



# Optimalizace práce a materiálového toku na svařovacích linkách

## Diplomová práce

*Studijní program:* N2301 – Strojní inženýrství  
*Studijní obor:* 2301T049 – Výrobní systémy a procesy  
*Autor práce:* **Bc. Zdeněk Drábek**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jan Vavruška, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC  
Faculty of Mechanical Engineering ■

# Optimization work and material flow on welding lines

## Master thesis

*Study programme:* N2301 – Mechanical engineering  
*Study branch:* 2301T049 – Production Systems and Processes  
*Author:* **Bc. Zdeněk Drábek**  
*Supervisor:* Ing. Jan Vavruška, Ph.D.



## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Zdeněk Drábek**  
Osobní číslo: **S17000226**  
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Výrobní systémy a procesy**  
Název tématu: **Optimalizace práce a materiálového toku na svařovacích linkách**  
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je optimalizace obslužných činností pro svařovací pracoviště ve firmě Faurecia Clean Mobility, Mladá Boleslav, s.r.o. Práce se soustředí na zvýšení efektivity pracovních operací na základě technických a organizačních opatření.

Zásady pro vypracování:

1. Popis aktuálního stavu procesů na svařovně.
2. Analýza stávajícího řešení a identifikace potenciálu na zlepšení.
3. Návrh variant dílčích inovací.
4. Ověření inovačních návrhů pomocí simulace.
5. Definování pracovních standardů.
6. Vytvoření akčního plánu pro zlepšení výrobního procesu.
7. Shrnutí práce, porovnání výchozího stavu s vybraným návrhem.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **60**

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- [1] MANLIG, F., F. KOBLASA a P. KELLER. Production systems. Edition 1st. Liberec: Technical University of Liberec, 2016. ISBN 978-80-7494-318-8.
- [2] MANLIG, F. Využití počítačové simulace výrobních systémů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. Knihovna Katedry výrobních systémů TU v Liberci. ISBN 978-80-7494-162-7.
- [3] ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [4] CHUNDELA, L. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [5] HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů (Technologické projekty I). 3. vyd. Brno: VUT, 2000. 201 s. 55-583-87.

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Jan Vavruška, Ph.D.**

Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání diplomové práce: **15. listopadu 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. května 2020**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld  
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2018

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 26. 4. 2019

Podpis: 

## Abstrakt

Tato diplomová práce popisuje optimalizaci práce a materiálového toku výrobního procesu firmy Faurecia Clean mobility za použití kapacitních propočtů, analýzy MOST a simulačního softwaru Witness pro ověření navržené optimalizace a pracovního standardu.

**Klíčová slova:** Optimalizace výrobního procesu, optimalizace materiálového toku, MOST, chronometrůž, Simulace Witness

## Abstract

This thesis describes the optimization of the workflow and material flow of the Faurecia Clean Mobility production process using capacity calculations, MOST analysis, and Witness simulation software to validate the proposed optimization and work standard.

**Keywords:** Manufacturing process optimization, material flow optimization, MOST, chronometry, Witness Simulation

## Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Janu Vavruškovi, Ph.D. za jeho rady a čas, který mi věnoval při řešení diplomové práce. Dále bych rád poděkoval Ing. Veronice Kormošové za možnost pracovat na diplomové práci ve firmě Faurecia Clean Mobility a následně bych rád poděkoval všem zaměstnancům firmy, kteří mi pomohli při získávání cenných informací při tvorbě diplomové práce. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za to, že mi byli oporou nejen při psaní diplomové práce, ale i v době celkého studia.

# Obsah

Seznam zkratek . . . . .	9
<b>1 Úvod</b>	<b>10</b>
<b>2 Cíl práce</b>	<b>12</b>
<b>3 Teoretická část</b>	<b>13</b>
3.1 Štíhlá výroba - Lean . . . . .	13
3.1.1 Druhy plýtvání (7+1) . . . . .	14
3.1.2 Metoda DMAIC . . . . .	14
3.1.3 Metoda 5S . . . . .	15
3.1.4 Materiálový a informační tok . . . . .	17
3.1.5 JIT - Just In Time (právě včas) . . . . .	17
3.1.6 Kanban . . . . .	18
3.1.7 Analýza pracnosti . . . . .	18
3.1.8 Balancování výrobních operací . . . . .	20
3.1.9 Simulace výrobního systému . . . . .	21
3.1.10 Milk run . . . . .	21
3.1.11 FIFO, LIFO . . . . .	21
<b>4 Praktická část</b>	<b>23</b>
4.1 Popis společnosti . . . . .	23
4.2 Popis produktu . . . . .	23
4.3 Popis výrobního procesu . . . . .	24
4.3.1 Materiálový tok výrobního procesu . . . . .	26
4.3.2 Pracovní standarD výrobního procesu . . . . .	27
4.3.3 Požadované výstupy výrobního procesu . . . . .	27
4.3.4 Pracnost výrobního procesu . . . . .	28
4.3.5 Výrobní časy strojů . . . . .	30
4.4 Fotografie výrobního procesu před optimalizací . . . . .	31
<b>5 Optimalizace výrobního procesu</b>	<b>34</b>
5.1 Optimalizace materiálového toku . . . . .	34
5.1.1 Změna designu spádových regálů pro vstupní materiál . . . . .	34
5.1.2 Implementace posuvných dveří . . . . .	35
5.1.3 Vytvoření mezioperačních dopravníků . . . . .	36
5.1.4 Vytvoření spádových dopravníků pro finální balení . . . . .	37



5.1.5	Změna layoutu výrobního procesu . . . . .	38
<b>6</b>	<b>Analýza pracnosti po optimalizaci</b>	<b>39</b>
6.1	MOST analýza . . . . .	39
6.2	Změna standardu výroby (model 5+1) . . . . .	41
6.3	Chronometráž . . . . .	43
6.4	Zhodnocení analýzy pracnosti . . . . .	46
<b>7</b>	<b>Simulace</b>	<b>47</b>
7.1	Popis simulačního modelu . . . . .	47
7.2	Verifikace simulačního modelu . . . . .	49
7.3	Simulační model 6OP (model 5+1) . . . . .	50
7.3.1	Simulace bez periodických operací . . . . .	51
7.3.2	Hypotéza odchylky simulace od kapacitního propočtu . . . . .	52
7.3.3	Simulace s periodickými operacemi . . . . .	53
<b>8</b>	<b>Výsledky optimalizace</b>	<b>56</b>
<b>9</b>	<b>Závěr</b>	<b>60</b>

## Seznam zkratek

<b>TT</b>	Takt-time výrobního procesu
<b>OP</b>	Operátor
<b>TRS</b>	Ukazatel využití stroje [ % ]
<b>DLE</b>	Ukazatel využití pracovníka [ % ]
<b>CTD</b>	Cycle time diagram, Diagram pracnosti operátorů a časů strojů pro výrobu jednoho kusu
<b>MCT</b>	Machine cycle time, Čas strojního cyklu s obsluhou operátora
<b>MT</b>	Machine time, Čas strojního cyklu bez obsuhy operátora
<b>WC</b>	Work content, Celková pracnost jednoho cyklu
<b>FIFO</b>	First In First Out method, první dovnitř, první ven
<b>LIFO</b>	Last In Last Out method, poslední dovnitř, poslední ven

# 1 Úvod

V České republice je velké množství výrobních podniků zabývajících se výrobou dílů pro automobilový průmysl. Většina těchto podniků má sídlo ve Středočeském kraji. Tato diplomová práce byla vytvořena pro firmu Faurecia Clean Mobility s.r.o. (dále jen Faurecia), jejíž výrobní závod se nachází v Bezděčíně u Mladé Boleslavi. Závod se specializuje na výrobu předních částí výfukového systému. Přední část výfukového systému obsahuje jednu v tuto dobu nejdůležitější část výfuku, a to DPF nebo DOC filtr. V dnešní době každý diesellový a velká část benzinových agregátů musí mít filtr pevných částic, aby tyto agregáty splňovaly evropské emisní normy EURO 6, které vstoupily v platnost roku 2014. Každý automobil může vyrobít jen 1 gram CO a 0,06 gramů  $NO_x$  na ujetý kilometr. Filtry pevných částic jsou velmi drahou technologií, a proto je jen pár firem na světě, které tyto části výfukových systémů vyrábí, jednou z nich je právě Faurecia.

Tato diplomová práce se bude zabývat výrobním procesem právě jednoho z předních částí výfuku. Jedná se o výrobu výfuku pro italskou automobilku Fiat. Tato výfuková část se skládá ze dvou DPF filtrů a celkově se jedná o velmi složitý díl. Při výrobě tohoto dílu je potřeba zajistit předepsanou kvalitu a geometrickou přesnost stanovenou zákazníkem. Výrobní systém musí též zvládnout odvolávky zákazníka. Aby bylo možné zajistit dodržení předem stanovených odvolávek, je potřeba, aby se denně vyrobilo 585 kusů těchto výfukových částí. To znamená, že výrobní takt linky musí být 130 sekund.

Cílem této práce je zjistit možný potenciál pro zlepšení celého výrobního procesu. Potenciálu ke zlepšení je hned několik, a to v oblasti optimalizace materiálového toku nebo optimalizace práce operátorů. Celá tato studie by měla zeštíhlit výrobní proces a učinit jej tak méně nákladným pro výrobu jednoho kusu. Je nejprve potřeba zjistit pracnost na výrobu jednoho kusu jednotlivých operátorů. Následně budeme mít možnost všechny části optimalizace porovnat. Poté by mělo dojít k vytvoření akčního plánu pro zlepšení, poté k vytvoření studie nepřímé metody měření pracnosti a následně validace ve formě chronometáže. Na základě těchto analýz bude určena operátorům nová standardizovaná práce. Tato celá studie bude poté validována v simulačním programu Witness, kde bude vytvořeno digitální dvojče výrobního procesu. V tomto simulačním programu budou zachyceny všechny periodické operace a bude vytvořen model, který bude co nejlépe podobný reálnému systému. Simulační program bude dalším krokem pro validaci získaných dat. V neposlední řadě dojde k stoprocentní validaci, kde v dlouhodobém časovém horizontu porovnáme výsledky provedené optimalizace.

Simulační program bude vytvořen tak, aby se v budoucnu mohl používat pro

další optimalizace výrobních procesů. Faurecia má díky sjednocení designu strojů na finálních linkách potenciál tuto simulaci používat jako šablonu. Simulační program by proto měl být uzpůsoben tak, aby jednoduchými změnami v softwaru mohlo dojít k ověření jiného výrobního procesu. Simulace se bude dát použít pro zjištění kapacity procesu při snížení nebo naopak zvýšení počtu operátorů ve výrobním procesu. Tímto systémem by mohlo dojít k validaci bez dalšího nutného přímého měření práce na lince. Simulační usnadní administrativní práci zaměstnanců Faurecia a měl by zrychlit optimalizaci výrobních procesů.

V tuto chvíli firma Faurecia měří veškerou pracnost pracovníků pomocí stopek. Tato diplomová práce má sloužit i jako informativní dokument pro možné použití dílčích částí této diplomové práce k definování pracnosti na pracovišti. Pracnost na pracovištích se v tuto chvíli dá měřit i pomocí nepřímé metody, která je též zahrnuta v této diplomové práci a je zde ukázáno jak se pomocí nepřímých metod může optimalizovat pracoviště bez výroby jediného kusu.

## 2 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout optimalizaci svařovacích linek ve firmě Faurecia. Svařovací linky tvoří jeden výrobní celek pro výrobu přední části výfuku obsahující filtr pevných částic. Návrh optimalizace bude řešen pomocí nástrojů štihlé výroby.

V této diplomové práci bude představen aktuální stav výrobního celku, který bude analyzován a následně bude sloužit k porovnání se stavem novým. Tyto stavy budou porovnány na základě celkové pracovní síly pro výrobu jednoho kusu, výstupní kapacity výrobního celku a také na základě mapy materiálového a informačního toku.

Při optimalizaci dojde k redukci počtu pracovníků ve výrobním procesu, což bude mít za následek zvýšení produktivity pracovníků a také snížení nákladů na výrobu. Je potřeba dbát na požadavky zákazníka a dodržovat standard, bezpečnost zaměstnanců a interní předpisy v závodě.

Poslední část této diplomové práce se bude zabývat simulací výrobního procesu v softwaru Witness. Simulační model by měl sloužit jako ověření inovačních návrhů.

Po vypracování a ověření všech zlepšení bude provedeno porovnání předchozího stavu se stavem novým. Budou představeny všechny výhody a nevýhody nově vzniklého stavu.

## 3 Teoretická část

V této kapitole jsou popsány metody štíhlé výroby, které se používají při optimalizaci výrobních procesů. Kapitola slouží jako přehled metod, které byly použity v praktické části při řešení optimalizace výrobního procesu.

### 3.1 Štíhlá výroba - Lean

Štíhlá výroba neboli Lean je metodika, kterou vyvinula firma Toyota po druhé světové válce jako Toyota Production System (TPS). Hlavní představitelé této metodiky jsou Taiichi Ohno a Shigeo Shingo. Jedná se o přístup k výrobě způsobem, kdy se producent snaží uspokojit v maximální míře zákaznickou požadavky tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. Snaží se vytvářet produkty v co možná nejkratším čase a pokud možno s minimálními náklady, bez ztráty kvality. Jde o filosofii celé organizace se trvale zlepšovat ve všech oblastech a zamezit zbytečnému plýtvání. Jednou z nejzásadnějších myšlenek štíhlé výroby je zkrácení času mezi výrobou a zákazníkem. Touto myšlenkou se musí řídit každý zaměstnanec a to od operátorů, přes logistiku až po administrativní pracovníky. Tento fakt vede ke zvyšování efektivity práce, zlepšení materiálového toku a úplného zbavení se plýtvání. [1]

Hlavním účelem Toyota Production System (TPS) je vyloučit přetížení výroby a její výpadky a zároveň eliminovat plýtvání. Nejlepších výsledků je dosaženo definováním procesu, který je schopný dosahovat požadovaných výsledků hladce, tzn. bez přerušení výrobního procesu. Současně je zásadní zajistit, aby byl proces tak flexibilní, jak je třeba, a to bez přetížení, jelikož to opět přináší plýtvání.

### 3.1.1 Druhy plýtvání (7+1)

Dle Toyota production systems jsou ve výsledku taktická zlepšení v oblasti eliminace plýtvání velmi přínosná. Existuje osm druhů plýtvání, které jsou definovány TPS:

1. Nadvýroba  
Produkce většího množství kusů než zákazník v danou chvíli vyžaduje nebo dřív než je požaduje.
2. Zbytečné pohyby  
Pohyb po pracovišti při hledání pomůcek nebo chůzí pro materiál.
3. Transport a manipulace  
Každý přesun materiálu, který nepřidává hodnotu výslednému produktu nebo službě.
4. Čekání  
Čekání na osoby nebo zařízení (čekání na něco nebo někoho).
5. Chyby a zmetky  
Jakákoliv horší kvalita nebo odchylka od specifikace, která je vyžadována zákazníkem.
6. Zásoby  
Materiál nebo produkty na straně výrobce, které zákazník nevyžaduje nebo přesahují zákaznickovy požadavky.
7. Neefektivní práce  
Zdroje používané pro dosažení výsledku jsou předimenzované nebo je jich více než je skutečně potřeba.
8. Nevyužití lidského potenciálu  
Nevyužití skutečného lidského potenciálu, jako jsou schopnosti, znalosti, dovednosti, zkušenosti a kreativita.

Při pohledu na výsledky TPS se eliminace plýtváním stala hlavním bodem zlepšování, neboť její implementace je ze všech tří metod nejsnadnější. Díky TPS se mnoho zlepšení spouští pouze na základě snížení výpadků nebo zahlcení ve výrobě, což přináší zároveň omezení plýtvání, a to i bez přímého zaměření na jeho pouhou redukci. [2]

### 3.1.2 Metoda DMAIC

Metoda DMAIC vznikla v souvislosti s rozvojem neustálého zlepšování, zvyšování úrovně kvality, bezpečnosti, ochrany životního prostředí. Jedná se o zdokonalený PDCA cyklus (z anglického plan-do-check-act tedy naplánuj-proveď-ověř-jednej). Metoda DMAIC definuje 5 fází pro úspěšné zavedení změny nebo řízení projektu určeného ke zlepšení. [3]

#### D - Define (definovat)

V první fázi se definují cíle, získávají se informace, popisuje se stav, kterého má být dosaženo, určuje se tým pracovníků. Popisuje se proces, který má být zlepšen. Součástí popisu procesu je i jeho rozsah (začátek a konec procesu, vstupy a výstupy). Definuje se plán, který by měl obsahovat jednotlivé činnosti, jež jsou třeba k

odstranění problému. Cílem fáze definování je jasné vymezení toho „co, kdo, proč, s kým, jak moc a do kdy“ bude zlepšováno. Součástí správné definice je jasné definování cílů, ale ne toho „jak“ bude cílů dosaženo. [4]

### **M - Measure (měřit)**

Při zlepšování jsou důležité postupné kroky, kterých má být dosaženo a které vedou k naplnění definovaných cílů. Doložit plnění cílů je možné jen na základě předem definovaných měření a měřitelných ukazatelů. Tak je možné odlišit domněnky od skutečnosti. Cílem fáze měření je sběr a vyhodnocení informací o současné situaci (sledování výskytu vad, měření výstupů z procesu a zaznamenávání vstupů). [4]

### **A - Analyze (analyzovat)**

Zjištěné informace je potřeba podrobně analyzovat a zjistit skutečný potenciál pro zlepšení. Základem je analýza příčin problémů, nedostatků, nespokojenosti apod. Zároveň je zjišťováno, zda je skutečně řešen původní problém. Cílem fáze analyzování je určení klíčových příčin problému, tj. kritických vstupních faktorů, které mají významný vliv na výskyt vad. [4]

### **I - Improve (zlepšit)**

Základem zlepšení je odstranění skutečné příčiny. Nastavují se nové parametry procesu a jeho optimalizace. Vše se dělá pro zvýšení spokojenosti zákazníka, ať externího nebo interního. Součástí zlepšování by mělo být i zlepšení nákladů a přínosů pro zákazníka. Jednotlivá řešení je možné otestovat v pilotním testu. Cílem fáze zlepšení je vytvořit, vyzkoušet a implementovat řešení, která odstraňují hlavní příčiny vzniku vad. [4]

### **C - Control (řídit)**

Je-li problém úspěšně odstraněn nebo dosaženo zlepšení, je třeba udělat poslední a závěrečný krok, všechny potřebné změny zavést/standardizovat do procesů nebo systému. Také se samozřejmě přesvědčit, zda změny jsou řádně uplatňovány a zda jsou součástí běžných každodenních činností. Vhodné je stanovit období, ve kterém se sleduje dosažených výsledků a zisku z nového zlepšení. Cílem fáze řízení je zabezpečení trvalého udržení zlepšeného stavu. [4]

## **3.1.3 Metoda 5S**

Metoda 5S je základním kamenem štíhlé výroby. Je to předpoklad pro další zavádění systémů zlepšování a zefektivňování výrobních procesů. Jedná se o souhrn základních kroků, které vedou k odstranění plýtvání na pracovišti. Metoda 5S vznikla v Japonsku. Touto metodou se vizualizuje a redukuje plýtvání. Na pracovišti se obvykle odhalí a následně zredukuje mnohem více plýtvání než se očekávalo, jako jsou nadbytečné zásoby (velmi jednoduché a finančně nenáročné je označení



minimální a maximální úrovně zásob), chyby lze efektivně eliminovat pomocí vizualizací, zbytečné pohyby odstraníme zjednodušením hledání potřebných věcí. Významně se zlepší materiálový tok, zvýší se kvalita a bezpečnost práce,lepší se pracovní prostředí a také se mění k lepšímu podniková kultura. Do zavádění 5S je potřeba zapojit všechny pracovníky výrobního procesu. Tato metoda je definována pěti kroky, v poslední době ale přibyl šestý krok, kterým je bezpečnost na pracovišti. [5]

Obecný předpoklad metody 5S je snížení stavu zásob až o 80 %, zkrácení doby montážních operací až o 30 %, zlepšení kvality o 10 - 20 %, zmenšení potřebného pracovního prostoru o 20 - 40 %. [5]

### **1. krok - Seiri (separovat)**

Cílem 1. kroku je, aby na pracovišti byly pouze potřebné položky v potřebném množství a jen tehdy, když je to potřeba. Odstraní se zbytečný materiál, nástroje, zásoby, ale i pohyby a úkony, které nepřidávají výrobku nebo službě hodnotu. Při třídění položek vycházíme z Paretovy klasifikace: denně používané, používané týdně nebo měsíčně, používané pouze výjimečně. Na základě tohoto rozdělíme položky do tří skupin: takové, které na pracovišti musí být, které mohou být odstraněny a které musí být odstraněny. [5]

### **2. krok – Seiton (systematizovat)**

Účelem druhého kroku je najít nejvhodnější místo pro umístění všech položek na pracovišti. Každá položka musí být umístěna tak, aby ji každý mohl snadno najít a vzít, použít a vrátit na své místo. Odstraníme tak plýtvání při hledání položky, při jejím používání i vracení na místo, zamezíme zranění v důsledku nepořádku. Vhodné místo pro položku určujeme v souladu s ergonomií a frekvencí používání. Následně ho vizuálně označíme, aby bylo jasné, že je předmět na svém místě. Dále stanovíme kapacitu označením minimální a maximální úrovně, zaznameneáme do layoutu pracoviště. [5]

### **3. krok – Seisō (stále čistit)**

V důsledku nečistého pracoviště dochází obvykle k většímu množství zranění, zvyšuje se poruchovost strojů a počet nekvalitních výrobků, ztrácíme důvěru zákazníka. Vyplatí se proto věnovat této fázi maximální pozornost. Postupujeme obvykle tak, že teritorium rozdělíme na jednotlivé oblasti, kterým přesně definujeme, co je třeba čistit, kdo bude tuto činnost vykonávat, kdy a jak často, jaké prostředky budou potřeba, jaký čas to zabere. [5]

### **4. krok – Seiketsu (standardizovat)**

Cílem tohoto kroku je vytvořit jasný standard pracoviště, podle kterého bude všem zaměstnancům zřejmé, kdo, co, kdy a jak má dělat, čistit, udržovat, kontrolovat,

aby se zabránilo nedbalostem. Každý pracovník by měl umět rychle určit operační podmínky a odchylky od standardu.[5]

## 5. krok – Shitsuke (sebedisciplína)

Účelem 5. kroku je udržování a zlepšování současného stavu. Trvá vždy nějaký čas, než nově zavedené standardy a jejich dodržování zaměstnanci přijmou za vlastní a stanou se pro ně samozřejmostí. Pomoci mohou doplňující školení, zapojení všech zaměstnanců včetně managementu. Tato fáze hraje v dosažení úspěchu velmi důležitou roli, neboť bez sebedisciplíny by se 5S okamžitě rozpadlo.

