

Enn Kuldjärv

**TOOTMISE PLANEERIMISE PROTSESSI
ANALÜÜS JA EDENDAMINE
RAKENDADES PARENDUSPROJEKTE
ETTEVÕTTE HARJU ELEKTER AS NÄITEL**

LÕPUTÖÖ

Tehnoloogia ja ringmajanduse instituut
Tootmise juhtimine ja digitaliseerimine
Juhendajad: Ruslan Raid, Jaak Lavin

Tallinn 2025

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Enn Kuldjärv

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

Tootmise planeerimise protsessi analüüs ja edendamine rakendades parendusprojekte
ettevõtte Harju Elekter AS 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, Enn Kuldjärv

tõendan/tõendame, et lõputöö on minu/meie 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 Ruslan Raid

Töö vastab lõputööle esitatavatele nõuetele.

(allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud instituudi direktori korraldusega.

(allkirjastatud digitaalselt) (kuupäevad digiallkirjades)

SISUKORD

SISSEJUHATUS	4
1 ETTEVÕTTE PROTSESSIDE HALDUS	6
2 TOOTMISE PLANEERIMINE	7
2.1 Digitaliseeritud planeerimissüsteemid	7
2.1.1 MRP I, MRP II ja ERP.....	8
2.1.2 Digitaliseerimine.....	11
3 UURIMISSTRATEEGIA JA -MEETOD	12
3.1 Kalaluudiagramm	12
3.2 Kulusäästlik tootmine	14
3.2.1 Kaizen.....	15
3.2.2 5 Miksi	16
4 ETTEVÕTTE HARJU ELEKTER AS TUTVUSTUS.....	17
4.1 Harju Elekter AS põhiprotsessid	17
5 TOOTMISE PLANEERIMISE PROTSESSI ÜLEVAADE	19
5.1 Tootmise planeerimise tarkvaralised lahendused	19
5.1.1 ERP Monitor	19
5.1.2 Microsoft Excel	19
5.2 Tootmise planeerimise protsess	19
6 TOOTMISE PLANEERIMISPROTSESSI ANALÜÜS	21
6.1 Efektiivsust pärsvivad faktorid	24
6.2 Parendusettepanek.....	25
6.3 Parendusprojekt.....	27
6.4 Töö tulemus	30
KOKKUVÕTE	32
SUMMARY.....	34
VIIDATUD ALLIKAD.....	36
Lisa 1. Tootmise planeerija töödeväljastamise protsessi ülevaade.....	37
Lisa 2. Tellimuspõhise tootmise tellimuse väljastamine.....	38
Lisa 3. Kalaluudiagramm	39
Lisa 4. Juurpõhjuse leidmine rakendades 5 Miks meetodit.....	40
Lisa 5. Tootmistellimusel ühe rea muutmisele kuluv aeg sekundites	41
Lisa 6 Tootmistellimuse käitlemine.....	42

SISSEJUHATUS

Seoses kiirenenud digitaalse arenguga, peavad ettevõtted olema valmis muudatusteks, et konkureerida teiste ettevõtetega. Sellest tulenevalt peavad ettevõtte sisesed protsessid olema viimistletud nii, et toote või teenuse valmimiseks eraldub minimaalses koguses raiskamist. Protsesside ebaefektiivne töökäik kerkib esile suurenenud töömahust, mis on tingitud nõudluse kasvust. Käesolev uurimistöö on koostatud selleks, et selgitada välja kitsaskohad tootmisplaneerimises ja vähendada ebaefektiivset töökäiku rahvusvaheliselt tuntud ettevõttes Harju Elekter AS.

Ettevõtte Harju Elekter AS on 55-aastase kogemusega rahvusvaheline tööstuskontsern, mis panustab säästlike ja uuenduslike elektrijaotuslahendustega aktiivselt kestlikumasse ühiskonda. Ettevõtte projekteerib ja toodab elektriseadmeid energeetika-, tööstus- ja taristuettevõtetele ning avalikele ja ärihoonetele. [1]

Ettevõtte on seadistatud oma üheks eesmärgiks vähendada raiskamist ning on andnud korraldused, et iga osakond peab looma raiskamist likvideerivaid parendusprojekte. Parendusprojektid ei pea olema seotud igapäevatöö protsessidega, kuid see on soovituslik, sest mida tõhusam on töövoog, seda vähem probleeme tootmises esineb. Harju Elekter kaasab töökeskkonna parendamisel oma töölisi olenemata nende tööpositsioonist. Töökoormuse suurenemise tõttu ei ole tootmise planeerimise osakond olnud võimeline mainitud eesmärgi täitmisel osaleda. Käesoleva lõputöö eesmärk on kaardistada ja analüüsida, kuidas tõsta töö efektiivsust ning viia ellu parendusprojekt. Lõputöö autor on seadnud eesmärgiks:

- kaardistada Harju Elekter AS tootmise planeerimise protsess;
- leida protsessis esinevaid efektiivsust pärsvaid faktoreid;
- koostada parendusprojekt, tõstmaks tootmise planeerimise efektiivsust.

Käesolev lõputöö on koostatud kuues osas. Esimeses peatükis kirjeldatakse põgusalt, mis on ettevõtte protsesside haldus ehk kuidas ettevõtted arenevad ja on sunnitud oma protsesse järjepidevalt muutma automaatsemaks ja digitaliseeritumaks. Teises peatükis tutvustatakse tootmise planeerimist ning antakse ülevaade digitaliseeritud planeerimissüsteemist kui ka digitaliseerimisest. Kolmandas peatükis kajastatakse uurimisstrateegiaid ja -meetodit, mis tutvustab kasutatud tehnikaid lõputöö eesmärkide saavutamiseks. Neljandas peatükis tutvustatakse ettevõtet Harju Elekter AS ning sealseid põhiprotsesse. Viiendas peatükis kirjeldatakse ettevõtte tootmise planeerimise protsessi. Tuuakse välja missuguseid tarkvaralisi lahendusi tootmise planeerijad kasutavad ning mis otstarbel miskit rakendatakse.

Tootmise planeerimise protsessi ülevaates on võimalik tuvastada potentsiaalseid efektiivsust pärsvaid faktoreid, mis on lõputöö peamine eesmärk. Kuuendas peatükis koostatakse planeerimis protsessi analüüs, kirjeldatakse uurimistulemusi ning esitatakse võimalikud lahendused esinenud probleemidele. Töö lõpus koostab töö autor, eelõpitud teadmisi rakendades, planeerimisprotsessis parendusprojekti, mille eesmärgiks on tõsta tootmise planeeriija igapäevatöö efektiivsust.

1 ETTEVÕTTE PROTSESSIDE HALDUS

Äriprotsesside juhtimine (BPM) valdkonnas kasutavad ettevõtted mitmeid vahendeid, näiteks tarkvara ja strateegiaid, et parandada, mõõta, optimeerida ja automatiseerida äriprotsesside toimimist. See viitab tööprotsesside üldisele juhtimisele. Äriprotsesside juhtimine parandab pidevalt protsesse ja ühtlustab funktsioone, mis hõlmavad äri, IT-süsteeme, manuaalseid ülesandeid ja teavet. Samuti loob see väärtust nii ettevõtte kui ka IT-valdkonna seisukohast, eemaldades fikseeritud protsessiloogetika kohandatud rakendustest, et suurendada olemasolevate rakenduste ja lahenduste ärilist väärtust ning automatiseerib ja integreerib see ärikriitilisi protsesse, et suurendada ettevõtte kohanemisvõimet ja kulutasuvust. Tehnilisest vaatenurgast vähendab äriprotsesside haldamine rakenduste suurust, keerukust ja kulusid. [2], [3]

Ettevõtete arenemisvõimaluste tulemusel areneb ka äriprotsesside juhtimine. Tänu 20. sajandil välja töötatud metoodika Lean Six Sigmale on ettevõtted keskendunud füüsilistele varadele ja tarneahelatele. Nende ulatuslike protsessi testimise üks peamisi punkte oli ettevõtte protsessi standardiseerimine ning muutuste ja kõrvalekallete vältimine. Samal ajal nõuavad nüüdisaja ettevõtted, mis keskenduvad teabele, teadmistega töötajatele ja intellektuaalomandile, protsesse, mis soodustavad ja julgustavad muutusi ja innovatsiooni. Need on täiesti erinevad protsessid, mis nõuavad täiesti erinevaid lähenemisviise. [2], [3]

Kontoritöö sisaldab hulganisti väärtust mitte loovat tööd, mis tõttu tuleb sealsed protsessid luua viisil, kus esineb võimalikult vähe raiskamist, hoides kokku kulutsi ja aega. Näidetena võib tuua tellimuste haldamise, nõuete lahendamise, teenuste osutamise ja garantiihalduse. Äritulemused keskenduvad neljale aspektile [2], [3]:

- efektiivsus,
- agiilsus,
- nõuetele vastavus,
- läbipaistvus.

Kuna ettevõtted suunduvad automatiseerimise ajastust digitaliseerimise ajastusse, on äriprotsesside muudatuste alused liikunud standardiseerimisest ja tegevuse tõhususest, kiiresti muutuvate äriliste eesmärkide ja mittestandardsete tulemuste toetamise suunas. Tänapäeva tiheda konkurentsiiga turul võistledes tuleb ettevõtte juhtimisel rakendada strateegiaid, mis hoiavad fookuses innovaativsust ja uuenduslikkust. [2], [3]

2 TOOTMISE PLANEERIMINE

Tootmise planeerimine on strateegiline protsess, kus võetakse arvesse kõiki võimalikke tegureid, mis tootmises võib ette tulla enne toodete tootmisse laskmist. Tootmise planeerimise põhitõed aitavad omandada rohkem kontrolli tootmise üle ning saavutada maksimaalne efektiivsus tootmisprotsessis. Tüüpiliselt hõlmab tootmise planeerimine tootmisplaani koostamist ja selle järgimist. Tootmisplaani on detailne dokument või metoodika kirjeldades tootmise võtmekohti. See sisaldab kõiki vajalikke andmeid, mida eesootav tootmise protsess nõuab. Tootmisplaani koosneb põhilisest tootmisega seonduvatest aspektidest, seal hulgas näiteks kui suur on tootmis- ja tööjõumaht, töötajate graafikud, tootmise prioriteedid, tööpositsiooni asukohad, toormaterjal, tööriistad ning ladu ja kuidas see opereerib. [4]

Ajalooliselt oli tootmise planeerimise tekkel ainuüksi suurettevõtted võimalised looma põhjalikku tootmisplaani ja selle planeerimist. Tänu tehnoloogia arengule ja teadmiste laienemisele on põhjalik tootmise planeerimine muutunud üha tavapärasemaks osaks tootmisprotsessist. Sellest tulenevalt on hästi loodud tootmistsükkel muutunud väga kriitiliseks, olenemata ettevõtte suurusest. [4]

Tootmisohje tähendab, et antud hetkel toimivatest töö- ja tootmisprotsessidest tervikuna on olemas korralik ülevaade reaalsust. Samuti on teave varude liikumise ja staatuse kohta kiiresti ja hõlpsasti kättesaadav. Tootmise tõhusust võib käsitleda kui suunatud jõupingutust, mille abil viiakse tootmismahud kooskõlasse nõudlusega, optimeerides üld- ja tootmiskulusid, vähendatakse raiskamist ja lühendatakse tootmisaega. [4]

Tootmisettevõtete kasumlikkust ja üldist edukust aitab saavutada kulusäästlike strateegiate elluviimine ning kliendirahulolule tähelepanu pööramine. Oluline on tagada, et pakutav kaup või teenus jõuaks klientideni õigeaegselt. Tootmise planeerimine aitab ettevõtetel eelmainitud saavutada. Planeerimisega kaardistatakse kõik protsessid, alustades töö mahu analüüsist, mille käigus hinnatakse vajadusi toormaterjali, tööressurssi ja tööstustehnoloogia järel. [5]

2.1 Digitaliseeritud planeerimissüsteemid

Tänapäeva tootmisettevõtted kasutavad tootmise planeerimisel erinevaid lahendusi. Kõige populaarsemad ja sagedamini kasutatavad lahendused on materjalivajaduse planeerimine (MRP), mida üldjuhul kasutavad väiksemad ettevõtted, tootmisressursside planeerimine (MRP II), mida kasutavad keskmise suurusega ettevõtted ning kõige levinumaks tootmise planeerimise viisiks on ettevõtte ressursside planeerimise süsteem (ERP), mida kasutavad

keskmised ja suuremad ettevõtted. Antud süsteemid ei ole pelgalt ressursside planeerimine, vaid protsesside peamiseks ülesanneteks on informatsiooni integreerimine ettevõtte erinevate üksuste vahel. [6, pp. 11–12]

