



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

***Lean* metodų pritaikymo surinkimo linijos našumui didinti  
tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas

---

**Vaiva Vaičiūnienė**

Projekto autorė

**Doc. Rūta Rimašauskienė**

Vadovė

---

**Kaunas, 2022**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

# ***Lean* metodų pritaikymo surinkimo linijos našumui didinti tyrimas**

Baigiamasis magistro projektas  
Gamybos inžinerija (6211EX015)

---

**Vaiva Vaičiūnienė**

Projekto autorė

**Doc. Rūta Rimašauskienė**

Vadovė

**Doc. Saulius Baskutis**

Recenzentas

---

**Kaunas, 2022**



**Kauno technologijos universitetas**  
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas  
Vaiva Vaičiūnienė

## ***Lean* metodų pritaikymo surinkimo linijos našumui didinti tyrimas**

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Vaiva Vaičiūnienė

*Patvirtinta elektroniniu būdu*



**Kaunas technologijos universitetas**

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

## **Baigiamojo magistro projekto užduotis**

**Studentui (-ei) – Vaivai Vaičiūnienei**

### **1. Projekto tema –**

*Lean* metodų pritaikymo surinkimo linijos našumui didinti tyrimas

*(Lietuviškai)*

Investigation of *Lean* Methods Influence for Assembly Line Efficiency Increase

*(Angliškai)*

### **2. Projekto tikslas ir uždaviniai –**

Tikslas: ištirti *Lean* metodų pritaikymo įtaką surinkimo linijos našumui.

Uždaviniai:

1. įvertinti *Lean* metodų panaudojimo galimybes gamybos įmonių procesuose;
2. nustatyti gamybinių medžiagų ir laiko švaistymo atsiradimo priežastis ir jų sumažėjimą po *Lean* metodų įdiegimo;
3. apskaičiuoti surinkimo linijos našumo padidėjimą po atliktos linijos modernizacijos;
4. įvertinti ekonominę bei socialinę naudą, šildytuvų surinkimo linijoje, po atliktų pakeitimų.

### **3. Pradiniai projekto duomenys –**

Netaikoma

### **4. Pagrindiniai reikalavimai ir sąlygos –**

Kiekvienas gaminy s sertifikuojamas Nemko sertifikatu ir atitinka šiuos standartus:  
EN 60335-2-30:2009;A11; EN 60335-1:2012;A11;A13; EN 62233:2008;  
EN 55014-1:2006;A1;A2; EN 55014-2:2015; EN 61000-3-2:2014; EN 61000-3-3:2013.

---

Projekto autorė	Vaiva Vaičiūniene	2021.10.04
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>

---

Vadovė	Rūta Rimašauskienė	2021.10.04
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>

---

Krypties studijų programų vadovė	Regita Bendikienė	2021.10.04
	<i>(Vardas, Pavardė)</i>	<i>(Parašas)</i>

Vaičiūnienė, Vaiva. *Lean* metodų pritaikymo surinkimo linijos našumui didinti tyrimas. Magistro baigiamasis projektas /vadovė doc. Rūta Rimašauskienė; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Gamybos inžinerija (E10), Inžinerijos mokslai (E).

Reikšminiai žodžiai: *Lean* metodai, linijos balanso norma, darbo našumas.

Kaunas, 2022. 48 p.

## Santrauka

Pagrindiniai *Lean* sistemos tikslai yra padidinti gamybos našumą, sutrumpinti gamybos laiką, sumažinti gamybinių medžiagų ir laiko švaistymą bei atliekų kiekį, pašalinti vertės nekuriančias veiklas ir sukurti saugesnę darbo aplinką. Buvo nustatyta, jog pagrindinė įmonės problema yra didėjantys užsakymų kiekiai ir nepakankamas gamybos našumas. Pagrindinis šio darbo tikslas — ištirti *Lean* metodų pritaikymo įtaką surinkimo linijos našumui. Šiam tikslui pasiekti buvo modernizuota šildytuvų surinkimo linija bei įdiegti *Lean* metodai: *Kaizen*, *5s*, *6 sigma*, linijos balansavimas, darbo standartizavimas. Tyrimo metu buvo matuojamas kiekvienos surinkimo operacijos laikas, o iš gautų duomenų apskaičiuojamas gamybos našumas ir linijos balanso norma. Tyrimo metu nustatyta, kad šildytuvų surinkimo linijos modernizacija ir linijos balansavimas gamybos našumą padidino net 50%. Jei pradžioje darbo našumas siekė 3,7 gaminio/h „Neo NP08“ šildytuvų ir 3,2 gaminio/h „Neo NP20“ šildytuvų, tai po *Lean* metodų įdiegimo darbo našumas atitinkamai padidėjo 5,5 ir 4,5 gaminio/h. Tyrimas atskleidė, kad sumažėjo gamybinių medžiagų ir laiko švaistymas, pagerėjo gaminių kokybė ir sumažėjo nelaimingų atsitikimų skaičius.

Vaičiūnienė, Vaiva. Investigation of *Lean* Methods Influence for Assembly Line Efficiency Increase/ supervisor assoc. prof. Rūta Rimašauskienė; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Production and Manufacturing Engineering (E10), Engineering Sciences (E).

Keywords: *Lean* methods, line balance rate, labor productivity.

Kaunas, 2022. 48 p.

### Summary

The main objectives of *Lean* are to increase productivity, reduce production time, reduce wastage of materials, time, and volume of waste, eliminate low-value activities, and ensure safer working environment. It was determined that the main problem for the company is increasing order volumes and insufficient production efficiency. The main objective of the work is to investigate the impact of the application of *Lean* methods on the productivity of the assembly line. To achieve this objective, the heater assembly line was modernized and *Lean* methods such as *Kaizen*, *5s*, *6 sigma*, line balancing and standardization of work were implemented. During the study the time of each assembly operation was measured, and the production efficiency and the line balance rate are calculated based on the data obtained. The study indicated that the modernization of the heater assembly line and the line balancing increased the production efficiency by as much as 50%. While at the beginning the productivity was 3.7 products/hour for “Neo NP08” heaters and 3.2 products/hour for “Neo NP20” heaters, after the introduction of *Lean* methods the productivity increased by 5.5 and 4.5 products/hour respectively. The study revealed that a reduction in wastage of production materials and time, an improvement in product quality and a reduction in the number of accidents.

## Turinys

Lentelių sąrašas .....	8
Paveikslų sąrašas .....	9
Įvadas.....	10
<b>1. <i>Lean</i> metodų charakteristika ir pritaikymas gamyboje .....</b>	<b>11</b>
1.1. <i>Lean</i> samprata.....	11
1.2. <i>Lean</i> sistemos praktinis pritaikomumas .....	14
1.3. <i>Lean</i> metodai .....	15
1.3.1. <i>Kaizen</i> .....	17
1.3.2. <i>5s</i> .....	18
1.3.3. <i>6 sigma</i> .....	20
<b>2. Šildytuvų surinkimo linijos našumo tyrimo metodologija.....</b>	<b>24</b>
2.1. Įmonės veikla.....	24
2.2. Šildytuvų surinkimo proceso eiga .....	25
2.3. Gamybinių parametų skaičiavimas .....	29
<b>3. Šildytuvų surinkimo linijos našumo tyrimo rezultatai .....</b>	<b>30</b>
3.1. <i>Lean</i> metodų vertė įmonės veikloje.....	30
3.2. Senosios surinkimo linijos gamybos našumas .....	33
3.3. Modernizuotos surinkimo linijos gamybos našumas .....	33
3.4. Modernizuotos surinkimo linijos gamybos našumas po linijos balanso.....	38
<b>4. Įdiegtų <i>Lean</i> metodų ekonominė-socialinė nauda.....</b>	<b>41</b>
4.1. Šildytuvų surinkimo linijos modernizavimo projekto atsipirkimo laikas .....	41
4.2. Gaminio savikainos ir įmonės pelno skaičiavimas .....	41
4.3. Socialinis darbuotojų pasitenkinimas .....	42
<b>Rekomendacijos .....</b>	<b>44</b>
<b>Išvados .....</b>	<b>45</b>
<b>Literatūros sąrašas .....</b>	<b>46</b>

## Lentelių sąrašas

1 lentelė. <i>Lean</i> metodai ir jų sprendžiamos problemos .....	15
2 lentelė. <i>Kaizen</i> pasiūlymų platforma įmonėje .....	31
3 lentelė. Senosios surinkimo linijos parametrų skaičiavimas .....	33
4 lentelė. Surinkimo linijos su pagalbinais darbais parametrų skaičiavimas .....	35
5 lentelė. Surinkimo linijos be pagalbinių darbų parametrų skaičiavimas .....	37
6 lentelė. Surinkimo linijos po atlikto balanso parametrų skaičiavimas .....	39
7 lentelė. Šildytuvų surinkimo linijos atsipirkimo laikas .....	41
8 lentelė. „Neo Basic“ grupės gaminių savikaina .....	41
9 lentelė. „Neo Basic“ grupės gaminių metinio pelno skaičiavimas .....	42



## Paveikslų sąrašas

1 pav. Pagrindiniai <i>Lean</i> sistemos principai .....	11
2 pav. Daugiamatė <i>Lean</i> sistemos esmė .....	14
3 pav. <i>Demingo ratas (PDCA)</i> .....	17
4 pav. <i>Kaizen</i> sistemos metodai .....	18
5 pav. <i>5s</i> įrankis .....	19
6 pav. <i>6 sigma</i> metodo klasifikacija .....	21
7 pav. Ciklo ir takto laiko vaizdavimas .....	22
8 pav. „Neo Basic“ grupės šildytuvai .....	24
9 pav. Modernizuotas šildytuvų surinkimo konvejeris .....	25
10 pav. Standartizuoto proceso surinkimo instrukcijos fragmentas .....	26
11 pav. <i>5s</i> metodo pritaikymas darbo vietoje .....	31
12 pav. Brokuotų šildytuvų kiekis 2021m. ....	32
13 pav. Šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų su papildomais darbais laikai .....	34
14 pav. Šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo operacijų su papildomais darbais laikai .....	35
15 pav. Šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų laikai .....	36
16 pav. Šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo operacijų laikai .....	37
17 pav. Šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų laikai po linijos balanso .....	38
18 pav. Šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo operacijų laikai po linijos balanso .....	39
19 pav. Darbuotojų apklausos rezultatai .....	43

## Įvadas

Šiuo metu pasaulyje vis daugiau įmonių susiduria su didele konkurencija dėl nuolat kintančių rinkos sąlygų [4]. Norint išlikti konkurencingiems reikia siekti tobulumo, efektyvumo bei aukšto produkto ar paslaugos kokybės lygio. Todėl didžiąjai daliai įmonių teko keisti požiūrį į gamybą, pritaikant naujas technologijas ir metodus. *Lean* sistema siūlo įvairius metodus ir įrankius, kurie leistų padidinti gamybos efektyvumą ir kuriamų produktų kokybę, užtikrintų saugesnę darbo aplinką, sumažintų atliekų lygį ir taip įmonė taptų konkurencingesnė rinkoje. Todėl priklausomai nuo veiklos srities, darbo principų ar vietos įmonės pritaikė savo veikloje *Lean* sistemos metodus: *Kaizen*, *Kanban*, *5s*, *Just in time*, *6 sigma*, *PDCA*. Pagrindinis *Lean* sistemos tikslas – sukurti kaip galima didesnę vertę panaudojant kuo mažiau išteklių (medžiagų, įrangos, laiko, darbuotojų). Dažniausiai įmonėse naudojamas 6 sigma metodas, nes tai vienas plačiausių ir daugiausia įrankių turintis metodas. Jis skirtas nustatyti ir apibrėžti pagrindinius veiklos trūkumus, jų atsiradimo priežastis ir pritaikius tinkamiausias priemones jas pašalinti. Šis metodas ne tik kuria vertę klientams, tačiau šalina defektus gamybos procese bei didina bendrą gamybos efektyvumą.

**Temos naujumas ir aktualumas.** Siekiant išlikti konkurencingomis, padidinti efektyvumą bei gamybos našumą, pasiūlyti aukšto kokybės lygio produktą ar paslaugą įmonės tobulina gamybos metodus, diegia naujas technologijas [10]. Darbo našumas yra pagrindinis gerai veikiančios įmonės rodiklis, kuris lemia ir įmonės didesnę pelningumą [12]. Norint padidinti gamybos našumą įmonės dažniausiai renkasi savo veikloje pritaikyti *Lean* metodus. Taikant šiuos metodus yra mažinamas gamybinių medžiagų ir laiko švaistymas, suvienodinamas darbo krūvis darbuotojams, užtikrinama tolygi gamybinių procesų veikla, o tai įtakoja didesnę darbo našumą. Nors *Lean* metodai yra gana seniai sukurti ir žinomi, tačiau šiuo metu vis daugiau autorių analizuoja šių metodų įtaką gamybos našumui ir darbo efektyvumui [18, 24, 22]. Norint padidinti gamybos efektyvumą, sumažinti gamybinių medžiagų ir laiko švaistymus, sukurti saugesnę darbo aplinką viena šildytuvus gaminanti įmonė savo veikloje įsodiegė *Lean* metodus: *Kaizen*, *5s*, *6 sigma*. Šio darbo metu bus siekiama išsiaiškinti kokią naudą šildytuvų surinkimo procesui turėjo šių metodų įdiegimas ir pritaikymas.

**Tyrimo tikslas:** ištirti *Lean* metodų pritaikymo įtaką surinkimo linijos našumui.

### Uždaviniai:

1. įvertinti *Lean* metodų panaudojimo galimybes gamybos įmonių procesuose;
2. nustatyti gamybinių medžiagų ir laiko švaistymo atsiradimo priežastis ir jų sumažėjimą po *Lean* metodų įdiegimo;
3. apskaičiuoti surinkimo linijos našumo padidėjimą po atliktos linijos modernizacijos;
4. įvertinti ekonominę bei socialinę naudą, šildytuvų surinkimo linijoje, po atliktų pakeitimų.

## 1. *Lean* metodų charakteristika ir pritaikymas gamyboje

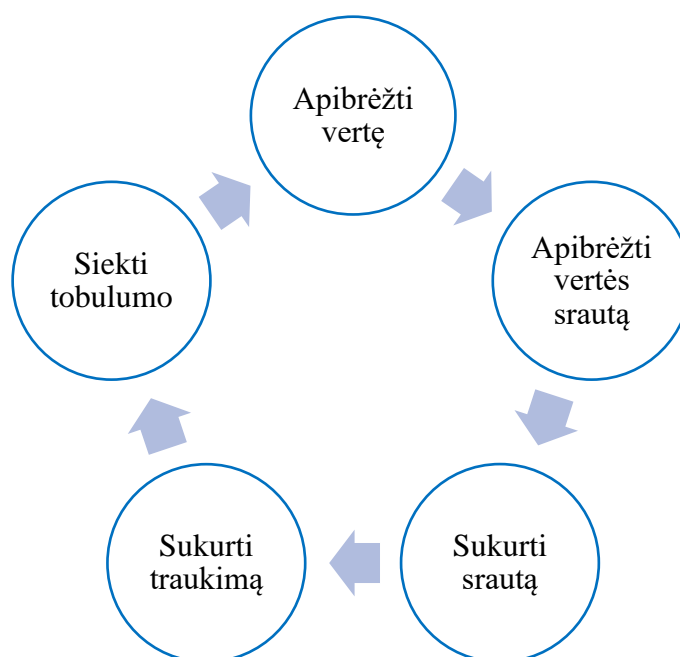
### 1.1. *Lean* samprata

*Lean* filosofijos atsiradimas kildinamas iš Japonijos po 2-ojo pasaulinio karo ir pirmiausia buvo žinoma kaip „Toyota“ gamybos sistema. Būtent „Toyota Motor Company“ panaudodama jau žinomus JAV įmonių, tokių kaip „Ford“ ir „General Motors“, gamybos valdymo metodus bei juos papildžiusi savais sprendimais, sukūrė aukšto lygio gamybos valdymo sistemą. Terminas *Lean* atsirado apie 1990 metus, kai J.P. Womack‘as, D.T. Jones‘as ir D. Ross‘as [40] jį pirmą kartą panaudojo knygoje „Mašina pakeitusi pasaulį“, kurioje palygino *Lean* metodikas naudojamą „Toyota“ įmonėje su kitose šalyse naudojamomis metodikomis.

*Lean* – tai sistema, kuria siekiama su kuo mažesniais ištekliais (laiko, energijos, medžiagų, darbo) sukurti kuo didesnę vertę. Todėl galima teigti, jog *Lean* sistema orientuota į nuostolių mažinimą ir efektyvumo didinimą. Toks šios metodikos pavadinimas yra ne atsitiktinis, nes išvertus iš anglų kalbos *Lean* reiškia „lieknas“.

*Lean* sistema apibūdinama kaip „*Lean* daro daugiau su mažiau. Naudokite mažiausiai pastangų, energijos, įrangos, laiko, patalpų ploto, medžiagų ir kapitalo – kartu suteikdami klientams tai, ko jie nori“ [40]. Labai panašiai *Lean* sistemą apibūdina ir Saieg‘as [29], kuris sako, kad *Lean* mąstymas – tai būdas „nuveikti daugiau su mažiau“. Įdedant mažiau pastangų, mažiau žmogiškųjų išteklių yra pasiekiami tie patys tikslai, tačiau sutaupoma laiko. Ši sistema taip pat sprendžia kylančius aplinkos apsaugos iššūkius. Kadangi pagaminama tik tiek gaminių kiek reikia užsakymams įvykdyti, vadinasi reikia mažiau vietos saugojimui ir eksploatacija, taip pat gamyboje yra mažinamas energijos ir išteklių suvartojimas, tai visi šie veiksniai prisideda prie aplinkosaugos gerinimo [41].

Remiantis *Lean* įmonių instituto duomenimis, sistemą sudaro 5 pagrindiniai principai (žr. 1 pav.), kuriuos dar 1996 metais savo knygoje aprašė J. P. Womack‘as ir D.T. Jones‘as [40].



1 pav. Pagrindiniai *Lean* sistemos principai [47]

**Pirmasis principas** – apibrėžti vertę. Tai yra išsiaiškinti už ką klientas pasirengęs mokėti. Šiame žingsnyje svarbiausia suprasti išsiaiškinti žinomus ir paslėptus kliento poreikius. Tam puikiai tinka tokie metodai kaip apklausa, interviu, interneto duomenų analizė. Šie metodai leidžia suprasti klientų poreikius bei išsiaiškinti galimą produkto ar paslaugos kainą.

**Antrasis principas** – apibrėžti vertės srautą. Šiame etape svarbiausia suprasti kurios veiklos kuria vertę, o kurios stabdo vertės srautą. Visos veiklos, kurios stabdo vertės srautą yra vadinamos atliekomis ir jas būtina pašalinti iš gamybos proceso. Atliekos yra skirstomos į dvi kategorijas:

1. Nevertingas, bet būtinas – jų visiškai pašalinti iš gamybos proceso negalima, bet būtina sumažinti.
2. Nevertingas ir nebūtinas – privalo būti šalinamos iš gamybos proceso, nes didina gaminio savikainą.

Dažniausiai vertės srautus įmonėse atvaizduoti renkamosi vertės srautų žemėlapiai, kuriuose atvaizduojamas kiekvienas proceso etapas.

