõrvalekallete põhjustest avastati tänu meeskonnaliikmete viibimisele

tootmisliinil, jälgides erinevaid tööprotsesse, pelgalt seisakute andmeid analüüsis poleks seda juhtunud. Kuigi suur osa parendustest leiti läbi erinevate seadmete kiiruste tõstmisel, siis esines ka tootmisliini ümberehitamist ja tootmisliini väliseid allikaid, mis põhjustasid seisakuid. Üheks selliseks oli tootmishoone laevalgustus, mis on välja toodud lisa 2 nr. 2 parendustegevusena, kui valgus paistis freesi anduri peale ja tekitas seetõttu liinil valehäireid.

Kaizeni eduka rakendamise üks olulisemaid punkte oli meeskonnatöö ja kõikide tootmisliiniga seotud töötajate kaasamine. Meeskonnas tekkis mitmel korral erimeelsusi tootmistöötajate ja tehnikameeskonna vahel. Probleemide lahendamisel oli oluline roll tootmisjuhil, kes viis läbi arutelusid ja võttis erimeelsuste korral vastutuse parendusmeetmete rakendamisel. Töötajate valmidus parendustegevuste läbiviimisel ja kaasa mõtlemisel oli esialgu pisut vastumeelne, aga protsessi edenedes ja tulemuste paranedes tõusis ka töötajate motivatsioon ja kaasatus. Motivatsiooni tõustes tegid tootmistöötajad ettepanekuid parendusteks ja tagasisidestasid tehtuid muudatusi põhjalikult.

2.3. Seadistusaegade vähendamise meetod

Toote efektiivseks ja kvaliteetseks tootmiseks on vaja kõiki tootmisseadmeid aeg-ajalt seadistada. Kuna seadmete seadistamisi tehakse tootmise arvelt, siis nimetatakse neid raiskamisteks ehk tootmisliini seisakuteks. (vt lk 16) Seadistamise eesmärgid ja tegevused on erinevad, peamisteks on planeeritud ja planeerimata terade vahetused lintsaes, hõõvli ja freesides ning hõõvli ja freeside seadistamine toote vahetuse ajal. Perioodil, jaanuar 2023 – september 2023, oli terade vahetusi ja seadmete seadistamise poolt põhjustatud seisakuid kogusummas 4141 minutit (vt joonis 12 lk 37).



Joonis 12 Terade vahetus ja seadistamised osakaaluti perioodil jaanuar 2023 – september 2023 (autori koostatud).

Jooniselt on näha, et ajaliselt tekitab kõige rohkem seisakuid freesi terade vahetus 1375 minutiga, mis moodustab 33,2% kogu terade vahetuse ja seadmete seadistamise ajast. Seetõttu otsustas töö autor SMED analüüsi läbi viia freesi terade vahetamise põhjal.

Kogu analüüs viidi läbi mitme päeva vältel ja teooriast lähtuvalt kaasati sellesse erinevate teadmiste ja kogemustega töötajaid, kelleks olid tootmisliini kaks operaatorit, tiimijuhid, tootmisjuht ja mehaanik (vt lk 17).

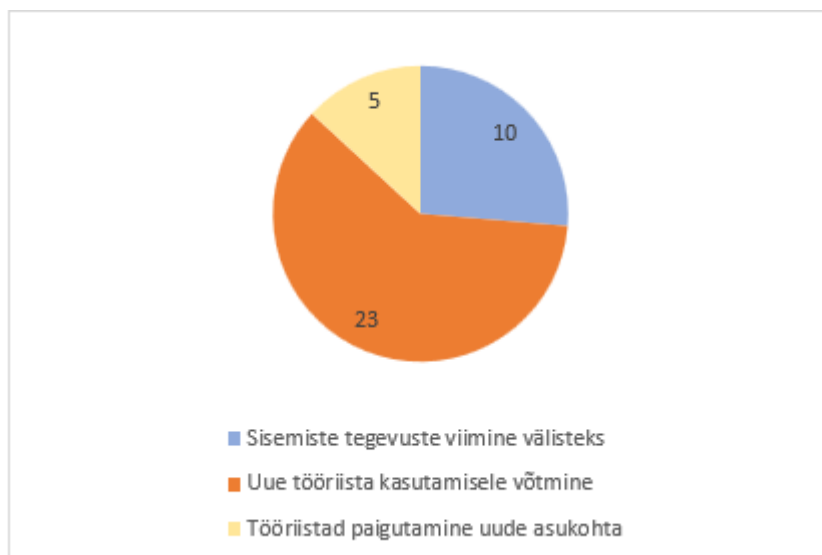
14.12.2023 filmiti terade vahetamise erinevate tegevuste paremaks mõistmiseks kogu protsess üles ja selle põhjal teostati ka tegevuste analüüs, mis viidi läbi 10.01.2024 – 11.01.2024. Video vaatamisel tegutseti teooriast lähtuvalt (vt lk 16).

Esimeseks tegevuseks oli töö kogukestvuse mõõtmine ning kõikide erinevate tegevuste kandmine SMED ajatabelisse (vt lisa 3). Kogu terade vahetuse protsessi ajakulu oli 56,5 minutit ja koosnes 92. tegevusest. Seejärel eraldati välimised ja sisemised tegevused, kus välimisteks nimetatakse tegevusi, mis teostatakse ennetavalt enne viimase toote tootmist ja sisemiseks tegevusi, mis teostatakse seisaku ajal. Välimiste tegevuste eraldamisel selgus, et seda oli kõigest üks, mis näitab, et ennetavaid tegevusi enne liini seiskamist sisuliselt ei tehta või ei ole seda lihtsalt teha. Antud tegevus märgiti ka SMED ajatabeli

sis/väl tulbas väl tegevuseks. Kolmandas etapis leiti võimalusi sisemiste tegevuste muutmist välimisteks ehk tegevusteks, mis toimuksid ennetavalt enne tootmisliini seiskamist ja seeläbi vähendaks raiskamist. Need tegevused märgiti SMED ajatabelis roheline kirjaga. Selliseid tegevusi leiti kokku kümme ja teoreetiliseks ajaliseks võiduks saadi läbi selle 376 sekundit. Suurima mõjuga tegevus, kus võiduks 210 sekundit, oli pressi rullide puhastamine, mida hakkaksid teostama teised töötajad, kes varasemalt samal ajal niisama ootasid. Neljandaks etapiks oli otsida võimalusi kõikide tegevuste ajakulu vähendamiseks ja need kanti SMED ajatabeli (vt lisa 3) muudatuste tulpa ning lisati teoreetiline ajaline võit muudatuse elluviimisel.

