

Projekt racionalizace výrobní linky

Bc. Jakub Molda

Diplomová práce
2025



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: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Jakub Molda
Osobní číslo:	M220038
Studijní program:	N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia:	Prezenční
Téma práce:	Projekt racionalizace výrobní linky

Zásady pro vypracování

Úvod.

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši na problematiku racionalizace výrobních linek.

II. Praktická část

- Provedte analýzu a popište současný stav výrobní linky sedadlových kolejnic.
- Na základě analýzy navrhnete projekt vedoucí k racionalizaci dané výrobní linky.
- Zhodnotte navrhovaná řešení.

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

BARTODZIEJ, Christoph Jan. *The concept industry 4.0: an empirical analysis of technologies and applications in production logistics*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2017. ISBN 978-3-658-16502-4.
CHENG, Fan-Tien. *Industry 4.1: intelligent manufacturing with zero defects*. Piscataway: Wiley-IEEE Press, 2022. ISBN 978-1-119-73992-0.
JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair a JOHNSTON, Robert. *Operations management*. Eighth edition. Harlow: Pearson, 2016. ISBN 978-1-292-09867-8.
USTUNDAG, Alp a CEVIKAN, Emre. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Cham: Springer, 2018. ISBN 978-3-319-57869-9.

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

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují 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, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Cílem diplomové práce je racionalizovat výrobní linku montáže sedadlových kolejnic. Hlavním cílem diplomové práce je zvýšení OEE o nejméně 10 %. Sekundárním ukazatelem je snížení pohybu pracovníka při doplňování materiálu na úzkém místě o 30 %. Vedlejším cílem je předložení 3 doplňkových návrhů, jež vyústí ve zvýšení míry organizace a uspořádání pracoviště, snížení ergonomické zátěže, či zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Diplomová práce je rozčleněna na teoretickou a praktickou část. V teoretické části práce je předložena literární rešerše na problematiku OEE, Průmyslu 4.0, výrobních procesů a jejich racionalizace. V úvodu praktické části je představena pojednávaná společnost, následně je zpracována analýza současného stavu výrobní linky. Na základě analýzy jsou předloženy návrhy na racionalizaci. Následnou implementací je dosaženo zvýšení OEE o 22,3 %. Počet kroků na doplnění materiálu na úzkém místě linky je snížen o 51 %.

Klíčová slova: OEE, dostupnost, výkonnost, kvalita, optimalizace, plýtvání, racionalizace

ABSTRACT

The aim of the project is to rationalize the production line for the assembly of seat rails. The aim is to increase OEE by at least 10 %. Additional indicator is a 30 % reduction in worker movement when replenishing material at the bottleneck station. A secondary objective is to submit at least 3 additional proposals, which will result in increased level of organization and arrangement of the workplace, a reduction of ergonomic load and improved occupational health and safety.

The thesis is divided into a theoretical and a practical chapter. The theoretical chapter of the thesis presents a literature review on OEE, Industry 4.0, manufacturing processes and its rationalization. At the beginning of the practical chapter the discussed company is introduced, followed by an analysis of the current state. On the basis of the analysis, proposals for rationalization are presented. The subsequent implementation achieves 22,3 % increase in OEE. The number of steps to replenish material at the bottleneck station is reduced by 51 %.

Keywords: OEE, availability, performance, quality, optimization, waste, rationalization

Rád bych vyjádřil vděk paní Ing. Lucii Macurové, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce. Děkuji Markovi Bartoňovi, jakožto vedoucímu výrobního týmu, za vytvoření skvělých podmínek pro zpracování práce. Vážím si také zpětné vazby od MSc. Leandera Jansona a Ing. Jakuba Augste. Taktéž srdečně děkuji své rodině za neustávající podporu v průběhu mého vysokoškolského studia.

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	14
I TEORETICKÁ ČÁST	17
1 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ – OEE.....	18
1.1 UKAZATEL OEE VE SPOLEČNOSTECH.....	18
1.2 PARAMETRY OEE A A ZVYŠOVÁNÍ OEE	19
1.2.1 Výkon.....	20
1.2.2 Dostupnost.....	20
1.2.3 Kvalita	20
2 VÝROBNÍ PROCESY, SYSTÉMY, PRODUKTIVITA, ÚČINNOST A RACIONALIZACE.....	22
2.1 ČLENĚNÍ VÝROBNÍHO PROCESU	22
2.2 VÝROBNÍ SYSTÉMY	23
2.2.1 Zajištění podmínek pro optimální chod systému	23
2.2.2 Péče o výrobní systém.....	24
2.3 PRODUKTIVITA	24
2.4 ÚČINNOST	26
3 PRŮMYSL 4.0	27
3.1 FILOZOFIE ČTVRTÉ PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE	27
3.2 AUTOMATIZACE	27
3.3 KANBAN.....	28
4 NORMY ČSN VYUŽITÉ V PRÁCI.....	29
4.1 ČSN 26 9010 – ŠÍŘKY A VÝŠKY CEST A ULÍČEK.....	29
4.2 ČSN 33 2000-7-729 – ELEKTRICKÉ INSTALACE NÍZKÉHO NAPĚTÍ	29
5 METODY VYUŽITÉ V PRAKTICKÉ ČÁSTI	31
5.1 ABC ANALÝZA.....	31
5.2 INTERNÍ AUDIT VÝROBY	31
5.3 ŠPAGETOVÝ DIAGRAM.....	32
5.4 5X PROČ.....	33
5.5 ISHIKAWA DIAGRAM	34
5.6 METODY PŘEDEM URČENÝCH ČASŮ.....	34
5.6.1 Základní jednotka měření TMU a měření času chůze	35
5.7 SMART	36
5.7.1 Specific.....	36
5.7.2 Measurable	37

5.7.3	Accurate.....	37
5.7.4	Relevant.....	38
5.7.5	Time-bound	38
5.8	SWOT ANALÝZA.....	39
5.9	RIPRAN ANALÝZA RIZIK	40
II	PRAKTICKÁ ČÁST	42
6	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	43
6.1	POPIS SPOLEČNOSTI	43
6.2	VÝVOJ SPOLEČNOSTI	45
6.3	PRODUKCE.....	45
6.4	AREÁL SPOLEČNOSTI	47
7	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	49
7.1	ÚVODNÍ INFORMACE K ANALYTICKÉ ČÁSTI	49
7.2	IDENTIFIKACE MÍST PRO RACIONALIZACI.....	54
7.2.1	ABC analýza doplňování materiálu	56
7.2.2	Způsoby doplňování materiálu	59
7.2.3	Doplňování materiálů stroje montáže kolejnic.....	60
7.2.4	Doplňování materiálu stanice Round Table	63
7.2.5	Doplňování materiálů stanic AP1, AP2 a AP3.....	64
7.3	INTERNÍ AUDIT VÝROBNÍ LINKY.....	67
7.3.1	Znepřístupnění chodníku pro pěší zaparkovanými stojany	67
7.3.2	Možnost vzniku zmetkovitého vstupního materiálu z předchozího procesu lakování kolejnic	69
7.3.3	Zamezení přístupu k elektrickému rozvaděči zaparkovanými stojany	72
7.4	INTERNÍ AUDIT ZNAČENÍ A UMÍSTĚNÍ MATERIÁLŮ	73
7.4.1	Štítky na stanicích	74
7.4.2	Štítky logistických regálů	76
7.4.3	Kanban karty přepravek	76
7.4.4	Vyhodnocení interního auditu značení a umístění materiálu	76
8	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY	78
9	PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ.....	82
9.1	CÍL PROJEKTU PODLE METODY SMART	82
9.1.1	Specific	82
9.1.2	Measurable	82
9.1.3	Accurate.....	82
9.1.4	Relevant.....	83
9.1.5	Time-bound	83
9.2	RIPRAN	83
9.2.1	Velká rizika	85
9.2.2	Střední rizika	86
9.2.3	Malá rizika.....	86

9.3	SWOT ANALÝZA	87
9.3.1	Silné stránky	87
9.3.2	Slabé stránky	88
9.3.3	Příležitosti	88
9.3.4	Hrozby	88
9.4	HARMONOGRAM PROJEKTU	89
9.5	LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU	90
10	RACIONALIZAČNÍ OPATŘENÍ.....	92
10.1	OPTIMALIZACE DOPLŇOVÁNÍ MATERIÁLU AP1, AP2, AP3 A AP4	92
10.2	NÁVRH NA NÁPRAVU NESHOD VE ZNAČENÍ A UMÍSTĚNÍ MATERIÁLŮ	94
10.3	NÁVRH OPTIMALIZACE LAYOUTU PARKOVIŠTĚ STOJANŮ S KOLEJNICEMI	95
10.4	NÁVRH NA PREVENCI VZNIKU ZMETKOVÉ VÝROBY V PŘEDCHOZÍM LAKOVACÍM PROCESU SEDADLOVÝCH KOLEJNIC	98
11	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ RACIONALIZACE VÝROBNÍ LINKY	100
11.1	VYHODNOCENÍ ÚSPORY KROKŮ PŘI DOPLNĚNÍ MATERIÁLU	100
11.1.1	Úspora kroků při kompletním cyklu doplnění	100
11.1.2	Úspora kroků při částečném cyklu doplnění	101
11.1.3	Vyhodnocení celkové úspory kroků.....	101
11.1.4	Časové vyjádření úspory kroků.....	102
11.2	ZVÝŠENÍ KLÍČOVÝCH UKAZATELŮ	103
11.3	VYHODNOCENÍ FINANČNÍ ÚSPORY A NÁVRATNOSTI INVESTICE	106
	ZÁVĚR	109
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	111
	SEZNAM OBRÁZKŮ	116
	SEZNAM TABULEK.....	117
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	118

ÚVOD

V současné ekonomické situaci je automobilový trh, zejména evropský, konstantně tlačěn k udržitelné výrobě a snižování emisí produkováných vozidel. Vytrvalý automobilový průmysl stále přichází s technologickými inovacemi zajišťujícími dlouhodobou konkurenceschopnost v globální konkurenci. Inovace a neustávající vývoj umožňují stále vyvíjet nejen moderní vozidla, či jejich komponenty, ale i konkurenceschopné výrobní systémy. Uspokojit poptávku a požadavky automobilek dokážou jen zdravé výrobní systémy, jež splňují očekávanou produktivitu a efektivitu.

Práce bude rozdělena na teoretickou a praktickou část. Autor v teoretické části zpracuje literární rešerši. První kapitola bude věnována celkové efektivnosti zařízení OEE. Druhá kapitola bude zaměřena na výrobní proces, jeho produktivitu a účinnost. Třetí kapitola má za cíl popsat Průmysl 4.0 a automatizaci. Bude kladen důraz na téma zlepšování výrobních procesů a racionalizace. Budou předloženy podklady o československých normách, na něž je odkazováno v praktické části. Budou také předloženy literární podklady k nástrojům a metodám využitých v praktické části.

V praktické části autor práce představí původem německou rodinnou společnost Brose CZ, spol. s r.o. Následně je zpracována analýza současného stavu, k níž autor využije analytické metody průmyslového inženýrství. Úvodem projektové části se autor zaměří na identifikaci slabých míst výrobního procesu. Následně budou navržena opatření vedoucí primárně ke zvýšení OEE a snížení počtu kroků při doplnění materiálu. Autor implementací racionalizačních opatření následně dosáhl zvýšení OEE o 22,3 %. Bude dosaženo snížení počet kroků na doplnění materiálu na úzkém místě o 51 %. Průměrné prostoje za 8hodinovou směnu budou sníženy o 60,6 minut. Bude dosaženo finanční úspory 859 335 Kč bez DPH za rok. Následuje předložení doplňkových návrhů, jež vyústí ve zvýšení míry organizace a uspořádání pracoviště, snížení ergonomické zátěže, či zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem diplomové práce je racionalizovat výrobní linku sedadlových kolejnic. Dosažení projektového cíle lze kvantifikovat zvýšením klíčového ukazatele OEE o 10 %. Výrobní linka dosahuje před racionalizací průměrného OEE přibližně 75 %. Společnost má pro výrobní linky stanovený cíl OEE 85 %, k dosažení je tudíž potřebné 10 % zvýšení. Dalším měřitelným přínosem racionalizace je snížení pohybu pracovníka při doplňování materiálu na úzkém místě minimálně o 30 %. K naplnění vedlejšího cíle diplomové práce je nutné předložit nejméně 3 další návrhy, jež povedou ke zvýšení míry organizace a uspořádání pracoviště, snížení ergonomické zátěže, či zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Úkolem teoretické části práce je předložit literární rešerši na problematiku OEE, výrobních procesů, Průmyslu 4.0 a racionalizace. Literární rešerše bude zpracována na základě studia odborných zdrojů:

- literárních pramenů;
- odborných článků;
- vybraných internetových zdrojů.

Prvním cílem praktické části diplomové práce je specifikovat společnost Brose CZ, spol. s r.o. Druhým úkolem je na základě provedené analýzy předložit popis současného stavu. Daná analýza současného stavu bude provedena za pomoci následujících metod:

- interní audit pracoviště;
- ishikawa diagram;
- ABC analýza;
- přímá metoda měření práce;
- 5x proč;
- špagetový diagram.

Následující část diplomové práce je zaměřena na definování aspektů projektu, přičemž jsou využity následující metody:

- SMART stanovení cílů a projektu;
- SWOT strategická analýza;
- RIPRAN analýza rizik.

Za výstup provedených metod a analýzy současného stavu budou předloženy návrhy na racionalizaci výrobní linky. V následující části bude část návrhů autorem implementována. Autor bude daná opatření monitorovat v horizontu následujících minimálně 12 měsíců. Ověření dlouhodobého splnění hlavního cíle i přínosu racionalizace bude monitorováno a doloženo užitím následujících metrik:

- statistických dat z informačního systému;
- finančním vyhodnocením plánovaných a skutečně realizovaných úspor.

Přehled využitých metod je uveden v následující tabulce 1. Uvedeny jsou i výstupy z aplikovaných metod, včetně odkazu do textu práce.

Tabulka 1 Využité metody v diplomové práci

METODA	VÝSTUP	ODKAZ
Srovnání statistických dat z informačního systému	Objektivní vyhodnocení změny klíčového ukazatele	Kapitola 7.1.1 Kapitola 11.2
Ishikawa diagram	Odhalení příčin plýtvání	Kapitola 7.2
5x proč	Odhalení kořenové příčiny plýtvání	Kapitola 7.2
Přímá metoda měření práce	Náměry kroků při doplňování materiálů	Kapitola 7.2 Kapitola 11.1
ABC analýza	Identifikace nejčastěji doplňovaných materiálů	Kapitola 7.2.1
Špagetový diagram	Vizualizace pohybů pracovníků při doplňování materiálů	Kapitola 7.2 Kapitola 10.1
Interní audit pracoviště	Analýza stavu linky, odhalení nedostatků	Kapitola 7.3 Kapitola 7.4
SMART stanovení cílů a projektu	Definice zásad projektu	Kapitola 9.1
RIPRAN analýza rizik	Definice hrozeb projektu	Kapitola 9.2
SWOT strategická analýza	Definice kladných a negativních aspektů výrobního týmu	Kapitola 9.3
Finanční analýza projektu	Vyhodnocení plánovaných a dosažených úspor	Kapitola 11.3

(zdroj: vlastní)

I TEORETICKÁ ČÁST

1 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ – OEE

V první kapitole bude specifikován klíčový ukazatel OEE a jeho jednotlivé parametry dostupnost, výkonnost a kvalita. Dále budou uvedeny role OEE ve výrobních systémech. Budou také popsány způsoby, jak docílit zvýšení OEE.

1.1 Ukazatel OEE ve společnostech

Dobra (2023, s. 64) považuje OEE za nejběžnější způsob sledování klíčových ukazatelů ve výrobních společnostech. Vývoj výkonnosti výrobních zařízení je ve středním i vyšším managementem kontrolována na denní, týdenní či měsíční bázi, uvádí.

Brabec (2022, s. 7) uvádí jako výhodu daného ukazatele fakt, že OEE sleduje i využití lidského kapitálu. Promítnutí skutečných nákladů za lidský kapitál tvoří objektivní výpočet skutečných nákladů na jeden produkt. Ukazatel pomáhá budovat konkurenceschopný výrobní systém, uvádí.

Celková efektivnost zařízení byla prvně, jakožto klíčový ukazatel, představena v publikaci Seiicha Nakajimiho (1988, s. 21-23). Uvedená metrika byla uvedena v kontextu totálně produktivní údržby za účelem měření produktivity zařízení výrobních linek. Upozorňuje, že kvalitní sběr a relevantnost dat je pro posouzení výkonnosti zařízení stěžejní. Způsoby výpočtu OEE se však mezi společnostmi mohou zásadně lišit, tvrdí.

Corrales et al (2020, s. 3) souhlasí s tvrzením Nakajimiho (1988, s. 21-23) a odlišný přístup společností k OEE vysvětluje rozmanitostí a jedinečností přírodních odvětví průmyslu. Autor dále definuje výpočet OEE jako poměr mezi skutečně dosaženou produktivitou a tou maximálně možnou. Význam ukazatele vnímá zejména při implementaci štíhlé výroby, a to za účelem sledování výkonnosti zařízení. Jednotlivé parametry ukazatele specifikuje následovně:

- Dostupnost – Je zařízení v provozu, nebo ne?
- Výkonnost – Jak rychle zařízení pracuje?
- Kvalita – Kolik produktů splnilo požadavky na kvalitu?

Longard (2023, s. 94) navazuje na specifikaci OEE od Corrales et al (2020, s. 3). Ukazatelé dostupnost, výkonnost i kvalita reflektují ztráty. Dostupnost je ovlivněna zejména poruchami a seřizováním mezi variantami. Výkonnost naopak reflektuje ztráty

z nevyužitelnosti a pomalé rychlosti procesu. Kvalitu snižuje zmetková výroba, či nutné reworkování zmetkové výroby.

Jurová (2016, s. 762-766) také uvádí tři hlavní faktory ovlivňující efektivní využívání strojů. Také uvádí 85 % jako hraniční hodnotu, od jaké lze považovat běh zařízení za účinný a efektivní. Apeluje však na správné pochopení principu výpočtu OEE. Dle Jurové je OEE v méně pokročilých systémech bráno jako pouhý faktor dostupnosti. Pochopením principu a vztahu tří faktorů poukazuje na objektivnost ukazatele.

Tvrzení Luoza (2023, s. 2) koreluje s tvrzením Jurové (2016, s. 762-766). Autor na základě vlastní studie uvádí výši 85 % jako adekvátní cíl OEE. Přičemž se odkazuje na původní publikaci o totálně produktivní údržbě od Nakajima (1988, s. 21-23).

Jurová (2016, s. 765-766) dále specifikuje vztah pro výpočet ukazatelů následovně:

$$\text{Míra využití} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (1)$$

$$\text{Míra výkonnosti} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} * \text{ideální cyklus (takt)}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}} \quad (2)$$

$$\text{Míra kvality} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - (\text{zmetky} + \text{vícepráce})}{\text{počet vyrobených kusů}} \quad (3)$$

Původní vzorec na výpočet OEE dle Nakajimiho (1988, s. 21-23):

$$OEE = \text{Dostupnost} * \text{Výkon} * \text{Kvalita} \quad (4)$$

1.2 Parametry OEE a zvyšování OEE

Již od první průmyslové revoluce, kdy byl technologickým průlomem parní stroj, se rapidní změny ve výrobních systémech dějí do dnes. Součástí výrobních systému již bývají digitální stroje a automatizované výrobní prostředí, což rapidně zvyšuje produktivitu práce i OEE. Příčinou neustále postupujícího vývoje výrobních systémů je tlak vyvíjený právě na zvýšení produktivity, účinnosti a také zkrácení vývojové fáze produktů. (Ustundag, 2018, s. 4)

Implementací různých metod, například štihlých technik, lze zvýšit ukazatel OEE. Aplikace inženýrských metod, například FMEA, také zvýší OEE. A především lze OEE zvýšit i pouhým zvýšením počtu směn. (Dobra, 2022, s. 3)

1.2.1 Výkon

Pracovník výkon představuje procentuální plnění stanovených norem. V systémech, které využívají spolehlivé výkonové normy bývá optimum stanoveno na 100 % výkonu. Jsou-li pracovníci odměňováni na základě pobídkové mzdy, bývá standardem vyšší optimum. Zpravidla 115 až 120 %. (Jurová, 2016, s. 749)

Autor ukazatele ve své publikaci (Nakajima, 1988, s. 23-25) však uvádí plánovaný výkon nejméně 95 %.

Pro zvýšení výkonnosti mohou být v rámci Průmyslu 4.0 využity veškeré senzory, propojená zařízení a celkově veškerá data proudící z výrobních zařízení. Následná analýza přijatých dat poskytuje vstup pro zjištění potenciální optimalizace výkonnosti. (Ustundag, 2018, s. 156)

1.2.2 Dostupnost

Jurová (2016, s. 746-748) uvádí prostoje jako procentuální vyjádření z hodin činnosti zařízení, jež byly promrhány z důvodu mechanických poruch. Zodpovědnost za dané prostoje nese oddělení údržby. Ukazatelem dostatečného, či adekvátního počtu pracovníků údržby jsou téměř nulové prostoje. Uvádí také křivku ukazatelů údržby, a to jako grafickou metodu sledování účinnosti údržby.

Ve své publikaci uvádí autor ukazatele (Nakajima, 1988, s. 23-25) plánovanou dostupnost zařízení alespoň 90 %.

Výrobní společností čím dál častěji volí výrobní systém, v němž člověk a robot pracují současně. V daných systémech jsou prostoje automaticky řízeny a eliminovány na základě inteligentních systémů řízení Průmyslu 4.0. (Ustundag, 2018, s. 198)

1.2.3 Kvalita

Kvalita by měla dosahovat hodnot 99 % a výše, tvrdí ve své publikaci autor ukazatele. (Nakajima, 1988, s. 23-25)

„Pro zajištění přijatelné kvality s minimálními náklady je důležité eliminovat vadný materiálový prvek ve fázi, kdy je jeho zhodnocení co nejnižší. Krátce řečeno, jde o to vyřadit vadné zdroje dříve, než jim přidáme další hodnotu plynulými materiálovými toky.“ (Jurová, 2016, s. 483)

Automatizace a štíhlá výroba se zásadním způsobem podílí na udržování, či zvyšování kvality výroby, tvrdí Ustundag. (2018, s. 46)

Jurová (2016, s. 405) poukazuje na vliv zmetkovitosti na nadprodukcí. Některé společnosti však nemají tendenci snížit vysokou míru zmetkovitosti a pouze navyšují množství produkce. Výrobní systémy s vysokou mírou zmetkovitosti tedy již dokážou předpovědět množství finální nezmetkové produkce, a tím nadprodukcí ignorují příčinu zmetkovitosti. Dané systémy mají zvýšené nároky na pojistné zásoby v případě objemné zmetkové výroby. Jurová tak poukazuje na potenciál snížení pojistných zásob a drahých skladových prostor. Za uspořené peníze navrhuje provést analýzu a nápravu skutečné příčiny zmetkovitosti systému.

Tvrzení Jurové (2016, s. 405) koreluje s tvrzením Chenga (2022, s. 13). Uvádí, že již od 60. let 20. století je v oblasti průmyslu povědomí o snaze snižovat zmetkovitost výroby. Skrz variaci metod byla zmetkovitost pouze potlačována, a to za účelem zvýšení výstupu při mírném snížení zmetkovitosti. Skutečná snaha o drastické snížení zmetkovitosti však stále není pro výrobní společnosti primární cíl, uvádí.

Thiede (2023, s. 439) definuje ukazatel kvality následovně: „*Ukazatel kvality reflektuje, jestli kvalita produktů odpovídá stanoveným specifikacím*“.

Systém řízení kvality a chybu-vzdorné mechanismy (Poka Yoke) jsou důležitými součástmi štíhlé výroby. Pro zamezení zmetkové výroby jsou hojně využívány soustavy kamer a senzorů. Kamerové kontroly umožňují identifikovat vadné kusy na základě rozeznávání povrchu, tvarů a vzdáleností. (Ustundag, 2018, s. 52)

Jurová (2016, s. 762) upozorňuje, že provizorní nápravy poruch stroje pouze zřídka vyřeší skutečnou příčinu zmetkové výroby. Taktéž, občasné vady se pracovníkům údržby náročně identifikují, uvádí. V nejzazším scénáři jsou skutečné příčiny zmetkové výroby zanedbány a opomenuty.

2 VÝROBNÍ PROCESY, SYSTÉMY, PRODUKTIVITA, ÚČINNOST A RACIONALIZACE

Ve druhé kapitole bude specifikován výrobní proces. Následně bude popsán ukazatel produktivity, jeho výpočet i význam ve společnostech. Následně bude popsán ukazatel účinnosti.

2.1 Členění výrobního procesu

Je-li produkt určen samotným zákazníkem, tak se organizační forma označuje jako zakázková výroba. Pokud je výsledkem procesu produkt, jež není určen pro konkrétního zákazníka, označuje se daný systém jako výroba na sklad. (Jurová, 2016, s. 524)

Jurová (2016, s. 524) dále uvádí členění výrobního procesu podle různých hledisek:

1. Podle míry plynulosti technologického procesu:
 - a. výroba plynulá;
 - b. výroba přerušovaná.
2. Podle charakteru technologie:
 - a. mechanická výroba (strojírenská výroba, stavební výroba);
 - b. chemická výroba;
 - c. biologickou a biochemickou výrobu (zemědělství, potravinářství).
3. Podle typu výroby:
 - a. kusová výroba;
 - b. sériová výroba;
 - c. hromadná výroba.
4. Podle formy organizace výrobního procesu:
 - a. proudová výroba;
 - b. skupinová výroba;
 - c. fázová výroba.

2.2 Výrobní systémy

Základní dva prvky výrobních systémů jsou dle Jurové (2016, s. 776) pracovníci a stroje. Za pracovníky jsou považováni operátoři, obsluha a údržbáři. Daný systém označuje jako „člověk – stroj“, a to bez ohledu na počet pracovníků, či strojů v systému. Poukazuje však na stěžejní vliv pracovníka na fungování systému.

Ustundag (2018, s. 134) také uvádí stroje a pracovníky jako základní prvky výrobních systémů. Dále doplňuje, že v období čtvrté průmyslové revoluce je od operátorů strojů vyžadována schopnost rozumět funkcím moderních strojů. Operátoři i obsluha se tedy s průběhem času přizpůsobují vyvíjejícím se technologiím. Autor klade důraz na nutné přeškolení pracovníků ke změnám ve výrobním systému.

Luoizzo (2023, s. 7) na základě své studie uvádí, že ve vztahu stroj-člověk je člověk stále zásadním článkem. Člověk, tedy zejména zkušená obsluha stroje dokáže rozeznat anomálie v procesu dříve, než samotný stroj. Většina jedinců si bere ponaučení z vlastních chyb, čímž se učí zvládat náhlé anomálie a problémy při obsluze stroje. Daní jedinci na základě studie umožňují stroji dosahovat vyšší OEE.

2.2.1 Zajištění podmínek pro optimální chod systému

Definování a zajištění ideálních podmínek je pro fungování jednotlivých částí systému kritické. Jakmile jsou dané podmínky definovány, je úkolem pracovníků dodržovat systém v daných podmínkách. S rostoucí technickou komplexností systému také zároveň narůstají požadavky na udržení systému v optimálních podmínkách. (Jurová, 2016, s. 776)

Důležitou roli také plní strojové učení a schopnost předpovídání chodu systému. Přístup pouhé identifikace je nahrazen schopností předpovědět budoucí abnormality v chodu. A to na základě negativních trendů v klíčových ukazatelích. (Longard, 2023, s. 94)

Výrobní systémy byly do dnešní podoby transformovány pomocí inteligentních systémů s účelem zvýšit výkonnost a ekonomický přínos. Nicméně, některé společnosti se potýkají s těžkostmi v rámci automatizace a robotů. Zajištění podmínek pro optimální chod automatizované výroby bývá pro menší firmy náročné. Avšak autor zdůrazňuje význam člověka na chod systému. Komunikace stroje (pomocí senzorů) s člověkem má v procesu zajištění podmínek výrobních systémů velkou roli, tvrdí Ustundag (2018, s. 194-195)

Tvrzení o důležitosti vztahu stroje a člověka ve své publikaci nepřímou uvádí Jurová (2016, s. 780): „*Vytvoření ideálních podmínek v provozu výrobního systému spočívá v*

nalezení nejlepší kombinace podmínek pro člověka i stroj. Z pozice stroje je nezbytné metodicky zjistit a vyřešit každý problém, který se vyskytne. Současně je nutné stav stroje vylepšovat, což vyžaduje aktivní přístup obsluhy, údržby i průmyslových inženýrů.“

2.2.2 Péče o výrobní systém

Zanedbávání pravidelné péče o udržení kondice zařízení je dle Jurové (2016, s. 779) běžné ve velké části společností. Taktéž v daných systémech dochází k nedodržování pracovních standardů a k celkovému přehlížení varovných signálů o stavu zařízení.

