

Kristjan Kotli

**LAOVARUDE KORRASTAMINE NING
LAOPROTSESSIDE TÕHUSAMAKS
MUUTMINE PELLTECH OÜ NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut

Tootmise juhtimine ja digitaliseerimine

Juhendaja: Marika-My Laid, *MBA*

Tallinn 2025

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, **Kristjan Kotli**

annan Tallinna Tehnikakõrgkoolile (edaspidi kõrgkool) tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

Laovarude korrastamine ning laoprotsesside tõhusamaks muutmine Pelltech OÜ näitel

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

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

Autorideklaratsioon

Mina, **Kristjan Kotli**

tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja ja iseenda varasematele teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autori/te/le ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

Juhendaja **Marika-My Laid**

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt)

(kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1. TEOREETILINE RAAMISTIK.....	5
1.1. Varude mõiste ja nende liigitamine.....	5
1.1.1. Varude omamise eelised ja puudused.....	6
1.1.2. ABC analüüs	7
1.1.3. Komplekteerimise teooria	7
1.2. Lao asendiplaani põhimõtted	8
1.3. Protsessi definitsioon ja liigid	8
1.4. Äriprotsesside optimeerimise meetodid	9
1.4.1. <i>Lean</i> tootmine.....	11
1.4.2. Kaheksa raiskamist.....	12
1.4.3. <i>5S</i> meetod.....	14
2. EMPIIRILINE OSA	15
2.1. Pelltech OÜ tutvustus	15
2.1.1. Ettevõtte struktuur ja töökorraldus	15
2.2. Uurimismetoodika	17
2.3. ABC analüüs	17
2.4. <i>AS-IS</i> protsessi analüüs	18
2.4.1. Hetkeolukorra kirjeldus ja kitsaskohad	18
2.4.2. <i>AS-IS</i> laopinna kaardistamine	18
2.4.3. <i>AS-IS</i> varude ladustamise protsessi skeem	19
2.4.4. <i>AS-IS</i> Materjali liikumine laost tootmisse	20
2.5. <i>TO-BE</i> protsess	21
2.5.1. Varude korrastamine ja markeerimine.....	21
2.5.2. <i>TO-BE</i> laopinna kaardistamine.....	22
2.5.3. <i>TO-BE</i> varude ladustamise protsessi skeem	23
2.5.4. <i>TO-BE</i> Materjali liikumine laost tootmisse	23
2.6. <i>AS-IS</i> ja <i>TO-BE</i> protsesside tulemuste võrdlus	24
2.7. Järeldused ja ettepanekud.....	25
KOKKUVÕTE	26
SUMMARY.....	27
VIIDATUD ALLIKAD.....	28

SISSEJUHATUS

Varude haldamine on tootmisprotsessi oluline osa, mis hõlmab materjalide ja komponentide planeerimist, ladustamist ning jälgimist kogu tarneahelas. Efektiivne varude haldamine aitab tasakaalustada varude taset, vältida puudujääke või liigseid varusid, parandades seeläbi töövoogu ja klientide rahulolu. Korrastatud varud vähendavad kulusid ja aitavad ettevõttel tõhusamalt toimida.[1]

Käesolevas lõputöös analüüsitakse Pelltech OÜ laoprotsesse, sealhulgas materjalide ja toodete vastuvõttu, sorteerimist, paigutamist ning komplekteerimist ja väljastamist. Lõputöö eesmärk on luua efektiivsemad protseduurid laovarude korras hoidmiseks ning paremaks jälgitavuseks. Eesmärgi saavutamiseks on autor püstitanud järgnevad uurimisküsimused:

- Kuidas saab efektiivsemalt paigutada ja märgistada materjale ning tooteid laos, et optimeerida ruumikasutust ja vähendada liigset liikumist?
- Kuidas optimeerida Pelltech OÜ laoprotsesse, et vähendada ajakulu materjalide otsimisel ning tellimuste komplekteerimisel

Laoprotsesside efektiivsuse mõõtmiseks kasutatakse kvantitatiivseid uurimismeetodeid. Need hõlmavad ajalisi mõõtmisi materjalide otsimisel ning toodete komplekteerimisel ja lao ruumi kasutatavust võrreldes saadaoleva pinnaga. Keskne uurimisprobleem käesolevas lõputöös on liigne tööaeg materjalide otsimisel. Lõputöö teema valik tuleneb vajadusest lahendada reaalsed väljakutsed ettevõttes Pelltech OÜ.

Lõputöö ülesehitus koosneb kahest suuremast peatükist. Esimene peatükk toob välja teoreetilised alused, mille põhjal on lahendatud ettevõtte laohalduse probleemid. Nimelt annab esimene peatükk ülevaate varude olemusest, ABC-analüüsist, *lean* tootmisest ja selle tööriistadest ning komplekteerimise teooriast.

Teine peatükk koosneb empiirilisest osast ning hakkab kirjeldusega ettevõtetest, kus lõputöö on teostatud ning kasutatava uurimismetoodikaga. Empiirilises osas esialgu kaardistatakse ettevõtte hetkeolukord (*AS-IS*) eesmärgiga tuvastada kitsaskohad ning raiskamised. Seejärel luuakse tuleviku protsessid (*TO-BE*) ning rakendatakse neid. Empiirise osa lõpus võrreldakse *AS-IS* ja *TO-BE* protsesse ning tehakse järeldused uurimistööst ja edasised ettepanekud ettevõttele.

1. TEOREETILINE RAAMISTIK

1.1. Varude mõiste ja nende liigitamine

Varud on kaupade, toodete või materjalide kogum, mida organisatsioon või isik omab müügiks või tootmiseks. Varud võivad olla toorained, pooleliolevad tooted, valmistooted või isegi immateriaalsed varad, nagu tarkvara. Raamatupidamises käsitletakse varusid varana ning need on olulised täpse finantsaruandluse koostamiseks. [2, lk 1784]

Varud liigitatakse kolme põhilisse kategooriasse [3, lk 4–5]:

- Toormaterjal: tootmises kasutatav toormaterjal on vajalik osaliselt valminud toodete või lõpptoodete valmistamiseks;
- Pooleliolev toodang (*WIP*): toodet klassifitseeritakse *WIP*, kui toormaterjal on alles töötlemise, alamkoostuks või lõpptooteks valmistamise järgus;
- Valmistooted: müügiks valmis kaubad, mida saab kohe klientidele pakkuda.

Lisaks eelnevalt nimetatud varudele on olemas ka varud, mida tuleks liigitada eesmärgi põhjal [3, lk 5–6]:

- Kulumaterjalid: kulumaterjalid on näiteks lambipirnid, paberkäterättid, arvuti- ja koopiapaber, brošüürid, teip, ümbrikud, puhastusvahendid, määrdeained, väetis, värv, pakkematerjalid, kinnitusvahendid jne. Kuigi neid kasutatakse paljudes tegevustes tuleb neid käsitleda toormaterjalidest erinevalt.
- Teenindus-, remondi-, asendus- ja varuosad (*S&R*): järelturu esemed, mida kasutatakse seadmete töökorras hoidmiseks. Seni, kuni mõnda masinat või seadet kasutatakse ja see vajab hooldust, ei muutu need varuosad iganenuks.
- Puhver- või turvavarud: varud, mis aitavad kompenseerida nõudluse ja pakkumise ebakindlust, et äkilised muutused turul ei häiriks tootmist või müüki. Varude turvaseme määramiseks on vaja teha andmetel põhinevaid otsuseid, mis tuginevad tarbimismäärade matemaatilisele analüüsile.
- Hooajaline varu: varud, mis ostetakse või toodetakse tulevase kõrge nõudlusega hooaja ootuses. Kui neid varusid ei suudeta müüa oodatud ajavahemiku jooksul, võivad need tekitada lisakulusid või näiteks toiduainetööstuse puhul rikneda.
- Transiitvarud: kaubad, mis on teel müüjalt või vahendajalt ostjani ja pole veel lõppsihtkohta jõudnud. Seda tüüpi varude haldamine on kasulik, kui on vaja planeerida tootmist, mille komponendid on pika tarneajaga.

1.1.1. Varude omamise eelised ja puudused

Varude omamise ja haldamise peamine eesmärk on säilitada soovitud varude taset määratletud toodete või esemete puhul. [4, lk 19] Varude säilitamise äärmuslikud vormid on varude defitsiit ja üleliigsed varud. Optimaalse laojuhtimise eesmärk on saavutada pidev tasakaal, mis toob kaasa sujuvamad tööprotsessid ja efektiivsema töökorralduse, aidates samas kulusid kontrollida. [1]

Järgnevalt on toodud välja põhjused, miks varusid omada [3, lk 3–4]:

- Prognoosimine: varude olemasolu aitab tagada tootmise prognoositavuse, kuna võimaldab planeerida tootmisvõimsust ja ajakava, hoides vajalikku puhvrit;
- Nõudluse kõikumine: kui varud on alati saadaval saab täita ootamatuid kliendi - või tootmisnõudmisi;
- Kaitse ebausaldusväärsete tarnijate vastu: juhul, kui mõni toode on raskesti kättesaadav või tarne hilineb saab varude olemasolul tootmist jätkata;
- Hinnakaitse: ostes teatud varusid sobival ajal saab minimeerida inflatsiooni mõju. Lepingu sõlmimine hinna kindlustamiseks ei nõua alati kogu tarnet ostu ajal. Paljud tarnijad eelistavad teha perioodilisi saadetisi, mitte tarnida kogu aasta varu korraga;
- Kogusepõhised allahindlused: tihti pakuvad tarnijad kogusepõhiseid allahindlusi, kui teha neile suuremahulisi tellimusi;
- Madalamad tellimiskulud: tellides suuremaid koguseid harvemini on sisseostu- ja transpordikulud ühiku kohta madalamad.

Ülalpool väljatoodud argumendid võivad tunduda heade lahendustena, et rahuldada ootamatut nõudlust, kuid varude omamisega kaasnevad ka kulud. Varude omamisega seotud negatiivsed aspektid on välja toodud järgnevalt [5]:

- Seotud käibekapital: liigsed varud vähendavad kättesaadavat rahavoogu. Ilma positiivse rahavoota ei saa ettevõtte maksta töötajatele, tasuda võlgu ja püsida tegevuses. Liigsete varude hoidmisel tuleks arvestada ka teiste ärivõimalustega, kuhu oleks saanud investeerida, näiteks turundusse, uude seadmesse või töötajate arvu suurendamisse;
- Ladustamiskulud: ladustamiskulude alla võivad kuuluda lao rent, lao hoolduskulud ja tööjõulud töötajatele, kes tegelevad vastuvõtu ning ladustamisega seotud toimingutega;
- Varude riskikulud: on risk, et kaubaartiklite väärtus langeb või kaup iganeb laos seismise ajal.

