

Racionalizace výrobní linky na základě počítačové simulace

Bc. Petr Grossmann

Diplomová práce
2024



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: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Petr Grossmann
Osobní číslo: M220139
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Kombinovaná
Téma práce: Racionalizace výrobní linky na základě počítačové simulace

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I Teoretická část

- Zpracujte literární zdroje z oblasti racionalizace výroby a počítačových simulací.

II Praktická část

- Analyzujte chování výrobní linky pomocí simulačního modelu.
- Na základě výsledků simulace navrhněte racionalizaci výrobní linky.
- Zhodnotte přínosy a rizika navrhovaného řešení.

Závěr

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

Seznam doporučené literatury:

- BADIRU, Adedeji Badunde. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2014. ISBN 978-1-4665-1504-8.
- CUESTA, Hector. *Analýza dat v praxi*. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80-251-4361-2.
- CHROMJAKOVÁ, Felicitia. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5.
- GILCHRIST, Alasdair. *Industry 4.0: The Industrial Internet of Things*. New York: Apress, 2016. ISBN 978-1-4842-2046-7.
- MARÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-4400.

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

Datum zadání diplomové práce: **5. února 2024**
Termín odevzdání diplomové práce: **19. dubna 2024**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

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

Ve Zlíně dne 5. února 2024

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

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

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

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: Bc. Petr Grossmann

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na racionalizaci výrobní linky na základě počítačové simulace, kde je cílem provoz linky s co nejmenším počtem operátorů bez omezení kapacity výroby. Požadavkem společnosti bylo snížit počet operátorů alespoň na dvanáct a vyhnout se návrhu velkých změn zařízení linky. Simulace byla provedena v programu FlexSim, která umožnila získat komplexní přehled o situaci a analýzu dopadů navrhovaných změn. Podstatou návrhu je správně rozložit pracovní úkoly mezi různé operátory, taky aby i při maximálním vytížení nebrzdili výrobní takt linky. Navržené řešení popisuje minimální požadovaný počet operátorů a jejich pracovních úkolů spolu s návrhem drobných změn zařízení linky. Všechny tyto navrhované změny byly ohodnoceny z finančního hlediska a byl zvážen jejich přínos. Byla zvážena i rizika, která s sebou nese navrhované řešení, a jak je možné je minimalizovat. Výsledky této práce umožňují efektivně naplánovat výrobu a využít potenciál výrobního zařízení bez nutnosti experimentovat za chodu linky. Velkým přínosem analýzy navrhovaných řešení s pomocí simulačního programu je značná úspora prostředků oproti takovému postupu.

Klíčová slova: počítačová simulace, Průmysl 4.0, racionalizace výroby, řízení výroby, řízení rizik, FlexSim

ABSTRACT

The thesis is aimed at rationalization of assembly line based on computer simulation where the goal is the operation of the line with the smallest number of operators without limiting the assembly capacity. Company's requirement is to lower the number of operators to at least twelve and to avoid major changes of the equipment of the line. The simulation was made in FlexSim program which allowed the gain of complex overview about the situation and the analysis of impacts of the proposed changes. The essence of the proposal is to correctly divide work tasks between different operators, so they will not slow down the assembly tact of the line even under maximal workload. The proposed solution describes minimal number of operators necessary and their work tasks together with a proposal of minor changes to the equipment of the line. All of these proposed changes have been evaluated from financial perspective and their benefit was also considered. Also considered were risks which this proposed solution brings and how they can be minimized. Results of this thesis allow efficient planning of the assembly and full use of the potential of the manufacturing equipment without need for experiments on running line. Great benefit of the analysis of the proposed solutions with the help of simulation program is a significant saving of resources compared to that approach.

Keywords: computer simulation, Industry 4.0, manufacturing rationalization, manufacturing management, risk management, FlexSim

Rád bych velice poděkoval za velkou ochotu i vstřícnost svému vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Michalu Pivníčkovi Ph.D.

Děkuji za spolupráci vedení i zaměstnanců vybrané společnosti, kteří mi vytvořili podmínky pro úspěšné vytvoření této práce. Pomohli mi získat potřebné informace a nabýt cenné zkušenosti do profesního života.

V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům, kteří mě podporovali při vypracování této práce i když to se mnou neměli nejjednodušší.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
CÍLE A METODY.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ.....	13
1.1 PRŮMYSLOVÝ INŽENÝR.....	13
1.2 HISTORIE PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ.....	14
2 LEAN MANAGEMENT.....	15
2.1 PLÝTVÁNÍ.....	15
2.1.1 Složité postupy.....	15
2.1.2 Prostoje.....	16
2.1.3 Nadbytečné zásoby.....	16
2.1.4 Zbytečné pohyby.....	17
2.1.5 Chyby.....	18
2.2 POSTUP DOSAŽENÍ ŠTÍHLÉ VÝROBY.....	19
2.2.1 Zjištění příčin.....	19
2.2.2 Zorganizovat pracoviště.....	19
2.2.3 Kontrola kvality.....	20
2.2.4 Využít Kaizen.....	20
2.2.5 Motivace ke změně.....	21
3 PRŮMYSL 4.0.....	22
3.1 ZAVEDENÍ PRŮMYSLU 4.0.....	23
3.2 ÚROVNĚ PODNIKU PODLE PRŮMYSLU 4.0.....	24
3.3 POČÍTAČOVÉ SIMULACE.....	25
4 ŘÍZENÍ PROJEKTU.....	27
4.1 METODA SMART.....	27
4.1.1 Specific.....	28
4.1.2 Measurable.....	28
4.1.3 Achievable.....	28
4.1.4 Realistic.....	29
4.1.5 Time-bound.....	29
4.2 ČASOVÝ HARMONOGRAM.....	29
4.3 ANALÝZA RIZIK.....	30
5 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	33
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	34
6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI A ODVĚTVÍ.....	35
7 ZADÁNÍ PROJEKTU.....	36
8 ANALÝZA MONTÁŽNÍ LINKY.....	38

8.1	MATERIÁLOVÝ TOK.....	38
8.2	VÝROBNÍ STANICE.....	39
8.2.1	Parametry stanic	39
8.2.2	Analýza stanic	45
8.3	SIMULACE MONTÁŽNÍ LINKY	46
8.3.1	Využití stanic	48
8.3.2	Využití operátorů	49
8.3.3	Rozpis činností operátorů.....	50
8.3.4	Shrnutí činností operátorů	56
8.3.5	Fyzická zátěž operátorů.....	57
8.4	NÁVRHY RACIONALIZACE	58
8.5	SIMULACE RACIONALIZACE MONTÁŽNÍ LINKY	59
8.5.1	Využití strojů.....	59
8.5.2	Využití operátorů	60
8.5.3	Rozpis činností operátorů.....	61
8.5.4	Změny v názvech operátorů	66
8.5.5	Změny fyzické zátěže operátorů	66
8.5.6	Shrnutí činností operátorů	68
8.5.7	Fyzická zátěž operátorů.....	69
8.6	OVĚŘENÍ NAVRHOVANÝCH ZMĚN	70
9	SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	72
10	PROJEKT REALIZACE RACIONALIZACE	73
10.1	IMPLEMENTACE ZMĚN	73
10.2	ČASOVÝ HARMONOGRAM.....	74
10.3	RIPRAN ANALÝZA RIZIK	74
10.3.1	Instruktažní videa	75
10.3.2	Prezentace ověření	76
10.3.3	Model uschován	77
10.3.4	Střídání pozic	77
11	NÁVRATNOST INVESTICE	78
12	SHRUTÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI	79
	ZÁVĚR	80
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	81
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	84
	SEZNAM OBRÁZKŮ	85
	SEZNAM TABULEK.....	86
	SEZNAM PŘÍLOH.....	88

ÚVOD

Výrobní společnosti 21. století jsou charakteristické velkým důrazem, který je kladen na efektivní využití výrobních zdrojů a eliminaci plýtvání. Těchto cílů lze samozřejmě dosáhnout různými cestami, ať už se jedná o uplatnění empirických poznatků či strukturované analýzy, ale pro dosažení ideálních výsledků bez vynaložení velkých nákladů je vhodné uplatnit moderní technologie. V tomto případě se jedná o využití simulačního programu, který umožní analyzovat stav výroby na základě vložených dat a ověřit přínosy navrhovaných změn.

První část práce je věnována zpracování teoretických informací nabytých z literatury, které poslouží jako podklad při zpracování zbytku diplomové práce. Teoretická část se nejdříve věnuje výrobě jako takové z obecného hlediska a postupně přechází ke konkrétnějším tématům. Jedná se zde o vysvětlení koncepce Průmyslu 4.0, využití moderních metod řízení výroby a práce s riziky. Součástí tohoto úseku je také představení programu FlexSim, který je využit pro vytvoření počítačové simulace výrobní linky. Jsou zde ukázány jeho základní funkce a vyzdviženy přínosy, které jeho použití přináší společností.

Následuje praktická část práce, která se dále dělí na analytickou a projektovou část. V analytické části práce je na základě získaných dat vyhodnocen výchozí stav výrobní linky, který slouží jako podklad pro návrh řešení racionalizace této linky. V projektové části jsou pak zpracována navrhovaná řešení, která z těchto dat vychází, a jsou také vyhodnocena. Na navrhovaná řešení je pohlíženo jak z hlediska přinesených úspor, tak z hlediska finanční a časové náročnosti. Součástí vyhodnocení je i zpracování rizik, která tato řešení přináší, a nápravná opatření, která mají za cíl zmenšit jejich dopad, v případě kdy jsou vyhodnocena jako příliš vysoká.

Na závěr jsou shrnuty poznatky získané analýzou získaných dat a přínosy navrhovaných řešení. Je vyhodnoceno, zda bylo dosaženo původního cíle zadaného společností, což je snížit potřebný počet operátorů alespoň na dvanáct bez velkých zásahů do zařízení a rozmístění montážní linky. Z těchto informací jsou pak vynesena doporučení pro další postup, která společnosti umožní racionalizovat výrobu na vybrané výrobní lince.

CÍLE A METODY

Cíl práce: snížit počet operátorů potřebných pro plný chod montážní linky

Dílčí cíle:

- získat přehled o chování výrobní linky;
- získat přehled o vytíženosti výrobních operátorů;
- definování seznamu činností operátorů.

Metody:

- SMART – systematický popis projektu a definování cíle;
- časová analýza – analýza vytížení operátorů a stanic pro určení vhodnosti k racionalizaci;
- simulační model (FlexSim) – analýza montážní linky a ověření dopadů navrhovaných změn;
- Ganttův diagram – popis dílčích částí projektu a vizualizace jeho průběhu;
- RIPRAN analýza rizik – zpracování rizik a navržení opatření k jejich snížení;
- výpočet finanční návratnosti – popis nákladů a přínosů projektu pro posouzení jeho výhodnosti.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Chromjaková (2013, s. 4) definuje průmyslové inženýrství postupem vyhledávání možných ztrát, které vznikají ve výrobních a administrativních procesech, a jejich následným odstraněním nebo alespoň omezením. Primárním zaměřením je zde správné nastavení vazeb jednotlivých navazujících procesů, tak aby bylo plýtvání zamezeno.

Průmyslové inženýrství staví kvalitně fungující systémy s menším množstvím odpadu, lepší efektivitou a menší spotřebou. Jedná se o praktickou aplikaci vycházející z kombinací technických oborů s principy vědeckého řízení (Badiru, 2014, s. 4)

Spolu s nástupem počítačem podporovaných technologií v oblastech plánování, rozvrhování a simulačních modelů se působení procesního inženýra stává sofistikovanějším. Vyrůstají zde požadavky na kreativitu, inovativnost a využití metod průmyslového inženýrství. Tyto schopnosti pak slouží ke kontinuálnímu vývoji organizace výrobních procesů a výrobních technologií. (Chromjaková, 2013, s. 4)

1.1 Průmyslový inženýr

Chromjaková (2013, s. 9) popisuje klíčové úkoly průmyslového inženýra jako plánování a řízení projektů, plánování a organizace výroby, technická a technologická příprava výroby, uspořádání informačních a materiálových toků, řízení produktivity a procesů, analýza a měření práce plus implementace nových výrobních konceptů.

Pracovní náplň průmyslového inženýra se skládá z plánování, implementace a řízení komplexních výrobních systémů při zabezpečení jejich vysoké výkonnosti, spolehlivosti, dodržení termínů a stanovených nákladů. Průmyslový inženýr se stará o integraci pracovníků, informací, technologických faktorů, materiálových toků a energie s co nejvyšší produktivitou v průběhu životního cyklu výrobku. (Poláková a Bobák, 2013, s. 15)

Badiru (2014, s. 4) líčí průmyslového inženýra jako člověka, který se zabývá návrhem, implementací a zdokonalením systému lidí, materiálu, informací, vybavení a energií za využití odborných znalostí a dovedností. Tyto znalosti a dovednosti získává z matematických, fyzikálních a sociálních věd.

1.2 Historie průmyslového inženýrství

Průmyslové inženýrství staví na poznatcích Fredericka Winslow Taylora, který mezi roky 1858 a 1915 naznačil základní pravidla vědeckého přístupu ke zvýšení výkonnosti podniku. (Chromjaková, 2013, s. 4)

Chromjaková (2013, s. 4) popisuje přístup Fredericka Taylora jako zaměření na dva stěžejní faktory, produktivitu stroje a produktivitu pracovníka. V Taylorově přístupu záleželo na prvotním vytvoření fungujícího produktivního systému, který byl následně podroben změnám pro dosažení vyšší kvality a objemu produkce.

Mezi hlavní průkopníky v oboru průmyslového inženýrství řadí Chromjaková (2013, s. 5):

- Frederick W. Taylor, který položil základy časových studií práce;
- Frank Gilbreth, který se věnoval studiu nutných pohybů na pracovišti;
- Lillian Gilbreth, který ucelil metody časové a pohybové studie;
- Gantt, který se věnoval zdokonalení procesu plánování a rozvrhování projektů;
- Hopf, který rozvinul oblast bezpečnosti práce;
- Lillian Gilbreth, který zavedl sledování pracovníka, sledování jeho působení v pracovním systému a řízení růstu pracovníka;
- Emerson, který se věnoval kvalitě produktu a procesu.

2 LEAN MANAGEMENT

Lean neboli štíhlá výroba vychází z přístupu k výrobě, při kterém je kladen důraz na spotřebu minimálního objemu výrobních zdrojů při splnění požadavků zákazníka a bez omezení kvality. Je spotřebováno právě tolik zdrojů, kolik je potřeba v daném čase. Zisku je dosaženo díky minimalizaci plýtvání. (Chromjaková, 2013)

2.1 Plýtvání

Burieta (2013, s. 13) popisuje plýtvání jako všechno, co zvyšuje finanční náročnost výroby bez pozitivního vlivu na přidanou hodnotu produktu. V rámci plýtvání je možné zmínit několik druhů plýtvání, jako jsou složité postupy, prostoje, nadbytečné zásoby, chyby a zbytečné pohyby.

2.1.1 Složité postupy

Chromjaková (2013, s. 48) popisuje podnikové procesy jako místo s velkým potenciálem pro zeštíhlení díky svojí složitosti a propojenosti. Díky zeštíhlení existujících vazeb procesů lze dosáhnout značných úspor na nákladech finálního produktu. Při zeštíhlování procesů je vhodné podívat se i na obsah procesu, jehož zredukování může přinést úspory pracovní síly a snížit čas potřebný k produkci produktu.

Chromjaková (2013, s. 48) poskytuje výčet problémů, na které je vhodné se při odstraňování zbytečné složitosti postupů soustředit. Jedná se o:

- nesprávně definovaný pracovní postup;
- nepřipravenost na poradu nebo workshop;
- možnost pokračovat v procesu až po schválení předcházejícího výstupu;
- rozpracování více pracovních úkolů, které způsobuje ztrátu koncentrace zaměstnance;
- problémy v interní a externí komunikaci, opakované zasílání dokumentů, prohlížení internetu a neproduktivní telefonáty.

Podle Jurové (2016, s. 91) lze jako plýtvání označit zdlouhavé postupy založené na byrokratických směrnících a ne na potřebách procesu. Upozorňuje také na zbytečné pořizování kopii dokumentů, papírové dokumenty, které nejsou zapotřebí, a přepisování údajů mezi databázemi informačních systémů.

2.1.2 Prostoje

Jurová (2016) popisuje prostoje jako čekání zamezující pokračování v procesu výroby. Takovéto plýtvání lze snadno identifikovat a lze ho vypořádat už jako prostoje v řádech sekund. Snadnost odhalení prostoje ve výrobě a jejich velikost zásadně ovlivňuje zvolená výroba a nastavení sledování procesu.

Myerson (2012, s. 23) přichází s tvrzením, že každé zařízení, které není využito, je zdrojem ztrát. Klade důraz na práci s úzkými místy procesu, která způsobují nejen prostoje, ale i další formy plýtvání. Je tedy nutné úzká místa včas identifikovat a určit potřebnost nápravných opatření.

Friedel (2019) poukazuje na prostoje, ke kterým dochází na pracovních poradách. Čas strávený čekáním na užitečnou informaci na poradě lze využít i produktivním způsobem, který by přidával hodnotu pro zákazníka.

Jako další příklady plýtvání prostoji uvádí Jurová (2016):

- nerovnoměrná výroba;
- poruchy stroje;
- nedostatek materiálu;
- čekání na informace;
- zbytečná byrokracie.

2.1.3 Nadbytečné zásoby

Jurová (2016, s. 88) říká, že tvorba zbytečně velkých zásob je jednou z nejčastějších a největších chyb ve výrobě. Takové zásoby vedou k nadměrnému vázání finančních prostředků, které by jinak mohly být využity pro jiné účely.

Doplňuje, že nadbytečně vytvořené zásoby zbytečně zabírají místo i čas a vedou vyšším nákladům na výrobu díky větší potřebě obalového materiálu, větším skladovacím prostorům a větší potřebě lidských zdrojů. (Jurová, 2016, s. 88)

Chromjaková (2013, s. 47) dodává, že odhalení plýtvání a racionalizace zásob je jednodušší v prostředí výroby. Naopak na útvarech mimo výrobu jako jsou údržba a nákup už je hledání nadbytečných zásob mnohem složitější.

Benedikt (2019) dodává varování před dalším úskalím nadbytečných zásob. Při větších zásobách a rozpracování více úkolů dochází ke zbytečnému vyřízení systému zásobování a ztrátě pružnosti. Nadbytečné zásoby také zůstávají déle nevyužité a prohlubuje se riziko degradace či poškození těchto zásob.

Cílem každé firmy je proto mít co nejmenší zásoby materiálu ve skladě a snížit také objem rozpracované výroby na minimum. (Benedikt, 2019)

Značným problémem v zeštíhlování výroby jsou přebytečné zásoby díky následujícím faktorům:

- nadbytečný materiál;
- neproduktivní personální hodiny;
- špatná dokumentace;
- nadbytečná komunikace;
- nevyužití lidského potenciálu. (Chromjaková, 2013, s. 47)

2.1.4 Zbytečné pohyby

Chromjaková (2013, s. 48) upozorňuje na oblast pohybů ve výrobě a ergonomie, které také skrývají jisté plýtvání. I v tomto případě lze pomocí zeštíhlení dosáhnout na značné úspory. Jako příklady uvádí:

- přesun produktů mezi pracovišti;
- přesun pracovní úlohy na dalšího pracovníka;
- neracionální pohyb pracovníka po pracovišti;
- špatně nastavený oběh podnikové dokumentace;
- hledání náradí a nástrojů;
- hledání vedoucího týmu pro doplňující informace;
- nepotřebný přesun materiálu, informací a produktů mezi pozicemi či stroji.

Friedel (2019) doporučuje omezení zbytečných pohybů i z dalších důvodů než jsou pouze úspory materiálu a času. V neposlední řadě se spolu s omezením zbytečných pohybů omezí i rizika pracovního úrazu zaměstnance.

Pro zeštíhlení procesu ve výrobě navrhuje Jurová (2016, s. 89) několik otázek pro vymezení nadbytečných pohybů pracovníka:

- lze pohyb z procesu zcela vypustit;
- jaká opatření je třeba zavést pro minimalizaci potřebných pohybů;
- zda je možné změnit pořadí operací technologického postupu a omezit tak transport rozpracované výroby mezi pracovišti;
- která z možných variant pohybu je nejvíce racionální.

