

Oliver Kappak

UUE TOOTMISLIINI JA SELLEL TOODETUD TOODETE JUURUTAMINE ETTEVÕTTES AS NORMA

LÕPUTÖÖ

Ringmajanduse ja tehnoloogia instituut
Tootmine ja tootmiskorraldus õppekava

Juhendaja: Lea Murumaa

Tallinn 2022

Mina, Oliver Kappak, tõendan, et lõputöö on minu kirjutatud. Töö koostamisel kasutatud teiste autorite, sh juhendaja teostele on viidatud õiguspäraselt.

Kõik isiklikud ja varalised autoriõigused käesoleva lõputöö osas kuuluvad autorile ainuisikuliselt ning need on kaitstud autoriõiguse seadusega.

Juhendaja Lea Murumaa (allkirjastatud digitaalselt)

Lõputöö on kaitsmisele lubatud tehnoloogia ja ringmajanduse instituudi direktori korraldusega nr 1-14/3 (kuupäev digiallkirjas).

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Oliver Kappak

sünnikuupäev: 22.09.1991

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

Uue tootmisliini ja nende peal olevate toodete juurutamine ettevõttes AS Norma

1. elektroonseks avaldamiseks kõrgkooli repositooriumi kaudu;

2. kui lõputöö avaldamisele on instituudi direktori korraldusega kehtestatud tähtajaline piirang, lõputöö avaldada pärast piirangu lõppemist.

Olen teadlik, et nimetatud õigused jäävad alles ka autorile ja kinnitan, et:

1. lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid ega muid õigusi;

Tallinnas (allkirjastatud digitaalselt, kuupäev digiallkirja

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	5
1 AS NORMA ÜLDTUTVUSTUS	7
1.1 AS Normas kasutusel olevad programmid	7
2 ERINEVAD TOOTMISE PARENDAMISE MEETODID JA NÄITAJAD.....	9
2.1 Run at Rate	9
2.2 Poka-Yoke	11
2.3 Pidev voog	12
3 UUE LIINI JA TOODETE JUURUTAMISEKS VAJALIKUD DOKUMENDID AS NORMAS	
14	
3.1 AS403 ehk <i>Manufacturing Release Process</i>	14
3.2 SWI ehk standard tööjuhend.....	16
3.3 Ergonoomika audit	18
4 TOOTMISLIINI DOKUMENTATSIOONI JA PROTSESSI VASTAVUSSE VIIMINE	
KLIENDI JA ETTEVÖTTE NÕUDMISTELE	19
4.1 Uurimusobjekti kirjeldus	19
4.2 Uuringu meetodikad	20
4.3 Toode ja tootmisliini analüüs.....	21
5 TOOTMISLIINIDE/PROTSESSI JÄLGIMINE NÄDALA VÄLTEL	26
5.1 Run at Rate	26
5.2 Ergonoomika audit	31
5.3 Run at rate ajal tekkinud mittevastavate tooted	32
6 ANALÜÜS JA JÄRELDUSTE TEGEMINE	35
6.1 Run at Rate seisakute analüüs	35
6.2 Run at Rate ajal esinenud probleemide analüüs	37
6.3 Mittevastavate toodete analüüs.....	38
7 ETTEPANEKUD	44
7.1 Run at rate ettepanekud.....	44

7.2 Ergonoomika auditi mittevastavuse ettepanekud	47
KOKKUVÕTE.....	48
SUMMARY	50
VIIDATUD ALLIKAD.....	51

SISSEJUHATUS

Käesolev lõputöö on tehtud AS Norm baasil, kus vaatluse all on turvarihmade osakonnas paiknev tootmisliin ning nende peale tulevad kaks toodet. Vaadeldav projekti tootmisliin ja tooted tootmisliinil hakatakse tootma AS Norma tehases. Varem paiknes tootmisliin teises kontserni tehases. Tooteid ei ole varem selle tootmisliini peal toodetud. Vaadeldav tootmisliin ja tooted on minemas seeriatootmisesse. Tooted selle tootmisliinil on ettevõtte jaoks uued. See tähendab uusi protsesse, mis ei ole ettevõttes kasutusel. Kontserni müügilepingu järgi on määratud toodete tsükliajad ja lubatud mittevastavate toodete protsent. Ülesandeks oli kaardistada ja aru saada läbi erinevate näitajate, kas vaatluse all olevat tootmisliini ja tooteid saab lasta seeriatootmisesse. Lõputöö eesmärgiks püstitati:

- Teada saada, kas uue tootmisliini tootmisprotsess vastab ettevõtte nõuetele

Käesolev lõputöö koosneb teoreetilisest ja empiirilisest osast. Teoreetilises osas tutvustatakse erinevaid tootmise parendamise meetodeid ja näitajaid. Räägitakse, mis need erinevad parendamise meetodid ja näitajad on ning kuidas neid kasutada. Tuuakse välja veel ettevõtte standardid, mis on vaja uue tootmisliini või toodete juurutamiseks.

Käesoleva lõputöö empiirilises osas tutvustakse ettevõtet, mille baasil lõputöö läbi viidi. Tutvustatakse lisaks veel tootmisliini ja tooteid. Empiirilise osa lõpus tuuakse välja parendusettepanekud, mis tehti autori poolt, et tootmisliini tootmisprotsessi paremaks teha.

Käesoleva diplomitöö uurimisstrateegiana kasutati nii kvalitatiivset ja kvantitatiivset lähenemist, et saada ülevaade olukorrast.

Eesmärkide saavutamiseks kasutati järgnevaid tegevusi:

- *Run at Rate* läbi viimine
- Tootmisliini ja toodete analüüs
- Ergonoomika audit läbi viimine
- Mittevastavate toodete analüüs

Lõputöö jaguneb seitsmeks peatükki. Esimeses peatükis tutvustatakse ettevõtet, kus lõputöö läbi viidi.

Teises peatükis tutvustatakse erinevaid tootmise parendamise meetodeid ja näitajad. Kolmandas peatükis tuuakse välja ettevõtte uue tootmisliini ja toodete juurutamiseks vajalikud dokumendid. Need dokumendid on kontserni sisesed standardid.

Neljandas peatükis tutvustatakse uurimusobjekti, uuringu metoodikat ning toodete ja tootmisliini analüüsi, samuti tooteid ja tootmisliini.

Viies peatükk kirjeldab tootmisliinide ja protsessi jälgimist nädala vältel. Selles peatükis kirjeldatakse läbiviidud vaatlusi, milleks on *Run at Rate* ja ergonoomika audit.

Kuues peatükk kus tehakse analüüsid ja järeltuse. Selles peatükis analüüsitakse *Run at Rate* ajal toimunud mitteplaneeritud seisakuid, tootmise ajal silma jäänud probleeme ja mittevastavaid tooteid.

Seitsmes peatükk sisaldab ettepanekuid. Töö autor esitab iga mittevastuse eemaldamiseks parendusettepanekud.

1 AS NORMA ÜLDTUTVUSTUS

AS Norma on pika ajalooga Eesti ettevõtte, asutatud 1891, mis teeb ettevõtte vanuseks 130 aastat. Ettevõtte on spetsialiseerunud autotööstuse jaoks, mille jaoks toodetakse autode turvasüsteemide komponente, turvarihmu ja turvarihma süsteeme. Ettevõtte lõppklientideks on tuntud autobrandid nagu Audi, Volkswagen, Kia, Tesla ja paljud teised. Ettevõttes töötab üle 1000 inimese. [1]

AS Norma tootmine jaguneb kaheks suuremaks tootmis üksuseks, NRC ja NRS osakond. NRC osakonnas toodetakse turvasüsteemide komponente, mis sisaldab plastivalu, stantsimist, karastust ja pinnakatmist. Teine osakond on NRS kus toodetakse turvarihmu, lukke, kõrgusregulaatoreid ja kokkupõrkel lukustuvaid keeli. [1]

AS Norma on ka olemas tütar-ettevõtte, AS Tööriistavabrik, mis asub Norma samas majas. Ettevõtte põhilisteks tegevusaladeks on seeriatootmise rakiste projekteerimine ja valmistamine. [1]

AS Norma kuulub rahvusvahelisse Autoliv kontserni, kus Autoliv omab enamuse AS Norma aktsiatest. Autoliv on maailma üks suurimaid autotööstuse turvavarustuste tootjaid [1]

1.1 AS Norma kasutusel olevad programmid

Leading2Lean on tootmisprogramm, mille abil saab oma tootmist efektiivsemaks muuta. AS Norma kasutab seda programmi selleks, et tootmist reaalselt jälgida. Selle all mõeldakse siis seda, et reaalselt näeb kui palju ja millist toodet on toodetud. Kui tekib tootmisliinil seisak, siis see fikseeritakse Leading2Leanis ning mehhaanikutele tuleb teade, et sellele tootmisliinile on vaja reageerimist mehhaanikute poolt. Selle abil jälgitakse tegeliku tsükli aega ning OEE-d. Lisaks selles keskkonnas jälgitakse erinevaid ajalisi ülesandeid.

PLM on *Product Life Management* süsteem, kus hoitakse erinevaid tootmisega ja ettevõttega seotuid dokumente. Kogu toodete ajalugu kajastub selles süsteemis. Lisaks on võimalik selles keskkonnas dokumente allkirjastada, mis annab kindluse, et poolik dokument ei lähe kasutusele.

Delmia Apriso on laonduse programm, mida AS Normas kasutatakse toodete ja komponentide jälgimiseks tootmises ning laos. Lisaks kasutatakse seda toodete tellimuse kajastamiseks ja deklareerimiseks tootmises.

SAP on tuntud ERP majandustarkvara mida saab kasutada läbi tootmise. AS Norma kasutab SAP programmi põhiliselt finantsilistel eesmärkidel.

2 ERINEVAD TOOTMISE PARENDAMISE MEETODID JA NÄITAJAD

2.1 *Run at Rate*

Run at Rate on toote ja protsessi valideerimise tööriist, mida kasutatakse palju autotööstuses. Selle tööriista eesmärgiks on kinnitada, et kõik nõuded on olemas ja arusaadavad. *Run at Rate* kinnitab, et protsess on robustne ja on võimalik toota ilma piiranguta. On varajane näitaja selle kohta, kas protsessi ja seadmete kavandamisel on potentsiaal toota vajalik arv aksepteeritavaid tooteid. [2] [3]

Run at Rate sisaldab tabelit kuhu kirjutaks tootmise ajal tekkinud andmed [3]:

- Mittevastavate toodete arv
- Seisakute arv ja nende kestvus
- Kvaliteetsete toodete arv
- *Run at Rate* kestvus

Kui tootmises on kõrvalekaldeid nõutest, siis on vaja määratlada tegvused ja vastutaja kõrvalkallete eemaldamiseks. [3]

Run at Rate tegemise käigus selgub tsükli aeg ning OEE.

2.1.1 Tsükli aeg

Tsükli aeg on aeg mis kulub ühe toote tootmiseks tootmistsükli algusest lõpuni. Tsükli aeg koosneb väärtust andvatest ja väärtust mitte andvatest aegadest. Väärtust andev aeg on osa protsessi tsükli ajast, kus toimub toote tootmine vastavalt kliendi poolt heakskiidetud väärtustele. Mitte väärtust andev aeg on aeg protsessis, kus tootele ja kliendile väärtust ei looda nagu liini seisakud ning toodete liiga kvaliteetne tootmine. Tsükli aeg võrdub protsessi ajaga seadmetel või tootmisliinil. [4]

2.1.2 Üldine liiniefektiivsus ehk OEE

Üldine liiniefektiivsus edaspidi OEE on KPI (*Key Performance Indicator*) mis tõlkes on tulemuslikkuse võtmenäitaja, võtmemõõdik, mis arendati osana täieliku tootmishooldusest Nakajima poolt aastal 1988. OEE arendati selleks, et mõõta seadmete tootlikkust tootmissüsteemides. [5] Näidik on leidnud laialdast kasutust paljudes ettevõtetes. [5] OEE on saanud tootlikuse mõõtmise standardiks. [6] Nakajima väidab, et on kuus suuremat raiskamist, mis mõjutavad seadmete efektiivsust [7] :

- seadmete purunemised ja tõrked,
- seadmete tööle sätimine ja seadistamine,
- seadme seismine ja väikesed seisakud,
- vähendatud tootmiskiirus,
- defektid protsessis,
- vähendatud toodete tootlikus.

