

# **Projekt zlepšení výrobní linky ve společnosti Tymphany Acoustic Technology Europe, s.r.o.**

Bc. Simona Balcárková

---

Diplomová práce  
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Simona Balcárková  
Osobní číslo: M21685  
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství  
Forma studia: Prezenční  
Téma práce: Projekt zlepšení výrobní linky ve společnosti Tymphony Acoustic Technology Europe, s. r. o.

## Zásady pro vypracování

### Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

#### I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši v oblasti štihlé výroby a teorie omezení.

#### II. Praktická část

- Analyzujte současný stav a zhodnoťte případné problémy ve fungování výrobní linky.
- Na základě analýzy navrhnete projekt vedoucí ke zlepšení dané výrobní linky.
- Zhodnoťte navrhovaná řešení.

### Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

- BADIRU, Adedeji Bodunde. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014, 1452 s. ISBN 978-1-4665-1504-8.
- BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
- CHARRON, Rich. *The Lean Management Systems Handbook*. 1st ed. Boca Raton: CRC Press, 2015, 523 s. ISBN 978-146-6564-350.
- CHROMJAKOVÁ, Felicitá. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-808-1540-585.
- CHROMJAKOVÁ, Felicitá a Rastislav RAJNOHA. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 2011, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lucie Macurová, Ph.D.**  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2023**  
Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2023**

L.S.

---

**prof. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
děkan

---

**prof. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2023

## PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

### Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: .....

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zaměřuje na zlepšení výrobní linky 1.A/1.B ve společnosti Tymphany Acoustic Europe, s. r. o. Práce je rozdělena na 2 hlavní části a sice teoretickou a praktickou, jejíž součástí je i část projektová.

V teoretické části je zpracována dostupná literatura, která se týká průmyslového inženýrství a štíhlého podniku.

Praktická část obsahuje základní informace o společnosti, popis výrobního procesu a analýzou výrobní linky. Použitými metodami jsou MOST analýza, balancování linky, Spaghetti diagram, Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace a Value Stream Map.

Dále se práce zabývá návrhy na zlepšení dané výrobní linky, kterými jsou především změna layoutu výroby, implementace dopravníkového systému a metoda 6S, která se ve firmě využívá. Výstupem diplomové práce je projekt zavedení nového layoutu včetně plánu jeho implementace a metody 6S.

Klíčová slova: Štíhlý podnik, Teorie omezení, Layout, 6S, Balancování linky

## **ABSTRACT**

The thesis focuses on the improvement of the 1.A/1.B production line in Tymphany Acoustic Europe, s. r. o. The thesis is divided into two main parts, theoretical and practical, which includes a project part.

In the theoretical part, the available literature related to industrial engineering and lean enterprise is reviewed.

The practical part contains basic information about the company, a description of the production process and an analysis of the production line. The methods used are MOST analysis, line balancing, Spaghetti diagram, Ergonomic Manual Handling Evaluation Form and Value Stream Map.

Furthermore, the thesis deals with suggestions for improvement of the given production line, which are mainly the change of the production layout, the implementation of a conveyor system and the 6S method used in the company. The output of the thesis is a project for the introduction of a new layout including a plan for its implementation and the 6S method.

Keywords: Lean Manufacturing, Theory of Constraints, Layout, 6S, Line Balancing

Touhle formou bych chtěla poděkovat své vedoucí diplomové práce paní Ing. Lucii Macurové, Ph.D. za její trpělivost a ochotu při odborném vedení mé diplomové práce.

Další poděkování bude směřovat do společnosti, ve které jsem svou diplomovou práci psala – konkrétně Tymphany Acoustic Technology Europe, s. r. o. se sídlem v Kopřivnici. Děkuji celému oddělení průmyslových inženýrů a speciální poděkování patří panu Kamilovi Englovi, za jeho pomoc a podporu při psaní mé práce a za možnost vést pod ním svou praxi ve firmě.

Jsem vděčná všem zaměstnancům společnosti za milý a přátelský přístup při spolupráci a jejich ochotu věnovat mi čas.

Velké poděkování patří i mé rodině, která mě celou dobu podporovala při mém studiu a nyní i při psaní této práce.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>10</b>
<b>CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ.....</b>	<b>12</b>
<b>1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....</b>	<b>14</b>
1.1 VÝROBA.....	15
1.1.1 Rozdělení výroby .....	15
<b>2 ŠTÍHLÝ PODNIK.....</b>	<b>17</b>
2.1 ŠTÍHLÁ VÝROBA .....	17
2.1.1 Digitální štíhlá výroba.....	18
2.2 ŠTÍHLÉ PODNIKOVÉ PROCESY .....	18
2.3 OSM DRUHŮ PLÝTVÁNÍ.....	19
2.3.1 Nadprodukce .....	20
2.3.2 Zásoby .....	20
2.3.3 Pohyby.....	21
2.3.4 Doprava .....	21
2.3.5 Čekání .....	21
2.3.6 Zmetky .....	22
2.3.7 Nevyužitý lidský potenciál.....	22
2.3.8 Nadbytečné zpracování .....	22
2.4 KAIZEN .....	23
2.4.1 Historie kontinuálního zlepšování.....	23
2.5 METODA 5S.....	24
2.6 TEORIE OMEZENÍ .....	26
<b>3 POMOCNÉ METODY A NÁSTROJE.....</b>	<b>30</b>
3.1 LAYOUT .....	30
3.2 VALUE STREAM MAP.....	30
3.2.1 Value-Added Activities (VA) .....	32
3.2.2 No-Value-Added Activities (NVA) .....	32
3.3 SPAGHETTI DIAGRAM .....	33
3.4 MOST.....	34
3.5 ERGONOMIE .....	34
<b>4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....</b>	<b>36</b>
<b>I PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>37</b>
<b>5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....</b>	<b>38</b>
5.1 ZÁKLADNÍ DATA .....	39
5.2 HISTORIE SPOLEČNOSTI.....	39

5.3	PRODUKTOVÉ PORTFOLIO.....	40
<b>6</b>	<b>VÝBĚR PŘEDSTAVITELE .....</b>	<b>41</b>
6.1	VÝBĚR VÝROBNÍ LINKY .....	41
6.2	VÝBĚR VÝROBKU .....	42
6.2.2	Výrobek 1.A.....	44
<b>7</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY 1.A.....</b>	<b>46</b>
7.1	SOUČASNÁ VÝROBNÍ STAV .....	46
7.2	VYBALANCOVÁNÍ LINKY .....	47
7.2.1	Varianta 1.A Dekor Dřeva .....	49
7.2.2	Varianta 1.B .....	50
7.3	MOST.....	51
7.4	VÝROBNÍ PROCES .....	52
7.4.1	Předmontáž.....	52
7.4.2	Hlavní montáž a balení.....	52
7.4.3	Vývojový diagram výroby .....	54
7.5	LAYOUT VÝROBY .....	55
7.6	SPAGHETTI DIAGRAM .....	57
7.7	ERGONOMICKÝ FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ RUČNÍ MANIPULACE .....	60
7.8	VALUE STREAM MAP .....	62
7.8.1	VA a NVA činnosti .....	63
7.8.2	Průběžná doba výroby .....	63
7.8.3	Index přidané hodnoty.....	64
7.8.4	Shrnutí výstupu z Value Stream Map .....	64
<b>8</b>	<b>SHRnutí VÝSLEDKŮ Z PROVEDENÝCH ANALÝZ.....</b>	<b>65</b>
8.1	IDENTIFIKACE PROBLÉMŮ VÝROBNÍ LINKY .....	66
<b>9</b>	<b>VYMEZENÍ PROJEKTU .....</b>	<b>69</b>
9.1	PROJEKTOVÁ LISTINA .....	69
9.2	LOGICKÝ RÁMEC .....	70
9.3	ANALÝZA RIZIK.....	71
9.4	HARMONOGRAM PROJEKTU.....	73
<b>10</b>	<b>NÁVRH NOVÉHO LAYOUTU VÝROBNÍ LINKY 1.A/1.B A IMPLEMENTACE METODY 6S .....</b>	<b>75</b>
10.1	NÁVRH NOVÉHO LAYOUTU VÝROBNÍ LINKY .....	75
10.1.1	Tvorba nových MOSTŮ .....	75
10.1.2	Redesign balance sheet .....	75
10.1.3	Balance sheet pro linku 1.A/1.B .....	76
10.1.4	Zhodnocení nových balance sheetu .....	77
10.1.5	Nový layout.....	78
10.1.6	Redesign výrobních palet.....	80



10.2	IMPLEMENTACE METODY 6S .....	83
10.2.1	Aplikace 6S .....	84
10.2.2	Implementace třídění .....	85
10.2.3	Implementace systematizace .....	86
10.2.4	Implementace čistoty .....	87
10.2.5	Implementace standardizace .....	88
10.2.6	Implementace sebedisciplíny .....	89
10.2.7	Implementace bezpečnosti .....	89
10.2.8	Zhodnocení implementace metody 6S .....	89
10.3	PROVEDENÉ ANALÝZA PO RELAYOUTU A IMPLEMENTACI 6S.....	90
10.3.1	Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace po relayoutu .....	90
10.3.2	Spaghetti diagram po relayoutu .....	91
10.3.3	Value Stream Design po relayoutu .....	92
10.3.4	Zhodnocení jednotlivých ukazatelů VSM mapy.....	93
10.4	BUDOUCÍ KROKY PROJEKTU .....	93
<b>11</b>	<b>ZHODNOCENÍ NAVRHNUTÉHO PROJEKTU .....</b>	<b>94</b>
11.1	VYČÍSLENÍ NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ PROJEKTU .....	94
11.1.1	Náklady .....	95
11.1.2	Přínosy.....	96
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>101</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>106</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>107</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>109</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>111</b>

## ÚVOD

V dnešní době se spousta firem snaží být konkurenceschopná, aby na trhu přežila. Většina výrobních firem se snaží toho dosáhnout pomocí aplikace metod štíhlé výroby – čili snižovat neproduktivní činnosti a nahrazovat je činnostmi produktivními, za které jim zákazník platí. Ruku v ruce štíhlé výrobě jde i teorie omezení, která říká, že každý proces je tak silný, jak silný je jeho nejslabší článek. Lze si to představit jako řetěz. Pouze nejslabší článek určuje maximální výkonnost celého systému. Smyslem je snažit co nejvíce zvýšit průtok nejslabším článkem.

Diplomová práce bude zaměřena na zlepšení výrobní linky. Toto zlepšení bude navazovat na několik ukazatelů, prvním z nich je produktivita, další bude snížení práce s břemeny a posledním bude zjednodušení materiálového toku na pracoviště a snížení chodících tras pro materiál a zásoby.

Zlepšováním se v každém podniku zabírají průmysloví inženýři, a tudíž je první kapitola věnována právě tomuto vědnímu oboru.

Jelikož je tato diplomová práce zaměřena na zlepšování a tohoto zlepšování lze dosáhnout právě díky eliminaci neproduktivních činností bude v následujících kapitolách dostupná literární rešerše na téma štíhlého podniku a výroby. Bude zde vypsány 8 druhů plýtvání a pak konkrétně ke každému druhu plýtvání i popis s příklady. Dále bude popsána metoda 5S a jednoduše vysvětlena teorie omezení, díky které společnost určuje úzká místa jednotlivých výrobních linek.

Poslední kapitola teoretické části bude věnována vybraným metodám a nástrojům průmyslového inženýrství, které budou nápomocné při zpracování praktické části diplomové práce. Mezi ně patří layout, Value Stream Map, Spaghetti diagram, MOST analýza a ergonomie.

V praktické části bude nejprve provedena analýza interních dat společnosti. Díky této analýze bude jednodušší zvolit správnou linku a vybrat konkrétní produkt pro následné analýzy. Aby byla analýza současného stavu správná a důkladná, bude pro její účely využity analytické nástroje pro její posouzení. Těmito nástroji budou například analýza balance sheets, spaghetti digram a ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace. Poté na základě zjištěných dat z předchozích analýz bude vytvořena mapa současného stavu VSM. Všechny tyto analýzy budou podkladem pro návrh a tvorbu nového layoutu linky.

V poslední řadě se zaměříme přímo na projekt návrh nového layoutu výrobní linky. V první řadě budou představeny základní informace o projektu a poté budou zpracovány analýzy projektového řízení, kterými jsou SMART cíl, RIPRAN analýza, logický rámec a harmonogram projektu. Protože jejich zpracování je důležité k hladkému průběhu projektu.

Dále bude představen konkrétní návrh nového layoutu pro výrobní linku spolu s důležitými opatřeními, aby byly eliminovány všechny nevýhody starého layoutu.

V závěru budou zhodnoceny přínosy projektu včetně veškerých nákladů, které budou s projektem spojeny.

## **CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ**

Hlavním cílem diplomové práce bude zvýšení výstupu výrobní linky 1.A/1.B minimálně o 5 % do konce června roku 2023. Postupně přizpůsobit výrobní proces do budoucna a připravit jej na další možná zefektivnění. Jako hlavní kritérium pro posouzení úspěšnosti projektu bude zvýšení výstupu linky minimálně o 5 %.

Použité metody:

### **Sběr dat**

- V rámci sběru dat potřebných pro analýzy výrobního procesu budou využity informace z interního informačního systému firmy. Díky možnosti volného pohybu po výrobní hale a přímým kontaktem s operátory ve výrobě, bude provedena důkladná analýza současného stavu výrobního procesu.

### **Balance Sheet**

- Podle pravidel teorie omezení se díky tomuto souboru v excelu průmysloví inženýři balancují výrobní linku. Snaží se o narovnání časů jednotlivých operací a jejich následné rozdělení mezi operátory.

### **MOST**

- MOST analýza slouží jako podklad pro Balance sheet a dává informace o době výroby jednoho výrobku.

### **Spaghetti diagram**

- Slouží pro zmapování chodících tras operátorů, jejich četnost a následné vyhodnocení ujité vzdálenosti a čas, který touto chůzí operátoři denně stráví během pracovní doby.

### **Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace**

- Ergonomický formulář slouží pro vyhodnocení ruční manipulace s břemeny. Jak jsou operátoři vytíženi a následné vyhodnocení zjištěných faktorů.

### **Value Stream Map (VSM)**

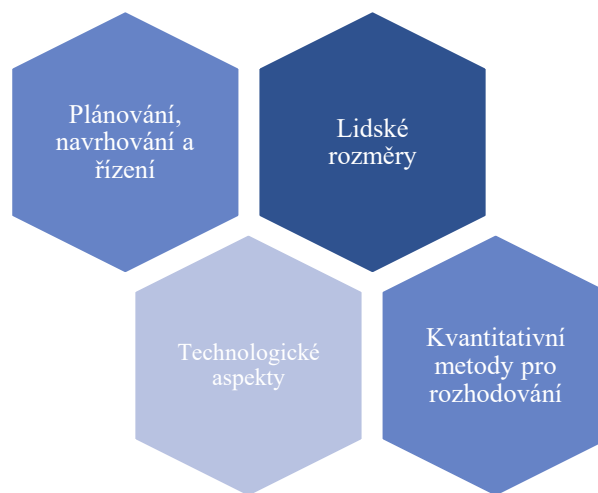
- Mapa současného VSM, graficky znázorňuje celý výrobní proces vybraného produktu a zároveň nám poskytuje i podrobné informace o jednotlivých výrobních operacích.

### **Metody projektového řízení**

- Pro zpracování projektu budou využity metody projektového řízení. Konkrétně mezi ně patří SMART cíl, RIPRAN analýza rizik, logický rámec a harmonogram projektu.

## 1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Jednu z prvních definic průmyslového inženýrství formulovali autoři Mašín a Vytlačil (1996, s.79) jako „*interdisciplinární obor, který se zabývá projektováním, zaváděním a zlepšováním integrovaných systémů lidí, strojů, materiálů a energií s cílem dosáhnout co nejvyšší produktivity. Pro tento účel využívá speciální znalosti z matematiky, fyziky, sociálních věd a managementu, aby je společně s inženýrskými metodami dále využilo pro specifikaci a hodnocení výsledků, dosažených těmito systémy.*“



Obrázek 1 Čtyři bloky metod průmyslového inženýrství (vlastní zpracování dle Mašín a Vytlačil, 1996)

Později tuto definici Mašín, Košturiak a Debnár (2007) upravují pro 21. století jako „*uznávaný vědní obor, který se orientuje na plánování, navrhování, zavádění a řízení integrovaných systémů, jejichž cílem je produkce výrobků nebo poskytování služeb. V těchto systémech zajišťuje a podporuje vysoký výkon, spolehlivost, údržbu, plnění plánu a řízení nákladů v rámci celého životního cyklu výrobku nebo služby.*“

„*Průmyslové inženýrství je vědní obor, jehož náplní je právě zlepšování fungování organizací a podnikových procesů.*“ (Januška, 2018, s. 122) Lze tedy říci, že „*hlavním úkolem je tedy racionalizace, optimalizace a zlepšování jak výrobních, tak nevýrobních procesů.*“ (Dlabač a Pavelka, 2015) Průmyslové inženýrství prakticky zasahuje do všech oblastí pro fungování podniku a jeho cílem je optimalizace fungování podniku a poskytování služeb.

## 1.1 Výroba

*„Výroba v nejširším slova smyslu znamená výrobu výrobků nebo zboží, včetně jejich přípravy nebo poskytování služeb.“ (Burieta, 2013, s. 4)*

Autoři Tomek a Vávrová (2014, s. 26) napsali, že *„výroba umožňuje uspokojení potřeb zákazníka vytvořením věcných statků a služeb. Je rozhodující částí hodnototvorného řetězce.“*

Autoři Keřkovský a Valsa (2012, s. 2) definovali výrobu jako *„proces transformace výrobních faktorů do ekonomických statků a služeb, které poté procházejí spotřebou.“*

*„Výroba je tedy ve své podstatě účelná kombinace faktorů za účelem vytvoření věcných výkonů a služeb.“ (Tomek a Vávrová, 2014, s. 26)*

Dle autorů Jurová a kolektiv (2013) slouží výroba jako prostředek pro uspokojování přání a potřeb zákazníků a trhu.

*„Výroba probíhá v místech, která jsou často předmětem projektů hubnutí, a my se snažíme:*

- zvýšit produktivitu provozu,*
- zlepšit kvalitu výrobků,*
- zvýšit bezpečnost na pracovišti,*
- snížit vysokou únavu obsluhy,*
- zjistit, jak využít provoz více strojů,*
- případně snížit počet strojů, obsluhy, pomocných pracovníků atd.“ (Burieta, 2013, s. 4)*

### 1.1.1 Rozdělení výroby

Podle charakteru technologie rozeznáváme:

- „Mechanickou výrobu – nemění se vlastnosti látkové podstaty opracovaných materiálů a polotovarů, avšak materiál nebo polotovar mění svůj tvar a jakost,*
- Chemickou výrobu – vyvolává změny vlastností látkové podstaty surovin a materiálů,*
- Biologickou a biochemickou výrobu – využívají přírodní procesy, jako jsou zrání, kvašení, apod.“ (Jurová a kol., 2013, s. 29)*

Podle množství a počtu druhů výrobků se rozlišuje výroba:

- Kusová, respektive malosériová,
- Sériová,
- Hromadná. (Keřkovský a Valsa, 2012)

Tabulka 1 Druhy výroby (vlastní zpracování dle Jurová, 2016)

Druh výroby	Charakteristika	Příklad
Kusová (zakázková)	Jednotlivé zakázky nebo kus	CNC obráběcí stroj, elektronový mikroskop
Sériová	Více jednotek různých výrobků na různých zařízeních	Elektrotechnické spotřebiče pro domácnosti
Hromadná	Neomezeně mnoho jednotek jednoho výrobku na stejných zařízeních	Spojovací materiál, elektrotechnické komponenty



## 2 ŠTÍHLÝ PODNIK

Pojem „lean“, neboli v překladu „štíhlý“ je relativně nedávno užívaný termín. Jeho existenci odhadujeme přibližně na posledních 30 let. Tento pojem popisuje činnosti umožňující zlepšení výrobního procesu. (Charron, 2015, s. 27) Dle autora Chromjaková (2013) je *„pojem „lean“ založen na předpokladu, že všechny činnosti firmy, které nepřidávají hodnotu pro zákazníka, jsou plýtváním a proto musí být v maximálně možné míře eliminovány.“*

Autoři Košturiak a Frolík (2006) popisují štíhlost podniku tak, že děláme přesně to, co chce náš zákazník, a to s minimálním počtem činností, které hodnotu výrobku nebo služby nezvyšují. Být štíhlý tedy znamená vydělat víc peněz, vydělat je rychleji a s vynaložením menšího úsilí.

*„Koncept štíhlosti se neomezuje pouze na výrobu, jedná se o komplexní filozofii v rámci celého podniku. Zaměřuje se i na problematiku štíhlého vývoje, neméně důležitou štíhlou administrativu a logistiku.“* (Chromjaková, 2013, s. 42)

Lze tedy říci, že filozofie konceptů lean je orientována na cílené zeštíhlování produktivních ale i neproduktivních činností a jejich vliv na celkovou přidanou hodnotu procesů.

Tato metodologie byla původně vyvinuta se zřetelem na *„zlepšování podnikových procesů v oblasti průmyslové výroby, postupně však našla široké uplatnění v dalších oborech. Základní uvažování ve stylu lean je jednoduché, velmi přímočaré a mnohdy se podobá používání logického myšlení a toho, co běžně nazýváme „selským rozumem“, a to v systematickém uspořádání a metodologické aplikaci na strukturované aspekty vybraného výrobního nebo administrativního proces.“* (Chromjaková, 2013, s. 60)

### 2.1 Štíhlá výroba

Dle autorů Chromjakové a Rajnohy (2011) je štíhlá výroba komplexním systémem orientovaným především na změnu myšlení v oblasti řízení a organizace výrobních konceptů, které jsou realizovány na podnět lidí – manažerů a s podporou technologického vybavení.

Dle autora Badiru (2013) je štíhlá výroba soubor principů, koncepcí a technik odvozených z výrobního systému JIT (just-in-time) společnosti Toyota. JIT znamená dosažení takové úrovně výroby, která přesně a pružně odpovídá poptávce zákazníků, a zahrnuje procesy, které využívají minimální (ideálně nulové) zásoby prostřednictvím strategie, kdy každá

operace dodává díly nebo výrobky nástupnickým operacím přesně v době, kdy jsou požadovány. (Badiru, 2013)

*„Štíhlou výrobu můžeme charakterizovat jako soubor nástrojů a principů, kterými se zaměřujeme na výrobu – výrobní pracoviště, linky, strojní zařízení, výrobní pracovníci. Cílem je mít stabilní, flexibilní a standardizovanou výrobu. Mezi základní používané metody a nástroje patří 5S, vizuální management, analýza a normování práce, ergonomie pracovišť, projektování a optimalizace výrobních buněk a linek.“* (API, 2022)

### 2.1.1 Digitální štíhlá výroba

Koncept "štíhlé výroby" poskytuje firmám prostředky k neustálému zlepšování provozu i dalších podnikových funkcí. V nedávné době informační technologie (IT) a nástup Průmyslu 4.0 přiměly firmy k tomu, aby zvážily, jak může "digitalizace" přispět k průmyslovému zlepšování. (Buer, Dic a Chan, 2018) (Lorenz a spol. 2019) Všeobecně je za hnací sílu průmyslového zlepšování považován právě průmysl 4.0 společně s digitalizací. (Solheim a Powell, 2020) A toto spojení štíhlé výroby s Průmyslem 4.0 vyústilo ve vznik systémů digitální štíhlé výroby (DLM). (Romero a spol., 2018)

Autoři Romero a spol (2018) naznačují, že zatímco principy (tradiční) štíhlé výroby zůstávají v platnosti, DLM usnadní aplikaci tradičních principů, a navíc rozšíří jejich rozsah a směr zavedením nových digitálních možností prostřednictvím výkonných virtuálních modelů a simulací. Umožní i řešení pro analýzu velkých objemů dat v reálném čase a systémů pro sledování výkonnosti. Příkladem může být využití digitálních technologií, které posílí štíhlou a učící se transformaci ve výrobních organizacích, jako jsou například e-kanbany, digitální řešení problémů a kaizen. (Ashrafian, 2019) Dále lze využít prvky tvořené digitálním dvojčtem, které poskytují příznivé podmínky pro Lean 4.0, jako je rozšířená realita, cloud computing, integrace systému pro lokalizaci v reálném čase (RTLS) do digitálního dvojčete. (Tran a spol., 2021)

## 2.2 Štíhlé podnikové procesy

Tyto procesy lze charakterizovat jako *„procesy, které fungují na principu samořízení. Cílem samořízení je snižování nákladů přes nekompromisní úsilí po dosažení perfekcionismu. Základem štíhlých podnikových procesů jsou principy Kaizen metodiky, analýza toků hodnot a systémy Kanban. Štíhlé podnikové procesy jsou nemyslitelné bez správně motivovaných*

*lidí – od vrcholového managementu až po pracovníky ve výrobě“.* (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 46) Podstatnou změnou v oblasti dosahování štíhlých podnikových procesů je změna myšlení, která ovlivňuje i cíle.

Tabulka 2 Změna tradičního myšlení směrem ke štíhlým procesům (vlastní zpracování dle autorů Chromjaková a Rajnoha, 2011)

TRADIČNÍ MYŠLENÍ	MYŠLENÍ KE ŠTÍHLÝM PROCESŮM
Kvalita závisí od útvaru kvality	Kvalita závisí od toho, kdo ji produkuje
Sklady ve výrobě jsou užitečné	Sklady ve výrobě je nutno minimalizovat, příp. úplně eliminovat
Vyrábí a nakupuje se v optimálních dávkách	Vyrábí a nakupuje se v dávkách které požaduje zákazník
Akceptovatelná kvalita	Totální kvalita
Výroba začíná u surovin a polotovarů	Výroba začíná u hotového produktu
Ve výrobě musí být vše, co je nutné k tomu, aby se výroba nezastavila	Problémy je nutné řešit i za cenu toho, že dojde k částečnému zastavení výroby
Podnik se člení na dílčí útvary	Podnik je jeden celek
Cena = náklady + zisk	Zisk = cena – náklady
Cena jednoho produktu	Cena jednotky průtoku

### 2.3 Osm druhů plýtvání

Principy štíhlé výroby kladou důraz na odstranění plýtvání z výrobního systému za účelem jeho zefektivnění. Ve skutečnosti je však takové plýtvání zpravidla skryté. Před odstraněním plýtvání je důležité identifikovat jeho zdroje. (Badiru, 2013)

Autorka Jurová (2016) uvádí, že existuje 7 druhů plýtvání oproti tomu autor Imai (2005) uvádí ve své knize 8 druhů plýtvání. Všechny osm druhů plýtvání naleznete v tabulce 3.

