

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL

Majandusteaduskond

Ärikorralduse instituut

Kertu Savitsch

**TOOTMISE OPTIMEERIMINE SEOSSES UUE
GALVAANIKALIINI KASUTUSELEVÕTUGA AS NORMAS**

Bakalaureusetöö

Õppekava Logistika

Juhendaja: Tarvo Niine

Tallinn 2021

Deklareerin, et olen koostanud lõputöö iseseisvalt ja olen viidanud kõikidele töö koostamisel kasutatud teiste autorite töödele, olulistele seisukohtadele ja andmetele, ning ei ole esitanud sama tööd varasemalt ainepunktide saamiseks. Töö pikkuseks on 6147 sõna sissejuhatusest kuni kokkuvõtte lõpuni.

Kertu Savitsch

.....

(allkiri, kuupäev)

Üliõpilase e-posti aadress: savitsch.kertu@gmail.com

Juhendaja: Tarvo Niine, PhD:

Töö vastab kehtivatele nõuetele

.....

(allkiri, kuupäev)

Kaitsmiskomisjoni esimees:

Lubatud kaitsmisele

.....

(nimi, allkiri, kuupäev)

SISUKORD

LÜHIKOKKUVÕTE	4
SISSEJUHATUS	5
1. Tootmise kulusäästlik juhtimine.....	7
1.1. Kulusäästlik juhtimine ja kulusäästlik tootmine.....	7
1.2. Ületootmine	9
1.3. Kanban süsteem ja tasandatud tootmine.....	10
1.4. 5S meetod	12
2. Metoodika.....	14
2.1 AS Norma ajalugu ja ülevaade	14
2.2. Turvavöö keelte tootmise protsess	15
2.3. Uue galvaanikaliini ehitamise põhjused	16
2.4. Uurimisprobleem, -eesmärk ja uurimisküsimused	19
3. Galvaanikaliini tootmislogistika mudelite analüüs.....	21
3.1. Tootegruppide põhine jaotus	21
3.2 Rakisepõhine jaotus.....	26
3.3. FIFO-põhine jaotus	27
3.4. Ettemääratud päevane sortiment.....	29
3.5 Mudelite võrdlus ja järeldused	29
KOKKUVÕTE.....	31
SUMMARY	33
KASUTATUD ALLIKATE LOETELU	35
LISAD	37
Lisa 1. Lihtlitsents	37

LÜHIKOKKUVÕTE

Käesoleva töö uurimisobjektiks on AS Norma galvaanikaprotsessi uuendamine ning uurimisprobleemiks on asjaolu, et ettevõttes pole siiani detailselt läbi analüüsitud, mil viisil oleks kõige parem uut galvaanikaliini tootmislogistiliselt opereerida. Uurimuse eesmärgiks on välja selgitada kõige optimaalsem viis, kuidas korraldada tootmise planeerimine ja logistika uuel galvaanikaliinil. Lõputöös on toodud välja neli tootmislogistika korraldusmudelit ning analüüsitud igäihe rakendamise eeldusi ja mõjusid, et leida kõige sobivam viis toodangu hoiustamiseks puhvris ning sobivaim viis planeerimiseks. Neljaks alternatiivseks mudeliks on tootegruppidel põhinev jaotus, rakisepõhine jaotus, FIFO põhine jaotus ja ettemääratud päevane sortiment. Autor kasutab tootmisvajaduste lähteandmeteks nädala keskmine kogus 2021. aasta vältel käesoleva aasta aprilli seisuga. Uuringu struktuuri moodustavad järgnevad uurimisküsimused:

1. Milliseid eeldusi esitavad erinevad galvaanikaliini tootmislogistika mudelid detailides ja mis on nendega kaasnevad mõjud?
2. Millist tootmislogistika lahendust tuleks ettevõttele soovitada?
3. Millised on uue liini tootmiskorralduse elluviimise peamised kitsaskohad ja milline peaks olema rakendamise protsess?

Uurimuse läbiviimiseks kasutas töö autor firmasiseseid prognoose ning protsesside toimimise eeldusi ning tegi kalkulatsioone, andes kõrval ruumi ka kvalitatiivsetele kaalutlustele. Praktiliseks võtmepiiranguks optimaalse lahenduse identifitseerimise juures on galvaanilise katmise protsessi esise puhverala vähenemine enam kui 50% seoses uue tootmisliini ehituse ja kasutuselevõtuga. Töös on välja arvatatud aluste kogused, mida on vaja erinevate variantide puhul kindlasti puhvris hoida. Arvutuste ja erinevate jaotuse viiside võrdlemise tulemusena leiab autor, et kõige sobivam on kasutada tootegruppide põhise jaotust.

Märksõnad: kulusäästlik tootmine, galvaanika, tootmislogistika.

SISSEJUHATUS

Käesoleva lõputöö tugineb AS Normas toimuvale muutusele seoses uue galvaanikaliini implementeerimise ja sellega seoses tehtavatele vajalikele muutustele planeerimises. Praeguse liiniga võrreldes on liiniesises puhvris toodangu hoiustamise jaoks oluliselt vähem ruumi ja selle tõttu on vajalik hakata tootmisplaane koostama oluliselt täpsemalt ja rohkem tasandatud.

Teema on aktuaalne, kuna AS Norma on suurde rahvusvahelisse kontserni kuuluv ettevõtte ja autode turvavarustuse komponentide müük on tõusuteel. Selleks, et tootmine ja klientide tellimuste edasine täitmine mööduks sujuvalt, on vaja saavutada võimalikult ühtlane tootmisvoog läbi protsesside, et ei tekiks tootmisseisakuid ja tootmisaja kadu.

Töö tugineb autori enda töökogemusele AS Normas ja praeguse liini tootmisplaani koostamise reeglitele. Aluseks on võetud praeguse tootmisliini planeerimise reeglid. Uurimistöö elluviimiseks on välja töötatud neli erinevat puhvri hoiustamise võimalust, mida omavahel võrrelda nii arvutuslikult kui ka nende variantide nõrkusi ja tugevusi võrreldes. Toodete hoiustamise ja tootmise võimalused on järgnevad:

1. Tootegruppide põhine jaotus
2. Rakise põhine jaotus
3. FIFO põhine jaotus
4. Päevase sortimendi järgi jaotus

Käesoleva töö uurimisprobleem lähtub asjaolust, et ettevõttes puudub varasemalt detailne analüüs, millist põhimõtet juurutada, sest kombineeruvad erinevad tugevused ja nõrkused. Käesoleva uurimuse eesmärgiks on välja selgitada kõige optimaalsem viis, kuidas korraldada tootmise planeerimine ja logistika uuel galvaanikaliinil. Lõputöö autor esitab kolm uurimisküsimust:

1. Milliseid eeldusi esitavad erinevad galvaanikaliini tootmislogistika mudelid detailides ja mis on nendega kaasnevad mõjud?
2. Millist tootmislogistika lahendust tuleks ettevõttele soovitada?
3. Millised on uue liini tootmiskorralduse elluviimise peamised kitsaskohad ja milline peaks olema rakendamise protsess?

Antud lõputöö koosneb kolmest osast. Esimeses osas on kirjanduslik ülevaade, et lugejale tutvustada tootmise kulusäästlikku juhtimist. Esimene osa koosneb neljast alapeatükist. Neist esimeses tutvustatakse kulusäästlikku tootmist ja kulusäästlikku juhtimist. Teine alapeatükk räägib ületootmisest ning sellega kaasnevatest tagajärgedest. Kolmandas alapeatükis tutvustatakse kanban süsteemi ja kanban kaarte. Lisaks räägitakse tasandatud tootmisest ning selle eelistest. Viies alapeatükk selgitab 5S meetodit ja selle vajalikkust tootmisettevõttes.

Töö teine osa koosneb neljast alapeatükist, kus tutvustatakse AS Normat kui tootmisettevõtet ja antakse ülevaade selle ajaloost ning tutvustatakse turvavöö keelte tootmise protsessist. Veel tuuakse välja põhjused, miks on uue liini ostmise vajalik. Viimases alapeatükis tuuakse välja uurimisprobleem, uurimisküsimused ja eesmärgid.

Lõputöö kolmas osa on empiiriline osa. Siin analüüsitakse läbi neli erinevat hoiustamise võimalust ja nende variantide tugevused ja nõrkused. Seejärel arvutatakse välja vajalik alusekohtade arv puhvris. Lõpuks esitab autor järelduse, millise variandi kasuks otsustada ja seda realselt kasutama hakata uue tootmisliini tööle hakkamisel.

1. Tootmise kulusäästlik juhtimine

Lõputöö esimeses peatükis annab autor ülevaate kulusäästlikust juhtimisest ning tootmisest. Lisaks tuuakse välja kanban süsteemi tugevused ja nõrkused ning käsitletakse ületootmist ja 5S meetodit. Veel tuuakse lühidalt välja galvaanilise katmise põhiline olemus.

1.1. Kulusäästlik juhtimine ja kulusäästlik tootmine

Kulusäästlik tootmine tähendab vähema ajaga rohkema tegemist. Kasutatakse vähem aega, ruumi ja inimtööjõudu. Samuti on kasutuses vähem masinaid ja materjale, kuid suudetakse tagada klientide vajaduste täitmine. (Dennis 2015: 19) Kulusäästlik juhtimine on kasvanud välja Jaapani juhtimiskultuurist. Watanabe järgi on sellel kandvad neli tunnust: 1) eriomased värbamise ja personalijuhtimise praktikad; 2) eriomased firmasiseste otsuste vastuvõtmise mehhanismid; 3) tihedad ettevõtetevahelised partnerlussuhted keiretsu võrgustikes; 4) äri süsteemse juhtimise ja halduse praktikad. (Watanabe 2018: 16)

Kõige rohkem on kulusäästliku juhtimise printsiipe kindlasti mõjutanud Toyota protsesside arendused. Ledbetter on välja toonud, et kulusäästliku juhtimise kontseptsiooni hälli, Toyota Tootmissüsteemi kujunemise juures ei olnud kõige tähtsam üks terviklik juhtimislik plaan. Pigem toimetasid Taichi Ohno, Kikuo Suzumura ja teised tänaseks legendidena käsitletavad nimed võrdlemisi pragmaatiliselt ja väikestes lokaalsetes lõikudes korraga – tegelesid kerkivate probleemidega ükshaaval ning alles hiljem sai neist praktikatest terviklik kontseptsioon raamatulehekülgedel. (Ledbetter 2018: 1) Teisisõnu – ära lahenda, kui ei ole selge, mis probleemi õigupoolest on vaja lahendada.