1.1.2. ABC analüüs

ABC analüüs on üks varude haldamise strateegiatest, mis sobib mistahes suurusega ettevõtetele. [2, lk 1787] ABC analüüs loodi 1950. aastail ettevõtte General Electricu poolt, et oma kliente, tooteid või varusid tähtsuse alusel alamgruppidesse jagada [6]. ABC analüüsi aluseks on Pareto printsiip, mille kohaselt saavutatakse ligikaudu 80% tulemustest vaid 20% põhjuste mõjul [7]. ABC analüüsi kohaselt jaotatakse varud kategooriatesse "A", "B" ja "C". Jaotamise eesmärk on teha vahet oluliste ja vähem tähtsate varude vahel, kuna nende haldamiseks on vaja erinevaid kontrollimeetodeid ja strateegiaid. [6] ABC analüüsi kriteeriumid ja nende mõju on esitatud järgnevas tabelis (Tabel 1).

Tabel 1. ABC analüüsi kriteeriumid ja varude mõju [2, lk 1787–1789]

Varude kategooria	Tähtsus	Varude koguhulk	Varude väärtus	Varude taseme jälgimine	Nõudlusinfo saadavus
A	Kõrge	10% - 20%	70% - 80%	Pidev	Pidev
B	Keskmine	30%	15% - 20%	Regulaarne	Perioodiline
C	Madal	50%	5% - 10%	Perioodiline	Harv

Nagu tabelist nähtub, kuuluvad A-kategooriasse tooted, mis annavad ligikaudu 70–80% ettevõtte käibest, kuid moodustavad 10–20% müügiühikute koguarvust. Need varud on ettevõtte tegevuse seisukohalt väga olulised, mistõttu nende laoseisu jälgitakse pidevalt ning neid toodetakse tavaliselt väikestes ja sagedastes partiides. B-kategooria toodete osakaal käibes on tunduvalt väiksem – umbes 15–20%, kuid nende varude kogus on suurem. C-kategooria tooted moodustavad ainult 5–10% käibest, kuid see rühm sisaldab kõige suurema arvu müügiühikuid. Selle kategooria tooted kasutavad ettevõtte ressursse kõige rohkem, kuid nende panus käibesse on kõige väiksem. ABC analüüsi tegemiseks on vaja toodete nimekirja, hindu ning müüdü koguseid. [2, lk 1787–1788]

1.1.3. Komplekteerimise teooria

Komplekteerimine ingl *kitting* on levinud alternatiiv komponentide pidevale tarnimisele tootmises. Komplekteerimise põhimõtte on, et varusid ei hoita töökohtades, vaid ühe lõpptoodanguühiku kokkupanemiseks vajalikud osad koondatakse ühte konteinerisse ehk komplekti. Need komplektid valmistatakse ette laos ning tarnitakse tootmisliinile vastavalt tootmisgraafikule. [8, lk 69–70] Kuna komponendid on eelnevalt kontrollitud, valmis seatud ja hõlpsasti kättesaadavad lihtsustab see koostaja tööd. Väheneb ka aeg, mida töötajad kulutavad komponentide otsimisele. [9, lk 5] Materjalide komplekteerimise

põhieesmärk on parandada varude haldamist, suurendada koosteprotsessi tõhusust ning optimeerida laopinna kasutatavust. [10]

Süsteemset materjalide komplekteerimist on soovitatav kasutada juhul, kui [10]:

- Koostamisel kasutatakse suurt hulka erinevaid väikeseid komponente;
- Tegeletakse kohandatud toodetega, mis erinevad näiteks värvi, kuju või muude spetsifikatsioonide poolest;
- Tootmispinnal on ruumipuudus, mis ei võimalda seal vajalikku materjali ladustada.

1.2. Lao asendiplaani põhimõtted

Lao kujundamise põhimõtted tuginevad mitmele tegurile, et tagada ruumi optimaalne kasutus, efektiivsuse kasv ja tegevuste lihtsustamine. Hästi planeeritud lao paigutus mõjutab märkimisväärselt tootlikkust, vähendades liikumisaegu ning parandades juurdepääsu ladustatud kaupadele. Lao kujundamisel tuleks meeles pidada järgnevaid faktoreid[11]:

- Ruumi kasutus: optimaalne ruumikasutus minimeerib liikumisaega ja parandab varude visuaalset nähtavust. Võimalikult suur osa saadaolevast laopinnast tuleb eraldada kaupade töötlemiseks, ladustamiseks, komplekteerimiseks ning logistilistele operatsioonidele. Võimalikult vähe tuleb eraldada laopinda tühjade aluste hoiustamiseks, pakkematerjalidele ning ebamäärastele pindadele, mis ei aita kaasa töövoole.
- Juurdepääsetavus: lao paigutus peab võimaldama töötajatel hõlpsasti vajaminevaid varusid leida ning kaupadele ligipääs peaks olema lihtne, ilma et teised tooted segaksid.
- Seamete kasutamine: laos kasutatav seadmed mõjutavad lao paigutust, kuna seadmete asukoht määrab, kui ohutult saavad töötajad ruumis liikuda ning, kui palju ruumi on kauba liikumiseks.
- Kliimaseadmed ja eritingimused: kui hoitakse näiteks temperatuuritundlike tooteid, siis tuleb planeerida spetsiaalsed alad, mis vastavad kaupade säilitamise nõuetele. See hõlmab kliimaseadmeid, ventilatsiooni ja eraldi tsoonide kujundamist.

1.3. Protsessi definitsioon ja liigid

Protsessi mõistetakse kui seotud tegevuste kogumit, mille eesmärk on saavutada eelnevalt määratud siht. Protsess hõlmab tegevuste järjestust, mis viib soovitud tulemuse saavutamiseni. See keskendub väärtuse loomisele, mis on oluline nii organisatsioonile kui ka klientidele. [12, lk 248–249] Protsesse saab liigitada eesmärgi järgi kolme peamisse kategooriasse: põhiprotsessid, tugiprotsessid ning juhtimisprotsessid. [13]

Põhiprotsessid hõlmavad kõiki tegevusi, mis on seotud toodete või teenuste tootmise ja tarnimisega ning aitavad kaasa organisatsiooni väärtuspakkumisele. Põhiprotsessid peegeldavad organisatsiooni põhioskusi ja aitavad luua konkurentsieelise turul. Iga põhiprotsessi sees on mitmeid alamprotsesse, millest mõned lisavad väärtust ja mõned võivad mitte lisada. Põhiprotsessid võivad olla näiteks [13]:

- Toote arendus;
- Tootmine;
- Turundus ja müük;
- Klienditeenindus.

Tugiprotsessid on tegevused, mis aitavad kaudselt kaasa organisatsiooni väärtuspakkumisele, toetades põhiprotsesside sujuvat toimimist. Need protsessid tagavad vajalike ressursside, infrastruktuuri ja teenuste olemasolu. Tugiprotsessid hõlmavad inimressursside juhtimist, IT-tuge, hankimist, ladustamist ja raamatupidamist. Kuigi eelnimetatud tegevused ei genereeri otseselt tulu aitavad need luua tingimused, et põhiprotsessid saaksid efektiivselt toimida. [13]

Juhtimisprotsessid tagavad operatiivse efektiivsuse ja ärieesmärkide saavutamise tegevuste planeerimise ja nende kontrollimisega. Peamine funktsioon on juhtimisprotsessidel pakkuda ülevaadet ja suunamist. Administratiivsed protseduurid sisaldavad tavaliselt strateegiate väljatöötamist, tulemuslikkuse jälgimist, kvaliteedikontrolli tagamist ja riskide haldamist. [13]

1.4. Äriprotsesside optimeerimise meetodid

Äriprotsess on eesmärgistatud tegevuste kogum, mis on omavahel seotud ning mille kaudu muudetakse sisendid (ressursid) väljunditeks (tootedeks, teenusteks), mis loovad tarbijale väärtust. See protsess hõlmab teatud tehnoloogiate rakendamist ja struktuuri, et tagada efektiivne ressursikasutus ja kvaliteetsete tulemuste saavutamine. Efektiivsed äriprotsessid mitte ainult ei paranda organisatsiooni toimimist, vaid suurendavad kliendirahulolu ning tugevdavad konkurentsivõimet. Seetõttu on nende juhtimine ja pidev parendamine äritegevuse edu seisukohalt äärmiselt oluline. [14, lk 166]

Protsessipõhine lähenemine käsitleb ettevõtet kui omavahel seotud tegevuste kogumit, sealhulgas põhiprotsesse, juhtimisprotsesse ja tugiprotsesse. Põhiprotsessid tekitavad ettevõttele otsest tulu, samas kui tugiprotsessid pakuvad vajalikke ressursse põhiprotsesside täitmiseks. Igal äriprotsessil on spetsiifiline eesmärk, mis aitab ettevõttel saavutada üldisemaid eesmärke. Igal äriprotsessil on järgmised omadused [14, lk 167]:

- konkreetne eesmärk, mis allub ettevõtte üldisele eesmärgile;
- omanik, kes haldab ressursse ja vastutab protsessi täitmise eest;








- vajalikud ressursid;
- kvaliteedikontrolli süsteem;
- protsessi mõõdikute süsteem.