Údržba a péče o výrobní systém je ve výrobním průmyslu zcela esenciální. Náklady na údržbu však tvoří značnou část nákladů na provoz výrobního systému. (ALMashaqbeh, 2024, s. 451)

Ustundag (2018, s. 197) vnímá údržbu, zejména v období čtvrté průmyslové revoluce, za zcela esenciální součást výrobních systémů. Zdůrazňuje nutnost disciplíny při plánování údržby, a to za účelem eliminace neplánovaných prostojů v dlouhodobém hledisku.

Tvrzení Ustundaga (2018, s. 197) dále Jurová (2016, s. 779) konkretizuje, a za kořenovou příčinu selhání péče o zařízení označuje lidský faktor. Dle ní se pracovníci (operátoři, obsluha i údržbáři) soustředí čistě na vykonání předepsaných činností a nevnímají nebo nechtějí vnímat abnormality procesu. Vědomou, či nevědomou ignorací abnormalit následně degraduje celkový stav zařízení. Zařízení jsou poté náchylnější k selhání, tedy prostojům.

Ustundag (2018, s. 197) dále popisuje nové technologie, s níž zařízení dokáže částečně pečovat o svůj stav. Zařízení dokážou sledovat a vyhodnocovat klíčové údaje o svém technickém stavu. Zaměřují se zejména na úroveň svého zdraví, průměrnou degradaci výkonnosti. Zařízení si také sleduje, zda se o něj oddělení údržby stará dle harmonogramu.

2.3 Produktivita

Ustundag (2018, s. 25) vnímá snahu zvýšit produktivitu jako hlavní cíl implementace průlomových technologií v rámci průmyslové transformace. Produktivita i účinnost do velké míry ovlivňují konkurenceschopnost výrobních i nevýrobních společností.

Slack (2016, s. 40-45) uvádí, že většina podniků cílí na udržení co nejnižších vstupů a zároveň na maximalizaci výstupu. Avšak za podmínky udržení stejné úrovně kvality, rychlosti, spolehlivosti a flexibility pro své zákazníky.

„Produktivita jakékoliv operace ve výrobním systému se rovná podílu výstupu a práce nutné k jeho dosažení. Z toho je zřejmé, že jednou z cest, jak zvýšit produktivitu, je dělat vše, co se dělá v současné době, ale dělat rychleji. Toho se může dosáhnout reorganizací pracovního prostoru nebo i pouhým zvýšením úsilí. Vlastní práce se tedy nezmění, ale pouze se zavedou způsoby, jak ji dělat rychleji.“ (Jurová, 2016, s. 491)

Slack (2016, s. 41-45) doplňuje Jurovou (2016, s. 491). Autor vnímá produktivitu jako základní ukazatel toho, jak společnost dokáže využívat své provozní náklady. Přičemž uvádí identický princip výpočtu jako slovně popsala Jurová (2016, s. 491):

$$\text{Produktivita} = \frac{\text{Výstup z procesu}}{\text{Vstup do procesu}} \quad (5)$$

Jurová (2016, s. 491) dále uvádí, že pro zvýšení produktivity, tedy výstupu, je nutné zvýšit počet činností za jednu hodinu a zaměstnance. Razantnější zvýšení produktivity se však dá dosáhnout změnou podstaty vykonávané práce. Změní se tedy samotná podstata činností, nikoliv potřebný čas na vykonání činnosti. Myšlenku shrnuje do hesla „pracuj lépe, nikoliv více“.

V kontextu zvyšování produktivity údržby byl poprvé uveden termín totálně produktivní údržby (TPM). V rámci totálně produktivní údržby byl specifikován i ukazatel OEE. (Dobra, 2022, s. 2)

2.4 Účinnost

Princip účinnosti Jurová (2016, s. 492-493) popisuje jako ovlivňování výstupu procesu. Při vyšší účinnosti je získán vyšší výstup, při nižší účinnosti je výstup nižší. Autorka poukazuje na důležitost správného nastavení materiálových i pracovních toků ve výrobním procesu. Uvádí také důležitost automatizace při snaze o zvýšení účinnosti všech typů prací. Nejprve však navrhuje účinnost zvyšovat zjednodušením pracovních postupů, a to v následujícím pořadí:

1. Vytvoření procesní mapy výrobního procesu (musí být obsažena každá činnost).
1. Kalkulace současného počtu operací.
2. Vytvoření rámcového cíle pro snížení počtu operací.
3. Objektivní zhodnocení a selekce zbytných a nezbytných činností.
4. Eliminace zbytných činností.

3 PRŮMYSL 4.0

Třetí kapitola bude věnována průmyslu 4.0, jež je také označován jako čtvrtá průmyslová revoluce. Bude popsána filozofie, princip automatizace a kanban metoda. Uveden bude také Průmysl 4.1, jakožto filozofie nulové zmetkovitosti.

3.1 Filozofie čtvrté průmyslové revoluce

Bartodziej (2017, s. 29) apeluje na filozofii Průmyslu 4.0, že společnosti by měly produkovat značné úsilí ke zvýšení produktivity a účinnosti využitých zdrojů. Což by ostatně mělo být reflektováno ve strategických cílech každé výrobní společnosti. Každé plýtvání ve výrobě, nadvýroba, zmetkovitost, či nevyužitý potenciál k optimalizaci představují ekonomické ztráty.

Předchozí průmyslové revoluce lze označit jako Průmysl 1.0, 2.0 a 3.0. V první průmyslové revoluci započalo využívání vody a parních strojů. Druhá revoluce definovala základy elektricky poháněným výrobním linkám. Třetí revoluci lze považovat za digitální revoluci, rozšiřující automatizaci výroby. V kontextu revolucí také uvádí Kondratěvovy vlny. (Devezas, 2017, s. 1)

Průmysl 4.0 by neměl být považován jako uzavřený systém, nýbrž měl být považován za klíčovou součást systému podniku. Také jej lze považovat za chytrý přístup sloužící k propojení jednotlivých částí chytrého výrobního systému. Součástí jsou například chytré budovy a chytrá logistika. (Bartodziej, 2017, s. 34)

Revoluční průmysl 4.1 lze definovat jako koncept nulové zmetkovitosti. Koncept však neklade přehnaný důraz na eliminaci chybovosti výrobního procesu. Základním principem je však 100 % identifikace zmetkové výroby v rámci výrobního systému. Všem zákazníkům je poté již doručen produkt se 100 % kvalitou. (Cheng, 2022, s. 13)

3.2 Automatizace

Průmysl 4.0 transformuje běžné výrobní koncepty na chytré výrobní systémy. Zařízení jsou již schopné strojového učení, takže se dokážou chytře přizpůsobit výrobním systémům. Umělá inteligence získává podněty ze vzájemné interakce zařízení a člověka, což je revoluční způsob automatizace výrobních konceptů. (Niranjanamurthy, 2022, s. 5-7)

Automatizace se zcela zřejmě podílí na zvyšování celkové produktivity, přičemž překonávají výrobní výkonnost člověka. Taktéž ve většině aplikací dochází ke snížení chybovosti, zvýšení kvality, a to i při dosažení vysoké rychlosti procesu. (Ustundag, 2018, s. 124)

3.3 Kanban

Kanban je metoda štlíhlé výroby využívaná v tahových výrobních systémech. Nová dávka produktů začíná být vyráběna v případě potřeby, a to ve přesně specifikovaném množství. Tradiční kanban využívá tištěné karty s čárovými kódy, jež je potřeba pro objednání materiálu načíst na kanban čtečce. Pokročilá technologie RFID tagů již umožňuje automatickou detekci tagů pomocí čtečky, čímž je proces doplnění materiálu urychlen. V pokročilých výrobních systémech je již virtuální kanban hojně využíván. Systém funguje na základě čidel a senzorů, které snímají stav pozic pro materiál. Po spotřebování je daný materiál automaticky systémem objednán. (Ustundag, 2018, s. 52-53)

4 NORMY ČSN VYUŽITÉ V PRÁCI

Čtvrtá kapitola předkládá výklad československých norem využitých v práci. Nejprve je uvedena norma o šířce a výšce cest a uliček. Následně je uvedena norma o elektrické instalaci nízkého napětí, respektive o umožnění přístupu k rozvaděči elektrického zařízení.

4.1 ČSN 26 9010 – šířky a výšky cest a uliček

„Průchodové uličky slouží pro občasný pohyb pracovníků přenášejících břemena nebo bez břemen. Průchodová ulička jednosměrná, bez přenášení břemen: Nejmenší šířka musí být 600 mm. Průchodová ulička obousměrná, bez přenášení břemen: Nejmenší šířka musí být 750 mm, tj. šířka jednosměrné průchodové uličky bez přenášení břemen 600 mm zvětšená o vzdálenost pro vyhybání nejméně o 150 mm. Průchodová ulička jednosměrná, břemeno přenášeno v jedné ruce po boku: Nejmenší šířka musí být 850 mm. Průchodová ulička jednosměrná, břemena přenášena v obou rukách po boku: Nejmenší šířka musí být 1000 mm. Průchodová ulička obousměrná, břemeno přenášeno v jedné ruce po boku: Nejmenší šířka musí být 1000 mm, tj. šířka jednosměrné průchodové uličky, břemeno v jedné ruce po boku 850 mm zvětšená nejméně o 150 mm. Průchodová ulička obousměrná, břemena přenášena v obou rukách: Nejmenší šířka musí být 1150 mm, tj. šířka průchodové uličky jednosměrné, břemena přenášena v obou rukách po boku 1000 mm, zvětšená nejméně o 150 mm.“ (ČSN 26 9010, Česká agentura pro standardizaci)

4.2 ČSN 33 2000-7-729 – elektrické instalace nízkého napětí

Zvláštní požadavky této normy doplňují požadavky na základní ochranu a další aspekty prostoru s omezeným přístupem obsahujícím soubor spínacích a řídicích přístrojů, tedy uličky pro obsluhu nebo údržbu. (ČSN 33 2000-7-729, normy ČSN)

Pro prostory s omezeným přístupem se požaduje dle ČSN 33 2000-7-729:

- prostory s omezeným přístupem musí být zřetelně označeny vhodným označením, umístěným na dobře viditelných místech;
- do prostoru s omezením pohybu bude zamezen přístup neoprávněným osobám;
- dveře do uzavřeného prostoru s omezeným přístupem musí dovolovat snadný únik z tohoto prostoru otevřením bez použití klíče nebo nástroje, který není součástí otevíracího mechanismu dveří.

V prostoru s omezeným přístupem, kde není v podstatě proveditelná základní ochrana (ochrana před dotykem živých částí) v souladu s požadavky ČSN 33 2000-4-41 ed. 2, je nutné dodržet alespoň minimální předepsané vzdálenosti. Tato norma uvádí předepsané vzdálenosti a v podobě obrázků i dispoziční řešení. Šířka uliček a přístupových prostorů musí vyhovovat požadovaným podmínkám pro práci, provozní zásahy, přístup v případě nouze, evakuaci v nouzi a pro pohyb zařízení. Uličky musí umožnit otevření přístrojových dveří nebo panelů (poklopů) minimálně v úhlu 90 °. Uzavřený prostor s omezeným přístupem o délce větší než 20 m musí být přístupný dveřmi na obou koncích. Pro usnadnění úniku z prostoru s omezeným přístupem (např. v případě evakuace) se požaduje, aby se zavíraly všechny dveře rozvodnic a rozváděčů ve směru únikové cesty. Ulička musí umožňovat otevření dveří a sklápěcích krytů či panelů minimálně do úhlu 90 °. (ČSN 33 2000-7-729, normy ČSN)

5 METODY VYUŽITÉ V PRAKTICKÉ ČÁSTI

Ve čtvrté kapitole budou uvedeny metody využívané v praktické části. Nejprve bude uvedena ABC analýza týkající se doplňování materiálu. Následně bude popsáno interní auditování, jež bylo nutnou součástí analýzy současného stavu. Následuje grafická metoda špagetový diagram, a také Ishikawa diagram v kombinaci s metodou 5x proč. Dále budou popsány metody předem určených časů. Ke konci kapitoly jsou uvedeny metody SMART, SWOT a RIPRAN, jež jsou klíčové pro projektovou část diplomové práce.

5.1 ABC analýza

Yadav (2016, s. 136) popisuje metodu jako kontrolní nástroj, ve kterém jen malá část položek zaujímá většinovou část celku. Taktéž uvádí kumulativní funkci v dané analýze. Klasifikaci kategorií uvádí následovně:

- A – méně než 75 %, přičemž zahrnuje 5 % až 10 % všech položek;
- B – více než 75 % a méně než 95 %, přičemž zahrnuje 15 % až 20 % všech položek;
- C – více než 95 % až 100 %, přičemž zahrnuje zbytek položek.

Jurová (2016, s. 1134) také definuje princip metody jako kumulování hodnoty. Doporučuje dodržení následujícího odlišného principu a způsobu klasifikace:

- A – méně než 80 %;
- B – více než 80 % a méně než 95 %;
- C – více než 95 % až 100 %.

5.2 Interní audit výroby

Jurová (2016, s. 821) označuje audit za prostředek pro vzdělávání, motivaci a rozvoj členů týmu. V případě nedostatečných výsledků může být příčina v nesprávném vedení, nedostatečném motivování, či absenci podporování členů týmu ze strany vedení.

Audity slouží k zajištění srovnatelných výsledků po zavedení procesních změn. Audity by také měly být opakované, nikoliv jednorázové, přičemž je nutné rozlišit tři klíčové oblasti:

- ověřit kompletní dokončení implementace;
- poskytnout zpětnou vazbu členům týmu o jejich silných a slabých stránkách;
- definování následujícího cíle a postupu k dosažení daného cíle. (Jurová, 2016, s. 818)

Slack (2016, s. 595) naopak upozorňuje na negativní stránky auditů. Při rozsáhlejších auditech bývá postup zaznamenávání zbytečně složitý, či komplexní. Sepisování, vyhodnocování a následné školení pracovníků v případě chyb v procesu bývá časově náročné. Pro menší společnosti mohou být audity i finančně náročné.

5.3 Špagetový diagram

Senderská et al. (2017, s. 141) prezentují špagetový diagram jako nástroj k vizualizaci pohybu objektů ve výrobním i nevýrobním systému, a to použitím čar. Nástroj může být vhodný jak pro sledování pohybu pracovníka i materiálu. Sledovaný objekt může být trasován na konkrétním pracovišti, výrobní hale nebo v prostoru areálu společnosti.

S tvrzením Senderské et al. (2017, s. 141) o aplikaci nástroje však nekoreluje tvrzení Al-Zubaidi et al. (2022, s. 145-148). Autoři vymezují využití metody výhradně na pohyb pracovníků po pracovišti, případně na pohyb pracovníků při manipulaci s materiálem. Doplnují také, že aplikací pojednávané metody lze odhalit neefektivní layouty pracovišť, tedy dlouhé vzdálenosti mezi klíčovými výrobními procesy.

Senderská et al. (2017, s. 141) dále doplňují, že po zpracování diagramu jsou vyhodnoceny délky tras, počet konkrétních pohybů, vzájemné překrývání tras a další. Ve výsledku jsou vyhodnoceny neefektivní pohyby, či místa, což poskytuje výstup k optimalizaci organizace a layoutu linek.

5.3.1 Špagetový diagram 4.0

Al-Zubaidi et al. (2022, s. 147-154) ve své případové studii testují vzrůstající trend „Chytrého systému špagetového diagramu“, taktéž označovaného za „Špagetový diagram 4.0“. Technologický základ pro zmíněnou alternaci špagetové diagramu je technologie „Methods and Times Measurements 4.0“, ve zkratce MTM4.0. Upřesňují, že se jedná o

systém čipových náramků, čteček čipů umístěných na procesně klíčových umístěních a internetu věcí.

Fantoni a Al-Zubaidi (2020, s. 974) blíže specifikují systém MTM4.0 jako kombinaci hardwaru, softwaru a pasivních čteček. Systém dokáže v reálném čase na základě získaných dat určit aktuální umístění operátora, operátorem prováděnou operaci, či v daném čase držený nástroj.

Al-Zubaidi et al. (2022, s. 147-154) na základě výsledků studie označují metodu za relevantní a použitelnou v praxi, zdůrazňují však nutnost vyvarovat se umístění čteček na vodivé materiály za účelem zvýšení přesnosti měření. Závěrem studie však upozorňují, že je zapotřebí metodu i nadále zkoumat, zejména před hojnějším využíváním v průmyslu.

5.4 5x proč

Podle Keysera a Pooyana (2023, s. 47) je vznik metody připisován zakladateli Toyota Motor Corporation Sakichimu Toyodovi, jež techniku postupně vyvíjel v průběhu evoluce výrobního systému společnosti Toyota. Využití dané metody považují za tázací, vědecký přístup ke zjištění příčin a následků souvisejících s konkrétním problémem. Ke zjištění podstaty je pětkrát opakováno „Proč?“, následně je zjištěno adekvátní opatření k řešení problému.

Taichi Ohno (1988, s. 145-146), jeden se zakladatelů Toyota Production System, metodu podrobněji specifikuje jako využití vědeckého přístupu k navržení protipatření za účelem snížení, nebo úplné eliminace problému. Taktéž upozorňuje, že opatření musí být navržena tak, aby bylo zamezeno opakovanému výskytu téhož problému.

Při nesprávném pokládání „Proč?“ je výstupem metody spíše symptom nežli příčina, poukazuje Gangidi (2019, s. 299). V případě snahy o zmírnění pouhého symptomu zůstává příčina problému neměnná. Dodává, že příčinám by se mělo předcházet na základě detekce symptomů u všech vzrůstajících problémů. Taktéž, otázky musejí mít logický rámec i při následném postupu od poslední otázky k první.

5.5 Ishikawa Diagram

Dereje a Misganalamessa (2023, s. 44) ve své studii považují metodu za strukturovaný proces vyšetřování skutečné kořenové příčiny problému, jejímž výstupem je návrh na okamžitou eliminaci problému. Vstupní data pro by měla vycházet z týmového brainstormingu. Kladou také důraz na fakt, že zúčastněné osoby musí být poučeny o pravidlech týmového brainstormingu. Autoři upřesňují přístupy k metodě následovně:

- pasivní – jsou identifikovány kořenové příčiny již vzniklých problémů;
- aktivní – jsou identifikovány a odvráceny příčiny budoucích omylů či problémů.

Rozak et al. (2020, s. 56) ve své studii se zaměřením na zvýšení ukazatele OEE prezentovali adekvátní využití Ishikawa diagramu porovnáváním s DMAIC cyklem, Paretovým diagramem a metodou FMEA. Učinili tak s účelem prioritizace podnětů týkajících se totálně produktivní údržby. Při aplikaci pojednávané metody však přihlížejí ke všem možným příčinám, načež jsou příčiny prioritizovány dle dvou kritérií:

- dopad příčiny na systém či proces;
- míra složitosti odstranění příčiny.

Dle Tayal et al. (2021, s. 8-9) je metoda aplikovatelná výhradně pro úzce specifikovaný problém, přičemž neadekvátněji aplikace je pro analýzu výrobního procesu. Jednotlivé větve a pod-větve zřetelně ilustrují jejich vzájemný vztah.

Tvrzení Tayala et al. (2021, s. 8-9) v závěru své studie potvrzují a podrobněji specifikují Rozak et al. (2020, s. 59-60). Na základě výsledků studie nedoporučují aplikaci Ishikawova diagramu pro problematiku totálně produktivní údržby. Aplikací metody je získán až příliš nekonkrétní výstup, tvrdí. Apelují tedy v oblasti totálně produktivní údržby na využití metody FMEA na základě prioritizace závažnosti, četnosti a pravděpodobnosti odhalení problému.

5.6 Metody předem určených časů

Fantoni (s. 9, 2021) uvádí, že se MTM osvědčilo jako univerzální a účinný nástroj v širokém spektru průmyslových odvětví. Výrazně zvyšuje efektivitu a produktivitu. Úkoly jsou rozloženy na jejich základní pohyby, následně jsou přiřazeny standardní časy uvedených pohybů. MTM zkrátka umožňuje přesné měření a optimalizaci pracovních procesů.

Maynard (s. 14, 1948) ve své publikaci z roku 1948 označuje metody předem určených časů za průlom v optimalizaci pracovních činností. Nejprve je analyzován současný stav určité činnosti. Zbytečné činnosti jsou eliminovány a činnosti nutné jsou učiněny méně fyzicky náročné. Výsledkem zjednodušení pohybů při práci je markantní zvýšení výstupu, například zvýšení počtu vyrobených kusů. Což je velmi chtěné. Avšak, operátoři jsou tímto nuceni vyrábět více kusů, než tomu bylo před optimalizací pohybů při práci. Konsekvencí je následně snížení počtu nutných pracovníků na vykonání stejné práce. Není tedy divu, že operátoři vnímají revoluci v aplikaci metod předem určených časů za hrozbu pro jejich pracovní místa.

Analýzou jednotlivých kroků zapojených do montážního procesu je možné identifikovat neefektivitu a zefektivnit operace. To vede ke zkrácení doby montáže, zlepšení kvality a snížení výrobních nákladů. Například přesné načasování a posloupnost úkonů zajišťují, že každá součást je smontována co nejefektivnějším způsobem, čímž se minimalizují zpoždění a chyby. (Fantoni, s. 9, 2021)

Tvrzení Kocha (s. 235, 2022) odpovídá tvrzení Fantoniho (s. 9, 2021), přičemž jej Koch dále doplňuje. MTM analýza je pokročilý nástroj užívaný k rozkladu průmyslových procesů do jednotlivých kroků. Nástroj definuje jednotlivé pohyby pracovníka, následně stanoví čas na provedení uvedené operace.

Asociací MTM byla vyvinuta metoda ProKon, jež slouží k minimalizaci nákladů v průběhu vývojové fáze výrobku. Uvedená metoda vyhodnocuje náročnost montáže výrobku v sériové výrobě. Zaměřuje se zejména na návrh nízkonákladového řešení, jak optimalizovat design produktu za účelem zjednodušení, či urychlení montáže v sériové výrobě. Design výrobku má tedy přímý vliv na jednotlivé pohyby v rámci analýzy MTM, jež jsou potřebné k jeho montáži, či opracování. (Jakschik, s. 969, 2024)

5.6.1 Základní jednotka měření TMU a měření času chůze

V rámci MTM je základní jednotkou měření času TMU (Time Measurement Unit), kde jeden TMU představuje 0,00001 hodiny, což odpovídá přibližně 0,036 sekundě. Tato přesná jednotka umožňuje rozložit pracovní činnosti na elementární pohyby, což je klíčové pro objektivní stanovení časových norem (Maynard, s. 3, 1948). U chůze se každý krok rozkládá na řadu základních elementárních pohybů (například zdvih nohy, průchod vzduchem a položení nohy). Součet těchto pohybových segmentů typicky činí přibližně 25 až 30 TMU,

což znamená, že jeden krok trvá odhadovaně mezi 0,9 až 1,08 sekundou. Uvedené hodnoty lze považovat za referenční standard. (Maynard, s. 45, 1948)

Snakly (s. 3, 2019) ve své publikaci potvrzuje relevanci principu MTM od (Maynard, s. 45, 1948). Základ metody a časové značení jednotlivých pohybů zůstává i po více než 70 letech téměř neměnný.

Aktuálnost principu a výpočtu na základě TMU ve své publikaci potvrzuje i Gorobets (s. 2501, 2021). Autor také poukazuje, že k vypracování předem určených časů je možné využít moderní technologie virtuální reality. V roce 2021 však s využitím virtuální reality nebylo možné vypracovat valnou a relevantní analýzu, uvádí (s. 2504, 2021).

5.7 SMART

Dnešek skýtá tvořivým a odhodlaným lidem mnoho možností k dosažení životních cílů, než tomu bývalo dříve. Avšak žít bez cíle je jako řídit v husté mlze. Pokud si určíte své cíle, pomyslnou mlhu rozeženete a rázem můžete svou energii a schopnosti soustředit tam, kam opravdu chcete. (Tracy, 2014, s. 13)

5.7.1 Specific

První termín zdůrazňuje potřebu konkrétního cíle oproti cíli obecnějšímu. To znamená, že cíl je jasný a jednoznačný, bez vágností a frází. Aby byly cíle konkrétní, musí přesně říkat, co se od nich očekává, proč je to důležité, koho se to týká, kde se to bude dít a které atributy jsou důležité. (Meyer, 2006, s. 2)

Důležitým krokem je vyhodnocení výchozí bodu, avšak přednější je ujasnění hodnot, vizí, poslání, účelu a cíle. Za kritické při vyhodnocení výchozího bodu autor považuje aplikovat princip realismu. Jedná se o schopnost dotčených osob vypořádat se s danými fakty. Taktéž poukazuje na nutnost surové upřímnosti v rámci hodnocení reálného stavu. (Tracy, 2014, s. 92)

Konkrétní cíl podle Meyera (2006, s. 2) obvykle odpovídá na pět otázek:

- Co: Čeho chci dosáhnout?
- Proč: Konkrétní důvody, účel nebo přínosy dosažení cíle
- Kdo: Kdo je do toho zapojen?
- Kde: Určení místa
- Které: Určení požadavků a omezení

5.7.2 Measurable

Druhý termín zdůrazňuje potřebu konkrétních kritérií pro měření pokroku směrem k dosažení cíle. Vychází se z toho, že pokud cíl není měřitelný, není možné zjistit, zda jednotlivec nebo tým dělá pokroky směrem k jeho úspěšnému dosažení. Ukázalo se, že měření pokroku nám pomáhá udržet se na správné cestě, dosáhnout cílových termínů a zažít radost z úspěchu, která nás povzbuzuje k dalšímu úsilí potřebnému k dosažení konečného cíle. (Meyer, 2006, s. 2)

Měřitelný cíl podle Meyera (2006, s. 2) následně dokáže odpovědět na následující otázky:

- Jak poznám, že bylo cíle dosaženo?
- Kolik?

5.7.3 Accurate

Třetí termín zdůrazňuje význam realistických a dosažitelných cílů. I když dosažitelný cíl může jednotlivce nebo tým napínat, aby ho dosáhli, není to cíl extrémní. To znamená, že cíle nejsou ani mimo dosah, ani pod úrovní standardního výkonu, protože ty mohou být považovány za nesmyslné. Když si určíte cíle, které jsou pro vás nejdůležitější, začnete vymýšlet způsoby, jak je můžete uskutečnit. Rozvíjíte postoje, schopnosti, dovednosti a finanční možnosti k jejich dosažení. Teorie uvádí, že dosažitelný cíl může způsobit, že osoby, které si stanovují cíle, identifikují dříve přehlížené příležitosti, jak se přiblížit k dosažení svých cílů. (Meyer, 2006, s. 3)

Uvedený bod dokáže zodpovědět na otázku:

- Jak přesně bude cíle dosaženo? (Meyer, 2006, s. 3)

5.7.4 Relevant

Čtvrtý termín zdůrazňuje důležitost výběru důležitých cílů. Cíl manažera banky "udělat 50 sendvičů s burákovým máslem a želé do 14:00" může být specifický, měřitelný, dosažitelný, a dokonce časově omezený, ale postrádá relevanci. Mnohokrát budete k dosažení cíle potřebovat podporu: zdroje, hlas šampiona, někoho, kdo bude bourat překážky. Cíle, které jsou relevantní pro vašeho zaměstnavatele, vašeho poradce, váš tým, vaši organizaci dokážou získat tuto potřebnou podporu. Relevantní cíle, pokud jsou splněny, posouvají jednotlivce (nebo tým, nebo oddělení, nebo organizaci) vpřed. Za relevantní cíl se považuje cíl, který podporuje jiné cíle nebo je s nimi v souladu. (Meyer, 2006, s. 3)

Relevantní cíl podle Meyera (2006, s. 3) může na tyto otázky odpovědět kladně:

- Má to smysl?
- Je na to ten správný čas?
- Odpovídá to mým/naším dalším snahám/potřebám?
- Jsem ta správná osoba?