### 3.1.4 Materiálový a informační tok

Materiálový tok znamená organizovaný pohyb materiálu ve výrobním procesu. Při navrhování výrobního toku je potřeba definovat:

P	Výrobek	Co se bude dopravovat?	
Q	Množství	Sériovost a opakovatelnost.	
R	Technologie	Kam se bude dopravovat?	
T	Čas, termíny	Kdy se bude dopravovat a jak dlouho?	[15]
S	Služby	Manipulační prostředky.	
N	Náklady	Co to bude stát.	

Při manipulaci s materiálem je potřeba zajistit přímé a co nejkratší dopravní cesty, vyloučit zbytečné manipulace s materiálem, rytmičnost, nepřetržitost a plynulost materiálních toků, vytvořit vhodné pracovní podmínky (hygiena, bezpečnost).

Informační tok je nedílnou součástí při transportu materiálu. Je potřeba zajistit předávání informací o tom kde se jaký materiál nachází a v jakém množství. Informační tok má zcela obrácený směr proudu než materiálový tok.

### 3.1.5 JIT - Just In Time (právě včas)

Systém Just In Time je logistickým systémem zaměřen na výrobu určitého množství výrobků v daném čase. Cílem této metody je eliminovat jakékoliv ztráty. Princip JIT je přizpůsoben každému podniku podle jeho potřeb. Hlavním faktorem v tomto systému je čas. Výrobky jsou dodávány přesně ve chvíli, kdy jsou potřeba ve výrobním procesu. Snahou tohoto systému je vyrábět jen to, co je potřebné. Je potřeba také omezit plýtvání časem a prostředky. Kvalita výrobků by podle JIT měla být stoprocentní. Při této metodě jsou redukovány zásoby na minimum, tím se sníží náklady, které by bylo potřeba k uskladnění zásob.[6]

Tato metoda funguje tak, že nové zboží je objednáno právě v tom momentě, kdy klesne zásoba pod určené množství. V tuto chvíli je odeslána informace o tom, že je potřeba doplnit zásoby. Tím je šetřen prostor a také peníze. [6]

Výhodou tohoto systému je zlepšení obrátu zásob, lepší zákaznický servis a zmenšení skladovacích prostorů Nevýhodou tohoto systému je proces objednávání,

který nelze dobře odhadnout do budoucnosti. Může proto docházet k rychlému vyčerpání zásob nebo naopak k jejich delšímu držení.[6]

### 3.1.6 Kanban

Kanban znamená v japonštině karta, štítek nebo lístek. Snahou tohoto systému řízení je co nejdokonalejší přizpůsobení se průběhu výroby materiálovým tokem. Hlavním cílem systému Kanban je na každém stupni výroby podporovat tzv. výrobu na objednávku, která umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a zlepšuje přesnost plnění termínů.[7]

Systém kanban se obejde bez těžkopádného centrálního plánování a řízení, vyrábí a dopravuje se jen to, co je požadováno. Zákazníkem je každý následující proces. To znamená, že systém Kanban je tahovým systémem (push systémem). V tomto systému je zákazník člen zajišťující výrobu, což znamená, že pokud nebude zákazník vyžadovat díly, nebudou ani předem vyrobeny. [7]

Systém kanban je nejvhodnější implementovat pro opakovanou výrobu stejných součástí s velkou mírou v odbytu. Tento systém umožňuje za pomoci počtu přítomných karet kanban v systému kontrolovat a řídit rozpracovanost výroby, tedy i velikost zásob v rozpracované výrobě a velikost průběžné doby výroby. V systému Kanban je po odebrání kompletní výrobní dávky odeslána z odběrového místa dodavateli karta Kanban, která má funkci objednávky na dodávku nové výrobní dávky. Kanban karty slouží zároveň pro signalizaci stavu zásob a rozpracovanosti. Tento systém je velmi důsledný a lidé pracující s Kanbanem by měli být dostatečně dobře proškoleni. Tento systém je velmi těžké udržet v celém závodu, proto se implementuje na stabilní výrobu a je nutné jej velmi přesně dodržovat.[7]

V závodu Faurecia se používá systém Kanban také jako systém pro určení původu materiálu a definice množství kusů na balení. Na karty kanban je natištěn i čárový kód určující datum, místo, čas a směnu, kdy byl materiál vyroben. Systém kanban je v závodu zaveden ve formě elektrického kanbanu, který je stejný jako papírová forma, jen nese výhodu elektrické evidence kanbanových karet.

### 3.1.7 Analýza pracnosti

Cílem analýzy pracnosti je určit co nejobektivnější formu spotřeby času. K určení spotřeby času můžeme použít přímé a nepřímé metody. Přímé metody jsou metody, kterými budeme spotřebu času zjišťovat pomocí stopek. Nepřímou metodou se provádí analýza pracnosti pomocí tzv. systémů předem určených časů.

#### Chronometráž

Cílem chronometráže je určit co nejobektivnější normu spotřeby času. Chronometráž je přímá metoda analýzy pracnosti. Jedná se o stanovení spotřeby času za pomoci stopek a potřebného formuláře. Chronometráž slouží ke stanovení délky trvání určitého pracovního děje (operace). Tato metoda je založena na principu rozdělení měřené operace do několika dílčích úseků (úkonů či měřících

bodů). Spotřeba času jednotlivých úkonů je potom zaznamenávána do připraveného formuláře. Výhodou chronometráže plynoucí především z rozdělení operací na jednotlivé úkony je při jejím správném použití především vyloučení extrémních hodnot jednotlivých úkonů a zajištění poměrně vysoké spolehlivosti měření, možnost balancování operací (přesouvání jednotlivých úkonů mezi pracovníky), definování problematických úkonů. I když se na první pohled může zdát, že přímé měření za pomoci stopek je velmi jednoduchá metoda, i při tomto typu měření je třeba pro zajištění maximální přesnosti norem dodržovat řadu pravidel. V řadě firem však nejsou dodržována a výsledky se tak stávají neobjektivními. Podceňováno je často především rozdělení měřené operace na jednotlivé úkony, nebývá proveden potřebný počet náměrů či není pracováno se stupněm výkonu sledovaného pracovníka. Při chronometráži je nutné provést minimálně 10 měřících cyklů jednotlivých pracovníků, aby z této analýzy byla získána věrohodná data. [12]

## Metoda MOST

Metoda MOST spadá do metody nepřímého měření. Jedná se o systém předem učených časů. Touto metodou rozdělíme celou práci na jednotlivé dílčí úseky, kterým pak následně dle náročnosti přiřazujeme indexy odpovídající předem určené spotřebě času. Výhoda této metody spočívá v tom, že odpadne subjektivita a manuální rychlost při zjišťování časové náročnosti. Touto metodou se dá zjistit časová náročnost budoucích operací. Metodu můžeme použít také pro realizaci výrobního procesu a představy, jak budou jednotlivé činnosti práce vypadat s ohledem na časovou náročnost. [12]

Analýza MOST (Maynard Operation Sequence Technique) je v tuto dobu nejvíce používaná metoda pro určování časové náročnosti. Tato metoda se dále dělí na Mini MOST, Basic MOST, Maxi MOST, Admin MOST. Nejpoužívanější z těchto metod je právě metoda Basic MOST, která slouží k normování činností trvajících od několik desítek vteřin až po několik minut. Pracuje s přesností setin vteřiny, dostačuje pro většinu běžných činností. Pro operace trvající několik vteřin s vysokou frekvencí opakování a potřebnou přesností v tisících vteřin je vhodné použít Mini MOST. Maxi MOST se potom používá většinou pro logistické činnosti či operace související s údržbou nebo přestavbou strojních zařízení. Jedná se o činnosti s nepříliš vysokou opakovatelností a cyklovými časy v desítkách minut. Poslední, nejmladší metodou, je Admin MOST, která slouží k normování administrativních činností. Basic MOST (i MOST obecně) je systém pro analyzování, měření a následnou optimalizaci práce. Vychází ze skutečnosti, že při veškerých činnostech ve výrobě (kromě tvůrčího myšlení) dochází k přemísťování objektů. Přičemž objekt můžeme přemísťovat volným pohybem (volně vzduchem), řízeným pohybem (jasně daná dráha pohybu), nebo za pomoci ručního nástroje. Basic MOST, stejně jako ostatní rodiny MOST, pracuje v jednotkách TMU (Time Measure Units), přičemž jedna jednotka TMU = 0,036 sekundy. Výsledná spotřeba času u výše popsané aktivity se získá sečtením indexů a vynásobením hodnotou 10. Potom je nutné index TMU převést na jednotky času. Pomocí této analýzy zjistíme časové náročnosti jednotlivých operací. [12]

Tuto analýzu bych rád využil k získání času pracnosti na jednotlivých operacích

a též by tato analýza měla informovat o skutečnostech, co všechno musí operátor provést za pracovní úkony. Touto metodou také zjistíme, kde je možný potenciál pro zlepšení a jaká bude časová úspora při vytvoření změny.

### 3.1.8 Balancování výrobních operací

Balancování operací se nejčastěji používá při optimalizaci a navrhování výrobních linek s cílem optimálního (stejného) rozdělení činností mezi jednotlivá pracoviště, respektive mezi jednotlivé operátory výrobního celku. Klíčovým vstupem pro tuto metodu jsou požadavky zákazníka, respektive zákaznický takt. Pro optimální balancování operací se využívají diagramy rozložení pracností a výrobních časů. [8]

Jednou z nejzásadnějších stanovisek je určení zákaznického taktu (TT) 3.1. Po získání zákaznického taktu je potřeba rozdělit pracnost operátorům výrobního procesu pro výrobu jednoho kusu tak, aby nikdy nepřesahovala takt zákazníka. Z logiky věci vyplývá, že takt výrobního linky je tak rychlý, jako jeho nejpomalejší člen, což znamená, že výstup linky je definován nejpomalejším členem, buď je to člověk nebo stroj. [8]

$$TT = \frac{\text{dostupný pracovní čas za směnu}}{\text{požadavek zákazníka na směnu}} \quad (3.1)$$

Je také potřeba zjistit, jaký je ideální počet operátorů na lince (OP optimum) 3.2. K tomu slouží tzv. pracnost, což je součet časů všech nutných prací provedených operátory na výrobu jednoho kusu. [8]

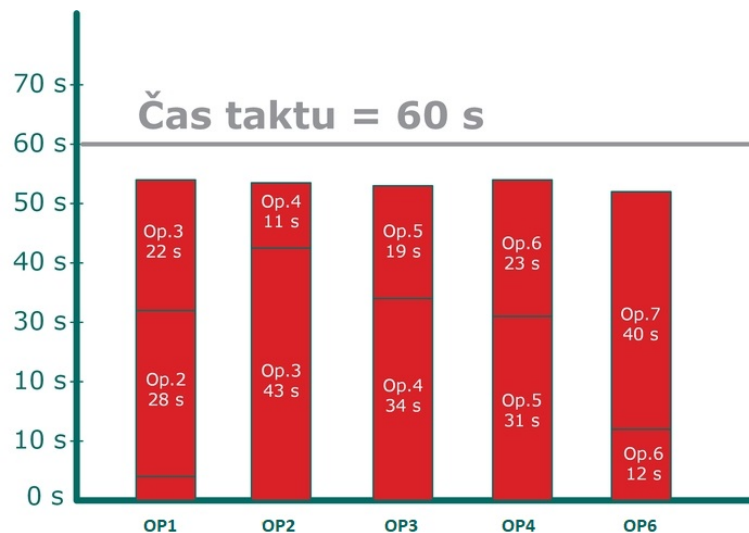
$$\text{OP optimum} = \frac{\text{celková pracnost všech operátorů}}{\text{takt time}} \quad (3.2)$$

Při balancování výrobních procesů se často používají diagramy 3.1 za účelem vizualizace pracnosti. Je potřeba, aby byla pracnost mezi jednotlivými operátory rozložena co možná nejvíce rovnoměrně. Tento fakt má za následek zlepšení celkového výstupu linky a menšího objemu rozpracované výroby. Systém se tak stane více vyváženým a odstraní se tak přebytečné plýtvání z důvodu čekání, i plýtvání z hlediska velkých mezioperačních zásob.

Je také potřeba určit procentuální využití strojů. Dle standardu Faurecia se používají dva hodnotící ukazatele, a to DLE a TRS. DLE 3.3 je ukazatel hodnotící využití pracovníků, kde standardem Faurecia je mít využitelnost pracovníků alespoň na 60 %. Do výpočtu DLE se uvádí všichni pracovníci výrobního procesu, kteří se jakkoli podílejí na výrobě. Druhý z hodnotících ukazatelů TRS 3.4 je ukazatel využitelnosti strojů.

$$DLE = \frac{\text{počet OK kusů} * \text{celková pracnost}}{\text{počet operátorů} * \text{čas placený operátoru}} \quad (3.3)$$

$$TRS = \frac{\text{počet OK kusů} * \text{celkový strojní čas}}{\text{počet strojů} * \text{možné využití stroje}} \quad (3.4)$$



Obrázek 3.1: Balancování operací.

### 3.1.9 Simulace výrobního systému

Praktická část diplomové práce se zabývá simulací daného výrobního systému. Simulace byla vytvořena v softwaru Witness. Tento software je od firmy Lanner. Software se specializuje na simulace výrobních procesů. Hlavní výhodou tohoto softwaru je zpětná vazba výsledků simulace ve formě statistik. Tento software je lehce programovatelný a dají se v něm vytvořit simulace všech výrobních systémů.

Při simulaci během simulačních experimentů je potřeba určitě WarmUP time experimentu a délku experimentu. WarmUp time uvádí simulační model do fungujícího stavu, kdy procesem proteklo několik dílů a probíhala už nějaká výroba. Během času WarmUp nejsou spuštěny statistiky, které počítají procentuální využití strojů a operátorů v závislosti na čase experimentu. Po ukončení WarmUp času nastává samotná simulace, přičemž jsou zaznamenávány statistiky.

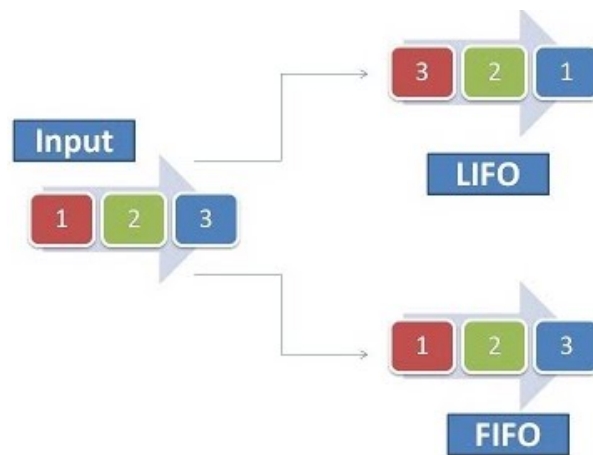
### 3.1.10 Milk run

Principem Milk run je rozvážet materiál ze skladu podle předem dohodnutého harmonogramu a vyložit materiál na přesně určených místech. Současně jsou zpět do skladu odváženy prázdné transportní jednotky. [14]

### 3.1.11 FIFO, LIFO

FIFO je akronym ze slov First In, First Out, přeloženo jako první dovnitř, první ven. V praxi se nepřekládá, používá se akronym FIFO. Jedná se o jednoduchou, velmi univerzální metodu řízení, respektive způsob organizování, manipulace a prioritizace pohybu materiálu, dat nebo čehokoliv dalšího. Požadavky nebo materiál jsou obsluhovány v pořadí, v jakém do systému vstoupily. Pojem FIFO se nejvíce používá v oblasti logistiky a dopravy, skladovém hospodářství, ve výrobní logistice, při programování nebo řízení požadavků. [11]

Přesným opakem je LIFO, což znamená Last in, Last Out, přeloženo jako poslední dovnitř, poslední ven. Jedná se o metodu kdy poslední požadavek je vyřízen jako první. V oblasti automotive se používá velmi zřídka. Na následujícím obrázku 3.2 můžete vidět rozdíl těchto dvou metod.



Obrázek 3.2: Rozdíl mezi FIFO a LIFO.

## 4 Praktická část

V praktické části diplomové práce je popsána firma Faurecia. Je zde také popsán výrobní proces spolu s vyráběným produktem. Velká část této kapitoly je věnována optimalizaci výrobního procesu spolu s porovnáním v simulačním modelu. V závěru této kapitoly je sepsáno, jakých změn bylo docíleno a jaké tyto změny přinesly zlepšení ve výkonu výrobního procesu.

### 4.1 Popis společnosti

Závod Faurecia v Bezděčíně u Mladé Boleslavi se specializuje na výrobu přední části výfuků pro benzinové a dieselové agregáty převážně většiny automobilových výrobců (Škoda, Volkswagen, Audi, Ford, Fiat, Renault). Pracovníci pracují v třísměnném provozu. Celý závod se dá rozdělit na čtyři výrobní celky, a to ohýbání trubek, ohýbání a svaření trubek velkých rozměrů, lisování DPF nebo DOC filtrů a na finální linky, kde se svařuje finální výfuk. Tato diplomová práce se bude zabývat optimalizací finální svařovací linky výfuků pro značku Fiat.

Závod má mnoho zavedených standardů, jako je elektronický kanban. Výroba je řízena JIT systémem, všude je zaveden systém FIFO a také se klade stále větší důraz na analýzu 5S.

### 4.2 Popis produktu

Finální díl je přední výfuková část pro automobil značky Fiat. Pro výrobu jednoho výfuku je potřeba 31 různých komponent, z nichž tři jsou produkty vlastní výroby závodu (dva DOC filtry a jedna ohýbaná trubka). Ostatních 28 komponent jsou díly od externích dodavatelů. Tyto díly je potřeba dopravit ve stejný okamžik na finální linku. Zavážení materiálu musí probíhat dle standardu FIFO.

Finální produkt je z převážné většiny svařenec jednotlivých komponent. Tepelný štít je lisovaný a tlakové trubičky vedoucí z koncové trubky jsou šroubované.

Díl je postupně složen z jednotlivých podsestav. V daném výrobním celku je při výrobě vytvořeno 14 podsestav, z kterých v průběhu výroby vzniká finální díl, který můžeme vidět na obrázku 4.1.





Obrázek 4.1: Finální díl přední části výfuku.

### 4.3 Popis výrobního procesu

Výroba výfuku zahrnuje dohromady 13 operací. Osm operací je prováděno na svařovacích robotech, jedna na lisu, jedna na poloautomatické šroubovací stanici, tři operace slouží jako kontrola kvality a spadají do operací nepřidávající hodnotu výrobku.

Výrobu zajišťuje 7 operátorů a jeden GAP leader (model 7+1), který zajišťuje organizaci na pracovišti, opravuje NOK díly, školí nově příchozí operátory a reportuje výsledky výroby mistrovi směny, který řídí najednou výrobu několika výrobních linek. Mistr výroby patří do nižšího managementu administrativní struktury a reportuje dále střednímu managementu podniku.