Tabulka 3 Osm druhů plýtvání (vlastní zpracování dle Jurová, 2016, s. 88 a Imai, 2005, s.82)

Číslo	Typy plýtvání	Příklad
1.	Nadprodukce	Příliš časté dodávky, velká množství
2.	Zásoby	Hromadění zásob ve skladech, vytváření krátkodobých skladů, velké výrobní dávky
3.	Pohyby	Podávání, ohýbání, přenášení, otáčení
4.	Doprava	Přeprava všech materiálů a dílů složitá přeprava
5.	Čekání	Čekání na materiál, čekání v úzkých místech výroby, prostoje, počítání dílů, prostoje strojů apod.
6.	Zmetky	Opravy a defekty
7.	Nevyužitý lidský potenciál	Nerealizované nápady pracovníků
8.	Nadbytečné zpracování	Zbytečná kvalita nebo zpracování, které již nepožaduje zákazník

### 2.3.1 Nadprodukce

„Taiichi Ohno považoval nadprodukcí za kořen veškerého výrobního zla. Nadprodukce znamená vyrábět věci, které se neprodávají.“ (Dennis, 2015, s. 33)

Jako zdroje nadprodukce lze definovat například:

- Více informací pro následující proces, než je v e skutečnosti potřeba
- Vytváření reportů, standardů, které nikdo nečte
- Nadprodukce produktů, které nejsou okamžitě prodejné
- Nevyužitá kapacita pracovníka (zbytečné úkony,..)
- Nadprodukce kopií materiálů, atd. (Chromjaková a Rajnoha, 2011)

### 2.3.2 Zásoby

„Plýtvání v podobě zásob souvisí s držetím nepotřebných surovin, dílů a nedokončených výrobků.“ (Dennis, 2015, s. 32) „Pracovníci v podnicích trpí utkvělou představou, že zásoba je správná a plní funkci pojistné zásoby. Z hlediska psychologického jde o možná

*nejšložitější plýtvání, co se týká odstranění. Důvodem je známé úsloví "Zvyk je železná košile".“ (API, 2022)*

Například pro výrobní část podniku je nalezení nadbytečných zásob poměrně jednoduchým úkolem. Například definováním optimální úrovně zásob. Ovšem v dalších oblastech podniku to už tak jednoduché není. Například v oddělení nákupu, údržbě či sekretariátu. (Chromjaková. a Rajnoha, 2011)

### 2.3.3 Pohyby

Plýtvání v podobě pohybu může mít jak lidský, tak strojový element. Plýtvání lidským pohybem souvisí s ergonomií pracoviště. (Dennis, 2015) „*Oblast analýzy práce, ergonomie již mnohokrát prokázala, že znatelných úspor lze dosáhnout štihlým uvažováním pracovníků na jejich vlastních pracovištích. Toto jsou okruhy v oblasti zbytečných pohybů:*

- *Špatná ergonomie pracoviště,*
- *Přesun produktů mezi pracovištěm,*
- *Hledání náradí, nástrojů,*
- *Hledání vedoucího týmu pro vyjasnění si pracovní úlohy, když tato již byla zadána atd.“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 48)*

### 2.3.4 Doprava

*“V provozu si ihned povšimneme různých druhů dopravy: vozíků, vysokozdvížných vozíků a dopravních pásů. Doprava je nezbytnou součástí výrobního procesu, ale pohyb materiálů a produktů nepřidává žádnou hodnotu.“ (Imai, 2005, s. 83) „Ovšem bez dopravy se výroba neobejde. V ideálním případě by doprava zahrnovala pouze přepravu materiálu do firmy a odvoz hotových produktů z podniku. Avšak praxe bývá dost odlišná. Často bývá výrobní proces oddělen do několika úseků, sklad bývá taktéž vzdálen od výroby. Materiálový tok musí být pak zajištěn vnitropodnikovou dopravou, náklady na ni však znamenají plýtvání. Vysokozdvížné vozíky, dopravní pásy, paletové vozíky apod. – to vše znamená plýtvání peněz zbytečnou dopravou“ (Jurová, 2016, s. 89)*

### 2.3.5 Čekání

Obecně lze říci, že čekání na cokoli lze považovat za plýtvání. Ať už se jedná o čekání na informace, na opraváře či čekání, než stroj dokončí výrobní operaci. Tento druh plýtvání by

se měl eliminovat a uzpůsobit pracovní činnosti operátora, tak aby neměl žádné prostoje a pracoval plynule. „*Tento druh je snadno identifikovatelný. Plýtvání může v této oblasti představovat několik minut či vteřin. Některé firmy jsou již se štíhlou výrobou na takové úrovni, že vyhledávají a eliminují i plýtvání o délce několika desetin vteřiny.*“ (Jurová, 2016, s. 89)

### 2.3.6 Zmetky

„*Každý proces, produkt či pracovní náplň pracovníka jsou konstruovány s ohledem na dosahování minimálního počtu chyb, v ideálním případě mají nulovou toleranci k chybovosti.*“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 49) „*Chyby jsou většinou odhaleny až při výstupní kontrole nebo v nejhorším případě mohou být odhaleny až u koncového zákazníka. Je potřeba zjistit příčinu vzniku.*“ (API, 2022)

### 2.3.7 Nevyužitý lidský potenciál

Tento druh plýtvání mohou ovlivnit především vedoucí pracovníci, kdy rozpoznají lidský potenciál u svých podřízených a mohou jej dál rozvíjet. Většinou nejsou lidské zdroje a jejich potenciál firmou řádně využity s ohledem na nabízené schopnosti, dovednosti a zručnosti. Díky jejich využití by mohla být přidaná hodnota realizována za kratší čas. (API, 2022)

### 2.3.8 Nadbytečné zpracování

Jedná se o jemnou formu plýtvání, která spočívá v tom, že děláte víc, než vyžaduje zákazník. (Dennis, 2015, s. 32)

„*Přílišný náběh či naopak přeběh obráběcího stroje, neproduktivní údery lisu či odstraňování otřepů jsou vesměs příklady plýtvání ve zpracování, jemuž se lze vyhnout. Odstranění plýtvání v oblasti zpracování ale často dosáhnout pomocí technik postavených na zdravém rozumu a nízkých nákladech. Někdy pomůže kombinace výrobních úkonů.*“ (Imai, 2005 s. 82)

Jako příklad lze uvést firmu, která vyrábí sluchátka a telefonní přístroje. Oba dva výrobky mají vlastní linku a následně se kompletují na finální lince. Aby se sluchátka dostaly na finální linku je potřeba je zabalit do platových sáčků, aby se nepoškodil jejich povrch. Ovšem kdyby se spojila finální linka a výrobní linka na sluchátka, odstranil by se jeden krok v podobě balení do sáčku. (Imai, 2005)

## 2.4 Kaizen

Kaizen jako podnikatelská filozofie nebo přístup k neustálému postupnému zlepšování vznikl v Japonsku po druhé světové válce. Ve své původní podobě je kaizen japonské slovo, které znamená zlepšení nebo změnu k lepšímu a zaměřuje se na neustálé zlepšování všech funkcí, systémů a procesů v podniku. (Dhongade, Singh a Shrouthy, 2013) Klíčem k neustálému zlepšování jsou zejména drobné inovace a kreativní nápady, které jsou často nenápadné a z krátkodobého hlediska sotva viditelné. Nejvýznamnějšími efekty aplikace kaizen jsou zvýšení produktivity, kvality a efektivity, snížení nákladů, eliminace plýtvání, bezpečnost práce atd. (Janjić, Todorović a Jovanović, 2020)

Lze tedy říci, že Kaizen neboli *„kontinuální zlepšování je využívání cíleně orientovaných, pracovníky podporovaných procesů a nástrojů zlepšování směrem k dosahování požadovaných cílů“*. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s 43)

Přístupy Kaizen lze však aplikovat i v osobním životě, kde jsou *„kaizen a inovace dvě hlavní strategie, které lidé používají, aby dosáhli změny. Zatímco inovace vyžaduje šokující radikální reformu, všechno, co vyžaduje kaizen, je dělat malé, pohodlné kroky, které povedou ke zlepšení.“* (Maurer, 2005, s. 18) *„Tato příjemná technika může vést k tvůrčímu vzepětí a posílení vztahů, ke každodennímu posouvání směrem ke kvalitnímu životu.“* (Maurer, 2005, s. 123)

### 2.4.1 Historie kontinuálního zlepšování

První zmínky o tomto kontinuálním zlepšování se objevily v období americké deprese. V roce 1940 napadlo nacistické Německo Francii a američtí vůdci si začali uvědomovat, jak moc Spojenci potřebují jejich vojenské vybavení (tanky, zbraně, zásoby, atd.). Nejlépe co nejrychleji.

Proto pro překonání tohoto těžkého období a zároveň nedostatku personálu zařídila americká vláda kurzy pro management, nesoucí název Training Within Industries (TWI) a nabídla je korporacím po celém území Ameriky. Tyto kurzy vybízely k něčemu, čemu se říkalo *“průběžné zlepšování”*. Manuál k tomuto kurzu nabádal, aby manažeři *“hledali tisíce malých věcí, které by mohli zlepšit. Nezkoušejte naplánovat najednou celý záměr nového oddělení - ani se nepokoušejte rovnou o instalaci velkého nového vybavení. Není čas na takové to velké počiny. Snažte se o zlepšení dosavadních činností se současným vybavením.”* (Maurer, 2005, s. 15)

Dr. W. Edward Deming, statistik, který pracoval v týmu kontroly kvality, byl v té době jedním z nejhlásitějších manažerů kontinuálních změn. Dr. Deming učil manažery, že musí každého jednotlivce zainteresovat na procesu zlepšování. Každý, od dělníků, kteří pracovali u pásu až po ředitele sedící v křeslech správní rady, byl povzbuzován k hledání cest drobných zlepšení či pokroků při zlepšování kvality výrobků a efektivnosti jejího dosahování. Byly vytvořeny schránky na nápady, které se umísťovaly do chodeb každé továrny, aby i dělníci u pásu mohli navrhnout zlepšení pro daný proces.

Díky těmto opatřením se zvýšila kvalita americké výzbroje a zároveň i rychlost její výroby. Toto byly dva hlavní faktory vítězství Spojenců.

Tato filozofie byla zavedena po válce v Japonsku, kdy generál Douglas MacArthur přizval americké specialisty TWI, s cílem obnovit Japonsko, protože si v Japonsku uvědomili, že byli “poraženi” americkými technologiemi a zbraněmi. V Japonsku se tento koncept stal součástí japonské kultury podnikání. (Maurer, 2005) Později Japonci pojmenovali tento koncept Kaizen.

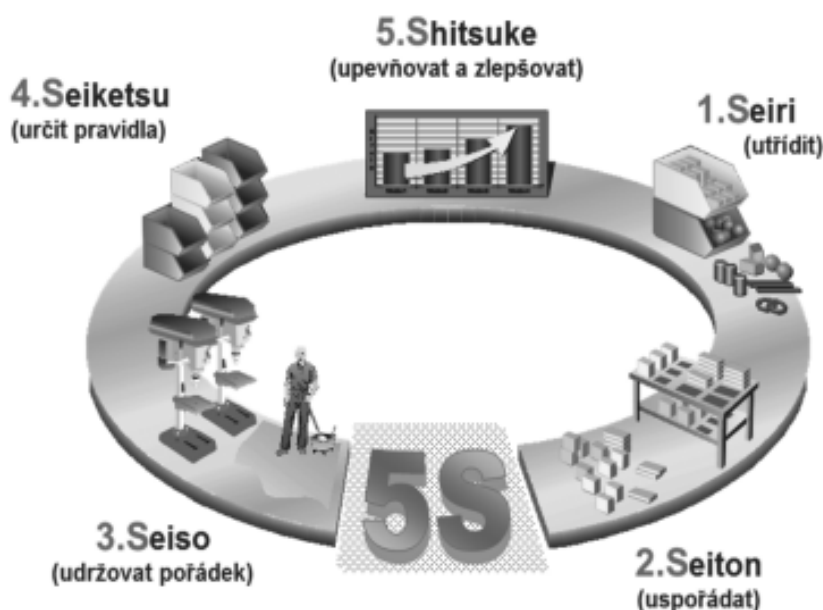
## 2.5 Metoda 5S

Metoda 5S je základním prvkem každého štíhlého systému. 5S je metoda organizace pracoviště, například dílny nebo kanceláře. Obhájí, co udržovat, kde udržovat a jak udržovat (např. udržování, vyklízení). Vštěpuje také pracovníkům pocit vlastnictví, aby byli za své pracoviště více zodpovědní. (Kiran, 2019)

*„Akce 5S je základním kamenem pro další implementaci pokročilých metod Kaizen, ale i jiných optimalizačních metod a přístupů „zeštíhlování“. Kde není základní systém založený na dodržovaných standardech práce, tam nemá smysl zavádět např. Metodu toku – FLOW. 5S je součástí „základní stability procesů“.“ (Bauer a spol., 2012, s. 31)*

Tato metoda se nazývá 5S, protože pochází z Japonska a využívá 5 japonských slov, které začínají na písmeno S. Jsou to Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Je to tak rozšířený nástroj, že pro původně japonská slova se v České republice používá označení 5U. Na obrázku 2 je uvedena japonsko-česká verze od autorů Bauera a spol.





Obrázek 2 Kroky metody 5S (Bauer a spol., 2012, s. 32)

### 2.5.1 1. krok - seiri

„*Seiri (vytřídění) neboli pořádek: vyhodte nesouvisející materiály. Na pracovišti ponechávejte pouze nejnnutnější předměty.*“ (Badiru, 2013) Cílem tohoto kroku tedy je vytřídít položky, na položky které musí být na pracovišti, mohou být odstraněny a musí být odstraněny. (API, 2022)

### 2.5.2 2. krok - seiton

*Seiton (systematizuj): uložte vše na své místo pro rychlé vyzvednutí a uložení.* (Badiru, 2013)  
 „*V tomto kroku rozmístíme na pracoviště zbývající položky na vyhrazené místa tak, aby byly rychle přístupné a aby bylo zabezpečeno rychlé vrácení na své místo.*“ (Burieta, 2018, s. 30)  
 Místo volíme dle četnosti pohybů, jeho snadné dosažitelnosti a již zmiňovaného vrácení zpět na původní místo. Důležitým prvkem je místa správně vizuálně označit, aby bylo hned jasné, jestli je předmět na správném místě. (API, 2022)

### 2.5.3 3. krok - seiso

*Seiso (Lesk) nebo čistota: uklidit pracoviště.* (Badiru, 2013) „*V tomto kroku definujeme oblasti, které je potřebné v rámci teritoria pracoviště čistit. Čištění je součástí jakékoliv práce. Znamená to, že se v pracoviště vyčistí i se všemi zařízeními, stroji, pomůckami, náradím atd. Tento stav poté budou pracovníci dále udržovat pravidelným čištěním.*“ (Burieta, 2018, s. 35)

#### 2.5.4 4. krok - seiketsu

*Seiketsu (Standardizuj) nebo disciplína: držet zisky a udržovat čistotu.* (Badiru, 2013)

V tomto kroku je důležité nadefinovat si potřebné standardy, jako je například standard pracoviště, standard čištění atd. Tyto standardy poté dodržovat, aby bylo zabráněno nedbalostem. (API, 2022)

„*Standard čistého pracoviště je dokument, který se skládá ze 4 základních částí:*

- *Hlavičky,*
- *Vizuální podpory,*
- *Standardu čištění,*
- *Záhlaví a zápatí.*“ (Burieta, 2018)

#### 2.5.5 5. krok - shitsuke

*Shitsuke (udržet) nebo závazek praktikovat 5S pro neustálé zlepšování.*“ (Badiru, 2013)

Účelem pátého kroku je zlepšovat současný stav. Uskutečňují se pravidelné audity a realizují se doplňující školení. U pracovníků se pěstuje smysl pro pořádek, přesnost a preciznost. (API, 2022)

### 2.6 Teorie omezení

Teorie omezení (Theory of Constraints, TOC) je filozofie řízení, která se zaměřuje na nejslabší článek (články) řetězce s cílem zlepšit výkonnost systémů. (Simsit, Günay a Vayvay, 2014) Lze tedy říci, že tato teorie se zabývá „*identifikací a optimalizací úzkých míst s ohledem na dosahování specifických ekonomických cílů (kapacita, průběžná doba výroby, atd.) a eliminaci úzkých míst v průtoku produkčního proces.*“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 42) „*Metoda TOC se snaží o maximalizaci průtoků úzkým místem.*“ (Tuček a Bobák, 2006, s. 90)

Původně se TOC používal k plánování výrobního procesu a přidělování zdrojů. V dnešní době může být používán jako druh filozofie řízení a může být integrován se systémem nákladového účetnictví. (Simsit, Günay a Vayvay, 2014)

Cílem TOC je zvyšování schopnosti systému v dosahování cílů, a to jak nyní tak i v budoucnu. Spočívá v práci se systémy prostřednictvím identifikace a řízení omezení, která často nemají základ v technických omezeních procesu, ale v paradigmatech, postupech a

lidech, kteří se na nich podílejí. (Charron, 2012) Tuček a Bobák (2006) charakterizují hlavní cíl podniku podle TOC jako získávání peněz nyní i v budoucnosti.

Princip 5 kroků TOC:

1. *„Krok: Identifikace omezení systému*
2. *Krok: Maximální využití daného omezení*
3. *Krok: Podřízení všeho v systému (podniku) tomuto omezení*
4. *Krok: Odstranění omezení*
5. *Krok: Jestliže bylo omezení odstraněno, cyklus opakujte návratem zpět k prvnímu kroku“* (Basl, Majer a Šmíra, 2003, s. 37)

*„Zásady TOC resp. Postup jak pracovat s omezením je možné definovat v pěti bodech tak jak uvádí např. dr. Goldratt: najděte omezení (úzké místo), rozhodněte jak omezení maximálně využít, vše ostatní podřídte předešlému rozhodnutí, rozšiřte omezení a poslední bod znamená návrat na začátek.“* (Tuček a Bobák, 2006, s. 90)

Tabulka 4 Příklady podnikových omezení (Tuček a Bobák, 2006)

Oblast	Omezení
Výroba	Stroj – kapacitně úzké místo špatně zvolené výrobní dávky
Podnik	Jednotlivá oddělení podniku Finanční prostředky podniku Podniková kultura Umístění podniku v rámci dodavatelského řetězce
Dodavatelský řetězec	Jeden z podniků řetězce Kooperace podniků, podniková kultura

### 2.6.1 Balancování linky

Balancování linky znamená uspořádat úkoly do skupin, přičemž každá skupina úkolů se provádí na jedné pracovní stanici. Každá pracovní stanice má stejné zatížení a stejnou dobu cyklu. Žádné pracoviště není přetíženo, nikdo nečeká a odchylky jsou na každém pracovišti vyrovnány. (Badiru, 2013)

Balancování linky je činnost, jejímž cílem je *„dosáhnout relativně stejných časů cyklu jednotlivých operátorů na lince nebo buňce, resp. minimalizace plýtvání způsobeného*

čekáním pracovníků z důvodu nevybalancování. Je založena na analytickém rozboru činnosti pomocí technik měření práce a následném přerozdělování elementů práce mezi pracovníky“ (Bejčková, 2009, s. 42)

„Balancování operací se nejčastěji používá při optimalizaci a navrhování výrobních linek s cílem optimálního rozdělení činností mezi jednotlivá pracoviště, respektive operátory linky. Můžeme ho také použít pro optimální nastavení a vyvážení materiálového toku celého podniku. Klíčovým vstupem pro tuto metodu je požadavek zákazníka, respektive zákaznický takt. Pro optimální balancování operací se využívají efektivní nástroje a formuláře, které samy přepočítávají obsazení a vytížení pracovníků a využití strojů při změnách kritérií. Pro složité systémy je vhodné použít některý z nástrojů simulace.“ (API, 2022)

### 2.6.2 OEE

Ukazatel OEE se využívá pro zvyšování produktivity, proto se při snaze o její zvyšování nelze zaměřovat pouze na poruchy, které ovlivňují dostupnost. Je nutné se zabývat všemi faktory ovlivňujícími efektivní využívání strojů a zařízení. (Svět produktivity, 2012) Tyto faktory se při použití OEE opírají o tři hlavní ukazatele zařízení a produktů. Tyto ukazatele slouží ke sledování efektivity zařízení prostřednictvím měření dostupnosti zařízení, jeho výkonu a kvality výrobků. (Charron, 2012) Dle autorů Chromjaková a Rajnoha se tedy jedná o „měření a systematické zlepšování celkové efektivnosti strojů a zařízení.“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011 s.43) Autoři Bauer a spol. (2012, s. 61) popisují OEE jako „procentuální vyjádření času efektivního využití stroje v porovnání k času, kdy je stroj ve firmě k dispozici pro produkci výrobků.“

Pro výpočet OEE se využívá vzorec, který je následující:

$$\text{OEE} = \text{dostupnost} \times \text{výkonnost} \times \text{kvalita}$$

Dílčí ukazatele dále stanovíme následujícími výpočty:

**Míra využití** (dostupnost):

$$\text{Dostupnost} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prстоje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}}$$

**Míra výkony** (výkonnost):

$$\text{Výkonnost} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{ideální cyklus (takt)}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prстоje}}$$

**Míra kvality (kvalita):**

$$Kvalita = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - (\text{zmetky}) + \text{vícepráce}}{\text{počet vyrobených kusů}}$$

Po upravení výše uvedených vzorců dostaneme výpočet OEE ve tvaru:

$$OEE = \frac{\text{počet kvalitních výrobků} \times \text{ideální cyklus}}{\text{doba možného provozu stroje}}$$

### 3 POMOCNÉ METODY A NÁSTROJE

Pro účely praktické části diplomové práce budou využity i další metody a nástroje pro práci průmyslového inženýra. Proto byla vytvořena tato kapitola, která se na tyto metody a nástroje zaměřuje.

#### 3.1 Layout

Layout a design linky je určen především technologickými požadavky a technickými možnostmi. Při zvažování, jakým způsobem bude linka uspořádána, hraje důležitou roli rovněž hledisko pracovníka. Jednotlivá pracoviště by měla být uspořádána takovým způsobem, aby splňovala ergonomické požadavky (prostor, výška pracovních ploch, umístění strojů, osvětlení atd.) (Bauer a spol., 2012, s.108)

#### 3.2 Value Stream map

VSM (Value Stream Mapping) můžeme přeložit jako mapování hodnotového toku. (API, 2022) „*Tento nástroj mapování slouží ke sledování postupu prací od začátku výroby po dodání hotového výrobku koncovému zákazníkovi.*“ (Rother, 2017, s. 11)

Jedná se o vizuální znázornění celého hodnotového toku. Je vytvořeno identifikací všech činností potřebných od okamžiku, kdy zákazník naváže kontakt s organizací, až do okamžiku, kdy zákazník nakonec obdrží váš produkt nebo službu. (Charron, 2015)

Toto grafické znázornění se skládá z „*dokumentování procesů, přidávajících hodnotu, opírající se o materiálové a informační toky přes produkční útvary v kompletním přehledu s podstatnými ukazateli. Postupuje se od analýzy současného stavu k tvorbě mapy budoucího stavu.*“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 42)

Cíle VSM by se daly popsat následovně:

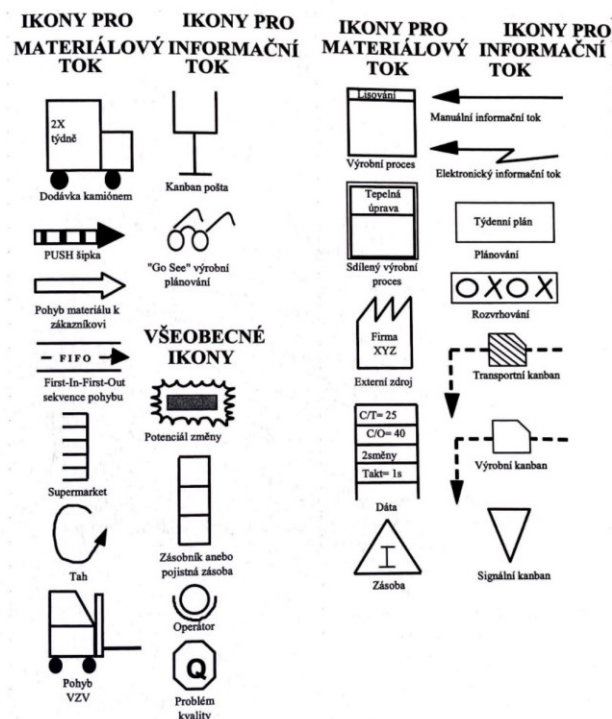
- Poznat svého zákazníka a jeho potřeby,
- Uspokojovat potřeby zákazníka,
- Naučit se rozlišit přidanou a nepřidanou hodnotu z pohledu zákazníka,
- Zkrátit průběžnou dobu výroby. (ProLean, 2023)

Před tvorbou Value Stream Map je vhodné si zjistit základní (vstupní informace) viz. Tabulka 5.

Tabulka 5 Základní údaje ve VSM (vlastní zpracování dle Kyseř, 2018)

Doporučené vstupní údaje	Hlavní výstupy
- Cyklový čas	- Celková průběžná doba výroby
- Čas přidávající hodnotu	- VA index
- Čas přetypování	- Stav zásoba a obrátka zásob
- Počet operátorů	- Celkový počet procesních kroků
- Směny	- Počet procesních kroků, na kterých vzniká hodnota
- Dostupný čas pro výrobu	- % vyjádření procesních kroků s přidanou hodnotou z celkového počtu kroků

Při mapování hodnotového toku se používají standardizované ikony, které můžete vidět na obrázku 3. (API, 2022)



Obrázek 3 Ikony pro Value Stream Map (Chromjaková a Rajnoha, 2011)

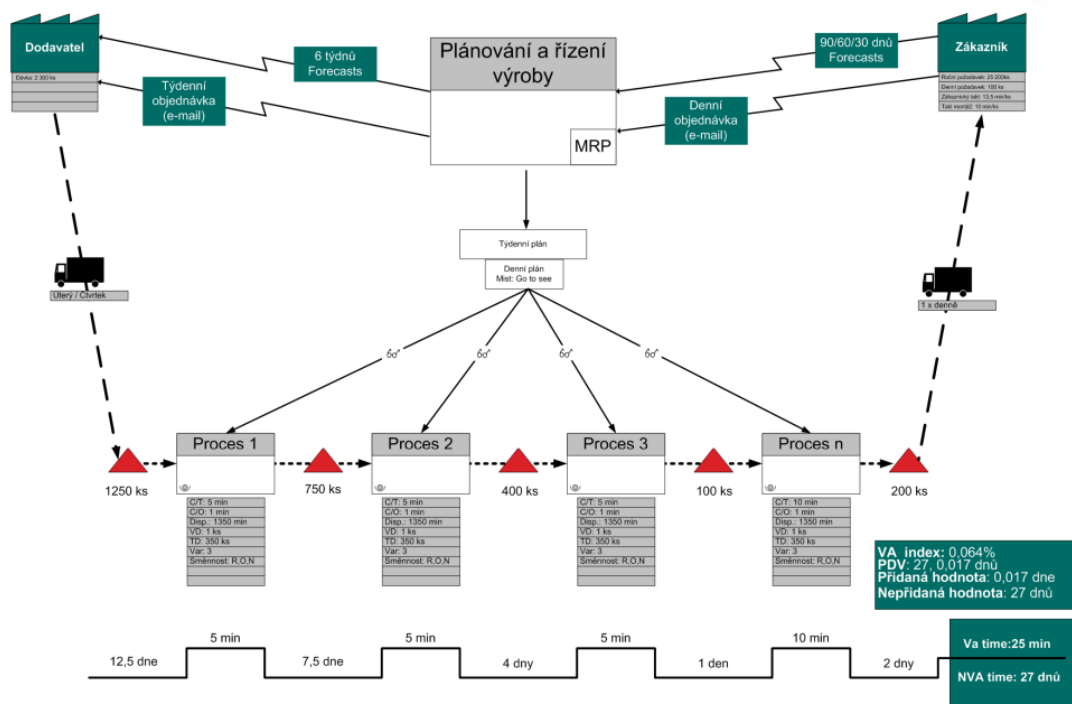
Mapování toku hodnot je vhodné použít u:

- Výrobku, jehož výroba se bude teprve zavádět,
- Výrobku, kterého jsou plánované změny,

- Návrhu nových výrobních (i nevýrobních) procesů,
- Stanovování nového způsobu rozvržení výroby apod.

„Předmětem mapování je detailní identifikace toku hodnoty.

- Materiálový tok – se větví od vstupu surového materiálu až po výstup hotového produktu
- Informační tok – se větví od realizace proměny materiálu na hotový produkt“ (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 53)



Obrázek 4 Value Stream Map (Api, 2022)

### 3.2.1 Value-Added Activities (VA)

VA činnost je v podstatě jakákoli činnost, kterou zaměstnanec vykonává a za kterou je externí zákazník ochoten zaplatit. Tyto činnosti se obvykle skládají z procesních kroků potřebných k přeměně určité suroviny na upravený a užitečný výrobek pro zákazníka.

### 3.2.2 No-Value-Added Activities (NVA)

NVA činnosti jsou činnosti, které nepřispívají k plnění požadavků externích zákazníků a mohly by být odstraněny, aniž by došlo ke zhoršení funkce výrobku nebo služby nebo podniku, tj. kontrola dílů, kontrola správnosti zpráv, přepracování jednotky, přepsání zprávy atd.



### 3.3 Spaghetti diagram

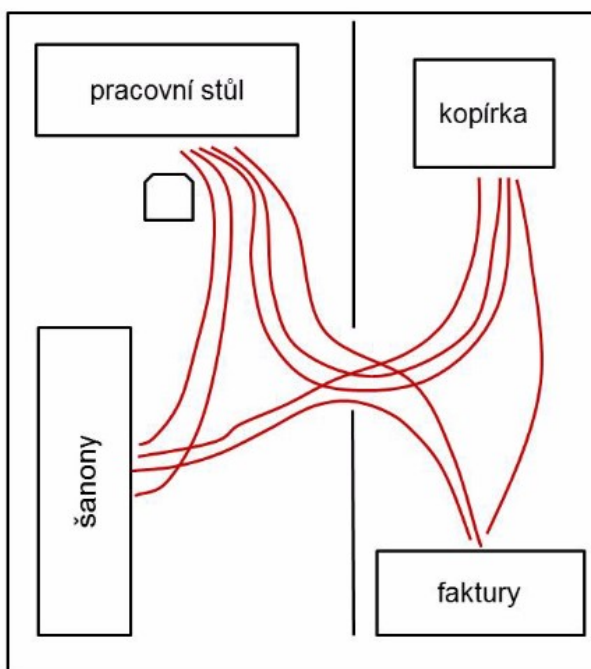
Špagetový diagram „zachycuje pohyb pracovníka v jistém časovém období. Do layoutu pracoviště se zachycují jeho veškeré pohyby. Tento způsob analýzy je snadné uskutečnit při snímkování průběhu práce. Odhalí se tak množství chůze mimo pracoviště a může být dobrým podkladem na re-layout.“ (API, 2022) Díky diagramu jednoduše zobrazíme prostor, ve kterém se operátor zdržuje.

Postup:

1. Nákres všech objektů aktuálního layoutu
2. Nakreslení každého pohybu čarou (může být se šipkou)
3. Jeden pohyb = 1 čára
4. Čím delší čára tím větší je plýtvání (Apos consulting, 2015)

Benefity Spaghetti diagramu spočívají v identifikování:

- plýtvání v layoutu,
- možnosti optimalizace přepravy,
- možnosti optimalizace komunikace,
- možnosti optimalizace alokace zdrojů,
- možnosti optimalizace bezpečnosti. (Apos consulting, 2015)



Obrázek 5 Příklad Spaghetti diagramu (Api, 2022)

### 3.4 MOST

MOST je jedna z metod měření práce. Tu lze definovat jako aplikaci technik vytvořených pro určení času pracovníkem na definované úrovni výkonu. Rozhodujícím kritériem při měření práce je poměr produktivního a neproduktivního času (Tuček a Bobák, 2006, s. 111) MOST je „metoda nepřímého měření spotřeby času pracovní činnosti. Vychází ze skutečnosti, že jakákoliv práce je vlastně přemísťování hmoty či objektu a můžeme ji popsat jedním ze čtyř sekvenčních modelů. K jednotlivým parametrům sekvenčních modelů jsou potom přiřazovány předdefinované indexy. MOST je jeden z nástrojů pro eliminaci plýtvání se zaměřením na přidanou a nepřidanou hodnotu.“ (API, 2022)

### 3.5 Ergonomie

Účelem průmyslového inženýrství (IE) je obecně hledání optimálního řešení za daných podmínek. Inženýrství lidských faktorů jako jedna z hlavních oblastí IE sleduje tento cíl. Jediným rozdílem je cíl, kterým jsou lidé. "Lidský faktor" a "ergonomie" se staly známými pojmy, jak je patrné z použití ergonomie v aplikacích od jednoduchých nástrojů až po velmi složitá letadla. (Badiru, 2013)

*„Mezinárodní ergonomická asociace definuje ergonomii následovně: Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci polohy člověka a výkonnosti systému.“* (API, 2022)

*„Ergonomie pracoviště je soubor technik, znalostí a prostředků, které mají za úkol přizpůsobit pracoviště fyzickým a duševním potřebám člověka. Velmi souvisí s bezpečností a ochranou zdraví při práci. Několik nezávislých zahraničních studií prokázalo, že kvalitně řešená ergonomie pracoviště má pozitivní vliv na výkonnost pracovníka, snižuje úrazovost a celkově přispívá k větší efektivitě práce.“* (BOZP.cz, 2023)

Zjednodušeně můžeme říct, že ergonomie je věda zabývající se vztahy mezi člověkem, pracovním prostředím a pracovními nástroji.