**Trečiasis principas** – sukurti srautą. Šiame etape būtina užtikrinti tolygų ir sklandų gamybos procesą, be jokių vėlavimų ir trukdžių. Šiam tikslui pasiekti yra naudojamos tokios metodikos, kaip gamybos etapų perskirstymas, darbo krūvio suvienodinimas bei darbuotojų kvalifikacijos kėlimas ir skatinimas būti įvairiapusiškais.

**Ketvirtasis principas** – sukurti traukimą. Kuo labiau mažinti atsargų kiekį ir gaminti tik tokį produktų kiekį, koks yra reikalingas klientui. Traukos sistemos tikslas yra kuo labiau apriboti nereikalingas veiklas, bet tuo pačiu užtikrinti reikalingų medžiagų ir informacijos prieinamumą sklandžiai darbo eigai vykdyti.

**Penktasis principas** – siekti tobulumo. Tai pats svarbiausias *Lean* sistemos principas. Šiame etape labai svarbus visų organizacijos darbuotojų įsitraukimas. Nuolatinis procesų tobulinimas privalo tapti pagrindiniu įmonės tikslu siekiant gamybos tobulumo [37].

Pagrindinis *Lean* sistemos bruožas yra nuolatinis kovojimas su išteklių eikvojimu, kuris įvardinamas kaip veikla, nesukurianti gaminiui ar paslaugai jokios vertės. Iš viso yra išskiriami 8 pagrindiniai eikvojimų tipai [42, 33]:

1. **defektai** – tai gamybos metu atsirandančios klaidos, kurioms ištaisyti reikia papildomų išteklių (laiko, finansinių, žmogiškųjų);
2. **perprodukcija** – tai perteklinio kiekio gamyba, kai pasiūla nereikalauja, bet įmonė gamina ir sandėliuoja kaip atsargas. Įmonė bereikalingai naudoja žaliavas bei energetinius išteklius, tačiau šios išlaidos nekompensuojamos;
3. **nenaudojamas inventoriųs**. Būna atveju kai įmonės nesiperka įrangą, kurios galimybių pilnai neišnaudoja. Tokių atveju išleidžiami dideli pinigai, kurie neatsiperka arba atsiperka per labai ilgą laiką. Taip pat neapskaičiuoja tokios įrangos priežiūros kaštų ir galiausiai ji tampa gamybine atlieka;
4. **pertekliniai darbai**. Dažnu atveju gamybos procesas susideda iš sudėtingų operacijų, kurioms reikia nemažai pastangų, tačiau nesukuria jokios pridėtinės vertės. Todėl būtina peržiūrėti gamybos proceso etapus ir supaprastinti darbus iki minimumo;
5. **bereikalingi vaikščiojimai** – bet kokie pertekliniai judesiai, kurie nesukuria teigiamo vertės srauto produktui ar paslaugai bei prailgina darbo atlikimo laiką. Bereikalingi vaikščiojimai dažniausiai atsiranda dėl blogo darbo vietos išplanavimo;

6. **bereikalingas transportavimas** – tai veikla, kuri tik padidina išlaidas ir laiko sąnaudas, tuo pačiu padidindama tikimybę pažeisti produktą ar jo pakuotę. Transportavimo mažinimas gali būti sprendžiamas iškart numatant gaminio vietą;
7. **laukimas** – laiko išnaudojimas kai tenka laukti medžiagų, įrangos arba stabdomas gamybos procesas dėl įvykusių klaidų ar gedimų;
8. **nepanaudota kompetencija ir žinios**. Įmonė gerai nepažįsta savo darbuotojų ir pilnai neišnaudoja jų žinių bei kompetencijų. Toks žmonių gebėjimų neįvertinimas gali turėti blogą poveikį įmonei.

*Lean* sistemai yra svarbios tik tos veiklos, už kurias klientas ketina tiesiogiai arba netiesiogiai susimokėti. Todėl labai svarbu išsigryninti vertę kuriančias veiklas, o visas kitas veiklas kuo greičiau pašalinti arba bent jau sumažinti iki minimumo. „*Lean* sistemos tikslas – tiksliai apibrėžti vartotojų reikalavimus ir pastoviai pašalinti praradimus – nuostolius iš proceso tol, kol produktas ar paslauga taps tobuli žvelgiant iš vartotojų pozicijų“ [34].

*Lean* metodai yra orientuoti į vertės kūrimą turint minimalius išteklius ir sąnaudas, todėl visi darbai yra skirstomi į tris tipus [34]:

1. **vertę kuriantis darbas** – darbas, kuris yra pagrindinis gamybos procese kuriant produktą ir už kurį vartotojas pasiruošęs mokėti;
2. **atsitiktinis darbas** – darbas, kuris yra būtinas gamybos procese, tačiau tiesiogiai pridėtinės vertės gaminiui nekuria.
3. **gryni nuostoliai** – tai visi darbai, kurie nekuria jokios vertės ir yra nebūtini bei privalo būti pašalinti.

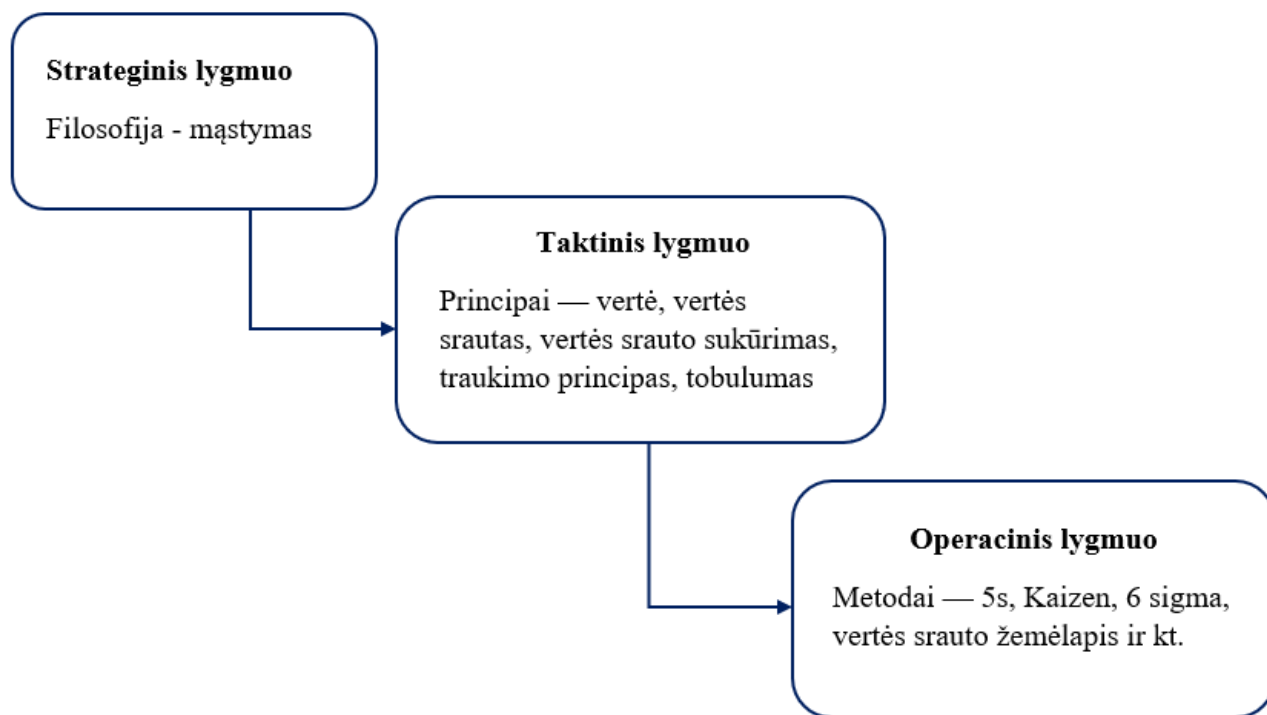
Įmonės, savo veikloje taikančios *Lean* metodus, gamybos procese atlieka pridėtinės vertės analizę, kuria siekia apskaičiuoti susidarančių atliekų kiekį. Anot B. Modarress [20] visas gaminio pagaminimo laikas yra skirstomas į pridėtinę vertę gaminiui kuriantį ir pridėtinės vertės nekuriantį laiką. Pridėtinę vertę kuriantis laikas yra apibūdinamas kaip veikla, kurios metu iš atskirų medžiagų yra pagaminamas gaminy. Pridėtinę vertę nekuriantis laikas, tai tokia veikla kaip medžiagų transportavimas, įvairūs laukimai, patikrinimai.

J. P. Womack‘as ir D.T. Jones‘as [33] ištyrė, kad įdiegus *Lean* metodus gamybos įmonėje, galima pasiekti šių naudų:

- padvigubinti darbo našumą;
- 90% sumažinti pralaidumą;
- 90% sumažinti atsargas;
- 50% sumažinti klaidas;
- sumažinti sužalojimų skaičių.

Vieni mokslininkai [2] *Lean* sistemą apibūdina kaip verslo ir gamybos filosofiją, kuri pašalina atliekas gamybos procese bei sutrumpina laiką nuo užsakymo pateikimo iki produkto atidavimo. Įmonė sėkmės gali pasiekti tik tuo atveju jei į *Lean* sistemą žiūrės kaip į tam tikrą filosofiją. Kiti mokslininkai [3] ją apibūdina kaip tam tikrų principų taikymą. Bicheno ir Holweg‘as [48] savo knygoje *Lean* sistemą charakterizuoja kaip įvairių metodų ir įrankių taikymą siekiant pagerinti gamybą ir sumažinti atliekas.

Apibendrinant įvairių mokslininkų *Lean* sampratą, galime daryti išvadą, kad *Lean* sistema yra daugiamatė ir gali būti apibūdinama įvairiais lygiais. Žiūrint strateginiu lygmeniu ji apibūdinama kaip filosofija ir mąstymas, taktiniu lygmeniu išreiškiama per įvairius principus (vertė, vertės srautas, tobulumas ir kt.), o operaciniu lygmeniu realizuojama per metodus ir įrankius (žr. 2 pav.) [5].



2 pav. Daugiamatė *Lean* sistemos esmė [5]

Apibendrinant *Lean* sampratą, galima teigti, jog *Lean* sistemai svarbiausia sumažinti nuostolių, vertės nekuriančio darbo, išteklių bei sąnaudų kiekį ir kiek įmanoma labiau padidinti gamybos produktyvumą. *Lean* sistema yra puikus įrankis, kuriuo galima analizuoti procesus ir vėliau juos tobulinti.

## 1.2. *Lean* sistemos praktinis pritaikomumas

Svarbi *Lean* savybė yra lankstumas, todėl ši sistema sėkmingai taikoma įvairiose srityse: sveikatos priežiūros, prekybos, informacinių technologijų, transporto, gamybos ir tiekimo grandinėse, komerciniame ir viešajame sektoriuje [38].

*Lean* gamybos sistema, kurią sukūrė Japonijos automobilių įmonė, buvo įdiegta beveik visose pasaulio šalyse dėl kainos, kokybės, lankstumo ir greito reagavimo požiūrio [21].

Pena, Ferreira ir kiti [25] atliko tyrimą elektrinių transporto priemonių įkroviklius gaminančios įmonės viename iš skyrių. Pagrindinės šios įmonės problemos buvo prastovos dėl medžiagų trūkumo, gamybos kontrolės nebuvimas ir prekybos centro dezorganizacija. Pritaikius *Lean* gamybos metodus buvo sukurtos tiekimo ir užsakymų formavimo procedūros, sumažintos gamybos prastovos, įdiegta gamybos kontrolės sistema. Įgyvendinus numatytus tobulinimo veiksmus buvo pastebėta, kad gamybos efektyvumas pagerėjo net 14,9%.

P.Ribeiro ir kiti [28] atliko tyrimą plastikines automobilių detales gaminančioje įmonėje. Pagrindiniai šios įmonės tikslai buvo sutrumpinti ciklo laiką, padidinti gamybos našumą bei sumažinti skundų

skaičių. Šiems tikslams įgyvendinti įmonėje buvo įdiegtas 5s metodas, vizualinis valdymas, standartinis darbas, atliktas linijos balansavimas. Įdiegus šiuos *Lean* metodus buvo pastebėta, kad net 70% sutrumpėjo transportavimo laikas, taip pat padidėjo bendras įrenginių efektyvumas: 18% įpurškimo procese, 17% priekinių buferių dažymo linijoje ir 16% ratų gautų dažymo linijoje. Šių metodų įdiegimas turėjo teigiamą efektą defektų mažinimo bei kokybės gerinimo procese, kuriant švaresnę ir saugesnę darbo aplinką.

L.Mulugeta [22] atliko tyrimą Etiopijos drabužių gamybos įmonėje, kurios pagrindinės problemos buvo ilgas gamybos laikas, netolygus gamybos linijų darbas, didelis atliekų kiekis. Išanalizavus gamybos procesą ir pritaikius *Lean* metodus, tokius kaip gamybos linijų balansavimas, darbo standartizavimas, buvo stebimi teigiami gamybos parametrų pasikeitimai. Ciklo laikas buvo sumažintas beveik 33%, gamybos laikas sutrumpėjo beveik 12%, o produktyvumas padidėjo net 16,7%.

Derinant kelis *Lean* metodus (*PDCA*, *5s* ir *5 kodėl+2 kaip*) tekstilės pramonėje buvo pagerintas įmonės funkcionalumas ir konkurencingumas. Pritaikius šiuos metodus įmonės veikloje pagerėjo gamybos produktyvumas, sumažėjo atliekų kiekis, padidėjo gaminių kokybė. Kartu buvo standartizuotas gamybos procesas, kuris atnešė finansinės naudos įmonei [23].

*Lean* sistemos metodai yra plačiai taikomi gamybos įmonių siekiant pagerinti darbo efektyvumą, kokybę. Taip pat buvo pastebėta, kad įdiegus *Lean* metodus pagerėjo ne tik gamybiniai rodikliai, tačiau padidėjo įmonės pelnas bei sumažėjo darbuotojų nuovargis [33]. Todėl galima daryti išvadą, kad *Lean* metodų įdiegimas turi teigiamą efektą ne tik gamybos procesui ar įmonės finansinei padėčiai, tačiau yra naudingas ir darbuotojų socialinei gerovei. *Lean* sistema yra veiksminga priemonė, kuri įmonėms padeda nustatyti vertės nekuriančią veiklą, ją pašalinti ar bent sumažinti, siekiant padidinti gamybos efektyvumą ir įmonės pelną [24].

### 1.3. *Lean* metodai

Šiuo metu pasaulyje įmonės susiduria su didele konkurencija dėl nuolat kintančių rinkos sąlygų [4]. Didžioji dalis organizacijų siekia tobulumo, efektyvumo bei aukštos produkto ar paslaugos kokybės. *Lean* sistema siūlo įvairius metodus ir įrankius, kurie leistų padidinti gamybos efektyvumą, atliekų mažinimą ir taip įmonė taptų konkurencingesnė rinkoje [4]. Todėl priklausomai nuo veiklos srities, darbo principų ar vietos įmonės pritaikė savo veikloje *Lean* sistemos metodus. Dažniausiai įmonių veikloje pritaikomi ir naudojami yra šie metodai: *Kaizen*, *Kanban*, *5s*, *Just in time*, *6 sigma*, *PDCA*.

Skirtingus *Lean* metodus galima pritaikyti skirtingų problemų sprendimui. Vieni metodai sprendžia atliekų šalinimo problemą, kiti — gamybos procesų standartizavimą ar išlaidų mažinimą [6]. Pirmoje lentelėje pavaizduoti dažniausiai pramonėje naudojami metodai ir jų sprendžiamos problemos.

1 lentelė. *Lean* metodai ir jų sprendžiamos problemos [6]

Lean metodas	Sprendžiama problema
5s	Standartizacija, sauga darbo vietoje
Andon	Vizualinis valdymas
Heijunka	Traukimo principas, išlaidų mažinimas
Kanban	Traukimo principas, išlaidų mažinimas
Vieno srauto	Srauto sukūrimas, tolygus gamybos procesas

Tęsinys kitame puslapyje

1 lentelė. Tęsinys

Lean metodas	Sprendžiama problema
Poka Yoke	Nuliniai defektai, trūkumų šalinimas
Atliekų vertinimas	Atliekų šalinimas
6 sigma	Gamybos rodiklių gerinimas
Kaizen	Nuolatinis gamybos tobulinimas

Bet kokioje įmonėje norint užtikrinti gamybos efektyvumą ir lankstumą būtina atitinkamai suprojektuoti darbo vietas, kurios užtikrintų sklandų darbą. Darbo vietos išdėstymas pagal *Lean* sistemą leidžia įmonėms pasiekti didesnių gamybos rodiklių bei pagerinti kokybės lygį [9]. Gamybos įmonės pamėgo *Lean* metodus, kaip tobulinimo įrankius, nes šio metodo tikslas yra „reformuoti esamus gamybos metodus ir procesus mažinant atliekų kiekį, kad būtų geriau sumažintos sąnaudos, gerinama kokybė, didinamas pelnas ir maksimaliai padidinama kliento vertė“ [35]. *Lean* sistemos įrankiai „buvo sukurti siekiant maksimaliai išnaudoti pajėgumus, sumažinti ciklo laiką, pristatymo laiką ir atsargas, padidinti produkto vertę“ [35].

M.T.Goncalves'as ir K.Salonitis [9] sukūrė efektyvios darbo vietos vertinimo įrankį, kuriame nurodyti reikalavimai darbo vietos projektavimui:

- **sveikata ir sauga.** Darbo vieta turi būti parengta pagal darbuotojo individualius poreikius (aukštis, dydis, pasiekiamumas). Be to reikia atkreipti dėmesį į vibraciją ir kiek įmanoma labiau sumažinti;
- **darbo aplinka, švara ir tvarka.** Darbo kokybei labai svarbu tinkamas apšvietimas ir aplinkos temperatūra, žemas triukšmo lygis. Švarios ir tvarkingos darbo vietos gali užtikrinti saugų ir sklandų darbą, todėl visi įrankiai, dalys ir kitas reikalingas inventorių privalo būti sužymėtose ir jiems priskirtose vietose;
- **atliekų šalinimas.** Darbo vietos išdėstymas turi būti patogus ir efektyvus, nes blogai suprojektuota darbo erdvė lemia papildomų atliekų atsiradimą;
- **atsargų ir medžiagų logistika.** Gamyboje reikia vengti perteklinio kiekio atsargų, nes jas reikia sandėliuoti, o sandėliavimas yra papildomos išlaidos;
- **lankstumas.** Šiuolaikinėse gamybos linijose yra taikomi mišrūs gamybos modeliai, todėl reikia lanksčiai pritaikyti įvairius metodus norint nepakenkti gamybos efektyvumui;
- **vizualus valdymas.** Tai pagrindinis taupios gamybos būdas ir yra būtinas norint užtikrinti gamybos standartizavimą;
- **kokybė.** Pagrindinis visų gamybos įmonių rodiklis yra kokybės gerinimas. Tam pasiekti gali būti naudojamos naujausios technologijos, kuriama ergonomiška darbo aplinka.

