



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Ingrida Čepienė

**SPAUSDINIMO ĮMONĖS GAMYBOS PROCESŲ ANALIZĖ IR
TOBULINIMAS: ATVEJO ANALIZĖ**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Lek dr. Vaidas Bivainis

KAUNAS, 2018 m.

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

SPAUSDINIMO ĮMONĖS GAMYBOS PROCESŲ ANALIZĖ IR TOBULINIMAS: ATVEJO ANALIZĖ

Baigiamasis magistro projektas

Gamybos inžinerija (621H70004)

Vadovas

(parašas) Lek dr. Vaidas Bivainis

(data)

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. Kęstutis Vaitasius

(data)

Projektą atliko

(parašas) Ingrida Čepienė

(data)

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
MECHANIKOS INŽINERIJOS IR DIZAINO FAKULTETAS**

Tvirtinu:

Gamybos inžinerijos
katedros vedėjas

(parašas, data)

Kazimieras Juzėnas

(vardas, pavardė)

MAGISTRANTŪROS STUDIJŲ BAIGIAMOJO PROJEKTO UŽDUOTIS
Studijų programa GAMYBOS INŽINERIJA

Magistrantūros studijų, kurias baigus įgyjamas magistro kvalifikacinis laipsnis, baigiamasis projektas yra mokslinio tiriamojo ar taikomojo pobūdžio darbas, kuriam atlikti ir apginti skiriama 30 kreditų. Šiuo darbu studentas turi parodyti, kad yra pagilinęs ir papildęs pagrindinėse studijose įgytas žinias, yra įgijęs pakankamai gebėjimų formuluoti ir spręsti aktualią problemą, turėdamas ribotą ir (arba) prieštaringą informaciją, savarankiškai atlikti mokslinius ar taikomuosius tyrimus ir tinkamai interpretuoti duomenis. Baigiamuoju projektu bei jo gynimu studentas turi parodyti savo kūrybingumą, gebėjimą taikyti fundamentines mokslo žinias, socialinės bei komercinės aplinkos, teisės aktų ir finansinių galimybių išmanymą, informacijos šaltinių paieškos ir kvalifikuotos jų analizės įgūdžius, skaičiuojamųjų metodų ir specializuotos programinės įrangos bei bendrosios paskirties informacinių technologijų naudojimo įgūdžius, taisyklingos kalbos vartosenos įgūdžius, gebėjimą tinkamai formuluoti išvadas.

1. Projekto tema: „Spausdinimo įmonės gamybos procesų analizė ir tobulinimas: atvejo analizė“

Patvirtinta 2017 m. gruodžio 11 d. dekanų įsakymu Nr. V25-11-12

2. Projekto tikslas: Išanalizuoti bei pagerinti įmonės gamybinius procesus, pasitelkus gamybos efektyvinimo metodikas.

3. Projekto struktūra: įvadas, gamybos procesų tobulinimo metodai ir jų analizė, gamybos procesų tobulinimo metodų pritaikymas gamybos įmonėse, gamybos proceso tyrimas analizuojamoje įmonėje, tyrimo rezultatai, išvados.

4. Reikalavimai ir sąlygos:

5. Projekto pateikimo terminas 2017 m. gruodžio mėn. 21 d.

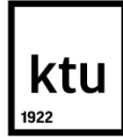
6. Ši užduotis yra neatskiriama baigiamojo projekto dalis

Studentas Ingrida Čepienė
(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Vadovas Lekt. Dr. Vaidas Bivainis
(pareigos, vardas, pavardė)

(parašas, data)



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

(Fakultetas)

Ingrida Čepienė

(Studento vardas, pavardė)

Gamybos inžinerija (621H70004)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Spausdinimo įmonės gamybos procesų analizė ir tobulinimas: atvejo analizė“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. Sausio 5 d.

Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Ingridos Čepienės**, baigiamasis projektas tema „Spausdinimo įmonės gamybos procesų analizė ir tobulinimas: atvejo analizė“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Ingrida, Čepienė. Spausdinimo įmonės gamybos procesų analizė ir tobulinimas: atvejo analizė. Magistro baigiamasis projektas / vadovas Lekt. dr. Vaidas Bivainis; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: gamybos inžinerija, technologijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: *TOC, LEAN, SMED, butelio kakliukas, priežasties – pasekmės diagrama, efektyvumas.*

Kaunas, 2018. 51 p.

SANTRAUKA

Įmonėms, siekiančioms išlikti konkurencingoms rinkoje, būtina diegti naujausias gamybos valdymo metodologijas, taip siekiant neatsilikti nuo konkurentų bei sumažinti patiriamus nuostolius. Gamybos proceso analizė ir tobulinimas buvo atliktas spaudos pramonės įmonėje.

Darbo tikslas – išanalizuoti bei pagerinti įmonės gamybinius procesus, pasitelkus gamybos efektyvinimo metodikas.

Pirmoje darbo dalyje išanalizuoti, plačiausiai naudojamų gamybos tobulinimo metodų – Lean ir TOC pagrindiniai principai.

Antroje darbo dalyje – pateikiama gamybos tobulinimo metodų, panaudojimo konkrečioms įmonėms, pavyzdžiai. Analizuojamas jų poveikis įmonių procesams.

Trečioje darbo dalyje pateikta, technologinių procesų apžvalga, analizuojamoje įmonėje, apžvelgiama gaminama produkcija. Išanalizuotas gamybos tobulinimo metodų poreikis ir pritaikomumas. Pateiktas problematinio įrengimo suradimas ir jo technologinių procesų analizė.

Ketvirtoje darbo dalyje pateikta priežasties – pasekmės diagrama, SMED metodo pritaikymas, koreliacinė bei regresinė analizė.

Darbo pabaigoje pateikiamos darbo išvados.

Ingrida, Čepienė. *Printing Company's production processes' analysis and improvement: case study*. Master's Final Project / supervisor Lect. dr. Vaidas Bivainis. The Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Research area and field: Production Engineering, Technological sciences.

Key words: TOC, LEAN, SMED, bottleneck, cause a consequence diagram, effectiveness.

Kaunas, 2018. 51 p.

SUMMARY

Companies which want to stay competitive and strong in the market have to implement newest manufacturing management methodologies to keep up with competitors and to reduce losses. Production process research was done in printing industry company.

The final Masters' goal is to analyze and improve the company's production processes, using methods of production efficiency.

In the first part of the work, we analyze the basic principles of the most widely used methods of production improvement - Lean and TOC.

In the second part of the work - there are examples of production improvement methods used by specific companies. Analyzed their effect on business processes.

In the third part of the work, is an overview of technological processes, analyzed company production. Analyzed of production improvement methods and they adaptability for company. Presented of finding the problem equipment and analysis its technological processes.

In the fourth part is about scheme of cause a consequence, the application of SMED method, correlation and regression analysis.

References and conclusions for company are written in the last part of the project.

TURINYS	
ĮVADAS	11
I. GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMO METODAI IR JŲ ANALIZĖ	12
1.1 <i>TOC</i> teorija ir jos taikymas	12
1.2 <i>Lean</i> metodologija	13
1.3 Gamybos planavimo sistema	17
II. GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMO METODŲ PRITAIKYMAS GAMYBOS ĮMONĖSE	18
III. GAMYBOS PROCESO TYRIMAS ANALIZUOJAMOJE ĮMONĖJE	23
3.1. Įmonės charakteristika	23
3.2 Įmonės pajėgumų ir technologinių operacijų apžvalga	24
3.3 Gamybos procesų tobulinimo metodų poreikis analizuojamoje įmonėje	30
3.4 Problematinio įrengimo suradimas ir analizė	31
3.5 Technologinių procesų analizės įrankių apžvalga	33
IV. GAMYBOS PROCESO TYRIMO REZULTATAI	35
4.1 Priežasties – pasekmės diagramos sudarymas	35
4.2 <i>SMED</i> metodo pritaikymas standartizuojant procesus	36
4.3 Koreliacinė ir regresinė proceso analizė	38
IŠVADOS	46
LITERATŪROS ŠALTINIAI	47
PRIEDAI	49

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Apribojimas medžiagų sraute [2].....	12
2 pav. <i>Lean</i> sistemos įrankiai.....	14
3 pav. <i>OEE</i> praradimų kategorijos [5].	14
4 pav. Priežasties ir pasekmės diagrama.....	16
5 pav. Ganto grafikas	17
6 pav. Vertės srauto žemėlapis simboliai [12]	19
7 pav. Mažo produktyvumo įmonės priežasties ir pasekmės diagrama [13].....	20
8 pav. Gamybinės įmonės <i>OEE</i> rodiklio apskaičiavimas [14].	21
9 pav. Tobulinimo įrankių naudingumo ir įdiegimo lygio analizė [14].....	22
10 pav. <i>Heidelberg Speedmaster XL 106 5 LE-UV</i>	23
11 pav. Įmonės gaminami užsakymų tipai ir jų kiekis	25
12 pav. Siūtos trauktos brošiūros (BROSI) technologinis gamybos procesas.....	26
13 pav. Frezuotos trauktos brošiūros (BROKL) technologinis gamybos procesas	26
14 pav. Kietviršio (KNG) technologinis gamybos procesas.....	27
15 pav. Lankstukų (SIMPLE) technologinis gamybos procesas	28
16 pav. 8psl lankstymo schema	29
17 pav. Užsakymų lankstymų schemų procentinis kiekis	29
18 pav. Operacijoms paruoštų darbų vidurkis, val.	31
19 pav. <i>Lean2S</i> programos užfiksuotas pamainos darbas (06-18val), geltonai pažymėtas pritaissymo laikas, kairėje pusėje, skalėje, pateikti lankstymo greičiai.....	32
20 pav. Koreliacijos ryšių stiprumas [16].....	33
21 pav. Priežasties – pasekmės diagrama	35
22 pav. 1 lankstytojo pritaissymo laiko rezultatai standarto diegimo laikotarpiu.....	37
23 pav. 2 lankstytojo pritaissymo laiko rezultatai standarto diegimo laikotarpiu.....	37
24 pav. Gaminamų užsakymų tiražai, proc.....	39

25 pav. Gaminamų užsakymų popieriaus tipai	40
26 pav. Įmonės užsakymų faktinio atlikimo laiko histograma	41
27 pav. Įmonės užsakymų suplanuotas atlikimo laiko histograma.....	41
28 pav. Įmonės užsakymų faktinio ir suplanuoto laiko skirtumo histograma	42
29 pav. Realaus laiko perskaičiavimo grafikas su tiesine regresijos tendencijos tiese ir regresijos lygtimi bei R ² determinacijos koeficientu.....	44
30 pav. Skirtumas tarp suplanuoto ir realaus laiko, bei suplanuoto ir realaus laiko perskaičiuoto pagal regresiją.....	44

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Šaltinyje analizuojamos įmonės prastovos [13].	20
2 lentelė. Įmonėje gaminamų produktų tipai	24
3 lentelė. MBO greičių matrica (metrai per minutę)	32
4 lentelė. Koreliacijos rezultatai	38
5 lentelė. Penki dažniausiai naudojami popieriaus tipai	40
6 lentelė. Determinacijos koeficientai	42
7 lentelė. Regresijos reikšmingumo statistika	43
8 lentelė. Regresijos koeficientų statistinis reikšmingumas	43

ĮVADAS

Darbo aktualumas. Gamybos įmonės vis labiau yra orientuotos į gamybos tobulinimą bei sistemingą savo veiklą. Nustatyta, kad darni gamybos sistema padeda išvengti nuostolių ir padidinti įmonės pelną, išnaudojant turimus resursus. Todėl įmonių atstovai ieško metodų kaip pasiekti šiuos tikslus. Norint tinkamai įvertinti gamybos procesų eigą ir trikdžius pritaikomi įvairūs rodikliai kurie naudojami valdant ir optimizuojant gamybą. Tai gali būti procesų valdymo rodikliai, kokybės rodikliai, finansiniai bei efektyvumo rodikliai; o tinkamas jų pasirinkimas ir derinimas gali atnešti įmonei teigiamus pokyčius.

Darbe nagrinėjama įmonė susiduria su gamybos procesų nestabilumu, kartais vėluoja užsakymai, įrengimai dirba ne pagal sudarytus planus, pakankamai dažnai kartojasi broko atvejai. Siekiant išnagrinėti nestabilumą priežastis bei jas pašalinti, įmonėje bus diegiami ir naudojami tobulinimo metodai ir jų įrankiai – *TOC* bei *Lean* metodologijos. Apribojimų teorija *TOC* orientuota į sistemos pralaidumo didinimą, bei sistemingą jos veiklą. *Lean* metodologijos tikslas – gaminti efektyviau išnaudojant turimus resursus.

Darbo objektas. Analizuojama spaustuvė UDLAB „KOPA“. Ši įmonė užsiima spaudos bei maketavimo darbais. Gamina bukletus, brošiūras, firminius spaudinius, kalendorius, katalogus, knygas, lankstinukus, meno knygas, plakatus, skrajutes, vizitines korteles.

Darbo tikslas. Išanalizuoti bei pagerinti įmonės gamybinius procesų rodiklius, pasitelkus gamybos efektyvinimo metodikas.

Darbo uždaviniai.

1. Išanalizuoti gamybos tobulinimui, bei nuostolių mažinimui taikomas metodikas.
2. Ištirti analizuojamos įmonės gamybinius procesus, bei pateikti siūlymus ir rekomendacijas kaip patobulinti esamą situaciją.
3. Analizuojamai įmonei pritaikyti, pasirinktas gamybos tobulinimo metodikas, bei nustatyti jų poveikį.

I. GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMO METODAI IR JŲ ANALIZĖ

1.1 TOC teorija ir jos taikymas

Siekiant patobulinti esamą įmonės politiką, vis daugiau gamybos įmonių, pasirenka taikyti apribojimų teoriją, (*TOC* „Theory of constraints“), kurios autorius dr. E. Goldrattas. Šių įmonių pasiekimai rodo, kad tai pažangiausia organizacijų valdymo metodologija pasaulyje. Praktiniais pasiekimais įrodyta, kad apribojimų teorija yra daug efektyvesnė už kitas valdymo metodologijas, tokias kaip JIT (Just-In-Time), TQM (Total Quality Management), *Lean* (Toyota Production System), *Six Sigma* ir t. t. Apribojimų teorija – visuotinė teorija, teigianti, kad kiekviena sistema privalo turėti bent vieną apribojimą, o įmonės pagrindinis tikslas – uždirbti pinigų. Apribojimų teorija siekia nustatyti gamybos pagrindinį apribojimą, kitaip vadinamą „butelio kakliuku“. Šis apribojimas diktuoja visos sistemos tempą, ir laiku pagamintų užsakymų kiekį. [1].

TOC filosofija taikoma daugelyje situacijų, ji nėra orientuota tik į inventoriaus skyriaus peržiūrą, linijų valdymo pagerinimą ir greitį. Ši teorija turi kelis pagrindinius principus, kuriuos suformulavo ir aprašė šios teorijos autorius dr. E. Goldrattas 1980 m [2]:

1. surasti sistemos apribojimą (-us) („butelio kakliuką“);
2. nuspręsti kaip panaudoti sistemos apribojimą (-us);
3. panaudoti viską ankstesniam sprendimui;
4. praplėsti sistemos apribojimą (-us);
5. jeigu ankstesniame žingsnyje sistemos apribojimas buvo pašalintas, grįžti prie žingsnio 1, bet neleisti inercijai tapti sistemos apribojimu.