Lidský faktor je velmi široký pojem. Přesto je hlavní myšlenka jednoduchá: Jak můžeme zaměstnancům zajistit bezpečné a pohodlné pracovní podmínky, aniž bychom narušili produktivitu? Toho výsledku lze dosáhnout pouze tehdy, když vláda, zaměstnavatelé, výzkumní pracovníci a zaměstnanci spolupracují. Poněkud starý, ale stále aktuální slogan

"Přizpůsobit úkol člověku" nabývá na důležitosti, když technologie postupují rychlostí světla. (Badiru, 2013)

Základní ergonomické principy pro manipulační úkoly:

- a) *„Optimalizace materiálu, se kterým se manipuluje. Snižování ručně manipulovaného materiálu na minimum*
- b) *Racionalizace manipulace, díky zavádění mechanizace. Redukování ruční manipulace s břemeny a manipulace na paletových vozících.*
- c) *Redukce hmotností ručně přenášených břemen a břemen na paletových vozících (objem, množství břemen, ...)*
- d) *Omezení dráhy manipulace, vhodná technika manipulace a frekvence manipulace*
- e) *Kvalita ukládání a skladování (vhodné přepravky, jejich vhodné umístění,..)*
- f) *Výchova a školení pracovníků v oblasti ergonomie ruční manipulace s břemeny.“*  
(Hlávková a Valečková, 2007, s. 11)

## 4 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V úvodu teoretické části bylo popsáno průmyslové inženýrství, jako obor, který se neustále vyvíjí a je to jeden z nejmladších inženýrských oborů. (Mašín a Vytlačil, 1996) Poté byla popsána výroba, která slouží jako prostředek pro uspokojování přání a potřeb zákazníků a trhu. (Jurová a kol., 2013) Následovalo rozdělení výroby i s charakteristikou a praktickými příklady.

V další kapitole byl popsán štíhlý podnik, který lze charakterizovat tak, že dělá přesně to, co po nás vyžaduje zákazník, a to s minimálním počtem činností, které hodnotu výrobku nebo služby nezvyšují (Košturiak a Frolík, 2006) Přes štíhlý podnik se plynule navázalo na štíhlou výrobu, kterou autor Badiru (2013) charakterizuje jako soubor principů, koncepcí a technik odvozených z výrobního systému JIT (just-in-time) společnosti Toyota. Poté byla krátká kapitola věnována digitální štíhlé výrobě a jednotlivým prvkům, které DLM využívá. Jedná se například o e-kanbany, digitální řešení problémů, rozšířená realita, cloud computing atd. Dále byly popsány podnikové štíhlé procesy s rozdělením tradičního myšlení a myšlení ke štíhlým procesům dle autorů Chromjaková a Rajnoha (2011). Následně bylo popsáno 8 druhů plýtvání a ke každému uveden příklad.

Na toto téma navazovala kapitola Kaizen spolu s historií kontinuálního zlepšování, kdy se první zmínky o tomto zlepšování datují do období americké deprese. Zajímavým faktem je, že původ kontinuálního zlepšování nepochází z Japonska, nýbrž z Ameriky.

Na Kaizen navazovala metodika 5S, která byla popsána jako celek a následně i všechny potřebné kroky postupu pro 5S. Na závěr byla popsána Teorie omezení spolu s balancováním linky a ukazatelem OEE.

A poslední kapitola byla věnovaná pomocným metodám a nástrojům pro tuto diplomovou práci. Autor v práci postupně popisuje Layout, Value Stream Map, Spaghetti diagram, metodiku MOST a ergonomii.

## **I. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Pro praktickou část diplomové práce byla vybrána společnost Tymphany Acoustic Technology Europe, s. r. o.

Společnost Tymphany je světovým lídrem v oblasti návrhu a výroby audio systémů, sluchátek, akustických modulů a ovladačů. Díky více než 90 letům zkušeností v oblasti audio designu, vývoje a výroby je společnost Tymphany všeobecně považována za společnost s nejsilnějším portfoliem technologií a konstrukčních zkušeností v oboru reproduktorů. Společnost Tymphany vyrábí reproduktory pro mnoho předních světových audio značek a také vyvíjí a prodává měniče pod značkou Peerless. (interní zdroje, 2022)



Obrázek 6 Sídlo Tymphany v Kopřivnici (interní dokumentace, 2022)

## 5.1 Základní data

Tabulka 6 Základní informace o společnosti (vlastní zpracování dle veřejného rejstříku a sbírky listin, 2022)

Základní informace – Tymphany Acoustic Technology Europe, s. r. o.	
Název společnosti	Tymphany Acoustic Technology Europe, s.r.o.
Právní forma podnikání	Společnost s ručením omezeným
Sídlo společnosti	Kopřivnice - Vlčovice, Průmyslový park 305, PSČ 742 21
Identifikační číslo	271 74 263
Předmět podnikání	Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona, výroba, instalace, opravy elektrických a telekomunikačních zařízení a pronájem nemovitostí, bytů a nebytových prostor
Obrat za rok 2021	2 198 659 tis. Kč
Velikost firmy	Střední podnik (25 až 499 zaměstnanců)

## 5.2 Historie společnosti

V roce 2003 se dánská společnost Bang & Olufsen rozhodla rozšířit výrobní kapacity do nákladově efektivních oblastí v Evropě.

Díky dobré logistické dostupnosti si společnost v roce 2004 vybrala oblast v Kopřivnici. V tomtéž roce byla zahájena výroba v pronajatých prostorách skladu barev od společnosti Tatra a.s., v Kopřivnici.

V roce 2005 byla díky počátečním úspěchům společnosti uvolněna investice na výstavbu vlastní výrobní haly. Ta byla slavnostně otevřena v roce 2006. Postupně společnost začala vyrábět celé portfolio výrobku pro Bang & Olufsen – automobilový průmysl, audio zařízení, televizory, akustiku a mnoho dalších. Postupně se však začal trh měnit, a tak byly z portfolia vyřazeny mobilní telefony, dále pak výroba automobilů a televizory. Tyto opatření měly za následek uvolnění prostor výrobní haly a bylo potřeba najít způsob, jak výrobu doplnit a oživit. Řešením bylo přejít pod křídla společnosti Tymphany, což se v roce 2017 stalo. (interní dokumentace, 2022)

Tymphany přinesla hodnotu špičkových produktových technologií a know-how továrny v oblasti vývoje a výroby špičkové designové akustiky. Se společností Tymphany, bylo

provedeno několik významných investic do výroby a také do validační laboratoře, čímž výrazně urychlili vývojový cyklus a společnost tak získala náskok před konkurencí. Kromě společnosti Bang & Olufsen se postupně navázaly spolupráce s dalšími zákazníky – Neumann Berlin, Bose corporation, Sagemcom, Teenage Engineering, D&B audiotechnik, a další přibývají. (interní dokumentace, 2022)

### **5.3 Produktové portfolio**

Produktové portfolio společnosti Tymphany můžeme chápat, jako 3 obchodní pilíře. Výrobky jsou rozděleny do tří kategorií a pod každou spadá jiný druh výrobků.

Prvním pilířem je CABG – consumer audio neboli spotřebitelské audio, které je teď největším pilířem. Tato skupina je reprezentována produkty pro společnost Bang & Olufsen.

Druhým pilířem je PABG – professional audio neboli profesionální audio. Tento segment je rychle rostoucí a zahrnuje produkty pro studio, jeviště a podobně. Do této skupiny patří například společnost BOSE corporation či Neumann Berlin.

Třetím pilířem, který společnost začíná budovat je automotive. Zde začínají první fáze NPI – Proces zavádění nového výrobku, kdy společnost komunikuje se zákazníky a snaží se získat objednávky od společností, které se v automotive segmentu pohybují.



## 6 VÝBĚR PŘEDSTAVITELE

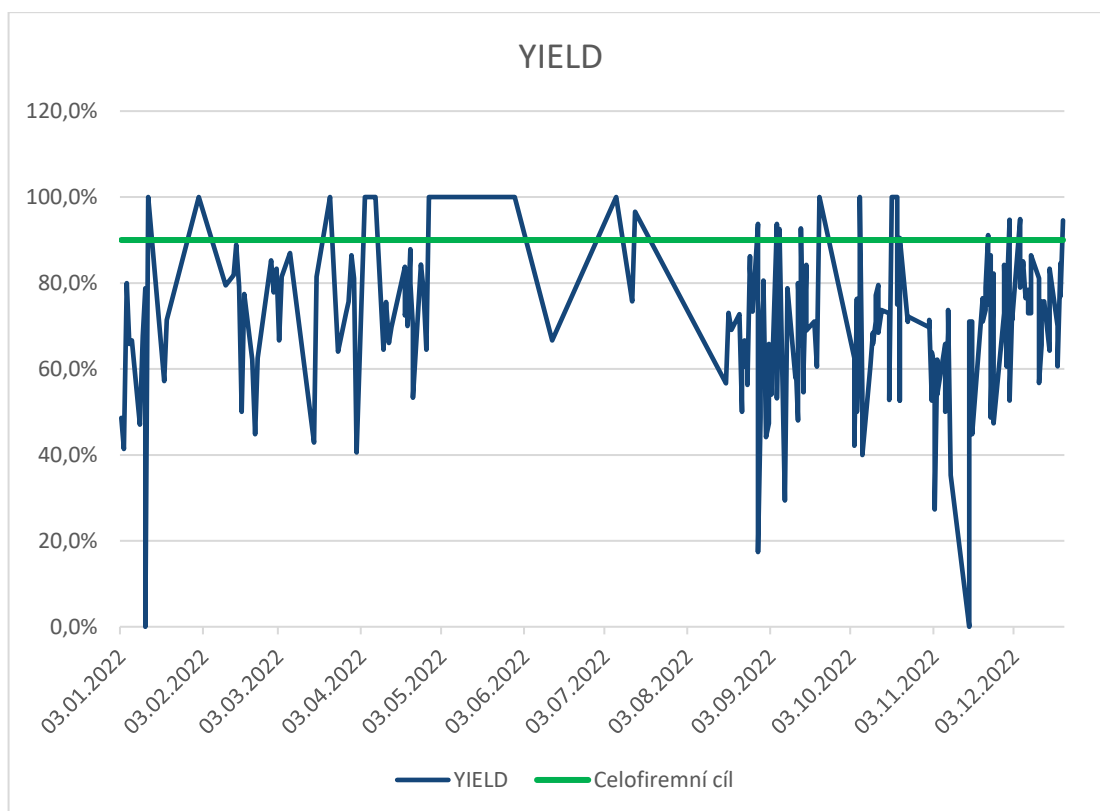
Aby bylo možné provést analýzu současného stavu je potřebné nejprve zvolit vhodného představitele z řad výrobních linek a vyráběných produktů. K tomuto účelu slouží tato kapitola, která blíže popíše vybraného představitele.

### 6.1 Výběr výrobní linky

Pro tuto diplomovou práci byla zvolena výrobní linka pro produkt 1.A. Linka byla vybrána z důvodu zvýšení její produktivity a udržení ukazatele kvality.

Pro ověření se provedla analýza vývoje kvality (Yield) a produktivity, které společnost považuje za KPI – klíčové ukazatele výkonnosti a tyto hodnoty sleduje po celou dobu provozu výrobní linky.

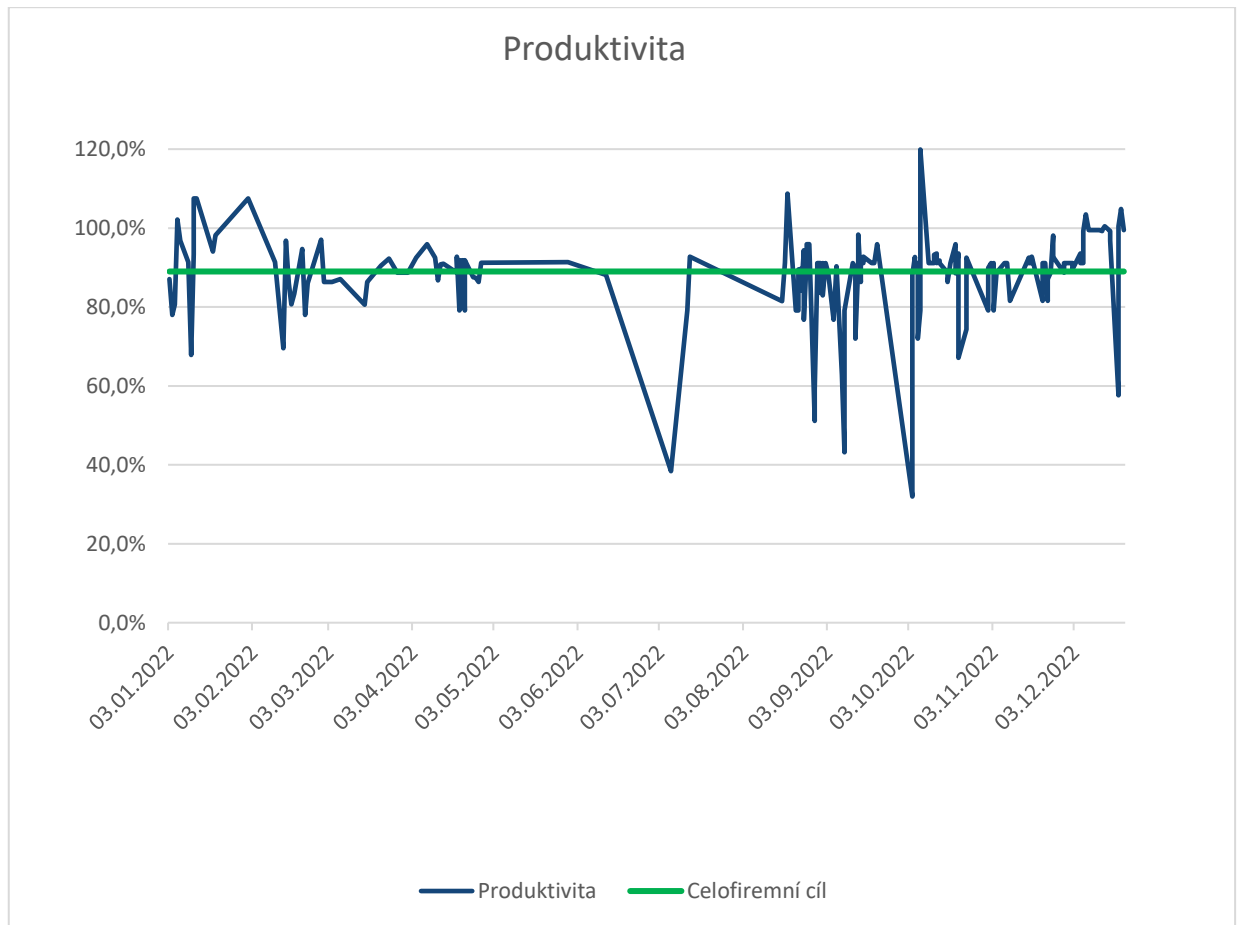
Na obrázku 4, lze vidět, že průměrný Yield (ukazatel chyb) za období od 03.01.2022 do 21.12.2022 je 70,5 %, přičemž si společnost stanovila jako cílovou hodnotu 90 %. Lze tedy vidět, že výrobní linka dlouhodobě neplní požadovaný plán pro ukazatel kvality.



Obrázek 7 Yield 1.A (interní dokumentace ,2022)

Produktivita pro výrobek 1.A - Stříbrný je v průměru 88,8 % za stejné období jako je tomu u ukazatele kvality. Hodnoty za toto období můžete vidět na obrázku 5. Zelená čára znázorňuje celofiremní cíl produktivity 89 % pro rok 2022. Lze tedy říci, že zelená čára představuje plnění normy na 89 %, což je 32 vyrobených a zabalených kusů za směnu.

Pro rok 2023 se tento cíl má v plánu zvýšit na 90 %. Lze tedy říci, že firma každým rokem mění svůj celofiremní cíl pro produktivitu a postupně jej zvyšuje.



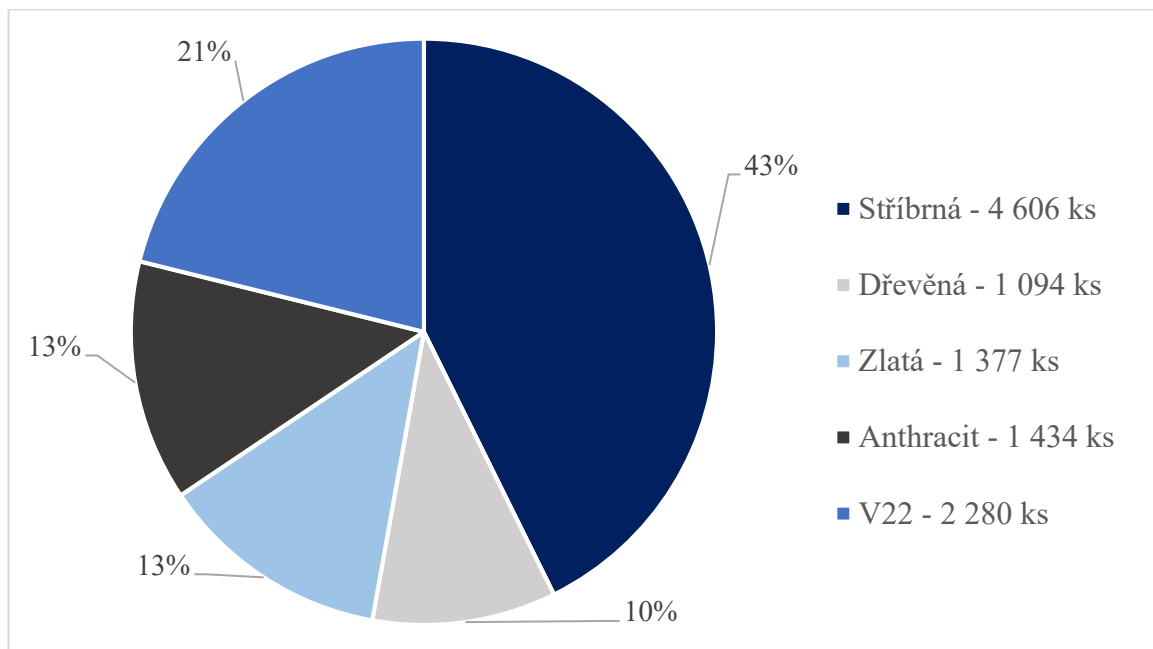
Obrázek 8 Produktivita 1.A (interní dokumentace, 2022)

## 6.2 Výběr výrobku

Jelikož se na výrobní lince 1.A/1.B vyrábí více než 1 produkt, je potřeba zvolit vhodného představitele i z řad výrobků.

Pro potřeby diplomové práce byl vybrán výrobek 1.A – Stříbrný, který se vyrábí a bude vyrábět v největším množství na výrobní lince 1.A/1.B. Na rok 2023 je predikováno množství prodeje na 4 606 ks, což z něho dělá nejvíce vyráběný výrobek dané linky, jak lze vidět z obrázku 9. Z celkové výrobní kapacity ji tento výrobek zaplní ze 43 %. Na lince se v roce 2023 bude dále vyrábět výrobek 1.B a barevné varianty výrobku 1.A – zlatý a antracit

a také varianta s dekorem dřeva. Varianty Antracit a zlatá se ve společnosti začínají vyrábět začátkem roku 2023. V dřívějších letech je společnost nevyráběla.



Obrázek 9 Množství výroby pro rok 2023 – 1.A (interní dokumentace vlastní zpracování, 2022)

Důležité je zmínit, že varianty stříbrný, zlatý a antracit se liší pouze barevným provedením. Jejich montáž je naprosto stejná, tudíž i stejně dlouhá (48,64 minut). Sečtením množství těchto 3 výrobků dohromady činí celkem 7 414 ks. Na výrobní lince se vyrábí z necelých 70 %.

### 6.2.1 Kapacitní propočet

Důležitým faktorem, je zjistit, jestli výrobní linka dokáže vyrobit všechny výrobky. Celkem za rok je to tedy 10 791 ks výrobků. Proto byla potřeba vytvořit tabulku 7 s Kapacitními propočty.

Čas směny byl vypočítán jako dostupný čas (480 minut) od něj byly odečteny zákonné přestávky (30 minut), předání směny (5 minut), ukončení směny (5 minut) a přestávka na úklid (5 minut). Společnost pracuje s dostupným časem 21,75 hodin denně (1 305 minut). Rok 2023 má 240 pracovních dnů. Již byly odečteny 2 týdny pro celozávodní dovolenou, která se koná vždy na konci července a začátkem srpna. Po rozpočítání je tedy dostupný časový fond 5 220 hodin pro rok 2023.

Pro propočet času byl brán cyklový čas pro jednotlivé výrobky. Jelikož se výrobek vyrábí paralelně. Nedochozí k prostojům, proto se propočet nepočítal s routing time, ale již

zmiňovaným cyklovým časem. Čas kdy operátoři ukončí jeden cyklus na výrobku. Propočet byl vypočítán pro všechny varianty, které se na lince 1.A v roce 2023 budou vyrábět.

Tabulka 7 Kapacitní propočet výrobků pro linku 1.A (vlastní zpracování, 2022)

Varianta výrobku	Propočet potřebného času	Minut	Hodin
Stříbrný	4 606 * 12,16	56 008,96	933,48
Zlatý	1 377 * 12,16	16 744,32	279,07
Antracit	1 434 * 12,16	17 437,44	290,62
Dřevěná	1 094 * 13,40	14 659,60	244,33
1.B	2 280 * 9,72	22 161,60	369,36
<b>Celkem</b>			<b>2 116,86</b>

Dle propočtů v tabulce 7, lze říci že linka 1.A je v této podobě schopna uspokojit objednávky od zákazníků. Jelikož celkový čas vyšel zaokrouhleně na 2 117 hodin a dostupný čas linky pro rok 2023 je 5 220 hodin.

### 6.2.2 Výrobek 1.A

Tato kapitola slouží k detailnímu popsání výrobku 1.A.

Je to samostatný hudební systém, jenž přináší zvuk Bang & Olufsen z chytrého televizoru bez nutnosti subwooferu. Ve společnosti Tymphany se produkt vyrábí v 5 barevných variantách a to, stříbrný, antracit, zlatý a dekor dřeva, poté se vyrábí varianta bez rámečku, která nese název 1.B. Tabulka 8 představuje jednotlivé výrobky.

Tabulka 8 Produkty 1.A (interní dokumentace, 2022)

Produkt	Varianta	Rámeček
1.A	Stříbrná	Ano
1.A	Antracit	Ano
1.A	Zlatá	Ano
1.A	Dřevěná	Ano
1.B	Stříbrná	Ne

Výrobek 1.A lze vidět na obrázku 10. Výrobek kombinuje nejnovější audio technologie s elegantním designem a výkonností. Nabízí 3kanálový zvukový systém, který má vynikající středový kanál pro optimální reprodukci řeči. Využívá zvukovou technologii Dolby Atmos,

aby se zvuk pohyboval kolem Vás v trojrozměrném prostoru. Má celkem 11 reproduktorů a každý má vlastní zesilovač. Výsledkem je 3D plně aktivní reproduktorový systém, který poskytuje neuvěřitelně hluboký a bohatý zvuk. (Bang & Olufsen, 2022)



Obrázek 10 1.A – Silver/Black (interní dokumentace, 2023)

V tabulce 9 můžete vidět bližší specifikace výrobku z hlediska jeho výšky, šířky a hlavně hmotnosti, která bude důležitá v pozdějších analýzách, a především u ergonomické analýzy.

Tabulka 9 Specifikace produktu 1.A (interní dokumentace, 2022)

Šířka	1 104	mm
Výška	174	mm
Hloubka	77	mm
Hmotnost	8	kg

## 7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY 1.A

Pro celkové zlepšení výrobní linky, je nutné nejprve provést prvotní analýzu současného stavu. Díky ní lze odhalit potenciál pro zlepšení a různé plýtvání, které poté může být odstraněno. Z tohoto důvodu se před projektovou částí tato diplomová práce bude zabývat právě analýzou současného stavu vybraného představitele, který byl vybrán v kapitole 6. Dále budou provedeny analýzy, které jsou za potřebí zpracovat v rámci řešené problematiky.

### 7.1 Současná výrobní stav

Masová produkce výrobku 1.A – Stříbrný začala v září 2021. Kdyby byla výrobní linka vytížena na 100 %, což znamená, že by jela na 3 směny, 5 dní v týdnu, byl by objem výroby za rok 27 000 ks výrobku 1.A, s tím, že by byl požadavek od zákazníka 36 kusů výrobku za směnu, jak můžete vidět v tabulce 10.

Tabulka 10 Maximální objem výroby (vlastní zpracování dle interní dokumentace, 2022)

Množství	Kusy
Směna	36
Den	108
Týden	540
Měsíc	2 214
Rok	27 000

Realita ale byla taková, že společnost za rok 2022 vyrobila na této lince pouze 7 130 ks výrobku 1.A ve variantách stříbrný a dřevěný a 1 671 kusů výrobku 1.B. Celkově se tedy na lince vyrobilo 8 801 ks výrobků. Požadavek od zákazníka, byl stejný a sice 36 kusů za směnu. Z těchto dat lze tedy vypočítat, že výrobní linka byla využita na pouhých 26,4 %.

Čas taktu na výrobu jednoho výrobku 1.A stříbrný, byl za rok 2022 12,08 minut, což znamená že zákazník každých 12,08 minut poptával daný výrobek. Linka byla rozbalancovaná pro 4 operátory na 2 směny. Ve společnosti se vytvářejí variantní scénáře, aby se uspokojila poptávka od zákazníků. Routing time je čas, za jak dlouho by 1 operátor vyrobil výrobek 1.A, kdyby na lince pracoval sám a všechno si musel sám připravit. Bližší specifikace výrobního režimu naleznete v tabulce 11.

Tabulka 11 Výrobní režim pro 1.A Stříbrný (vlastní zpracování, 2022)

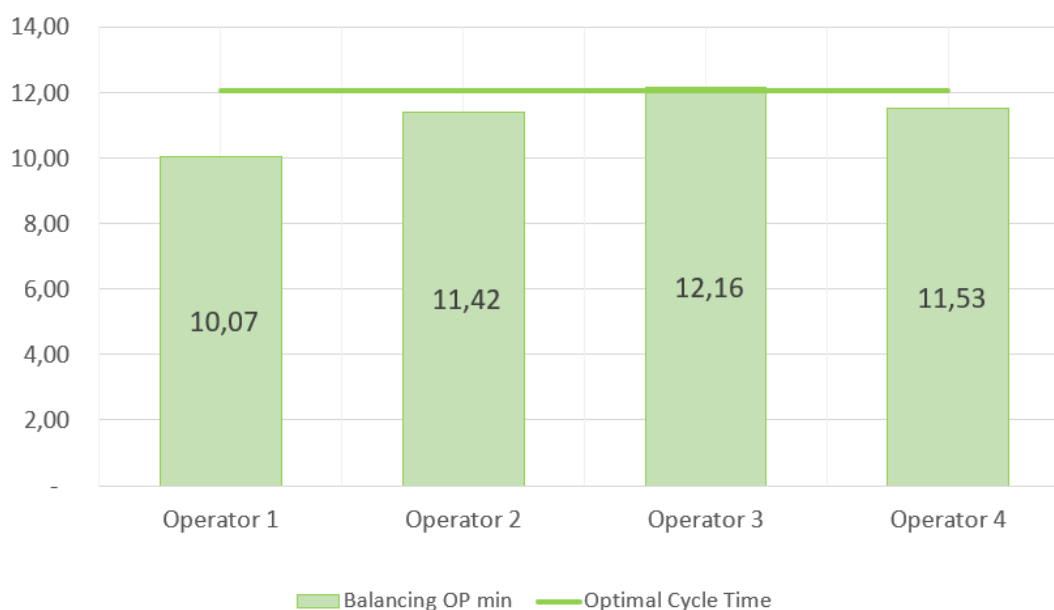
Výrobní režim pro rok 2022:		
Výrobek:	CA 22	Stříbrný
Počet zaměstnanců:	4	Operátoři / směna
Množství:	36	Ks / směna
Čas směny:	7,25	h/směna
Počet směn:	2	směny
Routing time:	48,64	min/ ks
Kusy na operátora:	1,233	ks/h
Čas taktu zákazníka:	12,08	min/ks
Takt úzkého místa: (cyklový čas)	12,16	min/ks

## 7.2 Vybalancování linky

V předchozí kapitole byla podrobně popsána linka a její výrobní režim pro rok 2022. Aby mohla být provedena tato analýza pro balancování linky využívají ve firmě soubor tabulkového software excel nazývaný jako balance sheet. V tomto souboru procesní inženýři doplňují požadavky od zákazníka a jednotlivé časy výrobních operací pro jednotlivá pracoviště, které jim vyšly z metodiky MOST. S těmito informacemi pracují a dále je analyzují. Balance sheet také využívají jako soubor, pro nalezení úzkého místa na lince pomocí metody TOC – teorie omezení, která byla popsána v kapitole 1.5 Teorie omezení.

Ve společnosti ovšem nevnímají jako úzké místo pracoviště nýbrž operátora. Proto lze vidět na obrázku 11 vybalancování operátorů. Jedná se o graf, který uvádí počet operátorů na lince, jejich vytížení z hlediska času a optimální cyklový čas.

Z obrázku 11 lze vyčíst, že nejvytíženější operátor je operátor 3, který je úzkým místem a udává tak takt celé linky. Takt úzkého místa (cyklový čas) je 12,16 min, což znamená, že by všichni operátoři měli mít nastavený relativně stejný čas cyklu, aby linka plynule vyráběla a nevytvářely se prostoje. Pokud takto linka není nastavená dochází k přerозdělování elementů práce mezi pracovníky. Více informací k rozbalancování linky se dozvíte v kapitole 2.6.1 Balancování linky.



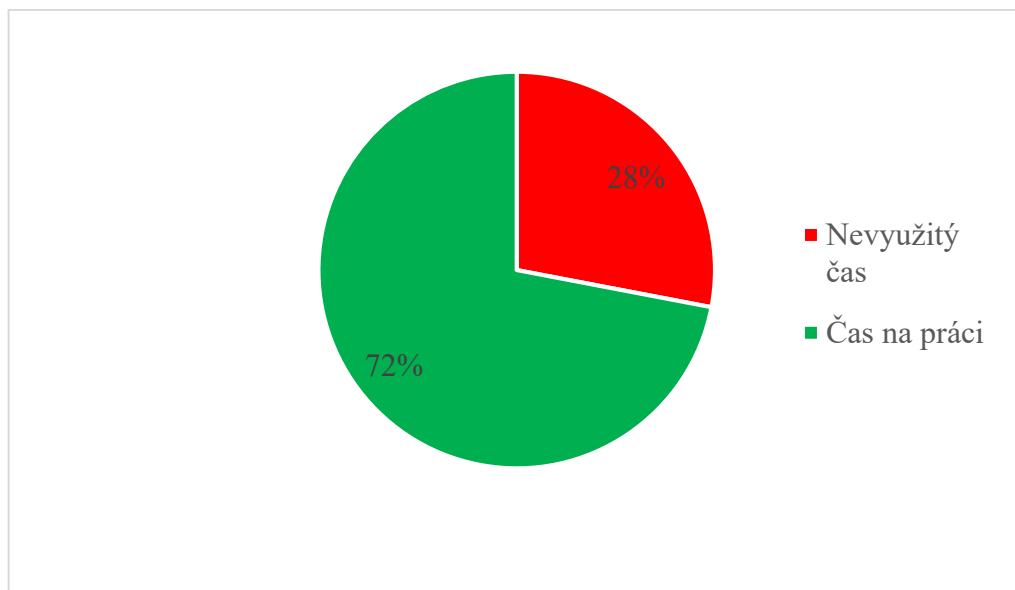
Obrázek 11 Vybalancování operátoru pro variantu Stříbrný (interní dokumentace, 2022)  
 Pro podrobnější analýzu časů lze vycházet z tabulky 12 lze vidět, že operátor 1 má nevyužitý čas okolo 17 % svého celkové času, operátorovi 2 tvoří zbylý čas 6 % a operátor 4 má nevyužitý čas 5 %. Tento nevyužitý čas všech 3 operátorů tvoří 28 %, což je 3,46 minut na 1 kus. Celkově za směnu tvoří tento nevyužitý čas pracovníků 124,56 minut (2,076 hodiny). Pro lepší přehlednost byla vytvořena tabulka 12.