5.7.5 Time-bound

Pátý termín zdůrazňuje důležitost zakotvení cílů v časovém rámci a stanovení jejich cílového data. Závazné stanovení termínu vám pomůže zaměřit své úsilí na dokončení cíle v daném termínu nebo před ním. Tato část kritérií cílů SMART má zabránit tomu, aby cíle byly překonány každodenními krizemi, které se nevyhnutelně objevují. Časově omezený cíl má vytvořit pocit naléhavosti. (Meyer, 2006, s. 3)

Časově ohraničený cíl obvykle odpovídá na otázky:

- Kdy?
- Co mohu udělat za 6 měsíců?
- Co mohu udělat za 6 týdnů?
- Co mohu udělat dnes? (Meyer, 2006, s. 3)

5.8 SWOT analýza

SWOT analýza je jedním z nejhojněji užívaných nástrojů na světě. A to zejména na základě funkce rychlého a efektivního srovnání silných stránek (S), slabých stránek (W), příležitostí (O) a hrozeb (T). Porovnání více aspektů tak nabízí objektivní zhodnocení bez ohledu na velikost pojednávané společnosti. Analýza je využívána zejména v kombinaci s ostatními metodami, které taktéž pomáhají společností formulovat a plánovat strategie. Manažery je metoda především využívána formou brainstormingu. A sice s prioritou učinit objektivní rozhodnutí. (Pereiera, 2021, s. 3)

Tvrzení Puyta (2023, s. 14) souhlasí s tvrzením Pereiera (2021, s. 3) o využití SWOT. SWOT je využita zejména pro scénáře, kdy management společnosti potřebuje učinit rozhodnutí na základě jasných podkladů a dat. Důležité pro kvalifikované rozhodnutí považují zúčastnění zkušených lidí z oborů a dostatek relevantních dat z dané oblasti. Musí být zajištěno, aby osoby s rozhodovacím právem rozhodovali nestranně, tedy na základě objektivních argumentů.

Pereiera (2021, s. 4) dále tvrzení doplňuje a apeluje na skutečnost, že nesprávně aplikovaná metoda může být neobjektivní. Dle autora může moderátor metody ve společnostech podléhat subjektivním dojům, a tedy ignorovat vnější vlivy.

5.9 RIPRAN analýza rizik

Na základě vyjádření autora metody v článku (Lacko, 2022, s. 23) je metoda již více než dvacet let využívána pro analýzu rizik. Tvorba metody RIPRAN byla podnícena aplikací systémového přístupu v rámci systémové metodologie. Při výzkumu uvedené metody byly využity následující systémové metody:

- metoda TOP DOWN;
- iterační metoda postupného rozšiřování předmětu a rozsahu činnosti analýzy;
- metoda strukturování předmětu analýzy rizik do jednotlivých fází a činností;
- metoda systematického průzkumu potřeb a požadavků analýzy;
- metoda průběžného ověřování jednotlivých postupů metody.

„Metoda RIPRAN™ (RIsk PROject ANalysis) představuje empirickou metodu pro analýzu rizik projektů, zvláště je velmi vhodná pro střední a velké projekty. Současná třetí verze nově pracuje s registrem rizik a sestavuje časový průběh rizik projektu. Metoda akceptuje filozofii jakosti (TQM) a proto obsahuje aktivity, které zajišťují kvalitu činností analýzy rizik, jak to vyžaduje norma ČSN ISO 10 006 Management jakosti“ (RIPRAN, 2025)

Bočková (2018, s. 12) upozorňuje, že pouze adekvátní vypracování metody poskytne týmu kompetentní analýzu rizik s odpovídající kvalitou a validitou. Na základě provedeného průzkumu o neúspěších českých projektů tak apeluje na řádné vypracování metody.

Lacko (2022, s. 23) dále uvádí přednosti metody RIPRAN:

- jednoduchost aplikace;
- komplexnost využití;
- přizpůsobení různým způsobům;
- neustálý vývoj a zdokonalování;
- dostupnost.

Matice RIPRAN uvádějící rozdělení pravděpodobnosti a dopadu je uvedena v následující tabulce 2.

Tabulka 2 RIPRAN matice

		PRAVDĚPODOBNOST		
		Malá	Střední	Velká
D O P A D	Malý	Malé riziko	Malé riziko	Střední riziko
	Střední	Malé riziko	Střední riziko	Velké riziko
	Velký	Střední riziko	Velké riziko	Velké riziko

(zdroj: vlastní zpracování dle RIPRAN, 2025)

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

V počátku praktické části diplomové práce bude stroze představena společnost Brose CZ, spol. s r.o. Navazující kapitoly budou věnovány historickému vývoji, vývoji areálu a produktovému portfoliu.



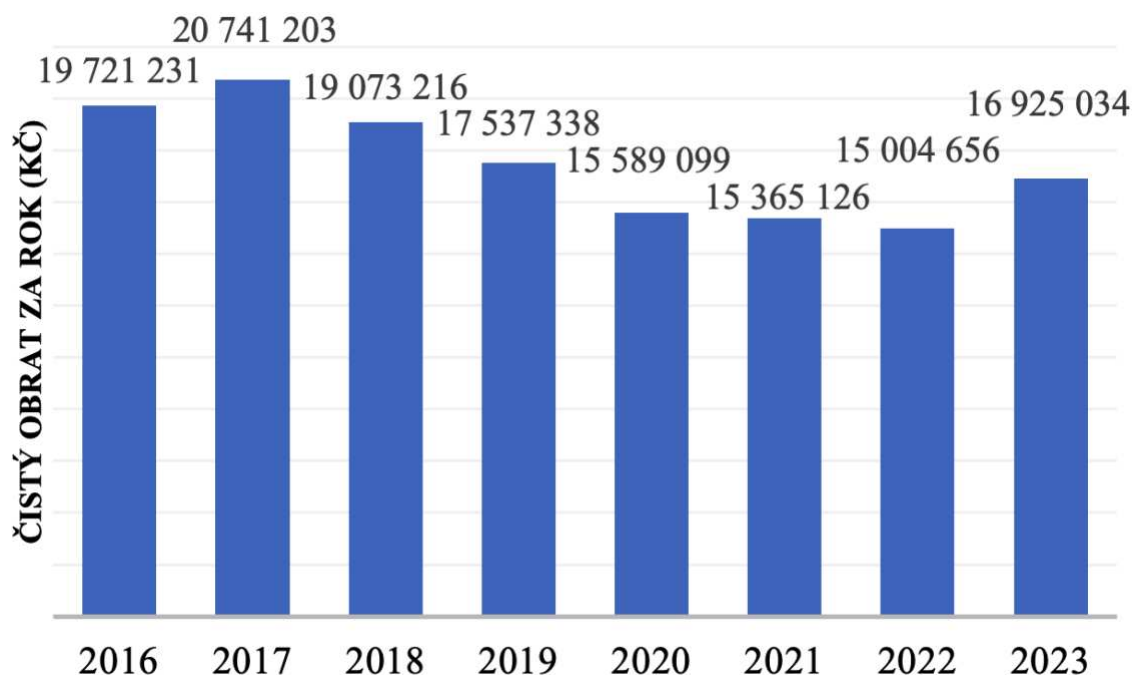
Obrázek 1 Logo a slogan společnosti

(zdroj: Brose, 2025)

6.1 Popis společnosti

O společnosti lze v roce 2025 v obchodním rejstříku (Veřejný rejstřík a sbírka listin, 2025) najít následující základní informace.

- Název společnosti: Brose CZ spol. s r.o.
- Právní forma: Společnost s ručením omezeným.
- IČO: 614 65 704.
- Sídlo: Kopřivnice, Průmyslový park 302, PSČ 742 21.
- Základní kapitál: 9 000 tis. Kč.
- Datum založení: 25. května 1994.
- Hlavní předmět podnikání: Vývoj a výroba kovových dílů pro automobilový průmysl.
- Pobočky: Kopřivnice, Rožnov pod Radhoštěm, Ostrava.



Obrázek 2 Vývoj čistého obratu v letech 2016 až 2023

(zdroj: vlastní zpracování dle Veřejný rejstřík a sbírka listin, 2025)

Celosvětově je každé druhé nově vyrobené vozidlo osazeno nejméně jedním produktem vyrobeným společností Brose. Sdružení „joint venture“ společností Brose a Brose Sitech zaměstnává k roku 2023 celkově 32 000 zaměstnanců v 68 lokacích ve 24 státech. Slogan odkazuje na více než sto let zkušeností s mechatronickými systémy v automobilovém průmyslu. Neutichající inovativní přístup společnosti každoročně přináší nespočet nově registrovaných patentů, což ji činí jednu z nejvíce inovativních německých společností. (Brose, 2025)

Německá společnost Brose je čtvrtou největší rodinnou společností v oblasti automobilu. Již od prvopočátku své dlouholeté historie se Brose prosadila svými inovativními výrobky a výrobními technologiemi. Inovační postoj společnosti zajišťuje nadprůměrnou úroveň průmyslového standardu. Na produkci a výsledcích mezinárodně uznávané společnosti je závislých přes 80 výrobců a 40 dodavatelů. (SSI SCHAEFER, 2023)

Společnost Brose zahájila výrobu v České republice ve městě Rožnov pod Radhoštěm v roce 2003, a sice pod názvem Brose CZ, spol. s r.o. Následně byl vybudován výrobní závod v Kopřivnici i back-office kanceláře ve městě Ostrava. Kopřivnický závod založený v roce 2004, v němž je diplomová práce zpracovávána, se po četných investicích na rozšíření areálu stal celosvětově největším výrobním závodem skupiny Brose. Společnost je

držitelkou certifikací ISO/TS 16949, CCC/TÜV, ISO 14001:2011, ISO 50001. Mezi klíčové zákazníky se řadí Rolls Royce, Audi, BMW, Volvo, Jaguar Land Rover, Porsche, Lear, Scania a Volkswagen. (Brose, 2025)

6.2 Vývoj společnosti

Počátek rodinného podniku je vázán ke městu Berlín ke dni 4. března roku 1908. Společnost je registrována do obchodního rejstříku pod číslem 31763 pod názvem „*firma Max Brose*“, dle jména zakladatele společnosti. V té době čtyřiaadvacetiletý Max Brose tímto započal příběh rodinné společnosti, z níž se během jednoho století zrodí světově uznávaný dodavatel automobilových komponentů. (Schöllgen, 2008, s. 9)

Od 20. let jsou pod jménem Maxe Broseho vyráběny zapalovací svíčky, mechanické zvedáče oken i hevery. Brose však neměl vlastní výrobní závod, veškeré produkty byly Brosemu vyráběny na zakázku ostatními společnostmi. Přelom přichází krátce poté, kdy Brose spouští vlastní výrobní závod v Německém městě Coburg. Max Brose, jakožto důstojník v záloze, je 18. července 1914 povolán do první světové války. (Schöllgen, 2008, s. 24-27)

Klíčový obrat představuje vynález elektrických okenních zvedáčů s ochranou proti sevření hlavy či ruky v roce 1959. V roce 1963 započala jejich sériová výroba pro luxusní vůz BMW 3200 CS. Následně Brose zavedl sériovou výrobu zařízení pro manuální polohování sedadel pro vozy BMW. Max Brose si produkcí inovativních výrobků opakovaně ukořisťoval dominantní postavení na trhu. (Schöllgen, 2008, s. 128-129)

Max Brose v roce 1968 umírá a jeho jediný mužský potomek je prozatím v oboru nezkušený vnuk Michael Stoschek. Vedoucí funkce se na přechodné období ujímá Gisela Brose, teta Michaela Stoschka. Avšak pouze do doby, dokud Michael nezíská vzdělání hodné vedoucí pozici. V roce 1971 je vedení společnosti předáno 23letému Michaelu Stoschkovi. (Schöllgen, 2008, s. 139)

6.3 Produkce

„Řešeními specifickými pro vozidla i trh plníme požadavky našich zákazníků. Díky standardizaci a modularizaci dodáváme na celém světě výrobky špičkové kvality. Jako dodavatel systémů dodáváme elektrické a manuální sedadlové struktury první, druhé i třetí

řady. Díky inovativním řešením týkajících se kombinace materiálů a designu jsou naše produkty vedoucími na trhu v oblastech lehkých struktur a hmotnosti.“ (Brose, 2025)

Produkce kopřivnického závodu je zaměřena na výrobu:

- elektrických a manuálních struktur první řady sedadel;
- elektrických a manuálních struktur druhé a třetí řady sedadel;
- mechatronických komponent;
- palubních desek v rámci Brose Sitech.

Výše uvedené struktury sedadel jsou složeny z následujících komponent:

- polohovatelná bederní opěrka s možností vyhřívání či masážní funkce;
- modul opěrky hlavy ruční či elektrický s až čtyřmi polohami;
- polohování výšky sedadla ruční či elektrické;
- polohování opěrky ruční či elektrické;
- posuv sedadla ruční či elektrický;
- řídicí jednotka sedadla. (Brose, 2025)



Obrázek 3 Sedadlové struktury první řady (vlevo) a druhé řady (vpravo)

(zdroj: Brose, 2025)

6.4 Areál společnosti

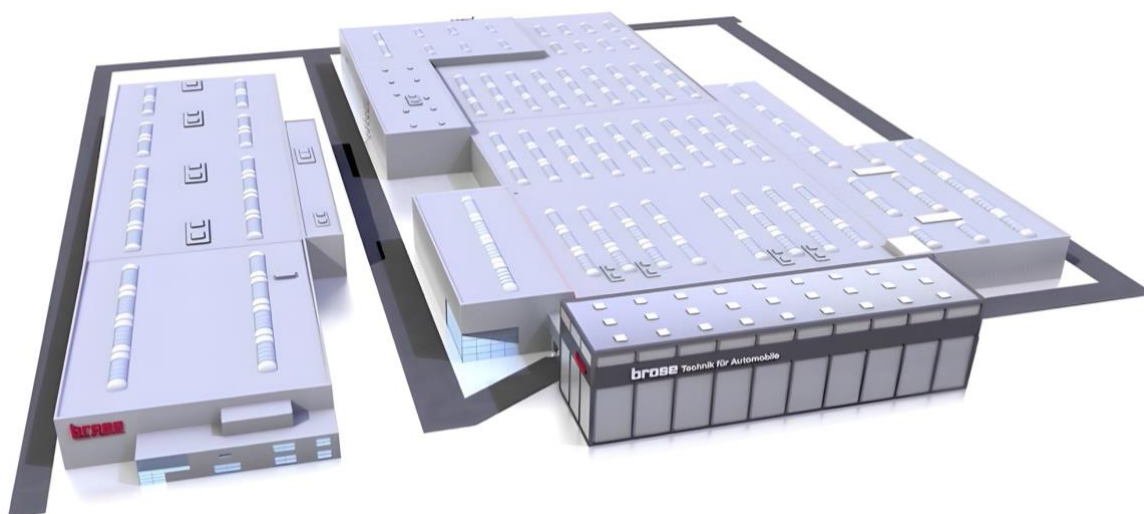
Kopřivnický závod, v němž je diplomová práce zpracovávána, je svou rozlohou 170 000 m² a více než 3 000 zaměstnanci celosvětově největším závodem společnosti Brose, a to od roku 2014. Na finální vybudování areálu, jež se od svého vzniku v roce 2004 opakovaně rozrůstal do roku 2014, bylo investováno 200 milionů eur. (LeCloarec, 2014)



Obrázek 4 Areál společnosti Brose CZ po vybudování v roce 2004

(zdroj: Brose, 2025)

Po dokončení finálního rozšíření areálu se společnost pyšní využitými průlomovými technologiemi v oblasti logistiky a také plně automatizovaným logistickým centrem disponujícím bezmála 10 tisíci úložnými místy. (LeCloarec, 2014)



Obrázek 5 Aktuální areál Brose CZ v Kopřivnici

(zdroj: SSI SCHAEFER, 2019)

Vnuk zakladatele společnosti Michael Stoschek po rozšíření areálu v roce 2014 poukazoval na příležitost Kopřivnického závodu k prosazení se jako vůdčí a trend určující závod. Předesílal, že Kopřivnický závod bude pro své sesterské továrny zdrojem jedinečného know-how. (LeCloarec, 2014)

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Objektivní analýza a posouzení současného stavu výrobní linky bude popsáno v kapitole 7. K provedení systematizované analýzy budou použity metody analýzy současného stavu, a to za účelem kritického vyhodnocení stavu výrobní linky před její racionalizací.

Bude provedena analýza následujících částí:

- odhalení kořenové příčiny problému užitím metody 5x proč;
- identifikace míst pro racionalizaci užitím Ishikawa diagramu;
- ABC analýza četnosti doplňování materiálů;
- vizualizace pohybů pracovníků užitím špagetových diagramů;
- interní audit pracoviště.

7.1 Úvodní informace k analytické části

Analýza současného stavu byla uskutečněna v období od začátku srpna do konce září roku 2023. Bylo uskutečněno více než 10 analýz celých směn. Analýza je tedy složena z dat z mnoha pozorování. Za klíčové autor považoval sledovat více skupin pracovníků s ohledem na rotaci na pracovišti. Pozorováno bylo celkem 5 skupin pracovníků se zkušenými i zaučujícími se pracovníky. Autor se zaměřil na získání podnětů ke zlepšení a zpětné vazby přímo od pracovníků.

7.1.1 Výběr výrobní linky k racionalizaci

Daná výrobní linka byla určena k racionalizaci za účelem zvýšení klíčového ukazatele OEE. Výrobní linka má potíže dlouhodobě splňovat cíl OEE 85 %. Výrobní linka dosahuje před racionalizací průměrného OEE přibližně 75 % (s. 50, tabulka 3). Společnost má pro výrobní linky stanovený dlouhodobý cíl OEE 85 %, k dosažení je tudíž potřebné 10 % zvýšení.

Statistika OEE před racionalizací v období od ledna 2021 do září 2023 následuje v tabulce 3. Průměrná dostupnost činila 61,9 %, výkon činil 125,6 % a kvalita činila 97,3 %. Bylo dosaženo průměrného OEE 75,6 %.

Tabulka 3 Průměrná dostupnost, výkon, kvalita a OEE před racionalizací

	DOSTUPNOST (%)	VÝKON (%)	KVALITA (%)	PRŮMĚR OEE (%)
PŘED RACIONALIZACÍ (leden 2021 - září 2023)	61,9%	125,6%	97,3%	75,6%

(zdroj: vlastní zpracování dle interních zdrojů společnosti)

Autor na základě vypracované literární rešerše pro oblast OEE (kapitola 1) považuje průměrnou dostupnost 61,9 % za nedostačující. Nízká dostupnost měla zřetelný vliv na snížení výše OEE. V následující tabulce 4 jsou uvedeny průměrné prostoje v časových obdobích před racionalizací. Délka směny činí 480 minut, respektive 450 minut po odečtu povinných přestávek. V období od ledna 2021 do prosince 2022 činily průměrné prostoje přibližně 180 minut za směnu. V období od ledna 2023 do září 2023 se však průměrné prostoje snížily na přibližně 150 minut za směnu. Na základě průměrné dostupnosti činily prostoje od ledna 2021 do září 2023 téměř 40 % času směny, což odpovídá téměř 3 hodinám prostoje na 8hodinovou směnu.

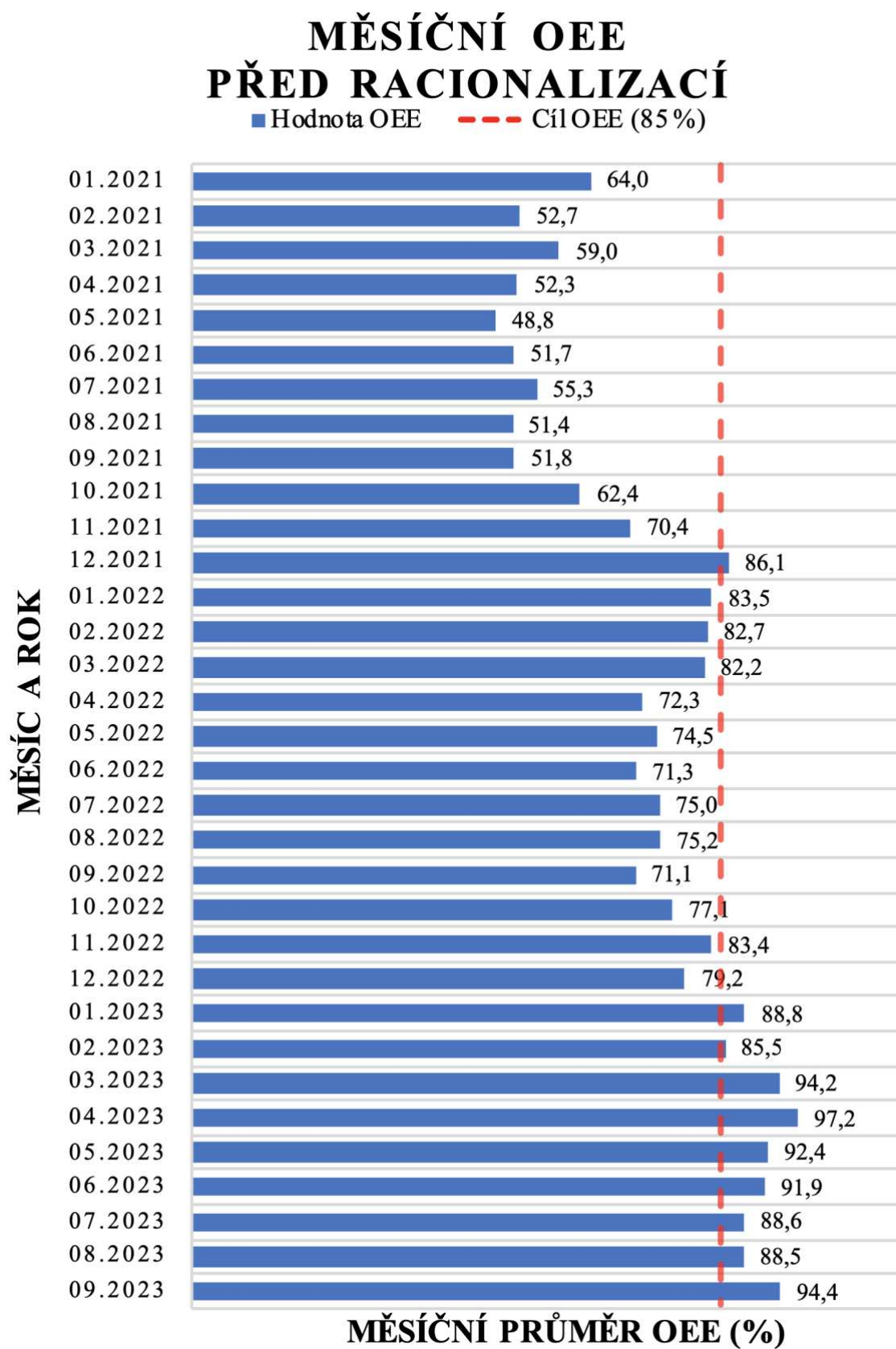
Tabulka 4 Statistika dostupnosti a prostoje před racionalizací

	PRŮMĚRNÉ PROSTOJE (minut/směna)	PRŮMĚRNÁ DOSTUPNOST (%)
leden 2023 - září 2023	149,7	66,5%
leden 2022 - prosinec 2022	183,7	59,3%
leden 2021 - prosinec 2021	181,3	59,8%
PRŮMĚR PŘED RACIONALIZACÍ	171,6	61,9%

(zdroj: vlastní zpracování dle interních zdrojů společnosti)

V následujícím grafu na obrázku 6 je vizualizována výše měsíčních hodnot OEE linky montáže sedadlových kolejnic před racionalizací. Z celkových 33 měsíců bylo pouze v 10 měsících dosaženo cíle OEE vyšší než 85 %. Cíl OEE již byl dosažen ve všech měsících roku 2023. V únoru 2023 byl však cíl OEE přesažen o pouhé 0,5 %. Maximální měsíční výše OEE byla v dubnu 2023, a to 97,4 %. Nejnižšího měsíčního OEE před racionalizací bylo dosaženo v květnu 2021, a sice 48,8 %.

Na základě statistických hodnot o výši OEE se autor zaměřil na provedení racionalizace výše uvedené výrobní linky. Průměrné prostoje za směnu v délce 171,6 minut značí existující plýtvání, a tedy i sníženou konkurenceschopnost výrobní linky.



Obrázek 6 Měsíční hodnoty OEE linky před racionalizací

(zdroj: vlastní zpracování dle interních zdrojů společnosti)

7.1.2 Portfolio výrobků

Výrobní linka v době zpracování diplomového projektu slouží k výrobě 7 variant kolejnic. Každá varianta je rozdělena na kolejnice přilehlé buď středovému tunelu nebo dveřím. Zjednodušeně, kolejnice jsou označovány jako levé a pravé. Označení „high-runner“ označuje varianta s největším objemem výroby. Vyráběné varianty jsou specifikovány následovně:

- 4cestné elektrické (tvoří přibližně 90 % celkové produkce, high-runner);
- 4cestné manuální;
- 4cestné manuální SPACER;
- 4cestné manuální Easy-Entry;
- 4cestné polo-elektrické Easy-Entry;
- 6cestné elektrické s pamětí Easy-Entry;
- 6cestné elektrické SPACER.

7.1.3 Režim výroby

Linka je obsluhována jedním až čtyřmi pracovníky, přičemž preferována je obsluha třemi pracovníky. Rozložení pracovníků u strojních zařízení je však variabilní na základě aktuálně vyráběné varianty. Plánování výroby musí také zohledňovat dostupnost pracovní síly s ohledem na rotaci operátorů v rámci linek. Délka směn bývá zpravidla plánována na 8 hodin, velmi výjimečně na 12 hodin. Možné jsou následující varianty výroby:

- 1 operátor;
- 2 operátoři;
- 3 operátoři - nejčtenější, optimální pro high-runner (4cestnou elektrickou variantu);
- 4 operátoři.

Dle největšího podílu produkce, tedy téměř 90 % je za high-runner označována 4cestná elektrická varianta. Autorem práce je zdůrazněno, že definice výrobního procesu je vztažena zejména k primárně vyráběné 4cestné elektrické variantě. Daná varianta je plánovačem výroby nejčastěji kombinována s režimem 3 operátorů.

Rozložení pracovníků včetně jejich činností je zjednodušeně uvedeno následovně:

- Pracovník 1: stanice montáže kolejnic, plnění bufferu po dokončení dávky pro pracoviště AP1.
- Pracovník 2: AP1+AP2, vložení a odebrání kolejnic z AP1, vložení kolejnic do AP2.
- Pracovník 3: AP2+AP3, vložení komponent do AP2, odebrání kolejnic z AP2, vložení kolejnic a odebrání kolejnic z AP3.

Stanice využívané při výrobě high-runneru jsou následující:

- stroj montáže kolejnic (dávka);
- AP1 (one-piece-flow);
- AP2 (one-piece-flow);
- AP3 (one-piece-flow).

V následujícím obrázku 7 je panoramaticky vyobrazeno jádro linky. Zcela vpravo se nachází stroj montáže kolejnic, zcela vlevo se nachází stanice AP3 (úzké místo). Lze si všimnout stojanu, respektive buffer od stanice montáže kolejnic pro stanici AP1 (uprostřed obrázku). U stanice AP3 (na obrázku vlevo) si lze všimnout stojanu s dokončenou výrobou.



Obrázek 7 Výrobní linka montáže sedadlových kolejnic

(zdroj: vlastní)

7.2 Identifikace míst pro racionalizaci

Nyní bude aplikována metoda pětkrát proč. Bude tak učiněno za účelem zjištění příčiny, proč se výrobní lince dlouhodobě nedaří udržovat ukazatel OEE nad 85 %. Následuje v tabulce 5. Prvním proč je určeno, že dostupnost linky není dostatečně vysoká. Druhým

proč jsou zjištěny prostoje lidského faktoru. Třetím proč je odhaleno, že operátoři nevyužívají plnou dostupnost zařízení. Čtvrté proč uvádí, že se operátoři nadměrně věnují procesům nepřidávajících hodnotu. Pátým proč je zjištěna nadměrná spotřeba času operátorů k doplňování materiálů. Jako východisko je uvedeno zaměření se na snížení času potřebného k doplnění materiálů.