Darbo vietos, kuriamos pagal šiuos reikalavimus, lemia įmonių veiklos ir kokybės rodiklių didėjimą. Nors pagrindinis *Lean* metodų principas yra gamybos rodiklių gerinimas, tačiau reiktų atkreipti dėmesį ir į darbuotojų saugą. Sauga darbo vietoje ir darbuotojų sveikata visada buvo įmonių rūpestis. Laikas ir ištekliai, sugaišti nelaimingų atsitikimų metu, taip pat priskiriami švaistymams. Todėl buvo nuspręsta ieškoti ryšio tarp *Lean* metodų ir darbuotojų saugos. Atlikus literatūros apžvalgą [30] buvo išsiaiškinta, kad teigiamą įtaką darbo saugai ir darbuotojų sveikatai daro ne tik 5s metodas, bet ir *poka-yoke*, vizualinio valdymo įrankiai bei problemų sprendimo metodas. Tačiau taip pat buvo prieita išvados, kad „saugos problemų sąsajos su kitomis *Lean* sistemomis vaizdas yra neryškus“ [26].



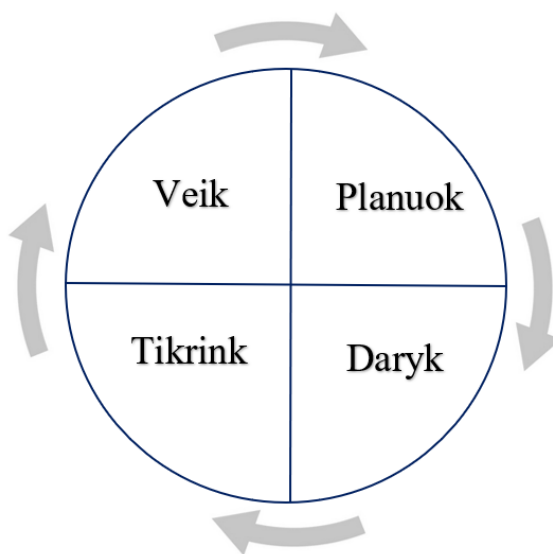
### 1.3.1. *Kaizen*

*Kaizen* – tai nuolatinio tobulinimo sistema, kuri įtraukia visus organizacijos darbuotojus, nuo vadovo iki paprasto darbininko. *Kaizen* daugiausia dėmesio skiria produktyvumo gerinimui, atliekų šalinimui bei nuolatiniam veiklos ir procesų tobulinimui [37].

*Lean* gamyba yra pagrįsta *Kaizen*, kaip nuolatinio tobulėjimo, idėja. *Kaizen* strategija siekiama įtraukti įvairių funkcijų ir lygių darbuotojus į problemų sprendimus ar procesų tobulinimus [43]. Taikant *Kaizen* sistemą gamybos procesuose, dažniausiai naudojami metodai yra vertės srauto žemėlapiai ir *5 kodėl*. Šie metodai padeda greičiau nustatyti problemų atsiradimo priežastis bei jas pašalinti.

Taip pat *Kaizen* veikloje labai svarbus metodas yra *PDCA* arba *Demingo* ratas. Tai metodas, kuris leidžia nuolatos vertinti ir tobulinti procesus. *PDCA* metodą sudaro 4 žingsniai (žr. 3 pav.) [8]:

1. **planuok** (angl. plan) – nustatyti ir suprasti problemą bei apibrėžti tobulinimo tikslus. Šiame etape svarbiausia išnagrinėti visą turimą informaciją, sugeneruoti idėjas ir sukurti tvirtą įgyvendinimo planą;
2. **daryk** (angl. do) – praktiškai įgyvendinti planą nedidelio masto gamyboje. Įsitikinama, kad atlikti pakeitimai pasiteisina ir bus gaunamas norimas rezultatas;
3. **tikrink** (angl. check) – išanalizuoti gautus rezultatus ir palyginti su išsikeltais tikslais. Šiame etape įvertinamas idėjos sėkmingumas;
4. **veik** (angl. act) – pašalinti neatitikimus ir įgyvendinti sėkmingus sprendimus.

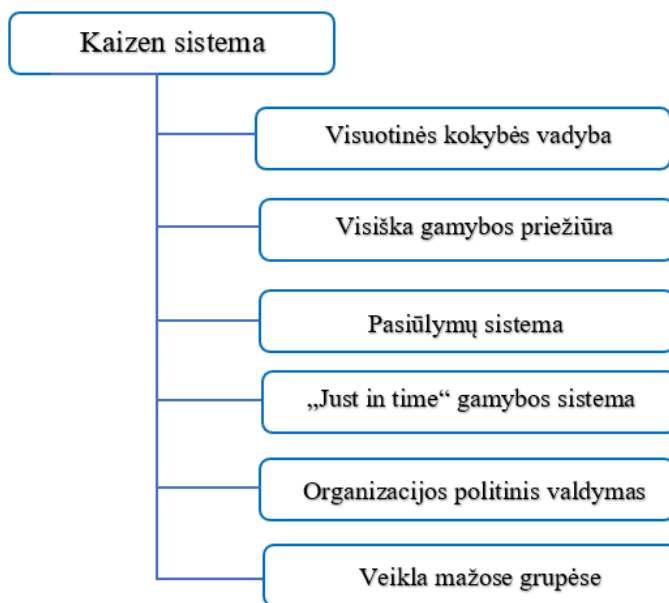


3 pav. *Demingo* ratas (*PDCA*) [8]

*PDCA* yra ciklas, todėl kartojamas tol, kol pasiekiamas norimas tikslas ir geriausias rezultatas. *PDCA* taip pat apibūdinama kaip kritinio mąstymo ugdymo sistema. Todėl gali būti naudojama diegiant naujoves bei sprendžiant iškilusias problemas [45].

*Kaizen* principų taikymas tai ne tik dialogas tarp to paties hierarchinio lygio darbuotojų, bet ir nuolatinis bendravimas vadovo su darbuotoju [37]. Darbuotojui labai svarbus yra grįžamojo ryšio gavimas.

Titu [37] pateikia *Kaizen* metodus (žr. 4 pav.) , kurie yra vertingos priemonės siekiant padidinti produktyvumą bei įgyti konkurencinį pranašumą.



4 pav. *Kaizen* sistemos metodai [37]

Atlikę tyrimus Titu ir kiti [37] patvirtino faktą, kad *Kaizen* valdymo sistemos įgyvendinimui nereikia jokių didelių investicijų ar išlaidų, o tik didesnio dėmesio detalėms ir praktinėms priemonėms. Ši sistema paremta gamybos procesų ir darbuotojų veiklos gerinimu.

*Kaizen* metodas taip pat dažnai naudojamas sąnaudų skaičiavime bei jų mažinime. Ši veikla yra orientuota į „nuolatinį nedidelį prie auginį produkto sąnaudų patobulinimą gamybos etape, o ne tobulinimą projektavimo ir kūrimo etape“ [20]. Pirmiausia yra nustatomas aiškus sąnaudų mažinimo tikslas, tuomet suburiama darbo grupė ir galiausiai ieškoma būdų kaip įgyvendinti išsikeltus tikslus. Yra išskiriami du pagrindiniai veiksniai, kurie lemia sėkmingą *Kaizen* sąnaudų skaičiavimą. Pirmasis, tinkamai parinkta darbo grupė, kuri bet kokiais būdais sieks įgyvendinti išsikeltus tikslus. Antrasis, *Kaizen* metodas turi tapti nuosekliu ir kartojamu procesu, taip bus lengviau pasiekiami išsikelti tikslai.

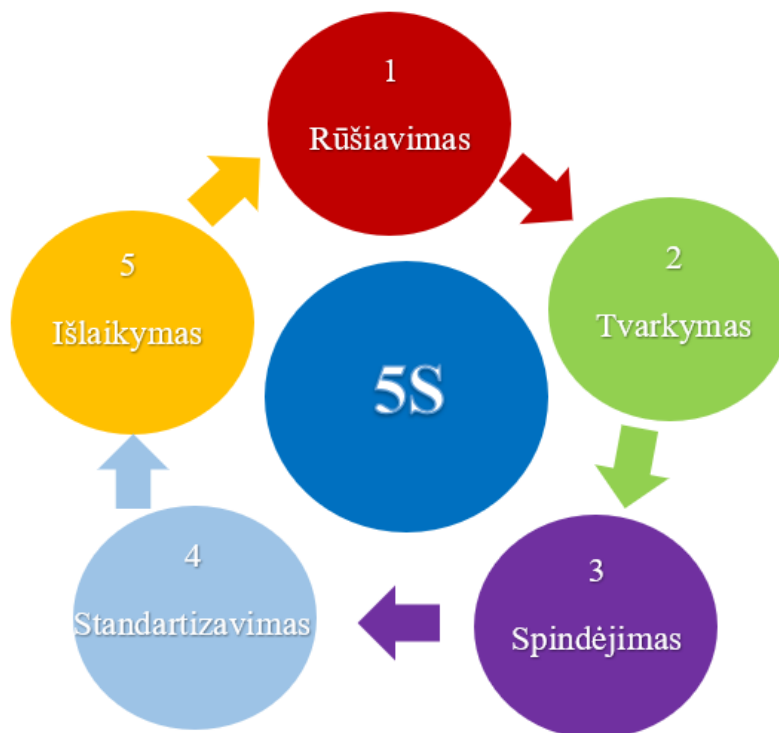
Vienas iš *Kaizen* metodo įrankių yra standartizuotas darbas. Tai vienas galingiausių, bet rečiausiai naudojamų įrankių, kuris pagerina proceso tolygumą, kartu padidindamas produktų kokybę [19]. Standartizacija leidžia įmonėms sumažinti laiko švaistymą bei finansines išlaidas, nes visiems gamybos procesams sukūrus darbo standartus yra išvengiama gamybos defektų. Standartizuoto darbo tikslas yra smulkiai ir eilės tvarka aprašyti kiekvieną gamybos žingsnį, siekiant išvengti klaidų ir gamybinių atliekų bei efektyvinti gamybą.

### 1.3.2. 5s

5s metodas tai *Lean* sistemos įrankis skirtas atliekomis pašalinti, darbo vietai švarinti ir kartu nelaimingiems atsitikimams organizacijoje mažinti. Šio įrankio pagrindinis tikslas yra didinti gamybinio proceso efektyvumą ir produkto ar paslaugos kokybę bei sumažinti klaidų skaičių [6]. „5s metodas pagrįstas prielaida, kad organizuotumas, tvarka, švara, standartizacija ir disciplina darbo vietoje yra esminės sąlygos aukštos kokybės produktų ir paslaugų gamybai.“ [19]

Šį įrankį (žr. 5 pav.) apibūdina penki japonų kalbos žodžiai [7]:

1. **seiri (liet. rūšiavimas)** – pašalinti visus nereikalingus daiktus paliekant tik naudojamus. Taip užtikrinama saugesnė ir švaresnė darbo vieta. Vykiant rūšiavimo procesą reikia užduoti tokius klausimus: kam reikalingas? Kaip dažnai reikalingas? Kada paskutinį kartą reikėjo? Atsakius į šiuos klausimus visos darbui reikalingos priemonės yra surūšiuojamos pagal naudojimo dažnumą. Šio etapo teikiami pranašumai yra atsargų mažinimas, geresnis darbo vietos išnaudojimas [30];
2. **seiton (liet. tvarkymas)** – darbo vietos tvarkos palaikymas kai kiekvienas daiktas turi savo vietą ir yra joje laikomas. Visi naudojami įrankiai bei medžiagos privalo būti išdėliotos taip, kad būtų sugaišta mažiausiai laiko jas pasiekti. Retai naudojami daiktai sandėliuojami atskirai, pažymėjus jų saugojimo vietą;
3. **seiso (liet. spindėjimas)** – švaros ir tvarkos palaikymas darbo vietoje. Darbo gale visos darbo vietos turi būti sutvarkytos, o įrankiai grąžinti į jiems priskirtas vietas. Reguliarus įrangos bei įrankių valymas leidžia greičiau pastebėti gedimus ir juos pašalinti kol nepadaryta didesnė žala. Šio etapo privalumai yra įrankių ir įrangos tausojimas;
4. **seiketsu (liet. standartizavimas)** – įmonės tvarkos palaikymo taisyklių nustatymas ir sukūrimas, gamybos procese naudojamų metodų dokumentavimas. Svarbiausias siekis sumažinti paieškos laiką ir išvengti klaidų;
5. **shitsuke (liet. išlaikyti)** – nuolatinis naujų procedūrų pritaikymas. Svarbiausia šį metodą paversti darbuotojų įpročiu.



5 pav. 5s įrankis [19]

Įdiegiant organizacijoje 5s metodą siekiama pagerinti darbo vietos saugą ir ergonomiką, darbo aplinkos kokybę, sumažinti klaidų skaičių, pašalinti atliekas, sutrumpinti laukimo ir paieškos laiką ir padidinti gamybos procesų efektyvumą [34]. „Privalumai, kuriuos galima pasiekti įdiegus 5s metodą, yra šie: kokybei palankios darbo aplinkos kūrimas, klaidų pašalinimas, atliekų mažinimas, laukimo

ir paieškų laiko mažinimas, darbo eigos ir darbo vietų skaidrumas ir aiškumas, standartų sukūrimas, visų darbuotojų darbo sauga ir ergonomika.“ [7]

5s metodas, susidedanti iš penkių specifinių darbo organizavimo veiklų, yra vienas iš labiausiai paplitusių kokybės praktikų. Šis metodas plačiai taikomas tose organizacijose, kuriose tam tikras išdėstymas ir judėjimas yra būtinas siekiant didesnio efektyvumo ir aukštesnės kokybės. Dėl šios priežasties 5s metodas taikomas ne tik gamybinėse įmonėse, bet ir įvairios paskirties parduotuvėse [26]. Apibendrinant galima teigti, kad 5s metodo pagrindinis tikslas yra sukurti vizualią darbo vietą [7].

Veres, Marian'as ir kiti [38] atlikę tyrimą automobilių laidų gamybos įmonėje pastebėjo, kad įdiegus 5s metodą pagerėjo veiklos rezultatai. Be to gamykloje tapo švaresnės darbo vietos, sumažėjo atliekų ir sąnaudų, pagerėjo gaminių kokybė, o pagamintos prekės maksimaliai patenkino kliento poreikius. Šie mokslininkai priėjo prie išvados, kad 5s metodas yra atspirties taškas visoms įmonėms, kurios nori pasiekti aukštus tikslus.

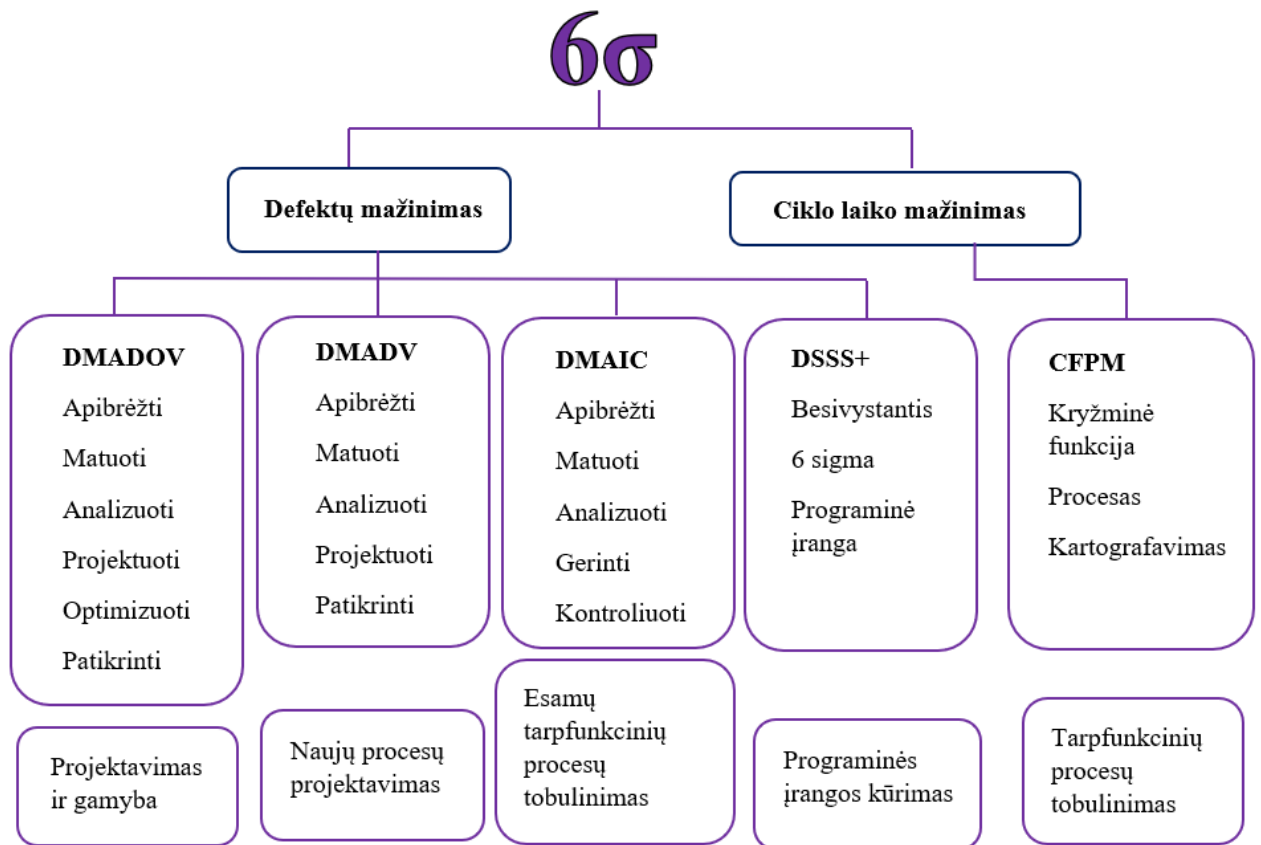
Apibendrinant galima teigti, kad *Lean* sistemos įrankis 5s yra naudingas visų tipų įmonėms, gamykloms ir organizacijoms. Jis sukuria tvarkingą srautą, kad pagerintų darbo sąlygas ir sumažintų bereikalingą laiko, erdvės ir žmoniškųjų išteklių švaistymą. 5s iš esmės yra vizualinio valdymo sistema, kuri sukuria savaime suprantamą, savarankišką ir įkvepiančią darbo aplinką [21].

### 1.3.3. 6 sigma

6 Sigma paremtas statistiniais metodais, skirtais sistemingai analizuoti procesus. Šis metodas yra skirtas procesų ar produktų defektams šalinti, procesų skirtumams mažinti siekiant padidinti verslo efektyvumą ir suteikti vertę klientams. 6 Sigma metodas prasideda nuo kliento, išsiaiškinant jo poreikius, ir po to gamybos procese pašalinant viską, kas neatitinka kliento lūkesčių [13]. *Lean 6 Sigma* – tai technika, kuri gerina našumą ir didina vertę akcininkams, pasiekdama aukščiausią klientų pasitenkinimo, kainos, procedūrų greičio, kokybės ir investuoto kapitalo patobulinimų lygį [15].

6 Sigma metodas buvo sukurtas apie 1990 metus „Motorola“ organizacijoje, kai jie pirmieji vakaruose pritaikė savo gamyboje ir pavadino 6 Sigma vardu [27]. Nors šios sistemos pagrindą sudaro dar pokario metais Japonijoje susiformavusi visuotinė kokybės vadyba. Sigma yra graikų abėcėlės raidė, kuri apibūdina kintamumą. Todėl 6 sigma kokybės lygis apibūdinamas kaip 3,4 defekto iš 1 milijono gaminių. Tai beveik tobulas gamybos procesas, kurio našumas 99,99% [15]. Raidė sigma taip pat žymi ir standartinį nuokrypį [13]. Statistikoje standartinis nuokrypis parodo, kiek duomenys yra nutolę nuo vidurkio.