1 pav. Apribojimas medžiagų sraute [2]

Sistemos apribojimas gali nulemti daug verslo aspektų: produkcijos apimtį, pelningumą, investicijų pelningumą. Apribojimo poveikis yra toks, kai jis visada blokuoja, stabdo prieš jį einantį išteklių ir nepakankamai aprūpina po jo esančius išteklius. Norint sumažinti sistemos

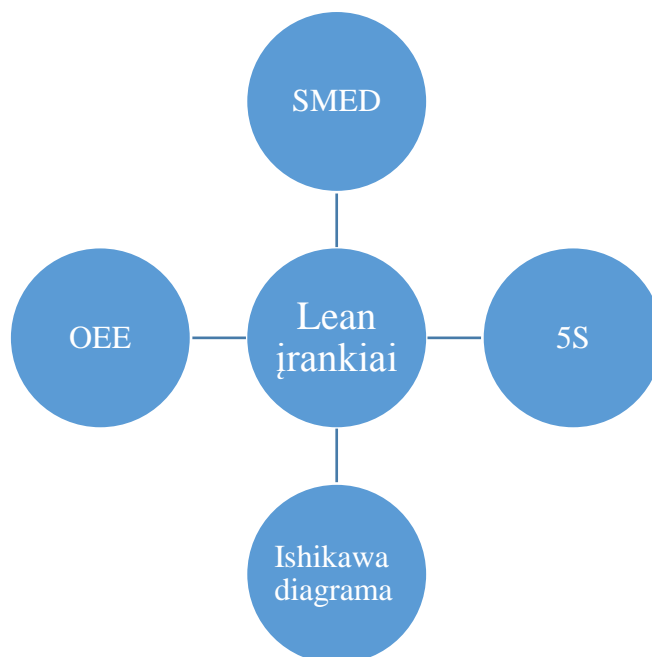
apribojimo įtaką visam procesui, reikia pašalinti bet kokius laiko nuostolius ties apribojimu, nes ties apribojimu prarasta valanda daro poveikį įmonės pelningumui. Dažniausias prarasto laiko atvejis yra prastova, kurią lengviausia nustatyti ir pašalinti. Prastova gali atsirasti dėl mašinos gedimų ar išankstinio nesuruošimo kitam darbui. Nustačius sistemos apribojimą ir eliminavus prastovas, svarbu sinchronizuoti visą gamybą, sutelkti kitų įrengimų darbą „butelio kakliuko“ aprūpinimui (1 pav.). Tiekti tiek medžiagų, kiek gali aptarnauti sistemos apribojimas, siekiant sumažinti užsistovėjusių ruošinių kiekius. Sinchronizavus gamybą ir išnaudojus kitų įrengimų potencialą, reikia butelio kakliuką „praplėsti“, tam panaudojant papildomus įrengimus, žmones ar keičiant darbo grafiką. Norint užtikrinti sistemos darnią veiklą, visus šiuos žingsnius reikia nuolat kartoti ir šalinti naujai atsiradusius butelio kakliukus [3].

Norint sėkmingai vykdyti apribojimų teoriją, iš pradžių svarbu identifikuoti ir likviduoti vidinį apribojimą, tik tada galima prieiti prie išorinių apribojimų. Tam plačiai taikoma DBR sistema, kitaip vadinama „būgno-buferio-virvės“. Šiuo metodu grindžiamas gamybos grafiko sudarymas, kuris padeda gerai kontroliuoti užsakymų vykdymo procesą, sufokusuoti veiklą bei rinkti reikiamą informaciją. Buferis gamybos įmonėje yra laikas, skirtas ištekliui apsaugoti nuo prieš jį esančių išteklių svyravimų, nestabilumų.

1.2 Lean metodologija

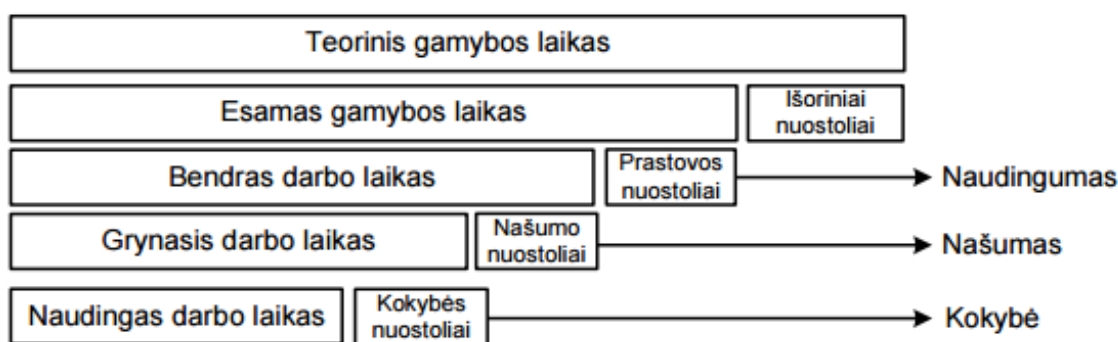
Lean sistemos pradininkais yra laikomi Jamesas Womackas ir Danielis Jonesas, kurie 1990 m aprašė *Toyota* gamybos sistemą (TPS), kuri turi du pagrindinius principus – nuolatinę tobulėjimą ir pagarbą žmonėms. Ši teorija apima visus gamyboje vykstančius procesus. Tai sistema, kuri lengvai pritaikoma bet kokio dydžio bendrovei bet kurioje srityje. *Lean* metodologija yra labiau verslo kultūra ir mąstymas, nei tam tikras metodas ar priemonė. Pagrindinis *Lean* tikslas yra pašalinti nereikalingas veiklas ir sumažinti sistemos nuostolius, taip padidinant našumą [1].

Tobulinant gamybą gali būti naudojami įvairūs *Lean* metodai ar įrankiai: *5S*, *OEE*, standartizuotas darbas, *SMED*, priežasties – pasekmės diagrama ir kiti (2 pav.). Atsitiktinis šių metodų taikymas dažnai neduoda laukiamo rezultato, kadangi tam turi būti numatytas sisteminis ir nuoseklus įgyvendinimas [4].



2 pav. Lean sistemos įrankiai

OEE (angl. Overall Equipment Effectiveness), kitaip vadinamas bendru įrengimų efektyvumu, yra gerosios gamybos praktikos teorija paremtas rodiklis, kuris procentaliai apibrėžia, kokia dalis suplanuoto gamybos laiko buvo panaudota produktyviai. Jeigu *OEE* rodiklis yra lygus 100 %, vadinasi, įrengimas, įrengimų linija ar visa gamykla gamino gaminius didžiausiu įmanomu greičiu, be sustojimų ir nepadarė nė vieno broko. *OEE* rodiklis yra apskaičiuojamas įvertinant tris kertinius veiksnius: naudingą laiką, našumą, kokybę. *OEE* veiksniams surasti reikia identifikuoti tris praradimų grupes: neplanuotus sustojimus, greičio sulėtėjimus, kokybinius praradimus $OEE = \text{Laikas} \times \text{Našumas} \times \text{Kokybė}$ [5].



3 pav. *OEE* praradimų kategorijos [5].

OEE praradimų 6 kategorijos (3 pav.):

1. neplanuoti sustojimai (prastovos): gedimai, perderinimai;

2. greičio praradimai (našumas): trumpi sustojimai, sumažėjęs tempas;
3. kokybiniai praradimai: brokas pradėdant darbą, brokas gamybai įsibėgėjus.

5s metodas - tai vizualios darbo vietos kūrimo metodas, naudojant penkių japoniškų žodžių sąrašą: *seiri* (surūšiuok), *seiton* (sutvarkyk), *seiso* (užtikrink švarą), *seiketsu* (standartizuok) ir *shitsuke* (palaikyk savikontrolę). Šie žingsniai nurodo, kaip tvarkyti darbo vietą, kad ji būtų efektyvi, identifikuojant ir laikant tik reikalingas darbo priemones, nuolat prižiūrint ir palaikant naują tvarką. Darbuotojai įtraukiami į savo darbo vietos standartizavimą ir tai užtikrina jų supratimą bei dalyvavimą [6].

Gamybos įmonėse įrengimų perderinimas yra svarbus ir daug laiko atimantis procesas. Perderinimo laiku vadinamas etapas nuo paskutinio gero produkto pagaminimo iki naujo produkto gamybos pradžios. *Lean* sistemoje tai vadinama *SMED* (*Single minute exchange of dies*) rodikliu kurį pirmą kartą 1969 m aprašė "Toyota" inžinierius Shigeo Shingas. Šis metodas padeda užtikrinti greitus įrengimų perderinimus iš vieno produkto į kitą, siekiant sumažinti partijų dydžius ir pagerinti gamybos srautą [1].

Klasikiniu požiūriu metodo įgyvendinimas ir raida yra aprašoma keturiais etapais [7],

- pirmas etapas – šiame etape nėra aiškios ribos tarp procesų kurie turi vykti kai įranga yra sustabdyta ir kada ji dirba. Šis etapas atitinka pilną įrangos perderinimą bei reikalauja ypatingo dėmesio ir analizės.
- antras etapas – detalės ir vykdomi procesai yra pilnai charakterizuojami ir aprašomi. Atskiriami vidiniai ir išoriniai procesai kai įranga dirba ir kai yra vykdomas jos perderinimas.
- trečias etapas – atliekama galutinė analizė ir klasifikavimas prieš tai etape vykusių procesų. Vidinių procesų suderinimas su išoriniais, pavertimas jų jais.
- ketvirtas etapas – atlikus analizę ir pavertimą, identifikuojamos problemos bei pašalinamos nereikalingos vidaus ir išorės procesų veiklos.

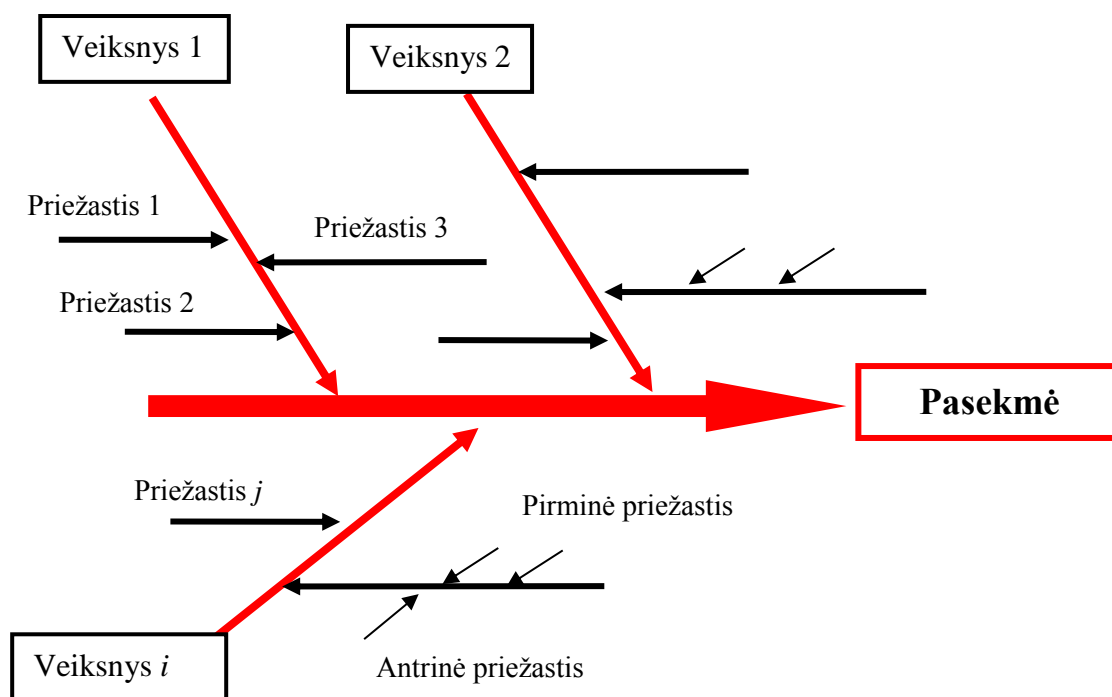
Norint įgyvendinti *SMED* metodą, įmonėje yra diegiami įrengimų pritaikymo standartai, kuriuose trumpai aprašomos pagrindinės operacijos ir jų atlikimo trukmė. Standartas turi turėti daug vaizdinės medžiagos ir mažai teksto, tai palengvina išmokimo procesą ir padeda tiksliau suprasti aprašytus punktus.

Priežasties – pasekmės (Ishikawa arba ašakinės) diagramos - viena iš populiariausių priemonių, skirtų įmonių organizacinės veiklos analizei, problemų paieškai, rizikų vertinimui,

paslaugų ar gamybos procesų optimizavimui ir pan. Tai yra grafinis vaizdas kaip priežastys, stimulai ir veiksmai veikia padarinius ar rezultatus (4 pav.). Kaorus Išikavas pirmą kartą tokias diagramas pavartojo 1943 metais. Diagrama grafiškai atskleidžia konkrečios problemos priežastis. Ją galima vartoti problemoms apsibrėžti ankstyvuojų duomenų rinkimo laikotarpiu. Tokias diagramas gali sudaryti vienas žmogus, bet dažniausiai jas kuria grupės. Paprastai paslaugos ar gamybos analizei naudojama viena iš standartinių diagramų, tačiau galima puikiai kurti ir kitas, specializuotas, skirtas konkrečioms paslaugoms ar gamybos procesams [8].

Gamybos valdymui dažnai pakanka keturių sudedamųjų (ang. 4M: *Machine, Method, Material, Man-power*):

- 1) žmonės, susiję su procesu;
- 2) metodai, kurie naudojami pasiekti reikiamo rezultato gaminant produktą;
- 3) įrenginiai, atliekantys darbą gamybos procese;
- 4) medžiagos, naudojamos gaminti galutinį produktą;



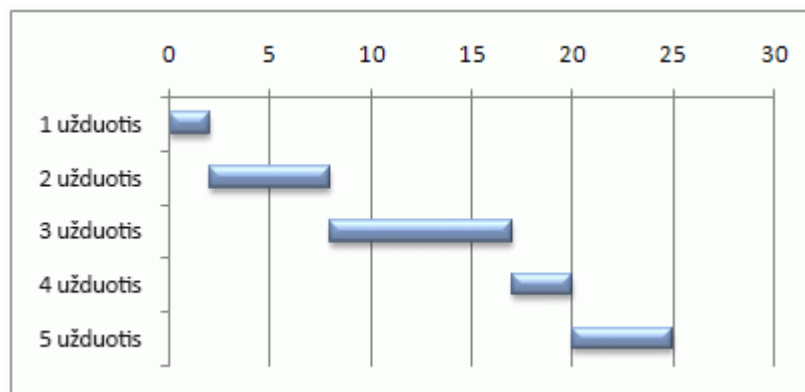
4 pav. Priežasties ir pasekmės diagrama

1.3 Gamybos planavimo sistema

Gamybos planavimo procesas yra neatsiejama gamybos proceso dalis, jis padeda nusimatyti įrengimų apkrovimus ir pateikti klientams realius pagaminimo terminus. Šiuo metu yra naudojamos įvairios gamybos planavimo sistemos. Pačios įmonės programos gali pasikoreguoti pagal savo struktūrą ir poreikius. Gamybos planavimo programoms keliami tikslai - nustatyti gaminio atkrovimo terminą, sumažinti gamybos trukmę, sumažinti prastovų laiką, reguliuoti įrengimų pralaidumą. Sinchronizuotoje gamyboje šiuos tikslus pasiekti nėra labai sudėtinga. Gaminio technologiniai procesai yra numatomi dar prieš paleidžiant užsakymą taip pat medžiagos užsakomos remiantis sudaryto plano datomis. Gamybos atstovams telieka vadovautis iš anksto sudarytu planu, tačiau planai praranda savo vertę kai gamyboje atsiranda brokas, įrenginių gedimai, darbuotojų ligos, vėluojantys medžiagų tiekėjai.[9]

Gamybos procesų tobulinimo istorijoje savo indėlį paliko Henris L. Ganttas kuris sukūrė gamybos kontroliavimo sistemą (5 pav.). Ši sistema padeda grafiškai suprasti planinio našumo ir faktinio darbo santykį. Pagal Ganto sukurtą schemą gamybos vadovai gali greitai sužinoti ar darbai yra vykdomi pagal planą ir lengvai sekti jų eigą. Gantas 1919m pateikė du pagrindinius schemas sudarymo principus [10]:

1. diagrama sudaroma pagal išmatuotas operacijų trukmes;
2. diagramoje atsispindi procesų eiliškumas.