Tabulka 5 Metoda 5x proč pro racionalizaci linky

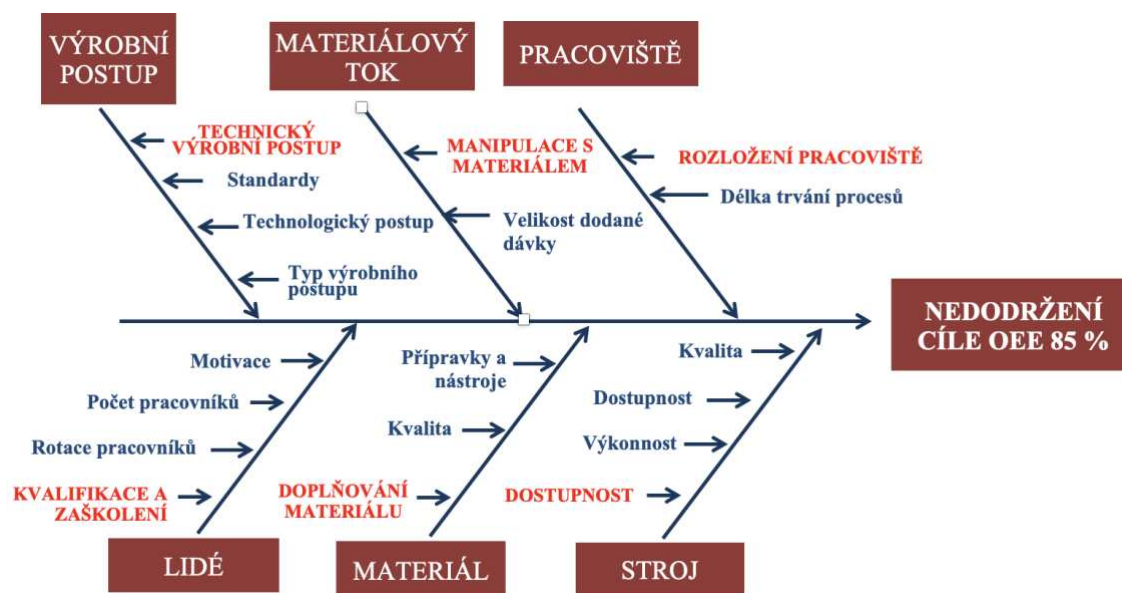
SPECIFIKACE PROBLÉMU	Linka dlouhodobě nedosahuje cíle OEE 85 %.
1. PROČ?	Dostupnost linky je nedostačující.
2. PROČ?	Dochází k vysokým prostojům.
3. PROČ?	Operátoři nevyužívají plnou dostupnost zařízení.
4. PROČ?	Operátoři se věnují procesům nepřidávajících hodnotu.
5. PROČ?	Operátoři věnují nadměrně hodně času doplňováním materiálů.
VÝCHODISKO	Zaměřit se na snížení času potřebného k doplnění materiálu.

(zdroj: vlastní)

Za účelem identifikace míst pro racionalizaci bude následně využit Ishikawa diagram. Sepsání a prioritizace jednotlivých oblastí poukáže na místa, jež by měla být pro optimalizaci, respektive racionalizaci, nejvhodnější.

Zapojení jednotlivých strojů do výrobního procesu se váže k aktuálně vyráběné variantě kolejnic. Při analýze současného stavu autor zastával postoj „high-runner strategy“. Autor považoval za klíčové racionalizovat především variantu kolejnic, která se na výstupu linky podílí v nejvyšší míře. Daný přístup reflektuje Paretův princip. Ishikawa diagram následuje v obrázku 8 níže. Z diagramu je zřejmé, že v rámci uvedených oblastí je zapotřebí se zaměřit na prioritní příčiny. Za prioritní příčiny jsou označeny následující faktory:

- kvalifikace a zaškolení pracovníků;
- doplňování materiálu;
- dostupnost stroje;
- rozložení pracoviště;
- manipulace s materiálem;
- technický výrobní postup.



Obrázek 8 Ishikawa diagram pro racionalizaci linky

(zdroj: vlastní)

7.2.1 ABC analýza doplňování materiálu

Aktuální podkapitola bude věnována ABC analýze doplňování materiálů. Následuje v tabulce 6. Zaměřením na úzký okruh materiálů s velkou četností doplňování umožňuje realizovat rozsáhlejší úsporu. A to, byť i při malé časové úspoře. Prioritizace vycházející z ABC analýzy ustanoví, kterých materiálů by se měla analýza plýtvání primárně týkat. Způsob výpočtu je vázán na spotřebu celých nosičů materiálů. Jedná se buď o KLT nebo o lakovací stojan. Lakovací stojan se týká pouze sedadlových kolejnic. Kategorizace byla autorem na základě zásad analýzy v literární rešerši (kapitola 5.1) stanovena následovně:

- A kategorie od 0 do 70 %;
- B kategorie od 70 do 95 %;
- C kategorie od 95 do 100 %.

Tabulka 6 ABC analýza spotřeby nosičů materiálů

MATERIÁL	STANICE	SPOTŘEBA NOSIČŮ ZA ROK (KS)	KUMULACE SPOTŘEBY (KS)	PODÍL SPOTŘEBY (%)	KAT.
Kolejnice	Montáž kol.	30 741	30 741	17%	A
Alu spacer před.	AP3	20 904	51 645	28%	A
Alu spacer před.	AP1	20 904	72 549	39%	A
Špindl EE	AP2	14 931	87 481	47%	A
Špindl standart	AP2	11 002	98 483	53%	A
Entriegler UDA	RoundTable	9 678	108 160	58%	A
Držák převodovky	AP2	6 968	115 128	62%	A
Držák špindlu LV EE	AP3	6 968	122 096	66%	A
Braket	AP1	6 968	129 064	69%	A
Alu spacer	AP3	6 533	135 597	73%	B
Roletka MAN	Montáž kol.	4 181	139 778	75%	B
Roletka POW	Montáž kol.	4 181	143 959	77%	B
Roletka POW EE	Montáž kol.	4 181	148 139	80%	B
Roletka MAN EE	Montáž kol.	4 181	152 320	82%	B
Držák koberce před.	AP2	4 181	156 501	84%	B
Kess	AP2	3 629	160 130	86%	B
Kess	Montáž kol.	3 629	163 759	88%	B
Držák špindlu před.	AP1	3 484	167 243	90%	B
Spacer přední	AP1	2 323	169 566	91%	B
Držák koberce zad.	AP2	2 323	171 889	92%	B
Nýt spaceru před.	AP2	2 090	173 979	93%	B
Špagetka bílá	Montáž kol.	1 742	175 721	94%	B
Držák špindlu zad.	AP3	1 742	177 463	95%	B
Západka EE	RoundTable	1 742	179 205	96%	C
Držák manuál	AP3	1 742	180 947	97%	C
Nýt endstop šín	RoundTable	1 045	181 992	98%	C
Centrovací kolík	AP2	1 045	183 037	98%	C
Plastová krytka EE	AP4	523	183 560	99%	C
Nýt 5x14	AP3	523	184 083	99%	C
Nýt spaceru dlouh.	AP3	348	184 431	99%	C
Buchsa šínová	Montáž kol.	327	184 758	99%	C
Nýt spaceru krát.	AP3	299	185 056	99%	C
Gumička	AP1	261	185 318	100%	C
Matka špindlu	AP2	261	185 579	100%	C
Podložka 15x2	AP1	209	185 788	100%	C
Kulička prům. 7,3	Montáž kol.	174	185 962	100%	C
Kulička prům. 7,0	Montáž kol.	149	186 111	100%	C
Podložka plast.	AP3	105	186 216	100%	C
Celkem spotřeba (počet za rok)		186 216			

(zdroj: vlastní)

Výčet materiálů z kategorie A i jejich rozmístění po jednotlivých stanicích jsou uvedeny následovně (sestupně od nejčastější spotřeby celých nosičů):

- kolejnice – stroj montáže kolejnic;
- alu spacers (hliníkové podložky) – AP1 + AP3;
- špindly (závitové tyče) – AP3;
- entriegler UDA – Round Table;
- držák převodovky – AP3;
- držák špindlu LV – EE – AP3;
- braket – AP1;
- roletky – stroj montáže kolejnic.

Z ABC analýzy vyplývá, že nejčastěji doplňovaný materiál „kolejnice“ je montován na stanici montáže kolejnic. Další materiály s častým doplňováním KLT jsou Alu Spacer přední a špindly.

Pro materiály z kategorie A z tabulky 6 byla provedena analýza spotřeby a doplňování. Nejvyšší spotřeba KLT s materiálem za směnu se týká kolejnic se spotřebou 40 stojanů za směnu. Přibližně každých 11 minut je spotřebován jeden stojan se 34 kolejnicemi, jak uvádí tabulka 7. Následuje materiál Alu spacer přední, s počtem 27 KLT za směnu. Následuje materiál špindl EE se spotřebou 20 KLT za směnu. Dále špindl standard se spotřebou 15 KLT za směnu. Materiály špindl i spacer jsou na stanici AP2 a AP3 doplňovány obsluhou úzkého místa.

Tabulka 7 Analýza četnosti doplňování a spotřeby nosičů

MATERIÁL	TYP NOSIČE MATERIÁLU (KLT NEBO STOJAN)	MNOŽSTVÍ MATERIÁLU V NOSIČI (KUSŮ)	DOBA VÝROBY S 1 NOSIČEM (MINUT)	SPOTŘEBA NOSIČŮ (KS ZA SMĚNU)
MONTÁŽ KOLEJNIC				
Kolejnice	Stojan	34	11	40
Roletka	KLT	250	84	6
ROUND TABLE				
Entriegler UDA	KLT	108	36	13
AP1				
Alu spacer před.	KLT	50	17	27
Braket	KLT	150	50	9
AP2				
Špindl EE	KLT	70	24	20
Špindl standart	KLT	95	32	15
Držák převodovky	KLT	150	50	9
AP3				
Alu spacer před.	KLT	50	17	27
Alu spacer	KLT	160	54	9
Držák špindlu LV - EE	KLT	150	50	9

(zdroj: vlastní)

7.2.2 Způsoby doplňování materiálu

V následujících kapitolách budou znázorněny pohyby pracovníků při doplňování materiálu. Základem každého doplnění je načtení Kanban karty a odnos prázdné KLT, povětšinou přímo na dané stanici, z níž materiál pochází. Nosiče materiálů jsou téměř výhradně KLT. Pouze kolejnice mají za nosič stojan. Kapacita skluzu na linkách činí 1 až 5 KLT. Budou sledovány dva odlišné způsoby doplňování materiálu, a sice:

- Částečný cyklus doplnění při zásobě KLT ve skluzech: Načtení Kanban karty, odnos prázdné KLT a následně návrat na pracoviště. Týká se pouze stanic AP1 až AP4 a Round Table.

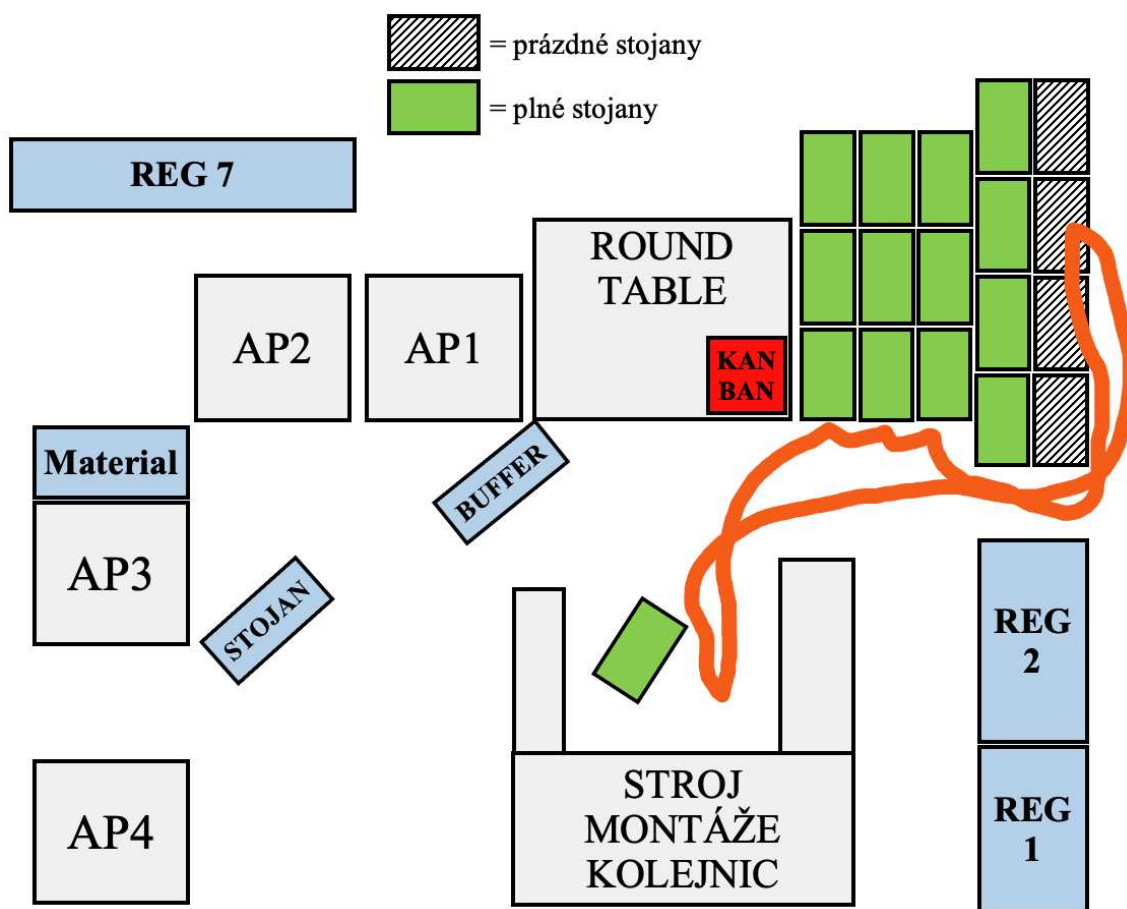
- Kompletní cyklus doplnění po vyčerpání zásoby KLT ve skluzech: Načtení Kanban karty, odnos prázdného nosiče, chůze k regálu s materiálem za linkami, doplnění jednoho či více KLT do skluzů linky a následně návrat na pracoviště.

7.2.3 Doplnování materiálů stroje montáže kolejnic

Jak již bylo v práci uvedeno, na počátku výrobní linky vstupují spodní a horní sedadlové kolejnice. Kolejnice jsou osazeny na lakovacích stojanech v celkovém počtu 34 kusů. Ze 34 kusů jsou výrobním procesem smontovány spodní a horní části kolejnic, přičemž montáží vznikne finální kolejnice pro sedadlo. Výstupem linky z jednoho stojanu je tedy 17 párů kolejnic. Operátor stroje montáže kolejnic z parkoviště odebírá jeden stojan v intervalu přibližně 11 minut, jak je uvedeno v předchozí podkapitole v tabulce 7. Na parkovišti jsou uloženy stojany celkem 14 vyráběných variant. Kapacita parkoviště činí 17 stojanů. Z čehož jsou 4 místa vyhrazena primárně pro stojany prázdné. Parkoviště na odvrácené straně linky pojme přesně 10 stojanů. Dané parkoviště je určeno k odkládání stojanů s rozpracovanou výrobou. S ohledem na vzdálenost od jádra linky tudíž nejsou dané pozice využívány pro parkování stojanů se vstupním materiálem.

Pracovnice stroje montáže kolejnic na výstupu stroje po dokončení dávky odebírá kolejnice a skládá je na stojan, respektive buffer. Daný stojan následně umístí v závislosti na vyráběné variantě ke stroji AP1 nebo AP2. V případě high-runner je buffer umístěn k AP1.

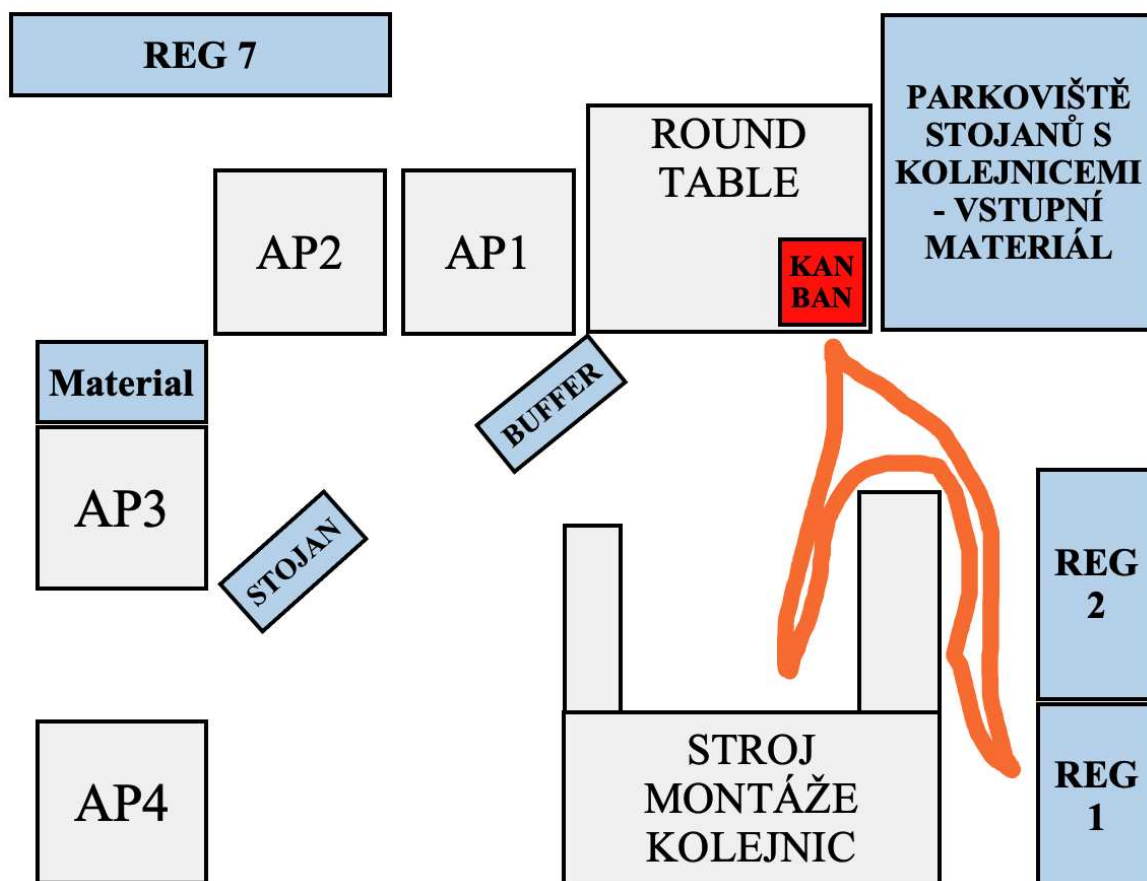
V obrázku 9 je pomocí špagetového diagramu znázorněn pohyb operátora stanice montáže kolejnic. Operátor nejprve odváží prázdný stojan na parkoviště, následně hledá stojan se správným materiálem. Po správné identifikaci je stojan přivezen k pracovišti. Autor práce považuje za důležité upozornit na fakt, že parkoviště stojanů není takřka nikterak organizováno. Pracovníci Milk-Run zásobování proto stojany parkují na v daný okamžik volné pozice.



Obrázek 9 Špagetový diagram doplnění kolejnic u stroje montáže kolejnic

(zdroj: vlastní)

Doplňování materiálu „roletka“ na stanici montáže kolejnic je znázorněno v následujícím obrázku 10. Roletky jsou doplňovány z logistického regálu z vnější strany pracoviště. Skluzy logistického regálu s roletkami se nacházejí přímo u místa doplnění roletek na pracovišti. Pracovník vezme prázdnou KLT a odchází objednat materiál ke Kanban čtečce. Následně přichází k regálu č. 2, odebírá z něj materiál a následně jej vkládá na pracoviště. Poté se vrací na pracoviště.

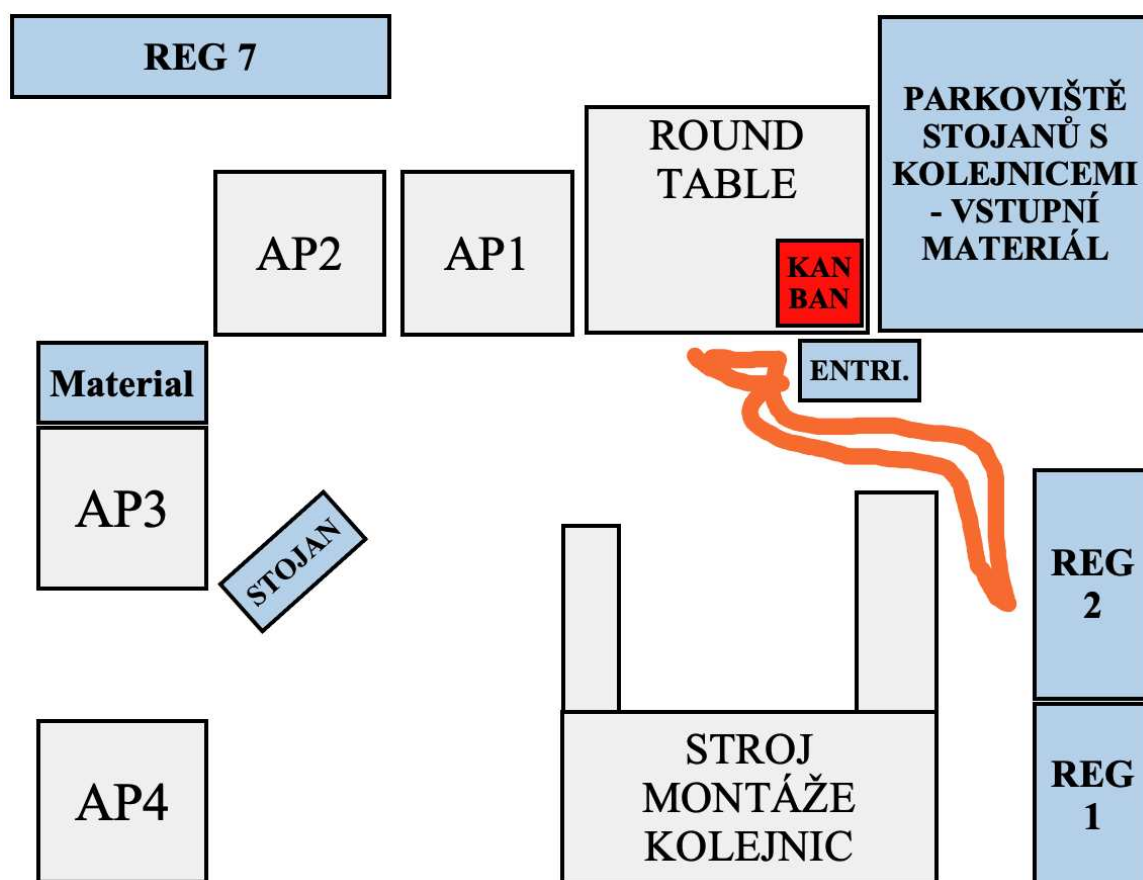


Obrázek 10 Špagetový diagram doplnění materiálu „roletka“ u stroje montáže kolejnic

(zdroj: vlastní)

7.2.4 Doplnování materiálu stanice Round Table

V aktuální kapitole budou s pomocí špagetového diagramu znázorněny pohyby pracovníků při doplňování materiálu „entriegler UDA“. V následujícím obrázku 11 je znázorněn pohyb pracovníka při doplnění uvedeného materiálu. Pro materiál Entriegler UDA je využíván malý pojízdný regál s kapacitou 4 KLT. Daný regál zároveň slouží jako doručovací regál pro Kanban zásobování. Pracovník přímo na stanici objednává materiál načtením Kanban karty, následně odnáší prázdnou KLT k regálu č. 2. Poté se vrací ke stanici.

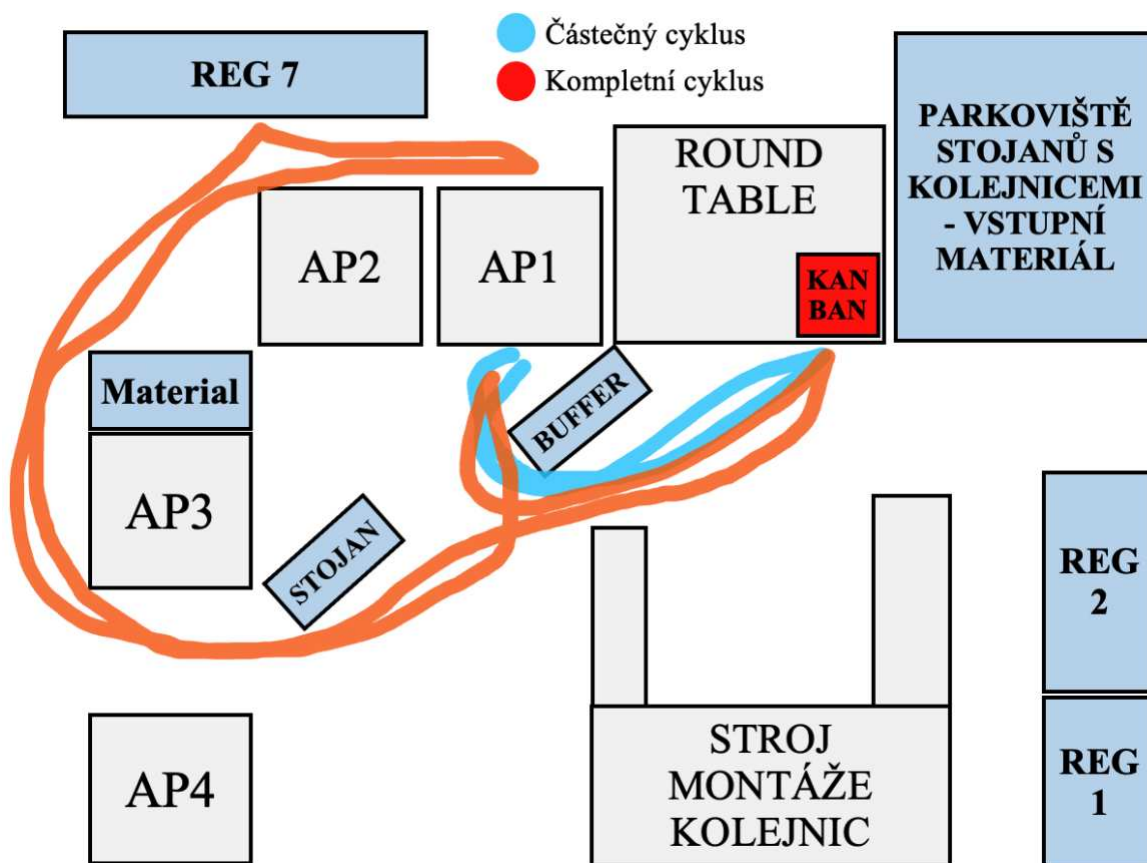


Obrázek 11 Špagetový diagram doplňování materiálu „entriegler UDA“ u stroje RoundTable

(zdroj: vlastní)

7.2.5 Doplnění materiálů stanic AP1, AP2 a AP3

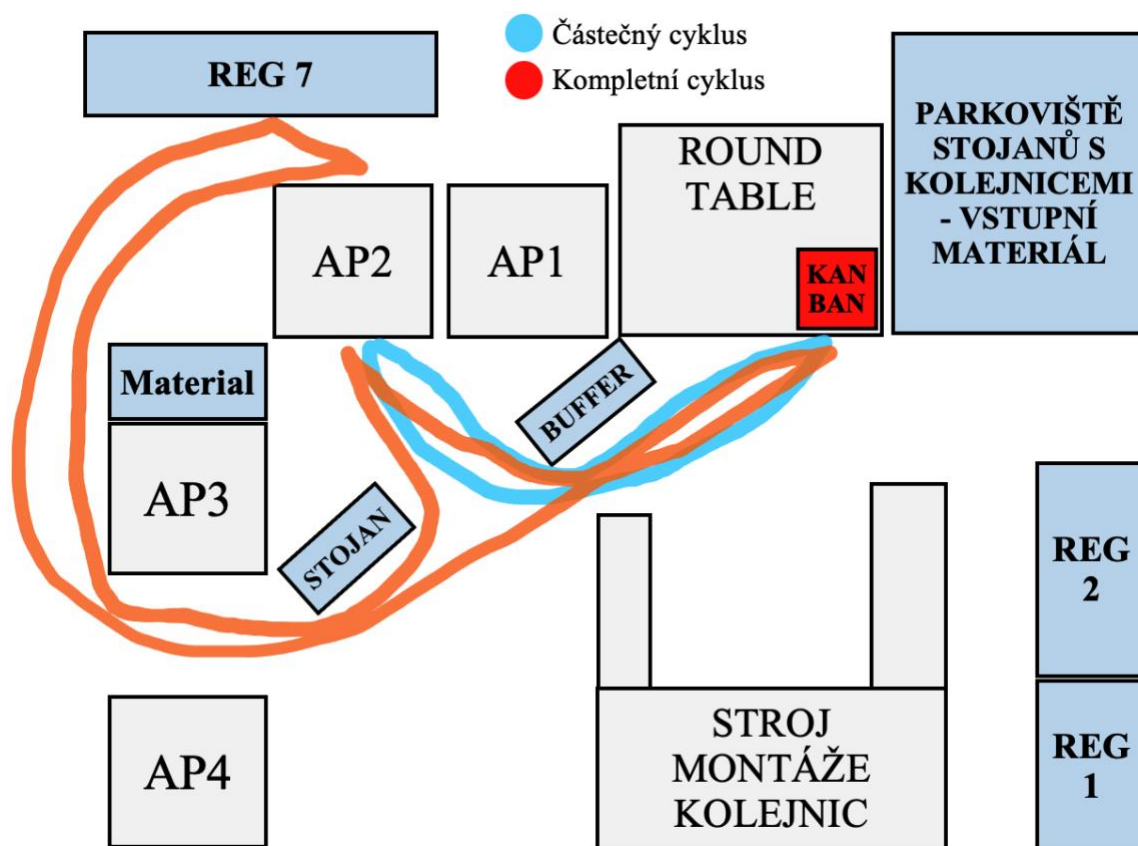
Nyní bude graficky vyobrazeno doplňování materiálů na stanicích AP1, AP2 a AP3 (úzké místo). Znázornění pohybu pracovníka je pro uvedené stanice obdobné. Vyprázdněná KLT jsou na daných stanicích odkládány do zpětných skluzů přímo ve stanicích. Při částečném cyklu nejprve pracovník odchází načíst kanban kartu, následně se vrací ke stanici a odkládá prázdnou KLT do skluzu pro prázdná KLT. Při kompletním cyklu odchází pracovník načíst kanban kartu, odkládá prázdné KLT do regálu č. 7 a odebírá plná KLT s materiálem. Následně KLT vkládá ze zadní strany stanice a vrací se zpět k čelní straně stanice. Způsob částečného i kompletního doplnění je shodný i u stanic AP2, AP3 i AP4. Špagetový diagram pro jednotlivé stanice následuje v obrázku 12, 13 a 14.