V celém výrobním procesu je přesně určeno, jaká operace se bude provádět a na jakém stroji. Výrobní stroje procesu můžeme rozdělit na automatické a poloautomatické. Automatické stroje pracují zcela automaticky, poloautomatické stroje jsou stroje, kde k jejich obsluze potřebujeme operátora. Mezi automatické stroje patří svařovací roboti, tlakové zkoušky a lis. Výrobní proces má jeden poloautomatický stroj, kterým je poloautomatická šroubovací stanice. Výrobu dohromady zajišťují 4 svařovací roboti, 2 tlakové zkoušky, 1 lis, 1 poloautomatická šroubovačka a finální kontrola.

## Svařovací robot (V-cella)

Svařovací robot patří ke strojům přidávající produktu hodnotu. Svařovací robot má dvě svařovací okna. Každé svařovací okno má svůj svařovací přípravek, kde se svařují podsestavy. Mezi svařovacími okny je uprostřed svařovací robot, který svařuje buď jedno a nebo druhé svařovací okno. Aby robot mohl svařovat, je potřeba do svařovacího přípravku založit komponenty a po ukončení svařování je opět vyložit. Operaci založení/vyložení provádí operátor výroby. Aby se operátor nedostal během automatického cyklu do styku s robotem chrání jej automatická roleta, která se spouští při stisku start tlačítka a při ukončení svařování se opět roleta navine. Svařovacího robota můžete vidět na následujícím obrázku 4.2.

Na svařovacím robotu je potřeba provádět periodické operace obsluhy, jako je výměna průvlaku a čištění průvlaku. Výměnu průvlaku provádí operátor výroby, čištění průvlaku provádí robot automaticky.



Obrázek 4.2: V-cell, svařovací robot.

## Lis

Lis je stroj, který přidává produktu hodnotu. Jedná se o automatický stroj, který nepotřebuje při práci obsluhu. Operátoři pracující na lisu pracují stejně jako na svařovacích robotech, tudíž jsou zodpovědní za založení/vyložení komponent do stroje. Na lisu není potřeba provádět periodické operace obsluhy stroje.

## **Tlaková zkouška**

Tlaková zkouška nepřidává produktu další hodnotu, jedná se o kontrolní stroj. V daném výrobním procesu jsou dvě tlakové zkoušky. Tlaková zkouška je automatický stroj a obsluhuje se stejně jako lis, tudíž zakládání a vykládání provádí operátor výroby. Tlaková zkouška kontroluje těsnost celého výfuku. Pokud tlaková zkouška odhalí chybu, je následně na GAP leaderovi, zda-li díl opraví nebo je díl zařazen do NOK dílů a následně vyšrotován.

## **Poloautomatická šroubovací stanice**

Tento poloautomatický stroj se skládá z upínacího přípravku a dvou automatických momentových utahovaček. Operátor musí do stroje založit/vyložit komponenty a následně musí postupovat přesně podle stanoveného cyklu stroje tak, aby došlo ke správnému utažení komponent na finálním dílu a výsledný produkt byl OK.

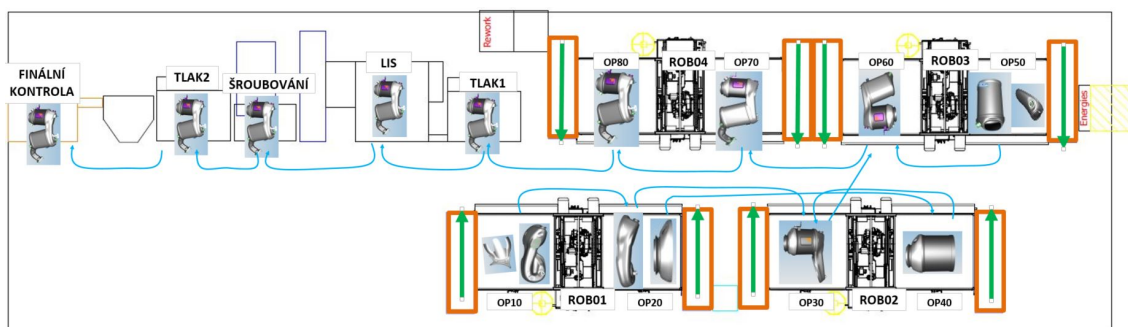
## **Finální kontrola**

Finální kontrola je zcela manuální pracoviště skládající se ze stolu finální kontroly a pneumatických šroubovaček. Pracovník finální kontroly kontroluje finální díl. Mezi kontrolu patří i kontrola závitů a balení finálního dílu do přepravního boxu. Finální kontrola je posledním článkem výroby a je potřeba, aby byl pracovník pracující na finální kontrole velmi proškolen, jelikož je to poslední kontrolní prvek před exportem k zákazníkovi. Jak již bylo řečeno v teoretické části, dle JIT si nemůže výrobní proces dovolit ani jeden neshodný díl expedovaný finálnímu zákazníkovi.

### **4.3.1 Materiálový tok výrobního procesu**

Materiálový tok je jednou z nejpodstatnějších částí výrobního procesu. Za materiálový tok finálního dílu jsou zodpovědni operátoři linky, tok vstupních komponent zajišťuje interní logistika. Logistika naskladňuje materiál systémem Milk-run, tudíž vždy vyměňuje prázdné balení za plné. Vstupní materiál je naskladněn do předem určených regálů na přesně stanovené místo. Zásoba vstupních komponent v regálu je zajištěna na hodinovou produkci.

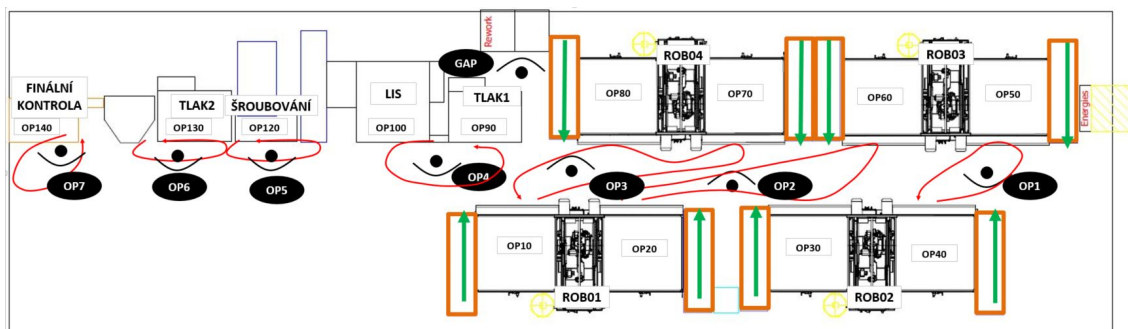
Na obrázku 4.3 je znázorněn materiálový tok daného výrobního procesu. Je zde vidět pojmenování jednotlivých strojů. U svařovacích robotů pojmenovány jednotlivé operace. Dále jsou na obrázku vidět jednotlivé podsestavy, které jsou pracovníkem zakládány/vykládány na jednotlivé operace. Materiálový tok finálního dílu je na obrázku vyznačen šipkami modrou barvou. Regály pro vstupní komponenty jsou na obrázku vyznačeny oranžovou barvou. Tok vstupních komponent je označen zelenou šipkou. V tuto chvíli není vyřešen tok finálního dílu. Optimalizace toku finálního dílu bude taky jednou z částí této diplomové práce.



Obrázek 4.3: Materiálový tok před optimalizací.

### 4.3.2 Pracovní standarD výrobního procesu

Pracovníci pracují v modelu 7+1, kde sedm operátorů se stará o výrobu finálního dílu a osmý je GAP leader. Na obrázku 4.4 můžete vidět schéma rozdělení práce operátorů. Operátoři jsou označeni černým oválem s bílým písmem jako OP1 - OP7. Jednotlivé operace jsou označeny OP10 - OP140. Jak si můžeme všimnout, tak na svařovacích robotech pracují tři operátoři, ostatní operátoři pracují na finálních periferiích (tlakové zkoušky, lis, šroubovačka, finální kontrola). Můžeme si všimnout, že každý z operátorů neobsluhuje stejný počet operací. Nejvíce zajímavé je, že operátoři na svařovacích robotech obsluhují svařovací operace tak, že může nastat situace kdy operátor pracující na stejném svařovacím robotu, ale na jiném okně může svojí rychlostí značně ovlivnit práci druhého operátora. Jelikož může opakovaně založit rychleji než druhý z operátorů a tím tak může nechat vyhladovět druhého operátora. Můžeme si také v layoutu všimnout označení reworkovací stanice, kde GAP leader opravuje NOK díly.



Obrázek 4.4: Rozložení operátorů před optimalizací

### 4.3.3 Požadované výstupy výrobního procesu

Výroba je řízena metodou JIT (Just in time), tudíž dle odvolávek zákazníka. V tuto chvíli je potřeba zjistit požadovaný takt linky. V daném případě jsou odvolávky zákazníka 195 kusů za směnu, časová dispozice je závislá na operátorech. V daném

případě se jedná o 425 minut (25500 sekund). Operátoři jsou v pracovním procesu 8 hodin, ale od tohoto času je potřeba odečíst zákonou přestávku 30 minut, 15 minut před začátkem výroby pro uvolnění 1. OK kusu a 10 minut na konci výroby pro úklid pracoviště.

Pokud použijeme z praktické části vzorec 3.1 zjistíme, že takt time je 130 sekund na výrobu jednoho kusu.

$$TT = \frac{25500}{195} = 130[s/ks] \quad (4.1)$$

Tento takt linky zaručí uspokojení odvolávek zákazníků. Výrobní proces má v tuto chvíli v porovnání s ostatními procesy ve firmě Faurecia nejvyšší počet pracovníků. Tato skutečnost se nelíbí vedení společnosti, proto je nutné provést optimalizaci výrobního procesu. Optimalizace by měla snížit počet operátorů na lince a zaručit tak vyšší zisk společnosti při výrobě jednoho kusu.

#### 4.3.4 Pracnost výrobního procesu

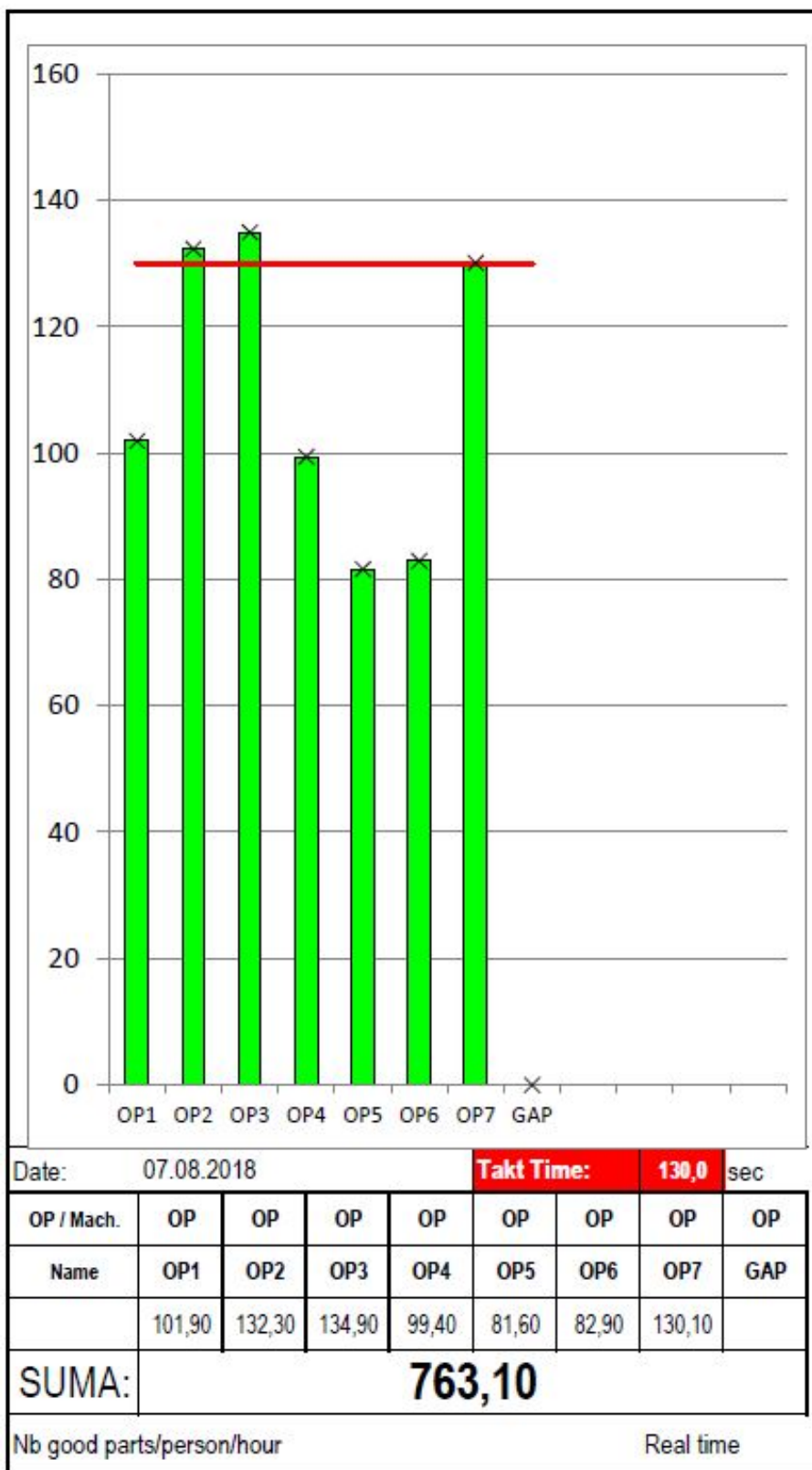
V minulosti byla provedena chronometráž pracovníků, která byla přepracována do podoby cycle time diagramu. Tento CTD si můžeme prohlédnout na obr. 4.5. Na první pohled můžeme vidět, že vybalancování operátorů na lince není správné. Nejvíce je to vidět u operátorů OP5 a OP6, kteří mají oproti ostatním nejnižší pracnost, zatím co nejvyšší pracnost mají operátoři OP2 a OP3, kteří svou pracností na jednom kusu převyšují takt time linky. V tuto chvíli můžeme říct, že výrobní proces nemůže zajistit výrobu 195 kusů za směnu, jelikož takt time některých pracovníků je vyšší než takt time zákazníka. Z cycle time diagramu můžeme zjistit celkovou pracnost pro výrobu jednoho kusu. Tato pracnost je před optimalizací 763,1 sekund.

V tuto chvíli můžeme spočítat DLE ukazatel. Takt time výroby definován podle nejpomalejšího operátora, v tuto chvíli je to OP3 se svojí pracností 134,9 sekund. V tomto případě je dle standardu možné, aby výroba vyrobila 189 kusů za směnu.

$$DLE = \frac{189 * 763,1}{8 * 7,5 * 60 * 60} = 66,77[\%] \quad (4.2)$$

Pokud budeme počítat optimální počet pracovníku (OP optimum) zjistíme, že optimální počet pracovníku v daném výrobním procesu je šest. V tuto chvíli to znamená, že bychom mohli bez jakékoli změny ve výrobním procesu odstaranit jednoho z pracovníků. Tudíž by na lince pracovalo 6 operátorů a jeden GAP leader.

$$OP \text{ optimum} = \frac{763,1}{130} = 5,66 = 6 \text{ OP} \quad (4.3)$$



Obrázek 4.5: Graf pracnosti operátorů.

### 4.3.5 Výrobní časy strojů

Výrobní časy strojů můžeme zjistit dvěma způsoby. Pokud se jedná o robotickou svařovací V-cellu, lze strojní čas získat přímo z PLC svařovacího robota. Ostatní strojní časy finálních periférií je nutno změřit pomocí stopek podobně, jako je to u chronometráže.

Na svařovacích robotech je potřeba uvažovat i periodeické operace, jako je výměna svařovacího průvlastku a čištění svařovacího průvlastku. K výměně svařovacího průvlastku a čištění svařovacího průvlastku dochází po uplynutí přesně stanoveného svařovacího času. Výměnu průvlastku provádí operátor. Tato periodická operace zabere operátorovi v průměru 90 sekund. Záleží ovšem na manuální zručnosti operátora a také na tom jak moc je svařovací průvlastek zničen vlivem svařovacích teplot. Tento čas se většinou pohybuje mezi 60 - 120 sekundami. Čištění svařovacího průvlastku se provádí zcela automaticky. Čištění svařovacího průvlastku trvá 13,82 sekundy a je prováděno mezi jednotlivými svařovacími operacemi. Tabulka 4.1 informuje o časech na jednotlivých strojích. Nejdelší svařovací čas má ROB03 se svými 79 sekundami. Zatím co nejnížší svařovací čas má robot ROB01. Z koncových periférií je nepomalejší tlaková zkouška Tlak1.

Tabulka 4.1: Výrobní časy strojů.

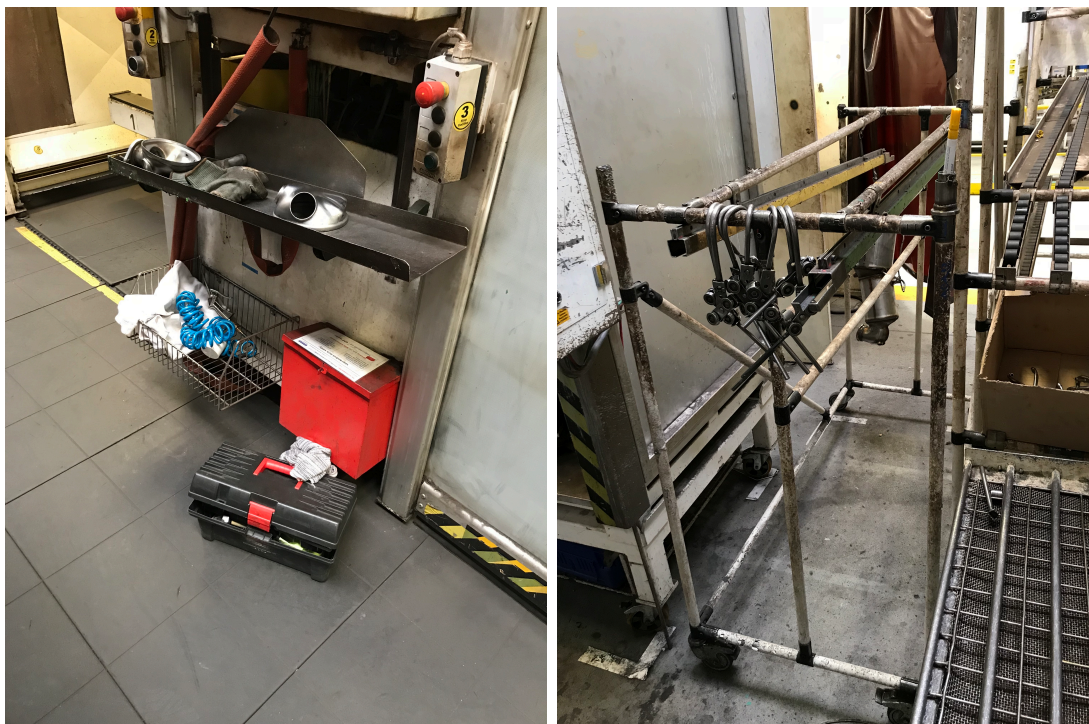
Stroj	Operace	MT operace[s]	Svařovací čas[s]	Výměna svař. průvlastku po[s]	Čištění průvlastku po[s]	Doba výměny špičky[s]	Doba čištění[s]
ROB01	OP10	42	58	5000	150	90	13,82
	OP20	38,5					
ROB02	OP30	47,9	76	2000	150	90	13,82
	OP40	45,7					
ROB03	OP50	48,1	79	500	150	90	13,82
	OP60	47,6					
ROB04	OP70	44	58	5000	150	90	13,82
	OP80	38,6					
Tlak1	Tlak1	64,42	Neprovádí se				
Lis	Lis	24					
Tlak2	Tlak2	50,83					

Výpočtem TRS zjistíme využitelnost strojních součástí. Hodnotící parametr TRS je opět výsledek výstupů linky závislý na nejpomalejším členu. Dle kapacitního propočtu je nejpomalejším členem OP3. Výrobní systém je schopen vyrobit 189 kusů za směň, strojní pracnost je 491,65 sekund. Po dosazení do vzorce 3.4 vychází procentuální využití strojů:

$$TRS = \frac{189 * 491,65}{7 * 8 * 60 * 60} = 46,09 \% \quad (4.4)$$

## 4.4 Fotografie výrobního procesu před optimalizací

Tato kapitola uvádí stav výrobního procesu před jeho optimalizací. Na obrázku 4.6 jsou zobrazeny mezioperační dopravníky před optimalizací. Vpravo si pak můžete prohlédnout mezioperační dopravník pro opravu neshodných dílů. Celkově tento výrobní proces byl nevyhovující, a to z hlediska 5S, čistoty, přehlednosti ve výrobním procesu a také ergonomie. Jak je vidět na fotografiích, tak na lince je vidět nepořádek. Výrobní proces už z hlediska předchozích výpočtů TRS a DLE dal příležitost k optimalizaci.



Obrázek 4.6: Meziperační dopravníky před optimalizací.