Tänapäeva tootmisettevõtted kasutavad tootmise planeerimisel erinevaid lahendusi. Kõige populaarsemad ja sagedamini kasutatavad lahendused on materjalivajaduse planeerimine (MRP), mida üldjuhul kasutavad väiksemad ettevõtted, tootmisressursside planeerimine (MRP II), mida kasutavad keskmise suurusega ettevõtted ning kõige levinumaks tootmise planeerimise viisiks on ettevõtte ressursside planeerimise süsteem (ERP), mida kasutavad keskmised ja suuremad ettevõtted. Antud süsteemid ei ole pelgalt ressursside planeerimine, vaid protsesside peamiseks ülesanneteks on informatsiooni integreerimine ettevõtte erinevate üksuste vahel. [7]

2.1.1 MRP I, MRP II ja ERP

MRP I keskendub materjalivajaduse planeerimisele, arvutab tellimuste jaoks vajamineva tooraine ja komponentide arvu. See teostab organiseeritud varude haldamist ja materjalide arvet ning koostab detailse tootmisgraafiku, mida ettevõtte kasutab konkreetse toote valmistamiseks. MRP I süsteem kasutab ettevõtte varasematest kogemustest saadud teavet, et määrata kindlaks tootmisprotsessi vajadused. MRP II on tehniliselt keerulisem süsteem, sest lisaks eelmainitud MRP I funktsioonide täitmisele koostab MRP II ka plaane tootmisvõimekusest, töö edenemise aruandeid, ressurssiplaane, partiidokumente, müügitellimusi kui ka kuluarvestusi. MRP I on üldjuhul kasutatud väikestes kuni keskmise suurusega ettevõtetes, kuid MRP II on võimekam ja tõhusam, mille tõttu vastavalt ettevõtte vajadusele võidakse pigem MRP II süsteemi eelistada. [8]

MRP I järgib erinevaid protsesse, et tagada tootmisele täpsed kogused toormaterjali ja komponente, et tagada seatud eesmärkide edukas saavutamine. Materjalinõuete planeerimisel võetakse arvesse ka turusuundumusi, et olla valmis nõudluse kasvuks või selleks, millal lõpetada ostmise, kui varud langevad. Selle saavutamiseks järgib MRP I järgmisi menetlusi [8]:

- Esimese sammuna arvutab süsteem välja vajaliku materjali koguse vastavalt nõudlusele. Seejärel prognoosib MRP I toorained, mida ettevõtte vajab tellimuse valmistamiseks, võttes arvesse ka ostutellimuse ja kliendi spetsifikatsioone.
- MRP I süsteem on abiks varude haldamisel, läbi materjalivajaduste planeerimise jagunevad varud õigesse kohta. Oletame, et ettevõttel on mitu tegevuskohta ja ressursse erinevates valdkondades, sellisel juhul dikteerib MRP, kuhu tooraine ja komponendid

tuleks paigutada, et vältida kitsaskohti tootmises ja muuta tootmisprotsess paindlikumaks. Lisaks on võimalik jälgida ressursside staatust ja näha, millised ressursid on teel või juba tellitud.

- Jälgib protsesse, kus MRP hoiatab viivituste korral ja loob vajadusel situatsiooniplaane.

MRP I ja MRP II loetakse ettevõtte ressursside planeerimise otseseks eelkäijateks. ERP on loodud, lisaks MRP I ja II funktsioonidele, toetamaks ettevõtte teisi põhifunktsioone, nagu tarneahela juhtimine, turundus, inimressursid ja raamatupidamine. Ettevõtte saab integreerida MRP-süsteemid ERP-süsteemiga, et saavutada suurem ülevaade infovoogudest ja parem kontroll tootmisprotsessi üle, tuvastada võimalikud kitsaskohad ja hoolitseda varude taseme eest. ERP on suurettevõtete jaoks hädavajalik, sest see tarkvara võimaldab tsentraliseerida ja ühtlustada erinevaid tootmisprotsesse ning jagada läbipaistvamat teavet erinevate osakondade kohta. [8]

ERP süsteemi kasutatakse laialdaselt mitmetes erinevates valdkondades ning on kasutusel nii suuremates kui ka väiksemates ettevõtetes. Sõltumata tööstusharust pakuvad ERP-süsteemid ettevõtetele tugevaid finants- ja raamatupidamisaruandlusvõimalusi. Samuti automatiseerivad nad tasumisele kuuluvaid arveid, arveldusi ja põhivara haldamist. Paljud ülemaailmsed ettevõtted kasutavad ERP-lahendusi, et pakkuda ühtset ülevaadet projektide seisust, varudest, finantsidest ja äriprotsessidest mitmes tüarettevõttes ja geograafilises piirkonnas. [9]

ERP-süsteemid pakuvad väärtuslikke eeliseid ettevõtetele, mis hõlmavad erinevaid tööstusharusid. Järgnev loetelu tõstab esile, kuidas ERP-süsteemid lahendavad konkreetsete tööstusharude probleeme [9]:

- Konsultatsioonifirmad saavad kasutada ERP-süsteemi, et luua tsentraliseeritud arvestussüsteemi mitte ainult finantsaruandluse, vaid ka projektijuhtimise, ressursside juhtimise ja kasutamise ning rahavoogude juhtimise suunamiseks. ERP võib lihtsustada ka mobiilsete kulude haldamise ja heakskiitmisprotsesside automatiseerimist välitöödel osalevate konsultantide jaoks ning hõlbustada ärikriitiliste dokumentide ja intellektuaalse omandi jagamist. Mis kõige tähtsam, ERP võimaldab konsultatsioonifirmadel teha andmepõhiseid otsuseid personalivaliku kohta, et optimeerida õigete oskuste paigutamist õigetes projektidesse, minimeerides kallite teadmispõhiste töötajate tööaega.
- Finantsteenuseid pakkuvatelt ettevõtetelt oodatakse ranget läbipaistvust nende finants- ja äritegevuse osas, seega on ERP-tehnoloogia just selle tööstusharu jaoks ilmselgelt sobiv. Finantsteenuste ettevõtted toetuvad ERP-süsteemidele, et tagada

tugev kontroll raamatupidamisprotsesside üle, samuti parimad aruandlusvõimalused, mis aitavad neil ettevõtetel olla vastavuses audiitoritega, kes pingsalt jälgivad seda sektorit. Samal ajal annab ERP-tehnoloogia finantsteenuste ettevõtete juhtidele reaajas juurdepääsu peamistele tulemusnäitajatele (KPI), nagu protsesside tõhusus, andmete täpsus ning vastavus- ja riskijuhtimine, et nad saaksid oma äri kasvatada ja kliente tõhusamalt teenindada.

- Alates tootmise planeerimisest kuni varude haldamiseni ning finantsplaneerimisest kuni kulude optimeerimiseni aitab ERP tootjatel tõhusalt rakendada täiustatud tootmispõhimõtteid, nagu näiteks vähese tootmismahu ja täieliku kvaliteedijuhtimise põhimõtteid. ERP-süsteemid sobivad hästi tarneahela juhtimise, varude haldamise ja töövoogude juhtimise keerulise korraldamisega tegelemiseks, mida kaasaegsed tootjad vajavad.
- ERP-tarkvara aitab transpordi- ja logistikaetevõtetel liikuda digitaliseeritud tarneahela juhtimisel ühtse platvormi abil, mis sisaldab tarneahela iga osa. Kui transpordi- ja logistikaettevõtted migreerivad oma erinevad süsteemid, näiteks varude haldamise, laohalduse, jaotusvajaduse planeerimise, põhivara haldamise, finantsjuhtimise ja kliendisuhete haldamise (CRM), suudavad nad protsessid ühtlustada ja saavutada sünergia, mis parandab äritegevuse tulemuslikkust kogu ettevõttes. ERP-süsteemi integreeritud eelarvestamise ja prognoosimise abil saadud nähtavus annab otsuste tegemisele reaajas äriteabe. See annab transpordi- ja logistikajuhtidele ülevaate, et kohaneda kiiresti muutuvate turutingimustega ja säilitada kasv isegi majanduslike vastulööride või regulatiivse surve korral.

Käesolevas lõputöös käsitleb töö autor ettevõtte ressursside planeerimise süsteemi *Monitor*. Tegemist on standardse süsteemiga, kuid funktsionaalsuse laiendamiseks on sellel palju ruumi. Populaarseks osutunud ERP-süsteem võitis 2024. aasta parima ERP-süsteemi auhinna nii Rootsis kui ka Saksamaal. *Monitor* toetab integratsiooni paljude teiste süsteemidega mille hulka kuulub ka laserlõikurite pesatarkvara kui ka palgasüsteemi integreerimist. *Monitori* tarkvara ei toeta ainult arvuti, vaid võimaldab kõiki protsesse jälgida nii nutitelefonis kui ka tahvelarvutis. *Monitoriga* tuleb kaasa kuus erinevat moodulit, nendeks on [10]:

- Tootmismoodul – sisaldab kõike, mida vaja tootmise juhtimiseks selle planeerimiseks ja kontrolliks.
- Ostumoodul – antud moodul pakub tuge kogu ostuprotsessi vältel, alates päringutest, lõpetades võlgnevuste tuvastamisega.
- Müügimoodul – sisaldab kõiki klientide ja müügiga seotud funktsioone alates hinnapakumistest kuni müügireskontroni.

- Laomoodul – sisaldab varude kontrollimise, materjalide kontrollimise ja laovarude loendamise funktsioone.
- Aja raporteerimise moodul – antud moodul on mõeldud töölistele, mille tuumaks on salvestusterminal, kus töötajad registreerivad nii kohalviibimise kui ka töötamise aja.
- Raamatupidamise moodul – sisaldab endas võimalusi raamatupidamise haldamist ja kontrollimist.

2.1.2 Digitaliseerimine

Tootmise digitaliseerimine on lihtsustatult tootmisprotsesside digitaalruumi viimine. See hõlmab endas nii digitaalset andmekogumist ja andmetöötlust, tootmisprotsesside juhtimist tervikuna tööstustarkvara abil, ning tootmisprotsesside vähemal või suuremal määral automatiseerimist vähendades tootmises inimfaktorit. Uusimate tehnoloogiate integreerimine olemasolevatesse töövoogudesse ja -protsessidesse võimaldab suurendada tõhusust, paindlikkust ja üldist kasumlikkust. Samuti suurendab see töötajate rahulolu ja annab teie organisatsioonile enneolematuid võimalusi parema kliendikogemuse pakkumiseks. Tootmise digitaliseerimise peamiseks eesmärgiks on tänapäeval saavutamaks „tark tööstus“, kus erinevad tootmisseadmed suhtlevad omavahel, luues automatiseerituse. [11]

Digidiagnostika põhielemendiks on digitaliseerimine, kus uuritakse tootmise hetkeseisust ning võimalustest kuidas oleks võimalik muuta tootmist efektiivsemaks. Digidiagnostika rakendamiseks viiakse läbi digiauditeid, mille käigus selgub tootmise hetkeline digivõimekus ehk missugustes protsessietappides on võimalik rakendada digitaalseid lahendusi. Digidiagnostika tulemusena on võimalik koostada ettevõttele digitaliseerimise teekaart. Teekaardi eesmärk on anda ette konkreetsed sammud digitaliseerimisega alustamiseks ja jätkamiseks. [11]

3 UURIMISSTRATEEGIA JA -MEETOD

Tootmise planeerimise protsessi tõhusus on oluline ettevõtte edukuse ja jätkusuutlikuse saavutamises. Lõputöö autor peab oluliseks olemasolev protsess kirjeldada ning tuvastada efektiivsust pärsvaid faktoreid, millele on vaja leida lahendused. Selle eesmärgi saavutamiseks kasutatakse kvantitatiivseid uurimismeetodit.

Kvantitatiivne uurimismeetod on statistiline analüüs, rakendades erinevaid arvandmeid, leidmaks põhjuse ja tagajärje miks uuritav olukord sedasi toimub ja missuguseid lahendusi selleks leidub. Kvantitatiivse uurimismeetodi käigus ei koguta uusi andmeid, vaid tegeletakse praktilise probleemi lahendamisega. [12, p. 55]

Tootmise planeerimise protsessi analüüs ning selle parendamine, on ettevõtete jaoks, kes soovivad vähendada raiskamist, võtmetähtsusega aspekt. Antud lõputöö autori seisukohalt, on oluline välja uurida tootmise planeerimise igapäevatööd pärsvad faktorid, et juurutada efektiivsem tootmise planeerimise protsess. Selle eesmärgi saavutamiseks kasutatakse tootmise põhimõtetel toimivaid raiskamist ennetavaid meetodeid, nagu *Kaizen*, 5 Miksi ning kvaliteedijuhtimise tööriista, millega on võimalik leida ja grupeerida soovitud faktoreid.