Obrázek 12 Špagetový diagram doplňování materiálu stanice AP1

(zdroj: vlastní)

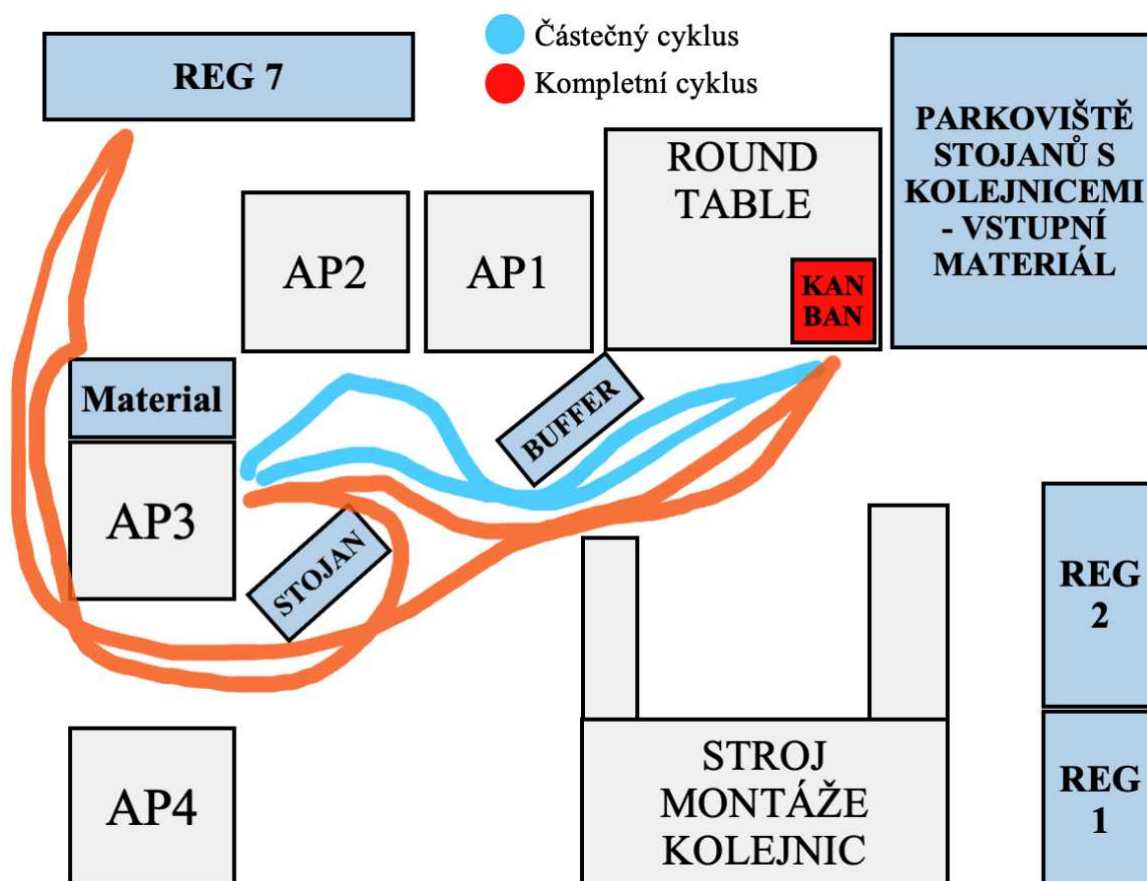
Následuje popis obrázku 13. Platí stejné zásady, jako pro stanici AP1. Při kompletním cyklu pracovník odchází od pracoviště, objednává materiál u kanban čtečky a jde k regálu č. 7. Sebere KLT s materiálem, doplní jej do skluzů ze zadní strany stanice. Následně se vrací na stanici. Při částečném doplnění pouze odchází načíst kanban kartu, vrací se na stanici a odkládá prázdnou KLT.



Obrázek 13 Špagetový diagram doplnování materiálu stanice AP2

(zdroj: vlastní)

Obrázek 14 ilustruje doplňování materiálu na stanici AP3. Při kompletním cyklu odchází pracovník objednat materiál ke kanban čtečce, následně odchází k regálu č. 7. Odebírá plné KLT a vkládá jej do regálu u stroje AP3. Poté se vrací ke stanici AP3. Při částečném cyklu opět odchází načíst kanban kartu, pak se vrací na stanici, kde odkládá prázdné KLT. Obdobný způsob doplnění materiálu se týká také stanice AP4, nebude však již graficky znázorněn cyklus doplnění.



Obrázek 14 Špagetový diagram doplňování materiálu stanice AP3

(zdroj: vlastní)

V rámci doplňování materiálu na stanicích AP1, AP2 i AP3 je však zřejmé neadekvátní umístění Kanban čtečky. Vzdálenost, v níž se čtečka nachází od úzkého místa AP3, některou obsluhu přiměje odnášet prázdná KLT do ještě vzdálenějšího regálu č. 2.

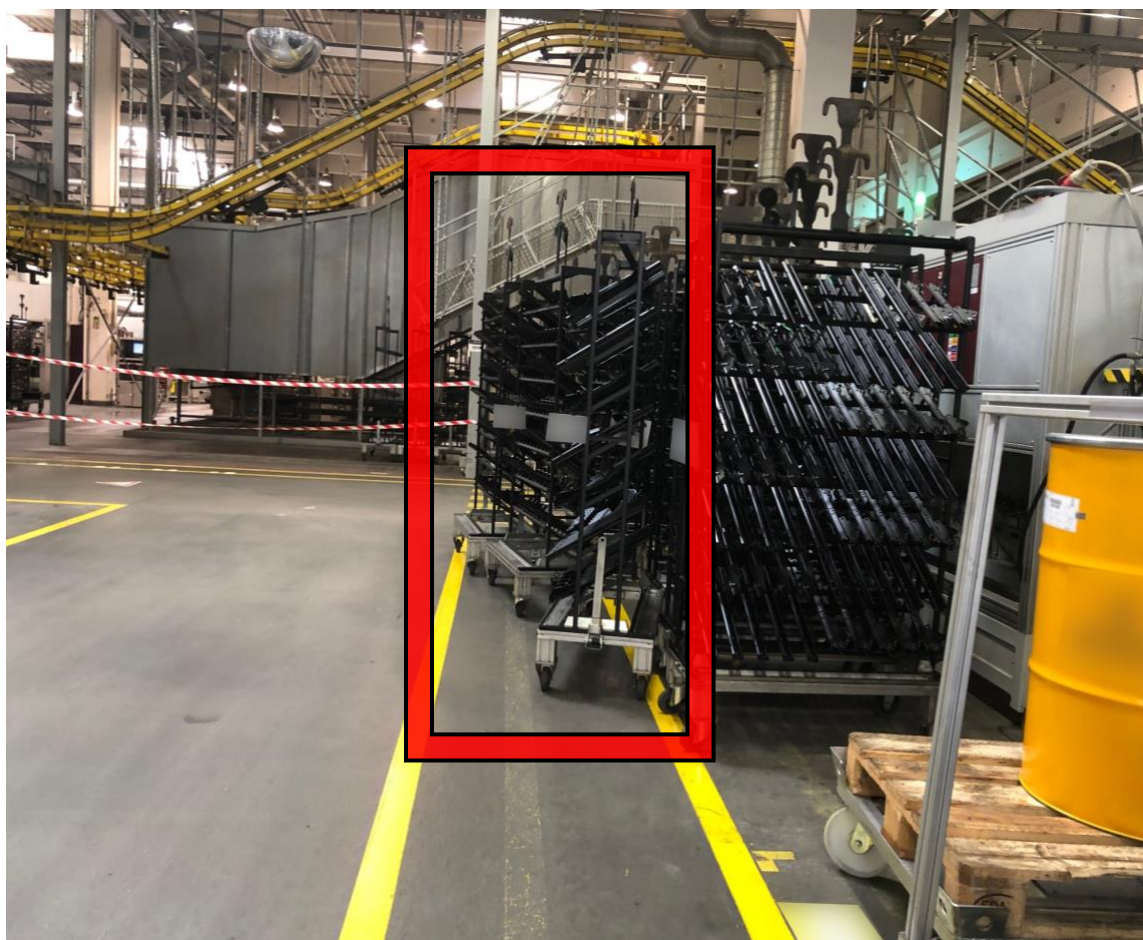
7.3 Interní audit výrobní linky

V současné kapitole budou pomocí interního auditu odhaleny nedostatky v oblasti výrobní linky. Audit bude zaměřen na odhalení neshod, jež by v důsledku mohly snížit organizaci pracoviště, zvýšit prostoje, nadbytečně zvýšit ergonomickou zátěž, narušit bezpečnost osob, či způsobit finanční škodu. Bude také cíleno na dodržení platných československých norem pro pracovníky a pracoviště.

7.3.1 Znepřístupnění chodníku pro pěší zaparkovanými stojany

Manipulanti Milk-Runu umísťují stojany s materiálem opakovaně do prostoru pěší stezky. Procházející chodci jsou nuceni stojany obcházet vstoupením do prostoru pohybu průmyslové techniky. Jelikož se jedná o frekventovanou ulici vedoucí téměř přes celou délku haly, hrozí riziko střetu chodců s logistickými vláčky, vysoko zdvižnými vozíky a ostatní servisní technikou. Dané umístění ohrožuje, ač neúmyslně, bezpečnost kolemjdoucích. Aktuální stav neodpovídá normě ČSN 26 9010 o šířkách a výškách cest. V kontextu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci dochází taktéž k přímému porušení interních norem.

Na obrázku 15 je zachycena situace, kdy jsou lakovací stojany uloženy v prostoru pro pěší. Je nutno poukázat, že pracovníci pojednávané linky a také chodci nejsou vázáni povinností nosit reflexní vesty. Obrázek 16 však také zachycuje situaci se zablokováním přístupem k rozvaděči strojního zařízení Round Table.



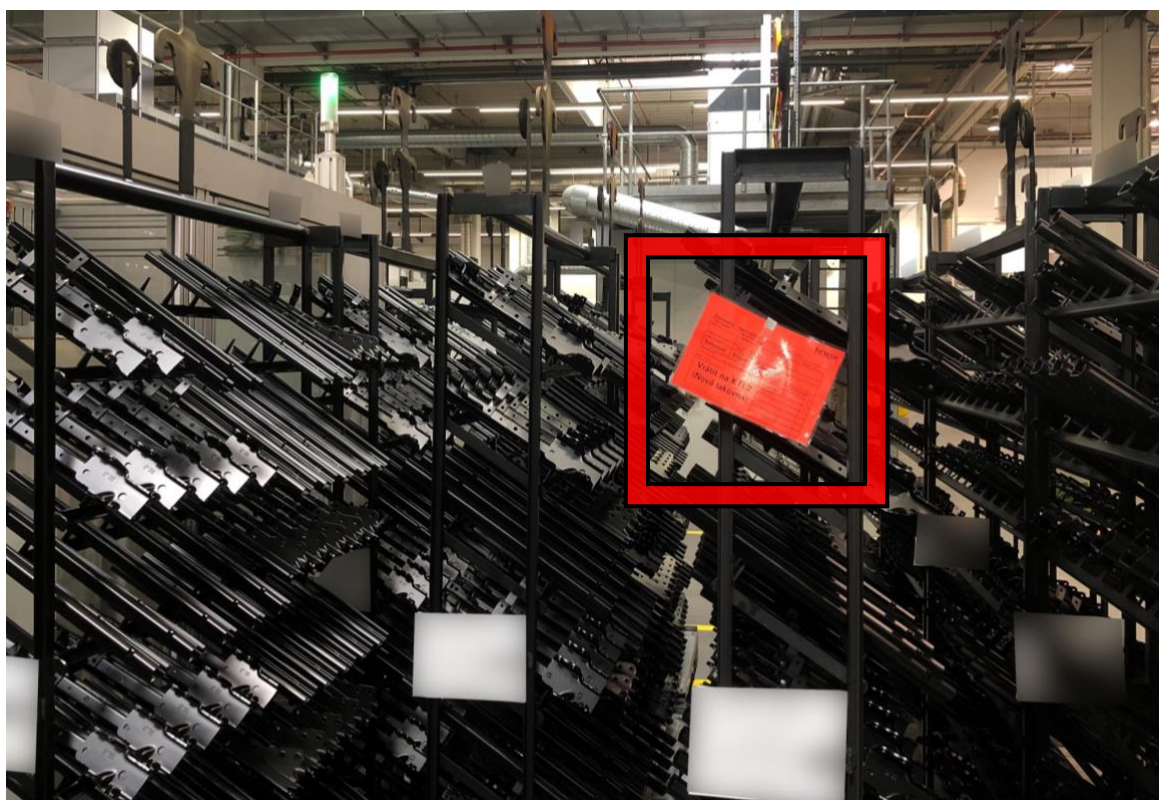
Obrázek 15 Znepřístupnění pěšího prostoru stojany s materiálem

(zdroj: vlastní)

Primární příčina velkého počtu stojanů na vstupu linky byla odhalena na základě rozhovoru s průmyslovým inženýrem, jenž se na vývoji linky podílel. Daný průmyslový inženýr uvedl, že výrobní linka byla uzpůsobena na mnohem méně výrobních variant. Při vývoji dané linky nebyl razantní nárůst vyráběných variant v konceptu uvažován. Nynější nedostatečnou kapacitu parkoviště tedy označuje za důsledek nárůst počtu vyráběných variant v průběhu sériové výroby daného projektu. Původně bylo parkoviště koncipováno na 5 variant kolejnic, tedy celkem 10 variant včetně levé i pravé varianty. Nyní linka zpracovává 7 variant, celkem tedy 14 variant včetně stranového rozlišení. Nutno uvést, v průběhu sériové výroby již byla plocha parkoviště stojanů drobně upravena a rozšířena.

7.3.2 Možnost vzniku zmetkovitého vstupního materiálu z předchozího procesu lakování kolejnic

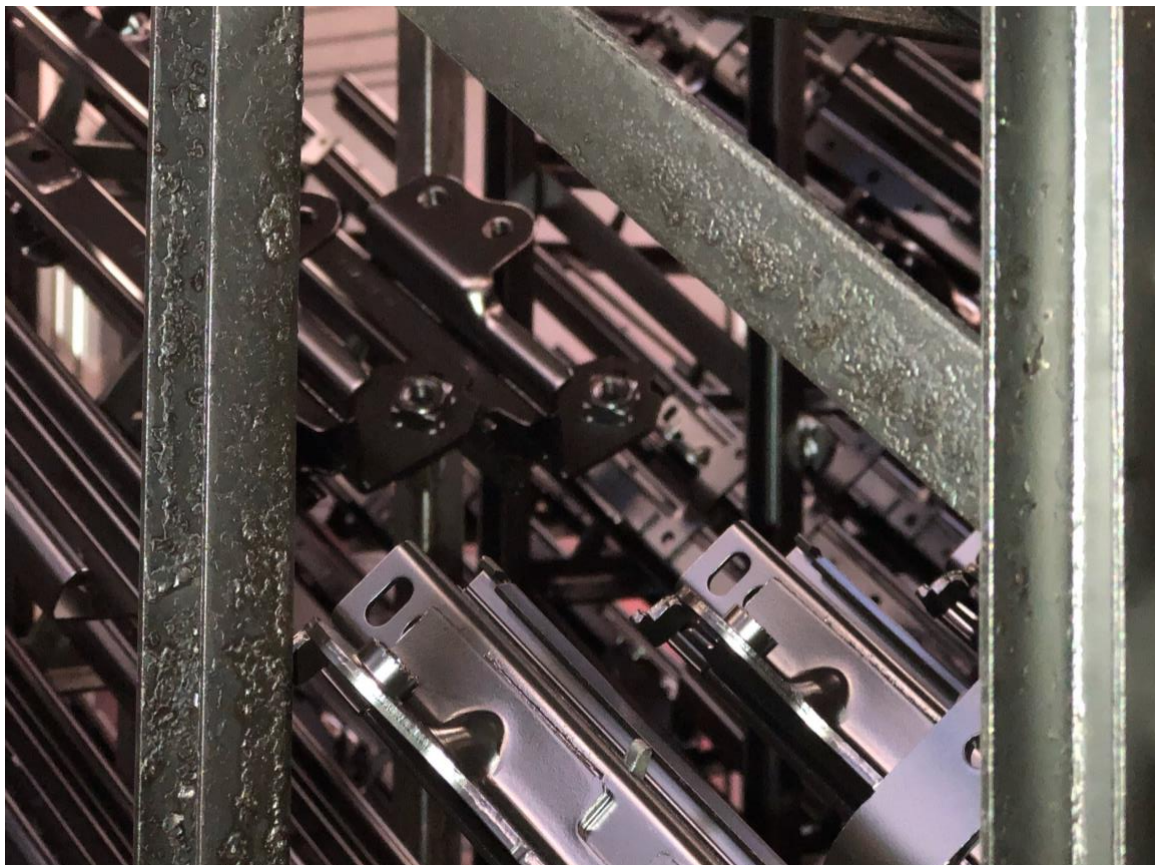
V rámci výrobního procesu jsou sedadlové kolejnice společně se stojany vnořovány do lakové lázně. Daný typ lakovací technologie se nazývá kataforézní lakování. Každý stojan je označen zkratkou projektu a sériovým číslem. Po určitém počtu lakovacích lázní je však potřeba stojan zbavit nanesených vrstev barvy, což je provedeno odlakováním. Za účelem snadné identifikace se stojany určené k odlakování označují červeným NOK štítkem. NOK štítek na stojanech zůstává do doby, než jsou po vyjmutí všeho materiálu odvezeny právě na pracoviště odlakování. Umístěný stojan k odlakování v prostoru parkoviště stojanů v následujícím obrázku 16.



Obrázek 16 Stojan s červeným štítkem s upozorněním na nutnost odlakování

(zdroj: vlastní)

V následujícím obrázku 17 je patrný zvrásněný povrch lakovacího stojanu. Daný stojan je po vyprázdnění nutné odvést na odlakovací stanoviště. S opakovaným procesem lakování lze s přibývajícemi vrstvami sledovat vrásnění povrchu stojanů. Loupající se vrstvy laku by mohly způsobit znehodnocení lakovací lázně.



Obrázek 17 Zvrásněný povrch lakovacího stojanu po opakovaném procesu lakování

(zdroj: vlastní)

Detailní zobrazení v obrázku 18 poukazuje na nedostatečné uchycení červeného štítku zastaveného stojanu. Červený štítek je ke stojanu přichycen pouze centimetr širokým pruhem lepicí pásky. V případě manipulace, zejména při jízdě milk-run vláčku, se může úzký pruh lepicí pásky odlepit a tím štítek upadnout. Vzniklá situace by měla za následek přimíchání NOK stojanu mezi OK stojany. Opětovný proces máčení stojanů v lakové lázni by zapříčinil nadbytečnou kontaminaci lakovací lázně odlupujícím se navrstveným lakem.

*Číslo materiálu / Material #	QIM/QM-Číslo hlášení / QIM/QM-Order #	*Množství / Quantity	*Datum / Date
Doplnění údajů (tiskovým písmem)			
*Důvod / Reason			
Seřizovač		Stojan na Odlakování	
Podrobnosti Popis chyby; důvod / Defect description; Reason for Hold		Další postup / označte, je-li to relevantní Next Step / mark applicable box with "X"	
Šarže / Batch:		Přepřevádění / Rework	X
Vrátit na KTL2 (Nová lakovna)		Vrácení KTL2 / Return to KTL2	X
(* Povinná informace / Mandatory)			

Obrázek 18 NOK štítek stojanu k odlakování

(zdroj: vlastní)

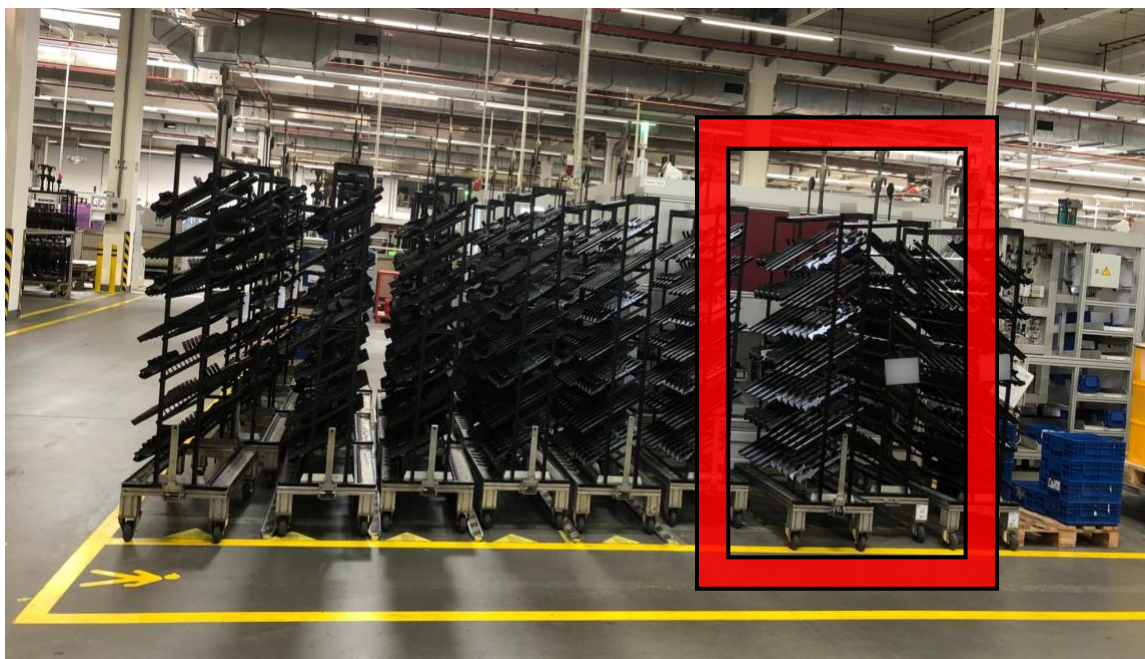
Důsledkem přimíchání vadně nalakovaného vstupního materiálu na vstupu linky má za následek buď zvýšení prostojů (separování, označování a odkládání NOK materiálu), vznik zmetkové výroby nebo i finanční škoda na lakovně. Autor také apeluje na fakt, že v dané situaci dochází k výrobě falešných OK kusů. Statisticky jsou uvedeny jako OK, za NOK však můžou být označeny až zpětně při reklamaci, tedy externí reklamaci zákazníkem.

Autor považuje za kritické uvést, že kolejnice jsou lidským zrakem vizuálně kontrolovány před založením do první stanice linky. Obsluha je školená v oblasti rozeznání povrchových vad vstupního materiálu. Nicméně, lze s ohledem na kvalitu výroby považovat kontrolu lidskými smysly za statisticky neuspokojivou. Žádná stanice linky totiž neumožňuje kamerovou kontrolu povrchové úpravy.

Samotný štítek označující stojany k odlakování neobsahuje podstatné údaje. Důležitým údajem je zejména jednoznačná identifikace stojanu. Odpovědná osoba však nevyplnila veškerá povinná pole.

7.3.3 Zamezení přístupu k elektrickému rozvaděči zaparkovanými stojany

Nedostatek organizace a prostoru má za důsledek opakované umístování stojanů do přímé blízkosti elektrického rozvaděče strojního zařízení Round Table. V případě krizové situace umístěné stojany znemožňují přístup k hlavnímu vypínači. Stojany by bylo nutné v případě nouze nejprve odsunout, rozvaděč je však skrze stojany špatně viditelný. V krizové situaci by mohlo nastat, že obsluha nenalezne hlavní vypínač stroje, kvůli blokování přístupu k rozvaděči. Znepřístupnění elektrického rozvaděče nevhodným umístěním lakovacích stojanů neodpovídá normě o umožnění otevření dveří elektrického rozvaděče v úhlu minimálně 90 stupňů. Nařízení vlády ve formě státní technické normy ČSN 33 2000-7-729 je blíže specifikováno v kapitole 4.2. Odhalené blokování rozvaděče následuje v následujícím obrázku 19.



Obrázek 19 Znepřístupnění rozvaděče stroje Round Table

(zdroj: vlastní)

V následujícím obrázku 20 je zobrazen hlavní vypínač stroje. Je nezbytné, aby byl k vypínači volný přístup. V případě nouze, poruchy, požáru či zasažení obsluhy elektrickým proudem může kvůli znepřístupnění rozvaděče dojít k ohrožení zdraví osob i poškození výrobních zařízení.



Obrázek 20 Blokováný rozvaděč stroje RoundTable

(zdroj: vlastní)

7.4 Interní audit značení a umístění materiálů

Za účelem odhalení nesprávného, či chybějícího značení byl autorem v rámci analýzy současného stavu proveden interní audit. Pro upřesnění, na pracovišti se nachází celkem 45 materiálů. Velká část materiálů je rozlišena na levé a pravé, což nebylo zaznamenáno v ABC analýze (kapitola 7.2.1, tabulka 6). Důvěrná data, zejména dodavatele a čísla materiálů, bylo nutné cenzurovat. Souhrn zjištěných nedostatků následuje v tabulce 8 na straně 77. Byly zjištěny neshody ve značení a umístění materiálů v oblasti:

- štítků s označením materiálu na stanicích;
- štítků logistických regálů;
- kanban karet.

7.4.1 Štítky na stanicích

O štítcích umístěných na stanici lze tvrdit, že jejich nesprávnost může ovlivnit výrobní proces. V případě nesprávného označení materiálu by obsluha mohla do přípravku založit například shodně vypadající materiál. Založení nesprávného dílu do přípravku by však bylo zaznamenáno soustavou čidel a senzorů, spuštění chodu stroje v takové situaci není umožněno. Operátor je o nesprávném založení informován hláškou na programovatelném logickém automatu PLC. Nicméně, uvedené pochybení by způsobilo nárůst času nepřidávajícího hodnotu, tedy snížení ukazatele OEE. V následujícím obrázku 21 je předložena ukázka nevhodného značení pozice/skluzu pro KLT s materiálem na stanici.



Obrázek 21 Nevhodné značení pozice materiálu na stanici AP1

(zdroj: vlastní)

V následujícím obrázku 22 jsou zaznačeny odhalené neshody na stanici AP3. Bylo odhaleno chybějící značení skluzu a nečitelné značení přihrádky. Za diskutabilní lze považovat označení přihrádky s prázdnou pozicí. Dle obrázku je patrné, že operátoři danou přihrádku využívají pro ukládání stejného materiálu, který se nachází ve vedlejší přihrádce. Bylo by vhodné pozici označit štítkem s daným číslem materiálu. V takovém případě by bylo nutné změnit nastavení rozsvěcení indikátoru. Kulatý indikátor pod štítkem se rozsvěcí zeleně u materiálu, jež má být operátorem založen. Vhodnější by bylo dvě přihrádky sjednotit a použít pouze jeden indikátor, aby dva indikátory nemátly k založení dvou kusů namísto jednoho.