Nicholas on välja toonud, et kuigi paljud organisatsioonid tegelevad aktiivselt oma protsesside arendamisega kui „torudes takistuste eemaldamisega“, siis n-ö päris kulusäästlikku juhtimist omaks võtnud organisatsioonid peavad vastama kahele tunnusele. Esiteks, probleemide lahendamisele tuleb kaasata märgatavalt rohkem inimesi kui mitte-kulusäästlikes kultuurides tavaks, kusjuures mitte kõik ei pruugi olla küsimuses tipp-ekspertidid. Pigem on eesmärk kaasata erinevate probleemide leevendamisel töötajaid kõikidelt tasanditelt, muuhulgas ka tavatöölise

seast. Teiseks tunnuseks on omamoodi probleemide identifitseerimise ja prioritseerimise süsteem. Kulusäästlikes organisatsioonides määratletakse probleeme suuremas skoobis ja julgemalt ning siis käsitletakse ka erinevaid võimalikke vastumeetmeid ulatuslikumalt. Enamasti kaasnevad osaliste lahendustega uued probleemid ning needki leiavad leevendamist läbi uute protseduuride, reeglite ja standardite võrgustikuga, mis kokkuvõttes muudab protsesse nii töökindlamaks kui ka efektiivsemaks ja väheneb raiskamine. (Nicholas 2018: 4)

Siiski ei tasu alahinnata juhtide tegevust ning tegevusetusest tulenevat riski kulusäästlike printsiipide rakendamisel. Protzman *et al* (2019) on märkinud, et kui tegevjuht ja ettevõtte juhatus ei mõista kulusäästlikku juhtimist kui tervikut, ei toeta süsteemi juurutamist piisavalt ning lähenevad pigem üksikute projektide põhised, mehitades neid projekte juhuslikult valitud piiratud inimressursiga, siis on ka tulemused pigem lühiajalised ja lünklikud. Sellisel juhul ei ole „süüdi“ aga mitte kulusäästlik meetod, vaid selle oskamatu või osaline rakendamine. (Protzman *et al* 2019). Seega võib öelda, et kulusäästlikku juhtimist tuleb korraga käsitleda nii „ülalt-alla“ kui „alt-üles“ raamistikus ning üks peab teist toetama, aga kindlasti mitte asendama.

Kulusäästlikus tootmises on väga oluline ühtlane vool. See on tähtis, et ehitada üles tellimuste järgi tootmise süsteem ja kohaneda olukorraga, mis võivad kõik erineda. Tootmise voog ehitatakse üles nii, et ei toodeta enam suuri partiisid vaid võimalikult klientide tellimustest lähtudes. (Anderson 2014: 148) Paindlik ja kiire tootmine on liin tootmise juures olulised tegurid. Tooted ja protsessid peavad olema kujundatud nii, et oleks võimalik toota väikeseid partiisid ja neid oleks võimalikult kerge valmistada, et hoiduda seisakutest. (Anderson 2014: 149)

Kulusäästlikku juhtimist on enamasti kasutatud tarneahela operatsioonides. Liin juhtimist on võimalik kasutada väga paljudes erinevates äriprotsessides. See on aastate jooksul saanud populaarsemaks kõigis funktsioonides ja tööstustes. Enamasti alustatakse nii tehnilistes, turunduslikes kui ka müügiga seotud protsessides raiskamise defineerimise ja protsessis oleva raiskamise eemaldamisega. (Husby, Hamilton 2017: 16) Kulusäästlikus juhtimises on kolm olulist raamistikku: (Villalba-Diez 2017: 20)

1. On vaja aru saada organisatsioonist kui infovahetuse võrgust. Selle võrgustiku moodustavad organisatsioonis töötavad inimesed ja teave, mida nad omavahel vahetavad.
2. Organisatsioon peab suutma strateegiliselt oma eesmärgi seada võimalikult sirgjoonelisel.
3. Kolmas raamistik tuleneb ümbritsevast keskkonnast ja selleks on keerukus. Eesmärgiks peaks olema luua ja kujundada oma väärtused nii, et need suudaksid ja aitaksid keskkonnast tulenevate keeruliste olukordadega toime tulla.

1.2. Ületootmine

Ületootmine on raiskamine, kus toodetakse kaupu ja nende koguseid, mis on ebavajalikud. Seda loetakse kõige halvemaks raiskamise liigiks. See põhjustab omakorda teisi raiskamise probleeme. (Hirano 2009: 174) Tootmises tekkivaks raiskamiseks on erinevad põhjused: (Hirano 2009: 159-160)

1. tootmine tellib materjale üleliigselt ja need jäävad seisma lattu;
2. tootmisprotsessi ajal tuuakse materjalid liini äärde;
3. materjalide ülejääk jääb seisma tootmiseseadme kõrvale;
4. materjali ülejääk toodetakse ära;
5. toodetud detailid jäävad ootama edasist protsessi;
6. protsessis viiakse detailid edasi kvaliteedikontrolli;
7. kaup jääb ootama kontrolli;
8. kaup on kontrollitud;
9. detailid jäävad jällegi seisma peale kvaliteedi kontrolli;
10. lõpuks viiakse detailid lattu, kus need jäävad ootama lähetust.

Üleliigse tootmise juurpõhjuseks on tootmiseseadmete üleliigne kapatsiteet. Seadme võimsust ja sellel seadmel töötava operaatori võimsust hakatakse maksimaalselt ära kasutama ning toodetakse vaatamata sellele, et otsest vajadust selleks ei ole. See tekitab omakorda probleeme mahutavusega. Tekib ruumi ebaratsionaalne kasutamine, mis põhjustab omakorda probleeme. (Hirano 2009: 174-175) Ületootmist on võimalik vältida, kasutades täielikku kanban süsteemi, et siduda erinevad tootmisprotsessid ühtlaseks vooks. Seejärel saab ühtlustada erinevate tootmiseseadmete taktid ja tasandada tootmise. Sellest saab omakorda optimeerida töötunde ja planeerida tootmiseseadmete seisakuid.

Charron *et al* (2015) on toonud välja viis kõige tüüpilisemat ületootmise põhjust. Nendeks on: 1) „igaks elujuhtumiks“ ette tootmine; 2) ebahühtlane tootmisgraafik; 3) halvasti tasakaalustatud töökoormused; 4) ebaõnnestunud automatiseerimine; 5) pikad tootmisprotsesside seadistusajad. Autorid on välja pakkunud ka kümnest küsimusest koosneva kontrollnimekirja, et tuvastada ettevõttes ületootmise riski tõsidust. (Charron *et al* 2015: 166-168).

Hästi on ületootmise probleemi kokku võtnud Erlach – ettevõtte peab teadma, millal toota ja millal mitte toota. Igasugune tootmine ei ole väärtuslik ja seda ei saa käsitleda väärtusvoo osana (Erlach 99)

1.3. Kanban süsteem ja tasandatud tootmine

Kanban süsteem on välja arenenud statistilisest varude haldamise meetodist. See võimaldab toota vajalikke tooteid alati samas järjestuses. Kui varude tase on langenud piisavalt madalale annab kanban süsteem toota varu tagasi vajaliku koguse ulatuses. Samas kanban süsteemi ei saa kasutada toodangu puhul, mille nõudlus on kõrge ja kõigub suures ulatuses, siis süsteem ei suuda kompenseerida kõrge nõudluse ajal toodangu puudust ja languse ajal üleküllust. (Hirano 2009: 437)

Traditsiooniliselt on kanban kaart, millele on märgitud maksimaalne konteinerikogus. Kui toodang on protsessi läbinud, tuleb konteinerile lisada üks kanban kaart. Kanban kaartide arv süsteemis on piiratud ja sellest tuleneb ka tootmisprotsessis olevate toodete koguse piirang. Kui konteineris olev toodang on protsessi lõpuni läbinud, eemaldatakse kanban kaart ja see liigub tagasi protsessi algusesse. Kanban kaardi võib ära võtta, kui viimane toode on konteinerist eemaldatud, seda kasutatakse, kui kasutatakse ühele tootele kindlat arvu konteinereid, et piirata toodete suurimat varu. (Krieg 2005: 3) Kanban on omane tõmbavale tootmissüsteemile. Tootmisprotsessi madalamates tasandites probleemi esinedes kanban süsteem saadab hoiatuse ülemistesse tasanditesse ja see seiskab tootmise. (Hirano 2009: 440) Kanban süsteemi eelisteks on: (ibid.)

- Lihtsus- see võimaldab selget ja hästi jälgitavat kontrollimise protsessi
- Madalad kulud- tootmisele antavateks märguanneteks ja toodangu liigutamiseks kasutatakse madala kuluga visuaalseid tööriistu
- Kiirus- tõmmatava süsteemiga protsessis on võimalik kiiresti reageerida kliendi nõudlusele
- Minimaalselt raiskamist- see süsteem minimiseerib ületootmist, üleliigset varu ja sellega kaasnevat üleliigse põrandapinna kasutamist
- Parem tootlikkus- süsteemil on kontroll tootmisliinide töö üle ja see sünkroniseerib töötamise takti kõigis tootmisprotsessides;
- Vastutuse delegeerimine- visuaalne kontroll annab ettevõtjale otsustusõiguse tootmise ja nende varude hindamisele ja nende järgi tegutsemisele;
- Täiustatud suhtlemine- kanban annab ülevaate, mida juhtidel ja juhendajatel on vaja teha, et vähendada puudujääke ja kiirendada protsessi;

- Paranduste kiirendamine- kanban aluseks olevad protsessianalüüsid soodustavad ja toetavad pidevat süsteemi parandamist;
- Õigel ajal õige toodangu tootmise võimaldamine- kanban annab võimaluse jälgida detailide liikumist tootmisprotsessides ja hallata varusid.

Enamasti on kanban kaardi peal kirjas: (Cimorelli 2013: 2)

- Tarnija informatsioon- nimi ja tarnijakood ja laokoht;
- Detailide informatsioon- artikli number, kirjeldus ja kogus;
- Kliendi informatsioon-kasutaja grupp ja asukoht, lao asukoht, kanban number.

Kanban võib veel sisaldada toormaterjali, laadimise informatsiooni, veoinfot ja muud infot, mis on oluline ettevõtte või protsessi kohta (Ibid.)