Tabulka 12 Nevyužitý čas operátorů na kus (vlastní zpracování, 2022)

Operátor	Čas (min)	Vytíženost	Nevyužitý čas	Nevyužitý čas (min)
1	10,07	83 %	17 %	2,09
2	11,42	94 %	6 %	0,74
3	12,16	100 %	0 %	0,00
4	11,53	95 %	5 %	0,63
<b>Nevyužitý čas celkem</b>			<b>28 %</b>	<b>3,46</b>

Většinu tohoto nevyužitého času využívají operátoři k chůzi pro materiál či mezi pracovišti. Více informací k tomuto tvrzení naleznete v kapitole 7.6 Spaghetti diagram. Čas, který operátorům zbývá k práci je tedy 72 % z jejich pracovního času (435 minut), což činí 5,44 hodin čisté práce. Obrázek 12 slouží k vizualizaci času stráveného prací a zbylým nevyužitým časem.





Obrázek 12 Nevyužitý čas operátorů (vlastní zpracování)

Může být tedy řečeno, že by měla být linka lépe rozbalancovaná, aby byli operátoři stejně vytížení a vyráběli plynule a nevytvářelo se plýtvání z důvodu čekání na tzv. bottleneck (úzké místo), kterým je již zmiňovaný operátor 3.

### 7.2.1 Varianta 1.A Dekor Dřeva

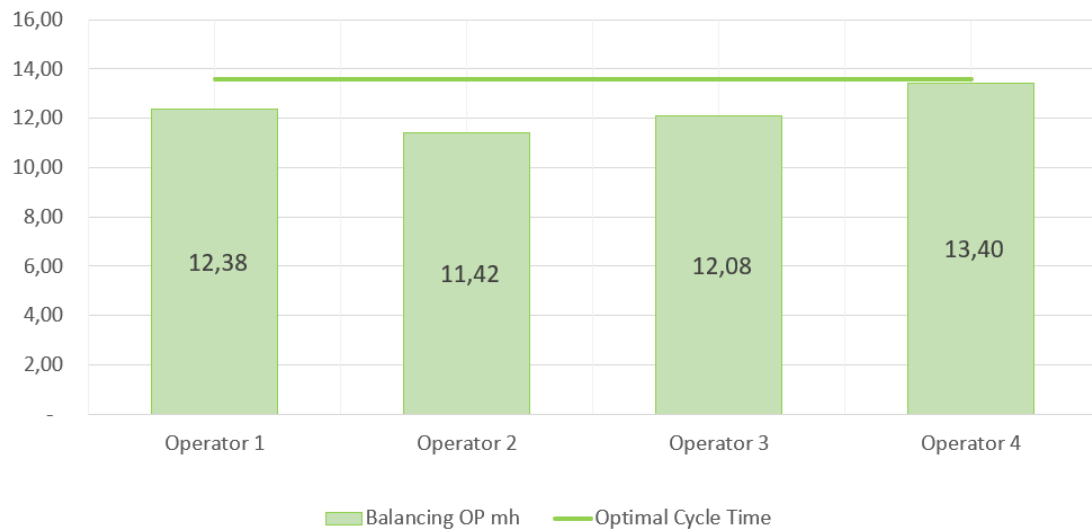
Jelikož z kapitoly 6.2 bylo řečeno, že linka je multi-produktová, byly vytvořeny Balance sheety i pro další 2 varianty výrobků, které se na lince vyrábějí. Těmi jsou 1.A Dekor dřeva a 1.B. Balance sheety pro tyto varianty budou popsány v této a následující kapitole.

Balance Sheet byl vytvořen pro variantu dekor dřeva. Tento výrobek je o trochu složitější než varianta stříbrná. Složitější operací je především balení, které je náročnější a více se dbá na vizuální kontrolu. V tabulce 13, lze podrobně vidět výrobní režim pro rok 2022.

Tabulka 13 Výrobní režim pro 1.A Dekor dřeva (vlastní zpracování, 2022)

Výrobní režim pro rok 2022:		
<b>Výrobek:</b>	CA 22	Dekor dřeva
<b>Počet zaměstnanců:</b>	4	Operátoři / směna
<b>Množství:</b>	32	Ks / směna
<b>Routing time:</b>	53,61	min/ ks
<b>Kusy na operátora:</b>	1,119	ks/h
<b>Čas taktu zákazníka:</b>	13,59	min/ks
<b>Takt úzkého místa: (cyklový čas)</b>	13,40	min/ks

Vybalancování jednotlivých operátorů lze vidět na obrázku 13. Úzkým místem je operátor 4, který má na starosti balení. Tento operátor udává takt celé linky, který činí 13,40 minut.



Obrázek 13 Vybalancování operátorů 1.A Dekor Dřeva (interní dokumentace, 2022)

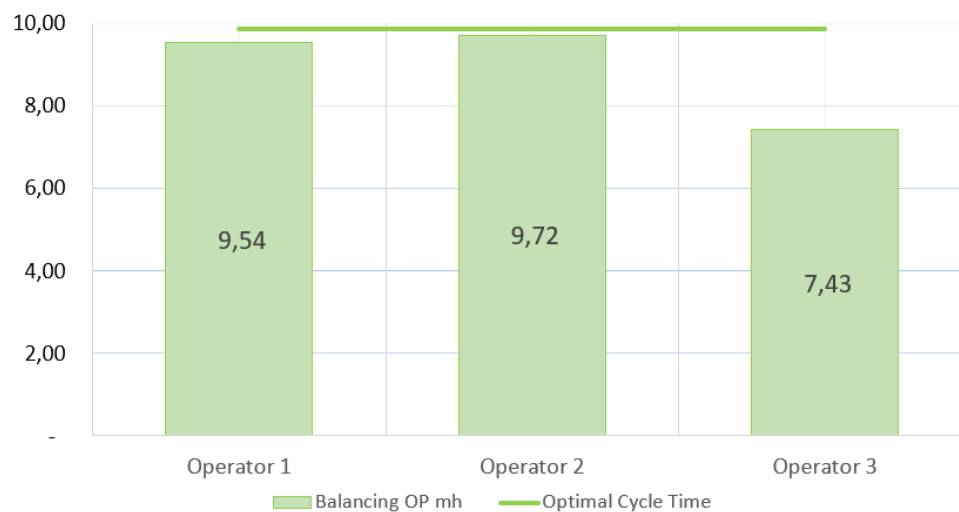
### 7.2.2 Varianta 1.B

Pro výrobek 1.B byl taktéž vytvořen zvlášť Balance sheet. Důvodem byl fakt, že tento výrobek neobsahuje předmontáž a montáž rámečku, tudíž jeho celková montáž je jednodušší. Linka je proto rozbalancovaná pouze pro 3 operátory. Výrobní režim pro rok 2022 můžete vidět v tabulce 14.

Tabulka 14 Výrobní režim pro 1.B (vlastní zpracování, 2022)

Výrobní režim pro rok 2022:		
<b>Výrobek:</b>	V 22	
<b>Počet zaměstnanců:</b>	3	Operátoři / směna
<b>Množství:</b>	44	Ks / směna
<b>Routing time:</b>	29,16	min/ ks
<b>Kusy na operátora:</b>	2,057	ks/h
<b>Čas taktu zákazníka:</b>	9,89	min/ks
<b>Takt úzkého místa: (cyklový čas)</b>	9,72	min/ks

Úzkým místem je v tomto procesu operátor 2, který má na starost montáž 3 a veškeré testování výrobku. Tento operátor opět udává takt celé výrobní linky, který činí 9,72 minut. Rozbalancování linky pro výrobek 1.B lze vidět na obrázku 14.



Obrázek 14 Vybalancování operátorů 1.B (interní dokumentace, 2022)

### 7.3 MOST

V předchozí kapitole 7.2 bylo zjištěno, že společnost využívá excelovský soubor s názvem Balance sheet pro rozbalancování jednotlivých operátorů a určení úzkého místa. K tomu, aby tato analýza mohla být provedena je potřeba vstupních dat, ať už se jedná o poptávku od zákazníka, počet pracovišť nebo časy jednotlivých operací. A právě těmito časy a jejich určením se zabývá metodika MOST.

Společnost Tymphany využívá metodiku basic MOST, která je výhodná v tom, že se může vytvářet dopředu, ještě předtím, než se výrobek začne reálně vyrábět ve společnosti. Proto, aby byl MOST co nejpřesnější je potřeba správných vstupních dat.

Když se ve firmě MOSTuje nový výrobek, který firma ještě neprodukuje ve své továrně, je potřeba, aby byly zajištěny výkresy výrobku, 3D modely nebo aby zákazník poslal již hotový výrobek, který chce, aby firma vyrobila. Pomocí těchto vstupních dat je poté zpracován MOST, ze kterého vyjde výsledný routing time pro jednotlivé operace.

Jeli potřeba udělat reMOST pro již stávající výrobu, procesní inženýři postupují podobným způsobem. Zajistí si vstupní data. V běžící výrobě se natočí video pro daný (nový) proces, který se následně porovná s pracovními návody a je vytvořen nový MOST s novými časy pro routing.

Na MOST má společnost taktéž vytvořený excelovský soubor, který využívají procesní inženýři na denní bázi. MOSTováním se ve společnosti zabývají 2 vyškolení procesní inženýři, kteří MOSTují výrobní linky v celé výrobní hale.



a různými otvory výrobku. Následně se testuje každý reproduktor zvlášť a test se zakončí úspěšným otestováním všech reproduktorů podle požadovaných limitů ze strany zákazníka. Poté se výrobek převezme a přeneše na finální testování, kde dochází k testování kompatibility mezi televizorem a reproduktorem. Dále se testují všechna tlačítka, LED diody a následuje vizuální kontrola výrobku.

Poté se otestovaný kus vezme a přeneše se na vozík pro operaci balení. Hotový kus se zabalí do krabice a přidá se příslušenství. Výrobek se přeneše na paletu a následně si jej odveze KANBAN do skladu a odešle zákazníkovi.

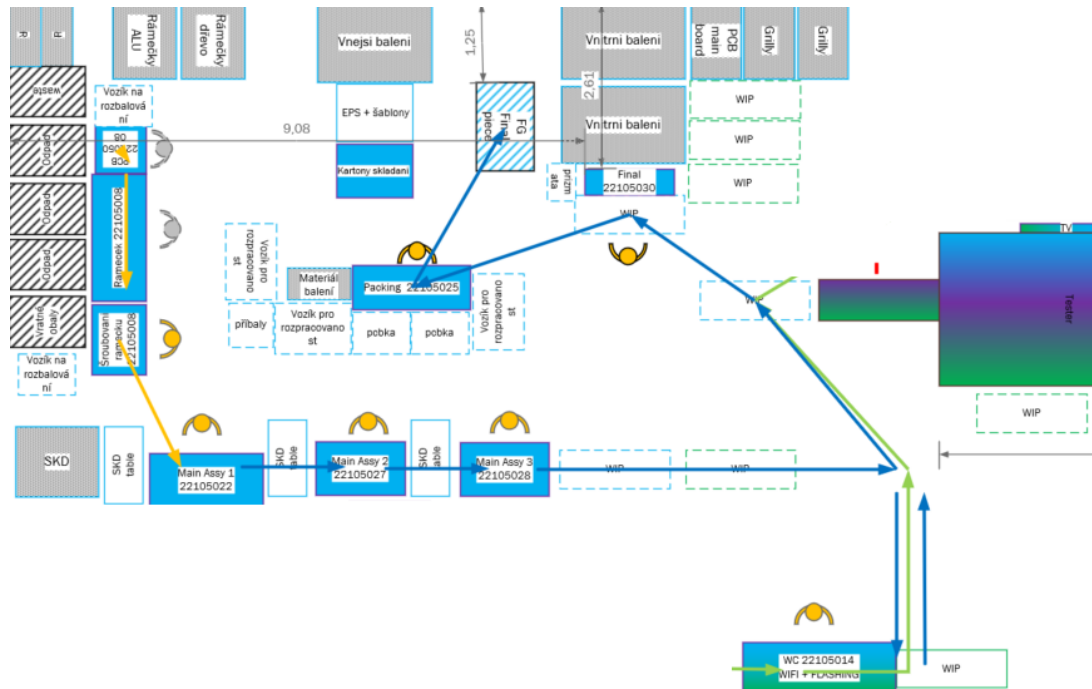
Layout výroby je na obrázku 16 pro vizualizaci výrobního procesu.

Legenda k obrázku 16:

**Žlutá čára** – tok kusu přes předmontáže rámečků, lisování PCB a kompletaci rámečků.

**Modrá čára** – směr výroby výrobku přes hlavní montáže a potřebné testery – akustický, RF, finální.

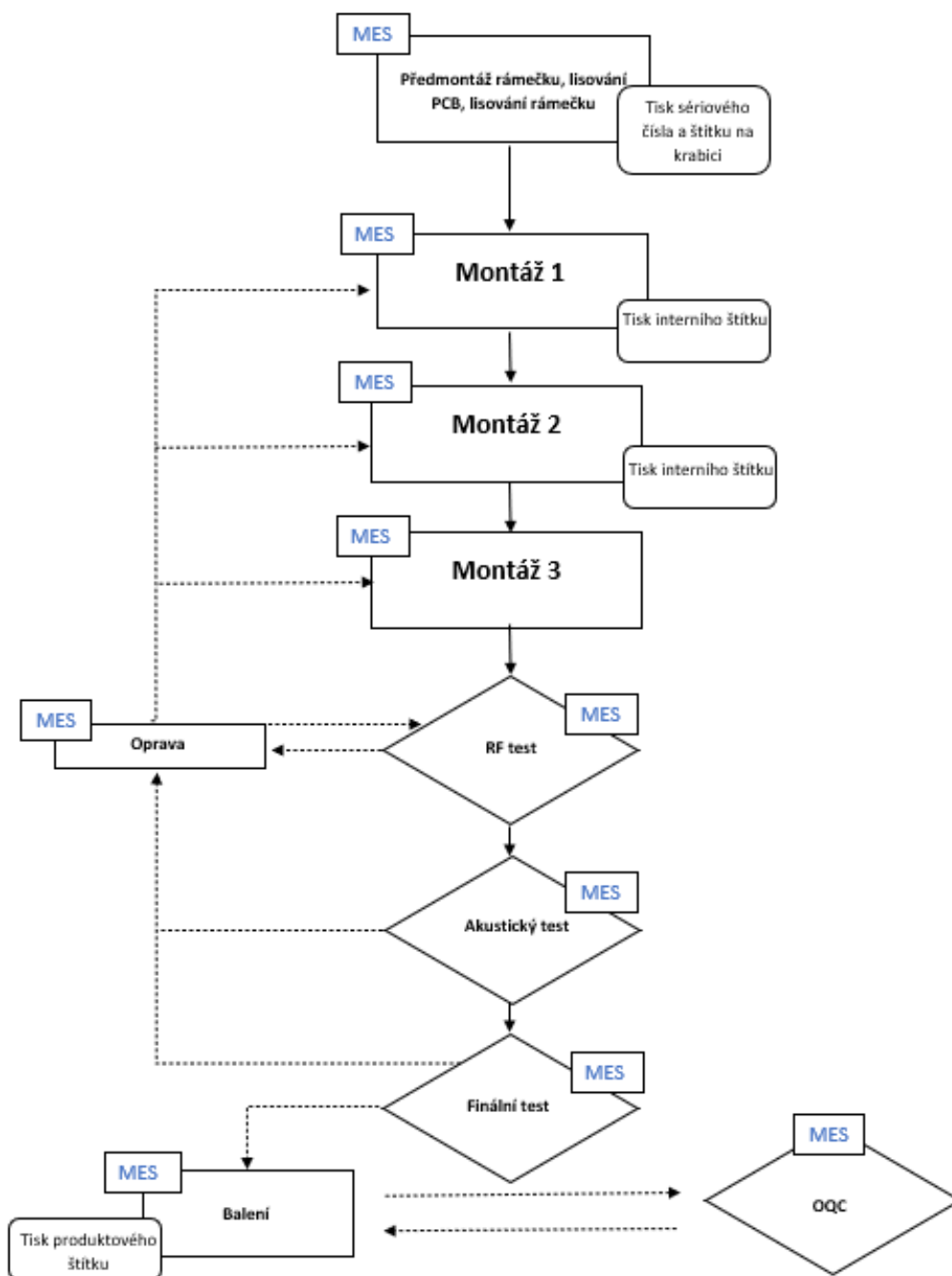
**Zelená čára** – směr výroby výrobku B – EOL – end of life



Obrázek 16 Layout výroby na lince 1.A (interní dokumentace, 2022)

### 7.4.3 Vývojový diagram výroby

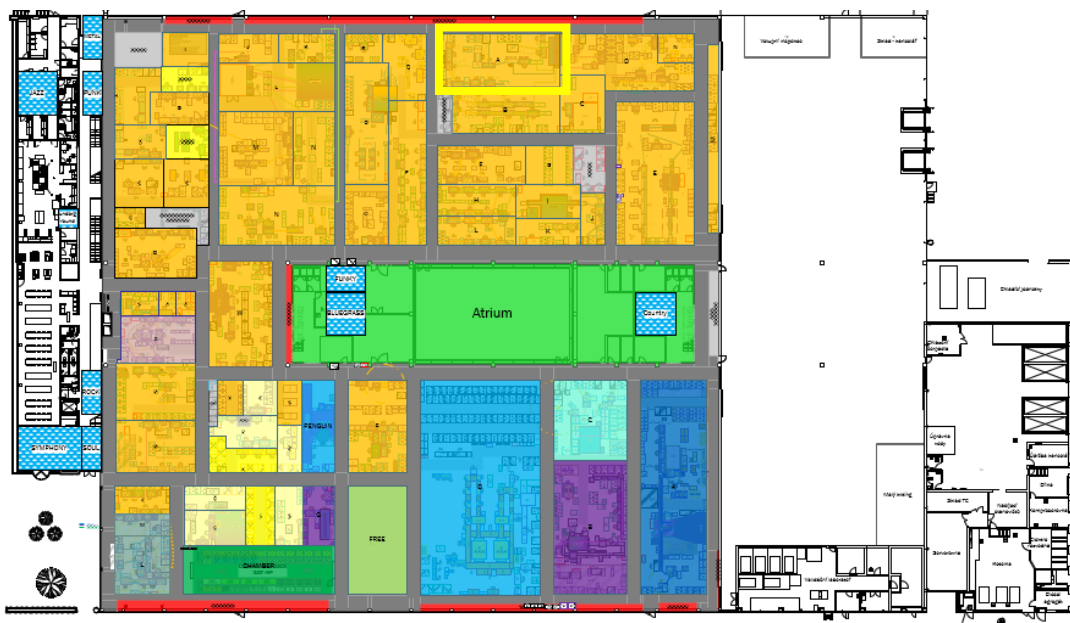
Pro přehlednější pochopení procesu výroby byl vytvořen jednoduchý flowchart – vývojový diagram, který popisuje jednotlivé pracovní stanice a jaké operace se na jednotlivých pracovištích provádějí. Již zmiňovaný flowchart můžete vidět na obrázku 17. Pro tisk a celkovou kontrolu výroby využívá společnost systém MES. System MES slouží převážně pro tisk štítků a pro rozhraní mezi výrobou a managementem.



Obrázek 17 Flowchart výrobní linky 1.A (interní dokumentace vlastní zpracování, 2022)

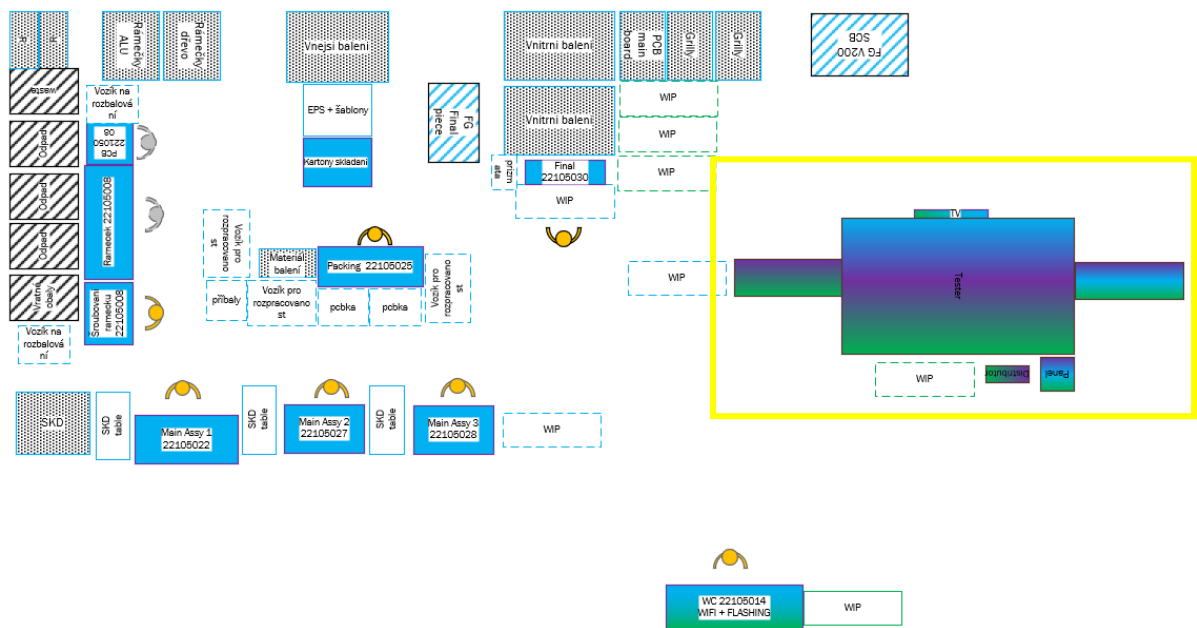
## 7.5 Layout výroby

Na obrázku 18 můžete vidět aktuální layout pro výrobní halu společnosti. Výrobní linka 1.A/1.B zabírá 142 m<sup>2</sup> z celkové rozlohy výrobní haly, která má přes 6 982 m<sup>2</sup>. Chodby zabírají 1 672 m<sup>2</sup>, tudíž celková výrobní plocha je 5 310 m<sup>2</sup>. Lze tedy říci, že tato výrobní linka zabírá pouhých 2,03 % celkové výrobní haly. Výrobní linka 1.A/1.B se nachází v horní části obrázku a je označena žlutým obdélníkem. Vpravo od výrobní haly se nachází sklad pro materiál a hotové výrobky.



Obrázek 18 Layout výrobní haly (interní dokumentace, 2022)

Z obrázku 19 lze vidět, že akustický tester (označen žlutě) má linka 1.A společný s linkou pro výrobky A a B. Tester je oboustranný a z každé strany může být vložen výrobek, avšak tester může testovat vždy jen 1 výrobek v daný čas. Kvůli tomuto faktu je důležité mít linky sladěné, aby se před testerem nehromadily kusy, které potřebují otestovat, a tudíž by vznikaly zásoby a linky by byly neproduktivní.



Obrázek 19 Layout výroby 1.A (interní dokumentace, 2022)

Výrobek B se od roku 2023 přestává vyrábět ve společnosti Tymphany, jelikož zákazník inovoval tento výrobek a bude vyrábět nový výrobek.

Jak je znázorněno na obrázku 19 pro výrobu 1.A je potřeba spousta materiálu, které představují zásoby na lince. Zároveň lze vidět, že materiál je ve většině případů daleko od pracoviště a operátoři ztrácí čas tím, že pro materiál dochází.

Dále lze vidět z layoutu, že RF tester je mimo výrobní linku 1.A/1.B, jelikož byl součástí linky pro výrobek B, který se již ve společnosti nevyrábí. Firma by měla zvážit přesunutí RF testeru blíž k lince 1.A, aby operátoři neztráceli čas docházením k tomuto zařízení.

Při pozorování na lince, byly zjištěny určité základy metody 5S byly kdysi na lince implementovány. Jedná se například o označení krabiček pro materiály nebo barevné označení pro šroubováky. Toto jednoduché značení, je pozůstatek aplikace metody 5S na lince. Chyběly standardy čištění, standardy pracoviště, označení na podlahách pro materiály a označení materiálů a přípravků na pracovních stolech. Při práci operátorů bylo vidět, že operátoři občas hledají určité materiály na svém pracovišti a nemají v nich pořádek.

Při pozorování byl zjištěn problém v ergonomii pracoviště. Operátoři celou směnu stáli, měli k dispozici pár ergonomických podložek pod nohy, které byly staré a nevyhovující. Občas si operátoři museli nelogicky podpírat výrobek, aby zapojili kabely či zašroubovali určité šroubky. Výrobek všemožně otáčeli a manipulovali. Největší problém byl však



v přenášení daného výrobku v rukou během celého procesu výroby. Touto problematikou se budeme zabývat v kapitole 7.6.

Pro lepší přehlednost byla vytvořena tabulka 15 Analýza současného stavu layoutu, která popisuje jednotlivé výhody a nevýhody stávajícího layoutu:

Tabulka 15 Analýza současného stavu layoutu (vlastní zpracování, 2022)

Výhody	Nevýhody
+ Rozdělení předmontáží a montáží	- Materiál je daleko od pracovních pozic
+ Variantní scénáře pro více operátorů	- Odpady jsou vzdálené od pracovišť
	- RF tester je daleko od linky
	- Chybí používání a aktualizace metoda 6S
	- Neergonomická práce s břemeny

## 7.6 Spaghetti diagram

Jak již bylo vysvětleno v kapitole 3.2 Spaghetti diagram je definován jako vizuální znázornění pomocí čáry, která sleduje cestu položky nebo činnosti procesem. Takto lze jednoduše identifikovat nadbytečnosti v pracovním toku a příležitosti ke zrychlení.

Spaghetti diagram byl vytvořen dne 21.11.2022 na ranní směně. Každá barva znázorňuje pohyb jednoho pracovníka, které dělá při výrobě jednoho kusu výrobku. Tento diagram poté dále slouží jako podklad pro re-layout výrobní linky. Linka byla rozbalancovaná pro 4 operátory, jelikož se vycházelo z balance sheetu z kapitoly 7.2. Na obrázku 20, lze vidět vytvořený spaghetti digram pro výrobek 1.A – stříbrný.

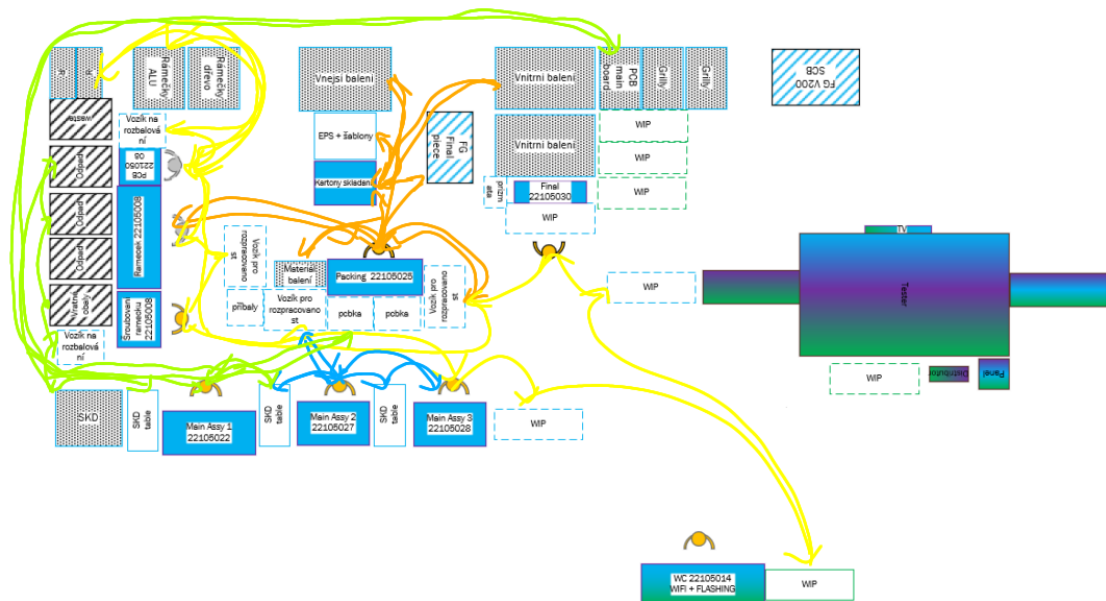
Legenda k obrázku 20:

**Zelená čára** – operátor A – montáž 1

**Modrá čára** – operátor B – montáž 2 a ½ montáž 3

**Žlutá čára** – operátor C – ½ montáž 3, RF test, akustický test, ½ final test a předmontáže

**Oranžová čára** – operátor D – ½ final test, balení a předmontáž příbalů



Obrázek 20 Spaghetti diagram (vlastní zpracování, 2022)

Z obrázku 20 lze vyčíst, že nejvíce se nachodí operátor C (žlutá čára), jelikož obsluhuje nejvíce pracovišť, které jsou od sebe vzdáleny. Operátor C je také úzkým místem výrobní linky 1.A/1.B pro výrobek 1.A Stříbrný.

Nejméně vytížený z hlediska chůze je operátor B (modrá čára), který se pohybuje pouze mezi 2 pracovišti.

Jako měřitelný výstup ze spaghetti diagramu nám slouží tabulka 16 Výstup ze spaghetti diagramu.