Video analüüsimisel leiti, et 28 tegevuse ajakulu oleks võimalik läbi erinevate muudatuste vähendada. Peamise parenduskohana nähti uue tööriista kasutamisele võtmist, mis kiirendab tööprotsessi. Üheks selliseks oli akutrelli kasutusele võtmine tavalise kruvikeeraja asemel, see on välja toodud ka lisas 2 muudatuste tulbas. Hinnanguliselt annab sellise muudatuse rakendamine 408 sekundit aja kokkuhoidu, mis on juba 12,1% kogu freesi terade vahetus ajast.

Joonisel 13 on välja toodud kõik parendustegevused, mida SMEDi analüüsi ajal leiti. Uue tööriista kasutamisele võtmise võimalus leiti 23 korral, sisemiste tegevuste välimisteks viimist 10 korral ja tööriistade paigutamist uutele asukohtadele viiel korral.



Joonis 13 Parendustegevused protsessi ajakulu vähendamiseks (autori koostatud).

SMED analüüsi läbi viies leiti 38 potentsiaalset parendustegevust, mis võiksid freesi terade vahetuse ajakulu vähendada 56,5 minutilt 35,9 minutile ehk 36,4%.

Kuna parendustegevusi leiti üsna palju ja sobivate lahenduste leidmine, hankimine ja elluviimine võttis suhteliselt kaua aega, siis uus freesi terade vahetamise mõõtmine teostati alles 21.03.2024. Terade vahetus peale parendustegevuste elluviimist võttis aega 39,2 minutit ehk 17,3 minutit kiiremini kui eelmise mõõtmiskorra ajal aga samas 3,3 minutit kauem kui oli SMED analüüsi läbi viies prognoositud. Uut SMED analüüsi uurimustöö raames läbi ei viidud.

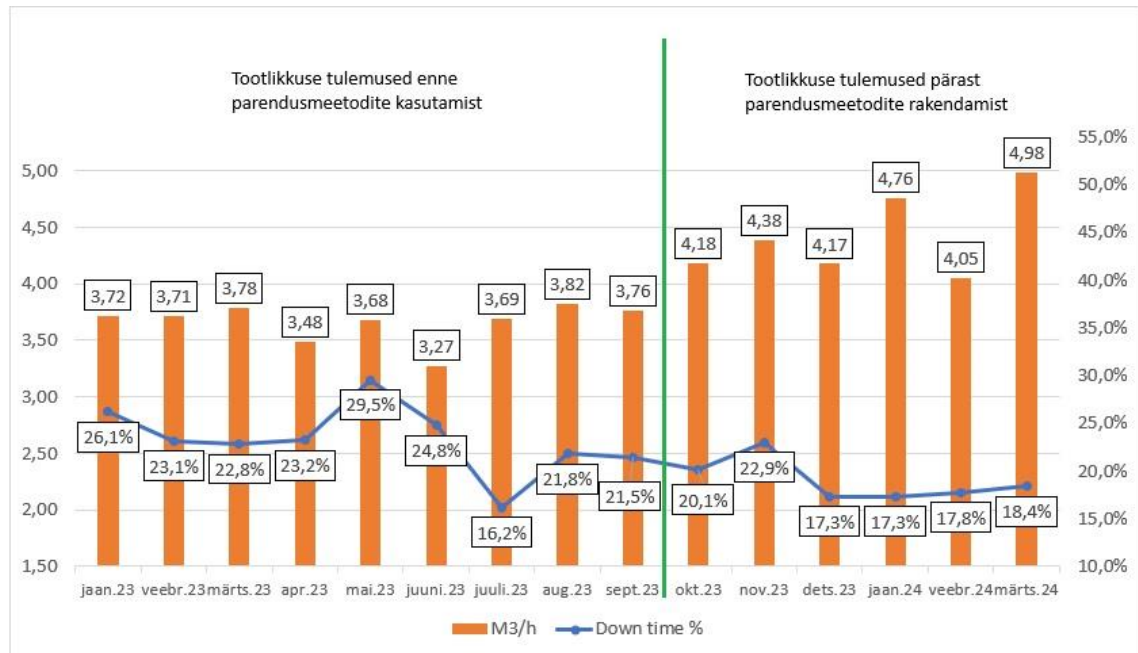
Kui perioodil jaanuar 2023 – september 2023 oli freesi terade vahetusest tingitud seisakute aeg 1375 minutit ja keskmine ühe vahetuse pikkus 56 minutit, siis tähendab see, et sel perioodil on teostatud 25 freesi tera vahetust. Kui edaspidi võtab terade vahetus sama palju aega kui esimesel korral peale parendustegevuste elluviimist, siis 25 freesi tera vahetus peale kuluks tulevikus arvestuslikult 980 minutit ehk 395 minutit vähem kui eelnevalt. See tähendab 395 minutit lisa tööaega ja tootlikkuse suurenemist. SMEDi mõju eelpool välja toodud tootmisliini tootlikkusele sisuliselt ei kajastu, sest parendusmeetodi rakendamine toimus vahetult enne uurimustöö lõppu.

Kokkuvõtvalt võib öelda, et SMEDi rakendamine Imavere komponenditehases tõi positiivse tulemuse. Nagu ka teooria osas välja tuues, siis oluline on analüüsi kaasata võimalikult palju erinevate teadmiste ja taustaga inimesi, sest see võimaldab läheneda probleemidele mitme nurga alt ja annab tõenäoliselt ka oluliselt parema lõpptulemuse. Autor soovib ettevõtte sees SMED analüüsi rakendada igas liini lõigus, kus toimub seadistamisi, see võimaldab vähendada ajakulu masinate seadistamisel ja tõstab tootmisliinide tootlikkust ning olla ettevõttel konkurentsivõimelisem.

2.4. Parandusmeetodite mõju tootlikkusele

Kuna tootlikkus on tootmisettevõtte jaoks üks olulisemaid tulemuslikkuse mõõdikuid, siis ettevõtte jälgib tootmisliini tulemusi igapäevaselt osatootlikkuse näitajatena (vt lk 8). Peamisteks hindamiskriteeriumiteks on tunnitootlikkus ja seisakuprotsent tööajast, kus tootlikkuseks on toodetud tihumeeter (m³) ühe töötunni kohta. Tootlikkust on võimalik hinnata erinevate perioodide vältel, aga kuna liinil toodetakse üle 40 erineva ristlõike, mis on ka erineva tootlikkuse tasemega, siis optimaalseks perioodiks on seda teha kuude

lõikes. Joonisel 14 on tootmisliini tootlikkused kuude lõikes perioodil jaanuar 2023 – märts 2024, kus on välja toodud tunnitootlikkus (m³/h) kuu lõikes ja seisaku protsent kogu kuu tootmisajast. Seejuures on joonisel ära märgitud tootlikkuse tulemused enne ja pärast parendustegevuste rakendamist.



Joonis 14 Tootmisliini tootlikkused kuude lõikes (autori koostatud).

