

UNIVERZITA PARDUBICE

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A  
INFORMATIKY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2023

Marek

Henzl

Univerzita Pardubice  
Fakulta elektrotechniky a informatiky

Výrobní modelmix ve svařovně  
Diplomová práce

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Marek Henzl**  
Osobní číslo: **I20183**  
Studijní program: **N0714A150005 Automatické řízení**  
Téma práce: **Výrobní modelmix karoserí ve svařovně**  
Zadávací katedra: **Katedra řízení procesů**

## Zásady pro vypracování

Cílem práce je analýza výrobního procesu svařovny a návrh výrobního modelmixu včetně řešení mimořádných situací.

### **Teoretická část**

- Charakteristika řízení výroby
- Řízení výrobního procesu se zaměřením na svařování
- Definice modelové řady karoserí
- *Problematika modelmixu:*
  - *Proč je nutný*
  - *Jaké problémy se vyskytují při jeho nastavení*
- *Přístupy k nastavení modelmixu*

### **Praktická část**

- **Analytická část**
  - Zanalyzování daného výrobního procesu svařovny, návaznost mezi jednotlivými výrobními pracovišti
  - Nynější problémy v daném modelmixu
  - Mimořádné problémové situace, které se vyskytují (dodavatelé, objednávky)
- **Návrhová část**
  - Nalezení nejvhodnějšího způsobu uspořádání jednotlivých modelových typů karoserí ve výrobním toku a jeho následná interpretace na pracovišti
  - Návrh řešení mimořádné problémové situace

Rozsah pracovní zprávy: **60**  
Rozsah grafických prací:  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Praha: Grada, 2014. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5  
JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.  
Technologie I: (slévání, tváření, svařování a povrchové úpravy). Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-010-2351-6.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Daniel Honc, Ph.D.**  
Katedra řízení procesů

Datum zadání diplomové práce: **8. listopadu 2022**  
Termín odevzdání diplomové práce: **19. května 2023**

L.S.

---

**Ing. Zdeněk Němec, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Daniel Honc, Ph.D.**  
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 15. listopadu 2022

Prohlašuji:

Práci s názvem Výrobní modelmix ve svařovně jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 7/2019 Pravidla pro odevzdávání, zveřejňování a formální úpravu závěrečných prací, ve znění pozdějších dodatků, bude práce zveřejněna prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 19. 5. 2023

Marek Henzl

## **Poděkování**

Tato diplomová práce by nevznikla bez podpory mé rodiny, k těm tedy míří mé poděkování. Velké poděkování patří panu Bc. Lukáši Padisakovi, který mě korigoval při tvorbě práce a radil mi s fakty o svařovně. Dále musím poděkovat panu Martinu Strnkovi, který mě zasvětil do nadřazeného řízení svařovny. Firmě Škoda Auto a.s. vděčím za možnost práce na této diplomové práci. Rovněž děkuji i panu Ing. Danielu Honcovi Phd. za vedení diplomové práce a za přínosné rady a pomoc s formálními a obsahovými nároky.

V Pardubicích dne 19. 5. 2023

Marek Henzl

## **ANOTACE**

*Diplomová práce se zabývá výrobním modelmixem na svařovně a jeho vylepšením pro zvýšením celkové kapacity svařovny a tím zefektivnění výroby. Vstupními daty jsou výrobními reporty, analytickými nástroji jsou programy MS Excel a MS Power BI. Po získání relevantních informací a z nich získaných znalosti je navrženo možné vylepšení.*

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

*svařovna, karoserie, datová analýza, výrobní modelmix, efektivita výroby*

## **TITLE**

Production modelmix of car bodies in the welding shop

## **ANNOTATION**

*This diploma work is about production modelmix in welding shop and improving of him for bigger whole capacity of welding shop which is leading to better efficiency of production. Input data are production reports, analytics tools are software MS Excel and MS Power BI. After gain of relevant information and knowledge from them follows proposal of possible improve.*

## **KEYWORDS**

*welding shop, car body, data analysis, production modelmix, production efficiency*

# OBSAH

SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK.....	11
SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK .....	13
ÚVOD.....	14
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	15
1.1 Štíhlá výroba .....	15
1.1.1 Kanban .....	15
1.1.2 Poka-Yoke .....	15
1.1.3 5S .....	16
1.2 Business Intelligence.....	18
1.3 Karoserie .....	19
1.4 Modelová řada.....	20
1.4.1 Etapy nového modelu .....	20
1.5 Technologie ve svařovně.....	21
1.5.1 CO <sub>2</sub> sváření .....	21
1.5.2 Bodové sváření .....	22
1.5.3 Laserové pájení .....	22
1.5.4 Svorníky tuckery .....	22
1.5.5 Nýtování.....	22
1.5.6 Buklovací šrouby a matice.....	23
1.5.7 Šroubování .....	23
1.5.8 Lemování .....	23
1.5.9 Děrování.....	23
1.5.10 Lepení plechů.....	23



1.6	Zkoušky karoserie .....	24
1.6.1	Pevnostní zkoušky .....	24
1.6.2	Destrukční zkouška .....	24
1.6.3	Ultrazvuková zkouška.....	24
2	ANALYTICKÁ ČÁST .....	25
2.1	Svařovna.....	25
2.2	Pracoviště na svařovně .....	29
2.2.1	Hlavní (skidová) linka .....	29
2.2.2	Vedlejší (hnízdová) linka.....	29
2.3	Nadřazené řízení.....	32
2.3.1	Architektura .....	32
2.3.2	Vizualizace.....	33
2.3.3	Nadřazené řízení .....	34
2.3.4	Reporty (Vyhodnocení) .....	34
2.4	Modelmix .....	35
2.4.1	Výrobní možnosti .....	35
2.4.2	Pracoviště pouze pro některý z modelů .....	36
2.4.3	Pracoviště s dlouhým taktem .....	36
2.4.4	Řízení podlah, příčné stěny, rámu dveří .....	38
2.4.5	Kompromis s montáží, montážní restrikce .....	39
2.4.6	Omezení maximální kapacitou .....	39
2.4.7	Křižovatky .....	40
2.4.8	Zkoušky .....	40
2.5	Stávající modelmix.....	41
2.5.1	Svařovna 1 .....	41
2.5.2	Svařovna 2 .....	41

2.6	Použitý Software .....	42
2.6.1	Microsoft Excel.....	42
2.6.2	Microsoft Power BI .....	42
3	NÁVRHOVÁ ČÁST .....	43
3.1	Analyzování reportů.....	43
3.1.1	Časy průchodů, celkový čas ve svařovně .....	43
3.2	Detailní průběh modelmixu na Svařovně 2.....	47
3.3	Vyjímání.....	51
3.4	Promíchávání modelmixu na Svařovně 2 .....	52
3.4.1	Svařená 1.....	52
3.4.2	Před Svařenou 4 .....	55
3.5	Návrh zásobníku po Svařené 1/1.....	57
3.5.1	Logika zásobníku .....	61
3.5.2	Výpočet ceny .....	63
	ZÁVĚR .....	65
	POUŽITÁ LITERATURA .....	66
	PŘÍLOHY .....	68

## SEZNAM ILUSTRACÍ A TABULEK

Obrázek 1.1 Příklad implementace Poka-Yoke (Levay, 2005-2016).....	16
Obrázek 1.2 Obecné schéma koncepce 5S (Vítek, 2012a).....	17
Obrázek 1.3 Proces BI (Žižka, 2011) .....	18
Obrázek 1.4 Popis karoserie (Šimon, 2015) .....	19
Obrázek 2.1 Materiálový tok ve svařovně .....	25
Obrázek 2.2 Stav karoserie po pracovišti UB2.....	26
Obrázek 2.3 Stav karoserie po pracovišti Svařená 3 .....	27
Obrázek 2.4 Hotová karoserie po pracovišti Finiš 2.....	28
Obrázek 2.5 Linka UB1 Dovárky (Benthor) .....	29
Obrázek 2.6 Linka C sloupku (Benthor).....	30
Obrázek 2.7 Mapa dopravníků na Svařovně 2 (Benthor) .....	31
Obrázek 2.8 Architektura nadřazeného řízení ve svařovně (interní zdroj).....	32
Obrázek 2.9 Výměna rámu .....	35
Obrázek 2.10 Schéma pracoviště pouze pro Voltáka.....	36
Obrázek 2.11 Materiálový tok navaření střechy ke karoserii .....	37
Obrázek 2.12 Lepení střechy .....	37
Obrázek 2.13 Zásobníky se střechami .....	38
Obrázek 3.1 Časový průběh modelmixu ze Svařovny 2 – lednový den.....	50
Obrázek 3.2 Časový průběh modelmixu ze Svařovny 2 – únorový den.....	51
Obrázek 3.3 Měřený úsek za první křižovatkou .....	52
Obrázek 3.4 Měřený úsek za druhou křižovatkou .....	55
Obrázek 3.5 Prvotní návrh zásobníku.....	57
Obrázek 3.6 Změny na provozní úrovni .....	58
Obrázek 3.7 Změny na úrovni dopravníků .....	59
Obrázek 3.8 Integrace zásobníku přímo do stávající infrastruktury .....	60
Obrázek 3.9 Režim prázdného zásobníku.....	61
Obrázek 3.10 Provozní režim nového zásobníku .....	62
Obrázek 3.11 Zaskladňování „do plna“ nového zásobníku.....	62

Tabulka 2.1 Maximální kapacity pro Svařovnu 1.....	39
Tabulka 2.2 Maximální kapacity pro Svařovnu 2.....	40
Tabulka 3.1 Časy průchodů mezi evidenčními body za použití průměru .....	44
Tabulka 3.2 Časy průchodů mezi evidenčními body za použití mediánu .....	45
Tabulka 3.3 Časy průchodů mezi evidenčními body za použití mediánu .....	46
Tabulka 3.4 Použitá čtecí místa .....	48
Tabulka 3.5 Průměrné časy průchodů v různých blocích po souběhu na Svařené 1 .....	54
Tabulka 3.6 Průměrné časy průchodů pro modely po souběhu na Svařené 1 .....	54
Tabulka 3.7 Průměrné časy průchodů v různých blocích po souběhu před Svařenou 4 .....	56
Tabulka 3.8 Odhad ceny nového zásobníku .....	63

## SEZNAM ZKRATEK A ZNAČEK

BI	Business intelligence
CNG	Compressed natural gas (stlačený zemní plyn)
FIFO	First in first out (První uvnitř, první ven)
FIS	Factory information systém (Výrobní informační systém)
FW	Firewall
HW	Hardware
MS	Microsoft
NŘ	Nadřazené řízení
PLC	Programmable logic controller (Programovatelný logický automat)
SW	Software
VŠEM	Vysoká škola ekonomie a managementu

## ÚVOD

Tato diplomová práce bude věnována výrobnímu modelmixu ve svařovně karoserií. Modelmix je záležitost, která není složitá na pochopení, avšak jeho správné nastavení už je komplikovanou činností, kterou ovlivňuje mnoho faktorů. Správným nastavením modelmixu se může dosáhnout vyšší výrobní kapacity, což znamená vyšší efektivitu výroby. Hlavním cílem této práce je pokusit najít vylepšení nynějšího modelmixu na dvou svařovnách za pomoci analýzy nynějšího stavu výroby. V práci bude použito velké množství dat, ze kterých je nutné získat informace a to za pomoci znalosti obsahu těchto dat a správnému použití softwaru. V této práci bude využit program Excel a software Power BI.

Teoretická část se bude zabývat momentálními trendy ve výrobě jako štíhlá výroba, bude prezentována karoserie vozu, technologie používané na svařovně a zkoušky používané ke kontrole karoserií. Dále budou představeny modelové řady při novém modelu auta.

V analytické části bude nejdříve uvedena svařovna a její materiálový tok. Dále budou charakterizovány veškeré okolnosti, které ovlivňují modelmix a bude představen momentální modelmix.

V návrhové části proběhne samotná práce s daty, získání informací a z nich vytvoření určitých závěrů. Pomocí těchto závěrů vznikne komplexní návrh na zlepšení momentálního stavu výrobního modelmixu.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Štíhlá výroba

Jde o filozofii a metodologii, která se snaží maximálně minimalizovat plýtvání. Plýtváním je myšleno například nadbytečná práce, nespotřebované materiály, prostoje apod. To vše při zachování či dokonce zvýšení kvality a flexibility výroby.

Jednou z klíčových myšlenek je kontinuální zlepšování. Jde o přístup, kdy je snaha identifikace a odstranění příčin plýtvání, tak aby se zlepšila efektivita výroby.

Dalším klíčovým prvkem je zapojení zaměstnanců, zvýšení jejich znalostí a dovedností, tak aby byl lépe využit jejich potenciál. Vedlejším efektem může být zvýšení jejich spokojenosti.

Štíhlá výroba využívá některé nástroje či metody, popsané v dalších podkapitolách.

### 1.1.1 Kanban

Kanban je japonský výraz pro kartu, štítek nebo lístek.

Snahou tohoto systému řízení je co nejdokonalejší přizpůsobení se průběhu výroby materiálovým tokem. Hlavním cílem tohoto systému je na každém stupni výroby podporovat „výrobu na objednávku“. To umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a zlepšuje přesnost plnění termínů.

Systém Kanban vyřazuje těžkopádné centrální řízení a plánování, vyrábí se jen to, co je požadováno, zákazníkem pro proces je následující proces. Vše je podřízené finální montáži, která přímo reaguje na požadavky zákazníků. (Vítek, 2012b)

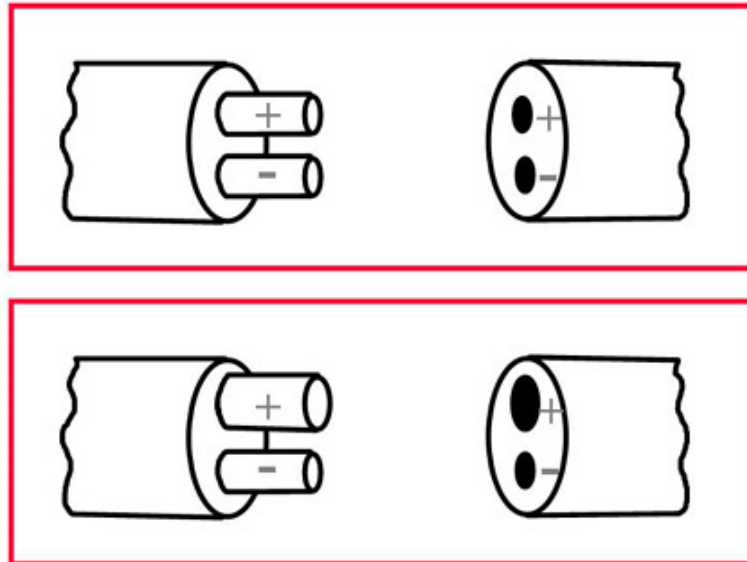
V automobilovém průmyslu to lze pochopit tak, že hlavním zákazníkem je montáž, ta je zákazníkem pro lakovnu, lakovna je zákazníkem pro svařovnu a ta je zákazníkem pro lisovnu.