Hammarbergi ja Sundeni järgi põhineb kanban kolmel printsiibil: vahevarude minimeerimine, protsesside ja töövoogu võimalikult hea visualiseerimine ning tootmis- ja töövoogu pidev arendamine. Neljanda lisanduva printsiibina on autorid viidanud protsesside juhtimise reeglistiku võimalikult selgele väljatoomisele ja kommunikatsioonile. (Hammarberg & Sunden 50-52)

Antony *et al* hinnangul on kanban kasulik viiel põhjusel: 1) kanban seab maksimaalse varude taseme; 2) parandab efektiivsust; 3) lubab edasist efektiivsuse parandamist läbi protsessi parema läbipaistvuse; 4) võimaldab luua rohkem töökindlama ja väiksema varieeruvusega tootmisprotsessi; 5) parandab paindlikkust. (Antony et al 124)

Kliendinõudlus ei ole kunagi täielikult stabiilne. Nende tellimused varieeruvad, kuid üldises pildis on nõudlus masstoodangu järele püsivalt stabiilne. Kui suudetakse toota ainult seda, mida on laos vaja ja õigel hetkel, siis toimub ka samasugune nõudlus materjalide järele. (Hirano 2009:476) Kui tekiks olukord, kus ettevõtte toodab nädal aega ainult ühte toodet ja nädal ainult teist toodet, siis tekiks olukord, kus ühed masinad oleksid terve nädal väga ülekoormatud ja teised masinad seisaksid täielikult ja järgmisel nädalal tekiks teistel masinatel ülekoormus. Tasandatud tootmise (*levelled production*) korral toimuks mõlema toote tootmine mõlemal nädalal. (Hirano 2009:482) Tasandatud tootmise põhimõte seisneb erinevate toodete jaotamises ja erinevate tootemudelite tootmises kas siis partiide või osade kaupa vastavalt müügitrendile. Näiteks kliendi poolt on tellimus tootele korra kuus, siis tasandatud tootmise korral toodetakse seda igapäevaselt kindla koguse. Tellimuse kogus on jagatud võrdselt päevade peale. (Ibid.)

Tasandamise jaoks on järgmised tehnikad: (Hirano 2009: 485-487)

- Tsükliäeg arvutatakse välja võimalikult täpselt, sõltuvalt kui kaua ühte detaili toodetakse;

- Tsükli loend näitab tootmismustrit, mida korratakse, et leida vajalik toodangu maht.

Wedgwoodi järgi on kanban ja 5S omavahel loogiliselt järjestikku seotud. Kui kanban defineerib protsessi käivitava elemendi, siis järgmiseks sammuks on protsessi füüsilise paiknemise kaardistamine ning siis selle protsessi võimalikult selge käigus hoidmine. Ühiseks nimetajaks on läbipaistvus. (Wedgwood 29)

1.4. 5S meetod

Nõuetekohane korraldus ei seisne ainult detailide nõuetekohane virnadesse või ritta ladumises ja nende hoiustamises. Kui nõuetekohane korraldus on korrektselt tehtud, siis see hõlmab oluliselt rohkem. Sinna ka nõuetekohane tööülesannete täitmine ja väljast tulnud tellimuste korrektne käsitlemine. (Hirano 2009: 244) Nõuetekohane paigutus on vajalik, et eristada vajaminevat mittevajalikust, kuid seda on sageli raske eristada. Enamasti ei julgeta mittevajalikku välja visata, vaid hoitakse seda lootuses see hiljem ära kasutada. See võib viia varud nii suureks, et takistab vajaliku tootmist. 5S koosneb viiest sammust: (Ibid.)

- Seiri ehk õige paigutus
- Seiton ehk kordaseadmine
- Seiso ehk puhtus
- Seiketsu ehk korrastatud
- Shitsuke ehk säilitamine

Õige paigutus on tehtud õigesti siis, kui see tagab tööülesannete õigesti sooritamise, väljast tulevate käskude õige täitmise. Kui tehases on kõik igesti paigutatud, siis juhul on lihtne otsustada, millised töötajad on endiselt vajalikud ja millised ei ole enam, see võimaldab teha vajalikke muudatusi personali hulgas. Riistvara paigutuse osas tähendab õige paigutus asjade õiget ladustamist. Õige paigutus tähendab üldises plaanis kõige vajamineva alleshoidmist ja mittevajaliku eemaldamist protsessist. Kui seda ei tehta, põhjustab see üleliigset varu ja sellega seotud finantsilisi väljamienkuid. Kui on üleliigset varu, on vaja oluliselt rohkem laoruumi ja taarat selle varu hoiustamiseks. Samuti raskendab üleliigne varu vajalike detailide ülesleidmist. (Hirano 2009: 245)

Kordaseadmise põhimõtte on omada enda ümber vaid asju, mis on hetkel vajalikud. Järgmiseks on vaja selgeks teha, kuidas need paigutada nii, et kõigile oleks arusaadav, kust vajalik kätte saada ja see pärast õigesti tagasi panna. See tähendab nende kohtade standardiseerimist, kus asju hoiustada.

Hea on kasutada märgistust. See on visuaalselt selge meetod, mis aitab kõigil aru saada kus tööriistad peavad olema ja see aitab tööoperatsioone teha oluliselt sujuvamalt. Puhtus on tehastes tugevalt seotud toodangu kvaliteediga. Lihtsaim viis on hoida põrandad puhtad ja puhastada tootmiseseadmeid. Tehases mustuse, tolmu ja prahi kuhjumise vältimine võimaldab ka töötajatel oma tööd paremini teha. Seadmete juures tuleks kohe parandada õlilekked. Puhtusega seotud toimingud peavad olema igapäevane hooldustööde osa. Operaatorid, kes seadmete taga töötavad, peaksid kohe juhtima tähelepanu esinevale probleemile. (Ibid)

Korrastatud tähendab, et kolm eelnevat punkti on täidetud. See on kõige tihedamalt seotud puhtusega. Tehastes tähendab see seda, et on leitud võimalused ja head lahendused, kuidas seal töötavatel inimestel on võimalik puhtust ja korda hoida. Säilitamine on kõige tähtsam osa kõigist viiest punktist. See tagab eelnevas neljas punktis saavutatu pideva hoidmise ja korrektse teostamise protsessi vältel. Kui ei suudeta hoida distsipliini, siis on kõik eelnev vaid aja ja tööjõu raiskamine. Korda aitab säilitada 5S kontrollnimekiri ja 5S peavad järgima ka tehaste juhid ja on vajalik rõhutada selle tähtsust ka töötajatele. Kui juhid ise ei järgi neid viit punkti, ei ole neil õigus nõuda seda ka töötajatelt. (Hirano 2009: 249)

Niederstadt on toonud 5S käsitluses esile väidetava Taichi Ohno tsitaadi, mille järgi 5S on kulusäästlike printsiipide alustala. Kui ettevõtte ei suuda tagada, et tootmises isegi 5s osas valitseks süsteemne kord, siis ei ole erilist lootust teiste printsiipide peatse rakendamise osas. (Niederstadt 2015: 23) Autor toob ka välja 5S rakendamises neli taset. Näiteks kolmas tase, 5S spetsialist, peab oskama rakendada 5S printsiipe nii vahetutel tootmisoperatsioonidel, kui ka kvaliteedikontrolli, hoolduse ja turvalisusega seotud protsessides. (Ibid.)

2. Metoodika

Teises peatükis on autori poolt kirjeldatud uuritavat tootmisettevõtet AS Norma, tema tegevusala ja tootmisprotsesse. Töö autor annab ülevaate praegustest tööprotsessidest ja kirjeldab praegust tootmise planeerimist. Seejärel toob koostaja välja uue liini ehitamise peamised põhjused ning sellest lähtuvad töö eesmärgipüstitus, uurimisküsimused ja metoodiline lähenemine.

2.1 AS Norma ajalugu ja ülevaade

AS Norma ajalugu ulatub aastasse 1891, mil asutati Paldiskisse Michelsoni plekitöökoda ja alustati kilukarpide tootmisega. 1931. aastal võeti kasutusele nimi Norma. Edasiseks toodanguks sai mänguasjad ja Norma oli sellel ajal juhtiv mänguasjade tootja NSV Liidus. Mänguasjade tootmine toimus kuni aastani 1980. 1973. aastal alustati paralleelselt mänguasjadele ohutusrihmade tootmist sõiduautole Moskvitš. Aastatel 1973-1990 oli Norma ainus turvavööde tarnija NSV Liidus. Norma toodangu hulka on kuulunud veel rinnamärgid, kandikud, plekkpurgid. Alates 2010. aastast kuulub Norma 100% Autolivi kontserni, mis hõlmab lisaks koostetehaseid üle maailma. (Koolitusmaterjalid)

AS Norma jaguneb kaheks suureks osakonnaks NRC-komponentide tootmine sõidukite turvavarustusele ja NRS-rihmarullide ja kõrgusregulaatori koostamine. Eraldi seisev osakond on tööriistavabrik, kus toimub plastivalu vormide ja stantsimisrakiste valmistamine. (www.norma.ee)

NRC jaguneb omakorda protsessideks. Selleks et valmiks üks turvavöö komponent, peab see läbima mitu erinevat tööstuslikku protsessi. Nendeks on lehtmetailist stantsimine, isotermiline töötlus, abrasiivtöötlus, galvaaniline katmine, plastmassi survevalu. Seejärel lähevad keeled koostetehastesse koostamisele. Galvaaniline katmine toimub AS Normas kahel erineval liinil. Üks on tsingiga katmine, kus kaetakse erinevaid puistedetaile, et suurendada nende detailide korrosioonikindlust. Nikkel-kroom liinil toimub suuremate detailide katmine, AS Normas on nendeks turvavöö keeled ja riivid. Selline pinnakate annab keeltele korrosioonikindluse ja

esteetilise välimuse. Vastavalt mudelile kaetakse keeled kas läikiva või mattpinnakattega. Liini töömaht on aastas umbes 50 miljonit komponenti. (www.norma.ee)

Nikliga galvaanilise katmise tehnoloogiat on viimase viie aastakümne jooksul põhjalikult arendatud. See võimaldab anda võimalikult laiale tootevalikule dekoratiivse ja funktsionaalse rakenduse. Galvaniseeritud niklit kasutatakse aastas üle 150 000 tonni ja selle laialdane kasutamine tõestab nikli olulisust metallesemete olulise kaitsekihina. (Rose, Whittington 2014: 5)