Z porovnání obrázků 4.7 a 4.8 vyplývá, že stav výrobního procesu je nevyhovující a měl by být optimalizován. Není definované místo pro vstupní materiál, mezioperační dopravníky jsou nevyhovující z hlediska ergonomie. Není také přesně definovaný materiálový tok ve výrobním procesu. Celý výrobní proces vypadá velmi špinavě. Ve výrobním procesu se nacházejí věci, které tam do tohoto výrobního procesu nepatří. Tato pracoviště v tuto chvíli nepůsobí dobře ani z hlediska nabídky práce pro budoucí nové zaměstnance. Výrobní systém v tuto chvíli nepůsobí reprezentativně.





Obrázek 4.7: Výrobní proces před optimalizací.



Obrázek 4.8: Výrobní proces před optimalizací.

## 5 Optimalizace výrobního procesu

Dle výpočtu optimálního počtu pracovníků (4.3) by v tomto výrobním procesu mělo pracovat 5,66 operátorů. V tuto chvíli bez jakékoli optimalizace je potřeba na lince šest operátorů. Cílem této optimalizace je snížit pracnost operací natolik, aby bylo možno na lince pracovat v pěti operátorech, tudíž šesti včetně GAP leadera (model 5+1). Je potřeba snížit celkovou pracnost výrobního procesu alespoň na 650 sekund, aby mohlo dojít k odstranění dalšího operátora z výrobního procesu. K tomuto stavu může dojít při odstranění všech činností nepřidávající hodnotu.

### 5.1 Optimalizace materiálového toku

V této části diplomové práce se budeme zabývat optimalizací materiálové toku. Je potřeba optimalizovat materiálový tok vstupního a výstupního materiálu. Vstupní materiál je naskladňován interní logistikou do spádových dopravníků. Tok výstupního materiálu je řízen operátorem finální linky ve výrobním procesu. Materiálový tok před optimalizací je vidět na obr. 4.3.

#### 5.1.1 Změna designu spádových regálů pro vstupní materiál

Finální svařenec je složen z mnoha dílů. Tyto díly jsou logistikou naskladňovány do interního skladu a následně jsou rozváženy na příslušná místa. V daném výrobním procesu jsou díly rozváženy do spádových regálů, které jsou umístěny v co nejkratší vzdálenosti od pracoviště, kde je materiál potřeba. Do regálů je vychystáván materiál pro danou operaci, ke které je regál určen. Materiálový tok v regálu musí být přesně definován, což znamená, že vstupní materiál musí být vždy naskladněn na stejném místě. Ve spádových regálech je materiál vychystáván se zásobou materiálu na jednu hodinu.

Materiál není v tuto chvíli jednoduše přístupný z prostor svařovací buňky. Operátory zbytečně zdržuje manipulace se vstupním materiálem. Pracovník musí zbytečně vycházet a zacházet ze svařovací buňky, aby si nabral materiál pro další kus. Na všech svařovacích buňkách byl uzpůsoben tok materiálu tak, aby spádový regál přiblížil materiál přímo do svařovací buňky. Proto aby se operátor dostal k materiálu muselo dojít také ke změně designu robota. Nejprve bylo potřeba do robota vyříznout díru, aby operátor dosáhl na materiál ze svařovací buňky. Tuto jednoduchou změnu můžete vidět na obr. 5.1.



Obrázek 5.1: Změna toku materiálu regálu, před a po.

Tímto jednoduchým řešením jsme operátorům pracujícím na operacích svařovacích robotů značně snížili pracnost pro založení a vyložení dílu. Byla tak odstraněna opakovaná nutná manipulace s díly, která byla zapříčiněna opakovanou chůzí operátora. Tímto operátor nemusí pro díl chodit a může rovnou ze svařovací linky zakládat díly do svařovacího přípravku.

### 5.1.2 Implementace posuvných dveří

Po změně designu robotů a regálů na vstupní materiál bylo nutné z důvodu kvality implementovat na svařovací roboty pneumatické automatické dveře řízené automaticky PLC systémem robota. Pneumatické posuvné dveře brání k možnému znehodnocení vstupního materiálu rozstříkem při svařování. Posuvné dveře byly vyrobeny a přimontovány na každé okno svařovacího robota. Dveře se otevírají ve stejnou chvíli jako přední dveře svařovacího robota. Dveře chrání operátora před světelným zářením způsobené svářením. Zabráňují vstupu osob do svařovací buňky při svařování a v neposlední řadě snižují hluk na hale. Posuvné dveře byly vyrobeny externí firmou Montana s.r.o. Mladá Boleslav. Zapojení a naprogramování dveří prováděla interní údržba. Posuvné pneumatické svařovací dveře si můžete prohlédnout na obr. 5.2. Tyto dveře se skládají z pneumatického válce, vedení dveří a dveří. Celá tato konstrukce je vyrobena z hliníkových profilů.



Obrázek 5.2: Boční pneumatické posuvné dveře svařovacího robota.

### 5.1.3 Vytvoření mezioperačních dopravníků

Bylo nutné i upravit materiální tok svařených podsestav. Podsestavy je nutné bez poškození přemístit z jedné operace na další operaci. Materiální tok podsestav je k vidění na obr. 4.3. Pro správný materiální tok byly vytvořeny mezioperační zásobníky. Jelikož se jedná o svařovací proces, byly mezioperační zásobníky dimenzivány na 3 až 5 dílů z důvodu nutného vychladnutí materiálu mezi jednotlivými operacemi.

Mezioperační dopravníky jsou vytvořeny z oceli a na místech styku s materiálem je povrch dopravníku vyhlazen tak, aby materiál jakkoli nepoškodil. Celkově bylo na lince potřeba zkonstruovat 12 mezioperačních dopravníků. Konstrukce mezioperačních dopravníků je přivrtána na šasi svařovacího robota.

Dopravníky fungují většinou na gravitačním principu, kde se díly smýkají po definované ploše. Při smýkání je potřeba také síly operátora. Bohužel z hlediska křehkosti DPF filtru v přední části výfuku není možné, aby při manipulaci došlo k rázům, jelikož by se mohl křehký DPF filtr zničit. Mezioperační opravníky také ukazují operátorovi pomocí vizualizace, kolik dílů ještě musí operátor svařit, aby nezastavil operátora na další stanici.

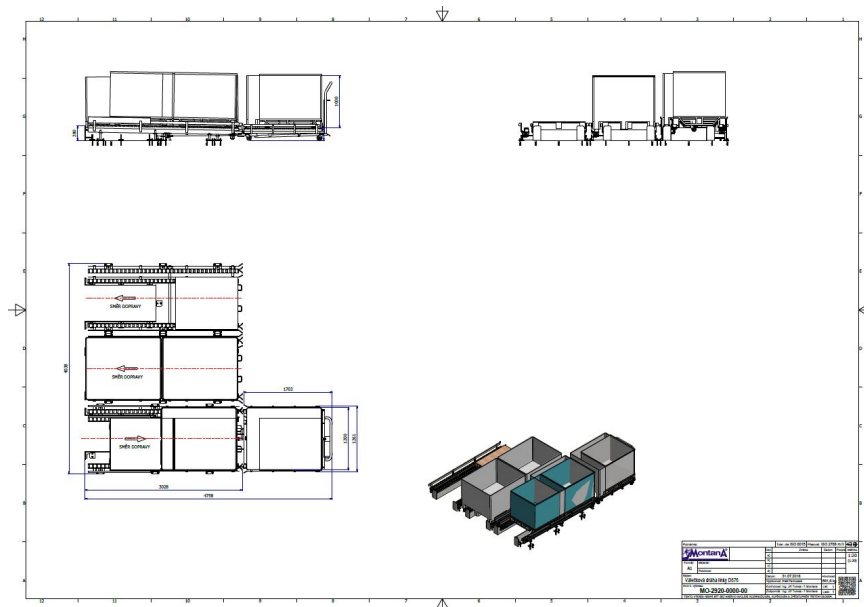
Mezioperačními dopravníky byl přesně předdefinován materiálový tok. Operátor nemá jinou možnost, kam odložit materiál. Dopravníky jsou umístěny co nejbližší svařovacím buňkám tak, aby bylo odstraněno v co největší míře plýtvání z důvodu nadbytečné manipulace. Na obr. 5.3 si můžete prohlédnout některé z konstruovaných mezioperačních dopravníků.



Obrázek 5.3: Ukázka mezioperačních zásobníků.

#### 5.1.4 Vytvoření spádových dopravníků pro finální balení

Bylo také nutné vyřešit materiální tok finálních dílů. Finální díly jsou expedovány ve dvou balení. Balení je buďto vratné (plastové) nebo nevratné (papírové). Vratné balení má rozměr 1000x1200x1000 [mm] a nevratné má rozměr totožný v půdorysu s europaletou, tudíž 1200x800x1000 [mm]. Z tohoto důvodu bylo nutné vymyslet, jakým způsobem bude vyroben válečkový spádový dopravník na finální díly. Tento problém byl řešen společně s firmou Montana s.r.o. Mladá Boleslav. Bylo nutné aby po válečkovém dopravníku mohlo jezdit oboje balení, při čemž do každého z balení operátor může dávat díly z jiné strany. S pomocí firmy Montana byl vymyšlen velmi důmyslný válečkový dopravník. Válečkový dopravník je velmi jednoduchý a pomocí manipulačního vozíku tak má tak operátor možnost jednoduché manipulace s finálním balením. Na obrázku 5.4 je výkres válečkového dopravníku.



Obrázek 5.4: Výkres válečkového dopravníku pro finální kusy.

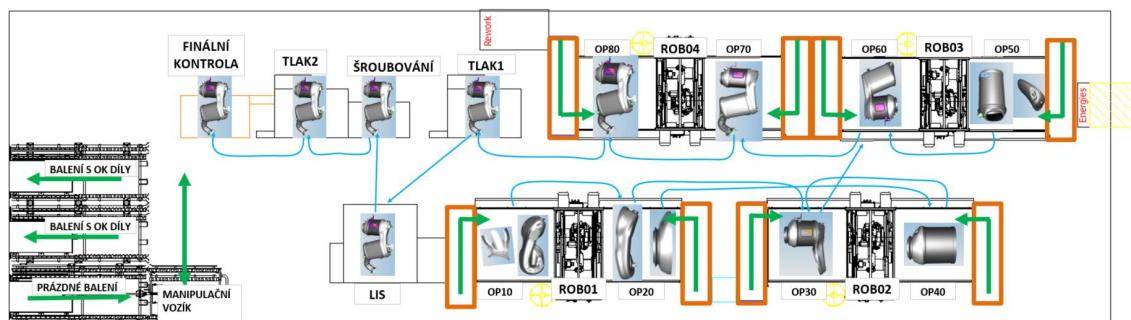
Válečkový dopravník na finální kusy ulehčil práci operátorovi finální kontroly. V minulosti musel operátor s krabicemi finální kontroly manipulovat pomocí ručního paletového vozíku. Před optimalizací nebyl přesně stanoven materiálový tok finálních dílů. Pomocí spádového dopravníku a jeho ručního vozíku je manipulace přesně definována.

### 5.1.5 Změna layoutu výrobního procesu

Z důvodu optimalizace byla nutná také změna layoutu výrobního procesu. Změna byla nutná z důvodu špatného rozmístění finálních periferií jako jsou tlakové zkoušky, šroubovací stanice a lis. Před optimalizací si můžete všimnout, že layout finálních periferií na konci linky není správně vytvořen. Finální periferie jsou dle layoutu rozmístěny lineárně. Toto lineární postavení strojů má za následek zbytečnou chůzi operátora. Operátor tak musí mezi poslední a první periferií svého cyklu překonat velkou vzdálenost. Tento fakt má za následek zbytečné plýtvání z hlediska chůze operátora.

Pro snížení plýtvání byl layout výrobního procesu změněn. Bohužel změna layoutu je poměrně nákladná, jelikož stroje nemohou být přemístěny a zapojeny údržbou závodu. Během stěhování je potřeba upravit i energie jednotlivých periferií. Z tohoto důvodu byla změna layoutu realizována externí firmou. Před změnou layoutu výrobního procesu požadovalo vedení společnosti znát zlepšení, které je popsáno v následujících kapitolách. Změna layoutu linky je vyobrazena na obr. 5.5. Během změny layoutu byla implementován spádový válečkový dopravník na finální kusy. Celý systém materiálového toku je vytvořen tak, aby odpovídal systémovému materiálovému toku FIFO.

Na obrázku 5.5 si můžete prohlédnout celou změnu materiálového toku po optimalizaci. Zelenou šipkou je značen materiální tok vstupního a výstupního materiálu, modrou šipkou je označen materiální tok podsestav a finálního dílu.



Obrázek 5.5: Změna layoutu.

## 6 Analýza pracnosti po optimalizaci

Po optimalizaci výrobního systému je potřeba provést analýzu pracnosti. V této kapitole bude popsána analýza pracnosti metodou MOST. Pomocí metody MOST zjistíme pracnost na jednotlivých pracovištích. Dle teoretického základu získaného z analýzy MOST vytvoříme nový pracovní standard, který následně ověříme za pomoci chronometrážní analýzy. V poslední části této kapitoli bude zhodnocen nově navržený standard a obě dvě použité metody analýzy pracnosti.


### 6.1 MOST analýza

Existuje velké množství analýz MOST (Mini MOST, Basic MOST, Maxi MOST, Admin MOST). V této části bude použita metoda Basic MOST. Basic MOST se zabývá přemísťováním objektů, což pro tento případ nese velký podíl v pracnosti na jednotlivých operacích. Přemísťování může být volným pohybem, řízeným pohybem (pohyb po dráze) a nebo za pomoci ručního jeřábu. Pracovník na každé operaci musí založit a vyložit materiál. Operátor při zakládání dílu do přípravku vytváří volný pohyb, následně díl ale upíná do přípravku, což je řízený pohyb. Při vykládání dílu z přípravku se jedná pouze o volný pohyb.

Analýza byla provedena na všech operacích kromě finální kontroly, kde čas kontroly je odlišný od každého kusu a nedá se přesně specifikovat normou.



Na obr 6.1 je vidět datakarta založení a vyložení OP40 na pracovišti svařovacího robota ROB02. Na datakartě je vidět časová náročnost TMU pro každou dílčí část. V tomto případě je časová náročnost založení a vyložení operace 900 TMU, což je 32,37 sekund. V datakartě je velmi důkladně rozepsána každá část pracovní náplně operátora.

BasicMost		Počet listů: 1								
Výpočet času manuální práce		List č.: 1								
Výrobek	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: OP40 Č. operace: OP40 Počet kusů: Materiál:									
	Pracoviště: OP40 Typ stroje: Svařovací buňka									
Poznámky:										
P.č.	R	Popis	Se	Sekvence					Fr	TMU
1	O	Vyložení dílů	V	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	80
2	O	Odebrání mat ze slideru a založení do přípravku, mat z OP30	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	80
3	O	Upnutí příruby do přípravku	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 3 X 0 I 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	60
4	O	Odebrání mat z boxu, 2x boss, umístění do přípravku	V	A 1 B 0 G 3 2 1 2	A 1 B 0 P 3 2 2 2	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	160
5	L	Upnutí 2x boss do přípravku	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 3 X 0 I 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	60
6	P	Odebrání materiálu z klece, monolit a založení do přípravku	V	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	100
7	O	Upnutí celé sestavy 2x	R	A 1 B 0 G 1 2 1 2	M 3 X 0 I 1 2 1 2	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	120
8	O	Uchopení skeneru, umístění nad monolit	V	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	100
9	O	Skenování	R	A 0 B 0 G 0 1 1 1	M 1 X 0 I 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	40
10	O	Odložení skeneru	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	60
11	O	Stisk startovacího tlačítka	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 0 I 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 0 1 1 1 1	0 0 1 1	1	40
Celková spotřeba času:				0,54	32,37	0,00	0,00	900		
				minut	sekund	minut	sekund	TMU		

Obrázek 6.1: Basic Most datakarta, OP40.

Po vytvoření Basic MOST datakarty pro všechny operace byla přepočtem získána pracnost na jednom kusu bez finální kontroly. V tabulce 6.1 je vidět pracnost jednotlivých operací dle metodiky Basic MOST. V tuto chvíli bylo zjištěno, že největší pracnost má šroubovací stanice s TMU 1430 (51,44 sekundy) a operace s nejmejší pracností je kontrolním stanovišti tlakové zkoušky Tlak2.

Tabulka 6.1: Tabulka výsledků Basic MOST analýzy.

Operace	TMU	Čas [s]
OP10	980	35,25
OP20	1130	40,65
OP30	750	26,98
OP40	900	32,37
OP50	1200	43,17
OP60	720	25,9
OP70	1030	37,05
OP80	960	34,53
Tlak1	510	18,35
Lis	770	27,7
Šroubování	1430	51,44
Tlak2	380	13,67
<b>SUMA:</b>	<b>10760</b>	<b>387,05</b>

Datakarty MOST všech operací jsou uvedeny v příloze diplomové práce. V předchozí tabulce je vidět výsledná pracnost jednoho dílu, která by měla dosahovat dle analýzy Basic MOST 387,05 sekund bez finální kontroly. Pracnost finální kontroly trvá přibližně 130,1 sekundy (tento čas byl získán z předchozího cycle time diagramu, obr. 4.5). Dohromady celková pracnost činí 517,15 sekund. Pracnost bude rozložena mezi jednotlivé pracovníky rovnoměrně tak, aby došlo k rovnoměrnému vybalancování pracnosti mezi jednotlivé operátory.

## 6.2 Změna standardu výroby (model 5+1)

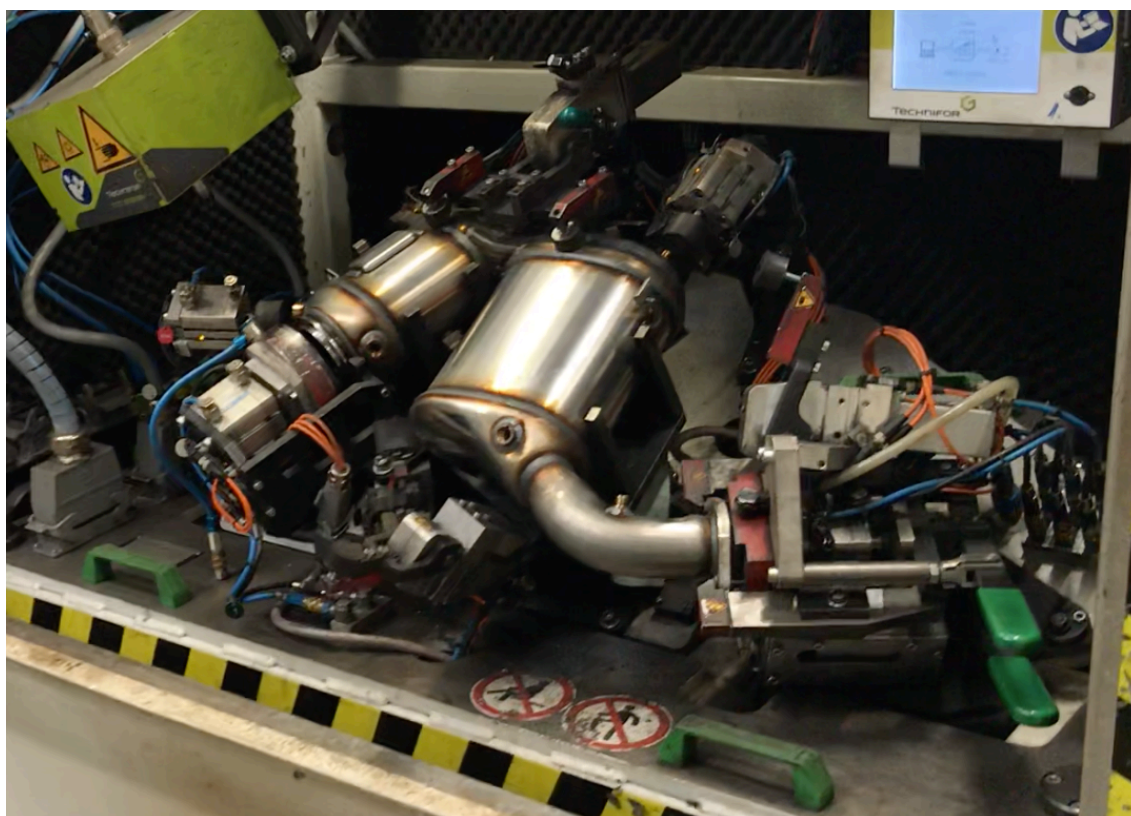
Aby mohla být provedena chronometráž, je nutné nejprve stanovit nový pracovní standard. Pracnost na finálním dílu je potřeba rozložit mezi operátory tak, aby žádný z operátorů neměl pracnost vyšší, než je takt time.

Dle analýzy Basic MOST byla práce mezi operátory rozdělena takto:

Operátor	Operace
OP1	OP40, OP50, OP60
OP2	OP20, OP30, OP70
OP3	OP10, OP80, Tlak1
OP4	Lis, Tlak2, Šroubovačka
OP5	Finální kontrola

Do vytvoření nového pracovního standardu vstupují další faktory. Operátoři, kteří pracují na svařovacích robotech používají jiné OOPP (osobní ochranné pracovní pomůcky), než-li operátoři na finální perifériích. Aby nedošlo k popálení pracovníka, musí operátoři pracující na svařovacích operacích používat jiné OOPP než-li operátoři na finálních perifériích.