Perioodil jaanuar 2023 – september 2023 ehk enne parandustegevuste rakendamist oli kogu perioodi keskmine tunnitootlikkus 3,64 m³/h ja perioodil oktoober 2023 – märts 2024, ehk pärast parendustegevuste rakendamist, oli kogu perioodi keskmine tunnitootlikkus 4,38 m³/h. See teeb kahe perioodi vahelise tunnitootlikkuse kasvuks 20,3%. Samal ajal on seisaku protsent perioodide vahel langenud 23,8%-ilt 19,2%-ni, mis näitab kogu tööaja efektiivsemat kasutamist. Antud tulemuste puhul saab järeldada, et erinevate parendustegevuste rakendamine tootmisliinil on andnud märkimisväärsed tulemusi, samas võivad kuu lõikes mõõdetavad tunnitootlikkused olla progressi jälgimiseks pisut petlikud.

Kuna kuu jooksul toodetakse palju erineva ristlõike ja kvaliteediga tooteid, mis erinevad üsna palju ka tootlikkuse poolest, siis selgema pildi saamiseks tuleb tootlikkusi võrrelda toote põhiselt. Lisas 1 on välja toodud tootlikkuse tulemused toote põhiselt, kus on välja toodud tunnitootlikkused enne ja pärast parendustegevuste rakendamist. Tabelisse on lisatud ainult need tooted, mida on toodetud mõlema perioodi vältel. Kokku on selliseid

tooteid 38, millest 31 tootlikkus on tõusnud ja seitsme toote tootlikkus langenud. Need tooted, kus tootlikkus on langenud on peamisteks põhjusteks olnud seadmete tehnilised rikked ja toormaterjali halvem kvaliteet, mille tõttu materjali väljatulek on väiksem ja seetõttu ei suudeta tootmisliini piisaval määral materjaliga täita ning liini efektiivsus langeb.

Antud uurimustöö raames keskendus töö autor erinevate parendusmeetmete rakendamise mõjule tootmisliinil ja toormaterjali kvaliteedile tähelepanu ei pööranud. Seejuures ei ole võimalik iga üksiku parendustegevuse mõju tootlikkusele välja tuua, sest erinevaid muudatusi tehti tootmisliinil samaaegselt.

Kui teoreetilised käsitlused ütlevad, et Kaizeni pideva täiustamise võti põhineb väikestes muudatustes ja töötajate loomingulistel ideedel (vt lk 19), siis töö autor kinnitab, et Kaizeni raames läbi viidud 73 eksperimendi tulemusel tootlikkus kasvaski 20,3%. See näitabki kui oluline on järjepidevus ja väikeste muudatuste tegemine.

Parendusmeetodite rakendamise tootmisliinil saab lugeda edukaks, kui esialgu oli enamus töötajaid muudatuste osas kriitilised, siis progressi nähes nende kaasatus kasvas ja meelestatus paranes. Kõrvutades Kaizeni teoreetilisi käsitlusi (vt lk 19) ja reaalseid tegevusi tootmisliinil, siis saab väita, et Pareto analüüsist välja tulnud, kõige probleemsemad asukohad, pakkusid ka kõige rohkem võimalusi parendusteks. Arvestades eelpool toodut, soovitab autor ettevõtte juhtkonnal rakendada Kaizeni tegevusi igal tootmisliinil ettevõttes, sest see annab märgatavaid tulemusi ja on väga kulusäästlik tegevus vähendamaks tootmiskulusid ning juhtimaks kasumlikkuse tõusule.

KOKKUVÕTE

Autor täitis lõputöös püstitatud eesmärgi ning rakendas, Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski komponenditehase vertikaalliinil, teoreetilistele allikatele tuginedes, erinevaid tootlikkuse parendamismeetodeid ning analüüsis nende mõju tootmisliini tootlikkusele.

Analüüsidest komponenditehase vertikaalliini tootlikkuse tulemusi enne ja pärast parendusmeetodite rakendamist, selgus, et tootlikkus tõusis kahe perioodi võrdluses 20,3% ja seega sai töö alguses seatud hüpotees: „Kaizeni ja seadistusaegade vähendamise meetodite rakendamine, vertikaalliinil, avaldab positiivset mõju tootmisliini tootlikkusele“, kinnitust.

Lõputöö teoreetilises osas selgitas töö autor tootlikkuse mõistet, selle mõõtmist ja olulisust ning tõi välja erinevaid tootlikkuse parendamise meetodid, milleks olid 20 võtme-, Kaizeni-, ja seadistus aegade vähendamise meetod. Töö empiirilises osas rakendas autor tootmisliinil Kaizeni- ja seadistusaegade vähendamise meetodeid ning seejärel analüüsis komponenditehase vertikaalliini tootlikkuse andmeid enne ja pärast parendustegevuste rakendamist.

Kaizeni meetodit rakendati kuue kuu vältel, mille ajal viidi läbi 18 erinevat Kaizeni üritust. Kogu perioodi ajal tehti 73 erinevat parendustegevust, millest enamik andsid positiivse tulemuse. Seadistusaegade vähendamise meetodi rakendamisel filmiti kogu freesii terade vahetuse protsess üles, misjärel otsiti video analüüsimisel parendustegevusi vähendamaks freesii teradele kuluvat aega. Analüüsi tulemusel suudeti freesii terade vahetusele kuluvat aega vähendada 56,5 minutilt 39,2 minutile, millega saavutati 30,6% aja kokkuhoid. Autor tõdeb, et antud meetodite rakendamisel on väga suur roll järjepidevusel, töötajate kaasamisel ja meeskonnatööl ning probleemide lahendamisel meeskonnas.

Kuna parendusmeetodite rakendamine mõjus tootmisliini tootlikkusele positiivselt, siis autor soovib rakendada Kaizeni- ja seadistusaegade vähendamise meetodit tootmisliinil ka edaspidi. Võimaliku edasiarendusena tuleks seda laiendada kogu ettevõtte üleselt ja ka juhtivtöötajate tugi peaks selles osas olema suurem, seda eelkõige eeskuju näitamises ning probleemide lahendamises meeskonnas. Antud lõputööle toetudes võib väita, et parendusmeetodite rakendab annab märgatavaid tulemusi ja on väga kulusäästlik tegevus vähendamaks tootmiskulusid ning juhtimaks kasumlikkus tõusule.