Kaizen on pideva parenduse eesmärgiga loodud filosoofia. Kalaluudiagramm ja 5 Miksi rakendatakse, et leida probleemide juurpõhjuseid ning leida lahendusi antud probleemidele. *Kaizenit* rakendatakse peale Kalaluudiagrammi- ja 5 Miksi rakendamist. Lahendamaks probleemidest tulenevaid algpõhjuseid, et samalaadseid probleeme enam ei esineks, tuleb rakendada pidevat parendust ehk *Kaizenit*. Kalaluudiagrammi ja 5 Miks filosoofia käigus ei võeta uurimise alla uusi andmeid, vaid viiakse läbi praktilise probleemi lahendamise protsess.

3.1 Kalaluudiagramm

Kalaluu diagramm on põhjuse ja tagajärje tuvastamise vahend, mis aitab välja selgitada protsessis esinevate defektide, variatsioonide või tõrgetega seotud põhjused. Teisisõnu aitab see esile tuua järjestikuste kihtide kaupa algpõhjused, mis potentsiaalselt aitavad kaasa mõju tekkimisele. Mõnikord nimetatakse seda ka Ishikawa diagrammiks või põhjus-tagajärg analüüsiks, kuid kalaluu diagramm on üks peamisi tööriistu, mida kasutatakse algpõhjuste analüüsis. [13]

Kalaluu diagramm, nagu nimigi ütleb, jäljendab kala skeletti. Põhiprobleem on paigutatud kala peana ja põhjused ulatuvad vasakule kui skeleti luud; ribad hargnevad seljast ja tähistavad

peamisi põhjuseid, samas kui alamharud hargnevad põhjustest ja tähistavad algpõhjuseid. Need põhjused jälgendavad kala skeleti luid. Kalaluu ehitus võib hargneda nii mitmele tasandile, kui on vaja põhiprobleemi põhjuste kindlaksmääramiseks. Kui seda kasutatakse tõhusalt, on kalaluudiagramm lihtne tööriist tõlgendamaks algpõhjuste analüüsi skeemina. Muud kalaluudiagrammi kasutamise eelised on järgmised [13], [14]:

- Kitsaskohtade tuvastamine: Kalakondiagrammi abil saab visuaalselt kaardistada oma äriprotsessi omavahelised sõltuvused, mis lihtsustab kitsaskohtade tuvastamist. Koos andmeanalüüsi vahenditega aitavad kalasambad diagrammid saada põhjalikumalt teavet tegevuse ebaefektiivsuse kohta.
- Tuleb tegeleda korduvate probleemidega ja algpõhjused kõrvaldada: Probleemi algpõhjuse kindlakstegemine võimaldab lahendada probleemi selle allikast, vähendades sarnaste kitsaskohtade kordumise tõenäosust tulevikus. See omakorda soodustab äritegevuse püsivat stabiilsust ja tõhusust.
- Äristrateegia muutuste selge visualiseerimine: Kalaluudiagrammi rakendamine muudatuse mitme korduse kaudu võimaldab visualiseerida ja mõista selle muudatuse laiemat mõju omavahel seotud protsessidele.
- Suurem koostöö meeskondade vahel: Kalaluudiagrammid edendavad meeskonnaliikmete vahelist sünergia, pakkudes ajurünnakute lahenduste leidmiseks vahendit. Koostööpõhine lähenemisviis tagab, et kõik annavad oma panuse, mis toob kaasa põhjalikuma arusaamise aluseks olevatest äriküsimustest.

Oluline on märkida eeliseid ja puudusi, mis võivad ilmned selle algpõhjuste analüüsi vahendi kasutamisel. Eelised lähevad vastavalt diagrammi eesmärgile ja meetodile [14]:

- Aitab tuvastada põhjuse ja tagajärje seoseid aluseks olevate probleemidega.
- Aidata hõlbustada ühiseid ajurünnakuid.
- Ajurünnaku protsess julgustab laiapõhjalist mõtlemist, hoides meeskonnad ära piiratud mõttemustritest.
- Protsess, mille käigus küsitakse igas etapis korduvalt, miks midagi juhtus, aitab jõuda ühe või mitme juurpõhjuseni.
- Aitab seada olulised põhjused tähtsuse järjekorda, nii et esmalt tegeletakse algpõhjustega.
- Ajurünnaku protsess võib toota ebaolulisi potentsiaalseid põhjuseid koos asjakohaste põhjustega, mis võib põhjustada segadust ja ajaraiskamist.
- Diagrammid, millel on mitu tegurit, võivad põhjustada segadust, mida on liiga raske kalasabadiagrammil kuvada.

3.2 Kulusäästlik tootmine

Kulusäästlik tootmine ehk *Lean* tootmine on 20. sajandi keskpaigas väljakujunenud kontseptsioon, mis tuleneb Toyota tootmissüsteemidest, näitamaks efektiivset tootmist. See tugineb filosoofial, mille kohaselt määratletakse väärtus kliendi vaatenurgast ja pidevalt täiustatakse ettevõtte siseseid protsesse. Selle fookus on välistada protsessides esinevaid ressursside kasutamise viise, mis ei aita kaasa eesmärgi saavutamisele. Kulusäästliku tootmise visiooniks on pakkuda kliendile täiuslikku väärtust, mida on võimalik saavutada täiusliku protsessi abil ning mis ei tekita raiskamist. Seda kõike saab saavutada kui ettevõtte annab igale töötajale võimaluse oma potentsiaali täielikult ära kasutada ning motiveerida kõiki töötajaid töötamaks ühe kindla eesmärgi nimel. [15], [16]

Võimaluste andmise eesmärk on tekitada inimestes kuuluvustunnet ja tundmaks, et nendega arvestatakse. Lõppkliendi jaoks tähendab kulusäästlik tootmine väärtuse maksimeerimist, kuid samaaegselt minimeerides protsessidest tulenevat raiskamist. Raiskamist likvideeriva tootmise eesmärgiks on maksimeerida inimpotentsiaali, andes töötajatele võimaluse oma tööd pidevalt täiustada. Kulusäästliku tootmise kontseptsiooni rakendajad hõlbustavad selle eesmärgi saavutamiseks probleemide lahendamiste koolituste kaudu. Need aitavad töötajatel professionaalselt kui ka isiklikult areneda, andes võimalusel neil oma töö üle uhkust tunda. [15], [16]

Kulusäästlike põhimõtteid tutvustati esmakordselt raamatus nimega „*The Machine That Changed the World*”. Antud raamatu autorid õppisid tundma mitmeid erinevaid tootmissüsteeme ning kirjutasid raamatu *Toyotas* tehtud vaatluste põhjal. Autorid tõid välja järgnevad põhimõtted [15]:

- Vaja luua tootegrupid, kus on väljatoodud lõppkliendilt saadud väärtused.
- Tuvastada iga tootegrupi väärtusvoo etapid, võimalusel välistada need etapid, mis väärtust ei loo.
- Luua süsteem, kus väärtusloovad etapid oleksid järjestatud üksteise järel, et toode liiguks sujuvalt kliendi suunas.
- Väärtusvoo olemasoluga, lubada kliendil tellida järgmistes tootegruppides oma soovitud tarnega.
- Väärtuste täpsustamisel tuvastatakse vajalikud väärtust loovad toimingud ja eemaldatakse raiskamist nõudvad etapid. Sellele järgneb ühi tüki voo ja töö liikumise tõmbava süsteemi integreerimine. Järgnevalt alustab protsess algusest peale tuvastamaks uusi raiskamist tekitavaid faktoreid ning nende likvideerimist.

3.2.1 Kaizen

Kaizen on elu- ja töömõttelaadi filosoofia, mis julgustab pidevat täiustamist, kaasates töötajaid ettevõtte kõigil tasanditelt, alustades kõige madalamalt kuni juhtideni välja. Sõna *kaizen* tõlgitakse sageli kui "muutuda paremuse poole". *Kaizeni* mõistet võib kasutada mitmel moel. Tihti kasutatakse *kaizenit* kui soovitakse oma töökeskkonda muuta turvalisemaks, ergonomilisemaks ja efektiivsemaks. Samuti kasutatakse kui soovitakse protsesse tõhusamaks muuta. Tänapäeval on ettevõtetes *kaizeni* levik väga populaarne, kus paljud ettevõtted üle maailma ühel või teisel kujul rakendavad oma protsessides või töökeskkonnas *kaizenit*. *Kaizeni* eesmärk on viia läbi väikeseid muudatusi teatud aja tagant, et tekiks pidev parendamine. *Kaizeni* protsessi põhilisi tunnuseid on kulmuleeritud tulemused annavad pikas perspektiivis rohkem mõju, kui suured muudatused pikema intervallide tagant. [17]

Kaizeni kohaselt võib parendusi alatatada iga töötaja igal ajahetkel. Põhjuseks miks antud meetod on kogunud populaarsust seisneb selles, et kõik töötajad on ettevõtte edus kaasatud ja kõik peaksid igal ajal panustama, et aidata tõsta ettevõtte ärikasumit. Selle tõttu on paljud ettevõtted üle maailma proovinud võtta *kaizeni* kontseptsiooni kasutusele, kuid vähesed õnnestuvad tõhusalt ära kasutada selle põhitõdesid. Kõige tuntum näide on autotootja Toyota, kes on oma organisatsioonis pikalt kasutanud *kaizenit* ja kirjeldab seda kui üht oma põhiväärtust. Oma tootmissüsteemi täiustamiseks julgustab Toyota kõiki töötajaid leidma potentsiaalseid parendusvaldkondi ja looma elujõulisi lahendusi. [17]

Kaizeni tugevus seisneb töötajate ja juhtkonna koostöös. *Kaizen* sotsiaalsüsteemis julgustatakse kõiki töötajaid panustama parendusettepanekutega ning osalema käimasolevates raiskamise kõrvaldamise aruteludes ja analüüsides. Osakondadevahelised meeskonnad – sealhulgas tootmis-, juhtkonna või raamatupidamise liikmed – aitavad kaasa objektiivsete parendusettepanekute tegemisele. [17]

Andes töötajatele rohkem kontrolli, luba loovalt mõelda ja paremini tunnetada oma kohta suuremas organisatsioonis, suudab *kaizen* kõrvaldada sellised takistused nagu [17]:

- ebastabiilsus protsessides,
- töötajate kaasatuse puudumine,
- füüsiline ja isiklik ohutus,
- puudused oskustes,
- seiskunud parendusalgatused.