Galvaniseerimine on elektrolüütiline protsess, mille käigus sadestatakse detaili pinnale, et parandada selle välimust või omadusi. See tõstab detailide kulumiskindlust ja korrosioonikindlust. Sellist galvaanilist komponentide katmist kasutatakse nii autotööstuses, meretööstuses kui ka kodumajapidamiseks vajaminevate tarbeesemete töötlemisel. Sageli on nikkel omakorda kaetud kroomiga. (Rose, Whittington 2014: 25)

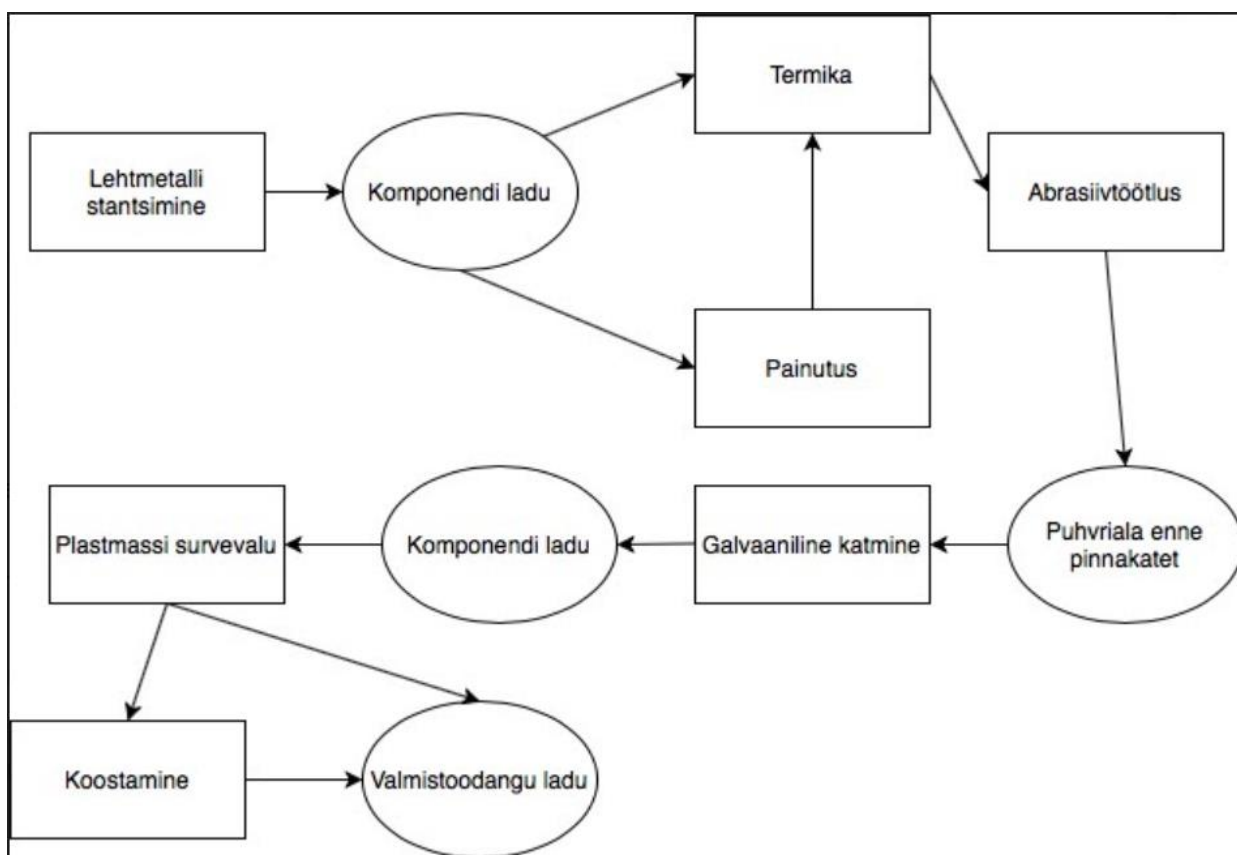
Nikkel-kroom katmisel kasutatakse enamasti kahte erinevat pinnakatet. Nendeks on läikiv pinnakate ja satiin ehk matt pinnakate. Kõige laialdasemalt kasutatakse läikivat pinnakatet. Selle omadused aitavad peita ebaühtlust ja erinevaid detailide pindade ebaühtlusi. Satiinpinnakate annab detailidele poolläikiva välispinna. Selline pinnakate leiab kasutust enamasti uste ja mööbli tootmisel, väiksemal määral autotööstuses. (Rose, Whittington 2014: 25)

2.2. Turvavöö keelte tootmise protsess

Turvavöö keelte ja riivide tootmine algab lehtmetaili stantsimisega, kus vormitakse välja detailide kontuurid. Seejärel lähevad stantsitud detailid komponentide lattu hoiustamisele. Edasi jaguneb protsess vastavalt tootele kaheks. Osa keeli läbib painutusprotsessi ja liigub seejärel läbi termotöötuse ja abrasiivtöötuse galvaanilise katmise protsessi ette. Enamus keeli ja riivid läbivad kohe termotöötuse ja abrasiivtöötuse ning seejärel liiguvad protsessis galvaanilisele katmisele. Katmise protsessi ajaline kestus on 10 tundi, mille jooksul saavad detailid pinnakatte ja vesinikärastuse ahjudes eraldada vesinik. Keeled ja riivid transporditakse uuesti komponentide lattu, kus siis tootmisplaani alusel tellitakse keeled plastmassi survevalusse ja riivid koostamisse. Tootegrupp 1 olevad keeled läbivad veel koostamise protsessi ja seejärel transporditakse toodang valmistoodangu lattu.

Praegune tootmisprotsess hõlmab suurt puhviruumi ja detailide hoiustamise enne galvaanilise katmise protsessi. Seal on võimalik hoiustada kuni sada kakskümmend alust korraga. Igale artiklile

on eraldi hoiustamise kohad, kuhu mahub üheksa alust, lisaks veel ajutised kohad, millelt viiakse detailid puhvrisse, kui seal alusekoht vabaneb.



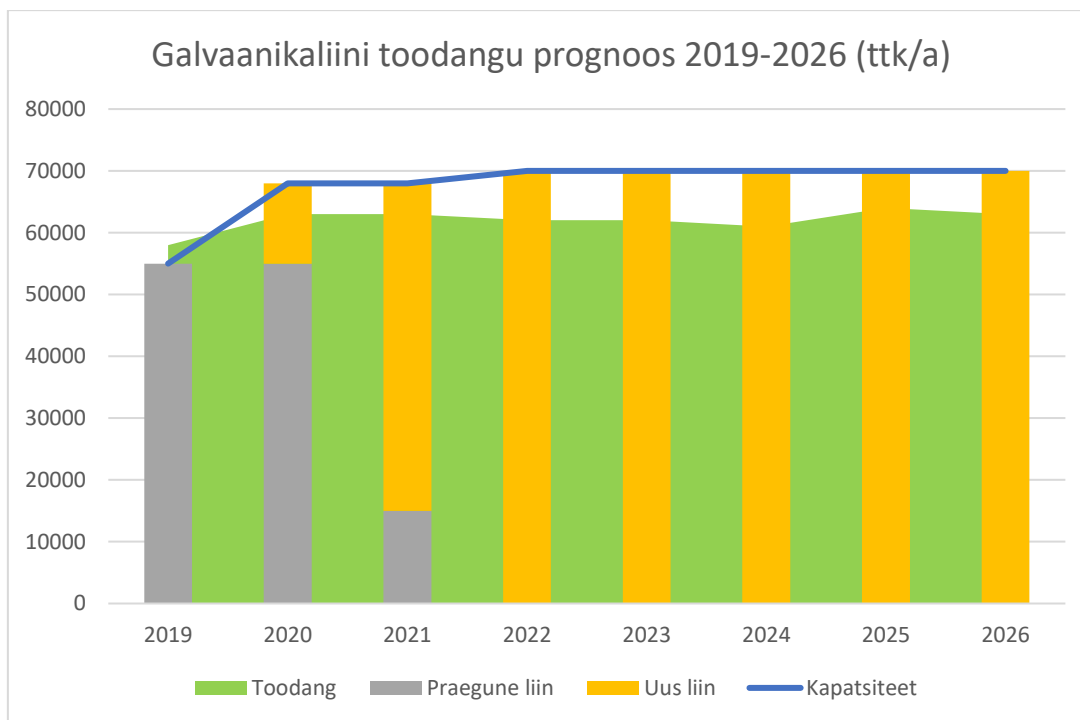
Joonis 1. Turvavöö keelte tootprotsess ettevõttes

Allikas: autori koostatud firma dokumentatsiooni põhjal.

2.3. Uue galvaanikaliini ehitamise põhjused

Uue galvaanikaliini rajamise põhjuseid on peamiselt kolm:

1. Uus galvaanikaliin osutus vajalikuks, kuna praegune pinnakatteliin ei ole nii võimas, et katta kliendivajadust. Praegu on juba osutunud vajalikuks lisavahetused ja liin vajab igal nädalal hooldust, mille kestus on vähemalt 24 tundi. Sellest tulenevalt on vanal liinil liiga vähe kapatsiteeti ka ületundide tegemise korral.
2. Praegu on kasutusel liinis kuuevalentne kroom, mis keelustatakse seoses keskkonnale tekitatava kahjuga.
3. Kvaliteedi parandamine- uued lahused ja uued seadmed annavad põhjust eeldada, et toodang on kvaliteetsem ja tekib vähem liiniseisakuid ja tõrkeid, mis tekitavad tootmises praaki.



Joonis 2. Galvaanikaprotsessi mahtude prognoos 2019-2026

Allikas: AS Norma Management summary.

Joonisel 2 on kujutatud Norma erinevad tooted ja nende nõudlus aastatel 2019 kuni 2026. Jooniselt on näha, et hetkel opereerival liinil jäi kapatsiteeti puudu juba aastal 2019. Plaani järgi pidid hakkama kaks liini paralleelselt tööle 2020. aasta lõpul ja 2021. aastal enamik detaile kaetakse juba uuel liinil. Alates aastast 2022. oli plaanis viia kogu toodang 100% üle uuele tootmisliinile. Praeguse plaani kohaselt on plaanis uue tootmisliini käivitamine 2021. aasta detsembris. Jooniselt on näha, et praeguse liinil jäi kapatsiteeti puudu juba aastal 2019 ja selle jaoks, et vajalik toodang tehtud saaks, oli vaja viiepäevasele töönalale lisaks teha ületunde nädalavahetusel. Liinil on maksimaalselt võimalik töötada kuus tööpäeva järjest, seepärast on vaja vähemalt üheööpäevast hoolduspäeva.