VIIDATUD ALLIKAD

- Almström, P. (2013). Productivity Measurement and Improvements: A Theoretical Model and Applications from the Manufacturing Industry. In: Emmanouilidis, C., Taisch, M., Kiritsis, D. (eds) *Advances in Production Management Systems. Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services*. APMS 2012. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 398. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-40361-3_38
- Bankiir, M. (2018, Aprill 1). Mis on Pareto printsiip ja Pareto diagramm? <https://leanway.ee/pareto-printsiiip-ja-pareto-diagramm>
- Buehlmann, U., Kucuk, E., (2018). SMED in the North American Secondary Wood Products Industry. *International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, pp. 671-674. <https://doi.org/10.1109/IEEM.2018.8607296>.
- Card, N. D. (2006). The Challenge of Productivity Measurement. *Pacific Northwest Software Quality Conference*. 1-10
- Coccia, M. (2018). The Fishbone diagramm to identify, systematize and analyze the sources of general purpose Technologies. *Journal of Social and Administrative Sciences*, 4(4), 291-303.
- Devaru, D., Banuri, N., Gopalakrishan, B., Halabe, U., Latif, H. H. (2015). Feasibility Analysis for Implementing GPR Scanning System in Sawmills for Productivity Improvement. *International Journal of Advances in Management Science*, 4(1), 1-15.
- Dilworth, J. B., (1989). *Production and operations management:: Manufacturing and nonmanufacturing* (4th ed.). McGraw-Hill Education.
- Erceg, A., Dotlic, P., & Mikuš, M. (2018). The keys methodology – continuous improvement for organizational efficiency, *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Oeconomica*, Volume 60 (1), 20-36. <https://doi.org/10.2478/subboec-2018-0002>

- Erdogan, S. (2015). Development of a tool to measure the effectiveness of kaizen events within the wood products industry. (Virginia Tech).
<https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/56610>
- Erdogan, S., Quesada-Pineda, H., & Bond, B. (2017). An Empirical Tool to Measure the Effectiveness of Kaizen Events: A Case Study in the Wood Products Industries. *Forest Products Journal*, 67(3-4), 164-178.
- Gajšek, B., & Kostanjšek, G. (2015). The impact of workplace supply on overall equipment effectiveness and productivity, *International Conference Management of Technology – Step to Sustainable Production: MOTSP 2015*.
- Ginste, L. V. D., Aghezzaf, E. H., Cottyn, J. (2022). The role of equipment flexibility in Overall Equipment Effectiveness (OEE)-driven process improvement. *55th CIRP Conference on Manufacturing Systems*. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.04.047>
- Godina, R., Pimentel C., Silva, G. J. F., Matias, O. C. J. (2018) A Structural Literature Review of the Single Minute Exchange of Die: The Latest Trends.
- Goshu, Y. Y., Kitaw, D., Matebu, A. (2017). Development of Productivity Measurement and Analysis Framework for Manufacturing Companies. *Journal of Optimization in Industrial Engineering*. 10 (22), 1-15.
<https://doi.org/10.22094/joie.2017.274>
- Grosfeld-Nir, A., Ronen, B., & Kozlovsky, N. (2007). The Pareto managerial principle: when does it apply?. *International Journal of Production Research*, 45 (10), 2317-2325. <https://doi.org/10.1080/00207540600818203>
- Janjic, V., Todorovic, M., & Jovanovic, D. (2020). Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation. *Engineering Management Journal*, 32 (2), 98-106.
<https://doi.org/10.1080/10429247.2019.1664274>
- Kalle, J. (2007) . *Tootlikkuse kasvu juhtimine ettevõttes*. Külim Kirjastus.
- Krugman, P. (1990). *The Age of Diminished Expectations* (3rd ed.). The MIT Press.
- Kumar, C. P., (2012) Set up Reduction – A perfect way for productivity improvement of computer numerical control (CNC) set up in manufacturing company. *Journal of Mechanical Engineering Research*, 5(8), 166-170.
<https://doi.org/10.5897/JMER12.003>
- Lavin, J. (2021). *Terviklik tootmine. Tootmise juhtimine ja planeerimine*. Lavin Kirjastus.

- Lusena-Ezera, I., Liduma, D. Melberga, K. (2022). Relationship between characteristics of teamwork and productivity in manufacturing enterprises in Latvia. *12th International Scientific Conference. Business and Management 2022*. (pp. 556-566). <https://doi.org/10.3846/bm.2022.803>
- Mekonnen, T., & Geremew, S. (2019). Adoption of kaizen Principle Strategies and Associated Competitive Advantages. *Journal of Technology Acquisition Strategies and Associated Competitive Advantages*, 1-20
- Mika, G. (2006). *Kaizen Event Implementation Manual. Fifth Edition*. Society of manufacturing engineers.
- Organisation for Economic Co-operation and Development. (2001). *Measuring Productivity. Measurement of aggregate and industry-level productivity growth*. <https://doi.org/10.1787/9789264194519-en>
- Paudyal, R. P. (2013). Labour Productivity Improvement Model. *Tribhuvan University Journal*, 28(1-2), 253-260. <https://doi.org/10.3126/tuj.v28i1-2.26252>
- Sahni, A. (2016). Methods of productivity improvement: a literature review. *International journal of research in engineering and technology*, 5(10), 112-118
- Schiraldi, M. M. (2013). *Operations Management*. InTech. <http://dx.doi.org/10.5772/45775>
- Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski. (2022). Juhtimisstruktuur.
- Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski. (2024). Klientide nõuded.
- Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski. (2022). Kvaliteedi käsiraamat.
- Sumanth, D. J. (1997). *Total Productivity Management: A Systemic and Quantitative Approach to Compete in Quality, Price and Time*. CRC Press.
- Tangen, S. (2002). Understanding the concept of productivity. Proceedings of the 7th Asia-Pacific Industrial Engineering and Management system Conference, Tapei (pp. 18-20)
- Yadav, S., Mishra, T., Jain, S. (2021). A Review on Productivity Improvement in Manufacturing Industry Using Industrial Engineering Technique. *International Journal of Science Engineering and Technology*, 9(4), 1-5

LISAD

Lisa 1. Tootlikkuse tulemused toodete lõikes

Tootlikkus m3/h			
Toode	Enne kaizeni rakendamist	Pärast kaizeni rakendamist	Muutus
36x98 Theuma	3,77	6,35	68,2%
36x98 Soome	4,58	6,72	46,5%
48x53 Haapsalu	2,28	3,26	43,3%
48x66 Skaala	2,56	3,61	41,1%
46x150 Hultafors	4,60	6,42	39,7%
50x150 Daloc	5,41	7,48	38,4%
CEOS 48X123	5,41	7,27	34,4%
50x123 Daloc	5,43	7,05	29,8%
24x123 Eesti	3,87	5,01	29,4%
48x98 Ceos	4,06	5,23	28,7%
21x123 Eesti	3,26	4,20	28,6%
46x98 Scanflex	3,86	4,95	28,5%
50x97 Daloc	4,40	5,54	25,7%
36x148 Soome	4,12	5,15	24,8%
36x123 Soome	5,09	6,25	22,8%
48x123 Ceos	4,04	4,94	22,3%
48x59 Skaala	2,69	3,28	21,9%
42x61 Hõõvelliist	3,03	3,68	21,6%
SIPARILA 30X98	3,35	4,02	20,0%
42x92 Prantsusmaa	4,12	4,94	20,0%
Moldart 42x61	3,02	3,61	19,7%
48x98 Eesti	3,81	4,53	18,7%
30x61 Hõõvelliist	2,97	3,44	15,9%
HULTAFORS 48X123	5,09	5,84	14,8%
36x96 Thorlund	4,22	4,77	13,2%
30x90 Eesti	3,86	4,36	13,1%
PUUMERKKI 36X98	3,76	4,20	11,7%
ORRESTA DÖRR 50X150	5,47	5,88	7,6%
48x70 Scanflex LP	3,60	3,87	7,4%
Siparila36X123	6,18	6,42	3,9%
36x98 Haapsalu	3,82	3,93	2,8%
36x73 Välismaa	4,29	4,22	-1,7%
30x116 Seicom	1,89	1,83	-3,2%
30x73 Eesti	3,54	3,40	-3,9%
48x112 Eesti	5,06	4,84	-4,5%
24x98 Eesti	4,26	3,78	-11,2%
48x81 Ceos LP	3,82	3,31	-13,3%
37x61 Eesti	3,68	2,21	-39,8%

