

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Návrh způsobu zásobování svařovny

Autor: **Bc. Tereza Ledvinová**  
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.**  
Konzultant: **Ing. Michal Zoubek**

Akademický rok 2016/2017

Oficiální zadání – volný list

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Na tomto místě bych ráda poděkovala vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D. a také Ing. Michalu Zoubkovi za jejich rady a věcné připomínky, které mi věnovali při řešení práce.

Děkuji vedení společnosti EvoBus Česká republika, s.r.o. za možnost zpracování praktické části v reálném prostředí firmy a za poskytnutí potřebných podkladů.

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST PŘEDDIPLOMNÍHO PROJEKTU

<b>AUTOR</b>	Příjmení Bc. Ledvinová	Jméno Tereza	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Jméno Michal	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<del>BAKALÁŘSKÁ</del>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh způsobu zásobování svařovny		

<b>FAKULTA</b>	Strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZDÁNÍ</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------------	------

### POČET STRÁNEK (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	82	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	71	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	11
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

<b>STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL, POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	Diplomová práce se zabývá analýzou výrobního procesu aplikací metody Value Stream Mapping ve společnosti EvoBus Česká republika, s.r.o. Hlavní cíle práce jsou provést důkladné zmapování současného stavu materiálových toků na svařovně pro konkrétní zakázku, identifikovat úzké místo a problémy ve výrobním procesu. Pomocí mapy budoucího stavu navrhnout a následně realizovat zlepšení procesu výroby.
<b>LÍČOVÁ SLOVA</b>	Value Stream Mapping, svařovna, materiálové toky, Spaghetti diagram, zásoby

## SUMMARY OF PREDIPLOMA PROJECT SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Bc. Ledvinová	Name Tereza	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 Industrial engineering and management		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Supply methods for welding workplace		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2017
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	82	<b>TEXT PART</b>	71	<b>GRAPHICAL PART</b>	11
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	Diploma thesis deals with the analysis of the production process using Value Stream Mapping in EvoBus Česká republika, s.r.o. The main goals of the work are to map the current state of material flows at the welding area for a specific order, to identify the bottlenecks and problems in the production process. Use a map of the future state to design and then implement an improvement in the production process.
<b>KEY WORDS</b>	Value stream mapping, welding, material flow, Spaghetti diagram, stocks

## Obsah

Seznam obrázků.....	7
Seznam tabulek.....	9
Seznam příloh.....	9
Seznam zkratk.....	10
Úvod.....	11
1 Štíhlý podnik.....	12
1.1 Štíhlá výroba.....	13
1.1.1 Druhy plýtvání ve výrobě.....	13
1.1.2 Metody a nástroje štíhlé výroby.....	14
1.2 Štíhlá logistika.....	14
1.2.1 Druhy plýtvání v logistice.....	15
1.2.2 Metody a nástroje štíhlé logistiky.....	15
1.3 Štíhlý vývoj.....	15
1.4 Štíhlá administrativa.....	15
2 Logistika.....	16
2.1 Dělení logistiky.....	16
2.2 Logistické technologie.....	18
2.2.1 Tahový a tlakový systém.....	18
2.2.2 Kanban.....	19
2.2.3 Just-in-Time.....	20
2.2.4 Empirické metody.....	22
2.3 Zásoby v podniku.....	22
2.3.1 Typy zásob.....	23
2.3.2 Klasický versus logistický pohled na zásoby.....	24
3 Mapování hodnotového toku v podniku.....	25
3.1 Postup při mapování toku hodnot.....	25
3.1.1 Výběr výrobní řady.....	25
3.1.2 Znázornění současného stavu.....	26
3.1.3 Znázornění budoucího stavu.....	28
3.1.4 Realizace.....	29
3.2 Přínosy VSM.....	29
3.3 Rizika VSM.....	29
4 Představení společnosti.....	30

4.1	Charakter výroby .....	30
4.2	Výběr výrobkové řady .....	32
5	Analýza současného stavu .....	34
5.1	Popis výrobního procesu vybraného výrobku.....	34
5.2	Sběr vstupních dat.....	37
5.2.1	Analýza vstupních dat pro fyzickou mapu procesu současného stavu.....	37
5.2.2	Spaghetti diagram .....	38
5.3	VSM – současný stav.....	40
5.3.1	Index přidané hodnoty .....	42
5.3.2	Identifikované problémy.....	43
5.4	Navrhovaná opatření.....	46
6	Analýza budoucího stavu.....	49
6.1	Zavedení manipulačního vozíku .....	49
6.2	Analýza měření po zavedení změn .....	50
6.2.1	Zpracování dat po zavedení změn .....	51
6.2.2	Spaghetti diagram po zavedení změn .....	52
6.3	VSM – mapa po realizaci.....	53
6.3.1	Index přidané hodnoty po realizaci .....	54
6.3.2	Nedostatky po realizaci .....	55
7	Technickoekonomické zhodnocení .....	57
7.1	Výpočet strojních nákladů .....	58
7.2	Kalkulace strojní hodinové sazby .....	59
7.2.1	Strojní hodinová sazba laseru .....	59
7.2.2	Strojní hodinová sazba svářečky .....	60
7.3	Ekonomická kalkulace za transportní vozík .....	60
7.3.1	Výroba prototypu vozíku.....	61
7.3.2	Výsledná kalkulace.....	62
7.4	Nákladové zatížení racionalizace procesu .....	62
7.4.1	Náklady na původní stav .....	62
7.4.2	Náklady po realizaci .....	64
7.4.3	Porovnání nákladů .....	65
	Závěr.....	68
	Seznam použité literatury .....	69



## Seznam obrázků

Obr.: 1-1 Pilíře štíhlého podniku [1] .....	12
Obr.: 1-2 Osm druhů plýtvání [3].....	13
Obr.: 1-3 Prvky štíhlé logistiky [1].....	14
Obr.: 2-1 Dělení logistiky [6] .....	17
Obr.: 2-2 Push system [5].....	19
Obr.: 2-3 Pull system [5] .....	19
Obr.: 2-4 Příklad Kanban karty [16].....	20
Obr.: 2-5 Pohyb zásob v logistickém řetězci [7] .....	23
Obr.: 3-1 Postup při mapování toku hodnot .....	25
Obr.: 3-2 Výběr skupiny výrobků na montážní operaci [13] .....	26
Obr.: 3-3 Přehled používaných ikon ve VSM [14].....	26
Obr.: 3-4 Příklad VSM současného stavu [14].....	28
Obr.: 4-1 Závod v Holýšově [17] .....	30
Obr.: 4-2 Skelet autobusu .....	31
Obr.: 4-3 Zadní pohled S 515 HD .....	32
Obr.: 4-4 Autobus Setra S 515 HD.....	32
Obr.: 4-5 S 515 HD HA I. ....	33
Obr.: 4-6 S 515 HD HA II. ....	33
Obr.: 5-1 Průběh polotovarů jednotlivými pracovišti.....	35
Obr.: 5-2 Svařovací pracoviště .....	35
Obr.: 5-3 Vozík s polotovary I. ....	36
Obr.: 5-4 Vozík s polotovary II. ....	36
Obr.: 5-5 Svařování linie .....	36
Obr.: 5-6 Manipulace s polotovarem.....	36
Obr.: 5-7 Ukázka formuláře časové analýzy .....	37
Obr.: 5-8 Sumarizace hlavních představitelů operací.....	38
Obr.: 5-9 Pracovní činnosti pro Q8 .....	38
Obr.: 5-10 Produktivní a neproduktivní činnosti pro Q8.....	38
Obr.: 5-11 Spaghetti diagram Q8 .....	39
Obr.: 5-12 Spaghetti diagram linie .....	39
Obr.: 5-13 Spaghetti diagram – úzké místo.....	39
Obr.: 5-14 Informační tok Q8.....	40
Obr.: 5-15 Výřez VSM pro Q8.....	41

Obr.: 5-16 Výřez VSM pro linie.....	41
Obr.: 5-17 Identifikované problémy VSM .....	44
Obr.: 5-18 Opřeny polotovar .....	44
Obr.: 5-19 Opřeny přípravek .....	44
Obr.: 5-20 Oblast před brousícím boxem .....	45
Obr.: 5-21 Výřez navrhovaných opatření VSM .....	46
Obr.: 5-22 Výřez Spaghetti diagramu po zavedení změn.....	47
Obr.: 5-23 Skupinová nástěnka – 5S .....	48
Obr.: 6-1 Zásobník na hotové díly .....	49
Obr.: 6-2 Návrh vozíku I. ....	50
Obr.: 6-3 Návrh vozíku II. ....	50
Obr.: 6-4 Prototyp vozíku.....	50
Obr.: 6-5 Prototyp ve druhé fázi.....	50
Obr.: 6-6 Produktivní a neproduktivní činnosti po změnách.....	51
Obr.: 6-7 Pracovní činnosti po zavedení změn.....	51
Obr.: 6-8 Standardizované místo uložení vozíku I. ....	52
Obr.: 6-9 Standardizované místo uložení vozíku II.....	52
Obr.: 6-10 Nový materiálový tok .....	53
Obr.: 6-11 Výřez VSM po realizaci .....	54
Obr.: 6-12 Popisky.....	56
Obr.: 6-13 Náskres uložení vozíku.....	56
Obr.: 7-1 Nákladová náročnost výroby vozíku .....	61

## Seznam tabulek

Tab.: 5-1 Přehled vyráběných polotovarů .....	34
Tab.: 5-2 VA indexy pro polotovary .....	43
Tab.: 7-1 Porovnání klíčových hodnot .....	57
Tab.: 7-2 Základní hodnoty pro výpočet výroby vozíku .....	58
Tab.: 7-3 Parametry strojů .....	58
Tab.: 7-4 Vstupní naměřená data .....	61
Tab.: 7-5 Vstupní hodnoty pro výpočet nákladů .....	63
Tab.: 7-6 Časy čekání .....	66
Tab.: 7-7 Vstupní data pro výpočet ztrát z čekání .....	66

## Seznam příloh

Příloha 1 – Spaghetti diagram .....	I
Příloha 2 – VSM A.410.610.83.23 .....	II
Příloha 3 - VSM A.410.610.82.23 .....	III
Příloha 4 – VSM P.B6100731 .....	IV
Příloha 5 – VSM P.B6100732 .....	V
Příloha 6 - VSM A.620.610.80; A.620.610.12.80 .....	VI
Příloha 7 – VSM S 515 HD .....	VII
Příloha 8 – VSM Celkový současný stav .....	VIII
Příloha 9 – VSM Navrhovaná opatření .....	IX
Příloha 10 – Spaghetti diagram po zavedení změn .....	X
Příloha 11 – VSM Budoucí stav .....	XI

## Seznam zkratk

5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
C/O	Changeover Time
C/T	Cycle Time
FIFO	First In, First Out
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
HA	Hinterachse
JIT	Just-In-Time
MAG	Matallschweißen mit aktiven Gasen
OPF	One Peace Flow
Q8	P.B6100732 Quertraeger 8
SMED	Single Minute Exchange of Die
TOC	Theory of Constraints
TPM	Total Productive Maintenance
VA	Vorderachse
VAindex	Value Added Index
VSM	Value Stream Mapping

## Úvod

V posledních desetiletích výrobní podniky prošly výraznou změnou. Masová výroba se postupně přeměnila v individuální přístup k zákazníkovi, který vyžaduje vysoce kvalitní výrobky, ale za cenu hromadné produkce. Na tento trend společnosti odpovídají novým zavedením štíhlého myšlení, tzv. lean thinking a štíhlých přístupů.

Proč by měla výrobní společnost myslet štíhle? Podnikům se výrazně zvýšila variabilita výroby, aby byly konkurenceschopné a flexibilní, musí udržet vysokou kvalitu výrobků při velmi nízkých nákladech. Podnik zastávající štíhlou filozofii dělá jen činnosti, které chce zákazník v minimálním čase a s minimálními úkony, které nepřinášejí vyšší hodnotu služby nebo výrobku a eliminuje plýtvání.

Odstranit plýtvání pro podnik není jednoduché, proto jsou používány různé metody štíhlé výroby. Hlavní cíle práce jsou seznámení s problematikou štíhlého podniku se zaměřením na metodu mapování hodnotového toku Value Stream Mapping. Právě tento nástroj byl aplikován ve společnosti EvoBus Česká republika, s.r.o. v Holýšově. Zmapovat současný stav materiálového toku pro vybraný svařovaný komponent a díky jeho zakreslení lépe porozumět příčině neefektivních toků.

Úkolem je identifikovat plýtvání a úzké místo v rámci sledovaného výrobního procesu, určit kde a z jakého důvodu dochází ke ztrátám. Následně navrhnout mapu budoucího stavu hodnotového toku, která již odstraňuje nedostatky ve výrobním procesu. V neposlední řadě bude přistoupeno k realizaci navrhovaných opatření a ke zhodnocení jejich přínosu pro společnost.

# 1 Štíhlý podnik

Filozofie štíhlého podniku, lean managementu či štíhlého myšlení je v dnešní době velmi populárním a ve výrobní sféře diskutovaným tématem. Jejím hlavním principem je zkrácení času mezi zákazníkem a dodavatelem minimalizací plýtvání a ztrát. Cílem štíhlého podniku je dělat jen takové činnosti, které jsou potřebné, v co nejkratším čase, s minimálními náklady a bez ztráty kvality. Štíhlostí se snaží firma zvyšovat svou výkonnost tak, že je schopná s určitým počtem lidí a zařízením vyprodukovat vyšší přidanou hodnotu než její přímá konkurence.

Pojem lean neznamená pouze štíhlý, jeho pravý význam je optimální, zaměřený na zákazníka, snaha o eliminaci plýtvání, flexibilní apod. [4]

Podnik, který zastává štíhlou filozofii, dělá přesně to, co chce jeho zákazník v minimálním čase a s minimálními úkony, které nepřináší vyšší hodnotu služby nebo výrobku. Pojem přidaná hodnota definuje zákazník, protože jen on může rozhodnout o tom, jak kvalitní chce produkt, v jakém termínu mu má být dodán a jakou cenu je ochotný zaplatit. Velké množství podniků je schopno splnit požadavky zákazníka, podnik, který zastává štíhlou filozofii, tyto požadavky plní spolu s minimalizací plýtvání a ztrát. [1]

Vzhledem k rozšíření filozofie i do nevýrobních oblastí, zahrnuje štíhlý podnik, vedle štíhlé výroby, také štíhlou administrativu, štíhlý vývoj a štíhlou logistiku. Každá z těchto aktivit, jak ukazuje *Obr.: 1-1 Pilíře štíhlého podniku [1]*, pak musí mít pevné základy, kterými jsou kultura realizace a orientace na cíle. Tato oblast se zaměřuje především na motivování lidí v podniku a prohlubování jejich znalostí pomocí nejrůznějších školení, workshopů, ale také schopnost řešení konfliktů či efektivní řízení podniků.



*Obr.: 1-1 Pilíře štíhlého podniku [1]*

Při budování jednotlivých pilířů štíhlého a inovativního podniku pomáhá celá řada metod a nástrojů. Jedná se ale pouze o podpůrné prostředky, které pomáhají v řešení problémů. Cílem štíhlého podniku není jen implementace nástrojů, ale především změna myšlení, změna způsobu práce a snaha o neustálé zlepšování.

## 1.1 Štíhlá výroba

V případě výrobních podniků se jedná o stěžejní oblast v systému zeštíhlování. Cílem je stabilní, flexibilní a standardizovaná výroba. Zaměřuje se na výrobní linky, pracovníky, pracoviště a strojní zařízení.

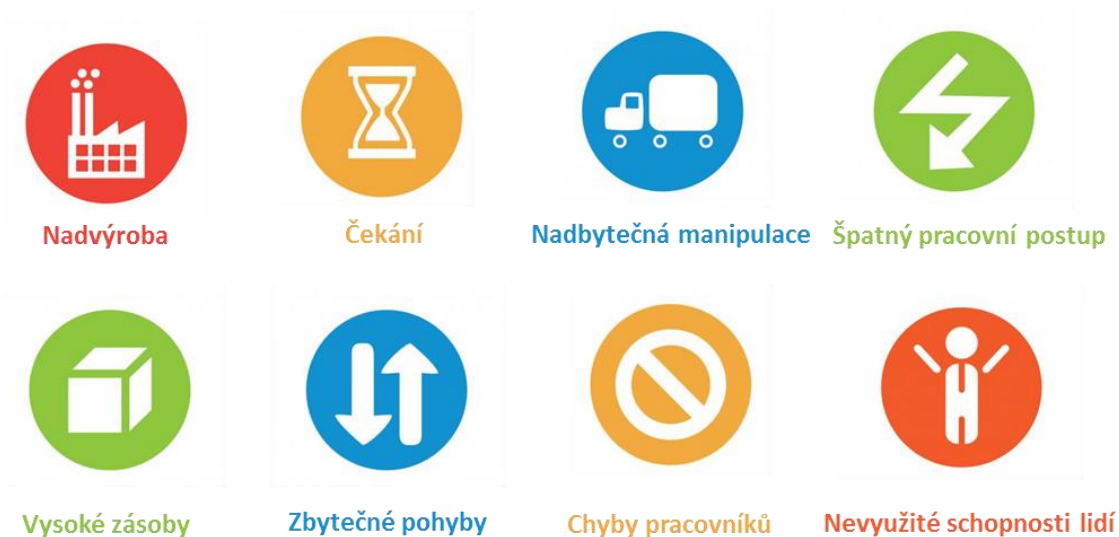
### 1.1.1 Druhy plýtvání ve výrobě

Prvky štíhlé výroby vedou k eliminaci druhů plýtvání, které se v určité míře vyskytuje v každém výrobním podniku. Jedná se o formy plýtvání, které jsou graficky znázorněny v *Obr.: 1-2 Osm druhů plýtvání* a popsány v následujícím seznamu. [2], [3]

- 1) **Nadvýroba** – Jeden z nejzásadnějších druhů plýtvání. Jedná se o náklady, které jsou vynaložené na skladovací místa nebo dodatečnou práci na výrobcích.
- 2) **Čekání** – Zjevné plýtvání. Tento druh plýtvání zahrnuje čekání na materiál, na uvolnění materiálu do výroby, opravu či přenastavení stroje, a také pozorování automatické výrobní linky operátorem.
- 3) **Nadbytečná manipulace** – Zejména pak vícenásobná manipulace je nejčastějším druhem tohoto plýtvání.
- 4) **Špatný pracovní postup** – Může vyvolat potřebu dodatečné práce a spotřeby dodatečných zdrojů a úprav v posloupnosti operací.
- 5) **Vysoké zásoby** – Především nadbytečné zásoby materiálu, hotových výrobků a rozpracované výroby ve skladech.
- 6) **Zbytečné pohyby** – Vyplyvá z nepotřebných pohybů, které nelze označit za práci, která výrobku přidává hodnotu. Toto plýtvání je často následkem nevhodně uspořádaného pracoviště.
- 7) **Chyby pracovníků** – Vedou k plýtvání materiálem, časem, zařízeními, nástroji atd.

Kromě těchto základních druhů plýtvání se často vyskytuje ještě následující kategorie:

- 8) **Nevyužití schopnosti lidí** – jedná se o plýtvání potenciálem pracovníků, jejich schopnostmi, znalostmi, tvořivostí a talentem.



*Obr.: 1-2 Osm druhů plýtvání [3]*

Pro eliminaci plýtvání ve výrobě je nutné umět takové procesy jasně identifikovat a měřit.

### 1.1.2 Metody a nástroje štíhlé výroby

Při procesu zeštíhlování ve výrobě se vyrábí jen to, co zákazník v určitém množství, čase a kvalitě požaduje. Tyto prvky vyžadují plynulý tok a synchronizaci procesů ve výrobě. Pokud podnik dosáhne plynulého toku, získá přehlednost ve výrobě, lepší plnění termínů a méně potřebných ploch. Předpoklady pro plynulý tok ve výrobě jsou stabilní procesy, vyvážené kapacity, dobře fungující okolí výroby (logistika, administrativa, technická příprava) a výroba v malých dávkách. [1]

Mezi základní používané metody a nástroje štíhlé výroby patří:

- 5S,
- analýza a normování práce,
- ergonomie pracovišť,
- SMED (Single Minute Exchange of Die),
- TPM (Total Productive Maintenance),
- poka-yoke,
- FMEA (Failure Mode and Effects Analysis).

## 1.2 Štíhlá logistika

Oblast štíhlé logistiky se zaměřuje na pohyb materiálu a informační tok. Zahrnuje veškerou přepravu, skladování a manipulaci materiálu. Špatnou dopravou, manipulací a skladováním se materiál může znehodnocovat a zbytečně vznikají další náklady na výrobu. Cílem je zabezpečit co nejkratší průběžnou dobu výroby bez zbytečných zásob. Zaměřuje se také na optimalizaci v oblastech nákupu, prodeje, plánování a řízení výroby. Štíhlé logistické procesy jsou úzce spojeny se štíhlými procesy ve výrobě, logistika v podniku je významným ukazatelem konkurenceschopnosti podniku. [1]

Prvky štíhlé logistiky jsou znázorněny na obrázku *Obr.: 1-3 Prvky štíhlé logistiky*: [1]



*Obr.: 1-3 Prvky štíhlé logistiky [1]*



### 1.2.1 Druhy plýtvání v logistice

Stejně jako ve výrobě, i v logistice vznikají určité druhy plýtvání. Podle Košturiaka [1] jsou následující:

- **Zásoby, nadbytečný materiál a komponenty** – materiál se dodává příliš brzo nebo je ho příliš mnoho. Příčina je v nepřesné dokumentaci, v chybách plánovacího systému nebo dodavatele.
- **Zbytečná manipulace** – zbytečné přesuny materiálu, přeskladnění, přeprava.
- **Čekání** na součástky, materiál, informace, dopravní prostředky.
- **Opravování poruch** – odstraňování poruch v logistickém systému – dopravní a manipulační systém, informační systém.
- **Chyby** – přeprava materiálu a komponentů v nesprávném množství a čase.
- **Nevyužité přepravní kapacity.**
- **Nevyužité schopnosti pracovníků.**

### 1.2.2 Metody a nástroje štíhlé logistiky

Oblast štíhlé logistiky se soustřeďuje především na pohyb materiálu a na informační tok. Cílem je zabezpečit co nejkratší průběžnou dobu výroby bez zbytečných zásob. Základem štíhlé logistiky je filosofie JIT (Just in time), případně JIS (Just in sequence). Podpůrným nástrojem bývá VSM (Value Stream Mapping), Kanban, a jiné.

Mezi základní metody a nástroje štíhlé logistiky patří:

- JIT (Just In Time),
- JIT (Just In Sequence),
- VSM (Value Stream Mapping),
- Kanban,
- FIFO (First In First Out),
- Milk-run,
- Heijunka.

## 1.3 Štíhlý vývoj

Cesta ke štíhlému podniku začíná již v raných etapách a v technické přípravě výroby. Ve vývojové fázi se určují způsob výroby i montáže a je možné přímo do výrobku a výrobního procesu zavést principy štíhlosti. Například vyloučení omylů (poka yoke), autonomii pracoviště (jidoka), nízkonákladovou automatizaci (low cost automatization) a jiné. Cílem štíhlého vývoje je redukce času vývojových etap minimálně na polovinu, i procesy v rané fázi se dají racionalizovat, protože je možné k nim přistupovat jako k opakovaným administrativním činnostem. [1]

## 1.4 Štíhlá administrativa

Hlavním cílem štíhlé administrativy je vytvoření efektivních, bezchybných a stabilních procesů, které umožní firmě dosahovat vysoké produktivity, požadované kvality a maximálního výkonu v rámci administrativních činností. Štíhlá administrativa se snaží zkracovat průběžné časy zakázek, snižovat zásoby a zpřehledňovat procesy, spočívá také v pořádku a systému. [1]

## 2 Logistika

Předmětem logistiky jako takové jsou procesy, jejichž náplní je přemísťování objektů v prostoru a čase. Pro efektivnost těchto procesů je důležité minimalizovat spotřeby času zdrojů, které jsou potřebné k dosažení cíle systému v daných podmínkách. Za nejcennější veličinu je v logistice považován čas. Úspora času je dokonce důležitější než úspora nákladů. Ve všech aplikacích logistiky je možné najít snahu o úsporu času a jeho smysluplné využití. Správně fungující logistika přináší výrobnímu podniku stmelující efekt a podporuje spolupráci pracovníků v podniku i se zákazníky a dodavateli. [5]

Definování logistiky probíhá již několik desítek let, podle toho, jak se mění pohled na problematiku v jednotlivých oblastech a uplatnění. Definice podle Evropské logistické asociace je velmi konkrétní: „Logistika představuje organizaci, plánování, řízení a realizaci toků zboží vývojem a nákupem počínaje, výrobou a distribucí podle objednávky finálního zákazníka konče tak, aby byly splněny všechny požadavky trhu při minimálních nákladech a minimálních kapitálových výdajích.“ [6]

Obecně všechny definice směřují k tomu, že logistika se zabývá plánováním, řízením pohybu materiálu, osob, informací či energie v systémech a v jejich následné kontrole.

Hlavním úkolem logistiky je, aby bylo k dispozici: [7]

- správné množství,
- správných objektů (materiál, zboží, osoby, energie, informace atd.),
- na správném místě (zdroj a místo určení),
- ve správném čase,
- ve správné kvalitě,
- za správnou cenu.

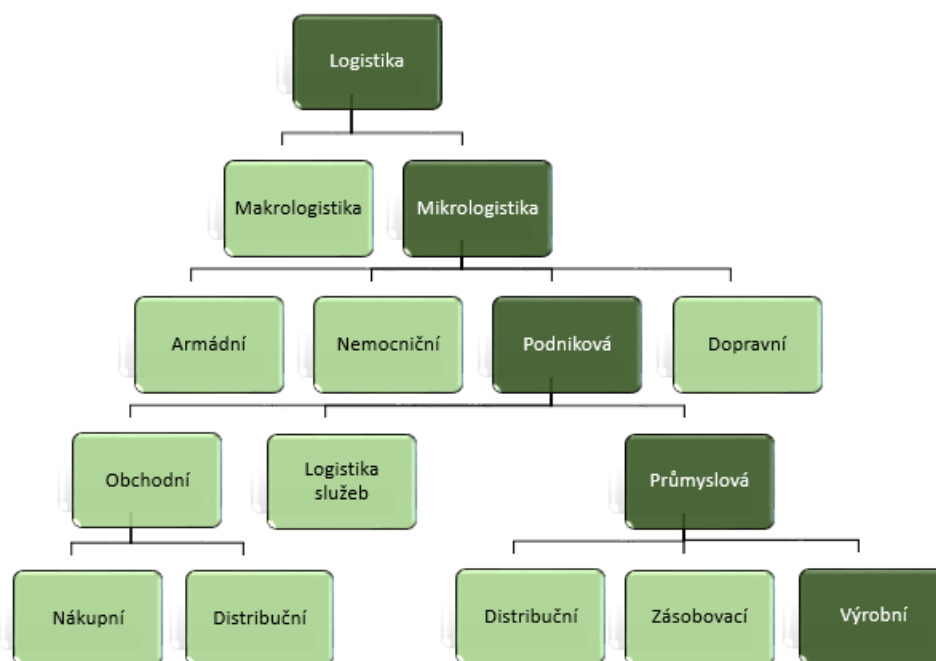
Spokojenost zákazníka je jedním z hlavních kritérií pro hodnocení správnosti logistických činností. Teoretický základ logistiky tkví v systémovém přístupu ke studiu reality, který lze charakterizovat jako filozofii, jež spočívá v komplexním chápání jevů v jejich vnitřních a vnějších souvislostech.