Tabel 1. Uue galvaanikaliini tegevusnäitajate võrdlus praeguse galvaanikaprotsessiga

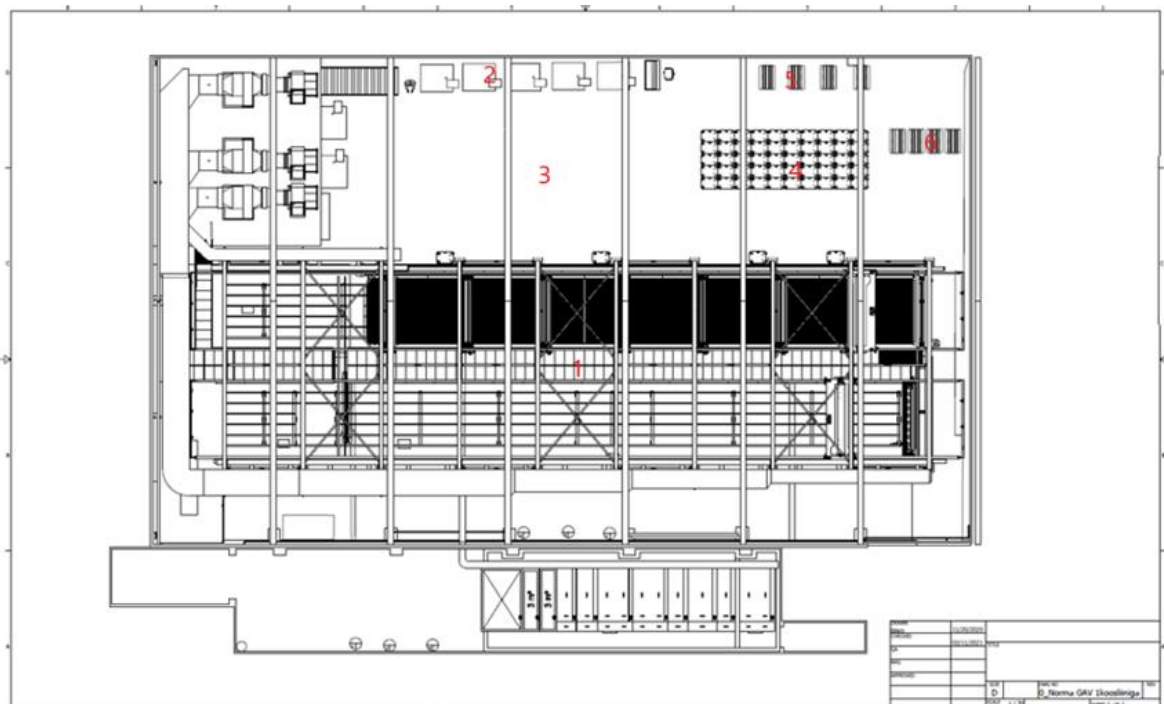
	Praegune galvaanika Normas	Uue galvaanikaliini näitajad
Kroomiprotsess	Cr(VI)	Cr(III)
Vajalik kapatsiteet (tk/a)	55000000	64000000
Olemasolev kapatsiteet (tk/a)	55000000	70000000
Operaatorite arv	64	59
LMPU	0,1402	0,1111
Töökulud	0,0222	0,0174
Keemia kulud	0,0332	0,0499

Liini amortisatsioon	0,0069	0,0065
Liini hoolduskulud	0,0142	0,0122
Üldkulud	0,0053	0,0042
Tüki katmise hind	0,0816	0,0902
Hind aasta kohta	4490000	5776000

Allikas: AS Norma sisedokumentatsioon

Uuel liinil on 20% rohkem võimsust võrreldes praeguse liiniga, saab katta 20% rohkem läikiva pinnakattega detaile kui varasemalt. Satiini võimsus on sama, mis praegusel liini. Satiiniga kaetavad kaetavaid detaile on kogu toodangu hulgas ca 30%. Enamasti moodustavad selle riivid ja varuosadeks olevad keeled.

Tabelis on näha, et uuel liinil jääb kapatsiteeti üle ja on võimalus hooldusi teostada tööpäevadel, sellest vähenevad ületundide kulud. Samuti vähenevad liini hoolduskulud ja üldkulud. Uuele liinile on vaja vähem inimtööjõudu. Praegusel liinil on vajalik inimeste arv 64, aga uuele liinile on vaja tööle 59 inimest.



Joonis 3. Galvaanikaliini paigutuse skeem. Tähistused: 1-liin; 2-ahjud (7 tk); 3-pakkimisala; 4-sissetulevad alused; 5-väljaminevad alused; 6-tühja taara hoiukohad.

Allikas AS Norma sisedokumentatsioon.

Joonisel 3 on toodud detailide hoiustamine uue liini juures. Praegu toob transportitöötaja aluse detailidega liini juurde eelmisest protsessist. Sealt paigutavad operaatorid detailid puhvrise, kus

siis võetakse need vajalikul ajahetkel ja laotakse liini. Kõik toimub ühtlase sirge joonena. Ühest uksest tuuakse detailid sisse ja teisest uksest viiakse kaetud detailid välja komponendi lattu.

Uue liini ruumil on ainult üks uks ja seal toimub ringliiklus. Sissetulev pooltoodang ja juba galvaanikaprotsessi läbinud pooltoodang liiguvad sama ukse kaudu. Vaja on veel iga ahju ette aluse pakkimise ala. Selle tõttu ei saa teha suuremat puhverala kui 50 alusekohta.

2.4. Uurimisprobleem, -eesmärk ja uurimisküsimused

Tänase seisuga on ettevõttes kaardistatud neli alternatiivset võimalust, kuidas korraldada tootmise planeerimist uuel liinil ja kuidas hoida ja käsitleda liini juures puhvervaru.

1. FIFO meetod: kõik toodang, mis eelnevast protsessist tuleb, läheb liini samas järjekorras, kohe kui eelmine protsess on lõppenud;
2. Päevane tootesortiment: eeldab, et töötada välja teatav päevane sortiment, mis on vajalik iga päev katta;
3. Rakisepõhine jaotus: jaotada veerud rakiste järgi vastavalt protsentuaalsele tootmisvajadusele;
4. Tootegrupi põhine jaotus: jaotada veerud vastavalt tootegruppide protsentuaalsele tootmisvajadusele.

Käesoleva töö uurimisprobleem lähtub asjaolust, et ettevõttes puudub varasemalt detailne analüüs, millist põhimõtet juurutada, sest kombineeruvad erinevad tugevused ja nõrkused. Käesoleva uurimuse eesmärgiks on välja selgitada kõige optimaalsem viis, kuidas korraldada tootmise planeerimine ja logistika uuel galvaanikaliinil. Üheks olulisimaks piiranguks seejuures on ruum - kuidas planeerida ja kasutada praegusest 50% väiksemat puhverala enne galvaanilise katmise protsessi, et tootmine oleks stabiilne ja kliendivajadused oleksid kaetud õigeaegselt.

Uurimisküsimused:

4. Milliseid eeldusi esitavad erinevad galvaanikaliini tootmislogistika mudelid detailides ja mis on nendega kaasnevad mõjud?
5. Millist tootmislogistika lahendust tuleks ettevõttele soovitada?
6. Millised on uue liini tootmiskorralduse elluviimise peamised kitsaskohad ja milline peaks olema rakendamise protsess?

Andmed pärinevad AS Norma klientide nõudlusest ja on võetud aprillis 2021. Klient on AS Norma NRC osakonna jaoks koostetehas, kellele komponente müüakse. Klient esitab oma prognoosid 15 kuud ette. Sõltuvalt tootest on määratud ajaline periood, mille jooksul oma tellimust muuta ei tohi, eriti koguseid tõsta. Kui kliendil siiski tekib soov tellimuse kogust muuta, siis tuleb kalkuleerida läbi materjalide olemasolu ja tootmiseks kuluv aeg. Kui materjali ei ole laos, tuleb arvestada juurde tarnija poolt antud ettevalmistusaeg.

3. Galvaanikaliini tootmislogistika mudelite analüüs

Käesolevas peatükis esitab autor oma arvutuste tulemused, analüüsib erinevaid varude hoiustamise meetodeid ja selgitab välja, milline hoiustamise meetod on ettevõttele kõige sobivam.

3.1. Tootegruppide põhine jaotus

Tooted on jaotatud seitsmesse gruppi. Igas grupis on tooted nende omaduste järgi ja vastavalt sellele, kuidas neid edasi töödeldakse. Viimasesse gruppi kuuluvad detailid, mis on üksikud ja ei sobi teiste detailidega kokku. Tootegruppidesse jaotamise nõrkused ja tugevused on alljärgnevad.

Tugevused:

1. Operaatoritele on see kergesti hallatav, neil on võimalik näha, mis toodangut on neil vaja järgmisena katta.
2. Planeerimise vigu on võimalik parandada kergesti. Alused ei ole teiste taga kinni.
3. Liin on stabiilselt koormatud.

Nõrkused:

1. Vajalik on suur puhverala, et toodangut mahuks hoiustama.
2. Ruumi ei kasutata sõltuvalt toote vajadustest 100% kogu aeg ära.
3. Täistõstele mittejagumisest tulenevalt jäävad jäägid, mis tuleb eraldi hoiustada, tavaliselt on selleks 1-2 kasti. Enamasti tekib erinevaid pikemaks ajaks seisma jäävaid jääke madala vajadusega toodangul.

Detailid on jagatud seitsmeks tootegrupiks toote omaduste järgi ja artiklid on tähistatud tootegrupi numbri ja artikli järjekorra numbriga. Esimeses tootegrupis on detailid, mis lisaks plastivalule läbivad enne lähetamist ka koostamise protsessi. Tootegruppides 2-5 on keeled, mis peale plastmassi survevalu on kohe valmis lähetamiseks. Viimasesse tootegruppi, tähisega "muu", on vähese nõudlusega keeled, mis liigitu teistesse gruppidesse. Need on detailid, mille nädalane

vajadus jääb alla ühe aluse ja need ei liigitu omadustelt ühtegi tootegrupi. Aluse kohtade arvu saamiseks on võetud nädalane keskmine vajadus ning jagatud aluse kogusega. Saadud tulemus on jagatud omakorda viie tööpäevaga nädalas.