Äritegevuse protsesside optimeerimine on oluline vahend organisatsioonide jaoks, et parandada efektiivsust ja vähendada kulusid. Protsesside optimeerimine keskendub töökorralduse muutmisele, et saavutada paremaid tulemusi kasutades olemasolevaid ressursse. Peamised eesmärgid on tootlikkuse suurendamine, kulude vähendamine ja kvaliteedi tõstmine. Organisatsioonid saavad protsesside analüüsimise ja nende parendamise kaudu kõrvaldada kitsaskohad, lihtsustada töövooge ning tõsta seeläbi klientide rahulolu. [15, lk 2]

Äriprotsessi optimeerimiseks tuleb kõigepealt mõista, kuidas kõnealune protsess hetkel töötab. Protsessi visualiseerimise ning kirjeldamise jaoks kasutatakse voodiagrammi. Voodiagramm on selge skeem, mis kujutab kogu äriprotsessis osalevate tegurite omavahelisi suhteid, et selgitada välja mitte väärtust lisavad tegevused.[14, lk 168]

Voodiagrammis kasutatakse kokkulepitud tähendustega sümboleid. Nende kirjeldus on välja toodud järgnevas tabelis (Tabel 2):

Tabel 2. Voodiagrammis kasutatavad sümبولid ja nende funktsioonid [16]

Sümbol	Nimi	Funktsioon
	Alg- ja lõppsündmus	Tähistab protsessi algust või lõppu.
	Põhijoon	Tähistab protsessi tööjärjekorda.
	Andmed	Tähistab sisend – või väljundandmeid.
	Tegevus	Tähistab mistahes tegevust või töötlusfunktsiooni.
	Otsus	Tähistab otsust, millel on üks sisend, kuid mitu üksteist välistavat väljundit.
	Alamprotsess	Tähistab konkreetset ülesannet, mis on seotud suurema protsessiga.
	Dokument	Tähistab dokumendi sisendit või väljundit

1.4.1. *Lean* tootmine

Lean ehk kulusäästlik tootmine on kontseptsioon, mis keskendub raiskamise vähendamisele ja väärtuse maksimeerimisele tootmisprotsessides. Selle filosoofia aluseks on idee, et kõik tegevused, mis ei loo lisaväärtust tuleks elimineerida. *Lean*'i põhimõtted pärinevad Jaapanist Toyota tootmissüsteemist (*TPS*), mille rajaja Taiichi Ohno tuvastas 1940. seitse peamist raiskamise tüüpi, mis on tuntud kui "Muda". Need raiskamised hõlmavad transporti, liigseid varusid, üleliigseid liigutusi, ootamist, ületootmist, ületöötlemist ja defekte.[17] Üheksakümnenendatel, kui läänemaailmas hakati kasutusele võtma Toyota tootmissüsteemi lisandus ka kaheksas raiskamine: töötajate kasutamata talent ehk oskused [18]. Üheksas raiskamise tüüp on käitumine. See hõlmab raiskamist, mis tuleneb ebaefektiivsest inimestevahelisest suhtlusest [19].

Raiskamine on määratletud kui kõik tegevused, mis tarbivad ressursse, kuid ei loo kliendile väärtust. *Lean* juhtimise eesmärk on optimeerida protsesse ja vähendada raiskamist, et suurendada kasumlikkust ja parandada kvaliteeti. Tõhus raiskamiste tuvastamine ja kõrvaldamine võimaldab ettevõtetel saavutada paremat tootlikkust ning suurendada kliendirahulolu. *Lean*'i rakendamine ei piirdu ainult tootmisega. Seda saab edukalt kasutada ka teenindussektoris ja muudes valdkondades, edendades pidevat parendamist ja tõhusat töökorraldust.[17]

Toyota tootmissüsteemi looja Taiichi Ohno defineeris kolm raiskamise kategooriat: muda, muri ja mura. Kuigi muda on kõige tuntum nendest, on muri ja mura samuti olulised terminid. Muda viitab raiskamisele, muri tähendab ülekoormust ning mura viitab variatsioonile tootmismahus. Nende mõistete tundmine aitab organisatsioonidel tõhusamalt raiskamist tuvastada ja kõrvaldada.[20]

Muda tähendab protsesse või tegevusi, mis ei loo väärtust. Need raiskamise vormid ei toeta ettevõtte ega töötajate tööd, vaid suurendavad kulusid ja pikendavad ülesannete täitmise aega.[20]

Muri tähendab ülekoormust, mis tekib, kui masinad, seadmed või inimesed on ülekoormatud. See põhjustab madalamat tootlikkust, suuremat vigade hulka ning defekte, kuna töötajad võivad tunda stressi ja väsimust. Muri tekitab raiskamist, kuna liigne koormus masinatele põhjustab tõrkeid ning rikkeid. Ülekoormuse vähendamiseks on oluline luua korralikud töötingimused ja rakendada standardiseeritud tööprotsessid nii inimeste tööülesannetele kui ka seadmete hooldamisele.[21, lk 8]

Mura viitab tootmise ja teenuste ebaühtlusele. See tähendab raiskamist, mis tuleneb tootmismahu variatsioonidest. Mura võib avalduda näiteks tootmisgraafikute erinevustes

või ebaühtlasest töökoormusest. Ebaühtlus toob kaasa kõikumisi ja võib põhjustada probleeme tootmisprotsessis. Murat saab kontrollida vähendades graafikute ja töökoormuse variatsioone, et saavutada sujuvam töövoog. [21, lk 8]

1.4.2. Kaheksa raiskamist

Autor toob välja *Lean*-tootmise kaheksa erinevat raiskamise tüüpi, mis võivad esinevad paljudes tootmisprotsessides. Seitse nendest on identifitseerinud *Lean*-tootmise rajaja Taiichi Ohno. Hiljem on lisandunud ka kaheksas raiskamise tüüp. Nende raiskamiste mõistmine ja tuvastamine võimaldab tootmisettevõtetel luua tõhusamaid ning jätkusuutlikumaid tootmisprotsesse.[18] Järgnevalt on autor välja toonud 8 erinevat raiskamise viisi:

- Transport – transpordiga seotud raiskamine on probleem, mis hõlmab inimeste, tööriistade, varude, seadmete või toodete ebavajalikku liigutamist. See võib kaasa tuua mitmeid negatiivseid tagajärgi, nagu toodete kahjustumine, defektid, tarbetu töö, suurem seadmete kulumine ja töötajate väsimus. Probleemi leevendamiseks on oluline optimeerida töökeskkonda. Näiteks tootmiseks vajalikud materjalid võiksid olla tootmiskohas hõlpsasti kättesaadavad, vältides materjalide mitmekordset käitlemist. Transpordi raiskamise vähendamiseks on välja töötatud mitmeid strateegiaid. Need hõlmavad U-kujulise tootmisliini loomist, mis aitab optimeerida töövooge, protsesside vahelise sujuva liikumise tagamist ning pooleliolevate tööde ületootmise vältimist. Nende meetmete rakendamine aitab parandada tootmisprotsessi efektiivsust ja vähendada ressursside raiskamist.[18]
- Üleliigsed varud – üleliigsete varude all peetakse silmas suuremat varude hulka, kui on vajalik töö sujuvaks kulgemiseks. Tootmises võib ülemäärane varu põhjustada toodete defekte või kahjustusi, pikendada tootmisprotsessi läbimisaega ning viia ebaefektiivse kapitali jaotuseni. Veelgi enam, liigne varu võib varjata tootmisega seotud probleeme, kuna defektid jõuavad kuhjuda enne nende avastamist. See omakorda suurendab vajadust täiendava töö järele, et parandada tekkinud vead. Liigsete varude põhjusteks võivad olla materjalide ületellimine, pooleliolevate tööde (WIP) ületootmine või kliendi vajadustest suurema koguse tootmine. Sellise raiskamise vähendamiseks saab kasutada järgnevaid meetmeid: tooraine ostmine ainult vajaduse ilmnemisel ja vajalikus koguses, tootmisetappide vaheliste puhvrite vähendamine ning tootmise juhtimine kliendi tegeliku nõudmise põhjal.[18]
- Üleliigsed liigutused – üleliigsed liigutused töökohal hõlmavad tarbetut masinate, seadmete või inimeste liigutamist, nagu kõndimine, tõstmine, kummardamine või sirutamine. Kontoris võib see väljenduda failide otsimises või andmete topeltsisestamises. Tootmises aga väärtust mittelisavates kordustes või tööriistade

järele ulatamises. Olukorra parandamiseks soovitatakse töökoha paremat organiseerimist, seadmete paigutamist töökoha lähedale ning materjalide ergonoomilist paigutamist. [18]

- Ootamine – ootamine on raiskamine vorm, mis hõlmab kahte peamist aspekti: inimesed, kes ootavad materjalide või seadmete järele, ja seadmed, mis seisavad kuna puudub töökäsk. Tootmisettevõttes võib see tähendada materjalide saabumise ootamist, vajalike juhiste järgi ootamist või seadmete ebapiisavat võimsust. Ootamist saab vähendada läbimõeldud protsesside kavandamisega või rakendades tootmisprotsessides pidevat voogu (continuous flow).[18]
- Ületootmine – ületootmist iseloomustab toodete valmimine enne, kui järgmine etapp või klient seda nõuab. Liigne tootmine takistab sujuvat töövoogu, suurendab ladustamiskulusid ja peidab defekte tootmisprotsessis. Samuti nõuab see rohkem kapitali tootmisprotsessi rahastamiseks. Ületootmist saab vältida kasutades visuaalset juhtimissüsteemi (Kanbani) või ühe tüki voogu (single-piece flow) ehk toote liikumine läbi etappide üksikute tükkidena.[18]
- Ületöötlemine – liigne töötlemine viitab olukorrale, kus toote või teenuse valmistamisel tehakse rohkem tööd, lisatakse tarbetuid komponente või kasutatakse rohkem samme, kui klient tegelikult nõuab. Tootmisprotsessis võib see tähendada näiteks kõrgema täpsuse seadmete kasutamist, kui see pole vajalik, või komponentide valimist, mille omadused ületavad vajadusi. Samuti võib see hõlmata liigsete analüüside tegemist, lahenduste üleinseneerimist ning komponentide kohandamist pärast nende paigaldamist. Lisaks võib toode sisaldada rohkem funktsioone, kui tarbija soovib. Ületöötlemise vähendamiseks tuleks keskenduda kliendi poolt seatud kvaliteedinõuetele ja valmistada ainult vajalikus koguses tooteid.[18]
- Defektid – defektidega kaasnev raiskamine tekib, kui toode ei vasta ettenähtud tootmisstandarditele. Defektsed tooted tekitavad lisatööd, mida tavaliselt ette ei planeerita. See tekitab tootmises lisakulusid ning ei lisa kliendile väärtust. Tihti tekivad defektid tootmisprotsesside liigse varieeruvuse ning puuduliku väljaõppe tõttu. Defektide hulka saab vähendada standardiseeritud töömeetodite rakendamisega ning protsesside loomisega, mis takistaks defektsete toodete edasi liikumist tootmisliinil.[18]
- Kasutamata talent – raiskamine, mis on seotud inimpotentsiaali alakasutamisega ei tulene Toyota tootmissüsteemist, aga sellegipoolest võetakse seda kui ühe raiskamise vormina [18]. See tekib, siis kui organisatsioonis ei kaasata töötajaid protsessidesse ning nende tegelik potentsiaal jääb kasutamata. See võib väljenduda tarbetu töö tegemises või kriitilise mõtlemise oskuste mittekasutamises. Kui töötajatel puudub eesmärk või vastutus oma saavutuste üle ning kui nad saavad ebaselgeid juhiseid võivad nad tunda end allasurutuna ning alahinnatuna. Selle vältimiseks on oluline

täiustada koolitusprogramme, tagada tööjuhiste selgus ning eemaldada ranged tööpiirangud.[19]