Jurová (2016, s. 89) popisuje zbytečné pohyby v kancelářské činnosti, kde není jednoduché plýtvání odhalit. Jako příklad uvádí neuspořádaní ikonky na pracovní ploše, které způsobují nadbytečné přejíždění s kurzorem. Dále nevhodné zobrazení oken informačních systémů, které nutí uživatele často přepínat jednotlivá okna.

Jurová (2016, s. 89) také zmiňuje důležitost identifikace a eliminace plýtvání ve výrobních i nevýrobních procesech. V pohybech administrativních pracovníků lze také nalézt plýtvání, které může být eliminováno přeskupením kanceláří a lepším rozvržením práce.

2.1.5 Chyby

Chromjaková (2013, s. 49) říká, že nesmírně důležitou částí veškerých štíhlých procesů je jejich odolnost chybám. Všechny procesy, produkt i pracovní náplň zaměstnance musí být konstruovány s důrazem na dosažení minimálního počtu chyb, kde v ideálním je nulová tolerance pro chyby.

Odstranění chyb může ve většině případů následovat až po dokončení procesu. Vyřešení takovýchto chyb tudíž není jednoduchá. Doporučené oblasti pro hledání chyb jsou:

- chyby v kvantifikaci a ohodnocování údajů, zadání nesprávných údajů a chybná dokumentace;
- špatně definované informace v informačním a materiálovém toku;
- nedostatečně popsána průvodní dokumentace;
- nečitelná nebo znečištěná dokumentace. (Chromjaková, 2013, s. 49)

Jurová (2016, s. 89) doplňuje, že nulová zmetkovitost je klíčem k úspěchu štíhlé výroby. Dále varuje, že produkce nekvalitních výrobků je zdrojem mnoha zbytečných nákladů. Jejich oprava totiž vyžaduje čas, práci zaměstnanců i finanční prostředky navíc.

2.2 Postup dosažení štíhlé výroby

Pro přesun ke štíhlé výrobě je nutné podniknout několik zásadních kroků, které umožní zeštíhlit výrobu. Nejdříve je nutné analyzovat situaci, zjistit příčiny plýtvání a odstranit je, pokud je to možné. Dále je důležité zorganizovat pracoviště racionálním způsobem a zaměřit se na kontrolu kvality ve výrobě. Pro kontinuální zlepšování je vhodné využít metodu Kaizen a pokračovat s motivací k udržení dobrého stavu. (Platko, 2021)

2.2.1 Zjištění příčin

Platko (2021) doporučuje provést analýzu ztrátové manipulace za účelem odhalení příčin omezení toku informací a materiálu. Zde může být využit snímkování pracovního dne nebo špagetový diagram.

Dlabač (2015) preferuje procesní analýzu, která podle něj umožní přesněji zachytit plýtvání při zbytečných přesunech materiálu. Tato metoda je také vhodná při realizaci racionalizace materiálových toku a layoutu výroby. Vychází z procesního diagramu, ve kterém je graficky vizualizován postup činností v procesu. Jedná se o činnosti typu operace, čekání, kontrola, skladování a transport.

2.2.2 Zorganizovat pracoviště

Dennis (2016, s. 52) popisuje metodu 5S jako základní stavební kámen pro štíhlou výrobu. Tvrdí, že pouze při plném a jednoznačně určeném standardu práce je možné podnikat kroky pro další racionalizaci sledovaných činností.

Dolníček (2013) potvrzuje, že nedodržování 5S může vést ke zranění zaměstnance, poškození výrobku a ohrožení okolního prostředí.

Pro zajištění plynulého a produktivního výrobního procesu doporučuje Platko (2021) používat pravidla metody 5S:

- setřídít a zbavit se nepotřebných věcí;
- udržovat pořádek na pracovišti;
- vyznačit prostor pro materiál i pro nářadí;
- standardizace procesu v pracovním postupu a zaškolení pracovníků;
- kontrolovat a udržovat nastavený standard.

Burieta (2013, s. 21) popisuje 5S jako filozofii se zaměřením na organizaci pracoviště, podporu produktivity, kvalitu a bezpečnost. Dále 5S označuje za vhodný nástroj k eliminaci plýtvání na pracovišti a doplňuje, že je použitelný pro výrobní procesy i pro kancelářskou práci.

2.2.3 Kontrola kvality

Platko (2021) doporučuje zaměřit se na kontrolu kvality produktu ještě v průběhu výrobního procesu, aby bylo možné předejít plýtvání z důvodu pozdního odhalení neshody. Kvalita je takto lépe dodržena i s menším plýtváním než při umístění kontroly pouze na výstupu procesu.

Kontrola kvality v procesu přináší následující úspory:

- úspora času i materiálu;
- snížení opotřebení nástrojů;
- snížení únavy pracovníka;
- není potřeba skladovat vadné produkty;
- úspora režijních nákladů. (Platko, 2021)

Pro zajištění dodržení kvality je vhodný japonský princip *jidoka*, jehož smyslem je zajistit kvalitu výrobního procesu okamžitě při zjištění vady. Nalezení chyby znamená zastavení výroby a okamžité kroky pro odstranění vady v místě vzniku. Pro maximální efekt doporučuje zapojit všechny pracovníky společnosti a motivovat je k zodpovědnému přístupu (Dolníček, 2013)

2.2.4 Využit Kaizen

Hornek (2017) popisuje Kaizen jako metodu kontinuálního zlepšování, fungující na základě drobných každodenních změn. Pro optimální funkci metody Kaizen je stěžejní, aby se zapojili všichni zaměstnanci. Podávání zlepšovacích návrhů je možné motivovat peněžní částkou nebo benefitem, který zvýší motivaci k zapojení do metody.

Platko (2021) také klade důraz na zapojení všech zaměstnanců, od manažerů po dělníky ve výrobě. Dodává, že zaměstnanci je potřeba podpořit v pravidelném zaznamenávání věcí ke zlepšení, protože je to jediná cesta k pochopení fungování veškerých procesů. Také

doporučuje seznámit pracovníky s metodou 5× proč pro správné odhalení kořenové příčiny problému.

2.2.5 Motivace ke změně

Dolníček (2013) popisuje, že pro zavedení štíhlých procesů a dosahování dobrých výsledků je třeba do příprav i realizace změn zapojit všechny zaměstnance. Spolupráce, podpora a pochopení kolegů je pro štíhlou filozofii firmy klíčové.

Podle Platka (2021) dokáže konečný ekonomický výsledek firmy ovlivnit i drobné detaily, proto je nutné vnímat souvislosti a dopady všech nedostatků. Je třeba nebát se neustávajícího učení a zdokonalování. K dosažení cílů doporučuje použít metodu DMAIC, která obsahuje následující kroky:

- pojmenování cíle a stanovit plánu k jeho dosažení;
- stanovit měřitelné ukazatele postupu;
- analyzovat problém;
- zavést změny pro zlepšení;
- kontrolovat výsledky a stav po změnách.

3 PRŮMYSL 4.0

Gilchrist (2016) říká, že hlavními nositeli čtvrté průmyslové revoluce neboli Průmyslu 4.0 jsou internet věcí a propojení výrobního prostředí s digitálním pro komunikaci v reálném čase. Vizí tohoto systému je propojení veškerých strojů, továren a skladů do propojeného kyberneticko-fyzikálního systému, který bude sdílet informace v reálném čase, na jejichž základu bude přijímat odpovídající akce.

Dodává, že po zavedení tohoto konceptu dojde ke komplexnímu zlepšení průmyslových procesů. Pozitivní změny se promítnou do výroby, spotřeby materiálu, dodavatelských řetězců a do řízení životního cyklu produktu. Pomocí hluboké integrace v horizontálním směru slibované Průmyslem 4.0 dojde k razantnímu zlepšení průmyslových procesů. (Gilchrist, 2016)

Ve starších systémech nebylo vůbec jednoduché pracovat s daty a už jen zadání dat do systému bylo značně časově náročné. Naopak teď už je možné od programů očekávat značnou míru uživatelské přívětivosti a jednoduchosti ovládání. (Deis, 2012, s. 6)

Integrace datových sítí umožňuje společnosti lepší spolupráci jednotlivých útvarů a dochází tak ke zvýšení efektivity procesů. Díky této integraci dojde k menšímu počtu nedorozumění mezi útvary řízení výroby, účetnictví a nákupu. Takový podnik pak může dosahovat větší efektivity a lépe konkurovat na trhu. (Deis, 2012, s. 7)

Čtvrtá průmyslová revoluce je charakterizována jako proces digitalizace celého hodnotového řetězce, který vede k propojení lidí, strojů, objektů a systémů prostřednictvím výměny dat v reálném čase uvnitř i mimo společnost. (Bissola, 2019)

Čtvrtá průmyslová revoluce poskytuje novou filozofii, která přináší změny v průmyslu i v oblasti technické standardizace, bezpečnosti, vzdělávacího systému, právního rámce, vědy, výzkumu, trhu práce a sociálního systému. Současná doba je charakterizována propojením internetu věcí, služeb a lidí, což generuje velké množství dat. Nové technologie mění celé hodnotové řetězce, vytvářejí příležitosti pro nové obchodní modely. Zároveň však kladou nároky na flexibilitu průmyslové výroby a zvyšují potřebu kybernetické bezpečnosti a poptávku po programátorech. (Mařík, 2016)

Důležitým principem Průmyslu 4.0 je zaměření na člověka. Průmysl 4.0 mění způsob práce, a tyto změny podporují ústřední postavení člověka v nových pracovních procesech. Vzniká potřeba kvalifikovanějších a jedinečných kompetencí. Průmysl 4.0 si klade za cíl podporovat

vylepšenou interakci člověka se strojem, která může zlepšit bezpečnost práce, umožnit lepší ergonomii pracoviště a ušetřit pracovníka náročných podmínek. (Bissola, 2019)

Podle Palíškové et al. (2021) je v současnosti jedním z hlavních trendů v ekonomice rozvoj inteligentních továren, které využívají kyberneticko-fyzikální systémy jako metody strojového vnímání, autodiagnostiku nebo počítačové propojení strojů a produktů ve všech fázích výroby. Tyto inovace umožní racionalizaci výrobních procesů a produkci výrobků s nejvyšší jakostí.

Palíšková et al. (2021) dodává, že moderní výrobní proces funguje ve fyzickém i kybernetickém světě. Umožňuje takto vzdálené sledování i řízení výroby v reálném čase.

Inteligentní továrny podle konceptu Průmyslu 4.0:

- racionalizují výrobní procesy v rámci celého řetězce pomocí integrovaných IT systémů;
- nahrazují izolované výrobní jednotky automatizovanými a propojenými linkami;
- využívají virtuální návrhy a flexibilní procesy pro uspokojení individuálních požadavků zákazníků;
- zvyšují efektivitu procesů pomocí autonomních rozhodnutí v reálném čase mezi roboty, zařízeními a výrobky;
- výrobní stroje se automaticky optimalizují a konfigurují na základě parametrů výrobku, který zpracovávají;
- logistické zázemí je automatizované a využívá autonomních vozíků a robotů, kteří se sami přizpůsobují potřebám výroby. (Mařík, 2016)

Pavlínek (2023) dodává, že klíčovým faktorem v realizaci Průmyslu 4.0 je také zapojení umělé inteligence. Nástroje jako ChatGPT popisuje jako pouhou špičku ledovce využití umělé inteligence, která při správném zapojení do systému dokáže přinést nesmírné benefity v návaznosti na sbíraná data a specifické potřeby odvětví. Je však nutné zaměřit se na vzdělávání zaměstnanců pro využití možností umělé inteligence.

3.1 Zavedení Průmyslu 4.0

Mařík (2016) popisuje klíčové faktory motivující k zavedení Průmyslu 4.0 jako:

- zvýšení produktivity práce;

- nahrazení chybějících lidských zdrojů;
- tlak z korporátní struktury a od zákazníků;
- obava o propášení příležitosti a motivace k získání výhody na trhu;
- splnění environmentálních požadavků;
- zajištění bezpečnosti a zdraví při výkonu pracovních úkolů.

Bissola (2019) tvrdí, že změny v rozvoji způsobené Průmyslem 4.0 budou mít pozitivní dopad na zaměstnance i na organizace a umožní lepší rovnováhu mezi pracovním a soukromým životem. Inteligentní továrna nabízí efektivnější způsob navrhování práce, snižuje absenci, zvyšuje produktivitu práce a umožňuje úsporu nákladů ve vztahu k budovám, všeobecným výdajům a nižší organizační náklady.

Flexibilnější pracovní podmínky pozitivně ovlivňují pracovní angažovanost a vnitřní motivaci, podporují kreativitu jednotlivců a spokojenost na pracovišti. Další digitalizace umožňuje interním a externím stranám sdílet znalosti a spolupracovat napříč hranicemi organizací. Díky této spolupráci pak získávají nové znalosti a dovednosti, které jsou užitečné zaměstnancům i společnosti. (Bissola, 2019)

Na druhou stranu pravděpodobně nastanou ve vybraných oborech výpovědi a dle očekávání se i zvýší míře nezaměstnanosti, protože chytré stroje nahradí část lidské práce. Organizace budou muset nově definovat a neustále měnit strukturu svých manažerských postupů, aby se lépe vyrovnaly s rostoucí rozmanitostí pracovní síly. Tyto změny však negativně ovlivní jistotu zaměstnání a sebevědomí zaměstnanců. (Bissola, 2019)

Bissola (2019) také tvrdí, že vzniknou nová rizika digitálního pracoviště jako rostoucí pocit nejistoty v zaměstnání a technologický nepokoj. Negativní důsledky by pak ovlivnily i individuální kreativitu a kritické myšlení, což by nutilo zaměstnance soustředit se na úzké pracovní činnosti, které jsou poháněny především tempem a rytmem strojů.

3.2 Úrovně podniku podle Průmyslu 4.0

Podle Maříka (2016) dosahuje společnost pěti různých úrovní připravenosti na implementaci Průmyslu 4.0.

Na první úrovni má společnost zaveden informační systém pro řízení výroby a pasivní webovou přítomnost. Začíná uvažovat o digitalizaci procesů, výroby, údržby a návrhu

produktů. Nemá však definovanou digitální strategii. Společnost je částečně schopná zapojit se do informačních toků v rámci dodavatelsko-odběratelských vztahů. (Mařík, 2016)

Podnik na druhé úrovni má interaktivní webovou přítomnost a už chápe význam dat. Realizuje první integrační projekty a dílčí automatizace. Uvažuje se o naplánování digitální strategie a zapojení do informačních toků dodavatelsko-odběratelských řetězců. (Mařík, 2016)

Na třetí úrovni má společnost vícekanálovou přítomnost na internetu a sítích. Také už má definovanou digitální strategii. Firma již má základy datové kultury, projekty integrace datové architektury a integrovanou automatizaci řízenou v reálném čase. Personalizované produkty s virtuální stránkou jsou již běžné. (Mařík, 2016)

Podnik na čtvrté úrovni má integrovanou multikanálovou přítomnost v digitálním světě i distribuovanou a personalizovanou digitální strategii. Datová architektura je integrovaná v celém produkčním řetězci od komunikace a sdílení dat se zákazníkem až po subdodavatele. Firma využívá digitální diagnostiku pro predikci poruch a závad v systémech. (Mařík, 2016)

Na páté úrovni je společnost digitální platformou, která propojuje on-line a off-line svět v jeden plně integrovaný celek. Společnost nabízí jedinečnou personalizovanou zkušenost zákazníkům prostřednictvím virtuálních produktů a komunikuje se zákazníky v průběhu celého životního cyklu produktu. Společnost je schopná rychle dodávat produkty na míru individuálním zákazníkům. Podnik poskytuje digitalizační služby svým partnerům a subdodavatelům, čímž udává tempo v oboru. (Mařík, 2016)

3.3 Počítačové simulace

Hubálovský (2011, s. 74) říká, že počítač dokáže díky komplikovaným algoritmům a numerickým výpočtům napodobit realitu, což uživateli umožňuje získat kvalitativní a kvantitativní data o situaci, která by v realitě obtížně zjišťoval.

Podle Hubálovského (2011, s. 74) jsou simulace aplikovány téměř ve všech vědních oborech a z počítačových simulací se stala podpůrná mezioborová vědní disciplína. Pro simulace výroby je také možné a vhodné využívat počítačové simulace pro analýzu situace a ověření hypotéz, které by jinak vyžadovaly mnohem větší úsilí a náklady.

Hlavní důvody pro využití simulací udává Hubálovský (2011, s. 75) v několika bodech:

- počítačové simulace jsou již neodmyslitelnou součástí poznávacího procesu díky možnosti studovat modely reality;

- počítačová simulace umožňuje zpracovat velké množství experimentálních dat a získat jejich kvantitativní i kvalitativní vyhodnocení;
- počítačové simulace umožňují potvrdit či vyvrátit teoretické hypotézy.

Cuesta (2015, s. 25) popisuje data jako holá fakta sloužící k popsání jevů a vlastností objektů. Dále při pracování s daty a zasazení do kontextu se z nich stávají informace, které slouží k formování souboru pravidel umožňujících správné rozhodování neboli znalosti.

Před zpracováním dat je třeba zajistit jejich pročištění od odchylek a převést je do tvaru vhodného pro další zpracování, aby bylo zamezeno vzniku kvalitativních odchylek. Kvalitativní odchylky zde značí neplatné a neodpovídající myšlenky s chybějícími hodnotami. (Cuesta, 2015, s. 28)

Každá počítačová simulace může být jen tak dobrá jak kvalitní jsou její vstupní data. Správné zpracování dat je tudíž klíčové k dosažení požadovaných výsledků. Proto je před využitím dat nutné ověřit si, že dané údaje jsou jednoznačné, kompletní, správné, standardní a nez dvojené. (Cuesta, 2015, s. 28)

4 ŘÍZENÍ PROJEKTU

Pro popis řízení projektu užívá Svozilová (2016, s. 20) dvě základní definice. První definice popisuje projekt jako jakoukoliv posloupnost činností a úkolů, která má specifický cíl, časový harmonogram od začátku až do konce projektu a stanovení zdrojů nutných pro realizaci projektu.

Druhá definice popisuje projekt jako dočasné úsilí vynaložené k tvorbě jedinečného produktu, služby či jiného chtěného výsledku. (Svozilová, 2016, s. 20)

Mezi cíle projektu zasazuje Svozilová (2016) tvorbu přidané hodnoty zainteresovaným osobám, dosažení požadovaných výstupů v daném čase, rozpočtu s akceptovatelnými riziky a zároveň dosažení řešení daného problému nebo přínosu, který očekávají zainteresované strany.

Svozilová (2016) dále popisuje řízení projektu ve dvou rozdílných formách. V prvním případě se jedná o společnosti, které svůj výkon pro další společnosti dodávají v podobě projektu jako například stavební a poradenské firmy.

V druhém případě jde o společnosti, které řízení projektu využívají k řízení interních operací, jako jsou projekty týkající se implementace změn, vývoje nových výrobků nebo provádění inovací. (Svozilová, 2016)

Doležal (2012, s. 425) ve svém pohledu na řízení projektu využívá rozdělení do pěti hlavních fází. Jako první krok se vyskytuje fáze zahájení neboli stanovení cílů projektu a započetí aktivit. Dále přichází na řadu fáze naplánování, která spočívá v plánování jak dosáhnout cílů, splnit zadané požadavky, specifikovat provedení, rozvrhnout časový plán a stanovit finanční rozpočet.

Třetí fází je zaměření se na řízení lidských zdrojů zajišťujícího dohled nad pracovníky, aby dobře odvedli zadané úkoly v požadovaném čase. Následuje fáze monitorování, jež kontroluje průběh projektu, aby nevznikaly odchylky nebo byly včas eliminovány. Poslední fází je ukončení projektu, které zaručuje, že hotový projekt odpovídá všem parametrům a specifikacím. (Doležal, 2012, s. 425)

4.1 Metoda SMART

Doležal (2012) uvádí jako jeden z hlavních pilířů úspěšného projektu správné definování cílů. Považuje je za poměrně složitou záležitost, kdy musí dojít k úplnému pochopení všech

zainteresovaných stran. Jako vhodná a kvalitní technika pro definování cílů je považována metoda SMART.

Straková (2021) popisuje metodu SMART jako užitečnou metodu, která pomáhá k přesnému stanovení cílů firmám, rodinám, spolkům i jednotlivcům. Díky konkrétnímu definování cílů je jejich dosažení snazší a reálnější.