OEE võimaldab neid raiskamisi kõrvaldada ja kontrollida.

OEE baseerub kolmel näitajal, milleks on saadavus, tootlikus ja kvaliteet. Need näitajad väljendatakse protsentuaalselt.

- Saadavus näitab, kui palju seade oli tootmisele kasutada. See näitab suhet palju seade tegelikult tootis ja palju oli planeeritud tootmise aeg.
- Tootlikus on seadme tootlikuse kiirus, mis näitab kui hästi seade töötas sellel ajal kui seadmel töötati. Tootlikus on tegeliku tootlikuse ja teoreetilise tootlikuse vahel.
- Kvaliteet on heade ja mittevastavate toodete suhe. Näitaja sisaldab tooteid, mis toodeti vastavalt kvaliteedi nõuetele ilma ümber tegemiseta. [7]

Et neid kolme näitajat arvutada on vaja teada veel:

Tegelik tootmise aeg on see aeg kus toodeti miinus seisakud, kus masin ei töötanud.

Maksimaalne võimalik tootmis aeg on see, kus tootmisajast on maha arvatud planeeritud pausid.

Valemid:

$$\text{Saadavus} = \frac{\text{Tegelik tootmis aeg}}{\text{Maksimaalne võimalik tootmis aeg}} \quad (1)$$

$$\text{Tootlikus} = \frac{\text{Ideaalne tsükli aeg}}{\text{Tegelik tsükli aeg}} \quad (2)$$

$$\text{Kvaliteet} = \frac{\text{Kvaliteetsed tooted}}{\text{Kogu toodetud kogus}} \quad (3)$$

$$\text{OEE} = \text{Saadavus} \times \text{Tootlikus} \times \text{Kvaliteet} \quad (4)$$

2.2 Poka-Yoke

Inimesed teevad vigu, kas nad seda tahavad või mitte, see on neil loomuses. Vead, mida inimesed teevad, on tavaliselt kõige suurem defektide põhjustaja tootmises ning mõnes tööstusharus võib see takistada eesmärkide saavutamist. [8]

Poka-Yoke (edaspidi PY) on kvaliteedijuhtimise konseptsioon, mille töötas välja Matsushita tootmisinsener Shigeo Shingo selleks, et vältida inimvigu tootmisliinil [9]. PY on veavälistus meetod, mis tuleneb jaapani keelest. PY peamiseks eesmärgiks on saavutada null defekti ning on üks osa *Zero Quality Control* meetodist. PY ülesanne on elimineerida defektid ennetades ning parandada või juhtida tähelepanu inimeste põhjustatud vigadele kui need juhtuvad. [9]

Shigeo Shingo tõi välja PY kaks erinevat variatsiooni [8]:

- Kontroll-variatsioon, mis peatab protsessi
- Hoiatus-variatsioon, mis annab tööliste märku tulega või heliga, aga ei peata protsessi

Ta tõi veel välja ja defineeris kolme liiki vigade vältimis meetodit [8]:

- Kontaktmeetod, mis tuvastab toote defektid, kuju, suuruse või värvi põhjal ning seal ei loe kas toote ja seadme vahel on kontakt või mitte
- Fikseeritud väärtuse meetod tuvastab vead siis, kui konkreetne arv liikumise pole sooritatud
- Fikseeritud järjestuse meetod tugineb standardprotseduurile ning kui mingi tegevus on vahele jäänud, siis ta tuvastab selle. Tagab protsessil kindla järjekorra

PY eelisteks on [10]:

- Väiksem aja kulu tööliste õpetamiseks
- Mitmete kvaliteedikontrolliga seotud toimingute kõrvaldmise protsessist
- Tööliste väiksem koormamine korduvatel tegevustel
- Töö parandamisele suunatud lähenemisviisi ja tegevuste edendamine
- Vähendatud mittevastavate toodete kogus
- Kohene tegevus kui probleem esineb
- 100% kontroll protsessi üle

PY baseerub viiel põhiprintsiibil

Tabel 1. PY viis põhiprintsiipi [9]

Printsiip	Eesmärk	Moodus
1. Kõrvaldamine	Kõrvaldada võimalus vigade tekkeks	Teha toode või protsess ümber nii, et töö ülesanne pole enam vajalik
2. Asendamine	Asendada parema protsessiga	Kasutades automatiseerimist
3. Hõlbustamine	Teha töö lihtsamaks nii, et seda on kergem teostada	Kasutades värvi koodi
4. Avastamine	Avastada viga enne järgmist protsessi	Kasutades seadet või programmi, mis teavitab töötajat, kui vale tegevus on tehtud
5. Leevendamine	Vähendada vea mõju	Kasutades tootmises turvakardinaid

2.3 Pidev voog

Pidev voog on Toyota tootmisega seotud mõiste. Pidev voog on Lean juhtimise üks suurimaid eesmärke. Pideva voo eesmärgiks on vähendada masinate ja inimeste seisu aega. Pidev voog saavutakse siis, kui üks toode on korraga ühes protsessis, ning erinevate protsesside ajad on samaväärsed. Sellega saavutatakse tootmiseliini rakukestes ideaalne takti aeg. [11] [12]

2.3.1 Jidoka

Termin Jidoka tuleb jaapani keelest, mida võib mõista kui automatiseerimine inimliku käega. See termin tekkis siis kui Toyota gruppi asutaja Sakichi Toyoda alustas automatiseerimise buumi. Jidoka teooria eesmärk on selline, et kui tootmisliinil tuvastatakse probleem, siis peatatakse kohe tootmisliinil töö. Selline kohene töö peatamise mõte on toodete kuhjumise peatamine. Peatamine aitab probleemidele kohe jälile saada, ning sellega ennetada mittevastavate toodete kogust. [13] [14]

3 UUE LIINI JA TOODETE JUURUTAMISEKS VAJALIKUD DOKUMENDID AS NORMAS

Uue liini ja toodete juurutamiseks vajatakse palju dokumente, mis on vaja koostada ja tulemused peavad vastama esitatud nõuetele. Enamusele dokumentidele rakenduvad AS403 nõuded. Lõputöö piiratud mahu pärast toob autor välja olulisemad neist.

3.1 AS403 ehk *Manufacturing Release Process*

AS403 standard on Autoliv kontserni sisene standard, mis määrab dokumendid ja protseduurid, mis on eelduseks toote seeriatootmiseks. AS403 eesmärgiks on kõigi kvaliteedi- ja protsessinõuete täitmine ning õigeaegne tootmisprotsessi vabastamine. Standard sisaldab kontroll-nimekirja, mis katab erinevaid teemasid. Kui need punktid pole täidetud, siis need võivad põhjustada kliendi pahameelt, ning halvimal juhul võib kaasa tuua A-kategooria reklamatsiooni. [15]

Kui tootmise ajaks mõni punkt jääb kontroll-nimekirjas lahtiseks, siis on võimalik tootmist alustada. Lahtised punktid tuleb sisestada LOP-i (*List of open points*), ning need punktid tuleb esimesel võimalusel ära teha. [15]

AS403 tuleb kasutada siis kui [15]:

- Uue toote käivitamise projekt vastavalt AS100
- Seadmete või protsessi muudatus vastvalt AS007
- Toote või toote komponendi muudatus vastavalt AS007
- Seadmete või tootmisliini seisak kuni üks kuu ja toote mitte tootmine kuni kuus kuud
- Seadmete või tootmisliini kolimine ühest tehasest teise vastavalt AS406
- Võetakse kasutusele uued seadmed või tootmisliinid

AS403 jaguneb kolme etappi [15]:

- Null etapp, disaini etapp- Mis tuleb lõpetada enne disaini ja protsessi kinnitamist
- Esimene etapp, protsessi etapp- Mis tuleb lõpetada enne PV (*Product Validation*) katse tootmist, mille all siis mõeldakse toote tootmist ning siis toote katsetamist ja võrdlust nõuetega.
- Teine etapp- Mis tuleb lõpetada enne esimeste müüdavate toodete tootmist

AS403 täitmise ja tehtud tegevuste eest vastutab tehase kvaliteedijuht. AS403 tegevuste meeskonda kuulub palju erinevate valdkondade inimesi nagu tehase kvaliteedijuht, projekti kvaliteediinsener, protsessi insener, tooteinsener, tootmisjuht, projektijuht, logistikajuht, tehase juht ja hooldusmeeskonna juht. [15]

AS403 täitmiseks on eraldi protsessi vabastamise nimekiri nimega *process release checklist*. Selles nimekirjas on nõutud punktid jagatud kuute alapunkti [15]:

1. Toode on esimene alapunkt, kuhu alla kuuluvad punktid nagu, kõik komponendid on ERP süsteemides saadaval, toote ja komponendi joonised heakskiidetud ja saadaval ja sisemised ja välimiste komponentide kogused on kindlad ja tellitud.
2. Teine alapunkt on seadme ja *error proofing* valideerimine. Selle alla kuuluvad PY valideerimine (mehaaniline vigade tõendamine), mis peab olema teostatud kõikide toodete puhul, kas on *dummyd* seadmetele, millel 100% kontroll ning need on kinnitatud ja sisestatud tehase jälgimise süsteemi.
3. Tootmisliini ja protsessi valmisolek. Kontrollitakse kas null-etapp ja esimene etapp vastavad ergonoomika nõuetele, seadmete hooldus plaan on olemas ja on kehtiv ja kas kõik seadmed ning tööriistad on märgistatud nõutud Autoliv või kliendi märgistusega.
4. Labori testimise plaani arendamine ja kinnitamine. Labori fikstuurid, mille abil testitakse valmis toodet on valmis ja heaks kiidetud. Testimise nõuded on dokumenteeritud ja ettevõtte siseselt heaks kiidetud.
5. Tehase, tootmisliini ja seadme süsteemid ning dokumendid. Nende all mõistetakse olemasolevat ja kehtivat voodiagrammi, ohjeplaani, standardtööjuhendit ning läbiviidud ja nõuetele vastvat *Run at Rate'i*.
6. Pakkimine, toote saatmine ja turuspetsiifilised märgistamisnõuded. Selle all mõistetakse regulatiivseid tähiseid nagu ECE või CCC, et etiketti triipkoodi sisu vastab ettenähtud sisule ja on kliendi poolt heaks kiidetud. Ning et toote pakkimis juhend vastab kliendi nõuetele.

AS403 punkte on palju ning lõputöö piiratud mahu pärast tõi autor välja mõned üksikud punktid.