Před zavedením nového standardu bylo nutné ověřit zda-li OP3 dokáže v silnějších rukavicích založit tlakovou zkoušku Tlak 1. Při pohledu do datakarty MOST analýzy tlakové zkoušky (Tlak1) bylo zjištěno, že práce na pracovišti tlakové zkoušky se skládá z operací vyložení dílu, založení dílu, upnutí dvou upínek a zmáčknutí start tlačítka. Při testování dílu na tlakové zkoušce není potřeba drobnější manipulace s díly. Operátor zvládne tak operaci provést i s tlustými rukavicemi zabraňující drobné manuální práci. Upínací mechanismus tlakové zkoušky Tlak1 je vidět na obr. 6.2. Můžeme si všimnout, že díl je opravdu veliký a upínky (zeleně označené páky) jsou též velkých rozměrů.



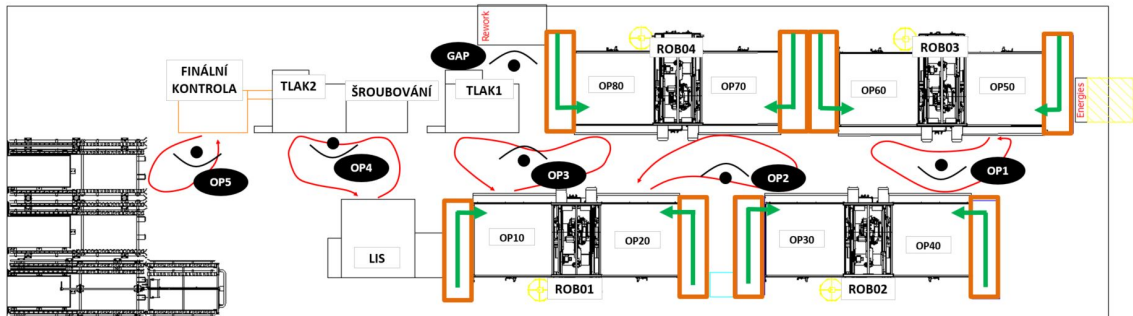
Obrázek 6.2: Upínací přípravek tlakové zkoušky.

Dle předpokladu získaných z metodiky MOST byl vytvořen nový pracovní standard (obr. 6.3). Součtem pracností jednotlivých operací byl získán teoretický odhad pracnosti jednotlivých operátorů. Při pohledu na výsledky je zřejmé, že nejpomalejším členem po optimalizaci je OP5, jehož pracnost dosahuje hodnoty 130,1 sekund, zatím co nejnižší pracností disponuje OP3, který obsluhuje OP10, OP80 a tlakovou zkoušku Tlak1.

Tabulka 6.2: Součet pracnosti operátorů dle analýzy MOST.

Operátor	WC
OP1	101,44
OP2	104,68
OP3	88,13
OP4	92,81
OP5	130,1
<b>SUMA:</b>	<b>506,67</b>

Podíváme-li se na rozložení operátorů zjistíme, že každý operátor, až na operátora pracující na finální kontrole, pracuje na třech operacích. Na svařovacích operacích pracují tři operátoři, OP4 pracuje na finálních periferiích a OP5 pracuje na finální kontrole.



Obrázek 6.3: Finální pracovní standard.

### 6.3 Chronometráž

Po vytvoření nového standardu je možné provést chronometráž. Chronometráž byla provedena pomocí stopek, kdy byli změřeni všichni operátoři včetně operátora finální kontroly. Operátorům byl měřen celý výrobní cyklus včetně čekání. Pomocí chronometráže byly přesně stanoveny měřící body a každému operátorovi bylo naměřeno kontinuálně deset pracovních cyklů.

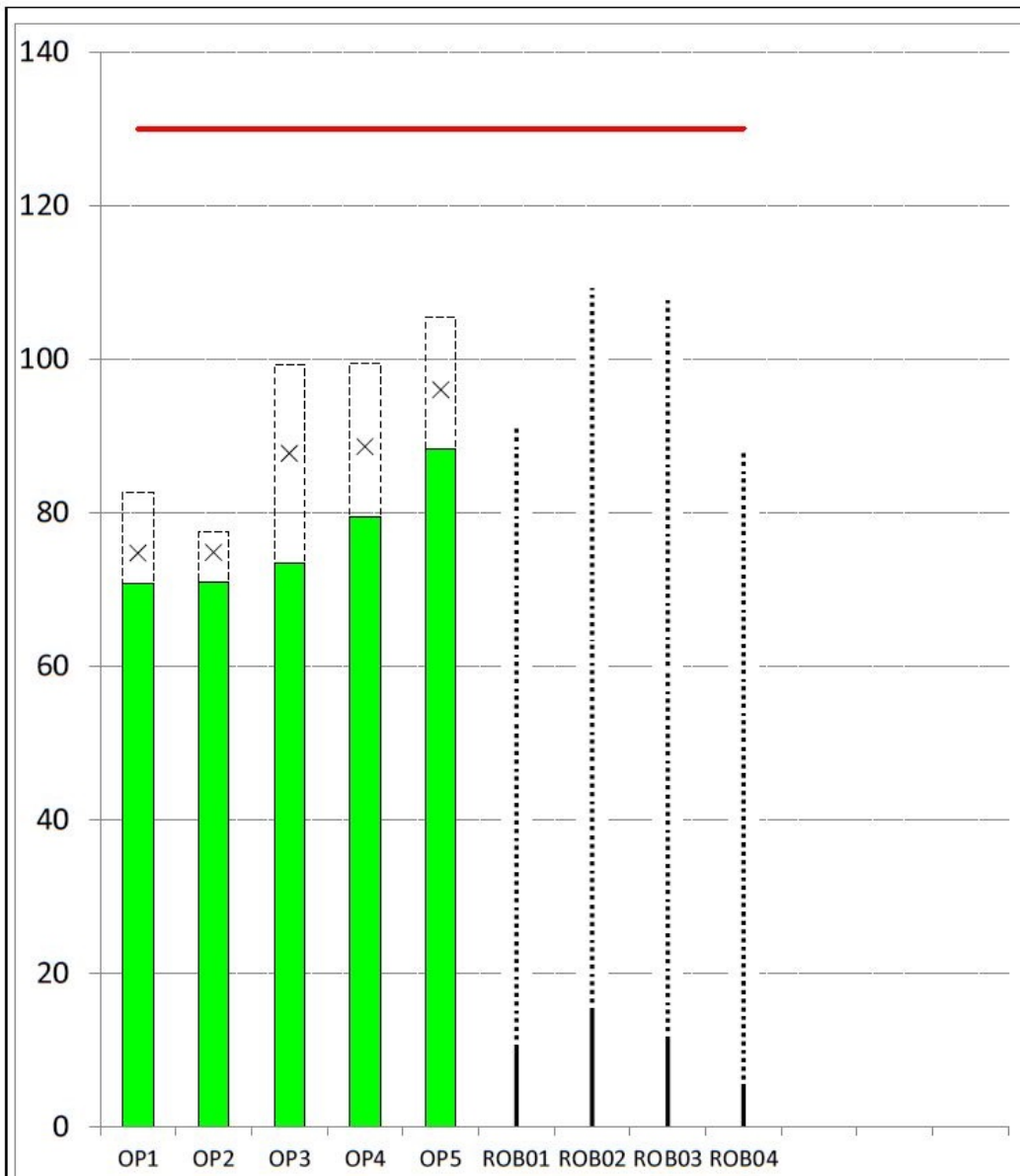
Na obr. 6.4 si můžete prohlédnout chronometráž OP3. Touto metodou jsme dostali maximální, průměrnou a minimální pracnost. Podle parametrů bylo spočítána variabilita jednotlivých operací a variabilita celkové pracnosti operátora. Operátorem byla práce prováděna velmi dobře, jelikož výsledná variabilita celého procesu je 35 %. Největším problémem bylo založení tlakové zkoušky Tlak1 kde variabilita dosáhla 72 %, zatím co variabilita na operaci OP10 byla jen 27 % a na OP80 45 %. Zeleně je označen sloupeček druhého opakovaného nejlepšího času operátora.

Touto přímou metodou byla získána reálná pracnost na všech pracovištích. Pracnost jednotlivých operátorů byla následně zakreslena z důvodu přehlednosti

faurecia		MĚŘENÍ ČASU CYKLU													
PRODUKT: Výfuk						NÁZEV PRACOVIŠTĚ:									
PROCES: sváření						MĚŘENÍ PROVEDL:									
DATUM: 4.2.2019						ČAS: 11:00			JMÉNO OPERÁTORA: OP3						
Č.	Měřená operace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Střed	Min	Max	V %
1	MB: start OP80														
	Založení/vyložení Tlak1	17,4	10,6	13,8	12,7	13,0	13,4	13,0	13,6	10,1	13,1	13,1	10,1	17,4	72%
2	MB: start Tlak1														
	Založení/vyložení OP10	38,8	35,2	34,4	31,3	33,2	39,8	33,9	31,6	31,3	34,4	34,4	31,3	39,8	27%
3	MB: start OP10														
	Založení/vyložení OP80	43,1	38,4	45,5	46,3	41,1	37,2	32,8	37,6	32,0	43,1	39,7	32,0	46,3	45%
ČAS CYKLU (CT)		99,3	84,2	93,7	90,3	87,3	90,4	79,7	82,8	73,4	90,6	87,7	99,3		
ČAS CYKLU BEZ ČEKÁNÍ		99,3	84,2	93,7	90,3	87,3	90,4	79,7	82,8	73,4	90,6	87,7	73,4		35%

Obrázek 6.4: Chronometráž OP 3, OP10, OP80 a Tlak1.

do sloupcového grafu, tzv. cycle time diagramu. Na obr. 6.5 jsou vyobrazeny výsledky chronometráže. Na tomto obrázku je vidět maximální pracnost, která je 464,4 sekundy. Z diagramu můžeme vyčíst, že nejvíce vytížený operátor je OP5, který pracuje dle rozložení pracovníků na finální kontrole. Druhý nejvíce vytížený operátor je OP4, jehož průměrný tak time je 88,60 sekundy. Bylo zjištěno, že první pracovník má menší pracnost než poslední pracovník. Díky takovému rozložení pracovníku ve výrobním systému lze očekávat hromadění materiálu uvnitř výrobní linky. Při detailním pohledu na nejpomalejšího člena výrobního procesu zjišťujeme, že nejpomalejší členem je ROB02, se sumou strojního času 109,1 sekundy. Stroj provádí automatické svařování (47,9 a 45,7 sekundy), ale bohužel je v jednom z případů založení operátorem pomalejší než svařování na druhé straně, proto je nutné k času robota přičíst rozdíl mezi manuálním časem operátora a automatickým časem stroje, který je 15,50 sekundy.



Date: Takt Time: 130,0 sec

OP / Mach.		OP	OP	OP	OP	OP	Mach.	Mach.	Mach.	Mach.	Total
Name		OP1	OP2	OP3	OP4	OP5	ROB01	ROB02	ROB03	ROB04	
Operator	Mini w/o waiting	70,80	71,00	73,40	79,40	88,30	X	X	X	X	382,9
	Mean	74,70	74,80	87,70	88,60	96,00	X	X	X	X	421,8
	Max	82,70	77,50	99,30	99,50	105,40	X	X	X	X	464,4
Machine	Side1	Manual	X	X	X	X	10,70	15,50	11,80	5,50	X
		Auto	X	X	X	X	42,00	47,90	47,60	44,00	X
	Side2	Manual	X	X	X	X	X	X	X	X	X
		Auto	X	X	X	X	X	38,50	45,70	48,10	38,60
	Sum		X	X	X	X	X	91,2	109,1	107,5	88,1

Obrázek 6.5: Diagram pracovních operátorů po optimalizaci.

## 6.4 Zhodnocení analýzy pracnosti

Je známá reálná pracnost operátorů pro vyrobení jednoho kusu, která svým maximem dle hodnot získané z chronometráže odpovídá 464,4 sekundy. Operátoři při tomto výrobním modelu vyrobí 195 kusů za směnu. Výsledné DLE výrobního procesu činní:

$$DLE = \frac{195 * 464,4}{6 * 7,5 * 60 * 60} = 55,9 \% \quad (6.1)$$

Pokud budeme počítat hodnotící kritérium TRS, zjistíme že procentuální využití strojů je:

$$TRS = \frac{195 * 491,65}{7 * 8 * 60 * 60} = 55,9 \% \quad (6.2)$$

Při porovnání analýzy MOST a chronometráže zjišťujeme, že výsledky pracností z chronometráže jsou nižší než výsledky analýzy MOST. V mnohých případech je rozdíl velmi velký. Reálně operátor pracuje na každém z pracovišť kratší čas než udává analýza MOST. Tento rozdíl je nejspíše zapříčiněn zručností operátorů. Rozdíl těchto dvou analýz si můžete prohlédnout v tabulce 6.3. Tabulka porovnává výsledky metody MOST s maximem získaným z chronometrážního měření.

Tabulka 6.3: Porovnání pracností dle metody MOST a chronometráže.

Operátor	MOST	Chronometráž (MAX)
OP1	101,44	82,70
OP2	104,68	77,50
OP3	88,13	99,30
OP4	92,81	99,50

Porovnáním těchto dvou metod bylo zjištěno, že metodu MOST je potřeba následně ověřit pomocí chronometráže. Časový odhad metody MOST je někdy větší a také někdy menší. Verifikace dat je proto vždy velmi důležitá.

Metoda MOST by mohla firma Faurecia používat jako teoretický odhad pracnosti při nástupu nových projektů. Podle předem stanovené pracnosti se může odhadovat cena produktu a celkově tato studie zjednoduší výrobní plánování ve všech odvětví závodu.

## 7 Simulace

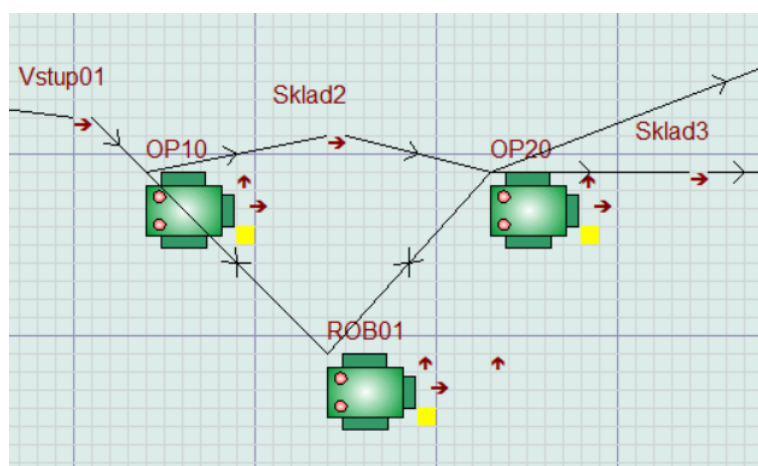
V softwaru Witness byl vytvořen daný výrobní systém. Simulační model byl vytvořen podle reálného systému a bude použit pro uskutečnění simulačních experimentů k ověření propustnosti systému.

### 7.1 Popis simulačního modelu

Simulační model byl vytvořen přesně podle reálného systému. Všechny výrobní periferie byly vytvořeny tak, aby byla zajištěna funkčnost stejná, jako v realitě. Výrobní proces je specifický svými svařovacími roboty. Ostatní periferie, jako jsou tlakové zkoušky, lis nebo šroubovací stanice, jsou standardní funkčnosti.

#### Svařovací robot

Svařovací robot, vyobrazen na obr. 7.1 byl z důvodu přehlednosti statistických výsledků rozdělen na tři stroje. Jeden stroj replikuje samostatný svařovací robot (na obrázku ROB01), ostatní dva stroje (na obrázku označeny OP10 a OP20) replikují svařovací okna. Svařovací okna simulují úpinací přípravky. Do těchto přípravků operátor zakládá/vykládá materiál určený ke svařování. Robot nacházející se uprostřed svařuje postupně operátorem založená svařovací okna. Ve chvíli, kdy robot svařuje na jedné straně, operátor může zakládat na straně druhé a opačně.



Obrázek 7.1: Simulace svařovací robot, V-cell.



Rozdělení svařovacího robota na tři samostatné stroje také řeší, aby svařovací robot nemohl pracovat na dvou svařovacích přípravcích najednou, jelikož je blokován materiálem z jiné operace.

### **Lis, tlaková zkouška**

Lis a tlaková zkouška jsou stroje zcela odlišné od svařovacího robota. Stroje mají přesně specifikovaný svůj strojní čas. Po ukončení práce vykonávané strojem přichází operátor, aby vyložil/založil díl a následně se výrobní cyklus opakuje. Tyto stroje byly v simulačním programu vytvořeny bez jakýchkoli rozdílů vůči realitě.

### **Šroubovací stanice**

Tento stroj je poloautomatický, jeho funkčnost je podmíněna přítomností operátora. Podle tohoto aspektu byl stroj vymodelován i v simulačním modelu.

### **Řídící algoritmy simulace**

Operátor vykonává práci podle pracovního standardu. Práce v pracovním standardu znamená, že operátor nesmí v žádném případě přeskočit žádný z kroků výrobního standardu. To znamená, že operátor při vyložení materiálu ze svařovací buňky musí dle standardu práce svařovací buňku založit a až potom může přejít na další operaci. Díky této skutečnosti byl vytvořen řídicí algoritmus, kterým je řízen operátor tak, aby pracoval dle pracovního standardu.

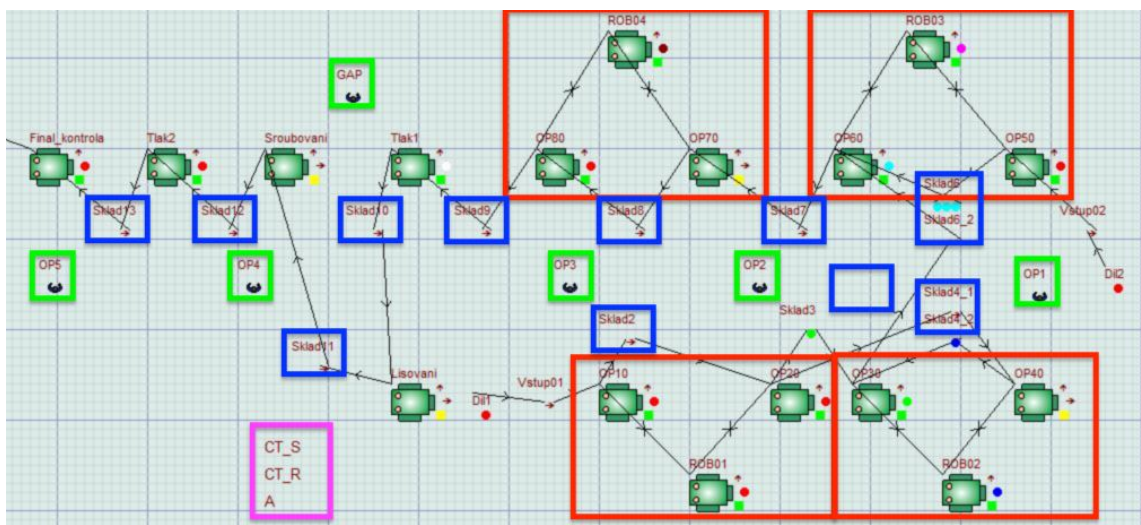
Svařovací časy jsou na každé operaci jiné. Časovou náročnost svařování nese samotný díl jako svůj atribut. Robot je podle řídicí proměnné naprogramován tak, aby svařoval dané svařovací okno tak dlouho, jak stanovuje atribut dílu pro příslušnou operaci.

## Simulační model

Na obr. 7.2 je vyobrazen celý simulační model. Materiálový tok simulačního modelu je zcela shodný s reálným modelem. Pojmenování strojů je shodné s layoutem. Pro lepší orientaci v obrázku jsou červeným rámečkem označeni svařovací roboti včetně svařovacích oken, modrým rámečkem jsou vyznačeny mezioperační sklady, zeleným rámečkem operátoři. Řídící atributy jsou označeny růžově.

Zásobníky mají kapacitu maximálně pěti kusů, tudíž shodnou s reálným systémem. V simulačním modelu je šest operátorů, z nichž jeden je GAP leader. Pracovní standard je vytvořen podle pracovního standardu z kapacitního propočtu (6.3).

Pro lepší orientaci v simulaci měnil díl v průběhu simulačního modelu svou barvu, což velmi pomohlo v orientaci při sestavování simulačního modelu. Chůze operátorů v simulačním modelu má nulovou časovou náročnost.



Obrázek 7.2: Simulační model v softwaru Witness.