Čermák (2015) říká, že je v rámci plánování projektu nutné srozumitelně formulovat cíl, určit měřitelné ukazatele, přesvědčit se o akceptování projektu, ověřit relevanci projektu a jasně stanovit čas pro realizaci.

4.1.1 Specific

Čermáka (2015) doporučuje maximální konkrétnost a stručnost při stanovení cíle. Jedině pak lze předpokládat, že budou cíle specifické a bude jim správně porozuměno.

Henych (2014) nabízí alternativní výklady písmene S z metody SMART. Dle jeho názoru může být pojato i jako simple, které značí jednoznačnou srozumitelnost, a stretching, což má znamenat posouvání projektu kupředu.

4.1.2 Measurable

Straková (2014) uvádí, že každý cíl musí být měřitelný konkrétními hodnotami. Všichni zúčastnění tak mají jasnou představu o požadovaných výsledcích. Dále uvádí alternativní možnosti významu M v metodě SMART jako:

- motivated, což značí motivování účastníků projektu k dosažení cíle;
- meaningful, kterým vyjadřuje smysluplnost zadaných činností pro dosažení výsledku;
- manageable, což upozorňuje na správné vyhodnocení schopností zodpovědných osob.

Čermák (2015) stejně tak klade značný důraz na měřitelnost cíle. Tvrdí, že není možné vyhodnotit, zda se ke stanoveným cílům blížíme, pokud nejsou k dispozici měřitelné ukazatele.

4.1.3 Achievable

Čermák (2015) popisuje přijetí cíle všemi zainteresovanými osobami jako významný bod pro úspěch projektu. Bez dosažení souhlasu zodpovědných osob je dosažení cíle nereálné.

Straková (2014) potvrzuje zaměření tohoto bodu na vykonavatele dílčích činností, kteří jsou klíčoví pro realizaci projektu. Varuje před zadáním úkolu, který je zodpovědnou osobou vyhodnocen jako moc těžký nebo nereálný, což může vést k odkládání nebo neprovedení realizace. Doporučuje, aby stanovený cíl byl výzvou, ale zároveň byl splnitelný.

Straková (2014) dále nabízí alternativní významy A z metody SMART:

- appropriate značí cíl vhodný pro společnost i zodpovědnou osobu pověřenou splněním úkolu;
- ambitious je důraz na správnou míru ambicióznosti při stanovení cíle, který musí být dostatečně odvážný pro dosažení dobrých výsledků bez přehnaného riskování;
- agreed ukazuje, že jsou zodpovědní zaměstnanci zapojeni do definování cíle a souhlasí s ním.

4.1.4 Realistic

Podle Čermáka (2015) musí být při stanovení cíle od začátku projektu jasné, že se jedná o reálný cíl. Dále uvádí, že písmeno R může také znamenat potřebu konkrétních zdrojů neboli resources.

Straková (2014) také uvádí, že cíl je reálný, pokud je k jeho dosažení k dispozici dostatek lidských, finančních prostředků či informací.

4.1.5 Time-bound

Čermák (2015) uvádí čas jako velmi důležitý zdroj při realizaci projektu, který je nutné při určení celkového cíle zohlednit. Pokud nedojde k jasnému ohraničení časového rámce projektu a není určen čas dokončení projektu, nejedná se o projekt. V takovém případě je řeč pouze o vizi.

Podle Henycha (2014) se díky určení časového rámce stává cíl hmatatelným a je následně možné jej sledovat, měřit a vyhodnocovat. Bez časového údaje se jedná o údaje postrádající klíčovou informaci. Navrhuje tedy jasné určení času, se kterým jsou seznámeni všichni členové týmu a které není dále zpochybnitelné.

4.2 Časový harmonogram

Svozilová (2016) popisuje časový plán jako stěžejní součást projektu, která zahrnuje veškeré informace o termínech a posloupnosti jednotlivých činností. Poslouží zodpovědným osobám

k zachycení milníků, určení důležitých termínů, naplánování časových úseků operací, stanovení logické návaznosti operací a k určení hierarchické pracovní struktury. Pro realizaci časového harmonogramu je možné využít Ganttův diagram nebo síťový diagram.

Schleier a Cox (2010, s. 14) popisují Ganttův diagram jako horizontální tabulkový diagram, který se využívá v projektovém managementu. Ganttův diagram poskytuje grafickou ilustraci časového harmonogramu a tím pomáhá plánovat, koordinovat a sledovat jednotlivé aktivity projektu.

Podle Schleiera a Coxe (2010, s. 15) může být Ganttův diagram využit pro jednodušší vizualizaci na papíře i pro komplexní softwarový nástroj. Ganttův diagram zobrazuje veškeré činnosti nezbytné k dokončení projektu spolu s časovou posloupností. Zvolení měřítka časového značení se odvíjí od podmínek konkrétních projektů a není limitováno na dny nebo měsíce.

4.3 Analýza rizik

Smejkal (2010, s. 90) uvádí, že riziko je často vnímáno jako nebezpečí vzniku škody, zničení či poškození, ztráty a selhání. Alternativní definicí je popis rizika jako pravděpodobnosti výskytu škody či ztráty. Další možností je odchýlení výsledků od plánovaných parametrů.

Riziko bývá spojováno s negativními následky, hrozbami a ztrátami. Z opačného pohledu na věc je riziko motivátorem a součástí úsilí pro získání lepších výsledků, zavedení změn pro zlepšení nebo využití příležitosti. (Korecký, 2011, s. 15)

Podle Smejkala (2010, s. 90) je cílem rizikové analýzy snížení rizik předepsaným postupem, který poskytuje identifikaci rizik, určení pravděpodobnosti výskytu daného rizika, posouzení závažnosti a odhadnutí důsledků. Riziková analýza je důležitým prvkem při řešení problému, protože její výstupy poskytnou společnosti pomoc při stanovování jednotlivých kroků a priorit při zvládnutí rizik a při aplikaci preventivních opatření vedoucích k zamezení vzniku těchto rizik.

Metoda analýzy rizik RIPRAN je obvykle zpracovaná v tabulce osahující 4 hlavní fáze:

- identifikace rizik projektu;
- kvantifikace rizik projektu;
- reakce na rizika projektu;
- celkové posouzení rizik projektu. (Smejkal, 2010, s. 90)

První fáze spočívá ve vytvoření tabulky s možnými hrozbami, které byly pro daný projekt identifikovány, a scénáři, které tyto hrozby způsobí. Při vypracování je možné vyhledat nejdříve hrozby nebo scénáře a následně z nich vyvodit hrozby. Oba tyto postupy jsou přípustné. O hrozbě se zde mluví jako o příčině, která způsobuje následky neboli scénář. (Doležal, 2012, s. 90)

Další je kvantifikace rizik projektu, kde dochází k doplnění získaných údajů o pravděpodobnost výskytu jednotlivých scénářů, určení jak velký potenciální dopad mají daná rizika na projekt a výslednou hodnotu rizika, která je získaná spojením těchto hodnot. Určení měřítka hodnocení je odpovídající řešenému tématu a záleží na výběru vykonavatele analýzy, kterým může být určený projektový tým či jednotlivec. (Doležal, 2012, s. 90)

Tabulka 1 Seznam zkratk v metodě RIPRAN a jejich vysvětlení (Doležal, 2012 s. 90)

Zkratka	Vysvětlení zkratky
MP	Malá pravděpodobnost se šancí 0% až 25%
SP	Střední pravděpodobnost se šancí 25% až 50%
VP	Vysoká pravděpodobnost se šancí 50% až 100%
MD	Malý dopad nemá zásadní vliv na projekt
SD	Střední dopad značí potíže s vlivem na průběh projektu
VD	Vysoký dopad kriticky ovlivňuje úspěšnost projektu
MR	Malé riziko pro realizaci projektu
SR	Střední riziko ovlivňující projekt
VR	Velké riziko ohrožující projekt

		Pravděpodobnost		
		MP	SP	VP
Dopad	MD	MR	MR	SR
	SD	MR	SR	VR
	VD	SR	VR	VR

Obrázek 1 Matice výsledných rizik (Doležal, 2012 s. 90)

Třetí fáze se věnuje návrhu opatření, které má za úkol snížení hodnot rizika na přijatelné hodnoty, které jsou přijatelné pro realizaci projektu. Tabulka pak může být doplněna o návrh opatření a hodnota sníženého rizika, které mohou být dále doplněny o předpokládané náklady, vlastníka rizika a termín realizace preventivních opatření. (Doležal, 2012, s. 90)

Čtvrtá fáze přináší vyhodnocení souhrnné hodnoty rizik, kde dojde k určení rizikovosti projektu a rozhodnutí o pokračování projektu bez speciálních opatření. Pokud je souhrnná hodnota rizik vyhodnocena jako příliš vysoká, dojde k předání informace vedení a dalším preventivním krokům. (Doležal, 2012, s. 90)

5 SHRNU TÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

V rámci průmyslového inženýrství již došlo od prvních počátků k velkému posunu. Díky navazování na již historicky prověřené metody a současnému doplňování o nové nástroje je možné posouvat nároky na racionalizaci výroby na novou úroveň.

Poznatky o managementu štíhlé výroby posloužily k získání správného pohledu na hledání potřebných změn ve výrobě. Tyto poznatky byly ještě doplněny o konkrétní informace o plýtvání se zaměřením na jeho hledání a eliminaci.

Průmysl 4.0 je důležitou myšlenkou umožňující propojení fyzického a kybernetického světa za účelem získání a zpracování potřebných pro potřeby získání komplexního pohledu na stav montážní linky a ověření navrhovaných zlepšovacích návrhů.

Poznatky o metodách řízení projektů následně posloužily k propojení analytické části s implementací zlepšovacích návrhů do výroby. Díky metodě SMART je projekt jasně vymezen a pro rozpracování dílčích částí poslouží časový harmonogram a analýza rizik. S těmito poznatky je pak možné přejít k realizaci návrhu.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI A ODVĚTVÍ

Společnost je nadnárodní společností, která se zabývá vývojem a výrobou světlometů a zadních skupinových svítilen pro prestižní světové automobilky.

Llopis-Albert et al. (2021) říkají, že digitální transformace postihuje automobilový sektor stejně jako ostatní odvětví, kde způsobuje zásadní změny ve výrobě a poskytování služeb. Tato změna s sebou přináší nejen značné riziko, ale i značnou příležitost získat značnou výhodu nad konkurencí při správné realizaci potřebných změn.

Dále Llopis-Albert et al. (2021) doporučují společnostem v automobilovém průmyslu realizovat značné investice do digitální transformace, která jim umožní lépe se adaptovat současným trendům. Podotýkají také, že na straně firem existuje opatrný přístup k těmto investicím a obavy z dopadu nástupu elektromobility na celé odvětví.

Podle Pavlíka (2023) bude mít také nástup elektromobility velký vliv na celé odvětví. Přiznává, že přechod bude značně určován vývojem geopolitické a ekonomické situace ve světě. Také regulace zaměřené na snížení emisí CO₂ budou v rámci Evropské unie silně určovat vývoj nástupu elektromobility v jednotlivých státech. Není proto možné vyloučit, že plánovaný přechod projde dalšími změnami.

Pavlínek (2023) si však je jistý, že tento přechod bude mít značný negativní vliv na společnosti zaměřující se na dodávání komponentů specifických pro technologii spalovacích motorů. Samotné automobilky budou méně dotčené při přerozdělení výrobních zdrojů z výroby aut se spalovacími motory na výrobu elektromobilů. Naopak predikuje značný růst v odvětví výroby baterií a elektromotorů.

Vybraná společnost se věnuje výrobě komponentů, které nepodléhají ztrátě potřebnosti při odklonu od spalovacích motorů. Svítící technologie budou i nadále nedílnou součástí každého automobilu bez ohledu na jeho pohon. Společnost se tedy bude v budoucnu potýkat pouze s fluktuací poptávky po automobilech a nebude řešit otázku relevance svého výrobku.

Společnost tedy může využít digitální transformace k zefektivnění výroby pro zachování a zvýšení konkurenceschopnosti, protože toto odvětví má výhled do budoucnosti a je klíčové podnikat kroky k zachování postavení na trhu. Investice do racionalizace výroby tedy mají smysl a jsou potřebným krokem pro budoucí rozvoj společnosti.

7 ZADÁNÍ PROJEKTU

Cílem projektu je racionalizovat montážní linku pomocí počítačové simulace v programu FlexSim, která umožní získat komplexní přehled o situaci a analyzovat ji. Dynamická simulace umožní prověření veškerých alternativ a zajistí výběr nejefektivnějšího řešení bez vynaložení značných nákladů.

Vypracovaná analýza umožní efektivně naplánovat výrobu a vyhnout se tak plýtvání z důvodu přebytečné lidské pracovní síly, která není dostatečně využita. Naopak také zamezí omezení výrobního taktu z důvodu nedostatku operátorů na provoz montážní linky.

Výstupem bude jasně daný seznam činností, kterým se mají operátoři postupně věnovat. Nebude zde prostor pro nedorozumění. Spolu s tím budou popsány požadované změny pro maximální využití linky.

Takto racionalizovaná montážní linka je klíčová k plnění požadovaných cílů výroby a udržení konkurenceschopnosti na trhu.

Vybraná montážní linka vyrábí světlomety v páru levé a pravé strany, proto je možné v simulaci pro zjednodušení pracovat pouze s jednou stranou linky, která je totožná straně druhé. Výsledky mohou být bez rozdílu aplikovány na obě.

Zasahovat do technologických procesů není účelem tohoto projektu. Důraz je kladen spíše na správné balancování výrobních prostředků a konání drobných změn materiálových toků s velkým dopadem na produkci.

Tabulka 2 Metoda SMART (vlastní zpracování)

Krok	Popis kroku
Specific	Efektivní využití operátorů
Measurable	Snížit počet operátorů na nejvýše 12
Agreed	Zodpovědní pracovníci ve společnosti vidí přínos projektu a souhlasí s jeho realizací
Realistic	Analýza simulací umožní určit reálnost cíle. Kvalifikovaný výpočet kapacit předpokládá 12 operátorů
Time-bound	Projekt je připraven do dubna 2024 a jeho sledování pokračuje do srpna 2024

Pomocí metody SMART byl specifikován přesný cíl práce dle požadavků zadavatele a ohraničen časovým úsekem i měřitelným údajem pro sledování průběhu projektu.

Na základě takto definovaného cíle a kritérií jeho splnění je možné dále pokračovat s vypracováním projektu. Jasně definování těchto rámců slouží ke správnému nasměrování úsilí a zamezí vzniku jakýchkoliv nejasností při plánování realizace.

8 ANALÝZA MONTÁŽNÍ LINKY

Informace pro vypracování simulace byly poskytnuty formou procesní dokumentace a konzultace se zodpovědnými pracovníky. V této dokumentaci byly popsány jednotlivé výrobní operace přiřazené k výrobním stanicím. Bylo zde také uvedeno, jaký materiál vstupuje do výrobku a ve kterém kroku procesu je využit.

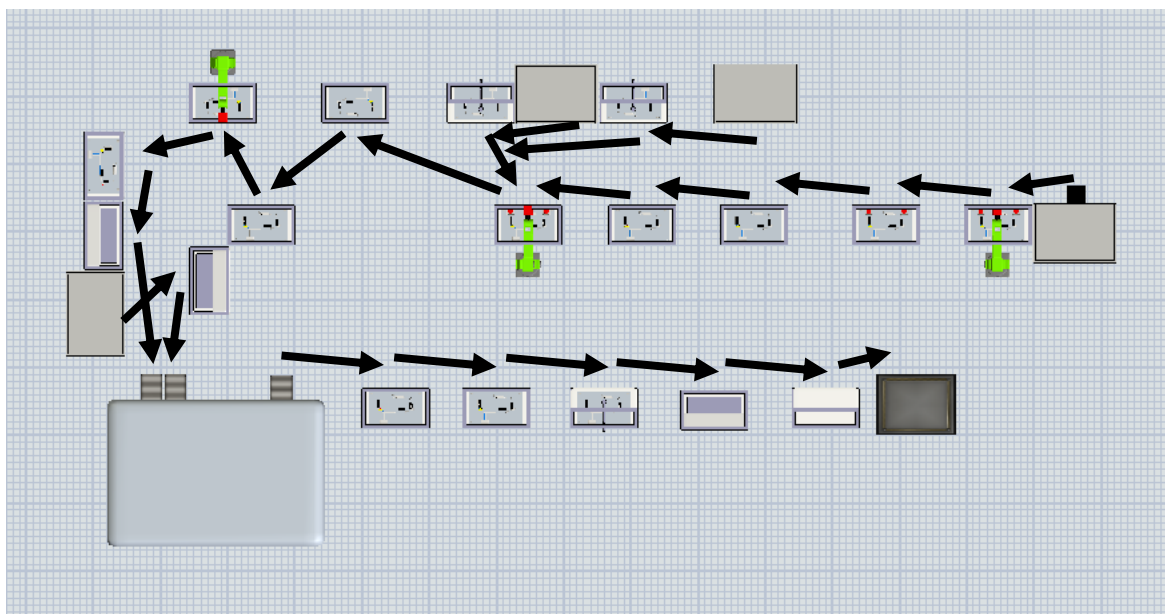
Časové údaje jednotlivých operací vycházejí ze standardizovaných procesů využívaných při montáži světlometů. Ve společnosti již existují značné zkušenosti s plánováním montážních linek a na základě znalosti předchozích projektů lze s přesností určit potřebné úkony montáže a jejich časy.

Při normování časů operací byly brány v potaz desítky pracovních cyklů a výsledný čas pro operaci byl zaokrouhlen s přesností na dvě desetinná místa.

Pro potřeby zachování mlčenlivosti o výrobních tajemstvích jsou v práci prezentovány pouze údaje vlastního zpracování relevantní pro realizaci projektu.

8.1 Materiálový tok

Pro simulaci montážní linky byl společností poskytnut layout výroby, který byl následně přepracován do programu FlexSim. Jedná se o simulaci výroby pouze jednoho produktu, jehož varianty neovlivňují časy ani posloupnost operací. Simulace tedy pracuje se stejnými daty a materiálový tok se nemění



Obrázek 2 Layout zpracovaný v programu FlexSim (vlastní zpracování)

Základní strukturu montážní linky tvoří 18 stanic, na kterých dochází k postupné montáži světlometu. Šipky zobrazují směr materiálového toku v lince. V rámci montáže prochází světlomet lepicí buňkou, ve které je sklo pevně spojeno se skořápkou světlometu.

U vybraných stanic se nacházejí 3 kolaborativní roboti, kteří vykonávají činnosti spolu s operátory. V lince se nacházejí 4 místa, kde si operátoři musejí pro svoji činnost vyzvednout komponenty mimo svoji stanici, což je také důležité zohlednit v rámci simulace. Na konci linky je pak skladová plocha, ze které je odvážen hotový produkt.

Každé pracoviště má své specifické pracovní úkony, které je na něm nutné vykonat. Z toho je část úkonů prováděna manuálně a část automaticky. Rozvržení pracovních úkonů na základě výpočtu zodpovědného zaměstnance společnosti nebylo před vypracováním simulace poskytnuto pro zachování maximální objektivity při realizaci projektu.

8.2 Výrobní stanice

V montážní lince se nachází 18 stanic potřebných pro výrobu světlometu. Každá z těchto stanic umožňuje výkon přesně daných úkonů pro kompletaci výrobku. Žádný z úkonů není možné vynechat nebo měnit.

8.2.1 Parametry stanic

V rámci rozlišení typů operací vykonávaných na jednotlivých stanicích existují dva typy:

- MO – manuální operace, kterou musí vykonat operátor;
- AO – automatická operace, kterou vykonává stroj či robot.

Tabulka 3 Výrobní časy stanice 1 (vlastní zpracování)

Stanice 1		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	11,90
AO	Montáž	62,50
MO	Vyjmutí	1,25
Celkový čas		80,65

Stanice 1 vyžaduje pro své úkoly 80,65 sekund času. Z toho je 77% času vymezeno pro automatickou operaci vykonávanou kolaborativním robotem. Operátor tak zde má velký prostor pro obsluhu další stanice.