### 1.1.2 Poka-Yoke

Poka-Yoke je japonským výrazem pro zabránění chyb.

Jde o metodu minimalizace pravděpodobnosti chyby. Buď způsobem, že k chybě nemůže dojít vůbec anebo detekcí a včasným upozorněním na chybu, tak aby ji bylo možné hned opravit.

Zabránění možné chybě je možné uvést na úplně jednoduchém příkladu se stejnosměrným konektorem. Na horním obrázku je možné zapojit konektor i obráceně, což by vedlo při zapojení na elektrický zdroj ke zkratu, v druhém případě je už taková eventualita vyloučená zvětšením kladného kolíku a konektor bude vždy zapojen správně.



Obrázek 1.1 Příklad implementace Poka-Yoke (Levay, 2005-2016)

Detekce na chybu se dá uvést na příkladu procesu, kdy operátor položí díl, systém ho načte a nastaví správný proces. Pokud operátor během činnosti udělá cokoli špatně, systém vyvolá chybu, kterou operátor musí potvrdit.

### 1.1.3 5S

Jedná se o program pěti základních principů pro dosažení trvale čistého, přehledného a organizovaného pracoviště. Je založen na pěti japonských slovech:

#### 1. Seiri (vytřídění)

Identifikace, co je na pracovišti nutné a co zbytečné (zbytečný materiál, zásoby, pohyby, úkony bez přidané hodnoty). Tyto věci by pak měli být označeny a postupně vyřazeny.

#### 2. Seiton (uspořádání)

Věci by měli být na správném místě, k použití ve správný čas, nejlépe na stálém místě. Na pracovišti zavést informační tabule, opravit či obnovit poničené věci.



### 3. Seiso (uklizení)

S tímto bodem se pojí denní provedení úklidu, čištění a údržby zařízení. Zařízení jsou stále připravená k provozu, odpad se třídí a ukládá. Je odstraňován prach a nečistoty. Benefitem takového pracoviště je zvýšená bezpečnost a kvalita.

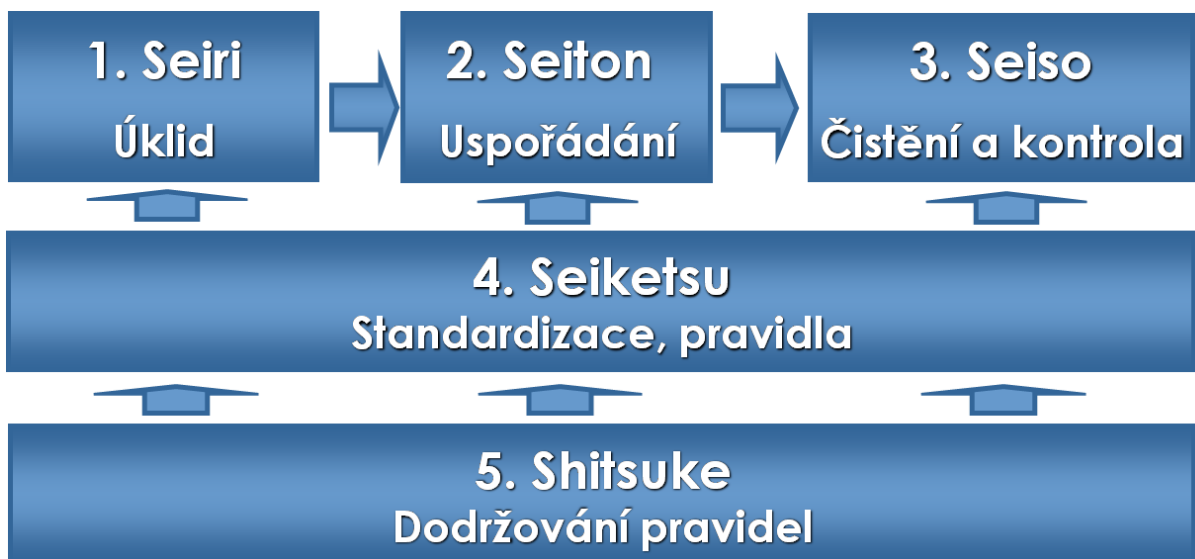
### 4. Seiketsu (standardizace)

Zavedení a dodržení určitých standardů. Každý tým i jednotlivec zodpovídá za svoje pracoviště. Tímto bodem by se mělo zabránit návratu do původního stavu. Zavedení úklidu jakožto součásti prevence úrazů a ochrany zdraví.

### 5. Shitsuke (dodržování pravidel)

Od zaměstnanců je vyžadováno dodržování standardů, upozorňování při jejich nedodržování jejich spolupracovníky. Vytvořit kulturu toho, že se z úklidu stane zvyk. (Vítek, 2012a)

Obecně se dá říci, že 4. bod standardizuje první tři body a jasně je definuje. 5. bod zajišťuje udržování celého systému v chodu.

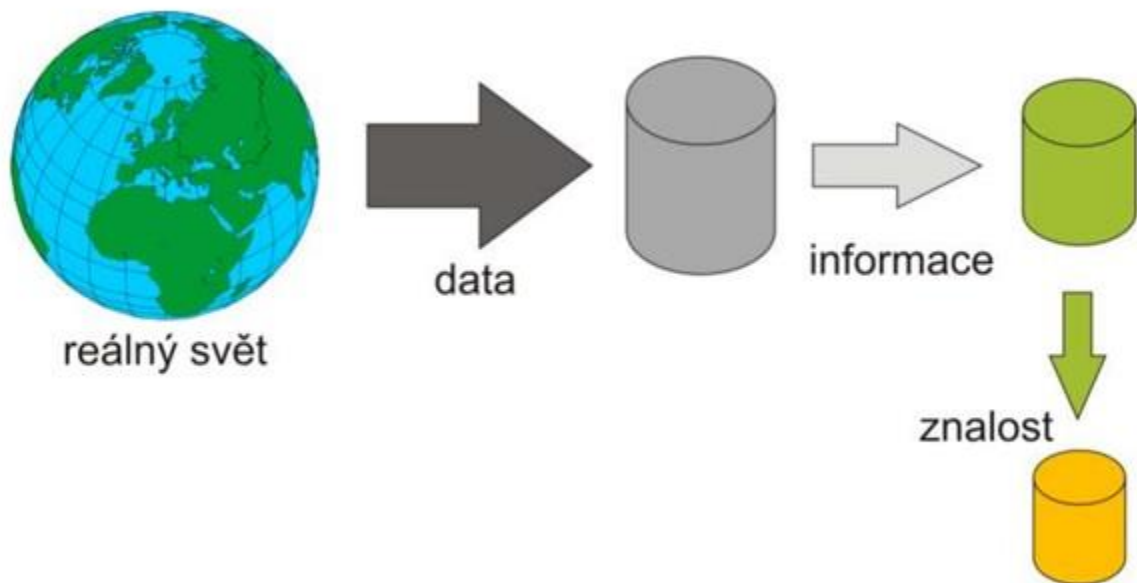


Obrázek 1.2 Obecné schéma koncepce 5S (Vítek, 2012a)

## 1.2 Business Intelligence

Jedná se o zastřešující termín pro určitou kombinaci vhodných SW i HW nástrojů, databází, analytických prostředků a metod, aplikací a metodologií za účelem získání znalostí, které jsou skryté v údajích popisujících reálný svět. Jde o údaje spojené s podnikáním, ekonomikou a jimi ovlivňovanými institucemi libovolného charakteru.

Proces Business Intelligence (BI) vychází z transformace vstupních dat na informaci, která je dále přeměněna na znalost použitelnou pro následné rozhodnutí. (Žižka, 2011)

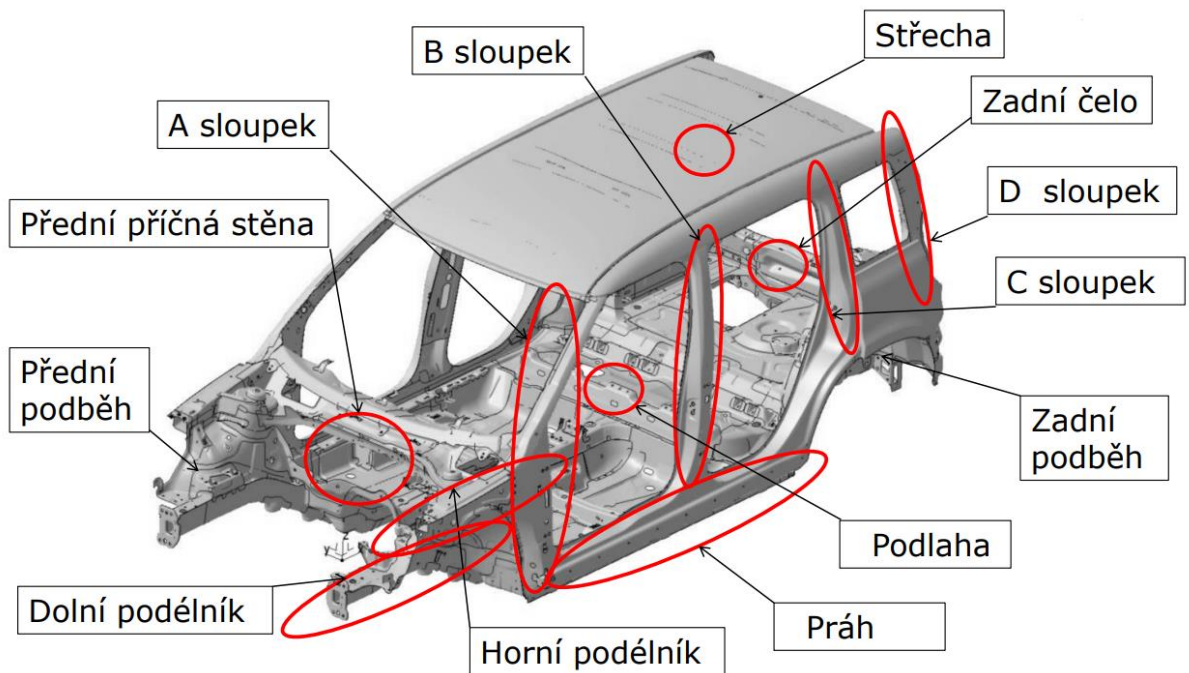


Obrázek 1.3 Proces BI (Žižka, 2011)

V této práci se BI dá představit jako transformace dat z průjezdů karoserií, prostojů, vyjmutých karoserií a dalších dat do tabulek či grafů (informace) a z toho pak vytěžit slabé místo nynějšího modelmixu, možné vylepšení či prostor pro vylepšení (znalost).

### 1.3 Karoserie

Na obrázku níže je pro lepší ilustraci kapota bez dveří, kapoty a blatníků pro lepší pohled dovnitř karoserie. Karoserie je poskládána z různých komponent, které se ve svařovně postupně spojují dohromady.



Obrázek 1.4 Popis karoserie (Šimon, 2015)

#### Sloupky

Sloupky musí být udělány značně pevně. V případě nehody jsou sloupky to, co tlumí náraz, takže jsou důležitým bezpečnostním prvkem auta.

#### Střecha

V případě střechy si většina lidí představí klasickou pevnou střechu, ale existují i panoramatické střechy, kdy je nahoře prosklený prostor, ze kterého je možné vidět oblohu. Střecha obecně je tenčí kvůli odlehčení auta a aerodynamice, protože nemusí absorbovat nárazy.

#### Zadní čelo

Musí být uděláno tak, aby co nejvíce zvládlo absorbovat případný náraz do zadní části vozidla. Jsou zde výztuže, u aut s tažným zařízením, musí být tažné zařízení vytvořeno z vysoce pevného materiálu.

## **Podběhy**

U podběhů se nejvíce lpí na to, aby nekorodovali, ale to není až tak věc svařovny jako lakovny, kde dochází ke speciálnímu ošetření těchto podběhů plastizolem.

## **Přední příčná stěna**

Jedná se o oddělení motorového prostoru od prostoru sedadlového. V případě levostranného řízení je to komponenta, která je odlišná.

## **Podélníky**

Podélníky mají speciálně dělanou stavbu tak, aby se v případě nárazů mohli ohnout a mohli absorbovat více z nárazu.

## **1.4 Modelová řada**

### **1.4.1 Etapy nového modelu**

#### **VFF**

Jde o zkratku německého výrazu Vorserien Freigabe Fahrzeug, v překladu předsériové homologační vozidlo.

Úplně první model auta, dělaný prakticky celý ručně. Netýká se výrobních prostor. Tento model slouží pro veškeré testování a bývá schován pod kamufláží z důvodu možné průmyslové špionáže. Díky výsledkům z tohoto testování je model různě vylepšován a měněn.

#### **PVV**

Znovu se jedná o zkratku německého výrazu, Produktions Versuchs Serie, v překladu zkušební výrobní série.

Zpravidla se jedná o poslední rok vývoje. Změny už jsou na modelu malé, například mírná kalibrace elektronické řídicí jednotky.

#### **0. série**

Jedná se o finální model auta, kdy je model finálně dokončen a který pak bude vyráběn znovu a znovu na linkách. Používají se pro mezinárodní veletrhy, události dealerů, případně pro tréninkové činnosti. Spousta z nich, ale končí svůj život v „crash“ testech a následným sešrotováním. (Towler, 2018).

## **SOP**

Jedná se o zkratku Start of production, start produkce.

Jde o první „klasicky“ vyrobené vozy, které jsou vyrobeny klasickým způsobem a už můžou mířit k zákazníkům.

## **EOP**

Zkratka pro End of production, konec produkce.

Jedná se o poslední vyrobené vozy daného modelu. Pro svařovnu se jedná o to, že se vyrobí karoserie navíc, bez přímé objednávky jako rezerva, pokud by v následujících procesech (lakovna, montáž) došlo k znehodnocení karoserie a musela být použita nová. Pokud by k jejich využití nedošlo, většina klasicky končí sešrotováním, výjimkou můžou být např. studijní účely.

## **1.5 Technologie ve svařovně**

Při výrobě karoserie se používají různé technologie, od sváření, přes nýtování až děrování. V nynější kapitole budou jednotlivé technologie v krátkosti představeny.

### **1.5.1 CO<sub>2</sub> sváření**

Metoda obloukového svařování tavící se elektrodou v ochranném plynu využívá teplo elektrického oblouku mezi kontinuálně dodávaným drátem (elektrodou) a svařencem. Během tohoto procesu je odtavovaný drát přenášen do místa svařování. Roztavený drát a svarová lázeň je chráněna ochranným plynem. Ochranná atmosféra je dodávána výhradně externím zdrojem, a to zásobníkem plynu tlakové láhve nebo rozvodem plynu. (MIG/MAG (CO<sub>2</sub>), b.r.)

Ochranný plyn je buď aktivní nebo inertní. Na svařovně se používá aktivní, což znamená že plyn chemicky reaguje s roztavenou lázní.