3.2 SWI ehk standard tööjuhend

Standard tööjuhend ehk SWI (*Standard Work Instructions*), peab olema koostatud ettevõtte standard AS413 põhjal. SWI on kasutusel igas osakonnas ja on ülesehituselt samasugune. Standard tööjuhend peab paiknema tootmisliinil või tootmis seadme juures, et töolistel oleks vaba ligipääs juhenditele olemas. [16]

SWI jaguneb neljaks punktiks [16]:

- P1-operatsiooni juhend
- P2-heakskiidu kriteerium
- P3-toote ja protsessi ohje
- P4-balanseerimisskeem

3.2.1 Operatsiooni juhend

Operatsiooni juhendi eesmärgiks on näidata kuidas on kõige efektiivsem ja ohutum töötada, ning sellega tagada parim kvaliteet. Operatsiooni juhendis on võimalikud tõrkekohad kirjeldatud ning vastavad kontrollid on juurutatud ning operatsiooni juhend tagab stabiilse ja usaldusväärse tööoperatsiooni. [16]

Operatsiooni juhendi üldiseks eesmärgiks on protsessist eemaldada mitte väärtust toovad tegevused. [16]

Operatsiooni juhendis tuleb kirjeldada täpselt ja õiges järjekorras, kuidas mingit protsessi teha tuleb, näiteks mis kätt kasutada. Protsessi kirjelduse juurde on vaja lisada pildid, mis on piisavalt suured, et näha detaile. Piltide pealt peab näha olema kuidas mingi protsess välja näeb. [16]

Operatsiooni juhendit tuleb uuendada alati kui toimub protsessi muudatus. [16]

3.2.1.1 Heakskiidu kriteerium

Heakskiidu kriteerium on piltidega juhend, kus kirjeldatakse milline on hea toode ja milline halb toode. Ning seal on kirjas mis on edasised tegevused kui tuleb mittevastav toode. Heakskiidu kriteeriumit kasutatakse siis kui tootmises tekivad kõrvalekalded ning on vaja selgeid juhiseid mis sellises juhul tuleb teha. Üheks võimaluseks on visuaalne heakskiidu juhiseid vt Joonis 1, Näide heakskiidu kriteeriumist (Autori koostatud). [16]

OK 	NOK 	Reaction plan if Reageerimisplaan kui 
		 Punane kast
Etikett õmmeldud korrektselt. Этикетка вшита корректно.	Etikett õmmeldatud ebakorrekstelt Этикетка вшита некорректно	

Joonis 1, Näide heakskiidu kriteeriumist (Autori koostatud)

3.2.1.2 Toote ja protsessi ohje

Toote ja protsessi ohje on dokument, mis kinnitab, et liin või tööjaam on seadistatud õigesti, et toota toodet vastavalt spetsifikatsioonidele. Liinil või tööjaamal tootmiseks peavad toote ja protsessi ohje punktid täidetud, mida kontrollitakse iga vahetuse alguses. Kontrollitavad punktid [16]:

- Kinnitus, et igal tööjaamal on olemas standard tööjuhend
- Positiivne tulemus *Dummy* testi tegemisel, mille all mõeldakse seda, et kindla katsetükiga kontrollitakse protsessi sees olevaid kontroll-seadmeid, et need ikka töötavad nii nagu ettenähtud.
- Kontrollida, kas etiketid on skaneeritavad ja korrektsed vastavalt joonisele (kus võimalik kasutada)
- Kinnitada, et kõik kuupäevastatud materjalid või kontroll-seadmed on vastuvõetavas kuupäevavahemikus (kus võimalik kasutada)

Toote ja protsessi ohje dokument tuleb kasutada vastavalt ohjeplaani järgi (toote vahetuse järgi, tööliste vahetuse järgselt ja nii edasi), või kui vaja, siis peale seadmete taaskäivitamist või peale seadmete parandust. [16]

3.2.1.3 Balanseerimisskeem

Balanseerimisskeem on dokument, kus on visuaalselt ära näidatud balanseerimine, mis näitab konfiguratsiooni mitme erineva tööliste arvu vahel ja vastavalt etteantud tsükliaja järgi. Balanseerimisskeemi kasutatakse tööliste koolitamiseks, et õpetada töölisi töötama erineva tööliste arvuga liinil. [16]

3.3 Ergonoomika audit

Ergonoomika audit tuleb Autoliv AS331 standardist, milleks on ergonoomika standard. Selle standardi eesmärk on tuvastada ja kõrvaldada tervist kahjustavaid tegureid. Standardi järgi tervist kahjustavateks teguriteks loetakse näiteks [17]:

- Füüsilised tegurid
 - Korduvad ja sarnased liigutused ilma töökoha vahetuseta
 - Ebamugav kehaasend
 - Liiga külm ja liiga kuum temperatuur
 - Liigne jõu kasutamine
- Keskkonnast põhjustatud koormus
 - Valgustus
 - Heli ja vibratsioon
 - Temperatuurist põhjustatud stress
- Vaimne koormus
 - Keskendumine ja tähelepanek
 - Mälu

Ergonoomika audit on mõeldud kasutamiseks tootmisliinide disainimiseks ning tootmisliini vastu võtmiseks seeriatootmiseks, kus tehakse manuaalselt tööd. Enne seeriatootmist peavad kõik auditi punktid vastama nõudmistele, aga kui mõni punkt ei vasta nõudmistele, siis peavad meeskonnal olema lahendused välja mõeldud, kuidas need punktid kõrvaldada. AS Normas teeb ergonoomika auditit protsessi insener koos ettevõtte tervishoiu töötajaga või APS juhiga. Protsessi insener määrab peale ergonoomika auditit mittevastavate punktidele vastutajad ning tähtajad. [17]

4 TOOTMISLIINI DOKUMENTATSIOONI JA PROTSESSI VASTAVUSSE VIIMINE KLIENDI JA ETTEVÕTTE NÕUDMISTELE

4.1 Uurimusobjekti kirjeldus

Käesolev diplomitöö uurimisobjekt asub Autoliv korporatsiooni kuuluvas AS Normas. AS Norma kuulub autotööstuse valdkonda, kus toodetakse autode turvasüsteemide komponente. Ettevõtte lõppklientideks on tuntud auto tootjad nagu Kia, Audi ja Volkswagen. Ettevõtte toodab autotööstusele turvasüsteemide komponente, siis ettevõtte üheks peamiseks prioriteetideks on kvaliteet, sest sellest sõltuvad inimesed. [1]

Diplomitöö raames uuriti ettevõttes ühte tootmisliini, mis koliti ühest Autoliv tehase AS Norma tehasesse. Selle tootmisliini peal oli plaan hakkata seeriatootma ühe kliendi tooteid, mida ei ole varem ettevõttes toodetud, mis tähendab uusi protsesse ja vanade protsesside muudatusi. Kuna need tooted on minemas seeriatootmisesse, kus tellimuste järgi on suured kogused, on oluline teada, kas tootmisliini võimekus on piisav selliste koguste tootmiseks. Liinil kavatakse toota tooteid, mida ei ole eelnevalt Normas toodetud, seetõttu on teada ainult teoreetiline tsükliäeg. Praktilist tsükliäega ei teata, mille tõttu ei ole ka selge toote tootmisprotsessi tootlikkus.. Ette on antud ideaalne tsükliäeg, milleks on 24 sekundit ja ettevõtte siseselt kehtestatud tsükliäeg, mis on 31 sekundit. Ette on antud ka mittevastavate toodete %, milleks on 1,4%. Ettevõtte sisepoliitika ütleb veel, et uue tootmisliiniga tootmise alustamiseks, peab OEE olema vähemalt 75%.

Tootmisliin on erinevatest teiste tootmisliini tööjaamadest kokku pandud nende kahe toote tootmise jaoks.

Koos tootmisliiniga tuli kaasa vajalikud dokumentatsioonid, mis ei vastanud toodete, kliendi ja ettevõtte nõudmistele. Loodaval liinil planeeritakse kahe erineva toote tootmist. Tooted on sarnase keerukusega, kuid erinevad nii parameetrite kui välimuse poolest. Tootmisliin koosneb viiest tööjaamast:

- Koostamisjaam koos lasermarkeerimismasinaga
- Kaks õmblusmasinat
- Kontroll-jaam
- Pakkimine

4.2 Uuringu metoodikad

Käesoleva diplomitöö uurimisstrateegiana kasutati nii kvalitatiivset ja kvantitatiivset lähenemist, et saada ülevaade olukorrast.

Toote ja tootmisliini protsesside ning dokumentatsioonide kaardistamiseks kasutati osalusvaatlust katsetootmise käigus, mis toimus ühe nädala vältel. Nende läbi viimiseks kasutas töö autor enda kogemust ettevõttes ja teoreetilises pooles välja toodud metoodikaid.

Esimese uurimusena viis autor läbi tootmisliini ja toodete analüüsi ning koos sellega ka tootmisliini katsetuse. Uurimuse läbiviimisel tugines töö autor oma töökogemusele ettevõttes. Vaatluse käigus toodeti liinil katsekogus turvarihmu.

Teise uurimusena kasutati *Run at Rate* läbiviimist. Selleks seisis töö autor tootmis liini kõrval ja ja jälgis mõlema toote puhul ühe partii tootmist. Andmete talletamiseks kasutati arvutit ja ettevõttes kasutusel olevat *Run at Rate* tabelit. *Run at Rate* ajal registreeriti protsessi läbinud toodete arv, mittevastavate toodete arv, seisakute arv ja koguaeg. *Run at Rate* läbiviimise käigus selgusid mittevastavate toodete protsent, tsükli-aeg, OEE, seisakute arv ja aeg.

Kahe meetodi, vaatlus ja mõõtmismeetodi kombineerimisel viidi läbi liini ergonoomikaaudit. Auditi käigus vaaadeldi töötajaid, töötamise käigus tehtavaid liigutusi ja mõõdeti tootmisliini töökeskuste erinevad parameetrid nagu seadmete tasapindade kõrgus, helitugevus ja valgust. Mõõtmisel kasutati mõõdulinti, lux meetrit ja müramõõturit.

Viimase meetodina kasutati *Run at Rate* vältel tekkinud mittevastavate toode uurimist. Uurimuse jaoks koguti kokku mittevastavad tooted nii liinilt kui IIP-st (*Intertrim inspection*), mis on ajutine vahekontroll tootmises. Viidi läbi toodete mittevastavuste kaardistamine nende tekkekohtade ja - põhjuste tuvastamiseks. Põhjustena selgitati vigade juurpõhjused.

4.3 Toodete ja tootmisliini analüüs

Esimese uurimusena viidi läbi toodete ning toodete dokumentatsiooni ja tootmisliini analüüs koos tootmisliini katsetamisega, et leida täpne tootmisprotsess, metoodika ning selle põhjal vormistada dokumentatsioon.

4.3.1 Toodete analüüs

Toodete uurimiseks kasutas töö autor toodete jooniseid, kliendi nõuete nimekirja ja BOM-e (*build of materials*).

Toodete uurimisest selgus, et toode 1 sisaldab:

- kronsteiniga rulli,
- lasermarkeeritud turvarihma keelt,
- ohutusmärgisega turvarihma keele hoidjat,
- kolmanda punkti kinnitus keelt
- homologeerimis etiketti.



Joonis 2, Toode 1 (Autori foto)

Toode 2 sisaldab:

- rulli ilma lisadeta,
- lasermarkeeritud turvarihma keelt,

- otsa kronsteini
- turvarihma keele stopperit
- homologeerimis etiketti



Joonis 3, Toode 2 (Autori foto)

4.3.2 Tootmisliini analüüs

Tootmisliini analüüs toetub autori kogemusele ettevõttes. Autor viis ise läbi katsetootmise, et näha kas tootmisliin ja selle peal valminud tooted vastavad ettevõtte ning kliendi nõutele, et tooted ja tootmisliin oleks valmis seeriatootmiseks.

Tootmisliin mida nimetatakse *Belt finishingline*, mis koosneb viiest tööjaamast, kus komponentidest koostatakse turvarihm, kontrollitakse funktsionaalsust ja pakitakse.



Joonis 4, Foto Belt finishingline (Autori koostatud)

Tootmisliini tööjaamad on:

- ST20/10-Rihma koostejaam
- St30- Õmblus masin
- St32- Õmblus masin
- St40- Atos kontroll jaam
- St50- Pakkimine

St20/10 on tööjaama, kus toimub enamus komponentide kokkupanek. Tööjaam on mõeldud kasutamiseks nii, et tööline paneb komponendi poka-yokedesse. Seejärel võtab tööline turvarihma lindi ning asetab selle rullikute vahele, mis automaatselt lükkab turvarihma lindi läbi komponentide mis asuvad PY-des. Kui turvarihma lint on PY läbinud, siis tööjaam ise eemaldab turvarihma rullilt transpordi stopperi ning lint keritakse osaliselt tagasi turvarihma rullile. Tööline võtab valmis koostu ja annab edasi järgmisele tööjaamale. Selle tööjaama juurde käib ka Panasonic laser, mida kasutatakse turvarihma keele peale kliendi andmete lasermarkeerimiseks.



Joonis 5, St20/10 (Autori foto)

St30 on õmblus masin, kus õmmeldakse turvarihma lindi külge otsakronstein. Et tagada õmbluse ja komponentide õige orientatsioon, siis selleks on tööjaamal kasutusel PY. Õmblusmasinal on kasutuses kolm erinevat PY-t. Need PY on kasutusel otsakronsteini, lindi ja turvarihma keele jaoks, et need oleks õiges orientatsioonis. PY on varustatud anduritega, et tuvastada õige komponendi olemasolu.