Tabulka 4 Výrobní časy stanice 2 (vlastní zpracování)

Stanice 2		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	111,50
AO	Montáž	16,00
MO	Vyjmutí	1,85
Celkový čas		134,35

Stanice 2 má celkový čas 134,35 sekund, což spolu s podílem automatického času 12 % ukazuje menší možnost úplného nahrazení operátora. Stále je zde však prostor pro přerozdělení úkolů mezi jednotlivými operátory.

Tabulka 5 Výrobní časy stanice 3 (vlastní zpracování)

Stanice 3		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	89,25
AO	Montáž	5,75
MO	Vyjmutí	2,65
Celkový čas		102,65

Stanice 3 má celkový čas operací 102,65 sekund, ze kterých je 6% prováděno strojem v rámci automatické operace. Automatický proces zde neposkytuje mnoho prostoru pro přerozdělené úkolů, ale jedná se o kratší celkový čas, což poskytuje jistý prostor pro změny.

Tabulka 6 Výrobní časy stanice 4 (vlastní zpracování)

Stanice 4		
Typ	Operace	Čas[s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	52,50
AO	Montáž	13,75
MO	Vyjmutí	2,53
Celkový čas		73,78

Stanice 4 má celkový čas operací 73,78 sekund, ze kterých je 19% času prováděno automaticky. Tato stanice poskytuje značný prostor pro racionalizaci.

Tabulka 7 Výrobní časy stanice 5 (vlastní zpracování)

Stanice 5		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	63,75
AO	Montáž	42,50
MO	Vyjmutí	5,25
Celkový čas		116,50

Stanice 5 má celkový čas operací 116,5 sekund a z toho 36% času pracuje robot bez přičinění operátora. Je zde tedy také prostor pro změny.

Tabulka 8 Výrobní časy stanice 6 (vlastní zpracování)

Stanice 6		
Typ	Operace	Čas[s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	101,75
AO	Montáž	10,00
MO	Vyjmutí	3,20
Celkový čas		119,95

Stanice 6 má celkový čas operací 119,95 sekund, ze kterých je 8% času prováděno automaticky. Na základě analýzy času a umístění stanice zde není velký potenciál pro změny.

Tabulka 9 Výrobní časy stanice 7 (vlastní zpracování)

Stanice 7		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	34,75
MO	Montáž	50,75
MO	Vyjmutí	11,50
Celkový čas		102,00

Stanice 7 má celkový čas operací 102 sekund, ze kterých není žádná prováděna v automatickém režimu. Díky kratšímu výrobnímu času je zde však možnost změn.

Tabulka 10 Výrobní časy stanice 8 (vlastní zpracování)

Stanice 8		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	9,25
AO	Montáž	62,50
AO	Montáž	2,50
AO	Montáž	25,00
MO	Vyjmutí	25,00
Celkový čas		124,25

Stanice 8 má celkový čas 124,25 sekund. Z toho 72% je prováděno v automatu. Na této stanici je proto velký prostor pro ušetření operátora.

Tabulka 11 Výrobní časy stanice 9 (vlastní zpracování)

Stanice 9		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	110,25
MO	Vyjmutí	7,08
Celkový čas		122,33

Stanice 9 má celkový čas 122,33 sekund a je zcela bez automatických procesů. Je zde velký požadavek na přítomnost operátora, který má jen malý prostor pro další využití.

Tabulka 12 Výrobní časy stanice 10 (vlastní zpracování)

Stanice 10		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	29,75
MO	Montáž	5,00
MO	Montáž	19,75
MO	Montáž	13,25
MO	Montáž	36,50
AO	Montáž	44,50
MO	Vyjmutí	2,25
Celkový čas		156,00

Stanice 10 má celkový čas operací 156 sekund a z toho 29% činí automatická operace robota. Jelikož se jedná o stanici s nejdelším časem, je zde nutná maximální přítomnost operátora, protože prodlevy se přímo promítnou do snížení výstupu celé montážní linky.

Tabulka 13 Výrobní časy stanice 11 (vlastní zpracování)

Stanice 11		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	7,25
AO	Montáž	100,00
MO	Vyjmutí	33,00
Celkový čas		145,25

Stanice 11 má celkový čas operací 145,25 sekund, ze kterých je 69% prováděno automaticky. Toto dává možnost pro sdílení operátora s dalšími stanicemi.

Tabulka 14 Výrobní časy stanice 12 (vlastní zpracování)

Stanice 12		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	14,75
AO	Montáž	100,00
MO	Vyjmutí	6,00
Celkový čas		125,75

Stanice 12 má celkový čas 125,75 sekund a z toho 80% provádí stroj. V souvislosti s okolními stanicemi zde je velký prostor pro ušetření operátorů.

Tabulka 15 Výrobní časy stanice 13 (vlastní zpracování)

Stanice 13		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	7,50
AO	Montáž	110,00
MO	Vyjmutí	10,00
Celkový čas		127,50

Stanice 13 má celkový čas 127,5 sekund s 86% automaticky prováděných procesů. Zde je také velký prostor pro úsporu operátora.

Tabulka 16 Výrobní časy stanice 14 (vlastní zpracování)

Stanice 14		
Typ	Operace	Čas[s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	42,50
AO	Montáž	37,50
MO	Vyjmutí	5,00
Celkový čas		90,00

Stanice 14 má celkový čas 90 sekund, kde 42% času pracuje jen stroj.

Tabulka 17 Výrobní časy stanice 15 (vlastní zpracování)

Stanice 15		
Typ	Operace	Čas[s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	42,50
AO	Montáž	37,50
MO	Vyjmutí	5,00
Celkový čas		90,00

Stanice 15 má celkový čas 90 sekund a z toho 42% automatické operace. V souvislosti s okolními stanicemi je zde prostor pro snížení počtu operátorů.

Tabulka 18 Výrobní časy stanice 16 (vlastní zpracování)

Stanice 16		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Montáž	42,50
AO	Montáž	37,50
MO	Vyjmutí	5,00
Celkový čas		90,00

Stanice 16 má celkový čas 90 sekund, kde 42% času pracuje jen stroj.

Tabulka 19 Výrobní časy stanice 17 (vlastní zpracování)

Stanice 17		
Typ	Operace	Čas[s]
MO	Založení	5,00
MO	Kontrola	65,00
MO	Vyjmutí	5,00
Celkový čas		75,00

Stanice 17 má celkový čas 75 sekund a je zcela bez automatických operací. Jedná se však o kratší čas než u ostatních stanic, proto je zde prostor pro zeštíhlení výroby.

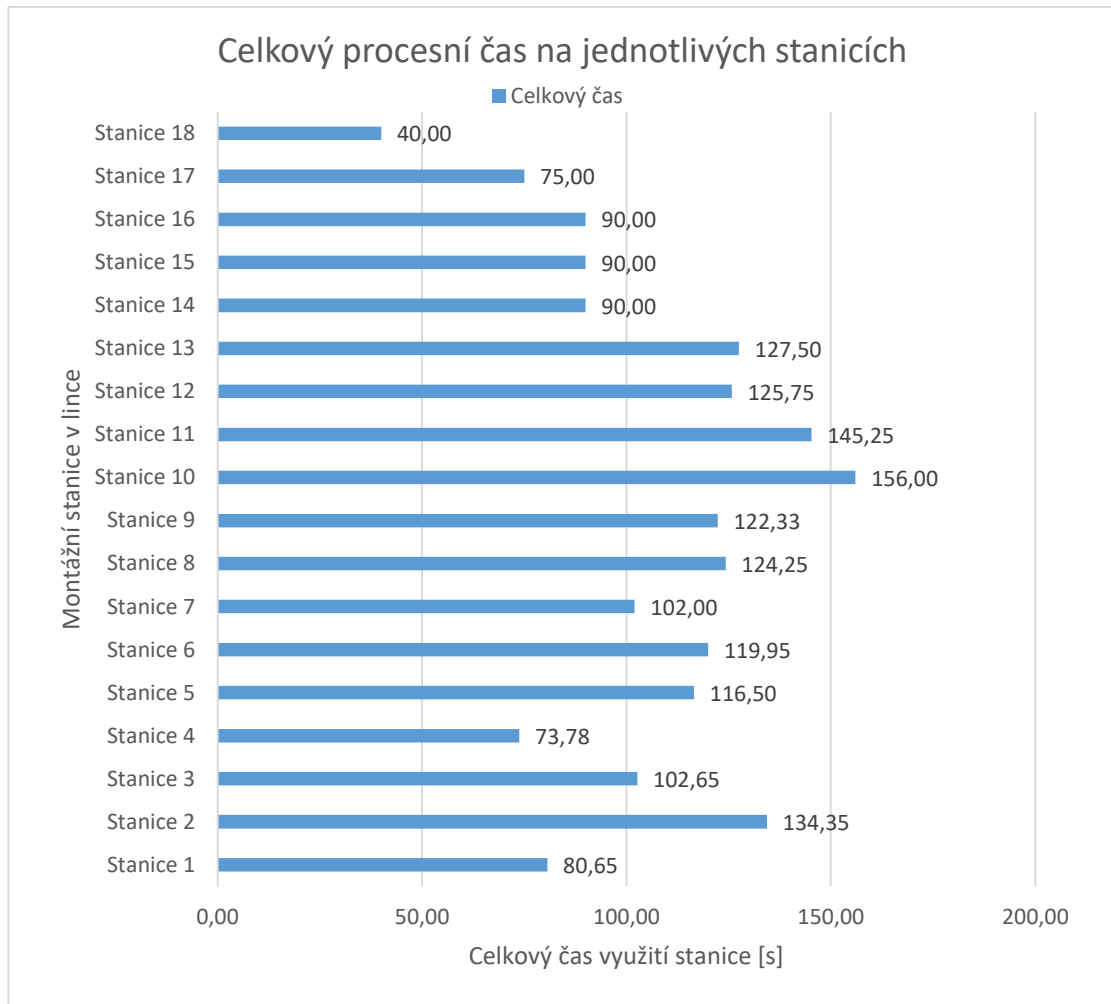
Tabulka 20 Výrobní časy stanice 18 (vlastní zpracování)

Stanice 18		
Typ	Operace	Čas [s]
MO	Založení	5,00
MO	Balení	35,00
Celkový čas		40,00

Stanice 18 má celkový čas 40 sekund a je také bez automatických procesů. Jako stanice s nejkratším časem je zde velký potenciál pro racionalizaci využití operátorů.

8.2.2 Analýza stanic

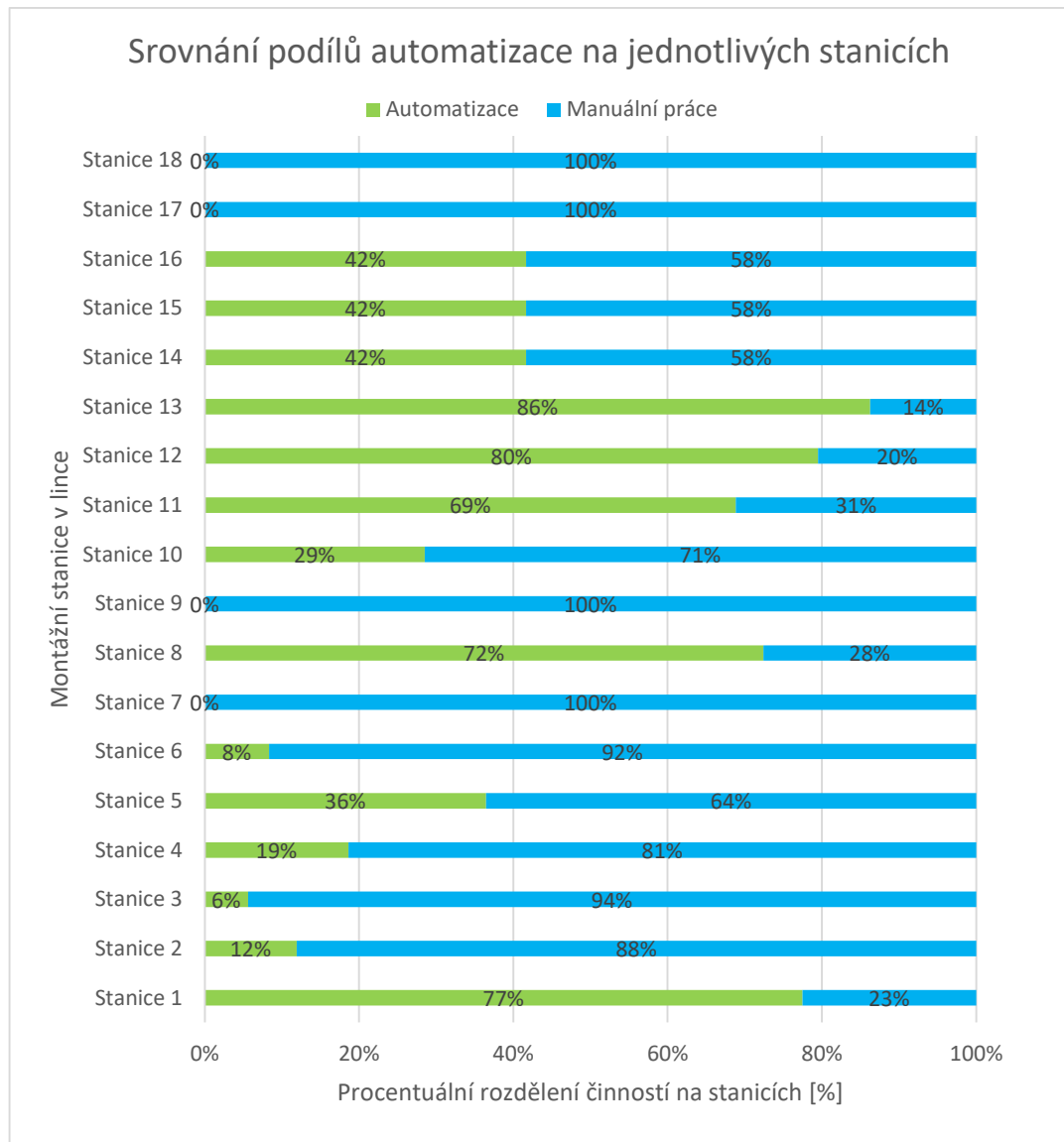
Už ze vstupních dat pro simulaci je možné jednoduchou analýzou určit potenciální místa pro racionalizaci linky. Díky porovnání celkových časů potřebných pro jednotlivé stanice a podílu automatických operací na těchto časech je možné určit tato místa zájmu.



Obrázek 3 Srovnání celkových stavů stanic (vlastní zpracování)

V rámci srovnání časů potřebných pro realizaci operací na jednotlivých stanicích je jasně zřetelné, že stanice 10 je úzkým místem montážní linky. Bez hlubších zásahů do výrobních procesů je toto jasně daný horní limit produkce. Navrhované úpravy materiálového toku musí být činěny s důrazem na zajištění maximálního průtoku materiálu touto stanicí.

Naopak stanice 1, 4, 14, 15, 16, 17 a 18 jsou se svými časy značně pod úrovní ostatních stanic, poskytují tak značný prostor pro lepší využití operátorů pro více stanic zároveň. Tyto hodnoty však musí být brány v potaz v souvislosti s layoutem linky, návazností materiálových toků a dalšími souvislostmi. Bez komplexního pohledu na problém by výsledné řešení nemělo reálnou hodnotu.



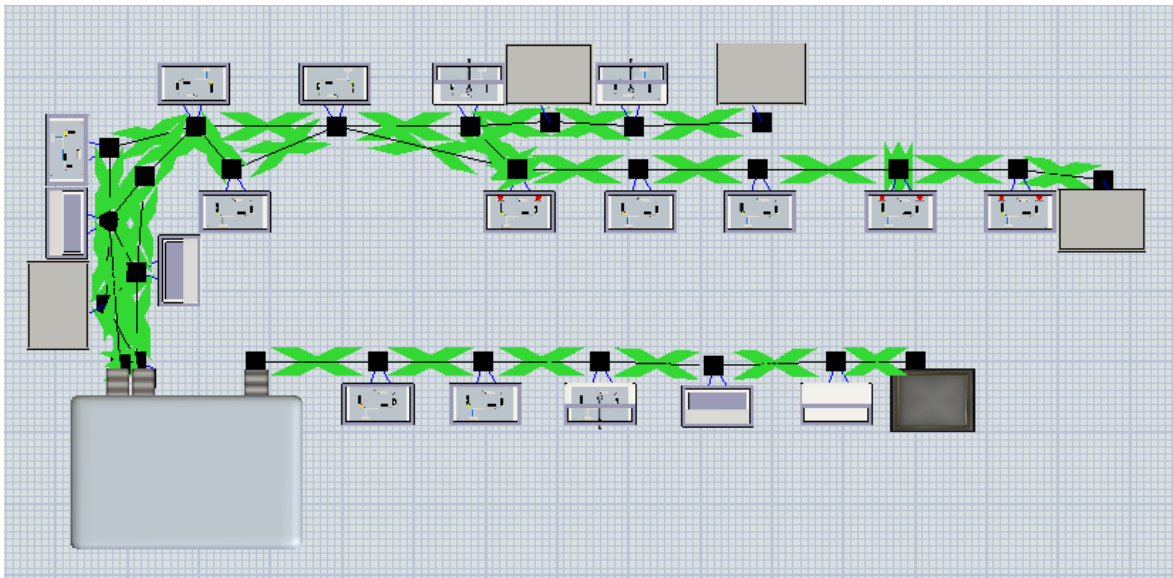
Obrázek 4 Srovnání podílů automatizace na jednotlivých stanicích (vlastní zpracování)
 Z obrázku je patrné, že vybrané stanice mají značný podíl operací prováděných strojem či robotem, proto je u nich vysoká pravděpodobnost využití jednoho operátora pro více stanic. Konkrétně stanice 1, 8, 11, 12 a 13 mají nejvyšší podíly automatizace, které přesahují 65% z celkového potřebného výrobního času.

8.3 Simulace montážní linky

Pro získání představy o maximálním výkonu montážní linky je třeba v první simulaci pracovat s maximálním počtem operátorů, tak aby mělo každé pracoviště svého operátora a průtok materiálu nebyl zužován nedostatkem lidské síly.

Tento čistý počáteční stav umožní postupně ubírat operátory a přerozdělovat jejich pracovní úkoly při průběžném kontrolování vlivu těchto změn na výrobu. V počáteční simulaci tedy figuruje 18 operátorů.

Simulace probíhá v rámci jedné výrobní směny s přestávkami 10 a 20 minut. Tudiž čistý čas každé simulace směny je 7,5 hodiny.



Obrázek 5 Layout s trasami pro operátory (vlastní zpracování)

V rámci přípravy layoutu pro simulaci je vhodné jasně vyznačit trasy, po kterých se můžou operátoři pohybovat. Za cenu tohoto omezení je možné snáze se vyhnout zmatku v pohybu operátorů, což by vedlo ke zkreslení simulace.

Každá stanice má přidělený bod, který určuje pozici pro výkon úkolu na vybrané stanici. Zelené šipky pak určují povolený směr pohybu na této trase. V tomto případě jsou všechny trasy obousměrné a umožňují volný pohyb operátorů.

Při sledování průběhu simulace je jasně vidět když se jeden z operátorů nechová dle očekávání a je třeba v programu upravit pokyny, které ho řídí.



Obrázek 6 Layout linky s operátory (vlastní zpracování)

Jak bylo již dříve zmíněno, ke každé stanici byl přidělen odpovídající operátor. Simulace s těmito parametry umožnila vyhodnotit požadovaný průtok linka a určit tak hodnotu, které musí být dosaženo pro potvrzení úspěšnosti navrhovaných změn.

Racionalizace v tomto projektu míří na zestíhnutí výroby a ušetření nákladů na zaměstnance, ale nemůže tak být dosaženo za cenu snížení objemu produkce.