1.4.3. 5S meetod

5S on *Lean*-mõtteviisi tööriist, mis keskendub töökoha korrastamisele ja standardiseerimisele. See loob aluse kõrge kvaliteediga toodete tarnimiseks õigel ajal ja sobivas koguses. Selle meetodi eesmärk on luua töökeskkond, mis keskendub kvaliteedile, muutes samal ajal töökohta ohutumaks ja töötajale meeldivamaks. 5S aitab vähendada raiskamist, tuginedes viiele Jaapani terminile, mis kirjeldavad praktikaid puhta ja hästi hallatava töökeskkonna saavutamiseks. 5S rakendamine toetab pidevat parendamist ja kvaliteedikultuuri, kaasates kõiki töötajaid alates juhtidest kuni operaatoriteni.[22, lk 81]

5S meetodi rakendamine on lihtne ja kuluefektiivne meetod, kuidas antud töös eelnevalt mainitud raiskamisi vähendada.[23] Järgnevalt on välja toodud 5S-i viis jaapanikeelset põhimõtet, millega parandada töökoha organiseeritust ja tõhusust [22, lk 82]:

- Sorteereri (Seiri) - 5S esimene samm on sorteerimine. Kõik tööalal olevad tööriistad, seadmed ja materjalid sorteeritakse, eristades vajalikud mittevajalikest. Mittevajalikud esemed kõrvaldatakse, et vähendada segadust ja aja raiskamist vajalike esemete otsimisel. Selline tegevus vabastab ka põranda- ja tööpinna, mis tagab parema töövoogu.
- Sea korda (Seiton) – teine etapp 5S-i rakendamisel on töökohas toodete, materjalide ning tööriistade visuaalselt optimaalne paigutamine. Esemed tuleb asetada nii, et nendel oleks oma kindel koht, mis teeks nende leidmise ja tagasi paigutamise töötajatele võimalikult lihtsaks. Mõningad viisid, kuidas esemeid visuaalsete märgiste abil paigutada on järgnevad: tööriistade kontuurid laual, värvikoodid, sildid, märgised ning läbipaistvad hoiukastid.
- Sära (Seiso) – kolmandas etapis puhastatakse töökoht, põrandad ja seadmed põhjalikult. Seiso viitab suuremale puhastuskampaaniale, mille käigus mõeldakse ka sellele, kuidas mustus teatud asukohta tekib ning kuidas säilitada pidev puhtus. Puhastusvahenditel ja tarvikutel peaks olema kindel hoiukoht, et neid oleks vajadusel lihtne leida.
- Standardiseeri (Seiketsu) – neljas samm keskendub eelmise kolme etappi standardiseerimisele. Kindlate intervallidega kontroll-lehtede ja 5S ülevaatuste läbiviimisega saab jõustada eelmiste sammude järjepidevat täitmist. Standardiseerimise samm hõlmab ka eelnevate etappide ülevaatamist, et leida viise, kuidas puhastamine ja organiseerituse hoidmine oleks veelgi lihtsam.
- Säilita (Shitsuke) – viimane samm tehtud muudatuste ja protsesside säilitamine. Shitsuke juures on oluline arendada ja hoida 5S harjumusi töötajate igapäeva töös.

2. EMPIIRILINE OSA

2.1. Pelltech OÜ tutvustus

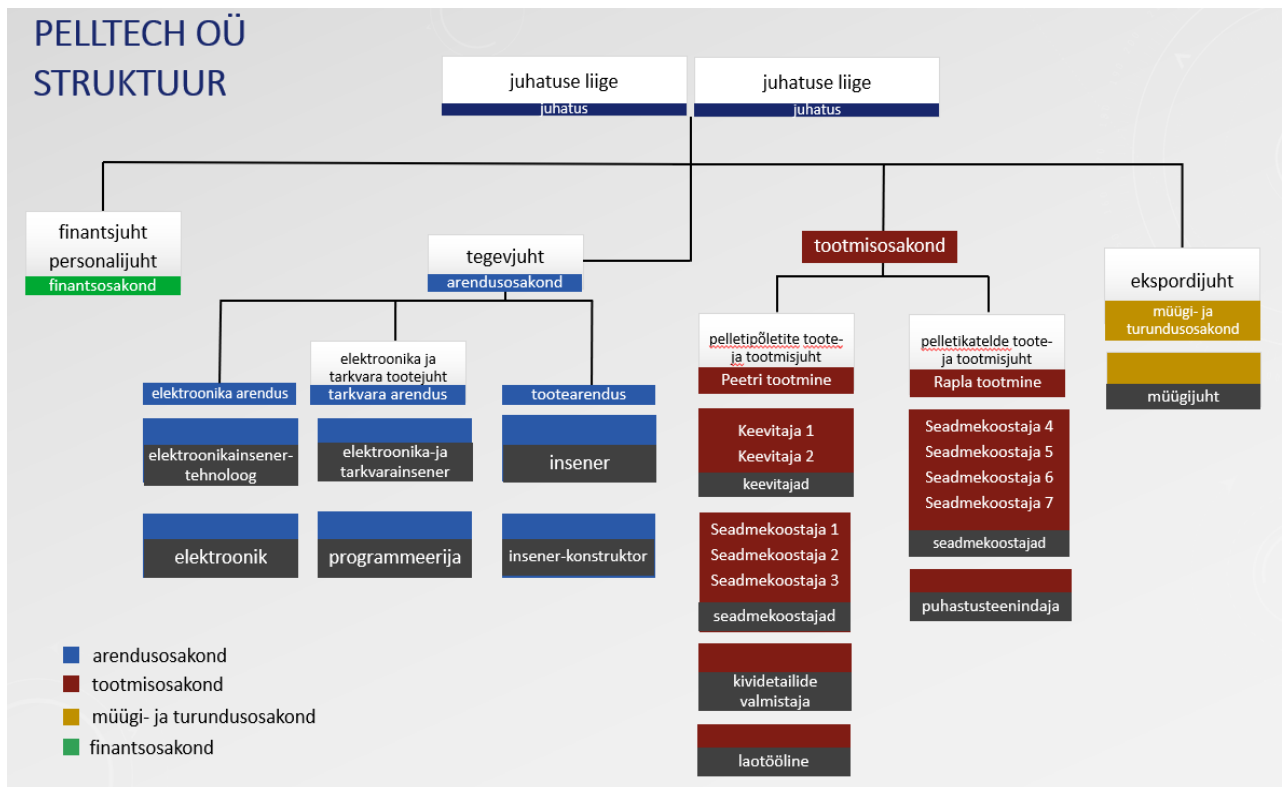
Pelltech OÜ on tegeleb peamiselt pelletipõletite ja katelde arendamisega, tootmisega ning nende müügiga. Pelltech toodab 12 erinevat pelletipõletit ning 20 erinevat katelt. Tooted jagunevad kolme kategooriasse:

- Erakasutusse sobivad katlad ja põletid: 15–50 kW;
- Keskmise võimsusega seadmed, mis sobivad näiteks kortermajadele: 50–160 kW;
- Tööstuslikud, suure võimsusega seadmed: 250–1500 kW.

Ettevõttes on töötajaid kokku 28 ja ettevõtte maksustatav käive aastal 2023 oli 1.5 miljonit eurot. Ligi 75% toodangust eksporditakse ja põhikliendid on edasimüüjad. [24]

2.1.1. Ettevõtte struktuur ja töökorraldus

Firma üks tootmisosakond, inseneriosakond ning kontor asuvad Peetris Mõigu tehnopargis. Teine tootmisosakond asub Alus Raplamaal. Peetri tootmisüksuses toodetakse peamiselt pelletipõleteid ning Rapla tootmisüksuses toodetakse pelletikatlad. Käesolev lõputöö on teostatud Peetris asuvas tootmisüksuses. Ettevõttes on töötajaid kokku 27 ja ettevõtte maksustatav käive aastal 2023 oli 1.5 miljonit eurot. [24] Organisatsioonis on kindlaks määratud struktuur, mis näitab, kes vastutab erinevate funktsioonide toimimise eest (Joonis 1, lk 16).



Joonis 1. Pelltech OÜ ettevõtte struktuur 03.11.2024 seisuga [Autori koostatud]

Rapla ja Peetri tootmine toimub ühes vahetuses. Tootmist planeerivad tootmisjuhid ning tootmistellimusi vastavalt toodete minimaalsele laoseisule genereerib ka ERP keskkond Odoo, mille tootmisjuhid peavad kinnitama. Ülevaade tellimustest on vastavalt tähtajale ning tööd omistatakse töötajale nimeliselt, kuid töötajad jagavad ka ise töid omavahel. Töökäsk ERP süsteemis sisaldab koostajale järgnevat infot:

- tootmistellimuse number;
- seadme või poolkoostu nimetus;
- vastutava isiku nimi;
- BOM nimekirj;
- toote kogus;
- töö tähtaeg;
- koostejuhend;
- pakendamise andmed.

Ettevõttes kasutatakse erinevaid keevitusseadmeid, keraamika ahjusid ning olemas on ka elektroonika labor, kus joodetakse trükkplaate. Organisatsiooni siseselt tehakse ära võimalikult palju etappe. Tootmisprotsessis näiteks keevitamine, puurimine, treimine, keraamiliste kivide valmistamine, toodete koostamine ja pakendamine. Protsesse, mida kohapeal ei ole võimalik teha nagu näiteks laserlõiklus ja laserkeevitamine ostetakse sisse allhanke korras.

2.2. Uurimismetoodika

Käesoleva lõputöö uurimismetoodika on kombinatsioon kvalitatiivsest ning kvantitatiivsest uuringust. Laoprotsesside kitsaskohtade tuvastamiseks kasutatakse protsesside vaatlust ning ajalist mõõtmist. Ajalise kestuse mõõtmiseks kasutati stopperit, et võrrelda laos komponentide leidmiseks kasutatavat aega enne ja pärast. Varude korrastamise, komplekteerimise ning asendiplaani muutmise sisendiks on autori koostatud varude ABC-analüüs.