### **1.5.2 Bodové sváření**

Jde o typ odporového svařování. Spojované materiály jsou k sobě přimáčknuty dvěma elektrodami, jimiž zároveň prochází elektrický proud. Ocel je oproti měděným elektrodám špatný vodič, proto v ní při procházení proudem vzniká velký odpor a dojde k lokálnímu ohřátí styčných ploch svařovaných plechů. Při současném působení tlaku tak dojde k lokálnímu svaření. Využívá se na svařování tenkých plechů a je v praxi asi nejpoužívanější způsob svařování s velkou pevností svaru proti usmyknutí ve směru ploch plechů. (Bodové svařování, 2023)

### **1.5.3 Laserové pájení**

U pájení laserem jsou součásti spojované přídavným materiálem (pájkou). Využívá se toho, že bod tání pájky je nižší než materiál obrobku, takže se taví pouze pájka, spojované části se pouze zahřívají. Poté, co pájka přejde do tekutého stavu, vtéká do spojovací štěrbině a spojuje se s povrchem obrobku.

Pevnost pájeného spoje odpovídá pevnosti materiálu pájky. Tvrdými pájkami, například z mědi a zinku, lze dosáhnout podobně vysoké pevnosti jako při svařování. Povrch pájeného švu je hladký, čistý a vytváří zakřivený přechod k obrobku. Nemusí se proto nijak dále obrábět. Této výhody se využívá v automobilovém průmyslu. Pájené švy se nachází na výklopných zadních dveřích nebo střeších automobilů. (Pájení, 2023)

### **1.5.4 Svorníky tuckery**

Proces tuckerování umožňuje přivaření různých funkčních prvků k základnímu materiálu. Jako zdroj tepla slouží elektrický oblouk mezi funkčním prvkem a základním materiálem.

### **1.5.5 Nýtování**

Nýtování vytváří pevné nerozebíratelné spoje plochých a nepříliš tlustých součástí v jeden celek. Spojení je způsobeno tvárnou deformací nýtu. Nýtový spoj drží pomocí tření mezi spojovacími materiály. (Spoje nýtové, b.r.)

Nýtování je dnes už z velké části historickou záležitostí, ale své využití stále nachází. Například letadla jsou stále nýtována, protože svařováním by se změnila struktura slitin hliníku a tím by se snižovala jejich pevnost.

Nýtování se dělí na přímé, kdy se nýty nepoužívají a jedna z částí je upravena a nýtování nepřímé, kdy jsou nýty použity. Tato varianta je častější.

### **1.5.6 Buklovací šrouby a matice**

Jedná se o metodu odporového tlakového svařování, při které elektrody svařovacího zařízení spojují dvě součásti za současného působení elektrického proudu a tlaku. Jedna z těchto součástí má na sobě výstupky (bradavky). Tyto výstupky se kvůli působení proudu a tlaku taví a deformují. Vznikají svarové čočky podobné těm z bodového svařování. (interní zdroj)

### **1.5.7 Šroubování**

Šroubování provádí pracovník řízenými utahovačkami. Díky tomuto je zajištěn vždy správný moment podle normy pro danou karoserii.

### **1.5.8 Lemování**

Jedná se o běžný obráběcí proces, který je většinou určen pro posílení okraje, zakrytí otřepů, ale také může jít jen o zlepšení vzhledu plechových částí. Může se také jednat o technologii k vytvoření spoje, kdy jeden díl je přehnut na druhý.

Většinou bývá lemování děláno ve dvou fázích. V první fázi se vytvoří ostrý ohyb pomocí ostrého nástroje. Následuje zploštění ohybu.

### **1.5.9 Děrování**

Principiálně jednoduchá technologie. Ostrý nástroj vytvoří do materiálu díru podle žádaného tvaru, stejně funguje i vykrajovátko pro pečení.

### **1.5.10 Lepení plechů**

Lepení je technologií, která jde v dnešní době technologicky nejvíce dopředu. Na rozdíl od výše jmenovaných spojovacích technologií, při lepení spojujeme pouze povrchy materiálů k sobě, tudíž využití nalézá pro specifické účely, kdy se jedná o spojení s velkou plochou spoje, lepeny jsou například střechy.

Lepení vyžaduje čistý povrch plechu a také není tak univerzální jako například sváření, pro různé účely jsou používána různá adheziva, avšak díky takové unikátnosti z druhé strany nabízí lepení spolehlivost.

Různá adheziva se dělí podle hlavního chtěného efektu slepených plechů.

Podíl lepených ploch na karoserii je momentálně kolem 10 % a počet se stále zvyšuje. (interní zdroj)

## **1.6 Zkoušky karoserie**

Kapitola bude věnována zkouškám karoserií, které probíhají kontinuálně během sériové výroby, vždy v pravidelných intervalech pro kontrolu, zda jsou karoserie dělány stále ve stejné kvalitě.

Zkoušky karoserie jsou důležité, nedodržení kvality spojů hrozí i bezpečnostním rizikem pro uživatele vozidla.

### **1.6.1 Pevnostní zkoušky**

Zkoušky svárů, lepených spojů, nýtů či spojů. Z velké části se jedná o vizuální kontrolu spoje, ale například u buklovacích šroubů je provedena zkouška pevnosti momentovým klíčem, zda vydrží šroub daný moment.

### **1.6.2 Destrukční zkouška**

Jedná se o zkoušku pevnosti svarových a lepených spojů pomocí pneumatického kladiva a následné vyhodnocení dle norem.

#### **Jemný výbrus**

Poddruh destruktivní zkoušky, jehož výhodou je, že vady na sváru jsou viditelné pouhým okem. Nejdříve se provede jemné vybroušení a vyhlazení tohoto výbrusu. Následuje leptání v roztoku. Díky této proceduře je pak struktura sváru dobře viditelná i okem, případně po malém zvětšení mikroskopem nebo lupou.

### **1.6.3 Ultrazvuková zkouška**

Základní metoda z nedestruktivních zkoušek. Funguje na základě vysílání ultrazvukového paprsku do zkoušeného materiálu a následného zachytávání odražených signálů a následném vyhodnocení v přístroji. (Ultrazvuková zkouška, 2013)

Ve svařovně se jedná například o zkoušky svárů či měření tloušťky plechů.

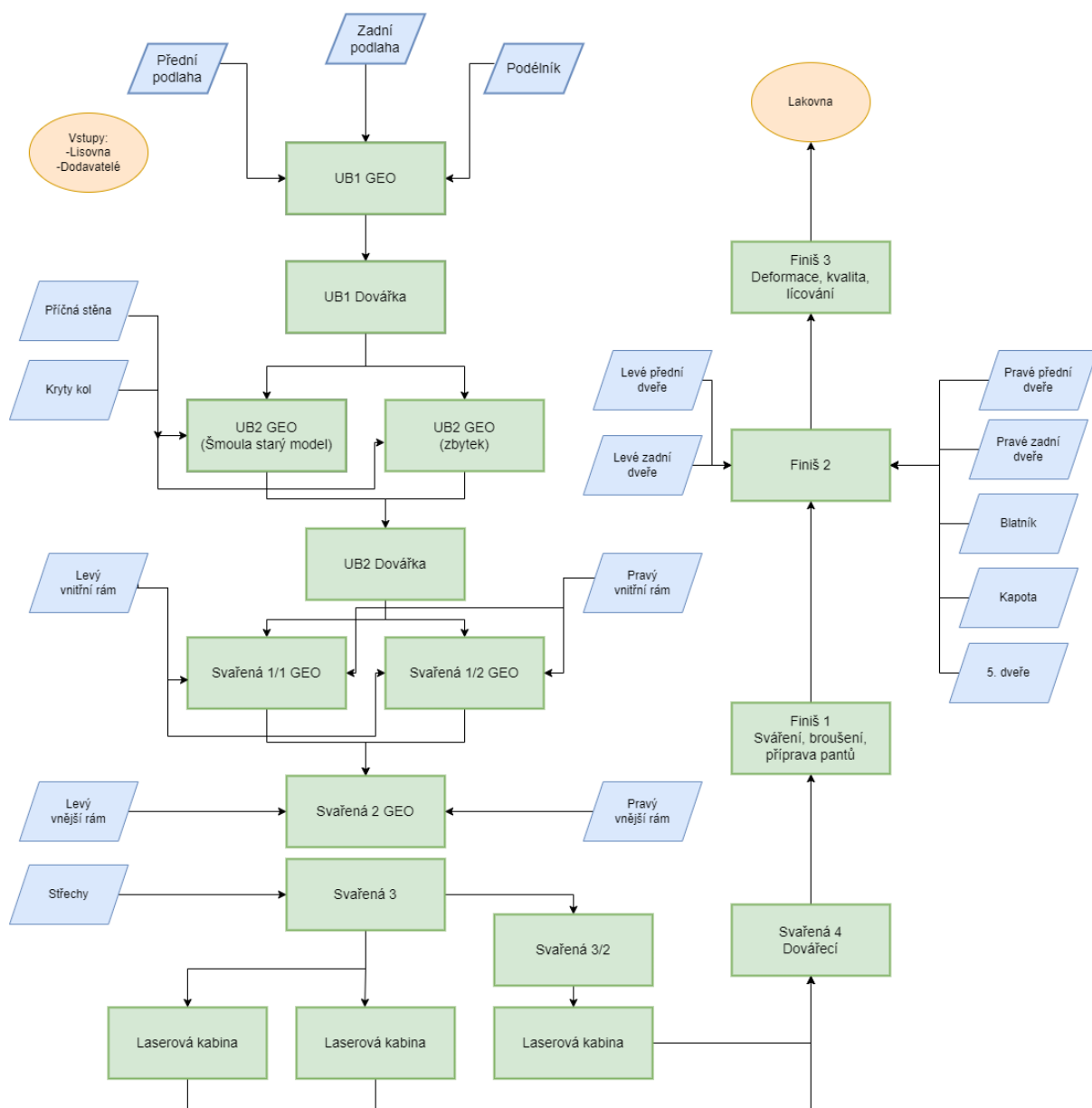


## 2 ANALYTICKÁ ČÁST

### 2.1 Svařovna

V této kapitole budou prezentována jednotlivá pracoviště svařovny. Jaká část výroby karoserie se na daném pracovišti odehrává, jak se při tom fúzuje původní modelmix.

Zde je celkový materiálový tok svařovny, upravený do podoby vývojového algoritmu. Vstupy do svařovny je lisovna, případně dodavatelé. Jedná se o jednotlivé výlisky, které jsou postupně navařovány na karoserii. Poté karoserie projde celým materiálovým tokem, který bude rozebrán a hotová karoserie vstoupí do lakovny.



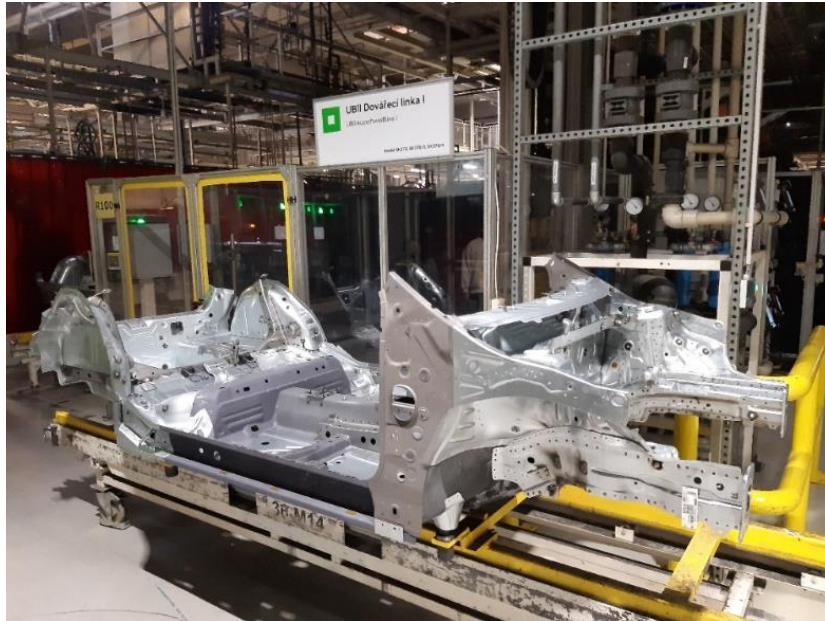
Obrázek 2.1 Materiálový tok ve svařovně

## **UB1**

Na UB1 GEO dochází ke svaření přední a zadní podlahy, na tyto svařence jsou navařeny podélníky. Součástí pracoviště je dovářka, na té dochází k dovaření z předchozího pracoviště.

## **UB2**

Zde jsou navařeny kryty kol a příčná stěna. Stejně jako u UB1 je součástí pracoviště dovářka.



Obrázek 2.2 Stav karoserie po pracovišti UB2

## **Svařená 1**

Název Svařená je interním názvem linek následujících po linkách UB. Jedná se o linky, kdy jsou na hrubou kostru postupně navařeny rámy, nalepena střecha apod.

V geo stanici dochází k navaření vnitřních ráků. U Svařovny 2 je pracoviště pro starý model Šmouly plně oddělené od zbytku modelů dělaných v této svařovně. Ve Svařovně 1 jsou všechny modely dělány na stejném pracovišti.

## **Svařená 2**

Po navaření vnitřních ráků se v tomto pracovišti navaří vnější ráky. U Svařovny 2 sice na rozdíl od vnitřních ráků jsou všechny modely na 1 pracovišti, ale vnější pracoviště jsou jiná a z těchto různých pracovišť se plní zásobníky u Svařené 2.

### **Svařená 3**

Zde karoserie získá střechu a už začíná mít nám všem známý tvar. Součástí tohoto pracoviště je i laserové pájení střechy, které je zdlouhavé a tak je těchto pracovišť více, aby to nezdržovalo celou svařovnu.



Obrázek 2.3 Stav karoserie po pracovišti Svařená 3

### **Svařená 4**

Jinak řečeno dovárečí pracoviště. Zde nedochází k naváření žádného dílu, ale jsou přidány sváry na už spojitých dílech.

### **Finiš 1**

Ještě před přidání dveří, kapoty a podobně musí být hlavní tělo karoserie zbroušeno, musí být připraveny panty pro dveře a další činnosti k připravení pro Finiš 2.

### **Finiš 2**

Na tomto pracovišti už je to prakticky všem známá karoserie. Na Finiši 1 jsou totiž navářeny díly, které před tím byli vytvořeny na oddělených pracovištích a zde jsou spojeny s hlavním tělem karoserie. Přesněji jde o všechny dveře, i zavazadlové 5. dveře. Dochází také k přidání kapoty a blatníků.