3.2.2 5 Miksi

5 Miks kontseptsiooni rakendatakse probleemi ilmnemisel. 5 miksi on probleemilahendustehnika, mis on loodud selleks, et aidata ettevõtetel välja selgitada probleemi juurpõhjus. Vastus igale täiendavale miks küsimusele aitab meeskondadel põhjalikumalt süveneda probleemi olemusele, kuniks saab selgeks nii probleemi allikas kui ka lahendus. Antud meetod võib sageli olla abiks erinevate valdkondade tõrkeotsingutel, näiteks tootekvaliteet, töörahulolust tingitud probleemide lahendamine, kvaliteedikontroll või protsessi täiustamine. 5 Miksi kasutatakse lihtsamate probleemide esinemisel kuna tegemist on lihtsa formaadiga, kus ei saa väga detailseks minna. 5 Miksi kontseptsiooni sootuks valitakse kui suudetakse lahendatav probleem detailselt ära määratleda. [18]

Lõppeesmärk on tuvastada probleemi juurpõhjus ning rakendada erinevaid meetmeid probleemide lahendamiseks, et samalaadi probleemi enam ei esineks. See mitte ainult ei loo pidevaid täiustamisvõimalusi meeskonnaliikmete tasemel, vaid annab ka meeskondadele kindlustunde, et nad suudavad probleeme lahendada täiustatud protsesside ja järkjärguliste lahendustega. [18]

4 ETTEVÖTTE HARJU ELEKTER AS TUTVUSTUS

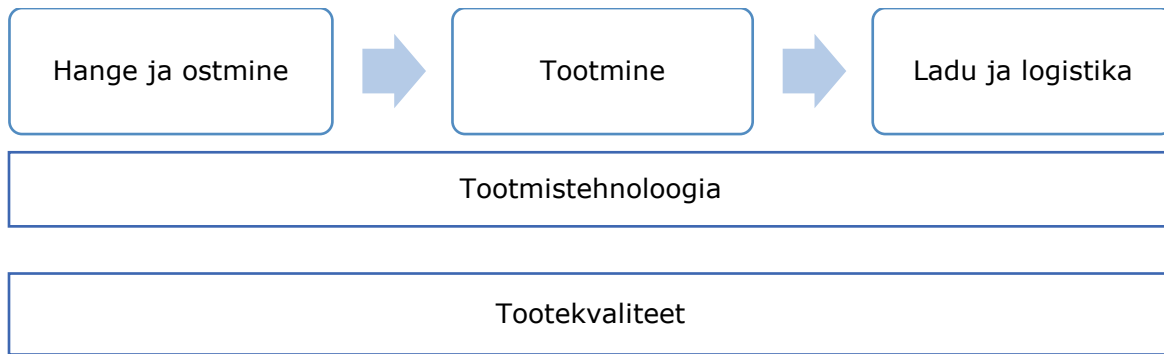
Harju Elekter on kontsernettevõtte kuhu kuulub neli ettevõtet, millest kolm on tütarettevõttes ning asuvad Soomes, Rootsis ja Leedus. Emaettevõtte Harju Elekter AS asub Keilas. Kombineeritud töötab kontsernis ligi 1 000 spetsialisti, millest 335 töötab emaettevõttes. Harju Elekter tegeleb erinevate kesk- ja madalpinge ala- ning jaotusjaamade tootmise ning koostamisega. Tooteportfelli kuuluvad järgmised seitse tootegruppi: „Tehasetootelised komplektalajaamad, liitumis- ja transiitklbid, keskpinge jaotus- ja liitumispunktid, päikeseparkide alajaamad, tehasetootelised jaotusjaamad, madalpinge jaotusseadmed ning lehtmetailitooted.“ Harju Elekter AS on tegutsenud 53 aastat ning peamine turg on väljaspool Eestit. Seoses rohepöördega on ettevõtte üha rohkem keskendunud süsinikjalajälje ja tootmisprotsessis raiskamise kahandamisega.

Harju Elekter AS saavutas aastal 2023 aegade kõige tulusama majandusaasta. Tootmismahust oli märgata, et tootmise planeerimises esines mitmeid igapäevatööd pärstvaid faktoreid, et antud nõudlusega järke pidada. Tootmine tänapäeval muutub üha rohkem automatiseeritumaks, mille tõttu tuleb igas tarneahela etapis elimineerida efektiivsust pärstvaid faktoreid, et samaväärsed või suuremad nõudlused ei koormaks tootmist.

Harju Elekter AS töö kulgeb kahes tehases. Peahoones viiakse läbi madalpinge kui ka keskpinge koostamist ja kõrvalhoones, detailide tootmist. Peahoones tegutseb kolm planeerijat ja kõrvalhoones kaks planeerijat ning antud töö rõhk on suunatud kõrvalhoone tootmise planeerija efektiivsuse tõstmisel, sest lõputöö autori praktika viidi läbi metalli tootmises.

4.1 Harju Elekter AS põhiprotsessid

Ettevõtte Harju Elekter tootmisprotsess on jaotatud suuresti madalpinge ja keskpinge toodete tootmiseks ja koostamiseks, mille pikk tarneaeg nõuab hoolikat planeerimist. Tellimuse saabumisel algab protsess lõpliku tarne sätestamisega ja sellest tulenevalt pooltoodete tootmisega millele järgneb kogu komplekti koostamine, et need oleks valmis kliendile saatmiseks. (Joonis 1)



Joonis 1. Ettevõtte tarneahel [autori koostatud]

Iga tarneahela etapp hõlmab endas mitmeid erinevaid tootmiseplaneerimise etapist tulenevaid tegevusi. Lähtudes ERP võimekusest ning õigesti ülesehitatud materjalinõuete loendist (BOM), näitab igale teisele osakonnale automaatselt millal miskit tuleb tellida, millal tuleb tööd alustada või millal peab valmis saama. Autori eesmärk antud lõputöös on keskenduda tootmise planeerimise protsessile, leidmaks efektiivsust pärsivaid faktoreid, mis takistavad tootmise efektiivset organiseerimist.

Harju Elekter AS eesmärk on tuua *kaizen* põhimõtteid oma tootmisesse, kus iga töötaja, nii tootmis- kui ka kontoritöötaja saavad kogu parendusega kaasas käia ja omaltpoolt panustada. Selleks on loodud igale osakonnale rahaline kui ka numbriline eesmärk loomaks raiskamist likvideerivaid projekte. Aasta eesmärgid on jagatud ära kvartaalselt, et oleks parem ülevaade töötajatel kui ka juhtkonnal.

5 TOOTMISE PLANEERIMISE PROTSESSI ÜLEVAADE

5.1 Tootmise planeerimise tarkvaralised lahendused

Lõputöö autor viis läbi lihtsustatud digiauditi, mille tulemusena sai selgeks missuguseid tarkavalisi lahendusi kasutab ettevõtte Harju Elekter AS tootmise planeerimine oma igapäevatöös. Saadud tulemist leiti, et tootmise planeerijad kasutavad oma igapäevatöös peamiselt kahte tarkvaralist lahendust. Igapäevased tööülesanded lahendab ära ettevõtte ressursside planeerimise süsteem *Monitor* ja vajadusel filtreerida, kombineerida koosluseid või teisaldada kliendipoolsed oodatavad nõudluse tabelid ettevõtte tootekategooriateks, kasutatakse lisaks ka *Microsoft Excel*-it.

5.1.1 ERP Monitor

Monitor on Harju Elektri tootmise planeerija igapäevane tööriist, kus tootmise planeerijad on omavahel tööülesanded ära jaotanud, et ei tekiks ühel planeerijad üleküllus. Kõrvalhoones tegutsevatest planeerijatest on vanem- ja tootmise planeerija kelle ülesanneteks on müügitellimuste planeerimine ja nende jälgimine, komplektalajaamade töösse planeerimine ning jooksvate probleemidega tegelemine. Teine planeerija planeerib töösse erinevaid madalpinge-, projekt- kui ka tava tooteid ja nende jälgimisega, kuid samuti vastutab ka sisemiste mittevastavuste- ja ka koostamise osakonna toimumise eest.

5.1.2 Microsoft Excel

Tootmise planeerijad kasutavad Microsoft Excel tarkvara kui on soov analüüsida erinevaid tabeleid, kui ERP seda ei võimalda. Planeerijad kasutavad antud tarkvara kui tootel puudub materjalikulu või kaal. Kuna ERP süsteem ei suuda kõiki faili konverteerida vastavalt selleks, mida tootmise planeerijal vaja on, tehakse seda Excelis. Tihti klient saadab tellimused oma tootekoodidega, mis on planeerijate jaoks raskesti loetav, milleks loodi spetsiifiline excel fail, stootenimetuseks.

5.2 Tootmise planeerimise protsess

Antud lõputöös autor otsustas keskenduda metallitootmises töötavale kahele tootmise planeerija igapäevatööle. Fookusesse on võetud tootmistellimuste väljastamine ning sellega kaasnevad teemad, millele peab planeerija igapäevaselt tähelepanu pöörama. Tootmise

planeerijal on neli erinevat tootmistüüpi ja iga tüüp nõuab erinevaid toimetusi. Tootmistüübid jagunevad järgnevalt (Lisa 1):

- Tellimuse põhine tootmistüüp. Tuleb kontrollida kas antud toode või tooted nõuavad arvuti poolt juhitud tootmise protsessi (CAM) osakonna tuge või mitte, sõltuvalt sellest tuleb luua vastav tootmistellimus, muutes käsitsi operatsiooniread ja printida. Sellest järgnev samm on kui tellimus nõuab muudatusi, siis vaja see tootmistellimus viia CAM osakonda või kui muudatusi pole tarvis, siis saab edastada tootmisele.
- Päevaprogrammide tootmistellimused. Antud tootmistüübi väljastamisel suunduvad kõik tooted alati CAM osakonda. Selleks tuleb luua tootmistellimus ja käsitsi muuta operatsiooni- ja materjaliread, välja printida ning edasi toimetada CAM osakonda. CAM osakond teeb omad tegevused lõpuni, siis tuuakse tagasi planeerijatele üle kontrollimaks ning kui kõik sobib läheb edasi tootmisesse.
- Lattu toodetavad tooted. Esimene samm on luua tootmistellimus ning kontrollida kas CAM manuses on olemas vastav programm, mis kattub vajadustele ega nõua muudatusi, kui ja siis prindib nii tootmistellimuse kui ka programmi ja on valmis tootmiseks. Vastasel juhul muudetakse tootmistellimusel operatsiooniread, prinditakse ja viiakse CAM osakonda. Peale muudatuste rakendamist, tuuakse tagasi planeerijate juurde ning on valmis tootmiseks.
- Koostamise tootmistellimused. Antud tootmistüübil tuleb üle käia operatsiooniread, et kõik vastaks reaalsusele ning kontrollida alamdetailid. Tuleb kontrollida, kas detailid on laos olemas või toode on töösse antud, tellimuse või laojäägi puudumisel tuleb toode töösse anda.

6 TOOTMISE PLANEERIMISPROTSESSI ANALÜÜS

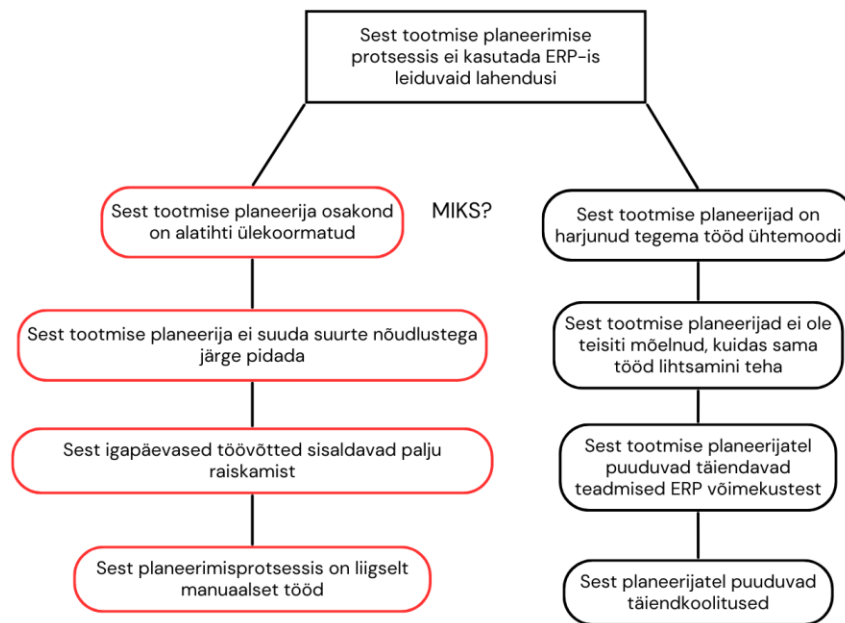
Tootmise planeerimine on aeganõudev protsess ning tehes seda ebaefektiivselt, võib see ettevõtte kasumlikkust suuresti mõjutada. Tootmise planeerija igapäevatöö efektiivsus on mõjutatud terve tootmise protsessist. Töö autor otsustas rakendada kalaluudiagrammi, leidmaks miks tootmise planeerija protsess ei ole tõhus. Analüüsidest loodud kalaluudiagrammi on märgata, et tootmise planeerimise protsessi tõhusust pärssivad valdkonnad on järgnevad (Lisa 3):

- tootmises kasutatav materjali hulk,
- igapäevased töövõtted,
- ettevõtte ressursside planeerimise süsteemist tulenevad probleemid,
- tootmises kasutatavad seadmed,
- teised osakonnad.

Kalaluudiagrammi probleemsete valdkondade valikust otsustas töö autor valida igapäevaste töövõtete analüüsimise, sest autor oli suuteline antud valdkonnas iseseisvalt muutma tootmise planeerija protsessi, tõstes selle efektiivsust. Antud otsuse puhul rakendas töö autor 5 Miks kontseptsiooni arusaamaks, miks igapäevased töövõtted pärssivad tootmise planeerimise efektiivsust. 5 Miks meetod loodi hierarhiliselt, püstitamaks kaks suunda ning nende alla omakorda kaks juurpõhjuse suunda, nendeks on (Lisa 4):

- Miks tootmise planeerimise protsessis ei kasutata ERP-is leitudvaid lahendusi?
- Miks osakondadevaheline kommunikatsioon?