Lisa 2. Parendustegevused liinil

NR	Piirkond	Probleemi/katsetuse kirjeldus	Katsetuse kirjeldus	Tulemus
1	Freesid	Freesi tsükliäeg liiga pikk.	Lintide kiiruse tõstmine 55 pealt 65 peale.	Freesi tsükliäeg enne 9,2s. Peale muudatust 8,9s.
2	Freesid	Freesides tasandamise valehäired.	Andurile paistab laevalgustus peale. Katame anduri laevalgustuse eest.	Valehäireid nädala jooksul esinenud ei ole.
3	Freesid	1.freesi juures puhverlint deformeerunud , pind erineval kõrgusel. Äärmised kolotsid jääva teistest maha ja tekitab tasandushäireid.	Uue lindi paigaldus.	Nädala jooksul häireid ei ole esinenud.
4	Freesid	Freeside silmade vahetus kontrollimaks kas vead kanduvad üle teise freesid.	jälgides tund aega liini jäid vead ikka 1 freesid ehk vahetus ei kandud vilja.	Tuleb leida põhjus miks silm alati ei näe esimest klotsi õigel ajal.
5	Üleanne	Üleandes 2h jooksul 4 häiret kogupikkusega 6 minutit.	Üleande kiiruse muutmine 4 pealt 3,5 peale.	2h jälgimise peale ei tuvastanud enam häireid.
6	Üleanne	Üleande harjad viltu/loodist väljas.	Algas ca 5 mm paigast ära. Mehhaanik sättis ühele tasapinnale ning enam ei suru niimoodi alguses peale.	Pakett jookseb sujuvamalt üleandest läbi.
7	Press	Standard puudu.	24x98 Standard puudu. Press on tootel pudelikael ning pressi aega tööme 2.6s pealt alla 2.1 peale. 1.9 hakkas tapp õrnalt kohati lahti jääma.	0,5s kiirem tsükliäeg. Tootlikkuse kasv 6,1%.
8	Üleanne	Üleandes materjal pikali. 2h jooksul 3 häiret.	Harjad liiga kiired ja vedas materjali pikali.	2h jooksul häireid ei esinenud.
9	Üleanne	Üleandes materjal üksteise küljes kinni. 3h jooksul 5 seisakut, kogupikkusega 3 minutit.	Silindri eemaldamine.	2h jooksul häireid ei esinenud.
10	Freesid	Freeside pikk tsükliäeg.	48x70 tootel sai freesid pandud 7-lt 8 peale.	Freesi tsükliäeg vähenes 8,8s pealt 8,6s peale.
11	Üleanne	48x70 üleanne aeglane.	Keerasin kiiremaks 4 pealt 4.5 peale.	Hakkas häireid tekitama

Lisa 2 järg

12	Freesid	Freesi pikk tsükliäeg.	Lindi kanali kitsen. järel muutmine 0.3s pealt 0.2s peale.	Freesi tsükliäeg 8,6 pealt 8,5 peale.
13	Freesid	Freesides tasandamise häired. 2h jooksul 5 korda.	Lindi kiirus vähendamine.	2h jooksul häireid ei esinenud.
14	Press	Press pudelikael.	Enne muudatust oli pressimisaeg 3.5s panime hetkel 3.0 peale.	0,5s kiirem tsükliäeg. Tootlikkuse kasv 5,2%.
15	Freesid	Peale 2 freesi lint liiga ääres, klotsid jäävad maha.	Mehaanikud reguleerisid lindi paika.	Hetkeseisuga ei jäänud klotsid maha (kuid selle ristlõike 48x66 vara öelda).
16	Üleanne	Üleandes hammasrihm liiga lõdva.	Mehaanik pingutas rihma ära.	üleande sujuvam töö.
17	Üleanne	Üleandes silindri otsal lõtk sees.	Mehaanik vahetas silindri otsa ära ja paigaldas määrdenipli.	üleande sujuvam töö.
18	Freesid	Standard puudu.	Saime lindi kintsenemise ees 0.1 pealt 0.05 peale ning järel 0.3 pealt sellega kavaga 0.2 peale. Freeside kiirust proovisime ka 8 peal aga hakkas kohati liiga palju hammustama.	Tsükliäeg vähenes 8,5 -> 8,3.
19	Üleanne	Üleandes jäävad klotsid kinni/ risti. 4h jooksul 5 seisakut.	Küljesein liimine, operaator hakkab iga 30 min järel puhastama.	4h jooksul häireid ei esinenud.
20	Freesid	Sõrmtapis rebendid.	Freesi vahetamine.	Rebendeid ei esinenud.
21	Opticut	Opticutis palju häireid. Enamus korrad põhjustavad seda otsalõiked. 8h jooksul 15 häiret.	Otsalõike muutmine 10mm pealt 0mm peale.	8h jooksul 2 häiret.
22	Freesid	Standard 50x123 puudu.	Freesi kiiruse tõstmine 6->7.	Standard olemas. Tsükliaja vähenemine 8,7->8,5.
23	Üleanne	Üleandes häired. 2h jooksul 4 häiret.	Elektrikud paigaldasid üleandes ühe lisasilma. Seadistasime üleande pika/lühikese klotsi kiiruseks 3 ja 4.	2h jooksul häireid ei esinenud.
24	Opticut	Opticutide puhvris materjal läheb risti. 8h jooksul 3 häiret.	Plastikkettide pingutamine ja kõrguse reguleerimine.	8h jooksul häireid ei esinenud.