Obrázek 2.4 Hotová karoserie po pracovišti Finiš 2

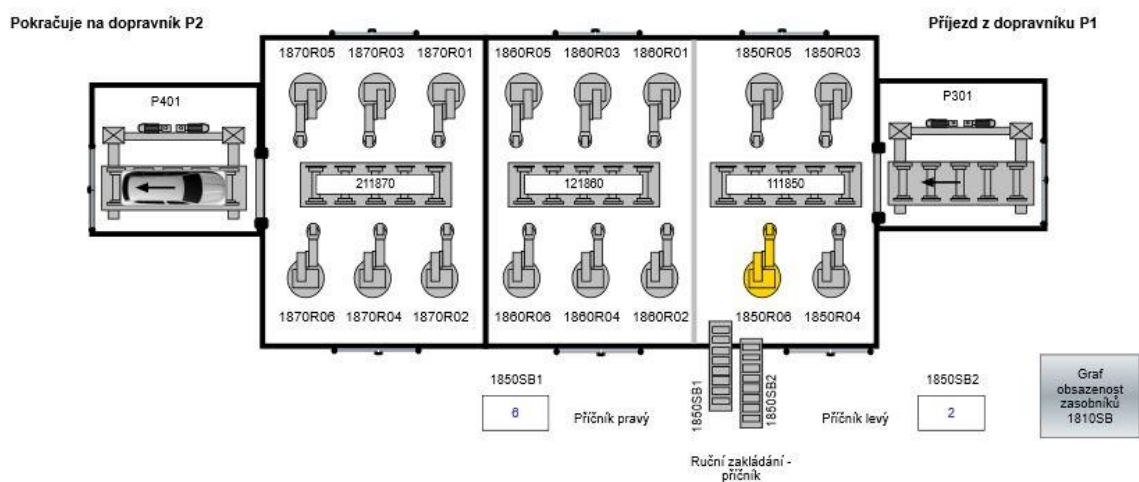
### **Finiš 3**

Jde o kontrolní stanoviště před vjezdem do lakovny. Zde pracovníci kontrolují karoserii, zda je kvalitativně v pořádku, na stanici kontroly typu snímače kontrolují správnost komplexity karoserie vyráběné ve svařovně. Například zda se jedná o správný pohon, správné řízení apod. Pokud je komplexita správná karoserie pokračuje do jedné z lakoven. Na konci linky se nachází repasní pracoviště, které slouží k odstraňování nedostatku, které se nestihnou v taktu na lince. Pokud nedostatek nelze opravit, karoserie se vyšrotuje a vyrábí se znovu. Odpadní materiál už se v závodě nezpracovává.

## 2.2 Pracoviště na svařovně

### 2.2.1 Hlavní (skidová) linka

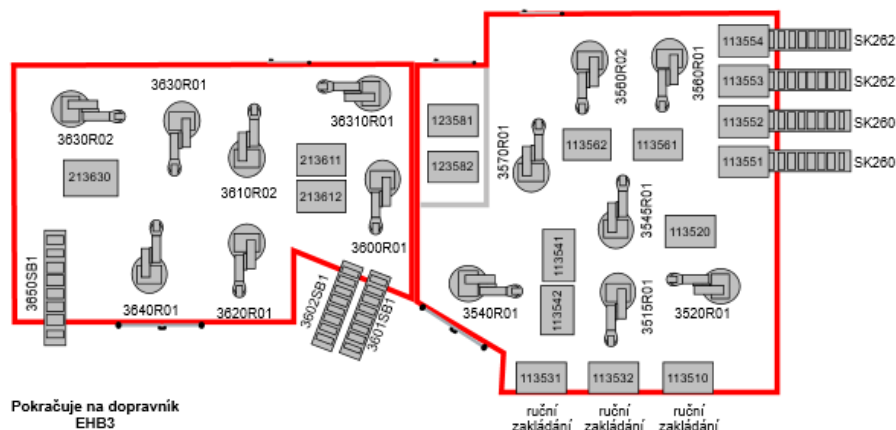
Jde o linku, kde se pracuje na karoserii jako celku. Karoserie je na skidu, zastaví v určitém pracovišti, vykoná se na ní daná činnost a popojede dále. Pokud je nutné přidání určitého dílu, svařence nebo podkompletu jsou zde postranní dopravníky, případně je to zajištěno logistikou, v podobě paletových věží, v kterých se nachází robotické palety, odkud si robot dané díly nebo podkomplety vezme. Často je zakládání ruční záležitostí. Robot by se pro tuto činnost nevyplatil.



Obrázek 2.5 Linka UB1 Dovářky (Benthor)

### 2.2.2 Vedlejší (hnízdová) linka

Jedná se o pracoviště, které není hlavní linkou, jsou zde práce na jednotlivých dílech, například na dveřích, které jsou zdrojem pro hlavní tok. K hlavnímu toku můžou být dopraveny logistikou nebo dopravníkem, některé díly musí být pro hlavní tok dodávány v přesné sekvenci, tak jak jdou jednotlivé modely v hlavním toku. V lince jsou jednotlivé přípravky a stanice, díl nepřejíždí na skidu, jako na hlavním toku, ale jsou přenášeny robotem na greiferu.



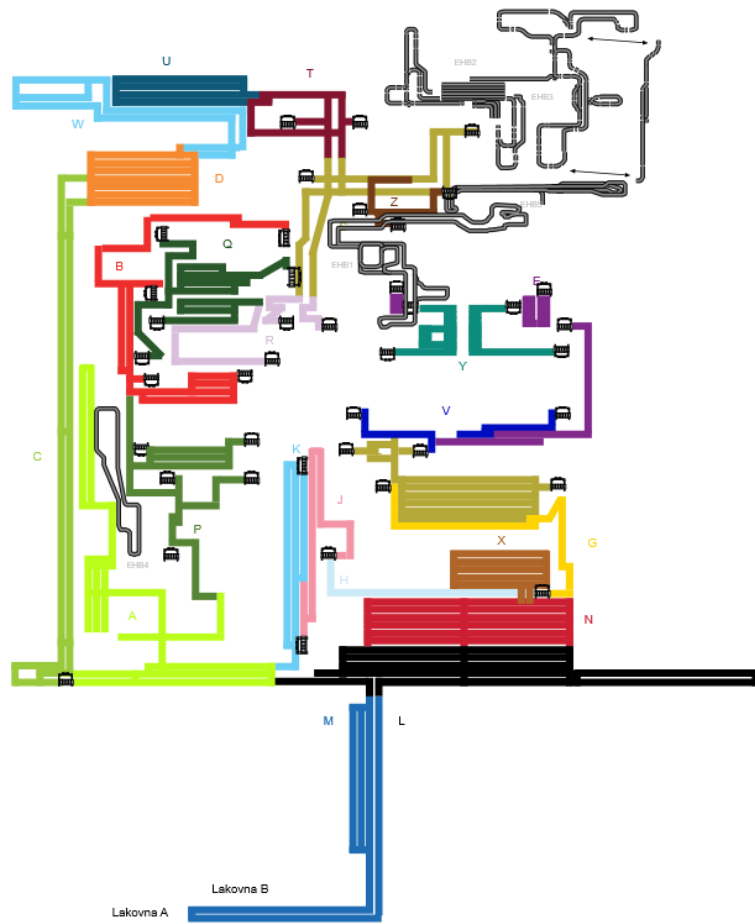
Obrázek 2.6 Linka C sloupku (Benthor)

### Dopravníky

Rozdílná pracoviště si vyžadují různé dopravníkové systémy. Na lakovně jede karoserie už jako kus a jen se různě pohybuje po patrech (sušky jsou nahoře, lakování dole apod.). Na montáži jede auto prakticky samostatně též po lakovně jako šnek, kdy projede všechny pracoviště až do konce, jediný podvozek má určité pracoviště samostatné než dojde ke „svatbě“, spojení podvozku s karoserií.

Na svařovně je situace jiná, vykonávají se činnosti na různých součástech karoserie, pracoviště jsou různě rozmístěna z prostorových důvodů po svařovně a přesuny se dějí nad svařovnou, kde se pomocí dopravníků přesunují mezi jednotlivými linkami, případně nejdříve do zásobníku, kde čekají. Tudíž na svařovně je velký počet výtahů, které snesou karoserii na skidu dolů do linky, zde se vykonají na pracovišti, či pracovištích nutné činnosti, výtah znovu vytáhne karoserii a po dopravnících přenesení na další linku, který snese karoserii na následné pracoviště.

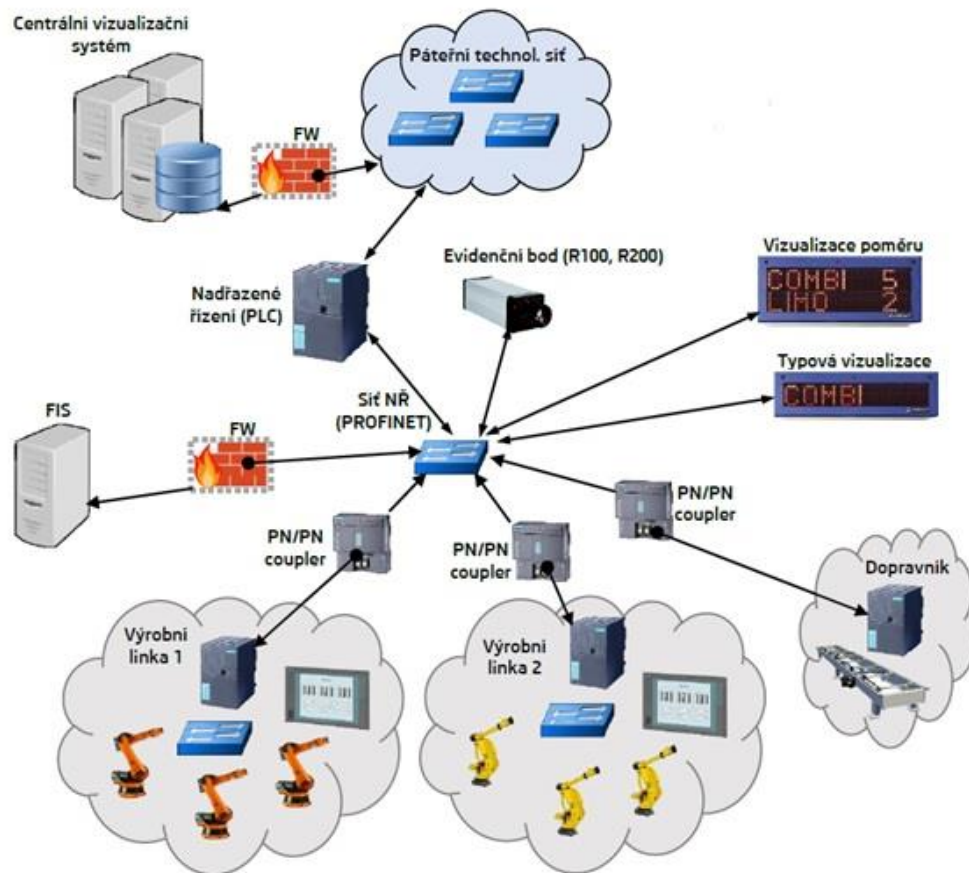
Z obrázku níže lze vidět, jak složitá je dopravníková technika na Svařovně 2. Co je ale výhodou takového uspořádání, že v případě prostoje na jednom pracovišti, nestojí zbytek svařovny, ale je možné dále pracovat a výkyv způsobený prostojem vykryjí zásobníky, které se poté postupně znovu naplní. Vedlejší pracoviště jsou absolutně nezávislé, ty jsou jen limitovány případnou velikostí zásoby dílů v paletách pro dané díly. Na montáži velice často zastavení jednoho pracoviště může znamenat zastavení celé montáže. Na lakovně se to dobře zajišťuje zásobníky, proto je tam nutná vysoká rozpracovanost karoserií, aby nedocházelo k snížení plánované produkce z důvodů závad.



Obrázek 2.7 Mapa dopravníků na Svařovně 2 (Benthor)

## 2.3 Nadřazené řízení

### 2.3.1 Architektura



Obrázek 2.8 Architektura nadřazeného řízení ve svařovně (interní zdroj)

Jak jde z obrázku vidět, architektura nadřazeného řízení ve svařovně je plně oddělená od „kancelářského“ internetu. Jediné propojení s internetem venku je v centrálním vizualizačním systému, přes který se i můžou dělat určité změny v nadřazeném řízení. Propojení funguje přes firewall. Další propojení s vnějším internetem je propojení se systémem FIS, jedná se o informační firemní systém, svařovna do něj posílá informace z evidenčních bodů při každém projetí karoserie daným evidenčním bodem. Každá karoserie má svoje unikátní číslo (identifikační číslo karoserie) a pomocí něj se eviduje ve FIS systému. FIS systém naopak může posílat do svařovny informaci do jaké lakovny daná karoserie bude putovat, pokud to není ošetřeno jiným způsobem.



Díky tomuto oddělení technologické sítě není nutné, aby centrální vizualizace fungovala k samotnému chodu svařovny. Svařovnu si dál bude řídit centrální PLC, ale nebude možné dělat změny a reagovat případně na neočekávané situace tak efektivně. Například by se musely karoserie odklánět pomocí panelů přímo ve svařovně.

Obrazovky přímo na pracovišti, které například ukazují plán výroby a momentální stav udělaných karoserií fungují jinak než vizualizační systém. Pracují s daty z PLC a pomocí nich zobrazují aktuální informace.

Jednotlivé linky či dopravníky mají své lokální PLC, které jsou všechny přes síť PROFINET napojeny na síť nadřazeného řízení, v centru se nachází centrální PLC, které je mozkiem nadřazeného řízení a koordinuje výrobu ve svařovně. Veškeré informace v centrální vizualizaci pochází z tohoto centrálního PLC.

### **2.3.2 Vizualizace**

Vizualizace si bere data z centrálního PLC a vizualizuje je do uživatelsky přívětivé formy. Pomocí ní mohou dispečeri či údržba lépe kontrolovat stav na svařovně.

- **Přehledy**

Jsou určeny pro celkový přehled materiálového toku ve svařovně. Dělí se na celkový přehled, kde je hlavní tok a vedlejší toky napojené na hlavní tok, zobrazení pouze hlavního toku a vedlejší toky, kdy jsou detailně do jednotlivých částí obrazovky zobrazeny materiálové toky vedlejších toků a jejich napojení na určitý blok hlavního materiálového toku.

Přehledy u jednotlivých bloků zobrazují základní informace o obsazenosti linky, plánu výroby a aktuálním počtu vyrobených kusů, jde to za směnu. Ohraničení značí, zda je vše v pořádku, případně je na daném pracovišti chyba, ať už pouze informativní varování anebo chyba způsobující nefunkčnost linky.

- **Linky**

Zobrazení jednotlivých linek ve svařovně. Po kliknutí na chtěnou linku se zobrazí schéma, kde jsou zobrazeni jednotliví roboti na lince, ruční zakládání či případně zásobníky. Barvy u robotů ukazují či jsou v pořádku anebo ne. Jsou zde také informace o obsazenosti, plánu výroby pro danou linku na směnu a aktuálním počtu vyrobených kusů.

- **Dopravníky**

De facto se jedná o podobnou věc jako linky. Jde o detailní zobrazení jednotlivých dopravníkových skupin. Jsou zobrazeny jednotlivé posuvníky, přesuvny či zvedáky. Součástí obrazovky jsou i informace o obsazenosti.