Joonis 6, St30 (Autori foto)

St32 on õmblus masin kus õmmeldakse külge turvarihma keele stopper. Selles jaamas on kasutusel üks PY otsa kronsteini jaoks. See tagab selle, et lint ja rull on otsakronsteini suhtes õiges orientatsioonis.

St40 on *finalcheck station*, ehk lõppkontroll-jaam. Selles tööjaamas kontrollitakse valmis toodet, et see turvarihm vastaks kliendi, disaini ja ettevõtte nõuetele. Selles jaamas kontrollitakse osade komponentide olemasolu, turvarihma pikkust, turvarihma kallutus andurit, turvarihma lukustust, kallutusanduri väljalülitamise funktsiooni. Kui selles jaamas toode mõnda testi ei läbi, siis tootele kordustesti ei tehta ja rihm tuleb panna mittevastavate toodete kasti, mida kontrollivad andurid.



Joonis 7, St40 (Autori foto)

St50 on töökoht kus valmis toode pakitakse ja saadetakse lattu.

5 TOOTMISLIINIDE/PROTSESSI JÄLGIMINE NÄDALA VÄLTEL

Nädalast katsetootmist tehti, siis kui enamus liini katsetamise käigus välja tulnud probleemid ja mittevastavused oli kõrvaldatud.

5.1 *Run at Rate*

Run at Rate viidi läbi kahel erineval päeval ning kahele erinevale tootele. Tootele 1 ja tootele 2.

5.1.1 Toote 1 *Run at Rate*

Toote 1 puhul toimus *Run at Rate* jälgimine 241,7 minutit, mille jooksul toodeti 283 turvarihma. Lubatud seisakuid oli 22 minutit ja 27 sekundit.

Run at Rate ajal tekkis 8 mitteplaneeritud seisakut. Seisakute põhjused ja pikkused olid:

- St 20/10 turvarihma rulli rakkis tõrkus, rull ei tahtnud sinna kinni jääda, inseneer tuli liinile, 1 minut ja 11 sekundit
- St 20/10 turvarihma rulli rakkis tõrkus, rull ei tahtnud sinna kinni jääda, 21 sekundit
- St 20/10 turvarihma keele hoidja PY andis veateadet, surveõhuga puhastati ja hakkas tööle, 1 minut ja 21 sekundit
- St 20/10 tööjaamast said komponendid otsa, operaator läks tooma, 1 minut ja 7 sekundit
- St 20/10 tööjaamast said komponendid otsa, operaator läks tooma, 1 minut ja 8 sekundit
- St 40 St 40 oli masina probleem kus masina ei saanud oma 0 punkti kätte, 4 minut ja 4 sekundit
- St 20/10 PY vahetus, et saaks paremini töötada, 59 sekundit
- St 20/10 turvarihma keele hoidja PY uurimine, inseneeri poolt, 25 minutit ja 10 sekundit

Run at Rate ajal toodetud 283 turvarihmast oli mittevastavaid tooteid 35 turvarihma.

Kvaliteedi protsendi arvutamine:

$$\text{Mittevastavate toodete arv} = 283 - 248 = 35 \quad (5)$$

$$\text{Kvaliteedi \%} = \frac{35}{283} \times 100 = 12\% \quad (6)$$

Ettevõtte nõue on et *Run at Rate* ajal ei tohiks kvaliteedi % olla kõrgeim kui 1,4%. Läbiviidud *Run at Rate* tulemusest on näha, et tegelik on 12%. Sellise kvaliteedi % ei saa seeriatootmisesse minna.

Run at Rate mittevastavused on:

- 15 turvarihma mis avastati st40 peal, ning nende mittevastavus oli kallutusanduri väljalülitamise funktsiooni vale aktiveerimis kaugus
- 3 turvarihma avastati st 40 peal kus näitas kallutus anduri nurga mitte õigeaegset aktiveerimist
- 4 turvarihma avastati peale st 40 peal kus näitas valet turvarihma üld pikkust
- 1 turvarihm avastati st 20/10 kus turvarihma lint oli kahjustunud
- 3 turvarihma avastati st30 peal kus õmblus ei vastanud kvaliteedi nõuetele
- 4 turvarihma rulli avastati st20 peal kus turvarihma rull ei kerinud linti vedru jõul sisse
- 5 turvarihma rulli kõrvaldati st20 peal kus need ei läinud rulli rakise sisse

Seisakute pikkus= 35 min

Tegeliku tsükliaja arvutamine:

$$\text{Tegelik tsükli aeg} = \frac{219 - 35}{283} \times 60 = 39 \text{ sekundit} \quad (7)$$

Toote 1 tsükli aeg ei vasta ettevõtte kehtestatud nõuetele, milleks on 31 sekundit, aga *Run at Rate* tulemus on 39 sekundit.

OEE arvutamine:

$$\text{Saadavus} = \frac{184}{219} \times 100 = 84\% \quad (8)$$

$$\text{Tootlikus} = \frac{24}{39} \times 100 = 61,5\% \quad (9)$$

$$\text{Kvaliteet} = 100\% - 12\% = 88\% \quad (10)$$

$$\text{OEE} = 84\% \times 61,5\% \times 88\% = 45,6\% \quad (11)$$

OEE ei vasta ettevõtte kehtestatud nõuetele, sest ettevõtte nõue oli, et OEE oleks suurem kui 75%.

Toote 1 *Run at Rate* ajal silma jäänud probleemid ja takistused, mis takistavad või segavad tootmisvoolu.

- St20/10 jäi turvarihma lint pidevalt keele ja keele hoidja PY kinni, mis tähendas et kui lint jäi kinni, siis masina peatas lindi. Siis pidi operaator lindi masinast välja võtma ja uuesti proovima. Vahel juhtus seda kolm korda järjest ning siis pidi operaator kõik komponendid masinast välja võtma ja lindi mittevastavate toote kasti panema.
- St20/10 tekkis probleeme turvarihma rulli rakisega. Rulli koos kronsteiniga pidi väikese jõuga sinna vahele kinnitama, sest kronsteini needi läksid vastu rulli rakkist. Osad rullid tuli kõrvaldada, sest operaator ei jõudnud neid kronsteini vahele kinnitada.
- St20/10 oli probleeme rullide varustamisega, sest ühte kasti mahub 8 rulli koos kronsteiniga. Tavalisi rulle mahub 40 tükki. Jälgimisel selgus, et kast saab tühjaks iga 4 minuti tagant ning jaama riiulile mahub kaks kasti. Operaator pidi iga kahe kasti tagant uued kaks kasti liinile tõstma.
- Kui St40 tekkis seisak, siis St30 operaator töötas edasi, ning kuhjas turvarihmad enda jaama juures hunnikusse, mis segas tema enda tööd.



Joonis 8, Näide, kuidas turvarihmad hummikusse korjatud (Autori foto)

5.1.2 Toote 2 *Run at Rate*

Toote 2 puhul toimus *Run at Rate* jälgimine 127 minutit, mille jooksul toodeti 85 turvarihma.

Run at Rate ajal oli kokku 8 mitte planeeritud seisakut. Ning need seisakud olid ja nende seisakute pikkus:

- Mittevastava toote uuesti katsetamine inseneeri palvel, et aru saada probleemist, 55 sekundit
- Valmis toote pakkimise katsetamine ja pakkimis juhendi lugemine, 3 minutit ja 40 sekundit
- St 20/10 masin lindi pingutamise hetkel tõmbas rulli rakisest välja ning masin näitas veateadet, 1 minut ja 58 sekundit
- St 40 oli masina probleem kus masina ei saanud oma 0 punkti kätte, 1 minut ja 24 sekundit
- St 20/10 masin lindi pingutamise hetkel tõmbas rulli rakisest välja ning masin näitas veateadet, 1 minut
- St 20/10 masin lindi pingutamise hetkel tõmbas rulli rakisest välja ning masin näitas veateadet, 1 minut ja 6 sekundit
- St 20/10 masin lindi pingutamise hetkel tõmbas rulli rakisest välja ning masin näitas veateadet, 18 sekundit
- St 40 operaator astus turvakaardinasse, 1 minut ja 23 sekundit

Run at Rate ajal toodetud 85 turvarihmast oli 8 turvarihma mittevastavad tooted.

$$\text{Mittevastavate toodete arv} = 85 - 77 = 8 \quad (12)$$

$$\text{Mittevastavuse \%} = \frac{8}{85} \times 100 = 9,4\% \quad (13)$$

Toote 2 puhul on mittevastavuse % suurem kui ettevõtte poolt kehtestatud nõue, milleks on 1,4%.

Mittevastavate toodete põhjused ja tööjaamad kus mittevastavus avastati:

- 3 turvarihma mis avastati st40 peal, ning nende mittevastavus oli kallutusanduri väljalülitamise funktsiooni vale aktiveerimis kaugus
- 1 turvarihma avastati st 40 peal kus st20/10 turvarihma rulli rakkis lõhkus lindi suunaja
- 3 turvarihma avastati peale st 20/10 kus turvarihma rull tuli pingutamise ajal rakisest välja ja murdi lindisuunaja katki
- 1 turvarihm avastati st 20/10 kus turvarihma lint oli kahjustunud

Seisakute pikkus= 18 min

Tegeliku tsükliaja arvutamine:

$$\text{Tegelik tsükliage} = \frac{120 - 18}{85} \times 60 = 72 \text{ sekundit} \quad (14)$$

Tsükliage tootel 2 oli 72 sekundit mis on enam kui kaks korda aeglasem kui ettevõtte nõue 31 sekundit.

OEE arvutamine:

$$\text{Saadavus} = \frac{102}{120} \times 100 = 85\% \quad (15)$$

$$\text{Tootlikus} = \frac{24}{72} \times 100 = 33,3\% \quad (16)$$

$$\text{Kvaliteet} = 100\% - 9,4\% = 90,6\% \quad (17)$$

$$\text{OEE} = 85\% \times 33,3\% \times 90,6\% = 25,4\% \quad (18)$$

Toote 2 OEE on peaaegu kolm korda halvem kui on ettevõtte poolt kehtestatud nõue, milleks oli 75%.

Toote 2 *Run at Rate* ajal silma jäänud probleemid mis segavad ning takistavad tootmis voolu:

- St20/10 peal oli palju tõrkeid, mis segasid tootmist. Vahel turvarihma rulli rakis ei tõmmanud rulli seest stopperit välja, ning masin näitas veateadet.
- St32 otsakronsteini PY liikus ning operaator pidi seda vahel käega sättima.
- St32 vahel oli vähe ruumi kus valmis toodangut hoida.
- St32 ja St40 vahel on vähe ruumi ning St32 operaator segas St40 operaatorit ning *Run at Rate* ajal läks kogemata turvakaardinasse mis seiskas St40.

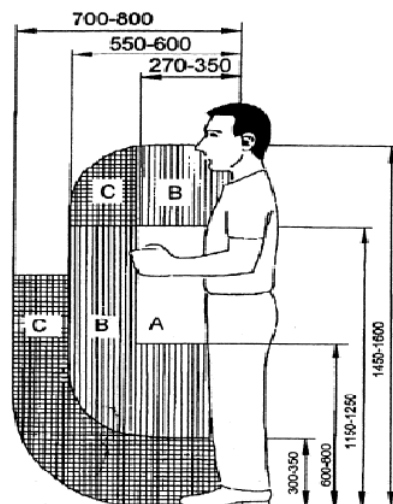
5.2 Ergonoomika audit

Ergonoomika audit viidi läbi katsetootmise käigus, ning ergonoomika audit tehti igale tööjaamale eraldi, kasutades ettevõtte standard AS331 blanketi. Ergonoomika auditi käigus tulid välja mõned mittevastavused, ning need avastati St20/10 ja St32. Need puudused toob töö autor allpool tööjaamade kaupa välja.