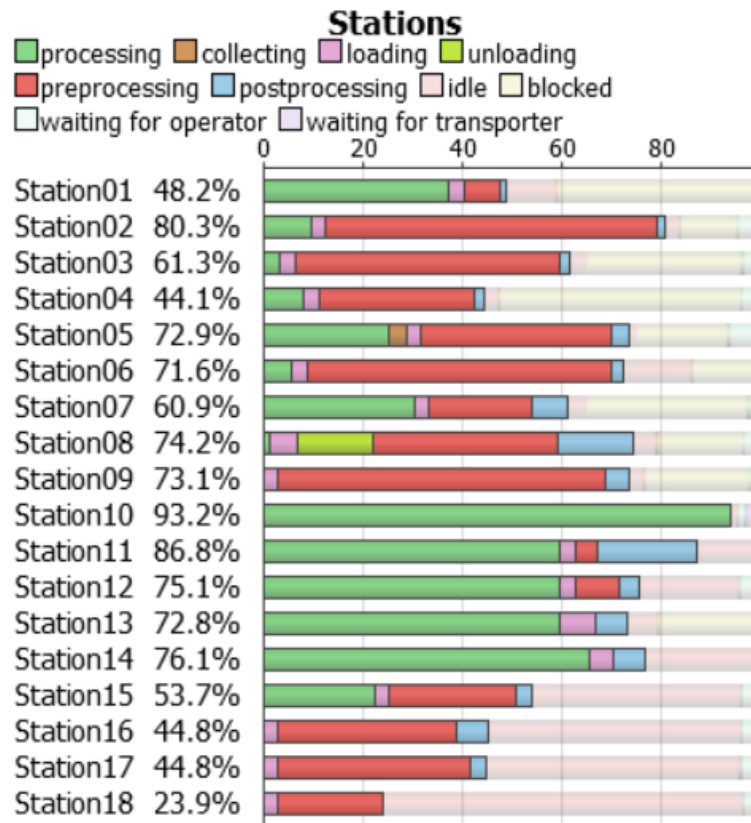
8.3.1 Využití stanic

Simulační program umožňuje přesné sledování využití operátorů i montážních stanic, což je skvělým nástrojem pro určení správné oblasti výroby pro změny. Jsou zde využity diagramy, ve kterých lze vyčíst rozložení činností subjektu v čase simulace.

V rámci diagramu je rozlišováno několik různých stavů zařízení, které jsou v diagramu barevně vyznačené. Jedná se o:

- processing – hlavní pracovní úkon vyžadovaný od subjektu;
- collecting – donáška materiálu pro výrobu;
- loading – nakládání materiálu do zařízení;
- unloading – vykládání materiálu ze zařízení;
- preprocessing – příprava na hlavní pracovní úkon;
- postprocessing – dokončovací operace po hlavním pracovním úkonu;
- idle – čekání bez vytížení;

- blocked – zablokováno obsazením následujícího stanoviště v procesu;
- waiting for operator – čekání na příchod operátora v momentu kdy stroj splňuje předpoklady pro výkon operace a chybí mu manuální pracovní síla;
- waiting for transporter – čekání na odvoz výrobku.



Obrázek 7 Využití stanic v počáteční simulaci (vlastní zpracování)

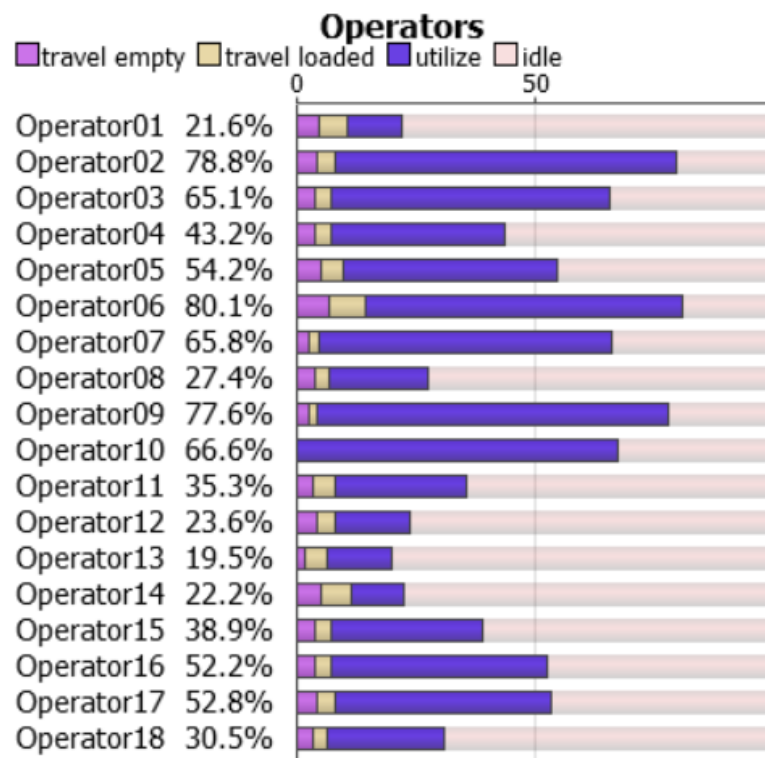
Diagram vizualizuje využití jednotlivých stanic a sčítá všechny pracovní stavy do procentuální hodnoty vedle názvu stanice. Z těchto informací lze jasně vyčíst, že stanice číslo 10 je mezi stanicemi úzkým místem materiálového toku s využitím 93,2%. Veškeré další zásahy do materiálového toku tedy musí brát v potaz tuto skutečnost a dbát na neomezení průtoku stanicí 10. Každé omezení by se v tomto případě zásadně projevilo na celkovém výstupu montážní linky.

Naopak u stanic s číselným označením 15 až 18 je zřejmý velký prostor pro práci s operátory. Se zobrazeným vytížením kolem 50% a v případě stanice 18 dokonce 23,9% je zde značná časová rezerva, kterou může operátor využít k obsluze dalších stanic.

8.3.2 Využití operátorů

Pro diagram využití operátorů existuje několik specifických stavů, které se dělí na:

- travel empty – operátor se pohybuje bez nákladu;
- travel loaded – operátor se pohybuje s nákladem;
- utilize – operátor se věnuje zadané činnosti;
- idle – operátor čeká na instrukce.



Obrázek 8 Využití operátorů v počáteční simulaci (vlastní zpracování)

Z grafu je na první pohled patrné, že operátoři nejsou zdaleka plně vytíženi v tomto pojetí simulace. Jediní operátoři s označením 2, 6 a 9 se blíží standardnímu vytížení, ale ani u nich není možné považovat hodnoty za maximální.

Hodnoty ukazují na velký potenciál pro racionalizaci výroby správným rozložením pracovních úkonů mezi jednotlivé operátory a určením potřebných priorit. Takto racionalizovaná výroba pro své plné využití bude potřebovat menší množství operátorů a nedojde tak k plýtvání výrobními prostředky.

8.3.3 Rozpis činností operátorů

V modelu linky stejně jako v reálné lince má každý operátor jasně přiřazené činnosti, kterým se věnuje. Bez jasných pracovních instrukcí by byla produktivita výroby řádově nižší a chaotická.

Popis pracovních činností vychází z průběhu výroby, tudíž se při průchodu prvního kusu pracovní postupy částečně liší. Až po zaplnění veškerých stanic montovaným produktem dochází průběhu standardní výroby.

V rámci rozpisu činností byly použity následující zkratky:

- STx – udává stanici a její číselné označení;
- KOx – značí kontejner s materiálem a jeho označení;
- LEP – označení pro lepící buňku;
- OS – odkládací stolek pro odložení rozpracované výroby mezi stanicemi;
- OP – je koncová odvozová plocha.

Tabulka 21 Operátor 1 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 1		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO1	Vyjmutí	5,00
ST1	Založení	5,00
ST1	Montáž	11,90
ST1	Montáž	62,50
ST1	Vyjmutí	1,25
ST2	Založení	5,00
Celkový čas		90,65

Operátor 1 se věnuje činnostem na třech různých stanovištích, proto bude jednodušší ho ponechat a jen mu přidat další pracovní úkoly než posílat operátora od jiné stanice. Celkový čas 90,65 sekund dává prostor pro změny, ale s přičtením všech pohybů by plné nahrazení operátora bylo časově náročnější.

Tabulka 22 Operátor 2 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 2		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST2	Montáž	111,50
ST2	Vyjmutí	1,85
ST3	Založení	5,00
Celkový čas		118,35

Operátor 2 se s 118,35 sekundami nachází mezi více využitými operátory. Nabízí se však možnost ulevit mu od části jeho pracovních úkolů a umožnit mu tak převzít úkoly za dalšího operátora.

Tabulka 23 Operátor 3 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 3		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST3	Montáž	89,25
ST3	Vyjmutí	2,65
ST4	Založení	5,00
Celkový čas		96,90

Operátor 3 se s vytížením 96,90 sekund a malým rozsahem pohybu nabízí pro možnou racionalizaci výroby. Při přerozdělení jeho úkolů dojde k vybalancování kapacit a bude možné snížit celkový počet operátorů.

Tabulka 24 Operátor 4 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 4		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST4	Montáž	52,50
ST4	Vyjmutí	2,53
ST5	Založení	5,00
Celkový čas		60,03

Operátor 4 má se 60,03 sekundami relativně malé vytížení. Díky svému umístění v lince však může posloužit po přebrání úkolů operátorů před sebou a za sebou. Umožní tak další snížení nutných lidských zdrojů při zachování plné výroby.

Tabulka 25 Operátor 5 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 5		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST5	Montáž	63,75
ST5	Vyjmutí	5,25
ST8	Založení	9,25
Celkový čas		78,25

Operátor 5 je s 78,25 sekundami také méně vytížen a je vhodné rozdělit jeho činnosti mezi okolní operátory. Dojde tak k dalšímu snížení potřebných operátorů. Jeho práci však musí převzít nejbližší operátoři 4 a 7.

Tabulka 26 Operátor 6 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 6		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO2	Vyjmutí	5,00
ST6	Založení	5,00
ST6	Montáž	101,75
ST6	Vyjmutí	3,20
ST7	Založení	5,00
Celkový čas		119,95

Operátor 6 se s časem 119,95 řadí mezi více vytížené operátory. Také musí v rámci plnění pracovních úkolů obsluhovat 3 různá pracoviště, což ho činí obtížně nahraditelným. Jediná naskýtající se změna je využití jeho volných kapacit k uvolnění operátora 7 a umožnění vykrytí činností na dalších stanicích.

Tabulka 27 Operátor 7 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 7		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO3	Vyjmutí	5,00
ST7	Založení	5,00
ST7	Montáž	34,75
ST7	Montáž	50,75
ST7	Vyjmutí	11,30
ST5	Založení	5,00
Celkový čas		111,80

Operátor 7 také musí pokrýt svojí činností tři různá pracoviště. Časové vytížení 111,80 sekund mu poskytuje jistý prostor pro převzetí dalších úkolů, ale pro plné využití operátora je nejdřív nutné převzetí vybraných úkolů operátorem 6, aby měl operátor 7 dostatečný prostor věnovat se dalším úkolům.

Tabulka 28 Operátor 8 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 8		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST8	Vyjmutí	25,00
ST9	Založení	5,00
Celkový čas		30,00

Operátor 8 koná jen velmi málo operací s celkovým časem 30 sekund. Tento operátor je ideální k nahrazení. Jeho činnosti mohou být bez větších problémů rozděleny mezi okolní operátory.

Tabulka 29 Operátor 9 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 9		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST9	Montáž	110,25
ST9	Vyjmutí	7,08
ST10	Založení	5,00
Celkový čas		122,33

Operátor 9 provádí činnosti s celkovou časovou náročností 122,33 sekund a řadí se taky mezi více vytížené operátory. Má jistý prostor pro převzetí úkolů za operátora 9 a snížení celkového potřebného počtu operátorů.

Tabulka 30 Operátor 10 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 10		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST10	Montáž	29,75
ST10	Montáž	5,00
ST10	Montáž	19,75
ST10	Montáž	13,25
ST10	Montáž	36,50
Celkový čas		104,25

Operátor 10 má celkový výrobní čas 104,25 sekund. Obsluhuje stanici, jež je úzkým místem materiálového toku a při každé změně jeho pracovní náplně musí být zajištěno plné pokrytí potřeb stanice 10. Jakékoliv omezení provozu stanice 10 by se okamžitě projevilo na celkovém výstupu montážní linky.

Tabulka 31 Operátor 11 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 11		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST10	Vyjmutí	2,25
ST11	Založení	5,00
ST11	Montáž	7,25
ST11	Vyjmutí	33,00
ST12	Založení	5,00
Celkový čas		52,50

Operátor 11 musí vykonávat pracovní činnosti po dobu 52,50 sekund. Má tedy velký prostor pro výkon dalších činností místo ostatních operátorů. Umožní tak nahrazení následujícího operátora a další snížení jejich celkového počtu.

Tabulka 32 Operátor 12 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 12		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST12	Montáž	14,75
ST12	Vyjmutí	6,00
LEP	Založení	5,00
Celkový čas		25,75

Operátor 12 je s celkovým časem 25,75 sekund nejméně vytíženým operátorem a ideálním kandidátem pro přerozdělení pracovních činností mezi kolegy.

Tabulka 33 Operátor 13 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 13		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO4	Vyjmutí	5,00
ST13	Založení	7,50
ST13	Vyjmutí	10,00
LEP	Založení	5,00
Celkový čas		27,50

Operátor 13 se s časem 27,50 sekund nachází mezi málo vytíženými operátory. Díky blízké přítomnosti dalších operátorů je však možné ho nahradit ostatními.

Tabulka 34 Operátor 14 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 14		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
LEP	Vyjmutí	5,00
ST14	Založení	5,00
ST14	Montáž	42,30
ST14	Vyjmutí	5,00
ST15	Založení	5,00
Celkový čas		62,30

Operátor 14 má s celkovým časem 62,30 sekund malé vytížení, které mu umožňuje převzít úkoly za následujícího operátora.

Tabulka 35 Operátor 15 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 15		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST15	Montáž	42,50
ST15	Vyjmutí	5,00
ST16	Založení	5,00
Celkový čas		52,50

Operátor 15 má celkový výrobní čas na hodnotě 52,50 sekund. Jeho úkoly je možné rozdělit mezi okolní operátory a umožnit, tak jeho nahrazení.

Tabulka 36 Operátor 16 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 16		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST16	Montáž	42,50
ST16	Vyjmutí	5,00
ST17	Založení	5,00
Celkový čas		52,50

Operátor 16 vykonává 52,50 sekund výrobních operací. Po převzetí vybraných operací za operátora 15 dosáhne lepšího celkového vytížení než doposud. Dojde tak k dalšímu snížení potřebného lidského kapitálu.

Tabulka 37 Operátor 17 před racionalizací (vlastní zpracování)

Operátor 17		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST17	Kontrola	65,00
ST17	Vyjmutí	5,00
ST18	Založení	5,00
Celkový čas		75,00

Operátor 17 je vytížen po dobu 75 sekund. Má tedy prostor pro výkon dalších pracovních úkolů. Při převzetí úkolů za následujícího operátora dosáhne lepšího celkového vytížení a zároveň uvolní další operátorskou pozici.

Tabulka 38 Operátor 18 před racionalizací (vlastní zpracování)

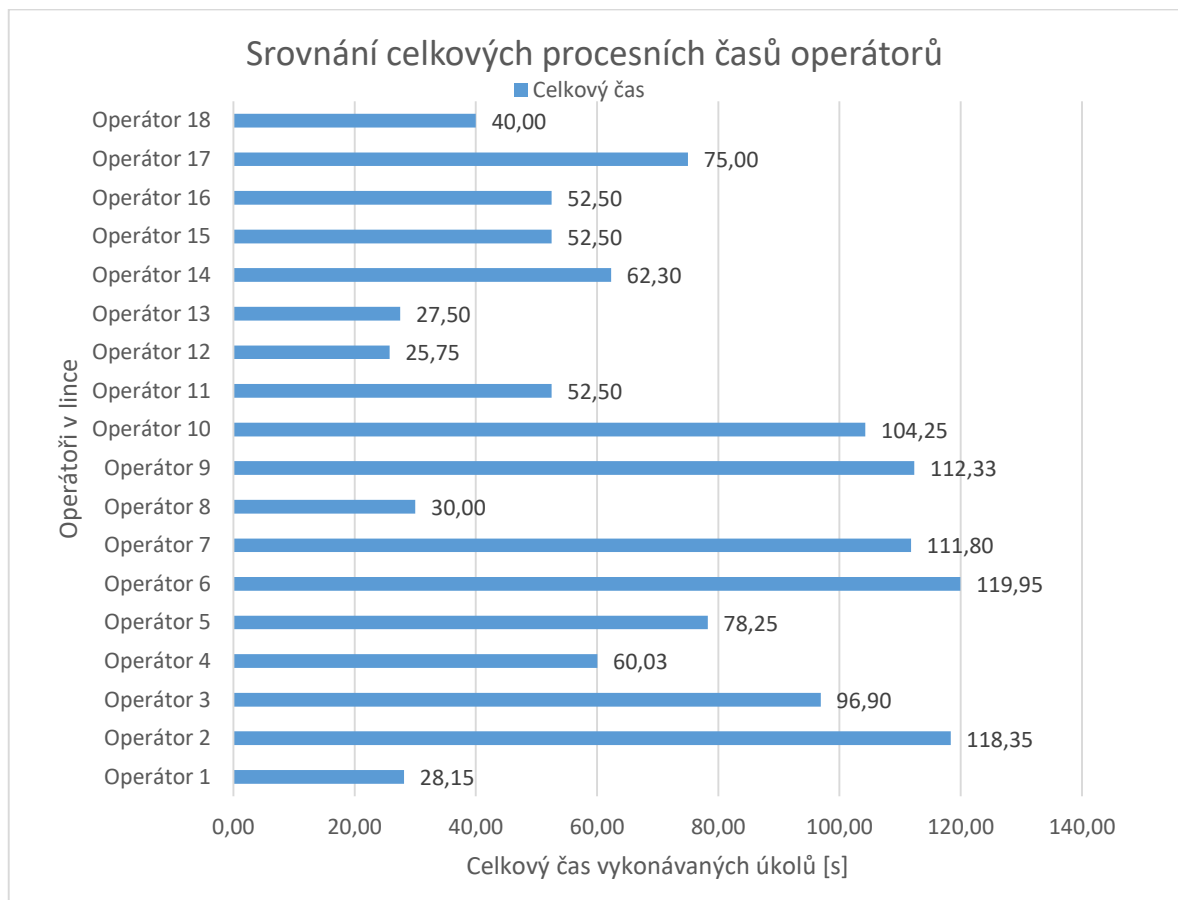
Operátor 18		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST18	Balení	35,00
OP	Založení	5,00
Celkový čas		40,00

Operátor 18 představuje s časem 40 sekund jednoho z nejméně vytížených operátorů. Nahrazení tohoto operátora předchozím operátorem představuje minimální riziko a umožní požadované snížení stavů.

8.3.4 Shrnutí činností operátorů

V rámci výkonu úkolů na lince provádí každý operátor několik různých činností. V předchozí kapitole byly činnosti jednotlivých operátorů popsány se zaměřením na

jednotlivce. Pro větší přehled nad aktivitou operátorů byla vytvořena i grafická vizualizace časové náročnosti úkolů jednotlivých operátorů.



Obrázek 9 Srovnání celkových procesních časů operátorů (vlastní zpracování)

Grafické znázornění procesních časů operátorů ukazuje, že operátor 2 je s časem 118,35 sekund nejvíce vytíženým ze všech operátorů. Nejedná se však o úzké místo materiálového toku linky.

Naopak operátoři 1, 4, 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16 a 18 vykazují znatelně nižší časové hodnoty procesů oproti ostatním. Nabízí se zde šance pro rozdělení činností těchto operátorů mezi ostatní a snížení jejich celkového počtu.

8.3.5 Fyzická zátěž operátorů

Program FlexSim umožňuje sledování vzdálenosti, kterou operátor ujde za směnu, což umožňuje získat poměrně konkrétní přehled fyzické zátěži kladené na operátora. Na základě těchto údajů je možné podnikat kroky pro minimalizaci takové zátěže.

Se zadavatelem projektu bylo dohodnuto, že limitní hodnotou pro ušlou vzdálenost je 8000 metrů. Po překročení této hranice už je jasný důvod pro hledání změn na lince pro minimalizaci zátěže operátorů.

Tabulka 39 Ušlá vzdálenost před racionalizací (vlastní zpracování)

Stav před racionalizací	
Operátor	Vzdálenost [m]
Operátor 1	2475
Operátor 2	1693
Operátor 3	1437
Operátor 4	1477
Operátor 5	2217
Operátor 6	3498
Operátor 7	750
Operátor 8	1331
Operátor 9	617
Operátor 10	0
Operátor 11	1724
Operátor 12	1707
Operátor 13	1179
Operátor 14	2673
Operátor 15	1490
Operátor 16	1464
Operátor 17	1639
Operátor 18	1223
Celkem	28594

Z analýzy vyplívá, že nejvíce zatíženým operátorem je operátor 6, který za směnu ušel 3498 metrů. Na dalších místech se nacházejí operátor 14 (2673 metrů), operátor 1 (2475 metrů) a operátor 5 (2217 metrů).