5 pav. Ganto grafikas

Ganto teorija yra įdiegta daugelyje šiuolaikinių planavimo sistemų, kurios palengvina planavimo procesą ir padeda greičiau reaguoti į pasikeitusias sąlygas tokias kaip brokas ar kitos prastovos.

II. GAMYBOS PROCESŲ TOBULINIMO METODŲ PRITAIKYMAS GAMYBOS ĮMONĖSE

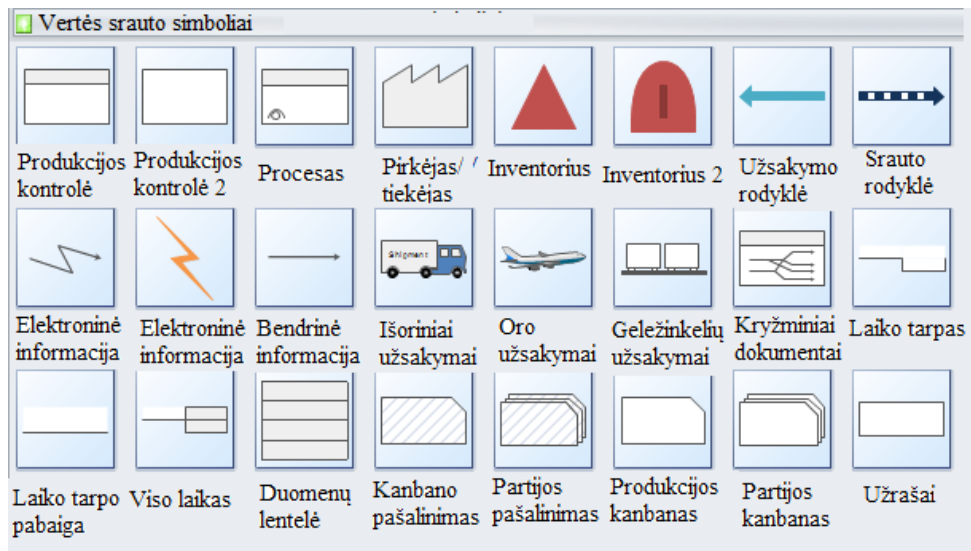
Įmonės siekiančios efektyvumo tikslų, pasirenka diegti įvairias vadybos metodikas. Esant situacijai, kuomet įranga dirba nuostolingai ir nenašiai imamasi jos analizavimo ir vadybos metodų pritaikymo siekiant įvykdyti užsibrėžtus tikslus. *VSM* („*Value Stream Mapping*“, lietuviškai „Vertės srauto žemėlapis“) – *Lean* metodas, padedantis analizuoti ir planuoti procesų ir informacijos srautus, nustatant, kur klientui kuriama vertė, o kur generuojami nuostoliai.

Paprastai *VSM* metodas taikomas tokia tvarka:

- naudojant specialius simbolius ir metodiką sukuriamas esamos situacijos žemėlapis;
- nustatomi „butelio kakliukai“, probleminės sritys, kur procesuose nekuriama vertė klientui;
- nubraižomas siektinos situacijos žemėlapis;
- suplanuojami ir įgyvendinami veiksmai, nukreipti išspręsti problemines sritis ar gauti papildomos naudos.

Priklausomai nuo proceso, įmonės taikydamos *VSM* metodą turi galimybę sumažinti atsargų kiekius, sutrumpinti žaliavų tiekimo laiką, sutrumpinti užsakymo įvykdymo laiką, sumažinti sandėliavimo, transportavimo, aptarnavimo išlaidas [11].

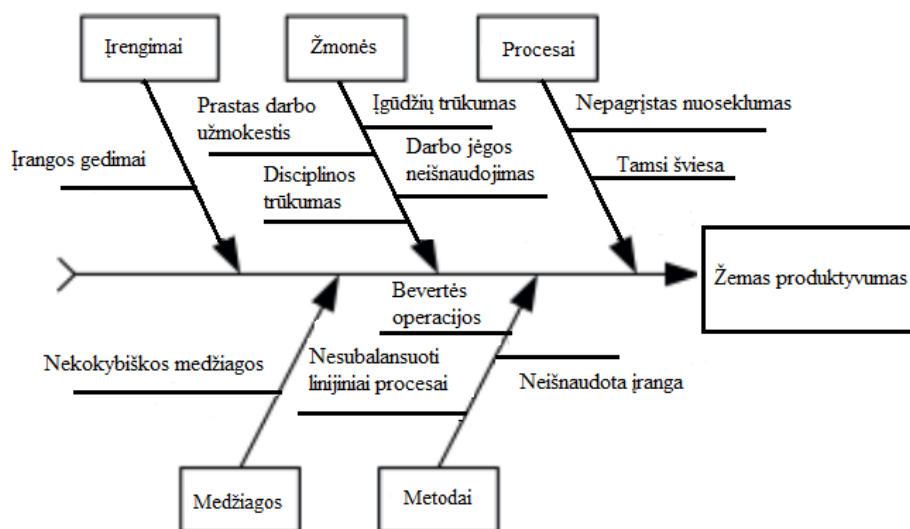
Vertės srauto sudarymas aprašytas Nehamo Vermos ir Vinay Sharmos analizuojamoje mažos apimties, metalo apdirbimo įmonėje [11]. Remiantis vertės srauto sudarymo punktais įmonė siekia nustatyti gamybos proceso dabartinę būseną ir būseną, kurios tikimasi. Tam sumodeliuotas dabartinis informacijos, medžiagų srautas bei nustatyti atlikimo laikai nuo proceso pradžios iki pabaigos. Modeliavimui panaudoti vertės srauto žemėlapio simboliai pateikti 6 paveiksle.



6 pav. Vertės srauto žemėlapio simboliai [12]

Panaudojus vertės srauto žemėlapio kūrimo simbolius sudaromas esamos situacijos bei siektinos situacijos grafikai. Sudarius grafikus identifikuojamos silpnosios sistemos vietos bei pagrindinis apribojimas. Perskaičius, šaltinyje pateiktos įmonės, takto laiką, bei išanalizavus procesus, paaiškėjo joki dideli laiko nuostoliai atsiranda produkcijos laukime bei perderinime. Svarbiausias dalykas yra tai, kad šiame tobulinimo procese nebuvo įsigyta naujų mašinų, o operatoriai taip pat buvo nespaudžiami dirbti greičiau ar sunkiau; buvo pakeistos tik procedūros ir išdėstymai, kad gaminys galėtų sklandžiau pereiti per gamybos procesą. Ir šis veiksmas padėjo sumažinti gamybos trukmę bei padidinti nedidelės apimties įmonės produktyvumą.

Kitas gamybos tobulinimo pavyzdys aptartas Wei-huanos GAN ir kt. apžvalgoje [13]. Norint įvardinti konkrečias linijas ar įrangos veiklos problemas yra sudaroma Ishikawos priežasties - pasekmės diagrama. Gamybinės įmonės linijos, diagramos pavyzdys yra pateiktas 7 paveiksle.



7 pav. Mažo produktyvumo įmonės priežasties ir pasekmės diagrama [13]

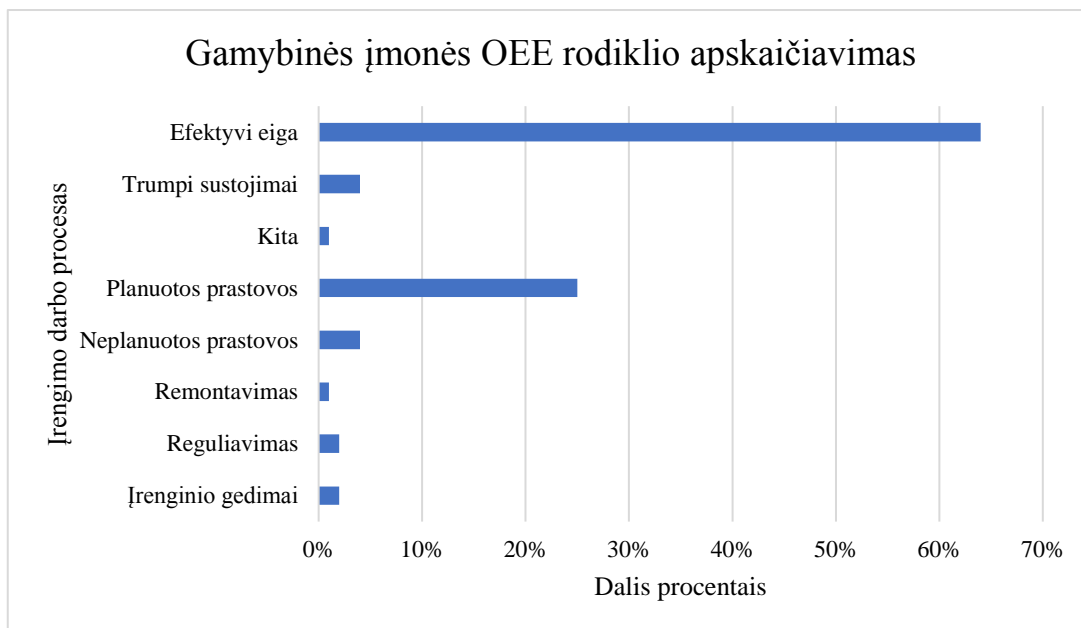
Neproduktyvus laiko išnaudojimas atsiranda dėl darbuotojų disciplinos trūkumo ar įrangos kaltės. Įmonėse dažnas atvejis, kai darbuotojai darbo metu naudojami mobiliaisiais įrengimais. Tai blaško pačius darbuotojus ir padidina reakcijos laiką į įrangos sustojimus. Laiko nuostoliai atsiranda ir tuomet kai įrengimai yra nepatogiai išdėstyti, sunku atsivežti produkciją ar reikalingus įrankius. Nesubalansuoti linijos aptarnavimo procesai atsiranda dėl netinkamai pritaikytos įrangos. Dažni gedimai, sudėtingas perderinimas, pilnai neišnaudojamos techninės įrangos galimybės. Darbuotojų kompetencijos trūkumas rodo jog darbuotojas nėra pilnai įgudęs dirbti įrengimu arba jo mokymai nebuvo pilnaverčiai.

1 lentelė. Šaltinyje analizuojamos įmonės prastovos [13].

Prastovos priežastis	Prarastas laikas, min	Procentinė dalis
Darbuotojų disciplinos trūkumas	23,5	49,47%
Įrangos gedimai	15,3	32,21%
Kitos priežastys	8,7	18,32%
Viso	47,5	100.00%

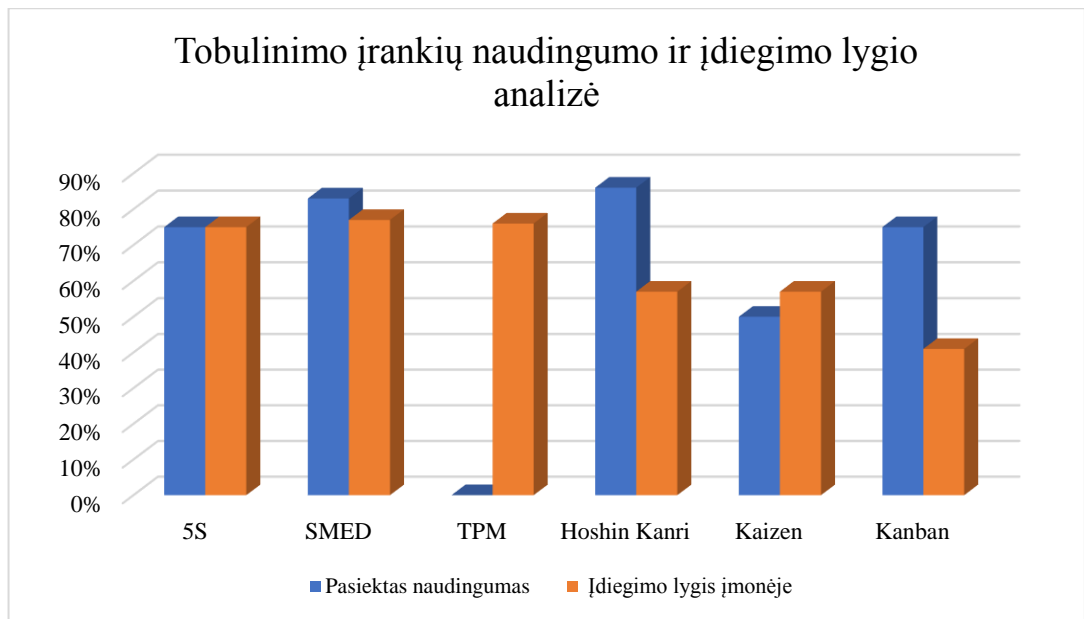
Įvardinus ir pašalinus pagrindines prastovos priežastis galima, padidinti linijos našumą ir užtikrinti stabilų darbą. Išmatavus visų technologinių procesų trukmes ir jų prastovas yra nustatomas įrengimas kuris įmonėje dirba nuostolingiausiai t.y su didžiausiomis prastovomis. Pagal TOC teoriją tai yra vadinamas butelio kakliukas. Šio įrengimo darbą išanalizavus Ishikawa diagrama ir pašalinus prastovas, ženkliai padidėja visos gamybos pralaidumas.

Kuomet įmonės susiduria su didele rinkos konkurencija, gamybos optimizavimo įrankiai padeda efektyviau ir pigiau gaminti produktus. Pagrindiniu tikslu tampa mažiau investuojant į žmogiškuosius išteklius, naują įrangą ar patalpas pasiekti užsibrėžtų tikslų. Diagramoje pateikta, vienos iš gamybinių įmonių analizuotos Magdalena K. Wyrwicka ir Beata Mrugalska [14], bendras įrangos efektyvumo rodiklio (*OEE*) apskaičiavimas, kuris padeda stebėti kasdieninį mašinos darbą bei galutinio produkto kokybę. Jis apskaičiuojamas pagal formulę: prieinamumas* darbas * kokybė. Šiuo atveju gauta kad prieinamumas 92,84%, darbas (efektyvi eiga, trumpi sustojimai, kita) – 75,63%, kokybė – 97,63%, *OEE* – 66,79% (8pav.).



8 pav. Gamybinės įmonės *OEE* rodiklio apskaičiavimas [14].

Siekiant pašalinti pagrindinius nenaudingus sistemos procesus, įmonės diegdamos *Lean* sistemos įrankius atlieka ir šių įrankių naudingumo ir įdiegimo lygio analizę. Šaltinyje analizuojama įmonė įdiegus optimizavimo įrankius, atliko darbuotojų apklausą bei matematinius skaičiavimus siekiant išsiaiškinti ar tobulinimo įrankių diegimas turėjo realią naudą įmonei.



9 pav. Tobulinimo įrankių naudingumo ir įdiegimo lygio analizė [14].

Šie rezultatai rodo kad ne visi *Lean* įrankiai padėjo pašalinti vertės nekuriančius sistemas procesus (9 pav.). Rezultatai galėjo priklausyti ir nuo įrankio pritaikomumo įmonei bei nuo jo įdiegimo lygio. Ne visi optimizavimo metodai yra tinkami įmonei ir lengvai pritaikomi. Svarbu prieš diegiant naujas sistemas pilnai išnagrinėti ar ši procedūra ištiesų yra reikalinga įmonės tobulėjimui. Sėkmingas optimizavimo metodų pritaikymas priklauso nuo darbuotojų vieningumo, noro keistis ir komunikavimo lygio. Šiuo atveju įmonės vadovybė galėjo nepilnai informuoti savo darbuotojus apie įrankių svarbą ir diegimo politiką taip pat pasirinkti netinkamus optimizavimo įrankius [14].