5 Miks juurpõhjuse leidmisel otsustas töö autor juurutleda punasega ringitletud veergu, kus jõuti järelduseni, et tootmise planeerimise protsessis pärssib efektiivsus kõige rohkem igapäevased töövõtted, sest kasutatakse ERP-ist tulenevaid võimekusi ebaefektiivselt (Joonis 2). Otsuse langetas töö autor omavoliliselt ning tehes seda stateegilisel viisil. Valituks sai antud juurpõhjuse, sest juurpõhjuse oli selge ja faktoreid mitmeid. Samuti mõjutas lõputöö autori otsust teadmine, et projekti vedamist peab ise korraldama.



Joonis 2. Planeerimise protsessi juurpõhjus

Analüüsides tootmise planeerija igapäevaseid töövõtteid tootmistellimuste käitlemisel, otsustas lõputöö autor keskenduda tellimuse põhisele tootmistüübile ehk komplektalajaadame töösse planeerimisele ning nende väljastamisele (Lisa 2). Tellimuse põhine tootmistüübi protsessis on kõige rohkem etappe ja toodetavate detailide hulk kõige suurem. Komplektalajaama töösse planeerimisel loob tootmise planeerija vastavad töökäsud, mis katab ära nõutavad vajadused. Järgmisena valib tootmise planeerija kiirkõitjate riulist soovitud kiirkõitja. (Joonis 3)



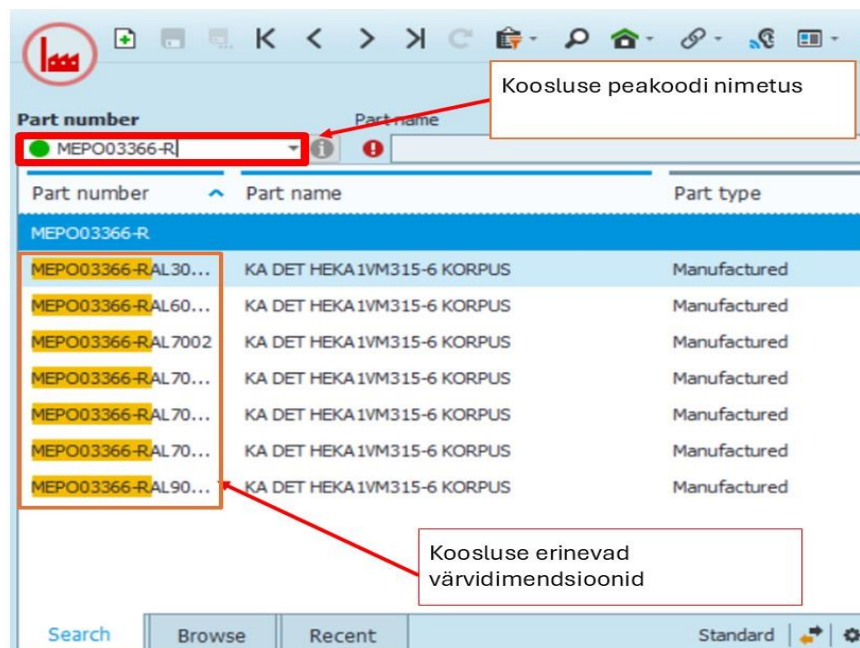
Joonis 3. Koosluste tootmiseks vajaminevad kiirkõitjad

Peale tootmistellimuse loomist ja kiirkõitja üles otsimist hakkab toodete koguseline ja andmete kattuvuse kontroll. Selleks avab tootmise planeerija kiirkõitja, võtab prorammid järjest ette ning kontrollib informatsiooni kattuvust (Lisa 6). Kontrolli alla kuulub revisjonid ehk kontrollitakse toote muutuste olekut ning lisaks kontrollitakse materjali- kui ka stantspigi kattuvust. Revisjoni muutuse puhul lisatakse tootele juurde CAM operatsiooni. Sellele järgnevalt peab kontrollima, kas vanema revisjoniga tooteid eksisteerib laos, kui jah, siis tuleb kontakteeruda inseneriga ja jõuda selgusele, kas vana revisjoniga tooteid tohib kasutada või mitte. Negatiivse vastuse puhul, tuleb laosaldo utiliseerida ja toota detail uue revisjoniga. Revisjoni mitte muutmisel või kui vanu tooteid laosaldos ei eksisteeri, hakkab tootmise planeerija muutma detailide operatsiooni- kui ka materjaliridu, et kattuks stantspingi programmi andmetega. Keskmiselt iga komplektalajaama tellimusega, tuleb manuaalselt muuta 80 materjali kui ka operatsiooni rida, kus ühe rea muutmiseks kulub keskmiselt 30 sekundit (Lisa 5). Peale ridade muutmist tuleb tootmise planeerijal töökäsk välja printida, füüsiliselt omavahel klammerdada marsruutkaart ja toote joonis. Edasi tootmise planeerija jagab vastavalt stantspingi programmidele töökäsk nii, et kõikide toodetavate toodete töökäskud kattuksid programmidega. Kompleksprogrammid tuleb järgnevalt klammerdada *Monitoris*, et tootmistöölised peale stantsimist ei pea raporteerima kõiki detaile üksikult, vaid ühte detaili raporteerides, raporteerib kõik vajaliku. Järgmiseks, kui koosluses esines muudatusi, tuleb kiirkõitja koos tootmistellimuste ja programmidega viia CAM osakonda, et

läbiviia soovitud muudatused. Muudatuste mitte ilmnemisel, on komplektalajaam tootmiseks valmis ja töö edastatakse edasi töödeplaneerijale.

6.1 Efektiivsust pärsivad faktorid

Tootmise planeerimise protsessis kõige rohkem efektiivsust pärsib tootmistellimuste manuaalne redigeerimine ja nende printimine, kuid enne paberivaba tootmist, tuleb likvideerida manuaalne toodete operatsioonide- ja materjalide muutmine. Tootmise planeerijal tihti esineb juhtumeid, kus ühte tüüpi komplektalajaamu töösse planeerides, juhtub olema mitut erinevat värvidimendsiooni ehk iga värvidimendsioon on süsteemis kajastatud erineva kooslusena, kuid reaalsuses komplekt on sama, lihtsalt teist värvi ning toodetakse koos (Joonis 4). Sellest tulenevalt manuaalseid liigutusi dubleeritakse ka teistel tootmistellimustel, mis omakorda pärsib protsessi tõhusust.



Joonis 4. Koosluste erinevad värvidimendsioonid

Suur osa igapäevasest tööst kulgeb ERP väliselt, mis hõlmab endas tootmistellimuste printimist ja nende füüsilist klammerdamist. Keskmise mahuga alajaama printimine ja klammerdamine kulutab päevas keskmiselt ühe tunni ja ühes tööpäevas suudab üks planeerja tootmisele ette valmistada neli komplektalajaama, seda kõike tehes kui ei esine kõrvalisi teemasid. Suuremad projekt alajaamade printimine ja klammerdamine kulutab keskmiselt kaks ja pool tundi ning suuremaid projekte suudab planeerija üksinda väljastada kahe päeva jooksul ühe arvestades, et tuleb lahendada ka jooksvaid teemasid. Üldjuhul töö käigus küsivad

erinevad inimesed abi oma tööalaste probleemide lahendamiseks, see viib mõtted eemale ja eksimuse protsent kasvab. Tootmistellimuste väljastamine peab olema kiire ja mugav ehk manuaalseid liigutusi tuleb vähendada või üldse likvideerida.

6.2 Parendusettepanek

Lõputöö autor otsustas eesmärgiks võtta komplektalajaamade töösse andmise ja leidmaks viise, kuidas tõsta antud protsessis efektiivsust rakendades parendusprojekti ning samaaegselt täiustada tootmise planeerija teadmisi ERP võimekusest. Selleks pidi kontakteeruma ERP peakasutaja ja *Monitori* infotoega, kellele sai probleemist kõneletud ja ka mõningad variandid välja pakutud, nendeks on:

- BOM-is luua igale komplektalajaamale stantspingipõhised variantkoodid;
- kitsendada komplektalajaamade tootmisest tulevaid variatsioone;
- kaotada komplektalajaamadelt värvidimensioonid;
- viia tootmine paberivabaks;
- toota tüüp tooteid ühel pingil, erilahendused teisel.

Antud olukorras jõuti konsensusele, et kõige mõistlikum lahendus, mis ei nõudnud pikaajalisi investeeringuid ning mis on vaja tuleviku vaates läbiviia, et muuta tootmist paberivabaks, oli esimene ehk BOM-is luua igale komplektalajaamale stantspingipõhised variantkoodid. Kuna tootmise planeerija osakonnas oli tööd palju ning püsitöölised ei saanud seda projekti ise vedada, langetati otsus selliselt, et tööol olev praktikant viib parendusprojekti iseseisvalt läbi.

Variantkoodid on üks haru termini kategooriast, mis võimaldab siduda erinevat tüüpi informatsiooni toodetavate detailide kohta. Tulenevalt olukorrast või toote keerulisusest, saab määrata spetsiifilised situatsioonid. (Joonis 5)

Tingimused	Alates:
Puudub	
Puudub +Lõpetamise kuupäev (lisa see rida) +Kogus (lisa see rida) +Kliendinumber (lisa see rida) +Tellimus (lisa see rida) +Revisjon (lisa see rida) +Variandi kood (lisa see rida) +Detaili staatus (lisa see rida) + Ladu (lisa see lisarida) ±Lõpetamise kuupäev (asenda eelmine rida) ±Kogus (asenda eelmine rida) ±Kliendinumber (asenda eelmine rida)	

Joonis 5. Detailide terminite seadistamise erinevad võimalused

Igale soovitud toodetavale toote operatsiooni kui ka materjali reale on võimalik lisada tootmisest tulenevaid spetsiifilisi termineid. Kokku on võimalik lisada kaheksa erinevat terminit ja nendest terminitest tulenevalt kolm erinevat variatsiooni, ütlema kas lisatud termin liidab juurde antud operatsiooni ja/või materjalirea olemasolevate operatsioonide hulka, kas antud termin asendab eelmise operatsiooni ja/või materjalirea või kas antud termin eemaldab soovitud operatsiooni ja/või materjalirea. Kaheksa terminit, mida on võimalik toodetele seadistada on järgmised:

- Lõpetamise kuupäev: annab võimaluse korrigeerida tootmist vastavalt koormusele. Näiteks kui ühte detaili on võimalik toota kahel erineval pingil, kuid üks on seadistatud põhipingiks, siis suure koormuse all saab rakenub termin ja automaatselt muudab toodetava toote asukoha varupingi positsioonile.
- Kogus: tootele on lisatud juurde koguseline vahemik, kus alla seadistatud vahemikku toodetakse ühel pingil, kuid suurte koguste puhul, toodetakse automatiseeritumal pingil.

- Kliendinumber: annab võimaluse seadistada kliendist tuleneva soovide ja vajadustele, kus ja kuidas tooteid toodetakse. Kui kaks klienti tellivad üht ja sama detaili, kuid üks tellib tüki kaupa, siis toodetakse ühel pingil ja kui teine klient tellib massides, siis suunatakse tootmine teisele pingile.
- Tellimus: saab seadistada ainult toodetavatele toodetele, mis on müügitellimusega ühildatud või tootmine toimub tellimuse põhiselt. Annab võimaluse luua tootmistellimusi, mis on seotud kindla olukorraga, näiteks kliendipoolse mittevastavuse korral lisatakse detailidele juurde kvaliteedi operatsiooni.
- Revisjon: saab kasutada kui tegemist on standardiseeritud tootmisega, kus ühel tootel võib esineda vajadus mitme erineva revisjoni üle.
- Variandi kood: on toote operatsiooni- kui ka materjali lisa tekstiväli, millega saab määratleda erinevaid situatsioone, kus ühe detaili tootmine ei pea alatihti toimuma ühtmoodi. Variantkoodidega saab komplekseid koosluste operatsiooni- kui ka materjali ridu muuta kõige efektiivsemalt.
- Detaili staatus: kõige enam kasutusel inseneeria valdkonnas. Toote olekut kasutatakse selleks, et tootmise planeerijal oleks lihtne eristada tooteid, mis on uued või millel on uus revisjon ehk tulenevalt inseneri poolt tehtud muudatustest muutub toote olek automaatselt.
- Ladu: võimaldab ettevõttel, kellel on mitu erinevat tootmisega seonduvat tehast. Kui tootmine on jagatud erinevateks osadeks, näiteks kaabli tootmine toimub ühes tehases ja lehtmatali tootmine teises, siis tulenevalt tootmistellimusest muutuvad soovitud read automaatselt.