**Systémový přístup** reprezentuje způsob myšlení, jehož základy spočívají na celkovém vidění a na principu neustálého pohybu, přeměn jednotlivých částí reality jako způsobu její existence.

**Logistický přístup** k výrobě, k jejímu řízení a uspořádání odstraňuje bariéry vzniklé klasickou dělbou práce ve výrobě. Tyto bariéry přerušují a prodlužují časové trvání výrobního procesu a mohou tak ohrožovat kvalitu výsledného výrobku. [7]

### 2.1 Dělení logistiky

Logistiku je možné dělit podle jednotlivých oblastí a úrovní, jak ukazuje následující obrázek *Obr.: 2-1 Dělení logistiky*. [6]



Obr.: 2-1 Dělení logistiky [6]

Jak je ze schématu patrné, podniková logistika ve svém dělení vedle výrobní logistiky zahrnuje ještě distribuční a zásobovací logistiku, které jsou pro firmu nezbytné. Diplomová práce se bude zaměřovat především na podnikovou logistiku zabývající se výrobou.

#### Dělení z hlediska šíře zaměření na studium materiálových toků: [7]

- Makrologistika může přesahovat hranice podniku i jednotlivých států. Zaměřuje se na logistické řetězce pro výrobu od těžby surovin až po dodání výstupu zákazníkovi.
- Mikrologistika se zabývá logistickým systémem pouze uvnitř dané organizace.

#### Podniková logistika

Podniková logistika má za úkol podporovat podnik v dosažení jeho základního cíle a tím je ziskovost. Správně fungující podniková logistika vede ke zkrácování dodací lhůty produktů pro výrobní podnik a tím dává podniku schopnost pohotově a kvalitně dodávat. Zároveň snižuje hodnotu zásob materiálu, nedokončené výroby i hotových výrobků a tím dochází ke snižování hodnoty vázaného kapitálu, který je potřebný pro fungování podniku.

Úlohy podnikové logistiky lze rozdělit do tří hlavních oblastí:

1. **Expedice hotových výrobků** – řeší plynulou expedici hotových výrobků, jak velké mají být zásoby hotových výrobků, skladování, balení, jak řešit zkrácení času na expedici atd.
2. **Zásobování výroby materiálem** – zabývá se příjmem materiálu, jakou strategii zvolit pro nákup a zásobování materiálu, sklad materiálu, jak snížit zásoby materiálu atd.
3. **Příprava výroby a výroba** – zaměřuje se na uspořádání pracoviště a výrobní úsek, plánování výroby, jak snížit dobu na zpracování zakázky atd.

Činnosti logistické povahy se oproti činnostem technologickým bezprostředně nepodílí na vytváření hodnoty pro zákazníka, ale vytváří podmínky pro optimální průběh jednotlivých

činností technologické povahy, které na sebe navazují a působí na efektivní průběh celého výrobního procesu. [5]

Podle Horvátha [5] jsou cíle podnikové logistiky následující:

1. **Zajistit plynulé zásobování** materiálem, nakupovanými díly, pomocnými, provozními a energetickými materiály případně zajištění plynulého odsunu odpadů.
2. **Zajistit plynulý výrobní proces** s časově a prostorově vhodnými a plynulými manipulacemi s materiálem.
3. **Zajistit pohotové dodávky výrobků**, které uspokojí požadavky zákazníků.

Základním cílem podnikové logistiky je především optimálně uspokojit potřeby zákazníka, který se stává nejdůležitějším článkem celého logistického řetězce. Právě od zákazníka vychází informace o požadavcích na zabezpečení dodávky zboží a s ní i další služby.

**Podrobnější dělení průmyslové logistiky:** [7]

- Distribuční logistika – zabývá se transportem hotových výrobků k zákazníkovi. Zahrnuje plánování, řízení, realizaci a kontrolu toku materiálu, informací a energií v podnikových distribučních systémech.
- Zásobovací logistika – zahrnuje plánování, řízení, realizaci a kontrolu toku materiálu, informací a energií v podnikových systémech nákupu.
- Výrobní logistika – představuje vše od procesu přesunu materiálu až po expedici hotových výrobků ze skladu.

## 2.2 Logistické technologie

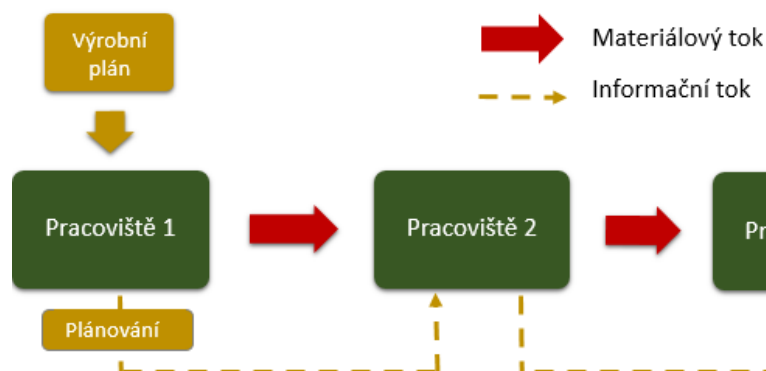
Logistické technologie zahrnují veškeré vhodně nastavené metody a řídicí operace, které zajišťují maximální uspokojení požadavků zákazníka s co nejnižšími náklady. Tento systémový sled procesů a úkonů, které jsou uspořádány do dílčích ustálených procesů, se nazývá logistické technologie. Každá metoda má obecný cíl, tj. poznání skutečnosti a její změnu k lepšímu. K nejdůležitějším předpokladům úspěchu v logistice, patří správné zvolení metody, které vychází především ze znalosti metod. [8]

Nejdůležitější logistické technologie mohou být například:

- Kanban,
- Just-in-Time,
- Quick Response,
- Hub and Spoke,
- Cross-Docking,
- mapování materiálového toku,
- koncentrace skladové sítě,
- kombinovaná přeprava, atd.

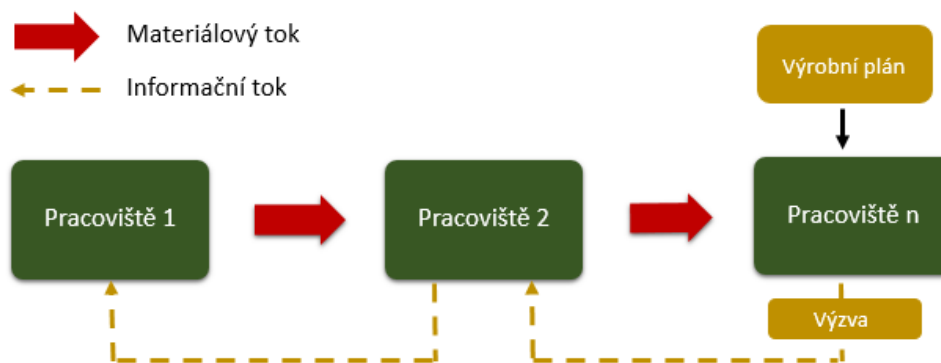
### 2.2.1 Tahový a tlakový systém

V tradičním způsobu řízení výroby se informace i materiál takzvaně souběžně protlačují přes jednotlivá pracoviště ve směru materiálového toku. Zásoby jsou doplňovány v jednotlivých časových obdobích na základě plánu. Nevychází se tedy ze skutečné poptávky, ale z plánovaných potřeb. Tím často dochází k nežádoucím jevům, jako jsou velká rozpracovanost výroby, která může způsobovat nízkou jakost či vysoká úroveň zásob. Pro tento systém se používá označení tlakový – push a je naznačen na obrázku *Obr.: 2-2 Push system*.



Obr.: 2-2 Push system [5]

Opakem toho systému je princip tahu – pull, který je znázorněn na obrázku *Obr.: 2-3 Pull system*. Jedná se o výrobu na výzvu, kdy si jednotlivá pracoviště mezi sebou předávají nedokončený výrobek až do jeho finálního zpracování. Materiál není vydán, dokud další uživatel nevyšle signál. V zásadě lze uvažovat, že první pracoviště se chová jako dodavatel a konečné pracoviště jako zákazník. Výrobky, případně díly jsou takzvaně vytahovány z výrobního systému v objemech, které jsou potřebné pro splnění požadavků zákazníka. Informace o požadavku zákazníka se nechá působit na konci materiálového toku. Snahou v procesech řízených tahem bývá rozdělit pracovní operace časově tak, aby byly rovnoměrné a nikde se nehromadily rozpracované kusy ve větší míře, než je vypočítaná optimální dávka. Vzniká tak plynulý tok ve výrobním procesu.



Obr.: 2-3 Pull system [5]

V praxi mívá systém tahu často podobu, které se říká Kanban. [5]

### 2.2.2 Kanban

Termín Kanban pochází z japonského slova kartička, štítek. Jedná se o bezzásobový systém řízení logistiky, který poprvé zavedla japonská firma Toyota Motors a následně se rozšířila především do výrobních podniků po celém světě. Je vhodný především pro sériovou výrobu, založenou na opakovaně používaných dílech.

Vychází z následujících principů: [8]

- Funguje na základě **samořídících regulačních okruhů**, které jsou tvořeny dvojicí článků, vzájemně propojených tažným principem.

- **Objednacím množstvím** je obsah **jednoho plně naplněného přepravního prostředku** konstantním množstvím materiálu.
- **Dodavatel ručí za kvalitu a odběratel je povinen objednávku převzít.**
- **Kapacity dodavatele a odběratele jsou vyvážené** a jejich činnosti synchronní.
- **Spotřeba materiálu je rovnoměrná.**
- Dodavatel ani odběratel **netvoří zásoby**.

V systému Kanban je po odebrání kompletní výrobní dávky odeslaná z odběrového místa dodavateli karta Kanban, která má funkci objednávky na dodávku nové výrobní dávky, materiálu nebo polotovaru. Kanban karty zároveň slouží k signalizaci stavu zásob a rozpracovanosti výroby. V kartě, kterou ukazuje *Obr.: 2-4 Příklad Kanban karty [16]*, jsou uvedené odpovědi na následující otázky: [9]

- **Kdo?** – výrobní místo,
- **Co?** – popis výrobku, grafické zobrazení, identifikační číslo,
- **Pro koho?** – spotřební místo,
- **Kolik?** – množství, velikost dávky, kapacita dopravního prostředku.

Dodavatel TTESA Kód dodavatele <b>Q001.0</b>	YK číslo <b>YK511-90015</b>	Sklad <b>CG</b>
Pořadové číslo kanbanu <b>P001</b>	Místo uskladnění <b>A-01-01-0C-03</b>	Typ kanbanu <b>SKLADOVÝ</b>
Měrná jednotka <b>KG</b>	Popis <b>SVARECSKA ELEKTRODA</b>	Nákladové středisko
Lead Time <b>50</b>	Specifikace <b>MA-1 3.2MM</b>	Skupina uživatele
Způsob balení	Kód materiálu dodavatele <b>MA-1 3.2MM</b>	Poštovní číslo
Hmotnostní třída <b>1</b>		Lokace uživatele
Objednávkové množství <b>00010</b>		Číslo kontroly nákladů

*Obr.: 2-4 Příklad Kanban karty [16]*

V současné době existuje i takzvaný bezkartičkový Kanban, který využívá elektronické systémy (čtečky, QR kódy) nebo může být řízen jednoduše pomocí vizuálních signálů.

Výhody zavedení metody Kanban podle Horvátha [5] jsou následující:

- Plynulost výroby,
- snížení velikosti zásob nedokončené výroby,
- zvýšení pružnosti reakce výroby na požadavky zákazníků,
- zvýšení produktivity práce.

### 2.2.3 Just-in-Time

Technologii Just-in-Time je možné definovat jako rozšířenou technologii Kanban, protože propojuje nákup, výrobu a logistiku. Jedná se o původně Japonskou filozofii řízení výroby,

která se později rozšířila i do Evropy. Jde o způsob uspokojování poptávky po určitém materiálu ve výrobě nebo hotovém výrobku v distribučním řetězci v přesně určených a dodržovaných termínech dodáváním „právě včas“ podle potřeb odběratelů.

Hlavním prvkem řízení podle technologie JIT je princip neustálého zlepšování označovaná pojmem Kaizen. JIT je o řízení toku materiálu dle koncepce „dostat správné výrobky na správné místo ve správnou dobu“. Just-in-Time se zaměřuje na identifikaci a odstraňování ztrát ve všech místech a fázích výrobního procesu. [8]

Ideální cíle zavedení JIT ve výrobě se často označuje jako tzv. „seven zeroes“ – sedm nul. Tyto cíle jsou následující. [11]

1. Nulová zmetkovitost
2. Nulové časy seřizování
3. Nulové zásoby
4. Nulová manipulace
5. Nulové přerušení výroby
6. Nulové časy dodávky
7. Dávky s velikostí jedna

#### **Přínosy vyplývající ze zavedení systému JIT: [10]**

- Zlepšení produktivity a větší úroveň řízení mezi různými úseky výroby,
- snížení stavu surovin, zásob ve výrobě a zásob hotových výrobků,
- zkrácení doby cyklu výroby,
- zlepšení obrátky zásob.

Zavedení systému JIT může vést i ke snížení distribučních nákladů, ke snížení počtu dopravců a dodavatelů, ke zvýšení kvality výrobků a k nižším nákladům na přepravu.

#### **Bariéry při zavádění JIT do výroby**

JIT není jednorázová činnost, ale jedná se o dlouhodobý proces na principu neustálého zlepšování. Z toho důvodu není možné přehlížet jistá omezení a problémy, které systém JIT může přinášet.

Tyto problémy lze shrnout do čtyř kategorií:

- Výrobní plánování společnosti,
- výrobní plány dodavatelů,
- rozmístění dodavatelů,
- odpor ze strany zaměstnanců.

Pokud je v podniku nutné přizpůsobovat výrobu kvůli nestejně poptávce, bude potřeba vyšší hladina zásob. Vznikají-li v podniku vysoké ztráty při vyčerpání zásob z důvodu výpadku výroby, pak JIT, který snižuje hladinu zásob, nemusí být pro podnik optimální.

Dalším problémem mohou být výrobní plány dodavatelů. Pokud dodavatelé nejsou schopni poskytovat díly v souladu s výrobním plánem podniku, vznikají menší a častější objednávky, které znamenají další náklady jak pro podnik, tak pro dodavatele.

Třetí problém vyplývá z geografické polohy dodavatelů. S rostoucí vzdáleností mezi dodavatelem a podnikem se zvyšují dodací náklady z důvodu nepředvídatelnosti dodacích dob.

V neposlední řadě se společnosti mohou setkávat s odporem ze strany zaměstnanců při zavádění čehokoliv nového. Pro odstranění tohoto problému je nutné zajistit dostatečnou podporu podnikových systémů, definovat úroveň servisu a dostatečně plánovat. [10]

### 2.2.4 Empirické metody

Empirické metody vycházejí především ze zkušeností. Patří sem následující metody: [7]

- *Metoda pozorování.* Vychází ze smyslů člověka, v některých případech může být pozorování doplněné technickými prostředky (dalekohled, periskop, kamera).
- *Experiment* ověřuje existenci dosud nepotvrzených souvislostí. Využívá se i v případě uskutečnění změn.
- *Modelový experiment* umožňuje zkoumat i abstraktní objekty, s nimiž by nebylo možné reálně pracovat.
- *Reflexe* znamená zpětný odraz a zakládá se na intuici.
- *Měření*, které vzniklo na základě srovnání, avšak poskytuje přesnější informace. Spočívá v určení číselné hodnoty určité veličiny prostřednictvím jednotky měření.
- *Dotazníky.* Slouží ke zjišťování názorů na daný problém.
- *Testy*, které obsahují soubor otázek, pravidel a činností. Jsou určeny k ověřování hodnot.

### 2.3 Zásoby v podniku

Zásoby představují významnou součást podniku, jedná se o zásadní a nákladnou investici. Pokud jsou zásoby kvalitně řízeny, lze docílit zlepšení cash-flow i návratnosti investic. Zásobou jsou chápány části užitných hodnot, které byly vyrobeny, ale ještě nebyly spotřebovány. Tvoří především časový, místní, kapacitní či sortimentní nesoulad mezi výrobou a spotřebou a kryjí předvídané a nepředvídané výkyvy a poruchy. Hlavním problémem udržování zásob je především to, že váží kapitál, spotřebovávají další práci a prostředky a nesou s sebou i riziko znehodnocení, neprodejnosti či nepoužitelnosti. [7], [10]

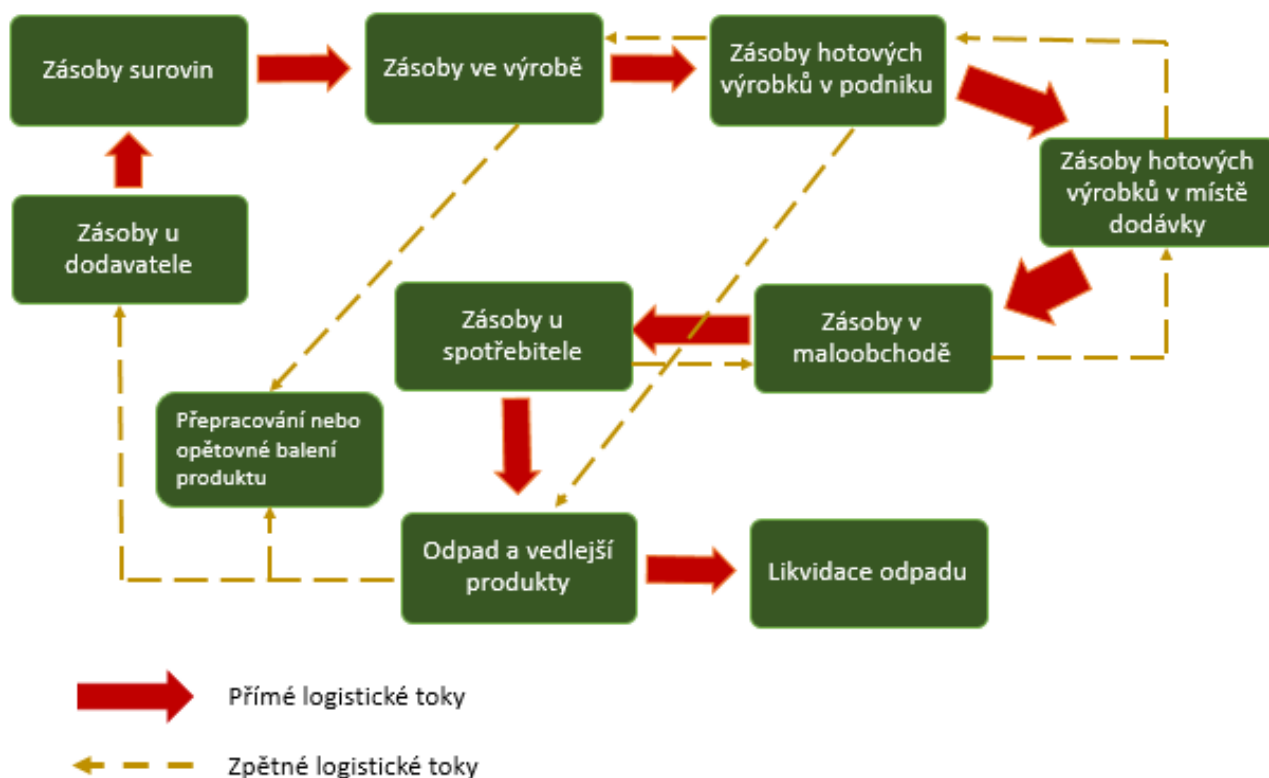
Důvody proč udržovat zásoby v podniku jsou následující: [10]

- Schopnost podniku dosáhnout na úspory z rozsahu,
- vyrovnávají nabídku a poptávku,
- umožňují specializaci výroby v podniku,
- poskytují ochranu před neočekávanými událostmi a nejistotou,
- poskytují „tlumič“ v rámci celého dodavatelského řetězce.

Na obrázku *Obr.: 2-5 Pohyb zásob v logistickém řetězci* je možné vidět typický pohyb zásob v dodavatelském řetězci, který zahrnuje dodavatele, výrobce, prostředníka a spotřebitele. Suroviny, které jsou přemístěny od dodávek do místa výroby, se stávají vstupem pro výrobní proces. Po ukončení celého výrobního procesu je potřeba produkt přemístit do zásob hotových výrobků v rámci podniku, poté jsou tyto výrobky rozmístěny do jednotlivých dodávkových míst (zásoby v maloobchodě). Dalším krokem je pak přemístění zásob tak, aby byl umožněn jejich nákup zákazníkem, který je použije pro individuální spotřebu. Celý proces je závislý na informačním toku od zákazníka k podniku a dále k dodavatelům podniku.

V obrázku jsou také znázorněné zpětné logistické toky. Někdy je nutné přemísťovat produkt distribučním kanálem i zpět, a to například kvůli vrácení zboží zákazníkem nebo z ekologických důvodů, kdy jsou využívány vratné obaly.





Obr.: 2-5 Pohyb zásob v logistickém řetězci [7]

### 2.3.1 Typy zásob

Zásoby je možné rozdělit na dvě hlavní skupiny: [7]

- ➔ Nakupované zásoby od dodavatelů
  - Materiál
  - Zboží
  - Zvířata
- ➔ Zásoby vytvořené vlastní hospodářskou činností
  - Nedokončené výrobky
  - Polotovary vlastní výroby
  - Hotové výrobky
  - Zvířata

Zásoby lze také klasifikovat podle jejich účelu udržování: [10]

1. **Běžné zásoby** – Vznikají na základě doplňování prodaných nebo použitých zásob ve výrobě. Rovnají se množstvím, která jsou potřeba pro pokrytí poptávky v podmínkách jistoty.
2. **Zásoby na trase** – Zásoby, které se nacházejí na cestě z jednoho místa do druhého. Z hlediska prodeje nebo poptávky nejsou dostupné, dokud nedorazí do předem určené lokality.
3. **Pojistné (vyrovnávací) zásoby** – Tyto zásoby se v podniku udržují nad rámec běžných zásob z důvodu neočekávané poptávky, např. při silně sezónní výrobě či spotřebě, v případě dovolených u dodavatele, očekávaných potíží u dodavatele či v dopravě.

4. **Spekulativní zásoby** – Zásoby, které jsou na skladě udržovány z jiného důvodu než pro uspokojení běžné poptávky, například nákup většího množství materiálu, než je nutné kvůli předpokládanému růstu cen.
5. **Sezónní zásoby** – Jednou z forem spekulativních zásob, které zahrnují zásoby akumulované před začátkem specifického období.
6. **Mrtvé zásoby** – Jedná se o položky, po kterých po nějakou dobu nebyla zaznamenána žádná poptávka. Mohou vznikat z hlediska podniku jako celku nebo z hlediska konkrétního skladovacího místa. Pokud se jedná o druhý zmíněný případ, je vhodné takové položky přesunout na aktuální skladovací místa, aby se přešlo ztrátám ze zastarání.

### 2.3.2 Klasický versus logistický pohled na zásoby

Z hlediska klasického přístupu uspořádání výroby jsou zásoby hodnoceny jako převážně pozitivní jev. Zásoby dávají podniku možnost plynulosti výroby bez přerušování z nedostatku materiálu, nabízejí vyšší pružnost v plánování výroby, chrání před nepředpokládanými situacemi, jako jsou poruchy u dodavatelů nebo je díky nim možné jednoduše překlenout poruchy ve výrobě.

Naproti tomu, logistický přístup v řízení výroby vidí držení zásob v podniku spíše negativně. Zásoby váží provozní prostředky, které podnik vynaložil na jejich pořízení namísto na tvorbu nových hodnot. Zakrývají problémy, ke kterým ve výrobním procesu dochází. Pokud po snížení zásob vzniknou poruchy ve výrobě, může být celá výroba zastavena, zároveň tento jev vyvolá koncentraci na problém, proč byla výroba zastavena a zavedení opatření, aby se tato situace již neopakovala. Podnik, který má nulovou zásobu splňuje jeden z hlavních cílů pro logistickou technologii Just-in-Time.