Atlikus literatūros šaltinių analizę nustatyta, kad mažos gamybinės apimties įmonėms susiduriančioms su procesų nestabilumu, prieš diegiant tobulinimo įrankius reikia atlikti išsamią jų analizę bei iširti pritaikomumą konkrečiai įmonei. Taip pat nustatyta jog tokios įmonės dažnai susiduria su įrangos nusidėvėjimu, perkrautomis darbo vietomis bei darbuotojų nepasitenkinimu diegiant naujoves. Siekiant palengvinti diegimo procesą svarbu informuoti darbuotojus apie vykdomas programas bei jas diegti pažingsniui.

III. GAMYBOS PROCESO TYRIMAS ANALIZUOJAMOJE ĮMONĖJE

3.1. Įmonės charakteristika

Analizuojama spaustuvė UDLAB „KOPA“, kuri savo veiklą vykdo jau 26 metus. Ši įmonė užsiima įvairiais spaudos ir dizaino gaminiais. Įmonė gamina bukletus, brošiūras, firminius spaudinius, kalendorius, katalogus, knygas, lankstinukus, meno knygas, plakatus, skrajutes, vizitines korteles. Prieš kelerius metus įmonė nusipirko pažangią *Heidelberg Speedmaster XL 106 5 LE-UV* spaudos mašiną (11 pav.), kuri nuo senesnės kartos įrenginių, dirbančių su UV dažais, skiriasi tuo, kad spausdinimui naudoja prieš kelerius metus Japonijoje sukurtus dažus, kurie yra jautresni UV spinduliutei ir jiems visiškai išdžiūti reikia mažiau energijos. Šią technologiją lyginant su standartiniu ofsetu, LE-UV dažai iškart sukietėja ir išdžiūsta. Tai padeda užsakymus įvykdyti per trumpesnę laiką, išlaikant aukštus kokybės standartus [15].



10 pav. *Heidelberg Speedmaster XL 106 5 LE-UV*

Spaustuvė yra įsidiegusi ISO 12647, ISO 9001:2008, ISO 14001:2004, FSC® sertifikata, ji taip pat priklauso Grafinių Technologijų Tyrimų Asociacijai (FOGRA), Lietuvos spaustuvininkų asociacijai (LISPA), Jungtinių Tautų Pasauliniam Susitarimui (The Global Compact). Įmonė didžiausią dalį produkcijos eksportuoja, nes Lietuvos rinkoje konkurencija labai didelė. Vieni iš konkurentų yra įmonė UAB „Spindulio spaustuvė“ įsikūrusi Kaune, šalia „Via Baltica“ magistralės. UAB „Spindulio spaustuvė“ siūlo platų poligrafinių paslaugų spektrą: nuo reklaminių brošiūrų, lankstinukų, katalogų spausdinimo iki įvairaus formato albumų, knygų

kietais viršeliais, knygų minkštais viršeliais, žurnalų ir blankų gamybos [16]. Kitos svarbesnės Lietuvos spaudos įmonės yra BALTO print UAB, UAB „Aurika“.

3.2 Įmonės pajėgumų ir technologinių operacijų apžvalga

Spaustuvės gamybos padalinys yra suskirstytas į reprocentrą (prepressą - darbai iki sausdinimo), ofsetinę spaudą ir postpressą - darbai po spausdinimo. Įmonės pagrindiniai gamybiniai postpresso įrengimai yra *MBO K760 4KL*, *STAHL*, *OHZ*, *Mailing line*, *Horizon Stichliner*, *Quickbinder*, *BQ-470*, *Polar 115 XT*, *Mercury* (žr. priede 1).

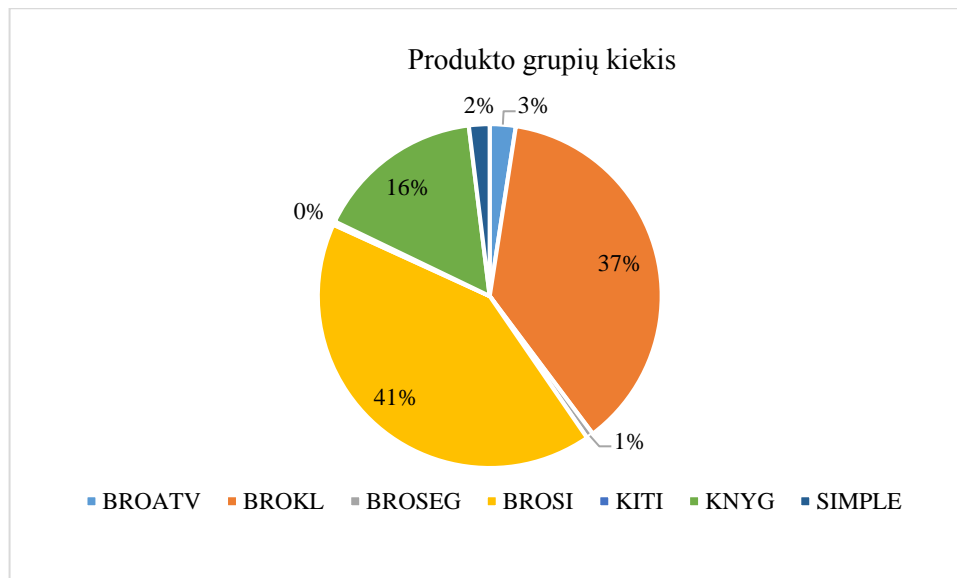
Įmonėje naudojamos trys lankstymo mašinos: *MBO K760 4KL* kuri lanksto B1 formatu, *STAHL* lanksto B2 formatu ir sudėtingiausias įrengimas *Mailing line* kuris gali lankstyti žemėlapius bei kitus lankstukus. Vienas iš seniausių įrengimų yra kirtimo bei bigavimo mašina *OHZ*. Įmonėje taip pat yra segimo įrengimas *Horizon Stichliner* bei laminavimo aparatas *Mercury*, šis įrengimas gali laminuoti tik B2 formato ruošinius. Brošiūrų klijavimas atliekamas su dviem klijavimo mašinom – *Quickbinder* ir *BQ-470*. Suklijuotos brošiūros yra apipjaunamos su *Polar 115 XT* įrengimu.

Įmonės gaminių asortimentas pasižymi kintamumu ir galimybe gaminti tiek mažus tiek didelius tiražus. Populiariausios gaminių grupės yra BROSI, BROKL, BROATV, KNYG ir SIMPLE kurios plačiau aprašytos 2 lentelėje.

2 lentelė. Įmonėje gaminamų produktų tipai

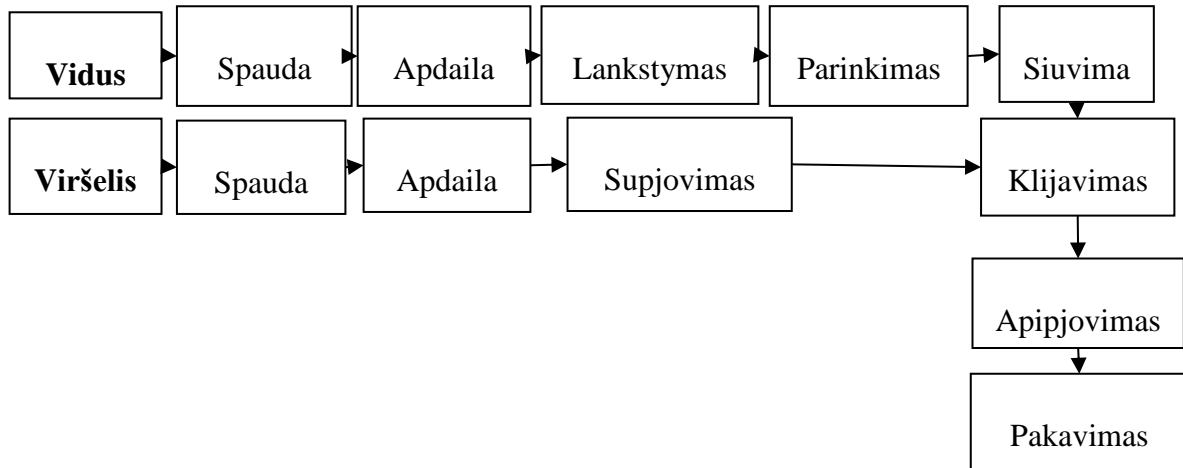
Trumpinys	Aprašymas
BROSI	Siūta-klijuota brošiūra
BROKL	Frezuota traukta brošiūra
BROSEG	Segta brošiūra
BROSP	Spiralinio įrišimo brošiūra
BROATV	Brošiūra atvira nugarėle
KNG	Kietviršis
SIMPLE	Skrajutė, lankstukas, gaminys nereikalaujantis daug operacijų

Populiariausias įmonės gaminytis yra siūta-klijuota brošiūra (BROSI). Šio gaminio užsakymų įmonė gauna daugiausiai (12 pav.). Pateiktame paveikslėlyje pavaizduota BROSI tipo brošiūrų užsakymų kiekis lyginant su kitais užsakymais, analizuotas periodas yra 2016m nuo birželio mėnesio iki rugsėjo bei 2017m to pačio laikotarpio – nuo birželio iki rugsėjo mėn.



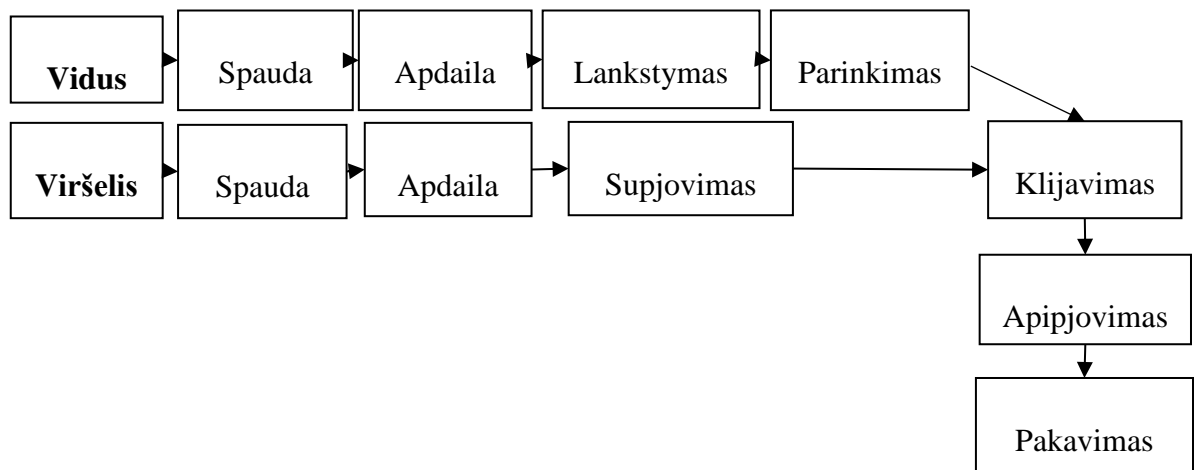
11 pav. Įmonės gaminami užsakymų tipai ir jų kiekis

Siūtos-klijuotos brošiūros gamyba prasideda nuo vidaus ir viršelio spaudos. Gaminių vidus yra spausdinamas su nauja *Heidelberg Speedmaster XL 106 5 LE-UV* spaudos mašina. Ši mašina turi pažangią UV technologiją kuomet gaminių po spaudos iš karto galima apdoroti kitoje operacijoje nelaukiant spaudos išdžiūvimo. Gaminių viršeliai įmonėje yra spausdinami su *SM4P* keturspalve spaudos mašina. Po viršelių spaudos ruošiniai yra išlaikomi iki kitos operacijos, spaudos džiūvimui, kuris gali nusitęsti 1-3 d. Po spaudos ruošiniams yra atliekama apdaila, viršelis gali būti lakuojamas arba laminuojamas, kai kuriais atvejais – folijuojamas, kertamas ar kt. Po viršelio apdailos taip pat būtina išlaukti iki 1d. po šio laiko gali būti atliekamas apipjovimas iki reikiamo formato. Vidaus ruošiniai yra supjaunami pagal atitinkamą formatą ir tiekiami popieriaus lankstymo operacijai su mašina *MBO*. Po vidaus lankstymo gauti lankai yra parenkami pagal eiliškumą rankiniu būdu. Parinkus blokai yra susiuvami su *Ventura* siuvimo mašina. Po šios operacijos jau turimi blokai ir viršeliai keliauja į klijavimo operaciją kuri yra atliekama su *BQ* brošiūrų klijavimo mašina. Po klijavimo gautos brošiūros yra apipjaunamos su tripeile pjovimo mašina *SN DEMAN*. Apipjautos brošiūros rankiniu būdu pakuojamos į dėžes ir tiekiamos klientui (13 pav.).



12 pav. Siūtos trauktos brošiūros (BROSİ) technologinis gamybos procesas

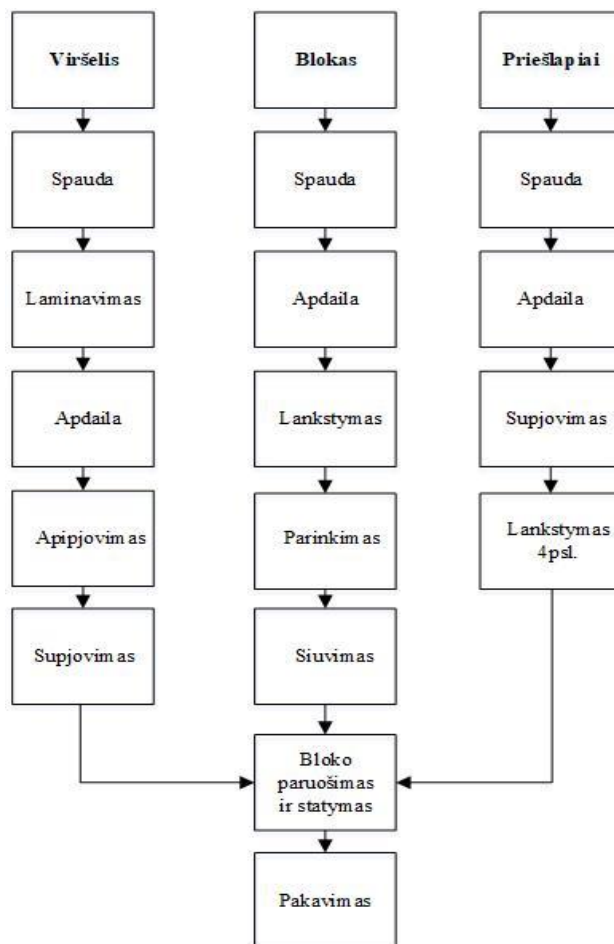
Frezuotos trauktos brošiūros (BROKL) technologinės gamybos operacijos mažai kuo skiriasi nuo BROSİ (14 pav.). Ši brošiūra taip pat viena iš dažniausiai įmonės gaminamų gaminių. Jos gamybos procesas yra kiek paprastesnis, BROKL nereikalinga siuvimo operacija su *Ventura* siuvimo mašina. Viršeliai po apipjovimo ir blokai po parinkimo iškarto tiekiami klijavimo operacijai su mašina *BQ*. Šio gamybos būdu gautas produktas pasižymi mažesniu atsparumu lankstymui ir išlūžimui. Dažniausiai gaminami mažos vertės gaminiai – reklaminės knygos, katalogai, periodiniai leidiniai.



13 pav. Frezuotos trauktos brošiūros (BROKL) technologinis gamybos procesas

Trečioje vietoje, pagal daugiausiai įmonės gaminamus užsakymus yra kietviršis KNYG (15 pav.). Šis gaminys pasižymi sudėtingiausia gamybos technologija. Pati įmonė kietviršio statymo neatlieka, ji gamina ruošinius ir tiekia juos subrangovinėms įmonėms. Kietviršis susideda iš trijų

skirtingų ruošinių tipų – viršelio, susiūto bloko ir priešlapių. Viršelio bei susiūtų blokų gamybos operacijos tokios pačios kaip BROSI iki klijavimo operacijos. Priešlapiai gali būti su spauda arba be spaudos, jie supjaunami iki reikiamo formato ir tiekiami lankstymui. Šiuo atveju lankstymą atlieka mažesnio formato popieriaus lankstymo mašina *STHAL*, lankstoma 4psl. lankstymo schema. Po lankstymo priešlapiai kartu su susiūtais blokais ir paruoštais viršeliais vežami į subrangovines įmones statymui. Po kietviršio gamybos pasiimti gaminiai yra pakuojami jau įmonėje ir vežami klientui.