## 7.2 Verifikace simulačního modelu

Je potřeba ověřit funkčnost vytvořeného simulačního modelu. Správnost funkčnosti simulačního modelu byla ověřena vůči kapacitnímu propočtu. Dle nejpomalejšího členu kapacitního propočtu, jejímž je ROB02, můžeme určit takt time linky. Při pohledu na obr. 6.5 je možný takt time výrobního procesu 109,1 sekund. Výrobní proces by dle kapacitního propočtu měl být schopen vyrobit 233 kusů za směnu.

Pro verifikace simulačního modelu bylo potřeba ověřit tento takt time v simulačním experimentu. Experiment byl zjednodušen ve stejné míře jako kapacitní propočet. V kapacitním propočtu jsme nepočítali s ovlivněním výrobního času mezi jednotlivými operátory. Simulační model byl proto zjednodušen tak, že pracnost při zakládání a vykládání na jednotlivých pracovištích byla prováděna bez operátorů. Tuto pracnost prováděl samostatný stroj. Nedošlo tak ke změně časové náročnosti

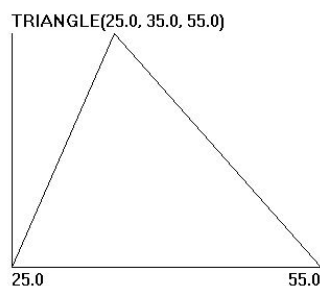
založení/vyložení dílu. Tímto zjednodušením nedocházelo k čekáním na operátora přesně, jak je počítáno v kapacitním propočtu.

Simulační experiment probíhal 850 minut, z čehož byl 425 minut WarmUp time. Během tohoto experimentu bylo vyrobeno 233 kusů. Výsledek výstupu simulace je shodný s kapacitním propočtem.

Tímto experimentem jsme provedli verifikaci funkčnosti simulačního modelu. Experimentem byla ověřena správná funkčnost simulačního modelu, tudíž můžeme simulační model použít v následujících experimentech.

### 7.3 Simulační model 6OP (model 5+1)

V tomto simulačním experimentu dochází k ovlivňování pracností operátorů při zakládání/vykládání na jednotlivé operace. Celý simulační model byl vytvořen na základě získané chronometráže. Pomocí chronometráže byla zjištěna maximální, minimální a průměrná pracnost při jednom cyklu operátora. Tato data byla následně replikována v simulačním modelu. Simulační model dokáže odsimulovat i tyto nahodilé situace. Zakládání a vykládání operátorů není reálně vždy stejné. Tato skutečnost byla napodobena trojúhelníkovým rozdělením. Trojúhelníkové rozdělení simuluje lépe reálný systém. Operátor provádí opakované operace s jinou časovou náročností. Časová náročnost se liší v důsledku rozdílné rychlosti uchopení dílu z regálu na vstupní materiál, správným založením předmětů do svařovacího přípravku, nebo se skenováním DMC kódů zajišťující polyvalenci výroby. Tyto všechny situace dávají do systému určitou nejistotu a i tato nejistota je odsimulována v simulačním modelu. Všechna pracnost operátorů v simulačním modelu má trojúhelníkové rozdělení. Toto rozdělení je definováno minimem, průměrnou hodnotou a maximem. Průměrná hodnota má nejvyšší váhu výskytu, zatímco minimum a maximum nejnižší. Pro lepší představu je trojúhelníkové rozdělení zobrazeno obr. 7.3.



Obrázek 7.3: Trojúhelníkové rozdělení, založení a vyložení operátora.

Jediná neměnná časová složka systému je výrobní čas automatických strojních zařízení. Jedná se o svařovací roboty, lis a tlakové zkoušky. Tyto stroje provádí operace vždy stejně dlouho bez ohledu na okolní prostředí a podmínky. Strojní časy jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Cílem těchto experimentů bylo získat procentuální využití jednotlivých strojů a jednotlivých operátorů. Pomocí experimentů bylo zjištěno, který ze strojů je

systemem nejvíce vytížen a který naopak nejméně. Tato fakta byla zjištěna také u operátorů. Před získáním statistik je nutné simulační model uvést do pohybu. Simulační experimenty probíhaly vždy 1700 minut, z čehož 425 minut byl WarmUP.

### 7.3.1 Simulace bez periodických operací

Během tohoto simulačního experimentu probíhalo zakládání/vykládání do strojů pomocí operátorů. Cílem tohoto experimentu bylo zjistit, jak moc se operátoři během simulace ovlivňují a jak velký dopad má toto ovlivnění na výstupy výrobního systému. Operátoři pracují přesně podle definovaného standardu. Tento simulační experiment uvažuje všechny vyrobené díly za kvalitativně správné díly bez jakýchkoli abnormalit. Simulační experiment neuvažuje abnormality z hlediska strojů a teoreticky se uvažuje, že výrobní proces je bezchybný.

Simulačním experimentem bylo zjištěno, která operace a který z operátorů je nejvíce vytížen. Výsledky simulačního experimentu jsou vidět v následující tabulkách 7.1 a 7.2.

Tabulka 7.1: Využití strojů v simulaci 6OP (model 5+1), bez periodických operací.

Name	% Idle	% Busy	% Blocked	% Cycle Wait Labor
Final_kontrola	19,84	80,16	0	0
ROB03	20,04	79,96	0	0
ROB02	20,35	79,65	0	0
ROB04	26,85	73,15	0	0
ROB01	30,18	69,82	0	0
OP10	30,5	67,49	0	2
OP50	31,36	67,44	0	1,2
Tlak1	19,05	64,82	0	16,13
OP30	3,58	61,45	19,16	15,8
OP70	36,4	58,61	0	4,99
OP60	5,74	57,59	9,19	27,48
OP40	35,1	56,46	2,61	5,83
Lisovani	44,23	52,09	0	3,68
Tlak2	33,97	50,77	0	15,26
OP20	45,28	50,35	0	4,36
OP80	56,12	43,38	0	0,49
Sroubovani	66,26	33,74	0	0

Z tabulky 7.1 je vidět, které strojní zařízení je nejvíce vytíženo. Nejvíce vytížený je stroj ROB03. Tento robot je vytížen z celkového času 425 minut 79,96 %. Nejméně vytížený stroj je tlaková zkouška Tlak2, vytíženost tohoto stroje je 50,77 %. Nejvíce vytíženou operací je finální kontrola, nejméně vytíženou operací je šroubovací stanice.

Statistika také ukazuje, jak která operace čekala na vyložení/založení operátorem. V tomto experimentu nejvíce čekala na operátora OP60. Statistika také ukazuje, která operace byla nejvíce blokována. Blokaci můžeme sledovat jen na operacích, kde probíhá svařovací proces. K blokacím pravděpodobně docházelo z důvodu svařování robota na druhé straně svařovacího okna. Největší blokaci můžeme pozorovat na operaci OP30.

Z tabulky 7.2 je vidět, který z operátorů byl během experimentu nejvíce vytížen. Hodnoty tabulky jsou srovnány podle největšího vytížení. Nejvíce vytížen byl OP5 se svými 80,16 % využití během experimentu. Nejméně využitým pracovníkem je OP3 s využitím 55,15 %.

Tabulka 7.2: Simulace 6OP, bez periodických operací, využití operátorů.

Name	% Busy	% Idle
OP5	80,16	19,84
OP4	74,40	25,60
OP1	63,95	36,05
OP2	62,02	37,98
OP3	55,15	44,85

### Zhodnocení výsledků simulačního experimentu

Během tohoto simulačního experimentu bylo vyrobeno 635 kusů, což je 211 dokončených kusů na jednu směnu. Pokud tyto hodnoty porovnáme s kapacitním výpočtem zjistíme, že propustnost systému se snížila z 233 kusů na 211 kusů. Snížení propustnosti je způsobeno blokací a čekáním na operátora na jednotlivých operacích. Těmito jevy je snížena propustnost systému o 9,44 % vůči kapacitnímu propočtu.

### 7.3.2 Hypotéza odchytky simulace od kapacitního propočtu

Předchozím experimentem bylo zjištěno, že výstup linky není zcela takový, jaký byl předpoklad kapacitního propočtu. Výrobní proces by měl být schopen dle kapacitního propočtu vyrobit více finálních kusů, jelikož by měla být propustnost systému řízena úzkým místem. V cycle time diagramu je vidět, že nejvíce vytížený je stroj ROB02. Takt time robota je 109,1 sekundy. Tímto by měl být výrobní proces schopen vyrobit každý kus za 109,1 sekundy. Dle předchozí simulace není propustnost systému tak vysoká.

Dle předpokladu je zřejmé, že dochází k ovlivňování práce mezi jednotlivými operátory právě na robotických svařovacích pracovištích. Jak již bylo popsáno v

předchozí kapitole, tak je práce jednotlivých operátorů mezi sebou ovlivňována právě z důvodu práce jednoho operátora na více robotických buňkách.

Výsledky kapacitního propočtu nelze zpřesnit, jelikož do výrobního systému vstupují faktory jako proměnná rychlost založení/vyložení operátora nebo případné možné ovlivnění práce mezi jednotlivými operátory pracující na jednom svařovacím robotu.

### 7.3.3 Simulace s periodickými operacemi

Simulační model umožňuje odsimulovat periodické operace vycházející z procesu svařování. Mezi periodické operace daného výrobního procesu patří výměna svařovacího průvzlaku a čištění svařovacího průvzlaku.

Tento simulační experiment zahrnuje všechny periodické operace operátorů a strojů. Ze strany operátorů se jedná o periodické operace, jako je výměna svařovacího průvzlaku na svařovacích robotech. Rychlost výměny svařovacího průvzlaku je závislá na manuální zručnosti operátora. Čas výměny špičky trvá 60-120 sekund. Tato skutečnost byla odsimulována v simulačním experimentu. Opět bylo použito trojúhelníkového rozdělení, kde minimem je 60 sekund, střední hodnota je 90 sekund a maximální hodnota 120 sekund. Největší pravděpodobnost má tedy průměrná hodnota se svými 90 sekundami. Výměna špičky je prováděna u každého svařovacího robotu s jinou periodicitou. V tabulce 4.1 jsou vidět časy, po jaké době je nutné vyměnit svařovací průvzlak.

Z hlediska periodických operací je nutné uvážit také periodické čištění svařovacího průvzlaku. Tato periodická operace je též závislá na časové náročnosti svařování svařovacího robota. Čištění svařovacího průvzlaku trvá 13,82 sekundy. Tuto operaci provádí svařovací robot bez nutné obsluhy operátora.

Z tabulky 7.3 zjistíme využitelnost operátorů výrobního systému. Nejvíce využitým operátorem je OP1 s využitelností 79,32 %, zatím co nejméně vytížený operátor je OP3 s 51,14 %. Pokud tyto výsledky porovnáme s předchozím experimentem zjistíme, že se změnilo pořadí využitelnosti operátorů. V předchozím experimentu byl nejvíce využit operátor OP5, v tomto experimentu byl nejvíce vytížen OP1. Tato změna je zapříčiněna právě periodickými operacemi.

Tabulka 7.3: Simulace s periodickými operacemi, využití operátorů.

Name	% Busy	% Idle
OP1	79,32	20,68
OP5	74,33	25,67
OP4	69,16	30,84
OP2	68,16	31,84
OP3	51,14	48,86

Jak je vidět v tabulce 7.4, do využití stroje se nepočítají periodické operace jako je výměna špičky a čištění špičky. Procentuální náročnost těchto operací můžeme vidět ve sloupci Setup. Nejvíce zatížený stroj na periodické operace je ROB03. ROB03 byl seřizován 20,89 % celkové výroby. Tato hodnota odpovídá 87,78 minut.

Tabulka 7.4: Simulace s periodickými operacemi, využití strojů.

Name	% Idle	% Busy	% Blocked	% Cycle Wait Labor	% Setup	% Setup Wait Labor
Final_kontrola	25,67	74,33	0	0	0	0
ROB02	8,9	74,21	0	0	15,38	1,52
ROB03	3,76	74,16	0	0	20,89	1,19
ROB04	20,44	68,06	0	0	11,16	0,34
ROB01	23,37	65,13	0	0	11,15	0,35
OP10	29,39	62,76	6,22	1,64	0	0
OP50	10,53	62,55	14,68	12,24	0	0
Tlak1	35,12	60,31	0	4,58	0	0
OP30	8,69	57,27	17,95	16,09	0	0
OP70	23,76	54,49	12,05	9,7	0	0
OP60	10,3	53,5	19,08	17,12	0	0
OP40	13,53	52,75	14,9	18,82	0	0
Lisovani	41,43	48,38	0	10,19	0	0
Tlak2	33,79	47,21	0	19	0	0
OP20	18,91	47,02	15,43	18,64	0	0
OP80	42,53	40,32	6,66	10,49	0	0
Sroubovani	68,61	31,39	0	0	0	0
Hotove_kusy	100	0	0	0	0	0
Opravy	100	0	0	0	0	0

V tabulce 7.4 zjistíme, že některé operace byly blokovány. Nejvíce blokována operace byla OP60 se svými 19,08 %. Operace mohla být blokována buď plným mezioperačním zásobníkem nebo robotem, který ve stejnou chvíli svařoval na opačném svařovacím okně. Pro zjištění důvodu blokace je nutné podívat se na statistiku mezioperačních skladů. Statistika mezioperačních skladů je uvedena v tabulce 7.5. Operace mohla být blokována mezioperačním skladem Sklad7. Velikost mezioperačních zásobníků v simulačním modelu je stanovena na maximální hodnotu pěti kusů. V mezioperačním skladu Sklad7, který se nachází po OP60 byly v celém čase experimentu maximálně 2 kusy. Operace OP60 nemohla být zablokována mezioperačním zásobníkem. Na operaci je potřeba založit díly z mezioperačního zásobníku Sklad6, Sklad6\_2. Při simulačním experimentu určitě někdy došlo k vyhladovění těchto dvou mezioperačních zásobníků a tím také mohlo dojít k blokaci OP60. S největší pravděpodobností také docházelo k blokaci díky rozdílu svařovacích časů. K blokaci také mohlo dojít z důvodu nejčastějšího cyklu výměny špičky a čištění špičky. Těmito skutečnostmi je OP60 blokována ze všech operací nejvíce.

Dle statistik výsledků tabulky 7.5 bylo zjištěno, že je možné tyto zásobníky zmenšit dle maximálního počtu dílů za celou dobu experimentu. Tímto zabráníme operátorům k hromadění dílů mezi jednotlivými operacemi a snížíme tak rozpracovanost výroby. Následně také můžeme zjistit jaký průměrný čas strávil díl v mezioperačním zásobníku. Průměrným časem stráveným v mezioperačním zásobníku zjistíme, kde se nejvíce během experimentu hromadí díly. Největší průměrný čas strávený v mezioperačním zásobníku našeho experimentu měl sklad Sklad6\_2, Sklad3 a Sklad6. V těchto třech mezioperačních zásobnících se nejvíce hromadil materiál.

Dle těchto statistik můžeme zcela jednoduše definovat úzké místo celého výrobního procesu. Z předpokladu kapacitního propočtu bylo definováno úzkým místem robotem ROB02, tomuto jevu nenastalo v simulačním experimentu. K tomuto simulačním experimentu bylo definováno úzké místo robotem ROB03, respektive

Tabulka 7.5: Mezioperační sklady experimentu.

Name	Now In	Max	Min	Avg Size	Avg Time	Min Time	Max Time
Sklad6_2	5	5	0	3,03	6,49	0,86	13,96
Sklad4_2	1	3	0	0,8	1,73	0	7,16
Sklad9	0	1	0	0,02	0,05	0	0,84
Sklad2	0	3	0	0,33	0,7	0	5,08
Sklad10	0	1	0	0,02	0,03	0	0,95
Sklad3	3	3	0	2,66	5,69	1,81	10,44
Sklad4_1	1	2	0	0,7	1,51	0	6,91
Sklad11	0	1	0	0	0	0	0
Sklad12	0	1	0	0,09	0,2	0	0,71
Sklad6	3	3	2	2,67	5,75	4,18	10,72
Sklad13	0	1	0	0,1	0,22	0	1,24
Sklad7	0	2	0	0,29	0,63	0	3,44
Sklad8	0	1	0	0,13	0,27	0	2,89
Sklad14	0	0	0	0	0	0	0

operací OP60. Ze statistik bylo zjištěno největší využití na robotu ROB03, dle podstaty úzkého místa by se před úzkým místem měl hromadit materiál. Při pohledu na mezioperační zásobníky před operací OP60 (Sklad6, Sklad6\_2) zjistíme, že mezioperační zásobníky dosáhly nejvyššího maxima a také největšího průměrného času materiálu stráveného v zásobníku. Při pohledu na volnost kapacity operace OP60 (% Idle) zjistíme, že tato operace má nejmenší potenciál na zvýšení kapacity. Tato operace byla ze všech operací po dobu experimentu nejvíce zaneprázdněna.

Dle těchto všech faktů je úzkým místem výrobního systému operace OP60. Všechny statistiky simulace k tomuto faktu nasvědčují. Pomocí této simulace a následných experimentu byl vyvrácen takt time linky vypočítaný kapacitním propočtem.

### Zhodnocení výsledků simulačního experimentu

Během výrobního experimentu bylo vyrobeno 591 finální kusů. Výroba jedné směny činí 197 kusů. Výrobní proces vyrobí každý kus za 129,44 sekundy. Tento výsledek je odlišný vůči kapacitnímu propočtu. Důvod je zřejmý už z předchozího experimentu. Tento simulační experiment byl navíc zatížen periodickými operacemi výměny svařovacího průvlaku a čištění svařovacího průvlaku.

Dle simulace tento výrobní model uspokojí odvolávky zákazníka. Z výsledků simulačního experimentu by při výrobě každá směna měla vyrobít o dva kusy více než jsou odvolávky zákazníka.



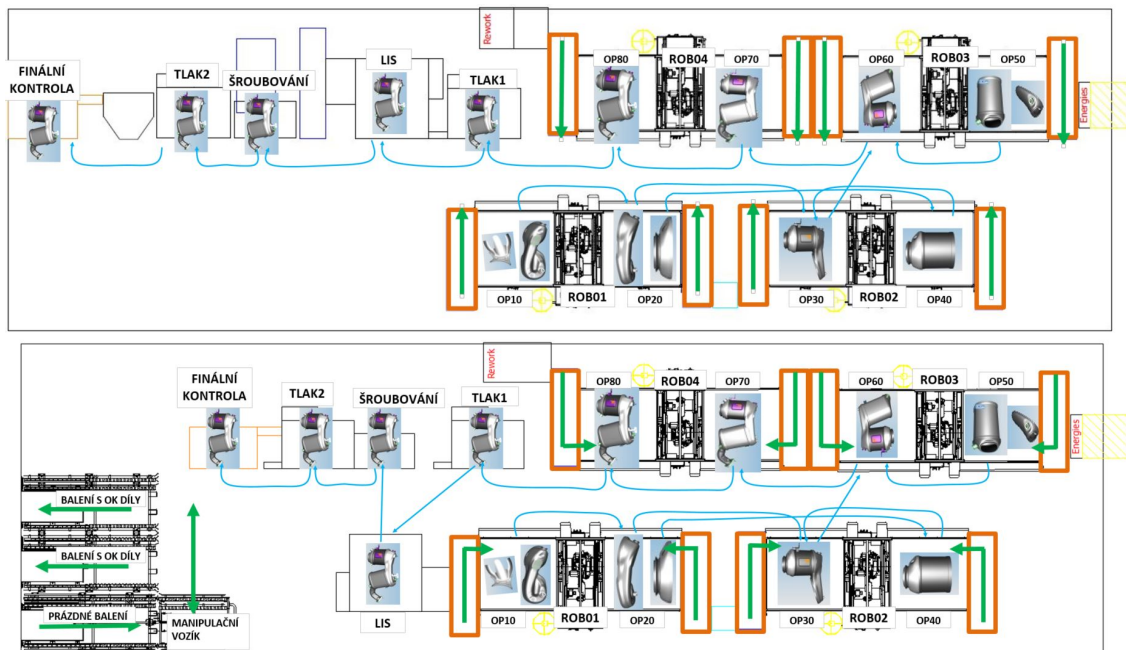
## 8 Výsledky optimalizace

Výrobní proces kompletace přední části výfukového systému pro konečného zákazníka je poměrně složitý proces. V tomto procesu je potřeba dbát na kvalitu všech částí výfuku. Výrobní proces bylo nutné v zájmu společnosti zestráhnout. Zprvu byl proces zatížen velkým počtem operátorů, kteří neměli přesně definovaný pracovní standard. Tento fakt měl za následek pomalou výrobu a informační šumy ve výrobním procesu. Optimalizace byla nutná i z hlediska hodnotících výrobních ukazatelů DLE a TRS. Režijní náklady na výrobu jednoho kusu byly vysoké, tudíž zisk společnosti nebyl tak vysoký jak se očekávalo. Velké finanční zatížení bylo způsobeno právě velkým množstvím operátorů ve výrobním procesu. Před optimalizací pracovalo na lince 8 operátorů včetně GAP leadera. Pracnost na výrobu jednoho kusu byla 763,1 sekund. Layout výroby nebyl dobře vyřešen, jelikož operátoři na finálních periferiích museli ujit velké množství kroků, aby provedli práci na další periferii. Z tohoto důvodu byl změněn layout celého výrobního procesu, aby se výrobní proces stal více kompaktní. Ušetřilo se tak zbytečného plýtvání z hlediska manipulace s finálním dílem. Stav před optimalizací a po optimalizaci je vidět na obr 8.1.