Nejméně zatíženými jsou operátoři 10 (0 metrů), 9 (617 metrů) a 7 (750 metrů). Při srovnání veškerých hodnot však vyšel jasný závěr, že žádný z operátorů se svým pohybem neblíží k limitní hodnotě vzdálenosti.

8.4 Návrhy racionalizace

Rozdělení činností operátorů 1, 4, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 a 18 mezi okolní kolegy v závislosti na využití stanic je prvním krokem k racionalizaci linky.

Pro lepší tok materiálu je možné dodat k vybraným stanicím odkládací plochu pro jeden rozpracovaný kus a v případě potřeby i odkládací stolek. Tyto drobné úpravy na potřebných místech povedou k efektivnějšímu využití výrobních faktorů a tedy i ke štihlejší výrobě.

Pravděpodobným místem umístění odkladné plochy nebo odkládacího stolku bude stanice 10, která vykazuje nejvyšší vytížení ze všech stanic a jako úzké místo výroby bude mít největší nárok na zajištění plynulosti materiálového toku.

8.5 Simulace racionalizace montážní linky

Pro dosažení plné funkčnosti linky a zachování výrobního objemu s 11 operátory byly na stanice 1, 2, 3, 10 a 11 přidány odkladací plochy pro odložení rozpracovaných kusů. Před pracoviště 10 byl také přidán stůl na odložení rozpracovaného kusu před založením.

Tyto investice budou dále analyzovány v rámci shrnutí praktické části.



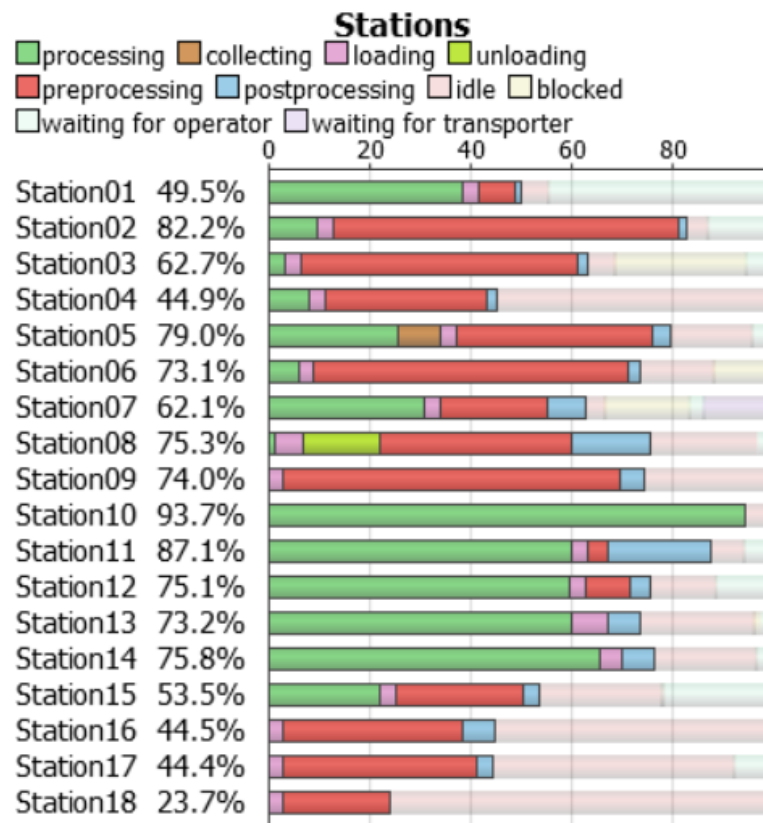
Obrázek 10 Simulace linky po racionalizaci (vlastní zpracování)

Layout pracovišť zůstává stejný. Liší se počty operátorů a přibyly odkladací plochy pro rozpracovanou výrobu, což umožňuje operátorům větší volnost pohybu a je tak možné lépe rozložit jejich pracovní činnosti bez přerušení plynulého chodu linky.

Červeně jsou vyznačené stanice, kterým byla přidána odkladací plocha pro rozpracovaný kus. Žlutě je pak označen jeden odkladací stůl, který slouží jako zásoba pro stanici 10.

8.5.1 Využití strojů

Vliv na vytíženost stanic je analyzován pomocí diagramu a porovnán s původním stavem.



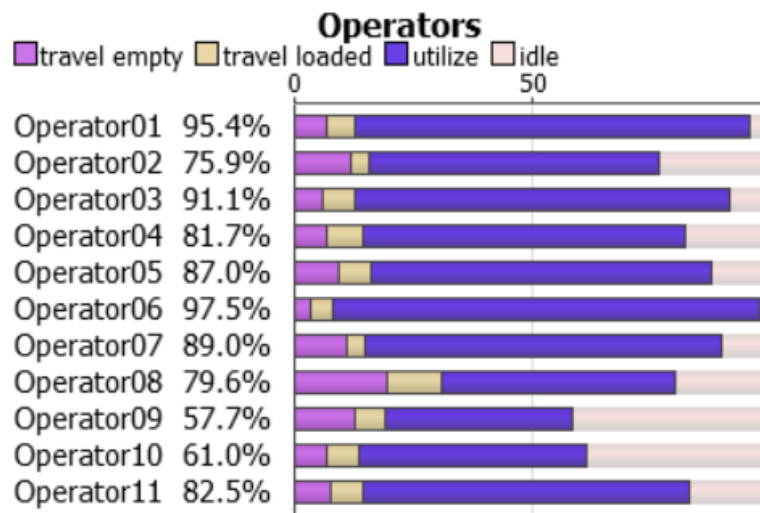
Obrázek 11 Využití stanic v simulaci racionalizace (vlastní zpracování)

Graf vytíženosti strojů po racionalizaci je velice podobný vytíženosti bez racionalizace. Výrazným posunem je stanice 5, kde narostlo vytížení o 6,1% na 79% díky většímu času čekání na komponenty. Jelikož však tento stroj není úzkým místem linky, nemělo toto čekání vliv na výsledný produkt.

Stanice 10, jejíž vytížení je klíčové pro zachování požadované výrobní dávky, zůstalo na vysoké úrovni a výsledek linky tudíž odpovídá očekávání, kdy se dostal přes požadovanou hranici.

8.5.2 Využití operátorů

Ve srovnání grafu využití operátorů už musí být jasně patrné změny oproti původnímu stavu. Racionalizovaná linka pracuje pouze s 11 operátory, což musí vést k lepšímu využití lidských zdrojů.



Obrázek 12 Využití operátorů v simulaci racionalizace (vlastní zpracování)

Graf ukazuje znatelně lepší vytižení operátorů oproti původnímu stavu, kdy žádný operátor neklesá s vytižením pod 55%. Naopak operátor 6 dosahuje vytižení 97,5% a operátor 1 95,4%. Takový stupeň produktivity klade velké požadavky na bezchybný pracovní proces pro udržení tak vysokého výkonu.

8.5.3 Rozpis činností operátorů

Popis pracovních úkolů je klíčový pro replikování výsledků simulace v reálném světě. Po úpravě pracovních postupů a zaškolení operátorů pak může být díky tomu zlepšení uvedeno do praxe.

Tabulka 40 Operátor 1 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 1		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO1	Vyjmutí	5,00
ST1	Založení	5,00
ST1	Montáž	11,90
ST1	Vyjmutí	1,25
ST2	Založení	5,00
ST2	Montáž	111,50
Celkový čas		139,65

Operátor 1 se věnuje činnosti na třech různých pracovištích. Toto zůstává stejné oproti původnímu plánu výroby, ale nyní také převzal další činnost za operátora 2, kterého tím uvolní k výkonu úkolů na dalších pracovištích. S celkovým časem 139,65 sekund se řadí na druhé místo jako druhý nejvíce vytižený operátor.

Po vyjmutí kusu z přípravku stanice 1 využívá odkládací plochy na stanici, která mu umožní plynule pracovat na zpracování dalšího kusu a nezablokovat stanici při čekání na uvolnění stanice 2.

Tabulka 41 Operátor 2 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 2		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST2	Vyjmutí	1,85
ST3	Založení	5,00
ST3	Montáž	89,25
ST3	Vyjmutí	2,65
Celkový čas		98,75

Operátor 2 provádí práci na stanicích 2 a 3, během které také využívá odkládacích ploch na těchto pracovištích. Při průchodu prvního kusu linkou tato pracoviště nejsou potřeba, ale v dalším průběhu výroby začnou být aktivní a umožní plynulejší chod výroby. Operátor 2 takto umožní jednoho operátora, který se původně věnoval pouze stanici 3.

Tabulka 42 Operátor 3 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 3		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST4	Založení	5,00
ST4	Montáž	52,50
ST4	Vyjmutí	2,53
ST5	Založení	5,00
ST5	Montáž	63,75
Celkový čas		128,78

Operátor 3 zpracovává výrobek na pracovištích 4 a 5. Toto rozložení zase umožňuje vynechání jednoho operátora oproti původnímu plánu výroby.

Tabulka 43 Operátor 4 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 4		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO2	Vyjmutí	5,00
ST6	Založení	5,00
ST6	Montáž	101,75
ST6	Vyjmutí	3,20
ST7	Založení	5,00
Celkový čas		119,95

Operátor 4 koná pracovní úkoly na třech pracovištích. S jeho vytížením a vzdáleností od dalších stanic se nenabízí moc možností pro další racionalizaci jeho náplně práce.

Tabulka 44 Operátor 5 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 5		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
KO3	Vyjmutí	5,00
ST7	Založení	5,00
ST7	Montáž	34,75
ST7	Montáž	50,75
ST7	Vyjmutí	11,30
ST5	Vyjmutí	5,25
ST8	Založení	9,25
ST5	Založení	5,00
Celkový čas		126,30

Operátor 5 zastává poměrně velký objem úkolů. Při vykonávání přidělených činností musí obsloužit čtyři různá pracoviště. Nejdřív musí donést materiál na stanici 7, kde provede montážní operace a následně uvolní všechny upínky. Takto kus připraví na přenesení k dalšímu pracovišti. Dále vezme již hotový kus z pracoviště 5 a založí jej na pracovišti 8. Až po splnění těchto úkolů se vrací k pracovišti 7, kde vezme nachystaný kus a založí jej na pracovišti 5.

Tabulka 45 Operátor 6 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 6		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST8	Vyjmutí	25,00
ST9	Založení	5,00
ST9	Montáž	110,25
ST9	Vyjmutí	7,08
OS	Založení	2,50
Celkový čas		154,83

Operátor 6 vykonává činnosti na pracovištích 5 a 6, čímž dosahuje nejvyšších hodnot celkového času vykonaných operací v rámci výrobního cyklu se 152,33 sekundami. Hotový kus po dokončení operací na stanici 9 odkládá na odkládací stůl, který mu umožňuje odložit až dva rozpracované výrobky.

Tabulka 46 Operátor 7 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 7		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
OS	Vyjmutí	5,00
ST10	Montáž	29,75
ST10	Montáž	5,00
ST10	Montáž	19,75
ST10	Montáž	13,25
ST10	Montáž	36,50
KO4	Vyjmutí	5,00
ST13	Založení	7,50
Celkový čas		121,75

Operátor 7 vykonává pracovní úkoly na několika pracovištích, kdy prioritou zůstává být vždy co nejdříve zpět u pracoviště 7, které je úzkým místem celé montážní linky. Toto určení priorit mu však stále umožňuje vykonávat pracovní úkoly na dalších pracovištích při čase automatického procesu na stanici 10.

Po dokončení operací na stanici 10 využívá odkládací pozice na stanici, což mu umožňuje nečekat na uvolnění dalšího pracoviště a pokračovat v plnění dalších úkolů.

Tabulka 47 Operátor 8 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 8		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST10	Vyjmutí	2,25
ST11	Založení	5,00
ST11	Montáž	7,25
ST11	Vyjmutí	33,00
ST12	Založení	5,00
ST12	Montáž	14,75
ST12	Vyjmutí	6,00
LEP	Založení	5,00
ST13	Vyjmutí	10,00
LEP	Založení	5,00
Celkový čas		93,25

Operátor 8 provádí pracovní činnosti na pracovištích 10, 11, 12 a 13. Také odnáší kusy z obou stanic 12 a 13 k založení do lepicí buňky. Na stanici 11 využívá odkládací plochy na stanici, aby nemusel čekat na odblokování následujícího pracoviště. Díky spolupráci operátorů 7 a 8 je možné dále nahradit dva operátory.

Tabulka 48 Operátor 9 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 9		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
LEP	Vyjmutí	5,00
ST14	Založení	5,00
ST14	Montáž	42,30
ST14	Vyjmutí	5,00
ST15	Založení	5,00
ST15	Montáž	42,50
Celkový čas		104,80

Operátor 9 bere kusy z lepicí buňky a pokračuje s nimi výrobním procesem na dalších dvou stanicích. Zase tak umožňuje nahrazení vedlejšího operátora.

Tabulka 49 Operátor 10 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 10		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST15	Vyjmutí	5,00
ST16	Založení	5,00
ST16	Montáž	42,50
ST16	Vyjmutí	5,00
ST17	Založení	5,00
Celkový čas		62,50

Operátor 10 vykonává pracovní činnosti na stanicích 15, 16 a 17. Přispívá tak umožnění nahrazení vedlejšího operátora a umožňuje lepší balancování výroby.

Tabulka 50 Operátor 11 po racionalizaci (vlastní zpracování)

Operátor 11		
Pracoviště	Operace	Čas [s]
ST17	Kontrola	65,00
ST17	Vyjmutí	5,00
ST18	Založení	5,00
ST18	Balení	35,00
OP	Založení	5,00
Celkový čas		115,00

Operátor 11 je koncovým pracovníkem výroby, který se věnuje kontrole hotových kusů a následnému balení na pracovištích 17 a 18. Zkontrolované zabalené kusy pak odnáší na odvozovou plochu pro odvoz hotové výroby z linky.

8.5.4 Změny v názvech operátorů

Při snížení počtu operátorů byla i změněna pojmenování operátorů pro zachování přehlednosti a pro zamezení záměny počtu operátorů kvůli číselnému označení.

Tabulka 51 Přehled změn pojmenování operátorů (vlastní zpracování)

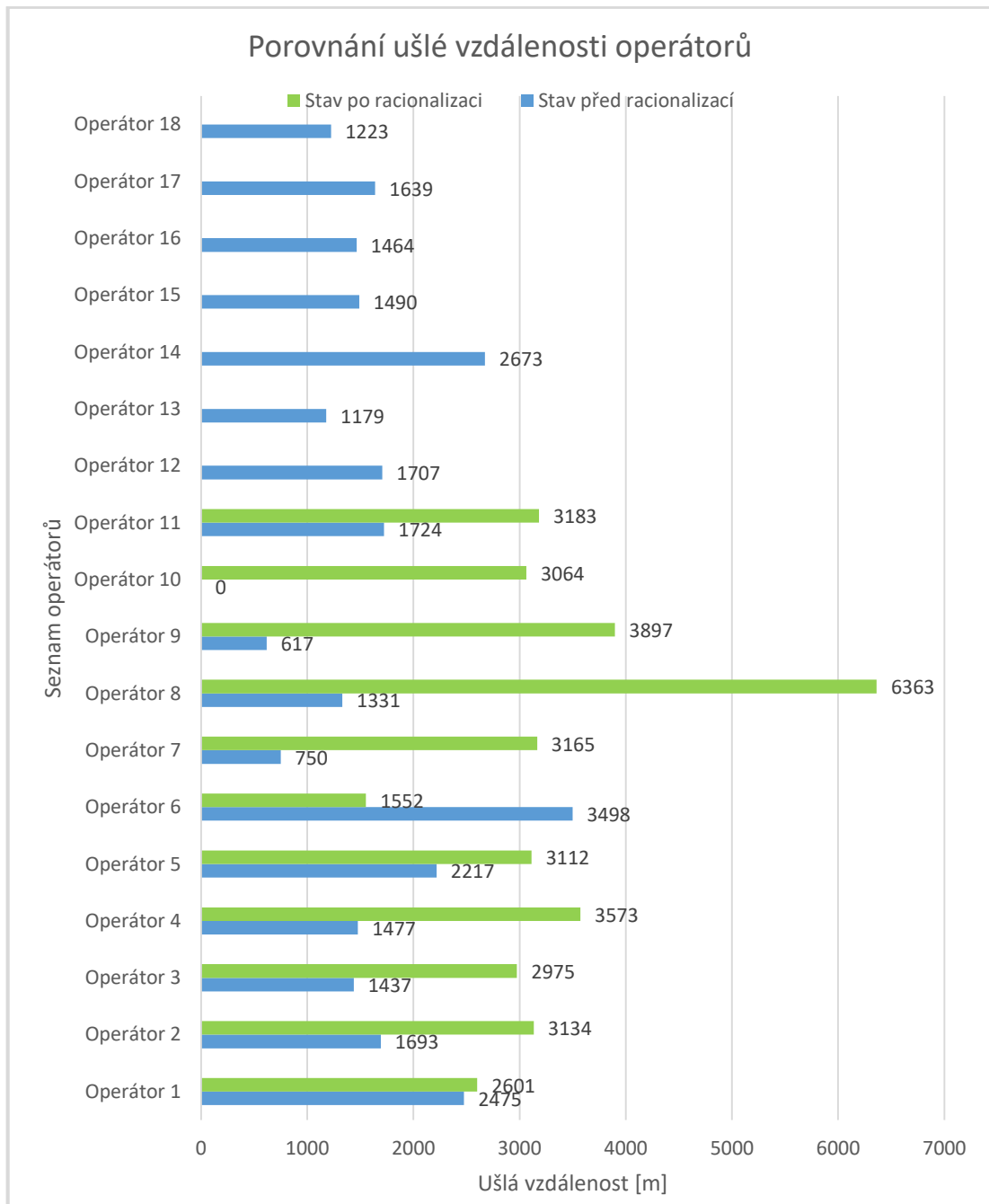
Stav před racionalizací	Stav po racionalizaci
Operátor 1	Operátor 1
Operátor 2	Operátor 2
Operátor 3	Nahrazen
Operátor 4	Operátor 3
Operátor 5	Nahrazen
Operátor 6	Operátor 4
Operátor 7	Operátor 5
Operátor 8	Nahrazen
Operátor 9	Operátor 6
Operátor 10	Operátor 7
Operátor 11	Operátor 8
Operátor 12	Nahrazen
Operátor 13	Nahrazen
Operátor 14	Operátor 9
Operátor 15	Nahrazen
Operátor 16	Operátor 10
Operátor 17	Operátor 11
Operátor 18	Nahrazen

Pro potřeby simulace a její výsledky je však pojmenování operátorů zcela kosmetickou záležitostí. Pojmenování operátorů nemá vliv na provoz linky ani na přijatá opatření pro dosažení racionálního využití zdrojů.

8.5.5 Změny fyzické zátěže operátorů

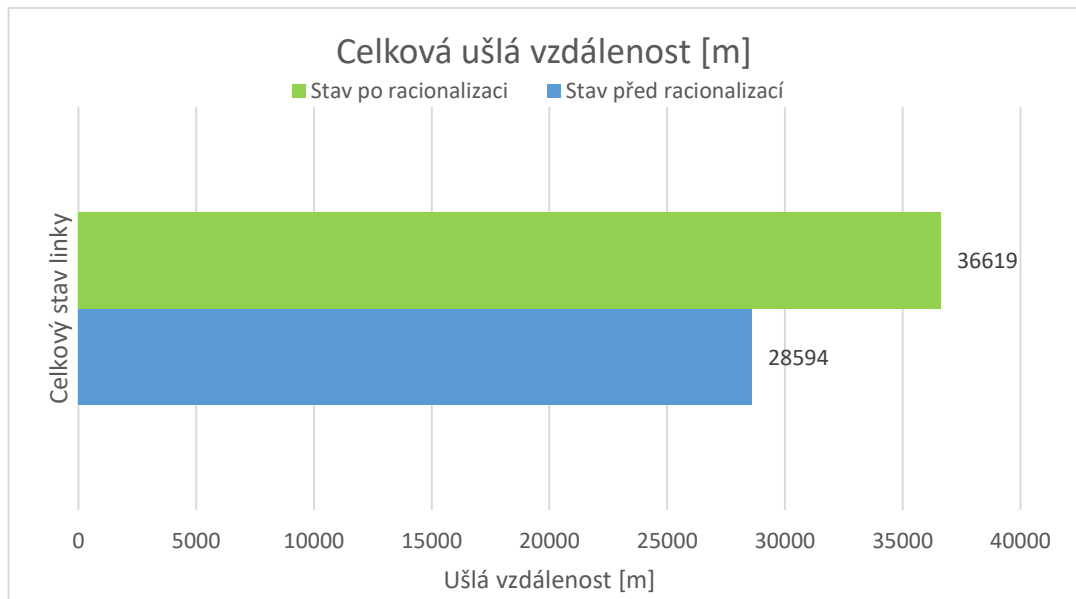
V rámci simulace byla sledovaná i předpokládaná fyzická zátěž operátorů, kde jako kontrolní metrika posloužila vzdálenost, kterou operátoři ušli při plnění pracovních úkolů.