14 pav. Kietviršio (KNG) technologinis gamybos procesas

Paprasčiausia įmonės produktų grupė yra SIMPLE gaminiai (16 pav.). Tai gali būti vizitinės, lankstukai, bukletai, kortelės ir kt. Šio produkto gamyba prasideda nuo spaudos kuri dažniausia yra atliekama su *Heidelberg Speedmaster XL 106 5 LE-UV* spaudos mašina. Po spaudos gaminiai iš karto yra pjaunami. Jeigu gaminamos kortelės, tuomet po pjovimo gaminys iš karto yra pakojamas. Jeigu gaminamas lankstukas – ruošiniai po supjovimo yra biguojami su įrengimu *OHZ*. Gali būti atliekamas ir perforavimas ar iškirtimas, priklausomai nuo gaminio dizaino. Po šių operacijų ruošiniai yra supjaunami iki reikiamų matmenų ir atliekamas lankstymas. SIMPLE

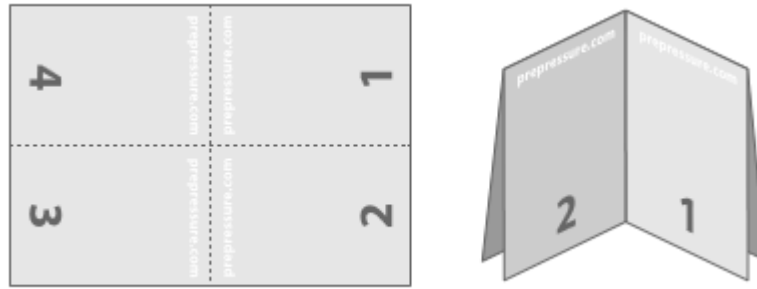
gaminiai dažniausiai yra lankstomi su *STAHL* lankstymo mašina. Po lankstymo gaminiai iš karto yra pakuojami ir vežami klientui.



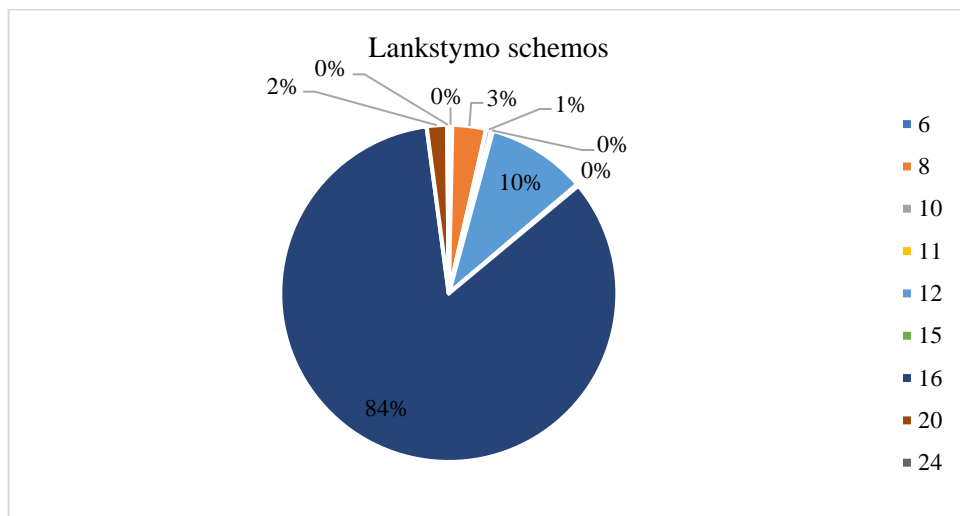
15 pav. Lankstukų (SIMPLE) technologinis gamybos procesas

Įmonės atliekami užsakymai taip pat tarpusavyje skiriasi popieriaus tipu, lankstymo schema, gatavo gaminio formatu. Lankstymo procesas yra būtinas gaminant BROKL, BROSI, KNYG, kai kuriems SIMPLE gaminiams, BROATV. Įmonėje esantys įrengimai gali lankstyti septyniomis skirtingomis lankstymo schemomis - 4psl, 6psl, 8psl, 12psl, 16psl, 20psl, 24psl. Lankstymo schemas 4psl, 16psl, 8 psl., 20psl, naudojamos brošiūrų gamyboje priklausomai nuo gaminio formato bei dizaino. Retesnės lankstymo schemas tokios kaip 24psl. naudojamos gaminant lankstukus arba žemėlapius.

17 pav. pateiktas 8 psl lankstymo pavyzdys.



16 pav. 8psl lankstymo schema



17 pav. Užsakymų lankstymų schemų procentinis kiekis

Pagal duomenis pateiktus 18 paveiksle, galime teikti jog įmonėje dažniausia naudojama lankstymo schema yra 16 psl. Ši lankstymo schema naudojama gaminant gaminius BROSI, BROKL, KNYG, kurie sudaro didžiausią užsakymų dalį.

Spaudos pramonėje pagrindinės gamybos žaliavos yra popierius ir dažai. Nuo tinkamo popieriaus pasirinkimo priklauso gatavo gaminio kokybė bei technologinės operacijos. Pagrindinės aktualios popieriaus charakteristikos yra gramatūra, storis, purumas, kryptis, baltumas, nepermatomumas, blizgumas, atsparumas lankstymui, standumas.

- gramatūra - 1 m² dydžio lapo svoris (laikoma, kad popierius gramatūra yra iki 250 g/m², didesnės gramatūros popierius vadinamas puskartonių ar kartonu).
- storis - lapo storis, nurodomas mm.
- popieriaus kryptis - plaušelių išsidėstymo orientacija lape (sutartinis žymėjimas 90x64, reiškia, kad popieriaus kryptis lygiagrečiai 64 cm kraštinei).

- baltumas - popieriaus baltumas, bendrąja prasme – tai jo savybė atspindėti šviesą (matomąją spinduliuotę). Popierius nėra idealiai baltas, t. y. atspindintis visą krintančią šviesą, nepaisant bangos ilgio. Popierius nėra ir idealiai pilkas, t. y. atspindintis ne visą šviesą, bet vienodai visame matomajame spektre.
- nepermatomumas - yra tiesiogiai susietas su šviesos atspindžiu. Šviesa, krintanti ant popieriaus paviršiaus, iš dalies atsispindi, dalis patenka į popieriaus tūrį, iš dalies išsisklaido, o dalis pasiekia užpakalinę pusę ir atsispindi nuo paviršiaus, ant kurio guli popierius ir grįžta atgal arba yra sugerama to paviršiaus, jeigu jis juodas.
- blizgumas - popieriaus gebėjimas atspindėti šviesą jos neišsklaidant. Kuo lygesnis popieriaus paviršius, tuo blizgesnis popierius.
- atsparumas lankstymui - popieriaus gebėjimas neplyšti daug kartų lankstant (aktualu gaminant žemėlapius).
- standumas - popieriaus ar kartono pasipriešinimas lenkimui. MD – lenkiant prieš kryptį, CD – lenkiant pagal kryptį.

3.3 Gamybos procesų tobulinimo metodų poreikis analizuojamoje įmonėje

Spaudos pramonė pasižymi kintančiais užsakymais. Reta įmonė yra aprūpinta didelio tiražo užsakymais, kurie tolygiai apkrauna gamybą ilgą periodą. Gamybos optimizavimo metodai yra lengvai pritaikomi, bet kokio pobūdžio linijiniai gamybai, tačiau norit tai panaudoti pastovumo neturinčiai gamybai yra sudėtinga. Dabartinė įmonės politika ir tikslai yra orientuoti į sisteminių gamybos darbą, bei pralaidumo didinimą. Norint pasiekti šių tikslų įmonė bando įsidiesti *Lean* ir *TOC* valdymo įrankius.

Gamybos optimizavimo teorija – *TOC* yra orientuota į visos sistemos pralaidumo didinimą bei ribojančių išteklių eliminavimą. Norint sėkmingai pritaikyti šią teoriją įmonė turi susidaryti veiksmų planą ir nuosekliai jį vykdyti. Problemiškos gamybos vietos yra analizuojamos per bendrus vadovų susirinkimus ir priimami tam tikri sprendimai ir darbo planai. Kiekvienas įrengimas ir jo prastovos yra analizuojamos atskirai, pasiekus užsibrėžtų tikslų yra susitelkiama prie kito problemiško įrengimo. Šios teorijos esmė nuoseklus ir pastovus problemų šalinimas, pradant nuo mažiausių ir pigiausių įrengimų baigiant pardavimų skyriumi.

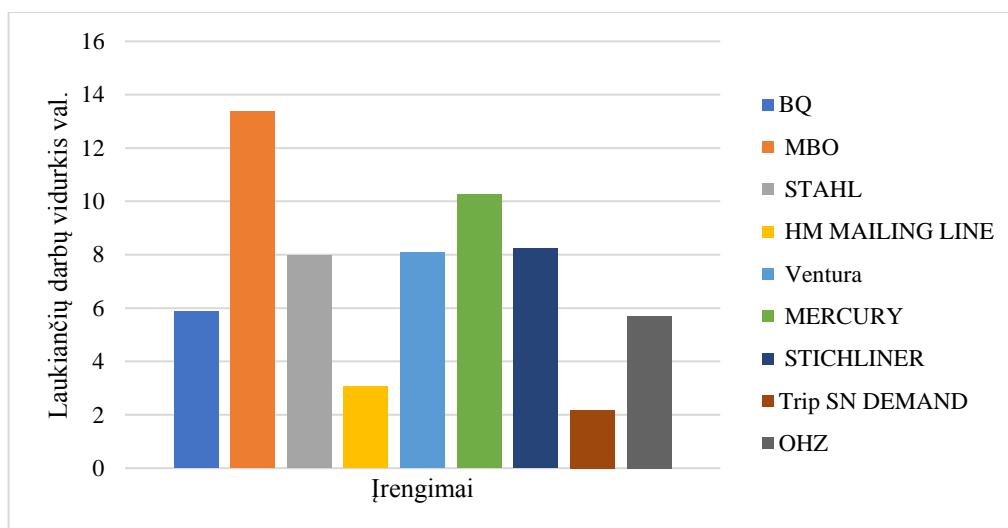
Kiek kitoks yra *Lean* sistemos diegimas. Įmonėje yra diegiami tik tam tikri įrankiai – *SMED*, *5S* bandoma įdiegti ir *OEE* rodiklio matavimus. Įrengimų pritaikymo rodiklis *SMED* yra svarbus esant daug skirtingų įrangos perderinimų, ko gausu mažų tiražų įmonėje. Norint sėkmingai

pritaikyti šį rodiklį bandoma standartizuoti įrangos pritaikymą bei operatorių darbą. Taip yra identifikuojamos prastovos ir ilgiausiai užtrunkantys perderinimo etapai. Ši analizė padeda palengvinti darbuotojų darbą, standartizuoja operatoriaus judėjimą ir atskleidžia mašinos nusidėvėjimo lygį. Pamatavus pritaikymo laikus galima pastebėti, kuris mašinos elementas yra reguliuojamas per kelis kartus norint išgauti kokybišką efektą. Pritaikant 5S įrankį galima sėkmingai sutvarkyti darbo vietą taip dar labiau sumažinant darbuotojo gaišatį.

Pritaikius vadybos sistemas įmonėje turi būti peržiūrėta užsakymų planavimo sistema. Sumažinus įrengimų prastovas ir padidinus pralaidumą, galima klientams pasiūlyti konkurencingesnius pagaminimo terminus. Sutrumpėja pristatymo terminai indikuoja apie sėkmingą vadybos sistemų pritaikymą. Sistemingas planavimas svarbus siekiant išlaikyti tolygų įrangos apkrovimą ir sumažinti sezoninius svyravimus. Visų šių metodų pritaikymas leidžia maksimaliai išnaudoti ribotos įrangos resursus per daug neapkraunant gamybos.

3.4 Problematinio įrengimo suradimas ir analizė

Norint tiksliau nustatyti analizuojamos įmonės gamybinius pajėgumus ir pralaidumą atliekama išsami įrengimų analizė. Panaudojus įrankį *PivotTable*, išanalizuota įmonės gamybos apkrovimo situacija (19 pav.). Stulpelinėje diagramoje pateiktas, per savaitę susikaupiančių neatliktų darbų skaičiaus vidurkis valandomis.



18 pav. Operacijoms paruoštų darbų vidurkis, val.

Iš gautų rezultatų galime teikti jog daugiausiai apkrautas įmonės įrengimas yra popieriaus lankstymo mašina *MBO K760 4KL* turinti daugiausiai neatliktų užsakymų, kurių atlikimo trukmė viso 13,5val. Pagal *TOC* teorijos principus šio įrengimo veikla daro įtaką visam gamybos procesui,

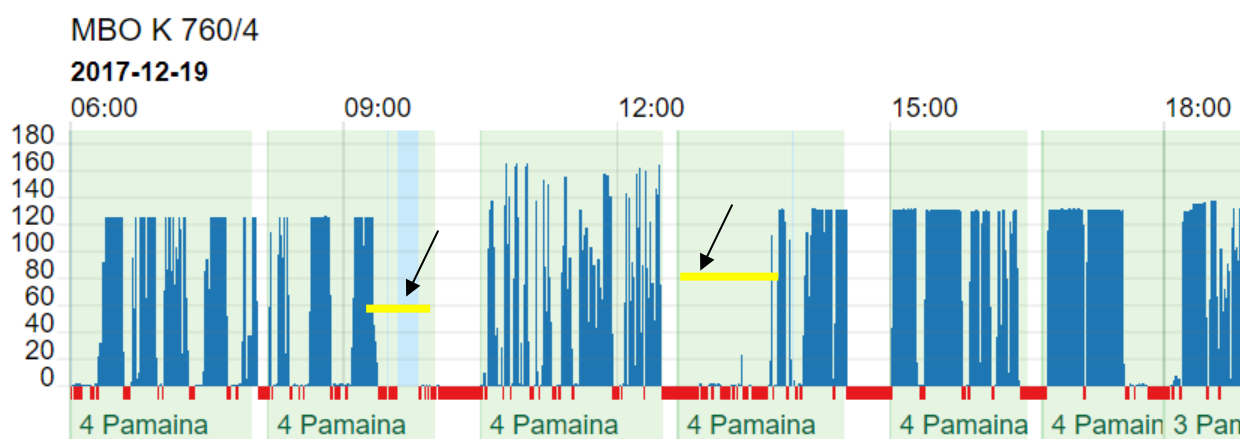
tai yra vadinamas sistemos butelio kakliukas. Nustačius ribojantį sistemos išteklių galime atlikti jo procesų analizę, išsikelti hipotezes bei rasti būdus pašalinti ribojančias priežastis.

Pagal pageidaujamas technines charakteristikas įmonėje UDLAB „KOPA“ naudojama *MBO K760 4KL* modelio lankstymo mašina, šios mašinos ribinis popieriaus formatas yra 76×108 cm. Galimas darbinis greitis 10-180 m/min, popieriaus gramatūra lygiagrečiam lankstymui 40-200 g/m². Lankstymo greičių suskirstymas, pagal popierių pateiktas 3 lentelėje.

3 lentelė. MBO greičių matrica (metrai per minutę)

Popierius + gramatūra	Greitis, presuojami darbai arba darbai su sutapimais (m/min)	Greitis, nepresuojami ir tekstiniai darbai (m/min)
Silk, Offset nuo 100g. iki 130g.	120	140
Offset iki 100g. ir virš 130g.	100	120
Silk virš 130g.	120	
Silk iki 100g.	100	
Gloss (žurnalinis popierius)	90	

Šiuo metu analizuojamoje įmonėje lankstymo mašinos procesai nėra tolygūs ir pasižymi dideliu lankstymo greičio svyravimu. Siekiant nustatyti pagrindines svyravimų priežastis, įmonėje yra įdiegta *Lean2S* monitoringo sistema. Ši sistema davikliais, pritvirtintais prie *MBO* mašinos, fiksuoja įrengimo eigą, prastovas ir sulankstyty lankų kiekius. Duomenys yra pateikiami grafiko pavidalu (20 pav.).