Tabulka 16 Výstup ze Spaghetti diagramu (vlastní zpracování, 2022)

Číslo	Operátor	Popis operace	Vzdálenost (kroky)	Frekvence za směnu	Celkem kroky	Vzdálenost	Celkem čas chůze / směna	Suma časů pro operátora	% vyjádření času	
1.	A	Rozbalení SKD	38	36	1 368	91 656 cm	1 099,87 s	18,33 min	24,64 min	6%
2.	A	Přenesení výrobku na další pracoviště	6	36	216	14 472 cm	173,66 s	2,89 min		
3.	A	Doplnění PCB main boardu	102	2,5	255	17 085 cm	205,02 s	3,42 min	6,75 min	2%
4.	B	Montáž 2 + 1/2 montáž 3	14	36	504	33 768 cm	405,22 s	6,75 min		
5.	C	1/2 Montáž 3 + Obsluha testerů	38	36	1 368	91 656 cm	1 099,87 s	18,33 min	40,68 min	9%
6.	C	Doplnění regálků na předmontáži	42	2	84	5 628 cm	67,54 s	1,13 min		
7.	C	Předmontáž	26	36	936	62 712 cm	627,12 s	12,54 min	32,16 min	7%
8.	C	Chůze na montáž 3 a zpět	18	36	648	43 416 cm	520,99 s	8,68 min		
9.	D	Baleni	65	36	2 340	156 780 cm	1 881,36 s	31,36 min	104,24 min	24%
10.	D	Předmontáž příbalů	20	3	60	4 020 cm	48,24 s	0,80 min		
<b>Počet minut celkem za směnu</b>								<b>104,24 min</b>		

Postup pro analýzu spaghetti diagramu byl následující. Prvně se rozdělily jednotlivé činnosti, které operátor za směnu provádí. Poté byly jednotlivé vzdálenosti změřeny pomocí počtu kroků, následně se doplnila frekvence těchto kroků za směnu (7,25 hodin) a vypočítalo se, kolik kroků operátor nachodí celkem. Dále se využila tabulka 17 - Délka kroku v závislosti na výšce člověka, kdy sledovaná operátorka měřila 160 cm, což odpovídá délce kroku na 67 cm. Průměrná výška žen je 168 cm, což odpovídá délce kroku 71 cm. U mužů je průměrná výška je 180 cm, délka jejich kroku je tedy také 71 cm.

Tabulka 17 Délka kroku v závislosti na výšce člověka (6000 kroků, 2017)

Výška	Krok	Výška	Krok	Výška	Krok	Výška	Krok	Výška	Krok
150	63	160	67	170	71	180	76	190	80
151	63	161	68	171	72	181	76	191	80
152	64	162	68	172	72	182	76	192	81
153	64	163	68	173	73	183	77	193	81
154	65	164	69	174	73	184	77	194	81
155	65	165	69	175	74	185	78	195	82
156	66	166	70	176	74	186	78	196	82
157	66	167	70	177	74	187	79	197	83
158	66	168	71	178	75	188	79	198	83
159	67	169	71	179	75	189	79	199	84
160	67	170	71	180	76	190	80	200	84

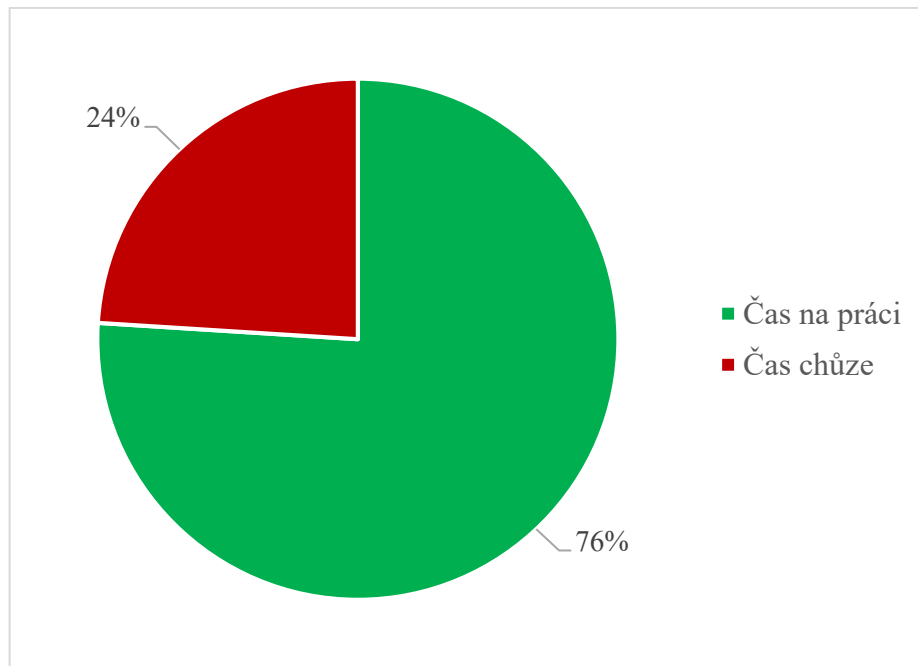
Následně byly kroky roznásobené 67 cm a vyšla z toho vzdálenost jakou operátoři ujdou při výrobě. Tato vzdálenost byla poté vynásobena 1,2 s, jelikož člověk ujde za 1,2 sekundy přibližně 1 metr. Pro bližší znázornění každého operátora lze použít tabulka 18, kde je jasně vidět, jaký operátor ušel, jakou vzdálenost a jak dlouho jim to trvalo. Tato tabulka je již rozpočítána na celou směnu.

Tabulka 18 Výstup ze spaghetti diagramu (vlastní zpracování, 2022)

Číslo	Operátor	Vzdálenost		Celkem čas chůze / směna		Suma časů pro operátora
1.	A	91 656 cm	916,56 m	1 099,87 s	18,33 min	24,64 min
2.	A	14 472 cm	144,72 m	173,66 s	2,89 min	
3.	A	17 085 cm	170,85 m	205,02 s	3,42 min	
4.	B	33 768 cm	337,68 m	405,22 s	6,75 min	6,75 min
5.	C	91 656 cm	916,56 m	1 099,87 s	18,33 min	40,68 min
6.	C	5 628 cm	56,28 m	67,54 s	1,13 min	
7.	C	62 712 cm	627,12 m	752,54 s	12,54 min	
8.	C	43 416 cm	434,16 m	520,99 s	8,68 min	
9.	D	156 780 cm	1 567,80 m	1 881,36 s	31,36 min	32,16 min
10.	D	4 020 cm	40,20 m	48,24 s	0,80 min	
<b>Počet minut celkem za směnu</b>						<b>104,24 min</b>

Výstupem z tabulky 18 a tedy celkové analýzy spaghetti diagramu je fakt, že operátoři za celou pracovní dobu (7,25 hod.) stráví chůzí 1,74 hodiny, což je v přepočtu 24 % jejich pracovního času, obrázek 21.

Tento čas chůze tvoří většinu nevyužitého času operátorů, který byl vypočítán v tabulce 12 a činí 28 %. Lze tedy říci, že většinu tohoto nevyužitého času stráví operátoři chůzí.



Obrázek 21 Rozdělení pracovního času operátora (vlastní zpracování, 2022)

Z analýzy je tedy zřejmé, že na lince dochází k plýtvání v podobě chůze, jelikož je materiál daleko od potřebných stolů. Operátoři A, C a D mají pracovní materiály vzdálené od svého pracoviště mělo by tedy dojít ke změně uspořádání daných materiálů nebo i k re-layoutu celé linky.

### 7.7 Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace

Při pozorování dění na lince byl zjištěn problémový faktor, kterým je práce s břemeny. Jedná se o to, že je 1 výrobek přenesen v rukou operátorů 12x za celý proces jeho výroby. Výrobek 1.A váží celkem 8 kg dle tabulky 9. Na 7,25 h směnu je norma 36 ks, což znamená že za směnu přenáší operátoři výrobky 432x.

Na základě toho bylo rozhodnuto využít ergonomického formuláře k tomu, aby byla posouzena práce s břemeny. Je důležité dbát na to, že na lince jsou většinou operátorky ženy, které mají menší rozmezí pro práci s břemeny. Proto byl vytvořen a následně zpracován formulář pro hodnocení ruční manipulace na základě klíčových ukazatelů dle příručky pro hodnocení rizik v malých a středních podnicích, který naleznete v Příloze P I – Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace. Podstata ergonomických formulářů je blíže popsána v kapitole 4.2 Ergonomie

	Body za břemeno	2		
+	Body za polohu těla	2		
+	Body za pracovní podmínky	0		
=	Celkem	4	X	Body za čas 6
				Rizikové skóre 24

Obrázek 22 Vyhodnocení formuláře pro ruční manipulaci s břemeny (vlastní zpracování dle Schmitter a spol., 2022)

Na obrázku 22 můžete vidět vyhodnocení formuláře. Rizikové skóre bylo vypočítáno na hodnotu 24. Na obrázku 23 lze vidět vyhodnocení daného formuláře spolu s jednotlivými pásmy míry rizika. Hodnota 24 je kritická, jelikož je blízko horní hranici ve skupině 2.

Míra rizika (pásma)	Rizikové skóre	Popis
1	< 10	<b>Nízká zátěž</b> , fyzické přetížení je nepravděpodobné.
2	10 – 25	<b>Zvýšená zátěž</b> , k fyzickému přetížení může dojít u méně odolných jedinců <sup>4)</sup> . U této skupiny je vhodné změnit uspořádání pracoviště.
3	25 – 50	<b>Velmi zvýšená fyzická zátěž</b> , k fyzickému přetížení může dojít i u zdravých osob. Je doporučeno změnit uspořádání pracoviště <sup>5)</sup> .
4	≥ 50	<b>Vysoká fyzická zátěž</b> , výskyt fyzického přetížení je pravděpodobný. Změna uspořádání pracoviště je nutná <sup>5)</sup> .

<sup>3)</sup> V podstatě je nutné přepokládat, že čím vyšší jsou body hodnocení, tím vyšší je riziko zátěže muskuloskeletárního aparátu. Hranice mezi pásmy rizik jsou plynulé, protože závisí na individuálních pracovních technikách a podmínkách činnosti. Klasifikaci (zařazení) je proto třeba brát pouze jako orientační pomůcku. Pro přesnější analýzy jsou nutné odborné ergonomické znalosti

<sup>4)</sup> Za méně odolné osoby jsou v tomto kontextu považovány osoby starší 40 let nebo jedinci mladší 25 let, nováčci v práci nebo nemocní lidé

<sup>5)</sup> Požadavek na konstrukci může být určen s odkazem na počet bodů v tabulce. Snížením hmotnosti břemene, zlepšením pracovních podmínek nebo zkrácením doby zátěže se lze vyhnout zvýšenému stresu

Obrázek 23 Vyhodnocení formuláře (vlastní zpracování dle Schmitter , 2022)

Výrobní linka 1.A/1.B, spadá do druhé kategorie, kterou lze popsat jako „*zvýšenou zátěž, k fyzickému přetížení může dojít u méně odolných jedinců (osoby starší 40 let nebo jedinci mladší 25 let, nováčci v práci nebo nemocní lidé). U této skupiny je vhodné změnit uspořádání pracoviště.*“ (Schmitter, 2022, s. 22)

Díky této analýze bylo zjištěno, že by bylo vhodné na linku pořídit výrobní pás nebo nějaký jiný dopravník, po kterém by mohli operátoři výrobek pouze posouvat, a nikoliv ho přenášet v rukou. Cílem je, aby byla práce pro operátory, co nejjednodušší a nejsnazší a pokusit se odstranit přenášení výrobku v rukou.

## 7.8 Value Stream Map

Aby se ještě lépe mohlo vytyčit plýtvání na dané výrobní lince, byl vytvořen soubor pro Value Stream Map, kde se zaznamenával pomocí předem definovaných ikon materiálový a informační tok. Na obrázku 24, můžete vidět celou mapu toku. Celá mapa je k dispozici v Příloze II.

Podklady pro tvorbu Value Stream Map sloužily předchozí analýzy, a hlavně podpora ze strany procesních inženýrů. Díky flowchartu bylo zjištěno, jakými pracovními operacemi výrobek prochází. Z layoutu vyplynulo rozmístění jednotlivých pracovišť a ze spaghetti diagramu byly zjištěny trasy, kterými pracovníci chodí a jejich frekvence. Velmi důležitým podkladem pro tvorbu VSM byl balance sheet, ze kterého vycházela většina informací, například propustnost za směnu \* OEE, doby trvání operací a další.

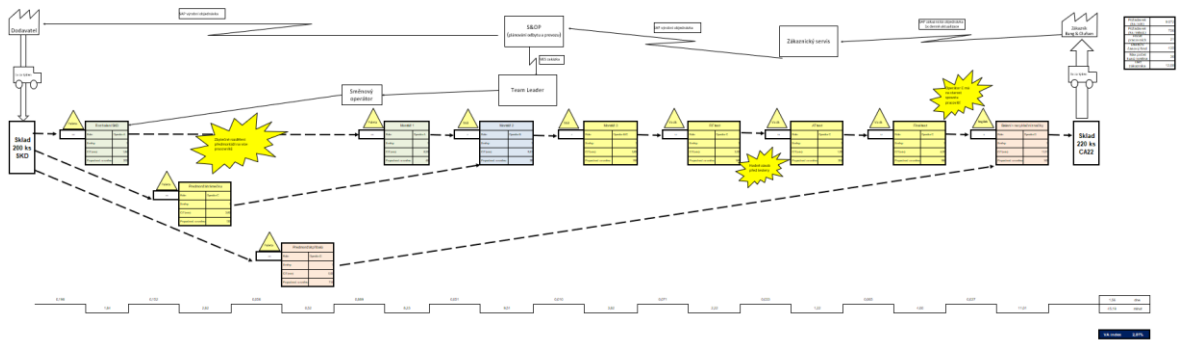
Pro sestavení mapy bylo nezbytné se seznámit s výší zásob pro jednotlivá pracoviště v celém materiálovém toku. Postupovalo se od expedice, kde se informace ověřily v systému SAP, jestli je vše v pořádku. Poté se pokračovalo přes jednotlivé pracoviště. Zásoby byly zmapovány fyzicky přímo ve výrobě. Tyto stavy byly zjištěny ke dni 30.11.2022.

Mapa současného stavu popisuje operace, které probíhají ve výrobním procesu výrobku 1.A. O každé operaci byly zjišťovány tyto informace:

- Počet zaměstnanců
- Počet směn
- C/T [min]
- Propustnost za směnu [ks]

Jelikož se ve firmě nepracuje s CNC stroji není potřeba sledovat ukazatele jako jsou například poruchovost stroje, doba přetypování stroje atd.

Skoro všechny informace byly zjištěny pomocí aktuálního balance sheetu. Jelikož společnost nevyužívá VSM pro mapování toku hodnot byla vytvořena šablona pro její zpracování. Mapu současného stavu lze vidět na obrázku 24, ve větším rozlišení ji naleznete v Příloze P II.



Obrázek 24 Value Stream Map (vlastní zpracování, 2023)

### 7.8.1 VA a NVA činnosti

Ve VSM byly sledovány tyto dva důležité ukazatele, jimiž jsou přidaná a nepřidaná hodnota. Tyto ukazatele představují čas, kdy přidaná hodnota, je čas pro operace, po který výrobek vzniká a zvyšují hodnotu výrobku pro zákazníka a odráží se přímo v ceně.

VA byl vypočítán sečtením čistých časů operací na pracovišti rozbalení SKD, předmontáž příbalů, předmontáž rámečku, montáž 1, montáž 2, montáž 3, RF test, akustický test, Finální test, Balení a recyklační značky.

Výsledná hodnota VA se vztahuje k datu 30.11.2022.

$$VA = 45,19 \text{ minut}$$

Činnosti, které nepřidávají výrobku hodnotu jsou činnosti, za které nám zákazník není ochoten zaplatit a my se je snažíme eliminovat. Jedná se například o různé druhy plýtvání popsané v kapitole 2.3.

NVA byl vypočítán před každým jednotlivým pracovištěm pro VA činnosti, jako podíl mezi zásobami před daným pracovištěm a propustností za směnu vynásobenou OEE. Například pro rozbalení SKD byly zásoby před pracovištěm 40 ks, propustnost za směnu 202 ks a NVA bylo vypočítáno na 0,19 dne.

Výsledná hodnota NVA se vztahuje k datu 30.11.2022.

$$NVA = 1,56 \text{ dne}$$

### 7.8.2 Průběžná doba výroby

Tento ukazatel vyjadřuje celkovou dobu, po kterou výrobek vzniká. Je to doba od dodání vstupního materiálu na sklad až po odeslání hotového výrobku zákazníkovi. Průběžná doba

výroby neboli PDV je tedy součtem všech časů jednotlivých operací přidávajících a nepřidávajících hodnotu. Je zde započítána i doba skladování.

PDV byl vypočítán jako součet času VA a NVA činností.

Výsledná hodnota průběžné doby výroby se vztahuje k datu 30.11.2022.

$$PDV = 1,59 \text{ dne}$$

### 7.8.3 Index přidané hodnoty

VA index neboli index přidané hodnoty je poměr času, po který je výrobku přidávána hodnota z celkové doby tvorby výrobku. Jednoduše řečeno, kolik % času je z celkové průběžné doby výroby produktu přidáván hodnota.

VA index byl vypočítán jako podíl NVA a VA časů.

Výsledná hodnota VA indexu se vztahuje k datu 30.11.2022.

$$VA \text{ index} = 2,01 \%$$

### 7.8.4 Shrnutí výstupu z Value Stream Map

Závěrem a celkovým zhodnocením Value Stream Map pro linku 1.A je detailní pochopení současného stavu procesů. Hlavně tedy těch materiálových. Tuto mapu lze použít pro budoucí potřeby tvorby VSM mapy na lince 1.A po aplikaci jednotlivých návrhů pro zlepšení. Z mapy lze vycházet pro identifikaci problémových oblastí a nalezení plýtvání na lince.

Jako jednu z problémových oblastí lze identifikovat operátora C, který má přiděleno nejvíce pracovišť. Je tedy nejvíce vytížen z hlediska chození, tento fakt potvrdil i spaghetti diagram z kapitoly 7.6.

Další problémovou oblast můžeme vidět, jako vysoké zásoby před testery. Toto množství zásob je vyšší než zásoby na lince, a tudíž se před testery hromadí zásoby, což je plýtvání, které by se mělo eliminovat.



## 8 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ Z PROVEDENÝCH ANALÝZ

V úvodu praktické části byla nejprve představena společnost, ve které byla zpracována diplomová práce. Poté byla vybrána výrobní linka a výrobek, pro který byly zpracovány analýzy. Z potřeb firmy a z analýzy kvality a produktivity, byla vybrána výrobní linka 1.A/C22 a výrobek 1.A Stříbrný, který se v roce 2023 bude vyrábět v největším množství z celkové kapacity výrobní linky. Byl popsán současný výrobní stav a byly představeny 2 soubory v tabulkovém software excel (Balance sheet a MOST) se kterými společnost pracuje. Z balance sheetu bylo znázorněno vytížení jednotlivých operátorů a zjištění úzkého místa a taktu celé linky, a to díky informacím z MOSTu. Tyto informace z Balance sheetu byly dále použity pro vytvoření VSM mapy současného stavu. MOST a Balance sheet jsou propojeny, protože Balance sheet čerpá informace, z již vytvořených MOSTů pro pracoviště výrobní linky. S těmito časovými údaji se poté dále pracuje.

K zobrazení výrobního postupu byl nejprve slovně popsán celý výrobní proces, poté byl ukázán layout výroby i se zaznačeným materiálovým tokem a následně byl graficky zpracován do flowchartu, pro lepší pochopení.

Následně byl lépe popsán layout výroby a byly zhodnoceny plusy a mínusy stávajícího layoutu.

Díky layoutu byl vytvořen Spaghetti diagram, který sledoval postup výroby jednoho kusu výrobku a všechny operátory. Sledovaly se vzdálenosti, kam museli chodit pro materiál, kde mají uskladněny zásoby materiálu a celkový proces výroby na lince. Ze spaghetti diagramu byla zjištěna vzdálenost, kterou operátoři ujdou za celou směnu a celkový čas doby této chůze (ať už se jednalo o chůzi pro materiál nebo chůzi mezi pracovišti).

Na spaghetti diagram poté navazoval ergonomický formulář pro ruční manipulaci s břemeny, který byl vyhotoven na celou výrobní linku. Výsledek byl v druhé kategorii, která říká, že je vhodné změnit uspořádání pracovišť. Tento formulář byl vypracován z důvodu, že operátoři přenášejí těžký výrobek (8kg) v rukou. Aby se jeden výrobek vyrobil je nutné jej přenést celkem 12x. Za celou směnu je toto přenášení uskutečněno 360x.

Pro odhalení dalšího plýtvání byla vytvořena Value Stream Map, která zmapovala celý materiálový a informační tok pro daný výrobek. Informační tok nebyl zmapován příliš dopodrobna, jelikož informační tok není předmětem této práce. Pozornost byla zaměřena na správné zmapování materiálového toku a nalezení plýtvání.

V tabulce 19 můžete vidět hotový přehled použitých metod a nástrojů v praktické části společně i s důvodem použití jednotlivých metod.

Tabulka 19 Přehled použitých metod a nástrojů v analýze (vlastní zpracování, 2022)

Název	Důvod použití	Výstup
Analýza produktivity a kvality	Výběr vhodného představitele z řad výrobních linek a výrobků.	Linka 1.A a výrobek 1.A Stříbrný
MOST	Slouží jako podklad pro Balance sheet a pro určení úzkého místa. Zjištění času jednotlivých operací.	Čas trvání jednotlivých operací na pracovištích
Vybalancování linky	Zjištění, jak je aktuálně linka vybalancovaná a který operátor je úzkým místem.	Vybalancování linky a úzké místo z hlediska operátorů
Flowchart	Grafické znázornění procesu výroby.	Chronologicky seřazený jednotlivé výrobní kroky
Spaghetti diagram	Vizualizace pohybů operátorů.	Vzdálenost, jakou operátoři ujdou za směnu.
Ergonomický formulář pro ruční manipulaci s břemeny	Ergonomické zhodnocení fyzické zátěže pro pracovníky na lince z hlediska ruční manipulace s břemeny.	Zatížení operátorů z hlediska práce s břemeny.
Value Stream Map	Zmapování materiálového a informačního toku.	VA, NVA, PDV, VA index

## 8.1 Identifikace problémů výrobní linky

Tato kapitola bude sloužit pro identifikaci jednotlivých problémů na výrobní lince 1.A/1.B, které byly odhaleny pomocí jednotlivých analýz v předchozích kapitolách v praktické části.

Pro lepší znázornění slouží tabulka 20.

Tabulka 20 Identifikace nedostatků na lince 1.A (vlastní zpracování, 2022)

Kapitola	Metoda	Výstup	Opatření
7.2	Balancování linky	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Špatné rozbalancování operátorů</li> <li>- Cyklové časy se nerovnejí</li> <li>- Úzké místo se nachází uprostřed linky (úzká místa se nacházejí uprostřed linky)</li> <li>- 28 % nevyužitý čas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rebalancování celé linky</li> <li>- Narovnání časů jednotlivých operací</li> <li>- Úprava pracovních instrukcí</li> </ul>
7.5	Layout výroby	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nevyhovující layout z několika hledisek. (ergonomické, uspořádání pracovišť, atd.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relayout celé výrobní linky</li> <li>- Přesun RF testeru</li> </ul>
7.6	Spaghetti diagram	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dlouhé trasy pro materiál</li> <li>- 24 % čas chůze</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Snížení chodících tras prostřednictvím změny layoutu</li> <li>- Přemístění materiálů blíže k pracovištím</li> </ul>
7.7	Ergonomický formulář pro ruční manipulaci s břemeny	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opakovaná práce s těžkými břemeny</li> <li>- 12 x práce s břemenem při výrobě 1 ks</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Využit dopravníkový systém</li> <li>- Ergonomické podložky</li> <li>- Redesign montážních palet</li> </ul>
7.8	Value Stream Map	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zásoby mezi testery</li> <li>- Zjednodušit materiálový tok</li> <li>- VA index 2,01 %</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Snížení zásob mezi testery</li> <li>- Sjednotit předmontáže pro 1 operátora</li> <li>- Zkrácení PDV</li> </ul>

Shrnutím těchto opatření by bylo vhodné zvážit relayout celé výrobní linky. Přidání dopravníkového systému, aby se eliminovala práce s břemeny. Lepší uspořádání zaskladněných zásob materiálů, aby byly blíže k místě jejich potřeby. Snížení zásob na výrobní lince a mezi testery. Implementace metody 6S pro lepší orientaci na pracovišti.

## 9 VYMEZENÍ PROJEKTU

Z výše uvedených analýz vyplynulo, že nejlepší možností, pro zlepšení výrobní linky 1.A/1.B je změnit její layout a implementovat metodu 6S.

Projekt přesunutí výrobní linky a vytvoření nového layoutu společně s implementací metody 6S byl zahájen z důvodu potřeby snížení manipulace s břemeny a snížení vzdálenosti. Jelikož se do budoucna předpokládá navýšení výrobního plánu, bylo nutné nalézt vhodná opatření a linku optimalizovat. Tím dojde ke značnému snížení plýtvání a zvýšení výstupu výrobní linky.

### 9.1 Projektová listina

Tabulka 21 Základní informace o projektu (vlastní zpracování, 2023)

ZÁKLADNÍ INFORMACE O PROJEKTU	
Název projektu	Zlepšení výrobní linky ve společnosti Tymphany Acoustic Technology Europe, s.r.o.
Projektový tým	Autor diplomové práce Vedoucí oddělení průmyslového inženýrství Procesní inženýr dané výrobní linky Team Leader Vedoucí údržby
Hlavní cíl projektu	Zvýšení výstupu výrobní linky 1.A/1.B minimálně o 5 % do konce června 2023.
Hlavní cíl z pohledu SMART	Specifický      Zvýšení výstupu na lince 1.A/1.B Měřitelný      Zvýšení výstupu minimálně o 5 % Akceptovatelný Na změnu layoutu je ve výrobní hale uvolněn prostor Realistický     Projekt schválen vedením podniku Termínovaný    Do konce června 2023
Dílčí cíle projektu	Snížení routingu Sběr a analýza dat Zefektivnění materiálových a informačních toků Nalezení úzkého místa Zhodnocení navrhovaných řešení
Přínosy projektu	Nový layout a uspořádání linky 6S uspořádání pracovišť Implementace dopravníkového systému
Zadavatel projektu	Vedení společnosti

## 9.2 Logický rámec

Pro stanovení cílů projektu byl vypracován logický rámec, ve kterém jsou uvedeny očekávané výstupy projektu a obsahuje veškeré potřebné informace k projektu. Slouží pro ucelenou představu o projektu.

K jednotlivým cílům a výstupům byly přiřazeny objektivně měřitelné ukazatele, prostředky k jejich ověření a jednotlivá rizika, která mohou v rámci projektu nastat. Ke klíčovým aktivitám bylo nezbytné určit jejich zdroje, časový rámec a vyhodnocení rizik.

	Hierarchie cílů	Objektivně měřitelné ukazatele	Prostředky ověření	Rizika a předpoklady
<b>Obecný cíl</b>	Zlpsšení výrobní linky CA22	Zvýšení produktivity výrobní linky	Zvýšený výstup výrobní linky	Neodchota společnosti spolupracovat na projektu
<b>Účel</b>	1. Změna layoutu výrobní linky CA22	Zvýšení produktivity výroby o 7 %	KPI - produktivita	Nespolupráce manažerů a operátorů
<b>Výstupy</b>	1.1 Analýza dat 1.2 Příprava nového layoutu 1.3 Realizace nového layoutu 1.4 Implementace 6S a analýzy 1.5 reMOST a reBalance linky	1.1 Výsledky analýzy dat 1.2 Výsledný layout 1.3 Přemístění linky 1.4 Výsledný stav výrobní linky 1.5 Nový MOST a Balance sheets	1.1 Prezentace výsledků analýz 1.2 Odsouhlasený layout manažerem 1.3 Změna layoutu 1.4 Porovnání fotek před a po 1.5 Porovnání MOST a Balance sheets před a po	Chyby při sběru dat Špatně zvolený layout Špatná realizace layoutu Nespolupráce operátorů a špatná zpětná vazba
<b>Klíčové aktivity</b>	Aktivity projektu 1.1.1 Seznámení se s výrobou CA22 1.1.2. Sběr potřebných dat pro analýzy 1.1.3 Tvorba a vyhodnocení analýz 1.2.1 Tvorba nových MOSTů 1.2.2 Vytvoření nových Balance Sheetu 1.2.3 Vytvoření nového layoutu 1.3.1 Přesunutí linky 1.4.1 Implementace 6S 1.4.2 Tvorba a vyhodnocení analýz 1.5.1 Nová revize MOSTů a balancingu	Potřebné zdroje Operátorů ve výrobě Projektový tým MS office Výsledky z analýz Interní informace	Časový rámec aktivit 1.1 05.09.2022 - 3.1.2023 1.2 04.01.2023 - 29.03.2023 1.3 30.03.2023 - 31.03.2023 1.4 17.04.2023 - 26.04.2023 1.5 27.04.2023 - 01.06.2023	Neododržení stanoveného časového programu Nenaplnění projektových cílů
				<b>Předběžné podmínky:</b> Podpora ze strany společnosti při zpracování DP, podpora projektového týmu

Obrázek 25 Logický rámec projektu (vlastní zpracování, 2022)

### 9.3 Analýza rizik

Jelikož se žádný projekt neobejde bez rizik, tak i k tomuto projektu byla vytvořena analýza rizik pomocí metody RIPRAN. Nejprve se identifikovala všechna možná rizika, která by projekt a jeho dokončení mohla ohrozit. K jednotlivým hrozbám poté byla přiřazena pravděpodobnost výskytu, poté byly sepsány možné scénáře hrozeb, které byly ohodnoceny pravděpodobnostmi. Nakonec byla vypočítána výsledná pravděpodobnost vynásobením pravděpodobnosti scénáře s pravděpodobností hrozby. Tato výsledná pravděpodobnost poté byla rozdělena do 3 skupin. MP – malá pravděpodobnost, do které se řadily scénáře s pravděpodobnostmi nižší než 10 %. SP – střední pravděpodobnost, do této skupiny spadaly pravděpodobnosti s vyšší hodnotou než 10 % a nižší než 20 %. VP – vysoká pravděpodobnost, pro scénáře, které měly výslednou pravděpodobnost vyšší než 20%.

Dále byl pro jednotlivé scénáře přiřazen dopad na projekt, zdali by byl malý, střední či velký. Na základě ohodnocených scénářů se stanovila hodnota rizika na projekt a navrhlo se opatření proti identifikovaným hrozbám. RIPRAN analýza je zobrazena v tabulce 20.

Jako největší hrozby s nejvyšší pravděpodobností uskutečnění vyšly tyto 2:

- poskytnutí nesprávných informací, ať už od členů týmů nebo operátoru na lince,
- zpoždění realizace projektu.