Materiální tok vstupního a výstupního materiálu byl změněn a označen tak, aby logistika vychystávala materiál vždy na stejné místo. Byly přestaveny regály na vstupní materiál. Po optimalizaci je vstupní materiál přístupný z okna svařovacího robota. Regály na vstupní materiál jsou nadimenzovány tak, aby v nich bylo dostatek materiálu pro hodinu produkce. Logistický vláček zaváží výrobní linku jednou za půl hodiny. V regálu je uskladněn materiál na jednu hodinu produkce, to pro případ, kdyby se stala abnormalita s logistickým vláčkem, aby nedošlo k zastavení výrobního procesu. Logistický vláček zaváží výrobní linku systémem Milk run.

Výrobní standard pro 5 operátorů byl zakreslen fyzicky do linky, aby operátoři věděli, jak se mají na lince pohybovat. Jejich pracovní trasa byla vyznačena zelenou páskou. Toto označení vede k zlepšení orientace pracovníků. Tato změna informuje střední a vyšší management o pracovním standardu. Na první pohled je vidět, jak má operátor pracovat a zdali dodržuje pracovní standard. Pokud operátor nebude dodržovat pracovní standard je jisté, že nebude dodržen takt time linky a může tak dojít k zastavení zákazníka. Tento mechanismus pomáhá k udržení pořádku na pracovišti a vede k případnému kázeňskému trestu při nedodržení standardu, který je na první pohled vidět i bez znalosti výrobního procesu.

Všechny tyto kroky vedly, ať už k vizuální, tak i k funkční optimalizaci výrobního procesu. Před optimalizací ve výrobním procesu pracovalo 8 operátorů, po optimalizaci na lince pracuje 6 operátorů. Díky optimalizaci došlo ke 25% snížení



Obrázek 8.1: Layout výrobního procesu před a po optimalizaci.

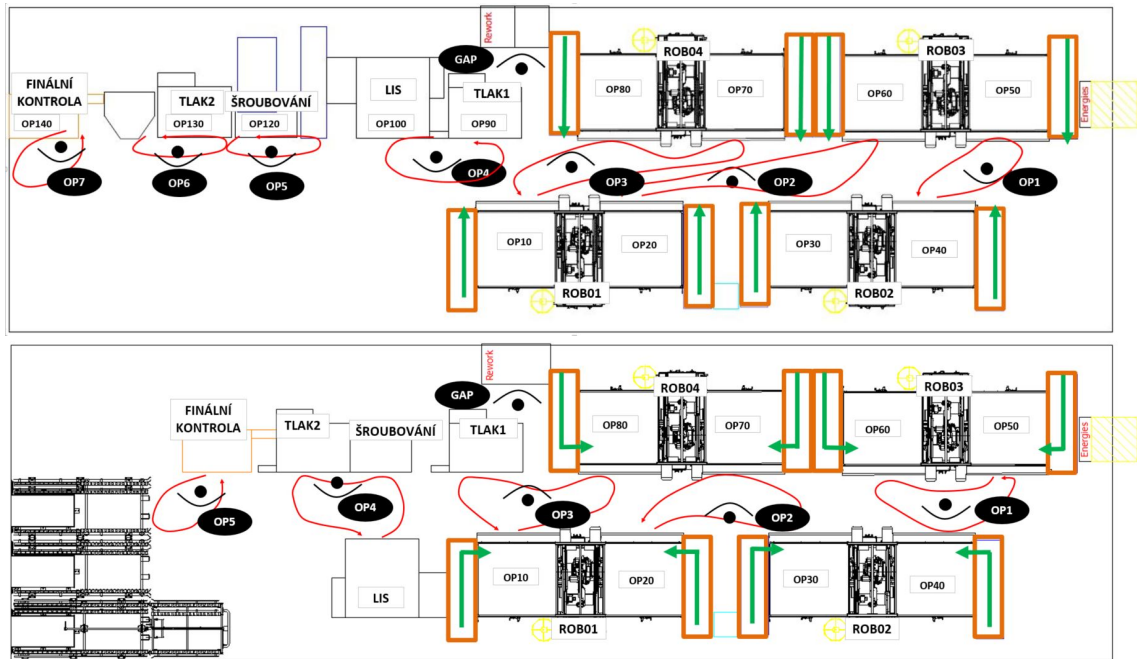
nákladů na operátorech. Před optimalizací byla pracnost na výrobu jednoho kusu 763,1 sekundy, po optimalizaci došlo k poklesu pracnosti na 464,4 sekundy. Došlo tak k 31,18% snížení pracnosti na výrobě jednoho kusu.

Při porovnání výsledků výrobního systému zjistíme, že v minulosti linka vyrobila za směnu 161 kusů, po optimalizaci se 6ti operátory byla prostupnost systému 195 kusů za směnu. Došlo tak k 17% nárůstu výroby. Při porovnání výrobní ukazatele DLE a TRS zjistíme, že DLE před optimalizací bylo 66,77 %, po optimalizaci je DLE 55,9 %. Tento výrobní ukazatel klesnul z důvodu snížení pracnosti pro výrobu jednoho kusu. Porovnáním TRS zjistíme, že před optimalizací bylo 46,09 % po optimalizaci došlo k nárůstu na 55,9 %.

Při porovnání výrobního standardu před optimalizací a po optimalizaci 8.2 zjistíme, že po optimalizaci má každý z operátorů, teda až na GAP leadera a pracovníka finální kontroly, k obsluze tři operace. V novém standardu nedochází k možnému křížení cest operátorů, jak tomu bylo ve standardu před optimalizací. Délku výrobního layoutu se povedlo zmenšit a mohlo tak dojít k implementaci válečkové dráhy pro finální kusy.

Při porovnávání diagramů pracnosti (obr. 8.3) zjistíme, že proces před optimalizací nebyl správně vybalancovaný. Je zde velký rozdíl mezi pracností jednotlivých operátorů. Pracnost OP2 a OP3 převyšuje takt time linky. Dle kapacitního propočtu nemůže takto vytvořená standardizovaná práce uspokojit odvolávky zákazníka. Diagram pracnosti operátorů po optimalizaci je lépe vybalancovaný, rozdíl mezi nejpomalejším operátorem a nejrychlejším (OP2 a OP5) není tak velký.

Finální standardizace práce byla ověřena reálně ve výrobním procesu. Všechny zjištěné aspekty byly ověřeny. Nejpomalejším strojem byl zjištěn ROB3 s operací



Obrázek 8.2: Pracovní standard před a po optimalizaci.

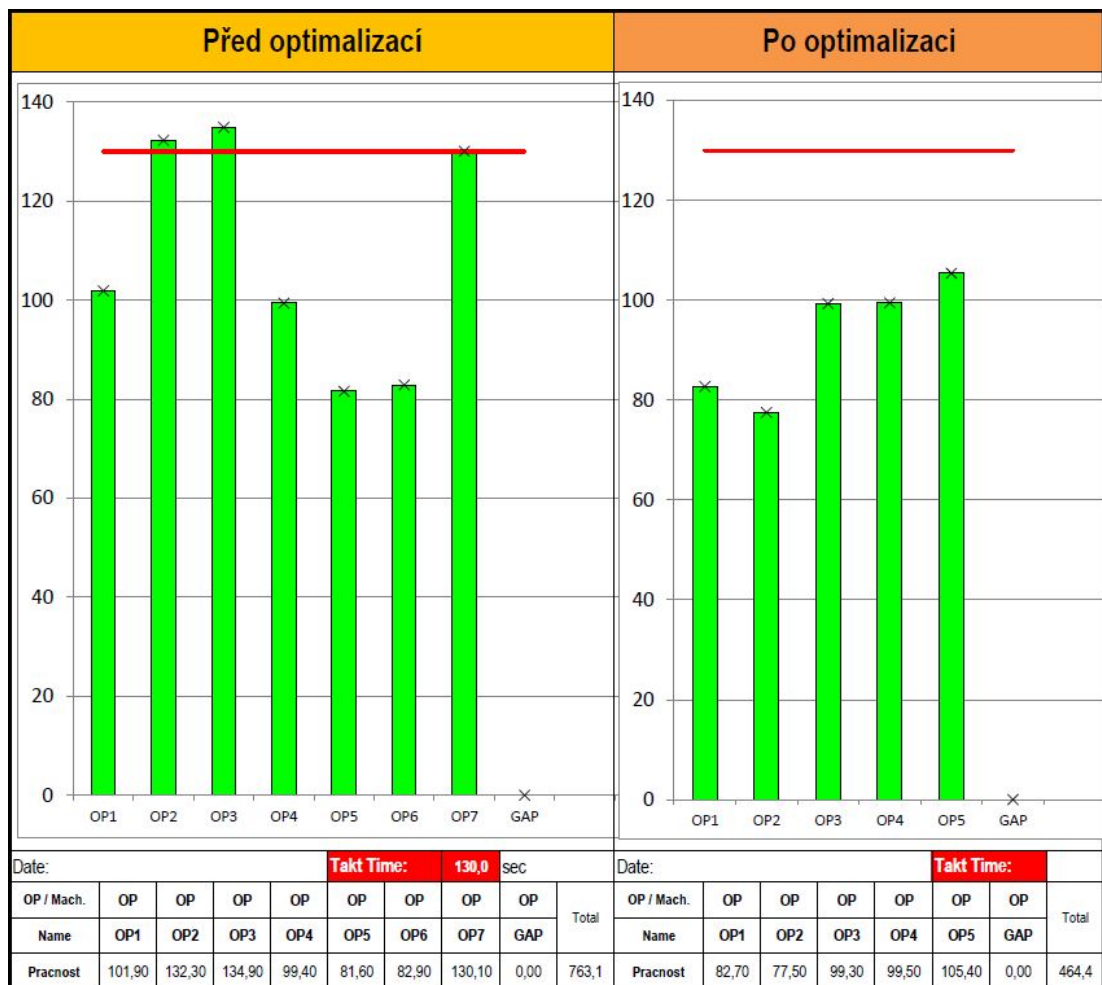
OP60. Před touto operací se reálně hromadí materiál. Je potřeba aby OP2 byl nejvíce proškolený a aby co nejvíce vytížil úzké místo výrobního systému. V nejlepším případě jej nenechal nikdy stát.

Při zaznamenání všech těchto změn do jedné tabulky zjistíme, že během několika měsíců bylo na lince provedeno velké množství práce. Při pohledu na následující tabulku 8.1 zjistíme všechna fakta a procentuální zlepšení výrobního procesu. V tabulce je také faktor PPOH, což znamená parts per operator hour. Tento faktor nám říká kolik dílu vyprodukuje jeden operátor za hodinu.

Tabulka 8.1: Tabulka zlepšení výrobního procesu.

Hodnotící faktor:	Před	Po	Zlepšení [%]
Pracnost	763,10	464,4	39,14%
Počet operátorů	8,00	6,00	25,00%
Počet kusů za směnu	161	195	21,12 %
PPOH	3,44	4,59	33,33%
TRS	46,09	55,9	9,81 %
OP optimum	5,87	3,57	39,18 %

Zlepšení výrobního procesu je považováno za velmi úspěšné. Jak výše zmíněné výsledky ukazují, bylo provedeno zlepšení v průměru o 30 % vůči předchozímu stavu. Výrobní proces v tuto chvíli koresponduje s prostupností 195 kusů za směnu. Celkově to znamená, že v tuto chvíli je výrobní proces schopný uspokojit odvolávky zákazníka. Výrobní proces je též velmi dobře vybalancovaný, každý z operátorů má dost podobnou pracnost na jednom kuse. Kapacita výrobního procesu byla ověřena



Obrázek 8.3: Diagram pracnosti operátorů před a po optimalizaci.

simulací. Při simulaci bylo zjištěno, že operátoři pracující především na svařovacích robotech se velmi silně ovlivňují.

Pomocí kapacitního propočtu nelze po optimalizaci určit výsledný takt time linky. Takt time je potřeba ověřit pomocí simulace nebo reálně ve výrobním systému. Kapacitní propočet nepočítá s možným ovlivněním jednotlivých operátorů mezi sebou a také nepočítá s periodickými operacemi, které jsou ale součástí reálného systému. Pomocí simulačních experimentů bylo zjištěno, že výsledný takt time linky je zcela odlišný od kapacitního propočtu.

Kapacitním propočtem došlo také ke špatné identifikaci úzkého místa výroby. Dle kapacitního propočtu byl úzkým místem definován ROB02, v simulačním experimentu bylo ale úzké místo definováno na ROB03. Tato skutečnost se shoduje s reálným výrobním systémem.

Při novém výrobním standardu, který byl ověřen simulací a následně taky reálně ve výrobním systému, jsou operátoři schopni uspokojit odvolávky zákazníka. Operátoři jsou schopni reálně vyrobit 195 kusů za směnu a pracovat tak takt time linky 130 sekund.

## 9 Závěr

Diplomová práce se zabývala optimalizací práce a materiálového toku na svařovacích linkách. V prvopočátku byl proces neoptimalizovaný, proto bylo nutné nejprve zjistit, jaká je propustnost výrobního procesu a následně se mohlo začít s optimalizací. Při zjišťování informací o stavu výrobního systému bylo zjištěno, že proces celkově nevyhovuje standardu Faurecia. Výrobní proces nebyl z hlediska rozložení práce vybalancovaný a problém byl i s materiálovým tokem, který nebyl přesně definován. První analýza zjistila velké množství příležitostí ke zlepšení výrobního procesu.

Z důvodu zajištění taktu zákazníka bylo nutné snížit celkovou pracnost výroby. Za účelem snížení pracnosti operátorů bylo nutné optimalizovat materiálový tok. V první části došlo k optimalizaci materiálového toku vstupních komponent. Vstupní komponenty jsou zaváženy na linky do regálů interní logistikou. Regály se nacházejí v co nejbližší vzdálenosti od operace, kde je materiál potřeba. Design těchto regálů byl změněn tak, aby operátor nemusel kvůli uchopení vstupního materiálu zbytečně opouštět pracoviště. Touto změnou byla odstraněna zbytečná manipulace s materiálem. Úprava regálů měla za následek i úpravu svařovacích oken robota. Každému svařovacímu robotu tak přibýly boční pneumatické posuvné dveře, které tak umožnily operátorovi manipulovat se vstupním materiálem přímo ze svařovací buňky. Svařovací dveře také chrání pracovníky před světelným zářením, které vzniká při svařování a také chrání vstupní materiál před rozstříkem při svařování.

Bylo potřeba vyřešit také materiální tok finálního dílu a jeho podsestav. Za tímto účelem byly zkonstruovány mezioperační sklady. Mezioperační sklady se také podílely na snížení pracnosti pracovníků. Sklady jsou umístěny mezi všemi operacemi výrobního procesu. Jejich design odpovídá přesně tvaru svařovaného dílu, který je potřeba dopravit mezi dvěma operacemi. Mezioperační sklady jsou navrženy a zkonstruovány tak, aby umožnily odložení třech až pěti dílů. Také jsou označeny vizuálně, aby pracovníka výrobního procesu informovali svým maximem a minimem, jak má pracovník pracovat.

Po optimalizaci materiálového toku bylo nutné změnit layout výrobního procesu. Layout finálních periférií byl změněn za účelem snížení chůze pracovníků. Cílem bylo, aby operátor obsluhující finální periferie mohl pracovat do trojúhelníku a odstranila se tak zbytečná chůze, která operátora zpomalovala. Tato změna učinila výrobní proces kompaktnější a umožnila tak definování materiálového toku finálnímu balení.

Pro finální balení byl zkonstruován spádový gravitační válečkový dopravník. Dopravník usnadnil práci při balení a také při manipulaci s finálním balením, jelikož válečkový dopravník disponuje také kolečkovým vozíkem. Pracovník má možnost si tak finální balení dát přesně tak, jak potřebuje.

Po této optimalizaci byla zjištěna pracovní náročnost jednotlivých operací pomocí MOST analýzy. Tato analýza byla ve firmě Faurecia použita poprvé, proto bylo velmi těžké přesvědčit vedení společnosti, aby pro tuto analýzu byl vyčleněn jeden z proškolených zaměstnanců výrobního procesu. Po vyhodnocení MOST analýzy bylo potřeba ověřit časovou náročnost chronometrání. Po chronometrání náměru jsme zjistili, že výsledky analýzy MOST udávají odhad v pracnosti a mohou tak pomoci při vytváření pracovního standardu pro náběh nových projektů. Vedení závodu tak bylo přesvědčeno analýzu MOST používat.

Po získaném přehledu o pracovní náročnosti jednotlivých operací byla vytvořena nová standardizovaná práce. Standardizovaná práce se skládala z pěti operátorů a jednoho GAP leadera (model 5+1). Povedlo se tak snížit počet pracovníků z osmi na šest. Výrobní model byl testován v simulačním programu Witness a následně byl otestován i v reálném prostředí. Výsledky simulačních experimentů a reality se shodují.

Simulační model byl vytvořen tak, aby sloužil jako šablona pro případnou další optimalizaci jiného výrobního systému. Výhodou simulačního modelu je zjištění lepšího odhadu výsledků výrobního procesu. Pomocí simulace můžeme zjistit skutečné využití všech strojů a pracovníků jednotlivě. Simulací je velmi jednoduché zjistit kapacity mezioperačních zásobníků. Pomocí dílčích experimentů bylo zjištěno, jak jednotlivé postavení operátorů změní celý výrobní systém. Díky simulaci bylo jednoduché ověřit navrhované řešení výrobního procesu, a to bez nutnosti nového proškolení pracovníků. Simulačním experimentem nově vytvořeného pracovního standardu bylo zjištěno, kolik procentuelně času je nutné investovat do strojů kvůli výměně svařovacího průvlastku a jeho čištění. Simulace nám pomohla lépe zjistit, jakým způsobem ovlivní výrobní systém všechny nutné periodické operace, které nebyly zahrnuty v kapacitním propočtu.

Optimalizací výrobního procesu došlo k snížení počtu operátorů z osmi na šest. Tímto klesly náklady na mzdy tohoto výrobního systému o 25 %. Povedlo se také provést 5S analýzu výrobního procesu. Výrobní proces má v tuto chvíli přesně definovaný materiálový tok vstupního a výstupního materiálu. Je také přesně stanovena standardizovaná práce výrobního procesu.

Tato diplomová práce byla vytvořena za účelem změny přístupu při optimalizaci výrobního procesu ve firmě Faurecia. Standardem Faurecia je měřit pracnost operátorů přímou metodou. Ve firmě doposud nebyla použita nepřímá metoda, jako je MTM nebo MOST. Při tvorbě této diplomové práce byla vytvořena simulace, která sloužila jen jako ověření reálného systému. V tuto chvíli se může simulace použít jako nástroj pro případné odladění výrobního systému a zjistit tak, jak moc se ovlivňují výstupy procesu při změně standardu. Diplomová práce by měla sloužit jako návrh, jakým směrem by se mohla firma Faurecia při vytváření standardů práce ubírat. Výrobní procesy finálních linek si jsou velmi podobné. V době rozkvětu průmyslu 4.0 by mohla být simulační část této diplomové práce použita při vytváření digitálního dvojčete celého závodu. Pomocí digitálního dvojčete by se mohla plánovat celá výroba. Optimalizovala by se tak i rozpracovaná výroba, která na sebe váže nemalou část kapitálu celého závodu. Simulační dvojče by určitě odhalilo mnoho jiných možných změn při optimalizaci výrobních procesů, které v tuto chvíli nejsou

prokazatelné. Je jen na firmě Faurecia, zda-li změní svůj přístup a bude se řídit novými navrhovanými standardy zmíněnými v této diplomové práci, či nikoli.