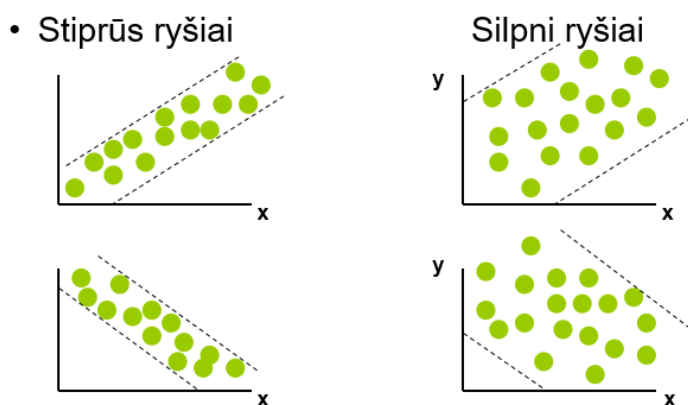


19 pav. *Lean2S* programos užfiksuotas pamainos darbas (06-18val), geltonai pažymėtas pritaismo laikas, kairėje pusėje, skalėje, pateikti lankstymo greičiai

Grafike matomos įrengimo prastovos ir jų trukmė. Geltonai pažymėti įrengimo pritaissymo momentai. Įmonėje ilgiausios prastovos atsiranda vykdant įrengimo perreguliavimą kitam užsakymui. Priklausomai nuo užsakymų tipų įrangos perderinimai gali užtrukti iki 1 val. laiko, tai priklauso nuo lankstymo schemos keitimo, pačio operatoriaus įgūdžių. Procentaliai įrangos perderinimas gali užtrukti iki 30% viso pamainos darbo laiko. Siekiant sumažinti perderinimo laiką įmonėje gali būti taikomas *SMED* metodas bei kuriami pritaissymo standartai, kurie susistemina įrangos pritaissymą bei padeda pašalinti vertės nekurančias veiklas.

3.5 Technologinių procesų analizės įrankių apžvalga

Norint išnagrinėti lankstymo mašinos eigą, reikia nustatyti lankstymo procesui įtakos turinčius veiksnius. Keliama hipotezė jog lankstymui turi įtakos popieriaus tipas, tiražas bei gaminamo gaminio tipas. Šiai hipotezei ištirti panaudojama matematinė statistinė analizė. Norint statistiškai išnagrinėti kintamųjų tarpusavio priklausomybę, naudojami koreliacijos ir regresijos koeficientai. Koreliacijos koeficientas – koreliacijos stiprumo matas. Jeigu dviejų kintamųjų koreliacijos koeficientas lygus nuliui, tai tie kintamieji yra statistiškai nepriklausomi. Ryšio stiprumui vertinti naudojami įvairūs koeficientai. Tai bedimensiniai dydžiai, kintantys nuo -1 iki +1, arba nuo 0 iki +1. Pagal koreliacijos koeficiento dydį daromos išvados apie koreliacinio ryšio stiprumą. Stiprus ryšys pasireiškia kai koreliacijos koeficientas yra 0,70-0,89 arba (-0,89)-(-0,70). Artėjant prie vieneto reikšmės ryšys stiprėja. Tai rodo jog tiriami reiškiniai priklausomi tarpusavyje t.y didėjant vienam dydžiui – didėja kitas ir atvirkščiai (21 pav.).



20 pav. Koreliacijos ryšių stiprumas [16]

Koreliacijos koeficientų yra keletas. Žinomiausi yra:

r_{xy} – Pirono (*Pearson*) tiesinės koreliacijos koeficientas

r_s – Spirmano (*Spearman*) ranginės koreliacijos koeficientas

Pirsono koeficientas įvertina tiesinio ryšio stiprumą. Jis gali būti pritaikomas, kai nagrinėjimų atsitiktinių dydžių X ir Y reikšmės yra išmatuotos intervalų ar santykių skalėje, o jų dvimatis skirstinys yra normalusis.

Spirmano ranginės koreliacijos koeficientas apibūdina ryšio tarp X ir Y stiprumą monotoniškumo prasme, t.y. X didėjant, Y monotoniškai didėja, kai $p_s > 0$ arba mažėja, kai $p_s < 0$ [17].

Regresinis modelis - statistinis modelis, padedantis nustatyti vieno kintamojo priklausomybę nuo kito. Regresijos tikslas yra surasti lygtį $y = a + bx + e$, kuri labiausiai atitiktų turimus duomenis. y ir x kintamieji, a ir b konstantos (a- laisvasis narys (angl. *intercept*), b-tiesės krypties koeficientas (angl. *slope*)), e atsitiktinė paklaida. Iš lygties yra gaunamas regresijos grafikas.

Suradus lygties koeficientus galima gautą lygtį pritaikyti analizuojant turimus duomenis, ieškant priklausomybių tarp kintamųjų bei prognozuojant jų vertes. Analizuojamu atveju regresinė lygtis bus naudojama norint perskaičiuoti realų laiką atsižvelgiant į turimus kintamuosius. Šis metodas padeda prognozuoti realaus laiko vertes, kurios kinta priklausomai nuo suplanuoto laiko. Norint surasti regresijos lygtį reikia nustatyti priklausomą ir nepriklausomą kintamąjį, jų tarpusavio ryšį. Įvertinti daugialypėje regresijoje multikolinearumą bei įvertinti regresijos modelį: determinacijos koeficientu, ANOVA lentele, regresijos koeficientu, jų stat. reikšmingumu, paklaidų (*residuals*) analize. Užrašyti galutinę lygtį bei jos interpretaciją [18].

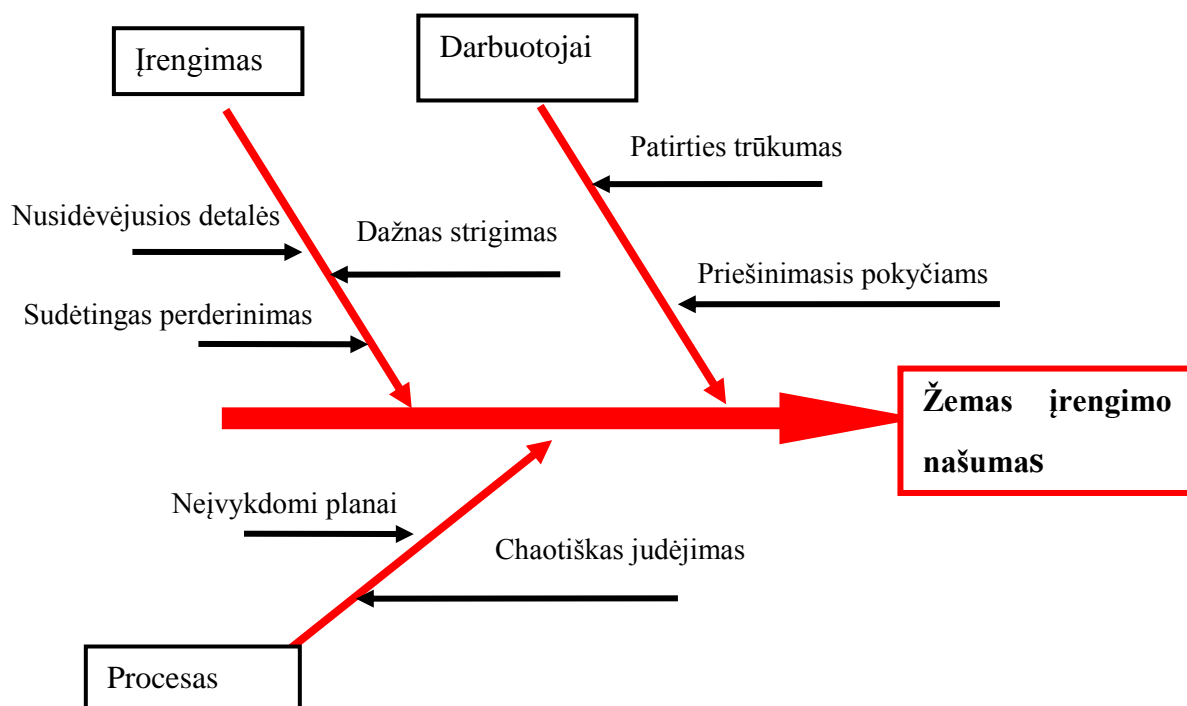
Sekančiame skyriuje bus nagrinėjamas gamybos optimizavimų metodų taikymas bei analizė pasirinktam lankstymo įrengimui. Pateiktas matematinių statistikos metodų pritaikymas tobulinant procesus, siekiant pakeisti analizuojamos įmonės dabartinę situaciją bei sumažinti patiriamus lankstymo proceso nestabilumus.

IV. GAMYBOS PROCESO TYRIMO REZULTATAI

Tyrimo metu buvo siekiama išanalizuoti, sistemos apribojimu tapusį, popieriaus lankstymo įrengimą *MBO*. Pasitelkus gamybos optimizavimo įrankius – Ishikawa priežasties – pasekmės diagrama, *SMED* rodiklį bei matematinius statistinius įrankius. Analizuotas periodas yra 2016m nuo birželio mėnesio iki rugsėjo bei 2017m to pačio laikotarpio – nuo birželio iki rugsėjo mėn. Iš gamybos valdymo sistemos paimti duomenys buvo išanalizuoti panaudojus koreliacijos, regresijos koeficientus bei suvestines lenteles. Apie vykdomus užsakymus paimti duomenys tokie kaip: popieriaus tipas, gatavo gaminio formatas, lankstymo schema, tiražas, identifikacinis numeris (ID), brošiūros tipas, realus gamybos laikas, suplanuotas gamybos laikas. Dalis duomenų buvo koduoti panaudojus sveikuosius skaičius.

4.1 Priežasties – pasekmės diagramos sudarymas

Siekiant išanalizuoti esamą tiriamo įrengimo situaciją, bei problemines vietas, sudaryta Ishikawa priežasties – pasekmės diagrama (22 pav.).



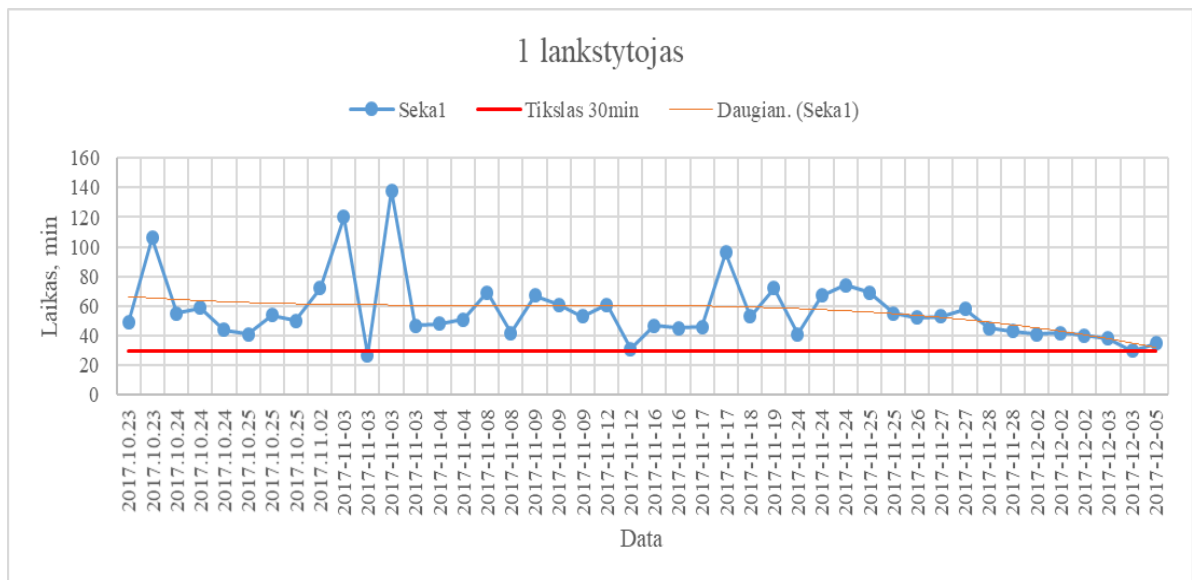
21 pav. Priežasties – pasekmės diagrama

Sudaryta diagrama leidžia nustatyti pagrindines silpnas įrengimo aptarnavimo proceso vietas. Iš Ishikawa diagramos galime teikti jog įrengimo nusidėvėjimas yra aukšto lygio, kas lemia ilgą perderinimo procesą bei įrengimo darbo eigos netolygumus. Dėl naujai priimtų lankstymo

operatorių, atsiranda didesnė broko tikimybė bei padaugėja situacijų kuomet operatorius be techniko pagalbos nesugeba prisitaisyti įrengimo. Ilgiau dirbantys darbuotojai priešiškažiūri į įrengimo matavimo, reguliavimo bei kitokius efektyvinimo procesus. Jie sunkiau priima naujoves bei nenori pakeisti įsisenėjusių įpročių. Visas įrengimo veiklos procesas, nuo perderinimo iki planų sudarymo, yra chaotiškas. Darbuotojai nežino kada per ilgai prisitaisinėjant įrengimą yra būtina techniko pagalba. Dėl užsitęsusių procesų yra neįvykdomi dienos planai tai lemia sekančios dienos darbų perteklių. Šiuo atveju pamainos vadovai yra priversti patys reguliuoti darbus pažeidžiant sudarytą planą.

4.2 SMED metodo pritaikymas standartizuojant procesus

Įrengimo perderinimas yra viena iš svarbiausių užsakymo atlikimo dalių. Sėkmingas perderinimas iš vieno užsakymo į kitą sutaupo tiek laiko kaštus tiek kliento pinigus. Norint išgauti tinkamą gaminio kokybę svarbu atsakingai atlikti perderinimo procesą bei pasirūpinti kad įrengimas išliks stabilus visą užsakymo atlikimo laikotarpį. Įmonėje lankstymo mašinos *MBO* perderinimo procesas nebuvo standartizuotas ir užtrukdavo iki 60 min ar ilgiau. Dėl to operatorius galėdavo atlikti ribotą užsakymų kiekį taip neįvykdant dienos planų. Siekiant padidinti įrengimo našumą, įmonė užsibrėžė tikslą, pagreitinti perderinimą sutrumpinant jį iki 30 min. Šiam tikslui pasiekti buvo sudarytas *MBO* pritaisymo standartas, kuris tiksliai atskyrė kiek vieną veiksmą ir suskirstė visą procesą į tris dalis – matmenų suvedimas, tikslus reguliavimas, lankstymas nuo pirmo lanko. Suskirsčius procesus nustatyta jog operatoriai ilgiausiai užtrunka tikslaus reguliavimo dalyje. Atlikus lankstymo bandymus nustatyta ties kuriomis reguliavimo vietomis atsiranda neleistina paklaida. Šias paklaidas sukeliančios detalės buvo pakeistos naujomis taip iš esmės atnaujinant visą įrengimą. Darbuotojai buvo instruktuoti ir išmokinti dirbti pagal sudarytą standartą, taip susisteminat jų veiksmus bei judėjimą aplink įrengimą. Darbuotojų pritaisymo laiko pokyčiai pateikti 23 ir 24 paveiksluose. Raudona linija pažymėtas siekiamas pritaisymo laiko tikslas – 30min. Geltona linija tai išvesta *poly line* panaudojant tris grafiko taškus ji atspindi lankstytojų progresą laiko atžvilgiu. Grafikai atspindi laikotarpį kuomet standartas pradėtas diegti, kas dieną fiksuojant pritaisymo operatorių laikus bei sekant jų progresą.