Vaadeldud laoprotsesside põhjal koostatakse vooskeem. Protsesside visualiseerimiseks kasutatakse tarkvara *Microsoft Visio*. Arvude ja andmete analüüsiks kasutatakse programmi *Microsoft Excel*. Uurimistöö vaatlused hõlmavad laotöötaja, kahe keevitaja ning ühe seadmekoostaja tegevusi ettevõttes.

2.3. ABC analüüs

Käesoleva lõputöö autor kasutab laovarude hindamiseks ABC-analüüsi. ABC-analüüsi abil hinnatakse Pelltech OÜ erinevate kaubaartiklite tähtsust nende omahinna ning aastase müügi koguse alusel. ABC-analüüs on tehtud toodetele, mida hoitakse ettevõtte pealaos ja, mida saab müüa. Analüüsi tulemustest selgus, et kõige suuremat väärtust laos omavad järgnevad A kategooria tooted:

- PV1502BX PV 1500a pellet burner (Baxi);
- PV0022 PV 20b pellet burner, pneumatic clean;
- PV0032 PV 30b pellet burner, pneumatic clean;
- PV0701 PV 700a pellet burner;
- PV0104 PV 100d pellet burner;
- PV0354BX PV 350c pellet burner (Baxi);
- PV0184 PV 180d pellet burner;
- PV0503 PV 500b pellet burner;
- TS1003 TS1000CF Ash cyclone with ash removal and integrated fluegas fan;
- PV0024 PV 20b+ pellet burner; pneumatic clean, draft sensor;
- PV0034 PV 30b+ pellet burner; pneumatic clean, draft sensor.

ABC-analüüsi tulemuste põhjal paigutatakse need tooted ja tootega seotud komponendid võimalikult ligipääsetavatesse kohtadesse, et vähendada tõstmise ja liikumise aega. A-kategooria tooted tuleb ka paigutada võimalikult nähtavatesse kohtadesse, et nendele oleks võimalik tihedamini ja lihtsamalt inventuuri teha. B ning C kategooria tooted paigutatakse kõrgematele ja lao kaugematesse piirkondadesse, et mitte takistada A kategooria sagedamini liikuvaid kaupu.

2.4. AS-IS protsessi analüüs

2.4.1. Hetkeolukorra kirjeldus ja kitsaskohad

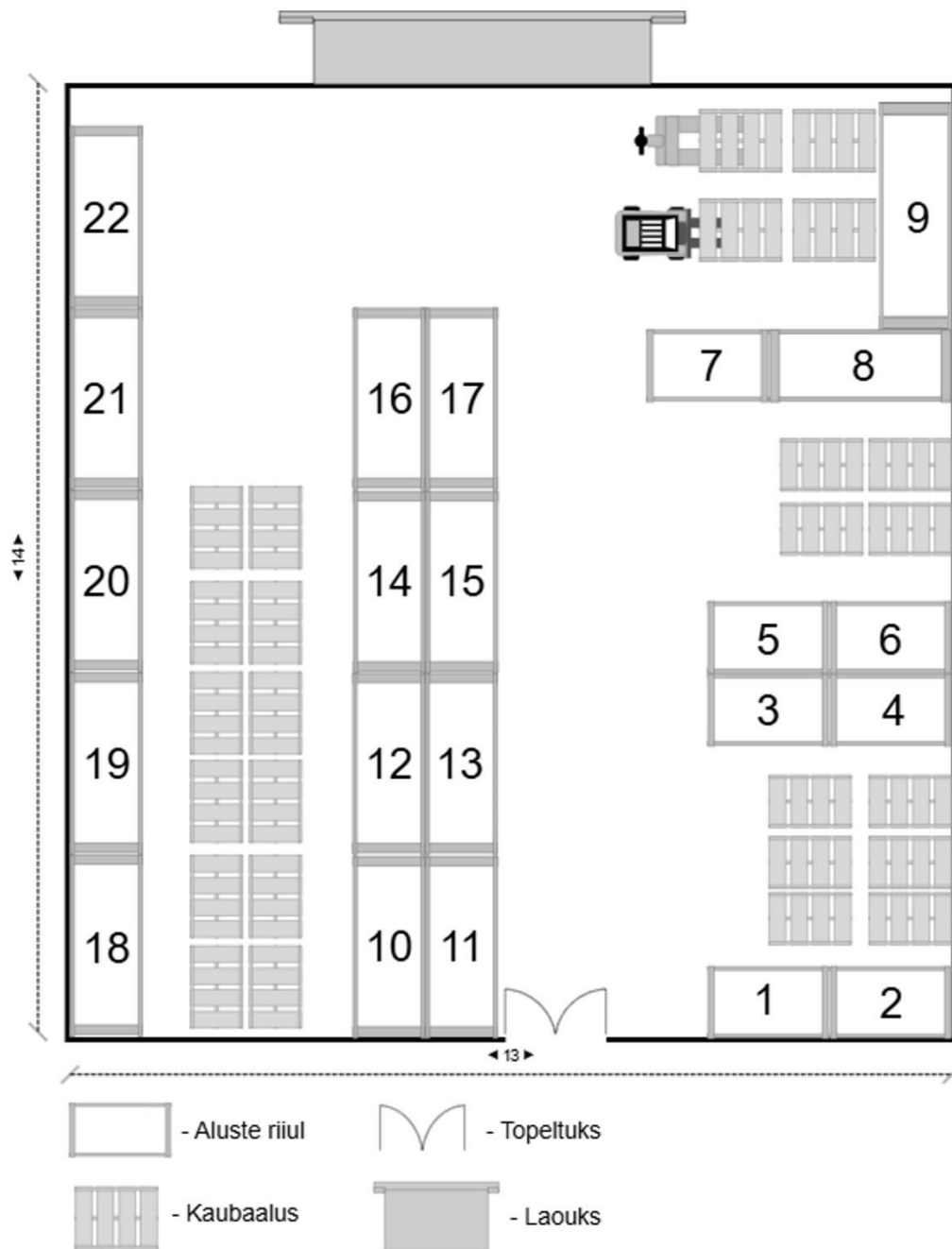
Käesolevas lõputöös on uurimisobjektiks ettevõtte laotegevused, sh materjalide ja toodete vastuvõtt, sorteerimine, paigutamine ning valmis tellimuste komplekteerimine ja väljastamine.

Ettevõtte ressursside planeerimine toimub ERP süsteemi kaudu. Tarkvara võimaldab varusid ostes arvele võtta ja tootmistellimuse valmimisel see automaatselt maha kanda. Probleemiks on pealaos asuvate varude visuaalne märgistamine ning füüsiliselt nende leidmine, et tooteid koostada. Hetkel on ettevõtte pealaos 800 erinevat toote ja detaili variatsiooni, millest 422 on poolkoostude ja müügitootete variatsioonid. Müügiks olevaid tooteid on pealaos 160.

Laoprotsesse vaadeldes ilmnes, et sissetuleva kauba paigutamine ei ole operatiivsel tasandil läbi mõeldud ning toodete leidmine tootmiseks või müügitellimuse komplekteerimiseks võtab seetõttu liigselt aega ja kulutab ettevõtte ressursse ebaefektiivselt. Vajaminevate komponentide leidmine on raskendatud kuna puudub kindel loogika detailide ladustamiseks. Hetkeseisuga ladustatakse tooteid mõningate väljakujunenud asukohtade ja vaba laopinna järgi. Komponentide leidmine tootmistellimuste täitmiseks tugineb samuti laotöötaja mälule. Puudulik on ka laopinna asendiplaan. Nimelt on suur osa põrandapinnast hõivatud alustega, mis takistab ligipääsu riiulile olevatele ning koostamiseks vajaminevatele alustele. Puudub välja kujunenud eraldi ala tellimuste komplekteerimiseks ning ladu iseloomustab korrapäratus puudulike märgistussüsteemide tõttu.

2.4.2. AS-IS laopinna kaardistamine

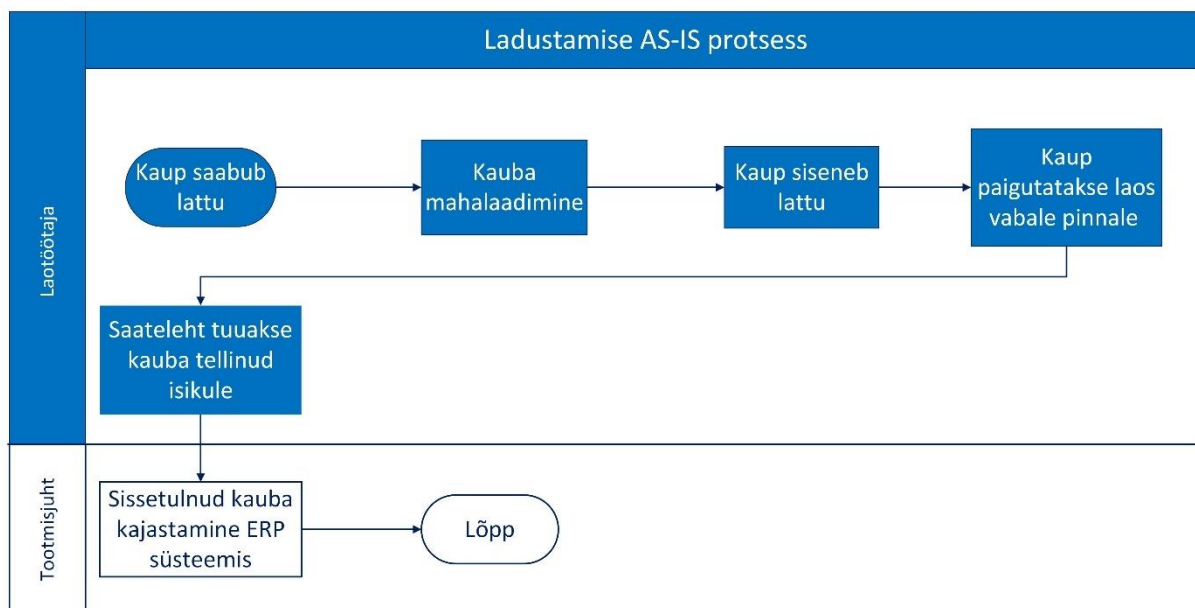
Hetkel on lao kogupindala 182 ruutmeetrit. Aluste hoiustamiseks kasutatakse kõrgriiuleid. Maas olevad alused hõivavad lao põrandal 29 ruutmeetrit liikumisruumi ning raskendavad riiulitele ligipääsu. Riiulites olevad alused ei ole ka märgistatud ning samade toodete koostamiseks vajaminevad detailid on hajutatud laos eraldi asukohtades. Laos ei ole eraldi ala pakkimiseks ega eraldatud ala sissetulnud kaupade kvaliteedikontrolli teostamiseks. (Joonis 2, lk 19)