St20/10 puhul esines kaks mittevastavust. Esimene mittevastavus oli selline, et tööjaama kõrvale tuuakse turvarihma lint ning operaatorid võtavad kastist turvarihma lindi. Aga kui kaste jääb vähemaks, siis peavad operaatorid kummardama, et komponenti kätte saada. See ei vasta ergonoomika nõudmisele nr 1, et komponent peab töölaua tasapinnast olema 0-250mm kaugusel. [17]

Teine mittevastavus sellel tööjaamal oli selline, et toote 1 puhul, peab operaator turvarihma rulli kasti tihedamini tööjaamale tõstma, sest kasti mahub 8 turvarihma rulli ning tööjaamale mahub ainult kaks kasti. See omakorda tähendab, et operaator peab tõstma raskeid kaste maast 1 m kõrgusele. See ei vasta ergonoomika nõudele nr 11, mis ütleb, et võimaluse korral peaks riiulite / riiulite maksimaalne söötmise kõrgus olema 1300 mm kastide puhul, mille kaal on maksimaalselt 12 kg. Nimetatud asjaolu ei vasta veel ergonoomika punkt 24, mis sätestab kui rasket asja ja kui kõrgele tohib tõsta. (Joonis 9.) [17]

Lifting guides for 2-hands lifting						
Weights lower than max weights in the figure	Lifting area	Lifting frequency (number/hour)				
		1-10	10-30	30-60	60-120	120-130
Weights close to max. weights in the figure	A	12 kg	7 kg	3 kg	2 kg	1 kg
	B	7 kg	5 kg	2 kg	1 kg	0,5 kg
	C	2,5 kg	2 kg	0,5 kg	-	-
	D	0,5 kg	-	-	-	-
Weights over max weights in the figure	* Obs! The weights in the fig. are recommended max. limits ** Lifting is performed with both hands and gripping under					



Joonis 9.

St32 esines üks mittevastavus ergonoomika osas. Mittevastavus seisnes selles, et st32 asus st40 kõrval, ning need kaks tööjaama olid liiga kõrvuti. Operaatoril ei olnud piisvalt ruumi, et seal hästi tööd teha, ning võis kogemata st40 turvakardinasse sattuda. See ei vastanud ergonoomika punkt nr 8, mis ütleb, et tootmisliini sees olev tööruum on piisav, et säilitada tööülesande täitmiseks vajalik täielik liikumisulatus. Minimaalne tööruum operaatori jaoks on 800mm. [17]

5.3 Run at rate ajal tekkinud mittevastavate tooted

Run at Rate ajal tekkisid tootmise käigus mittevastavad tooted, millest osa avastati tootmis liinil ja osa leiti IIP kontrollis. Run at Rate toimus kahel päeval, kus toodeti kaks toodet, mille käigus tekkis toote 1 puhul 35 mittevastavat toodet ning toote 2 puhul 8 mittevastav toodet. Need mittevastavasused avastati tootmisliinilt. Töölised märkisid mittevastava toote avastamisel mittevastavuse mittevastavate toodete punasele paberile ning panid selle toote külge. See tegi tootmisliinil leitud mittevastavate toodete tuvastuse lihtsaks.

Toote 1 mittevastavused on:

- 15 turvarihma mis kõrvaldati St40 peal, ning nende mittevastavus oli kallutusanduri väljalülitamise funktsiooni vale aktiveerimis kaugus
- 3 turvarihma kõrvaldati St40 peal kus kontroll masin näitas kallutus anduri nurga mitte õigeaegset aktiveerimist
- 4 turvarihma kõrvaldati St40 peal kus kontroll masin näitas valet turvarihma üld pikkust
- 1 turvarihm kõrvaldati St20/10 kus turvarihma lint oli kahjustunud

- 3 turvarihma kõrvaldati St30 peal kus õmblus ei vastanud kvaliteedi nõuetel
- 4 turvarihma rulli kõrvaldati St20 peal kus turvarihma rull ei kerinud linti vedru jõul sisse
- 5 turvarihma rulli kõrvaldati St20 peal kus need ei läinud rulli rakise sisse

Toote 2 mittevastavused on:

- 3 turvarihma mis kõrvaldati St40 peal, ning nende mittevastavus oli kallutusanduri väljalülitamise funktsiooni vale aktiveerimis kaugus
- 1 turvarihma kõrvaldati St40 peal kus turvarihma lindi suunaja oli katki
- 3 turvarihma kõrvaldati St20/10 kus turvarihma rull tuli pingutamise ajal rakisest välja ja murdi lindisuunaja katki
- 1 turvarihma kõrvaldati St20/10 kus turvarihma lint oli kahjustunud

Liinil toodetud tooted mis olid hea tulemusega, need saadeti edasi IIP kontrolli, kus iga turvarihm kontrollitakse ükshaaval üle. Kontrollitakse üle kõik mõõdud, mis on joonistel välja toodud, nagu näiteks turvarihma üldpikkus, õmbluse kvaliteet ning õmbluse pikkus.

IIP kontrollis avastati toote 1 puhul 10 mittevastavat toodet ja toote 2 puhul avastati 6 mittevastavat toodet. IIP töölised mittevastava toote avastamisel märkisid mittevastavuse mittevastavate toodete punasele paberile ning panid selle toote külge. See tegi IIP kontrollis leitud mittevastavate toodete tuvastuse lihtsaks. IIP kontrollist avastatud mittevastavate toodete põhjused on:

Tabel 2: IIP kontrollist avastatud mittevastavad tooted

Mittevastavus	Toote 1 leiud ja kogus	Toote 2 leiud ja kogus
Turvarihma keelelt on puudu lasermarkeering	1	2
Turvarihma keelel on topelt lasermarkeering	1	0
Turvarihmalt on puudu kleebitav homologeerimis etikett	0	2

Turvarihma lindi välja tõmbamisel esineb müra	2	0
Turvarihma linti on raske välja tõmmata	1	0
Turvarihma lint ei tõmba vedru jõul ennast korralikult rulli ümber tagasi	2	0
Turvarihma lint on kahjustunud	3	1
Turvarihma lindisuunaja on katki	0	1

Toodet 1 puhul leiti mittevastavusi IIP kontrollist kokku 10 toodet ja toote 2 puhul leiti kokku 6 toodet.

6 ANALÜÜS JA JÄRELDUSTE TEGEMINE

6.1 *Run at Rate* seisakute analüüs

Run at Rate ajal toimunud mitte planeeritud seisakute põhjuste välja selgitamine on tähtis, sest need mõjutavad üldist OEE protsenti.

6.1.1 Toote 1 mitteplaneeritud seisakute analüüs

St 20/10 turvarihma rulli rakkis tõrkus. Sellest tingitud seisakuid oli kokku kaks, ajaliselt 2 minutit ja 32 sekundit. Selle seisaku analüüs toimus *Run at Rate* ajal, kui see seisak oli juhtunud. Visuaalse analüüsi tulemusena selgus, et mõned turvarihma rulli kronsteini needid läksid vastu rulli rakkise neetide jaoks mõeldud nurka. See tähendas, et operaator pidi turvarihma rulli jõuga rulli rakisesse suruma.

St 20/10 turvarihma keele hoidja PY seotud seisakuid oli kaks, mis teeb ajaliselt 26 minutit ja 31 sekundit. Selle seisaku analüüs toimus *Run at Rate* ajal kus töö autor läks tootmisliinile, et näha kuidas see seisak tekkib. Visuaalse analüüsi tulemusel selgus, et turvarihma keele hoidja tuleb tarnijalt nii, et see komponent on natuke paindes. Kui siis turvarihma keele hoidjat kasutada PY, siis see komponent on ka PY paindes. St 20/10 on poolautomaatne tööjaam, kus turvarihma lint automaatselt rullikutega lükatakse läbi komponentide. Ning kui selles protsessis tekkib turvarihma lindile mingi takistus, siis tööjaam jääb seisma ning nõuab turvarihma lindi tööjaamast välja võtmist. Visuaalse vaatluse käigus selgus, et turvarihma lint jäi komponendi taha kinni, sest turvarihma keele hoidja oli paindes ning turvarihma lindil ees. Töö autor analüüsis veel turvarihma keele hoidja jooniseid ja spetsifikatsioone, et leida viiteid kas selline paine komponendil on lubatud. Joonisel ja spetsifikatsioonides ei olnud selle komponendi painde kohta märkeid. Seega on selline paine lubatud ning komponendi tootja poolt on kõik korras.

St 20/10 komponendid said liinil otsa ning tööjaamas töötav tööline pidid ise komponendid puhvrist tooma. Selliseid seisakuid oli kokku kaks mis teeb ajaliselt 2 minutit ja 15 sekundit. Analüüsi käigus selgus, et komponendid, mis otsa said, olid rullid kronsteiniga. Selle põhjus on see, et neid rulle

mahub kasti vähem, kasti mahub 8 rulli, ning kastid lõppesid kiiremini otsa. Ning töötaja, kes varustab tootmisliini, ei käi piisavalt tihti selle tootmisliini ääres, et puhvrist rulli kastid liinile tuua.

St 40 oli seadmel probleem, kus masin ei saanud oma null punkti kätte ning andis veateadet, et seda veateadet parandada oli vaja seade taaskäivitada. See omakorda tähendas, et seadet oli vaja uuesti seadistada. Sellist seisakut oli üks ning selle seisaku pikkuseks kujunes 4 minutit ja 4 sekundit. R@R ajal tehtud visuaalse analüüsi käigus viga ei selgunud. Et aru saada miks selline viga juhtub, siis töö autor käis tootmisvälisel ajal seadet katsetamas, et viga simuleerida. See ka õnnestus, ning töö autor sai ka teada, et asi oli rulli pööramise servos, mis teatud hetkel läheb paigast ära. Aga juurpõhjust miks see paigast ära läheb, seda ei saanud teada. Töö autor katsetas masina parameetrite muutmist, sinna hulka kuulusid erinevad seadme kiirenduse parameetrid, mis olid seotud selle servoga, mis viga näitas. Aga see parameetrite muutmine ei andnud tulemust. Samal ajal suhtles töö autor selle seadme spetsialistiga, kes töötab ettevõtte kontsernis. Spetsialist andis mõista, et sellist viga pole varem esinenud ning soovitas seadme programmi uuendada.

6.1.2 Toote 2 mitteplaneeritud seisakute analüüs

Mittevastava toote uuesti katsetamine mis kestis 55 sekundit. Selline seisak tekkis töö autori plavel, et aru saada millega toode läheb mittevastavaks ning kas seda on võimalik kuidagi ennetada. *Run at Rate* ajal selgus, et tooted ongi mitte vastavad. See tähendas, et ei saanud midagi teha. Seisak oli ühekordne ning kui saab mittevastavate toodete mittevastavused kõrvaldatud, siis see ei ole enam probleemiks.

Valmis toodete pakkimise katsetus ja juhendi lugemine tööliste poolt, mille pikkuseks oli 3 minutit ja 40 sekundit. See seisak tekkis mitme põhjuse koosmõjul. Esimene põhjus oli selline, et toode oli uus, ning töölised pole saanud harjutada selle toote pakkimis meetodiga. Teiseks põhjuseks oli see, et pakkimis juhend saabus pakkimis insenerilt vahetult enne *Run at Rate* algust ning töölistel jäi väga vähe aega, et juhendiga tutvuda.

St 20/10 kus masin lindipingutamise hetkel tõmbas rulli rakisest välja ning masin jäi seisma ja näitas veateadet. Selliseid juhtumeid oli neli ning kogu pikkusega 4 minuti ja 24 sekundit. Selle juurpõhjuse leidmiseks läks töö autor töö välisel ajal tootmisliinile ning hakkas uurima, mis võib põhjustada sellist viga. Töö autor analüüsis nii, et hakkas liinil tooteid tootma, lootes näha millal viga tekib ja kuidas tekib. Analüüsides tuli välja, et lindi pingutamise hetkel tuleb rulli ots fikseeriva nurga tagant välja. Lähemal uurimisel selgus, et rulli ots, ei jää korralikult fikseeriva nurga taha kinni ning lindi pingutamise hetkel libiseb nurga tagant välja.