22 pav. 1 lankstytojo pritaissymo laiko rezultatai standarto diegimo laikotarpiu



23 pav. 2 lankstytojo pritaissymo laiko rezultatai standarto diegimo laikotarpiu

Iš duotų grafikų matome jog pradėjus diegti pritaissymo standartą operatorių pritaissymo laikai nuo, vidutiniškai 60min. sutrumpėjo – priartėjo prie siekiamų 30min. Sumažėjo laiko svyravimo amplitudė, taip pat, tikslą operatoriai pasiekia dažniau nei standarto diegimo pradžioje. Norint toliau išlaikyti standartizuotą pritaissymo procesą yra vykdomi darbuotojų mokymai ir profilaktiniai testavimai.

4.3 Koreliacinė ir regresinė proceso analizė

Pasitelkus matematinės statistikos įrankius, koreliacija ir regresiją, išanalizuoti ryšiai tarp skirtingų užsakymų duomenų, taip patikrinant išsikeltą hipotezę, jog lankstymo procesas priklauso nuo užsakymo tipo, tiražo, popieriaus tipo, bei perskaičiuotas realus užsakymo atlikimo laikas. Siekiant nustatyti veiksnius darančius didžiausią įtaką suplanuotam užsakymo laikui iš sistemos paimtos užsakymų atlikimo trukmės. Darbe buvo siekiama nustatyti kaip kintamieji daro poveikį realiam gamybos laikui.

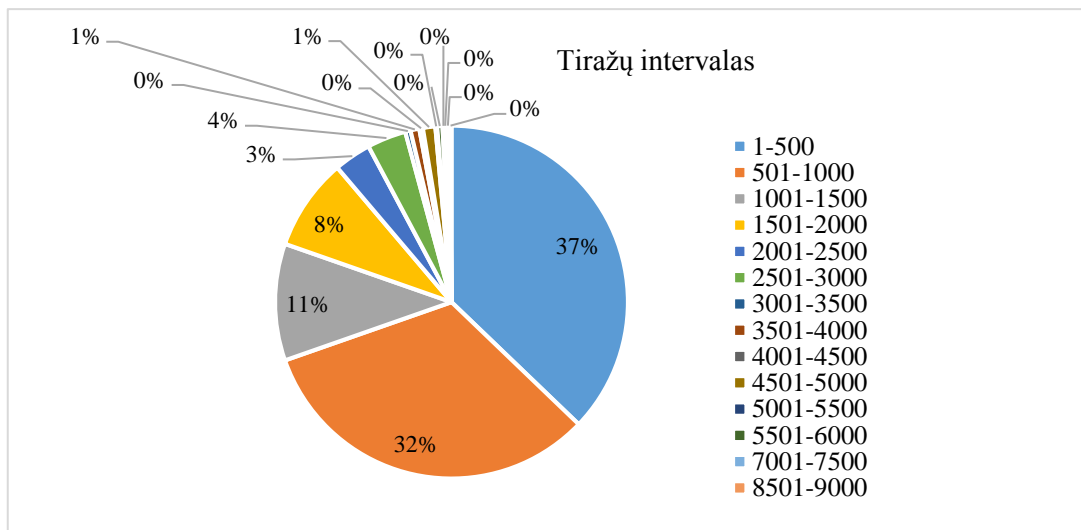
Panaudojus *Excel* programos įrankį „*Correlation*“, gauti rezultatai yra pateikti 4 lentelėje. Duomenys rodo jog yra stiprus ryšys tarp pradžios metų ir ID numerio (0,89). Įmonėje ID numeriai yra priskiriami konkrečiam užsakymui pagal eiliškumą. Koreliacinis ryšys tarp realaus gamybos laiko ir suplanuoto gamybos laiko yra mažesnis už 1 (0,78), tai rodo jog suplanuotas laikas neatitinka realios proceso trukmės. Vidutinis koreliacinis ryšys (0,48) pasireiškia tarp suplanuoto gamybos laiko ir užsakymo tiražo. Apskaičiuojat suplanuotą gamybos laiką tiražas yra viena iš formulės dedamųjų. Suplanuotas laikas bus naudojamas atliekant regresinę analizę ir apskaičiuojant realų laiką, nes tarp jų pasireiškė stipriausias koreliacinis ryšys.

4 lentelė. Koreliacijos rezultatai

	ID	Tiražas	Produkto grupė	Vidaus pop.	Gatavo gaminio formatas	Pradžios metai	Realus gamybos laikas	Lankstymo schema	Suplanuotas laikas
ID	1,00								
Tiražas	0,07	1,00							
Produkto grupė	-0,02	-0,10	1,00						
Vidaus pop.	-0,16	0,03	-0,09	1,00					
Gatavo gaminio formatas	-0,01	0,02	0,01	0,16	1,00				
Pradžios metai	0,89	0,06	0,04	-0,19	0,01	1,00			
Realus gamybos laikas	-0,07	0,38	-0,06	0,10	0,11	-0,03	1,00		
Lankstymo schema	-0,04	0,08	-0,15	-0,01	-0,32	-0,07	0,03	1,00	
Suplanuotas laikas	-0,01	0,48	-0,10	0,07	0,05	0,05	0,78	0,02	1

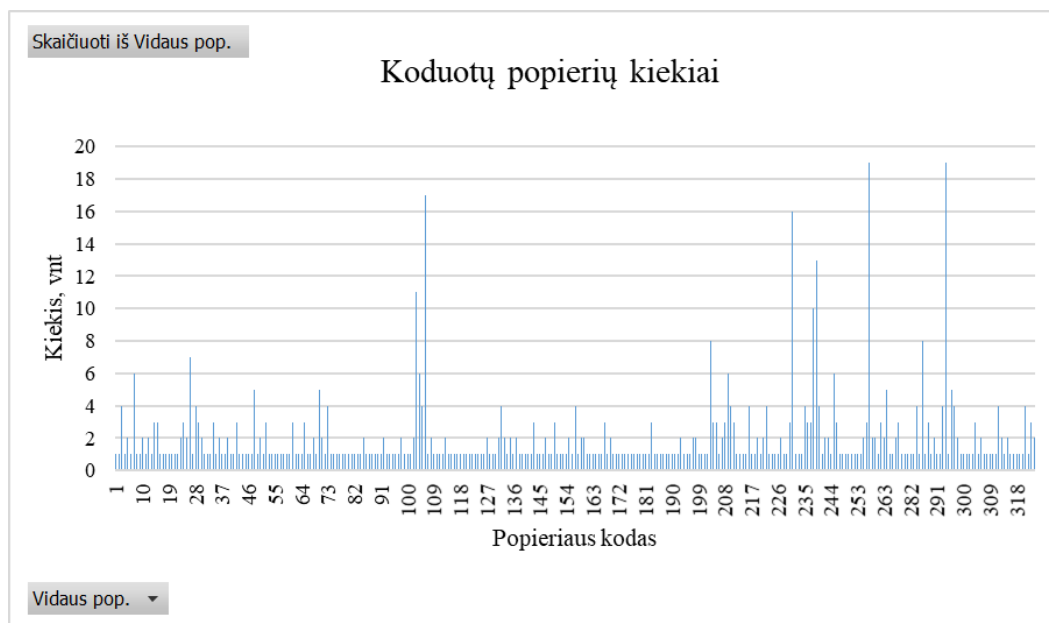
Realus gamybos laikas, tai laikas gautas, susumavus darbuotojų įrašus gamybos valdymo sistemoje. Darbuotojai atlikdami užsakymą, žymisi bendroje programoje, darbo pradžią bei pabaigą. Vykdydami užsakymą jie taip pat fiksuoja prastovas, dažnai įrašydami komentarus dėl

kokių priežasčių atsirado prastova. Realus užsakymo atlikimo laikas priklauso nuo pačio užsakymo specifikacijų t.y., popieriaus tipo, lankstymo schemas, tiražo, gaminio tipo. Norint išanalizuoti įmonėje vykdomus užsakymus panaudotas programos *Excel* įrankis *PivotTable* ir pateikti diagramų pavidalo rezultatai.



24 pav. Gaminamų užsakymų tiražai, proc.

Išanalizavus įmonės gaminamus tiražus, gauti rezultatai pateikti diagramoje. Iš jos galime teikti jog įmonė daugiausiai gamina gaminius kurių tiražas yra iki 500 vnt ir 1000 vnt. (25 pav.). Įmonėje yra naudojama apie 324 vnt. skirtingų vidaus popierių. Norint atlikti popieriaus kiekių analizę, popieriaus tipai buvo užkoduoti panaudojus sveikuosius skaičius nuo 1 iki 324. Iš suminės lentelės *Pivot table* gautų duomenų, kurie pateikti 26 paveiksle, identifikuojami penki dažniausiai naudojami popierių tipai - 294 (19vnt.), 257 (19vnt.), 231 (16vnt.), 106 (17vnt.), 239 (13vnt.) (5 lentelė).

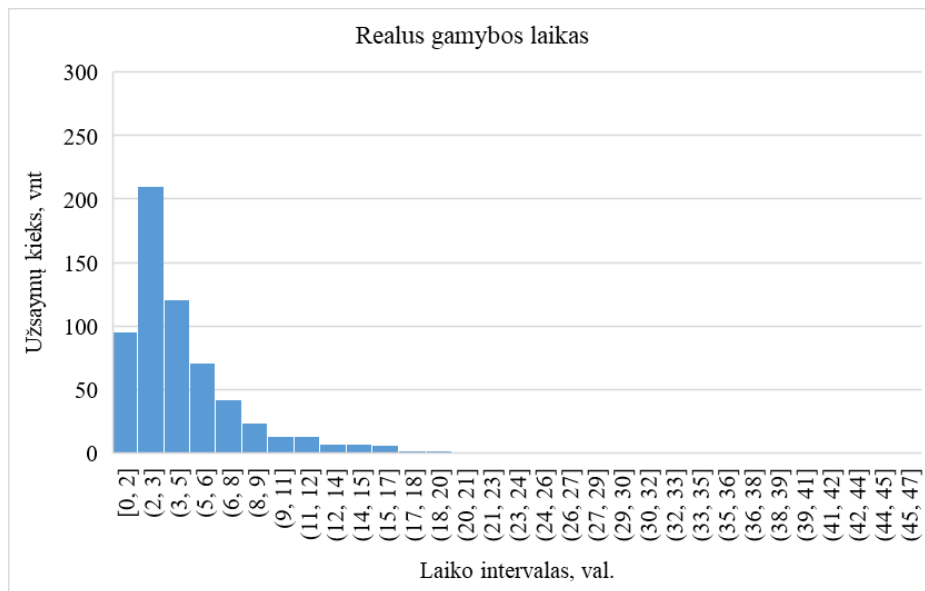


25 pav. Gaminamų užsakymų popieriaus tipai

5 lentelė. Penki dažniausiai naudojami popieriaus tipai

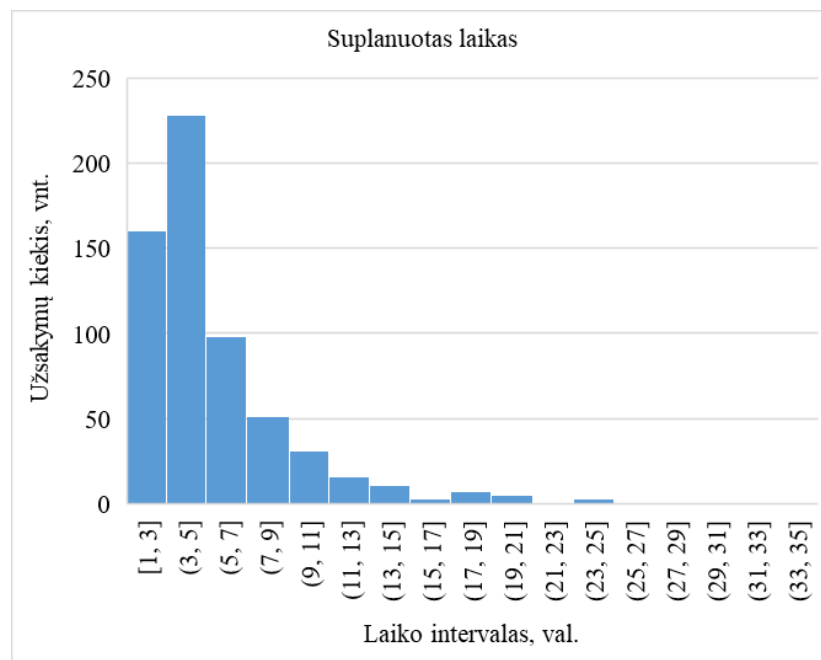
Nr.	Popieriaus kodas	Kodas gamybos valdymo sistemoje	Gamyklinis pavadinimas
1	294	PLOR80088063	Maestro print 80g 88x63
2	257	PC412288	Amber Graphic 80g 88x63
3	106	45077	Maestro print 170g 64x90
4	231	NAPS1158863	ArtPlus silk 115g 88x63
5	239	NAPS1308863	ArtPlus silk 130g 88x63

Gautoje lentelėje yra pateiktos popierių gramatūros, kurios turi įtakos lankstymo proceso stabilumui. Suplanuotas gamybos laikas – iš įmonės suderintų skaičiuoklių gautas laikas. Šis laikas yra apskaičiuojamas konkrečiam užsakymui, taip pat juo remiantis yra sudaromi gamybos planai. Suplanuoto ir realaus gamybos laiko santykis, tirtame periode, pateiktas duomenų diagramose.



26 pav. Įmonės užsakymų faktinio atlikimo laiko histograma

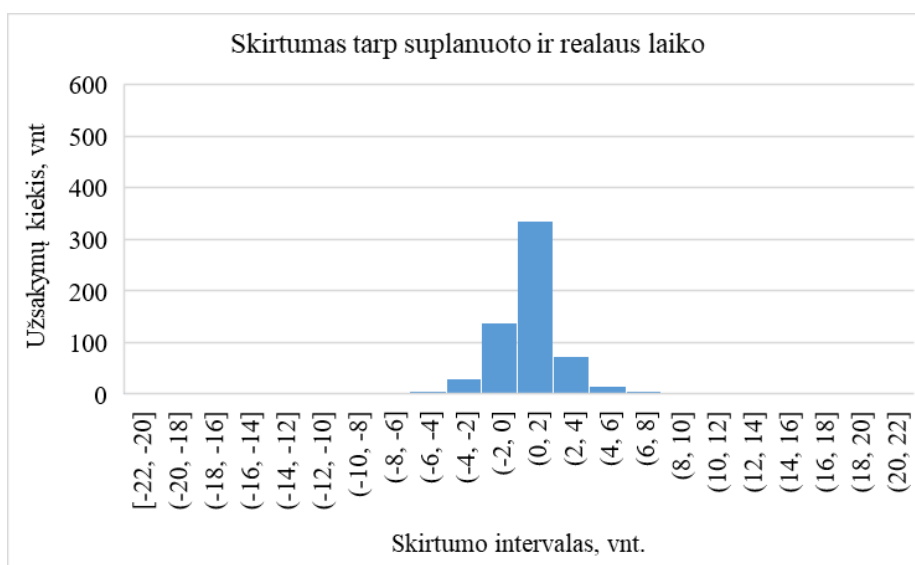
Iš gauto grafiko (27 pav.) matome kad dažniausiai užsakymų faktinis atlikimas užtrunka 2-3val. tačiau dalis užsakymų gali užtrukti ir iki 6-8val. Ilgesni laiko intervalai tokie kaip 15-17val. yra reti ir gali būti iškreipti darbuotojų žymėjimosi sistemoje.



27 pav. Įmonės užsakymų suplanuotas atlikimo laiko histograma

Suplanuoto laiko diagrama (28 pav.) rodo jog dažniausiai užsakymų atlikimas yra planuojamas 3-5 val. didelė dalis užsakymų yra planuojama atlikti per 1-3val. Gauti grafikai ir

koreliacinė lentelė rodo planuoto ir faktinio laiko neatitikimus, norint išnagrinėti smulkiau sudaroma šių laikų skirtumo stulpelinė diagrama (29 pav.).