Obrázek 22 Nevhodné značení pozic materiálů na stanici AP3

(zdroj: vlastní)

7.4.2 Štítky logistických regálů

Validita údajů na logistických regálech je důležitá jak pro správné uložení, tak i pro správné odebrání KLT s materiálem. Do regálů jsou materiály vkládány manipulanty milk-run vláčeků, odebrány jsou obsluhou výrobní linky. V případě chybného, či chybějícího označení dochází s dezorganizací. Nesprávně uložené KLT v regálech by vedlo ke v pozitivním scénáři k pouhému zmatení obsluhy. V pesimistickém scénáři by obsluha do stroje založila nesprávný díl, čímž dochází k prostoji.

7.4.3 Kanban karty přepravek

Kanban karty jsou na přepravky s materiálem tisknuty a nalepeny v plně automatizovaném skladu. Patříčné údaje, jako například datum a čas, jsou do daných karet vtištěny automatizovaně. Údaje o čísle materiálu, souřadnicích, či označení regálu však automatizovaný sklad tiskne na základě předem zadaných dat. V případě chybných údajů karty může dojít ke zmatení obsluhy milk-runu, a tedy k uložení přepravky s materiálem do nesprávného regálu. Nesprávně umístěná přepravka s materiálem obsluhuje linky způsobí prostoj kvůli hledání materiálů, což bude reflektováno v OEE.

7.4.4 Vyhodnocení interního auditu značení a umístění materiálu

V uvedené kapitole budou shrnuty odhalené neshody ve značení a umístění materiálů. Konkrétně byly kontrolovány štítky na stanicích a na regálech. Taktéž byly kontrolovány údaje kanban karet. Uvedené vyhodnocení slouží jako návrh na nápravu neshod.

V následující tabulce 8 jsou uvedeny zjištěné nedostatky. Přesný popis nedostatků také představuje návrh na nápravu uvedených neshod.

Tabulka 8 Návrh na nápravu nedostatků ve značení a umístění materiálů

MATERIÁL	ZJIŠTĚNÝ NEDOSTATEK	STANICE / REGÁL
Alu spacer před.	Poškozený, nečitelný štítek na stanici	AP1
Nýt spaceru před.	Poškozený, nečitelný štítek na stanici	AP1
Držák koberce před.	Chybějící štítek na stanici	AP3
braket	Poškozený, nečitelný štítek na stanici	AP3
Roletka man RH	Poškozený, nečitelný štítek na stanici	Montáž kolej.
Kulička prům. 7,3	Ve štítku na regálu označena stará verze materiálu; Kanban karta má nesprávné označení pozice regálu	Regál 1
Nýt endstop šín	Kanban karta má nesprávné označení pozice regálu	Regál 2
Kulička prům. 7,0		
Špagetka bílá		
Kess LH		
Kess RH		
Buchsa šínová		
Alu spacer před.	Chybějící štítek na logistickém regálu	Regál 7
Nýt spaceru dlouh.	KLT umístěny v nesprávném skluzu	Regál 7
Držák manuál	Chybějící kanban karta u plné KLT	Regál 7
Držák špindlu před.	Nečitelné údaje na štítku materiálu na logistickém regálu; kanban karta má nesprávné označení pozice regálu	Regál 7
Držák koberce před.	Nečitelné údaje na štítku materiálu na logistickém regálu	Regál 7
Cover plate	KLT umístěny v nesprávném skluzu	Regál 7

(zdroj: vlastní)

8 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY

V kapitole 7.1.1 na straně 50 byl uveden důvod, proč byla výrobní linka autorem k racionalizaci určena. Linka byla určena na základě dlouhodobého nedodržení cíle ukazatele OEE 85 %. Průměrné prostoje na 8hodinovou směnu činily před racionalizací 171,6 minut, tedy téměř 38 % směny (s. 50, tabulka 4). V úvodní části analýzy současného stavu v kapitole 7.1 byly představeny úvodní informace k pojednávané výrobní lince. Následně byla v kapitole 7.2 na straně 55 a 56 pomocí Ishikawova diagramu a metody 5x proč identifikována místa pro racionalizaci. Respektive byla nalezena příčina ovlivňující klíčový ukazatel OEE. Kořenová příčina byla stanovena na plýtvání v oblasti doplňování materiálu. Následuje vypracování ABC analýzy spotřeby nosičů materiálu v kapitole 7.2.1 na straně 57. Byla také vypracována analýza četnosti doplňování materiálu, jež odhalila nejčastěji doplňované materiály dle jednotlivých stanic (s. 59, tabulka 7). K vizualizaci pohybů pracovníka byly následně použity špagetové diagramy. (s. 61 až 66)

Byly sledovány dva odlišné způsoby doplňování materiálu, a sice:

- Částečný cyklus doplnění při zásobě KLT ve skluzech: Načtení Kanban karty, odnos prázdné KLT a následně návrat na pracoviště.
- Kompletní cyklus doplnění po vyčerpání zásoby KLT ve skluzech: Načtení Kanban karty, odnos prázdného nosiče, chůze k regálu s materiálem za linkami, doplnění jednoho či více KLT do skluzů linky a následně návrat na pracoviště.

Špagetové diagramy (s. 61 až 66) znázorňují plýtvání v podobě nadbytečných kroků směrem ke kanban čtečce na stanici Round Table. Se čtečkou musí být po každém spotřebovaném nosiči objednan materiál. Nevýraznější plýtvání je zaznamenáno na úzkém místě AP3 (obrázek 14, s. 66).

Shrnutí nutného počtu kroků částečného způsobu doplnění je shrnuto v následující tabulce 9. Počet náměrů poskytl relevantní soubor dat pro uvedení průměrného počtu kroků pro doplnění. Stanice, jež jsou využity při výrobě high-runneru jsou označeny „H-R“. Největší počet náměrů byl realizován u úzkého místa AP3, a také u AP2. Operátor musí pro pouhé načtení kanban karty přejít celou délku jádra linky.

Tabulka 9 Shrnutí analýzy částečného cyklu doplnění materiálu před racionlizací

Načtení Kanban, odnos prázdného nosiče a návrat ke stanici bez doplnění materiálu			
OPERÁTOR	STANICE	PRŮMĚRNÝ POČET KROKŮ	POČET NÁMĚŘŮ
č. 1	Mon. kolej. (H-R)	-	-
č. 2	Round Table	16	17
č. 2	AP1 (H-R)	15	23
č. 3	AP2 (H-R)	20	42
	AP3 (H-R)	24	44
č. 4	AP4	40	16

(zdroj: vlastní)

Shrnutí nutného počtu kroků pro kompletní cyklus doplnění materiálu následuje v tabulce 10. U dané tabulky platí stejné zásady, jako bylo uvedeno k předchozí tabulce 9. Nadměrný počet kroků od stanic AP2 i AP3 při načítání kanban karty byl u kompletního cyklu také pozorován. Lze tak pozorovat ve špagetových diagramech v obrázcích 13 a 14 na straně 65 a 66.

Tabulka 10 Shrnutí analýzy kompletního cyklu doplnění materiálu před racionlizací

Načtení Kanban, odnos prázdného nosiče, doplnění materiálu a návrat ke stanici			
OPERÁTOR	STANICE	PRŮMĚRNÝ POČET KROKŮ	POČET NÁMĚŘŮ
č. 1	Mon. kolej. (H-R)	57	17
č. 2	Round Table	16	12
č. 2	AP1 (H-R)	52	18
č. 3	AP2 (H-R)	49	32
	AP3 (H-R)	52	33
č. 4	AP4	70	13

(zdroj: vlastní)

Následuje zjištění, které souvisí s doplňováním materiálu kolejnice. Kolejnice jsou na základě ABC analýzy (kapitola 7.2.1, s. 57) materiál s nejvyšším počtem doplňování,

respektive s nejvyšší spotřebou nosičů (s. 59, tabulka 7). Pohyb při doplňování je znázorněn ve špagetovém diagramu na straně 61 v obrázku 9. Uvedené parkoviště lakovacích stojanů není nikterak organizováno, stojany s jednotlivými variantami kolejnic jsou tedy smíchány, respektive náhodně umísťovány. Pracovníci první stanice jsou proto nuceni na parkovišti hledat stojan jedné ze 14 variant kolejnic. Identifikace správného materiálu je možná pouze přečtením papírového štítku na čelní straně stojanu. Primární příčina nemožnosti parkoviště organizovat byla určena na nárůst vyráběných variant. Parkoviště bylo v době vývoje konceptu linky uzpůsobeno na razantně méně variant. Parkoviště bylo koncipováno na 5 variant, tedy na 10 variant při levé i pravé straně. Nyní je na lince vyráběno 7 variant, celkem tedy 14 variant včetně levých a pravých stran. Neorganizace parkoviště může ovlivnit ukazatel OEE, jelikož vzniklé prostoje potenciálně omezují množství výstupu linky.

Následují zjištění odhalená v rámci interního auditu výrobní linky. Nedostatečná kapacita parkoviště je příčinou dalších dvou odhalených neshod. Přesněji dochází k umísťování stojanů do pěších prostor za stanicí Round Table (s. 68, obrázek 15), a čímž je také blokován elektrický rozvaděč uvedené stanice (s. 72, obrázek 19). Chodci jsou nuceni stojany obcházet po dopravní uličce, čímž vzniká nebezpečí pro zdraví osob. Obsazení pěšího prostoru neodpovídá normě ČSN 26 9010 o šíři uliček a pěších prostor. Nevhodné parkování stojanů způsobuje zablokování přístupu k elektrickému rozvaděči stroje Round Table. Znepřístupnění elektrického rozvaděče neodpovídá normě ČSN 33 2000-7-729.

Následujícím zjištěním je nevhodným způsobem označený stojan určený na odlakování (s. 66, obrázek 17). Identifikační štítek neobsahuje klíčové údaje o stojanu, proto stojan nelze po upadnutí štítku identifikovat (s. 71, obrázek 18). Při upadnutí nevhodně uchyceného štítku by stojan mohl být omylem vrácen zpět do lakovacího cyklu. Daný scénář může mít za důsledek kontaminaci lakovací lázně, přičemž škody mohou dosahovat vyšších stovek tisíc Kč bez DPH.

Interní audit následně odhalil neshody v uložení, či ve značení materiálů. Byly zjištěny špatně vyplněné, neúplné, či chybějící označení interních či logistických regálů. Shrnutí neshod ve značení a umístění materiálů na straně 77 v tabulce 8. Neshody snižují míru organizace pracoviště. Dané neshody neodpovídají standardu 5S, čímž se snižuje hodnocení při pravidelných interních i externích auditech.

Odhalené nedostatky provedenou analýzou současného stavu jsou shrnuty v následující tabulce 11.

Tabulka 11 Shrnutí identifikovaných nedostatků z analýzy současného stavu

NEDOSTATEK	PODROBNÝ POPIS	ZPŮSOB IDENTIFIKACE	OVLIVNĚNÝ UKAZATEL
Plýtvání ve formě nadměrných kroků při doplňování materiálů.	Při doplnění materiálu na stanicích AP1-4 operátor načítá materiál na čteče kanban u stroje Round Table. Dané plýtvání prokazatelně snižuje OEE.	ABC analýza, 5x proč, snímkování, špagetový diagram	OEE
Znepřístupnění chodníku pro pěší neodpovídá ČSN 26 9010.	Stojany s kolejnicemi jsou opakovaně umísťovány do prostoru pro chodce.	Interní audit	Hodnocení interních i externích auditů, úrazovost
Přístup k elektrickému rozvaděči neodpovídá ČSN 33 2000-7-729.	Umísťované stojany opakovaně blokují rozvaděč stanice Round Table. Dvířka rozvaděče se musejí dát otevřít v úhlu minimálně 90 °.	Interní audit	Hodnocení interních i externích auditů, úrazovost
Možnost vzniku zmetkovitého materiálu z předchozího procesu lakování kolejnic.	Nevhodně označené stojany k odlakování. Stojan nelze identifikovat, štítek neobsahuje klíčové údaje. Při upadnutí štítku je stojan přimíchán do lakovacího cyklu.	Interní audit	Kvalita lakování, náklady na provoz lakovny
Nevhodné značení a umístění materiálů.	Neshody ve značení materiálů, pozic materiálů, logistických regálů i kanban karet.	Interní audit	Hodnocení interních i externích auditů

(zdroj: vlastní)

9 PROJEKTOVÉ ŘEŠENÍ

V úvodní podkapitole je vypracován cíl projektu prostřednictvím metody SMART, pomocí níž jsou stanovena jednotlivá specifika projektu. V druhé podkapitole je pozornost věnována analýze rizik RIPRANTM, a to za účelem finančního vyhodnocení dopadu rizik na projekt. Třetí podkapitola je věnována SWOT analýze kladných a negativní aspektů. Čtvrtá kapitola je zaměřena na časový harmonogram. Závěrem projektové části jsou klíčové aspekty projektu zpracovány do logického rámce. Při zpracování je čerpáno z literární rešerše vypracované v kapitole 5.

9.1 Cíl projektu podle metody SMART

Autorem je nyní aplikována metoda SMART pro projekt racionalizace. Za účelem správného průběhu projektu je esenciální vhodně definovat zásady projektu.

9.1.1 Specific

Cílem práce je provést projekt na racionalizaci výrobní linky sedadlových kolejnic pro sedadla první, druhé a třetí řady, a to za účelem zvýšení OEE. Sekundárním cílem je snížit počet kroků při doplňování materiálu na úzkém místě. Dalším cílem je předložit doplňkové návrhy.

9.1.2 Measurable

Za klíčové ukazatele je primárně považováno zvýšení celkové efektivity zařízení o 10 %. Sekundárním ukazatelem je snížení kroků pracovníka při manipulaci s materiálem na úzkém místě o 30 %. Dalším ukazatelem je předložení 4 doplňkových návrhů.

9.1.3 Accurate

Identifikace a následná eliminace plýtvání, či nevyhovujícího stavu linky může být zajištěna úpravou layoutu výrobní linky, úpravou nástrojů štíhlé výroby, či přeškolením pracovníků. Racionalizační opatření povedou ke snížení prostojů na úzkém místě. Ukazatel OEE je kladně ovlivněn zvýšením výkonnosti a dostupnosti linky. Zvýšením uvedených ukazatelů je následně dosaženo zvýšení klíčového ukazatele OEE.

9.1.4 Relevant

Racionalizace výrobní linky výroby sedadlových kolejnic s sebou váže nutnou znalost využití nástrojů průmyslového inženýrství a štíhlé výroby. Optimalizace výrobních procesů, eliminace plýtvání a zvýšení klíčových ukazatelů jsou ve společnosti ožehavými tématy. Společnost cílí na úroveň OEE 85 % na všech výrobních linkách. Na pojednávané lince je tedy nutné OEE zvýšit o 10 %. Úrovně OEE 85 % běžně dosahují ostatní výrobní systémy ve společnosti.

9.1.5 Time-bound

Harmonogram projektu vymezuje počátek k 1. červenci roku 2023. Implementace návrhů je stanovena na měsíc říjen roku 2023. Následuje období sledování realizovaných opatření, jenž bude trvat od implementace v říjnu 2023 do prosince 2024. Projekt bude dokončen v lednu 2025.

9.2 RIPRAN

K analýze rizik ovlivňující racionalizační projekt byla využita metoda RIPRAN. Hlavním cílem aplikace metody bylo objektivně porovnat jednotlivé hrozby a zároveň vyhodnotit celková rizika. Ke stanovení míry rizik byla využita matice v tabulce 12, jež porovnává celkové dopady a míry pravděpodobnosti rizika.

Tabulka 12 Matice RIPRAN

		PRAVDĚPODOBNOST		
		Malá	Střední	Velká
D O P A D	Malý	Malé riziko	Malé riziko	Střední riziko
	Střední	Malé riziko	Střední riziko	Velké riziko
	Velký	Střední riziko	Velké riziko	Velké riziko

(zdroj: vlastní zpracování dle RIPRAN, 2025)

Výskyt rizika lze kategorizovat následovně:

- malá pravděpodobnost odpovídá 0 až 25 %;
- střední pravděpodobnost odpovídá 25 až 50 %;
- velká pravděpodobnost odpovídá 25 až 100 %.

Přičemž dopad na průběh projektu autor uvádí následovně:

- malý dopad může negativně ovlivnit harmonogram, nemá však vliv na finanční aspekt racionalizačního projektu;
- střední dopad může negativně ovlivnit harmonogram, a také může negativně ovlivnit finanční aspekt racionalizačního projektu;
- velký dopad může ohrozit existenci projektu i narušit správné fungování výrobní linky.

Výsledkem provedené analýzy bylo porovnání, jaká hrozba představuje riziko pro správný průběh a dokončení projektu. Za největší hrozbu byl v tabulce 13 určen scénář, kdy by zaměstnanci nebyli ochotní akceptovat změny v procesech. Jednotlivá rizika a scénáře jsou popsány v následujících podkapitolách. Autorem budou uvedeny i návrhy na opatření ke snížení rizika.

Tabulka 13 RIPRAN analýza

HROZBA	SCÉNÁŘ	PRAVDĚ- PODOBNOST	DOPAD	CELKOVÉ RIZIKO
Neochota zaměstnanců akceptovat procesní změny	Zaměstnanci budou nové procesní změny ignorovat	STŘEDNÍ	VELKÝ	VELKÉ
Zamítnutí implementace racionalizačních návrhů vedoucími	Implementace racionalizačních opatření je zamítnuto	MALÁ	VELKÝ	STŘEDNÍ
Implementovaná nefunkční racionalizační opatření	Implementace racionalizačních opatření bude mít zanedbatelný vliv na výši ukazatele OEE	STŘEDNÍ	STŘEDNÍ	STŘEDNÍ
Ignorace přeškolení ze strany zaměstnanců	Zaměstnanci přeškolení ke změnám ignorují	STŘEDNÍ	MALÝ	MALÉ
Úprava layoutu ve výrobních prostorách	Daný projekt výroby sedadel je nutno přesunout v rámci haly, nebo zcela relokovat do jiného výrobního závodu	STŘEDNÍ	MALÝ	MALÉ
Příchod krize v automobilovém průmyslu	Zákazníci projektu reagují snížením poptávky na výrobu sedadel	MALÁ	STŘEDNÍ	MALÉ
	Zákazníci projektu vyvolají předčasné ukončení projektu výroby sedadel	MALÁ	STŘEDNÍ	MALÉ

(zdroj: vlastní)

9.2.1 Velká rizika

Za velké riziko je vyhodnocena případná neochota zaměstnanců akceptovat procesní změny. Zaměstnanci, v daném kontextu operátoři výroby, tráví v prostředí výrobních procesů celou 8hodinovou směnu. Zejména v prostředí výrobní linky, pracovních stanic i přilehlých materiálových regálů. Operátoři také mohou mít své zažité postupy, které se od předepsaných postupů mohou lišit. Přirozená tendence některých osobností „dělat věci po svém“ může v komplexnějších výrobních linkách způsobit nesoulad. Zejména v porovnání MTM analýzy (dle níž je stanovena norma) a skutečně potřebného času k výrobě jednoho kusu. Důsledkem bývá zpravidla nízká míra OEE. V horším případě by OEE klesalo pod cíl 85 %, k čemuž ostatně dochází na pojednávané výrobní lince. Přizpůsobování si vedlejších procesů, zejména doplňování materiálu, se dle zkušeností autora týká nejen operátorů nováčků. Týká se také i zkušených operátorů s mnohaletou praxí s výrobními linkami. Opatřením pro snížení rizika bude průběžná konzultace s operátory, jelikož jsou důležitou

součástí výrobního procesu. Ostatně, samotní operátoři mohou sdělovat své návrhy, podněty i zpětnou vazbu. Právě zpětná vazba od samotných operátorů bude klíčová pro snížení pojednávaného rizika. Po implementaci racionalizačních opatření budou proškolení stávající i nově příchozí operátoři.

9.2.2 Střední rizika

Za střední riziko je určeno zamítnutí implementace racionalizačních návrhů ze strany vedoucích zaměstnanců. Ačkoliv je riziko označeno za málo pravděpodobné, dopad na projekt je velký. Pokud by musel být projekt ukončen, problém s výší OEE pod cílovou hranicí 85 % by nebyl vyřešen. Snížená výkonnost linky by v případě vysoké poptávky zákazníka musela být kompenzována zavedením dodatečných 3 směn v sobotu, či dalších 3 směn v neděli. Klíčové bude vedení odprezentovat náklady a přínosy projektu i prognózu zvýšení OEE. Ostatně, optimalizační návrhy s žádnými, nebo nízkými investicemi mají vyšší pravděpodobnost ke schválení vedoucími pracovníky. Autor poznamenává, že optimalizační návrhy s dobou návratností investice přes 2 roky jsou vedoucími pracovníky zpravidla kategoricky odmítány.

Implementace nefunkčních racionalizačních opatření je vyhodnocena se středním rizikem. Jestliže by autor práce aplikoval nesprávně fungující zlepšení, mělo by to za důsledek snížení míry organizace a efektivity linky. Střední pravděpodobnost i dopad upozorňují na možnost narušení výsledku projektu. Bude proto esenciální provést objektivní analýzu, přičemž jednotlivé racionalizační návrhy lze konzultovat primárně s vedoucími zaměstnanci, ovšem také s operátory výroby.

9.2.3 Malá rizika

Ignorance školení ze strany zaměstnanců má střední pravděpodobnost, avšak pouze malý dopad. Bude však nutné definovat správné oblasti pro přeškolení. Autor v daném bodě vnímá spojitost s již uvedeným scénářem, kdy operátoři odmítají přistoupit k novým změnám. Důležitým přístupem budou časté konzultace a naslouchání ke zpětné vazbě a podnětům od operátorů.

V dalším bodě se jedná buď o změnu layoutu, o pouhé přemístění linky v rámci haly, nebo o relokaci výrobní linky do jiného výrobního závodu z důvodu vnějších vlivů. Dokončení implementace racionalizačních opatření je stanoveno na říjen 2023. Po implementaci opatření již může být linka relokována, jelikož jsou implementované opatření

ukotvené ve výrobním procesu. Součástí předání jinému záводу budou i záznamy o změnách, včetně příčinných školení.

V době zpracování projektu byla pravděpodobnost vzniku krize v automotive odvětví malá, přičemž dopad na projekt je střední. Mohou také nastat dva scénáře. Zákazník může na krizi reagovat buď snížením poptávky po sedadlech, v horším případě může vyvolat předčasné ukončení projektu výroby sedadel. Jedná o scénáře, které autor práce může v rámci projektu ovlivnit pouze na základě výše investice racionalizace. Respektive, racionalizační opatření s nízkými investicemi mohou zmírnit případnou finanční ztrátu.

9.3 SWOT analýza

Za účelem odhalení silných a slabých stránek, příležitostí a hrozeb je provedena SWOT analýza. Autor analýzu aplikoval pro výrobní tým. Popsání jednotlivých skupin následuje v následujících podkapitolách.

Tabulka 14 SWOT analýza výrobního týmu

SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
Zkušení členové	Nedostatek kapacity ke zlepšování procesů
Rychlé řešení problémů	Provozní slepota
Zájem o zlepšení zavedených procesů	Neefektivní lessons-learned
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
Získání nových projektů	Nárůst konkurence
Nové technologie v oblasti automatizace	Krize v automotive průmyslu
Nové výrobní technologie	Krize na trhu práce

(zdroj: vlastní)

9.3.1 Silné stránky

Zkušení členové jsou klíčovým jádrem výrobního týmu, jelikož hrají důležitou roli při podpoře sériové výroby i náběhu nových výrobních linek. Společnost Brose vyvíjí snahu o získání interních zaměstnanců, jelikož znalost konkrétního výrobního procesu umožňuje členům pružněji a přesněji reagovat na vzniklé problémy. Vedoucí výrobního týmu aktivně vyhledává možnosti ke zlepšení stávajících procesů. Následuje však slabá stránka, která hnutí ke zlepšování velmi omezuje.

9.3.2 Slabé stránky

Nedostatečné množství volného časového prostoru členů týmu a přísné finanční metriky k zavedení zlepšení mohou představovat ztrátu potenciálu k úsporám. Členové týmu, jež jsou praktickou součástí téměř neměnných výrobních procesů, častěji podléhají provozní slepotě při hledání potenciálních optimalizací. Slabou stránkou výrobních týmů bývá neefektivní předávání lessons-learned.

9.3.3 Příležitosti

Mezi příležitostmi je zařazen potenciál k získání nových projektů. Výrobní tým má zásadní podíl v udržování nejen principů štíhlé výroby, ale i celkového stavu linek. Kladný výsledek zákaznického, či IATF 16949 auditu je potvrzením udržovaných a správně nastavených procesů. Objev nových technologií umožňuje zvýšit míru automatizace. V určitých konceptech však plně automatizovaná stanice může ve srovnání s tou neautomatizovanou obsazovat více výrobní plochy.

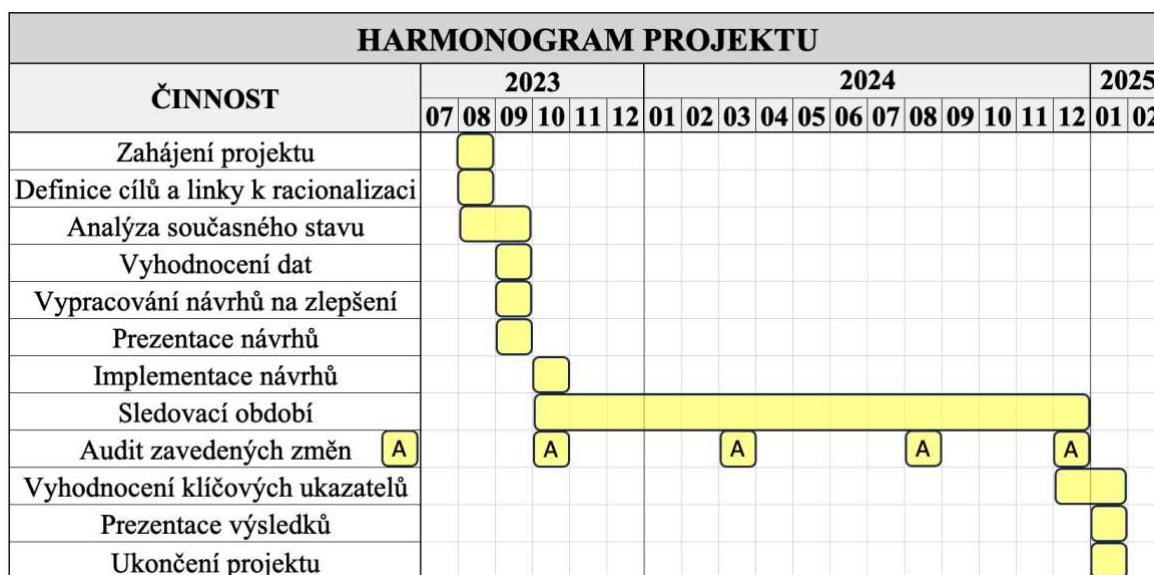
9.3.4 Hrozby

Správnou funkci výrobního týmu by mohl ohrozit případný nárůst konkurence. Krize v automotive průmyslu by měla dlouhodobý vliv na činnost celé skupiny Brose, i výrobního týmu. Nedostatek kvalifikovaných pracovníků by mohl narušit činnost výrobního oddílu. Nicméně, dále by krize na trhu práce prohlubovala nedostatek kapacity ke hledání potenciálních úspor.

9.4 Harmonogram projektu

Racionalizační projekt byl zahájen v srpnu roku 2023. V témže měsíci byly také definovány cíle dle aktuálních potřeb výrobního týmu, přičemž byl projekt konzultován s vedoucím výrobního týmu i průmyslovým inženýrem. V daném měsíci také započalo analyzování současného stavu, jež trvalo do září 2023. V měsíci září roku 2023 byla vyhodnocena sesbíraná data, byly vypracovány a prezentovány racionalizační návrhy vedoucímu výrobního týmu. Po schválení vedoucím týmu byly v říjnu roku 2023 implementovány racionalizační opatření.

Od října 2023 do prosince 2024 probíhalo sledovací období v délce 15 měsíců za účelem prokazatelného ověření pozitivního vlivu racionalizace na ukazatel OEE. V říjnu 2023, dále v březnu, srpnu a prosinci 2024 byly provedeny audity implementovaných opatření. Audity byly především zaměřeny na diskusi, workshop a získávání zpětné vazby od zúčastněných pracovníků. Vyhodnocením dat od prosince 2024 do ledna 2025 byla statisticky potvrzena úspěšná, dlouhodobá implementace zlepšení. Ukončení projektu následovalo po prezentaci výsledků vedoucímu týmu i vedoucímu diplomové práce v lednu 2025. Harmonogram následuje v obrázku 23.