V reálu se jedná o trvalou snahu postupně snižovat zásoby ve výrobním podniku. Obecně by mělo platit pravidlo: Redukovat zásoby a problémy, které jsou zapříčiněny jejich vznikem a poté řešit otázku výše a způsobu řízení zásob. Při minimalizaci zásob je nutné zjistit jejich místo a příčinu vzniku. Je třeba zaměřit se především na materiály nakupované a díly s velkým objemem spotřeby. [5]

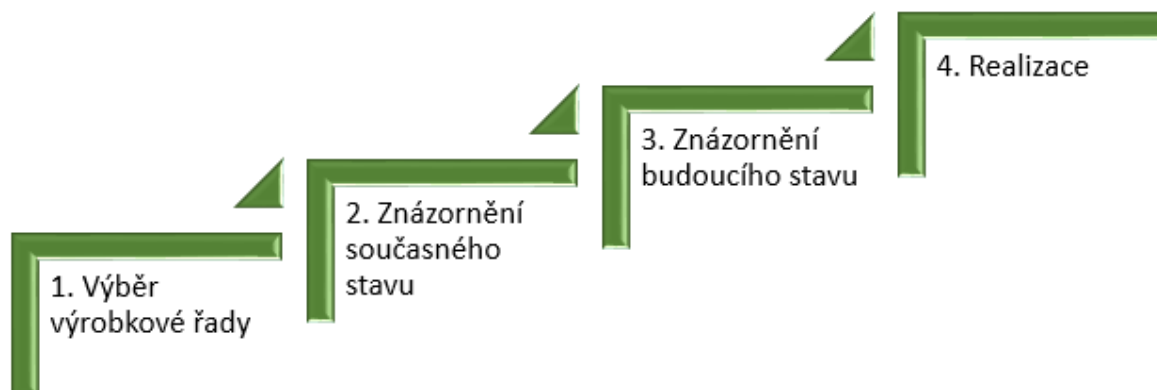
### 3 Mapování hodnotového toku v podniku

Jednou ze základních technik prvků štíhlé výroby, je management toku hodnot. Tato metoda pomáhá v analýzách, vizualizaci a měření plýtvání v celém hodnotovém toku podniku. Využívá se v mnoha oblastech podniku, vedle výroby, je tato metoda vhodná při použití v logistice, administrativě nebo vývoji. Tokem hodnot se rozumí veškeré procesy (produktivní i neproduktivní, které jsou na cestě od materiálu k hotovému výrobku. Kromě zobrazení toku hodnot současného stavu umožňuje i plánování změn v toku hodnot a modelování budoucího stavu. Pouze pomocí tužky a papíru je možné za několik hodin získat velmi cenný pohled na plýtvání v podniku. [1]

Metoda Value Stream Mapping (VSM) slouží k mapování hodnotového toku a využívá při tom grafického zobrazení toku hodnoty, který může být finanční, materiálový, informační nebo jiný. Díky VSM je možné hlouběji pochopit celý tok produkčních procesů, které prochází celou organizací a jeho návaznost na systém řízení organizace, plánování a požadavky zákazníka. Mapování hodnotových toků pomáhá odhalit možné ztráty, úzká místa, slabé stránky a důvody neefektivních toků kdekoli v organizaci. Je možné ji aplikovat na celou organizaci nebo jen na její určitou část, přičemž lze využít také mapu procesů. [12]

#### 3.1 Postup při mapování toku hodnot

Jednotlivé kroky při realizaci VSM ukazuje schéma *Obr.: 3-1 Postup při mapování toku hodnot*.



*Obr.: 3-1 Postup při mapování toku hodnot*

K tomuto postupu je nutné poznamenat, že vytváření map současných a budoucích stavů je neustálý proces. Vytvořením jedné mapy současného a budoucího stavu pro jeden produkt se proces mapování nekončí. V důsledku neustálých změn ve výrobě je nutné mapy neustále aktualizovat.

Posledním krokem je připravit a začít aktivně využívat implementační (akční) plán, který popisuje, jaký je plánovaný budoucí stav a jak se stane realitou po nakreslení mapy budoucího stavu. Budoucí stav je možné doladovat během implementace kroků z akčního plánu. [13]

##### 3.1.1 Výběr výrobní řady

Při tvorbě mapy je důležité vybrat buď jeden reprezentativní výrobek anebo výrobní řadu, ty se určují od zákaznického konce a je to vždy výrobek nebo skupina výrobků, které prochází podobnými kroky zpracování nebo zároveň i společnými zařízeními. Pokud

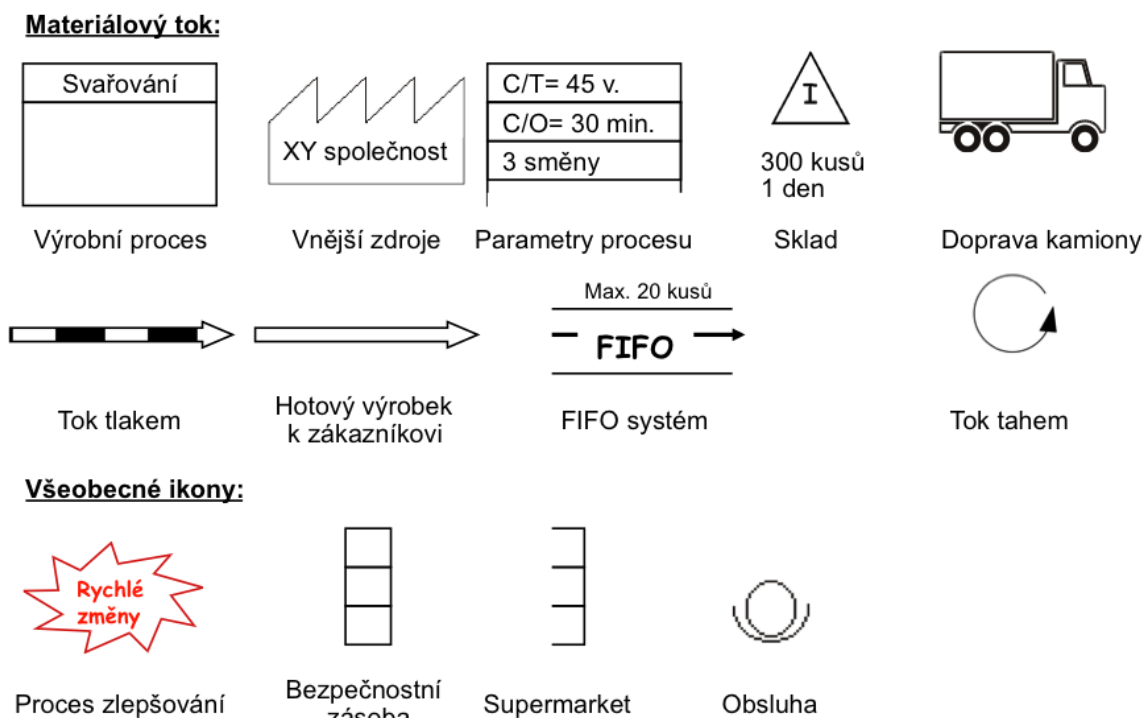
je výrobní mix příliš složitý, pak je vhodné využití ABC analýzy nebo vytvořit matici s montážním postupem a zařízeními na jedné ose a výrobky na ose druhé, jak naznačuje následující obrázek.

		Montážní operace							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Výrobky	A	X	X	X		X	X		
	B	X	X	X	X	X	X		
	C	X	X	X		X	X	X	
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X	X	
	G	X		X		X	X	X	

Obr.: 3-2 Výběr skupiny výrobků na montážní operaci [13]

### 3.1.2 Znázornění současného stavu

Druhým krokem je zaznamenání základních výrobních procesů. Každý tento proces je zaznamenán jedním symbolem, který ho reprezentuje. Jednotlivé symboly ukazuje Obr.: 3-3 *Přehled používaných ikon ve VSM [14]*. K jednotlivým procesům jsou přiřazovány potřebné informace. Jak symboly jednotlivých procesů, tak také potřebné související informace jsou zaznamenány do mapy současného stavu.



Obr.: 3-3 Přehled používaných ikon ve VSM [14]

Materiálový tok je kreslený z levé strany (vstup) doprava v jedné linii (dle procesních kroků), není kreslen podle fyzického layoutu výroby. Při samotném mapování je snaha vytvořit materiálový tok co nejjednodušeji, takže prvotně mapujeme jen klíčové komponenty. Pokud budou potřeba mapy pro všechny komponenty, dokreslují se později. Zároveň se tato část zaměřuje na samotný sběr informací. Je těžké hned na první pokus odhadnout, které informace budou důležité do budoucího stavu (v mnoha případech až po zmapování několika současných a budoucího stavů lze poznat, které informace o výrobě jsou potřebné pro proces zlepšování).

Informace potřebné ke zjištění:

- C/T - cyklový čas = čas, který uběhne od prvního kusu, který opustí proces až po další kus, který opustí proces,
- C/O - čas potřebný pro přetypování = čas potřebný pro přetypování stroje z jednoho typu výrobku na další,
- počet operátorů,
- počet variant produktu,
- dostupný čas,
- počet směn.

Mapování toku hodnot používá sekundy jako časové jednotky pro cyklové časy, časy taktu a dostupné časy pro práci. Při určování velikosti zásoby před každým procesem se vychází z požadavku zákazníka. [13]

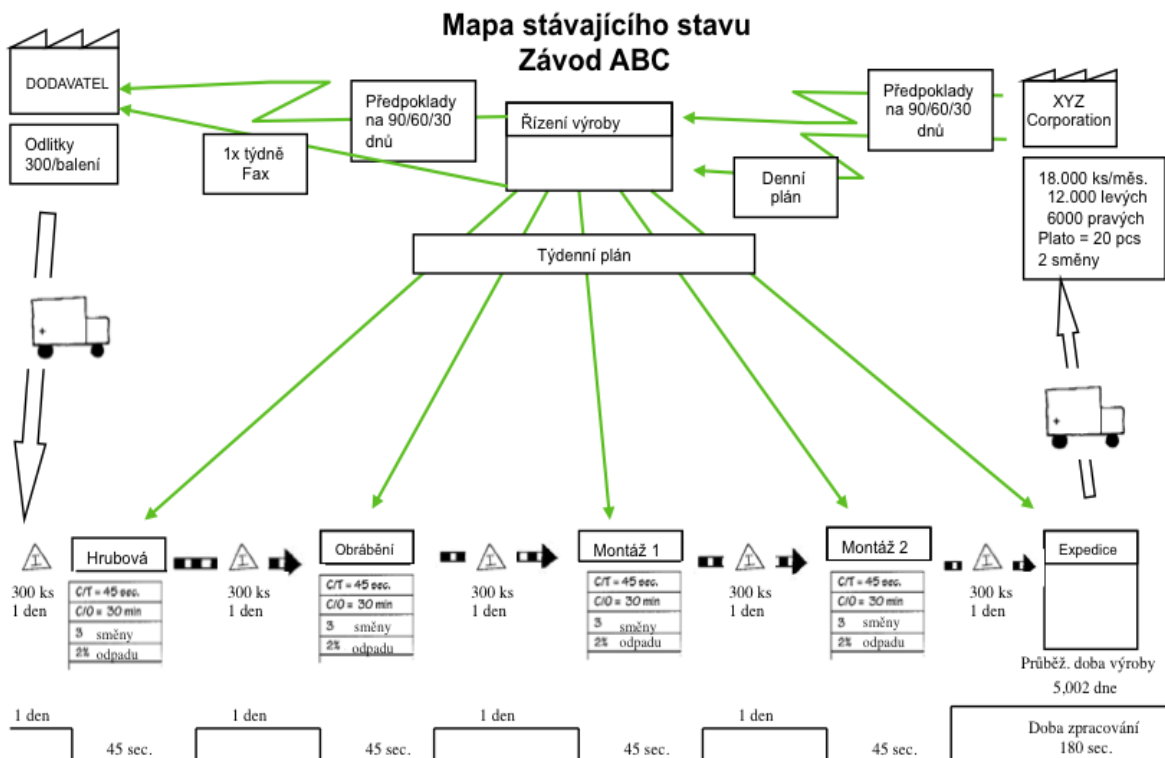
**Postup tvorby mapy současného stavu:** [1]

1. Vybrat reprezentativní hodnotový tok,
2. nákres hrubé skici procesu,
3. příprava formulářů pro zaznamenání dat,
4. zjištění a zapsání, vypočtení základních údajů o zákazníkovi (požadavky na dodávky, takt, denní potřeba apod.),
5. zaznamenání základních údajů o procesu a operacích (cyklové časy, OEE, časový fond apod.),
6. zmapování stavu rozpracované výroby v procesech a velikost zásob v místech skladování,
7. přepočítání velikosti zásob podle denní potřeby zákazníka,
8. zakreslení ikony zákazníka a uvedení zjištěných údajů do tabulky dat,
9. zakreslení ikony externího dodavatele,
10. pomocí ikon pro výrobní proces a tabulek dat popsat sled pracovních kroků v podniku včetně dodavatele, materiálových toků a ikon skladů s údajem o velikosti zásob,
11. zakreslení externího transportu,
12. zakreslení informačních toků od zákazníka přes podnik až k dodavateli, zachycení systému a formy plánování,
13. zakreslení VA linky,
14. vypočítat základní údaje o hodnotovém toku:
  - celková průběžná doba výroby ve dnech,
  - celkový procesní čas,
  - čas přidávání hodnoty,
  - VA index

$$VA_{\text{index}} = \frac{\text{součet času operací, které přidávají hodnotu}}{\text{součet času operací, které nepřidávají hodnotu}} \times 100 [\%] \quad (1)$$

- ➔ Výsledný poměr určuje, kolik procent z celkové průběžné doby výroby tvoří plýtvání a kolik práce přidávající hodnotu.

Obr.: 3-4 Příklad VSM současného stavu [14] ukazuje výsledek VSM, kdy se jedná o ucelený a komplexní pohled na všechny výrobní a nevýrobní operace zvoleného typu výrobku nebo služby.



Obr.: 3-4 Příklad VSM současného stavu [14]

Po zakreslení mapy současného stavu se přistupuje k její analýze, která spočívá především v identifikaci veškerého plýtvání. Na základě analýzy je také možná implementace některé z metod štihlé výroby, může to být například zavedení Kanban systému, toku jednoho kusu, balancování linek nebo návrh zásobování pomocí supermarketů.

### 3.1.3 Znázornění budoucího stavu

Mapování budoucího stavu vyžaduje znalost principů a nástrojů štihlé výroby, stejně tak vyžaduje vytyčení rozumných cílů. Je možné vytvořit několik map pro budoucí stav, kdy každá zobrazuje nějakou etapu na cestě k implementaci metod. Podle toho, jak práce pokračuje, se mohou také jednotlivé mapy měnit. Některé myšlenky se stávají neproveditelnými a na jiné nápady je třeba se soustředit. [15]

Při definování budoucího stavu je vhodné hledat odpovědi na následující otázky: [13]

- Jaký je čas taktu pro zvolenou výrobovou skupinu?
- Mají se hotové výrobky přímo expedovat nebo se mají uložit do Kanban zásobníku?
- Kde je možné využít plynulý materiálový tok?
- Kde je zapotřebí supermarket tahového způsobu řízení výroby?
- Ve kterém bodě výrobního řetězce se musí plánovat výroba?
- Jak bude plánován výrobní mix udávající takt výroby?

- Jaký konstantní přírůstek práce je možné uvolňovat a odvádět na procesu udávajícím krok výroby?
- Jaká zlepšení procesů musí být provedena pro splnění všech návrhů v mapě budoucího stavu?

Ve většině případů nelze implementovat budoucí stav hned na poprvé. Záleží na mnoha okolnostech včetně schopností a času řešitele, tedy value stream manažera. Jak již bylo zmíněno, je důležité dosažení budoucího stavu chápat jako proces zavádění plynulého toku.

### 3.1.4 Realizace

Po návrhu budoucího stavu a jeho řádném ověření je možné přistoupit k samotné realizaci. Budoucí plán pouze ukazuje cestu vytyčeného cíle, jeho realizaci zajišťuje takzvaný akční plán, který obsahuje:

- Přesný seznam úkolů – co je třeba udělat,
- měřitelné cíle,
- kontrolní dny, konečný termín, řešitele a kontrolory dodržování plnění úkolů. [13]

## 3.2 Přínosy VSM

Díky VSM je možné lépe identifikovat místa, kde dochází ke ztrátám a také lze lépe porozumět příčině neefektivních toků. Vizualizace ukazuje model stavů, které nastávají ve sledovaném řetězci. Mapu je možné vytvořit při analýze výrobních i nevýrobních procesů s cílem zjistit průběžnou dobu výroby nebo zakázky, VA index či reálný pohled na současný stav.

Mezi hlavní přínosy použití metody VSM v podniku se řadí: [1]

- Zkrácení průběžné doby výroby o 20-50 % během několika dní,
- redukce ploch,
- lepší pochopení průběhu procesů a souvislostí mezi nimi,
- zjednodušení systému řízení,
- redukce výrobních dávek a synchronizace procesů,
- eliminace plýtvání.

## 3.3 Rizika VSM

Stejně jako jiné metody a techniky pro plánování a řízení výroby, i v případě VSM se vyskytují určitá omezení a rizika, mezi která zejména patří: [1]

- Problematické využití při proměnlivých procesech a výrobním programu – jedná se o nástroj, který není vhodný pro zakázkovou výrobu a také pro výrobu s dlouhými cyklovými časy.
- Mapa je jen statické zobrazení procesu, při složitějších procesech je někdy nutná dynamická simulace procesů na počítači.
- Nedoporučuje se vytvářet mapu za stolem v kanceláři – je třeba jít analyzovat a měřit procesy přímo do výroby.
- První verze map toku hodnot je nutné verifikovat v týmu.

## 4 Představení společnosti

Praktické řešení diplomové práce je zpracováno ve firmě EvoBus Česká republika, s.r.o. v Holýšově. Jedná se o českou dceřinou společnost EvoBus GmbH, jež je největší evropskou pobočkou skupiny Daimler AG a která zodpovídá za činnost v segmentu autobusové výroby. Vznik EvoBus GmbH je datován k roku 1995 splnutím značek Setra a Mercedes-Benz. Vedle Holýšova jsou výrobní pobočky společnosti rozmístěny téměř po celém světě, v Evropě jsou největší závody v německém Ulmu a Manheimu, právě tyto pobočky jsou hlavním zákazníkem holýšovského EvoBusu.

Společnost EvoBus Česká republika, s.r.o. zodpovídá za prodej a servis autobusů značek Mercedes-Benz a Setra. Závod v Holýšově vyrábí segmenty karoserie a komponenty pro městské, nízkopodlažní autobusy Mercedes-Benz a pro všechny typy autobusů Setra. V současnosti jsou vyráběny také segmenty pro nákladní a užitkové autobusy Unimog. Rámy jsou následně transportovány do již zmiňovaných továren v Manheimu a Ulmu, kde jsou konstrukce montovány v jeden celek autobusu.

Po přistavení nové výrobní haly, kterou je možné vidět na *Obr.: 4-1 Závod v Holýšově [17]*, pokrývá v současné době holýšovský závod přibližně 40 000 m<sup>2</sup> a zaměstnává přes 550 lidí. V posledních letech zažívá česká firma pozitivní růst tržeb v důsledku rostoucích autobusových trhů.



*Obr.: 4-1 Závod v Holýšově [17]*

### 4.1 Charakter výroby

Proces výroby autobusu je započat objednávkou zákazníka, kterým je nejčastěji německá pobočka EvoBus GmbH v Manheimu. Výroba jednotlivých komponent pro městské (Citaro) a dálkové (Raise) autobusy začíná v závodě Holýšov a skládá se z následujících částí:

- 1) **Dálkové autobusy RAISE:**
  - a. Vorbau (Přední část)
  - b. Heck (Zadní část)
  - c. Dach (Střecha)
  - d. VA (Přední náprava)
  - e. HA (Zadní náprava)

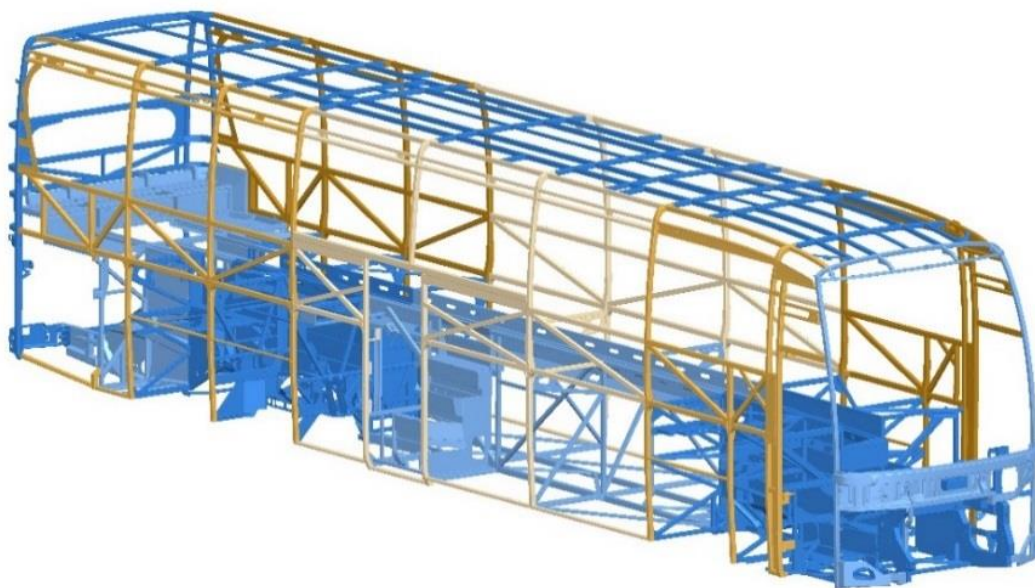


- f. Sitz (Sedák)
- g. Mittel (Střed)
- h. SW (Bočnice)

## 2) Městské autobusy Citaro:

- a. Vorbau (Přední část)
- b. Heck (Zadní část)
- c. Dach (Střecha)
- d. VA (Přední náprava)
- e. HA (Zadní náprava)
- f. Sitz (Sedák)
- g. Mittel (Střed)

Finálním produktem, který odchází ze společnosti EvoBus v Holýšově jsou pouze svařence výše popsaných částí. Díly, které vstupují do komponent, jsou buď nakupované od externích dodavatelů, přibližně 5 000 dílů, nebo jsou vyráběny v závodě na pracovišti zvaném nářezárna, cca 6 000 dílů. Konstrukci, která vznikne svařením jednotlivých komponent, znázorňuje následující *Obr.: 4-2 Skelet autobusu*. Karoserie autobusu vzniká v sestavovacím přípravku na pobočce v Manheimu, kde jsou k městským autobusům přidávány boční panely. Tolerovaná odchylka na patnáctimetrový autobus jsou pouze 2 milimetry.



*Obr.: 4-2 Skelet autobusu*

## Nářezárna

Výroba v holýšovském závodě začíná na pracovišti nazývané nářezárna. Zde se řezáním, frézováním a vrtáním zpracovávají nakupované profily z Německa a Rakouska, které jsou dodávány v různé výšce, šířce i tloušťce stěn. Na nářezárně jsou profily ohýbány trojrozměrně a díky této technologii, která je upotřebena především pro úpravu prostoru nad koly autobusu, je možné materiál tvarovat podle potřeby. Nářezárna denně zpracuje až 40 tun materiálu a přesnost výpalku je tolerována na 0,2 milimetry.

## Fosfátovna

Nářezy vzniklé na předchozím pracovišti je nutné fosfátovat, jedná se o proces odmašťování a vysoušení jednotlivých dílů pro vytvoření antikorozi ochrany. Materiál se namáčí ve třech lázních pomocí plně automatické linky. Po ukončení fosfátování je materiál uložen do skladu. Pro tuto oblast je nastaven dvousměnný pracovní provoz.

## Svařovna

Pomocí systému KANBAN jsou jednotlivé díly přesouvány ze skladu na svařovnu. Tato oblast vedle samotného svařování zahrnuje také broušení a rovnání polotovarů. Pracuje zde přibližně 400 zaměstnanců v jednosměnném i dvousměnném provozu, pracoviště vymezené pro svařovací roboty má nastavený třísměnný provoz.

Nářezy a nakupované díly jsou ve svařovacích boxech zakládány do přípravků a následně svařeny. Po ukončení svařovacího procesu se polotovary přesouvají na broušení a rovnání, kde se odstraňují různé nerovnosti ohřátím autogenem. Po vyrovnání a kontrole podle výrobní dokumentace jsou svařence přesouvány na tzv. „linie“, zde jsou do sebe svařeny podskupiny podle typu zakázky.

V průběhu celého procesu výroby probíhá kontrola kvality jednotlivých kusů dílů.

## 4.2 Výběr výrobkové řady

Pro zpracování diplomové práce byl vybrán reprezentant výrobkové řady. Jedná se o komponentu pro autobus Setra 515 HD (*Obr.: 4-4 Autobus Setra S 515 HD*) a to konkrétně o zadní část tohoto autobusu. Model S 515 HD patří do oblíbené dvanáctimetrové třídy a jako vysoký zájezdový autobus nabízí spoustu místa pro velké množství zavazadel.



*Obr.: 4-3 Zadní pohled S 515 HD*



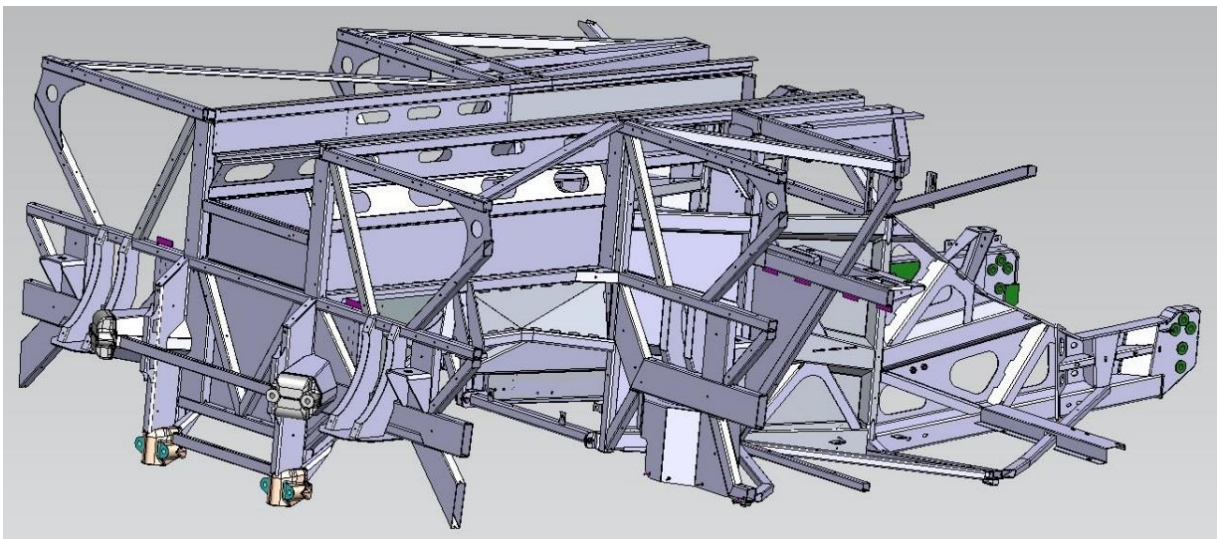
*Obr.: 4-4 Autobus Setra S 515 HD*

Výběr výrobkové řady byl proveden na základě rozhodnutí vedoucího výroby Ing. Tomáše Gattringera, pod jehož vedením byla práce ve společnosti zpracovávána.