28 pav. Įmonės užsakymų faktinio ir suplanuoto laiko skirtumo histograma

Įmonės užsakymų faktinio ir suplanuoto laiko skirtumo stulpelinė diagrama rodo jog dažniausiai faktinio ir suplanuoto laiko skirtumas yra iki 2 val. Tai rodo gamybos planų išsiderinimą ir netikslų darbų atlikimo laiko planavimą.

Norint nustatyti suplanuoto laiko apskaičiavimo formulę bei ištirti reikšmingus faktorius, naudojame TS – tiesinio modelio regresijos lygtį. Naudojant *Excel* programos įrankį „*Regression*“ apskaičiuojama regresija tarp suplanuoto ir realaus laiko, kuria galima nustatyti kokia suplanuoto laiko apskaičiavimo formulė tiksliausiai atitiktų realų laiką.

Regresijos modelio vertinimas susideda iš determinacijos koeficientų x lentelės, regresijos reikšmingumo ANOVA x lentelės bei regresijos koeficientų, jų stat. reikšmingumo x lentelės [19].

6 lentelė. Determinacijos koeficientai

	Rezultatas
Daugenarės koreliacijos koeficientas <i>Multiple R</i>	0,778
Determinacijos koeficientas <i>Square R²</i>	0,606
Koreguotais determinacijos koeficientas <i>Adjusted R²</i>	0,605
Standartinė paklaida	2,353
Duomenų kiekis	616,000

Determinacijos koeficiento reikšmė $R^2=0,606$ rodo, kad 61% visų nagrinėjimų atvejų šis apskaičiavimo metodas yra taikytinas. Daugianarės koreliacijos koeficientas yra artimas vienetui, o tai patvirtina išvadą apie stiprų sąryšį. Koreguotą determinacijos koeficientą galima buvo

panaudoti atmetant regresijoje nereikšmingus veiksnius. Norint tiksliau išnagrinėti tokį modelio determinuotumą, atliekamas regresijos bendrojo statistinio reikšmingumo testas. Visus reikiamus, regresijos statistinio reikšmingumo tikrinimui reikalingus rodiklius, galima matyti *Excel – Regression* skaičiavimų išsklotinės antroje lentelėje ANOVA 7 lentelė.

7 lentelė. Regresijos reikšmingumo statistika

	Df – laisvės laipsniai	SS – kvadratinių nuokrypių sumos	MS (Stulpelis SS/Df – laisvės laipsnių)	F - apskaičiuota	Reikšmingumo lygmuo F
Regresija (E)	1	5227,0	5227,0	944,3	2,7427E-126
Paklaida (R)	614	3398,6	5,5		
Viso (T)	615	8625,7			

Determinacijos koeficientas yra apskaičiuojamas iš SS stulpelio duomenų:

$$R^2 = \text{ESS} / \text{TSS} = 5227 / 8625 = 0,606$$

$$F_{\text{apskaičiuota}} = \text{EMS} / \text{RMS} = 5227 / 5,5 = 944,3$$

Šiuo atveju reikšmingumo lygmuo F yra didesnis už 0, todėl galime teikti kad atliktas skaičiavimas yra statistiškai reikšmingas.

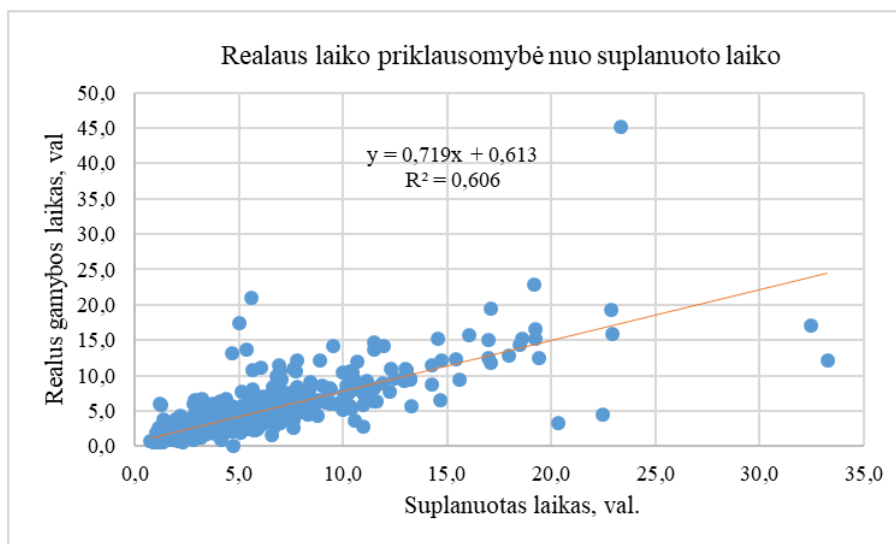
8 lentelė. Regresijos koeficientų statistinis reikšmingumas

	Koeficientas	Standartinė paklaida	t reikšmė	P reikšmė	Apatinis 95%	Viršutinis 95%	Apatinis 95,0%	Viršutinis 95,0%
Laisvasis narys b_0	0,613	0,152	4,026	6,39462E-05	0,314	0,912	0,314	0,912
Suplanuotas laikas	0,719	0,023	30,730	2,7427E-126	0,673	0,765	0,673	0,765

Gautoje lentelėje (8 lentelė) t reikšmė rodo, kad analizuojamas suplanuotas laikas yra reikšmingas siekiant iširti ir perskaičiuoti realų laiką. Iš regresijos rezultatų lentelių, galima teigti, kad realus gamybos laikas gali būti apskaičiuojamas pagal tokią formulę:

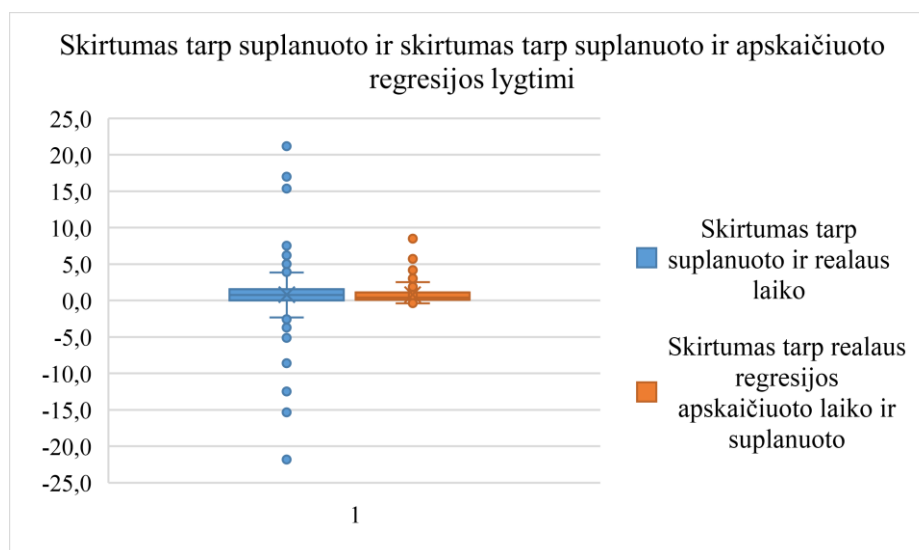
$$\text{Realus gamybos laikas} = 0,07189 * \text{suplanuotas gamybos laikas} + 0,6131$$

Atlikus skaičiavimus gautas realaus laiko perskaičiavimo grafikas su tiesine regresijos tendencijos tiese ir regresijos lygtimi bei R^2 determinacijos koeficientu (30 pav.).



29 pav. Realaus laiko perskaičiavimo grafikas su tiesine regresijos tendencijos tiese ir regresijos lygtimi bei R2 determinacijos koeficientu

Atlikus duomenų perskaičiavimą pagal naują realaus laiko formulę, gauti rezultatai palyginti panaudojus stačiakampe diagrama *box plot* (31 pav.). Iš jos galime spręsti apie bendrą matuojamo kintamojo imties centro, išsibarstymo bei maksimalios ir minimalios reikšmių vaizdą. Stačiakampėje diagramoje yra “dėžė” – stačiakampis, braižomas nuo apatinio kvartilio iki viršutinio kvartilio, padalintas brūkšniu į dvi dalis ties mediana. Nuo stačiakampio šono brėžiami “ūsai” – į viršų iki maksimalios ir į apačią iki minimalios reikšmės. Išskirčių reikšmės pažymimos tam tikrais simboliais. Išskirtys – tai stebėjimų reikšmės, kurios yra labai nutolusios nuo duomenų centro [20].



30 pav. Skirtumas tarp suplanuoto ir realaus laiko, bei suplanuoto ir realaus laiko perskaičiuoto pagal regresiją

Gautas grafikas rodo, kad perskaičiavus realų laiką, gauti duomenys yra mažesnio pasiskirstymo ir artimesni 0. Galime teikti kad ši formulė padeda apskaičiuoti tikslesnį realų gamybos laiką. Apskaičiavus skirtumų vidurkius gauta, jog skirtumas nuo 88% sumažėjo iki 82%.

Atlikus tiriamos įmonės procesų analizę bei tobulinimo įrankių diegimą nustatytos pagrindinės lankstymo mašinos *MBO* prastovos bei jų priežastys. Pradėtas diegti įrengimo perderinimo standartas, kuris padėjo priartėti prie siekimo 30min trukmės pritaikymo. Atlikus koreliacinę analizę gauta, jog užsakymo realus atlikimo laikas nepasižymi stipria koreliacija su gaminio tipu, tiražu, popieriaus tipu. Išanalizuoti įmonės gaminami užsakymai, jų tiražas, tipas, dažniausiai naudojamas popieriaus tipas. Panaudojus regresiją perskaičiuotas realus gamybos laikas, kuris yra artimesnis suplanuotam gamybos laikui negu šiuo metu iš įmonės skaičiuoklių gautas laikas.

IŠVADOS

1. Atlikus literatūros šaltinių analizę gauta, kad plačiausiai gamybos sistemose naudojamos *TOC* ir *Lean* metodologijos, nes jos yra orientuotos į nuostolių mažinimą tiek gamybiniuose tiek vadybiniuose procesuose. Plačiausiai pritaikomas *Lean* metodologijos įrankis yra priežasties – pasekmės diagrama, nurodanti esmines sistemos problemas. Apribojimų teorija padeda nustatyti nuostolingiausią įmonės įrengimą ar procesą.
2. Pateikti analizuojamos įmonės technologiniai procesai, bei esama gamybos valdymo situacija. Siekiant patobulinti vykstančius procesus, įmonėje diegiama *TOC* ir *Lean* metodologijos, bei jų įrankiai: *SMED*, priežasties – pasekmės diagrama.
3. Panaudojus *TOC* teoriją, identifikuotas sistemos apribojimas – *MBO* lankstymo mašina, prie kurios vidutiniškai per savaitę susikaupia 13,5val. laukiančių užsakymų. Pateikta jos procesų analizė, kuri atlikta su priežasties - pasekmės diagrama, identifikuota jog didžiausios įrengimo prastovos atsiranda perderinant įrengimą bei dėl jo prastos techninės būklės.
4. Siekiant patobulinti lankstymo procesą įdiegtas *SMED* metodas, sukurtas *MBO* pritaikymo standartas. Standartas padeda standartizuoti operatoriaus veiksmus ir identifikuoti ilgiausiai užtrunkančias operacijas. Atlikta standarto diegimo analizė - stebėtas darbuotojų progresas laiko atžvilgiu. Nustatyta jog darbuotojų pritaikymo laikas nuo 60min palaipsniui trumpėjo iki 40-50min. Užsibrėžtas tikslas - 30min. per tiriamą laikotarpį, pasiektas nebuvo.
5. Atlikus koreliacinę analizę, nustatytas mažesnis už 1 koreliacinis ryšys tarp suplanuoto ir realaus laiko. Gautas koreliacijos koeficientas 0,78 rodo šių laikų neatitikimą. Nustatyta silpna koreliacija tarp produkto tipo ir popieriaus rūšies su realiu gamybos laiku. Tai rodo jog skirtingi gaminio parametrai neturi didelės įtakos užsakymo atlikimo trukmei.
6. Panaudojus apskaičiuotą regresijos koeficientą, perskaičiuotas realus gamybos laikas. Gautas determinacijos koeficientas 0,606 rodantis jog 61% visų nagrinėjimų atveju šis apskaičiavimo metodas yra taikytinas. Patikslinus realaus laiko apskaičiavimo formulę, skirtumas tarp suplanuoto ir realaus laiko sumažėjo 6%.

LITERATŪROS ŠALTINIAI

- [1] A. Austin, “A Case study of value streams and lean implementation for a small print shop,” p. 122, 2013.
- [2] M. Schneider, “Operational Excellence,” pp. 153–156, 2003.
- [3] WOEPPEL Mark J, *Gamybininko vadovas: Kaip įgyvendinti Apribojimų valdymo pokyčius?* Vilnius: Rgrupė, 2007.
- [4] I. GOLDRATT, “Combining Lean , Six Sigma , and the Theory of Constraints to Achieve Breakthrough Performance,” *AGI Goldratt Institute*, no. 1.0, p. 20, 2009.
- [5] M. Steponavičius, “OEE ir KPI rodiklų , kaip LEAN įrankių , naudojimas gamybos valdyme,” 2015.
- [6] “Lean žodynas.” [Online]. Available: <http://lean.lt/lean/lean-zodynas>.
- [7] A. Simões and A. Tenera, *Improving setup time in a press line - Application of the SMED methodology*, vol. 43, no. 17. IFAC, 2010.
- [8] V. Dikavi and S. Sto, *Visuotinė kokybės vadyba*. 2003.
- [9] “Production Module,” 2012.
- [10] J. W. Herrmann, *Handbook of production scheduling*. 2006.
- [11] N. Verma and V. Sharma, “Sustainable competitive advantage by implementing lean manufacturing ‘A Case study for Indian SME,’” *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 8, pp. 9210–9217, 2017.
- [12] “Value stream map shapes.” [Online]. Available: <https://www.edrawsoft.com/make-value-stream.php>.
- [13] W. Gan, P. Che, and J. You, “Production Throughput Improvement for Plant Streamline N,” no. Iemi 2014, 2015.
- [14] M. K. Wyrwicka and B. Mrugalska, “Mirages of Lean Manufacturing in Practice,” *Procedia Engineering*, vol. 182, pp. 780–785, 2017.
- [15] “KOPA.” [Online]. Available: <http://www.kopa.lt/tinklarastis/naujienos/paskutines-naujienos/spaustuve-kopa-apie-spaudos-standartus-gali-buti-dar>.

- [16] "Spindulio spaustuvė." [Online]. Available: <http://www.spindulys.lt/>.
- [17] Janilionis, "KORELIACINĖS IR REGRESINĖS ANALIZĖS PAGRINDAI." [Online]. Available: http://www.lidata.eu/index.php?file=files/mokymai/Janilionis_III/jan_III.html&course_file=jan_III_1.html.
- [18] P. Ė. E. I and R. Modeliai, "Computer Labs REGRESSION MODELS," 2013.
- [19] V. Čekanavičius and G. Murauskas, *Taikomoji regresinė analizė socialiniuose tyrimuose*. 2014.
- [20] V. Čekanavičius and G. Murauskas, "Statistika ir jos taikymai II." p. 272, 2008.

PRIEDAI

1 lentelė. Pagrindiniai įmonės gamybiniai įrengimai

Įrengimas	Nuotrauka
Lankstymo mašina MBO K760 4KL, galimas B1 formato lankstymas	
Lankstymo mašina STAHL, lankstymas B2 ir mažesniu formatu	
Bigavimas, iškirtimas OHZ	
Lankstymas Mailing line	

Segimas
Stichliner

Horizon



Klijavimas Quickbinder



Klijavimas BQ-470



Siuvimas MM Ventura



Apipjovimas Polar 115XT



Laminavimas Mercury