6.3 Parendusprojekt

Parendusettepaneku otsuse langetamisest lähtuvalt suhtles tootmise planeerijad ja töö autor ERP peakasutajaga, kes tutvustas, kuidas variantkoodid töötavad ja kuidas üldine ülesehitus käib. Tutvustamaks oma ideed teistele osakondadele, keda võib antud parendusprojekt puudutada, kutsuti kokku inseneri-, ostu- kui ka müügiosakonnajuhid, et saada ka nendepoolset tagasisidet ja teada saada potentsiaalseid ohukohti. Struktuuri paika panekuks piisas ühest koosolekust ja tulevikus potentsiaalsete probleemide ilmnemisel, tegeletakse nendega jooksvalt.

Struktuuri olemasoluga, alustas töö autor ideede kogumisega, kuidas variantkoode kõige lihtsamini üksteisest eristada, et ka tekiks loogiline ülesehitus. Ideede edastamisel tootmise

planeerijatega, jõuti konsensusele, et variantkood koosneb kahest osast, kus üks osa indikeerib koosluse koodile ja teine osapool seadet, kus tooteid stantsitakse.

Komplektalajaamad, eraldiseisvad kooslused ning õlivannid suunatakse töösse kiirkõitjatena, kus hoiustatakse kindlaid programme, mis sisaldab kõiki vajaminevaid tooteid. Riiulisse paigutatud kiirkõitjad on värvilt ära jaotatud ning koostu peakoodid on seatud kasvavas järjekorras, et otsimisele ei kuluks liialt aega. Kiirkõitjad on asetatud kahte erinevasse riiulisse, kus sinist värvi kiirkõitjad tähistavad komplektalajaama korpuseid ja punased tähistavad komplektalajaama katuseid (Joonis 6).



Joonis 6. Komplektalajaamade korpuste ja katuste programmid

Eraldiseisvad kiirkõitjad, mis tähistavad eraldiseisvaid koosluseid, erilisemaid õlivanne või lõppalajaama kooslusesse otse tootmisele kuuluvaid detaile, on kogutud rohelistesse kiirkõitjatesse. (Joonis 7)



Joonis 7. Eraldiseisvad kooslused ja õlivannid

Töö alustuseks võeti ette üks kiirkõitja ning ERP moodulitest materjalinõuete loendi. Variantkoodide lisamiseks sisestati BOM-i soovitud koosluse tootekood. Esialgu pidi muutma töölaua funktsionaalsust, mis võimaldab sisestada variantkoode. Töölaua optimaalseks kasutamiseks, pidi esile tõstma lisa sektsioonid, mis võimaldab lisada termineid ning seadistada termini vahemikud, alates ja kuni. (Joonis 8)

Tingimused	Alates:	Kuni:
Puudub		

Joonis 8. Töölaua seadistamine vastavalt variantkoodi nõuetele

Samalaadse vaate pidi salvestama kõikidel planeerijatel, et edaspidine töövoog oleks kõigil sama. Järgmine samm oli vaja liikuda koosluses ülevalt alla, lisamaks toodetavatele toodetele varianttoode. Igal tootel peab esimene rida jääma ilma variantkoodita, et ei segaks ostuosakonna igapäevatööd ehk tekiks toodetavatele toodetele üles materjali vajadused. Sellest järgnev rida nii operatsioon- kui ka materjali sektsioonis, on vaja dubleerida ning seadistada vastav numeratsioon, mis kattub kiirkõitja vahel oleva programmi infoga. (Joonis 9)

Joonis 9. Komplektalajaama variantkoodi näidis

Peale variantkoodide lisamist, tuleb lisada komplektalajaama peakoodile teavitus, mis kerkib üles enne tootmistellimuse loomist viitamaks, missuguseid variantkoodid kooslusel on olemas (Joonis 10). Kuna variantkoodid on koosluses iga detaili küljes, siis prioriteetide planeerimine on samuti lihtsustatud. Kõik koodid, mis kuuluvad kindla komplektalajaama juurde, on tähistatud juurde lisatud terminiga ning kogu koosluse jälgimine on samuti lihtsustatud.

Teavita

Märgi "Blokeeri/Teavita" alternatiiv

☒	Registreeri tootmistellimus
☐	Registreeri ostutellimus
☐	Registreeri klienditellimus
☐	Raporteeri tootmistellimus
☐	Raporteeri ostutellimus
☐	Raporteeri klienditellimus
☐	Valik konfiguratsioonis
☐	Registreeri kliendikokkulepe
☐	Registreeri raamtellimus - Ost
☐	Registreeri raamtellimus - Müük

Blokeeri/Teavita põhjus

Olemasolevad variantkoodid:

MEPO03366-102

MEPO03366-107

MEPO03366-108

B

I

U

A

►

A

Failid

Joonis 10. Detaili registris teavituse lisamine komplektalajaamadele

6.4 Töö tulemus

Ettevõtte jaoks on olnud projekt edukas ja kasumlik. Kõik andmed on võetud aasta 2023 tootmise perioodist. Aasta lõikes suunati töösse 13 672 komplektalajaama tootmistellimust. Tootmistellimuse arv sisaldab detailide hulka, kus manuaalselt muudeti vajaminevat rida. Rea

muutmisele kulub keskmiselt 30 sekundit, mis aasta lõikes teeb töömahuna 113,9 tundi, kus väärtust ei looda. Tootmise planeerija ühe tunni hind on 35 eurot ning saadud tulemist, säätab Harju Elekter AS aastas keskmiselt 3987,7 eurot. Projekti vedamisel tekkis olukordi, kus mõnele komplektalajaama kiirkõitjale ei olnud vajadust variantkoodidele. Vältides tulevikus olukorda, kus peab lisama topele ridu, otsustati antud kooslustele variantkoodid siiski lisada. Kogu projekti ulatuslikult leiti, et kiirkõitjate kogu mahust ei olnud kümnel protsendil kohene vajadus variantkoodidele. Otsustati, et antud töö, mis kulus variantkoodide lisamisel, mida koheselt polnud tarvis, kanda projekti kuluna. Reaalne ettevõtte kasumlikkus osutus olema 3589,9 eurot. (Tabel 1)

Tabel 1. Parendusprojekti kulu ja tulu arvestus

Tootmistellimuste alustamine kuu lõikes	Tootmistellimuste arv	Rea muutmisele kuluv aeg, s	Kulunud aeg kuus, h	Planeerija ühe tunni kulu, EUR	Kulu kuus, EUR
Jaauar	886	30	7,4	35	258,4
Veebruar	1596	30	13,3	35	465,5
Märts	1793	30	14,9	35	523,0
Aprill	1575	30	13,1	35	459,4
Mai	1531	30	12,8	35	446,5
Juuni	1197	30	10,0	35	349,1
Juuli	1052	30	8,8	35	306,8
August	1434	30	12,0	35	418,3
September	845	30	7,0	35	246,5
Oktoober	864	30	7,2	35	252,0
November	673	30	5,6	35	196,3
Detsember	226	30	1,9	35	65,9
Kokku	13 672		113,9		3987,7

Lõputöö autor on kooskõlastanud tootmise ja kontoriga, et jõustunud projektile saab juurde luua järgnevaid projekte, mis tõhustaks planeerimise kui ka terve tootmise efektiivsust. Järgmiseks etapiks pakuti välja lõpetada tootmistellimuste printimine ja nende füüsiline käitlemine komplektalajaamade töösse planeerimisel ning sealt edasi lõpetada tootmises üldiselt paberi kasutamine. Antud projektid on pikaajalised ja nõuavad ettevõttelt suuremahulisi investeeringuid, kuid esmaste aruteludega jõuti arusaamani, et kogu investeering teeb end tasa mõne aastaga.

KOKKUVÕTE

Lõputöö on läbi viidud ettevõttes Harju Elekter AS, kus tootmise planeerimise protsess ei olnud efektiivne, ega kasutatud ära kõikvõimalikke võimekusis, mida ERP *Monitor* pakub. Tootmise planeerimise igapäeva töös tekkis suurenenud nõudluse tõttu üha rohkem raiskamist. Selle tulemusena otsustas tarneahela juht seadistada igale osakonnale eesmärgi, seal hulgas ka tootmise planeerijad, et iga kvartal tuleb luua teatud hulgas parendusprojekte, et minimaliseerida oma osakonna protsessides raiskamist, olgu ta digitaalne- või füüsiline. Lõputöö autor pakkus uurida ettevõtte Harju Elekter AS tootmise planeerimise protsessi, et leida võimalusi selle parendamiseks. Sellega seoses seati töö eesmärgiks:

- analüüsida tootmise planeerija igapäevatööd, mille saaduseks on tõsta planeerijate töö efektiivsust, viies läbi parendusprojekte;
- tuvastada ERP tarkvara võimalusi lihtsustamaks tootmise planeerimise igapäeva tööd.

Töö eesmärgi täitmiseks tuli autoril rakendada raiskamist ennetavaid meetodeid, nagu *kaizen*, kalaluudiagramm ja 5 Miksi. Fookusesse võeti kaks tootmise planeerijat, keda töö autor vaatlus ning analüüsis. Vaatlusest tuleneva informatsiooni põhjal sai rakendada kalaluudiagrammi ja 5 Miks meetodit, et selgitada juurpõhjused miks tootmise planeerimise igapäevatöös esineb efektiivsust pärsvaid faktoreid ja kuidas neid likvideerida. Suheldes erinevate osakondadega, sai langetada kaalutletud otsus, missugune efektiivsust pärsv faktor vajab lahendamist esmajärjekorras ja sellest tulenevalt andmaks kõige mõjurikkama väljundi. Valitud parendusprojektiks osutus komplektalajaamade töökäskude käitlemine. Protsessi efektiivsust tõstab variantkoodi termini lisamine alamdetailidele. Variandi kood on toote operatsiooni- kui ka materjali lisa tekstiväli, millega saab määratleda erinevaid situatsioone, kus ühe detaili tootmine ei pea alati toimuma ühtmoodi. Variantkoodidega saab komplekseid koosluste operatsiooni- kui ka materjali ridu muuta kõige efektiivsemalt. Läbitud projektiga säästab Harju Elekter aastas keskmiselt 114 tundi tootmise planeerija väärtuslikku aega ja rahaliselt hoiab kokku pea 4 000 eurot.

Töö tulemusena arutles töö autor edasisi plaane kontori kui ka tootmisega, kuidas tootmise planeerimise protsessis saab jätkata loodud parendusprojekti põhjal järgnevaid projekte, mis tõstaks veelgi tootmise ja planeerijate efektiivsust. Töö autor pakkus välja järgnevad mõtted, kuidas efektiivsust veelgi tõsta:

- lõpetada paberi kasutamine komplektalajaamade töösse andmisel, jättes alles kaustad programmidega;
- viia kogu tootmine paberivabaks.

Töös rakendatud raiskamist likvideerivad ja probleemi juurpõhjuste uurimismeetodid osutus kasulikuks metoodikaks planeerimise protsessi tõhususe hindamiseks, mida saab rakendada ka edasistes protsessides. Lõputöö käigus saadud tulemused toetavad Harju Elekter AS arengut, et tõsta digitaliseerituse taset, toetades rohepööret ja sellega ka eeliseid konkurentide ees.

SUMMARY

The thesis has been carried out in Harju Elekter AS, where the production planning process was not efficient because the full capabilities of ERP Monitor were not used. In the daily work of production planning, more and more non value adding waste occurred due to increased demand. As a result, the supply chain manager decided to set a target for each department, including the production planners, to create a certain amount of improvement project each quarter in order to minimize waste in their department's processes, whether digital or physical. The author of the thesis proposed to study the production planning process of Harju Elekter AS to find ways to improve it. In regards, the aim of the work was set:

- to analyze the daily work of the production planner, the result of which is to increase the efficiency of the planner's work by carrying out improvement projects;
- to identify the possibilities of ERP software to simplify the daily work of production planners.

In order to achieve the objective of the work, the author had to apply lean methods such as kaizen, fishbone diagram and 5 Whys. Two production planners were included in the spectrum, observed and analyzed by the author. Based on the information gained from the observation, the fishbone diagram and the 5 Whys method could be applied to identify the root causes of the inefficiencies in the day-to-day work of production planning and how to eliminate them. By interacting with the different departments, a considered decision could be made as to which inefficiencies needed to be tackled as a priority and, consequently to provide the most effective output. The chosen improvement project was the handling of work orders for substations that are produced as a set. The efficiency of the process is increased by the addition of a term called variant code which is added to sub-parts. The variant code is a text field for both the product operation and the material add-on, which can be used to define different situations where the production of a single part is to be performed. Variant codes can be used to modify both the operation and material lines of complex assemblies in the most efficient way. With the completed project, Harju Elekter saves an average of 114 hours of production planners valuable time per year and almost €4 000 in financial savings.