6 Sigma metodas sprendžia 2 pagrindines problemas, kylančias gamyboje, tai defektų mažinimas ir ciklo laiko trumpinimas [13]. Šis metodas turi ne vieną metodiką ir visos jos yra skirstomos pagal tai kokią problemą sprendžia ir kur yra pritaikomos (žr. 6 pav.).



**6 pav.** 6 sigma metodo klasifikacija [13]

6 Sigma garsėja kaip metodas, sprendžiantis sunkiausias didelių įmonių gamybos problemas. Šis metodas skirtas nustatyti ir apibrėžti pagrindinius veiklos trūkumus, jų atsiradimo priežastis ir pritaikius tinkamiausias priemones jas pašalinti [42]. Valdant įmonės veiklą, dažniausiai šis metodas remiasi cikline penkių fazių kokybės gerinimo metodika DMAIC [31]:

- **apibrėžti** (angl. define) – šiame etape yra nustatomi projekto tobulinimo tikslai, taip pat įvardinamos problemos, kurias būtina išspręsti;
- **išmatuoti** (angl. measure) – šiame etape surenkama visa informacija apie procesą, išskiriami gamybos procesų matavimams tinkami rodikliai;
- **analizuoti** (angl. analyse) – analizuojami gauti matavimų rezultatai, siekiama išsiaiškinti pagrindines problemų priežastis;
- **gerinti** (angl. improve) – įgyvendinami gauti sprendimai, optimizuojamas gamybos procesas;
- **kontroliuoti** (angl. control) – proceso kontroliavimas keičiant procedūras. Šis etapas tampa nuolatiniu, kai proceso rezultatai periodiškai stebimi ir siekiama užtikrinti nuolatinį našumo pagerėjimą.

DMAIC metodikoje yra naudojami įvairūs įrankiai, kurie padeda išsiaiškinti kylančias problemas bei jas pašalinti [11]. Iš viso yra priskaičiuojama net 28 įvairūs loginiai ar matematiniai įrankiai, tokie kaip *Pareto* analizė, *Ishikawa* diagrama, gedimų režimo ir poveikio analizė, statistinio proceso valdymas, prioritetų matricos, duomenų diagramos, eksperimentų parengimas bei atlikimas ir kiti. *Ishikawa* diagrama, dar žinoma kaip priežasties ir pasekmės diagrama, „padeda sistemingai surinkti problemų priežastis ir padarinius. *Pareto* analizės tikslas – nustatyti problemų prioritetus, siekiant

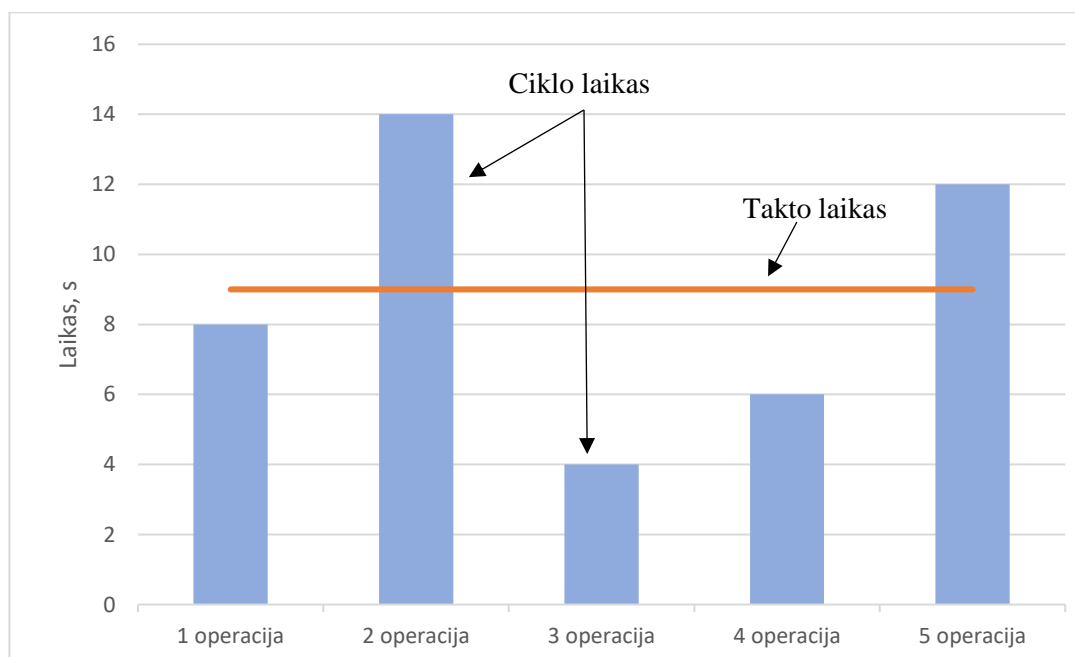
veiksmingai sumažinti jų neigiamą poveikį pramonėje. Bendras įrangos efektyvumas siekia apskaičiuoti prieinamumą, našumą ir kokybę“ [36].

Pasak mokslininko [32] *6 Sigma* metodas „yra vienas iš kokybės gerinimo strategijų, kurį galima integruoti į šiuolaikinę gamybą, siekiant pagerinti procesus ir kokybę“. Šis metodas gali būti naudojamas tiek naujame procese, kai gaminys gaminamas pirmą kartą, tiek jau veikiančiame procese. Taikant *6 Sigma* įrankius užtikrinama, kad gaminys ar paslauga atitiktų vartotojo keliamus reikalavimus.

*6 Sigma* metodas turi daug įvairiausių įrankių iš kurių vienas yra linijos balanso normos (LBR) skaičiavimas. Šis įrankis skirtas gamybos procese šalinti ergonomines problemas, sutrumpinti ciklo laiką, pagerinti judėjimo srautus, taip pat sujungti visas darbo vietas ir naudojamą įrangą į vieną erdvę. Atlikus tyrimą buvo pastebėta, kad darbo vietos pertvarkymas turi didelės įtakos įmonės veiklos ir kokybės rodikliams. . Ryžtingi darbo vietos pakeitimai gali padidinti gamybos našumą net iki 10%, kai yra naudojama ta pati darbo jėga, tačiau keičiamas įrenginių išdėstymas ir darbo metodika [4].

Atliekant linijos balansavimą bei skaičiuojant LBR labai svarbus rodiklis yra takto laikas, kuris nurodo gamybos dažnumą – laiką, per kurį turi būti pagamintas vienas gaminys, kad būtų išpildyti visi klientų užsakymai. Takto laikas priklauso nuo užsakymų skaičiaus, todėl gali kisti kiekvieną mėnesį [35]. Užduočių atlikimo laikas glaudžiai susijęs su skirtingu darbuotojų darbo tempu, turimais įgūdžiais ir motyvacija. Todėl pertvarkius darbo vietą ir pagerinus judėjimo srautus tarp įrenginių ne visada gaunamas norimas gamybos našumo padidėjimas.

Įmonėms, bandančioms pagerinti darbo efektyvumą bei produktyvumą, būtina atsižvelgti į gamybos ciklo laiką. Ciklo laikas apibrėžiamas kaip laiko intervalas, kuris reikalingas pagaminti vienam gaminiui viename proceso žingsnyje.



7 pav. Ciklo ir takto laiko vaizdavimas [44]

Įvairiose gamybos įmonėse ciklo ir takto laikai gali skirtis, todėl atsiranda laiko švaistymai ir nukenčia darbo našumas [39]. Jeigu ciklo laikas viršija takto laiką ilgėja gaminio pagaminimo laikas,

gresia gaminamų produktų trūkumas ir įsipareigojimų neįvykdymas. Jei ciklo laikas yra atliekamas greičiau tuomet atsiranda laiko švaistymas, pilnai neišnaudojami darbuotojai. Taip pat atsiranda perprodukcijos tikimybė, o tai lemia didesnius gamybinių medžiagų suvartojimo kiekius bei sandėliavimo išlaidas. Norint, kad būtų sumažintas švaistymo ir atliekų kiekis, reikia gamybos procesą subalansuoti taip, kad ciklo laikas būtų kuo artimesnis takto laikui.

H.K.Banga ir kiti [16] atliko tyrimą lakštinio metalo detalių gamybos įmonėje norėdami pasiūlyti galimas alternatyvas, kurios sutrumpintų ciklo laiką ir padidintų surinkimo linijos našumą. Pirmas žingsnis norint įgyvendinti šiuos tikslus yra surinkimo linijos analizė. Atliekant linijos analizę atsižvelgiama į atliekamų operacijų kiekį, jų trukmę, atliekamų operacijų tipus ir jų seką, taip pat esamą linijos greitį. Atsižvelgiant į visas gamybos subtilybes ieškomi įvairūs sprendimo būdai, kurie greitai ir paprastai išspręstų kylančias problemas. Šiuo atveju buvo pasirinktas surinkimo linijos balansavimo metodas. Pritaikius šį metodą surinkimo ciklo laikas sumažėjo 8,44 sekundėmis, o surinkimo našumas padidėjo 151 detale per dieną.

Linijos balansavimas yra atliekamas daugelyje gamybos įmonių, nes šis metodas puikiai sprendžia tokias problemas, kaip atliekų mažinimas, laukimo laiko bei transportavimo sumažėjimas, įrangos optimalus išnaudojimas [17]. Šis metodas yra orientuotas į gamybos procesą, idealią gaminio kokybę, atliekų šalinimą, skaidrų ir lankstų gamybos procesą. Linijos balansavimo technika yra naudojama sukurti geriau veikiančią liniją, nes jos pagrindinis tikslas yra pasiekti panašų laiko ciklą kiekvienoje gamybos operacijoje [4].

Linijos balansavimas yra puikus įrankis, skirtas sumažinti darbuotojų darbo krūvio disbalansą, norint padidinti gamybinės linijos greitį. Lam'as, Toi ir kiti mokslininkai [17] atliko linijos balansavimą elektroninių plokščių surinkimo linijoje ir pastebėjo, kad perskirsčius darbus buvo pasiektas didesnis bendras darbo efektyvumas, 8% padidėjo gamybos našumas bei 7% sumažėjo atliekų kiekis. Tačiau yra ir neigiama šio proceso pusė, nes norint pasiekti šių rezultatų teko sumažinti darbuotojų skaičių net 25% [17]. „Surinkimo linijų balansavimas naudojamas ne tik darbo krūviui paskirstyti, bet ir sumažinti darbo vietų ir darbuotojų našą. Be to, tai sumažina atliekamą darbą ir taip pat palaiko sklandų srautą surinkimo linijoje.“ [1]

Atlikus literatūros analizę, buvo pastebėta, kad *Lean* metodai yra plačiai naudojami įvairiose srityse, nes turi didelę naudą įmonių veiklai ir darbuotojų gerovei. Tolimesniuose šio darbo skyriuose bus aptariama kokią naudą gavo įmonė „X“ savo gamyboje įsidiegusi *Lean* metodus.

## 2. Šildytuvų surinkimo linijos našumo tyrimo metodologija

### 2.1. Įmonės veikla

Norvegiško kapitalo įmonė „X“ yra įkurta 1948 m. ir gamina šildymo įrangą: buitinius ir komercinės paskirties elektrinius šildytuvus bei radiatorius, avalynės bei rankšluosčių džiovintuvus ir grotelines džiovykles. Didžioji dalis produkcijos eksportuojama į Norvegiją, taip pat eksportas vyksta į Bulgariją, Daniją, Švediją, Graikiją, Japoniją, Šveicariją, Latviją, Estiją bei kitas pasaulio šalis.

Įmonė gamina 9 skirtingų grupių elektrinius radiatorius, kurie vieni nuo kitų skiriasi galia, dydžiu, termostato tipu, valdymu bei galimybe prisijungti iš mobiliojo telefono. Tokie patalpų šildytuvai yra visiškai saugūs, nes turi apsaugą nuo perkaitimo, taip pat turi automatinę įsijungimąi temperatūrai nukritus.

Įmonės pagrindinė probleminė sritis buvo mažas elektrinių šildytuvų surinkimo efektyvumas. Dėl nuolat augančios šildytuvų paklausos įmonė nebesugebėjo užtikrinti reikiamo kiekio kokybiškų produktų. Todėl buvo nutarta pradėti naudotis šiais *Lean* metodais: *Kaizen*, *5s*, *standartizuotas darbas*, *6σ* įrankiu linijos balansavimu.

Šiame darbe nagrinėjama „Neo Basic“ grupės gaminių gamybos linijos balanso norma bei gamybos linijos našumas iki *Lean* metodų įdiegimo ir po įdiegimo. „Neo Basic“ grupę sudaro ekonomiškai ir efektyvūs šildytuvai su įmontuojamu skaitmeniniu termostatu. Kaip atrodo šios grupės gaminiai galima matyti 7 paveiksle. Šių šildytuvų galia yra nuo 400W iki 2000W ir gaminami standartinių spalvų: baltos, raudonos, juodos ir sidabrinės. Priklausomai nuo gaminio galios skiriasi ir pačio įrenginio dydis. Tai yra kuo didesnė galia, tuo didesni elektrinio radiatoriaus išmatavimai ir tuo ilgiau užtrunka gamybos procesas.



8 pav. „Neo Basic“ grupės šildytuvai



## 2.2. Šildytuvų surinkimo proceso eiga

Iš pradžių elektrinius šildytuvus nuo pradžios iki pat galo surinkdavo vienas žmogus. Gamybinė linija buvo pritaikyta taip, kad joje buvo keli surinkimo stalai, prie kurių dirbdavo operatoriai, o visos gaminiui reikalingos detalės judėjo gamybine konvejerio juosta. Tokia surinkimo linija turėjo net keletą nepatogumų. Pirmiausia darbuotojai turėjo mokėti visą šildytuvų surinkimo procesą, kokia detalė po kurios surenkama. Taip kildavo nesklandumų susirgus darbuotojui, nes greitai išmokyti kitą asmenį buvo beveik neįmanoma dėl proceso ilgumo ir sudėtingumo. Kitas nepatogumas tai, kad visas gaminio sudedamąsias dalis reikėjo atsivežti prie gamybinės linijos. Darbuotojas, turėjo stovėti linijos pradžioje ir ant konvejerio juostos dėti reikalingas detales eiliškumo tvarka. Kadangi gaminio surinkimą sudaro 30 - 40 operacijų, tai ir detalių reikėjo atitinkamai didelio kiekio. Tai sudarė didelius nepatogumus judėjimui gamybiniame ceche, nes buvo užstatyti praėjimo takai.

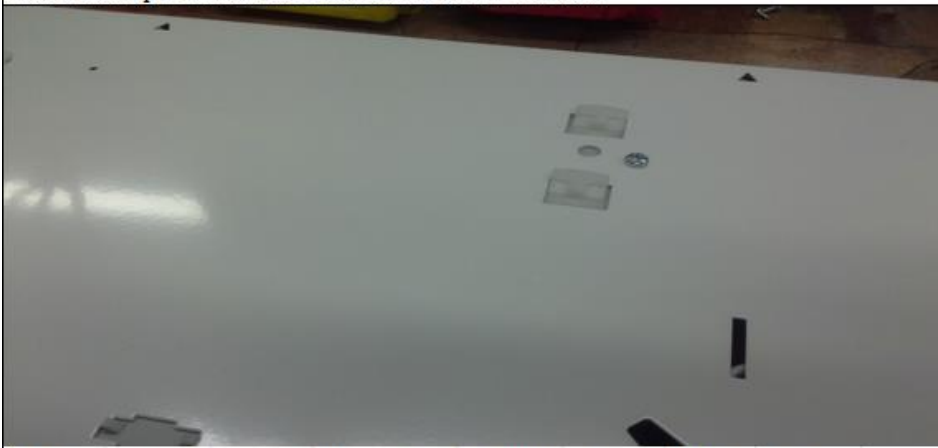
Didėjant užsakymų skaičiui ši surinkimo linija pasidarė per maža, tapo neįmanoma įvykdyti visų užsakymų ir buvo nuspręsta surinkimo liniją modernizuoti, įdiegiant šildytuvų surinkimo konvejerį (žr. 9 pav.). Svarstant įvairius modernizacijos variantus buvo priimtas sprendimas visą surinkimo procesą skaidyti į mažesnes dalis, kai kiekvienas darbuotojas atliks tik kelias operacijas. Šis sprendimas padėjo išspręsti net kelias buvusias problemas. Visų pirmą atsilaisvino praėjimo takai, nes visos detalės buvo išdėliotos prie skirtingų stalų. O kita, ne mažiau svarbi problema, tai darbuotojų pakeitimas ligos atveju. Tapo lengviau vieną darbuotoją pakeisti kitu, nes naują darbuotoją reikėjo apmokyti atlikti tik kelias operacijas.



9 pav. Modernizuotas šildytuvų surinkimo konvejeris

Įdiegus naują šildytuvų surinkimo konvejerį visą surinkimo procesą reikėjo standartizuoti. Vadinasi visą surinkimo procesą reikėjo išskaidyti į atskiras operacijas ir jas aprašyti eiliškumo tvarka, taip sudarant gaminio surinkimo instrukcijas (žr. 10 pav.). Kadangi įmonėje dirba įvairios kvalifikacijos ir skirtingų įgūdžių darbuotojai, todėl geriausias būdas pasiekti norimų rezultatų yra standartizuoti darbo procesą. Standartizuoto darbo esmė yra užtikrinti tolygų proceso darbą ir pasiekti geriausių rezultatų.

23. Prisukami plastikiniai elemento laikikliai 11099 varžteliais.



24. Dešinė paruošta panelė prisukama prie galinės plokštės dviem 11118 varžteliais.



**10 pav.** Standartizuoto proceso surinkimo instrukcijos fragmentas

Modernizuota šildytuvų surinkimo linija sudaryta iš 7 surinkimo stalų, prie kurių atliekama nuo 3 iki 10 operacijų. Skirtingų modelių šildytuvai skiriasi ne tik savo dydžiu ir galia, bet ir komplektacija. Atsižvelgiant į šias detales skiriasi ir surinkimo procesas. Norint visiškai surinkti „Neo Basic“ grupės šildytuvą modernizuotoje gamybos linijoje yra atliekamos šios operacijos:

1 stalas:

1. gaminio lipduko klijavimas,
2. „neuždengti“ lipduko klijavimas,
3. auselių laidams atlenkimas,
4. maitinimo laido įvedimas į galinę plokštę,
5. įžeminimo atlenkimas (didesnės galios šildytuvuose),
6. jungtuko įstatymas,
7. apsaugos įstatymas į galinę plokštę,
8. spyruoklės įstatymas į galinę plokštę (didesniuose šildytuvuose dedasi 2 spyruoklės).

2 stalas:

1. laidų pynės su saugikliu montavimas,
2. kaitinimo elemento montavimas,
3. elektrinio galios plato montavimas.

3 stalias:

1. pritvirtinamas temperatūros NTC daviklis,
2. maitinimo laido prijungimas,
3. elektrinio galios plato pritvirtinimas prie korpuso,
4. termostato prijungimas,
5. galios plato bei kaitinimo elemento prisukimas prie korpuso.

4 stalias:

1. termostato įdėjimas į panelę bei jo veikimo patikrinimas,
2. panelės su termostatu prisukimas prie korpuso,
3. laidų sutvarkymas.