St 40 seadme probleem, kus masin ei saanud oma 0 punkti kätte. Seisaku pikkuseks 1 minut ja 24 sekundit. Sama probleem mis toote 1 puhul ning selles lõigus pikemalt ei kirjuta.

St 40 seisak kus tööline astus turvakardinasse ning see seiskas masina. Seisaku pikkuseks kujunes 1 minut ja 6 sekundit. Selle seisaku juurpõhjus selgus *Run at Rate* käigus, kus töö autorile jäi silma, et st 32 ja st 40 töölised segasid üksteist. See tähendas, et nad töötasid liiga lähestiku ning st 40 tööline liikus oma töö jaamale lähemale ning aktiveeris turvakaardina. Operaatorid töötasid üksteisele nii lähedal sellepärast, et tööjaamad olid liiga lähestiku.

6.2 *Run at Rate* ajal esinenud probleemide analüüs

Run at Rate ajal esines nii mõnigi probleem, mille töö autor ülesse märkis. Need probleemid osaliselt kattuvad seisakutega, mis esinesid *Run at Rate* ajal ning nendele siin peatükkis ei keskenduta. Probleemid mis esinesid *Run at Rate* ajal segasid tootmis voolu, mis omakorda mõjutab toote tsükli aega ning võib ka mõjutada kvaliteeti. Sellespärast on tähtis, et seeria tootmises selliseid probleeme ei esineks.

6.2.1 Toote 1 puhul esinenud probleemide analüüs

Toote 1 puhul oli üks probleem neljast probleemist selline, mis ei kajastu mitteplaneeritud seisakute peatükkis.

Toote 1 *Run at Rate* ajal esines selline probleem, et kui seadmel st40 tekkis tõrge, siis õmblusmasina st30 tööline töötas ikka edasi. Ning st30 ja st40 vahel oli st32 mille ees oli väike metall-renn, kuhu tööline sai valmis toote asetada. See tekkitas sellise olukorra, kus st30 tööline kuhjas valmis toodangu sinna väikesse renni. Siis sinna renni tekkis hunnik valmis rihmadest. Ning st40 tööline pidi neid turvarihmu võtma ettevaatlikult, et mitte kogemata pillata teisi turvarihmasi. Selline olukord, kus tooted on üksteise otsas hunnikus on halb. See võib mõjutada kvaliteeti nii, et rihmal on metallist kronstein. Sellel kronsteinil on metallist seibid, mis on suhteliselt teravad. Need teravad ääred võivad kahjustada turvarihma linti ja plastik osasi.

Töö autor analüüsis seda probleemi nii, et alguses uuris tööjuhendeid, et kas seal on kirjas, mida teha siis kui liinil toimub seisak. Tööjuhendis ei olnud kirjas seda, mida teised töölised teevad, kui seisak ei ole nende tööjaamas. Töö autor uuris ka tootmisjuhi käest, kas ettevõttes on mingi kord, mida peavad töölised tegema, kui liinil on seisak. Tootmisjuhi käest selgus, et ettevõttes on kasutusel

jidoka, aga kuna selle toote grupi tootmine on uus, ning töölisel on enamjaolt uued, siis sellele toote grupi tootmisele pole jõutud seda jidokat juurutada.

6.2.1.1 Toote 2 puhul esinenud probleemide analüüs

Toote 1 puhul oli kaks probleemi neljast probleemist selline mis ei kajastu mitteplaneeritud seisakute peatükkis.

St32 otsakronsteini PY liikus ja tööline pidi seda vahel käega sättima. Selline probleem segab töövoolu ning mõjutab tsükliaga, sest tööline sättib PY selle asemele, et õmmelda. Selline probleem võib mõjutada ka kvaliteeti nii, et tööline ei säti PY paika ja hakkab õmblema. Siis võib õmblus viltu minna ning võib tuua ettevõttele kliendi reklamatsiooni. Selle probleemi analüüs toimus nii, et töö autor töövälisel ajal läks tootmisliinile ning vaatas ja katsetas, miks PY liigub. Analüüsi käigus selgus, et PY koos alus plaadiga on vahetatav, ning plaat on poltidega masina küljes. Selgus, et plaadi küljes olevad plaadi avad olid suuremaks kulunud, mille tõttu sai PY plaat liikuda.

St32 juures oli vähe ruumi, kus valmistoodangut hoiustada. Selline probleem segab operaatori tööd, sest ta peab pidevalt turvarihmu sättima, et toodangut ära mahutada. Lisaks peab st40 operaator tema eest turvarihmu võtma, et neid testida. Selline tegevus omakorda segab st32 operaatorit. Selline probleem mõjutab tsükliaga, sest probleem segab töövoolu.

6.3 Mittevastavate toodete analüüs

Mittevastavate toodete analüüs on väga tähtis, et leida nendele lahendus. Mittevastavad tooted on rahaline kulu ettevõttele. Mittevastavad tooted on üks esimesi näitajaid, et tootmisprotsessis on midagi paigast ära. Mittevastavad tooted kui need jõuvad kliendini, siis sellest tuleb reklamatsioon, mis tähendab valmis toodangu sorteerimist. Ning kuna AS Norma tegeleb turvavarustuse tootmisega autotootjatele, siis mittevastavad tooted ei pruugi õnnetuse korral enam inimeste päästa.

6.3.1 Toote 1 ja toote 2 *Run at Rate* tootmisliinil avastatud mittevastavad toodete analüüs

Toote 1 puhul leiti 1 turvarihm ja toote 2 puhul avastati 1 turvarihm, ehk kokku kaks turvarihma, mis mõlemal juhul avastati st20/10 peal. Mittevastavuseks oli märgitud, et turvarihma lint oli kahjustunud. Kahjustus nägi välja selline, et turvarihma lindi otsast mis sisestatakse masinasse oli umbes 30 sentimeetri kaugusel valge joon. Selline kahjustus ei mõjuta turvarihma tööd, vaid on visuaalne mittevastavus. Töö autor analüüsis sellist kahjustust nii, et läks liinile töö välisel ajal ning proovis esile kutsuda sellist mittevastavust. See tähendas rihmade tootmist ning jälgimist, kuidas

selline mittevastavus tekkida võib. Analüüsi tulemusena selgus, et lint jääb PY ääre taha kinni, ning automaat lindi veo rullikud ei jää kohe automaatselt seisma, vaid üritavad veel linti edasi suruda. Siis automaat lindi veo rullikud kulutavad linti, mis põhjustab valged jooned turvarihma lindil.

Toote 1 puhul kõrvaldati 3 turvarihma st30 pealt, kus kolme punkti keele õmblus ei vastanud kvaliteedi nõuetele. St30 peal teostatud õmblemine on protsessi väga tähtis osa, sest avarii korral ei tohi õmblus rebeneda. Sellepärast on väga tähtis selle jaama mittevastavusi uurida ja analüüsida ning aru saada mis mittevastavus on. Töö autor analüüsis neid mittevastavusi koos kvaliteediinseneriga, ning analüüs kujutas endas turvarihma joonise uurimist ning võrdlust mittevastava õmblusega. Lisaks veel õmbluse pistete lugemist. Analüüsi tulemusena selgus, et õmblustel oli kaks erinevat viga, ning need vead olid:

- Ühe turvarihma õmblusel oli näha, et lint ei olnud korralikult vastastiku vaid oli nihkes.
- Kahe turvarihma puhul oli näha, et lindi murtud osa oli pikkem kui joonisel näidatud. Murtud osa joonlauaga mõõtes sai murtud osa pikkuseks 87mm, aga joonise järgi peaks murtud osa olema 80 mm +/- 5 mm.

Need kaks erinevat mittevastavust ei olnud tõsised mittevastavused. Sellegi poolest on need mittevastavused mis ei vasta joonisele ning neid ei tohi kliendile saata. Et aru saada, miks sellised vead töölisel juhtus, selleks töö autor rääkis töölisega, kes *run at rate* ajal oli töö. Töölisega rääkides selgus, et uued tooted ning tööline pidi kiirustama. Kiirustama pidi tööline sellepärast, et kui õmblusmasin oli anduritelt signaali kätte saanud, siis see aeg, millal oli võimalik veel õmmelda oli lühike. Kui see aeg otsa sai, siis õmblusmasin nullis signaali ära ning tööline peab uuesti komponendid poka yokasse sisestama. Tööline kiirustas ning paika pandud murtud lindi mõõt läks paigast.

Toote 1 puhul oli veel mittevastavuseks 5 turvarihma rulli mis kõrvaldati tööjaamas st20/10. Mittevastavuseks oli märgitud, et turvarihma rull ei mahu ei mahu rakisesse. See on seotud toote 1 seisakuga, kus see teema analüüsitud ning selles peatükkis pikkemalt ei peatu.

Toote 1 *run at rate* ajal kõrvaldati veel 3 turvarihma rulli millel oli lindisuunaja katki. 3 turvarihma kõrvaldati st20/10 peal. Selline mittevastavus on halb, sest kui lindi suunaja on katki, siis võib juhtuda, et turvarihma lint käib vastu katkist lindisuunajat, kahjustades turvarihma linti. Võib juhtuda, et turvarihma lint tuleb lindisuunaja vahelt välja ning hakkab vastu turvarihma raami hõõruma ning kahjustab turvarihma linti. Esimeseks analüüsiks on mittevastavate toodete paberi uurimine, kus töölisel on kirjutatud, mis mittevastavus on, ning kui teavad, siis kuidas juhtus. Nende paberite

uurimisest selgus, et 3 turvarihma rull, mis kõrvaldati st20/10 pealt, et need rullid olid turvarihma rulli rakisest välja tulnud lindi pingutamise hetkel. See probleem on analüüsitud seisakute all, ning selles peatükis pikkemalt ei peatuta.

Ning 1 turvarihm mis kõrvaldati st40 peal katkise lindisuunaja pärast. Selle turvarihma mittevastava toote paberi uurimisel, selgus, et sellel paberil polnud välja toodud kuidas see juhtus. Aga visuaalsel vaatlusel tundusid kahjustused olevat sama mis nendel 3 turvarihma rullil mis kõrvaldati st20/10 pealt. Kus turvarihma rull tuli turvarihma lindi pingutamise hetkel rakisest välja ning ning läks lindisuunaja pneumo silindri otsa, mis murdis lindisuunaja.

Toote 1 ja toote 2 puhul kõrvaldati veel 29 turvarihma *run at rate* ajal, nende turvarihmade analüüsist selgus, et mittevastavuse põhjus tuleb teisest protsessist mida ei kajastata selles uurimus töös. Mittevastavused on:

- 18 turvarihma kõrvaldati st40, kus mittevastavuseks oli turvarihma kallutusanduri väljalülitamise funktsiooni vale aktiveerimise kaugus
- 3 turvarihma kõrvaldati st40 peal, kus kontroll masin näitas kallutus anduri mitte õigeaegset aktiveerimist
- 4 turvarihma kõrvaldati st40 peal, kus mittevastavuseks oli turvarihma vale üld pikkus
- 4 turvarihma kõrvaldati st20 peal, kus turvarihma rull ei kerinud linti vedru jõul turvarihma rullile

Lõputöö piiratud mahutavuse tõttu, selles lõputöös nende mittevastavuste analüüsi ei kajastu.

6.3.2 Toote 1 ja toote 2 *run at rate* IIP kontrollis avastatud mittevastavad tootede analüüs

IIP kontrollist leitud mittevastavad tooted ei mõjuta OEE tulemust, aga need mittevastavused on kindlalt tähtsad. Ning neid mittevastavusi peab kindlasti uurima, sest IIP on käigus ajutiselt, kuni tootmisliin läheb seeriatootmisesse. Halb on see, et need mittevastavusi ei avastatud tootmisliinil, ning need läksid läbi olemasolevate kontrollide. Sel moel võib juhtuda, et need mittevastavused jõuavad kliendini.

Mõlema toote IIP kontrollist avastati 16 mittevastavat turvarihma ning mittevastavuste kategooriaid oli 8.