Grupp 1 kuuluvad detailid, mis on kõige pikema protsessiga. Need detailid läbivad peale pinnakatet ja plastmassi survevalu sorteerimise. Riivid lähevad otse sorteerimisse. Seejärel need detailid koostatakse. Gruppi kuulub kaheksa artiklit, millest kolm on keelte armatuurid ja viis on lukustusriivid. Vajalik aluste arv päevas on 20,56 kohta.

Tabel 2. Nõudlus galvaanikale tootegrupi 1 poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
G1-A1	4200	220000	10
G1-A2	4200	120000	6
G1-A3	4200	12000	1
G1-A4	20000	200000	2
G1-A5	20000	120000	1
G1-A6	20000	20000	1
G1-A7	20000	20000	1
G1-A8	20000	20000	1

Allikas: Kliendiprognosid AS Norma infosüsteemist

Grupp 2 on ainult keeled. Tegemist on kõige suurema kliendinõudlusega tavakeeltega. Vajalik alusekohtade arv on 3,27 kohta.

Tabel 3. Nõudlus galvaanikale tootegrupi 2 poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
G2-A1	9600	60000	1,3
G2-A2	9600	15000	0,3
G2-A3	9600	70000	1,5
G2-A4	9600	12000	0,3

Allikas: Kliendiprognosid AS Norma infosüsteemist

Grupp 3 kuuluvad kaheksa erinevat keelt. Kolmel esimesel artiklil on suuremad vajadused. Kahel viimast keelt kuuluvad varuosade alla ja neid toodetakse kõige rohkem kaks korda aastas. Vajalik alusekohtade arv päevas on 1,23 kohta.

Tabel 4. Nõudlus galvaanikale tootegrupi 3 poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
G3-A1	9000	7650	0,2
G3-A2	9600	15300	0,3
G3-A3	9000	15300	0,3
G3-A4	9000	4500	0,1
G3-A5	9000	4500	0,1
G3-A6	9000	4500	0,1
G3-A7	9000	4500	0,1

Allikas: Kliendiprognosis AS Norma infosüsteemist

Siin tabelis on artiklid, mis enamasti toodetakse 4 konteineri kaupa ja toodetakse 1-2 korda kuus. Vajalik alusekohtade arv nädalas on 0,21 kohta.

Tabel 5. Nõudlus galvaanikale tootegrupi 4 poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
G4-A1	9600	8000	0,2
G4-A2	9600	2000	0,1

Allikas: Kliendiprognosis AS Norma infosüsteemist

Alljärgnevas tabelis 6 on kaks masstoodangu artiklit, mis on pidevalt tootmises ja toodetakse alati suurte partiidena. Selle tootegrupi jaoks tuleb eraldada vähemalt 3,13 kohta päevas.

Tabel 6. Nõudlus galvaanikale tootegrupi 5 poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
G5-A1	9600	30000	0,63
G5-A2	9600	120000	2,50

Allikas: Kliendiprognosis AS Norma infosüsteemist

Tabelis 7 on keeled, mis toodetakse enamasti 2-4 konteineri kaupa korra kuus. Alusekohtade vajadus on nendele keeltele ööpäevas 0,4 kohta.

Tabel 7. Nõudlus galvaanikale tootegrupi 6 poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
G6-A1	9000	8000	0,2
G6-A2	9000	6000	0,1
G6-A3	9000	4800	0,1

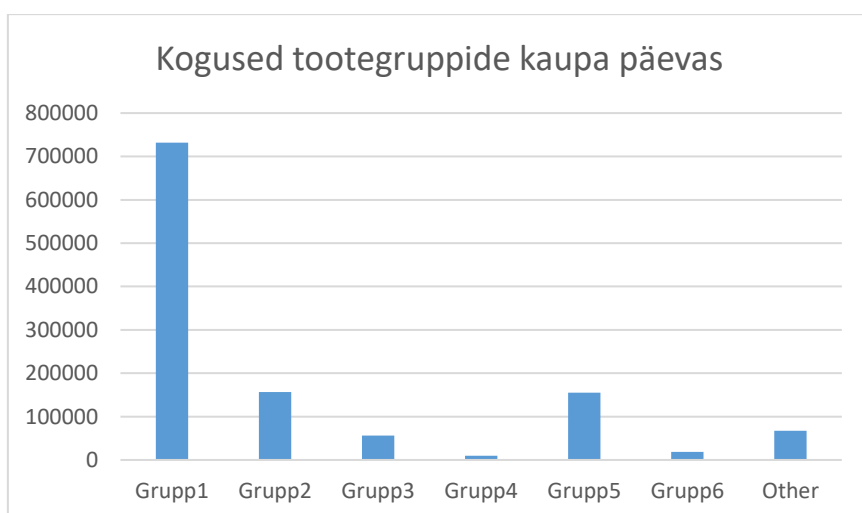
Allikas: Kliendiprognosid AS Norma infosüsteemist

Tabelis 8 on artiklid, mis on üksikud ja neid ei saa jagada ühtegi teise gruppi. Siin on palju juba varuosadeks läinud keeli. Nende keelte vajadus on 2 alusekohta päevas. Enamasti ei liigu siin artiklid suurte kogustena vaid kuni kahe aluse kaupa korraga.

Tabel 8. Nõudlus galvaanikale grupi „other“ poolt ühel keskmisel nädalal jooksva aastal

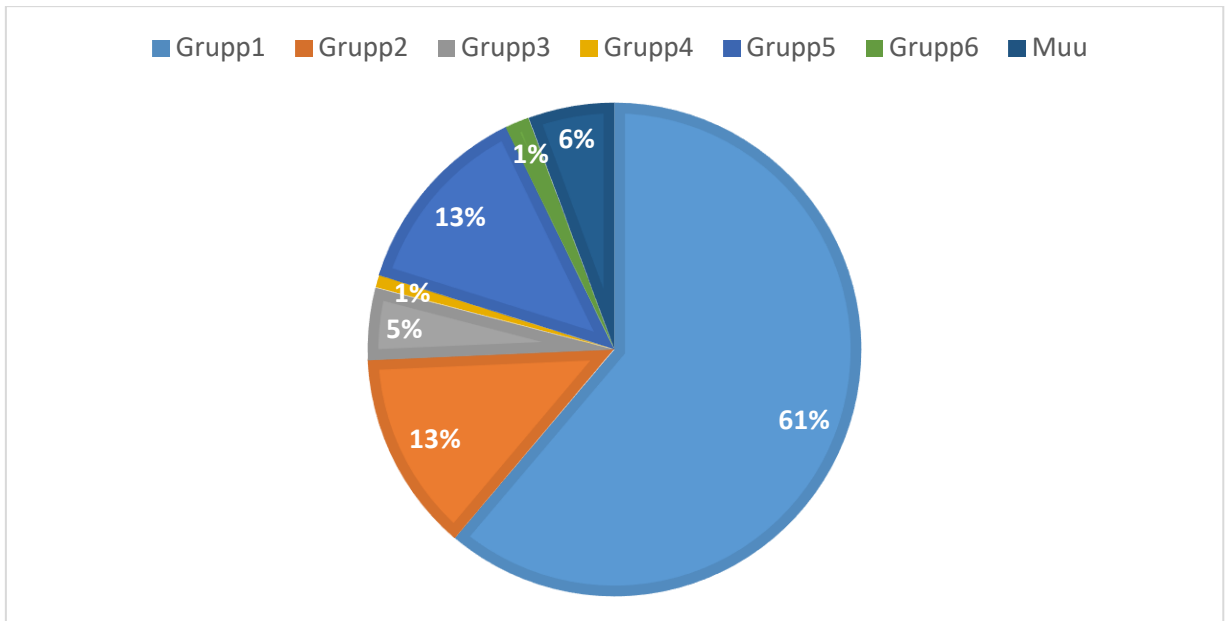
Artikkel	Aluse kogus (tk)	Nädala vajadus (tk)	Vajalik alusekohtade arv päevas
OT-A1	9600	9000	0,2
OT-A2	9000	8000	0,2
OT-A3	9000	4200	0,1
OT-A4	4000	4000	0,2
OT-A5	16000	16000	0,2
OT-A6	9600	4800	0,1
OT-A7	9600	4800	0,1

Allikas: Kliendiprognosid AS Norma infosüsteemist



Joonis 4. Kogused tootegruppide kaupa päevas.

Allikas: ettevõtte sisedokumentatsioon.



Joonis 5. Tootegruppide lõikes protsentuaalne jaotus

Allikas: ettevõtte sisedokumentatsioon.

Nõudlus kokku on keskmiselt 1,2 miljonit detaili nädalas. Joonistelt 4 ja 5 on näha, et kõige suurema hulga tootmismahust hõlmavad Grupi 1 tooted. Nende toodete nädalane vajadus on 61% kogu toodangu mahust. Sellest tulenevalt liigub nädalas läbi protsessi just nende detailidega. Suuruselt on kaks järgmist gruppi on Grupp 2 ja Grupp 5 13% toodangu kogumahust. Teiste gruppide maht kogutoodangust jääb alla 10%. Sellest tulenevalt oleks vaja jaotada olemasolevad 10 veergu vastavalt:

- 1 veerg toodangu jaoks, mis tuleb käsitleda eelisjärjekorras;
- 4 veergu Grupp 1 detailidele- need 4 veergu jaotuvad omakorda kaheks, kus kahte veergu paigutatakse keeled ja kahte veergu riivid;
- 2 veergu Grupp 2 detailidele;
- 2 veergu Grupp 5 detailidele;
- 1 veerg, millesse jaotuvad Grupp 6, Grupp 4 ja Grupp „other“ detailid.

Sellise jaotuse puhul tuleb rakendada kanban kaartide abil tellimissüsteemi, et tellida eelnevast tootmisprotsessist alused galvaanika puhvrise. Kaarte on vaja nii palju, kui on selle toote jaoks puhvris ruumi.

3.2 Rakisepõhine jaotus

Rakisepõhise jaotuse tugevused ja nõrkused on alljärgnevad.

Tugevused:

1. Paindlikkus planeerimisel- võimaldab vastavalt vajadusele teha kergeid korrekture tootmisplaanis.
2. Liin on stabiilselt ja ühtlaselt koormatud.
3. Operaatoritel kerge jälgida, mis detailid liini lähevad ja mis rakiseid vajalik on kasutada.