Jako opatření pro první hrozbu (poskytnutí nesprávných informací) bylo informovat všechny o uskutečnění tohoto projektu, aby poté nedošlo k různým nedorozuměním. Tahle hrozba by totiž projekt negativně ovlivnila již na počátku, proto je důležité všechny dostatečně o projektu informovat, co je smyslem projektu a jaký význam je mu přikládán.

Další hrozbou bylo zpoždění realizace projektu, opatření na tuto hrozbu by byla průběžná kontrola dodržování již předem stanoveného harmonogramu projektu a vytvoření časových rezerv, které by se v průběhu projektu mohly čerpat a neohrozil by se tím celý projekt.

Tabulka 22 RIPRAN analýza projektu (vlastní zpracování, 2022)

Č.	Hrozba	P-st. hrozby	Scénář	P-st. scénáře	Výsledn. á p-st.	Výsledn. á p-st.	Dopad	Hodnota rizika	Opatření
1	Neochota společnosti spolupracovat na projektu	10%	Neposkytnutí potřebných informací Nevyčlenění potřebných kapacit Ukončení projektu	25%	2.50%	MP	VD	SHR	Definování přínosů pro firmu
					4.50%	MP	VD	SHR	
					1.00%	MP	VD	SHR	
2	Neochota členů týmu a operátorů ve výrobě spolupracovat	50%	Poskytnutí nesprávných informací Zatajení důležitých informací Nerespektování standardů Odmítnutí se vyjádřit k návrhům Nespolupráce při zavádění 6S	45%	22.50%	VP	VD	VHR	Vyčlenění časových kapacit a týmů projektu. Informovanost operátorů o projektu.
				30%	15.00%	SP	VD	SHR	
				50%	25.00%	VP	SD	MHR	
				25%	12.50%	SP	SD	MHR	
				20%	10.00%	SP	VD	SHR	
3	Chyba při sběru a analýze dat pro nový layout	35%	Špatné vstupní data Nesprávné analyzování a interpretace získaných dat Špatně zvolený layout	20%	7.00%	SP	VD	SHR	Informovanost o správnosti dat, dostatečná příprava a sběr dat
				15%	5.25%	MP	SD	SHR	
				10%	3.50%	MP	VD	SHR	
4	Nedodržení termínů	50%	Zpoždění realizace projektu Zpoždění následujících projektů	80%	40.00%	VP	VD	VHR	Průběžná kontrola dodržování harmonogramu projektu. Tvorba časových rezerv
				10%	10.00%	SP	MD	SHR	
5	Nesplnění projektových cílů	40%	Projekt je neúspěšný Návratnost investic se neuskuteční	30%	12.00%	SP	VD	SHR	Průběžná kontrola plnění dílčích cílů. Kontrola a konzultace s odborníky.
				20%	8.00%	MP	SD	SHR	



## 9.4 Harmonogram projektu

Projekt zlepšení výrobní linky ve společnosti Tymphany Acoustic Technology Europe byl zahájen 05.09.2022. První fáze projektu byla seznámení s organizací a výběr vhodného představitele pro potřeby diplomové práce. V této fázi byly získávány potřebná interní data a dokumenty a seznámení se s výrobou daného výrobku.

V další fázi byly vybrány analýzy, které se nachází v této práci. Konkrétně se jednalo o Spaghetti diagram, Formulář pro práci s břemeny a Value Stream Map. Následovalo vyhodnocení jednotlivých analýz. Závěrem bylo, že dle všech výše uvedených analýz, nejlepší způsob, jak zlepšit výrobní linku 1.A/1.B je vytvořit lepší layout.

V první fázi pro implementaci nového layoutu bylo zapotřebí vytvořit nové MOSTy. Tyto MOSTy vycházely ze starých MOSTů pro starou linku. Vše se dělalo dle odhadu a zkušeností procesních inženýrů. Dále bylo potřeba předělat již stávající balance sheet pro potřeby nového layoutu. Podkladem pro Balance sheet byly zjištěné routing časy z MOST analýzy. Další fází bylo vytvoření layoutu na základě balance sheetu a analýzy MOST.

Poté následovalo přesunutí výrobní linky na pozici, kde se dříve vyráběly produkty B. Využil se zde již postavený dopravníkový systém.

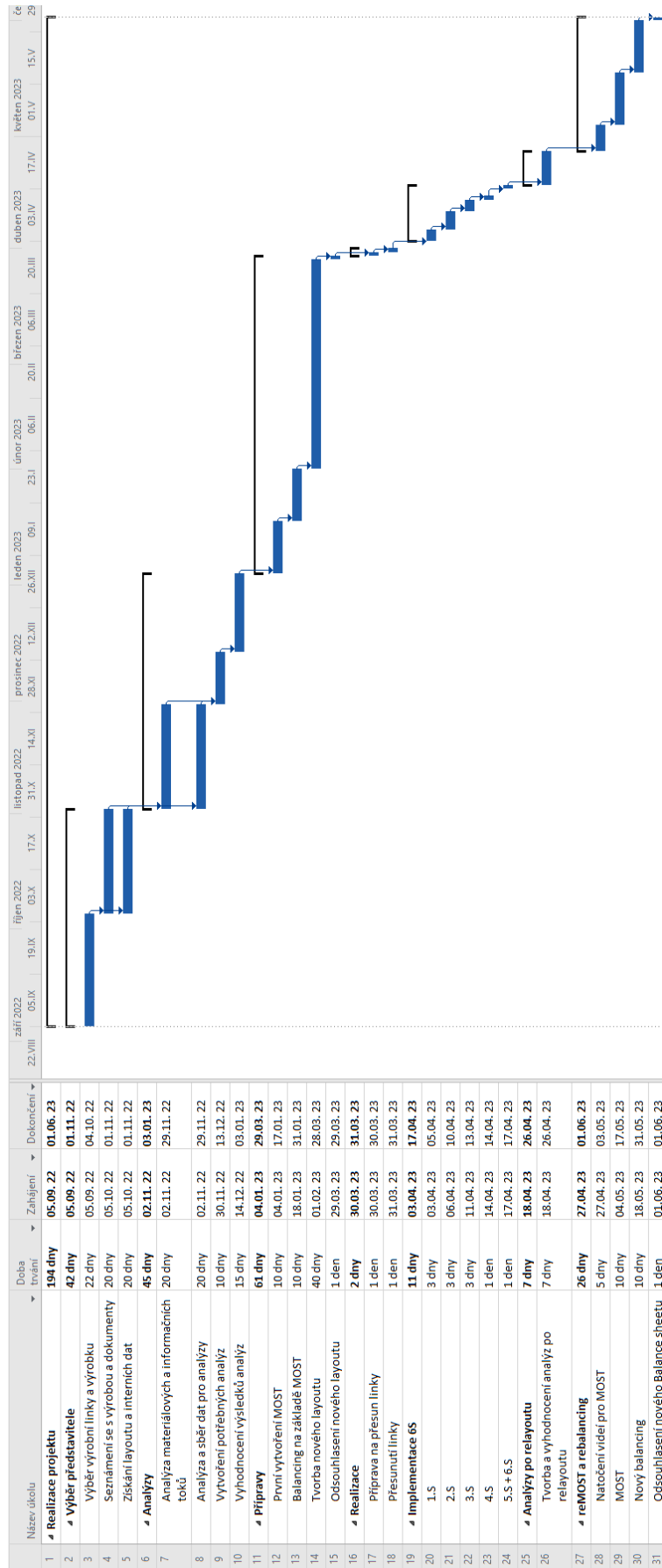
Další fází projektu byla implementace metody 6S na nový layout výrobku 1.A. Tato metoda se tento rok bude postupně aplikovat na všechny linky ve výrobní hale.

Po fázi implementace 6S byly opět provedeny stejné analýzy, jako před implementací projektu, aby došlo k porovnání výsledků.

Konečnou fází bylo tzv. „usednutí výrobní linky“ a poté se budou natáčet nová vide pro metodu MOST a pro další revizi balancingu linky. Jelikož první balancing a MOST byly pouze návrhy, které byly vytvořeny dle zkušeností a dat z minulosti.

Časově nejnáročnější aktivitou byla tvorba nového layoutu, kdy bylo zapotřebí vymyslet layout, který by eliminoval většinu nevýhod layoutu stávajícího.

Ganttův diagram byl vytvořen přes program MS Project. Hotový diagram můžete vidět na obrázku 26 na straně 77.



Obrázek 26 Ganttův diagram pro projekt (vlastní zpracování, 2022)

## **10 NÁVRH NOVÉHO LAYOUTU VÝROBNÍ LINKY 1.A/1.B A IMPLEMENTACE METODY 6S**

Podklady pro tvorbu nového layoutu výrobní linky se staly spaghetti diagram z kapitoly 7.6 Spaghetti diagram, který nám odhalil plýtvání v podobě přebytečné chůze. Dále ergonomický formulář pro práci s břemeny z kapitoly 7.7 Ergonomický formulář, který určil, že daná výrobní linka se nachází ve skupině druhého rizikového pásma pro práci s břemeny a bylo by vhodné, aby došlo ke změně uspořádání pracoviště. V neposlední řadě byl podkladem pro návrh nového layoutu výroby VSM mapa současného stavu, která byla vytvořena na základě detailní analýzy výrobního procesu produktu 1.A v kapitole 7.8. Mapa současného stavu poskytla přehled o hodnotovém toku, operacích a zásobách mezi operacemi, včetně trasy, kterou produkt urazí za celý výrobní proces.

### **10.1 Návrh nového layoutu výrobní linky**

Postup pro návrh nového layoutu lze vidět na obrázku 26 Ganttův diagram pro projekt.

#### **10.1.1 Tvorba nových MOSTů**

Prvním krokem pro nový layout bylo vytvoření nových MOSTů. Tyto MOSTy byly pouze návrhové, později po implementaci relayoutu a metody 6S se budou dělat reMOSTy a reBalancing celé linky.

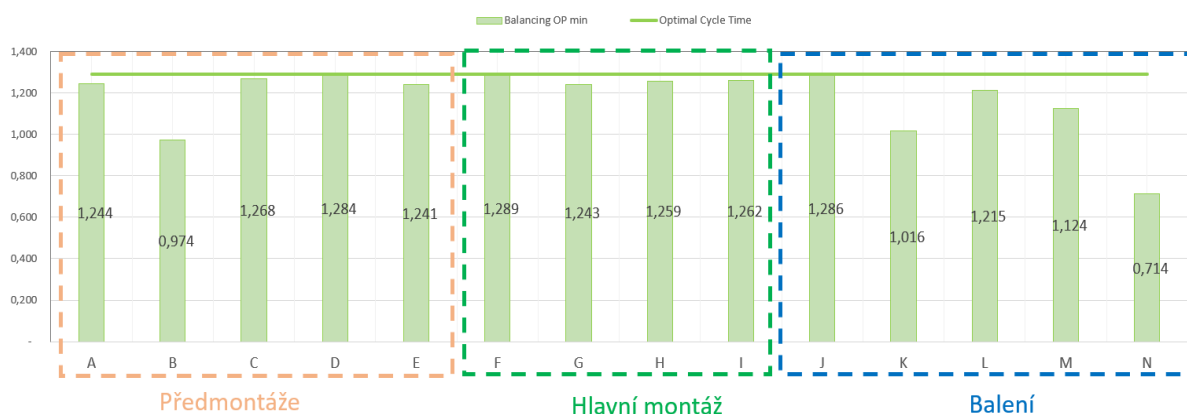
Z analýzy MOST vyšly nové časy, ke kterým byl přidán 5 % koeficient, aby pokryl případné ztráty. Byl přidán z toho důvodu, jelikož procesní inženýři neměli k dispozici videa, podle kterých by mohli MOSTovat. K dispozici měli pouze staré MOSTy, ze kterých vycházeli a snažili se nové MOSTy vytvořit co nejlépe.

#### **10.1.2 Redesign balance sheet**

Kvůli změně layoutu, bylo potřeba aktualizovat i balance sheet a optimalizovat jej. Podkladem pro balance sheet byla opět analýza MOST, ze které vyšly jednotlivé časy operací.

Tyto první balance sheety jsou stejně jako MOSTy pouze orientační, po přesunu linky implementací metody 6S se budou natáčet videa pro analýzu MOST, ze které bude vytvořen nový balancing linky.

Nový vzhled balance sheet byl rozdělen podle barev na oranžovou – předmontáže, zelenou - hlavní montáž a modrou - balení. Na obrázku 32 můžete vidět nový balance sheet společně s barevným rozdělením výše zmiňovaných operací. Tento nový balance sheet byl vytvořen pro výrobek C.



Obrázek 27 Nový design Balance Sheet pro výrobek C (interní dokumentace, 2023)

### 10.1.3 Balance sheet pro linku 1.A/1.B

Díky budoucí úpravě linky procesní inženýři odhadli, že se sníží routing. Toto lze vidět v tabulce 23, kdy se routing snížil z původních 48,63 na 44,32 minut. Lze tedy říci, že přibližně 44 minut by trvala výroba 1 kusu výrobku, kdyby jej vyráběl 1 operátor. Tyto úpravy jsou především díky implementaci dopravníkového systému.

Tabulka 23 Rozdíl mezi starým a novým routingem (interní dokumentace, 2023)

Layout	Routing (min)
Starý	48,636
Nový	44,432
Rozdíl	4,204

Díky této úspoře času mohla firma zvýšit výstup výrobní linky a to tím, že se zvýšil objem výroby za směnu. Z původních 36 ks/směnu je nyní linka schopna vyrobit 39 ks/směna výrobku 1.A - stříbrný. Což je zvýšení výstupu o 8,33 %.

Čas taktu na výrobu jednoho výrobku 1.A Stříbrný, při novém layout by byl 10,24 minut, což znamená že zákazník každých 10,24 minut poptával daný výrobek. Linka byla rozbalancovaná pro 4 operátory na směnu. Jeden operátor vyrobí za 1 hodinu 1,35 kusu výrobku 1.A – stříbrný.

Pro výrobek 1.A stříbrný bylo úzké místo přesunuto na konec výrobní linky, tudíž nebude brzdít výrobu. Dosáhlo se také toho, že poté operátor, který má na starost předmontáže bude moci jít pomoci 4.operátorovi, kdyby nestíhal dobalit kusy.

#### 10.1.4 Zhodnocení nových balance sheetu

Z prvních verzí Balance sheetu a MOSTu vyšly přibližné časy pro routing jednotlivých výrobku, které se na výrobní lince vyrábějí. Přibližný je proto, jelikož se k časům, které byly vypočítány připočetl koeficient 5 %, jelikož se bude linka znovu remostovat a rebalancovat po zavedení layoutu a implementaci metody 6S.

Porovnání jednotlivých časů pro výrobu jednotlivých výrobku neboli routing a norem za směnu.

Z tabulky 24 lze vyčíst, že se průměrně snížil čas o 9,57 %, což činí v přibližně 4 minuty na 1 kus výrobku.

Tabulka 24 Porovnání změn v routingu (vlastní zpracování dle interní dokumentace, 2023)

Výrobek	Routing starý	Routing nový	Rozdíl (%)	Rozdíl (min)
1.A – Stříbrný	48,64	44,43	↓ 8,65	↓ 4,21
1.A – Dekor dřeva	53,61	48,76	↓ 9,05	↓ 4,85
1.B	29,16	25,92	↓ 11,11	↓ 3,24
<b>Průměrně</b>			<b>↓ 9,57</b>	<b>↓ 4,1</b>

Z tabulky 25 lze vyčíst, že se zvýšila výstup výrobní linky se zvýšil v průměru o 11,49 %. V průměru se na lince 1.A/1.B vyrobí o 4,3 kusy navíc za pracovní směnu.

Tabulka 25 Porovnání změn v normě (vlastní zpracování dle interní dokumentace, 2023)

Výrobek	Starý výstup (za směnu)	Nový výstup (za směnu)	Rozdíl (%)	Rozdíl (ks)
1.A – Stříbrný	36	39	↑ 8,33	↑ 3
1.A – Dekor dřeva	32	36	↑ 12,5	↑ 4
1.B	44	50	↑ 13,63	↑ 6
<b>Průměrně</b>			<b>↑ 11,49</b>	<b>↑ 4,3</b>

Úspora na 1 ks výrobku 1.A – stříbrný činí 4,2 minuty. Za rok je tato úspora rovna zaokrouhleně na 23 000 minut, když se tato změna implementuje na začátku dubna. Což činí v přepočtu 112 947,- Kč v hodinách operátorů. V tabulce 26 je vypočítána celkový úspora, kterou společnosti přinese změna layoutu, implementace dopravníkového systému a implementace 6S pro linku 1.A/1.B.

Tabulka 26 Celková úspora výrobní linky do konce roku 2023 (vlastní zpracování, 2023)

Výrobek	Počet kusů do konce roku	Celková úspora v minutách	Úspora v Kč
1.A (Stříbrný, Antracit, Zlatý)	5490	4,20	112 947,-
1.A (Dekor dřeva)	785	4,85	16 328,-
1.B	1833	3,24	23 829,-
<b>Celková úspora celé výrobní linky 1.A/1.B</b>			<b>153 104,-</b>

### 10.1.5 Nový layout

Z výše uvedených analýz vyplývají pravidla pro tvorbu layoutu. Pro nový layout byl nejdůležitější faktor, snížení chůze jednotlivých operátorů pro materiál, výrobky a přecházení mezi několika pracovišti, které jsou daleko od sebe. Což vedlo k uskupení pracovišť pro jednotlivé operátory do bloků – předmontáže, montáže a balení.

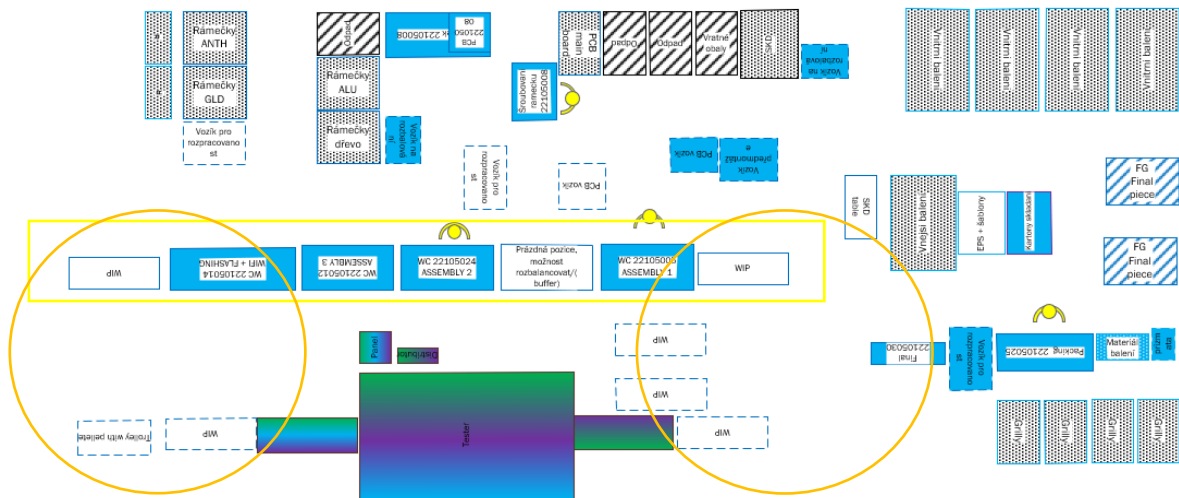
Nový layout můžete vidět na obrázku 28. Nyní výrobní linka zabírá rozlohu 170 m<sup>2</sup>. Rozšířily se paletová místa, vzhledem k navýšení barevných variant pro retail boxy (vnější designové krabice), rámečky a grilly.

Došlo k přesunutí celého layoutu na místo, kde dříve stála výrobní linka pro produkty B, které se už ve společnosti nebudou dále vyrábět. Výrobní linka pro produkty B měla k dispozici dopravníkový systém, na kterém se výrobky vyráběly. Při přesunutí linky 1.A byl tento dopravníkový systém znovu využit. Tyto dopravníky byly použity mezi pracovišti montáž 1, (mezi pozice mezi montáží 1 a 2, která byla zavedena pro případné navýšení výstupu z linky na základě požadavků zákazníka) montáž 2, montáž 3, a pracoviště pro RF tester. Označení pro dopravníkový pás lze vidět na obrázku 28, kde je označen žlutě.

Pro vytvoření nového layoutu byly aplikována pravidla pro tvorbu layoutu. Například, že operátor musí mít dostatek prostoru, což je jedním ze základních pravidel hygieny práce. Jehož dodržování předchází mnoha ergonomickým problémům (například nevhodné držení těla či nedostatek pohybu). Volná nezastavěná plocha na pracovišti musí být taková, aby se pracovníci mohli během vykonávání činnosti neomezeně pohybovat. Ulička pro průchod operátora nesmí být menší než 0,8 m pokud nenesé břemeno. Pokud břemeno nese musí být ulička minimálně 1,2 m široká. Operátoři chodí z pracoviště na pracoviště, nepotkávají se v jeden moment. Tyto pravidla vycházejí z vnitropodnikového standardu společnosti pro uspořádání layoutu.

Layout je rozdělený do 3 úseků a sice předmontáže, hlavní montáž a balení. Každý operátor má materiály, které potřebuje k výrobě u sebe a nemusí chodit přes celou linku.

Další výhodou nového layoutu je, že se operátoři minimálně nachodí s vozíky s výrobky k testerům. Jednotlivé vozíky budou rotovat mezi koncem linky - RF testerem a akustickým testerem a na druhé straně linky mezi akustickým testerem a začátkem dopravníkového systému na začátku linky. Na obrázku 28 označeno oranžovými kruhy.



Obrázek 28 Nový layout výrobní linky 1.A/1.B (interní dokumentace, 2023)

V tabulce 27 můžete vidět shrnutí výhod a nevýhod nového layoutu. V porovnání s tabulkou výhod a nevýhod starého layoutu, lze říci, že se eliminovala většina nevýhod a staly se z nich výhody pro relay layout.

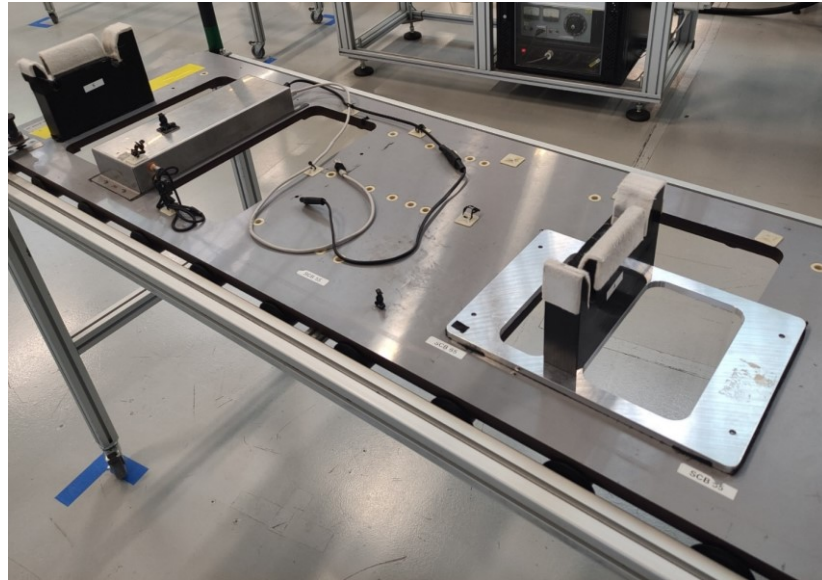
Tabulka 27 Analýza nového stavu layoutu (vlastní zpracování, 2023)

Výhody	Nevýhody
+ Rozdělení předmontáží a montáží a balení	- Linka zabírá více místa (170m <sup>2</sup> ) v návaznosti na nové barevné varianty (design vnější krabice, grilly a rámečky)
+ Variantní scénáře pro více operátorů	
+ Minimalizace chování operátorů	
+ Implementace konceptu 6S	
+ Ergonomická práce s břemeny	
+ Materiál a odpady jsou blízko montáže	

### 10.1.6 Redesign výrobních palet

Jak již bylo zmíněno v kapitole 10.1 byl pro nový layout aplikován dopravníkový systém ze starého výrobku B. Kvůli tomuto vylepšení bylo potřeba upravit uchycení výrobků na paletě. Na obrázku 29 můžete vidět staré uchycení výrobku na paletě.





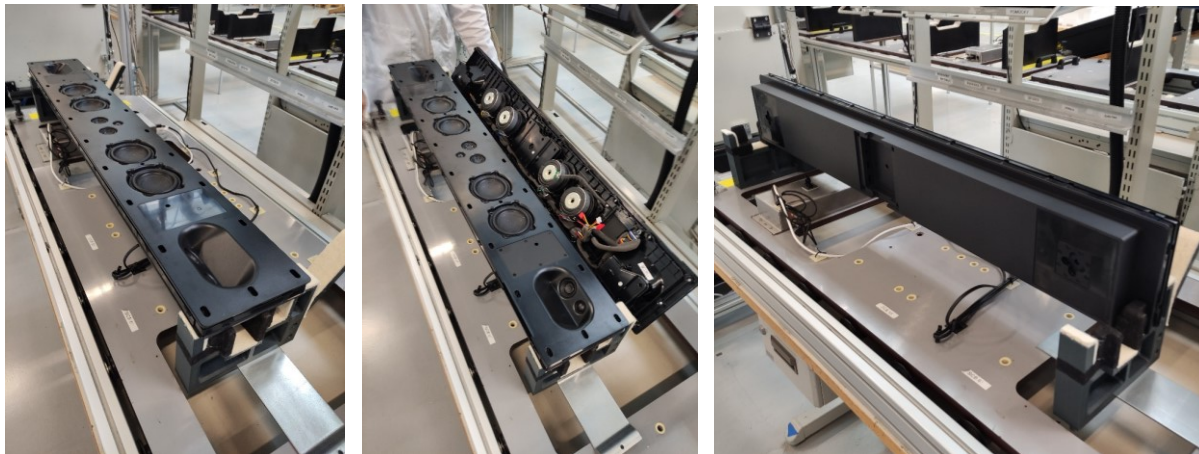
Obrázek 29 Palety pro starý layout (interní dokumentace, 2022)

Tato úprava uchycení se musela uskutečnit, kvůli faktu, že nyní výrobek musí být na paletě celý a nevyužívají se stoly mezi montážemi. Při předchozím layoutu se totiž výrobek vždy přenesl celý (vrchní i spodní díl) na mezi-montážní stůl viz. Obrázek 30.



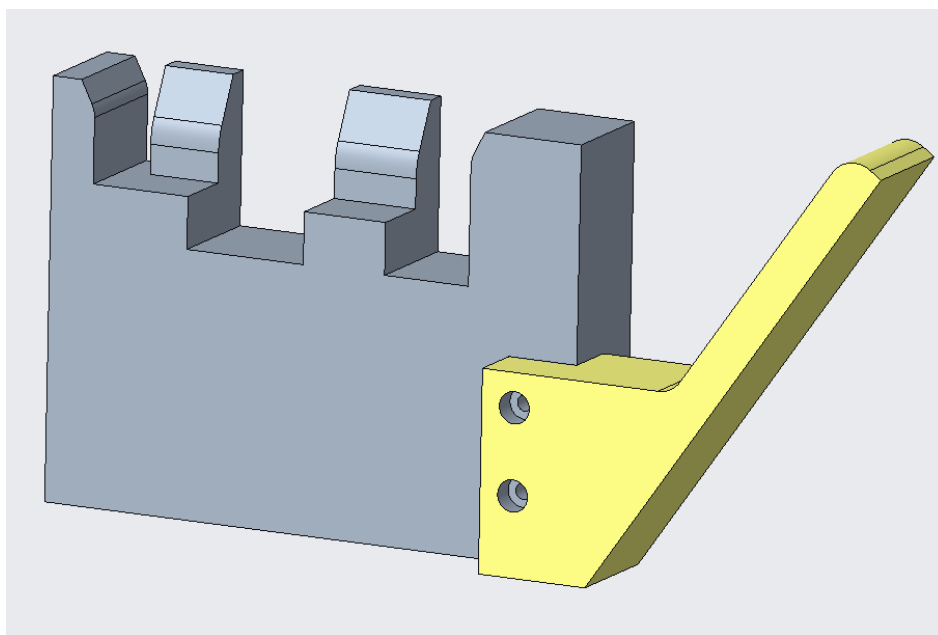
Obrázek 30 Odkládací stůl mezi operacemi (interní dokumentace, 2022)

Po relayoutu toto odkládání není možné, jelikož se využívá dopravníkový systém, a tudíž musí být celý výrobek (vrchní i spodní díl SKD) na paletě po celou dobu montáže. Nový redesign palet navíc umožnil výrobku 3 pozice pro montáž, které lze vidět na obrázku 31.



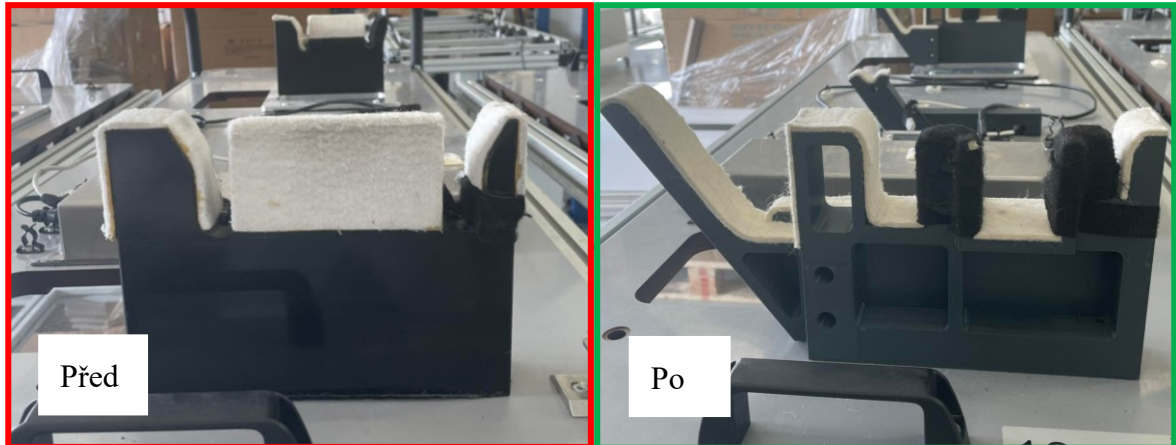
Obrázek 31 Nový design palet (interní dokumentace, 2023)

Ke stávajícím paletám byly přidány speciální úchytky, které drží vrchní díl SKD. Díky tomuto vylepšení se eliminovaly pohyby operátorů, které byly potřeba při přenášení SKD mezi pracovišti společně s výrobkem. Na obrázku 32 můžete vidět návrh těchto úchytek, které si společnost sama navrhla a poté i vytiskla na 3D tiskárně. Úchytky se skládají ze 2 částí, první je pro uchycení výrobku nalezato a druhá (žlutá) je pro šikmé uchycení vrchního dílu. Toto uchycení je lepší pro manipulaci pro operátory, snadněji se v této poloze zapojují kabely a celková montáž je snazší a příjemnější, než jak tomu bylo u starých palet.