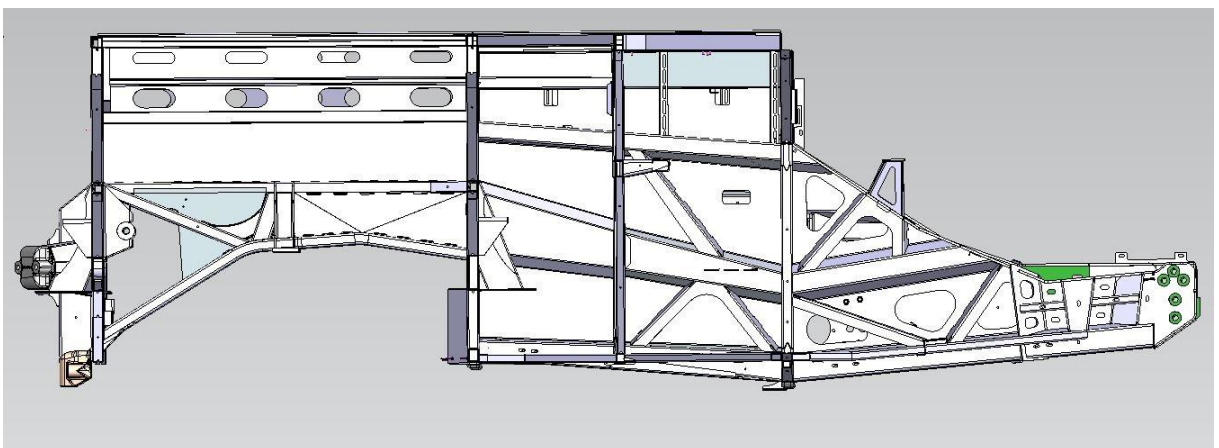
Zadní část komponenty S 515 HD je nejčastěji vyráběným a zákazníkem žádaným výrobkem, produkovaným v závodě EvoBus v Holýšově. Odběratelem je německá pobočka v Manheimu, kde je komponenta kompletována s dalšími a vytvoří kostru celého autobusu. Tento výrobek byl vybrán také z důvodu zajištění plynulejšího materiálového toku, eliminace čekání mezi jednotlivými pracovišti a tím i redukcí nežádoucích meziskladů, které blokují prostor na výrobní hale.

Zadní komponenta je sestavována z několika polotovarů vyráběných ve svařovacích boxech. Jednotlivé podskupiny jsou svařovány z nakupovaných dílů nebo dílů, které jsou vyráběny na nářezárně, následně upraveny na fosfátovně, odkud putují na svařovnu pomocí kanbanového systému. Podrobněji je tento proces výroby popsán v kapitole 4.1 *Charakter výroby* výše.

Na základě požadavků vedení výroby bylo doporučeno mapování materiálového toku pro podskupiny, které jsou vyráběny až na svařovně, kde vznikají největší prostoje a kde sám vedoucí výroby vidí největší problémy v čekání mezi pracovišti a ve vysoké rozpracovanosti výroby. Finální výrobek ilustrují dva pohledy obrázků, *Obr.: 4-5 S 515 HD HA I.* a *Obr.: 4-6 S 515 HD HA II.*, vyjmuté z výrobní dokumentace výrobku.



*Obr.: 4-5 S 515 HD HA I.*



*Obr.: 4-6 S 515 HD HA II.*

## 5 Analýza současného stavu

Analýza současného stavu byla prováděna ve výrobní hale podniku EvoBus a to výhradně v oblastech svařování zadních komponent dálkových autobusů. Jak již bylo zmíněno, výrobní řada pro mapování toku hodnot byla zvolena po společné domluvě výrobní sekce. Pokud by podnik nenavrhl následující výrobek, bylo by vhodné použít například ABC analýzu, která patří mezi nejčastější metodu výběru výrobku nebo výrobní řady.

### 5.1 Popis výrobního procesu vybraného výrobku

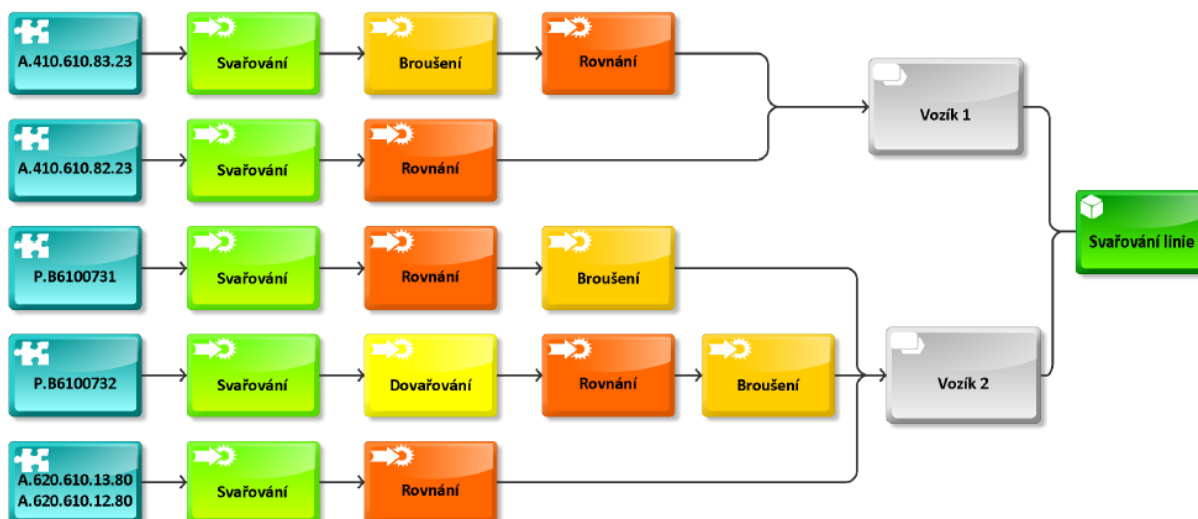
Finální výrobek zadní komponenty pro sledovaný autobus s označením S 515 HD je vyráběn ze sedmi hlavních podskupin, které jsou pro úplnou přehlednost uvedené v tabulce (*Tab.: 5-1 Přehled vyráběných polotovarů*), kdy do komponenty vstupuje vždy jedna tato podskupina. Každá z nich se skládá z nakupovaných dílů, nebo dílů, které jsou vyráběné na nářezárně. Tato práce se soustřeďuje až na výrobu podskupin, která je prováděna ve svařovacích boxech.

Tab.: 5-1 Přehled vyráběných polotovarů

Označení materiálu	Název materiálu	Druh materiálu	Počet vstupujících komponent	Roční objem produkce (ks)	Znak analýzy ABC	Doba vlastní výroby
A.620.002.69.61	EB GERIPPETEIL / VOR QT.9	polotovar	31	1278	A	1 den
A.410.610.83.23	ZB LAENGSTRAEGER / ZUM MOTORTRAEGER RE V	polotovar	25	758	A	1 den
A.410.610.82.23	ZB LAENGSTRAEGER / ZUM MOTORTRAEGER LI V	polotovar	9	882	A	1 den
P.B6100731	ZB Quertraeger 7 HD	polotovar	34	972	A	1 den
P.B6100732	ZB Quertraeger 8 HD	polotovar	28	852	A	1 den
A.620.610.13.80	ZB LAENGSTRAEGER / ZW QT7-8 RE	polotovar	12	1592	A	1 den
A.620.610.12.80	ZB LAENGSTRAEGER / ZW QT7-8 LI	polotovar	12	1592	A	1 den

Výrobní proces jednotlivých polotovarů se skládá převážně ze čtyř hlavních činností, které se u jednotlivých podskupin mohou lišit. Nejčastěji polotovary prochází svařováním, broušením a rovnáním. Každá tato činnost je prováděna na pracovišti, které je k tomu určené. Po porovnání všech dílů, které vstupují do finální komponenty S 515 HD, čekají u broušícího

boxu na kompletaci skupiny, která je na vozíku převezena na další oblast výrobní haly – linie. Zde jsou tyto polotovary svařeny do finální podoby. Celý výrobní proces každého polotovaru je podrobněji popsán v procesní mapě, která byla vytvořena softwarem ARIS a je nahrána na příloženém CD. Následující obrázek *Obr.: 5-1 Průběh polotovarů jednotlivými pracovišti* ukazuje velmi zjednodušeně průběh výroby zvolených polotovarů právě tak, jak bude probíhat mapování toků jednotlivými pracovišti.



*Obr.: 5-1 Průběh polotovarů jednotlivými pracovišti*

Výroba začíná ve svařovacím boxu (*Obr.: 5-2 Svařovací pracoviště*). Prvním krokem je příprava pracoviště, která zahrnuje výměnu přípravku a náběr dílů pro novou výrobní dávku. Zásobování dílů je zajištěno pomocí regálů rozmístěných kolem pracoviště, zavážení dílů potřebných pro výrobu polotovarů je řízeno kanbanem. Po ustavení a upnutí dílů do přípravku přichází na řadu samotné svařování metodou MAG, takto je polotovar oboustranně svařován na otočném stole. Po ukončení procesu je díl upnut do řetězu jeřábu a uložen do manipulačního vozíku.



*Obr.: 5-2 Svařovací pracoviště*

Vozík je následně manipulátem přesunut na pracoviště broušení, pokud je nutné jednotlivé díly brousit. Obroušení svarů probíhá na podpěrných stojanech v brousícím boxu. Manipulace s polotovary probíhá opět pomocí jeřábu, který je umístěn na pracovišti. Po ukončení práce brusič přesune vozík s obroušenými díly před brousící box.



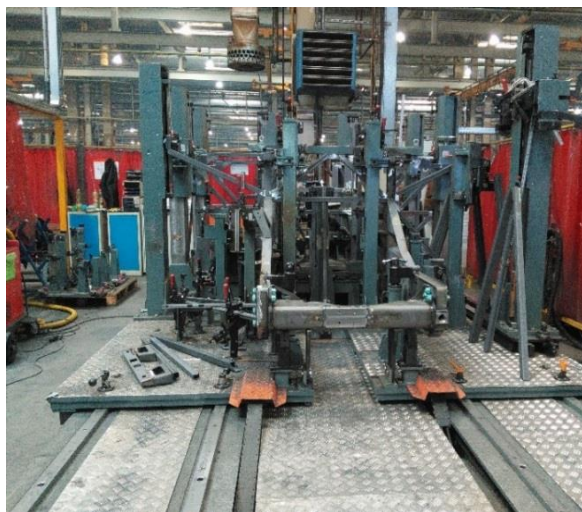
*Obr.: 5-3 Vozík s polotovary I.*



*Obr.: 5-4 Vozík s polotovary II.*

Třetím krokem v celém procesu je rovnání. Pracoviště je umístěno hned vedle broušení, proto si rovnači sami chodí pro vozíky a potřebné díly si pomocí jeřábu přesunou na stojany, kde probíhá vyrovnání dílů pomocí autogenu a palice. Následně rovnač kontroluje rovinnost a správnost rozměrů dle výkresu. Zkontrolovaný polotovar je opět převezen k pracovišti broušení, kde čeká na kompletaci skupiny na dva vozíky (*Obr.: 5-3 Vozík s polotovary I.* a *Obr.: 5-4 Vozík s polotovary II.*), což znamená přesun polotovarů, které vstupují do finálního výrobku. Poté je celá skupina polotovarů převezena do oblasti linie.

V této části jsou polotovary svařeny do podoby finálního výrobku S 515 HD. Na *Obr.: 5-5 Svařování linie*, jsou vidět vstupující polotovary do finálního výrobku, které jsou upnuté v přípravku a zajištěné šrouby. Takto jsou svařence připravené na svařování do podoby S 515 HD, což představuje první krok procesu výroby pro oblast linie.



*Obr.: 5-5 Svařování linie*



*Obr.: 5-6 Manipulace s polotovarem*

Následnými operacemi na linii jsou dovařování, rovnání a bodování, kdy každá tato činnost je prováděna v jiném boxu. Výrobek je následně expedován k zákazníkovi nákladní dopravou.

## 5.2 Sběr vstupních dat


Informace pro mapování materiálového toku finálního výrobku byly zjišťovány na základě konzultací s dvěma mistry, protože mapovaná pracoviště jsou rozdělena na dva úseky. Prvním úsekem je svařování polotovarů a druhým, tzv. linie. Čas procesu vzniku jednotlivých polotovarů, které jsou představeny v kapitole *Popis výrobního procesu vybraného výrobku*, byl měřen pomocí stopek a jakýkoliv pohyb se souvisejícím materiálem byl zaznamenán.

Pro ilustraci postupu v mapování materiálového toku je v následujících kapitolách zvolen polotovar P.B61000732 – Quertraeger 8, který představuje hlavního reprezentanta pro účely této práce. Výroba Q8 je z technologického hlediska nejsložitější a současně časově nejnáročnější.

### 5.2.1 Analýza vstupních dat pro fyzickou mapu procesu současného stavu

Pro jasnou identifikaci produktivních a neproduktivních činností byl vytvořen formulář v programu MS Excel, do kterého byly zaznamenány veškeré pohyby a činnosti související s výrobou každého polotovaru. K tomuto mapování posloužila metodika snímku operace vycházející z REFA. Následující *Obr.: 5-7 Ukázka formuláře časové analýzy* zachycuje měření časové náročnosti výroby pro P.B6100732 - Quertraeger 8.

Na obrázku z excelovského formuláře je přehledně uveden každý úkon, který se podílí na výrobě daného polotovaru, jsou identifikované hlavní sledované činnosti, ze kterých vychází podíl produktivního a neproduktivního času. Tyto činnosti jsou znázorněny v *Obr.: 5-8 Sumarizace hlavních představitelů operací*, který ukazuje sumarizaci časů hlavních představitelů jednotlivých operací. Formulář také vypočítává celkový čas měření a efektivitu pracovníka. V tomto případě je výrobní proces mapován tak, aby polotovar prošel každou oblastí výroby až k expedici.

Datum:	6.2.2017		Efektivita pracovníka Lg [%]	Celkový čas měření	Čas měření [min]	Pozice
Začátek	9:35:01		99	45:54:59	2164,17	
Konec:	8.2.2017 17:30					
Měřil:	Bc. Tereza Ledvinová					
Analyzoval:	Bc. Tereza Ledvinová		Produktivní čas [min]	Neproduktivní čas [min]	Ztrátový čas [min]	
Proces:	Výroba Quertraeger 8 vč. Linie		286,4	536,3	1041,5	
Pořadí			h:min:sec		min	
Lg						
		<b>Začátek měření</b>	9:35:01			
1	100	Příprava materiálu + založení	9:37:04	0:02:03	2,05	1
2	100	Chůze pro materiál	9:42:19	0:05:15	5,25	5
3	100	Zakládání materiálu do přípravku +	9:43:36	0:01:17	1,28	2
4	100	Zakládání materiálu + upínání do přípravku	9:53:19	0:09:43	9,72	1
5	100	Čekání v přípravku	10:00:49	0:07:30	7,50	8
6	100	Pauza na oběd	10:30:00	0:29:11	29,18	10
7	100	Čekání v přípravku	10:42:54	0:12:54	12,90	8
8	100	Příprava svařovacích pomůcek	10:45:11	0:02:17	2,28	1
9	100	Svařování	10:50:11	0:05:00	5,00	2
10	100	Přidání materiálu + svařování	10:50:30	0:00:19	0,32	2
11	100	Otočení přípravku	10:51:16	0:00:46	0,77	5
12	100	Svařování	11:00:28	0:09:12	9,20	2

Obr.: 5-7 Ukázka formuláře časové analýzy

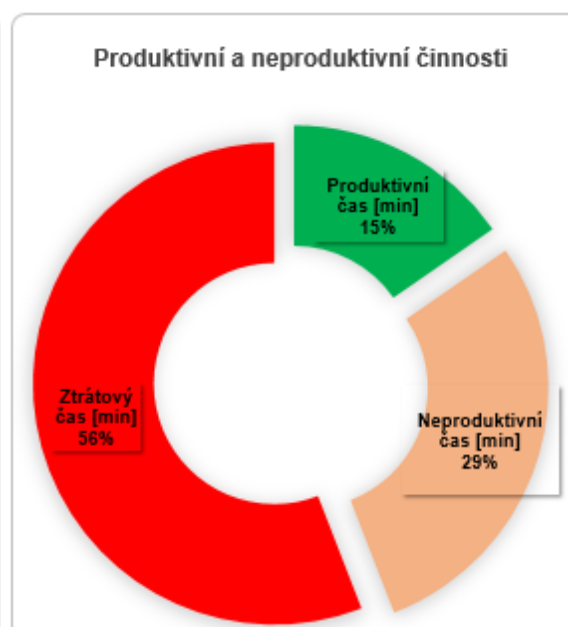
Sledované činnosti									
Příprava	Svařování	Broušení, Rovnění	Kontrola	Manipulace materiálem	Expedice	Ostatní činnosti	Ztráta organizační	Ztráta osobní	Osobní potřeby
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
36,7	126,8	159,5	1,5	29,1	310,0	9,8	1040,4	1,1	149,2
2,0%	6,8%	8,6%	0,1%	1,6%	16,6%	0,5%	55,8%	0,1%	8,0%

Obr.: 5-8 Sumarizace hlavních představitelů operací

Po sepsání všech položek jsou činnosti vyhodnoceny v grafu, Obr.: 5-9 Pracovní činnosti pro Q8, který jasně ukazuje, v jaké míře jsou ve výrobním procesu zastoupeny.



Obr.: 5-9 Pracovní činnosti pro Q8



Obr.: 5-10 Produktivní a neproduktivní činnosti pro Q8

V případě polotovaru Q8 jsou vidět z 56 % organizační ztráty, které jsou způsobeny především čekáním polotovaru mezi jednotlivými pracovišti. Je to z důvodu práce na jiných polotovarech a Q8 čeká, než na něj přijde řada. Produktivní činnosti pak z 15 % zastupují svařování, rovnání a broušení. Pouze tyto tři činnosti vytvářejí přidanou hodnotu daného polotovaru.

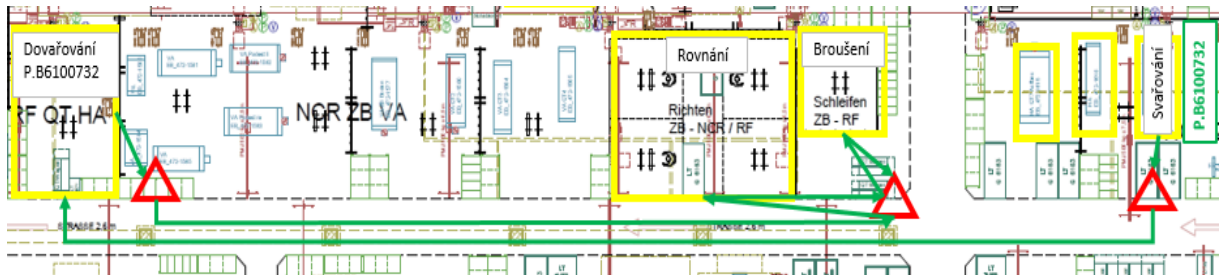
Na obrázcích jsou opět vidět pouze vybrané položky, v příloze na CD pod názvem Měření materiálových toků, jsou uvedeny tabulky pro všechny materiálové toky.

## 5.2.2 Spaghetti diagram

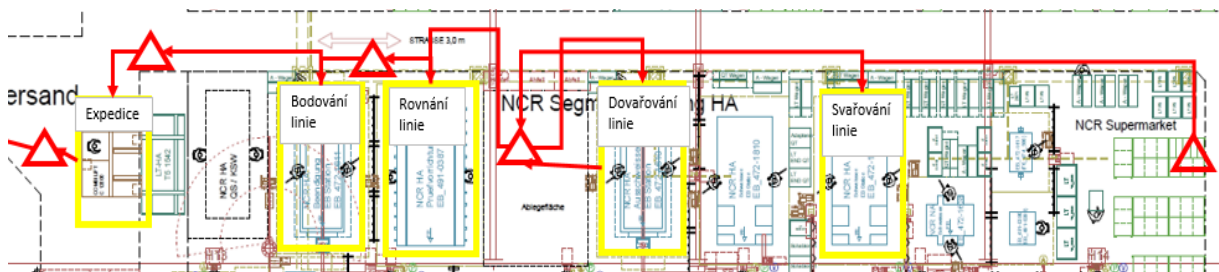
Pro přehlednost a jasné pochopení materiálového toku byly výrobní procesy zakresleny do layoutu. Veškerý pohyb jednotlivých polotovarů a následně finálního výrobku je uveden v příloze (Příloha 1 – Spaghetti diagram). První výstřižek, Obr.: 5-11 Spaghetti diagram Q8,



ukazuje pohyb Q8 v prvním úseku, kdy se proces skládá ze svařování, dovařování, které probíhá na vzdáleném pracovišti, následně jde svařenec na rovnání a poté je obroušen. Na dalším obrázku, *Obr.: 5-12 Spaghetti diagram lineie*, je znázorněn proces po výrobě všech vstupujících polotovárů a kompletaci skupiny na vozík, který je přesunut na úsek linie, kde jsou svařence kompletovány do finální podoby.



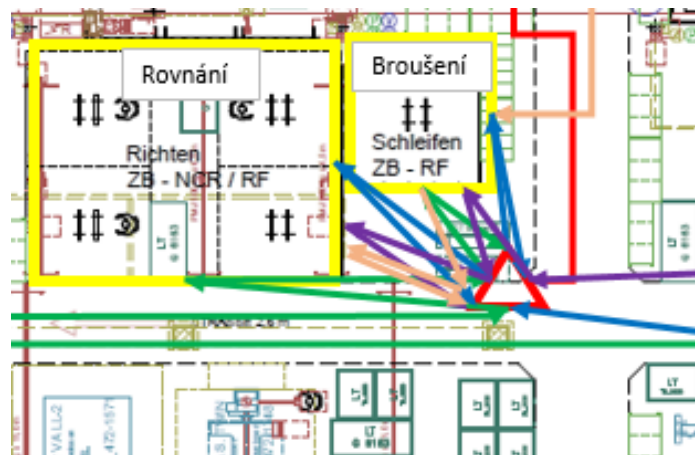
*Obr.: 5-11 Spaghetti diagram Q8*



*Obr.: 5-12 Spaghetti diagram lineie*

Po zakreslení procesů pro všechny polotovary, je možné jasně identifikovat úzké místo (*Obr.: 5-13 Spaghetti diagram – úzké místo*). V tomto případě se jedná o oblast před broušícím boxem, která je přetížená z důvodu odkládání vozíků s polotovary. Nachází se zde vozíky určené pro broušení, pro rovnání, ale i manipulované polotovary, které jsou již zbroušeny a vyrovnány a nebyly přesunuty na úsek linie.

Polotovary pro zadní komponent S 515 HD jsou v současné době ukládány na 2 vozíky. *Obr.: 5-4 Vozík s polotovary II.* je určený pro pět svařenců: P.B6100731, P.B6100732, A.620.610.13.80, A.620.610.12.80, A.620.002.69.61. Na další manipulační vozík, *Obr.: 5-3 Vozík s polotovary I.* se pak ukládají dva polotovary A.620.610.13.80 a další dva A.620.610.12.80.

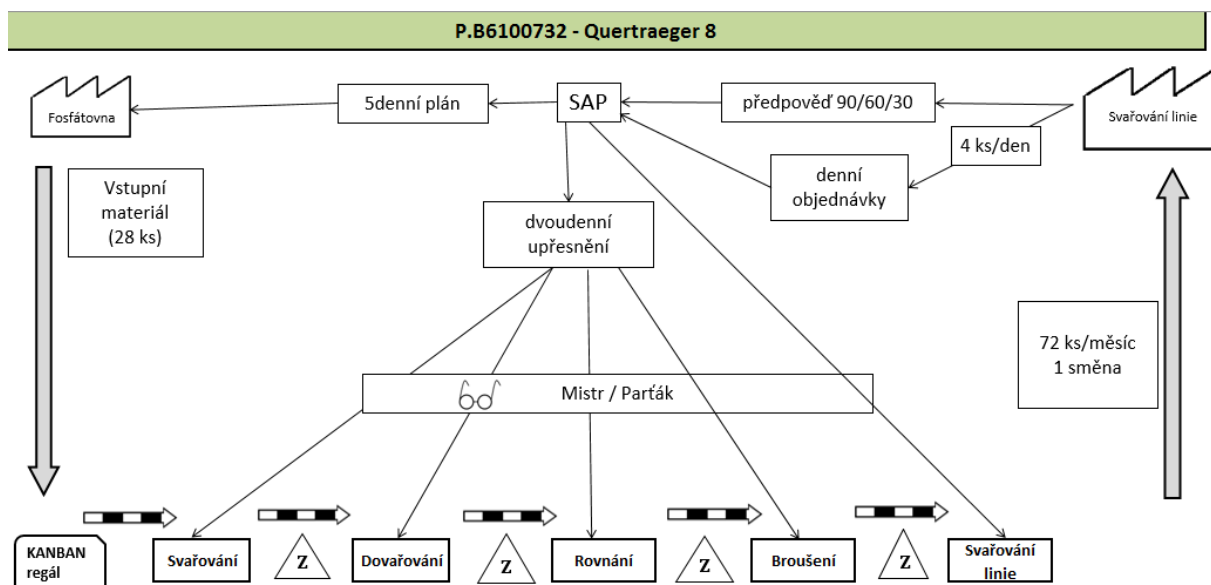


*Obr.: 5-13 Spaghetti diagram – úzké místo*

### 5.3 VSM – současný stav

Na základě výše uvedených informací byly vytvořeny mapy současného stavu pro každý polotovar. V rámci procesu mapování byly identifikovány určité problémy a veškeré důležité poznatky jsou do map zaneseny.

Každá mapa současného stavu má svůj informační tok, pro účely této práce jsou vstupní informace stejné, protože se jedná o jednu zakázku. Jako příklad je na *Obr.: 5-14 Informační tok Q8* vidět zachycený zjednodušený tok pro polotovar P.B6100732 – Quertraeger 8. Jedná se o informační tok a základní proces. Všechny mapy jsou uloženy v příloze.



*Obr.: 5-14 Informační tok Q8*

Jako dodavatel je uvažována výrobní oblast fosfátovna, která předchází procesu svařování. Vyfosfátované díly jsou přesouvány na svařovnu k jednotlivým svařovacím boxům do regálů systémem KANBAN.