Obrázek 23 Harmonogram projektu

(zdroj: vlastní)

9.5 Logický rámec projektu

Autorem je logický rámec uveden v následující tabulce 16. V logickém rámci projektu je specifikován hlavní cíl, ukazatele, výstupy a klíčové činnosti projektu. Pro dané parametry jsou také autorem uvedeny předpoklady i ověřovací zásady. Úvodním předpokladem pro počátek projektu je jeho schválení vedoucím výrobního týmu. Cílem projektu je racionalizovat výrobní linku s cílem zvýšit OEE o 10 %. Vedlejším cílem je snížení kroků k doplnění materiálu na úzkém místě o 30 %. Cílem výstupu projektu jsou další 3 návrhy. K vytvoření znalostní báze je další výstup stanoven na vytvoření literárního podkladu o délce alespoň 20 stran.

Tabulka 15 Logický rámec projektu

LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU			
CÍL	UKAZATEL	OVĚŘENÍ	RIZIKA
Racionalizace výrobní linky	Zvýšení OEE o 10 %	Kapitola 11.2	Nezájem vedení, nedostatek finančních prostředků výrobního týmu
	Snížení kroků k doplnění materiálu na úzkém místě o 30 %	Kapitola 11.1	
Doplňkové návrhy na zlepšení	Alespoň 3 návrhy	Kapitola 10.2, 10.3, 10.4	Nebjektivní analýza a syntéza, neznalost procesů
ČINNOST	VSTUPY	ČASOVÝ RÁMEC	PŘEDPOKLADY
Zahájení projektu	Kick-off schůzka	08/2023	Projekt schválen vedoucím týmu
Definice cíle a linky k racionalizaci	Data z MES	08/2023	Projekt úspěšně zahájen
Analýza současného stavu	ABC analýza, 5x Proč, Ishikawa a špagetový diagram	08/2023 až 09/2023	Definována linka k racionalizaci
Vyhodnocení dat	Data z analýzy	09/2023	Objektivní analýza
Vypracování návrhů na zlepšení	Syntéza a porovnání dat	09/2023	Objektivní syntéza
Prezentace návrhů	Vypracované návrhy	09/2023	Nalezeny potenciály k racionalizaci
Implementace návrhů	Schválené návrhy	10/2023	Návrhy schváleny vedoucím týmu
Sledovací období	Špagetový diagram a snímkování	10/2023 až 12/2024	Návrhy implementovány
Audit zavedených změn	Špagetový diagram a snímkování	10/2023, 03/2024, 08/2024, 12/2024	Návrhy implementovány
Vyhodnocení klíčových ukazatelů	Data ze sledovacího období	12/2024 až 01/2025	Objektivní sběr dat ve sledovacím období
Prezentace výsledků	Racionalizační návrhy, data z MES	01/2025	Správně definované cíle i výsledky projektu
Ukončení projektu	Potvrzené splnění cíle projektu	01/2025	Cíle projektu splněny

(zdroj: vlastní)

10 RACIONALIZAČNÍ OPATŘENÍ

Kapitola má za cíl provést racionalizaci výrobní linky, a to na základě zjištěných závěrů z analýzy současného stavu. V uvedené kapitole budou autorem specifikovány jednotlivé racionalizační opatření vedoucí buď ke zvýšení klíčového ukazatele OEE, ke zvýšení organizace pracoviště a bezpečnosti práce, či zlepšení ergonomie pracoviště. Na konci kapitoly budou předloženy statistické záznamy o celkovém zvýšení klíčového ukazatele OEE.

10.1 Optimalizace doplňování materiálu AP1, AP2, AP3 a AP4

Jak již bylo autorem v analytické části práce avizováno, docházelo k nadbytečnému pohybu obsluhy při doplňování materiálu. Nedostatek byl definován na základě výstupu z ABC analýzy, špagetového diagramu, 5x proč a Ishikawa diagramu. Na základě špagetového diagramů na straně 66 v obrázku 14 bylo odhaleno plýtvání zejména na úzkém místě. Následuje uvedení implementace návrhu na snížení kroků a času nutného k doplňování materiálů daných stanic.

10.1.1 Přidání Kanban čtečky na úzké místo AP3

První kanban čtečka, s níž je nutné při každém doplnění materiálu interagovat, je umístěna na odvrácené straně pracoviště u stroje Round Table. Na základě vypracovaných špagetových diagramů byla autorem nová čtečka umístěna na pravou stranu stanice AP3. Přímo na pravé straně stanice AP3 se také nachází většina materiálů pro stanice AP2 i AP3. Veškerý doplňovaný materiál již bude pomocí kanban čtečky objednáván přímo u úzkého místa. Bylo tak učiněno skrz princip eliminace úzkého místa. Operátor č. 2 stanic AP2 a AP3 tedy k doplnění materiálu ujde výrazně méně kroků. Přidání čtečky bude mít vliv zejména na snížení prostojů, tedy na zvýšení dostupnosti. Výkonnost by měla být ovlivněna jen mírně.

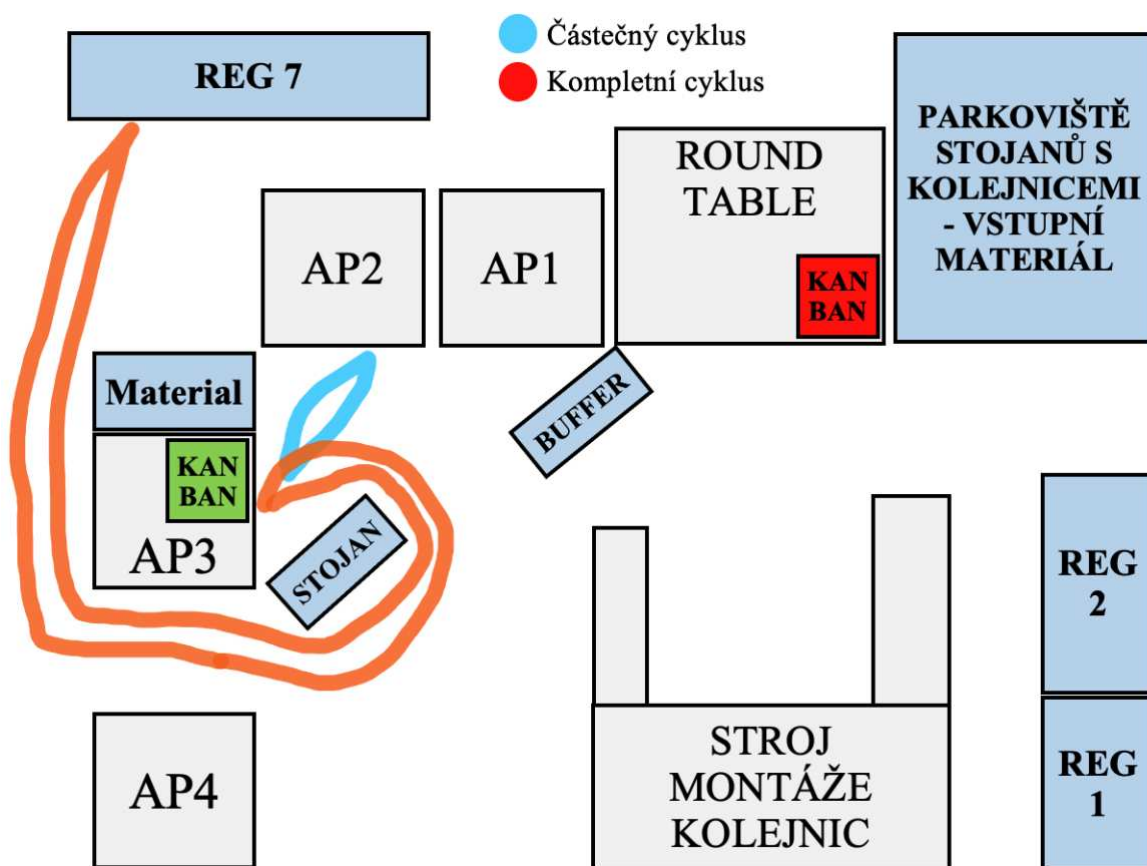
Pořizovací cena čtečky v roce 2023 v době implementace činila 13 500,- Kč bez DPH. Souběžně s umístěním čtečky je nutné proškolit obsluhu linky, současné i budoucí pracovníky, což bude specifikováno na dalších stranách. V obrázku 24 je zachycena nově nainstalovaná čtečka.



Obrázek 24 Nově implementovaná kanban čtečka na stroji AP3

(zdroj: vlastní)

Zpětná vazba od operátorů v době implementace čtečky byla velmi kladná. Operátoři si, dle jejich slov, na změnu rychle navykli. Operátoři taktéž uvedli, že úbytek kroků při 8hodinové směně vnímají znatelně. Kladnou změnu potvrdili také seřizovači linky, kteří se v prostoru linky pohybují většinu směny. Grafické znázornění pohybu pracovníka uvedeno v obrázku 25.



Obrázek 25 Špagetový diagram cyklu doplňování stanice AP3 po přidání Kanban čtečky

(zdroj: vlastní)

10.2 Návrh na nápravu neshod ve značení a umístění materiálů

Na základě analýzy současného stavu byly odhaleny neshody ve značení a umístění materiálů. Zjištěné neshody lze napravit na základě vyhodnocení interního auditu v kapitole 7.4.4 v tabulce 8. Návrh na nápravu odhalených neshod již byl uveden v analýze současného stavu, a nebude proto duplicitně uveden v současné kapitole. Náprava neshod by měla vliv na zvýšení organizace a uspořádání pracoviště.

10.3 Návrh optimalizace layoutu parkoviště stojanů s kolejnicemi

Jak bylo představeno v analytické části, výrobní linka se potýkala s nedostatkem prostoru pro stojany s kolejnicemi. Návrh na optimalizaci představuje řešení pro dva identifikované nedostatky. Návrhem bude eliminováno obsazování pěších prostor stojany, a také bude eliminováno blokování rozvaděče stanice Round Table. Nesystematičnost ve spojení se zbytečnými kroky při repetitivním doplňování materiálu představovalo potenciál pro racionalizaci. Frekvence doplňování 11 minut na základě svého častého opakování nabízí prostor i pro drobné optimalizace. Daná úprava layoutu má za cíl zvýšit kapacitu parkoviště stojanů, tedy zvýšit počet stojanů v bezprostřední blízkosti vstupu linky. Optimalizace nezvýší výstup na konci linky, jelikož je stroj montáže kolejnic limitován kapacitou úzkého místa. Návrh však zmírní ergonomickou zátěž, a také eliminuje již uvedené nedostatky odhalené v analýze současného stavu.

Součástí plánu je i úprava přilehlých regálů. Hlavní přínosy návrhu lze uvést následovně:

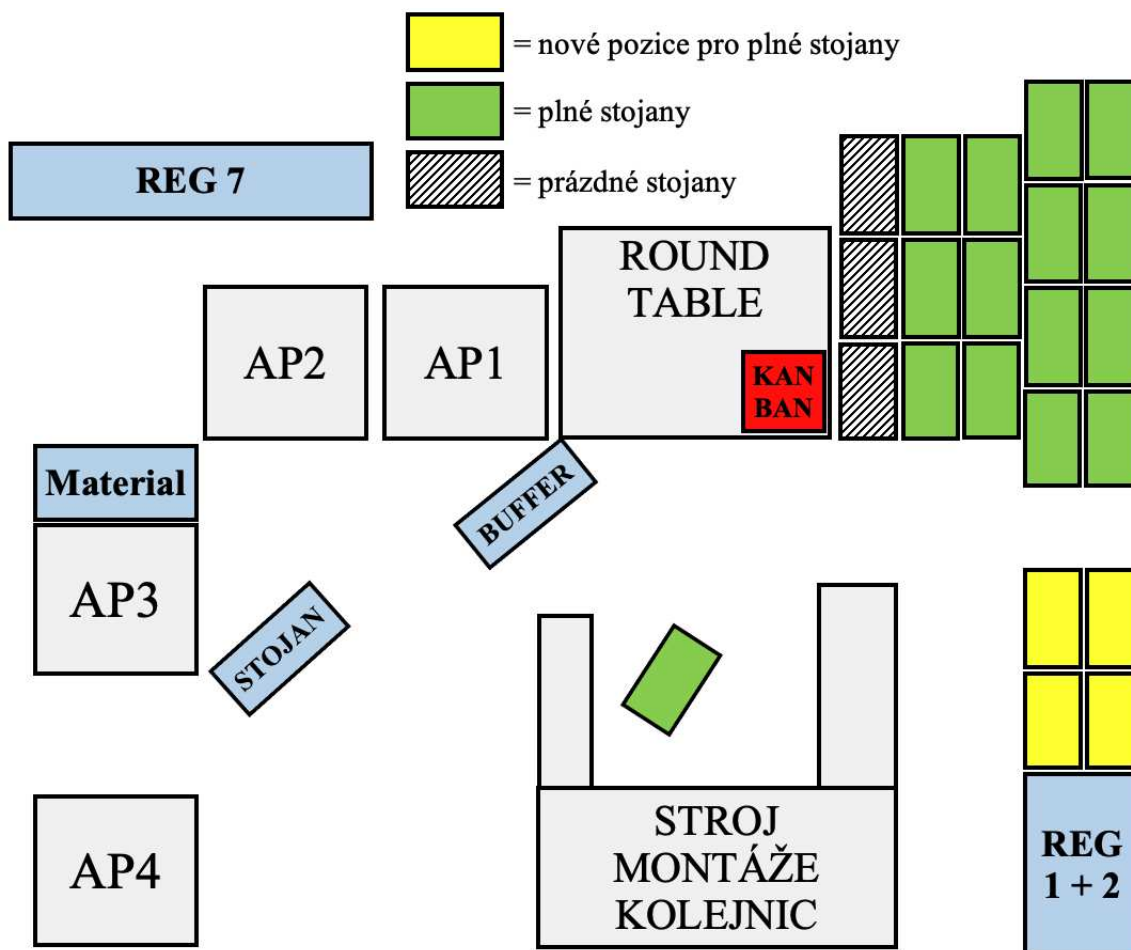
- snížení ergonomické zátěže při odebírání stojanů s kolejnicemi;
- zvýšením kapacity parkoviště stojanů bude eliminováno obsazování pěšího prostoru stojany;
- zvýšením kapacity parkoviště stojanů bude eliminováno blokování rozvaděče stroje Round Table.

10.3.1 Optimalizace odebírání stojanů pro stanici montáže kolejnic

Na straně 61 v obrázku 9 byl pomocí špagetového diagramu vyobrazen současný stav. Hlavní změnou je změna vyhrazených pozic pro parkování prázdných stojanů. V současném stavu jsou umístovány na pravé nejvzdálenější pozice. Pro optimalizaci je navrženo umístování na levých, nejbližších pozicích. Návrh by, ačkoliv jen mírně, snížil počet kroků nutných k odebírání a odkládání stojanů.

S ohledem na množství variant kolejnic není možné rozložení jednotlivých variant na parkovišti v reálném čase přizpůsobovat a organizovat. Přínosem však bude zvýšení kapacity parkoviště o 4 pozice. Přesněji, 2 pozice budou uspořeny optimalizací regálu č. 2. Další 2 pozice budou získány posunutím regálu č. 2 o 1 metr, a sice dále od parkoviště. Posunutím regálu bude negativně ovlivněn nutný počet kroků pro doplnění ostatních

materiálů stanice montáže kolejnic i Round Table. Na základě analýzy četnosti doplňování na straně 59 v tabulce 7 bylo zjištěno, že kolejnice jsou nejvíce spotřebováváný materiál na celé lince. Přínos posunutí regálu č. 2 dále od jádra linky tedy převyšuje mírné zvýšení počtu kroků na doplnění materiálu stanice montáže kolejnic. Následuje vizualizace návrhu na změnu layoutu parkoviště stojanů v obrázku 26.



Obrázek 26 Návrh na změnu layoutu parkoviště stojanů

(zdroj: vlastní)

10.3.2 Reorganizace logistických regálů

Reorganizace logistických regálů má za cíl vytvořit více prostoru pro pozice lakovacích stojanů. Návrh má tedy nepřímý vliv na ergonomické zatížení pracovníků. Ve spodní části regálu se totiž nachází paleta s mazivou, jež nesouvisí s výrobním procesem. Paleta má rozměry 120 x 80 cm. Lze je tudíž přesunout na odlehlejší místo od vstupu linky. Paletu s mazivou lze přesunout do regálu č. 7, bude však nutné změnit rozložení daného regálu.

Regál č. 2 u stroje montáže kolejnic bude na základě návrhu zmenšen tak, aby byl uspořen prostor o délce 1 metru. Uspořená délka regálu uvolní prostor pro dva lakovací stojany. Současný stav regálu č. 2 následuje v obrázku 27.



Obrázek 27 Regál č. 2 s paletou s mazivy – současný stav

(zdroj: vlastní)

V následujícím obrázku 28 je zachycen současný stav regálu č. 7. Spodní část regálu, tedy skluzy pro prázdná KLT, je značně naddimenzovaná. Úprava regálu č. 7 umožní umístit paletu s mazivy na spodní část regálu. Daný regál má oproti regálu č. 2 delší skluzy, tedy je hlubší. Palety pod něj lze umístit tak, že delší strany palety budou rovnoběžné se skluzy. Paleta aktuálně zabírá šířku 120 cm v regálu č. 2, po umístění v regálu č. 7 bude využita šířka pouze 80 cm.



Obrázek 28 Regál č. 7 – současný stav

(zdroj: vlastní)

10.4 Návrh na prevenci vzniku zmetkové výroby v předchozím lakovacím procesu sedadlových kolejnic

Následuje upravení štítku, jímž jsou stojany určené k odlakování označeny. Úpravou štítku bude eliminována situace, kdy štítek ze stojanu spadne. Robustnější uchycení značení přímo za „packu“ na štítky na stojanu se eliminuje možnost upadnutí štítku a zamíchání nevhodného stojanu do lakovacího procesu.

Daným návrhem dochází k potenciální úspoře na základě zamezení vstupu nesprávného stojanu do lakovacího cyklu. Případná škoda za znehodnocení lakovací lázně byla na základě konzultace s odpovědnými pracovníky finančně vyčíslena na vyšší stovky tisíc Kč bez DPH.

Za klíčová pole v navrhovaném dvoujazyčném štítku v tabulce 17 patří zejména:

- název projektu;
- číslo stojanu;
- datum;
- odpovědná osoba;
- odůvodnění a další postup.

Tabulka 16 Návrh štítku pro stojany k odlakování

! ZASTAVENO - NEPOUŽÍVAT ! ! ON HOLD - DO NOT USE !	
Projekt Project	XYZ
Číslo stojanu Stand number	1262
Datum / Date (dd.mm.yyyy)	12.12.2023
Odpovědný Responsible	Seřizovač Setter
Důvod Reason	Na odlakování For paint removal
Další postup Next step	Vrátit na lakovnu Return to paintshop

(zdroj: vlastní)

11 VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ RACIONALIZACE VÝROBNÍ

LINKY

V následující kapitole budou popsány a zhodnoceny výsledky racionalizačního projektu. Bude shrnuto snížení kroků nutných k doplnění materiálů. Následně bude vyhodnocena dlouhodobá funkčnost racionalizačních opatření, vyhodnocení zvýšení ukazatele OEE, realizovaná finanční úspora a návratnost investice.

11.1 Vyhodnocení úspory kroků při doplnění materiálu

Instalace nové KanBan čtečky umožnila realizovat úsporu kroků. Přesněji při doplňování veškerého materiálu stanic AP1, AP2, AP3 i AP4. Operátor úzkého místa AP3 obsluhuje také stanici AP2. Úspory kroků jsou shrnuty v následujících tabulkách. Nutno upozornit, uvedené úspory jsou vztaženy k doplňování veškerého materiálu uvedených stanic.

11.1.1 Úspora kroků při kompletním cyklu doplnění

Následuje tabulka 18 pro souhrn úspory kroků pro kompletní cyklus doplnění. Na stanici AP3, respektive na úzkém místě linky, bylo při kompletním cyklu eliminováno 23 % kroků. Na stanici AP2 snížen počet kroků o 20 %. Celkové dosažené snížení kroků při kompletním doplňování materiálu činí 13 %.

Tabulka 17 Úspora kroků při kompletním cyklu doplnění materiálu před a po racionalizaci

Načtení Kanban, odnos prázdného nosiče, doplnění materiálu a návrat ke stanici				
OPERÁTOR	STANICE	POČET KROKŮ PŘED	POČET KROKŮ PO	ZMĚNA (%)
č. 1	Mon. kolej. (H-R)	57	57	0%
č. 2	Round Table	16	16	0%
č. 2	AP1 (H-R)	52	45	-13% 
č. 3	AP2 (H-R)	49	39	-20% 
	AP3 (H-R)	52	40	-23% 
č. 4	AP4	70	62	-11% 
CELKEM		296	259	-13% 

(zdroj: vlastní)

11.1.2 Úspora kroků při částečném cyklu doplnění

V rámci částečného cyklu doplnění materiálu v následující tabulce 19 bylo na úzkém místě AP3 uspořeno 79 % kroků a na přidružené stanici AP2 uspořeno 75 % kroků. Celkové dosažené snížení kroků při částečném doplňování materiálu činí 49 %.

Tabulka 18 Úspora kroků při částečném cyklu doplnění materiálu před a po racionalizaci

Načtení Kanban, odnos prázdného nosiče a návrat ke stanici bez doplnění materiálu				
OPERÁTOR	STANICE	POČET KROKŮ PŘED	POČET KROKŮ PO	ZMĚNA (%)
č. 1	Mon. kolej. (H-R)	-	-	-
č. 2	Round Table	16	16	0%
č. 2	AP1 (H-R)	15	11	-27% ↓
č. 3	AP2 (H-R)	20	5	-75% ↓
	AP3 (H-R)	24	5	-79% ↓
č. 4	AP4	40	22	-45% ↓
CELKEM		115	59	-49% ↓

(zdroj: vlastní)

11.1.3 Vyhodnocení celkové úspory kroků

Následující tabulka 20 udává úsporu kroků částečného i kompletního cyklu doplnění.

V průměru byl počet kroků na doplnění všech stanic snížen o 31 %. Počet kroků při doplnění materiálu na úzkém místě AP3 byl autorem snížen o 51 %.

Tabulka 19 Celková úspora kroků dle jednotlivých stanic

Úspora kroků částečného i kompletního doplnění materiálu dle jednotlivých stanic				
OPERÁTOR	STANICE	ČÁSTEČNÉ	KOMPLETNÍ	ZMĚNA (%)
č. 1	Mon. kolej. (H-R)	-	0%	0%
č. 2	Round Table	0%	0%	0%
č. 2	AP1 (H-R)	-27%	-13%	-20% ↓
č. 3	AP2 (H-R)	-75%	-20%	-48% ↓
	AP3 (H-R)	-79%	-23%	-51% ↓
č. 4	AP4	-45%	-11%	-28% ↓
CELKEM		-49%	-13%	-31% ↓

(zdroj: vlastní)

11.1.4 Časové vyjádření úspory kroků

Na základě metod předem určených časů, tedy MTM nebo MOST, lze vyjádřit přibližnou dosaženou časovou úsporu. Kompletní i částečný cyklus doplnění však nelze časově vyjádřit pouze na základě kroků. Doplnovací cykly obsahují činnosti s vyžadující pohyb rukou (načítání karty), pohyb trupu (odkládání prázdného nosiče), či dřep. Na základě počtu TMU jednotek pro určitý počet kroků je možné zjednodušeně interpretovat úsporu času. Autor nepovažuje za nutné vypracovat MTM/MOST analýzu pro výpočet přesné výše uspořené času. Úspora kroků, a také úspora času operátorů bude následně reflektována ve snížení prostoje. Princip přepočtu je také vysvětlen v kapitole 5.6.1 na straně 35 a 36.

Tabulka 20 Ukázka přepočtu kroků na sekundy dle MTM/MOST

Počet kroků	TMU (MIN.)	TMU (MAX.)	Čas (sekund) (MIN.)	Čas (sekund) (MAX.)
1	25	30	$25 \times 0,036$ = 0,9 s	$30 \times 0,036$ = 1,08 s
10	250	300	$250 \times 0,036$ = 9,0 s	$300 \times 0,036$ = 10,8 s
20	500	600	$500 \times 0,036$ = 18,0 s	$600 \times 0,036$ = 21,6 s
30	750	900	$750 \times 0,036$ = 27,0 s	$900 \times 0,036$ = 32,4 s

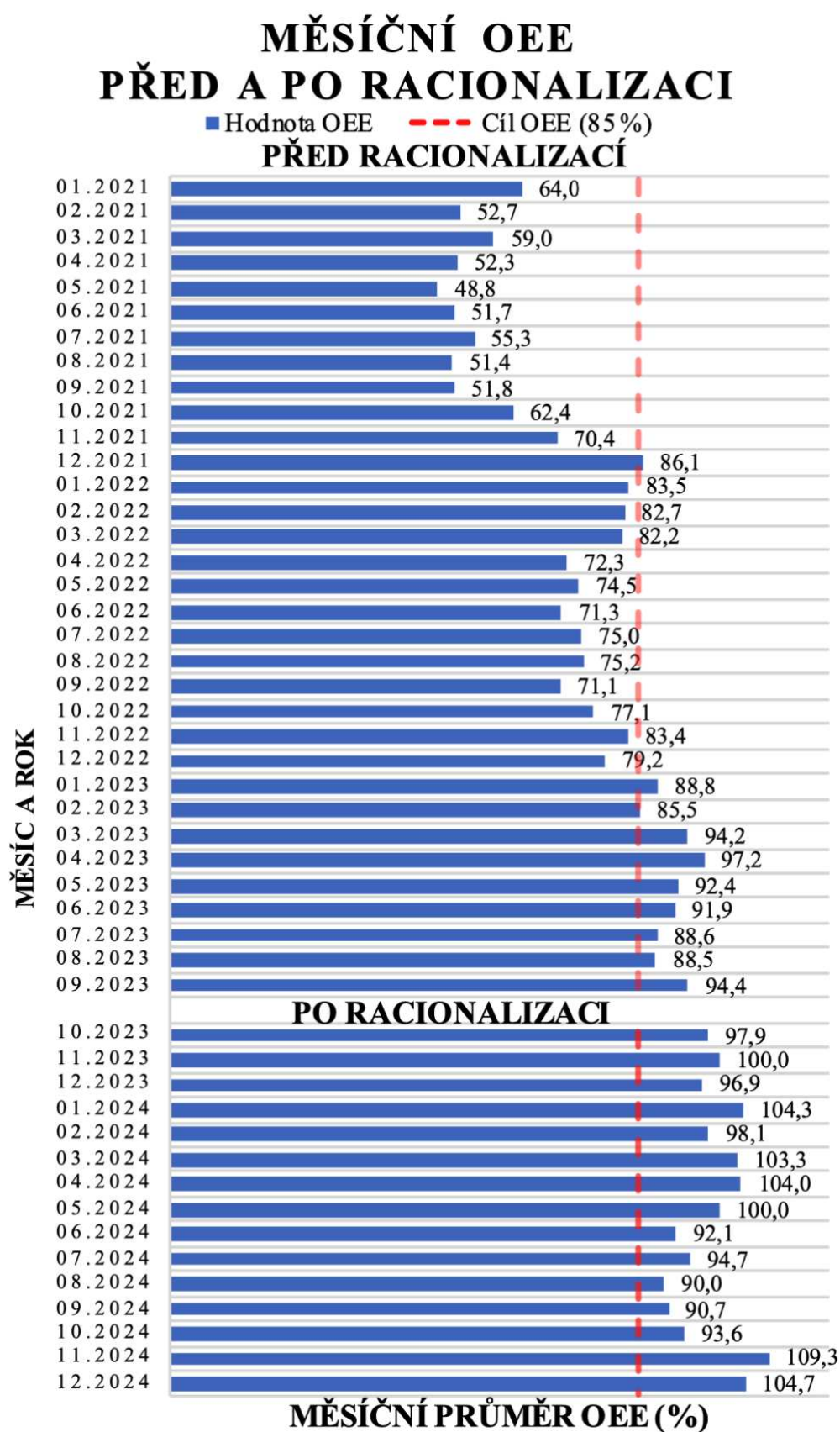
(zdroj: Maynard, 1948)

Pro stanici AP3 lze při 1 vteřině na 1 krok vypočítat přibližnou časovou úsporu na částečný cyklus na 19 vteřin. Pro kompletní cyklus činí úspora přibližně 12 vteřin.

11.2 Zvýšení klíčových ukazatelů

Statistika OEE od ledna 2021 do prosince 2024 následuje v obrázku 29. Data byla převzata z informačního systému. Průměrná výše OEE před racionalizací činila přibližně 75 % (s. 50, tabulka 3), proto byl cíl práce autorem stanoven na zvýšení o 10 %. Průměrná měsíční výše OEE v roce 2021 i 2022 byla kromě jednoho měsíce pod hranicí cíle 85 %. V roce 2023 se již hodnoty OEE pohybovaly nad cílem, ačkoliv byl cíl přesažen zpravidla jen mírně o jednotky procent. Maximální měsíční výše OEE před racionalizací byla v dubnu 2023, a sice 97,4 %. Před racionalizací bylo nejnižšího OEE 48,8 % dosaženo v květnu 2021.