Üheks mittevastavuseks oli see, et turvarihma keelelt oli puudu lasermarkeering. Toote 1 puhul leiti 1 ja toote 2 puhul 2 mittevastavat toodet. Selline mittevastavus näitab, et st20/10 laser markeerimise

protsess jäi vahele. Selline mittevastavus on raske kliendi nõuete ja regulatsioonide eiramine. Selle mittevastavuse uurimist alustas töö autor nii, et algul katsetas lasermarkeerimisseadete. Et välistada masina tõrget. Katsetamise jooksul ei õnnestunud ühtegi mittevastavat toodet koostada. Töö autor vaatas üle, kuidas lasermarkeerimis protsess toimuma peaks. Analüüsi tööjuhendit, et aru saada milline peaks lasermarkeerimise protsess välja nägema. Protsess peaks selline välja nägema, et tööline võtab liinil olevast kastist markeerimata turvarihma keele ning võtab laser markeerimis jaamast lasermarkeeritud keele. Seejärel asetab tööline markeerimata keele laserisse. Peale seda paneb markeeritud keele st20/10 PY-sse ning koostab turvarihma. Selline mitte markeeritud ja markeeritud keelte koos käsitlemine võib põhjustada olukorra, kus keeled võivad töölise käes sassi minna. Võib juhtuda selline olukord, kus markeerimata keelt kasutatakse markeeritud keele asemel ja selline mittevastavus on väga ränk ning siis võib olla oht, et tööline eksib keelte käsitlemisel. Lisaks võib olla oht, et lasermarkeeringu protsess jäetakse vahele, ning tööline võtab karbist turvarihma keele ja asetab selle kohe PY sisse. Selleks siis analüüsi kas tootmisliinil on tuvastus, mis peaks tuvastavama lasermarkeeringu olemas olu turvarihma keelel. Selleks vaadati üle kas PY-des on olemas mingi tuvastus meetod, mis suudaks lasermarkeeringut tuvastada. Lisaks vaadati üle st40 tööjaam, et kas seal on mingi tuvastus vahend, mis peaks kontrollima või oleks võimeline kontrollima lasermarkeeringut turvarihma keelel. Selle analüüsi käigus selgus, et tootmisliinil ei ole ühtegi automaatset kontrolli, mis tagaks selle, et lasermarkeerimata keel ei jõuaks kliendini.

Teise mittevastavusena mis tuvastati IIP kontrollist oli selline, et lasermarkeeritud keelel oli topelt markeering. See mittevastavus tuvastati toote 1 puhul ning koguseks oli üks tükk. Selline mittevastavus teeb lasermarkeeringu loetamatuks, sest lasermarkeeringud ei ole kohakuti. Selline mittevastavus on ka ränk kliendi nõuete ja regulatsioonide eiramine. Selle mittevastavuse analüüs teostati samamoodi nagu lasermarkeeringu puudumise mittevastavuse puhul. Töö autor vaatas üle lasermarkeerimis seadme, et välistada masina tõrget. Katsetuse käigus selgus, et lasermarkeerimis seadmel on andurid, mis välistavad topelt lasermarkeerimist. Et teistkorda sama turvarihma keelt markeerida, on vaja lasermarkeeritud keel seadmest välja võtta. Protsess näeb ette lasermarkeeritud ja mitte markeeritud keele samal ajal koos käsitlemist, siis põhjus võib olla selles, et tööline ajas töötades markeeritud ja mitte markeeritud turvarihma keeled segamini. Ning nagu eelmisest analüüsist tuli välja, siis tootmisliinil ei ole ühtegi lasermarkeerimise jaoks mõeldud tuvastust.

Lisaks avastati veel toote 2 puhul kaks toodet, kus oli puudu kleebitab homologeerimisetikett. Selline etikett on väga vajalik, sest klient oma tehases skaneerib seda etiketti. Lisaks homologeerimisetiketid

on ainulaadse koodiga, et iga etikett erineb eelnevast. Ning selle homologeerimis etiketi puudumine on suur kliendi nõuete rikkumine.

Joonise järgi peaks homologeerimis etikett asuma turvarihma rulli põhja all. Protsessi järgi tuleb homologeerimis etikett kleepida tootmisliinil. Selline protsess, kus etikett tuleb kleepida manuaalse tootmisliini peal, oli AS Norma jaoks täiesti uus protsess. Enne tootmise alustamist otsustati, et eraldi etikettide printimisalal prinditakse etiketid valmis ning tuuakse tootmisliinile, kus need kleebitakse turvarihmadele ST 32 ja ST 40 vahelisel alal. Homologeerimisetiketi paigaldamise protsess oleks pidanud välja nägema selline, et ST 32 tööline paneb masina õmblema ning samal ajal kui masin õmbleb, siis kleebib eelnevalt õmmeldud turvarihmale homologeerimis etiketti. Siis võtab St 40 tööline turvarihma, millel on homologeerimis etikett kleebitud ja paigaldab selle St 40 sisse testimiseks.

Esimese asjana uuris töö autor seda, et äkki on etikett lihtsalt turvarihma pealt ära tulnud. Selleks võttis töö autor mitu turvarihma ja terve hulga homologeerimisetikette ning kleepis need turvarihmale. Pärast seda proovis töö autor need etiketid eemaldada käsitsi. Selle katse tulemusena selgus, et homologeerimisetiketid ei tulnud lihtsalt ära, vaid rebenesid ning tulid mitmes tükis ära. Katsest saame järeldada, et mittevastavatel turvarihmadel ei saanud homologeerimisetiketid lihtsalt ära tulla, kui tööline neid pahatahtlikult ei eemaldanud.

Run at Rate ajal esinenud probleemide analüüsist selgus, et St 32 ja St 40 vahel oli vähe ruumi ning St 40 tööline võttis St 32 tööliste juurest ja eest turvarihmasi. Sellest võib järeldada, et St 40 tööline võttis St 32 juurest turvarihmad, millele ei olnud homologeerimis etikette kleebitud. Lisaks uuris töö autor veel seda, kas St 40 on olemas skanner, et seda homologeerimisetiketti skaneerida. Uurimise käigus tuli välja, et St 40 et selle toote puhul kasutatava rakise küljes ei olnud skannerit.

IIP kontrollist kõrvaldati veel 5 turvarihma, mis ei vastanud kvaliteedi nõuetele. Nende mittevastavuste kategooriad oli 2. Need kategooriad olid turvarihma lint on kahjustunud ja turvarihma lindisuunaja on katki. Neid mittevastavusi analüüsiti juba tootmisliini pealt kõrvaldatud mittevastavuste analüüsis, siis töö mahu piiratuse tõttu neid mittevastavusi selles peatükis ei analüüsita.

Toote 1 puhul avastati veel 7 turvarihma IIP kontrollist. Need 7 mittevastavat turvarihma jagunesid 3 kategooriasse, ning kategooriad olid:

- Turvarihma lindi välja tõmbamisel esineb müra

- Turvarihma linti on raske välja tõmmata
- Turvarihma lint ei tõmba ennast korralikult vedru jõul tagasi turvarihma rulli peale

Nende mittevastavuste juurpõhjus on teisest protsessist, mis selles uurimustöös ei kajastu, siis uurimustöö mahu piiratuse tõttu nende mittevastavuste analüüsi siin ei kajastata.

7 ETTEPANEKUD

7.1 *Run at rate* ettepanekud

7.1.1 Toote 1 *Run at Rate* seisakute ettepanekud

St20/10 turvarihma rulli rakkis tõrkus, sest turvarihma rulli kronsteini needid läksid vastu rakkist ning turvarihma rull ei tahtnud hästi rakise vahele minna. Sellise seisaku vältimiseks tegi autor ettepanekuks turvarihma rulli rakise neetide ava suuremaks freesimist.

St20/10 kus turvarihma keele hoidja oli paindes ning turvarihma lint jäi kinni. Selle seisaku ennetamiseks tegi autor ettepanekuks lisada PY-le metallist äär, mis hoiaks turvarihma keele hoidja PY sees sirgelt ning mis siis saaks takistada turvarihma linti. Selline ettepanek tehti sellepärast, et see on kõige kiirem moodus, kuidas seisakut ennetada.

St20/10 said turvarihma kronsteinid otsa ning tööline pidi ise neid tooma. Autor tegi ettepaneku tootmisjuhile, et siselogistika käiks tihedamini tootmises, ning tõstaks tihedamini kaste tootmisliinile.

St40, kus masin ei saanud oma null punkti kätte ning mille juurpõhjust ei leitud. Selle seisaku ettepaneku mõte tuli sellest, et seadme spetsialist soovitas seadme programmi uuendada. Siis autor tegigi ettepaneku seadme programmi uuendada. Aga kuna programmi uuendamisega läheks aega, siis tehti veel ettepanek mehhaanikainsenerile, et vaataks üle seadme servo ja erinevad mehhaanilised parameetrid.

7.1.2 Toote 2 *Run at Rate* seisakute ettepanekud

Mittevastavate toodete uuesti katsetamine inseneri palvel. Selle seisaku kohta töö autor ei teinud ettepanekut, sest see oli ühekordne seisak. Kui mittevastavate toodete põhjused saab eemaldatud, siis sellist seisakut ei tohiks enam tekkida

Valmis toote pakkimise katsetamine ja juhendi lugemise seisak. See toode ja tootmisliin on uued AS Normas ning töölised ei saanud ennema *Run at Rate* pakkimist harjutada. Autor tegi AS403

meeskonnale ettepanekuks, et kõik dokumendid oleks vähemalt kaks nädalat enne *Run at Rate* tootmisliinil. Ning tootmis töölised saaksid rohkem harjutada enne kui *Run at Rate* tehakse, sest siis saab vältida selliseid olukordi nagu juhtus sellel *Run at Rate* ajal.

St20/10 kus turvariham rull tuli lindi pingutamise hetkel rakisest välja. Autor tegi mehhaanika osakonna juhile ettepaneku fikseeriva nurga ava suuremaks freesimiseks. Kui see fikseeriv nurk suuremaks freesida, siis teoreetiliselt ei tohiks turvarihma rull sealt tagant ära libiseda.

St40, kus tööline astus turvakaardinasse ning koos sellega seiskas masina. Selle seisaku juurpõhjuseks oli see, et St32 ja St40 vahel ei olnud piisavalt ruumi. Sellest lähtuvalt tegi autor mehhaanika osakonnale ettepaneku, et St40 liigutada tahapoole umbes 30 cm. See peaks välistama sellised seisakud kus töölised üksteist tahtmatult segavad ning sattuvad St40 turvakaardinasse. Ning selle ettepanekuga eemaldatakse ka ergonoomika mittvastavuse punkt.

7.1.3 Toote 1 *Run at Rate* ajal esinenud probleemide lahendamise ettepanekud

St32 ja st40 vahelisel alale kuhjati turvarihmadest hunnik, sest St40 oli seisak. Autor tegi esimese asjana ettepaneku mehhaanika osakonnale, et nad valmistaks sinna pikka metallist renni. Siis töölised lükkavad mööda renni turvarihmasi edasi ja ei pea neid turvarihmasi asetama väikese aluse peale. Ning vestlusest tootmisjuhiga, selgus et ettevõttes peaks olema *JIDOKA*, aga uues tootmises ei ole seda veel juurutatud. Autor tegi ettepaneku *jidoka* juurutamisega kohe alustada, sest siis teaksid töölised mida seisakute ja tõrgete korral teha. Lisaks tegi autor veel ettepaneku uuendada standardtööjuhendit, lisades sinna punktid mida teha tootmisliini seisaku korral.

7.1.4 Toote 2 *Run at Rate* ajal esinenud probleemide ettepanekud

Üheks probleemiks toote 2 puhul oli see, kus St32 otsakronsteini PY liikus, ning analüüsi tulemusena selgus, et PY alusplaadi avad olid ära kulunud. Selle probleemi lahendamiseks tegi autor mehhanika osakonnale ettepanekuks see PY plaat korda teha. Aga kui seda ei ole võimalik korda teha, siis ettepanekuna lasta uus plaat teha, kuhu saab siis PY kinnitada.