### **2.3.3 Nadřazené řízení**

Nadřazené řízení je přidáno do prostředí vizualizace pro jednodušší správu. Uživatelé s právy mohou měnit určité parametry v rámci nadřazeného řízení, které se pak propíší do centrálního PLC, které pak pracuje s těmito upravenými parametry.

- **Nastavení plánu**

V tomto okně je možné nastavit plán výroby pro jednotlivé směny během jednotlivých dnů v týdnu. Pro každý model se nastaví chtěný počet. I nevýrobní dny, můžou mít nastaveny své počty, ale pomocí zaškrťovacího pole se pouze plán na daný den vypne.

- **Úprava modelmixu**

Každá linka má svoje okno. Je zde pořadí, v jaké sekvenci karoserie/díly přicházejí. Na schématu je zobrazeno, na jakých místech se v daném pracovišti nacházejí, v jakém pořadí budou pracoviště opouštět. Nadřazené řízení si to řídí podle logiky samo, ale je možná ruční korekce. Například pokud údržba potřebuje jeden díl na testy, tak se vyrobí navíc a poté je stáhnut a jsou na něm provedeny testy, například deformační.

- **Kontrola typu**

Okno, o které jde hlavně v samotné svařovně. Na konci svařovny je finální kontrola karoserie, kde snímače kontrolují celkově karoserii a pokud jen jediný snímač shledá karoserii za nesplňující pravidla, není vpuštěna do lakovny a jde na ruční opravu.

### **2.3.4 Reporty (Vyhodnocení)**

V rámci centrální vizualizace je možné si nechat vytvořit různé vyhodnocovací reporty. Pracují s daty z centrálního PLC. Jde o různé druhy reportů, měření energií, prostoje, vyhodnocení výroby či sledování karoserií.

## 2.4 Modelmix

Modelmixem se rozumí sekvence modelů, v jaké přicházejí do výroby, například právě do svařovny. Jedná se o předem danou sekvenci, která je ovlivněna mnoha faktory.

### 2.4.1 Výrobní možnosti

Pokud by modelmix byl poskládán tak, že by se modely hodně střídaly, dochází k problémům prodloužení taktu na pracovištích, které si musí před činností předpřipravit nástroje pro daný model auta. Příkladem je například pracoviště s rámem. Pokud přijde jiný model, robot si nejdříve musí vyměnit Geo přípravek pro přesné upevnění kompletu karoserie a až poté může začít pracovat, čímž vzniká prostoj. Takže efektivnější je dávat více stejných modelů za sebou, ale z důvodů dále není zase možné dát příliš dlouhé řady stejného modelu.



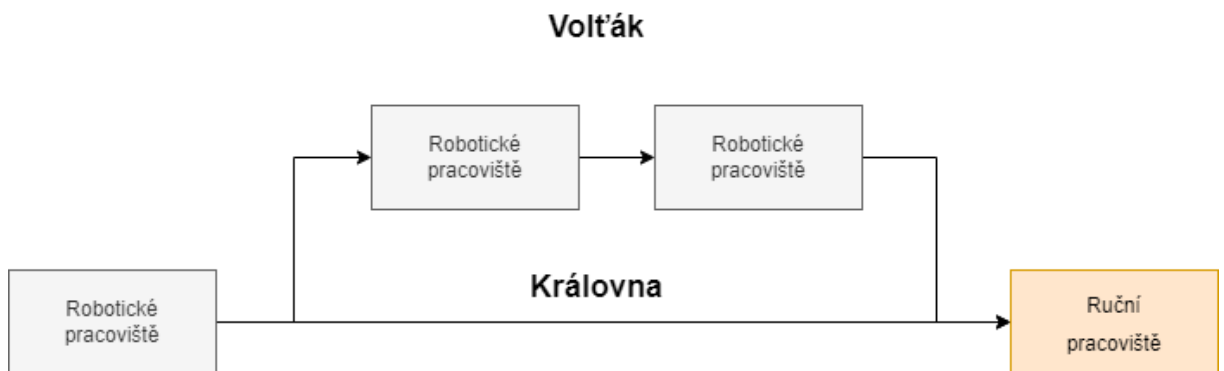
Obrázek 2.9 Výměna rámu

## 2.4.2 Pracoviště pouze pro některý z modelů

Může se stát, že nějaký model má pracoviště navíc. Jiný model toto pracoviště neabsolvuje a projíždí kratší cestou. Případně je možné, že jeden z modelů má činnosti odlišné, složitější a nastává různá doba taktu.

Na pracovišti, které absolvuje jen určitý model vzniká problém limitace pozicemi. Někdy i ve spojení s dlouhým taktům daného pracoviště. V takovém případě nesmí být dlouhá řada tohoto modelu, protože by vznikla fronta a následně pracoviště by zbytečně čekalo.

Řešením by bylo zrychlení taktu tohoto pracoviště, které zatím není možné. Případně odkládací zásobník, na který ale není místo, takže v modelmixu se s tímto faktem musí počítat.



Obrázek 2.10 Schéma pracoviště pouze pro Voltáka

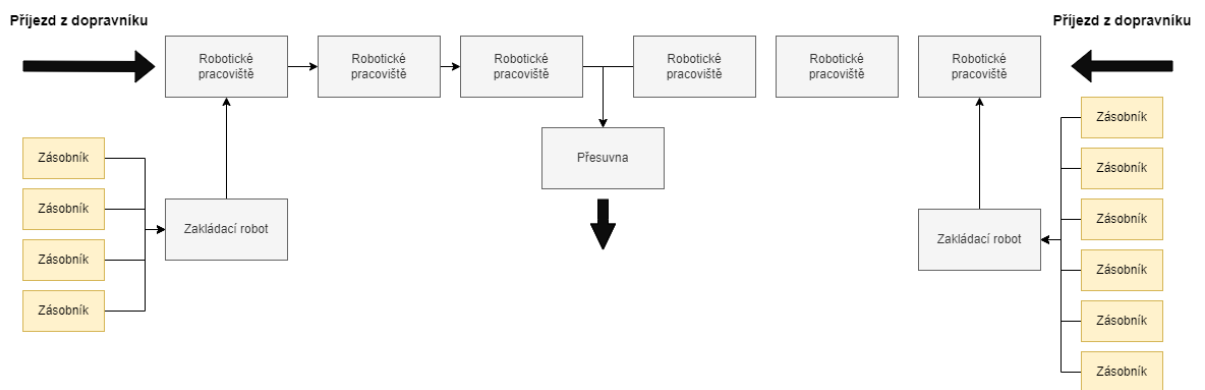
## 2.4.3 Pracoviště s dlouhým taktům

Laserové pájení střechy je dlouhý proces, který je vlastně nemožné urychlit. Je to vyřešeno zdvojením tohoto pracoviště, kdy z těchto pracovišť modely vycházejí střídavě, čímž nevzniká prostoj pro další „rychlejší“ pracoviště. Před takovým pracovištěm jsou nutné zásobníky, v opačném případě by modelmix musel být nastaven tak, že se modely pro jednotlivé pracoviště musely střídát.

Model Královna je velice žádaný a v počtu vyrobených kusů velice překračuje ostatní modely. Je tak uděláno, že jako jediný model jsou roboti schopní ho udělat na obou pracovištích. Na jednom tedy jen s panoramatickou střechou.

Počet modelů, který je na jednom pájecím pracovišti možné dělat je omezen počtem zásobníku pro díly. Zásobníků je 6 na jedné straně a 4 jsou na druhé, avšak vlastně jen pro 3 respektive 2 modely s daným typem střech. Pokud dojde zásobník, logistika vymění zásobníky a s prázdným jede na doplnění. Aby se navýšil počet možných modelů, musel by se uzpůsobit modelmix i této situaci a v dané řadě by se muselo počítat s časem pro doplnění zásobníku.

Momentálně je to tak, jak to funguje dostačující, problém by mohl nastat při rozšiřování počtu vyráběných modelů v dané svařovně.



Obrázek 2.11 Materiálový tok navaření střechy ke karoserii



Obrázek 2.12 Lepení střechy



Obrázek 2.13 Zásobníky se střechami

#### 2.4.4 Řízení podlah, příčné stěny, rámu dveří

Do modelmixu zasahují i vedlejší pracoviště, kde se vytváří jednotlivé komponenty, které jsou navařeny na karoserii. Díky různým výbavám modelů jsou i komponenty jako podlaha či příčná stěna rozdílné i u stejného modelu a vyžadují jinou technologii, což může vést k prodloužení taktu.

Jako příklad lze uvést levostranné/pravostranné řízení. Karoserii pro pravostranné řízení není moc, ale jsou. Jediné, co se u typů řízení liší, je příčná stěna. Než se ale pracoviště pro příčné stěny přenastaví z levostranného na pravostranné a naopak, zabere to nějaký čas, takže dochází k nechtěnému zvýšení taktu a zdržení. Řešením by bylo poslat je všechny na jednu pro danou směnu či den. Avšak není to možné kvůli montáži, která nemůže mít, naopak kvůli jejich delšímu taktu více pravostranných za sebou.

Řešením tedy je kompromis v malých dávkách podlah pro pravostranné řízení, které se během celého procesu ve svařovně a i v lakovně zaručeně promíchají, takže pro montáž je to zvládnutelné.

## 2.4.5 Kompromis s montáží, montážní restriktce

Jeden kompromis s montáží už byl zmíněn výše, ale montážních restrikcí, kterým se musí svařovna přizpůsobit a podle toho mít uzpůsobený modelmix je více.

Různé pohony si vyžadují různé karoserie, např. přidání CNG pohonu, či model typu plug-in-hybrid znamená značnou změnu v karoserii. Takže stejně jako levostranné řízení výše, ideálním řešením by bylo je dát najednou v rámci směny/dne. Avšak pro montáž je auto s CNG či plug-in-hybrid značně komplikovanější záležitostí, tudíž není možné, aby jezdili za sebou, znovu to musí být takový vzorek, aby bylo jisté, že se v dalším procesu před vjezdem na montáž dostatečně promíchají.

## 2.4.6 Omezení maximální kapacitou

Při uvažování modelmixu je i nutné myslet na maximální kapacitu svařovny pro směnu. Číslo maximální kapacity neznámá, že je možné vyrobit takový počet jednoho modelu. Pro pracoviště s dlouhým taktem či jinou technologií jsou různá pracoviště pro různé modely a v rámci efektivity je nutné, aby byli všechny pracoviště v provozu.

Maximální kapacitou je bráno 85 % možného výkonu svařovny. 5% pro organizační prostoje a 10 % pro technické prostoje. Pokud k takovým prostojům nedochází, jede se nad plán, což je plus, samozřejmě, pokud by to bylo dlouhodobé, nastal by problém pro následné pracoviště a muselo by dojít k mimořádné směně u lakovny či montáže. Nadstav však slouží hlavně jako případná rezerva, pokud by se maximální kapacitu nepodařilo naplnit.

Tabulky níže ukazují dělení maximální kapacity pro jednotlivé modely. Jak již bylo zmíněno výše, maximální kapacita neznámá, že je možné například vyrobit takový počet Voltáků či Královen. Jedná se o kombinaci obou modelů, kdy je možné variabilně upravit počet pro jednotlivé modely podle dodávek od dodavatelů, objednávek, požadavků následných pracovišť apod.

Tabulka 2.1 Maximální kapacity pro Svařovnu 1

Model	Kapacita
Královna	1150
Volták	350
Volták Coupé	200
Volták (celkem)	350
Celková kapacita	1400

Tabulka 2.2 Maximální kapacity pro Svařovnu 2

Model	Kapacita
Šmoula (starý)	850
Šmoula (nový)	900
Bolek	900
Lolek	
Celková kapacita	1300

### 2.4.7 Křižovatky

Na svařovnách jsou místa, kde se sbíhají výrobní toky různých modelů a řadí zpět do společného toku. Jsou 3 možnosti, jak tuto křižovatku řídit. První je bezzásahové řízení metodikou FIFO, kdy karoserie prakticky pokračují, tak jak přicházejí a jediné, co se děje je, že nějaká karoserie musí někdy čekat. Tento způsob je nejčastější. Další možností je blokování jednoho z modelů, kdy je pouštěna pouze jedna cesta, jeden z modelů. To se děje výjimečně, z provozních důvodů na následujících pracovištích, nedostatku dílů pro nějaký z modelů apod.

Poslední možností je pouštění poměrem v blocích. Tento poměr je volitelný, většinou nereflexuje modelmix, tudíž dochází k dalšímu „promíchání“ karoserií. Důvodem je například efektivita na následujících pracovištích, kdy díky pouštění karoserií v určitých blocích dochází k nejefektivnějšímu využití pracoviště (např. výměna nástroje). Kde je poměr stálý je křižovatka na Svařovně 1. Jedná se totiž o první souběh karoserií Královny a Voltáka a kvůli tomu se do dalšího výrobního toku pouští v blocích.

### 2.4.8 Zkoušky

Modelmix nabourává nutné provádění pravidelných zkoušek. Do stávajícího modelmixu je přidána údržbou karoserie navíc, která je na určitém místě vyjmuta a jsou na ni provedeny zkoušky. Pokud se jedná pouze o nedestruktivní zkoušky, může případně karoserie znovu do výrobního toku. Pokud se jedná o destruktivní zkoušku, karoserie je poté určena ke sešrotování (možností je i poslání dále tokem například pro testy na lakovně). Taková karoserie už však nemůže být produkční karoserií pro zákazníka.



## **2.5 Stávající modelmix**

### **2.5.1 Svařovna 1**

U Svařovny 1 je definice modelmixu složitější, a to z důvodu, že počátek mají rozdílný. Volták s Královnou se setkávají teprve až před UB2 Dovárkou, což znamená, že na začátku jsou řazeny podle výrobních kapacit předchozích pracovišť, případně stavem zásobníků.

Funkci modelmixu ve své podstatě splňuje už výše zmíněná křižovatka před UB2 dovárkou, která pouští do společného toku karoserie v blocích podle modelů. Poměr je momentálně:

- **10 Královen**
- **5 Voltáků**

### **2.5.2 Svařovna 2**

Svařovna 2 má na rozdíl od první svařovny stejný počátek. UB1 GEO je identický. Tudíž bloky nastavené modelmixem jsou určeny zde.

Stávající modelmix pro Svařovnu 2:

- **8/9 Šmoulů**
- **5 Lolků**
- **11/12 Bolků**

Pokud se jedná o 2 hodnoty, tak tyto hodnoty se pravidelně střídají.

## **2.6 Použitý Software**

### **2.6.1 Microsoft Excel**

Jedná se o program, který uživatelům dovoluje data organizovat, formátovat a provádět pro ně výpočty pomocí vzorců. Používá systém jednotlivých listů v sešitě. (Co je Power BI?, 2023)

V této práci Excel sloužil na přípravu dat pro MS Power BI. Musel jsem data z jednotlivých reportů spojit dohromady do jednoho listu, provést výpočty časů průjezdů, přidat k datům pomocné sloupečky pro identifikaci či jsem po analýze v Power BI vytvořil finální interpretaci výsledku.