5 stalias:

1. priekinės skardos priklijavimas prie branduolio,
2. priekinės skardos papildomas prisukimas prie galinės plokštės,
3. klijavimo vietose spaustukų uždėjimas.

6 stalias:

1. maitinimo laido susukimas,
2. termostato programos patikrinimas,
3. aukštos įtampos pramušimo testo matavimas,
4. įžeminimo varžos matavimas (didesnės galios šildytuvuose),
5. jungtuko pakavimas į burbulinę plėvelę,
6. spaustukų nuėmimas.

7 stalias:

1. pakavimo dėžės pasidėjimas ant stalo,
2. laikiklių, varžtų bei instrukcijos sudėjimas į pakuotę,
3. gaminio apvilkinimas plėvele bei sudėjimas į pakuotę,
4. kartoninio laikiklio įdėjimas,
5. pakuotės uždarymas,
6. pakuotės pernešimas ant paletės.

Prieš pradėdant gaminio surinkimo procesą yra atliekami papildomi darbai, tokie kaip gaminio pakuočių lankstymas, broko tikrinimas bei kaitinimo elemento pasiruošimas. Norint paruošti kaitinimo elementą surinkimui reikia paimti pati kaitinimo elementą ir įstatyti metalinį laikiklį. Ant metalinio laikiklio užmauti plastikinį laikiklį, tada apversti kaitinimo elementą ir užlankstyti metalinio laikiklio kojeles. Taip paruoštas kaitinimo elementas bus naudojamas šildytuvų surinkimui.

Po atlikto surinkimo linijos balanso pasikeitė kai kurių operatorių atliekamos surinkimo operacijos. Į bendrą gaminio surinkimo liniją buvo pridėti kaitinimo elemento surinkimo darbai, taip pat gaminio pakavimui naudojamų dėžučių lankstymas. Po atlikto linijos balansavimo šildytuvų surinkimo procesas prie atskirų stalų atrodo taip:

1 stalas:

1. gaminio lipduko klijavimas,
2. „neuždengti“ lipduko klijavimas,
3. auselių laidams atlenkimas,
4. maitinimo laido įvedimas į galinę plokštę,
5. jungtuko įstatymas,
6. apsaugos įstatymas į galinę plokštę,
7. spyruoklės įstatymas į galinę plokštę (didesniuose šildytuvuose dedasi 2 spyruoklės).

2 stalas:

1. kaitinimo elementų paruošimas: įkalami metaliniai laikikliai ir ant jų užmaunami plastikiniai laikikliai,
2. kaitinimo elemento montavimas į gaminį,
3. laidų pynės su saugikliu montavimas,
4. elemento prijungimas.

3 stalas:

1. elektrinio galios plato pritvirtinimas prie korpuso ir sujungimas,
2. elemento kontakto montavimas,
3. pritvirtinamas temperatūros NTC daviklis,
4. įžeminimo atlenkimas (didesnės galios šildytuvuose),
5. maitinimo laido prijungimas,
6. galios plato bei kaitinimo elemento prisukimas prie korpuso,
7. termostato prijungimas,

4 stalas:

1. termostato įdėjimas į panelę bei jo veikimo patikrinimas,
2. šoninio šildytuvo dangtelio priklijavimas,

5 stalas:

1. šoninio šildytuvo dangtelio prisukimas,
2. priekinės skardos klijavimas prie gaminio,
3. priekinės skardos papildomas prisukimas.

6 stalas:

1. susukamas maitinimo laidas,
2. aukštos įtampos pramušimo testo matavimas,
3. jungtuko pakavimas į burbulinę plėvelę,
4. gaminio pakuotės lankstymas ir rankenos pritvirtinimas,
5. gaminio lipduko ant pakuotės klijavimas.

7 stalas:

1. laikiklių, varžtų bei instrukcijos sudėjimas į pakuotę,

2. gaminio apvilkinimas plėvele bei sudėjimas į pakuotę,
3. kartoninio laikiklio įdėjimas,
4. pakuotės uždarymas ir pernešimas ant paletės.

### 2.3. Gamybinių parametru skaičiavimas

Šiame darbe iš gautų gamybos proceso matavimų bus atliekami šie šildytuvų surinkimo linijos parametru skaičiavimai:

1. Linijos balanso norma (1)

$$LBR = \frac{\text{visų procesų trukmė}}{\text{ilgiausio proceso trukmė} \times \text{procesų skaičius}} \times 100\%$$

Linijos balanso norma — tai metodas, kuris skirtas suvienodinti darbuotojų apkrovą. Kai apkrova tarp darbuotojų yra nevienoda pasireiškia laukimo švaistymas arba perprodukcija. Norint išvengti šių nuostolių reikia gamybinę liniją subalansuoti taip, kad visų procesų trukmė būtų vienoda.

2. Gamybos našumas (2)

$$GN = \frac{60 \times 60}{\text{vieno gaminio surinkimo trukmė}}$$

Gamybos našumas tai pats svarbiausias parametras bet kokioje gamybinėje įmonėje, kuris nusako pagamintų produktų kiekį per tam tikrą laiko tarpą. Šiame darbe bus skaičiuojami gaminiai per valandą. Gamybos našumas yra sąlyginis dydis, kuris parodo gamybinės linijos efektyvumą.

### 3. Šildytuvų surinkimo linijos našumo tyrimo rezultatai

#### 3.1. *Lean* metodų vertė įmonės veikloje

Pagrindinė problema dėl kurios įmonė nusprendė įsidiesti *Lean* metodus – didėjantys gamybos užsakymai ir mažas našumas. Vis didėjantys šildytuvų užsakymai vertė įmonę ieškoti naujų būdų, kaip pagreitinti gamybos laiką, pritaikant naujus metodus ar technologijas.

Kita, ne ką mažiau svarbi problema, buvo gamybinių medžiagų ir laiko švaistymai. Kadangi įmonėje nebuvo aiškios darbo priemonių ir įrankių laikymo sistemos, sandėliuose nebuvo užtikrinama tvarka tai įtakojo ne tik atliekų kiekio didėjimą, bet ir finansinius rodiklius. Pagrindinės gamybinių medžiagų švaistymo atsiradimo priežastys:

- perprodukcija – gaminama daugiau gaminių nei pateikta užsakymuose. Bereikalingai naudojamos įvairios gamybinės medžiagos, gaminiai sandėliuojami ir laukiama kada bus galima parduoti;
- perteklinės atsargos – užsakoma daugiau medžiagų nei reikalinga gaminiams pagaminti. Tikimasi, kad prireiks ateityje, tačiau tik užima vietą sandėlyje. Galiausiai pasikeitus gaminamų gaminių asortimentui yra išmetamos, nes nebetinka naujų gaminių gamybai;
- perdirbimas – tai daugiausia finansinių išlaidų reikalaujantis nuostolis. Bet kuris gaminy, neatitinkantis specifikacijos normų, privalo būti perdirbamas, o tai reikalauja didesnio gamybinių medžiagų suvartojimo;
- didelis darbuotojų krūvis – kuomet darbuotojas turi spėti atlikti daug darbų, todėl darbo eigoje pavargsta ir pradeda daryti neatidumo klaidas.

Įmonei finansiškai didesnis nuostolis yra laukimas arba laiko švaistymas. Kuomet darbuotojas negali atlikti vertę kuriančio darbo, nes yra priverstas laukti. Pagrindinės laiko švaistymo priežastys:

- įrenginio gedimai;
- nesubalansuotas procesas;
- netolygiai paskirstytas darbo krūvis;
- žaliavų vėlavimas;
- nereikalingas judėjimas.

Norėdama pašalinti visus švaistymus iš gamybos procesų įmonė turėjo priimti svarbius sprendimus, keisti darbo metodus. Todėl buvo nuspręsta po truputi įsidiesti *Lean* metodus, kurie padėtų pašalinti įvairių tipų švaistymus ir padidintų darbo našumą.

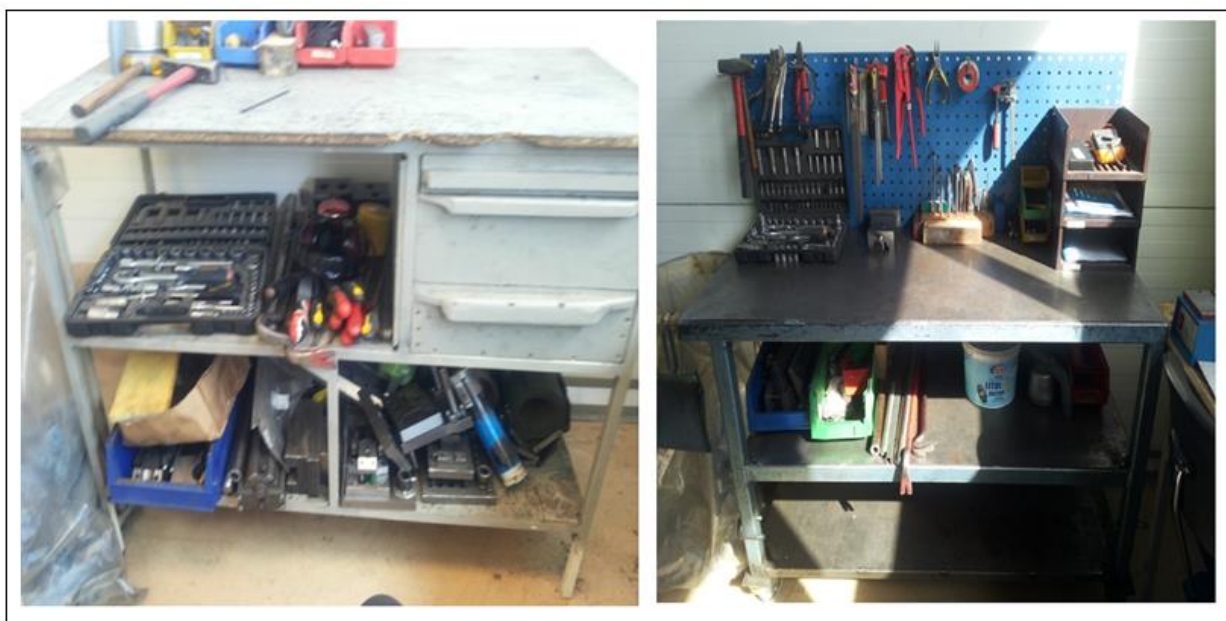
Pirmasis *Lean* metodas, kurį įmonė pradėjo naudoti savo veikloje buvo *Kaizen*. Šio metodo tikslas – įtraukti visų lygių darbuotojus į organizacijos nuolatinį tobulėjimą. Todėl buvo pradėta rengti kasdienius 5-10 minučių susirinkimus darbo pradžioje, kuriuose aptariamos pagrindinės kylančios problemos, jų galimi sprendimo būdai. Taip pat buvo sukurta platforma (žr. 2 lentelė.), kurioje darbuotojai galėjo siūlyti įvairias idėjas gamybos gerinimui, darbo saugos užtikrinimui, darbo vietos ergonomikos gerinimui. Buvo gauta tokių pastebėjimų kaip įrankių trūkumas, prastas apšvietimas, nusidėvėję darbastaliai, spintelių asmeninėms saugos priemonėms laikyti trūkumas ir daug kitų. Iš visų gautų darbuotojų pastebėjimų įgyvendinta buvo apie 80 procentų. Taip pat buvo pradėti organizuoti kas savaitiniai Lietuvos įmonės cechų vadovų bei Norvegijos įmonės gamybos vadovų susirinkimai, kurių metu buvo aptariamos pagrindinės gamybos problemos ir darbo našumo

didinimas. Šių susirinkimų metu pagrindiniai Norvegijos įmonės gamybos vadovai patardavo gamybos našumo didinimo, modernizacijos klausimais, nes buvo anksčiau įkurtos, ilgiau veikiančios ir didesnę patirtį turinčios įmonės dalimi. Pastebėta, kad pritaikius Kaizen metodus darbuotojai noriai ir iniciatyviai įsitraukė į įmonės pokyčių įgyvendinimą. Šis metodas leidžia įmonei įgyvendinti pokyčius kylančius iš apačios, o ne iš viršaus.

**2 lentelė.** *Kaizen* pasiūlymų platforma įmonėje

Nr.	Problema	Sprendimo būdas	Sprendimas	Atsakingas asmuo
42	Trūksta įrankių Eco platai sukti	Nupirkti reikiamus įrankius	priimtas	R. Ulevičius
43	Trūksta staliuko su ratukais stiklams vežti	Nupirkti staliuką	priimtas	V. Šalkauskas
44	Trūksta apšvietimo prie stiklų surinkimo stalo	Sumontuoti papildomą šviestuvą	priimtas	V. Buikus
45	Nusidėvėję šildytuvų laikikliai	Pakeisti laikiklius	priimtas	V. Šalkauskas
46	Nėra kur pasikabinti suktuko	Sumontuoti pakabinimą	priimtas	V. Šalkauskas
47	Trūksta magnetinės lentos	Nupirkti magnetinę lentą	priimtas	V. Buikus
48	Trūksta spintelių AAP laikyti	Nupirkti 6 skyrių spintelę	priimtas	V. Buikus
49	Nėra komunikacijos tarp sandėlio ir gamybos	Skirti sandėlio darbuotojams telefonus	priimtas	R. Ulevičius
50	Nėra vietos gaminams laikyti	Sutvarkyti sandėlį	priimtas	R. Ulevičius
51	Sunkiai randamos medžiagos sandėlyje	Sukurti medžiagų laikymo sistemą	priimtas	V. Buikus
52	Nusidėvėjęs stalviršis mechaninėje patalpoje	Atnaujinti stalviršį	priimtas	R. Ulevičius
53	Jaučiamas cigarečių dūmų kvapas	Pastatyti naują rūkomąjį kieme	priimtas	V. Klimas

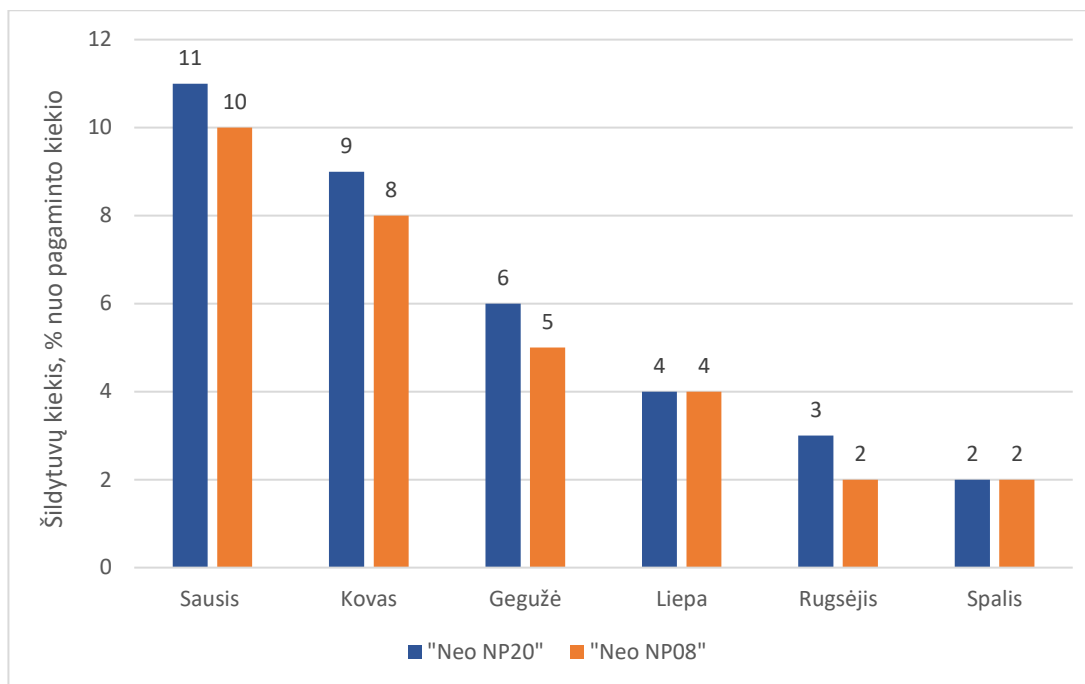
Sekantis metodas, kurį įmonė pritaikė savo veikloje buvo 5s. Tai metodas, kuris ypač svarbus tvarkingos darbo vietos sukūrimui ir palaikymui bei saugos darbe užtikrinimui. Tai vizualaus valdymo metodas, kuris aiškiai ir suprantamai darbuotojams leidžia identifikuoti nuostolius ir imtis veiksmų jų šalinimui. 5s metodas buvo įdiegtas pagal visus žingsnius (surūšiuoti, sutvarkyti, užtikrinti švarą, standartizuoti, išlaikyti), kurie griežtai turi eiti paeiliui. Įdiegus 5s metodą sutrumpėjo laikas įrankių paieškai, darbuotojai lengvai ir greitai pasiruošdavo darbui. Sutvarkius darbo vietą buvo matoma kokių darbo priemonių dar yra, o kokių trūksta, todėl buvo išvengta nereikalingų medžiagų ar priemonių užsakymų.



**11 pav.** 5s metodo pritaikymas darbo vietoje



11 paveiksle pavaizduota darbo vieta prieš 5s metodo įdiegimą (kairėje) ir po 5s metodo įdiegimo (dešinėje). Pritaikius šį metodą matyti, kad darbo vieta tapo tvarkingesnė, visos priemonės tvarkingai sudėtos joms skirtose vietose. Toks tvarkos palaikymas leidžia ne tik greičiau rasti reikiamas priemones, bet ir sukuria saugesnę darbo vietą. Pastebėta, kad įdiegus 5s metodą įmonėje sumažėjo nelaimingų atsitikimų skaičius. Jei anksčiau buvo fiksuojama bent po vieną smulkų susižeidimą kasdien, tai po šio metodo įdiegimo nelaimingų atsitikimų skaičius sumažėjo iki 2-3 per savaitę. Taip pat buvo stebimas neatitiktųjų skaičiaus sumažėjimas bei gaminių kokybės pagerėjimas.



12 pav. Brokuotų šildytuvų kiekis 2021m.

12 paveiksle pavaizduota kaip kito brokuotų šildytuvų, surinktų 2021 metais, skaičius. Šių metų sausio mėnesį buvo nuspręsta šildytuvų surinkimo ceche taikyti 5s metodą. Praėjo keli mėnesiai kol darbuotojai priprato prie naujo metodo ir darbo vietos buvo pertvarkytos pagal šio metodo reikalavimus. Iš grafiko matyti, kad nekokybiškų gaminių skaičius stipriai sumažėjo šių metų gegužės mėnesį. Buvo stebimas „Neo NP08“ brokuotų šildytuvų kiekio sumažėjimas 2 kartus, lyginant su sausio mėnesiu, kuomet 5s metodas dar nebuvo įdiegtas. Atitinkamai stebimas šildytuvų „Neo NP20“ broko kiekio sumažėjimas 1,8 karto. Galima daryti išvadą, kad darbuotojai greitai įsisavino metodo esmę, susitvarkė darbo vietą ir tai davė teigiamą rezultatą surinktų gaminių kokybei. Per 10 šių metų mėnesių nekokybiškų gaminių skaičius sumažėjo net 5 kartus. Taigi, 5s metodas ne tik švarina darbo vietą, mažina atliekas ir nelaimingų atsitikimų skaičių, bet ir didina gaminių kokybę bei mažina klaidų skaičių.