Joonis 2. AS-IS laopinna paigutus [Autori koostatud]

2.4.3. AS-IS varude ladustamise protsessi skeem

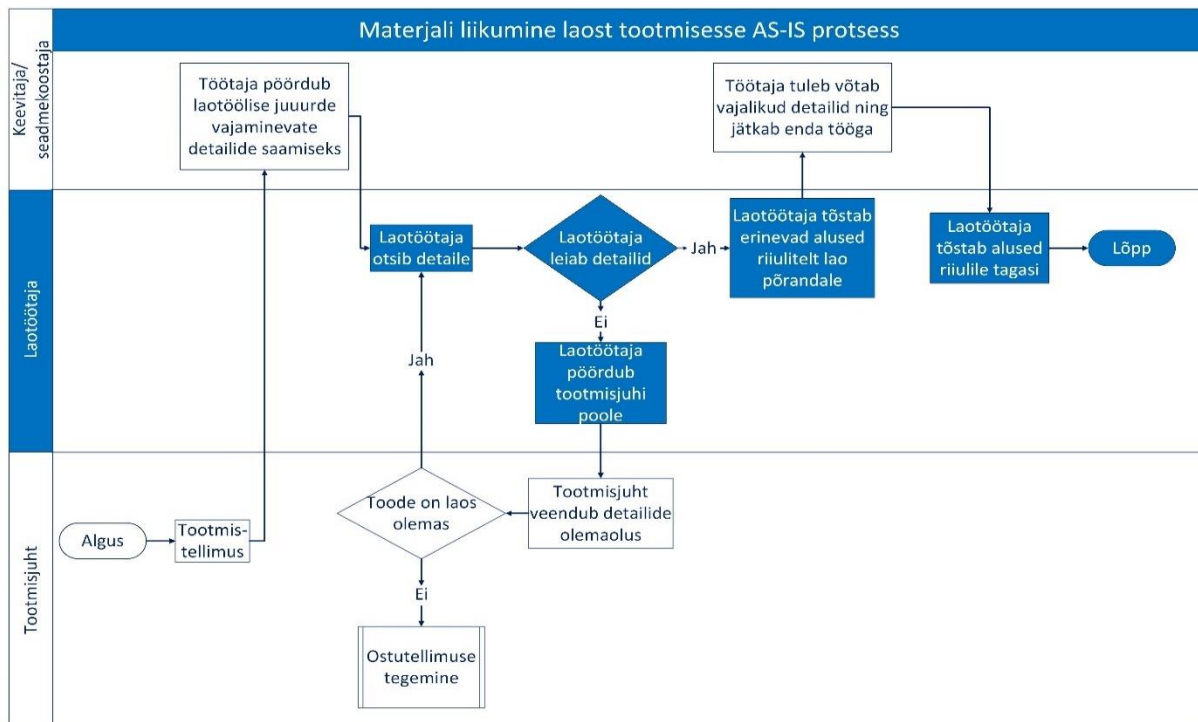
Ettevõtte praegune varude ladustamise protsess on näha alljärgneval joonisel. (Joonis 3, lk 20) Joonisel on märgitud eraldi rajad, et eristada protsessis kindlate tegevuste eest vastutavaid isikuid. Kauba saabudes lattu paigutatakse kaup vabale pinnale ning saateleht tuuakse kauba tellinud isikule. Vastu võetud kaubale ei tehta alati kvaliteedikontrolli, sest selle jaoks puudub eraldi ala. Selle tõttu võivad kvaliteedi vead ilmnedas alles tellimuste komplekteerimisel või toodete koostamisel, mis põhjustab tarneaja pikenemist.



Joonis 3. Sissetuleva kauba ladustamise AS-IS protsessi skeem [Autori koostatud]

2.4.4. AS-IS Materjali liikumine laost tootmisse

Materjali liikumine laost tootmisse algab tootmistellimuse vormistamisega ERP süsteemis. Tootmistellimus tehakse tootele, siis kui tarkvara näitab, et detailid on laos olemas. Kuna suur osa detailide asukohti ei ole märgistatud tekitab see olukordi, kus detailide otsimisele kuluv aeg põhjustab tootmisprotsessi seiskumist. Juhul, kui laotöötaja või seadmekoostaja teab, kus koostamiseks vajalikud detailid asuvad, siis põhjustab nende detailide hajutatus ka laos liigset liikumist. (Joonis 4, lk 21)



Joonis 4. Materjali liikumine laost tootmisesse AS-IS protsessi skeem [Autori koostatud]

2.5. TO-BE protsess

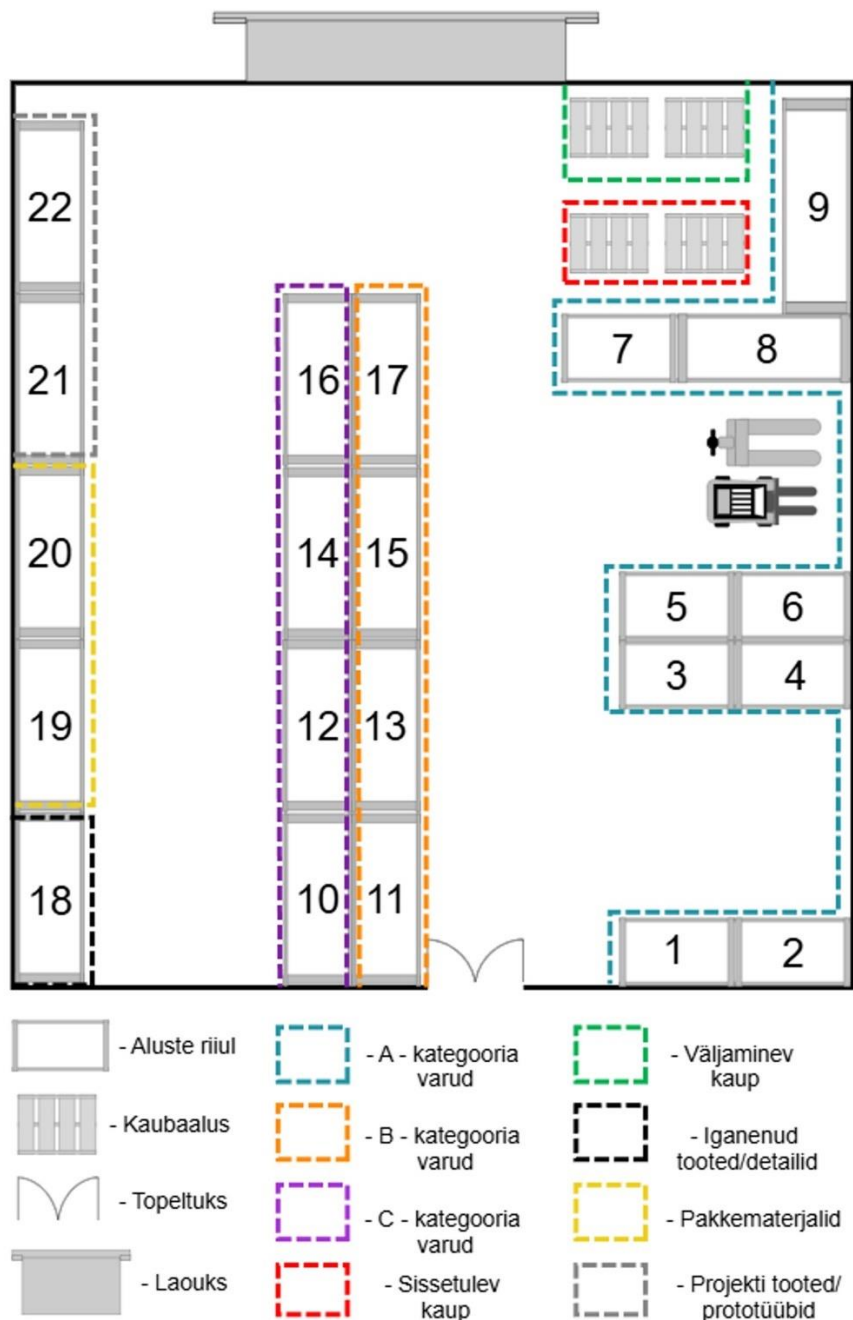
2.5.1. Varude korrastamine ja markeerimine

Ettevõttes esinev kitsaskoht on pealaos materjalide sorteerimise puudulikkus. Ettevõttes on lisaks pealaole ka teisi asukohti, kus ladustatakse materjale, töövahendeid ja kinnitusvahendeid. Nendes piirkondades on suures ulatuses rakendatud 5S meetod, mis aitab tagada töökoha korrastatust, tõhusust ja standardiseeritud ladustamist. Antud lõputöö praktiline osa ettevõttes algab 5S meetodi rakendamisega. Esmalt eemaldatakse kõik iganenud varud ja tarvikud ning määratakse tootegruppidele ABC-analüüsi kohaselt asukohad laos. Teine samm on süsteemi loomine aluste sildistamise abil, et oleks lihtne aru saada, mis toote detaile antud alus sisaldab. Kolmas samm on regulaarne lao puhastamine tööpäeva lõpus laotöötaja poolt. Neljas samm on visuaalsete skeemide loomine lao ja aluste paigutuse kohta, et tehtud parendused ka säiliks. Viies samm on tagamine, et töötajad laos 5S-meetodit järjepidevalt järgiksid.

Varude korrastamine hõlmab endas ka laos detailide ümber komplekteerimist, et ühe toote koostamiseks vajaminevad detailid asuksid ühe aluse peal. Selle jaoks on vajalik kõik toote või pooltoote detailid laos üles leida ning komplekteeritud alused markeerida.