Lisa 2 järg

25	Üleanne	Üleandes 4h jooksul 13 häiret. Aukudega lindi tõmme on halb.	Tõmbeavade puhastamine liimist ja saepurust.	4h jooksul 2 häiret.
26	Freesid	Klotsid takerduvad 2. freesi kelgul. Lint kulunud. 8h jooksul 6 häiret.	Lindi vahetus.	8h jooksul häireid ei esinenud.
27	Freesid	21x98 lühikesed klotsid jäävad maha enne ja peale freese. 4h jooksul 3 häiret.	Pikemate klotside paigutamine paketi äärtesse.	4h jooksul häireid ei esinenud.
28	Kuivamisala	Kuivamisala kiiged erineval kõrgusel. Kaks seisakut 8h jooksul.	Mehaanikud seadistavad pausi ajalkiiged samale kõrgusele.	Nädala jooksul häireid ei ole esinenud.
29	Press	Press pudelikael. Tsükliäeg 8,3s.	Sae löikekiiruse tõstmine, tsükliaja vähendamine.	Tsükliäeg 8,2s .
30	Üleanne	Üleandes materjal risti - 2h jooksul 4 häiret.	Silmade seadistamine.	2h jooksul 1 häire.
31	Üleanne	Üleandes materjal risti - 3h jooksul 3 häiret.	Parameetrite muutmisel kiirenduse ja aeglustuse sujuvamaks muutmine.	3h jooksul häireid ei esinenud.
32	Press	Press pudelikael. Tsükliäeg 8,6s.	Pressimisaja vähendamine 3,5s -> 3,0s.	Tsükliäeg 8,1s.
33	Freesid	Freesid pudelikael. Tsükliäeg 8,5s.	Freesi läbiveo kiiruse tõstmine 7 -> 8.	Tsükliäeg 8,3s.
34	Press	Pressi saag tekitab rebendeid.	Sae kiiruse vähendamine 0,25s -> 0,5s.	Rebendeid ei esinenud.
35	Üleanne	Üleandes klotsid risti. 4h jooksul 6 häiret.	Pika ja lühikese klotsi kiiruse reguleerimine. Lõpuks jätsin pika ja lühikese klotsi kiiruseks 3,5 ja 3,0.	4h jooksul 1 häire.
36	Opticut	Puhver enne freese tühi. Sorteerijatel liiga vähe klotse.	Opticuti kiiruste tõstmine 7->8.	Puhvrid täis.
37	Press	Pressi pudelikael. Tsükliäeg 9,2s.	Pressimisaja vähendamine 3,7s -> 3,4s.	Tsükliäeg 9,2s -> 8,9s.
38	Üleanne	Üleanne pudelikael. Tsükliäeg 9,3s.	Kahe paketi vahel liiga suur ooteaeg. Ettetoomis seadme parameetrite muutmine.	Tsükliäeg 9,3s -> 9,1s.

Lisa 2 järg

39	Press	Press pudelikael. Tsükliäeg 9,5s.	Pressisaega 2.3 pealt 2.1 peale. Lisaks vähendasin standardis saagimis aega pressis 0.5sek 0.25 peale.	Tsükliäeg 9,1s.
40	Kuivamisala	3,3 pikkus.Kuivamisalas jäävad lauad kettide äärtesse kinni.	Pressi kinga kaugemale viimine. Et lauad jääksid natukene tahapoole.	Ei aidanud, kuna liimikraap tõmbas lauad ikka ettepoole.
41	Kuivamisala	3,3 pikkus.Kuivamisalas jäävad lauad kettide äärtesse kinni.	Liimikraabi tõkke paika panek, et liimikraap ei tõmbaks laudu ettepoole.	Lauad liikusid kenasti kettide peal. Enam ei jooksnud lauad risti kettide peal.
42	Kuivamisala	3,3 pikkus.Kuivamisalas jäävad lauad saagides ülemineku otsa taha kinni ja tekitas seeläbi alamõõte.	Piiraja paika panek, et lauad sujuvalt üle läheks.	Alamõõtu ei esinenud.
43	Press	Press pudelikael.	Pressimis aega vähendasime 2,1s -> 2,0s. Saag üles/alla vähendasime 0.25 pealt 0.20.	Tsükliäeg 9,3s -> 9,2s.
44	Press	Materjal peale pressi küljepeal.	Põikivedu 2 tagasilikumise kiiruse langetamine.	2h jooksul probleeme ei esinenud.
45	Üleanne	Üleanne pudelikael. Tsükliäeg 9,0s.	Tõstsin väikse klotsi kiirust 3,5 pealt 4,0 peale ja lintide kiirust seal 15m/min pealt 20m/min peale.	Tsükliäeg 8,8s.
46	Freesid	Materjal kõver. Freesid pudelikael, tsükliäeg 8,4s.	Kanali kitsenemine 0,05 pealt 0,20 peale.	Lauad sirged.
47	Freesid	Materjal kõver. Freesid pudelikael, tsükliäeg 8,4s.	Freesides kitsenemine ees 0.2s pealt 0,05s peale ja järel 0.25 pealt 0,3 peale.	Materjal sirge. Tsükliäeg 8,4s -> 8,3s.
48	Freesid	1. freesis tasandamise häired. 2h jooksul 7 häiret.	Õhuklapi seadistamine.	2h jooksul 1 häire.
49	Opticut	Sorteerijad käivitavad saage liiga hilja ja freeside puhver jookseb tühjaks.	Sorteerijate puhver ja saagide käivitamine ühe nupu alla.	Sorteerimislinde käivitamisel käivituvad ka saed. Freesi puhvrid täis.
50	Materjali sissesööt	Höövli puhver tühi. Pakilammutus 50x150 materjaliga liiga aeglane.	Panime 50 hz pealt 85hz peale kiiruse.	Höövli puhver täis.