## Literatura

- [1] *Štíhlá výroba: Lean*. In: Wikipedia [online]. Praha: Wikipedia, 2019, 15. 2. 2019 [cit. 2019-04-17]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Štíhlá\\_výroba](https://cs.wikipedia.org/wiki/Štíhlá_výroba)
- [2] *Toyota Production System* In: Wikipedie. [online]. Praha: Wikipadia, 2019, 19.10.2016 [cit. 2019-04-17] Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Toyota\\_Production\\_System](https://cs.wikipedia.org/wiki/Toyota_Production_System)
- [3] *DMAIC - Model řízení Six Sigma projektu* - IPA Slovník - IPA Czech. Firemní vzdělávání, Inovace, Strategický rozvoj, Výrobní manažment, Optimalizace výroby, Soft skills - IPA Czech [online]. Copyright © 2012 [cit. 17.04.2019]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/dmaic-model-rizeni-six-sigma-projektu>
- [4] *DMAIC - Model řízení Six Sigma projektu*. Svět produktivity [online]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/DMAIC-Model-rizeni-Six-Sigma-projektu.htm>
- [5] *Metoda 5S - předpoklad pro další zlepšování*. API academy of productivity and Innovations [online]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25814n-zacnete-s-nami-metoda-5s-predpoklad-pro-dalsi-zlepsovani>
- [6] *JIT systém* – WikiKnihovna. [online]. Dostupné z: [http://wiki.knihovna.cz/index.php/JIT\\_systém](http://wiki.knihovna.cz/index.php/JIT_systém)
- [7] *Kanban. Svět produktivity* [online]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
- [8] *Jednotlivé metody a nástroje*. API, academy of productivity and innovation [online]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch>
- [9] *Poka Yoke* - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/poka-yoke>
- [10] *Push production a pull production* – Wikipedie. [online]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Push\\_production\\_a\\_pull\\_production](https://cs.wikipedia.org/wiki/Push_production_a_pull_production)



- [11] *FIFO (First In First Out) - ManagementMania.com.* [online]. Copyright © 2011 [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/first-in-first-out>
- [12] *Analýza a měření práce 29. 10. 2015 - Ing. Jaroslav Dlabáč, Ph.D.* [online]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [13] *LEAN-FABRIKA, 5S metoda.* [online]. Dostupné z: <http://www.lean-fabrika.cz/terminologie/5s-metoda#.XKCgr-szbJw>
- [14] *Milk run - IPA Slovník - IPA Czech. Firemní vzdělávání, Inovace, Strategický rozvoj, Výrobní manažment, Optimalizace výroby, Soft skills - IPA Czech* [online]. Copyright © 2012 [cit. 31.03.2019]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/milk-run>
- [15] MANLIG, František, František KOBLASA a Petr KELLER. *Production systems. Edition 1st.* Liberec: Technical University of Liberec, 2016-. ISBN 978-80-7494-318-8.
- [16] MANLIG, F. *Využití počítačové simulace výrobních systémů.* Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. Knihovnička Katedry výrobních systémů TU v Liberci. ISBN 978-80-7494-162-7
- [17] ZELENKA, A. *Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd.* Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [18] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie. 3. vyd.* V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [19] HLAVENKA, Bl. *Projektování výrobních systémů (Technologické projekty I). 3. vyd.* Brno: VUT, 2000. 201 s. 55-583-87

## Přílohy

## BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 1

## Výpočet času manuální práce

Výrobek	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: OP10 Č. operace: OP10 Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	Stroj	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence				Fr	TMU	
1	O	Vyložení dílů	V	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 1 1 1 2	A 3 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	120
2	O	Odebrání mat z boxu, založení Tongue	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	40
3	O	Odebrání mat z boxu, založení X-sheet	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	40
4	O	Upnutí dílů Tongue, X-sheet	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 3 X 0 I 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	60
5	L	Odebrání mat z boxu, Halfshell	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	20
6	P	Odebrání mat z boxu, mixer	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	20
7	O	Založení Halfshell, Mixer	V	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	90
8	O	Upnutí dílů Halfshell, Mixer	R	A 1 B 0 G 1 2 1 2	M 1 X 0 I 1 2 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	80
9	O	Odebrání mat z boxu, Injector, určení polohy Injector, založení do přípravku	NT	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	T 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	1	90
10	O	Upnutí Injector (2 páky)	R	A 1 B 0 G 1 2 2 2	M 3 X 0 I 1 2 2 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	120
11	O	Odebrání mat z boxu, Boss, T-boss	V	A 1 B 0 G 1 2 1 2	A 1 B 0 P 3 2 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	120
12	O	Upnutí Boss, T-boss	R	A 1 B 0 G 1 2 1 2	M 3 X 0 I 1 2 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	120
13	O	Zmáčknutí tlačítka	R	A 3 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 0 I 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	1	60
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
										0
Celková spotřeba času:				0,59 minut	35,25 sekund	0,00 minut	0,00 sekund	980 TMU		









## BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 6

## Výpočet času manuální práce

Výrobek	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: OP60 Č. operace: OP60 Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	Stroj	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence										Fr	TMU								
				A	3	B	0	G	1	A	3	B	0			P	1	A	0	0	0	0	0
1	O	Vyložení dílů	V	A	3	B	0	G	1	A	3	B	0	P	1	A	0	0	0	0	0	1	80
2	O	Založení dílu z OP30	V	A	1	B	0	G	3	A	3	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	100
3	O	Upnutí dílu (3x)	R	A	1	B	0	G	1	M	3	X	0	I	1	A	0	0	0	0	0	1	180
4	O	Odebrání mat ze slideru, OP 50, umístění do přípravku	V	A	3	B	0	G	3	A	3	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	120
5	O	Upnutí monolitu do přípravku (3x)	R	A	1	B	0	G	1	M	3	X	0	I	1	A	0	0	0	0	0	1	180
6	O	Zmáčknutí startovacího tlačítka	R	A	3	B	0	G	1	M	1	X	0	I	1	A	0	0	0	0	0	1	60
7	O																						0
8	O																						0
9	O																						0
10	O																						0
11	O																						0
12	O																						0
13	O																						0
14	O																						0
15	O																						0
																							0
																							0
																							0
																							0
																							0
																							0
																							0
																							0
Celková spotřeba času:										0,43	25,90	0,00	0,00		720								
										minut	sekund	minut	sekund	TMU									



## BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 7

## Výpočet času manuální práce

<b>Výrobek</b>	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: OP70 Č. operace: OP70 Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	<b>Stroj</b>	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence					Fr	TMU		
				A	B	G	P	X			I	
1	O	Vyložení dílů	V	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 1	A 3	0	0	0	0	1	110
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1		
2	O	Odepnutí příruby	R	A 1 B 0 G 1	M 3 X 0 I 1	A 0	0	0	0	0	1	60
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1		
3	O	Vyložení/založení příruby	V	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	60
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1		
4	O	Odebrání materiálu z boxu, Boss, založení do přípravku	V	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	60
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1		
5	O	Odebrání materiálu z boxu, trubka, příruba, založení do přípravku	V	A 1 B 0 G 1	A 1 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	100
				1 1 2	1 1 2	1	1	1	1	1		
6	O	Upnutí trubky a příruby (3x)	R	A 1 B 0 G 1	M 3 X 0 I 1	A 0	0	0	0	0	1	180
				3 3 3	3 3 3	3	1	1	1	1		
7	O	Odebrání materiálu ze slideru OP60, založení do přípravku	V	A 3 B 0 G 1	A 3 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	1	100
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1		
8	O	Upnutí sestavy do přípravku (5x)	R	A 1 B 0 G 1	M 3 X 0 I 1	A 0	0	0	0	0	1	300
				5 5 5	5 5 5	5	1	1	1	1		
9	O	Zmáčknutí startovacího tlačítka	R	A 3 B 0 G 1	M 1 X 0 I 1	A 0	0	0	0	0	1	60
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1		
10	O											0
11	O											0
12	O											0
13	O											0
14	O											0
15	O											0
												0
												0
												0
												0
												0
												0
												0
Celková spotřeba času:				0,62	37,05	0,00	0,00			1030		
				minut	sekund	minut	sekund			TMU		

## BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 8

## Výpočet času manuální práce

Výrobek	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: OP80 Č. operace: OP80 Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	Stroj	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence				Fr	TMU
				A	B	G	I		
1	O	Vyložení dílů	V	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 1 1 1 1	A 3 1	0 0 0 1 1 1	0 1	110
2	O	Odebrání materiálu ze slideru OP70, založení do přípravku	V	A 3 B 0 G 3 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	120
3	O	Upnutí výfuku do přípravku (3x)	R	A 1 B 0 G 1 3 3 3	M 3 X 0 I 1 3 3 3	A 0 3	0 0 0 1 1 1	0 1	180
4	O	Odebrání mat z boxu, boss, založení do přípravku	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	60
5	O	Upnutí boss do přípravku	R	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 3 X 0 I 1 1 1 2	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	70
6	O	Odebrání mat z boxu, háček	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	20
7	O	Odebrání plastové krytky z háčku	V	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	60
8	O	Založení háčku do přípravku	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	60
9	O	Upnutí háčku do přípravku (2x)	R	A 1 B 0 G 1 2 2 2	M 1 X 0 I 1 2 2 2	A 0 2	0 0 0 1 1 1	0 1	80
10	O	Odebrání mat z boxu, háček, založení do přípravku	V	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 3 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	60
11	O	Upnutí sestavy (2x)	R	A 1 B 0 G 1 2 2 2	M 1 X 0 I 1 2 2 2	A 0 2	0 0 0 1 1 1	0 1	80
12	O	Zmáčknutí startovacího tlačítka	R	A 3 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 0 I 1 1 1 1	A 0 1	0 0 0 1 1 1	0 1	60
									0
									0
									0
									0
									0
									0
									0
									0
									0
									0
									0
Celková spotřeba času:				0,58 minut	34,53 sekund	0,00 minut	0,00 sekund	960 TMU	

## BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 9

## Výpočet času manuální práce

Výrobek	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: Tlak1 Č. operace: Tlak1 Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	Stroj	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence								Fr	TMU
				A	B	G	M	X	I	A	0		
1	O	Vyložení dílů	V	A 6 B 0 G 3	A 6 B 0 P 1	A 0	0	0	0	0	0	1	160
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1	1		
2	O	Založení dílu do tlakovky	V	A 10 B 0 G 3	A 3 B 0 P 3	A 0	0	0	0	0	0	1	190
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1	1		
3	O	Upnutí výfuku do přípravku (2x)	R	A 1 B 0 G 1	M 3 X 0 I 1	A 0	0	0	0	0	0	1	120
				2 2 2	2 2 2	2	1	1	1	1	1		
4	O	Zmáčknutí startovacího tlačítka	R	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 1	A 0	0	0	0	0	0	1	40
				1 1 1	1 1 1	1	1	1	1	1	1		
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
													0
Celková spotřeba času:				0,31	18,35	0,00	0,00					510	
				minut	sekund	minut	sekund					TMU	



## BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 11

## Výpočet času manuální práce

Výrobek	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: Šroubování Č. operace: Šroubování Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	Stroj	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence								Fr	TMU														
				A	1	B	0	G	3	A	1			B	0	P	1	A	1	0	0	0	0				
1	O	Vyložení dílů	V	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	1	A	1	0	0	0	0	1	70				
2	O	Založení dílu	V	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	60				
3	O	Upnutí dílu do přípravku (2x)	R	A	1	B	0	G	1	M	1	X	0	I	1	A	0	0	0	0	0	1	80				
4	O	Odebrání mat z boxu, trubička (2x)	V	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	160				
5	O	Zašroubování závitu (2x)	NF	A	1	B	0	G	1	A	0	B	0	P	0	F	6	A	0	B	0	P	0	A	0	1	160
6	O	Založení trubiček do přípravku	V	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	60				
7	O	Odebrání mat z boxu, šroub, založení na vrtačku (2x)	V	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	120				
8	O	Odebrání mat z boxu, háček, založení do přípravku (2x)	V	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	120				
		Našroubování matice na výfuk (2x)	NF	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	F	3	A	1	B	0	P	1	A	0	1	180
		Utáhnutí šroubů na výfuku (2x)	NF	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	F	6	A	1	B	0	P	1	A	0	1	240
		Odepnutí výfuku (3x)	V	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	0	0	0	0	1	180				
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
																									0		
Celková spotřeba času:					0,86	51,44	0,00	0,00	1430																		
					minut	sekund	minut	sekund	TMU																		

# BasicMost

Počet listů: 12

List č.: 12

## Výpočet času manuální práce

<b>Výrobek</b>	Název výrobku: Výfuk Č. výkresu: Název operace: Tlak2 Č. operace: Tlak2 Počet kusů: Materiál:	Náčrtek:
	<b>Stroj</b>	

Poznámky:

P.č.	R	Popis	Se	Sekvence								Fr	TMU			
				A	B	G	M	P	X	I	A			0	0	0
1	O	Vyložení dílů	V	A 3	B 0	G 3	A 3	B 0	P 1	A 0	0	0	0	0	1	100
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
2	O	Založení dílu do tlakovky	V	A 3	B 0	G 3	A 3	B 0	P 3	A 0	0	0	0	0	1	120
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
3	O	Upnutí výfuku do přípravku (2x)	R	A 1	B 0	G 1	M 3	X 0	I 1	A 0	0	0	0	0	1	120
				2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1		
4	O	Zmáčknutí startovacího tlačítka	R	A 1	B 0	G 1	M 1	X 0	I 1	A 0	0	0	0	0	1	40
				1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
															0	
Celková spotřeba času:				0,23	13,67	0,00	0,00				380					
				minut	sekund	minut	sekund				TMU					

# MĚŘENÍ ČASU CYKLU

PRODUKT: Výfuk  
 PROCES: sváření  
 DATUM: 4.2.2019

NÁZEV PRACOVÍŠTĚ:  
 MĚŘENÍ PROVEDL:  
 Jméno operátora: OP1  
 ČAS: 1:10:00

MODEL:

LINKA, LAYOUT:

Č.	Měřená operace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Střed	Min	Max	V %	
1	MB: Start OP60 vyložení/založení OP40																									
2	MB: Start OP40 vyložení/založení OP50																									
3	MB: Start OP50 vyložení/založení OP60																									
4	MB:																									
5	MB:																									
6	MB:																									
7	MB:																									
8	MB:																									
9	MB:																									
10	MB:																									
ČAS CYKLU (CT)		74,3	70,8	71,9	76,7	75,9	140,5	234,2	73,4	71,6	82,7															
ČAS CYKLU BEZ ČEKÁNÍ		74,3	70,8	71,9	76,7	75,9	140,5	234,2	73,4	71,6	82,7															
POZOROVÁNÍ (FREKVENČNÍ OPERACE / ABNORMALITY)																										
a																										
b																										
c																										

MB: Měřený bod  
 Údaje pro Diagram času cyklu: <sup>1</sup> - střední hodnota času (Průměrná hodnota časů bez čekání => použije se pro výpočet efektivy DLE);  
<sup>2</sup> - min. čas z 20 cyklů bez čekání;  
<sup>3</sup> - max. čas z 20 cyklů s čekáním

Variabilita (%) = ((MAX-MIN)/MIN) x 100

# MĚŘENÍ ČASU CYKLU

PRODUKT: Výfuk  
 PROCES: sváření  
 DATUM: 4.2.2019

NÁZEV PRACOVNÍŠTĚ:  
 MĚŘENÍ PROVEDL:  
 Jméno operátora: OP2  
 ČAS: 1:10:00

MODEL:

LINKA, LAYOUT:

Č.	Měřená operace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Střed	Min	Max	V %	
1	MB: Stisknutí tlačítka START vyložení/založení OP20																									
2	MB: Stisknutí tlačítka START vyložení/založení OP30																									
3	MB: Stisknutí tlačítka START vyložení/založení OP70																									
4																										
5	MB:																									
6	MB:																									
7	MB:																									
8	MB:																									
9	MB:																									
10	MB:																									
ČAS CYKLU (CT)		71,0	74,1	71,8	76,8	73,6	76,3	76,4	75,6	77,5	74,6															
ČAS CYKLU BEZ ČEKÁNÍ		71,0	74,1	71,8	76,8	73,6	76,3	76,4	75,6	77,5	74,6															
POZOROVÁNÍ (FREKVENČNÍ OPERACE / ABNORMALITY)																										
a																										
b																										
c																										

MB: Měřený bod

Variabilita (%) = ((MAX-MIN)/MIN) x 100

Údaje pro Diagram času cyklu: <sup>1</sup> - střední hodnota času (Průměrná hodnota časů bez čekání => použije se pro výpočet efektivity DLE);  
<sup>2</sup> - min. čas z 20 cyklů bez čekání;  
<sup>3</sup> - max. čas z 20 cyklů s čekáním



# MĚŘENÍ ČASU CYKLU

PRODUKT: Výfuk  
 PROCES: sváření  
 DATUM: 4.2.2019

NÁZEV PRACOVNÍŠTĚ:  
 MĚŘENÍ PROVEDL:  
 Jméno operátora: OP3  
 ČAS: 1:10:00

MODEL:

LINKA, LAYOUT:

Č.	Měřená operace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Střed	Min	Max	V %	
1	MB: start OP80 vyložení/založení Tlak1							13,0	13,6	10,1	13,1											13,1	10,1	17,4	72%	
2	MB: start Tlak1 vyložení/založení OP10							33,9	31,6	31,3	34,4											34,4	31,3	39,8	27%	
3	MB: start OP10 vyložení/založení OP80							32,8	37,6	32,0	43,1											39,7	32,0	46,3	45%	
4	MB:																									
5	MB:																									
6	MB:																									
7	MB:																									
8	MB:																									
9	MB:																									
10	MB:																									
ČAS CYKLU (CT)		99,3	84,2	93,7	90,3	87,3	90,4	79,7	82,8	73,4	90,6											87,7	73,4	99,3		
ČAS CYKLU BEZ ČEKÁNÍ		99,3	84,2	93,7	90,3	87,3	90,4	79,7	82,8	73,4	90,6											87,7	73,4	99,3	35%	
POZOROVÁNÍ (FREKVENČNÍ OPERACE / ABNORMALITY)																										
a		d																								
b		e																								
c		f																								
		g																								

MB: Měřený bod

Údaje pro Diagram času cyklu: <sup>1</sup> - střední hodnota času (Průměrná hodnota časů bez čekání => použije se pro výpočet efektivy DLE);  
<sup>2</sup> - min. čas z 20 cyklů bez čekání;  
<sup>3</sup> - max. čas z 20 cyklů s čekáním

Variabilita (%) = ((MAX-MIN)/MIN) x 100

# MĚŘENÍ ČASU CYKLU

PRODUKT: Výfuk  
 PROCES: sváření  
 DATUM: 4.2.2019

NÁZEV PRACOVÍŠTĚ:  
 MĚŘENÍ PROVEDL:  
 Jméno operátora: OP4  
 ČAS: 1:10:00

MODEL:

LINKA, LAYOUT:

Č.	Měřená operace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Střed	Min	Max	V %	
1	MB: Start Tlak2 vyložení/založení Lis																									
	MB: Start Lis																									
2	vyložení/založení Šroubovačka	40,2	38,9	38,2	44,6	44,9	43,1	39,6	36,2	40,0	39,8															
	MB: Start Šroubovačka																									
3	vyložení/založení Tlak2	11,5	10,9	6,4	12,5	11,3	10,6	8,9	8,4	8,6	8,4															
	MB:																									
4	MB:																									
5	MB:																									
6	MB:																									
7	MB:																									
8	MB:																									
9	MB:																									
10	MB:																									
	ČAS CYKLU (CT)	86,2	90,6	76,2	93,3	99,5	95,1	84,0	79,4	83,2	86,0															
	ČAS CYKLU BEZ ČEKÁNÍ	86,2	90,6	76,2	93,3	99,5	95,1	84,0	79,4	83,2	86,0															
POZOROVÁNÍ (FREKVENČNÍ OPERACE / ABNORMALITY)																										
a																										
b																										
c																										

MB: Měřený bod  
 Údaje pro Diagram času cyklu: <sup>1</sup> - střední hodnota času (Průměrná hodnota časů bez čekání => použije se pro výpočet efektivy DLE);  
<sup>2</sup> - min. čas z 20 cyklů bez čekání;  
<sup>3</sup> - max. čas z 20 cyklů s čekáním

Variabilita (%) = ((MAX-MIN)/MIN) x 100

# MĚŘENÍ ČASU CYKLU

NÁZEV PRACOVNÍŠTĚ:

MODEL:

LINKA, LAYOUT:

 PRODUKT: Výfuk  
 PROCES: sváření

MĚŘENÍ PROVEDL:

DATUM: 4.2.2019

ČAS: 1:10:00

Jméno operátora: OPS

Č.	Měřená operace	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Střed	Min	Max	V %								
1	MB: Touch part																																
	Finální kontrola	87,8	76,3	93,6	80,2	80,3	86,2	79,7	95,4	93,9	90,0														86,3	79,7	95,4	20%					
2	MB: End FI																																
	Packaging	9,0	5,0	9,1	8,1	10,0	9,4	9,6	10,0	6,8	4,8																	8,2	4,8	10,0	108%		
3	MB:																																
4	MB:																																
5	MB:																																
6	MB:																																
7	MB:																																
8	MB:																																
9	MB:																																
10	MB:																																
	ČAS CYKLU (CT)	96,8	81,3	102,7	88,3	90,3	95,6	89,3	105,4	100,7	94,8																						
	ČAS CYKLU BEZ ČEKÁNÍ	96,8	81,3	102,7	88,3	90,3	95,6	89,3	105,4	100,7	94,8																						
POZOROVÁNÍ (FREKVENČNÍ OPERACE / ABNORMALITY)																																	
a																																	
b																																	
c																																	
	MB: Měřený bod																																
	Údaje pro Diagram času cyklu: <sup>1</sup> - střední hodnota času (Průměrná hodnota časů bez čekání => použije se pro výpočet efektivy DLE);																																
	<sup>2</sup> - min. čas z 20 cyklů bez čekání;																																
	<sup>3</sup> - max. čas z 20 cyklů s čekáním																																
	Varianabilita (%) = ((MAX-MIN)/MIN) * 100																																