### **2.6.2 Microsoft Power BI**

Sjednocená, škálovatelná platforma pro samoobslužné a podnikové funkce business intelligence (BI). Umožňuje propojit a vizualizovat jakákoliv data a efektivně vložit vizuály do aplikací. (Rouse, 2023).

Pro mé účely se jednalo o skvělé doplnění Excelu. Zatímco v Excelu jsem si tabulky připravoval, v Power BI se pak s těmito daty skvěle pracuje. Skvěle se filtrovaly jednotlivé karoserie do grafů, data se daly reprezentovat za každou karoserii, ale také průměrovat či sčítat pro jednotlivé modely, případně vyfiltrovat nechtěná data, která by zkreslovala výsledek. Stačilo mít správně připravené tabulky.

## 3 NÁVRHOVÁ ČÁST

Na začátek musím zmínit, že během tvorby práce došlo k velké změně a to ukončení výroby starého modelu Šmouly. Takže zatímco v analytické části se pracuje ještě s faktem, že je vyráběn, v praktické části už se pracuje s výrobou od doby, kdy vyráběn není. K tomu, aby práce mohla mít skutečný dopad je nutné pracovat s aktuálním stavem výroby.

### 3.1 Analyzování reportů

Aby bylo vůbec možné přijít s nějakým nápadem, musela tomu předejít důkladná analýza dat. Jako jeden ze zdrojů jsem použil vygenerované reporty o průchodech přes evidenční body.

Evidenčních bodů je 5 a jsou na různých místech svařovny:

- **R100** – UB1 GEO, úplný začátek svařovny, zde se modely rovnají podle naplánovaného modelmixu
- **R125** – Po Svařené 1
- **R127** – Po Finiši 1
- **R129** – Po Finiši 3
- **R200** – Konec svařovny před vjezdem do lakovny

#### 3.1.1 Časy průchodů, celkový čas ve svařovně

Pomocí programu Microsoft Excel jsem zanalyzoval, kde se časy strávené mezi jednotlivými modely liší u obou svařoven. Díky tomuto výsledky jde tak říct, kde případně nějaký model předbíhá jiný a dochází tak k namíchávání modelmixu, což může vést například k příliš častému měnění přípravku na pracovištích, nevyužití pracoviště pro jeden z modelů a podobně.

Analýza probíhala tak, že byly vytaženy rozdíly časů mezi jednotlivými stanovišti mezi všemi karoseriemi daného modelu, kteří ho v daném časovém úseku absolvovali. Karoserie, které ho neabsolvovali, byly ignorovány. Tyto všechny časy pak byly zprůměrovány do jednoho výsledku. Použil jsem celotýdenní reporty.

Příklad příkazu, použitého pro výpočet rozdílu v čase mezi jednotlivými stanovišti:

$=KDYŽ(A(E2="R129";E3="R200";B2=B3);D3-D2;"X")$

- *E2/E3* – Evidenční body
- *B2/B3* – Identifikační kódy karoserií
- *D2/D3* – Časy průjezdů

Z časových údajů jde vidět určitá nekonzistentnost, hlavně rozdíl v Lolkovi mezi jednotlivými týdny je značný. Způsobeno je to zastavenými karoseriemi, které se v určitém bodě zastaví a čekají dlouho, například z důvodu zastavení výroby v noci, případně z logistických důvodů.

Proto bylo nutné použít jiný způsob zpracování dat. Klasický průměr se ukázal jako nevhodný. Místo čistého průměru byl použit medián, což je hodnota, která je přesně v polovině dat, polovina karoserií před tímto časem, polovina karoserií za tímto časem. Zastavené karoserie někde v procesu kvůli přestávce mezi nenavazujícími směny, případně z jiných důvodů, jsou početně zanedbatelné vzhledem ke zbytku, který projede dané evidenční body za směnu. Výsledek tak dává mnohem více vypovídající data než původní průměr. Krásnou ukázkou jsou Bolek a Lolek, kteří by měli mít velice podobné časy, v čistém průměru to tak nebylo, při mediánu už se to srovnalo.

## Svařovna 2

Jak bylo zmíněno výše, data z čistého průměru jsou nic nevypovídající, například mnohem vyšší hodnoty Lolka v 2. týdnu než u Bolka, přičemž hodnoty by měli být podobné, protože se jedná o stejné platformy a absolvují stejná pracoviště. Usoudit, při pomnutí hodnot Lolka z druhého týdne lze, že Šmoula je ve svařovně hotový cca. o hodinu dříve než Bolek a Lolek.

Velký rozdíl mezi Bolkem a Lolkem v 2. týdnu, kdy časy měly být podobné, byly způsobeny problémem na montáži, kdy veškerí Lolkové musely být zachytávány do zásobníku, a tak trávili velkou porci času v zásobnících. Protože se jednalo o krátkodobou záležitost, při použití mediánu už se tento výkyv neprojevil.

Tabulka 3.1 Časy průchodů mezi evidenčními body za použití průměru

Model		Průchod				
		R100 - R125	R125 - R127	R127 - R129	R129 - R200	<b>R100 - R200</b>
Šmoula	1. týden	3:03:04	3:23:39	1:03:48	0:37:55	<b>8:08:26</b>
	2. týden	3:19:57	3:06:13	0:54:41	0:36:14	<b>7:57:05</b>
Bolek	1. týden	3:13:22	4:06:06	1:03:59	0:37:48	<b>9:01:15</b>
	2. týden	3:36:22	3:48:36	0:57:13	0:35:29	<b>8:57:40</b>
Lolek	1. týden	3:12:38	4:11:55	1:05:11	0:41:05	<b>9:10:49</b>
	2. týden	3:51:32	4:19:58	0:56:17	1:04:08	<b>10:11:55</b>

Data za použití mediánu už dávají jasnější obraz a dá se z nich vyvodit více závěrů. Ještě jasněji je potvrzeno, že Šmoula je hotový přibližně o tu hodinu dříve. Lze vidět, že na finiši už rozdíl mezi modely není, zde v rámci statistické chyby karoserie jedou stejně. Na UB stanicích rozdíl jsou, Šmoula tyto stanice absolvuje cca. o 23 minut rychleji než Bolek a cca. o 20 minut rychleji než Lolek. Ještě větší rozdíly jsou na stanicích Svařená, tyto stanice Šmoula absolvuje v průměru o 40-50 minut rychleji.

Důvodem kratšího času Šmouly ve svařovně je fakt, že Šmoula neabsolvuje některá pracoviště, která absolvuje Bolek a Lolek. Tyto karoserie tedy v procesu předjíždí a dochází k promíchávání modelmixu.

Zajímavé je, nejznatelnější je to u Šmouly, že celkový čas je podobný, ale u těchto dvou týdnů různě rozdělený mezi úseky R100-R125, R125-R127 a R127-R129. Zatímco první týden byly karoserie rychlejší na prvním z úseků, ve druhém tomu bylo naopak, tam naopak zrychlil na následujících dvou úsecích. Způsobeno je to hlavně různou zaplněností zásobníků, které způsobují, jak rychle karoserie projede dané stanoviště. Na vině samozřejmě jsou i provozní důvody, ale ty by nezpůsobili takový rozdíl, jde opravdu hlavně o zásobníky. Ale z hlediska modelmixu můžeme vidět, že rozdíly mezi Šmoulou a Bolkem s Lolkem zůstávají konzistentní.

Tabulka 3.2 Časy průchodů mezi evidenčními body za použití mediánu

Model		Průchod				
		R100 - R125	R125 - R127	R127 - R129	R129 - R200	<b>R100 - R200</b>
Šmoula	1. týden	2:49:36	3:16:14	1:00:12	0:15:02	<b>7:21:04</b>
	2. týden	3:14:37	2:56:39	0:51:19	0:14:17	<b>7:16:52</b>
Bolek	1. týden	3:12:30	3:57:45	0:59:08	0:14:47	<b>8:24:10</b>
	2. týden	3:37:12	3:42:13	0:52:06	0:14:15	<b>8:25:46</b>
Lolek	1. týden	3:10:36	3:58:14	0:59:14	0:14:49	<b>8:22:53</b>
	2. týden	3:33:11	3:45:34	0:51:32	0:14:21	<b>8:24:38</b>

## Svařovna 1

U Svařovny 1 byl z dat získán nějaký závěr též, ale jiného charakteru. V prvním úseku (do Svařené 1) jde vidět rostoucí čas u Královny a klesající čas u Voltáku. V tomto úseku je i křižovatka, kde dochází k souběhu modelů do společného výrobního toku. Volták zde absolvuje velice dlouhou cestu, kolísavost je způsobená obsazeností této cesty před křižovatkou a také nastaveným poměrem na křižovatce. Z dat lze odvodit, že z nějakého důvodu Voltáci trávili v zásobnících ze začátku roku hodně času, důvodem by měla být situace na lakovně, která zvládá lakovat Voltáky a nenajížděla ze začátku plnou kapacitou.

Královna má podobné rozdíly mezi úseky R100 – 125 a R125 – R127 jako karoserie ze Svařovny 2, kdy při poklesu na jednom, dochází k nárustu na dalším, přičemž celkový čas zůstává podobný (v 3. týdnu dochází k mírnému navýšení). Královna je v celkovém čase na rozdíl od Voltáka relativně stabilní a ukázalo se, že je z modelů nejrychlejší, cca. o 45 minut rychlejší než Volták.

U Voltáka dochází k setrvalému klesání na všech 3 úsecích. Na jediném úseku po Finiši 3 zůstává kontinuální. Tyto poklesy jsou značně velké, takže tyto data sice ukazují nějaký trend, pro potvrzení trendu jsem vzal výsledky z 3. týdne. Ale výpovědní hodnotu nemají, protože do nich až příliš promlouvají provozní důvody.

Na rozdíl od předchozí svařovny, je i rozdíl v úseku po Finiši 3. Zde je stabilně Volták cca. o 10 minut pomalejší.

Tabulka 3.3 Časy průchodů mezi evidenčními body za použití mediánu

Model		Průchod				
		R100 - R125	R125 - R127	R127 - R129	R129 - R200	<b>R100 - R200</b>
Královna	1. týden	3:07:14	2:07:00	1:03:19	0:17:20	<b>6:34:53</b>
	2. týden	3:52:02	1:46:51	0:38:53	0:16:14	<b>6:34:00</b>
	3. týden	4:25:57	1:35:20	0:30:07	0:15:48	<b>6:47:13</b>
Volták	1. týden	12:02:48	2:42:21	1:02:16	0:27:36	<b>16:15:00</b>
	2. týden	9:52:28	2:09:10	0:42:59	0:25:10	<b>13:09:46</b>
	3. týden	8:09:33	1:46:20	0:30:47	0:25:01	<b>10:51:41</b>

## 3.2 Detailní průběh modelmixu na Svařovně 2

Zbytek práce už je věnovaný jen Svařovně 2. Z důvodů zdlouhavých analýz už bylo nutné se specializovat jen na jednu z nich. Svařovna 2 byla vybrána z důvodu mé větší znalosti o ni.

Práce s předchozím reportem má svá značná omezení, a to v omezeném počtu evidenčních bodů. Vygenerovaný report je komplexní a bylo jednoduché z něj získat informace, ale potenciál už jsem značně využil, získal jsem určité závěry, ale pro další práci bylo nutné použít data o průjezdech z nadřazeného řízení.

V nadřazeném řízení je funkce, která vygeneruje veškeré projeté karoserie na daném čtecím místě v určitém časovém rozsahu. Tento soubor je pak možné vygenerovat v soubor. Více evidenčních bodů najednou nejde, ale díky tomu, že vygenerovaný soubor má stále stejnou strukturu, už je pak nutné jen soubory spojit do jednoho.

V daném časovém úseku jsem si tedy vygeneroval průjezdy všech karoserií na určitých čtecích místech, pro celkovou analýzu celého průběhu jsem použil čtecí místa na zvedácích, kdy karoserie opouští linku a míří na dopravník, který ji přemístí na další linku, případně do zásobníku.

Takto spojená data už byly použitelné pro program Power BI a tvorbu časových průběhů. Poslední úpravou muselo být očíslování jednotlivých čtecích míst, protože jejich názvy nejsou abecedně seřazené. K tomu jsem použil funkci SWITCH, která podle čtecího místa, danému řádku přiřadila správné číslo.

Příklad použití příkazu *SWITCH*:

`=SWITCH(B2;$G$2;0;$G$3;1)`

- *B2* – čtecí místo daného řádku
- *\$G\$2/\$G\$3* – název 1./2. pozice

S takto připravenými daty už bylo možné excelový soubor nahrát do Power BI. Zde došlo ještě k jedné úpravě a to tvorbě dalšího sloupečku. Můj plán grafu byl takový, aby na ose Y byl čas a na ose X postupně jednotlivá čtecí místa. V reportu je čas generovaný klasickým datumovým formátem, což není možné na osu Y vynést, a tak byla jednotlivé datové značky přepočteny na počet minut, v případě detailnějšího zaměření, například na jednotlivá pracoviště je možnost přepočtu na sekundy. S takto přepočtenými daty už je možné čas na osu Y vynést. Hodnoty v milionech sice vypadají nesmyslně, ale to už by byla jen věc případného přepočtu.