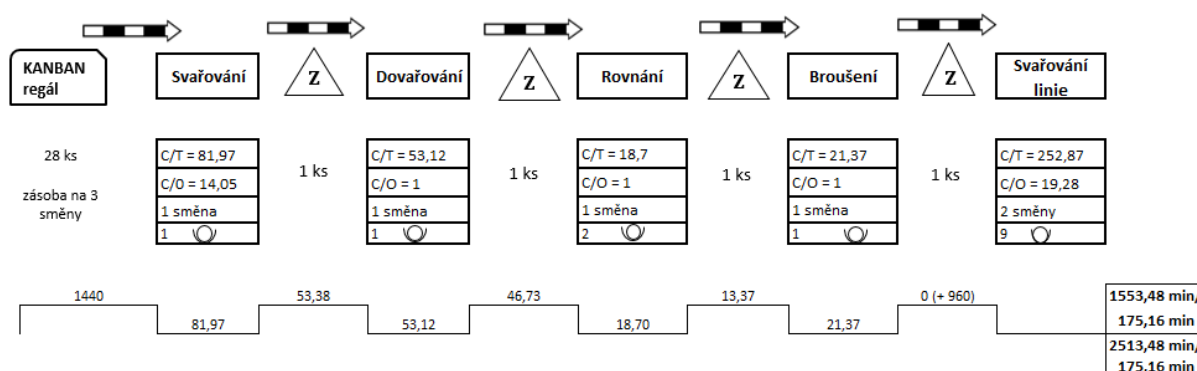
Čas na výrobu jednotlivých komponent je neměnný, uvažuje se 5denní plán. První den je zadaná objednávka z Německa, druhý den je vyhrazen pro výrobu podskupin, v tomto případě oblast svařování. Další den probíhá kompletace finálních výrobků – linie, čtvrtý den jsou výrobky připraveny k expedici a kontrolovány a poslední den je samotný transport do Manheimu.

Přehled objednávek je řízen systémem SAP s dvoudenním upřesněním, který také dává příkazy mistrům, co a v jakém objemu je potřeba na kterém oddělení vyrobit. Objednávky jsou z Německa odesílány na každý den a plánovači z nich generují zakázky do objednávkového modulu Abruť.

Po zakreslení informačního toku a základního procesu výroby daného polotovaru, byly k jednotlivým pracovním činnostem přiřazeny produktivní a neproduktivní časy. Tento stav popisuje následující *Obr.: 5-15 Výřez VSM pro Q8*. Každá činnost provedená na daném pracovišti ukazuje cyklový čas a čas potřebný na přetypování, který je především u svařování, kdy je nutné vyměnit přípravek a upnout díly do přípravku. Mezi jednotlivými pracovišti dochází k čekání, způsobené především prací na jiných polotovarech.

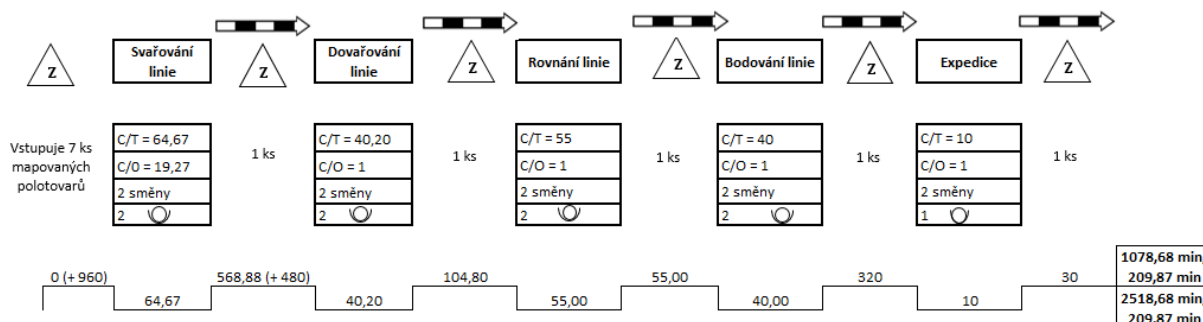
Do polotovaru Q8 vstupuje 28 kusů dílů, které jsou nakupované nebo vyráběné na nářezárně a následně přesouvání k procesu fosfátování, poté na svařovnu putují kanbanovým systémem. Díly jsou uloženy okolo svařovacích boxů v regálech a zásoba každého z nich je tak velká, aby pokryla potřebu na tři směny. První úsek – svařovna probíhá v jednosměnném provozu, na linii se pracuje na dvě směny.

Při měření došlo k situaci, že na pracovišti broušení byla ukončena směna. Polotovary následně musí čekat po dobu dvou směn, než začne výroba (v této oblasti se pracuje pouze v jednosměnném provozu). Tento časový údaj je uveden na *Obr.: 5-15 Výřez VSM pro Q8* a označen kulatými závorkami. Výpočty operací přidávající a nepřidávající hodnotu jsou uvedeny na konci časové osy jak pro hodnoty bez uvažování dalších směn, tak i pro hodnoty, které tyto směny navíc uvažují. Tato metodika je použita u všech map, které jsou uloženy v přílohách 2-9.



*Obr.: 5-15 Výřez VSM pro Q8*

První část měření probíhala na úseku svařování, jak je popsáno výše. Svařování linie bylo měřeno jako samostatná část. Tento proces zachycuje další mapa, *Obr.: 5-16 Výřez VSM pro linie*. V rámci tohoto procesu jsou všechny polotovary, které jsou vyráběné na svařovně, svařeny do podoby finálního výrobku a následně vyexpedovány k zákazníkovi. Do zakázky S 515 HD vstupují také další nakupované díly, které jsou pro danou oblast uloženy v regálech okolo jednotlivých pracovišť.



*Obr.: 5-16 Výřez VSM pro linie*

Procesy svařování a výroba linie pro Q8 byly sloučeny do jedné mapy ukazující současný stav, kterou je možné najít v příloze, *Příloha 8 – VSM Celkový současný stav*. Mapy musí být propojeny do jedné, protože se jedná o jeden výrobní proces, i přes to, že je rozdělený do dvou oblastí. Takto velká mapa toku materiálu je pro Quertraeger 8, protože tento polotovary má nejdelší dobu výroby.

### 5.3.1 Index přidané hodnoty

Na základě vypracovaných map současného stavu materiálového toku byly identifikovány časy, které přidávají hodnotu a také časy neproduktivní. Podělením těchto hodnot byly získány VA indexy. Jednotlivé mapy pro porovnání ukazují indexy, které nejsou přerušeny směnami navíc v případě jednosměnného a dvousměnného provozu, také je zde uveden i výpočet pro VAindex se směnností. Následuje výpočet pro polotovar Q8 (P.B6100732).

#### 1) Výpočet pro plynulý tok:

$$VA_{\text{index}} = \frac{\text{součet časů operací, které přidávají hodnotu}}{\text{součet časů operací, které nepřidávají hodnotu}} \times 100 [\%] \quad (2)$$

$$VA_{\text{index}_{Q8}} = \frac{81,97 + 53,12 + 18,7 + 21,37}{1440 + 53,38 + 46,73 + 13,37} \times 100 [\%] \quad (3)$$

$$VA_{\text{index}_{Q8}} = \frac{175,16 \text{ min}}{1553,48 \text{ min}} \times 100 [\%] \quad (4)$$

$$VA_{\text{index}_{Q8}} = \mathbf{11,28 \%} \quad (5)$$

#### 2) Výpočet pro tok přerušovaný směnami:

$$VA_{\text{index}} = \frac{\text{součet časů operací, které přidávají hodnotu}}{\text{součet časů operací, které nepřidávají hodnotu}} \times 100 [\%] \quad (6)$$

$$VA_{\text{index}_{Q8}} = \frac{81,97 + 53,12 + 18,7 + 21,37}{1440 + 53,38 + 46,73 + 13,37 + 960} \times 100 [\%] \quad (7)$$

$$VA_{\text{index}_{Q8}} = \frac{175,16 \text{ min}}{2513,48 \text{ min}} \times 100 [\%] \quad (8)$$

$$VA_{\text{index}_{Q8}} = \mathbf{6,97 \%} \quad (9)$$

Stejným způsobem byly vypočítány indexy pro ostatní měřené polotovary na oblasti svařování a také na linii. Všechny hodnoty uvažující veškeré směny jsou pro přehlednost v následující tabulce, *Tab.: 5-2 VA indexy pro polotovary.*

Tab.: 5-2 VA indexy pro polotovary

Označení materiálu	Produktivní čas [min]	Neproduktivní čas [min]	VA <sub>index</sub>
<b>A.410.610.83.23</b>	130,68	2541,72	5,14 %
<b>A.410.610.82.23</b>	47,02	2616,72	1,80 %
<b>P.B6100731</b>	61,04	2658,3	2,30 %
<b>P.B6100732 (Q8)</b>	175,16	2513,48	6,97 %
<b>A.620.610.13.80 + A.620.610.12.80</b>	39,87	2657,56	1,50 %
<b>Linie S 515 HD HA</b>	209,87	2518,68	8,33 %
<b>P.B6100732 (Q8) + Linie</b>	<b>385,03</b>	<b>4072,16</b>	<b>9,46 %</b>

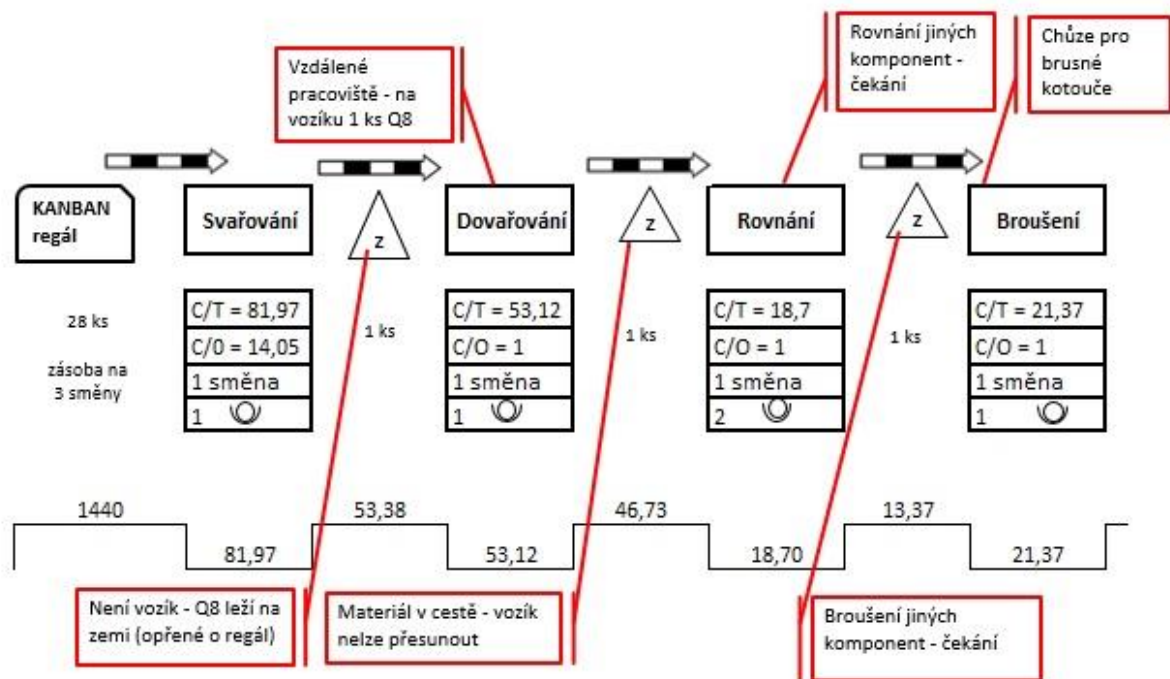
VAindexy se pro jednosměnný, respektive dvousměnný provoz mohou zdát poměrně vysoké. Vyšší číslo vychází z důvodu mapování výroby až od procesu svařování podskupin. Pro kompletní proces výroby by musely být zahrnuty také operaci v rámci nářezárny a fosfátování. V případě mapování celého toku výroby by se VAindex pohyboval pod 1 %.

Pro výrobu jednotlivých polotovarů je VA index nižší než pro linie. Takto nízké procentuální hodnoty poukazují na velkou dobu meziskladování a zbytečné čekání polotovarů mezi jednotlivými pracovišti.

Důležitý výsledek se nachází v posledním řádku tabulky, který slučuje výrobu Q8 v oblasti svařování a v oblasti linie. Tento index je klíčový a bude se z něj vycházet pro tvorbu budoucích map.

### 5.3.2 Identifikované problémy

Při měření a pozorování pracovního procesu vznikaly určité problémy, na které je třeba se zaměřit. Do každé mapy, pro každý polotovar, byly zaneseny poznámky, které stručně poukazují na nedostatek, který se ve výrobě vyskytuje. Identifikované problémy jsou na *Obr.: 5-17 Identifikované problémy VSM*, opět pro Quertraeger 8, v příloze je možné vidět u každé mapy nedostatky, ke kterým při měření procesu výroby docházelo.



Obr.: 5-17 Identifikované problémy VSM

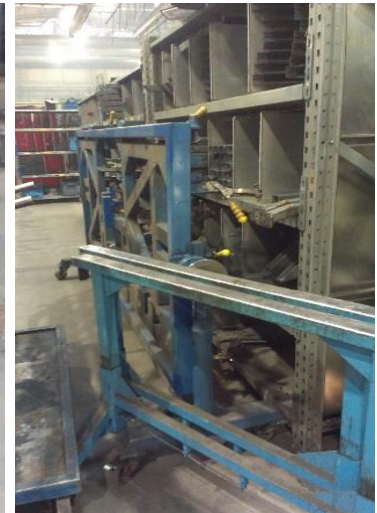
Identifikované nedostatky v případě Q8:

## 1. Opírání hotových polotovarů o regál

Pokud u svařovacího boxu není vozík, do kterého by byl polotovar po jeho vyrobení uložen, Q8 leží na zemi nebo opřené o regál, dokud není vozík přivezen.



Obr.: 5-18 Opřené polotovary



Obr.: 5-19 Opřené přípravek

Jedná se o velký polotovary, který z bezpečnostních důvodů nemůže ležet na pracovišti nezajištěný. K tomuto problému nedochází z nedostatku vozíku ve výrobní hale, ale především proto, že vozíky, které jsou určeny pro uložení 4-6 polotovarů, jezdí poloprázdné. A po jednom kusu čekají na pracovišti broušení, kde dochází k přetížení.

Podobným bezpečnostním problémem je také opírání přípravků o regály, které blokují místo pro odebrání dílů.

## 2. Přetížení pracoviště broušení.

S prvním bodem také souvisí přetěžování pracoviště broušení, které již v kapitole *Spaghetti diagram* bylo identifikované jako úzké místo. Vozíky jsou neorganizovaně uloženy, vyskytují se zde polotovary, které jsou připravené na broušení nebo na rovnání, ale také polotovary hotové, které mají být přesunuté na další pracoviště. Vozíky jsou často poloprázdné, a proto chybí na svařovacích boxech, kde bezprizorně leží hotové svařence, které jsou potřeba ještě porovnat a obrousit.



Obr.: 5-20 Oblast před broušícím boxem

## 3. Vzdálené pracoviště dovařování

Jak vyplývá ze Spaghetti diagramu (*Příloha 1 – Spaghetti diagram*), dovařování polotovaru Q8 probíhá na vzdáleném pracovišti. Naproti tomuto boxu probíhá manipulace s finálními výrobky pro přední komponenty autobusů, které jsou často odkládány do uličky, a vozík s dobroušeným polotovarem nemůže projet.

## 4. Rovnání a broušení jiných komponent

V rámci této práce byl pozorován jeden druh zakázky, proto u pracoviště broušení a rovnání dochází k prostojům z důvodu práce na jiných polotovarech. Na těchto pracovištích již není jasně daná prioritizace zakázek a práce probíhá systémem FIFO, první polotovar, který k pracovišti přijde, je také první opracován.

## 5. Chůze pro brusné kotouče

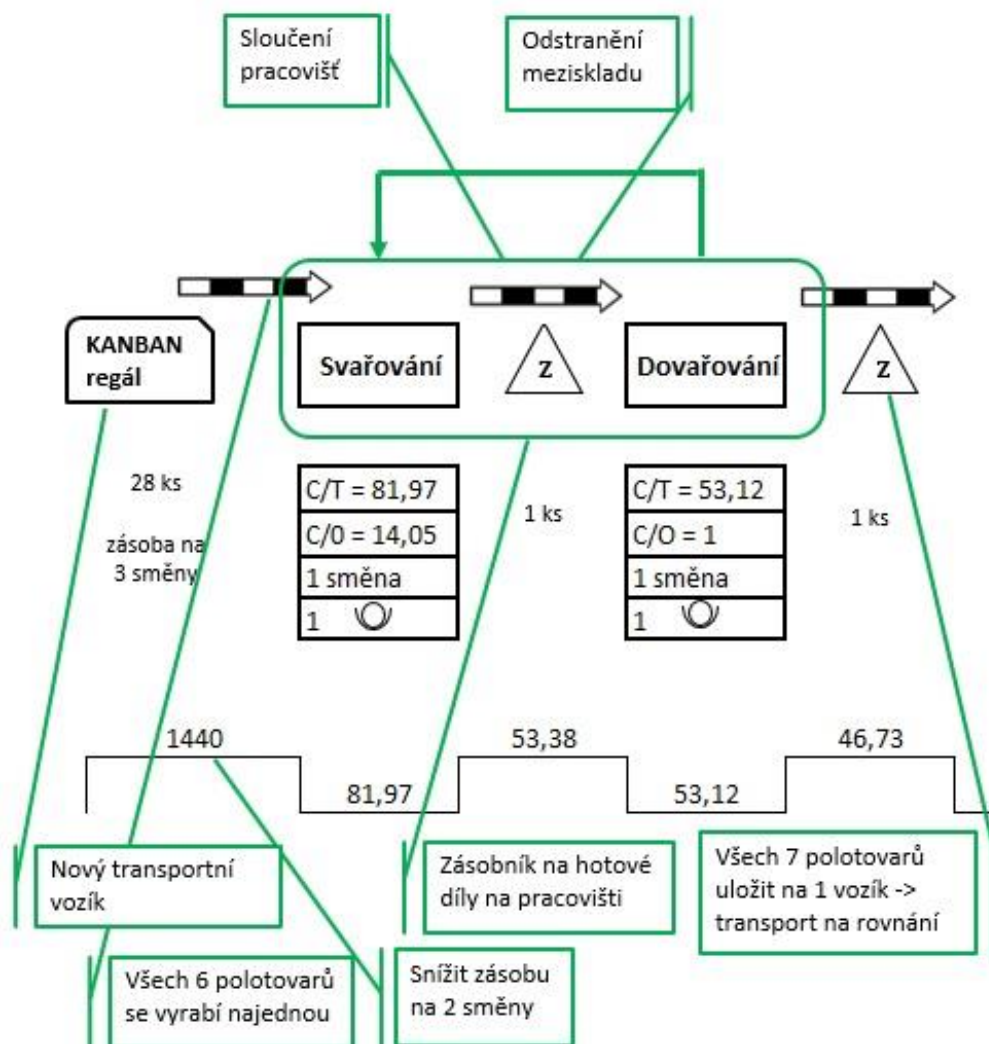
Při procesu broušení byla častá nedostatečná připravenost pracoviště, a to především v zásobě brusných kotoučů. Pokud pracovník zjistí, že potřebuje nové kotouče, musí opustit svařovací box a vyzvednout si je ve výdejně spotřebního materiálu nebo v automatu, který je umístěn v oblasti nářezárny. V obou případech se jedná o vzdálenost přibližně 10 minut chůze, a vznikají tak prostoje, kdy broušící pracoviště stojí.

## 6. Kompletace skupiny na vozík

Skupina, tedy všechny polotovary vstupující do S 515 HD HA je kompletována až po dokončení rovnání a broušení všech svařenců. Ve skutečnosti kompletace obnáší najít u broušícího boxu všechny polotovary, které jsou rozmístěny různě ve vozících a pomocí jeřábu je přesunout na požadované dva vozíky, ty jsou následně přesunuty na svařovací linii. Protože jsou polotovary svařovány v různých dobách, musí některé hotové čekat na ty vyráběné. Bylo vypořádáno čekání mezi broušícím boxem a linií od 0:20 minut do 8 hodin.

## 5.4 Navrhovaná opatření

Na základě identifikovaných problémů byla doporučena jistá opatření, která byla pro názornost nejdříve zanesena do mapy současného stavu. V této kapitole bude opět rozebrán polotovar Q8, jako jeden z nejproblematictějších a následně se bude práce zaměřovat na globální opatření a jejich zavedení pro oblasti svařování a svařovací linie.



Obr.: 5-21 Výřez navrhovaných opatření VSM



Celou mapu pro navrhovaná opatření je možné najít v příloze (*Příloha 9 – VSM Navrhovaná opatření*). Ve výstřižku *Obr.: 5-21 Výřez navrhovaných opatření VSM* je stručně popsáno několik podnětů, které jsou následně specifikovány.

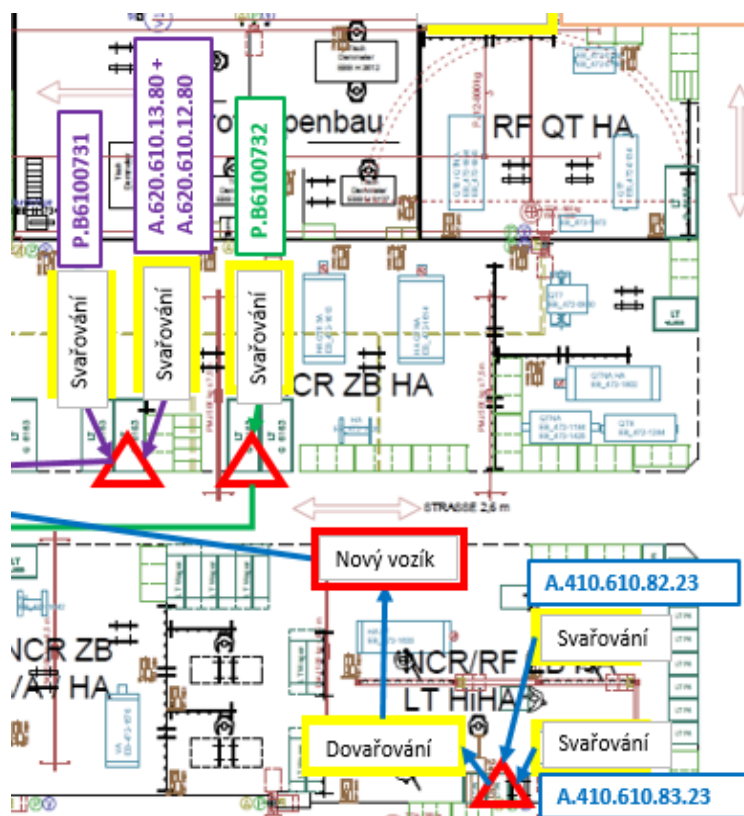
### Konkrétní opatření:

#### 1. Sloučení pracovišť

Pracoviště dovařování bude z důvodu složité manipulace na vzdálené pracoviště vynechané. Svářeč bude dovařování vykonávat na prvním pracovišti. Předpokládá se navýšení cyklového času pro první pracoviště a odstranění čekání mezi svařováním a dovařováním.

#### 2. Nový transportní vozík

Jednou z hlavních změn je návrh nového manipulačního vozíku, který bude vhodnou transportní jednotkou pro celou skupinu polotovarů vstupující do zakázky S 515 HD. Vozík bude přistaven již mezi jednotlivými pracovišti svařování, jak je vidět na *Obr.: 5-22 Výřez Spaghetti diagramu po zavedení změn* a z toho důvodu je vhodné jednotlivé polotovary vyrábět ve stejnou dobu.



*Obr.: 5-22 Výřez Spaghetti diagramu po zavedení změn*

Vozík musí mít správné technologické parametry pro uložení těžkých polotovarů a zároveň nepřetěžovat manipulanta, který s ním bude operovat. Hotové svařence budou na vozík ukládány pomocí jeřábu a jako celá skupina budou přesunuty na rovnání, kde rovnáč bude pracovat pouze na tomto vozíku a následně na broušení. Po obroušení všech polotovarů jsou všechny jako skupina přesunuty na pracoviště svařování linie. Nový Spaghetti diagram znázorňující proces po zavedení vozíku je k nalezení v příloze (*Příloha 10 – Spaghetti diagram po zavedení změn*).

### 3. Zásobník pro hotové díly

V prvním bodě kapitoly *Identifikované problémy* byl popsán problém s odkládáním hotových polotovarů v případě absence manipulačního vozíku. Opatření proti tomuto jevu je zajistit na každé pracoviště takový zásobník na hotové díly, který upevní bezpečnost na pracovišti. Tento zásobník zároveň nesmí být moc velký, aby svářeč zbytečně nevyráběl na sklad.

### 4. Snížit vstupní zásobu

Do každého polotovaru vstupují nakupované nebo vyráběné díly, které jsou uloženy v regálech. Jedná se o zásobu, která je velká 1 den, tedy pro tři pracovní směny. Taková zásoba je pro jednosměnný provoz zbytečně velká. Návrhem je tuto zásobu snížit tak, aby pokryla dvě směny.

### 5. Dodržovat koncept 5S

Na všech sledovaných pracovištích je navržený koncept 5S vedený na skupinových nástěnkách, který ale není vždy dodržován. Například chůze pro pracovní pomůcky do výdejny nebo automatu uprostřed rozdělané práce je jasným příkladem plýtvání. Pracovníci by měli být znovu proškoleni a parťák nebo mistr by měl důkladněji kontrolovat jednotlivá pracoviště, zda jsou připravené tak, aby splňovaly vhodné pracovní prostředí se všemi náležitostmi.



Obr.: 5-23 Skupinová nástěnka – 5S

## 6 Analýza budoucího stavu

Problémy vznikající při výrobě z předchozí kapitoly byly diskutovány na poradách výroby a rozhodlo se o realizaci některých doporučujících opatření.

Jedním z nich je sloučení pracoviště dovařování a svařování. Jakákoliv manipulace navíc s objemnými polotovary není vhodná a z toho důvodu se přistoupilo na variantu dovařování polotovaru Q8 již na pracovišti svařování.

Byly vyrobeny zásobníky pro odkládání hotových dílů pro každý svařovací box. Takováto konstrukce, kterou je možné vidět na *Obr.: 6-1 Zásobník na hotové díly*, zajišťuje bezpečnost na pracovišti, aby polotovary přestaly být opírány o regály nebo ležely na zemi.



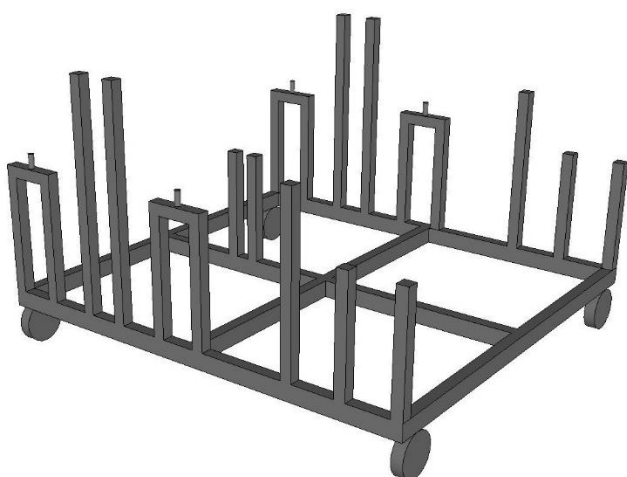
*Obr.: 6-1 Zásobník na hotové díly*

Je nutné eliminovat úzké místo před brousícím boxem a z toho důvodu byl navrhnout nový transportní vozík.