2.5.2. TO-BE laopinna kaardistamine

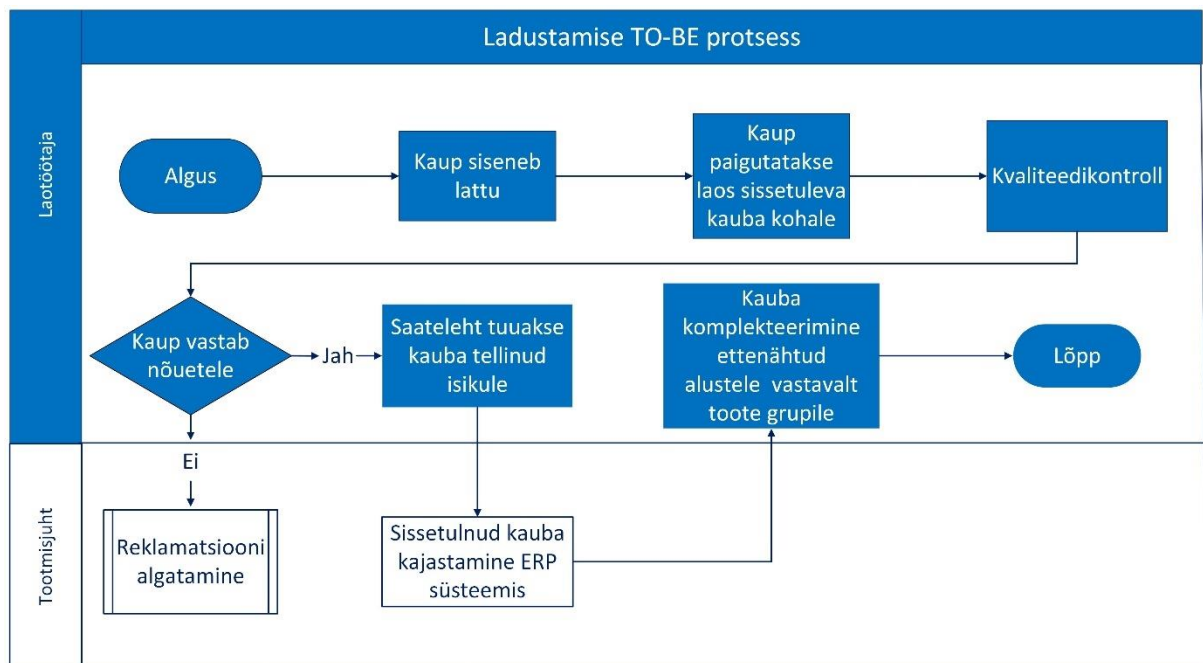
Laopinnal vabaneb 29 ruutmeetrit pörandapinda peale varude korrastamist ning detailide alustele komplekteerimist. Lattu on tekitatud eraldi ala väljaminevale kaubale ja komplekteerimisel olevatele tellimustele. Lisandunud on eraldi ala sissetulevale kaubale. ABC-analüüsi tulemuste kohaselt on lao riiulid jaotatud aladeks, kus kategooria alusel neid hoiustada. Eraldi alad on tehtud lao kaugemasse piirkonda pakkematerjalide jaoks ning iganenud toodete jaoks, millele on nõudlus väga harv. (Joonis 5)



Joonis 5. TO-BE laopinna paigutus [Autori koostatud]

2.5.3. TO-BE varude ladustamise protsessi skeem

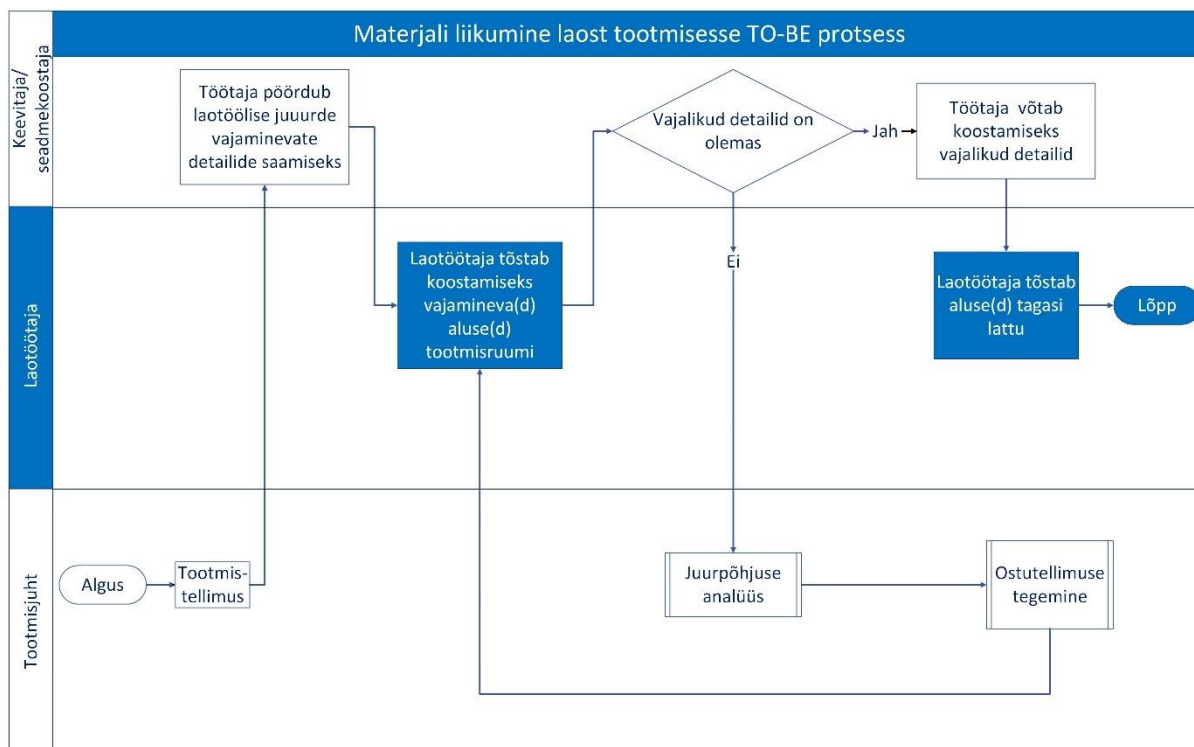
Uus ladustamise protsess hakkab kauba paigutamise ajutiselt sissetuleva kauba kohale, millele järgneb kvaliteedikontroll. Kui kaup ei vasta nõuetele, siis alustatakse reklamatsiooni protsessi. Kui kaup vastab nõuetele, siis edastatakse saateleht kauba tellinud isikule, et tellitud kaup ERP süsteemis arvele võtta. Sellele järgneb saabunud kauba komplekteerimine ettenähtud alustele. Lehtmetailid detailide puhul tuleb detailidega ka nimekirja joonistega, et lao töötaja oskaks detaile identifitseerida ning selle järgi alustele paigutada. (Joonis 6)



Joonis 6. Sissetuleva kauba ladustamise TO-BE protsessi skeem [Autori koostatud]

2.5.4. TO-BE Materjali liikumine laost tootmisse

Parendatud protsess algab tootmistellimusega, millele järgneb sisend laotöötajale vajaminevate detailide liigutamiseks tootmisse. Kuna alused on juba tootegruppide järgi komplekteeritud ja markeeritud on vaja laotöötajal teada, millise tootegruppi juurde vajaminev detail kuulub. See on nähtav toote või poolkoostu joonisel. Kuna toote koostamiseks või keevitamiseks vajalikud osad on koondatud ühele alusele, siis saab laotöötaja tõsta aluse tootmisruumi. Detailide puudumise korral järgneb juurpõhjuse analüüs, miks detaile on vähem, kui ERP süsteem näitab. Tootmistellimuse valmimiseks tuleb teha sellisel juhul ostutellimus puudu olevatele detailidele. Kõikide detailide olemasolu korral võtab koostaja vajalikud detailid ning jätkab enda tööga. Peale seda saab laotöötaja aluse tagasi riulisse tõsta ja sellega loetakse protsess lõppenuks. (Joonis 7, lk 24)



Joonis 7. Materjali liikumine laost tootmisesse *TO-BE* protsessi skeem [Autori koostatud]

2.6. AS-IS ja TO-BE protsesside tulemuste võrdlus

Laovarude korrastamine ning laoprotsesside standardiseerimine on lühendanud detailide otsimisele kuluvat aega. Lattu tekib ka juurde 29 ruutmeetrit vaba pindala, kui komplekteerida hetkel põrandal olevad detailid riulitesse. Uurimistöö mõju kvantitatiivseks mõõtmiseks on 12 detaili ja/või poolkoostu detailid komplekteeritud alustele ja märgistatud tootegrupi alusel. Läbi viidud parenduste mõjul vähenes nende 12 objekti otsimiseks kuluv aeg 171 minuti võrra. (Tabel 3)

Tabel 3. Materjali liikumiseks laost tootmisesse kuluva aja mõõtmine, minutites

Kaubaartikkel	Ajakulu AS-IS	Ajakulu TO-BE	Kulunud aja vahe
LK9715A1	18.2	4.7	13.5
LB8469A1	7.1	5.2	1.9
LK0130	8.6	4.1	4.5
LT9811A2	49.8	7.4	42.4
LK9831A1	35.3	5.0	30.3
LB8463A2	11.2	6.0	5.2
LB8360A2	23.9	5.5	18.4
LT9808A6	2.2	2.1	0.1
LT9718	16.2	9.5	6.7
LT9719	22.2	6.1	16.1
LB7411A1	40.3	7.9	32.4
LB7584A2	5.7	5.8	-0.1
Kokku	240.7	69.3	171.4

Järgnevalt toob autor välja *AS-IS* protsessides ilmnenud probleemid ning *TO-BE* protsesside kaudu välja pakutud lahendused:

- Varude ebamäärane paigutus – varude paigutamine laos toimub ABC analüüsi alusel, et suunata rohkem ressursse suurema mõjuga varudele.
- Liigne ajakulu materjalide otsimisel – ühe toote koostamiseks vajaminevad materjalid on kompleteeritud ühele alusele, mis on märgistatud ning alused tarnitakse laost tootmisse.
- Tarneaja pikenemine seoses kvaliteedi probleemide hilise avastamise tõttu sissetuleval kaubal – loodud eraldi ala sissetulevale kaubale, kust see ei liigu edasi enne kvaliteedi kontrolli tegemist.