Přepočet na minuty:

$$\text{Čas.minuty} = (\text{Prujezdy}'[\text{Čas. značka}]) * 1440$$

List čtecích míst, které byly použity pro analýzu průjezdů karoserií:

Tabulka 3.4 Použitá čtecí místa

Čtecí místo č.	Úsek	Poznámka
0	UB1 Geo	
1	UB1 Dovárka/1 -> UB1 Dovárka/2	
2	UB1 Dovárka/2 -> UB1 Dovárka/3	
3	UB1 Dovárka/3 -> UB2 GEO	
4	UB2 GEO -> UB2 Dovárka/1	
5	UB2 Dovárka/1 -> UB2 Dovárka/2	
6	UB2 Dovárka/2 -> Svařená 1/1	Svařená 1/1 je jen pro Bolka a Lolka, Šmoula jde na Svařenou 1/2
7	Svařená 1/1 -> Svařená 1/2	Tímto bodem tedy projíždí jen Bolek a Lolek
8	Svařená 1/2 -> Svařená 1/3	
9	Svařená 1/3 -> Svařená 2	
10	Svařená 3/2 - Svařená 3	Svařená 3/2 je část Svařené 3, jen pro Bolka a Lolka, pak v tomto bodu přejíždí zpět do linky Svařená 3, kudy jede Šmoula
11	Svařená 3 -> Svařená 4	
12	Svařená 4 -> Finiš 1	
13	Finiš 2 -> Finiš 3	
14	Finiš 3 -> Zásobník před lakovnou	



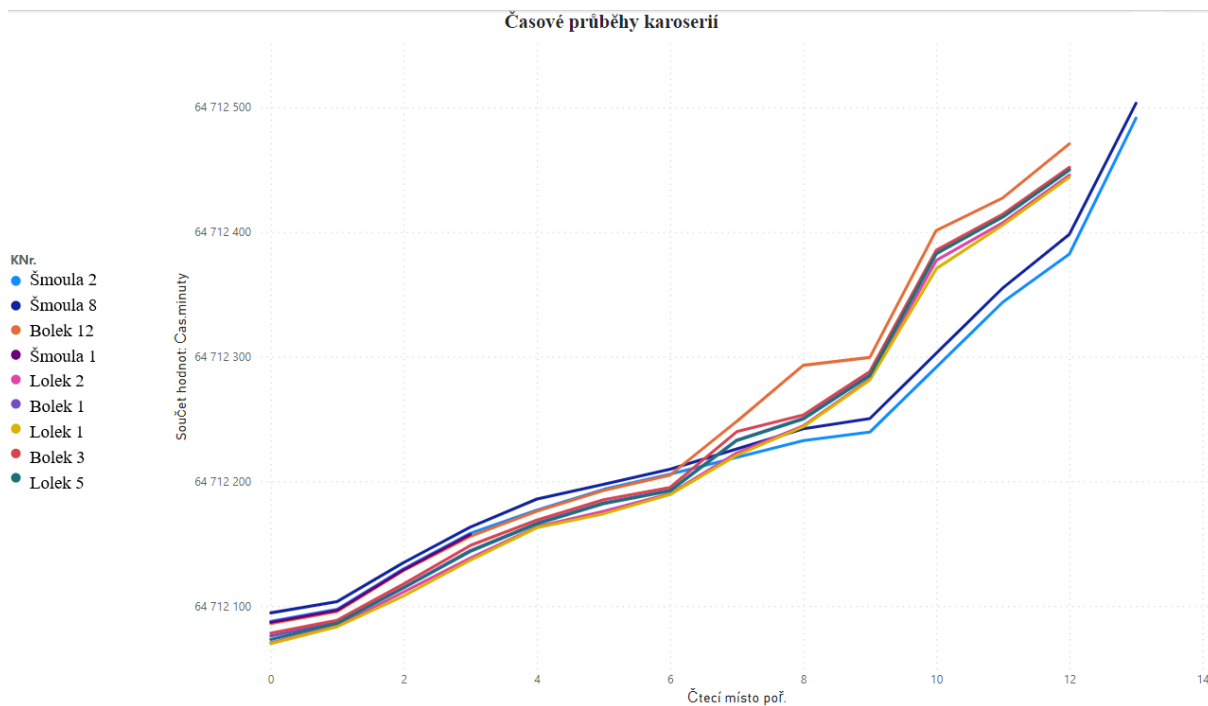
Jako vzorek pro zkoumání jsem použil dva klasické výrobní dny z různých měsíců. Nejdříve jsem vytáhl blok modelmixu. Nejsou vyneseny veškeré karoserie, graf by byl nepřehledný a byla by to zbytečná ztráta času, ale vždy určitou část z bloku pro daný model. Jako poslední jsem vzal Šmouly, z předchozího bádání jsem vědět, že svařovnu projedou rychleji, takže mě zajímalo, kde přesně dochází k předjetí a v jakém přesně místě jsou Šmoulové rychlejší. Tam dochází k promíchávání modelmixu a případným technologickým prostojeům.

V UB stanicích karoserie jedou prakticky identicky. Rozdíl nastává u Svařené 1, zde pracoviště navíc pro Bolka a Lolka (Svařená 1/1) tvoří časový rozdíl mezi nimi a Šmoulou, Šmoulové z našeho vzorku zde předbíhají v toku zbytek modelů. Tato část i dělá rozdíl v první etapě (R100-R125) při analýze za pomoci evidenčních bodů.

Další částí, kde dochází k rozcházení časů mezi Šmoulou a Bolkem s Lolkem je znovu pracoviště navíc, a to pracoviště Svařená 3/2.

Stanoviště Finišů bohužel nejsou moc průkazné, protože tyto karoserie ve vzatém vzorku nedojeli do úplného konce. Šmoulové dojeli do Finiše 3, Bolkové s Lolkem dokonce jen do Finiše 1, to bylo napraveno v následujícím vzorku.

Tento vzorek má 2 atypičnosti. První je Šmoula 1, který byl v určité části UB2 GEO vyňat pro testy. Problematice vyjímání bude věnována celá kapitola. Druhou atypičností se může zdát Bolek 12, který na Svařené 1 stráví mnohem více času, ale pak se s ostatními srovná. To je však jen vlivem pauzy, kdy strávil pauzu před čtecím bodem 8, na rozdíl od ostatních, po opětovném rozjetí výroby se srovnal s ostatními.



Obrázek 3.1 Časový průběh modelmixu ze Svařovny 2 – lednový den

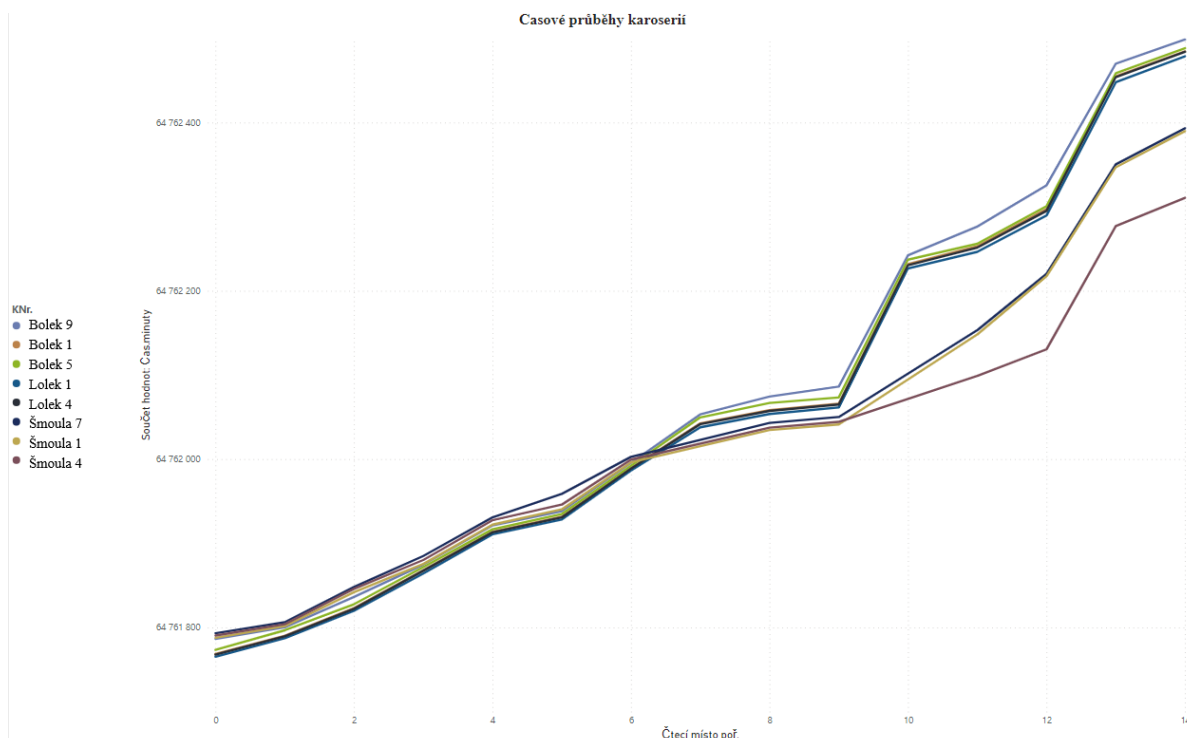
U vzorku z dalšího měsíce byl modelmix odlišný. Modely byly řazeny v poměru:

- **7 Šmoulů**
- **3-4 Lolci**
- **8-9 Bolků**

Jedná o se mírné zvýšení poměru Šmoulů, ale ne nijak razantní.

Jako vždy se v případě dvou hodnot jednalo o pravidelné střídání. Poměry vozů takovým modelmixem zůstávají podobné, jen se jedná o kratší intervaly.

Lze vidět, že průchod karoserií má stejnou dynamiku jako předchozí vzorek, takže se jen potvrdili předchozí závěr, místa, kde se karoserie hlavně předbíhají jsou pracoviště pouze pro Bolka a Lolka. Zde se modelmix promíchává. Takže v další části se detailněji zaměřím na tyto oblasti. Jak moc času stráví karoserie čekáním, na technologické prostoje a další okolnosti.



Obrázek 3.2 Časový průběh modelmixu ze Svařovny 2 – únorový den

### 3.3 Vyjímání

Další částí, na kterou byla upředena pozornost, je vyjímání karoserií a jejich následné uvedení zpět do toku. Ať už z důvodu repasních aktivit či technologických zkoušek.

Nicméně analyzování dopadu vyjmutí či opětovného vpuštění karoserie na celkový výrobní tok nepřineslo žádné hmatatelné závěry a zjištění. Tím pádem nebylo možné ani získat návrh na případné zlepšení. Analytické možnosti, kterých jsem byl schopen a kterými jsem disponoval bohužel byly pro tuto problematiku nedostatečné.

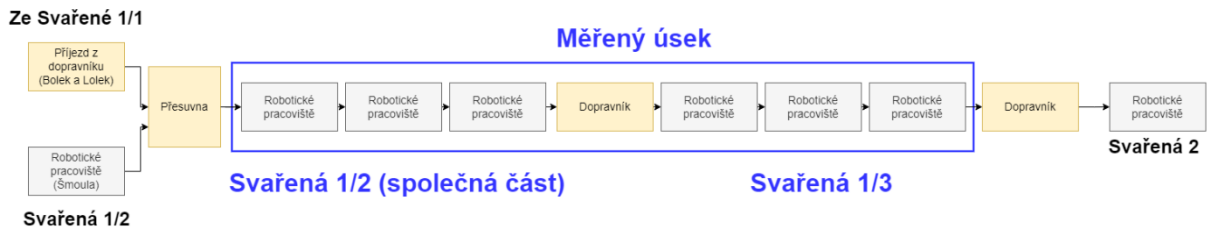
Aktivitu u tohoto problému jsem se rozhodl ukončit a zaměřil jsem na promíchávání modelmixu na křižovatkách na Svařovně 2, kdy se po oddělení výrobní toky opět propojují. Toto promíchávání má značný vliv na následné pracoviště.

Zbytek práce už je zaměřen na toto téma.

## 3.4 Promíchávání modelmixu na Svařovně 2

### 3.4.1 Svařená 1

Celé UB pracoviště je modelmix prakticky netknutý, prvním místem, kde dochází k promíchávání je Svařená 1, hlavně kvůli Svařené 1/1, který je pouze pro Bolka a Lolka. Promíchávání je nepravidelné, karoserie tráví různě času na pracovištích (Bolek a Lolek zásadně více času) a na křižovatce je užívána metoda FIFO.



Obrázek 3.3 Měřený úsek za první křižovatkou

Mým nápadem bylo, zda by nebylo efektivnější to pouštět na souběhu v určitých blocích, to by samozřejmě znamenalo nutnost vybudování určitého zásobníku, v případě prostoje na jednom z pracovišť, tak aby se na druhém netvořila fronta a bylo možné to v blocích dál pouštět. Což je samozřejmě investice, a i logisticky a prostorově by to bylo problémové. Ale při větším počtu vyrobených karoserií za směnu by se mohlo jednat o návratovou investici.

Vzal jsem data ze 2 dnů, které jsem použil výše, vygeneroval si další bod a to bod, kde se karoserie spojují zpět do jednoho toku. Jako koncový bod byl vzat konec Svařené 1. Jak bylo řečeno výše, karoserie jsou v různých blocích, a zjišťoval jsem, jak se v těchto blocích chovají.

Důležité bylo nezapočítávat pauzy či změny směn, protože by zkreslily výsledky, tyto karoserie byly ignorovány.

Porovnal jsem mezi sebou typ, kdy se Šmoula s Bolkem a Lolkem pravidelně střídali. Samozřejmě v realitě by takový poměr nebyl možný, protože Šmoulů je téměř 2x méně než součtu Bolků a Lolků. Tudiž ve skutečnosti by musel být stav 1x Šmoula na 2x Bolek a Lolek. Avšak takový stav nenastával tak často, a proto by výsledky nebyly průkazné. Oproti tomu byl dán stav, kdy karoserie jeli v dlouhých blocích (min. 5 karoserií stejného typu).

Určení karoserie, zda je v dlouhém bloku, promíchávání jeden k jednomu, či něco mezi, muselo opět nastat už v Excelu. Ke karoseriím jsem si udělal pomocný sloupec, který určoval zda se jedná o Šmoulu anebo Bolka či Lolka, při Šmoulovi se zapsala jednička, při Bolkovi s Lolkem se zapsala nula. S tímto sloupcem už bylo možné za pomoci podmínek určit v jakém bloku se karoserie nachází.

Pro dlouhý blok se jednalo o 2 sloupce, znovu jeden musel být pomocným. První jednoduše sečetl hodnoty pomocného sloupečku dané karoserie a čtyř předcházejících, pokud se rovnala pěti anebo nule, zapsala výraz „*Dlouhý blok*“. Takový údaj však ignoroval první 4 karoserie v bloku. Proto byl vytvořen další sloupeček, který se ještě ptal, zda daná karoserie anebo jedna ze 4 následujících neobsahuje výraz „*Dlouhý blok*“. Tento sloupec už správně vyfiltroval všechny karoserie, co byly v dlouhém bloku stejného modelu.

Příklady použitých výrazu pro pomocný a určující sloupec dlouhého bloku:

=KDYŽ(NEBO(SUMA(H19:H23)=5;SUMA(H19:H23)=0);"Dlouhý blok";"Míchané")

- H19:H23 – Zjišťovaná karoserie a 4 předcházející

=KDYŽ(NEBO(I19=\$I\$13;I18=\$I\$13;I17=\$I\$13;I16=\$I\$13;I15=\$I\$13);

"Dlouhý blok";"Víc promíchané")

- \$I\$13 – Referenční výraz „Dlouhý blok“
- I15:I19 – Zjišťovaná karoserie a 4 následující

Pro určení bloku, kdy se modely řadili jeden po druhém už stačil pouze jeden sloupec. Stačila podmínka, zda součet hodnoty v pomocném sloupci s hodnotou předcházející či následující karoserie je 1. Pokud ano, pak je buď před anebo po dané karoserie jiný model.

Příklad použití výrazu:

=KDYŽ(A(SUMA(H17:H18)=1;SUMA(H16:H17)=1);"Různé za sebou";"Blok")

- H16 – Následná karoserie
- H17 – Zjišťovaná karoserie
- H18 – Předcházející karoserie

Pak už bylo nutné vytvořit jen finální sloupec, který se ptal na hodnoty z daných sloupců a podle toho zapsal v jakém bloku se karoserie nachází. Pokud se jednalo o konec či začátek dlouhého bloku a před či po sobě měl jiný model, byla zapsána hodnota „*Dlouhý blok*“. Pokud se nejednalo, ani o dlouhý blok, ani o promíchávání jeden k jednomu, zapsala se hodnota „*Ani jeden*“.