### 6.1 Zavedení manipulačního vozíku

Hlavním požadavkem byl transport polotovarů jako jedna skupina. Na vozík se tedy musí vejít celkem sedm sledovaných svařenců, zároveň nesmí být příliš těžko manipulovatelný a je potřeba aby bylo možné bez větších potíží na vozík naložit hotové polotovary z přípravku pomocí jeřábu. Šířka uliček, kde s vozíkem bude manipulováno je 2,6 m a 3 m.

Na základě požadavků konzultovaných na výrobních poradách byl technologem nakreslen vozík odpovídající technologickým a bezpečnostním parametrům. Prvotní návrhy jsou uvedeny na následujících obrázcích, *Obr.: 6-2 Návrh vozíku I.* a *Obr.: 6-3 Návrh vozíku II.*



Obr.: 6-2 Návrh vozíku I.

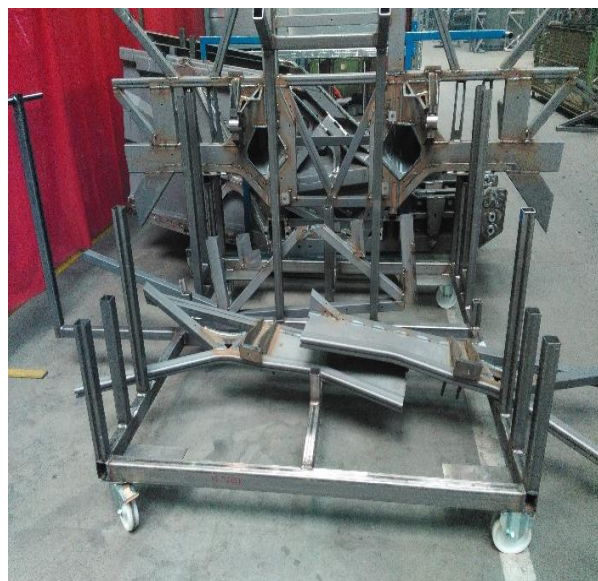


Obr.: 6-3 Návrh vozíku II.

Zakreslený návrh byl předán do výroby a ve firmě EvoBus byl vyroben jeden prototyp vozíku, který byl připraven na testování. Užívání vozíku bylo zkušeno po dobu jednoho týdne na sledovaných pracovištích svařování a v oblasti linie. Zároveň bylo provedeno měření výroby zakázky S 515 HD HA a zjišťoval se dopad vozíku na produktivitu.



Obr.: 6-4 Prototyp vozíku



Obr.: 6-5 Prototyp ve druhé fázi

Nejdříve bylo nutné otestovat, zda se na vozík podaří uložit všechny potřebné polotovary, což ukazuje Obr.: 6-4 Prototyp vozíku. Na dalším obrázku, Obr.: 6-5 Prototyp ve druhé fázi je již vozík ve druhé fázi, kdy bylo přivařeno madlo pro vhodnou manipulaci s vozíkem.

## 6.2 Analýza měření po zavedení změn

V testovací fázi prototypu bylo provedené měření materiálového toku pro jednotlivé komponenty. Měření probíhalo na pracovišti, kde je vyráběn polotovar Q8, protože se jedná o díl s nejdelší a nejkomplikovanější výrobou. Všechny polotovary byly svařovány současně

a pro účely této práce bylo nutné zjistit, v jakou dobu budou všechny zkompletovány na vozíku a přesunuty na pracoviště rovnání a následně broušení.

Další důležitou změnou je sloučení pracoviště svařování a dovařování. Polotovary Q8 již nebude dovařován na vzdáleném pracovišti, ale bezprostředně po ukončení svařování v prvním boxe. Tato změna způsobí odstranění jednoho meziskladu a také čekání při přesunu na broušení z důvodu blokace uličky.

### 6.2.1 Zpracování dat po zavedení změn

Stejně jako v podkapitole *Analýza vstupních dat pro fyzickou mapu procesu současného stavu* bylo provedené měření zaznamenané spolu se všemi činnostmi do excelovského formuláře, v tomto případě tedy pro všechny polotovary společně se soustředěním na Q8. Materiálový tok probíhal opět od svařování, přes rovnání a broušení s následným přesunem na oblast linie kde byl kompletován do finálního výrobku a poslední činností byla expedice.



Obr.: 6-6 Produktivní a neproduktivní činnosti po změnách



Obr.: 6-7 Pracovní činnosti po zavedení změn

Všechny sepsané činnosti byly opět vyhodnoceny pomocí grafů. Po zavedení opatření je možné vidět především výrazný pokles organizačních ztrát na 38 %, je to z důvodu eliminace čekání mezi jednotlivými pracovišti, a to v oblasti svařování. Na oblast linie nemá vozík tak výrazný vliv, protože jsou již polotovary založeny a svařeny do podoby hotového výrobku.

Produktivní časy se oproti původnímu stavu z 15 % zvýšily na 27 %. Tento jev je způsoben jiným postupem ve výrobě podskupin. Původně byly svařovány jednotlivé podskupiny paralelně ve svařovacích boxech a následně přesouvány k pracovišti broušení a rovnání podle potřeby. Z toho důvodu se původně produktivní čas zaměřoval pouze na jeden polotovar. Po zavedení změn byla měřena první operace svařování pouze pro Q8, který byl po dovaření okamžitě uložen na vozík spolu s ostatními šesti polotovary, ty následně jako výrobní skupina byly broušeny a rovnány. Z toho vyplývá, že produktivní časy vzrostly spolu s navýšením práce z původního jednoho polotovaru na současných sedm. Změna proběhla také v dovařování na polotovaru Quertraeger 8, což souvisí i se snížením přípravných časů, kdy svářeč nemusí Q8 znovu upínat do přípravku. Dovařování probíhalo v rámci procesu svařování.

## 6.2.2 Spaghetti diagram po zavedení změn

Po zavedení změn došlo také ke změnám ve Spaghetti diagramu. Bylo vynecháno vzdálené pracoviště dovařování pro polotovary Q8, který je v současné době dovařován spolu se svařováním. Pro nový vozík bylo standardizované místo uložení co nejbližší mezi jednotlivými svařovacími boxy a manipulace hotových polotovarů probíhá pomocí jeřábu z přípravku přímo na vozík. Toto místo je možné vidět na následujících dvou obrázcích, *Obr.: 6-9 Standardizované místo uložení vozíku II.* a *Obr.: 6-8 Standardizované místo uložení vozíku I.*

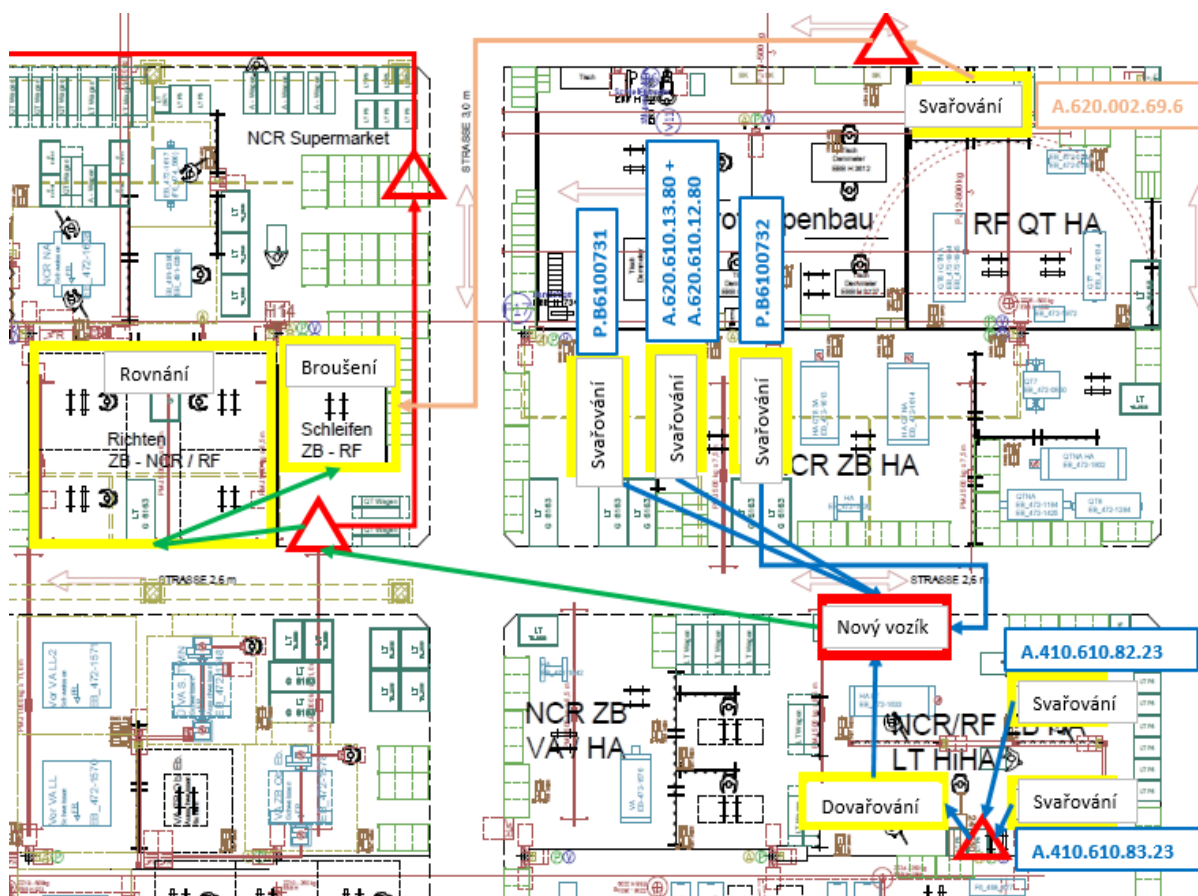


*Obr.: 6-8 Standardizované místo uložení vozíku I.*



*Obr.: 6-9 Standardizované místo uložení vozíku II.*

Celý proces postupu materiálových toků vizualizuje špagetový diagram, který k nalezení v příloze (*Příloha 10 – Spaghetti diagram po zavedení změn*). Z výstřižku, *Obr.: 6-10 Nový materiálový tok*, je patrné, že všech šest polotovarů pro zakázku S 515 HD HA jsou vyráběny současně v jednotlivých boxech a následně přesunuty na nový transportní vozík.



Obr.: 6-10 Nový materiálový tok

Poté, co jsou všechny polotovary z okolních svařovacích boxů uloženy na vozík, je manipulantem přesunut do oblasti před broušícím boxem. Zde jsou polotovary pomocí jeřábu postupně přesunuty na rovnací konstrukce. Na pracovišti jsou dva rovnací, a proto je možné současně rovnat dva polotovary. Po vyrovnání jednotlivých dílů pomocí autogenu a palice, přebírá práci brusič, který již v té době má zbrošený díl A.620.002.69.61. Tento polotovar je nutné přivést zvláště z důvodu vzdálenějšího boxu. Poté, co je ukončen proces broušení, je celý vozík manipulantem přesunut do oblasti linie. V této části již probíhá pracovní proces stejným způsobem jako dříve.

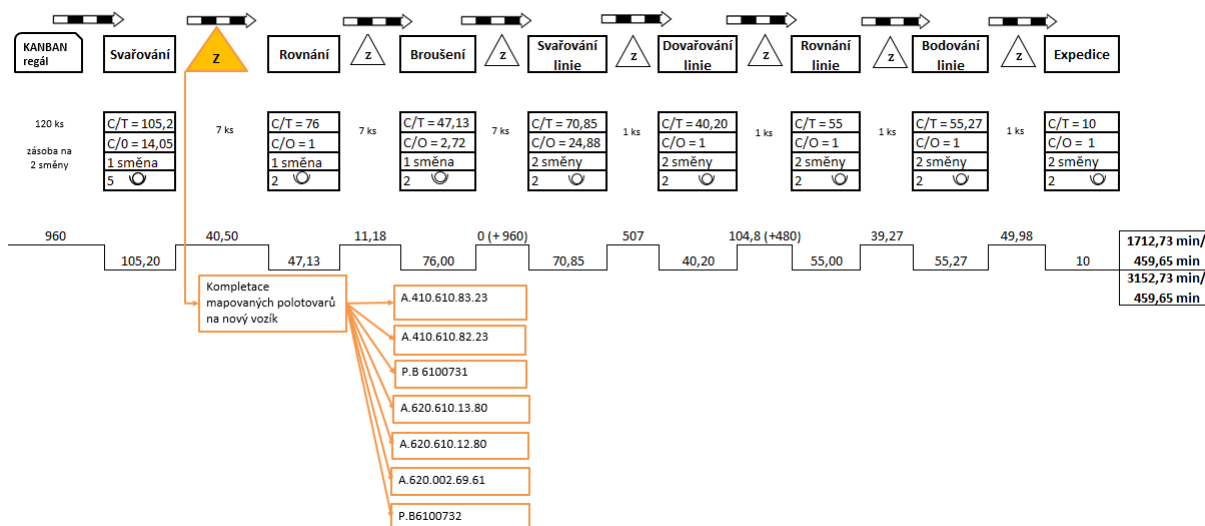
Z nákresu je také možné vidět odlehčení úzkému místu před pracovištěm broušení. Není sem již dopravován poloprázdný vozík a stejně tak je po ukončení výrobního procesu v oblasti svařování tento vozík okamžitě přesunut do oblasti linie. Polotovary již nemusí čekat na kompletaci a manipuluje se pouze s jedním vozíkem, na kterém jsou uloženy přesně ty polotovary, které jsou nutné pro výrobu v oblasti linie a žádné navíc.

### 6.3 VSM – mapa po realizaci

Navrhované změny byly implementovány do výrobního procesu. Po změření nového materiálového toku a zakreslení špagetového diagramu do layoutu, bylo přistoupeno k vytvoření nové mapy budoucího stavu, která navazuje na mapu viz Příloha 9 – VSM Navrhovaná opatření.

Nová mapa zachycuje stav po realizaci jednotlivých změn a především zavedení prototypu nového manipulačního vozíku. Na rozdíl od předešlého stavu již byl proces rovnou propojen

a není rozdělován na oblast svařování a linie. Také dochází k výrobě jednotlivých polotovarů současně, a proto tyto jevy zachycuje pouze jedna mapa, která je celá uvedená v příloze (*Příloha 11 – VSM Budoucí stav*). Mapu informačního toku nebylo nutné nijak měnit, z toho důvodu je zde pouze výstřižek, *Obr.: 6-11 Výřez VSM po realizaci*, z celé mapy, který znázorňuje jednotlivé procesy výroby s délkami trvání a prostoje vznikající mezi pracovišti. Oranžová barva označuje oblast, kde jsou všechny mapované polotovary uloženy na nový transportní vozík a proces rovnání a broušení již podstupují společně, jako skupina. Z toho důvodu byly také navýšeny cyklové časy pro rovnání a broušení, původně byl porovnáván pouze jeden polotovar, pro nový stav je to všech 7 polotovarů.



Obr.: 6-11 Výřez VSM po realizaci

### 6.3.1 Index přidané hodnoty po realizaci

Po zavedení výše uvedených opatření do výrobního procesu, byly opět u jednotlivých činností identifikovány časy trvání výroby a prostoje mezi pracovišti. Z těchto časů byl následně vypočítán index přidané hodnoty po realizaci změn. Postup je totožný jako v kapitole 5.3.1.

#### 1) Výpočet pro plynulý tok:

$$VA_{\text{index}} = \frac{\text{součet časů operací, které přidávají hodnotu}}{\text{součet časů operací, které nepřidávají hodnotu}} \times 100 [\%] \quad (10)$$

$$VA_{\text{index}} = \frac{105,2 + 47,13 + 76 + 70,85 + 40,2 + 55 + 55,27 + 10}{960 + 40,5 + 11,18 + 507 + 104,8 + 39,27 + 49,98} \times 100 [\%] \quad (11)$$

$$VA_{\text{index}} = \frac{459,65 \text{ min}}{1712,73 \text{ min}} \times 100 [\%] \quad (12)$$

$$VA_{\text{index}} = 26,8 \% \quad (13)$$



2) Výpočet pro tok přerušený směnou:

$$VA_{index} = \frac{\text{součet časů operací, které přidávají hodnotu}}{\text{součet časů operací, které nepřidávají hodnotu}} \times 100 [\%] \quad (14)$$

$$VA_{index} = \frac{105,2 + 47,13 + 76 + 70,85 + 40,2 + 55 + 55,27 + 10}{960 + 40,5 + 11,18 + 960 + 507 + 584,8 + 39,27 + 49,98} \times 100 [\%] \quad (15)$$

$$VA_{index} = \frac{459,65 \text{ min}}{3152,73 \text{ min}} \times 100 [\%] \quad (16)$$

$$VA_{index} = \mathbf{14,58 \%} \quad (17)$$

Index je v tomto případě jeden a obsahuje výrobu všech polotovarů najednou a zároveň je uvažováno čekání způsobené směnovostí. Oproti původní hodnotě 9,46 % přidaná hodnota stoupla na 14,58 % díky zavedeným opatřením ve výrobě. Jedním z hlavních aspektů zvýšení indexu je snížení časů způsobených manipulací a čekání mezi jednotlivými pracovišti. Ke snížení organizačních ztrát došlo především z důvodu zavedení vozíku, který transportuje celou skupinu najednou již od svařovacích boxů a rovnání a broušení polotovarů probíhá najednou.

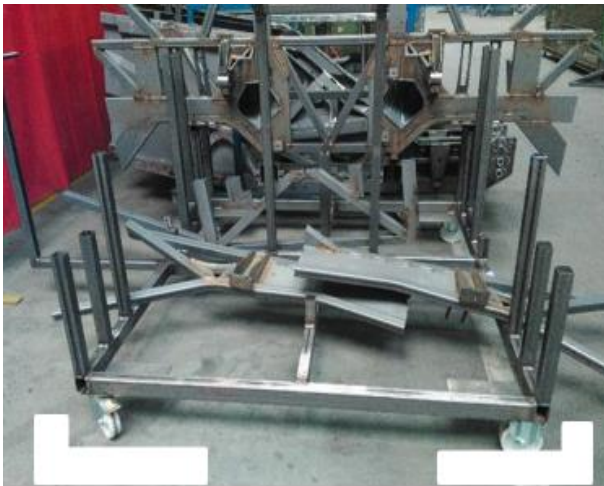
### 6.3.2 Nedostatky po realizaci

Ačkoli byla realizována opatření pro eliminaci identifikovaných problémů, po zavedení prototypu vozíku se vyskytly problémy nové. Opět jsou naznačené v mapě viz *Příloha 11 – VSM Budoucí stav*. Tyto problémy již nezasahují do produktivity, ale je nutné je odstranit pro výrobu trvalých a schválených vozíků.

#### Problémy nového vozíku a jejich řešení:

##### 1. Vozík čeká u pracoviště A.410.610.82.23

V tomto případě se nejedná o problém, ale spíše upozornění. Prostor vymezený pro uložení vozíku by bylo vhodné standardizovat nákresem na zem jako například na *Obr.: 6-13 Nákres uložení vozíku*. Jasná vizualizace souvisí také s popisky polotovarů, které mají být uloženy na vozík. V současné době jsou popisky nejasné a málo zřetelné, jak je vidět na *Obr.: 6-12 Popisky*. Na vozíku musí být laserem vypáleno, kam jaký díl patří, aby nedocházelo ke špatnému ukládání.



*Obr.: 6-12 Popisky*



*Obr.: 6-13 Náskres uložení vozíku*

## 2. Doplnění kvalitních koleček

Na vozík jsou ukládány velké a těžké polotovary. Vozík se pohybuje po pracovištích svařování, broušení a rovnání. Výhledově je plánováno zavedení takovýchto vozíků pro všechny zakázky, které jsou v EvoBusu vyráběny a z těchto důvodů je vhodné zajistit pevná kolečka, která budou odolná proti nezpevněnému povrchu haly, šponám a jiným nečistotám.

## 3. Špatná manipulace s vozíkem v brousícím boxu

Oproti původním je nově zavedený vozík širší. Z toho důvodu není možné zasunout celý vozík do brousícího boxu a zbrousit postupně jednotlivé polotovary. Opatřením proti tomuto problému je vysunutí jeřábu z brousícího boxu a následná manipulace s jednotlivými polotovary.

## 7 Technickoekonomické zhodnocení

Na základě měření materiálového toku po realizaci navrhovaných opatření se celkový čas měření snížil téměř na polovinu. Sloučení pracovišť svařování a dovařování ušetřilo 23,38 minut, díky zrušení meziskladu u vzdáleného dovařovacího boxu. Porovnání klíčových hodnot shrnuje následující tabulka *Tab.: 7-1 Porovnání klíčových hodnot*.

Polotovary se v současnosti vyrábí v jednotlivých svařovacích boxech najednou a po vyhotovení se rovnou kompletují na přistavený vozík. Ten je manipulátem přesunut k pracovišti rovnání, kde se rovná celá výrobní skupina. Poté je přesunut k broušení, kde je opět broušena celá zakázka, tedy sedm polotovarů najednou. Z toho důvodu byly navýšeny produktivní časy v rámci rovnání a broušení. Pro přesné porovnání produktivních časů by původní stav neměl ukazovat pouze polotovar Q8-P.B6100732, ale musely by být sečteny všechny produktivní časy pro jednotlivé polotovary. Z map ilustrující současný stav procesů, které jsou uvedené v přílohách 2 – 7, je možné produktivní časy vyčíst a v minutách celkově dávají přibližně 900 minut. To ovšem neznamená, že samotná výroba trvala celkově tuto dobu, protože polotovary byly svařovány paralelně.

Doba čekání mezi pracovištěm broušení a přesunem na linie se výrazně snížila. Je to z toho důvodu, že na sebe polotovary již nemusí čekat, než se zkompletují na vozíky, místo dvou vozíků se přesouvá pouze jeden a také se vynechává výroba dalších dvou párů polotovarů A.410.610.83.23 a A.410.610.82.23, které se původně vyráběly navíc z důvodu zaplnění druhého vozíku.

*Tab.: 7-1 Porovnání klíčových hodnot*

	Původní stav pro Q8		Po realizaci	
<b>Celkový čas měření</b>	49:54:59		26:07:12	
<b>Produktivní čas</b>	286,4 min	15 %	417,3 min	27 %
<b>Neproduktivní čas</b>	536,3 min	29 %	545,3 min	35 %
<b>Ztrátový čas</b>	1041,5 min	56 %	604,6 min	38 %
<b>VA index</b>	9,46 %		14,58 %	

Hlavním úkolem technickoekonomického zhodnocení je výpočet návratnosti investic zavedených změn při implementaci metody Value stream mapping. V kapitole 5.4 je popsán návrh opatření na odstranění prostojů mezi svařovacími boxy. Tento prostoje odstraní pořízený pracovní vozík.

V této kapitole je ekonomicky vyčíslena náročnost výroby navrhnutého vozíku. Součástí výpočtů technickoekonomického zhodnocení je výsledek uspořené času. Právě tento údaj bude tvořit protiváhu k výpočtu výrobních nákladů na transportní vozík.

Výpočty, které budou použity, jsou násobeny koeficientem chránící interní data společnosti. Zároveň je tato kalkulace sepsána pro případ, kdy uspořené čas bude sloužit k výrobě dílů a nebude vznikat plýtvání způsobené vlivem nadprodukce. Následující tabulka shrnuje základní hodnoty, které jsou potřebné pro kalkulaci výroby vozíku.

Tab.: 7-2 Základní hodnoty pro výpočet výroby vozíku

Data	Hodnota	Jednotka
Prodejní cena S 515 HD HA	25 000	Kč
Hodinová mzda manipulanta	120	Kč
Hodinová mzda svářeče	180	Kč
Hodinová mzda montéra	150	Kč
Cena materiálu - jekly	95,13	Kč/m
Cena materiálu - kolečka	100	Kč/ks
Cena svařovacího drátu	25	Kč/m

## 7.1 Výpočet strojních nákladů

Pro výpočet ekonomického zhodnocení je nejdříve nutné vypočítat Strojní hodinové sazby (SHS) strojů, které se podílejí na výrobě zavedeného vozíku. Pro tuto kalkulaci slouží rovnice (18). Strojní hodinová sazba předpokládá, že každé pracoviště je samostatné nákladové místo, a právě pro něj je nutné stanovit hodinovou sazbu.

Výrobu transportního vozíku provádějí tři pracovníci. První představuje svářeče, který sváří jednotlivé jekly k sobě a vytváří finální tvar vozíku. Druhý je manipulanta, který pomocí paletového vozíku převáží materiál, ze kterého se transportní vozík vyrábí a poslední je operátor který kompletuje vozík. Hlavní práce operátora je namontování koleček. Hodinové mzdy těchto pracovníků jsou popsány v tabulce Tab.: 7-2 Základní hodnoty pro výpočet výroby vozíku.

Kromě pracovníků se na výrobě vozíku podílejí i dva hlavní stroje. Jsou jimi svářečka Fronius VR 4000 a automatický laser ADIGE LT 712D. Data, která se týkají použitých strojů, jsou sepsána v tabulce Tab.: 7-3 Parametry strojů.

Tab.: 7-3 Parametry strojů

Parametr	Jednotka	Svářečka Fronius	Laser ADIGE
Pořizovací cena	Kč	300 000	7 200 000
Doba životnosti	rok	10	14
Roční úroková sazba	%	9	9
Plocha stroje	m <sup>2</sup>	0,93	28
Cena za 1 m <sup>2</sup> /rok	Kč/m <sup>2</sup>	5300	5300
Výkon motoru/ příkon zařízení	kW	4	2,5
Výkonové využití stroje	%	95	80
Cena za 1 kWh	Kč/kWh	3,71	3,71
Faktor oprav	-	0,5	0,5

## 7.2 Kalkulace strojní hodinové sazby

Aby mohly být hodnoty dosazeny do vzorce (10), je nutné vypočítat jednotlivé proměnné právě v této rovnici.

$$SHS = \frac{KA + KZ + KR + KE + KI}{T_V} \text{ [Kč/hod]} \quad (18)$$

Pro výpočet slouží rovnice:

Kalkulované odpisy:

$$KA = \frac{\text{reprodukční cena}}{\text{doba životnosti}} \quad (19)$$

Kalkulované úroky:

$$KZ = \frac{\text{reprodukční cena}}{2} \times \text{roční úroková sazba} \quad (20)$$

Prostorové náklady:

$$KR = \text{základní plocha (m}^2\text{)} \times \text{náklady na 1 m}^2\text{/rok} \quad (21)$$

Náklady na energii:

$$KE = T_V \times \text{náklady na energii/hod} \quad (22)$$

kde  $T_V$  je:

$$T_V = T_N - \text{časové ztráty [hod/rok]} \quad (23)$$

pro  $T_N$  platí:

$$T_N = \left( \frac{\text{počet prac. dnů}}{\text{rok}} \right) \times \left( \frac{\text{počet hodin}}{\text{pracovní den}} \right) \quad (24)$$

Náklady na opravy:

$$KI = KA \times \text{faktor} \quad (25)$$

Kde faktor nákladů na opravy stroje je:

$$\text{faktor} = \frac{\text{náklady na opravy stroje celkové doby životnosti}}{\text{reprodukční cena}} \quad (26)$$

Po dosazení vstupních dat z tabulky *Tab.: 7-3 Parametry strojů* do rovnic (18-26), je možné vyčíslit samotné strojní hodinové sazby. Pro laser a pro svářečku.