Nõrkused:

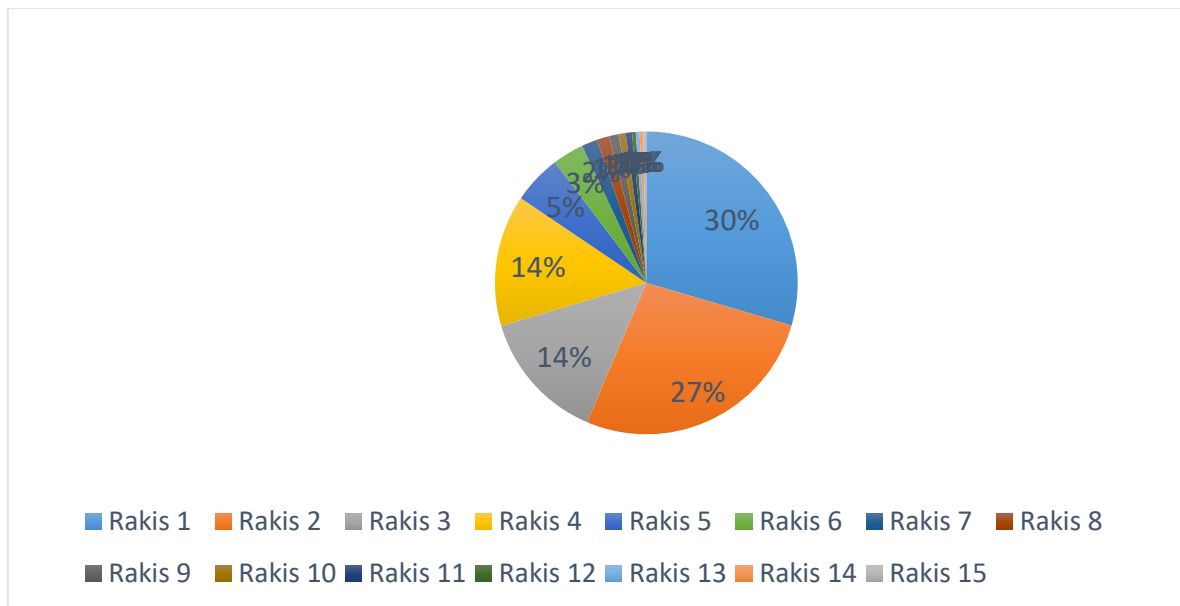
1. Vajalik on suur puhvriala.
2. Jääkide käsitlemiseks on vaja eraldi protseduuri.

Rakisepõhine toodete jaotuse puhul on kasutuses 15 erinevat liiki aktiivset rakist, mis on sõltuvalt kliendi nõudlusest väga erineva koormusega. Osad on kasutusel igapäevaselt, osasid rakiseid kasutatakse mõned korrad aastas. Sellised rakised on varuosade tootmiseks. Iga päev kasutatavad rakised on liinis kogu aeg, neid maha ei võeta, ainult siis kui on vaja hooldada või parandada. Tabelis 9 on välja toodud rakise koormus nädalate lõikes. Kuigi nädala kogus on mitmel artiklil alla aluse koguse, toodetakse ja viiakse läbi protsessi siiski üks terve alus.

Tabel 9. Rakise koormus nädalate lõikes

Rakise number	Kogus vastavalt rakisele nädalas (tk)
Rakis 1	352000
Rakis 2	320000
Rakis 3	167000
Rakis 4	167000
Rakis 5	62250
Rakis 6	40000
Rakis 7	20000
Rakis 8	16000
Rakis 9	12000
Rakis 10	9000
Rakis 11	8000
Rakis 12	4800
Rakis 13	4800
Rakis 14	4500
Rakis 15	4000

Allikas: autori arvutused ettevõtte andmete baasil.



Joonis 6. Rakise suhteline koormatus nädalas rakisepõhises jaotuses.

Allikas: autori arvutused ettevõtte andmete baasil.

Sellest tulenevalt tuleb 10 veergu jaotada järgmiselt:

- Rakis 1: 3 veergu
- Rakis 2: 2 veergu
- Rakis 4: 1 veerg
- Rakis 5: 1 veerg
- Kaks veergu detailide jaoks, mis moodustavad toodangust kuni 10%.
- 1 veerg toodangu jaoks, mida on vaja käsitleda eelisjärjekorras.

Siin tuleb samuti rakendada tootepõhist kanban kaartidega abrasiivtötlusest tellimise süsteemi. Kui detailid laotakse aluselt liini, siis alusekoht vabaneb puhvrilt ja tellitakse uus alus. Rakisepõhist tellimissüsteemi rakendada ei saa, sest teistes protsessides töötavad inimesed ei ole teadlikud, millised detailid vastavale rakisele kuuluvad.

3.3. FIFO-põhine jaotus

FIFO-põhise jaotuse puhul tuleb toodang sisse juba eelnevast protsessist vastavalt sellele, kuidas seal on detailid toodetud. Selleks, et FIFO toimiks, on seda rakendatud ka deklareerimise süsteemis. Süsteem ei luba teha sellisel juhul kandeid, kui tegemist on vale alusega. Sellel lahendusel on nii tugevusi kui puuduseid.

Tugevused:

1. Detailid ei jää seisma- alati kaetakse kõik ära, sest enne ei saa võtta töösse uut alust.
2. Vaja on väikest puhverala, sest alused võetakse järjest töösse ja ei ole vaja teha jaotust.
3. Kuna puudub vajadus teha jaotus, siis puudub vajadus koostada sellele liinile eraldi tootmisplaani. Liin on võimalik panna tööle kanban süsteemiga.
4. Toimub pidev aluste liikumine.

Nõrkused:

1. Paindumatu- kui kasutada FIFO süsteemi, siis tuleb seda rakendada ka deklareerimissüsteemis ja ei ole võimalik muuta vajadusel plaani.
2. Inimlik viga planeerimisel- ei ole võimalik tekkinud vigu kiirelt parandada.
3. Pidev ja ebaratsionaalne rakiste vahetamine liinis-operaatorid peavad pidevalt vahetama liinis rakiseid ja neil puudub ülevaade, mis toodang tuleb järgmisena liini laduda. See selgub alles siis, kui alus läheb tootmisesse
4. Ei ole võimalik plaani korrigeerida.
5. Liin ei ole ühtlaselt koormatud.
6. Ei ole füüsilist takistust, et aluseid tuua vales järjekorras puhvrise ja laduda liini.

Alljärgnevasse tabelisse on paigutatud tootegruppide põhiselt vajalike aluste arv ühe tööpäeva jooksul. Siit järeldub, et vajalik on vähemalt 31 alusekohta tööpäevas.

Tabel 9. Aluste vajadus FIFO süsteemi korral

Grupp	Aluse kohti päevas
Grupp 1	20,56
Grupp 2	3,27
Grupp 3	1,23
Grupp 4	0,21
Grupp 5	3,13
Grupp 6	0,42
Other	2

Siin ei ole vaja rakendada eraldi tellimise süsteemi, sest transport toob aluseid vastavalt FIFO reeglile liini juurde.

3.4. Ettemääratud päevane sortiment

Tugevused:

1. Stabiilne tootmine, kui toota alati keskmise vajaduse järgi.
2. Vajalik puhverala on vaja vaid ühe tööpäeva jagu
3. Ei ole vaja teha eraldi tootmisplaani galvaanika jaoks

Nõrkused:

1. Toodangut tuleb hakata hoidma enne abrasiivtöötlust, kuna termikaprotsess ei saa toimuda samas taktis abrasiivtöötluse ja galvaanilise katmisega.
2. On vaja hakata eraldi planeerima abrasiivtöötluse protsessi
3. Peab hakkama tegema väiksemaid tootmise partiisid stantsimises, sest vastasel juhul jääksid detailid protsessi pidurdama.
4. Ei ole paindlik vigade suhtes.

Päevase sortimendi tegemiseks on samuti vaja arvestada vähemalt 31 laokohta (ööpäevane vajadus). Eraldi ei ole vaja planeerida, sest planeerimine tehakse ära juba eelnevas tootmisprotsessis, milles hetkel kasutatakse kanban süsteemi. Sellisel juhul tuleks hakata siin kasutama kanban süsteemi ja planeerima abrasiivtöötlust, mis tõmbaks sealses protsessis efektiivsust ja kiirust alla. Seal on erinevalt galvaanikast mitu seadet, mis võimaldavad toota samu detaile korraga. Planeerimine ei lubaks sellel süsteemil efektiivselt toimida juba üksnes teadmiste puudumise poolest, kuidas see kõige efektiivsemalt tööle panna ja sinna ette oleks vaja tekitada detailide jaoks suur puhver, mis füüsiliselt sinna praegusel ajal ei mahu.

3.5 Mudelite võrdlus ja järeldused

Tabel 10 võtab kokku nelja mudeli peamised tugevused ja nõrkused. Tabelist järeldub, et kui hoiustada nii rakiste järgi, kui ka tootegruppide järgi, on vaja kasutada maksimaalset puhverala, mida antud ruum võimaldab. Samas tekib sinna puhvrise siis mõlemal korral tühja ruumi, kui vastavasse lahtrisse kuuluvat toodangut ei ole. Mõlema puhul tekib jääkide käsitlemisega vajadus eraldi protseduuriks, kuna need jäävad seisma, kuni on võimalus neid koos uue toodanguga katta. Need kaks süsteemi on ka kõige paindlikumad ja kõige sarnasemad praegu kasutuses olevale süsteemile.

Tabel 10. Erinevate mudelite tugevuste ja nõrkuste lühiülevaade

Tootmislogistika korraldus	Tugevused	Nõrkused
Tootegrupipõhine jaotus	Kerge haldamine, paindlikkus, stabiilne koormus.	Suur puhverala, ruumi raiskamine, keeruline jääkide hoiustamine.
Rakisepõhine jaotus	Paindlikkus, ühtlane koormus, kerge hallata.	Suur puhverala, keeruline jääke käsitleda, tekib tühja ruumi.
FIFO	Kõik detailid kohe liini, väike puhverala, kanban süsteem, pidev detailide voog.	Paindumatu, raskesti hallatav, ebaühtlane koormus, puudub ümberplaneerimise võimalus,
Kindel päevane sortiment	Stabiilne, väike puhverala, kanban süsteem.	Varu vaja viia mujale, planeerimise teise protsessi üle kandmine, väikesed partiid, paindumatu.

Allikas: autori koostatud.