Paskutinis įmonėje pritaikytas *Lean* metodas, kuris turėtų sumažinti laiko švaistymą, buvo standartizuotas darbas. Standartizuoto darbo tikslas yra sudaryti tikslią proceso seką, kuri užtikrintų gamybos proceso stabilumą ir tolygumą bei lemtų gerus veiklos rezultatus [46]. Šis metodas leidžia įvairios kvalifikacijos ir skirtingų įgūdžių darbuotojams dirbti vienodai ir pasiekti gerų rezultatų [14]. Pritaikius standartizuoto darbo metodus buvo sukurtos šildytuvų surinkimo instrukcijos, kurios apibrėžia aiškius ir visiems darbuotojams vienodus darbo standartus. Šis metodas padeda apskaičiuoti gaminio surinkimo laiką, takto ir ciklo laiką, kartu nustatydamas reikalingų darbuotojų skaičių. Pritaikius šį metodą šildytuvų surinkimo linijoje pastebėta, kad sutrumpėjo gaminių surinkimo laikas,



darbo krūvis buvo paskirstytas tolygiai visiems darbuotojams. Jei prieš darbo standartizavimą gaminių pilnai surinkdavo per 800-1000 sekundžių, tai po darbo standartizavimo gaminio surinkimas trunka 600-800 sekundžių, priklausomai nuo gaminio. Šie pokyčiai lėmė laiko švaistymą, todėl buvo pagaminama daugiau gaminių.

Pritaikius įmonės gamybos procese *Lean* metodus buvo sumažintas gamybinių medžiagų ir laiko švaistymas, paskirstytas darbo krūvis darbuotojams, sumažintas nelaimingų atsitikimų skaičius, pagerėjo gaminių kokybė. Tačiau gamybos įmonėse labai svarbus rodiklis yra gamybos našumas, kuris leidžia pagaminti daugiau gaminių ir neša įmonei finansinę naudą. Norint padidinti šildytuvų surinkimo linijos našumą buvo panaudotas 6 sigma įrankis – linijos balansavimas. Tolimesniuose skyriuose bus analizuojama kaip surinkimo linijos balansavimas padidino gamybos našumą.

### 3.2. Senosios surinkimo linijos gamybos našumas

Atlikti surinkimo proceso laiko stebėsenos prie šios linijos nepavyko, nes ji jau yra modernizuota. Todėl gamybos našumas bus skaičiuojamas iš jau turimų ankstesnių gaminių surinkimo duomenų.

Peržiūrėjus surinkimo linijos gamybinius žurnalus buvo surinkta informacija kiek per metus pagaminama „Neo NP08“ ir „Neo NP20“ šildytuvų bei kiek laiko užtrūko jų gamyba. Iš šių duomenų buvo apskaičiuotas surinkimo linijos našumas. Gauti rezultatai pateikti 3 lentelėje.

**3 lentelė.** Senosios surinkimo linijos parametrų skaičiavimas

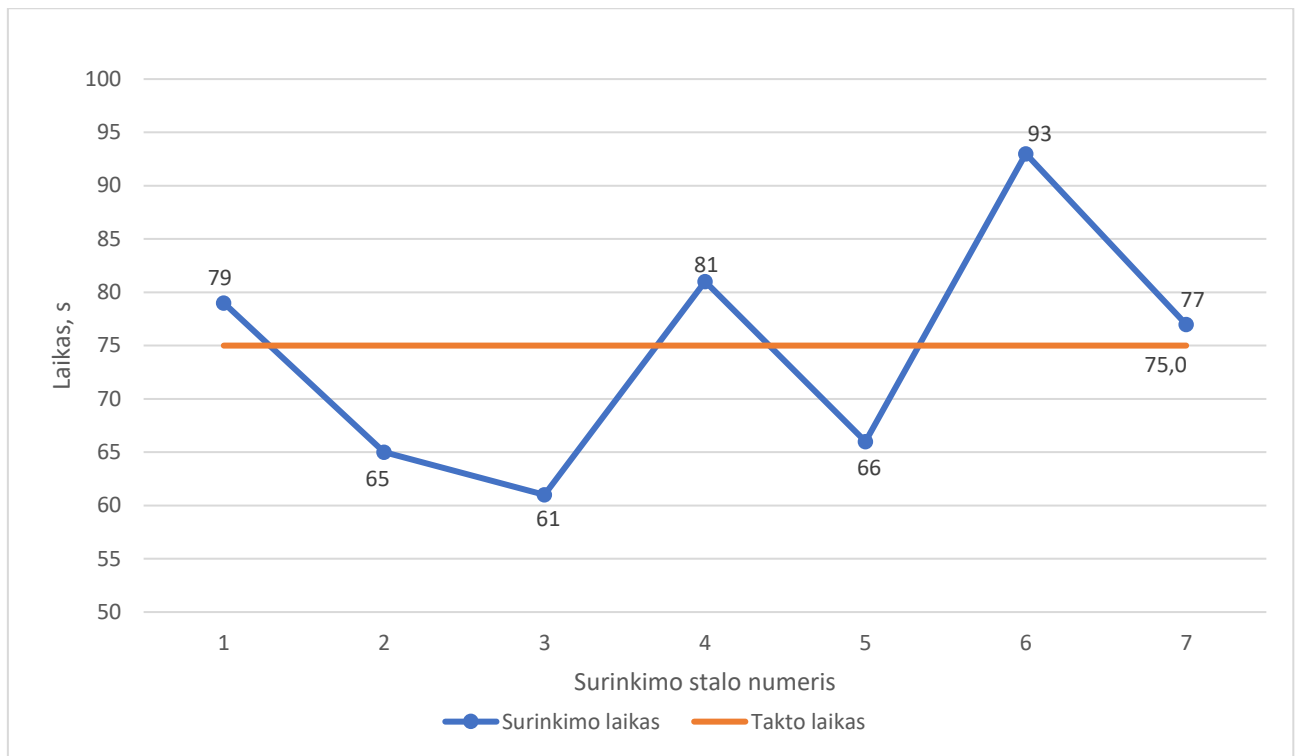
Parametrai	Neo NP08	Neo NP20
Pagamintas kiekis per metus, vnt.	4282	3435
Pagaminimo trukmė, dienos/metus	72	67
Gamybos našumas, gaminiai/h	3,7	3,2

Iš gautų rezultatų matyti, kad senosios surinkimo linijos našumas buvo sąlyginai nedidelis. Šildytuvų „Neo NP08“ buvo galima surinkti 3,7 gaminio per valandą, o „Neo NP20“ vos 3,2 gaminio per valandą. Šis gamybos našumas buvo per mažas norint įvykdyti visus gaunamus užsakymus, todėl buvo būtina modernizuoti šildytuvų surinkimo liniją. Po modernizacijos buvo nuspręsta įdiegti *Lean* metodus, kurie turėtų dar labiau padidinti gamybos našumą, sumažinti atliekų skaičių, sukurti ergonominę darbo aplinką bei sumažinti nelaimingų atsitikimų skaičių.

### 3.3. Modernizuotos surinkimo linijos gamybos našumas

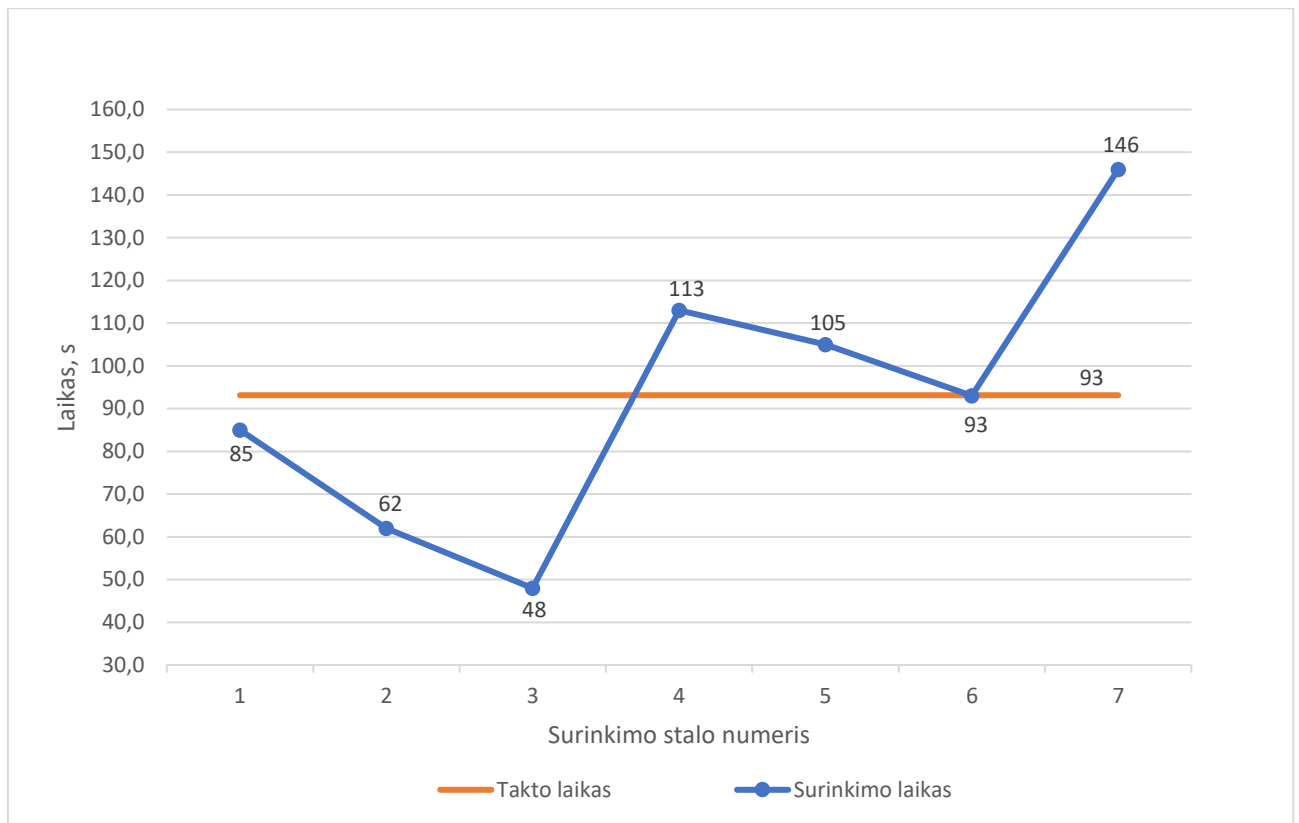
Norint apskaičiuoti modernizuotos surinkimo linijos našumą, prie kiekvieno surinkimo stalo buvo matuojamas šildytuvų surinkimo operacijų laikas. Eksperimentinių duomenų tikslumui užtikrinti buvo atliekama po 10 matavimų prie kiekvieno gaminio surinkimo stalo.

Pradėjus matavimus buvo pastebėta, kad sąlyginai daug laiko užima papildomi darbai, tokie kaip kaitinimo elementų pasiruošimas montavimui, gaminio pakavimui reikalingų dėžių lankstymas bei broko tikrinimas. Visų papildomų darbų laiką atitinkamai padalinus kiekvienam procesui gauti tokie gaminio surinkimo laikai, kurie pavaizduoti grafike.



**13 pav.** Šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų su papildomais darbais laikai

13 paveiksle pavaizduoti šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų laikai prie atskirų surinkimo stalų. Iš grafiko matyti, jog surinkimo laikai gana stipriai skiriasi tarpusavyje bei nuo takto laiko. Trumpiausiai yra užtrunkama prie trečiojo stalo, kai surinkimo operacijos trunka vos 61 sekundę, o tuo tarpu prie šeštojo stalo dirbama net 93 sekundes. Prie šio surinkimo stalo atliekami pagrindiniai šildytuvų kokybės bei programų testavimai, todėl užtrunkama ilgiausiai laiko, nes tai vienas atsakingiausių darbų. Tokie netolygūs rezultatai rodo, kad kai kurių darbuotojų laikas yra nevisiškai išnaudojamas, o kiti kaip tik persidirba. Tai rodo gana didelį laiko švaistymą, todėl būtina peržiūrėti surinkimo linijos darbų pasidalinimą, kad visų darbuotojų krūvis būtų panašus, o kiekvienos surinkimo operacijos laikas būtų kiek galima artimesnis takto laikui. Tokie laikų skirtumai lemia proceso netolygumą, mažina gamybos linijos našumą bei gamybos pajėgumą.



**14 pav.** Šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo operacijų su papildomais darbais laikai

14 paveiksle pavaizduotas kito modelio, „Neo NP20“, šildytuvo surinkimo laikas. Šio modelio šildytuvo surinkimo linijos pajėgumas taip pat nėra optimalus, nes atskirų surinkimo stalų darbo laikas skiriasi nuo takto laiko. Trečio surinkimo stalo darbo laikas yra beveik perpus mažesnis nei takto laikas, vadinasi darbuotojai nėra pilnai išnaudojami ir beveik pusę darbui skirto laiko yra nuostolinga. Tuo tarpu prie septintojo surinkimo stalo dirbantys operatoriai persidirba ir tuo pačiu lėtina visą gamybos linijos darbą. Šis grafikas taip pat patvirtina faktą, kad būtina peržiūrėti surinkimo linijos stalų operacijas ir jas perskirstyti, taip užtikrinant visos linijos veikimo tolygumą.

Tyrimo metu iš gautų duomenų buvo skaičiuojama kiekvieno gaminio linijos balanso norma bei gamybos linijos našumas. Gauti duomenys pavaizduoti 4 lentelėje.

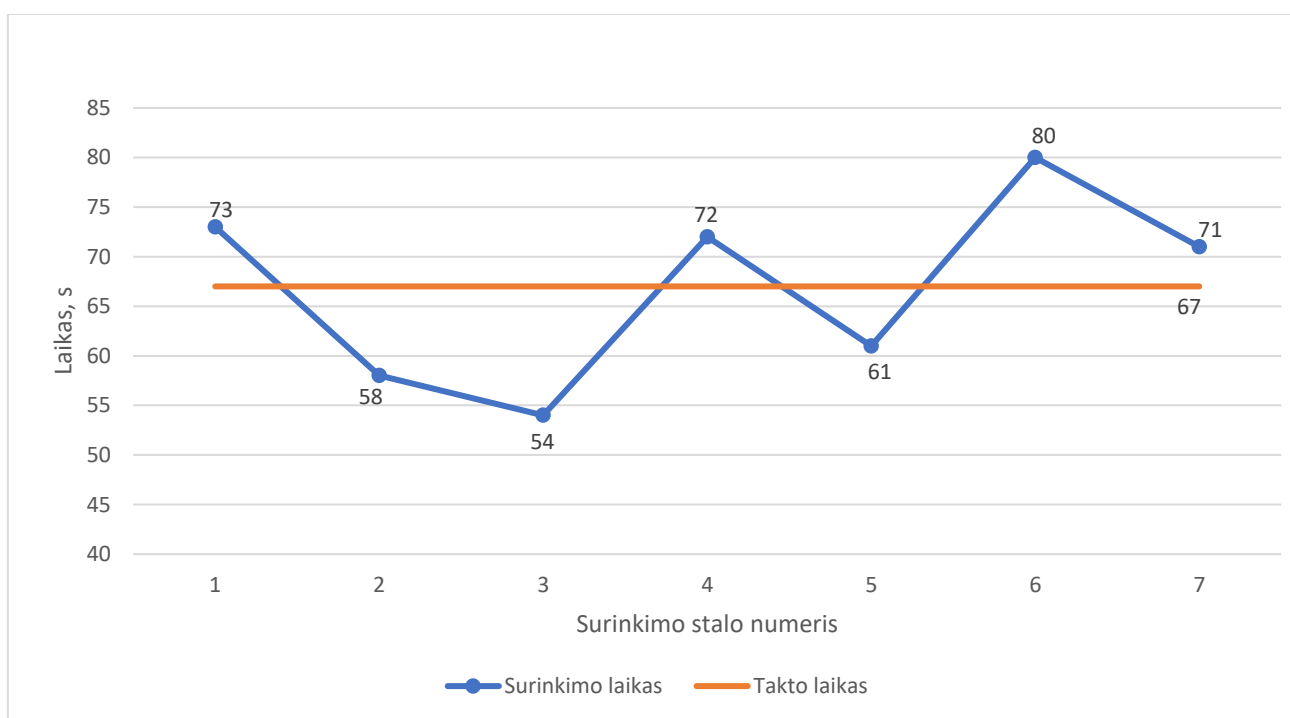
**4 lentelė.** Surinkimo linijos su pagalbinais darbais parametų skaičiavimas

Parametrai	Neo NP08	Neo NP20
LBR (esama)	80,2%	63,8%
LBR (siekiama)	>85%	>85%
Gamybos našumas (tobulomis sąlygomis)	6,9 gaminio/h	5,5 gaminio/h
Gamybos našumas (realus)	4,2 gaminio/h	3,3 gaminio/h

Iš lentelės matyti jog apskaičiuota linijos balanso norma skirtingiems gaminiams skiriasi. Jei LBR yra mažesnis nei 85% tai tokios gamybos linijos darbas yra netolygus, nenašus ir netgi gali būti nuostolingas. Šildytuvų „Neo NP08“ linijos balanso norma labai mažai skiriasi nuo siekiamos normos, tačiau „Neo NP20“ gaminio linijos balanso norma siekia vos 63,8%. Daugiausia dėmesio reiks sutelkti būtent į pastarojo gaminio surinkimo liniją, nes norima LBR pakelti bent iki 85%. Norint pasiekti šių tikslų būtina peržiūrėti gamybos linijos procesus ir optimizuoti jos darbą, taip bus

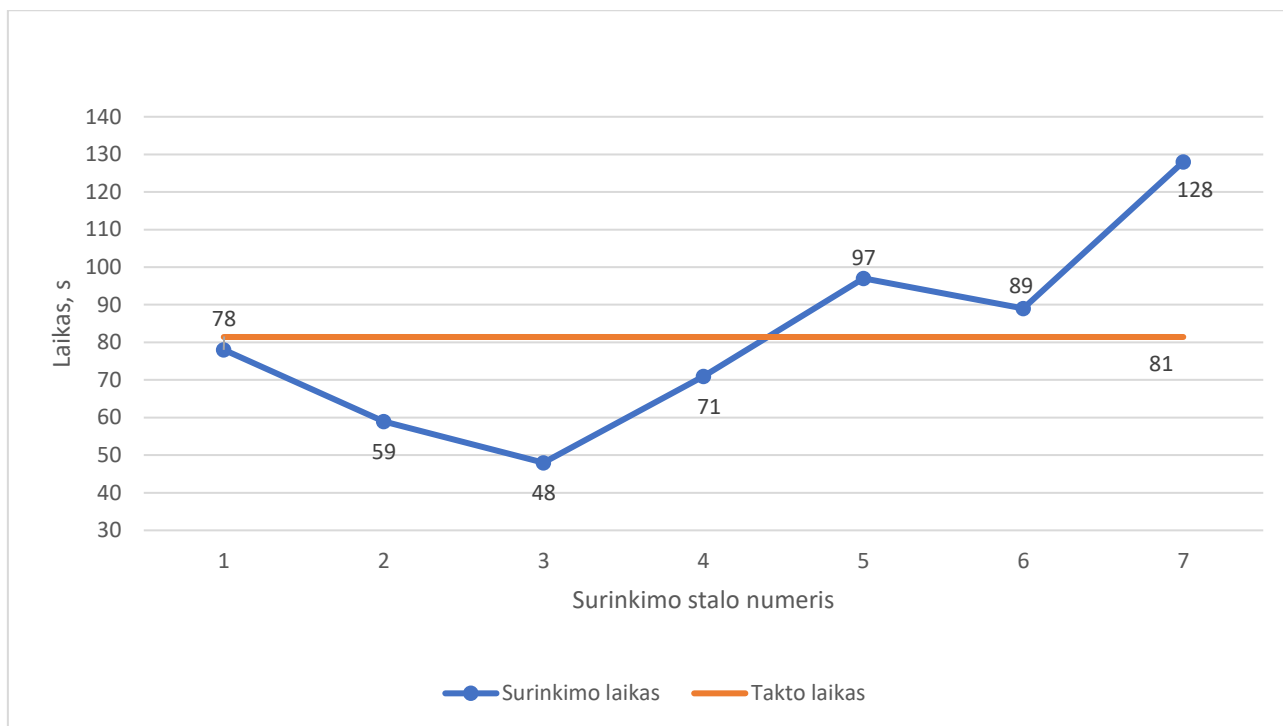
pasiektas reikiamas LBR lygis ir tuo pačiu padidės gamybos našumas. Iš lentelėje pateiktų duomenų galima matyti jog apskaičiuotas gamybos našumas yra ženkliai didesnis nei realus įmonės našumas. Šie rezultatai rodo jog daug laiko yra iššvaistoma pašaliniam ir pasiruošiamiesiems darbams, gedimų šalinimui.