Obrázek 32 Detail úchytky na paletě (interní dokumentace, 2023)

Na obrázku 33 lze vidět porovnání těchto úchytek v realitě na výrobní lince. Vlevo jsou úchytky před úpravou pomocí 3D tisku a vpravo jsou již upravené úchytky a olepené plstem, aby se výrobky nepoškrábaly.



Obrázek 33 Porovnání úchytky na palety (vlastní zpracování, 2023)

## 10.2 Implementace metody 6S

Po konzultaci s vedením společnosti bylo rozhodnuto implementovat metodu 6S, kterou firma postupně aplikuje na všechny své výrobní linky. Jelikož byla výrobní linka 1.A/1.B přesunuta a změněn její layout společnost rozhodla, že se ni aplikuje i metoda 6S. Stanovený harmonogram dle obrázku 26 spadá na období 03.04.2023 – 17.04.2023.

Společnost se dále rozhodla aplikovat metodiku 6S na výrobní linku, aby se minimalizovalo plýtvání. Společnosti nedostačuje koncept 5S, jelikož dbá na bezpečnost svých zaměstnanců a vyžaduje vyšší formu 5S. Tato metoda byla aplikována z důvodu, aby se operátoři lépe orientovali na lince a měli vše správně označeno. Věděli, kam přijde, jaký materiál, v jakém množství a měli tak celkově přehlednější pracovní pozice.

Na obrázku 34 můžete vidět stav pracoviště pro montáž 1 před implementací 6S i před relayou a implementací dopravníkového systému.



Obrázek 34 Montáž 1 - před relayoutem a před implementací 6S (interní dokumentace, 2023)

### 10.2.1 Aplikace 6S

Implementace proběhla na hlavní montážní výrobní lince 1.A/1.B, dohromady to jsou čtyři pracoviště s dopravníkovým systémem a poté pracoviště pro předmontáže a balení. Pro pracoviště s testery nebyla aplikována metoda 6S.

Harmonogram provádění metody 6S:

- Seznámení zaměstnanců na lince s metodou
- Realizace třídění
- Realizace systematizace a uspořádání
- Realizace udržování pořádku
- Tvorba standardu pracoviště a standardu úklidu
- Udržení a zlepšování metody na pracovišti

Pro prezentaci metody na výrobní lince byla metoda představena pomocí krátkého úvodního setkání, kde bylo operátorům vysvětleno, co metoda 6S obnáší a že to není jenom úklid. Byly rozdány 6S kartičky, pro lepší zapamatování metody, viz. obrázek 35. Poté se šli operátoři z linky podívat na jinou výrobní linku, kde byla tato metoda aplikovaná. Pro lepší inspiraci a motivaci.



Obrázek 35 Kartička 6S (interní dokumentace, 2023)

### 10.2.2 Implementace třídění

Na vybraných pracovištích bylo potřeba oddělit zbytečné věci (materiály, nářadí, čisticí prostředky atd.) od potřebných věcí. Prošla se tedy celá linka a byly vytřízeny nepotřebné věci. Postupovalo se pracoviště po pracovišti a operátoři pomáhali určovat, co je na daném pracovišti potřebné a co nikoliv. Dále byl prostor pro návrhy na zlepšení daných pracovišť, kde se nebránilo fantazii operátorů, kteří přicházeli s nápady. Mezi některé nápady patřily například, lepší světelné podmínky, umístění lepší police s náklonem pro lepší odebírání materiálu, implementace rádia pro příjemnější práci a další.

Veškeré předměty, které byly určeny jako nepoužitelné a zbytečné, byly umístěny do tzv. „6S bazaru“, který můžete vidět na obrázku 36. Z této krabice se občas braly potřebné mále krabičky z jiných pracovišť či něco jiného.

Mezi předměty, které byly zařazeny do 6S bazaru patřily:

- Různé velikosti krabiček
- Různé nářadí
- Málo využívané materiály

- Nevyužívané složky, apod.



Obrázek 36 6S bazar (interní dokumentace, 2023)

Na pracovišti po implementaci vyřízení zbyly pouze předměty potřebné k práci. Mezi ně patřily například:

- Materiál určený k výrobě
- Nástroje a nářadí potřebné k výrobě

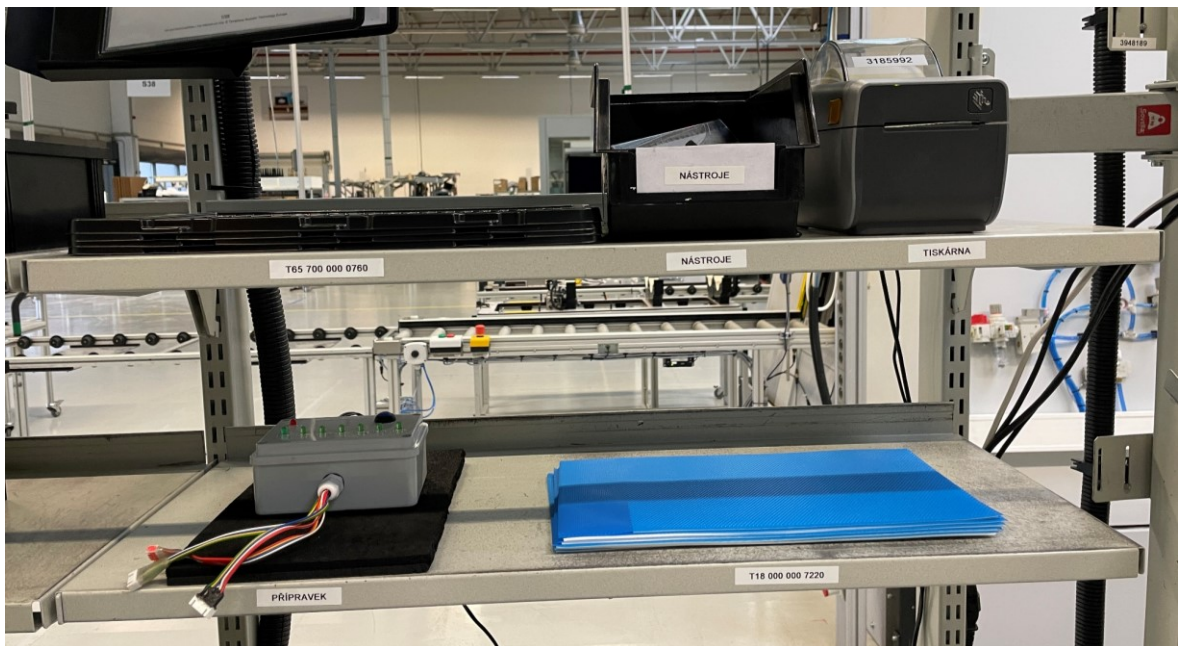
Díky aplikaci tohoto kroku bylo dosaženo lepší přehlednosti na jednotlivých pracovištích. Pracoviště nebyly přehlceny materiály. Uvolnilo se tedy místo pro potřebné materiály, nástroje a nářadí.

### 10.2.3 Implementace systematizace

Na každém pracovišti je vždy způsob, jak uložit všechny potřebné věci dle zásad ergonomie a eliminovat tak zbytečné pohyby a různé druhy plýtvání. Implementací systematizace bylo dosaženo uspořádání pracoviště dle potřeby. Řídit se dá jednoduchými pravidly – lehké věci nahoru (šroubky, tesa, atd.) a těžké věci dolů (kabinety, tweetery, woofery,..)

S operátory bylo dohodnuto nejlepší umístění daných věcí. Toto uložení se takto chvíli nechalo, aby si jej vyzkoušeli všichni operátoři, kteří na lince pracují. Nedošlo by ještě k finálnímu značení pracoviště. Tímto jsme předešli tomu, aby toto uspořádání vyhovovalo všem operátorům.

Na pracovních stolech bylo po implementaci systematizace vše přehledně uspořádáno a uloženo, jak lze vidět na obrázku 37. Zůstaly zde jen ty věci, které operátoři používají při každodenní práci. Snahou bylo minimalizovat zbytečné pohyby a plýtvání v podobě hledání potřebných materiálů.



Obrázek 37 Systematické uložení na výrobní lince (interní dokumentace, 2023)

#### 10.2.4 Implementace čistoty

Všichni operátoři se podíleli na tomto kroku a pomáhali uklidit celou linku. Bylo potřeba odstranit staré již nepoužívané označení z dob výroby výrobku B. Za čistotu na daných pracovištích si zodpovídají sami zaměstnanci. Bylo zapotřebí také utřít prach, vytřít a odstranit veškerou viditelnou špínu. Výsledkem byla výrobní linka zbavená veškerých nečistot a mohla se tak stát vzorem pro ostatní výrobní linky.

Aby takto mohli operátoři udržovat výrobní linku 1.A/1.B, bylo nutné zařídit místo pro čisticí prostředky. Kde by se nacházel smeták, menší smetáček a lopatka a vysavač, společně s hadrami a čisticím prostředkem.

### 10.2.5 Implementace standardizace

Další krokem v implementaci 6S byla standardizace.

V minulosti byl vytvořen standard pracovních návodů, který se na lince nacházel, jako jediný ze zástupu standardů.

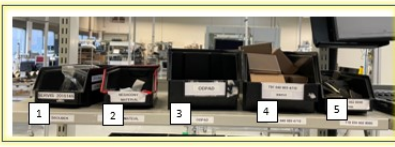

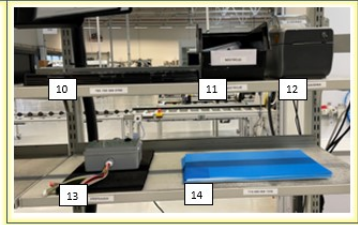
V tomto kroku byl vytvořen standard čištění, který stanovuje pravidla pro úklid dané linky. Toto opatření by mělo za následek, že se budou pracoviště udržovat čisté a spořádané. Team-Leader linky tento standard čištění kontrolovat společně s linkou, jestli je vše v pořádku. Nové standardy čištění byly umístěny ke každému pracovnímu stolu do stojánku pro pracovní návody a standard pracoviště.

Standard pracoviště na obrázku 38, byl vytvořen s pomocí procesního oddělení a jedná se o standard, který říká, kde je na daném pracovním stole, co uloženo. Součástí jsou i materiálové číslo a přehled se šroubováky s jejich barvami.

Po schválení byl standard představen operátorům, aby se v něm správně orientovali. Vytvořením těchto standardů by mělo být dosažení snazší, jednodušší a lepší práce pro operátory a zároveň eliminace plýtvání.

<b>TYMPHANY</b> 迪芬尼		<b>Standard pracoviště – WC 22105022</b>				<b>Montáž 1</b>		Výrobek: B&O
Schválil: PE		Schválil: TL		Schválil: LE		Verze:		
Podpis:	Datum:	Podpis:	Datum:	Podpis:	Datum:	Aktivní od:		

<b>Legenda</b>	1. Servisní šroubek	10. FPC kabel	T65 700 000 0760				
	2. Neshodný materiál	11. Nástroje					
	3. Odpad	12. Tiskárna					
	4. Ethernet PCB	T91 040 003 4710	13. Přípravek pro měření				
	5. Těsa		14. Chladicí podložka	T18 000 000 7220			
	6. Šroubek						
	7. Válečkové těsnění						
	8. Obdélníkové těsnění	T18 050 001 7080					
	9. Šroubek	T15 330 082 6612					

<b>Šroubováky</b>	Barva	Číslo šroubováku	Moment	Číslo šroubku	Barva	Číslo šroubováku	Moment	Číslo šroubku
		5961	0,83 Nm	T15 339 112 F810				
		5710	0,58 Nm	T15 330 082 6612				
		5736	0,8 Nm	T15 330 082 6612				

Odkaz:	Datum poslední aktualizace:	19.04.2023
--------	-----------------------------	------------

Obrázek 38 Návrh standardu pracoviště (interní dokumentace, 2023)



### 10.2.6 Implementace sebedisciplíny

Tento poslední krok vyžaduje disciplínu každého zaměstnance, aby nově vytvořený stav dodržovali a neustále jej zlepšovali. Pro kontrolu nastaveného stavu jsou důležité pravidelné audity. Ať už se jedná o LPA audit nebo o audit pořádku a čistoty na pracovišti.

Společnost chce vést své zaměstnance k pořádku, zlepšování a odpovědnosti. Neustálá práce na dalším malém kontinuálním zlepšování by se měla stát nedílnou součástí pracovní činnosti všech operátorů. Důležitá je také podpora ze strany managementu a vedení. Tuto podporu může firma vyjádřit například formou finančních odměn či jiných benefitů.

### 10.2.7 Implementace bezpečnosti

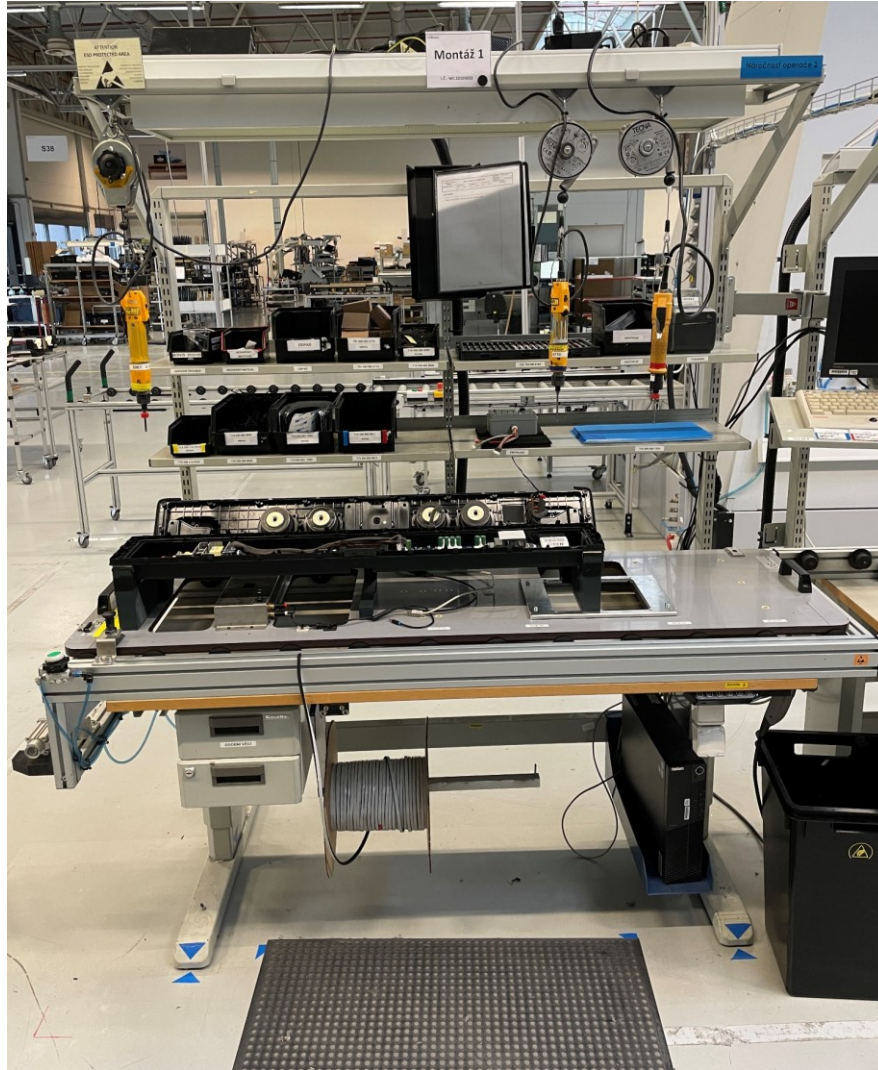
Lze říci, že pokud operátoři budou dodržovat všechny již zmiňované kroky 5S není možné, aby nedodržovali i 6S, jelikož se jedná o bezpečnost. A pokud operátor bude mít čisté, vytríděné pracoviště, bude dodržovat standardy není možné, aby nedodržovali i 6S. Bezpečnost je pro společnost důležitým faktorem při výkonu práce.

### 10.2.8 Zhodnocení implementace metody 6S

Největší přidanou hodnotu, kterou operátoři pocítili po implementaci 6S, je minimalizace hledání jednotlivých nástrojů a materiálů. Věci, které operátoři potřebují při práci mají hned u sebe. Čisté a udržované pracoviště jsou dobrou vizitkou společnosti, ale i samotných operátorů a team-leaderů. Pracovníci, kteří na této lince pracují, byli spokojenější, což se odráží pozitivně i na kolektivu pracoviště.

Při implementaci metody 6S vznikly společnosti drobné finanční náklady v podobě použité lepící páky, štítkovače dymo pro označení materiálů a času, který by byl potřeba pro uklizení pracoviště. Podle názoru operátorů by mohlo existovat riziko toho, že se linka vrátí do původního stavu. Je tedy velice důležité, aby management prováděl pravidelné audity a kontroloval nastavený stav.

Stav pracoviště po implementaci 6S lze vidět na obrázku 39. Pro srovnání lze použít obrázek 34, kde je vyfocené pracoviště před relayoutem a před implementací metody 6S.



Obrázek 39 Montáž 1 po implementaci 6S (interní dokumentace, 2023)

### 10.3 Provedené analýza po relayoutu a implementaci 6S

Následující kapitoly se budou zabývat zhodnocením projektu v rámci analýz. Bude se jednat opět o ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace, spaghetti diagram a VSD mapa budoucího stavu.

Všechny analýzy se zakládají na prvních návrzích MOST analýzy a Balance sheetu.

#### 10.3.1 Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace po relayoutu

Po zavedení nového layoutu a implementace metody 6S, bylo zjištěno, že operátoři výrobek přenáší v ruce pouze 6x za celou dobu jeho výroby. Což bylo z původních 12 operací sníženo o 50 %.

Po vyhodnocení dotazníků, vyšla hodnota 12, která sice opět spadá do druhé kategorie, ale blíží se spíše ke spodní hranici pro první kategorii, která končí s číslem 10. Výsledek formuláře můžete vidět na obrázku 40.

	Body za břemeno	2		
+	Body za polohu těla	1		
+	Body za pracovní podmínky	0		
=	Celkem	2	x	
			Body za čas	4
			Rizikové skóre	12

Obrázek 40 Vyhodnocení formuláře pro ruční manipulaci s břemeny po relayoutu (vlastní zpracování dle Schmitter a spol., 2022)

Lze tedy říct, že díky relayoutu a implementaci dopravníkového systému se snížila fyzická zátěž a práce s břemeny pro operátory o 12 rizikových bodů neboli o 50 %.

### 10.3.2 Spaghetti diagram po relayoutu

Po úpravě layoutu a implementaci 6S byla opět provedena analýza pomocí spaghetti diagramu. Byla udělána pouze pro variantu 1.A – stříbrný, jelikož dle kapitoly 6 je to vybraný představitel linky. Nový spaghetti digram pro nový layout naleznete na obrázku 41.

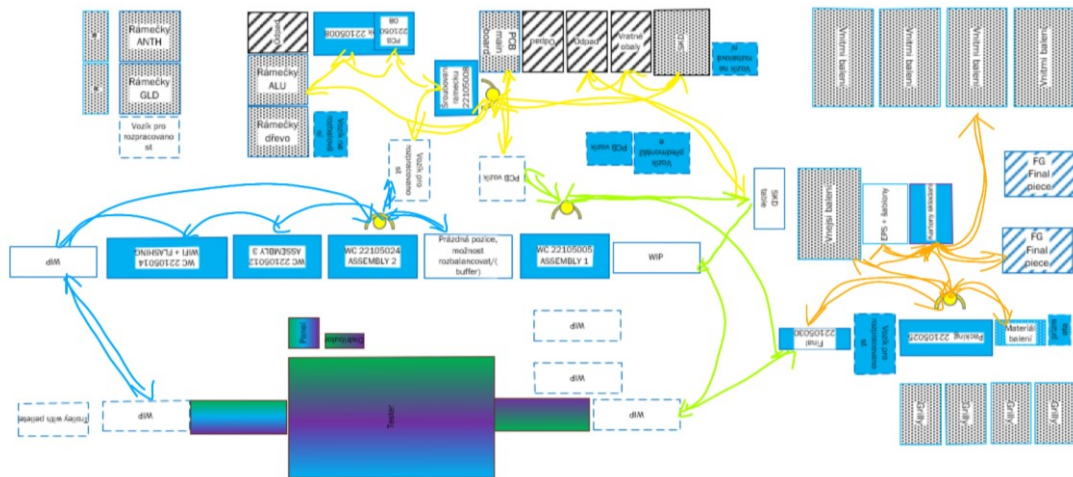
Legenda k obrázku 41:

**Zelená čára** – operátor A – montáž 1, ½ Final test

**Modrá čára** – operátor B – montáž 2, montáž 3, RF test a akustický test

**Žlutá čára** – operátor C – předmontáže

**Oranžová čára** – operátor D – ½ final test a balení



Obrázek 41 Spaghetti digram po relayoutu (vlastní zpracování, 2023)

Z obrázku 41 di lze všimnout, že nejvytíženější je operátor C (žlutá čára), který má na starosti všechny předmontáže. Avšak úzkým místem po relayoutu je operátor D (oranžová čára), který má na starosti balení, protože je to nejdlejší operace dle nového balance sheetu.

Postup pro analýzu byl stejný jako v kapitole 7.6 Spaghetti diagram. Byla využita i stejná operátorka, která měřila 160 cm, což odpovídá délce kroku na 67 cm.

Výstupem z nového spaghetti diagramu je tabulka 32.

Tabulka 28 Výstup z nového Spaghetti diagramu (vlastní zpracování, 2023)

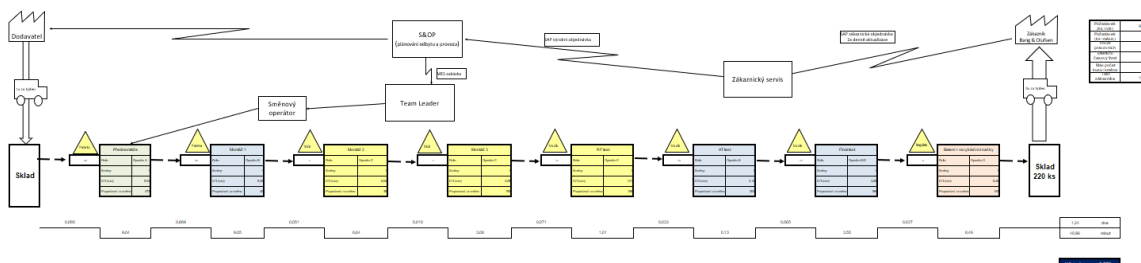
Číslo	Operátor	Popis operace	Vzdálenost (kroky)	Frekvence za směnu	Celkem kroky	Vzdálenost	Celkem čas chůze / směna	Suma časů pro operátora	% vyjádření času
1.	A	Montáž 1	2	39	78	5 226 cm	52,26 s	14,63 min	3%
2.	A	Akustický tester a Final	26	39	1 014	67 938 cm	815,26 s	13,59 min	
3.	B	Montáž 2 + Montáž 3 + RF tester + Akustický tester	39	39	1 521	101 907 cm	1 222,88 s	20,38 min	5%
5.	C	Rozbalení SKD	39	20	780	52 260 cm	627,12 s	21,95 min	5%
6.	C	Předmontáž rámečků	18	39	702	47 034 cm	564,41 s	9,41 min	
7.	C	Předmontáž PCB	4	39	156	10 452 cm	125,42 s	2,09 min	
8.	D	Final tster	9	39	351	23 517 cm	282,20 s	4,70 min	
9.	D	Balení	35	39	1 365	91 455 cm	1 097,46 s	18,29 min	5%
<b>Počet minut celkem za směnu</b>								<b>79,96 min</b>	<b>18%</b>

Výstupem z tabulky 32 je fakt, že operátoři za celou pracovní dobu (7,25 hod) stráví chůzí pouze 1,3 hodiny, což je v přepočtu 18 % jejich pracovního času. Lze tedy říci, že díky novému layoutu bylo sníženo množství chůze za směnu z 24 % na 18 % času směny.

### 10.3.3 Value Stream Design po relayoutu

Po změně layoutu byla vypracována i VSD mapa nového stavu. Došlo ke zmenšení časů jednotlivých operací a celkově ke zjednodušení VSM mapy, díky spojení předmontáží.

Dále se snížily zásoby na pracovištích, a i mezi pracovišti, jelikož byl aplikován dopravníkový systém a není tedy možnost, aby na lince bylo mnoho zásob. Zároveň se zvýšila norma z 36 ks/směna na 39 ks/směna. Mapu VSD naleznete taky v Příloze P III.



Obrázek 42 VSD mapa (vlastní zpracování, 2023)

### 10.3.4 Zhodnocení jednotlivých ukazatelů VSM mapy

V nové VSM mapě byly opět sledovány důležité ukazatele. Prvním z nich byly VA činnosti, NVA činnosti, PDV a nakonec VA index. Porovnání jednotlivých ukazatelů naleznete v tabulce 29. Postup výpočtu jednotlivých ukazatelů byl stejný jako při staré VSM. Všechny výsledné hodnoty VSD mapy se vztahují k datu 19.04.2023.

Tabulka 29 Porovnání staré a nové VSM mapy (vlastní zpracování, 2023)

	VSM	VSD	Rozdíl
VA	45,19 minut	40,96 minut	↓ 4,23 minut
NVA	1,56 dne	1,07 dne	↓ 0,49 dne
PDV	1,59 dne	1,09 dne	↓ 0,5 dne
VA index	2,01 %	2,66 %	↑ 0,65 %

## 10.4 Budoucí kroky projektu

Další částí projektu bude revize MOSTu a balaningu, která bude probíhat od 27.04.2023 – 01.06.2023. Tentokrát se budou natáčet videa přímo na výrobní lince, tudíž nová revize už bude podle skutečných dat a nikoliv odhadů a zkušeností procesních inženýrů.

Výše zmíněné analýzy, pracují pouze s prvními návrhy těchto souborů, ale i tak, lze vidět zlepšení ve všech ohledech. Ať už se jedná o práci s břemeny, či s množstvím chůze na lince nebo složitostí materiálových a informačních toků.

## 11 ZHODNOCENÍ NAVRHNUTÉHO PROJEKTU

Projekt zlepšení výrobní linky 1.A/1.B probíhal v období září 2022–červen 2023. V rámci projektu byly navrženy opatření pro budoucí stav linky.

V projektu jsou navržena opatření, které budou vyžadovat určitou finanční podporu. Jsou zde i taková, která si se svou realizací vystačí se znalostmi a schopnostmi interních pracovníků. Podobně jsou na tom jednotlivé návrhy z hlediska přínosů. Některé z nich dokáží snížit náklady a díky tomu vzniknou finanční úspory. V některých případech ale mluvíme o přínosech týkající se zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců a zefektivnění výrobního procesu. Pro zhodnocení projektu je důležité vyčíslit veškeré náklady, které vznikly a zároveň vyčíslit i úspory, které tento projekt přinesl.

V rámci diplomové práce byly vytvořeny šablony pro práci se Spaghetti diagramem a šablona pro tvorbu VSM mapy v MS Excel. Průmysloví inženýři tedy budou moci tyto šablony využívat na denní bázi.

Cílem diplomové práce bylo zvýšit výstup linky minimálně o 5 %, v tabulce 30 je přehled zlepšení, které se uskutečnily, díky projektu změny layoutu a implementaci 6S.

Tabulka 30 Porovnání stavů před a po - výrobek 1.A stříbrný (vlastní zpracování, 2023)

	Před	Po	Rozdíl (%)
Výstup z linky za směnu	36 ks	39 ks	↑ 8,33
Routing time	48,64 minut	44,43 minut	↓ 8,66
Spaghetti	24 %	18 %	↓ 6
Práce s břemenem na 1 ks	12x	6x	↓ 50
PDV	1,59 dne	1,09 dne	↓ 31
VA index	2,01 %	2,66 %	↑ 65

### 11.1 Vyčíslení nákladů a přínosů projektu

Pro výpočet předpokládaných úspor, který projekt zlepšení výrobní linky 1.A/1.B přinese, byla využita interní data společnosti.

### 11.1.1 Náklady

V rámci projektu si pár návrhů vystačí pouze s využitím zaměstnanců společnosti. Tyto náklady jsou vypočítány na základě interních dat společnosti. Jedná se o hodinové sazby příslušných zaměstnanců. Poté jsou tyto sazby vynásobeny počtem hodin, po které pracovník realizovat daný úkol.

Z důvodu citlivosti dat si společnost nepřála uvádět podrobné výpočty. Souhrnné částky jednotlivých návrhů jsou uvedeny v tabulce 36. Vyčíslení nákladů a přínosů projektu na stranách 99 - 100.

### 6S implementace

Pro implementaci 6S bylo určité za potřebí vynaložit jisté finanční náklady. Mezi ně lze zařadit nákup barevných pásek pro značení podlahy, štítkovačky dymo a její náplně pro označení materiálů čísly, a hlavně čas strávený nad implementací 6S. Jak už ze strany procesních inženýrů, údržbářů tak operátorů a team-leadera.

### Redesign výrobních palet

V tabulce je uvedena cena jednotlivých úchytek na palety, které si firma sama vytvořila. V porovnání je cena od společnosti, u které by si firma musela nechat vytisknout tyto úchytky, kdyby neměla 3D tiskárnu a zkušeného inženýra, který se v tomto oboru vyzná. Jedná se o vtištění 4 částí (kostek), které se smontují ve 2 úchytky. Tyto 4 kostky se přimontují na 1 paletu. Dohromady tedy bylo potřeba vytisknout 32 kostek pro 8 palet. V tabulce 31 naleznete přehled a porovnání cen pro 3D tisk úchytek na palety.

Tabulka 31 Porovnání cen za 3D tisk (interní dokumentace, 2023)

Kalkulovaná položka	Cena Kč (Bez DPH)		
	Tymphany Acoustic Technology Europe, a. s.	Externí společnost A	Externí společnost B
3D tisk úchytek na 8x palety	10 088,-	118 000,-	140 250,-
Čas práce	6 500,-	-	-
Cena celkem	16 588,-	118 000,-	140 250,-

### 11.1.2 Přínosy

#### Dodatečný obrat z prodeje

Díky zvýšení vyráběného množství, lze vypočítat, o kolik si firma zvýšila obrat od 1.4.2023 – 31.12.2023, když implementovala nový layout a metodu 6S. V průměru za směnu vyrobí o 4ks výrobků navíc. V tabulce 32 lze vidět dodatečný obrat, který společnosti vznikl z prodeje dodatečných kusů. Kurz ke dni 19.04.2023 byl 21,48 CZK.