Lisa 2 järg

51	Materjali sissesööt	Höövli puhver tühi. Kiramo kiirus 50x150 materjaliga liiga aeglane.	Panime 18 pealt 28 peale.	Höövli puhver täis.
52	Opticut	Sorteerimisliin tühi.	Saagide kiirus oli 5/5. Panime 8/8.	Sorteerimisliin täis.
53	Freesid	Freesid pudelikael. Tsükliäeg 8,6s.	Kiiruse tõstmine 6 -> 7.	Ei saa kiiremat kiirust kasutada. Sõrmtapis rebendid.
54	Üleanne	Üleandes materjal ei liigu aukudega lindilt kohealt minema. 2h jooksul 4 häiret.	Mehaanikud ehtasid aukudega lindi tõmbe ümber.	8h jooksul häireid ei esinenud.
55	Üleanne	Üleandes materjal risti. 2h jooksul 3 häiret.	Harjade kiiruse muutmine.	2h jooksul 1 häire.
56	Freesid	Freesi puhverlindid kiiruse tõstmisel lähevad häiresse.	Muundi parameetrite seadistamine.	Kiiruse tõstmisel häiresse ei lähe. Freesi tsükliäeg vähenes 8,3s -> 8,2s.
57	Üleanne	Üleandes häired. 2h jooksul 5 häiret.	Mehaanikud liikutasid harjasid aukudega lindi poole.	Olukord sujuvam aga endiselt tekib häireid. 2h jooksul 2 häiret.
58	Freesid	Klots jääb peale 2. freesi maha. 8h jooksul 4 häiret.	Freesi parameetrite seadistamine muundist.	Freesi käik pikem. 8h jooksul häireid ei esinenud.
59	Freesid	Frees pudelikael. Tsükliäeg 8,2s.	Freesi puhverlintide kiiruste tõstmine.	Kiiruse 75 juures lööb häiresse. Parendus ei õnnestunud.
60	Freesid	Puhverlindid lööb kiiruse tõstmisel häiresse.	Mehaaniline takistus. Tehnikameeskond vahetas rulli laagri.	Lindi kiiruse 75 puhul häiresse ei löö. Teoreetiline ajaline võit 0,1s.
61	Materjali sissesööt	Kiramos laudad üksteise peal. 3h jooksul 12 häiret.	Kiramo kiiruse muutmine 25 pealt 27 peale ja nokad tõstisime max kõrguse peale.	3h jooksul häireid ei esinenud.
62	Üleanne	Üleanne pudelikael. Tsükliäeg 8,9s.	Harjade ja lindi kiiruste muutmine.	Tsükliäeg 8,7s.
63	Freesid	Frees pudelikael. Tsükliäeg 8,2s.	Panime lintide kiiruse 75 pealt 85 peale.	Väiksed klotsid hüpavad lintide üleminekul üles ja jäävad maha. Parendus ei õnnestunud.
64	Freesid	Frees pudelikael. Tsükliäeg 8,4s.	Puhverlintide kiiruse tõstmne 65 -> 75.	Tsükliäeg 8,3s.

Lisa 2 järg

65	Freesid	Frees pudelikael. Tsüklaeg 8,3s.	Freeside läbiveokiiruse tõstmine 7 -> 8.	Tsüklaeg 8,1s.
66	Üleanne	Üleandes materjal risti. Õhema materjaliga kukuvad 2 klotsi korraga liinile. 8h jooksul 11 häiret.	Harja ümberehitus. Lisatud väike harjasratas.	8h jooksul 3 häiret.
67	Opticut	Opticutis ei tule piisavalt materjali. Sorteerijad ootavad materjali järel.	Edasiveo kiiruse 20 pealt 50 peale ,lõike kiirused tooriku lõpp 4 pealt 8 peale, kahe laua vahe 500 pealt 150 peale.	Sorteerijatel piisavalt materjali sorteerimiseks.
68	Freesid	1. ja 2. freesi vaheline üleandelint madalamal kui freeslauad. Materjal takerdub. 4h jooksul 3 häiret.	Üleande lindi langetamine samale tasapinnale.	4h jooksul häireid ei esinenud.
69	Woodeye	Madal lõpptoote väljatulek.	Oksanihke vähendamine 10mm -> 4mm.	Väljatuleku tõus 2,3%.
70	Opticut	Opticutis ei tule piisavalt materjali. Sorteerijad ootavad materjali järel.	Lõikamiskiirus tooriku lõpp 6->8 peale. Lõikamiskiirus fikseeritud pikkused 6->8 peale.	Sorteerijatel piisavalt materjali sorteerimiseks.
71	Freesid	Freesid pudelikael. Tsüklaeg 8,6s.	Freesi kiiruse tõstmine 7->8.	Tsüklaeg 8,4s.
72	Freesid	Kelkudes 13 klotsi. On ruumi ühe lisamiseks.	Kelkudes oli 13 klotsi. Lisasime ühe klotsi juurde.	Teoreetiline tootlikkuse kasv 7,6%.
73	Freesid	Materjal takerdub puverlintidel. 8h jooksul 7 seisakut.	Metallist kõverate seinte vahetamine.	8h jooksul seisakuid ei esinenud.

Lisa 3. SMED ajatabel

SMED ajatabel					
Etapp	Tegevus	SIS/VÄL	Ajakulu enne	Muudatus	Ajakulu pärast
1	Operaator paneb töökindad kätte	VÄL	1	-	
2	Freesi transpordikasti lahti keeramine	SIS	10	Keermelati vahetamine stopperi vastu	3
3	Freesi kaitse eemaldamine	SIS	42	Mutri vahetamine stopperi vastu	15
4	Võlli padruni toomine	SIS	11	Välimiseks tegevuseks	0
5	Poldi eemaldamine	SIS	33	Elektriline tööriist	10
6	Freesi terad välja	SIS	30	-	30
7	Freesi kate peale ja keeramine	SIS	15	Keermelati vahetamine stopperi vastu	7
8	Terade ära viimine ja uue toomine	SIS	19	-	19
9	Puhastus tööriista toomine	SIS	13	Välimiseks tegevuseks	0
10	Freesi puhastamine	SIS	37	-	37
11	Freesi katte eemaldamine ja maha keeramine	SIS	14	Keermelati vahetamine stopperi vastu	9
12	Õhuvooliku toomine	SIS	16	Välimiseks tegevuseks	0
13	Freesi ja seadme õhuga puhastamine	SIS	7	-	7
14	Õli toomine	SIS	16	Välimiseks tegevuseks	0
15	Õli pritsimine	SIS	7	-	7
16	Freeside paigaldamine	SIS	77	-	77
17	Poldi paigaldamine ja kinni keeramine	SIS	51	Elektriline tööriist	28
18	Freesi kaitse kinnitamine	SIS	35	Mutri vahetamine stopperi vastu	15
19	1. freesi juurde minek	SIS	4	-	4
20	Freesi kaitse eemaldamine	SIS	33	Mutri vahetamine stopperi vastu	15
22	Poldi lahti keeramine	SIS	27	Elektriline tööriist	10
23	Freesi transpordikasti lahti keeramine	SIS	5	Keermelati vahetamine stopperi vastu	3
24	Freeside eemaldamine ja kasti panemine	SIS	32	-	32
25	Freesi transpordikasti kinni keeramine	SIS	11	Keermelati vahetamine stopperi vastu	7
26	Freesi viimine ja toomine	SIS	25	Freesid ennetavalt teise asukohta	15
27	Seadme puhastamine	SIS	43	-	
28	Freesi kasti eemaldamine ja keeramine	SIS	11	Keermelati vahetamine stopperi vastu	7