Atskirų stalų surinkimo laikas idealiu atveju turi būti kuo artimesnis takto laikui, tada bus užtikrinamas optimalus gamybos greitis ir linijos pajėgumas bus didžiausias. Pirmas žingsnis šiam tikslui įgyvendinti — buvo nuspręsta įdarbinti papildomą darbuotoją, kuris atliktų paruošiamuosius darbus. Taip buvo siekiama sumažinti bendrą gaminio surinkimo laiką ir kartu padidinti surinkimo linijos balanso normą bei bendrą gamybos našumą. Po darbų perskirstymo vėl buvo atliekami matavimai prie kiekvieno surinkimo stalo ir gauti surinkimo laikai pavaizduoti 15 ir 16 paveiksluose.



**15 pav.** Šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų laikai

15 paveiksle pavaizduoti „Neo NP08“ šildytuvo surinkimo operacijų laikai be papildomų pasiruošimo darbų. Kaip matyti iš grafiko surinkimo laikai prie atskirų stalų sutrumpėjo lyginant su paveikslu, taip pat sumažėjo ir surinkimo linijos takto laikas. Lyginant 15 paveikslo grafiką su 13 paveikslo grafiku matyti, jog atlikti pakeitimai davė teigiamų rezultatų, nes sumažėjo bendras ciklo laikas. Trumpesnis ciklo laikas leidžia surinkti daugiau gaminių, vadinasi turėtų padidėti gamybos našumas. Tačiau tai nėra tobulai veikiančios gamybos linijos vaizdavimas, todėl reikia atlikti daugiau pakeitimų norint tolygaus ir našaus proceso.



**16 pav.** Šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo operacijų laikai

16 paveiksle taip pat pavaizduotas surinkimo laiko grafikas be pagalbinių darbų. Sulyginus šį grafiką su grafiku pavaizduotu 14 paveiksle matome, jog ir šio gaminio ciklo laikas sutrumpėjo, takto laikas sumažėjo. Tačiau skirtumas tarp trumpiausio ir ilgiausio surinkimo laiko beveik nesiskiria. Tai rodo jog procesas vis dar nėra tolygus, o gamybos linijos našumas gali būti didesnis išsprendus šią problemą. Vadinasi procesas reikalauja tolimesnės modernizacijos peržiūrint surinkimo operacijų pasiskirstymą prie atskirų surinkimo stalų.

**5 lentelė.** Surinkimo linijos be pagalbinių darbų parametų skaičiavimas

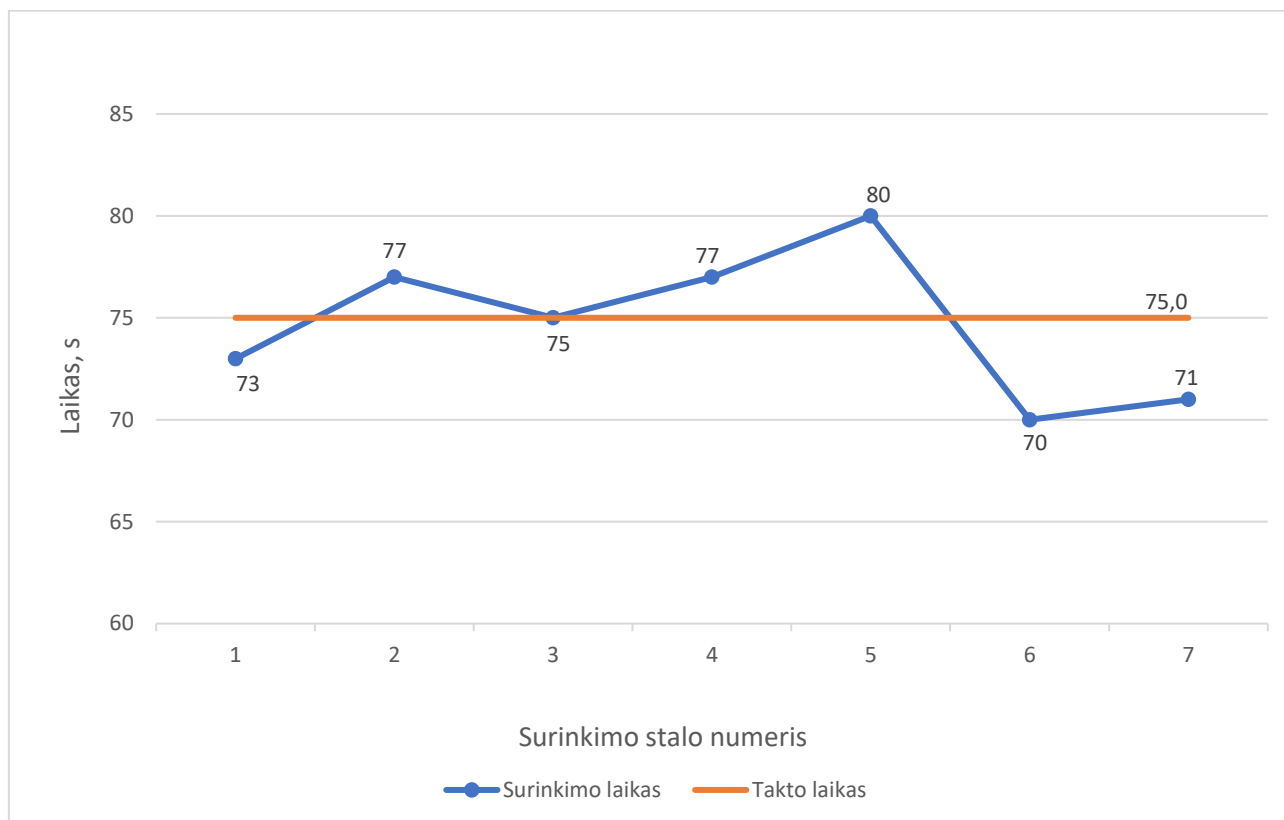
Parametrai	Neo NP08	Neo NP20
LBR (esama)	83,8%	63.6%
LBR (siekiama)	>85%	>85%
Gamybos našumas (tobulomis sąlygomis)	7,7 gaminio/h	6,3 gaminio/h
Gamybos našumas (realus)	5,3 gaminio/h	4,0 gaminio/h

Iš 5 lentelės matyti, jog po atliktų pakitimų linijos balanso norma pasikeitė labai nežymiai, tačiau gamybos našumas padidėjo vienu gaminiu per valandą. Po atlikto gamybos linijos modernizavimo pagaminamų gaminių skaičius pakilo 20%.

Modernizavus senąją liniją buvo pastebėtas gamybos našumo padidėjimas. Jei prieš tai buvusią senąją liniją buvo galima pagaminti 3,7 („Neo NP08“) ir 3,2 („Neo NP20“) gaminio per valandą, tai atitinkamai naująją liniją jau galima pagaminti 5,3 ir 4,0 gaminio per valandą. Tačiau iš anksčiau pateiktų paveikslų matyti jog pats surinkimo procesas nėra tolygus ir privalo būti tobulintinas. Tai planuojama pasiekti atlikus linijos procesų balansą, kartu tikimasi padidėsiančio gamybos našumo bei sumažėjusios gaminio savikainos.

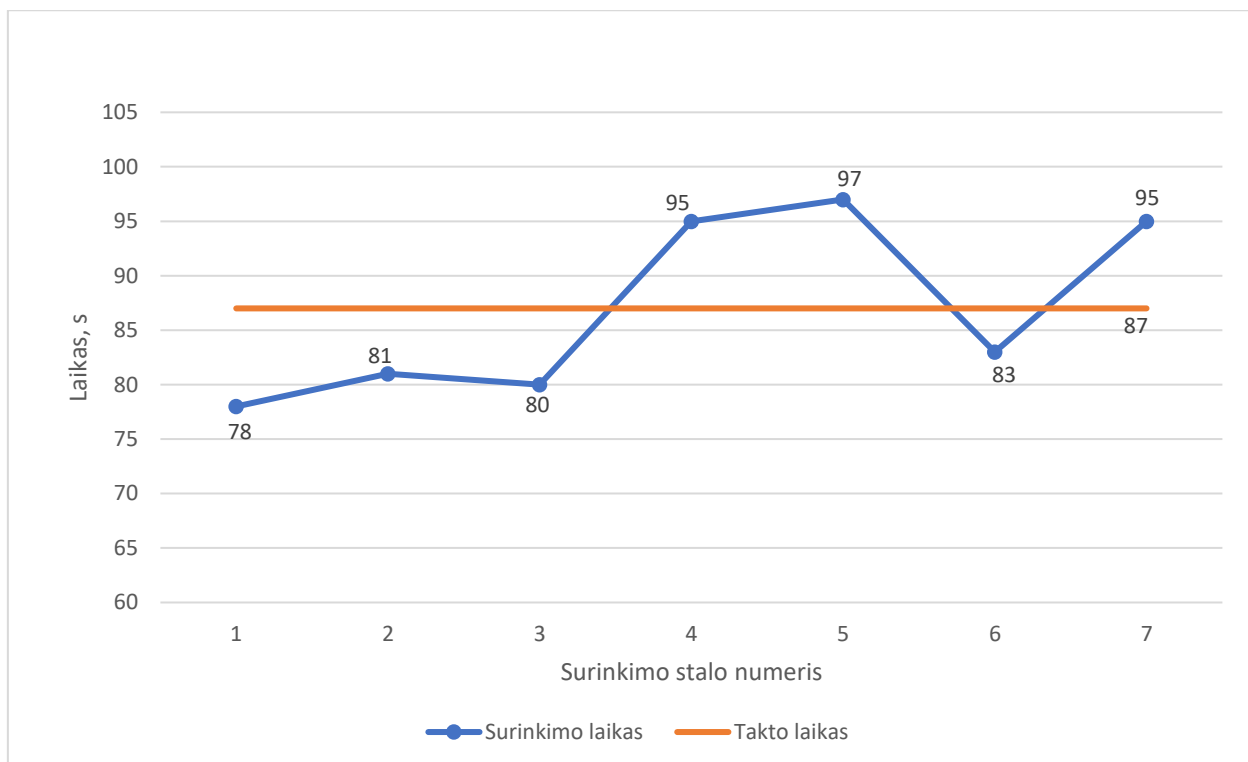
### 3.4. Modernizuotos surinkimo linijos gamybos našumas po linijos balanso

Atliekant šildytuvų susirinkimo linijos balansą buvo nuspręsta visus pagalbinius pasiruošimo darbus įtraukti į bendrą gamybos procesą bei perskirstyti surinkimo darbus. Taip prie kai kurių surinkimo stalų atliekamų operacijų kiekis sumažėjo, o prie kitų padidėjo. Atlikus šiuos pakeitimus gamybos linijoje vėl buvo matuojami surinkimo operacijų laikai, norint įsitikinti jog atlikti pakeitimai atnešė teigiamos naudos. Gauti matavimų rezultatai pavaizduoti 17 ir 18 paveiksluose.



17 pav. Šildytuvo „Neo NP08“ surinkimo operacijų laikai po linijos balanso

Kaip matyti iš 17 paveiksle pavaizduoto grafiko šildytuvų surinkimo procesas tapo tolygesnis, surinkimo operacijų laikas prie atskirų stalų tapo vienodesnis lyginant su grafiku prieš darbų perskirstymą. Atskirų stalų surinkimo operacijų laikai mažai skiriasi nuo takto laiko, būtent tai ir rodo gamybinės linijos tolygumą. Iš šio grafiko galima spręsti apie lygiavertį darbo pasiskirstymą, vienodą darbuotojų apkrovą. Išanalizavus pateiktą grafiką galima daryti prielaidą, jog suvienodinus surinkimo operacijų laikas gamybos našumas turėtų padidėti.



**18 pav.** Šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo operacijų laikai po linijos balanso

18 paveiksle pavaizduotas šildytuvo „Neo NP20“ surinkimo laiko grafikas po atlikto darbų perskirstymo grafikas. Kaip matyti iš grafiko surinkimo operacijų laikai prie atskirų stalų nėra vienodi, tačiau artimi takto laikui. Lyginant šio paveikslo duomenis su 16 paveikslo duomenimis matoma, kad darbo krūvis prie atskirų surinkimo stalų tapo vienodesnis, vadinasi visi darbuotojų darbo laikas yra pilnai išnaudojamas. Nors po atliktų pakitimų surinkimo procesas tapo tolygesnis, lyginant su 16 paveikslo grafiku, tačiau galima ir toliau taikyti linijos balansavimą surinkimo linijoje siekiant visiško proceso darbo tobulumo.

**6 lentelė.** Surinkimo linijos po atlikto balanso parametų skaičiavimas

Parametrai	Neo NP08	Neo NP20
LBR (esama)	93,3%	90%
LBR (siekiama)	>85%	>85%
Gamybos našumas (tobulomis sąlygomis)	6.9 gaminio/h	5.9 gaminio/h
Gamybos našumas (realus)	5,5 gaminio/h	4,5 gaminio/h

Po atlikto darbų perskirstymo vėl buvo apskaičiuoti surinkimo linijos pagrindiniai parametrai, kurie pavaizduoti 6 lentelėje. Šildytuvo „Neo NP20“ linijos balanso norma padidėjo net 26,4%, nuo prieš tai buvusių 63,6% iki 90%, tuo tarpu šildytuvo „Neo NP08“ LBR padidėjo ne taip stipriai, beveik 10%. Taip pat matoma, kad pagal surinkimo laiką apskaičiuotas gamybos našumas yra didesnis nei realus linijos našumas. Vadinasi dalis surinkimo proceso laiko yra išnaudojama neproduktyviai, dėl to sumažėja bendras gamybos našumas. Iš lentelės duomenų galima daryti išvadą, kad linijos balanso norma viršija siekiamą ribą, vadinasi modernizacijos procesas buvo sėkmingas ir gautas rezultatas viršijo lūkesčius.

Iš gautų duomenų matyti, jog po atlikto šildytuvų surinkimo linijos balanso surinkimo procesas tapo tolygesnis, taip pat padidėjo gamybos našumas. Galima daryti išvadą, jog atlikta šildytuvų surinkimo linijos modernizacija bei surinkimo operacijų perskirstymas turėjo didelės įtakos gamybos našumui. Gamybos pradžioje buvo galima surinkti vos 3,7 gaminio per valandą „Neo NP08“ šildytuvų ir 3,2 „Neo NP20“ šildytuvų, o po atliktų pakeitimų gamybos našumas padidėjo atitinkamai 5,5 ir 4,5 gaminio per valandą. Taip pat buvo suvienodintas darbuotojų darbo krūvis, pagerėjo gaminių kokybė bei sumažėjo laiko švaistymai. Nors surinkimo linijos našumas pakilo kone 50%, tačiau iš 17 ir 18 paveiksluose pateiktų grafikų matyti, kad šią liniją dar galima tobulinti toliau, kol atskirų surinkimo stalų operacijų laikas bus vienodas takto laikui. Tuomet bus pasiektas gamybos linijos tobulumas, nes LBR bus 100%, o gamybos našumas didžiausias.



## 4. Įdiegtų *Lean* metodų ekonominė-socialinė nauda

### 4.1. Šildytuvų surinkimo linijos modernizavimo projekto atsipirkimo laikas

Atlikus šildytuvų surinkimo linijos modernizaciją bei subalansavus darbus šioje linijoje reikalinga įvertinti kokią ekonominę naudą gauna įmonė. Įvertinamas projekto atsipirkimo laikas, kaip kito gaminio savikaina, kokios buvo gaminių pagaminimo išlaidos bei kokį pelną uždirbo įmonė.

Prieš atliekant modernizacijos darbus būtina apskaičiuoti projekto atsipirkimo laiką. Todėl 7 lentelėje yra pateiktas šildytuvų surinkimo linijos atsipirkimo laiko skaičiavimas.

7 lentelė. Šildytuvų surinkimo linijos atsipirkimo laikas

Parametrai	Senoji surinkimo linija	Modernizuota surinkimo linija
Gaminio surinkimo laikas	14 min/vnt.	10 min/vnt.
Vieno operatoriaus našumas	4,3 gaminio/h	6 gaminiai/h
Grupės gaminių kiekis per valandą	8 oper.*4,3 vnt.=34,4 vnt.	7 oper.*6 vnt.=42vnt.
Grupės gaminių kiekis per dieną	8h*34,4 vnt.=275 vnt.	8h*42 vnt.=336 vnt.
Grupės gaminių kiekis per mėnesį	20 d.d.*275 vnt.=5500 vnt.	20 d.d.*336 vnt.=6720 vnt.
Padidėję pajėgumai per mėnesį	6720 vnt-5500 vnt.=1220 vnt.	
Ekonominė nauda per mėnesį	4 €*1220 vnt.=4880 €	
Konvejerinės surinkimo linijos kaina	48500 €	
Atsipirkimo laikas	48500€/4880€=9,9 mėn.	

Iš aukščiau pateiktos lentelės matyti, kad atlikus surinkimo linijos modernizaciją sutrumpėtų gaminio surinkimo laikas, vadinasi būtų pagaminama daugiau gaminių. Po modernizacijos reikėtų mažiau darbuotojų prie linijos, todėl vienas darbuotojas būtų perkeltas dirbti į kitą cechą. Nors darbuotojų, dirbančių prie šildytuvų surinkimo, būtų mažiau, tačiau per mėnesį surinktų gaminių skaičius padidėtų net 1220 vienetų. Buvo apskaičiuota, kad po linijos modernizacijos vienas gaminy s vidutiniškai kainuotų 4€ mažiau, bendra projekto vertė bus 48500€, vadinasi visas šildytuvų surinkimo linijos modernizacijos projektas atsipirktų per 10 mėnesių.