Pro předejití nadměrnému zatížení operátorů byla stanovena horní přijatelná hranice ušlé vzdálenosti na 8000 metrů. Tuto vzdálenost v navrhované podobě linky žádný operátor nepřekročil, tudíž byla podmínka splněna.



Obrázek 13 Porovnání ušlé vzdálenosti před a po racionalizaci (vlastní zpracování)

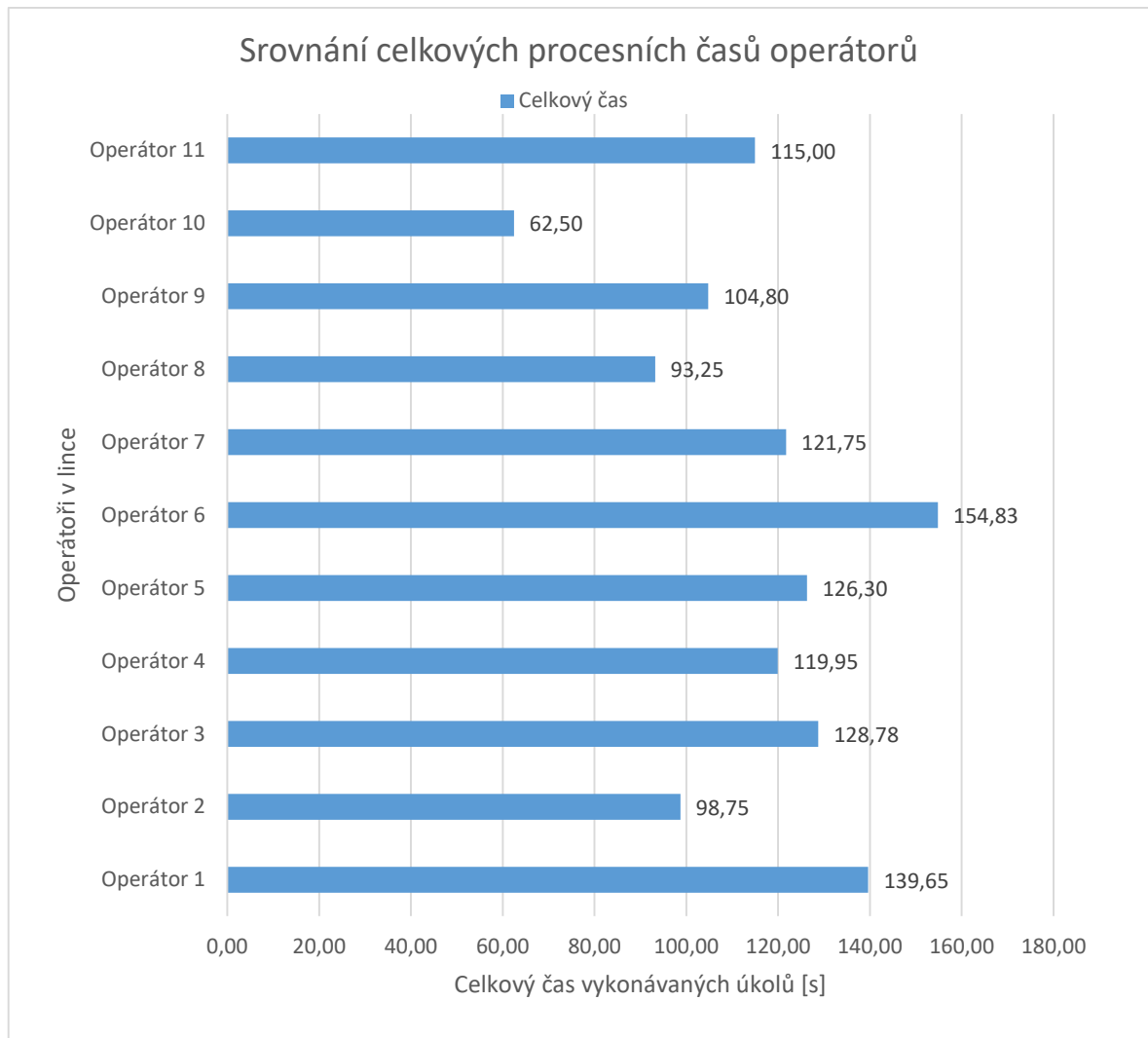
V rámci srovnání stavů před a po racionalizaci je jasně viditelný zvýšený nárok na zbylé operátory. Při zachování stejného počtu stanic a pracovních operací se díky sníženému počtu operátorů zátěž koncentrovala na vybrané zbylé operátory.



Obrázek 14 Srovnání celkové ušlé vzdálenosti před a po racionalizaci (vlastní zpracování)
Díky změnám materiálového toku došlo také k navýšení celkové ušlé vzdálenosti, kterou ušli všichni operátoři dohromady. Nejedná se totiž pouze o rozdělení stejné vzdálenosti mezi menší počet operátorů, ale i o nárůst díky změnám materiálového toku.

8.5.6 Shrnutí činností operátorů

Po přerozdělení pracovních úkolů mezi zbylé operátory se značně změnily celkové časy, které musí věnovat plnění pracovních povinností.



Obrázek 15 Celkový přehled procesních časů operátorů v lince po racionalizaci (vlastní zpracování)

V nově uspořádané výrobě dosahují všichni operátoři časových hodnot přesahujících alespoň 62 sekund v jednom výrobním cyklu. Oproti předchozímu stavu, kde mělo několik operátorů hodnoty pod 30 sekund za cyklus, je to značné zlepšení využití výrobních zdrojů.

Nejvyšší zátěže dosahuje operátor 6 s časem 154,83 sekund za cyklus. Zároveň však i při zvýšené zátěži operátorů žádný z nich nepřekračuje hodnoty úzkého místa linky a nestává se tak novým úzkým místem, které by zapříčinilo zpomalení výroby a tudíž i menší objem výroby za směnu.

8.5.7 Fyzická zátěž operátorů

S rostoucí náplní práce se zvýšily i požadavky na fyzický výkon operátorů. Pomocí simulace je jasně sledované, které operátory změny postihly nejvíce.

Tabulka 52 Ušlá vzdálenost po racionalizaci linky (vlastní zpracování)

Stav po racionalizaci	
Operátor	Vzdálenost [m]
Operátor 1	2601
Operátor 2	3134
Operátor 3	2975
Operátor 4	3573
Operátor 5	3112
Operátor 6	1552
Operátor 7	3165
Operátor 8	6363
Operátor 9	3897
Operátor 10	3064
Operátor 11	3183
Celkem	36619

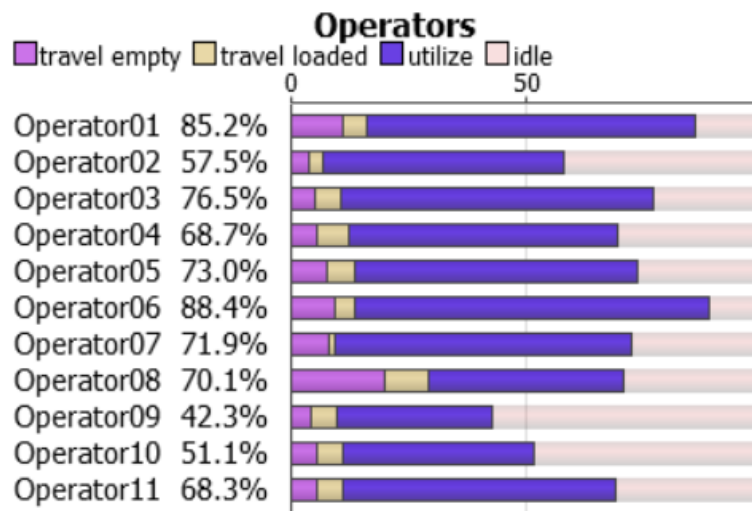
Oproti stavu před zavedením změn, kdy měl neaktivnější operátor za směnu vzdálenost 3498 metrů je situace značně odlišná. Hranici 3000 metrů pokořilo 8 operátorů a nejvíce vystupuje operátor 8, který za směnu ušel 6363 metrů.

I po promítnutí veškerých změn se však žádný z operátorů nedostal na hranici 8000 metrů. Lze tedy brát navrhované změny jako přijatelné z hlediska fyzické zátěže operátorů.

8.6 Ověření navrhovaných změn

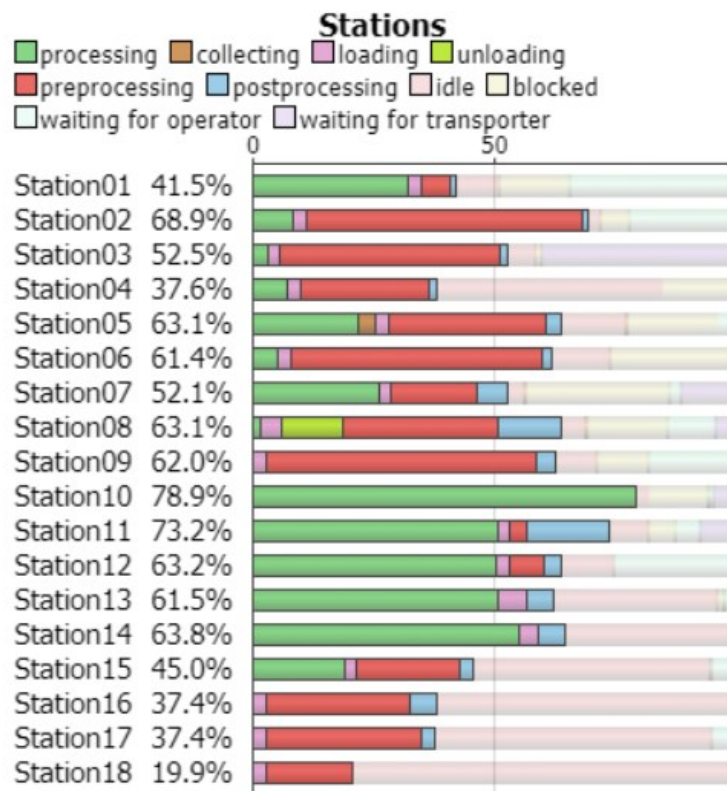
Pro prokázání užitečnosti změn v materiálových tocích byla provedena simulace s 11 operátory, kde nebylo implementováno žádné opatření. Nebyly pořízeny odkládací plochy ani odkládací stolek. Operátoři byli pouze rozvrženi pro co nejlepší vyplnění kapacit.

Výsledkem bylo, že výstup linky poklesl na 84% jinak dosahovaných hodnot. Simulace tedy potvrdila, že je potřeba investovat do vybavení linky k dosažení lepšího využití operátorů.



Obrázek 16 Využití operátorů v ověřovací simulaci (vlastní zpracování)

Využití operátorů se propadlo kvůli čekání na uvolnění stanic bez možnosti odložit hotový kus bokem a pokračovat v činnosti.



Obrázek 17 Využití stanic v ověřovací simulaci (vlastní zpracování)

Využití stanic se také snížilo a klíčový ukazatel využití stanice 10 je na 78,9% oproti 93,7%, kterých dosahuje simulaci racionalizované linky.

9 SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI

Analýza počáteční simulace ukázala na velký prostor pro racionalizaci rozvržení práce operátorů, který je potřebný pro dosažení cíle snížení počtu operátorů. Z diagramu je patrné, u kterých stanic a operátorů je velký potenciál pro racionalizaci, tudíž byli jako první cílem úprav využití výrobních faktorů.

Z 18 operátorů bylo 12 využito na méně než 60%, což je předurčilo pro spojování činností pod méně zaměstnanců. Na straně stanic je vytižení dáno technologickými postupy, ale i v této oblasti ukazují méně vytižené stanice na potenciál přerozdělení činností.

Pomocí analýzy časů požadovaných na jednotlivých stanicích byly zvoleny patřičné změny pro dosažení požadovaného výsledku snížení počtu operátorů.

Simulace s plným počtem operátorů posloužila k ověření maximálního materiálového průtoku a nastavení hranice, kterou je třeba respektovat. Veškeré návrhy na racionalizaci nesměly jít na úkor výrobní kapacity linky.

Vytvořená simulace pak dále posloužila jako testovací prostředí pro všechny předpokládané úpravy a potvrzení jejich účelnosti. Zaručilo se tak funkčnost řešení pro aplikaci do reálné linky.

Analýza vlivu navrhovaných změn ukázala, že linka může plně fungovat s 11 operátory na jedné straně. Tento výsledek splňuje zadání a ukazuje jasnou možnost úspor na lince.

V rámci racionalizace montážní linky došlo ke snížení potřebného počtu operátorů nad rámec původních výpočtů, což znamená úsporu platu jednoho operátora při běžném provozu linky pro levou i pravou stranu linky. Jedná se tedy o úsporu dvou operátorů na směnu při standardním provozu.

10 PROJEKT REALIZACE RACIONALIZACE

Realizační část projektu se již zabývá využitím poznatků získaných z analýzy a jejich aplikací k dosažení celkového cíle projektu. Důraz je kladen na konkrétní kroky s dopadem na stav linky a ekonomický výsledek společnosti.

10.1 Implementace změn

Na základě analýzy bylo potvrzeno, že je možné provozovat montážní linku s využitím pouze jedenácti operátorů na jednu stranu linky. Také bylo ověřeno, že není možné dosáhnout požadovaného výkonu linky bez nákupu navrhovaného vybavení, které umožní racionalizovat materiálový tok linky.

Pro dosažení takovýchto výsledků je nutné nakoupit pět kusů odkládacích ploch, které mohou být následně připevněny na vybrané stanice. Dále také jeden odkládací stolek, který bude stát před stanicí 10.

Dále je pak nutné vyčlenit prostředky na zaškolení operátorů v navrhovaném výrobním procesu. Náklady na vytvoření simulace také musí být vyčísleny pro získání představy o finanční náročnosti změn.

Zodpovědní pracovníci ze společnosti byli již s výsledky analýzy a návrhy na zlepšení seznámeni. Byl předložen detailní seznam úkonů a popis změn, které je třeba realizovat pro dosažení slibovaných výsledků.

Tabulka 53 Tabulka s výčtem nákladů na realizaci projektu (vlastní zpracování)

Položka	Cena
10 kusů odkládacích ploch	3 500,00 €
2 kusy odkládacích stolků	1 700,00 €
Zaškolení operátorů	3 200,00 €
Vypracování simulace	1 100,00 €
Celkem	9 500,00 €

Při výpočtech nákladů již bylo kalkulováno s levou i pravou stranou linky pro lepší přehlednost. Náklady na vypracování simulace by zůstávaly stejné a zkruslovaly by konečný výsledek. Celkem se tedy jedná o investici částky 9 500 Euro.

10.2 Časový harmonogram

Projekt byl zahájen v září roku 2023 odsouhlasením zadání projektu ve vybrané společnosti a následně došlo k zahájení sběru dat. Během listopadu 2023 došlo k dokončení sběru dat a od listopadu 2023 začala analýza dat, která trvala až do února 2024.

V průběhu analýzy dat už začalo vyhodnocení dat a to během ledna 2024 a trvalo do března 2024. Poté následoval návrh racionalizace v dubnu 2024. Během května 2024 došlo k prezentaci návrhu zainteresovaným osobám a začala implementace zlepšovacího návrhu, která trvala do července 2024. Během července a srpna 2024 pak probíhala kontrola výsledků za chodu linky.

Činnost	2023				2024							
	Září	Říjen	Listopad	Prosinec	Leden	Únor	Březen	Duben	Květen	Červen	Červenec	Srpen
Definování cílů	■											
Sběr dat	■	■	■									
Analýza dat			■	■	■	■						
Vyhodnocení dat					■	■	■					
Návrh racionalizace								■				
Prezentace návrhu									■			
Implementace zlepšení									■	■	■	
Kontrola výsledků											■	■

Obrázek 18 Ganttův diagram průběhu projektu (vlastní zpracování)

10.3 RIPRAN analýza rizik

Rizika spojená s racionalizací vybrané montážní linky byla zpracována pomocí metody RIPRAN. Takto ohodnocená rizika byla následně seskupená dle závažnosti a byla navržena opatření, která mají předejít jejich výskytu nebo alespoň zmírnit jejich dopad.

Popis pravděpodobnosti v RIPRAN analýze:

- MP – malá pravděpodobnost znamená šanci 0% až 25%;
- SP – střední pravděpodobnost znamená 25% až 50%;
- VP – vysoká pravděpodobnost znamená 50% až 100%.

Popis dopadu v RIPRAN analýze:

- MD – malý dopad nemá zásadní vliv na projekt, jedná se hlavně o nepříjemnost;
- SD – střední dopad popisuje značné potíže s vlivem na chod linky;

- VD – velký dopad kriticky ovlivňuje úspěšnost projektu, může znamenat neúspěch.

Popis výsledného rizika v RIPRAN analýze:

- MR – malé riziko;
- SR – střední riziko;
- VR – vysoké riziko.

Tabulka 54 RIPRAN analýza (vlastní zpracování)

Hrozba	Scénář	Pravděpodobnost	Dopad	Výsledné riziko	Opatření
Nedodržení posloupnosti činností	Operátoři nezvládnou složitou sekvenci	VP	VD	VR	Instruktažní videa
	Složitě zaškolení operátorů	VP	SD	VR	Instruktažní videa
	Operátoři nebudou chtít spolupracovat	MP	SD	MR	Přijímáme
Nedodržení návrhu racionalizace	Nebudou provedeny všechny kroky racionalizace	MP	VD	SR	Prezentace ověření
	Projekt nebude mít dostatečnou prioritu	MP	SD	MR	Přijímáme
Změna procesu linky	Proces linky bude upraven bez ohledu na balancování činností	SP	SD	SR	Model uschován
	Požadavek na přidání kontroly	MP	SD	MR	Přijímáme
	Požadavek na výrobu jiného produktu na vybrané lince	SP	VD	VR	Model uschován
Nevyužití linky	Nebude poptávka po výrobcích a linka nebude v provozu	MP	MD	MR	Přijímáme
Únava operátorů	Vybraní operátoři nebudou zvládat zvýšenou zátěž	VP	MD	SR	Střídání pozic

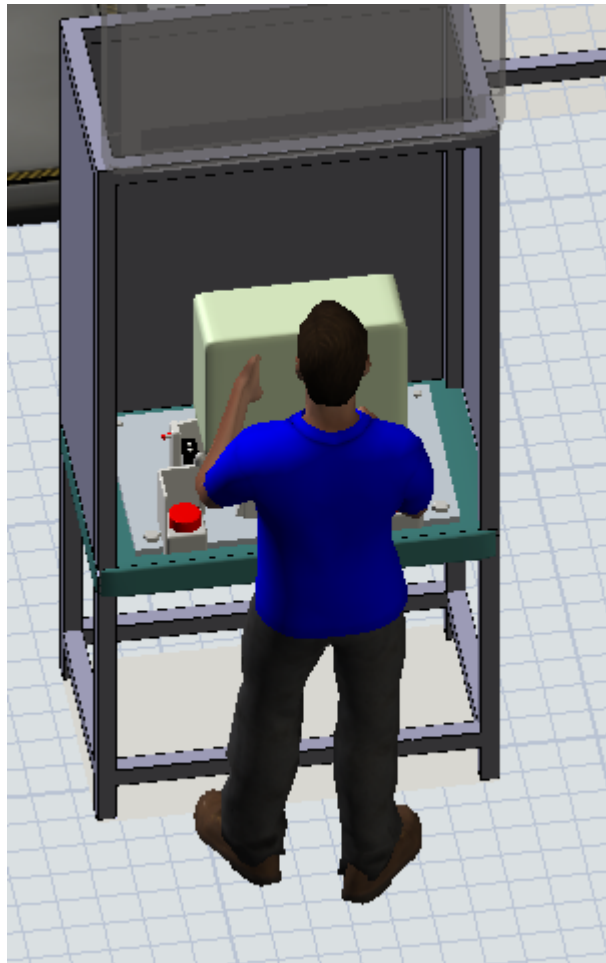
Po vyhodnocení veškerých hrozeb byly hrozby s malým výsledným rizikem přijaty a pozornost byla nasměrována na aplikaci opatření pro střední a velká rizika.