### 7.2.1 Strojní hodinová sazba laseru

$$KA = \frac{7\,200\,000}{14} = 514\,285,71 \text{ Kč} \quad (27)$$

$$KZ = \frac{7\,200\,000}{2} \times 0,09 = 324\,000 \text{ Kč} \quad (28)$$

$$KR = 28 \times 5300 = 148\,400 \text{ Kč} \quad (29)$$

$$KE = 1\,411 \times 0,8 \times 3,71 \times 2,5 = 10\,469,62 \text{ Kč} \quad (30)$$

$$T_V = 252 \times 8 - (2016 \times 0,25) = 1\,411 \text{ hod} \quad (31)$$

$$KI = 514\,285,71 \times 0,5 = 257\,142,86 \text{ Kč} \quad (32)$$

$$SHS = \frac{KA + KZ + KR + KE + KI}{T_V} = 888,94 \text{ Kč/hod} \quad (33)$$

Strojní hodinová sazba pro laser ADIGE LT 712D tedy činí **888,94 Kč/hod**.

### 7.2.2 Strojní hodinová sazba svářečky

$$KA = \frac{300\,000}{10} = 30\,000 \text{ Kč} \quad (34)$$

$$KZ = \frac{300\,000}{2} \times 0,09 = 13\,500 \text{ Kč} \quad (35)$$

$$KR = 0,93 \times 5300 = 4\,929 \text{ Kč} \quad (36)$$

$$KE = 2268 \times 3,71 \times 4 \times 0,95 = 31\,974,26 \text{ Kč} \quad (37)$$

$$T_V = 252 \times 16 - (3024 \times 0,25) = 3\,276 \text{ hod} \quad (38)$$

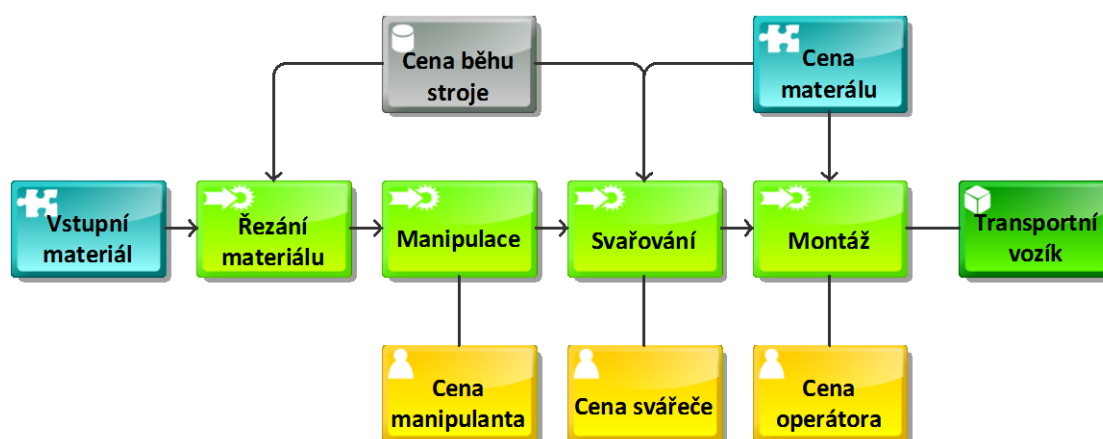
$$KI = 30000 \times 0,5 = 15\,000 \quad (39)$$

$$SHS = \frac{KA + KZ + KR + KE + KI}{T_V} = 29,12 \text{ Kč/hod} \quad (40)$$

Strojní hodinová sazba pro svářečku Fronius VR 4000 tedy činí **29,12 Kč/hod**.

### 7.3 Ekonomická kalkulace za transportní vozík

Pro ekonomické vyčíslení je nejprve počítáno s výrobou prototypu transportního vozíku domovskou firmou. Finanční kalkulace je složena z ceny strojních hodinových sazeb pily a laseru, ceny materiálu a ceny zaměstnanců.



Obr.: 7-1 Nákladová náročnost výroby vozíku

Obrázek Obr.: 7-1 Nákladová náročnost výroby vozíku znázorňuje nákladovou závislost na výrobě transportního vozíku. Jsou zde uvedeny kalkulace, které se podílí na výrobě navrhovaného vozíku. Hodnoty, se kterými bude počítáno v ekonomické kalkulaci, jsou uvedeny v tabulce Tab.: 7-4 Vstupní naměřená data.

### 7.3.1 Výroba prototypu vozíku

Výroba prototypu vozíku probíhá interně, dle návrhu technologa. Nákladová kalkulace vychází z obrázku Obr.: 7-1 Nákladová náročnost výroby vozíku. Naměřené proměnné jsou uvedeny v tabulce Tab.: 7-4 Vstupní naměřená data.

Tab.: 7-4 Vstupní naměřená data

Data	Hodnota	Jednotka
Délka použitých jeklů	20,1	m
Čas řezání na laseru	1	hod
Čas svařování vozíku	4,5	hod
Čas montáže	0,5	hod
Čas transportu	0,05	hod

$$\text{Cena výroby vozíku} = \text{Materiál} + \text{Operace} + \text{Zaměstnanci} \quad (41)$$

kde:

$$\text{Materiál} = \text{cena za } 1 \text{ m}^2 \times \text{metry} + \text{cena kolečka} \times 4 + \text{svařovací drát} \quad (42)$$

$$\text{Materiál} = 59,13 \times 20,1 + 100 \times 4 + 200 = 1\,788,50 \text{ Kč} \quad (43)$$

$$\text{Operace} = \text{SHS laser} \times \text{čas řezání} + \text{SHS svářečky} \times \text{doba svařování} \quad (44)$$

$$\text{Operace} = 888,94 \times 1 + 29,12 \times 4,5 = 1\,019,98 \text{ Kč} \quad (45)$$

$$\begin{aligned} \text{Zaměstnanci} &= \text{mzda manipulanta} \times \text{čas transportu} & (46) \\ &+ \text{mzda svářeče} \times \text{doba svařování} \\ &+ \text{mzda montéra} \times \text{čas montáže} \end{aligned}$$

$$\text{Zaměstnanci} = 120 \times 0,05 + 180 \times 4,5 + 150 \times 1 = 966 \text{ Kč} \quad (47)$$

Po sečtení výše uvedených rovnic dostaneme výslednou částku za výrobu prototypu vozíku.

$$\begin{aligned} \text{Cena výroby vozíku} &= 1788,50 + 1\,019,98 + 966 & (48) \\ &= 3\,774,48 \text{ Kč} \end{aligned}$$

Výroba prototypu transportního vozíku tedy činí **3 774,48 Kč**.

### 7.3.2 Výsledná kalkulace

Výsledný prototyp vozíku byl vyroben za 3 832,71 Kč. Vzhledem k časové náročnosti a ovlivnění plánu výroby proběhla objednávka těchto vozíků u externí firmy. Dle uplatnění a urychlení výroby dílů, byla schválena objednávka na 8 kusů transportních vozíků, které byly vyrobeny dle původního prototypu.

$$\text{Cena objednávky} = \text{cena za vozík} \times 8 + \text{doprava} \quad (49)$$

Transport objednaných vozíků činil 3500 Kč.

$$\text{Cena objednávky} = 3774,48 \times 8 + 3500 = 33\,695,84 \text{ Kč} \quad (50)$$

Výroba 8 kusů objednaných transportních vozíků u externí firmy včetně dovozu činí **33 695,84 Kč**.

## 7.4 Nákladové zatížení racionalizace procesu

Jedním z hlavních cílů diplomové práce je pomocí metody Value stream mapping racionalizovat proces výroby vybraného reprezentanta, zadní komponenty autobusu Setra S 515 HD. Zda byly ušetřeny ekonomické náklady celého procesu po zavedení změn popisuje tato kapitola. Stejně jako v předchozích kapitolách i pro problematiku vyčíslení nákladovosti byl vybrán polotovar Quertraeger 8, na kterém bude demonstrován způsob výpočtu pro původní proces.

### 7.4.1 Náklady na původní stav

Vyčíslení nákladovosti pro původní stav vychází z mapy uložené v *Příloze Příloha 8 – VSM Celkový současný stav*. Nejdříve jsou vypočteny náklady na jednotlivé technologie, tedy pracoviště, kterými polotovar Q8 prochází. Následně jsou vyčísleny náklady na manipulaci mezi jednotlivými pracovišti. Po sečtení těchto dvou položek vyjde nákladové zatížení procesu pro původní stav. Data potřebná pro výpočet jsou uvedena v následující tabulce:



Tab.: 7-5 Vstupní hodnoty pro výpočet nákladů

Data	Hodnota [Kč/hod]
SHS svářečky	29,12
Hodinová mzda svářeče	180
Hodinová mzda rovnače	130
Hodinová mzda brusiče	130
Hodinová mzda manipulanta	120

Náklady na technologii:

1. Svařování (81,97 min):

$$Operace_1 = SHS\ svářečky \times doba\ svař. + hodinová\ mzda\ svářeče \times doba\ svař. \quad (51)$$

$$Operace_1 = 29,12 \times 1,37 + 180 \times 1,37 = 286,49\ Kč/operaci \quad (52)$$

2. Dovařování (53,12 min):

$$Operace_2 = 29,12 \times 0,89 + 180 \times 0,89 = 186,12\ Kč/operaci \quad (53)$$

3. Rovnání (18,7 min):

$$Operace_3 = hodinová\ mzda\ rovnače \times doba\ rovnání \quad (54)$$

$$Operace_3 = 130 \times 0,31 = 40,30\ Kč/operaci \quad (55)$$

4. Broušení (21,37 min):

$$Operace_4 = hodinová\ mzda\ brusiče \times doba\ broušení \quad (56)$$

$$Operace_4 = 130 \times 0,36 = 46,80\ Kč/operaci \quad (57)$$

5. Svařování linie (64,67 min):

$$Operace_5 = 29,12 \times 1,08 + 180 \times 1,08 = 225,85\ Kč/operaci \quad (58)$$

6. Dovařování linie (40,20 min):

$$Operace_6 = 29,12 \times 0,67 + 180 \times 0,67 = 140,11\ Kč/operaci \quad (59)$$

7. Rovnání linie (55 min):

$$Operace_7 = 130 \times 0,92 = 119,60\ Kč/operaci \quad (60)$$

8. Bodování linie (40 min):

$$Operace_8 = 29,12 \times 0,67 + 180 \times 0,67 = 140,11\ Kč/operaci \quad (61)$$

9. Expedice (53 min):

$$Operace_9 = hodinová\ mzda\ manipulanta \times doba\ manipulace \quad (62)$$

$$Operace_9 = 120 \times 0,89 = 106,80\ Kč/operaci \quad (63)$$

Náklady na manipulaci:

1. Svařování -> Dovařování (3,65 min):

$$\text{Manipulace}_1 = \text{hodinová mzda manipulanta} \times \text{doba manipulace} \quad (64)$$

$$\text{Manipulace}_1 = 120 \times 0,06 = 7,20 \text{ Kč} \quad (65)$$

2. Dovařování -> Rovnání (2,18 min):

$$\text{Manipulace}_2 = 120 \times 0,053 = 6,36 \text{ Kč} \quad (66)$$

3. Rovnání -> Broušení (0,42 min):

$$\text{Manipulace}_3 = 120 \times 0,007 = 0,84 \text{ Kč} \quad (67)$$

4. Broušení -> Linie (2,12 min):

$$\text{Manipulace}_4 = 120 \times 0,035 = 4,20 \text{ Kč} \quad (68)$$

Po sečtení nákladů na technologii a nákladů na manipulaci vznikají celkové náklady výroby reprezentanta na původní stav procesu:

$$\text{Celkové náklady na původní stav} = 1292,18 + 18,6 = 1\,310,78 \text{ Kč} \quad (69)$$

Svařování polotovaru Q8 a následná montáž do finální podoby výrobku trvala 49:54:59 hod a náklady na výrobu byly **1 310,78 Kč**.

**7.4.2 Náklady po realizaci**

Do procesu výroby byly zavedeny změny, které jsou popisovány v kapitole 6 *Analýza budoucího stavu*. Jedním z hlavních přínosů je nový transportní vozík, díky kterému jsou jednotlivé polotovary kompletovány již při první operaci svařování a jako celek jsou následně rovnány a broušeny. Celý hodnotový tok popisuje mapa budoucího stavu uložená v *Příloze Příloha 11 – VSM Budoucí stav*. Další důležitou změnou bylo také sloučení pracovišť svařování a dovařování. Jaký vliv mají tyto změny na náklady popisují následující výpočty. Hodnoty pro výpočet zůstávají stejné jako v původním procesu, a proto vycházejí z tabulky *Tab.: 7-5 Vstupní hodnoty pro výpočet nákladů*.

Náklady na technologii:

1. Svařování (105,2 min):

$$\text{Operace}_1 = \text{SHS svářečky} \times \text{doba svař.} + \text{hodinová mzda svářeče} \times \text{doba svař.} \quad (70)$$

$$\text{Operace}_1 = 29,12 \times 1,75 + 180 \times 1,75 = 365,96 \text{ Kč/operaci} \quad (71)$$

2. Rovnání (76 min):

$$\text{Operace}_2 = \text{hodinová mzda rovnače} \times \text{doba rovnání} \quad (72)$$

$$\text{Operace}_2 = 130 \times 1,27 = 165,10 \text{ Kč/operaci} \quad (73)$$

3. Broušení (47,13 min):

$$\text{Operace}_3 = \text{hodinová mzda brusiče} \times \text{doba broušení} \quad (74)$$

$$\text{Operace}_3 = 130 \times 0,79 = 102,70 \text{ Kč/operaci} \quad (75)$$

4. Svařování linie (70,85 min):

$$Operace_4 = 29,12 \times 1,18 + 180 \times 1,18 = 246,76 \text{ Kč/operaci} \quad (76)$$

5. Dovařování linie (40,20 min):

$$Operace_5 = 29,12 \times 0,67 + 180 \times 0,67 = 140,11 \text{ Kč/operaci} \quad (77)$$

6. Rovnání linie (55 min):

$$Operace_6 = 130 \times 0,92 = 119,60 \text{ Kč/operaci} \quad (78)$$

7. Bodování linie (55,27 min):

$$Operace_7 = 29,12 \times 0,92 + 180 \times 0,92 = 192,39 \text{ Kč/operaci} \quad (79)$$

8. Expedice (90 min):

$$Operace_8 = \text{hodinová mzda manipulanta} \times \text{doba manipulace} \quad (80)$$

$$Operace_8 = 120 \times 1,5 = 180 \text{ Kč/operaci} \quad (81)$$

Náklady na manipulaci:

1. Svařování -> Rovnání (1,12 min):

$$Manipulace_1 = 120 \times 0,019 = 2,28 \text{ Kč} \quad (82)$$

2. Rovnání -> Broušení (0,42 min):

$$Manipulace_2 = 120 \times 0,007 = 0,84 \text{ Kč} \quad (83)$$

3. Broušení -> Linie (2,12 min):

$$Manipulace_3 = 120 \times 0,035 = 4,20 \text{ Kč} \quad (84)$$

Po sečtení nákladů na technologii a nákladů na manipulaci vznikají celkové náklady výroby po realizaci změn:

$$\text{Celkové náklady po realizaci} = 1512,62 + 7,32 = 1\,519,94 \text{ Kč} \quad (85)$$

**7.4.3 Porovnání nákladů**

Celkové náklady na původní proces svařování zadní komponenty S 515 HD pro polotovar Q8 činily 1 310,78 Kč. Po zavedení změn, kdy se svařuje 7 vstupujících polotovarů do finálního výrobku současně v paralelních svařovacích boxech a poté jsou polotovary okamžitě vloženy na nový transportní vozík, náklady činí 1 519,94 Kč. Hlavní úspora se tedy odrazí až po uvažování zkrácené doby trvání celkové výroby z původních 49:54:59 hodin na 26:07:12 hodin. Rozdíl 23 hodin spočívá především v eliminaci čekání polotovarů mezi jednotlivými pracovišti.

Pokud by bylo uvažováno, kolik je možné vyrobit komponent po zavedení navrhovaných opatření, výpočet bude následovný:

$$\text{Počet komponent} = \text{Původní stav} / \text{Stav po realizaci} \quad (86)$$

Po dosazení:

$$\text{Počet komponent} = 49:54:59 / 26:07:12 = 1,911 \text{ ks} \quad (87)$$

V čase téměř 50 hodin se původním procesem vyrobí 1 výrobek s čistým ziskem 25 000 Kč a novým procesem za stejnou dobu 1,91 výrobku (výpočet viz rovnice 87) v hodnotě 47 775 Kč. Zkrácení doby trvání výroby reprezentanta S 515 HD dává teoreticky možnost vyrobit v původním čase právě 1,91 finálního výrobku při nákladech 1 519,94 Kč.

Pro vyčíslení nákladů doby čekání mezi jednotlivými pracovišti je opět vycházeno z VSM původního stavu a stavu po realizaci.

Tab.: 7-6 Časy čekání

Data	Čas
<b>Původní čas čekání</b>	2782,16 minut
<b>Nový čas čekání</b>	1375,2 minut

Aby mohla být vypočítána úspora, musí být nejprve vyčíslena suma, kterou stálo čekání při původním stavu. Tento výpočet bude porovnávat dobu výroby prvního stavu s nově upraveným procesem, kdy dojde k urychlení výroby o 1,911 komponenty za původní čas procesu.

Změnou procesu ovšem došlo i k navýšení nákladů, které jsou vypočítány v rovnici (85). Z optimalizovaných časů druhého procesu se tak dá vypočítat cena čekání původního procesu, o kterou je nový proces efektivnější.

Tab.: 7-7 Vstupní data pro výpočet ztrát z čekání

Zkratka	Data	Hodnoty
<b>CNP</b>	Cena při novém procesu (pro 1,911 ks)	44 775 Kč
<b>NNP</b>	Náklady na nový proces (pro 1,911 ks)	2 887,89 Kč
<b>CPP</b>	Cena při původním procesu	25 000 Kč
<b>NPP</b>	Náklady na původní proces	1 310,78 Kč

V tabulce jsou uvedeny hodnoty pro původní dobu trvání procesu, která činila cca 49,9 hodin.

Samotný výpočet financí se vypočítá dle rovnice:

$$\text{Ztráty za čekání} = \text{CNP} - \text{NPP} - \text{CPP} - \text{NPP} \quad (88)$$

Po dosazení:

$$\text{Ztráty} = 44775 - 2887,89 - 25000 - 1310,78 = 15576,42 \text{ Kč} \quad (89)$$

Z výpočtu je patrné, že po optimalizaci dojde k teoretické úspoře na jednom 49,9 hodinovém výrobním procesu o **15 576,42 Kč**.

Roční zisk po eliminaci čekání pro nově navržený výrobní proces se zavedením racionalizačních opatření a nově zavedeným transportním vozíkem je vypočtena následovně:

$$\text{Roční úspora po optimalizaci} = \frac{\text{počet prac. hod. za rok}}{\text{původní doba výroby}} \times \text{uspořená ztráta} \quad (90)$$

Po dosažení:

$$\text{Roční úspora po optimalizaci} = \frac{250 \times 16}{49,9} \times 15\,576,42 = 1\,248\,610,82 \text{ Kč} \quad (91)$$

Celková roční úspora představuje roční úsporu optimalizovaného procesu po odečtení nákladů na investici. Tyto náklady představují výrobu prototypu vozíku a nákup osmi vozíků od externí firmy (viz rovnice 48, 50).

$$CRÚ = 1\,248\,610,82 - 3\,774,48 - 33\,695,84 = 1\,211\,140,50 \text{ Kč} \quad (92)$$

Celková roční úspora za implementaci VSM včetně navrhovaných opatření pro reprezentanta S 515 HD ve společnosti EvoBus činí teoreticky **1 211 140,50 Kč**.

## Závěr

Jedním z cílů diplomové práce bylo seznámení s principy štihlé výroby, kterým se věnuje teoretická část a vedle štihlé výroby popisuje také štíhlou logistiku, vývoj či administrativu. Následuje problematika logistiky a technologie, které jsou v tomto oboru používány. Jedním z důležitých nástrojů pro tuto práci je metoda Value Stream Mapping, která je následně aplikována v praxi. Tento stanovený cíl splňuje první část diplomové práce.

Následně byla představena společnost EvoBus Česká republika, s.r.o., která se zabývá výrobou svařovaných segmentů a karoserií pro autobusy Mercedes-Benz a Setra. Pro realizaci projektu byla vybrána nejčastěji se prodávající komponenta zadní části dálkového autobusu Setra S 515 HD. Byla provedena měření jednotlivých operací, které se podílejí na výrobě segmentu a na základě toho vytvořeny mapy současného stavu pro všechny hlavní vstupující podskupiny do finálního výrobku. Pro každý polotovary byl vypočítán index přidané hodnoty. Pro ilustraci byl zvolen jeden polotovar (Q8) jako představitel, v jehož případě současný stav hodnoty VA indexu byl **9,46 %**.

V mapovaném procesu byly identifikovány problémy, které představovaly přetížení pracoviště broušení, kde nebylo jasně dané, které polotovary mají být broušeny a vyskytovaly se zde poloprázdné vozíky zabírající prostor. Dále zbytečná manipulace na vzdálené pracoviště dovařování, či nadprodukce polotovarů, které nebylo potřeba zakládat do finálního výrobku. K jejich eliminaci byla navržena opatření jako například nový transportní vozík, díky kterému jsou polotovary svařovány současně a okamžitě převáženy na další pracoviště, kde jako skupina podstupují další výrobní operace a nemusí na sebe čekat.

Na základě návrhů byla zakreslena mapa budoucího stavu, zde je vidět eliminace čekání mezi pracovišti. Index přidané hodnoty budoucího stavu vzrostl na **14,58 %** a také byl do layoutu zakreslen nový způsob manipulace s polotovary. Navrhovaná opatření byla zrealizována a proces výroby byl znovu změřen a zaznamenán do vytvořeného formuláře v MS Excel představující metodiku snímku operace vycházející z REFA. Díky tomuto nástroji bylo zjištěno, že proces svařování komponenty S 515 HD byl z původních **49:54:59 hodin** zkrácen na **26:07:12 hodin**, kdy téměř 23 hodin tvořilo čekání způsobené nesprávnou koordinací procesu.

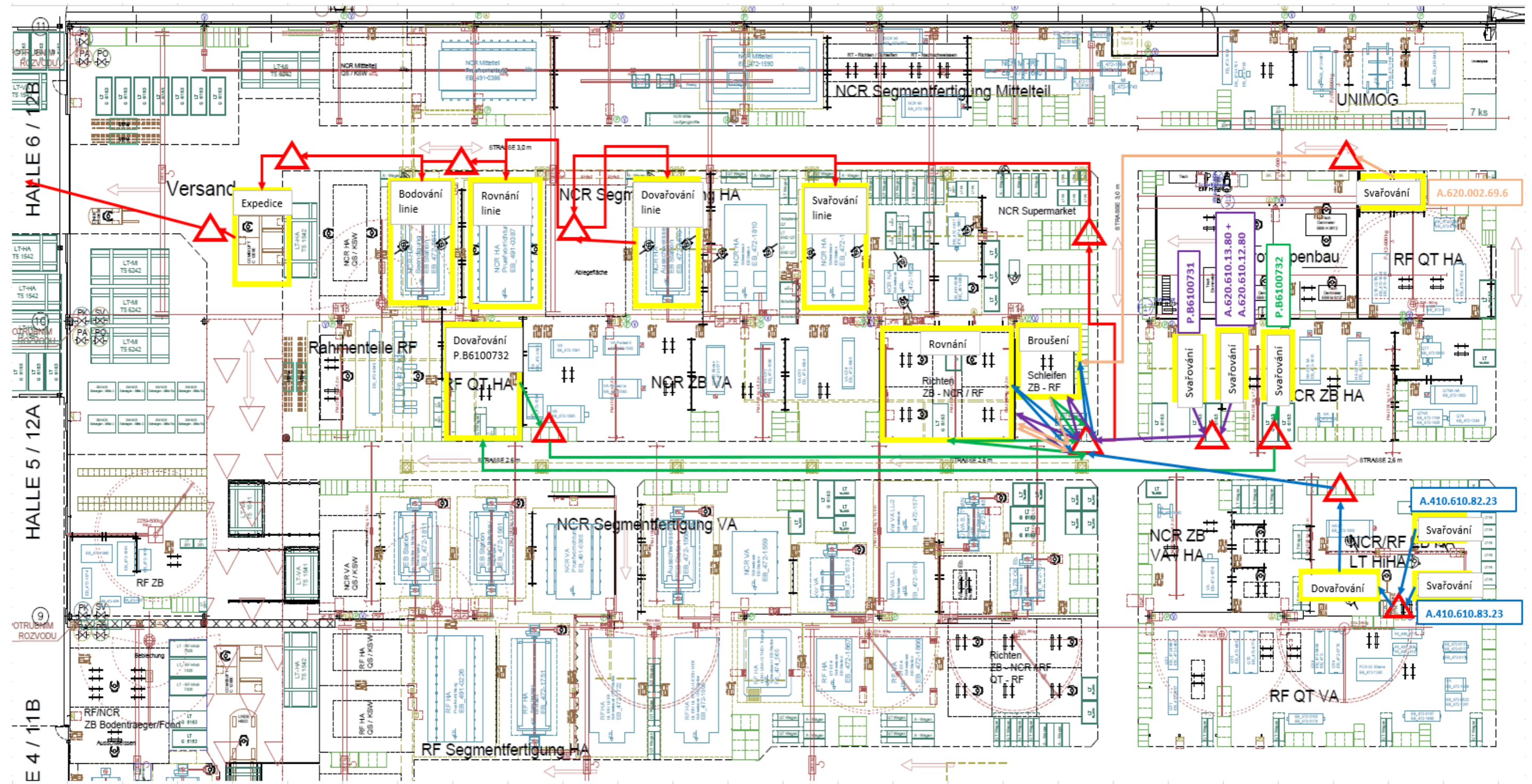
Poslední kapitola je věnována technickoekonomickému zhodnocení, které se zaměřuje na kalkulaci výroby prototypu vozíku a následně je zde vypočteno nákladové zatížení racionalizace procesu. Ekonomické hodnocení ukazuje náklady na původní proces a náklady po realizaci a také pracuje s vyčíslením nákladů na čekání, které bylo eliminováno. Díky zavedení navrhovaných opatření je teoreticky možné v původním čase vyrobit **1,9 komponenty** místo původní jedné. Výpočty ukazují, že po optimalizaci dojde k teoretické úspoře na jednom 49,9 hodinovém výrobním procesu o **15 576,42 Kč**. Celková roční úspora pak za implementaci VSM včetně navrhovaných opatření pro reprezentanta S 515 HD ve společnosti EvoBus činí teoreticky **1 211 140,50 Kč**.