### 4.2. Gaminio savikainos ir įmonės pelno skaičiavimas

Kiekvieno gaminio savikaina apskaičiuojama įvertinus reikalingų komponentų kainą, darbo kainą taip pat energetinių išteklių kainą, sandėliavimo bei transportavimo išlaidas. Pastebėta, jog didžiausia gaminio savikaina buvo gaminių surenkant senąją gamybine linija, tačiau liniją modernizavus gaminio savikaina mažėjo. Šis pokytis susijęs su darbuotojų perskirstymu. Kai kiekvienas darbuotojas atlieka tik jam priskirtas operacijas, jis mažiau klysta ir taip pagaminama daugiau kokybiškų gaminių. Dėl to nėra sunaudojama perteklinis skaičius detalių ir tai mažina gaminio savikainą. „Neo Basic” grupės gaminių savikainos kitimas pavaizduotas 8 lentelėje.

8 lentelė. „Neo Basic“ grupės gaminių savikaina

Parametrai	Neo NP08	Neo NP20
Gaminio savikaina gaminant senąją linija	21,44 €	28,52 €
Gaminio savikaina gaminant modernizuota linija	19,95 €	27,07 €
Gaminio savikaina 2021m 1-3 trimestro	24,23 €	34,42 €

Kaip matyti iš 8 lentelės gaminių savikaina sumažėjo modernizavus surinkimo liniją. Šildytuvo „Neo NP20“ savikaina sumažėjo 5%, o „Neo NP08“ net 7%. Ši kainos pokytį lėmė įmonėje įdiegti *Lean* metodai, tokie kaip Kaizen, 5s bei atliktas surinkimo linijos modernizavimas. Įdiegus *Lean* metodus, gamyboje buvo pastebėtas įvairių rūšių švaistymų sumažėjimas, kurie įtakoja gaminio savikainą. Tačiau 2021 m. stebimas stiprus gaminių savikainos šuolis, kai kuriems gaminiams net iki 30%. Šį padidėjimą lėmė dėl Covid-19 pandemijos paskelbtas karantinas, kurio metu buvo sutrikęs žaliavų transportavimas. Tuo pačiu didelės įtakos gaminio savikainai turi šiuo metu ženkliai padidėjusios žaliavų bei energetinių išteklių kainos.

Iš turimų duomenų galime paskaičiuoti kaip kito įmonės gaminių pagaminimo išlaidos per metus ir jas palyginti pagal gamybos našumą. Gauti rezultatai pavaizduoti 9 lentelėje.

**9 lentelė.** „Neo Basic“ grupės gaminių metinio pelno skaičiavimas

Parametrai	Neo NP08		Neo NP20	
	Senoji linija	Modernizuota linija	Senoji linija	Modernizuota linija
Pagaminta gaminių per metus, vnt.	4282	8892	3435	5713
Gamybos našumas, gaminiai/h	3,7	5,3	3,2	4,0
Gaminių pagaminimo išlaidos, €	91806,08	177395,4	97966,2	154650,9
Gaminio pardavimo kaina, €/vnt.	67,28	79,0	90,0	106,0
Metinis pelnas, €	196286,9	525072,6	211183,8	450927,1

Iš 9 lentelės pirmiausia matome, jog atlikus gamybos linijos modernizaciją stipriai padidėjo surinkimo linijos našumas ir dėl to stebimas beveik dvigubas pagaminamų gaminių kiekio padidėjimas. Kadangi pagaminama daugiau gaminių tai atitinkamai padidėjo ir įmonės išlaidos. „Neo NP08“ šildytuvų modernizuota linija pagaminama 2,1 karto daugiau, tačiau išlaidos padidėjo tik 1,9 karto. Tai lėmė gaminio savikainos sumažėjimas, nes įdiegus *Lean* metodus buvo sumažintas atliekų skaičius. Surinkimo linijos modernizacijai įmonė panaudojo savo lėšas, todėl norint, kad šis projektas atsipirktų teko padidinti gaminių pardavimo kainas. Šildytuvų „Neo NP08“ pardavimo kainą padidinus 18% įmonės metinis pelnas padidėjo net 2,7 karto.

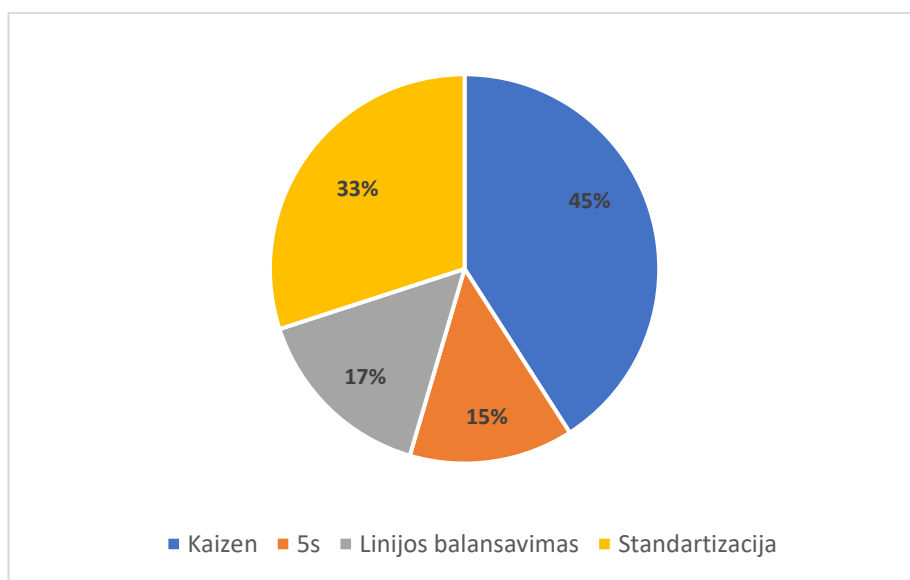
Atlikus ekonominius skaičiavimus galima daryti išvadą, kad įdiegti *Lean* metodai, o ypač linijos balansavimas, turėjo teigiamos įtakos įmonės veiklai ir pelnui. Modernizavus liniją buvo stebimas gamybos našumo padidėjimas, atliekų sumažėjimas, gaminio savikainos sumažėjimas, todėl padidėjo įmonės metinis pelnas.

### 4.3. Socialinis darbuotojų pasitenkinimas

Įdiegus įmonėje *Lean* metodus pirmiausia buvo pastebėtas darbuotojų emocinio lygio pagerėjimas. *Lean* metodų pritaikymas gamyboje optimizavo darbo pasiskirstymą, todėl darbuotojai jautėsi mažiau pavargę, pagerėjo emocinė, o kai kurių darbuotojų ir fizinė sveikata.

Įdiegus 5s metodą ir visas darbo vietas sutvarkius pagal šio metodo reikalavimus padidėjo saugos lygis įmonėje. Kadangi įmonėje vyrauja tvarka, darbuotojai greičiau randą reikalingus įrankius, lengviau juos pasiekia ir todėl rečiau susižeidžia.

Atlikus apklausą (žr. 19 pav.) buvo išsiaiškinta, jog darbuotojams didžiausią teigiamą efektą paliko *Kaizen* metodo įdiegimas. Kadangi *Kaizen* metodo pagrindinis tikslas yra visų darbuotojų įtraukimas, todėl įmonės darbuotojai pasijautė labiau vertinami ir svarbūs sprendžiant įvairias problemas. Ypatingai gerai jautėsi ir didesnę iniciatyvą darbe rodė tie darbuotojai, kurių išsakyta nuomonė turėjo įtakos problemų sprendimui. Taip pat didelę reikšmę darbuotojams turėjo darbo standartizavimas, nes visiems darbuotojams buvo paskirstytas vienodas darbo krūvis.



**19 pav.** Darbuotojų apklausos rezultatai

Galima daryti išvadą, kad *Lean* metodų įdiegimas įmonėje turėjo teigiamą naudą ne tik gamybos rezultatams ar finansinei padėčiai, tačiau ir darbuotojų socialiniam pasitenkinimui. Atlikus pakeitimus šildytuvų surinkimo ceche darbuotojai jautėsi labiau vertinami ir reikalingi įmonei.

## Rekomendacijos

1. Taikyti linijos balanso normos skaičiavimą šildytuvų surinkimo procese, siekiant didesnio proceso tolygumo ir darbo efektyvumo.
2. Skatinti darbuotojų įsitraukimą į Lean metodų įgyvendinimą, taikant motyvacines priemones.
3. Atsižvelgus į teigiamą *Lean* metodų naudą šildytuvų surinkimo ceche, pradėti *Lean* metodus taikyti ir kituose cechuose.
4. Sukurti darbo grupę, kuri užtikrintų greitesnį ir sklandesnį *Lean* metodų pritaikymą visoje įmonės veikloje.

## Išvados

1. Atlikus literatūros analizę buvo išsiaiškinta, kad *Lean* sistema orientuota į nuostolių mažinimą ir efektyvumo didinimą. Pritaikius šios sistemos metodus gamybos įmonėse galima padidinti gamybos efektyvumą ir našumą, sumažinti medžiagų ir laiko švaistymus bei atliekų kiekį, užtikrinti tvarkingesnę ir saugesnę darbo aplinką.
2. Išsiaiškintos pagrindinės gamybinių medžiagų ir laiko švaistymo priežastys – ne vienodai paskirstytas darbo krūvis, kuris įtakoja gaminių perdirbimą, perprodukcija, perteklinės atsargos, nesubalansuotas šildytuvų surinkimo procesas. Taikant *5s*, *Kaizen*, *linijos balansavimo* metodus buvo sutvarkyta darbo aplinka, tolygiai paskirstytas darbo krūvis darbuotojams, o tai lėmė gamybinių medžiagų ir laiko švaistymo sumažėjimą.
3. Nustatyta, kad nemodernizuotoje surinkimo linijoje buvo surenkama vos 3,7 vnt./h „Neo NP08“ šildytuvų ir 3,2 vnt./h „Neo NP20“ šildytuvų. Modernizavus šildytuvų surinkimo liniją ir standartizavus surinkimo procesą buvo pasiektas atitinkamai 5,0 vnt./h ir 4,0 vnt./h darbo našumas. Po linijos balansavimo darbo našumas padidėjo 50% ir šiuo metu, atitinkamai surenkama 5,5 vnt./h ir 4,5 vnt./h gaminių.
4. Įdiegus *Lean* metodus gaminių savikaina sumažėjo 5-7%, o tai įmonės pelną padidino net 2 kartus. Taip pat, buvo sukurta tvarkingesnė ir saugesnė darbo aplinka, o nelaimingų atsitikimų skaičius sumažėjo net 50%. Po šių metodų įdiegimo įmonėje, pagerėjo tiek emocinė, tiek fizinė darbuotojų sveikata.

## Literatūros sąrašas

1. BARATHWAJ, N. ir kt. Optimization of assembly line balancing using genetic algorithm. In *Journal of Central South University* . 2015. Vol. 22, no. 10, p. 3957–3969.
2. BHASIN, S. - BURCHER, P. Lean viewed as a philosophy. In *Journal of Manufacturing Technology Management* . 2006. Vol. 17, no. 1, p. 56–72.
3. BOLLBACH, M.F. COUNTRY - SPECIFIC BARRIERS TO IMPLEMENTING LEAN PRODUCTION SYSTEMS IN CHINA. In . p. 364.
4. CORREIA, D. ir kt. Improving manual assembly lines devoted to complex electronic devices by applying Lean tools. In *Procedia Manufacturing* . 2018. Vol. 17, p. 663–671.
5. ČIARNIENĖ, R. - VIENAŽINDIENĖ, M. An Empirical Study of Lean Concept Manifestation. In *Procedia - Social and Behavioral Sciences* . 2015. Vol. 207, p. 225–233.
6. DREWS, T. ir kt. Manufacturing System Optimization with Lean Methods, Manufacturing Process Objectives and Fuzzy Logic Controller Design. In *Procedia CIRP* . 2020. Vol. 93, p. 658–663.
7. FILIP, F.C. - MARASCU-KLEIN, V. The 5S lean method as a tool of industrial management performances. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* . 2015. Vol. 95, p. 012127.
8. GARZA-REYES, J.A. ir kt. A PDCA-based approach to Environmental Value Stream Mapping (E-VSM). In *Journal of Cleaner Production* . 2018. Vol. 180, p. 335–348.
9. GONÇALVES, M.T. - SALONITIS, K. Lean Assessment Tool for Workstation Design of Assembly Lines. In *Procedia CIRP* . 2017. Vol. 60, p. 386–391.
10. GULERIA, P. ir kt. Lean six-sigma implementation in an automobile axle manufacturing industry: A case study. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. p. S2214785321059745.
11. GULERIA, P. ir kt. Lean six-sigma: Panacea to reduce rejection in gear manufacturing industry. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. Vol. 46, p. 4040–4046.
12. HERMAN, E. Labour Productivity and Wages in the Romanian Manufacturing Sector. In *Procedia Manufacturing* . 2020. Vol. 46, p. 313–321.
13. IKUMAPAYI, O.M. ir kt. Six sigma versus lean manufacturing – An overview. In *Materials Today: Proceedings* . 2020. Vol. 26, p. 3275–3281.
14. JIUNN-CHENN LU - TAHO YANG Implementing lean standard work to solve a low work-in-process buffer problem in a highly automated manufacturing environment. In *International Journal of Production Research* . 2015. no. Volume 53, p. 2285–2305.
15. KASWAN, M.S. - RATHI, R. Analysis and modeling the enablers of Green Lean Six Sigma implementation using Interpretive Structural Modeling. In *Journal of Cleaner Production* . 2019. Vol. 231, p. 1182–1191.
16. KUMAR BANGA, H. ir kt. Productivity improvement in manufacturing industry by lean tool. In *Materials Today: Proceedings* . 2020. Vol. 28, p. 1788–1794.
17. LAM, N.T. ir kt. Lean Line Balancing for an Electronics Assembly Line. In *Procedia CIRP* . 2016. Vol. 40, p. 437–442.

18. MCKIE, M.G. ir kt. Improving Lean Manufacturing Systems and Tools Engagement Through the Utilisation of Industry 4.0, Improved Communication and a People Recognition Methodology in a UK Engine Manufacturing Centre. In *Procedia Manufacturing* . 2021. Vol. 55, p. 371–382.
19. MLKVA, M. ir kt. Standardization – One of the Tools of Continuous Improvement. In *Procedia Engineering* . 2016. Vol. 149, p. 329–332.
20. MODARRESS, B. ir kt. Kaizen costing for lean manufacturing: a case study. In *International Journal of Production Research* . 2005. Vol. 43, no. 9, p. 1751–1760.
21. MOHAN SHARMA, K. - LATA, S. Effectuation of Lean Tool “5S” on Materials and Work Space Efficiency in a Copper Wire Drawing Micro-Scale Industry in India. In *Materials Today: Proceedings* . 2018. Vol. 5, no. 2, p. 4678–4683.
22. MULUGETA, L. Productivity improvement through lean manufacturing tools in Ethiopian garment manufacturing company. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. Vol. 37, p. 1432–1436.
23. NEVES, P. ir kt. Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. In *Procedia Manufacturing* . 2018. Vol. 17, p. 696–704.
24. PALANGE, A. - DHATRAK, P. Lean manufacturing a vital tool to enhance productivity in manufacturing. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. Vol. 46, p. 729–736.
25. PENA, R. ir kt. Lean manufacturing applied to a wiring production process. In *Procedia Manufacturing* . 2020. Vol. 51, p. 1387–1394.
26. RANJITH KUMAR, R. ir kt. An entropy based approach to 5S maturity. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. Vol. 46, p. 8103–8110.
27. RATHI, R. ir kt. Identification of Lean Six Sigma barriers in automobile part manufacturing industry. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. p. S2214785321037974.
28. RIBEIRO, P. ir kt. The Impact of the Application of Lean Tools for Improvement of Process in a Plastic Company: a case study. In *Procedia Manufacturing* . 2019. Vol. 38, p. 765–775.
29. SAIEG, P. ir kt. Interactions of Building Information Modeling, Lean and Sustainability on the Architectural, Engineering and Construction industry: A systematic review. In *Journal of Cleaner Production* . 2018. Vol. 174, p. 788–806.
30. SINGH, C. ir kt. Exploring an alignment of lean practices on the health and safety of workers in manufacturing industries. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. p. S2214785321036920.
31. SINGH, J.P. - VERMA, S. Modern quality management systems. In *Woven Terry Fabrics* [interaktyvus]. [s.l.]: Elsevier, 2017. p. 179–216. [žiūrėta 2021-12-04]. ISBN 978-0-08-100686-3 Prieiga per internetą: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780081006863000128>>.
32. SITHOLE, C. ir kt. Evaluation of the applicability of design for six sigma to metal additive manufacturing technology. In *Procedia CIRP* . 2021. Vol. 100, p. 798–803.
33. SIVARAMAN, P. ir kt. Productivity enhancement in engine assembly using lean tools and techniques. In *Materials Today: Proceedings* . 2020. Vol. 33, p. 201–207.
34. STATKUS, J. „LEAN“ GAMYBOS VADYBOS KONCEPCIJA IR VERTĖS KŪRIMO SISTEMA. In . 2018. p. 8.

35. SUNDAR, R. ir kt. A Review on Lean Manufacturing Implementation Techniques. In *Procedia Engineering* . 2014. Vol. 97, p. 1875–1885.
36. TAYAL, A. - SINGH KALSI, N. Review on effectiveness improvement by application of the lean tool in an industry. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. Vol. 43, p. 1983–1991.
37. TITU, M.A. ir kt. Applying the Kaizen Method and the 5S Technique in the Activity of Post-Sale Services in the Knowledge-Based Organization. In *Hong Kong* . 2010. p. 6.
38. VERES (HAREA), C. ir kt. Case study concerning 5S method impact in an automotive company. In *Procedia Manufacturing* . 2018. Vol. 22, p. 900–905.
39. VIJAY, S. - GOMATHI PRABHA, M. Work standardization and line balancing in a windmill gearbox manufacturing cell: A case study. In *Materials Today: Proceedings* . 2021. Vol. 46, p. 9721–9729.
40. WOMACK, J.P. - JONES, D.T. Lean Thinking—Banish Waste and Create Wealth in your Corporation. In *Journal of the Operational Research Society* . 1997. Vol. 48, no. 11, p. 1148–1148.
41. WONG, W.P. - WONG, K.Y. Synergizing an ecosphere of lean for sustainable operations. In *Journal of Cleaner Production* . 2014. Vol. 85, p. 51–66.
42. ZINKEVIČIŪTĖ, V. - VASILIAUSKAS, A.V. GAMYBOS LOGISTIKA GAMYBOS VADYBA. In . p. 250.
43. EITUTYTĖ Ernesta. Verslo procesų valdymas ir gerinimo galimybės. In: *Verslo aktualijos būsimųjų specialistų požiūriu 2019: mokslinė-praktinė konferencija, 2019 m. balandžio 17 d.: straipsnių rinkinys. Kaunas: Kauno kolegija, 2019.*
44. Cycle Time: definition, types and how to measure. In *isc-methodology* [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-12-04]. Prieiga per internetą: <<https://isc-methodology.com/operational-excellence/cycle-time/>>.
45. LEAN projektai-Kaizen. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-10-15]. Prieiga per internetą: <<https://www.leanprojektai.lt/lean-sistema/kaizen/>>.
46. Standardized Work. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-11-06]. Prieiga per internetą: <<https://www.lean.org/lexicon-terms/standardized-work/>>.
47. The Five Principles of Lean. In [interaktyvus]. [žiūrėta 2021-10-07]. Prieiga per internetą: <<https://theleanway.net/The-Five-Principles-of-Lean>>.
48. BICHENO, John; HOLWEG, Matthias. *The lean toolbox*. Buckingham: PICSIE books, 2000.