Tabulka 32 Dodatečný obrat ze zvýšení normy (interní dokumentace, 2023)

Výrobek	Počet ks navíc za směnu	Obrat USD (bez DPH)	Obrat Kč (bez DPH)
1.A – Stříbrný, zlatý a antracit	3	500 040	10 740 859
1.A – Dekor dřeva	4	666 720	14 321 145
1.B	6	753 840	16 192 483
<b>Celkem</b>		<b>1 920 600</b>	<b>41 254 488</b>

#### Přínosy ze snížení routingu

Hlavním přínosem ze snížení časů výroby výrobků, je zvýšení výstupu výrobní linky. Hlavní úspora v Kč z tabulky 26, kde uspořený čas za výroby činil 153 104 Kč.

#### Snížení práce s břemeny

Po implementaci dopravníkového systému se pro operátory na novém layoutu snížilo množství přenášení výrobku v rukou, z původních 12-ti na 6. Takže se snížilo zatížení operátorů pro práci s břemeny o 50 %.

#### Přínosy ze snížení množství chůze operátorů

Snížení množství chůze pro jednotlivé operátory z 24 % na 18 % pracovního času, což činí 79,96 minut.

#### Lepší organizace pracoviště

Všechny pracoviště jsou uklizené urovnané včetně nástrojů a pomůcek potřebných pro práci. Spoustu skříní a regálů bylo odebráno, jelikož byly na lince zbytečné stejně tak jako některé materiály, které se už na lince nevyužívají.



V tabulce 33 jsou uvedeny jednotlivé návrhy na zlepšení a jejich nákladovost. Dále jsou zhodnoceny z pohledu přínosů, úspor a možných bariér při jejich implementaci.

Tabulka 33 Zhodnocení doporučených opatření (vlastní zpracování, 2023)

Doporučená opatření	Nákladovost Kč (bez DPH)	Zhodnocení
Re-layout	8 320,-	<p><b>Přínos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Materiál a zásoby blíže k pracovištím</li> <li>- Minimalizace chůze operátorů</li> </ul> <p><b>Úspory</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Snížení délky trvání operace</li> </ul> <p><b>Bariéry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Správnost zvoleného layoutu</li> </ul>
Přesun RF testeru	8 320,-	<p><b>Přínos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminace chodících tras</li> </ul> <p><b>Úspory</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Snížení délky trvání operace</li> </ul> <p><b>Bariéry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pracoviště musí být vhodně umístěna</li> </ul>
Redesign palet	16 588,-	<p><b>Přínos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Menší zatížení operátorů</li> <li>- Snadnější práce</li> <li>- Lepší práce s paletami</li> </ul> <p><b>Úspory</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Snížení délky trvání operace</li> </ul> <p><b>Bariéry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nutnost občasného seřízení</li> </ul>
Úprava pracovních instrukcí	2 080,-	<p><b>Přínos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zkrácení PDV</li> <li>- Zvýšení VA indexu</li> <li>- Eliminace některých operací</li> </ul> <p><b>Úspory</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zvýšení počtu vyrobených produktů</li> </ul> <p><b>Bariéry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dodržování pracovních postupů</li> </ul>
Nové rozbalancování operací	7 500,-	<p><b>Přínos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zkrácení routing time</li> </ul> <p><b>Úspory</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zvýšení počtu vyrobených produktů</li> <li>- Snížení času trvání operací</li> </ul> <p><b>Bariéry</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Správné rozbalancování linky</li> </ul>

Doporučená opatření	Nákladovost Kč (bez DPH)	Zhodnocení
Implementace 6S	12 817,-	<b>Přínos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminace plýtvání</li> <li>- Pořádek na pracovišti</li> <li>- Rychlejší orientace pracovníků</li> </ul> <b>Úspory</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Snížení délky trvání operace</li> </ul> <b>Bariéry</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dodržování 6S</li> </ul>
Náklady na projekt celkem	55 625,-	
<b>Úspora celkem</b>		<b>Poznámky</b>
Úspora celkem	153 104,-	Tato úspora byla vypočítána v tabulce 26.
<b>Obrat celkem</b>		<b>Poznámky</b>
Obrat celkem	41 254 488,-	Tento obrat byl vypočítán v tabulce 32.

## ZÁVĚR

Diplomová práce mne obohatila o řadu poznatků a zkušeností z oblasti průmyslového a procesního inženýrství. Díky zpracování přímo ve výrobní společnosti jsem mohla komplexně pochopit principy a fungování linky a zároveň si osvojit řadu metod a nástrojů průmyslového inženýrství. Je velmi důležité se na výrobní proces dívat jako na celek a bez jeho pochopení se stěží můžeme pouštět do různých změn.

Přínosem pro mě byla jistě spolupráce v týmu a s procesním oddělením. Měla jsem tu čest spolupracovat s odborníky ve své profesi, ať už na pozici průmyslových inženýrů, procesních inženýrů či inženýrů pro automatizaci. Komunikace se samotnými operátory mi také mnohé dala, jelikož jsou to právě oni, kteří vědí vše o jednotlivých operacích v rámci výrobního procesu.

Cílem mé diplomové práce bylo zvýšit výstup výrobní linky minimálně o 5 %. Čehož jsme společně s projektovým týmem dosáhli a naplnili tak stanovený cíl.

Nejprve se pomocí analýzy kvality a produktivity vybrala výrobní linka a představitel z řad výrobků, na kterém se poté prováděly různé analýzy a metody. Byla k tomu využita řada analytických metod a nástrojů průmyslového inženýrství, jako jsou MOST, balancování linky, spaghetti diagram, formulář pro práci s břemeny a zmapování úrovně zásob rozpracované výroby a informačního toku. Získaná data poté vedly k určitým doporučením pro výrobní linku. Například bylo zjištěno velké množství chození, zbytečné zásoby na linkách či zbytečně velká práce s břemeny.

Na základě těchto podkladů a informací byl zpracován projekt zlepšení výrobní linky ve společnosti Tymphany Acoustic Technology Europe, s.r.o. jehož cílem bylo zvýšit výstupy výrobní linky 1.A/1.B minimálně o 5 %.

Tohoto cíle bylo dosaženo změnou layoutu stávající výrobní linky a jeho přesunutím na místo výrobku B, který se ve společnosti již nevyrábí. Dále byl také využit starý dopravníkový systém, z linky výrobku B. Kvůli designu výrobků 1.A a 1.B muselo dojít k redesignu výrobních palet a jejich úchytek, pro lepší manipulaci a upevnění kusu na dopravníku.

Následně projekt pokračoval implementací metody 6S, pro eliminaci plýtvání v podobě hledání, zbytečných materiálů a zásob na lince. Po přesunutí layoutu byly provedeny opět analýzy, jako při předchozím stavu a došlo k porovnání nových a starých stavů.

Po tzv. „usednutí linky“ budou natočena nová videa pro analýzu MOST a znovu se celá linka rebalancuje. Jelikož při první fázi, měli průmysloví a procesní inženýři k dispozici pouze staré MOSTy a dělali vše dle odhadu a zkušeností, a proto byl ke každému času jednotlivé operace přidán koeficient 5 %, aby se předešlo jeho navýšení.

V závěru práce byly zhodnoceny přínosy projektu včetně veškerých nákladů, které jsou s projektem spojeny

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

6000 kroků: *Délka kroku v závislosti na výšce těla*. [online]. Maxdorf [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <https://6000kroku.cz/clanek/delka-kroku-v-zavislosti-na-vysce-tela>.

API. *Jednotlivé metody a nástroje: Balancování operací*. API: Academy of Productivity and Innovations [online]. Želevčice 5, 274 01 Slaný [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>

API. *5S*. API: Academy of Productivity and Innovations [online]. Želevčice 5, 274 01 Slaný [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: [https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch#Pet\\_S](https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch#Pet_S)

API. *Plytvání ve výrobě*. API: Academy of Productivity and Innovations [online]. Želevčice 5, 274 01 Slaný [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: [https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p#Plytvani\\_ve\\_vyrobe](https://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p#Plytvani_ve_vyrobe)

API. *VSM*. API: Academy of Productivity and Innovations [online]. Želevčice 5, 274 01 Slaný [cit. 2023-02-12]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24888-jednotlive-metody-a-nastroje-q-z#VSM>

Apos consulting, 2015. *Spaghetti diagram* [online]. Copyright © 2015 APOS Consulting [cit. 2023-03-11]. Dostupné z: <http://apos.sk/metody/stihla-vyroba-lean/spaghetti-diagram/>

ASHRAFIAN, Alireza et al., 2019. *Sketching the Landscape for Lean Digital Transformation*. Springer Link [online]. (566) [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: doi:[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30000-5\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30000-5_4)

Bang & Olufsen: *BeoSound Stage - Powerfull Dolby Atmos soundbar* [online]. [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: <https://www.bang-olufsen.com/en/int/soundbars/beosound-stage>

BEJČKOVÁ, Jana, 2009. *Slovník průmyslového inženýrství*. BusinessInfo.cz [online]. [cit. 2023-03-10]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/slovník-prumysloveho-inzenyrstvi/>

BADIRU, Adedeji Bodunde, 2014. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1452 s. ISBN 978-1-4665-1504-8.

BASL, Josef, Pavel MAJER a Miroslav ŠMÍRA, 2003. *Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. Praha: Grada, 213 s. Management v informační společnosti. ISBN 802470613X.

BAUER, Miroslav a spol., 2012. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno: BizBooks, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.

BOZP.cz, 2023. *Slovník pojmů z oblasti BOZP a PO: Ergonomie pracoviště*. BOZP.cz: Bezpečnost práce [online]. CRDR spol. s r.o. [cit. 2023-04-09]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/slovník-pojmu/ergonomie-pracoviste/>

BUER, Sven-Vegar, Michal DIC a Felix CHAN, 2018. *The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda*, International Journal of Production Research, 56:8, 2924-2940, DOI: 10.1080/00207543.2018.1442945

BURIETA, Ján, 2013. *Metóda 5S: základy štíhleho podniku*. Žilina: IPA Slovakia, 46 s.

DENNIS, Pascal, 2016. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 223 s. ISBN 9781498708876.

DLABAČ, Jaroslav a Marcel PAVELKA, 2015. *Průmyslové inženýrství v organizační struktuře podniku*. API - Academy of Productivity and Innovations [online]. [cit. 2023-03-15]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25785n-prumyslove-inzenyrstvi-v-organizacni-strukture-podniku>

DHONGADE, Poonam, SINGH, Harwinder a SHROUTY Ryan, 2013. *A review: Literature survey for the implementation of kaizen*. International Journal of Engineering and Innovative Technology, 3(1), 57–60. [Google Scholar]

HLÁVKOVÁ, Jana a Alena VALEČKOVÁ, 2007. *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik* [online]. 1. Praha: SZÚ - Národní referenční pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce [cit. 2023-03-11]. ISBN 978-80-7071-289-4. Dostupné z: <https://www.zuova.cz/Content/files/sluzby/cpl016.pdf>

CHARRON, Rich, 2015. *The Lean Management Systems Handbook*. 1st ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 523 s. ISBN 978-146-6564-350.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-808-1540-585.

CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.

IMAI, Masaaki, 2005. *Gemba Kaizen*. Brno: Computer Press, viii, 314 s. Business books. ISBN 8025108503.

JANJIĆ Vesna, TODORVIĆ Mirjana a JOVANOVIĆ Dejan, 2020. *Key Success Factors and Benefits of Kaizen Implementation*, Engineering Management Journal, 32:2, 98-106, DOI: 10.1080/10429247.2019.1664274

JANUŠKA, Martin, 2018. *Úvod do operativního řízení podniku*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 170 s. ISBN 9788026108009.

JUROVÁ, Marie a kol., 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 9788026500599.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 254 s. Expert. ISBN 9788024757179.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 153 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 9788071793199.

KYSEL', Marek, 2011. *Mapovanie toku hodnôt vo výrobe*. 2. aktualiz. vyd. Žilina: IPA Slovakia, 46 s.

LORENZ, Rafael et al., 2019. *Lean and Digitalization—Contradictions or Complements?*. Springer Link [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: doi:[https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30000-5\\_4](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-30000-5_4)

MAŠÍN, Ivan a VYTLAČIL, Milan, 1996. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. 1. vydání. Liberec: Institut průmyslového inženýrství. 254 stran. ISBN 80-902235-0-8.

MAŠÍN, I., KOŠTURIÁK J., DEBNÁR, P., 2007. *Zlepšování nevýrobních procesů - Úvodní program pro servisní a procesní týmy*. 1. vydání. Liberec: Institut technologií a managementu. ISBN 80-903533-3-9.

MAURER, Robert, 2005. *Cesta kaizen: z malého kroku k velkému skoku*. Praha: Beta, 141 s. ISBN 8073061783.

KIRAN, D.R., 2019. *Production Planning and Control*. Butterworth-Heinemann, 582 s. ISBN 9780128183649.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, , 237 s. Management studium. ISBN 8086851389.

ProLean. *Value stream mapping - tok hodnot: Poznat tok hodnot a zaměřit se na eliminaci činností nepřidávajících hodnotu*. [online]. [cit. 2023-03-14]. Dostupné z: <https://prolean.cz/value-stream-mapping/>

ROMERO, David et al., 2018. *Digital Lean Cyber-Physical Production Systems: The Emergence of Digital Lean Manufacturing and the Significance of Digital Waste*. Springer Link [online]. [cit. 2022-11-05]. Dostupné z: doi:[https://doi.org/10.1007/978-3-319-99704-9\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-319-99704-9_2)

ROTHER, Mike, 2017. *Toyota kata: systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*. 1. vyd. Přeložil Martin ŠIKÝŘ. Praha: Grada Publishing, 285 s. ISBN 978-80-271-0435-2.

Sbírka listin. *Veřejný rejstřík a sbírka listin* [online]. [cit. 2022-10-07]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik>

SCHMITTER, Dieter et al., 2022. *Příručka pro hodnocení rizik v malých a středních podnicích. Fyzická zátěž Ruční manipulace s břemeny: zvedání, držení, nesení, tahání a tlačení břemene*. 1. Česká republika: Výzkumný ústav bezpečnosti práce.



SIMSIT Zeynep Tuğçe, GÜNAY Noyan Sebla, VAYVAY Özalp, 2014. *Theory of Constraints: A Literature Review*, Procedia - Social and Behavioral Sciences, Volume 150, Pages 930-936 ISSN 1877-0428. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.09.104>.

SOLHEIM, Anja Bottinga, POWEL, Daryl John, 2020. *A Learning Roadmap for Digital Lean Manufacturing*. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 592. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-57997-5\\_48](https://doi.org/10.1007/978-3-030-57997-5_48) Dostupné z: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-57997-5\\_48](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-57997-5_48)

Svět produktivity, 2012. *CEZ (OEE)* [online]. Copyright 2012 CPI Web servis [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/CEZ-OEE.htm>

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 366 s. Expert. ISBN 9788024744865.

TRAN, Tuan-anh et al., 2021. *Real-time locating system and digital twin in Lean 4.0* [online]. Timisoara, ROMANIA, 5 [cit. 2022-11-11]. Dostupné z: [doi:10.1109/SACI51354.2021.9465544](https://doi.org/10.1109/SACI51354.2021.9465544)

TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2. upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 298 s. ISBN 8073183811.

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

1.A Výrobek a výrobní linka

1.B Výrobek společnosti

DLM Digital Lean Manufacturing – Digitální štihlá výroba

OEE Overall Equipment Effectiveness – celková efektivnost zařízení

RF Radiofrekvenční tester

SKD Polotovar - Předmontáž z Číny

VSM Value Stream Map

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Čtyři bloky metod průmyslového inženýrství (vlastní zpracování dle Mašín a Vytlačil, 1996) .....	14
Obrázek 2 Kroky metody 5S (Bauer a spol., 2012, s. 32) .....	25
Obrázek 3 Ikony pro Value Stream Map (Chromjaková a Rajnoha, 2011) .....	31
Obrázek 4 Value Stream Map (Api, 2022) .....	32
Obrázek 5 Příklad Spaghetti diagramu (Api, 2022) .....	33
Obrázek 6 Sídlo Tymphany v Kopřivnici (interní dokumentace, 2022) .....	38
Obrázek 7 Yield 1.A (interní dokumentace ,2022).....	41
Obrázek 8 Produktivita 1.A (interní dokumentace, 2022).....	42
Obrázek 9 Množství výroby pro rok 2023 – 1.A (interní dokumentace vlastní zpracování, 2022) .....	43
Obrázek 10 1.A – Silver/Black (interní dokumentace, 2023).....	45
Obrázek 11 Vybalancování operátoru pro variantu Stříbrný (interní dokumentace, 2022) .....	48
Obrázek 12 Nevyužitý čas operátorů (vlastní zpracování) .....	49
Obrázek 13 Vybalancování operátorů 1.A Dekor Dřeva (interní dokumentace, 2022) .....	50
Obrázek 14 Vybalancování operátorů 1.B (interní dokumentace, 2022) .....	51
Obrázek 15 Šablona pro MOST (interní dokumentace, 2022) .....	52
Obrázek 16 Layout výroby na lince 1.A (interní dokumentace, 2022) .....	53
Obrázek 17 Flowchart výrobní linky 1.A (interní dokumentace vlastní zpracování, 2022) .....	54
Obrázek 18 Layout výrobní haly (interní dokumentace, 2022).....	55
Obrázek 19 Layout výroby 1.A (interní dokumentace, 2022) .....	56
Obrázek 20 Spaghetti diagram (vlastní zpracování, 2022).....	58
Obrázek 21 Rozdělení pracovního času operátora (vlastní zpracování, 2022).....	60
Obrázek 22 Vyhodnocení formuláře pro ruční manipulaci s břemeny (vlastní zpracování dle Schmitter a spol., 2022) .....	61
Obrázek 23 Vyhodnocení formuláře (vlastní zpracování dle Schmitter , 2022) .....	61
Obrázek 24 Value Stream Map (vlastní zpracování, 2023).....	63
Obrázek 25 Logický rámec projektu (vlastní zpracování, 2022).....	70
Obrázek 26 Ganttův diagram pro projekt (vlastní zpracování, 2022) .....	74
Obrázek 27 Nový design Balance Sheet pro výrobek C (interní dokumentace, 2023) .....	76
Obrázek 28 Nový layout výrobní linky 1.A/1.B (interní dokumentace, 2023) .....	80
Obrázek 29 Palety pro starý layout (interní dokumentace, 2022) .....	81
Obrázek 30 Odkládací stůl mezi operacemi (interní dokumentace, 2022).....	81
Obrázek 31 Nový design palet (interní dokumentace, 2023) .....	82
Obrázek 32 Detail úchytky na paletě (interní dokumentace, 2023) .....	82

---

Obrázek 33 Porovnání úchytky na palety (vlastní zpracování, 2023) .....	83
Obrázek 34 Montáž 1 - před relayouem a před implementací 6S (interní dokumentace, 2023) .....	84
Obrázek 35 Kartačka 6S (interní dokumentace, 2023) .....	85
Obrázek 36 6S bazar (interní dokumentace, 2023).....	86
Obrázek 37 Systematické uložení na výrobní lince (interní dokumentace, 2023) .....	87
Obrázek 38 Návrh standardu pracoviště (interní dokumentace, 2023) .....	88
Obrázek 39 Montáž 1 po implementaci 6S (interní dokumentace, 2023) .....	90
Obrázek 40 Vyhodnocení formuláře pro ruční manipulaci s břemeny po relayouu (vlastní zpracování dle Schmitter a spol., 2022).....	91
Obrázek 41 Spaghetti digram po relayouu (vlastní zpracování, 2023) .....	92
Obrázek 42 VSD mapa (vlastní zpracování, 2023) .....	93

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Druhy výroby (vlastní zpracování dle Jurová, 2016) .....	16
Tabulka 2 Změna tradičního myšlení směrem ke štíhlým procesům (vlastní zpracování dle autorů Chromjaková a Rajnoha, 2011) .....	19
Tabulka 3 Osm druhů plýtvání (vlastní zpracování dle Jurová, 2016, s. 88 a Imai, 2005, s.82) .....	20
Tabulka 4 Příklady podnikových omezení (Tuček a Bobák, 2006) .....	27
Tabulka 5 Základní údaje ve VSM (vlastní zpracování dle Kysel, 2018) .....	31
Tabulka 6 Základní informace o společnosti (vlastní zpracování dle veřejného rejstříku a sbírky listin, 2022) .....	39
Tabulka 7 Kapacitní propočet výrobků pro linku 1.A (vlastní zpracování, 2022) .....	44
Tabulka 8 Produkty 1.A (interní dokumentace, 2022) .....	44
Tabulka 9 Specifikace produktu 1.A (interní dokumentace, 2022) .....	45
Tabulka 10 Maximální objem výroby (vlastní zpracování dle interní dokumentace, 2022) .....	46
Tabulka 11 Výrobní režim pro 1.A Stříbrný (vlastní zpracování, 2022).....	47
Tabulka 12 Nevyužitý čas operátorů na kus (vlastní zpracování, 2022) .....	48
Tabulka 13 Výrobní režim pro 1.A Dekor dřeva (vlastní zpracování, 2022).....	49
Tabulka 14 Výrobní režim pro 1.B (vlastní zpracování, 2022) .....	50
Tabulka 15 Analýza současného stavu layoutu (vlastní zpracování, 2022) .....	57
Tabulka 16 Výstup ze Spaghetti diagramu (vlastní zpracování, 2022) .....	58
Tabulka 17 Délka kroku v závislosti na výšce člověka (6000 kroků, 2017).....	59
Tabulka 18 Výstup ze spaghetti diagramu (vlastní zpracování, 2022).....	59
Tabulka 19 Přehled použitých metod a nástrojů v analýze (vlastní zpracování, 2022).....	66
Tabulka 20 Identifikace nedostatků na lince 1.A (vlastní zpracování, 2022).....	67
Tabulka 21 Základní informace o projektu (vlastní zpracování, 2023).....	69
Tabulka 22 RIPRAN analýza projektu (vlastní zpracování, 2022) .....	72
Tabulka 23 Rozdíl mezi starým a novým routingem (interní dokumentace, 2023) .....	76
Tabulka 24 Porovnání změn v routingu (vlastní zpracování dle interní dokumentace, 2023) .....	77
Tabulka 25 Porovnání změn v normě (vlastní zpracování dle interní dokumentace, 2023).....	78
Tabulka 26 Celková úspora výrobní linky do konce roku 2023 (vlastní zpracování, 2023) .....	78
Tabulka 27 Analýza nového stavu layoutu (vlastní zpracování, 2023).....	80
Tabulka 28 Výstup z nového Spaghetti diagramu (vlastní zpracování, 2023) .....	92
Tabulka 29 Porovnání staré a nové VSM mapy (vlastní zpracování, 2023) .....	93

---

Tabulka 30 Porovnání stavů před a po projektu (vlastní zpracování, 2023) .....	94
Tabulka 31 Porovnání cen za 3D tisk (interní dokumentace, 2023).....	95
Tabulka 32 Dodatečný obrat ze zvýšení normy (interní dokumentace, 2023) .....	96
Tabulka 33 Zhodnocení doporučených opatření (vlastní zpracování, 2023).....	97

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Ergonomický formulář pro hodnocení ruční manipulace

Příloha P II: Value Stream Map

Příloha P III: Value Stream Design

# PŘÍLOHA P I: ERGONOMICKÝ FORMULÁŘ PRO HODNOCENÍ RUČNÍ MANIPULACE

61 Hodnoticí formulář – zvedání, držení, nošení na základě klíčových ukazatelů (verze 2001)

## Hodnocení ruční manipulace na základě klíčových ukazatelů

Pokud se v rámci celé činnosti objeví několik činností ruční manipulace s břemeny se značnou fyzickou zátěží, musí být hodnoceny odděleně.

Pracoviště/činnost: \_\_\_\_\_

### 1. krok: Stanovení počtu bodů za čas (Vyberte pouze jeden sloupec !)





Zvedání nebo přemístění (< 5 s)		Držení (> 5 s)		Nošení (> 5 m)	
Počet pohybů za pracovní den	Body za čas	Celková doba za pracovní den	Body za čas	Celková vzdálenost za pracovní den	Body za čas
< 10 kg	1	< 5 min	1	< 300 m	1
10 – 40	2	5 – 15 min	2	300 m – 1 km	2
40 – 200	4	15 min – 1 h	4	1 km – 4 km	4
200 – 500	6	1 h – 2 h	6	4 – 8 km	6
500 – 1 000	8	2 h – 4 h	8	8 – 16 km	8
≥ 1 000	10	≥ 4 h	10	≥ 16 km	10
<b>Příklady:</b> pokládání cihel, umístění díl-ců na stroje, vytahování krabic z kontejnerů a jejich přemístění na dopravní pás		<b>Příklady:</b> držení a řízení litinového slimáka během práce na litinový podvozek, ruční broušení, provoz sekaček		<b>Příklady:</b> stěhování nábytku, montáž lešení, manipulace se stavebními díly	

20

### 2. krok: Stanovení bodů za břemeno, polohu těla a pracovní podmínky

Efektivní zátěž <sup>1)</sup> pro muže	Body za břemeno	Efektivní zátěž <sup>1)</sup> pro ženy	Body za břemeno
< 10 kg	1	< 5 kg	1
10 – 20 kg	2	5 – 10 kg	2
20 – 30 kg	4	10 – 15 kg	4
30 – 40 kg	7	15 – 25 kg	7
≥ 40 kg	25	≥ 25 kg	25

<sup>1)</sup> „Skutečná zátěž“ v tomto kontextu znamená skutečnou akční sílu, která je potřebná k pohybu břemene. Tato akční síla neodpovídá v každém případě hmotnosti břemene. Při nakládání kartonu (krabice) bude mít na pracovníka vliv pouze 50 % hmotnosti břemene, při použití vozíků pouze 10 % hmotnosti břemene

Typická poloha těla, poloha břemene <sup>2)</sup>	Poloha těla, poloha břemene	Body za polohu
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Horní část těla je ve vzpřímené poloze, nevytáčí se</li> <li>Při zvedání, držení, nesení a snášení je břemeno blízko těla</li> </ul>	1
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mírný předklon nebo natočení trupu</li> <li>Při zvedání, držení, nesení a snášení je břemeno středně daleko od těla</li> </ul>	2
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hluboký nebo daleký předklon</li> <li>Mírný předklon se současným natočením trupu</li> <li>Břemeno je daleko od těla nebo nad úrovní ramen</li> </ul>	4
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Daleký předklon se současným natočením trupu</li> <li>Břemeno je daleko od těla</li> <li>Omezená stabilita držení těla při stání</li> <li>Podřep nebo klečení</li> </ul>	8

<sup>2)</sup> Ke zjištění bodů za polohu musí být použita pozice typického držení těla během ruční manipulace. Například, když existují při zátěži různé pracovní polohy, musí být použita průměrná hodnota – ne nahodilá krajní hodnoty



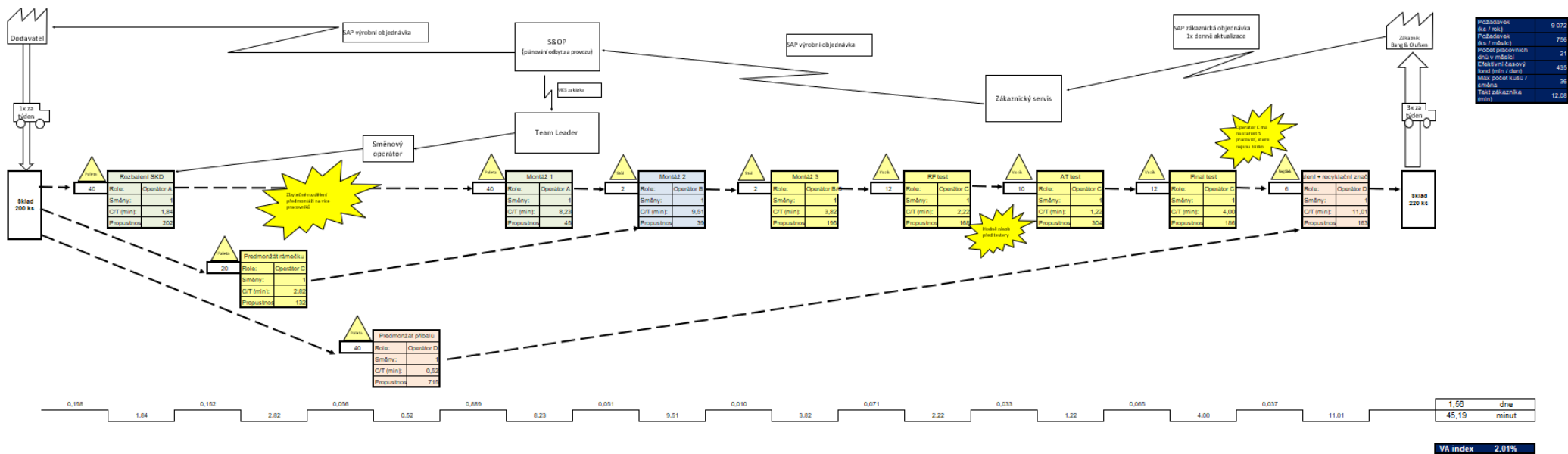
Pracovní podmínky	Body za pracovní podmínky
<b>Dobré ergonomické podmínky:</b> např. dostatečný prostor, žádné fyzické překážky v pracovním prostoru, rovná a pevná podlaha, dostatečné osvětlení, dobré podmínky uchopení břemene	0
<b>Omezený prostor pro pohyb a nepříznivé ergonomické podmínky:</b> např. 1) prostor pro pohyb je omezený příliš nízkou výškou pracovního místa nebo je pracovní plocha menší než 1,5m <sup>2</sup> nebo 2) stabilita držení těla je zhoršena vzhledem k nerovné nebo měkké podlaze	1
<b>Velmi omezený prostor pro pohyb a/nebo nestabilita těžiště břemene:</b> např. přeprava pacientů	2

### 3. krok: Vyhodnocení

Body, které se týkají této činnosti, mají být zapsány a vypočítány v diagramu.

	Body za břemeno	2		
+	Body za polohu těla	2		
+	Body za pracovní podmínky	0		
=	Celkem	4	X	Body za čas 6
				Rizikové skóre 24

# PŘÍLOHA P II: VALUE STREAM MAP



VA index 2,01%

# PŘÍLOHA P III: VALUE STREAM DESIGN