Po implementaci na začátku října 2023 již lze v říjnu sledovat rostoucí trend. Cíl OEE byl v období po racionalizaci splněn v každém měsíci. V prvních dvou měsících po realizaci již bylo dosaženo maximálních hodnot OEE. Nejvyšší OEE po racionalizaci činilo 109,3 % v listopadu 2024. I nejnižší OEE po racionalizaci splnilo cíl 85 %, jelikož nejnižší OEE činilo 90,0 % v srpnu 2024.



Obrázek 29 Měsíční hodnoty OEE před a po racionalizaci

(zdroj: vlastní zpracování dle interních zdrojů společnosti)

Racionalizací linky bylo v období od října 2023 do prosince roku 2024 docíleno průměrného zvýšení OEE o 22,3 %. Dostupnost byla zvýšena o 13,4 %. Výkon linky zvýšen o 8,1 %. Výše kvality zůstala beze změny, racionalizační opatření neměly na ukazatele kvality vliv. Záznamy dat z informačního systému zřetelně poukazují na pozitivní vliv racionalizace na zvýšení dostupnosti i výkonu výrobní linky. Splnění hlavního cíle na zvýšení OEE o alespoň 10 % je doloženo v následující tabulce 22. V tabulce jsou porovnány parametry OEE před a po racionalizaci.

Tabulka 21 Porovnání parametrů ukazatele OEE před a po racionalizaci

	DOSTUPNOST (%)	VÝKON (%)	KVALITA (%)	PRŮMĚR OEE (%)
PŘED RACIONALIZACÍ (leden 2021 - září 2023)	61,9%	125,6%	97,3%	75,6%
PO RACIONALIZACI (říjen 2023 - prosinec 2024)	75,3%	133,7%	97,3%	98,0%
ZMĚNA (%)	13,4% ↑	8,1% ↑	0,0%	22,3% ↑

(zdroj: vlastní zpracování dle interních zdrojů společnosti)

V kontextu ukazatele dostupnosti před a po racionalizaci je na základě tabulky 23 dosaženo výrazného poklesu prostojů. Autor racionalizací doplňování materiálu dosáhl snížení průměrných prostojů za směnu o 60,6 minut, tedy o 13,4 %. Průměrné prostoje za směnu před racionalizací činily 171,6 minut. Po racionalizaci byly prostoje sníženy na 111,0 minut.

Tabulka 22 Porovnání dostupnosti a prostojů za směnu před a po racionalizaci

	PRŮMĚRNÉ PROSTOJE (minut/směna)	PRŮMĚRNÁ DOSTUPNOST (%)
PŘED RACIONALIZACÍ	171,6	61,9%
PO RACIONALIZACI	111,0	75,3%
ZMĚNA	- 60,6 ↓	+ 13,4% ↑

(zdroj: vlastní zpracování dle interních zdrojů společnosti)

11.3 Vyhodnocení finanční úspory a návratnosti investice

Finanční vyhodnocení výsledků racionalizačního projektu je demonstrováno v následujících tabulkách. Platí princip, že dostupnost je reflektována sazbou linky. Výkonnost je naopak reflektována sazbou pracovníků. Náklady na pracovníky a výrobní linku jsou nekonkrétní k pojednávané společnosti, a to s ohledem na důvěrnost uváděných dat.

Vstupem pro následující tabulku 24 je předchozí tabulka 22 s procentuálním vyjádřením zvýšení OEE po provedené racionalizaci. Hodinová sazba linky je považována za velmi důvěrnou informaci. Sazba linky byla autorem stanovena zjednodušeným, nekonkretizovaným výpočtem. Bude uvažován náklad na vývoj a implementaci linky ve výši 20 000 000 Kč bez DPH při délce využití linky 5 let. Výpočtem je následně stanovena sazba na 5 333 Kč bez DPH za 8hodinovou směnu. Zvýšením dostupnosti o 13,4 % byla dosažena roční úspora 557 440 Kč bez DPH.

Tabulka 23 Výpočet úspory – zvýšení dostupnosti

VÝPOČET ÚSPORY ZA SAZBU LINKY - ZVÝŠENÍ DOSTUPNOSTI		
PARAMETR	HODNOTA	ZDROJ / VÝPOČET
Zvýšení dostupnosti (%)	13,4%	Interní zdroje společnosti Tabulka 22, s. 105
Sazba linky za směnu (Kč bez DPH)	5 333 Kč	= 20 mil. Kč / 5 let / 250 prac. dní / 3 směny
Úspora za směnu (Kč bez DPH)	715 Kč	= 5 333 Kč * 13,4 %
Úspora za rok (Kč bez DPH)	557 440 Kč	= 715 Kč * 15 směn * 52 týdnů

(zdroj: vlastní, interní zdroje společnosti)

Výpočet úspory za výkonnost bude založen na variantě se 3 operátory na směnu při 15 směnách za týden. Sazba na pracovníka na jednu směnu je přibližně 416 000 Kč za rok na základě průměrné mzdy dělnických pozic v České republice (Platy, 2025). Jedná se o částku včetně odvodů hrazených zaměstnavatelem. Sazba 3 pracovníků na směnu činí 4 992 Kč. Následující tabulka 25 uvádí při zvýšení výkonnosti o 8,1 % roční úsporu 315 395 Kč bez DPH.

Tabulka 24 Výpočet úspory – zvýšení výkonnosti

VÝPOČET ÚSPORY ZA MZDOVÉ NÁKLADY - ZVÝŠENÍ VÝKONNOSTI		
PARAMETR	HODNOTA	ZDROJ / VÝPOČET
Zvýšení výkonnosti (%)	8,1%	Interní zdroje společnosti Tabulka 22, s. 105
Sazba 3 pracovníků za směnu (Kč bez DPH)	4 992 Kč	= (416 tis. Kč / 250 prac. dní) * 3 pracovníci za směnu Platy, 2025
Úspora za směnu (Kč bez DPH)	404 Kč	= 4 992 Kč * 8,1 %
Úspora za rok (Kč bez DPH)	315 395 Kč	= 404 Kč * 15 směn * 52 týdnů

(zdroj: interní zdroje společnosti a Platy, 2025)

Následuje vyhodnocení realizovaných úspor a celkových nákladů na základě výstupu z tabulek 24 a 25. Odečtení celkových nákladů od dosažených úspor udává celkovou roční úsporu racionalizace. Realizovanými opatřeními bylo dosaženo úspory 859 335 Kč bez DPH za rok. Celkové náklady činily 13 500 Kč bez DPH za nákup Kanban čtečky. Úspora v následujícím roce již bude kalkulována bez nákladem na kanban čtečku.

Tabulka 25 Vyhodnocení celkových úspor a nákladů

PARAMETR	ČÁSTKA (Kč bez DPH)	ZDROJ / VÝPOČET
Úspora za rok - dostupnost	557 440 Kč	Tabulka 24, s. 106
Úspora za rok - výkonnost	315 395 Kč	Tabulka 25, s. 107
Celkové náklady	13 500 Kč	Interní zdroje společnosti
Celková úspora za rok	859 335 Kč	= 557 440 Kč + 315 395 Kč - 13 500 Kč

(zdroj: vlastní, interní zdroje společnosti)

V rovnici 6 je za čitatele stanovena celková výše investice za racionalizaci linky. Ve jmenovateli jsou obě hodnoty úspor za směnu, tedy úspora za zvýšenou dostupnost a výkonnost. Návratnost investice za nákup nové kanban čtečky materiálu byla na základě následující rovnice 7 vypočítána na 12 směn. Při 3 směnách denně činí v rovnici 8 návratnost přibližně 4 pracovní dny.

$$\text{Návratnost investice} = \frac{\text{Celková investice racionalizace}}{\text{Úspora z dostupnosti} + \text{výkonnosti (za směnu)}} \quad (6)$$

$$\text{Návratnost investice} = \frac{13\,500 \text{ Kč bez DPH}}{715 \text{ Kč bez DPH} + 404 \text{ Kč bez DPH}} \quad (7)$$

$$\text{Návratnost investice} = 12,1 \text{ směn} \doteq 4 \text{ pracovní dny} \quad (8)$$

ZÁVĚR

Teoretická část práce byla autorem zaměřena na předložení literární rešerše pokrývající problematiku OEE, Průmyslu 4.0, výrobních procesů a jejich racionalizací. Také byla předložena rešerše pro metody využití v praktické části. V úvodu praktické části byla představena rodinná společnost Brose CZ, spol. s r. o. i její historický vývoj se zaměřením na Kopřivnický závod, v němž autor práci zpracovával. Analýza současného stavu byla zpracována za účelem identifikace procesů vhodných pro racionalizaci, čímž došlo k identifikaci plýtvání ve výrobním procesu (kapitola 7). V projektové části byly předloženy racionalizační návrhy, přičemž byla specifikována realizovaná zlepšení včetně celkových nákladů a návratnosti investic (kapitola 10). Autor také doložil statistická data k potvrzení skutečného splnění hlavního cíle diplomové práce (kapitola 11).

Cílem projektu bylo provést racionalizaci linky, která vyústí ve zvýšení celkové efektivnosti zařízení o alespoň 10 %. Sekundární ukazatel uváděl cíl snížit počet kroků na doplnění materiálu na úzkém místě o 30 %. Využitím metody 5x proč a Ishikawa diagramu byly stanoveny klíčové oblasti, na něž byla následně racionalizace zaměřena (kapitola 7.2). ABC analýzou byly stanoveny nejčastěji doplňované materiály (kapitola 7.2.1). Cíle bylo následně dosaženo optimalizací doplňování materiálů na stanicích AP1, AP2, AP3 (úzké místo) a AP4. Plýtvání při doplňování bylo odhaleno špagetovými diagramy (kapitola 7.2.3, 7.2.4, 7.2.5). K dané stanici AP3 byla na základě analýzy implementována kanban čtečka (s. 93, obrázek 24). První kanban čtečka se totiž nachází na opačné straně jádra linky u stanice Round Table, a proto byla přidána čtečka druhá. Snížení počtu kroků mělo za následek zvýšení dostupnosti a výkonnosti linky, což mělo pozitivní vliv na ukazatel OEE. Razantním snížením kroků byla taktéž snížena ergonomická zátěž pracoviště na dotčené pracovníky.

Autor práce se zaměřoval na správné proškolení obsluhy v případě změn ve výrobním procesu, což mělo za důsledek dlouhodobé zvýšení OEE výrobní linky. Naslouchání ke zpětné vazbě od obsluhy poskytlo autorovi cenné rady a náměty k zaměření se na kritická místa procesu. V rámci dlouhodobého udržení účinnosti opatření bude potřeba dohlížet na dodržování a funkčnost opatření i v příštích měsících.

Hlavní cíl práce byl autorem splněn. Ukazatel OEE byl zvýšen o 22,3 %, ověření se nachází v kapitole 11.1 v tabulce 22 na straně 105. Autor dosáhl zvýšení dostupnosti o 13,4 % a zvýšení výkonu o 8,1 %. Průměrné prostoje za směnu činily před racionalizací 171,6 minut a po racionalizaci činí 111,0 minut za směnu. Autor dosáhl snížení průměrných prostojů za směnu o 60,6 minut (s. 105, tabulka 23). Sekundární ukazatel projektu byl splněn, počet kroků pro doplnění materiálu na úzkém místě byl úspěšně snížen o 51 %. Přesněji, počet kroků pro částečný cyklus doplnění stanice AP3 snížen o 79 % a pro kompletní cyklus snížen o 23 % (kapitola 11.1). Celková investice racionalizace činila 13 500 Kč bez DPH za nákup kanban čtečky. Finanční úspora realizovaných opatření činí 859 335 Kč za rok (s. 108, tabulka 26). Návratnost investice činila 12 směn, tedy necelé 4 pracovní dny (s. 108, rovnice 6 až 8). Splněn byl i vedlejší cíl práce, a to předložení 3 doplňkových návrhů, což lze ověřit v kapitole 10.2, 10.3 a 10.4. Doplňkové návrhy byly zaměřené na zvýšení míry organizace a uspořádání pracoviště, snížení ergonomické zátěže, či zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

Následuje závěrečné doporučení autora na základě úspěšného výsledku projektu racionalizace. Vypracovaný projekt mohou jiné výrobní společnosti využít jako návod k racionalizaci, ke snížení prostojů a k odhalení plýtvání v procesu doplnění materiálu. Při snaze o zvýšení OEE autor doporučuje zaměřit se na doplňování materiálů na úzkém místě, zejména v kontextu umístění kanban čtečky. Uvedenou publikací byl prokázán přínos v umístění kanban čtečky na úzkém místě. Autor předesílá doporučení k umístění kanban čteček na úzké místo již při návrhu pracoviště ve fázi vývoje linky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AL-ZUBAIDI, Salam Qaddoori Dawood; FANTONI, Gualtiero. a COLI, Elena, 2022. *Automating Production Process Data Acquisition Towards Spaghetti Chart 4.0*. International Journal of Industrial Engineering and Management. Roč. 13, č. 3, s. 145–157. ISSN 2217-2661. Dostupné z: <https://doi.org/10.24867/IJIEM-2022-3-308>.

ALMASHAQBEH, Sahar a HERNANDEZ, Eduardo Munive, 2024. *Evaluation and Improvement of a Plastic Production System Using Integrated OEE Methodology: A Case Study*. Management Systems in Production Engineering, Roč. 32, č. 3, s. 450–463. ISSN 2450-5781;2299-0461.

BARTODZIEJ, Christoph Jan, 2017. *The concept industry 4.0: an empirical analysis of technologies and applications in production logistics*. BestMasters. Wiesbaden: Springer Gabler. ISBN 978-3-658-16502-4.

BOCKOVA, Katerina a LAJCIN, Daniel, 2019. *RIPRAN – One of the Best Project Risk Analysis Methodologies*. Managerial Economics, Roč. 19, č. 1, s. 7. Dostupné z: <https://doi.org/10.7494/manage.2018.19.1.7>.

BRABEC, Zdeněk a Helena JÁČOVÁ, 2022. *Celková efektivita práce jako nástroj pro měření výkonnosti v daném podniku*. ACC Journal, Roč. 28, č. 2, s. 7–18. ISSN 1803-9782.

BROSE. 2025. *Fakta a čísla - Brose v České republice*. [Online]. Dostupné z: <https://www.brose.com/cz-cz/brose-in-cz/facts-and-figures/> [cit. 2025-03-23].

CORRALES, Lisbeth del Carmen Ng, 2020. *Overall Equipment Effectiveness: Systematic Literature Review and Overview of Different Approaches*. Applied Sciences [online]. 10(18): 6469–6469. [cit. 2023-12-02]. ISSN 2076-3417. Dostupné z: [doi:10.3390/app10186469](https://doi.org/10.3390/app10186469).

ČESKÁ AGENTURA PRO STANDARDIZACI, 2025, [online]. *Československá norma*. Dostupné z: https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/html_nahledy/26/15147/15147_nahled.htm [cit. 2025-03-23].

DEREJE, Geleta Oljira a MISGANALAMESSA Dinsa, 2023. *The Use and Implementation of Pareto and Ishikawa Diagram for defect minimization in manufacturing firms*. Scope Journal [online]. Roč. 13, č. 1, s. 36–47 [cit. 2023-12-02]. ISSN 1177-5661. Dostupné z: <https://scope-journal.com/assets/uploads/doc/1aad0-36-47.20017.pdf>.

DEVEZAS, Tessaleno C.; LEITÃO, João a SARYGULOV, Askar, 2017. *Industry 4.0: entrepreneurship and structural change in the new digital landscape*. Studies on entrepreneurship, structural change and industrial dynamics. Cham, Switzerland: Springer. Dostupné z: <https://doi.org/9783319496047>.

DOBRA, Péter a János JÓSVAI, 2022. *Assembly Line Overall Equipment Effectiveness (OEE) Prediction from Human Estimation to Supervised Machine Learning*. Journal of Manufacturing and Materials Processing, Roč. 6, č. 3, s. 59. ISSN 2504-4494.

DOBRA, Péter a János JÓSVAI, 2023. *Overall Equipment Effectiveness (OEE) Complexity for Semi-Automatic Automotive Assembly Lines*. Acta Polytechnica Hungarica, Roč. 20, č. 2, s. 63–82. ISSN 1785-8860. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/joitmc7010018>.

FANTONI, Gualtiero.; AL-ZUBAIDI, Salam Qaddoori Dawood.; COLI, Elena. a MAZZEI, Daniele, 2021. *Automating the process of method-time-measurement*. International Journal of Productivity and Performance Management [online]. Roč. 70, č. 4, s. 958–982. ISSN 1741-0401. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/IJPPM-08-2019-0404>.

GANGIDI, Prashant, 2019. *A systematic approach to root cause analysis using 3 × 5 why's technique*. International Journal of Lean Six Sigma [online]. Roč. 10, č. 1, s. 295–310 [cit. 2023-12-02]. ISSN 2040-4174. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/IJLSS-10-2017-0114>.

GOROBETS, Valentina; HOLZWARTH, Valentin; HIRT, Christian et al., 2021. *A VR-based approach in conducting MTM for manual workplaces*. International Journal of Advanced Manufacturing Technology [online]. Roč. 117, s. 2501–2510. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07260-7>.

CHENG, Fan-Tien, 2022. *Industry 4.1: intelligent manufacturing with zero defects**. IEEE Press series on systems science and engineering. Piscataway: Wiley-IEEE. Dostupné z: <https://doi.org/9781119739920>.

JAKSCHIK, Malte; ENDEMANN, Felix; ADLER, Patrick; LAMERS, Lennart a KUHLENKÖTTER, Bernd, 2024. *Assessing the Suitability of Automation Using the Methods–Time–Measurement Basic System*. [online]. Roč. 5, č. 2, s. 967–982. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/eng5020053>.

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

KEYSER, Robert. a POOYAN, Parisa, 2023. *Lean at Home: Applying 5 Whys and Lean PFMEA to Home Projects*. Journal of Applied Research on Industrial Engineering [online]. Roč. 10, č. 1, s. 45–55 [cit. 2023-12-02]. ISSN 2538-5100. Dostupné z: <https://doi.org/10.22105/jarie.2022.320848.1410>.

KOCH, Julian; BÜSCH, Lukas; GOMSE, Martin; SCHÜPPSTUHL, Thorsten, 2022. *A Methods-Time Measurement based Approach to enable Action Recognition for Multi-Variant Assembly in Human-Robot Collaboration*. Procedia CIRP [online]. Roč. 106, s. 233–238. ISSN 2212-8271. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.184>.

LACKO, Branislav a DOSKOČIL, Radek, 2022. *Dvacet let metody RIPRAN (RIsk PROject ANalysis)*. Soudní Inženýrství, Roč. 33, č. 3–4, s. 21. ISSN 1211-443X.

LECLOAREC, Anna. 2014. *10 years of Brose Ostrava*. [Online]. Dostupné z: <https://www.brose.com/us-en/press/2014/10-years-of-brose-ostrava.html> [cit. 2025-03-23].

LONGARD, Lukas; PREIN, Thorben a METTERNICH, Joachim, 2023. *Intraday forecasting of OEE through sensor data and machine learning*. Procedia CIRP, Roč. 120, s. 93–98. ISSN 2212-8271.

LUOZZO, Sebastiano Di; STARNONI, Fiorenza a SCHIRALDI, Massimiliano Maria, 2023. *On the relationship between human factor and overall equipment effectiveness (OEE): An analysis through the adoption of analytic hierarchy process and ISO 22400*. International Journal of Engineering Business Management, Roč. 15. ISSN 1847-9790.

MAYNARD, Harold B.; STEGEMERTEN, Gustave James a SCHWAB, John L., 1948. *Methods-time measurement*. New York: McGraw-Hill Book Company. ISBN: n. z. [1258342944].

MEYER, Paul J., 2006. *Attitude Is Everything!*. Provo: The Leading Edge. ISBN 978-0898113044.

NAKAJIMA, Seiichi, c1988. *Introduction to TPM: total productive maintenance*. Cambridge: Productivity Press. ISBN 0915299232.

NIRANJANAMURTHY, M., 2022. *Advances in industry 4.0: concepts and applications*. Smart Computing Applications. Berlin: Walter de Gruyter. Dostupné z: <https://doi.org/1523154527>.

Normy ČSN, 2025, [online]. *Nabídka norem a publikací*. Dostupné z: <https://shop.normy.biz/detail/85521> [cit. 2025-03-23].

ŌNO, Taiichi, c1988. *Toyota production system: beyond large-scale production*. Portland: Productivity Press. ISBN 0915299143.

PEREIRA, Leandro; PINTO, Miguel; COSTA, Renato Lopes da Costa; DIAS, Álvaro; GONÇALVES, Rui, 2021. *The New SWOT for a Sustainable World*. J. Open Innov. Technol. Mark. Complex, Roč. 7, č. 18. <https://doi.org/10.3390/joitmc7010018>.

PLATY, 2025 [online]. *Průměrné platy podle průzkumu*. Dostupné z: <https://www.platy.cz/platy/vyroba/delnik> [cit. 2025-03-23].

PUYT, Richard; LIE, Finn Birger a WILDEROM, Celeste P. M., 2023. *The origins of SWOT analysis*. Long Range Planning, Roč. 56, č. 3. ISSN 0024-6301.

RIPRAN, 2025. *RIPRAN - Metoda pro analýzu projektových rizik* [online]. Dostupné z: <https://ripran.cz/> [cit. 2025-03-23].

SENDERSKÁ, Katarína; MAREŠ, Albert a VÁCLAV, Štefan, 2017. *Spaghetti diagram application for workers' movement analysis*. University POLITEHNICA of BUCHAREST SCIENTIFIC BULLETIN [online]. Roč. 79, s. 140–150. ISSN 1454-2358. Dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspxdirect=true&db=edsair&an=edsair.dedup.wf.001..06caeca16e2f8266a3e940aaabde8bbd&scope=site>.

SCHÖLLGEN, Gregor, 2008. *Německý rodinný podnik 1908-2008*. Berlin: Econ. ISBN 978-3-430-20070-7.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair a JOHNSTON, Robert, 2016. *Operations management*. Eighth edition. Harlow: Pearson. ISBN 9781292098678.

SNAKLY, Elton B.; FURLER, A. E; AYLAN, G. G., 2019. *The Role of Methods-Time Measurement (MTM) in Business Development*. Advanced Engineering and Management Ind. Review. Roč. 8, č. 2. ISSN 2456-8066.

SSI SCHAEFER. 2025. *Case Study Brose*. [Online]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/trendy-inovace/case-studies/brose> [cit. 2025-03-23].

TAYAL, Ashwani; KALSI, Nirmal Singh; GUPTA, Munish Kumar; PIMENOV, Danil Yurievich; SARIKAYA, Murat a PRUNCU, Catalin I., 2021. *Effectiveness Improvement in Manufacturing Industry; Trilogy Study and Open Innovation Dynamics*. Journal of Open

Innovation: Technology, Market, and Complexity [online]. Roč. 7, č. 1. [cit. 2023-12-02]. ISSN 2199-8531. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/joitmc7010007>.

THIEDE, Sebastian, 2023. *Advanced energy data analytics to predict machine overall equipment effectiveness (OEE): a synergetic approach to foster sustainable manufacturing*. Procedia: CIRP, Roč. 116, s. 438–443. ISSN 2212-8271.

TRACY, Brian, c2014. *Cíle: jak dosáhnout všeho, co chcete*. Praha: Synergie. ISBN 9788073702502.

USTUNDAG, Alp a CEVIKCAN, Emre, 2018. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. Springer series in advanced manufacturing. Cham, Switzerland: Springer. ISBN 9783319578699.

VEŘEJNÝ REJSTŘÍK A SBÍRKA LISTIN, 2025, [online]. *Veřejný rejstřík a Sběrka listin*. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=398987> [cit. 2025-03-23].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Logo a slogan společnosti	43
Obrázek 2 Vývoj čistého obrátu v letech 2016 až 2023	44
Obrázek 3 Sedadlové struktury první řady (vlevo) a druhé řady (vpravo)	46
Obrázek 4 Areál společnosti Brose CZ po vybudování v roce 2004	47
Obrázek 5 Aktuální areál Brose CZ v Kopřivnici.....	48
Obrázek 6 Měsíční hodnoty OEE linky před racionalizací.....	52
Obrázek 7 Výrobní linka montáže sedadlových kolejnic	54
Obrázek 8 Ishikawa diagram pro racionalizaci linky.....	56
Obrázek 9 Špagetový diagram doplňování kolejnic u stroje montáže kolejnic	61
Obrázek 10 Špagetový diagram doplňování materiálu „roletka“ u stroje montáže kolejnic	62
Obrázek 11 Špagetový diagram doplňování materiálu „entriegler UDA“ u stroje RoundTable	63
Obrázek 12 Špagetový diagram doplňování materiálu stanice AP1	64
Obrázek 13 Špagetový diagram doplňování materiálu stanice AP2	65
Obrázek 14 Špagetový diagram doplňování materiálu stanice AP3	66
Obrázek 15 Znepřístupnění pěšího prostoru stojany s materiálem	68
Obrázek 16 Stojan s červeným štítkem s upozorněním na nutnost odlakování	69
Obrázek 17 Zvrásněný povrch lakovacího stojanu po opakovaném procesu lakování	70
Obrázek 18 NOK štítek stojanu k odlakování	71
Obrázek 19 Znepřístupnění rozvaděče stroje Round Table	72
Obrázek 20 Blokový rozvaděč stroje RoundTable	73
Obrázek 21 Nevhodné značení pozice materiálu na stanici AP1	74
Obrázek 22 Nevhodné značení pozic materiálů na stanici AP3	75
Obrázek 23 Harmonogram projektu	89
Obrázek 24 Nově implementovaná kanban čtečka na stroji AP3	93
Obrázek 25 Špagetový diagram cyklu doplňování stanice AP3 po přidání Kanban čtečky	94
Obrázek 26 Návrh na změnu layoutu parkoviště stojanů	96
Obrázek 27 Regál č. 2 s paletou s mazivý – současný stav	97
Obrázek 28 Regál č. 7 – současný stav	98
Obrázek 29 Měsíční hodnoty OEE před a po racionalizaci	104

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Využité metody v diplomové práci.....	16
Tabulka 2 RIPRAN matice	41
Tabulka 3 Průměrná dostupnost, výkon, kvalita a OEE před racionalizací	50
Tabulka 4 Statistika dostupnosti a prostojů před racionalizací.....	50
Tabulka 5 Metoda 5x proč pro racionalizaci linky	55
Tabulka 6 ABC analýza spotřeby nosičů materiálů.....	57
Tabulka 7 Analýza četnosti doplňování a spotřeby nosičů.....	59
Tabulka 8 Návrh na nápravu nedostatků ve značení a umístění materiálů.....	77
Tabulka 9 Shrnutí analýzy částečného cyklu doplnění materiálu před racionalizací.....	79
Tabulka 10 Shrnutí analýzy kompletního cyklu doplnění materiálu před racionalizací	79
Tabulka 11 Shrnutí identifikovaných nedostatků z analýzy současného stavu	81
Tabulka 12 Matice RIPRAN.....	83
Tabulka 13 RIPRAN analýza	85
Tabulka 14 SWOT analýza výrobního týmu	87
Tabulka 16 Logický rámec projektu	91
Tabulka 17 Návrh štítku pro stojany k odlakování.....	99
Tabulka 18 Úspora kroků při kompletním cyklu doplnění materiálu před a po racionalizaci	100
Tabulka 19 Úspora kroků při částečném cyklu doplnění materiálu před a po racionalizaci	101
Tabulka 20 Celková úspora kroků dle jednotlivých stanic.....	101
Tabulka 21 Ukázka přepočtu kroků na sekundy dle MTM/MOST	102
Tabulka 22 Porovnání parametrů ukazatele OEE před a po racionalizaci.....	105
Tabulka 23 Porovnání dostupnosti a prostojů za směnu před a po racionalizaci	105
Tabulka 24 Výpočet úspory – zvýšení dostupnosti	106
Tabulka 25 Výpočet úspory – zvýšení výkonnosti	107
Tabulka 26 Vyhodnocení celkových úspor a nákladů	108

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	Československá norma
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
H-R	High-runner (nejvíce vyráběná varianta)
KLT	Přeppravka pro materiál
MTM	Methods-Time Measurement
OEE	Overall Equipment Efficiency
PLC	Programmable Logic Controller
RIPRAN	Risk Project Analysis
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Realistic, Time Bound
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
VZV	Vysoko-zdvíhací vůz