FIFO ja kindla päevase sortimendi kasutamisel on vaja väikest puhverala ja ruumi saaks ära kasutada muul otstarbel. Vajalik on vaid maksimaalselt ühes ööpäevas toodetava toodangu jaoks vajaminev ruum. Mõlema süsteemi korral on varasemates protsessides tehtud planeerimisvigade parandamine raske või võimatu. FIFO puhul ei saa aluste järjekorda muuta ja päevase sortimendi korral on detailidel veel eelnev protsess läbimata. Nende kahe jaotuse puhul puudub vajadus tootmisplaani käsitis koostamiseks, vaid saab kasutada kanban kaarte toodangu registreerimiseks. Nii tootegruppide põhise, rakisepõhise kui ka päevase sortimendi järgi jaotamise korral on liin küllaltki stabiilselt koormatud ja toodetav sortiment on lai. See aitab kliendinõudlusega paremini toime tulla. Kõigi kolme süsteemi toimimise jaoks on vajalik stabiilne ja leveldatud tootmine.

Töö autor leidis erinevate konfiguratsioonide tugevusi ja nõrkusi analüüsid, et kõige otstarbekam on kasutada tootegruppide põhise jaotust. See on kõige selgem ja operaatoritele kõige lihtsam jälgida. Samuti võimaldab see kõige sujuvamalt parandada planeerimisel sisse tulnud eksimusi ja samuti reageerida kliendigraafikute muudatustele. See tagab liini ühtlase koormuse, kuna puhvris on olemas erinevaid detaile. Puhvris olevad veerud on jaotatud vastavalt vajalikule toodete hulga. See võimaldab omakorda veergudes jagada toodangut vastavalt vajadusele, tekitades artiklitele kas siis rohkem või vähem ruumi sõltuvalt kliendi vajadusest. Kõige olulisem on paindlikkus, sest selliselt on võimalik reageerida kõige paremini klientide kõikumatele prognoosidele.

KOKKUVÕTE

Käesoleva töö uurimisprobleemiks oli asjaolu, et ettevõttes polnud seni detailselt läbi analüüsitud, mil viisil oleks kõige parem uut galvaanikaliini tootmislogistiliselt opereerida. Uurimuse eesmärgiks oli välja selgitada kõige optimaalsem viis, kuidas korraldada tootmise planeerimine ja logistika uuel galvaanikaliinil. Lõputöö tõi esile neli tootmislogistika korraldusmudelit, mida võrreldi, et leida kõige sobivam viis toodangu hoiustamiseks puhvris ning sobivaim viis planeerimiseks. Nendeks olid tootegruppidel põhinev jaotus, rakisepõhine jaotus, FIFO põhinev jaotus ja ettemääratud päevane sortiment. Autor tõi välja nende mõju töövoole ja sellest tulenevad tugevad ja nõrgad kohad. Tootmisvajaduste lähteandmeteks oli võetud nädala keskmine kogus 2021. aasta vältel käesoleva aasta aprilli seisuga.

Praktiliseks võtmepiiranguks optimaalse lahenduse identifitseerimise juures osutus galvaanilise katmise protsessi esise puhverala vähenemine enam kui 50% seoses uue tootmisliini ehituse ja kasutuselevõttuga. Eelmise galvaanikaliini ees oli võimalik hoiustada 120 alust, millel on laiust 60 cm ja pikkust 80 cm. Pärast uue liinesise ruumi mõõtmist selgus, et sinna on võimalik paigutada korraga kõige rohkem viiskümmend alust. Antud kitsaskoha lahendamiseks töötas autor välja neli erinevat võimalust, kuidas hakata seda puhvrit täitma nii, et tagada sujuv toodangu voog edasistesse protsessidesse ja selle tulemusel ka klientide vajadused saaksid kaetud. Uurimuse läbiviimiseks kasutas töö autor firmasisesid prognoose ning protsesside toimimise eeldusi ning tegi kalkulatsioone, andes kõrval ruumi ka kvalitatiivsetele kaalutlustele. Autor arvutas välja aluste koguse, mida on vaja erinevate variantide puhul kindlasti puhvris hoida.

Arvutuste ja erinevate jaotuse viiside võrdlemise tulemusena leidis autor, et kõige sobivam on kasutada tootegruppide põhise jaotust. See tagab paindlikkuse, mida on vaja, et reageerida erinevatele klientide poolt tingitud muudatustele tellimustes. Samuti tagab see ülevaate operaatoritele, mis detaile nad peavad järgmisena tootma hakkama. Autori hinnangul saab selle süsteemi puhul kõige kergemini parandada eelmistes protsessides tehtud vigu ning teha tootmisplaan ümber vastavalt hetkeolukorrale. Jälgimissüsteem võimaldab võtta aluseid

tootmisesse vastavalt vajadusele, mitte vastavalt järjekorrale. Liinil on ka tagatud sujuv toodangu voog, kuna liin on ühtlaselt koormatud ja tootesortiment on lai.

Selline süsteem võiks autori hinnangul toimida kõige paremini. Sellise meetodi kasutamise korral, kasutatakse tootmisaega kõige otstarbekamalt. Kõige laiem sortiment saab tehtud kõige vähesema ajakuluga. Samuti ei seisa liinis erinevaks otstarbeks olevad lahused ilma kasutamata, mis säästab omakorda materjali raiskamisest. Samuti on tagatud toodangu ühtlane voog. Hetkel puudub võimalus seda testida, kuna uus liin on alles ehitusjärgus. Kui autori hinnangu kohaselt toimiva pidav süsteem siiski kohtab ettenägematuid tegureid ja reaalsuses toimima ei hakka, on võimalik katsetada teisi variante. Teise variandina katsetatakse rakisepõhist jaotust.

SUMMARY

Manufacturing optimization after implementing new electroplating line on the example of AS Norma

Kertu Savitsch

The problem driving to write this thesis was a practical manufacturing upgrade in Norma AS to implement a new galvanic plating process. Due to space constraints in the factory, the buffer area for WIP inventory is being reduced about 50% due to dimensions and layout of the new line. Currently, it is possible to deposit one hundred and twenty pallets before starting production on current electroplating line. Pallets dimensions are 60 cm in width and 80 cm in length. After measuring room next to new plating line it came apparent that it is possible to place only a maximum of fifty pallets there. Considering that challenge, four different ways of arranging manufacturing logistics were developed to start filling this buffer so as to ensure a smooth flow of production to future processes, and as a result, to cover the customer forecasts.

Production demand data was taken as the average weekly quantities as of year 2021 and were taken in April the same year. The research problem of this work was the lack of detailed plans on how to operate the new galvanic plating line. The goal of the study was to identify the best way to arrange manufacturing logistics due to space constraints and considering customer demand forecasts. Four different solutions were developed and compared to find the most appropriate way to buffer the output and the most appropriate way to plan. These four solutions were distribution according to production groups, distribution according to tools, distribution based on FIFO and a certain daily assortment.

As a result a comparing the calculations and the different distribution methods, the author found that it is the most appropriate to use a distribution according to production groups. This provides flexibility needed to respond to different changes in orders caused by customers. It also gives operators an overview of the parts they need to produce next. According to the author the easiest way to correct the mistakes made in the previous processes with this system and to change the

production plan to the current situation. The tracking system allows bases to be put into production as needed rather than in order. The line also ensures a smooth production flow as the plating line is evenly loaded and the product range is wide.

According to author this system should work the best. There is currently no change to test it as the new line is still under construction. If it still turns out in reality that this system meets some issues unforeseen in this study, it will be possible to reconfigure to an alternative solution relatively easily.

KASUTATUD ALLIKATE LOETELU

Anderson, D. M. (2014) Design of Manufacturability. How to Use Concurrent Engineering to Rapidly Develop Low Cost, High Quality Products for lean Production.

Antony, J., Vidodh, S., Gijo, E.V. (2016) Lean Six Sigma for Small and Medium Sized Enterprises. A Practical Guide. CRC Press.

AS Norma sisesed koolitusmaterjalid

Charron, R.M., Harrington, H.J., Voehl, F., Wiggin, H. (2015) The Lean Management Systems Handbook. CRC Press.

Cimorelli, S. (2013) Kanban for the Supply Chain. Fundamental Practice for Manufacturing Management.

Dennis, P. (2015) Lean Production Simplified.

Erlach K. (2013) Value Stream Design. The Way Towards a Lean Factory. Springer-Verlag.

Hammarberg, M., Sunden, J. (2014) Kanban in Action. Manning Publications.

Hirano, H. (2009) The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing. Volume 2.

Hirano, H. (2009) The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing. Volume 3.

Hirano, H. (2009) The Complete Guide to Just-In-Time Manufacturing. Volume 4.

Husby, P. C., Hamilton, J. (2017) Make Your Business a Lean Business. How to Create Enduring Market Leadership.

Krieg, G.N. (2005) Kanban-Controlled Manufacturing System.

Ledbetter, P (2018) The Toyota Template. The Plan for Just-In-Time and Culture Change Beyond Lean Tools. CRC Press.

Nicholas J. (2018) Lean Production for Competitive Advantage. A Comprehensive Guide to Lean Methods and Management Practices. CRC Press.

Niederstadt, J. (2015) The Lean Expert. Educating and Elevating Lean Practitioners Throughout Your Organization. CRC Press.

Norma protsessid Kätesaadav: <http://www.norma.ee/osakonnad/> 20. aprill 2021

Rose, I., Whittington, C. (2014) *Nikkel Plaiting Handbook*.

Watanabe, S. (2018) *Japanese Management for a Globalized World. The Strength of the Lean, Trusting and Outward-Looking Firm*. Palgrave Macmillan.

Wedgwood, I. (2016) *Lean Sigma. A Practitioner's Guide*. Second edition. Prentice Hall.

Villalba-Diez, J (2017) *The Hoshin Kanri Forest. Lean strategic organizational design*. CRC Press.

LISAD

Lisa 1. Lihtlitsents

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina _____ Kertu Savitsch _____ (autori nimi)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

TOOTMISE OPTIMEERIMINE SEOSSES UUE GALVAANIKALIINI KASUTUSELEVÕTUGA AS NORMAS

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Tarvo Niine
(juhendaja nimi)

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

_____ (kuupäev)

¹ Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal vastavalt üliõpilase taotlusele lõputööle juurdepääsupiirangu kehtestamiseks, mis on allkirjastatud teaduskonna dekaani poolt, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil. Kui lõputöö on loonud kaks või enam isikut oma ühise loomingulise tegevusega ning lõputöö kaas- või ühisautor(id) ei ole andnud lõputööd kaitsvale üliõpilasele kindlaksmääratud tähtjaks nõusolekut lõputöö reprodutseerimiseks ja avalikustamiseks vastavalt lihtlitsentsi punktidele 1.1. jq 1.2, siis lihtlitsents nimetatud tähtaja jooksul ei kehti.