As a result of the work, the author of the thesis discussed further plans with the office as well as with the production, how the production planning process can be continued with subsequent projects based on the improvement project created, which would further increase the efficiency of the production and the planners. The author of the thesis proposed the following ideas on how to further increase efficiency:

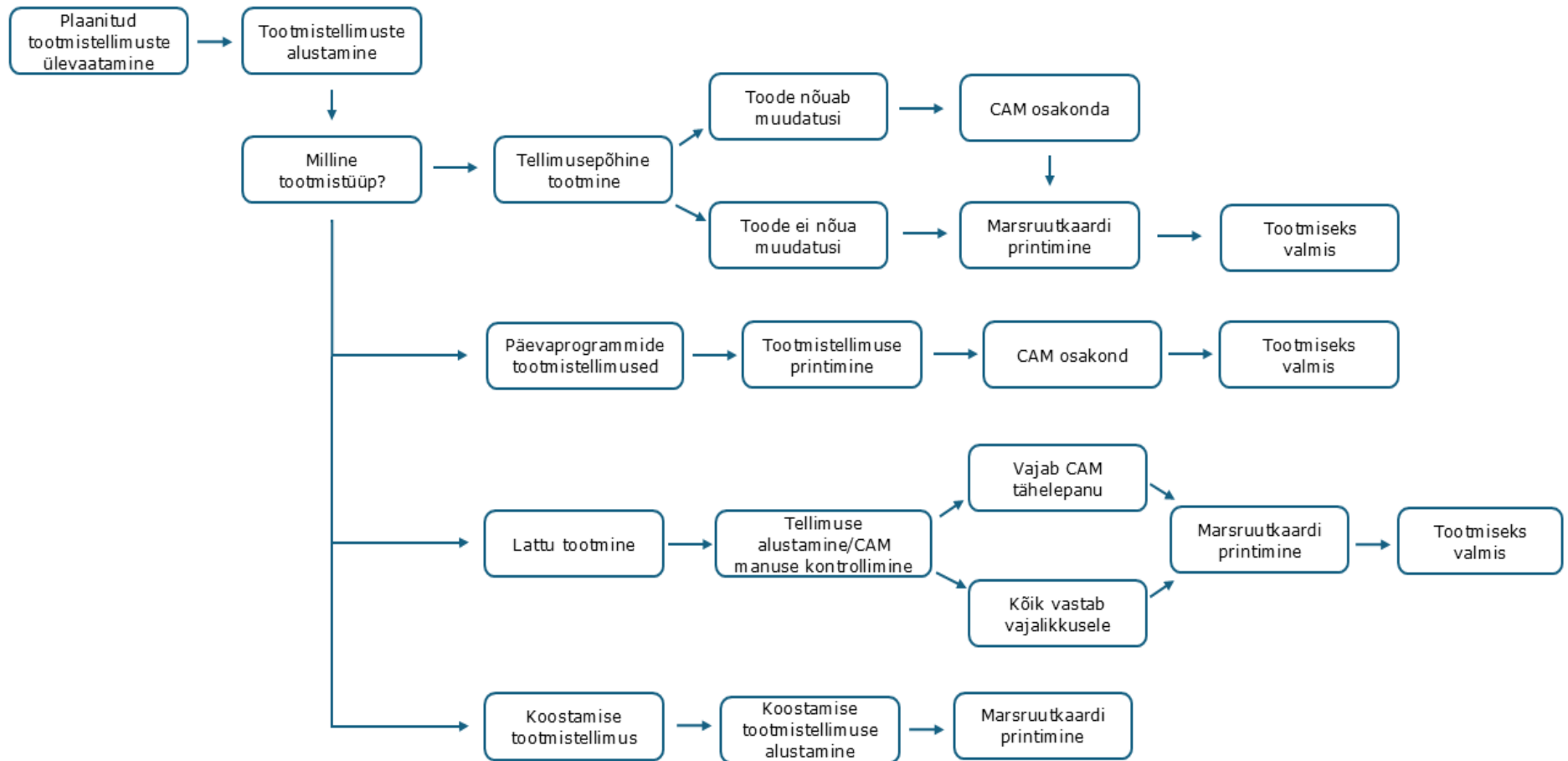
- to stop using paper in the commissioning of set substations, leaving the folders with the programs;
- to make the entire production paperless.

The waste elimination and root cause analysis methods applied in this work proved to be a useful methodology for evaluating the efficiency of the production planning process, which can be applied to future processes. The result of the thesis will support the development of Harju Elekter AS to increase the level of digitalization, supporting the green ideology and thus giving the advantage over other competitors.

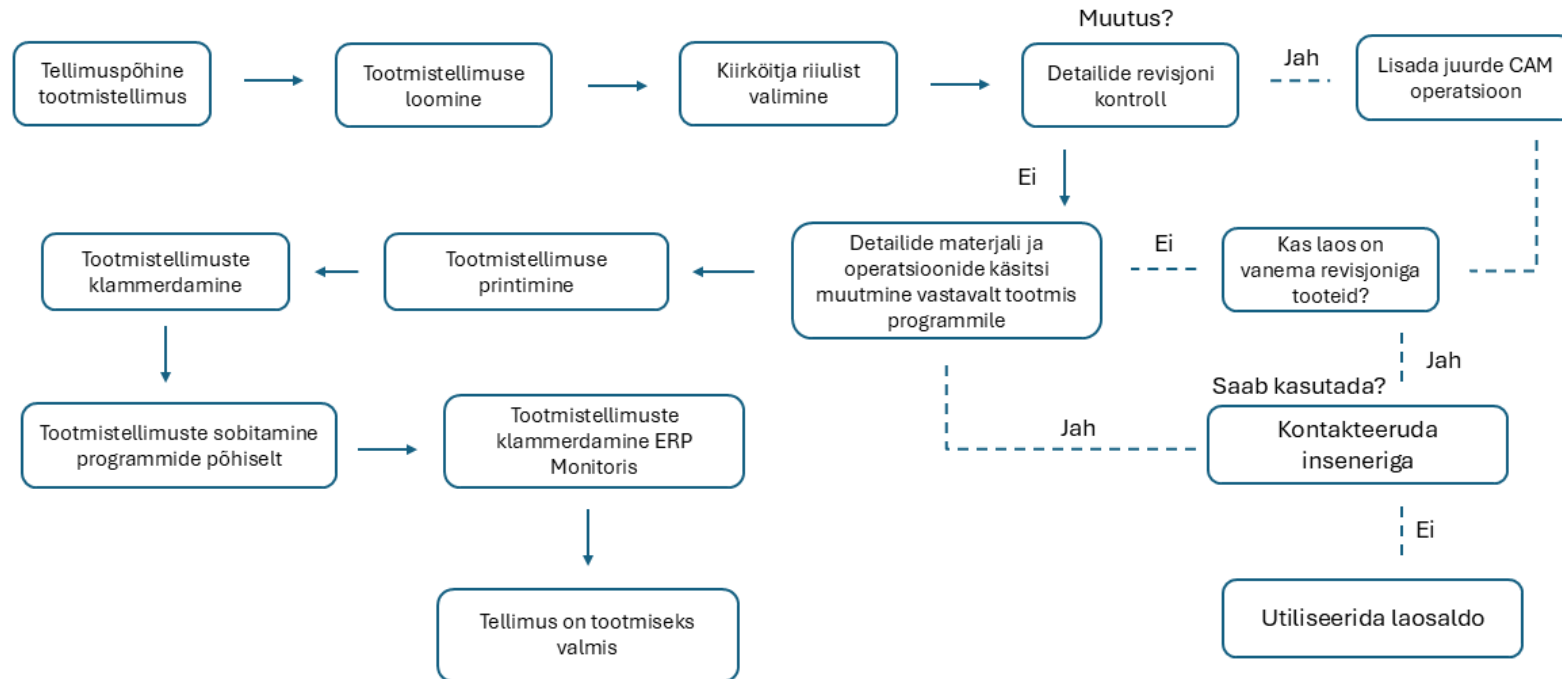
VIIDATUD ALLIKAD

- [1] "Avaleht," Harju Elekter. Accessed: Dec. 25, 2024. [Online]. Available: <https://harjuelekter.ee/>
- [2] C. Bunce, "What is Business Process Management (BPM)?," Jul. 2024, [Online]. Available: <https://www.bizagi.com/blogs/bpm/what-is-business-process-management-bpm>
- [3] TIBCO, "What is Business Process Management?" [Online]. Available: <https://www.tibco.com/glossary/what-is-business-process-management>
- [4] MRP Easy, "Production Planning for Small Manufacturers", [Online]. Available: <https://www.mrpeasy.com/production-planning/>
- [5] A. Jenkins, "What Is Production Planning & Why Is It Important?," Aug. 2022, [Online]. Available: <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/inventory-management/production-planning.shtml>
- [6] J. O. Sagegg and E. Alfnes, *ERP SYSTEMS FOR MANUFACTURING SUPPLY CHAINS*. London: Taylor & Francis Group, 2020. [Online]. Available: https://www.scribd.com/document/501958634/ERP-Systems-for-Manufacturing-Supply-Chains-Applications-Configuration-And-Performance-2019?doc_id=501958634&download=true&order=646620266
- [7] J. Lee, I. Cameron, and M. Hassall, "Improving process safety: What roles for digitalization and industry 4.0?," 2019, [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957582019317057>
- [8] MRP Easy, "Mis on MRP-süsteem ehk materjalivajaduse planeerimissüsteem?," [Online]. Available: <https://www.mrpeasy.com/et/mrp-susteem/>
- [9] L. Schwarz, "15 companies that benefit from using ERP," 2024, [Online]. Available: <https://www.netsuite.com/portal/resource/articles/erp/what-companies-use-erp-systems.shtml>
- [10] "Monitor-A standard system." Accessed: Dec. 26, 2024. [Online]. Available: <https://play.mediaflowpro.com/ovp/11/44ME9HH0AX?defaultSubtitle=en&defaultSubtitleKind=subtitles>
- [11] Atemix, "Tootmise digitaliseerimine. Kuidas alustada tootmise digitaliseerimist?," [Online]. Available: <https://atemix.ee/tootmise-digitaliseerimine-kuidas-alustada-tootmise-digitaliseerimist/>
- [12] L. Önapuu, *Kvalitatiivne ja kvantitatiivne uurimisviis sotsiaalteadustes*. Tartu: Tartu Ülikool, 2014. [Online]. Available: <https://dspace.ut.ee/server/api/core/bitstreams/3538e168-6012-4e90-8484-4bb59be8b14a/content>
- [13] J. Trout, "Fishbone Diagram: Determining the Cause and Effect", [Online]. Available: <https://www.reliableplant.com/fishbone-diagram-31877>
- [14] Coursera staff, "What is a Fishbone Diagram?," 2024, [Online]. Available: <https://www.coursera.org/articles/what-is-fishbone-diagram>
- [15] Leanway, "Lean meetodid ja terminid", [Online]. Available: <https://leanway.ee/lean-meetodid-ja-terminid/>
- [16] M. Bankiir, "Mis on LEAN ja kuidas see ettevõttele kasulik on?" [Online]. Available: <https://leanway.ee/blogi/mis-on-lean-ja-kuidas-see-ettevottele-kasulik-on/>
- [17] M. Hargrave, "Kaizen: Understanding the Japanese Business Philosophy," 2024, [Online]. Available: <https://www.investopedia.com/terms/k/kaizen.asp>
- [18] J. Terry, "THE 5 WHYS OF LEAN", [Online]. Available: <https://www.planview.com/resources/guide/lean-principles-101/5-whys-of-lean/>