Všechny cíle vytyčené v úvodu diplomové práce byly splněny.

## Seznam použité literatury

- [1] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-868-5138-9.
- [2] KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., a kol. *Jak zvyšovat produktivitu firmy*, Žilina: InForm, 2002.
- [3] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M., *Nové cesty k vyšší produktivitě - metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-9.
- [4] JIRÁSEK, Jaroslav. *Štíhlá výroba*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-716-9394-4.
- [5] HORVÁTH, Gejza. *Logistika ve výrobním podniku*. V Plzni: Západočeská univerzita, 2007. ISBN 978-80-7043-634-9.
- [6] PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2556-X.
- [7] ŠIMON, M., TRNKOVÁ, L. *Logistika - teoretická část*, e-book. Plzeň: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-35-4.
- [8] SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA. *Logistika: Metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press, 2009. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2563-2.
- [9] GREGOR, Milan, Branislav MIČIETA a Peter BUBENÍK. *Plánovanie výroby*. Žilina: Žilinská univerzita, 2005. ISBN 80-8070-427-9.
- [10] LAMBERT, D., *Logistika*, 2. vyd. Brno: Vydavatelství CP Books, a.s., 2005. ISBN 80-251-0504-0.
- [11] STEHLÍK, Antonín a Josef KAPOUN. *Logistika pro manažery*. Praha: Ekopress, 2008. ISBN 978-80-86929-37-8.
- [12] VSM (Value Stream Mapping) Mapování toku hodnot. *MANAGEMENT MANIA* [online]. [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/value-stream-mapping>
- [13] VSM: Value Stream Mapping. *IPA* [online]. 2007 [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/vsm>
- [14] Mapování toku hodnot. *Escare* [online]. [cit. 2016-11-19]. Dostupné z: <http://www.escare.cz/lean-healthcare/metodika/metodika-just-in-time/mapovani-toku-hodnot>
- [15] LEE, Quarterman. a Brad. SNYDER. *The strategos guide to value stream: [genesis of manufacturing strategy]*. Bellingham, WA: Enna Products, 2006. ISBN 978-189-7363-430.
- [16] Obrázek Kanban karty. [online]. [cit. 2016-10-29]. Dostupné z: [http://cvis.cz/pictures/218\\_07.jpg](http://cvis.cz/pictures/218_07.jpg)
- [17] Looking Into The Future. *Industry Europe* [online]. Norwich: Positive Publications, 2017 [cit. 2017-03-30]. Dostupné z: <http://www.industryeurope.net/automotive/Feature/9253/Looking-Into-The-Future/>

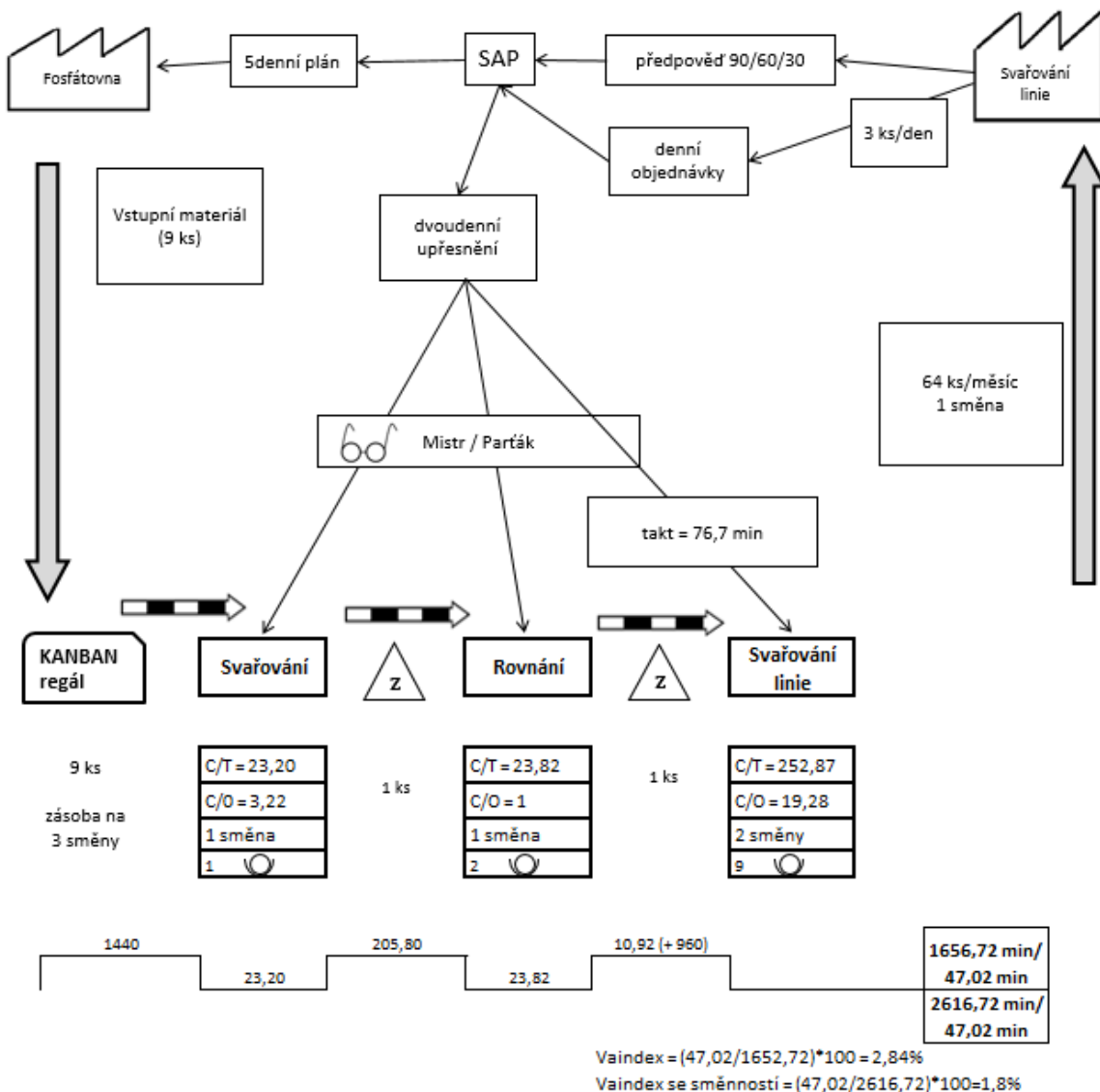
Príloha 1 – Spaghetti diagram



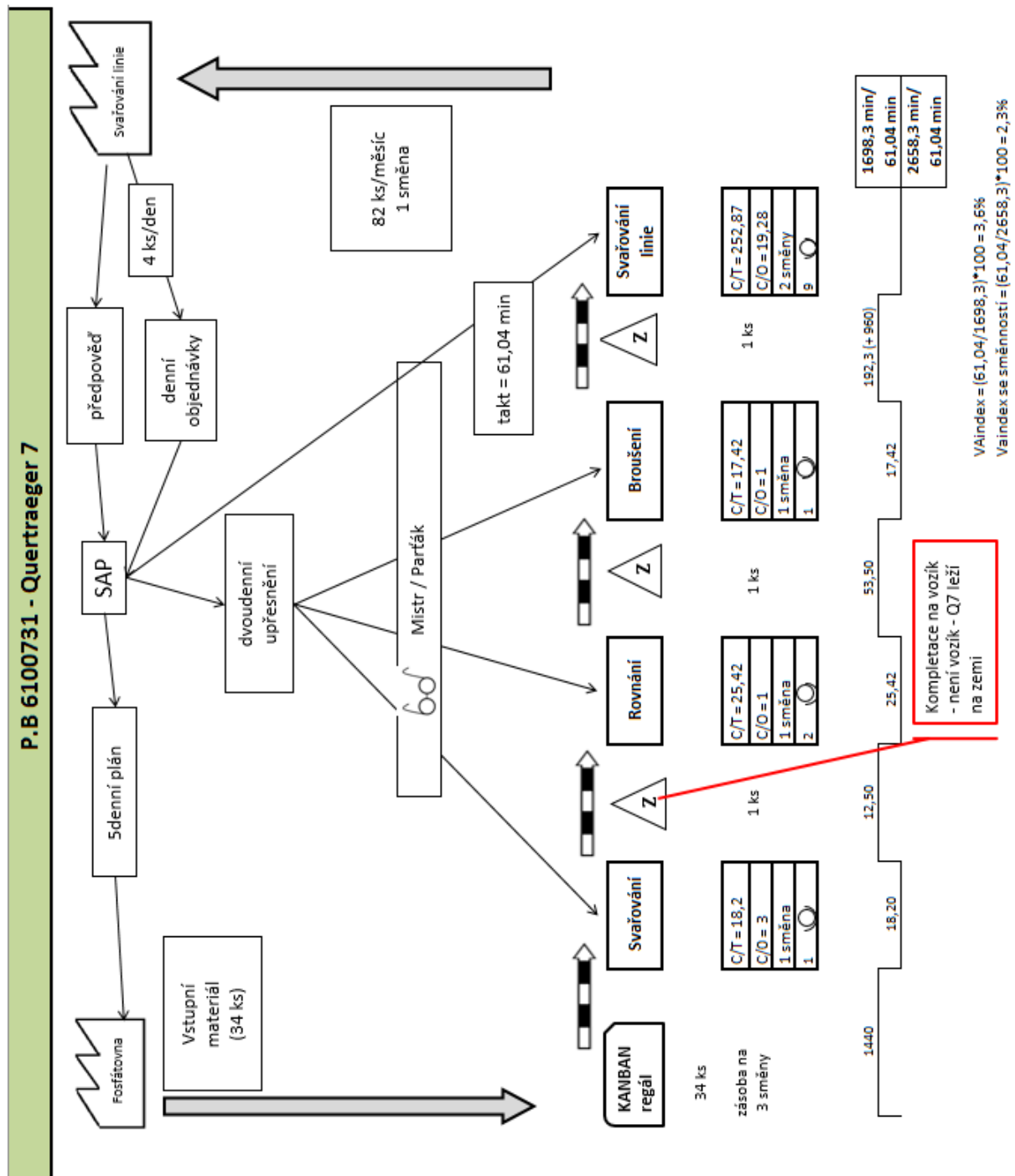




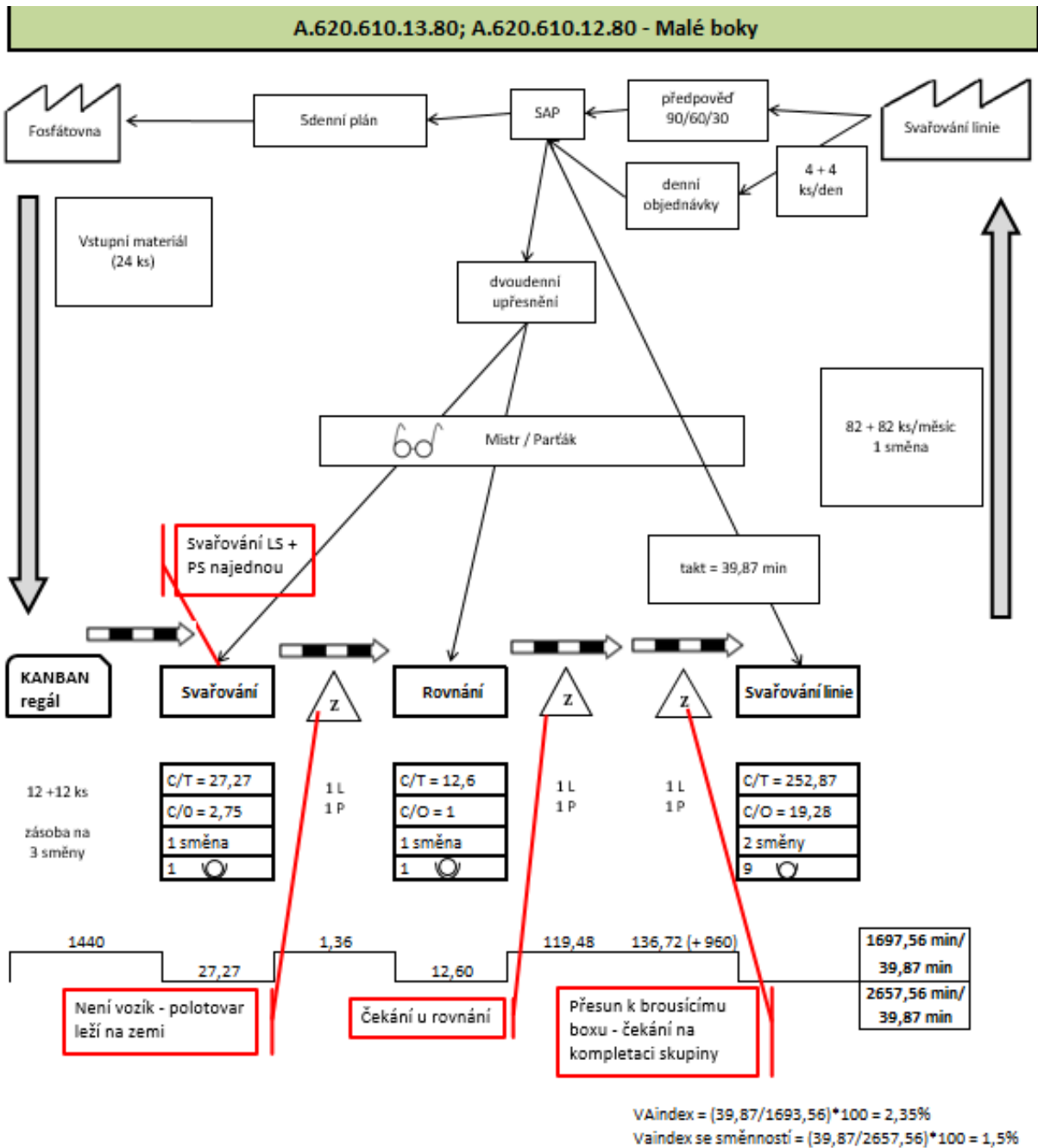
**A.410.610.82.23 - ZB Laenstraeger**



Příloha 4 – VSM P.B6100731



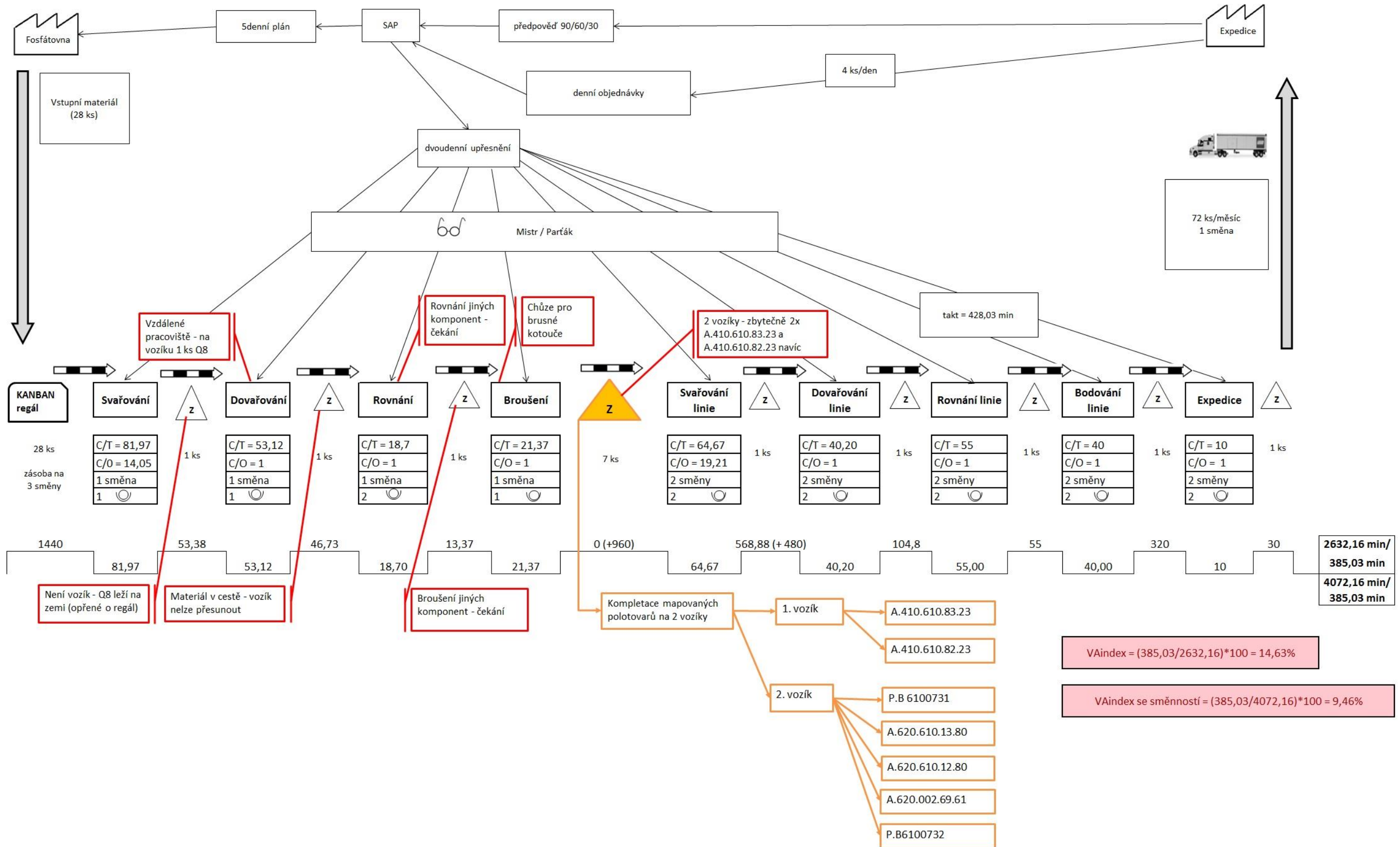






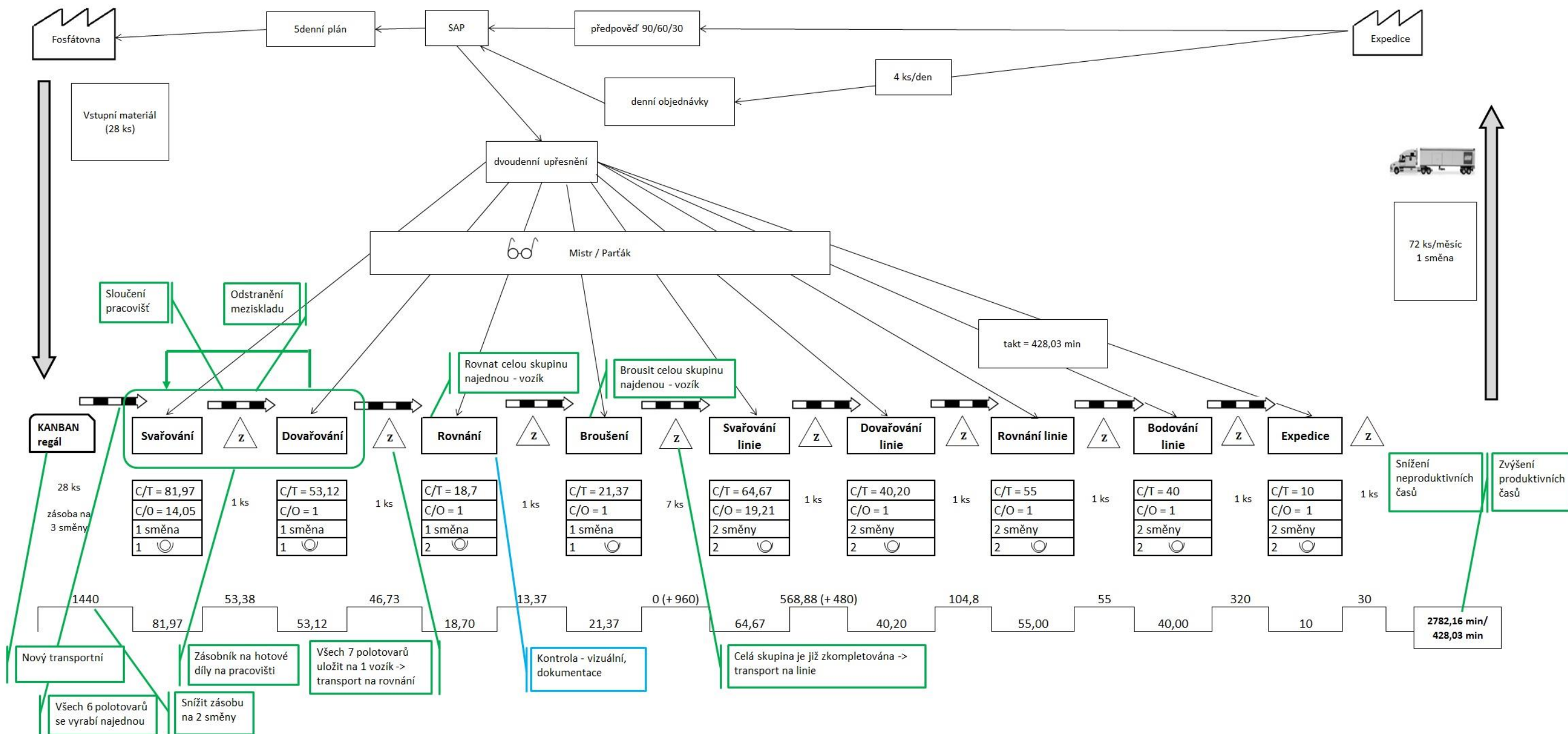
Příloha 8 – VSM Celkový současný stav

Původní stav - P.B6100732 - Quertraeger 8



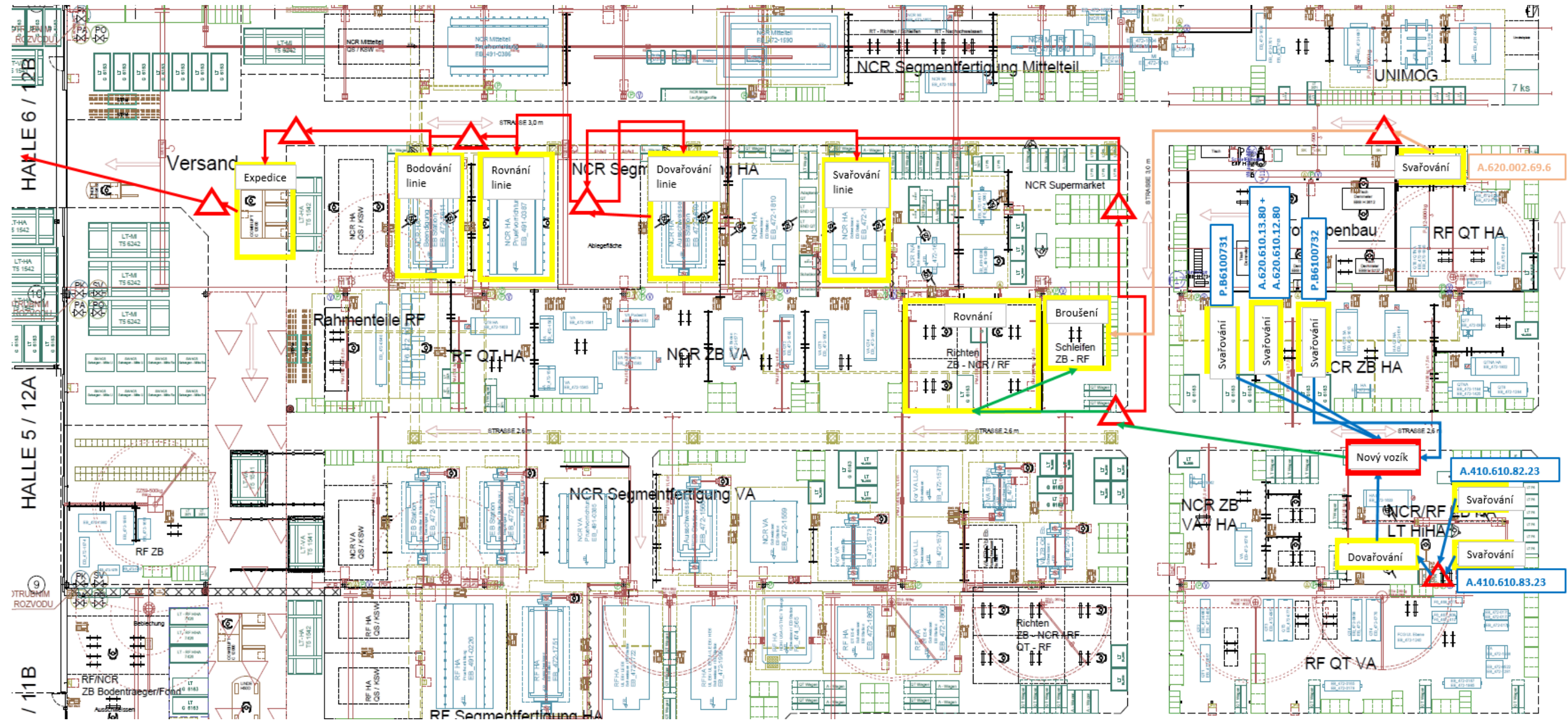
Příloha 9 – VSM Navrhovaná opatření

Doporučená opatření - P.B6100732 - Quertraeger 8





Příloha 10 – Spaghetti diagram po zavedení změn



Příloha 11 – VSM Budoucí stav