2.7. Järeldused ja ettepanekud

Lõputöö raames välja mõeldud parendused toimusid. Soovitud ajakulu kokkuhoid väljendus kvantitatiivsetes mõõtmistes pärast *TO-BE* protsesside rakendamist. *TO-BE* protsesside kasutusele võtmisega on võimalik elimineerida mitmeid väärtust mitte loovaid tegevusi. Selle arvelt saavad töötajad tegeleda väärtust loovate protsessidega ning seeläbi ka kulusid kokku hoida.

Antud lõputöös tehtud uurimus tõi esile mitmeid operatiivtasandi probleeme. Laoprotsesside *AS-IS* vooskeemid näitasid vajadust tõhustada laoprotsesse, et vähendada tarbetut ajakulu. Autor soovitab edaspidiseks võtta kasutusele *TO-BE* laoprotsesside skeemid, ning rakendada välja mõeldud parendusi kogu laos olevale nomenklatuurile.

Soovitus edaspidiseks oleks ka kasutada hübriidlahendust, kus ABC-analüüsi baasil määratud prioriteetsetes kategooriates, eriti A-kategoorias, optimeeritakse varude paigutust veel täiendavalt käibesageduse põhjal. See ühendab mõlema meetodi parimad omadused ja vastab nii strateegilise efektiivsuse kui ka operatiivse kiiruse eesmärkidele.

KOKKUVÕTE

Lõputöö "Laovarude korrastamine ning laoprotsesside tõhusamaks muutmine Pelltech OÜ näitel" eesmärk oli ettevõttele Pelltech OÜ luua uued tõhusamad laoprotsessid. Uute laoprotsesside väljundiks on saadaval oleva laopinna pindala suurenemine, detailide otsimiseks kuluva aja vähenemine ning organiseerituse suurenemine.

AS-IS protsesside visualiseerimine ja analüüs tõid välja probleemsed aspektid, mida saaks parandada, et tegevused oleksid loogilisemad ja laohaldus organiseeritum. Suurimateks kitsaskohtades laos olid järgnevad aspektid:

- detailide mitte märgistamine ning nende hajutatus laos
- eraldi ala puudumine kvaliteedi kontrolliks ning detailide komplekteerimiseks alustele
- süsteemi puudus, mille alusel kaupa hoiustada ja tarnida tootmisse
- ajakulu mitte väärtust loovateks tegevusteks

Lõputöö koostamisel keskenduti kahele uurimisküsimusele. Vastuste leidmisel võeti arvesse teoreetilisi aluseid ning ettevõtte toodete eripärasid. Küsimused ja vastused on järgnevad:

- Kuidas saab efektiivsemalt paigutada ja märgistada materjale ning tooteid laos, et optimeerida ruumikasutust ja vähendada liigset liikumist?

ABC-analüüsi rakendades paigutatakse kõrge väärtuse või kõrge käibesagedusega tooted ja detailide koostamiseks vajaminevad alused lähemale komplekteerimisalale. Alused ja valmistooted on märgistatud selgete koodide või toote nimetustega. Ruumikasutust ja liikumist saab optimeerida ühe toote koostamiseks vajaminevate komponendite komplekteerimisega ühele alusele.

- Kuidas optimeerida Pelltech OÜ laoprotsesse, et vähendada ajakulu materjalide otsimisel ning tellimuste komplekteerimisel?

Kui ühe toote koostamiseks vajaminevad komponendid on komplekteeritud ühe aluse peale, siis selle aluse tarnimine laost tootmisse nõuab vähem aega, kui üksikute markeerimata detailide otsimine laost. Parendusettepanekute hulgas on ka 5S meetodika rakendamine laos.

Antud lõputöö eesmärgiks oli leida põhjus, mis põhjustab suurt ajakulu detailide jõudmisel laost tootmisse ning suurendada laos organiseeritust. Uurimisküsimused on seotud ka eesmärgiga ning lõputöö tulemusel said uurimisküsimused vastused.

SUMMARY

The thesis, *Organizing Inventory and Improving Warehouse Processes: A Case Study of Pelltech OÜ*, aimed to develop more efficient warehouse processes for the company Pelltech OÜ. The outcome of the improved processes includes increased available warehouse space, reduced time spent searching for components, and enhanced warehouse organization.

The research applied quantitative methods to measure process efficiency, such as the time required to locate materials and assemble orders, as well as space utilization in the warehouse. Key issues included a lack of systematic labeling, disorganized storage, absence of a dedicated area for quality control, and inefficient workflows.

The visualization and analysis of the *AS-IS* processes revealed several issues that could be improved to make the operations more logical and the warehouse management more structured. The primary bottlenecks identified were:

- Lack of labeling for components and their scattered placement in the warehouse.
- Absence of a dedicated area for quality control and bundling components on pallets.
- Lack of a system for storing and delivering goods to production.
- Time wasted on non-value-adding activities.

The study proposed solutions based on theoretical frameworks like ABC analysis and *lean* tools. By categorizing and relocating high-priority items closer to the picking area, using clear labeling systems, and pre-assembling components needed for production, the time spent searching for materials was significantly reduced. Additionally, the implementation of the 5S methodology was recommended to enhance overall warehouse organization.

The research concluded that optimizing warehouse processes and implementing standardized solutions improved the efficiency of operations at Pelltech OÜ. The findings serve as a practical framework for addressing similar challenges in other organizations looking to streamline their warehouse processes.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] „Varude haldamise juhend tootjatele (2023)“, MRPeasy. Vaadatud: 9. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://www.mrpeasy.com/et/varude-haldamine/>
- [2] J. Singh, „CONCEPTS OF INVENTORY AND RELATED TECHNICAL TERMINOLOGIES: A LITERATURE REVIEW“, kd 7, lk 1784–1796, aug 2022.
- [3] M. Muller, *Essentials of Inventory Management*. Saranac Lake, UNITED STATES: Amacom, 2002. Vaadatud: 20. oktoober 2024. [Online]. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/nlibee-ebooks/detail.action?docID=3001813>
- [4] J.-C. Munyaka Baraka ja S. Yadavalli, „Inventory management concepts and implementations: a systematic review“, *South Afr. J. Ind. Eng.*, kd Vol 33, No 2, lk 15–36, juuli 2022, doi: 10.7166/33-2-2527.
- [5] K. Roper, „7 Disadvantages of excess inventory“, EazyStock. Vaadatud: 20. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://www.eazystock.com/blog/the-disadvantages-of-excess-inventory/>
- [6] „ABC analüüs - lihtne ja tõhus kategoriseerimise meetod | Leanway“, Lean juhtimine praktikute abiga. Vaadatud: 20. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://leanway.ee/abc-analuus/>
- [7] „Mis on Pareto printsiip ja Pareto diagramm? | Leanway“, Lean juhtimine praktikute abiga. Vaadatud: 20. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://leanway.ee/pareto-printsiip-ja-pareto-diagramm/>
- [8] M. Faccio ja Y. Cohen, *Parts-feeding systems for assembly: Organisation, Logistics and Automation*. Bradford, UNITED KINGDOM: Emerald Publishing Limited, 2015. Vaadatud: 21. oktoober 2024. [Online]. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/nlibee-ebooks/detail.action?docID=2030573>
- [9] M. A. Corakci, „Kitting Systems in Lean Production | PDF | Lean Manufacturing | Warehouse“, Scribd. Vaadatud: 21. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://www.scribd.com/document/48160481/Kitting-Systems-in-Lean-Production>
- [10] M. Kuuse, „Kitting - Benefits, Examples, and Best Practices“, Blog for Manufacturers and Distributors. Vaadatud: 21. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://www.mrpeasy.com/blog/kitting/>
- [11] SSSAdmin, „Principles of a Warehouse Design“, Stein Service & Supply. Vaadatud: 29. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://steinservicesupply.com/blog/warehouse-design/principles-of-warehouse-design/>
- [12] P. Senkus, G. Waldemar, A. Senkus, ja A. Panka, „Process Definitions - Critical Literature Review“, *Eur. Res. Stud. J.*, kd XXIV, lk 241–255, aug 2021, doi: 10.35808/ersj/2352.

- [13] „The Complete Guide of Business Processes“. Vaadatud: 19. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://flokzu.com/bpm/the-complete-guide-of-business-processes/>
- [14] N. Nurlankyzy, „Business Process as the Basis of the Process Approach in Enterprise Management“, *Int. J. Eng. Manag. Res.*, kd 9, lk 166–170, apr 2019, doi: 10.31033/ijemr.9.2.22.
- [15] S. Shazia, „Role of Business Process Optimization in an Organization“, 30. detsember 2023, *Rochester, NY*: 4679827. doi: 10.2139/ssrn.4679827.
- [16] „Flowchart Symbols“. Vaadatud: 19. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://www.smartdraw.com/flowchart/flowchart-symbols.htm>
- [17] „7 Wastes of Lean: How to Optimize Resources | Businessmap“, Kanban Software for Agile Project Management. Vaadatud: 3. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://businessmap.io/lean-management/value-waste/7-wastes-of-lean>
- [18] „The 8 Wastes of Lean“, *The Lean Way*. Vaadatud: 6. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://theleanway.net/The-8-Wastes-of-Lean>
- [19] „9 Wastes of Lean Manufacturing“, *Tulip*. Vaadatud: 6. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://tulip.co/blog/9-wastes-of-lean-manufacturing/>
- [20] C. Martins, „Waste elimination: Muda, Mura, Muri | KAIZEN™ Article“. Vaadatud: 7. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://kaizen.com/insights/muda-mura-mudi/>
- [21] S. Vinodh, *Lean Manufacturing: Fundamentals, Tools, Approaches, and Industry 4.0 Integration*. Milton, UNITED KINGDOM: Taylor & Francis Group, 2022. Vaadatud: 7. oktoober 2024. [Online]. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/nlibee-ebooks/detail.action?docID=7047893>
- [22] E. A. Cudney, *Using Hoshin Kanri to Improve the Value Stream*. Oxford, UNITED KINGDOM: Productivity Press, 2009. Vaadatud: 8. oktoober 2024. [Online]. Available at: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/nlibee-ebooks/detail.action?docID=427034>
- [23] „5S: Methodology, Steps, & Benefits | Lean Production“. Vaadatud: 8. oktoober 2024. [Online]. Available at: <https://www.leanproduction.com/5s/>
- [24] d-Systems, „Pelltech OÜ (11259882)“. Vaadatud: 2. november 2024. [Online]. Available at: <https://www.teatmik.ee/et/personlegal/11259882-Pelltech-OÜ>