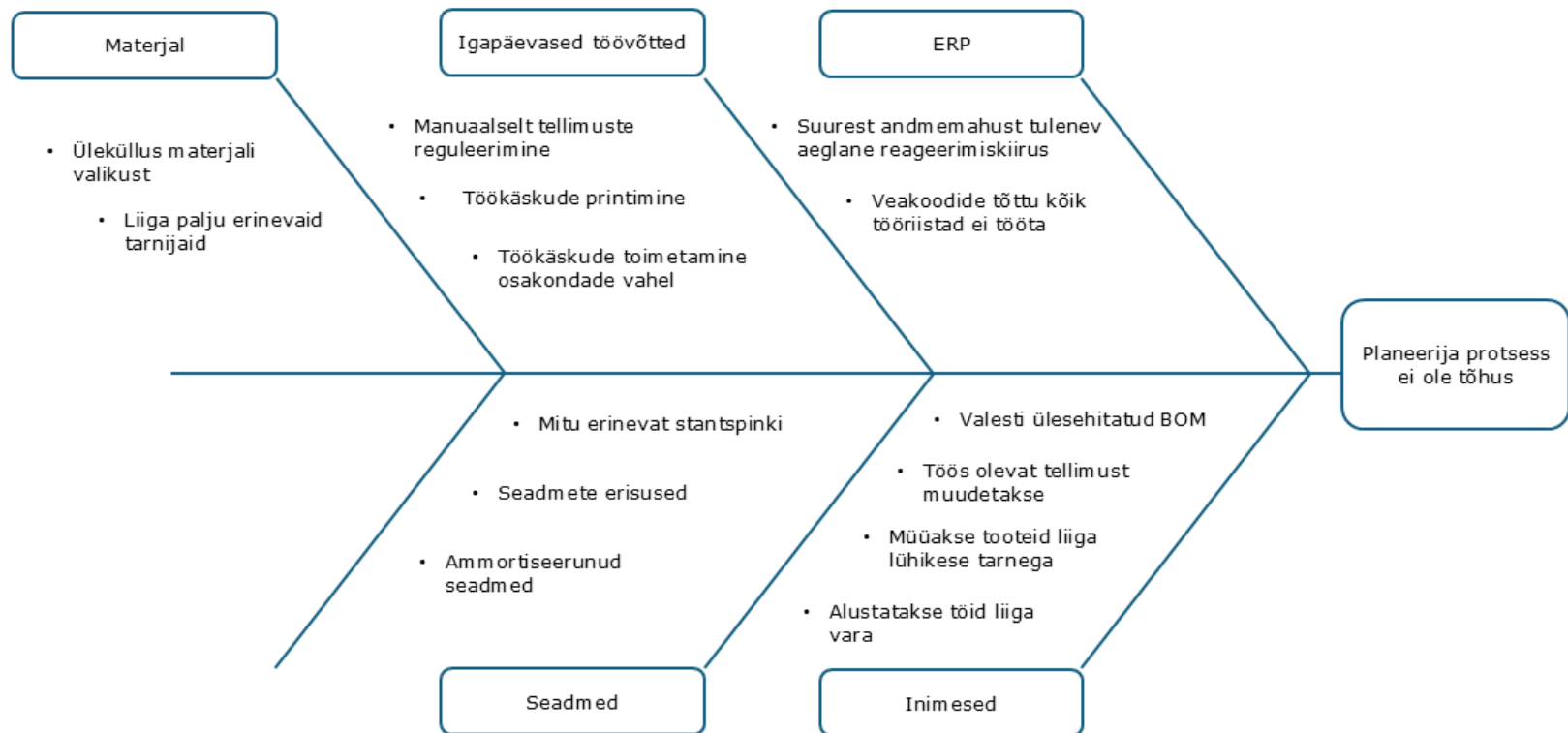
Lisa 1. Tootmise planeerija töödeväljastamise protsessi ülevaade



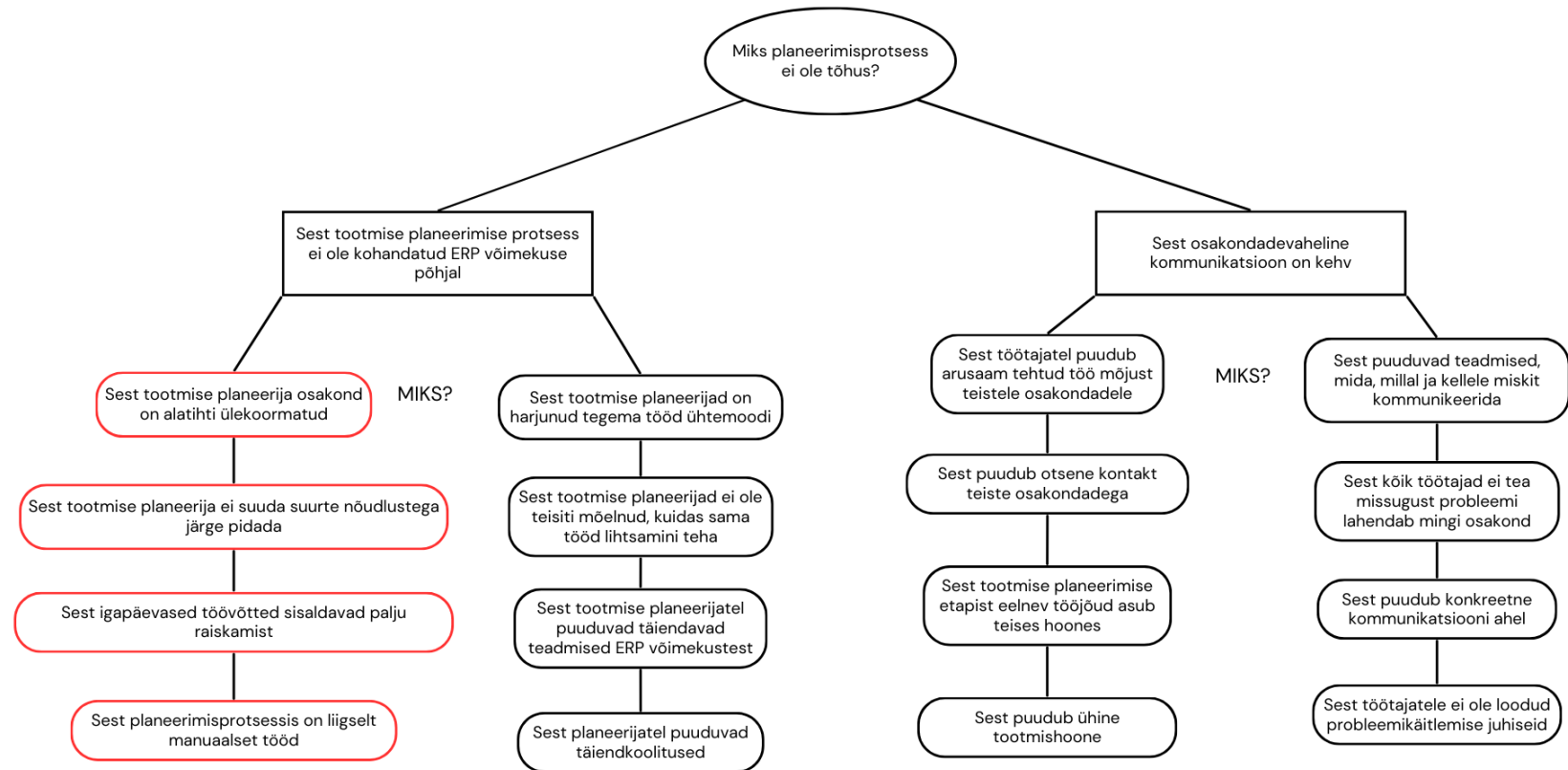
Lisa 2. Tellimuspõhise tootmise tellimuse väljastamine



Lisa 3. Kalaluudiagramm



Lisa 4. Juurpõhjuse leidmine rakendades 5 Miks meetodit



Lisa 5. Tootmistellimusel ühe rea muutmisele kuluv aeg sekundites

Toode ▾	Ühe rea muutmisel kuluv aeg (sek) ▾	Toode ▾	Ühe rea muutmisel kuluv aeg (sek) ▾	Toode ▾	Ühe rea muutmisel kuluv aeg (sek) ▾	Toode ▾	Ühe rea muutmisel kuluv aeg (sek) ▾
T1	31	T26	30	T51	30	T76	30
T2	28	T27	32	T52	29	T77	30
T3	29	T28	33	T53	22	T78	30
T4	30	T29	31	T54	27	T79	29
T5	35	T30	35	T55	28	T80	30
T6	38	T31	35	T56	27	T81	28
T7	32	T32	34	T57	29	T82	28
T8	30	T33	32	T58	30	T83	29
T9	28	T34	31	T59	30	T84	31
T10	27	T35	30	T60	29	T85	32
T11	30	T36	30	T61	30	T86	31
T12	29	T37	29	T62	31	T87	33
T13	27	T38	33	T63	30	T88	29
T14	28	T39	28	T64	28	T89	28
T15	29	T40	27	T65	32	T90	29
T16	29	T41	27	T66	29	T91	30
T17	30	T42	29	T67	33	T92	31
T18	30	T43	29	T68	32	T93	31
T19	30	T44	29	T69	31	T94	30
T20	28	T45	30	T70	29	T95	29
T21	29	T46	32	T71	28	T96	30
T22	25	T47	31	T72	27	T97	32
T23	28	T48	31	T73	28	T98	31
T24	28	T49	30	T74	28	T99	30
T25	25	T50	29	T75	29	T100	29
T - Tootmistellimusel kajastatav detail							
Keskmine ajakulu ühe rea muutmisel							
29.8							
Ümardame antud saaduse 30 sekundini							

Lisa 6 Tootmistellimuse käitlemine

Register manufacturing order

Register Overload Documents Transport label

Settings

Explosion Structure (order oriented) Check overload

Orders

Order number	R	Order type	Status	E	Part	Part name	B/N	P-order	Quantity	Unit	Variant code	Start date	Finish date	Earl. fin. date
TT2424600		Stock driven			MEP003366-RAL7035AS	KA DET HEKA1VM315-6 KORPUS			1,00	pcs				

Structure

Part number	Revision	Planned qty	Unit	C	Part status	Files	More
MEP003366-RAL7035AS	I	1,00	pcs		New revision		
MDET021144-VARVIMATA	L	2,00	pcs		Normal		
MDET021190-RAL7035AS	A	1,00	pcs		Normal		

Operations

Op.	WC	Name	Tr.	Pl. start	Pl. finish
M108		Stantsimine			
20	M210	Painutamine x 2			

Material

M	S	Pos.	Part	Part type	Files
			MET0024		
			KZN 1.2 X 1250X2500 DX51D+Z275		
			CAM KZN 1.2		

Machine : Eltek LPe6 express

Material

Material : GALVANIZED

Thickness : 1.2 (mm)

Sheet Size : 2000.0 x 1000.0 (mm)

#Sheets : 1

Number of tools :

Shape	Tool Description	Dimensions	Angle	Indexed	Die Clearance	Station	Flags
Circular	Round_3,2	3.2	0.0	No	0.2	23	M24
Circular	Round_3,5	3.5	0.0	No	0.2	25	M24
Square	Square_4x4	4.0	0.0	No	0.2	43	M24
Circular	Round_4,5	4.5	0.0	No	0.2	30	M24
Circular	Round_5,0	5.0	0.0	No	0.2	31	M24
Circular	Round_5,5	5.5	0.0	No	0.2	34	M24
Circular	Round_6,0	6.0	0.0	No	0.2	35	M24
Circular	Round_7,0	7.0	0.0	No	0.2	39	M24
Circular	Round_9,1	9.1	0.0	No	0.2	50	M601
Circular	Round_10,5	10.5	0.0	No	0.2	49	M601
111	6kant11,1	N/A	0.0	No	0.24	14	
326	Trompet_M6	N/A	0.0	No	0.2	7	U0,0,0,0
Square	Square_10x10	10.0	0.0	Yes	0.2	17	
Circular	Round_13,05	13.05	0.0	No	0.15	6	
Circular	Round_20,5	20.5	0.0	No	0.2	8	
Square	Square_22x22	22.0	0.0	No	0.2	10	
Rectanguli	Rect_22x4	22.0 x 4.0	0.0	Yes	0.2	9	
Circular	Round_25,0	25.0	0.0	No	0.2	12	
Rectanguli	Rect_30x11	30.0 x 11.0	0.0	Yes	0.24	19	
Rectanguli	Rect_88x4	88.0 x 4.0	0.0	Yes	0.2	5	

Component Orders

#	Component	Revision	Qty	Order ID	Dimensions (mm)	Base Name
1	MDET015377		2		358.0 x 82.8	MDET015377
2	MDET017274		1		218.7 x 202.2	MDET017274
3	MDET018103(B)	B	6		70.9 x 75.5	MDET018103
4	MDET021127(C)	C	1		1078.9 x 182.2	MDET021127
5	MDET021144(J)	J	1		1855.9 x 632.5	MDET021144
6	MDET021190(A)	A	1		1065.0 x 71.5	MDET021190

Õige oleks M102

Õige oleks MET0023