St32 juures oli vähe ruumi kus toodangut hoiustada. See oli probleemiks, sest St32 tööline kuhjas toodangut väikese aluse peale, lisaks St40 tööline pidid võtma St32 töölise eest toodangut. See põhjustas selle, et nad segasid üksteist. Jidoka juurutamisega peaks see probleem ära kaduma, et St32 tööline kuhjab turvarihmasi väikese aluse peale. Aga ettepanekuna esitati, et St30 ja St32 ette teha suur renn, kus töölised saavad toodangut liiguda tööjaamade vahel. Lisaks peaks see renn olema

piisavalt pikk, et ulatuks St40 juurde. Sellise lahenduse kasutusele võtmisega, eemaldaks selle probleemi, et St40 tööline võttab St32 töölise nina eest toodangut.

7.1.5 Toote 1 ja toote 2 *Run at Rate* ajal avastatud mittevastavate toodete ettepanekud

Osad mittevastavad tooted on seotud kas *Run at Rate* ajal tekkinud seisakutega või *Run at Rate* ajal silma jäänud probleemidega. Sellepärast autor neid siin peatükis enam kajasta, sest ettepanekud on tehtud kas *Run at Rate* ajal tekkinud seisakute või *Run at Rate* ajal silma jäänud probleemide ettepanekute peatükki all.

Toote 1 puhul oli mittevastavuseks St30 peal teostatud õmblused, mis ei vastanud kliendi nõuetele. Analüüsi käigus tuli välja, et peale andurite signaali saamist õmblusmasina õmblemise võimaluse aeg oli lühike. Selleks tegi autor mehhaanika osakonnale ettepaneku, et muuta PLC (*Programmable logic controller*) programmi, et õmblusmasina õmblemise võimaluse aeg oleks pikem. Lisaks tuli analüüsist välja, et töölistele jaoks olid need uued tooted. Sellest järeldusest tehti ettepanek tootmisjuhile, et töölistele rohkem koolitusi õmblemise alal nii enne *Run at Rate* tegemist kui ka pärast.

7.1.6 Toote 1 ja toote 2 *Run at Rate* IIP kontrollis tuvastatud mittevastavate toodete ettepanekud

Mittevastavusteks olid lasermarkeeringu puudumine turvarihma keelelt ja topelt markeering turvarihma keelel. Nende mittevastavuste analüüsist selgus, et St20/10 peal ei ole võimalik tuvastada, kas turvarihma keel on lasermarkeeritud või mitte. Lisaks ei ole võimalik lasermarkeerimise olemasolu tuvastada ka teistes tööjaamades. Autor tegi inseneri osakonnale ettepanekuks paigaldada St20/10 PY sisse andur, mis oleks võimeline tuvastama markeeringu olemasolu.

Kui ainult PY sees oleks andur, siis topelt markeeringuga turvarihma keel läheks ikka läbi protsessi. Selleks autor tegi ettepanekuna ka lisada St40 peale skanner, mis oleks võimeline lugema lasermarkeeritud keele peal olevat *Datamatrix* koodi. Selle skanneriga saaksime elimineerida selle, et topelt markeeringuga turvarihma keel jõuaks kliendini. Autolivis on kasutusel üks programm mille nimeks on ATRAQ, mis paigaldatakse tootmisliinidele, ning mis jälgib toodete ja komponentide asukohta protsessis. ATRAQ programmi AS Normas senini kasutusel ei olnud. Pikema-ajalise ettepanekuna esitai, et ATRAQ programm paigaldatakse sellele tootmisliinile. See välistaks selle, et lasermarkeerimisprotsessi saaks vahele jätta või topelt teha.

Viimaseks mittevastvauseks oli toote 2 puhul jäetud kleepimata homologeerimisetikett. Juurpõhjuse eemaldamiseks oli ettepanekuks juurutada *jidoka*, mis kajastus eelnevates peatükkides. St40 peal selle homologeerimisetiketi kontrolli ei olnud. Kliendinõudmistes oli kirjas, et see on väga kriitiline, mis tähendab seda, et homologeerimisetiketi olemasolu kontroll peab olema 100% automaatne kontroll. Sellest lähtudes autor tegi ettepaneku mehaanika osakonnale skanneri paigaldamiseks. Ettepanek sai tehtud veel IT osakonnale, et St40 ühendada andmebaasiga, et kõik turvarihma testimise tulemused ning homologeerimisetiketi sisu salvestatakse andmebaasi.

7.2 Ergonoomika auditi mittevastavuse ettepanekud

St20/10 töölised pidid turvarihma lindi kasti tõstma maast ning selleks pidid töölised kummardama. Selline korduv kummardamis tegevus ei ole tööliste tervisele hea. Selle mittevastavuse eemaldamiseks tegi autor ettepaneku tootmisjuhile, et muretseda elektriline tõstuk, millega saaks turvarihma lindi kaste tõsta ning mis hoiaks kastid samal tasapinnal töötasapinnaga.

Teine mittevastavus, mis oli ka St20/10 peal, kus tööline pidi tihti tõstma raskeid kaste maast 1 m kõrgusele. Selle mittevastavuse ennetamiseks tehti ettepanekuks eelkoostu jaama ümber kolimine St20/10 taha. Siis saaks rullik rajaga otse tootmisliini varustada, ilma, et töölised peaksid raskeid kaste tõstma. Sellise protsessi kasutusele võtt vähendab protsessi suurust, et vahepealne puhver kaob ära.

KOKKUVÕTE

Lõpputöö eesmärgiks oli teada saada kas tootmisliini tootmisprotsessid vastavad ettevõtte nõudmistele. Ettevõtte nõudmised olid:

- Tsükli aeg 31 sekundit
- Mittevastavate toodete protsent oleks väiksem kui 1,4%
- OEE peab olema vähemalt 75%

Eesmärgi teada saamiseks tehti erinevaid vaatlusi, mis andsid ülevaate tootmisliini tootmisprotsesside kohta. Viid läbi tootmisliini ja toodete analüüs, mille käigus saadi teada toodete ja tootmisliini kohta. Peale vaatluste tegemist tutvuti võõrkeelsete teadusartiklite ja raamatutega, et leida raisakmise vähendamise meetodeid.

Lõputöö raames tutvustatakse nelja meetodit: *Run at Rate*, PY, pidev voog ja *jidoka*. Tutvuti lisaks veel ettevõtte sisemiste standarditega, et teada saada mis dokumendid ja mis protseduurid on vajalikud uue tootmisliini ja tootete juurutamiseks. Lõputöö raames tutvustatakse kolme standardit: AS403 (*Manufacturing Release Process*), standard tööjuhend ja ergonoomika audit. Tehti *Run at Rate* vaatlus, mille nõue tuli ettevõtte standardist. Peale *Run at Rate* vaatlust tehti *Run at Rate* analüüs, mille käigus arvutati mittevastavate toodete protsent.

Mittevastavate toodete protsent ei vastanud ettevõtte kehtestatud nõuetele. Arvutati veel tsükli aeg, mis ka ei vastanud ettevõtte kehtestatud nõuetele. *Run at Rate* analüüsi käigus arvutati veel OEE, mis ka ei vastanud nõuetele. Lisaks katsetootmise ajal viid läbi ergonoomika audit, kus kontrolliti tootmisliini vastavust ettevõtte ergonoomika standardile. Ergonoomika auditist tuli kolm mittevastavuse punkti.

Lõputöö raames uuriti *Run at Rate* ajal tekkinud mittevastavaid tooteid, mis kõrvaldati tootmisliinilt kui ka pärast IIP kontrollist. Analüüsiti ja tehti järeldusi *Run at Rate* ajal tekkinud seisakute osas. Analüüsiti mittevastavaid tooteid ning prooviti leida nendele juurpõhjus. Kõik analüüsid ja vaatlused viis töö autor läbi oma kogemuse põhjal. Tehti ettepanekud nii *Run at Rate* ajal toimunud seisakutele,

probleemidele ja mittevastavatele toodetele. Lisaks tehti ettepanekud ergonoomika auditi mittevastavatele punktidele. Ettepanekud tehti, et tootmisliin vastavusse viia ettevõtte nõudmistele. Ettepanekute tegemisest lähtuti ettevõtte standarditest, lisaks lähtuti veel lõputöös välja toodud meetoditest.

SUMMARY

Introduction of a New Production Line and its Supplied Products in AS Norma

The aim of this thesis is to find out whether the production process of the new production line meets the company's requirements. This graduation thesis consists of a theoretical and an empirical part. In the theoretical part, different methods and indicators of production improvement are introduced. It is discussed what these different improvement methods and indicators are and how to use them. The company's standards required for the introduction of a new production line or products are also outlined.

The empirical part of this graduation thesis introduces the company on the basis of which the graduation thesis was conducted. In addition, the production line and products will be introduced. At the end of the empirical part, suggestions for improvement are made, which were made by the author in order to improve the production process of the production line.

The graduation thesis will give suggestions what documents are needed for releasing new product line or product. It will give suggestions how to calculate cycle time and OEE. It also gives suggestion what to do if the product line doesn't meet the company's requirements.

In this graduation thesis, the production line did not meet the company's requirements. In order to bring the production line accordance to requirements, a proposal was made for each non-compliant item

.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] A. Norma, „AS Norma,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.norma.ee/>. [Kasutatud 10 01 2022].
- [2] Faurecia, „Faurecia,“ 2018. [Võrgumaterjal]. Available: https://www.faurecia.com/sites/groupe/files/souffletdocumentoulien/faurecia_supplier_requirements_manual_0.pdf. [Kasutatud 12 01 2022].
- [3] K. Krčmářová, „The Maintenance Reliability and Maintenance,“ Technická univerzita Ostrava, Ostrava, 2018.
- [4] D. S. Kansul ja G. Karabay, „Increasing the Process Cycle Efficiency of Men's,“ *TEKSTİL VE KONFEKSİYON*, kd. 29, nr 2, pp. 253-261, 2019.
- [5] L. d. G. Ng Corrales, M. P. Lambán, M. E. H. Korner ja J. Royo, „Overall Equipment Effectiveness: Systematic,“ *Applied Sciences*, 17 September 2020.
- [6] J.-Y. Dantan, E. A., J. Petroniejevic ja A. Siadat, „Tolerance and Time margin,“ *Procedia CIRP*, kd. 92, pp. 51-56, 2020.
- [7] M. Lazai Junior, C. d. P. Santos, N. R. Chamie, R. Pierezan, E. Rocha Loures, E. Portela dos Santos, S. E. Gouvea da Costa ja E. Pinheiro de Lima, „Automated System Gains in Lean Manufacturing Improvement,“ *Procedia Manufacturing*, kd. 51, pp. 1340-1347, 2020.
- [8] M. Lazarevic, J. Mandic, N. Sremcevic, D. Vukelic ja M. Debevec, „A systematic literature review of Poka-Yoke and novel,“ *Journal of Mechanical Engineering*, pp. 1-16, 2015.

- [9] P. Malega, „Poka–Yoke – solution to human errors in the production,“ *The International Journal of Business Management and Technology*, kd. 2, nr 5, 2018.
- [10 M. A. Bartosz, *Standardized Work with TWI: Eliminating Human Errors in Production and Service Processes*, New York: Productivity Press, 2016.
- [11 M. A. Millstein, „Takt Time Grouping: A Method to Implement Kanban-Flow Manufacturing in an Unbalanced Process with Moving Constraints,“ University of Missouri, St. Louis, St. Louis, 2014.
- [12 R. H. Mike Rother, *Creating Continuous Flow: An Action Guide for Managers, Engineers & Production Associates*, Lean Enterprise Institute, 2001.
- [13 J. M. G. Gonçalves, *Beyond Lean and the Working Environment*, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa Copyright A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através, 2017.
- [14 Z. Mismail, H. A Zainal ja N. I. M. M. A. F. M. Kasim, „A mini review: Lean management tools in assembly line at automotive industry,“ *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2019.
- [15 Autoliv, „Manufacturing Release Process – AS403,“ Autoliv, 2020.
- [16 Autoliv, „Standardized Work Instructions – AS413,“ Autoliv, 2021.
- [17 Autoliv, „Ergonomics AS331,“ Autoliv, 2015.