10.3.1 Instruktažní videa

Nedodržení posloupnosti činností z důvodu nezvládnutí sekvence úkolů se ukázalo jako velké riziko. Taktéž problémy se zaškolením operátorů by mohly vyústit v nedodržení navrhované sekvence činností a tak i k nedosažení požadovaného výkonu linky. Obě rizika mají společné řešení, kterým je vytvoření instruktažních videí pro každého jednotlivého operátora zvlášť, které umožní lepší zobrazení pracovní sekvence.

Tato videa mohou být operátorům promítána v rámci zaškolení a také kdykoliv při riziku vzniku nejasností v procesu. Jedná se o videa z průběhu simulace, kde je vždy vybraný

operátor barevně odlišen od ostatních a zabrán ve středu pozornosti. Takto má každý z 11 různých operátorů vlastní vizuální návod.



Obrázek 19 Příklad z instruktážního videa (vlastní zpracování)

Zvolený operátor má ve svém instruktážním videu modré triko oproti zbylým operátorům, kteří mají zelená trika. Je tak možné jasně sledovat jakou sekvenci úkonů provádí. V případě přetrvávajících nejasností lze video nahrát z dalších úhlů a s jinou rychlostí.

10.3.2 Presentace ověření

V případě, že zodpovědní pracovníci provedou jen část plánovaných změn, nebude dodržen návrh racionalizace a slibovaný výsledek se nedostaví. Jako opatření proti tomuto riziku byly přidány údaje z ověřovací simulace do prezentace zodpovědným osobám, tak aby bylo jasně ukázáno, že bez aplikace veškerých změn nedojde k úsporám za splnění podmínky plného průtoku materiálu linkou.

V tomto případě bude každý zúčastněný jasně vědět, že bez nákupu odkládacích ploch a odkládacího stolku dojde k omezení produkce linky na 84% maxima, což není přijatelná hodnota.

10.3.3 Model uschován

V případě změny procesu na lince v budoucnosti bez ohledu na balancování výroby nebo při realizaci výroby jiného než momentálně modelovaného produktu na lince dojde ke změnám, které nedovolí aplikovat poznatky ze simulace jedna ku jedné.

Tomuto riziku nelze do budoucna zabránit, ale lze zmírnit díky uschování simulačního modelu do projektové složky linky, kde bude uložena po celý životní cyklus linky. V případě, že dojde ke změnám na lince, může být tento model stáhnut a upraven, aby reflektoval realitu. Takové řešení ušetří značný čas při vytváření nového modelu od začátku a v závislosti na objemu změn v procesu může proběhnout i velmi rychle.

10.3.4 Střídání pozic

Velkým rizikem této racionalizace výroby je velká náročnost požadovaných úkolů pro dosažení požadovaného výkonu. Operátor 8 musí během 7,5 hodin směny ujít 6363,1 metrů. Operátoři 1 a 6 jsou s vytížeností nad 95% na špičce celého grafu. Na těchto pozicích budou muset zaměstnanci odvádět větší pracovní výkony pro zachování plynulého chodu linky. Řešením tohoto problému je střídání operátorů mezi pracovišti. Budou tak schopni zastupovat se v případě potřeby a žádný nebude neúměrně zatížený oproti ostatním.

Na lince bude po hodině docházet k postupnému střídání operátorů na pracovištích, tak aby všichni operátoři byli rovnoměrně zatíženi a žádný z nich nebyl neúměrně vytížen. Operátor 1 se přesune na pozici operátora 2 a tak dále, dokud nedojde na operátora 11, který nahradí operátora 1.

11 NÁVRATNOST INVESTICE

Výpočet návratnosti počítá s předpokladem, že montážní linka bude plně funkční minimálně jeden rok, proto je počítáno s roční úsporou. V rámci návratnosti se počítá s provozem levé i pravé strany linky pro úplné rozpuštění nákladů mezi obě strany, protože výsledky simulace jsou aplikovány na obě strany.

Měsíční náklady na zaměstnání jednoho operátora jsou 1970 Euro a při provozu dvou stran linky po dobu 12 měsíců se jedná o 47 280 Euro.

Náklady na pořízení odkládacích ploch a odkládacích stolků byly vyčísleny na 9 500 Euro.

Návratnost byla počítána dle vzorce:

$$\text{Návratnost} = ((\text{roční čistý zisk} - \text{investice}) / \text{investice}) * 100$$

$$((47280 - 9500) / 9500) * 100 = 398\%$$

Z výpočtu vyšla roční návratnost investice 398%, což znamená, že se investice během ročního období rychle vrátí a bude možné tuto investici obhájit před vedením.

12 SHRUTÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

Pro implementaci navržených změn bylo potřeba nakoupit 10 kusů odkládacích ploch, které byly následně připevněny k vybraným stanicím 1, 2, 3, 10 a 11 na obou stranách linky, a 2 kusy odkládacích stolků, které byly postaveny ke stanicím s označením 10. Tato investice vyšla na 5 200 Euro.

Spolu se započtením nákladů na zaškolení operátorů a na vypracování simulace se částka potřebná pro realizaci projektu vyšplhala na 9 500 Euro.

Projekt byl ohraničen časovým harmonogramem, kdy započal v září roku 2023 a jeho úplné ukončení proběhlo v srpnu roku 2024. Implementace zlepšení probíhala od května 2024 do července 2024, ale po implementaci následovalo sledování linky v běžném provozu, které musí potvrdit úspěch návrhu.

V rámci projektu byla také popsána rizika, která s sebou projekt nese. Tato rizika byla ohodnocena na základě posouzené pravděpodobnosti a dopadu, které daly společně celkovou hodnotu rizika. Pro hrozby se střední a vysokou hladinou rizika byla nastavena opatření, které mají rizika eliminovat nebo alespoň zmírnit jejich dopad, tak aby projekt proběhl s co nejmenšími problémy.

Bylo třeba natočit instruktážní videa z modelu pro lepší zaškolení operátorů. Uložit simulační model na smluvené místo, aby byl k dispozici v případě budoucích změn v procesu linky. Byl prezentován scénář implementace změn procesu bez investice do vybavení linky pro potvrzení potřebnosti. Nakonec pak byl navržen plán střídání operátorů na pracovištích, tak aby bylo jejich zatížení při výkonu pracovních činností rovnoměrné a nedocházelo k přetěžování vybraných operátorů.

Byla spočítána návratnost investice, která díky úspoře dvou operátorů v hodnotě 47 280 Euro za rok a celkovým investičním nákladům 9 500 Euro vyšla na 398%. Tato hodnota je dostatečná pro přesvědčení vedení k implementaci navrhovaných změn.

ZÁVĚR

Hlavním cílem projektu bylo snížení počtu operátorů nezbytně nutných pro plný chod linky za využití změn rozvržení činností a drobných změn materiálového toku. Tento cíl byl splněn a podařilo se ověřit, že lze jednu stranu linky provozovat s jedenácti operátory namísto předpokládaných dvanácti.

Při provozu obou stran linky se jedná o úsporu dvou operátorů, kteří by jinak byli zaměstnaní na lince, ale nepřidávali by hodnotu. Proto se díky investici 9 500 Euro podařilo odstranit roční plýtvání lidskými zdroji v hodnotě 47 280 Euro. Jedná se tedy o roční návratnost investice 398%.

Projekt dále posloužil k získání komplexního přehledu o chování montážní linky, o vytížení operátorů a byl definován seznam činností operátorů. Bylo lokalizováno úzké místo linka na stanici 10, což je důležité pro budoucí provoz linky.

S těmito získanými poznatky lze do budoucna pracovat na dalších změnách v lince a promítat do něj úpravy, které proběhnou ve výrobě, tak aby bylo zachováno přesné digitální dvojče linky, které umožní ověřovat hypotézy o chování linky bez potřeby velkých investic.

Vypracováním návrhu řešení a návrhem implementace projekt ještě nekončí. Následující kroky jsou implementace změn v lince a následné sledování chování linky, tak aby bylo potvrzeno, že veškeré údaje v simulaci byly odpovídající a navržené změny měly požadovaný výsledek.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BADIRU, A, B. *Industrial and Systems Engineering*. 2th Edition. Boca Raton: Taylor & Francis, 2014. ISBN 978-1-4665-1505-5.

BENEDIKT, Jiří. 8 druhů plýtvání ve firmách dle Lean managementu. JB [online]. 16.9.2019 [cit. 2024-03-21]. Dostupné z: <https://www.jiribenedikt.com/8-druhu-plytvani/>

BISSOLA, Rita. *HRM 4.0 For Human-Centered Organizations*. 1st ed. United Kingdom: Emerald Publishing, 2019. ISBN 978-1-78973-536-9

BURIETA, Ján. *Metóda 5S: základy štíhleho podniku*. Žilina: IPA Slovakia, 2013. ISBN 978-80-89667-04-8.

CUESTA, Hector. *Analýza dat v praxi*. Brno: Computer Press, 2015. ISBN 978-80- 251-4361-2.

ČERMÁK, Miroslav. Co jsou to SMART cíle a jak je definovat. Clever and Smart [online]. 16.11.2015 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/co-jsou-to-smart-cile-a-jak-je-definovat/>

DEIS, Paul. *Production and inventory management in the technological age*. Lexington, 2012. ISBN 978-1482717143.

DENNIS, Pascal. *Lean production simplified*. Boca Raton: CRC Press, 2016. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DLABAČ, Jaroslav. Analýza a normování práce. API [online]. 23.3.2017 [cit. 2024-03- 17]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25840n-analyza-a-normovani-prace-je-pro-velkoucast-ceskych-firem-stale-aktualnejsim-tematem>

DLABAČ, Jaroslav. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. API [online]. 29.10.2015 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyrobapouzivane-metody-a-nastroje>

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO. *Projektový management podle IPMA*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2012. ISBN 978-80-247-4275-5.

DOLNÍČEK, Lukáš. Štíhlé principy a procesně orientovaná výroba. Systemonline [online]. 7.8.2013 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/stihleprincipy-a-procesne-orientovana-vyroba.htm>

FRIEDEL, Libor. 7 druhů plýtvání. LF [online]. 1.10.2019 [cit. 2024-03-19]. Dostupné z: <https://www.liborfriedel.cz/7-druhu-plytvani-ne-vyuzita-sance-jak-nemrhat-zdroji/>

GILCHRIST, Alasdair. *Industry 4.0: the industrial internet of things*. New York: Apress, 2016. ISBN 978-1-4842-2046-7.

HENYCH, Michal. Chytré SMART cíle. Management [online]. 7.7.2014 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <http://www.management.cz/chytre-smart-cile-s/>

HORNEK, Samuel, Žijte kaizen. SH [online]. 6.8.2017 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://samuel-hornek.cz/proc-zit-kaizen-zijte-metodou-kaizen>

HUBÁLOVSKÝ, Štěpán. *Teorie systémů, modelování a simulace*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2011. Recenzované monografie. ISBN 978-80-7435-158-7.

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert. ISBN 978-80-247-5717-9.

KORECKÝ, Michal a Václav TRKOVSKÝ. *Management rizik projektů*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3221-3.

LLOPIS-ALBERT, Carlos, Francisco RUBIO a Francisco VALERO. Impact of digital transformation on the automotive industry. *Technological Forecasting and Social Change*. 2021, roč. 162, s. 120343. ISSN 0040-1625. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.120343>

CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: GEORG, 2013. ISBN 978-80-8154-058-5.

POLÁKOVÁ, Veronika a Roman BOBÁK. *Priemyselné inžinierstvo ako faktor konkurencie schopnosti výrobných podnikov*. Žilina: GEORG, 2013. ISBN 978-80-8154-051-6.

PAVLÍNEK, Petr. Transition of the automotive industry towards electric vehicle production in the east European integrated periphery. *Empirica*. 2023, roč. 50, č. 1, s. 35–73. ISSN 1573-6911. DOI: 10.1007/s10663-022-09554-9

MAŘÍK, Vladimír. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 2016. ISBN 978-80-7261-440-0.

MYERSON, Paul. *Lean supply chain and logistics management*. New York: McGraw-Hill, 2012. ISBN 978-0-07-176626-5.

PALÍŠKOVÁ, Marcela, Kateřina LEGNEROVÁ a Marek STRŽÍTESKÝ. *Personální řízení: úvod do moderní personalistiky*. V Praze: C. H. Beck, 2021. ISBN 978-80-7400-702-6.

PAVLÍNEK, Petr. Transition of the automotive industry towards electric vehicle production in the east European integrated periphery. *Empirica*. 2023, roč. 50, č. 1, s. 35–73. ISSN 1573-6911. DOI: 10.1007/s10663-022-09554-9

PLATKO, Ondřej. Jak zeštíhlíte procesy ve výrobě a ušetříte. *Manutan* [online]. 4.6.2021 [cit. 2024-03-20]. Dostupné z: <https://www.manutan.cz/magazin/navod-jak-zestihliteprocesy-ve-vyrobe-a-usetrite/>

SCHLEIER, John a James F COX III. *Theory of constraints handbook*. USA: McGraw-Hill, 2010. ISBN 978-0071665544.

SMEJKAL, Vladimír a Karel RAIS. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 3. vyd. Praha: Grada Publishing, 2010. ISBN 978-80-247-3051-6.

STRAKOVÁ, Tereza. Metoda SMART. *Finanční architekti* [online]. 1.2.2021 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://financniarchitekti.cz/metoda-smart-jak-spravne-nastavit-vasecile/>

SVOZILOVÁ, Alena. *Projektový management*. 3. vyd. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-271-9472-8.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

RIPRAN	Risk Project Analysis
SMART	Specific, Measurable, Achievable, Realistic and Time-bound
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu and Shitsuke
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Implement and Control

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Matice výsledných rizik (Doležal, 2012 s. 90).....	31
Obrázek 2 Layout zpracovaný v programu FlexSim (vlastní zpracování)	38
Obrázek 3 Srovnání celkových stavů stanic (vlastní zpracování)	45
Obrázek 4 Srovnání podílů automatizace na jednotlivých stanicích (vlastní zpracování) ..	46
Obrázek 5 Layout s trasami pro operátory (vlastní zpracování).....	47
Obrázek 6 Layout linky s operátory (vlastní zpracování).....	48
Obrázek 7 Využití stanic v počáteční simulaci (vlastní zpracování).....	49
Obrázek 8 Využití operátorů v počáteční simulaci (vlastní zpracování).....	50
Obrázek 9 Srovnání celkových procesních časů operátorů (vlastní zpracování)	57
Obrázek 10 Simulace linky po racionalizaci (vlastní zpracování)	59
Obrázek 11 Využití stanic v simulaci racionalizace (vlastní zpracování)	60
Obrázek 12 Využití operátorů v simulaci racionalizace (vlastní zpracování)	61
Obrázek 13 Porovnání ušlé vzdálenosti před a po racionalizaci (vlastní zpracování).....	67
Obrázek 14 Srovnání celkové ušlé vzdálenosti před a po racionalizaci (vlastní zpracování)	68
Obrázek 15 Celkový přehled procesních časů operátorů v lince po racionalizaci (vlastní zpracování).....	69
Obrázek 16 Využití operátorů v ověřovací simulaci (vlastní zpracování)	71
Obrázek 17 Využití stanic v ověřovací simulaci (vlastní zpracování)	71
Obrázek 18 Ganttův diagram průběhu projektu (vlastní zpracování).....	74
Obrázek 19 Příklad z instruktážního videa (vlastní zpracování)	76

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Seznam zkratk v metodě RIPRAN a jejich vysvětlení (Doležal, 2012 s. 90)...	31
Tabulka 2 Metoda SMART (vlastní zpracování)	36
Tabulka 3 Výrobní časy stanice 1 (vlastní zpracování)	39
Tabulka 4 Výrobní časy stanice 2 (vlastní zpracování)	40
Tabulka 5 Výrobní časy stanice 3 (vlastní zpracování)	40
Tabulka 6 Výrobní časy stanice 4 (vlastní zpracování)	40
Tabulka 7 Výrobní časy stanice 5 (vlastní zpracování)	41
Tabulka 8 Výrobní časy stanice 6 (vlastní zpracování)	41
Tabulka 9 Výrobní časy stanice 7 (vlastní zpracování)	41
Tabulka 10 Výrobní časy stanice 8 (vlastní zpracování)	42
Tabulka 11 Výrobní časy stanice 9 (vlastní zpracování)	42
Tabulka 12 Výrobní časy stanice 10 (vlastní zpracování)	42
Tabulka 13 Výrobní časy stanice 11 (vlastní zpracování)	43
Tabulka 14 Výrobní časy stanice 12 (vlastní zpracování)	43
Tabulka 15 Výrobní časy stanice 13 (vlastní zpracování)	43
Tabulka 16 Výrobní časy stanice 14 (vlastní zpracování)	43
Tabulka 17 Výrobní časy stanice 15 (vlastní zpracování)	44
Tabulka 18 Výrobní časy stanice 16 (vlastní zpracování)	44
Tabulka 19 Výrobní časy stanice 17 (vlastní zpracování)	44
Tabulka 20 Výrobní časy stanice 18 (vlastní zpracování)	44
Tabulka 21 Operátor 1 před racionalizací (vlastní zpracování)	51
Tabulka 22 Operátor 2 před racionalizací (vlastní zpracování)	51
Tabulka 23 Operátor 3 před racionalizací (vlastní zpracování)	52
Tabulka 24 Operátor 4 před racionalizací (vlastní zpracování)	52
Tabulka 25 Operátor 5 před racionalizací (vlastní zpracování)	52
Tabulka 26 Operátor 6 před racionalizací (vlastní zpracování)	53
Tabulka 27 Operátor 7 před racionalizací (vlastní zpracování)	53
Tabulka 28 Operátor 8 před racionalizací (vlastní zpracování)	53
Tabulka 29 Operátor 9 před racionalizací (vlastní zpracování)	54
Tabulka 30 Operátor 10 před racionalizací (vlastní zpracování)	54
Tabulka 31 Operátor 11 před racionalizací (vlastní zpracování)	54
Tabulka 32 Operátor 12 před racionalizací (vlastní zpracování)	55
Tabulka 33 Operátor 13 před racionalizací (vlastní zpracování)	55
Tabulka 34 Operátor 14 před racionalizací (vlastní zpracování)	55

Tabulka 35 Operátor 15 před racionalizací (vlastní zpracování).....	55
Tabulka 36 Operátor 16 před racionalizací (vlastní zpracování).....	56
Tabulka 37 Operátor 17 před racionalizací (vlastní zpracování).....	56
Tabulka 38 Operátor 18 před racionalizací (vlastní zpracování).....	56
Tabulka 39 Ušlá vzdálenost před racionalizací (vlastní zpracování)	58
Tabulka 40 Operátor 1 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	61
Tabulka 41 Operátor 2 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 42 Operátor 3 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 43 Operátor 4 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 44 Operátor 5 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	63
Tabulka 45 Operátor 6 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	63
Tabulka 46 Operátor 7 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	64
Tabulka 47 Operátor 8 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	64
Tabulka 48 Operátor 9 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	65
Tabulka 49 Operátor 10 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	65
Tabulka 50 Operátor 11 po racionalizaci (vlastní zpracování).....	65
Tabulka 51 Přehled změn pojmenování operátorů (vlastní zpracování)	66
Tabulka 52 Ušlá vzdálenost po racionalizaci linky (vlastní zpracování)	70
Tabulka 53 Tabulka s výčtem nákladů na realizaci projektu (vlastní zpracování).....	73
Tabulka 54 RIPRAN analýza (vlastní zpracování).....	75

SEZNAM PŘÍLOH