Lisa 3 järg

29	Freeside paigaldamine	SIS	107	-	107
30	Mutri paigaldamine ja keeramine	SIS	54	Elektriline tööriist	28
31	Kaitse paigaldamine ja keeramine	SIS	47	Mutri vahetamine stopperi vastu	15
32	Transpordikasti kinni keeramine	SIS	5	Keermelati vahetamine stopperi vastu	5
33	Transpordikasti transport	SIS	18	-	18
34	Transpordikasti keeramine	SIS	7	Keermelati vahetamine stopperi vastu	7
35	Mutrivõtme ja terade toomine	SIS	24	Välimiseks tegevuseks	0
36	Terade puhastamine	SIS	23	-	0
37	Haamri toomine	SIS	27	Välimiseks tegevuseks	0
38	Terade mutrite lahti keeramine	SIS	126	Elektriline tööriist	40
39	Tera eemaldamine ja uue võtmine	SIS	14	-	0
40	Puhastamine ja tera paigaldamine	SIS	18	-	0
41	Tera mutrite kinni keeramine	SIS	130	Elektriline tööriist	40
42	Frees1 tera puhastamine	SIS	13	-	13
43	Terade lahti keeramine	SIS	93	Elektriline tööriist	40
44	Tera viimine ja uue toomine	SIS	30	Välimiseks tegevuseks	0
45	Seadme puhastamine	SIS	38	-	38
46	Tera paigaldamine ja mutrite keeramine	SIS	140	Elektriline tööriist	50
47	Õhuvooliku ära panemine	SIS	11	Välimiseks tegevuseks	0
48	Saaketaste ära viimine	SIS	37	-	0
49	Tööriistade ära viimine	SIS	38	Tööriistade asukoht freeside juurde	10
50	Tapi pikkuse reguleerimine	SIS	43	-	43
51	Liimikammi seadistamine	SIS	15	-	15
52	Liikumine 1. freesi juurde	SIS	19	-	19
53	1. freesi tapi pikkuse seadist	SIS	30	-	30
54	1. freesi liimikammi juurde minek	SIS	11	-	11
55	Otsatasandaja kauguse reguleerimine	SIS	27	-	27
56	Teise freesi juurde minek	SIS	34	-	34
57	Teise otsatasandaja kauguse reguleerimine	SIS	26	-	26
58	Viib võtmed ära	SIS	14	Tööriistade asukoht freeside juurde	5
59	Lülitab tõmbe sisse ja tuleb tagasi	SIS	27	Tõmbe käivitusnupp freeside juurde	10
60	Värav kinni panemine	SIS	17	-	17
61	Käivitus ja freesid algasendisse	SIS	22	-	22

Lisa 3 järg

62	Freesid auto peale käima ja siis käsi peale, laseb tapi alguse läbi ja läheb kontrollima kvaliteeti	SIS	46	-	46
63	Tapikontroll	SIS	99	-	99
64	Tapi pikkuse korrigeerimine	SIS	41	-	41
65	Teise freesi tapikontroll	SIS	31	-	31
66	Värv kinni ja teise tapi seadistus	SIS	58	-	58
67	Läheb käivitama	SIS	11	-	11
68	Kuskil värv lahti	SIS	34	Värvale tuli lisada, mis näitab kui värv lahti	0
69	Uus käivitus+käsitsi tappi	SIS	38	-	38
70	Tapikontroll 1. frees	SIS	85	-	85
71	1. freesi tapi pikkuse seadistus	SIS	47	-	47
72	2. freesi juurde	SIS	20	-	20
73	2. freesi tapi pikkuse seadistus	SIS	20	-	20
74	Puldi juurde liikumine	SIS	11	-	11
75	Käivitus ja freesid käsiga läbi	SIS	39	-	39
76	Tapikontrolli liikumine	SIS	17	-	17
77	Tapikontroll	SIS	108	-	108
78	1. freesi tapi pikkuse seadistus	SIS	26	-	26
79	Aiad kinni	SIS	19	-	19
80	Võtab võtme ja läheb puldi juurde	SIS	18	Tööriistade asukoht freeside juurde	5
81	Käivitus ja test	SIS	33	-	33
82	Läheb ettelõikeketaste silmi sättima	SIS	17	-	17
83	Ettelõikeketaste silmade sättimine	SIS	91	-	91
84	Otsib ja toob tööriista	SIS	18	Välimiseks tegevuseks	0
85	Puhastab liimikammi	SIS	75	Mitme teraga tööriist liimikammi	30
86	Vahendid ära ja puldi juurde, puruerastus käima	SIS	46	Tööriistade asukoht freeside juurde	15
87	Paneb käima, laseb käsiga	SIS	22	-	22
88	Läheb pressi juurde rulle puhastama	SIS	210	Sorteerijad puhastavad rulle samal ajal	0
89	Pressi käivitus	SIS	29	-	29
90	Liimi kontroll	SIS	51	-	51
91	Laua otsalõige enne pressi	SIS	24	-	24
92	Tapikontroll	SIS	96	-	96
Ajakulu enne kokku (min):			56,5	Ajakulu pärast kokku (min):	35,9

SUMMARY

PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN STORA ENSO EESI AS IMAVERE SAWMILL COMPONENT FACTORY

Martin Ellram

The last few years have been very difficult for the wood industry sector, market demand is low and raw material expensive. In Estonia, the competition in this field is very strong, there are quite many wood processing companies for a small country, and due to this, the availability of raw material volumes is limited, which also increases the price. Low market demand in turn causes sales price drop. The above puts the Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski in a difficult situation.

In order to stay competitive, it is necessary to produce products with acceptable quality for customers and to keep production costs as low as possible. One of the most important ways to reduce production costs is to increase productivity. Although it is possible to increase productivity through the automation of production lines, it is significantly more cost-effective to do so by maximizing the efficiency of existing production equipment. There are several theoretical approaches improving productivity, in this thesis, the author uses Kaizen and the reducing set-up times method and finds out whether the application of these theoretical approaches has a positive effect on the productivity of the production line.

Kaizen method was implemented over six months, where 18 different Kaizen events were conducted. During the entire period 73 different improvements were carried out, most of them gave a positive result. When applying the reducing set-up times method, the entire process of changing the milling cutter blades was filmed and analyze of the video improvement actions were sought to reduce the time spent on the cutter blades. As a result

of the analysis, it was possible to reduce cutter blades changing from 56,5 minutes to 39,2 minutes, which was achieved 30.6% time saving. Analyzing the productivity results of the vertical line before and after the implementation of the improvement activities, it was found that the productivity increased by 20,3% during the two periods.

The author fulfilled the set goal and applied different productivity improvement methods on the production line, based on theoretical sources. The author acknowledges that consistency, employee involvement, teamwork and problem solving in the team plays a very important role in the implementation of these methods.

The author's recommendation is to implement the Kaizen and setup time reduction method on every production line in the company, it gives noticeable results and is a very cost-effective activity to reduce production costs and lead to increase in profitability.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Martin Ellram,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose „Tootlikkuse parendamine Stora Enso Eesti AS Imavere Saeveski komponenditehases, mille juhendaja on Kalvi Almosen ja kaasjuhendaja on Margus Kõomägi, reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.
3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi.

Martin Ellram

17.05.2024