Příklad použití výrazu:

=KDYŽ(J16=\$J\$1;\$J\$1;KDYŽ(K16=\$K\$1;\$K\$1;"Ani jeden"))

- J16 – Údaj ze sloupce pro dlouhý blok
- \$J\$1 – Referenční výraz „Dlouhý blok“
- K16 – Údaj ze sloupce pro promíchané karoserie
- \$K\$1 – Referenční výraz pro promíchané karoserie

Z jednoho dne vyšlo promíchávání mnohem lépe, z druhého dne byl výsledek skoro identický, v rámci statistické chyby. Byly proto vzaty další 4 dny z různých týdnů a z těchto dat už bylo jasné, že promíchávání karoserii v tomto úseku vede k větší časové efektivitě.

Tabulka 3.5 Průměrné časy průchodů v různých blocích po souběhu na Svařené 1

	Čas [s]						Průměr za všechny dny [s]
Různé za sebou	712	1090	512	649	655	597	<b>702,5</b>
Ani jeden případ	731	1094	528	694	675	627	<b>724,8</b>
Dlouhý blok	786	1098	557	757	718	666	<b>763,7</b>
Celkový průměr	766	1096	543	732	705	651	<b>748,8</b>

Procentuálně to tedy vychází na větší časovou efektivitu 6,2 % oproti celkovému průměru. Reálně by samozřejmě realita byla určitě nižší, už kvůli faktu, že by se muselo jednat o poměr 2 ku 1. Dalším faktem je, že zatímco Šmoulové tolikrát v dlouhých blocích nejezdí, Bolkové s Lolky ano. Přičemž Šmoulové jsou i v tomto úseku o něco rychlejší než Bolek s Lolkem. Ale ne o tolik, aby to dělalo samotný rozdíl mezi delšími bloky a promíchanými karoseriemi.

Těmito okolnostmi jsem se rozhodl svůj odhad vyšší časové efektivnosti snížit na 5 %.

Tabulka 3.6 Průměrné časy průchodů pro modely po souběhu na Svařené 1

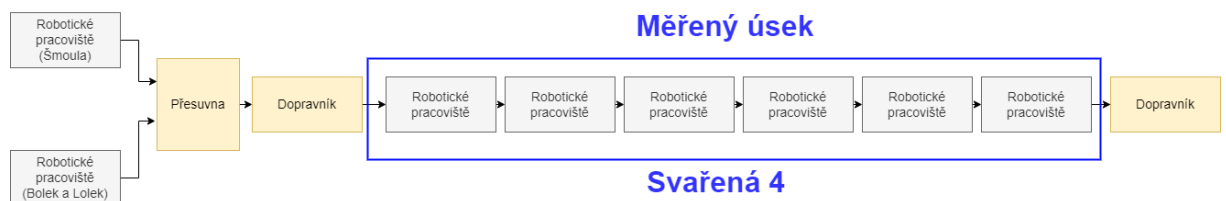
	Čas [s]						Průměr za všechny dny [s]
Šmoula	751	1107	521	738	693	637	<b>741,2</b>
Bolek a Lolek	774	1090	556	727	711	659	<b>752,8</b>

Samozřejmě otázkou je, proč je promíchávání o tolik lepší. Karoserie zde, jezdí za sebou, ani nedochází k žádnému navařování dílů, kdy by například mohl být problém s čekáním na dané díly. Důvodem je různorodá časová náročnost na jednotlivých pracovištích, kdy se díky promíchání karoserie navzájem vykryjí a nemusejí tak dlouho čekat. Jak to přesně na jednotlivých pracovištích je, je věcí na další analýzu, pro potřeby modelmixu nám stačí fakt, že efektivnější je promíchávání.

Jak už bylo zmíněno výše pro zajištění stálého promíchávání by byl nutný zásobník, protože momentálně souběh na křižovatce funguje na principu FIFO a v případě nastavení pevného poměru by byl efekt kontraproduktivní. Možností zvýšení efektivity je i možnost zvýšení taktu na pracovištích, které pracují pouze s určitými modely. Přičemž momentálně se podřizují taktu na předcházejících či následných pracovištích, což je případ tohoto úseku.

### 3.4.2 Před Svařenou 4

Na Svařovně 2 je ještě jedno místo, kde se Bolek s Lolkem odpojují od hlavního toku, kudy jede Šmoula. Bolek a Lolek zde absolvují více pracovišť než Šmoula. Ke spojení zpět dochází na samém konci Svařené 3.



Obrázek 3.4 Měřený úsek za druhou křižovatkou

Porovnával jsem celý průběh Svařené 4, dopravník před tím jsem ignoroval, na tomto dopravníku totiž dochází k častému promíchání, sice se jedná o to, že jedna karoserie předjede druhou, celkově to nemá velký vliv, ale tvoření analýzy to značně komplikuje.

Tvorba reportu probíhala stejně jako u prvního souběhu.

Výsledek byl opačný, zde se ukázalo jako časově efektivnější, pokud jsou karoserie v blocích.

Tabulka 3.7 Průměrné časy průchodů v různých blocích po souběhu před Svařenou 4

	Čas [s]						Průměr za všechny dny [s]
Různé za sebou	546	560	480	567	562	541	<b>542,7</b>
Ani jeden případ	558	536	471	559	536	544	<b>534,0</b>
Dlouhý blok	553	540	463	543	523	526	<b>524,7</b>
Celkový průměr	552	544	471	555	537	535	<b>532,3</b>

Jde o nižší zvýšení časové efektivity, výpočtem jde o 1,15 %, reálně se tedy dá bavit o 1 %. Jde tedy přibližně o 13 karoserii denně, což je však z dlouhodobého hlediska stále velké zlepšení.



### 3.5 Návrh zásobníku po Svařené 1/1

Jelikož po Svařené 1/1 vyšlo potencionální zlepšení až o 5 %, rozhodl jsem se hlavní výstup práce zaměřit na toto místo.

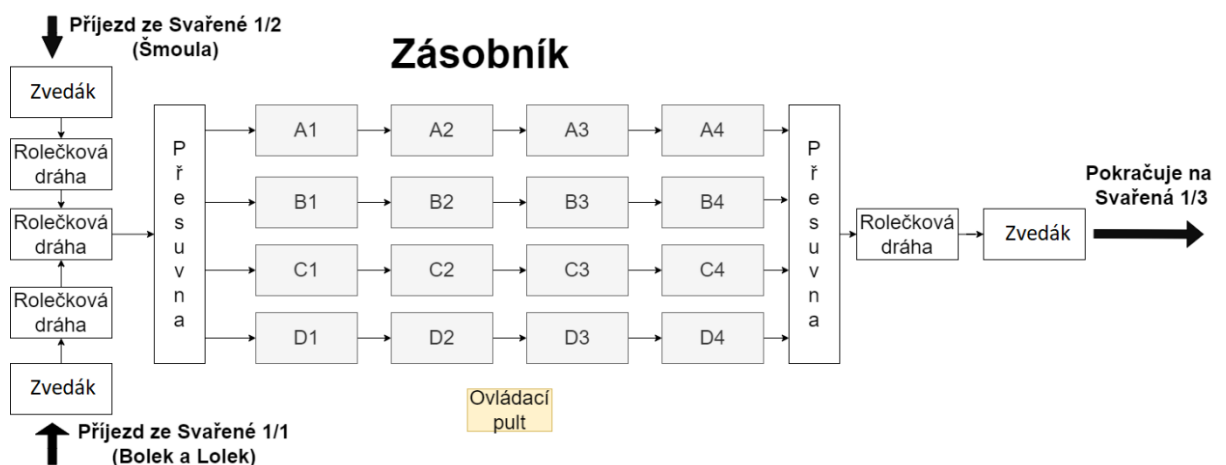
Samozřejmě nelze to zjednodušit tak, že se postaví zásobník a svařovna bude o 5% efektivnější. Řeč je o krátké výseči v celé svařovně, avšak pokud by docházelo ke komplexnímu navyšování efektivity svařovny, případně by se toto místo stalo místem, které brzdí zbytek svařovny, investice do tohoto zásobníku dává smysl a návratnost by byla relativně rychlá.

Kvůli omezeným možnostem na křižovatce není možné jen tak nastavit pevný poměr toku karoserií na tomto místě. Ze schématu jak zde karoserie přijíždějí, je nějaká možnost rezervy na dopravníku u Bolka a Lolka, ale Šmoulové se stékají do jednoho toku prakticky ihned po pracovišti, tudíž při pevném poměru by vznikali prostoje, kdy by nemohlo být využíváno pracoviště a konečný efekt by byl ve výsledku kontraproduktivní.

Což nutí vytvořit na tomto místě zásobník, který by takové promíchávání zajistil, a přitom by nedocházelo k prostojům na předchozích pracovištích.

Zásobník by samozřejmě plnil i vedlejší pomocnou roli, kdy při prostojích na předcházejících pracovištích by si pracoviště po tomto zásobníku odtud brali karoserie. Naopak při prostoji na následujících pracovištích by se zásobník mohl naplňovat a nebrzdil by předcházející pracoviště. Tím by bylo možné v nějaké míře vykrývat prostoje.

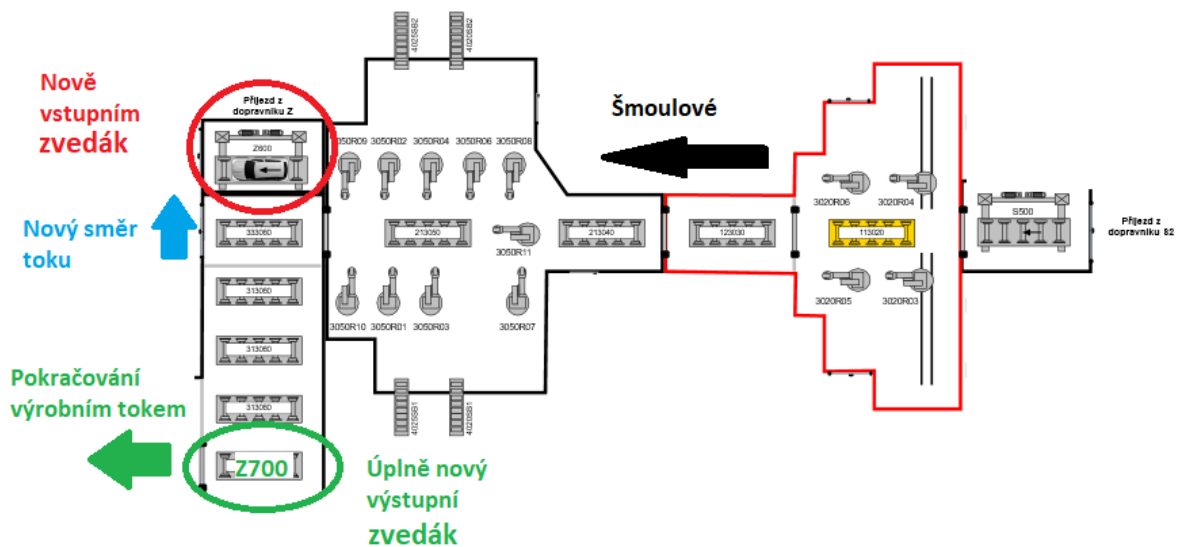
Nejdelší bloky jednoho typu modelů jsou na 11, tudíž dostatečným zásobníkem by byl zásobník o 16 pozicích.



Obrázek 3.5 Prvotní návrh zásobníku

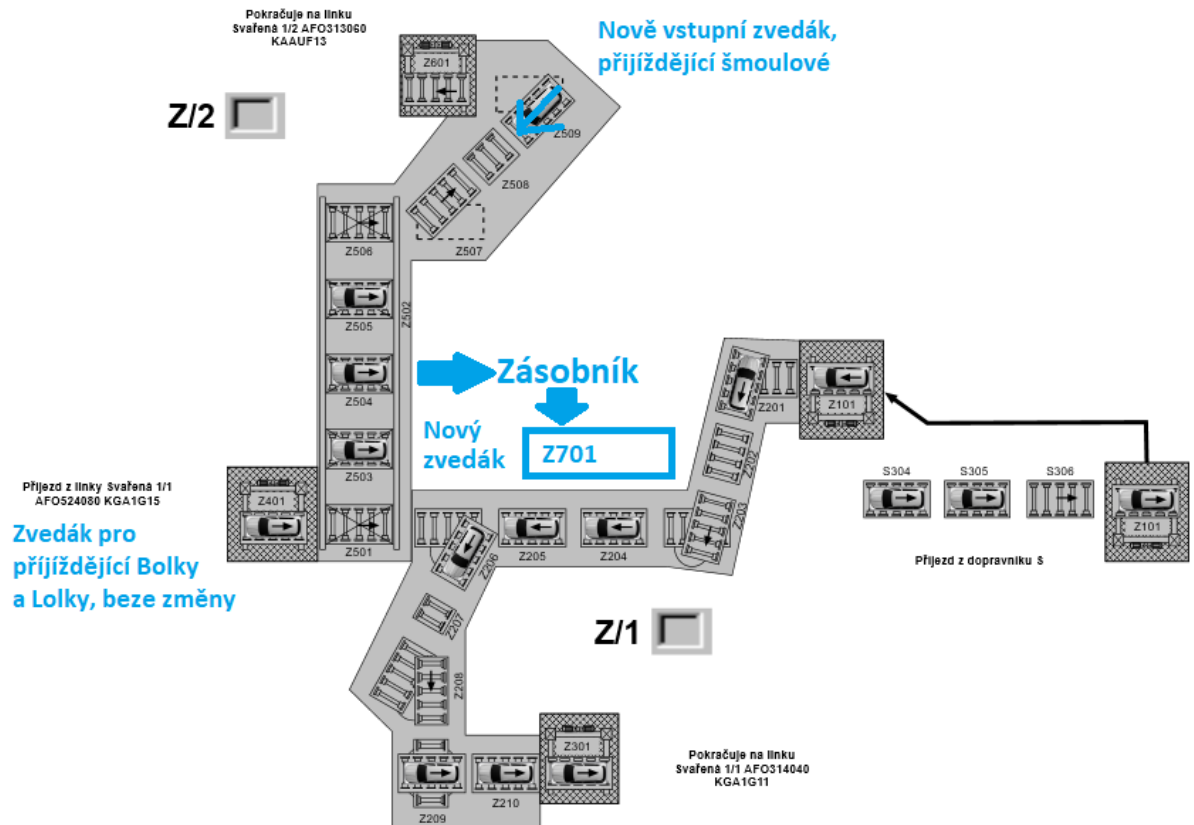
Samozřejmě otázkou je zakomponování zásobníku do stávající infrastruktury. Ve schématu jsou 3 zdviháky, ale nové by bylo potřeba jen jedno a to výstupní. Pro vstupní zdviháky by se využilo už existujících zdviháků.

Na dolní procesní úrovni by se změny týkaly jen v přidání dalšího zvedáku před robotické pracoviště, které je už pro všechny modely společné. Dále by už byla potřebná jen SW změna ve změně cesty Šmoulů směrem na zvedák.



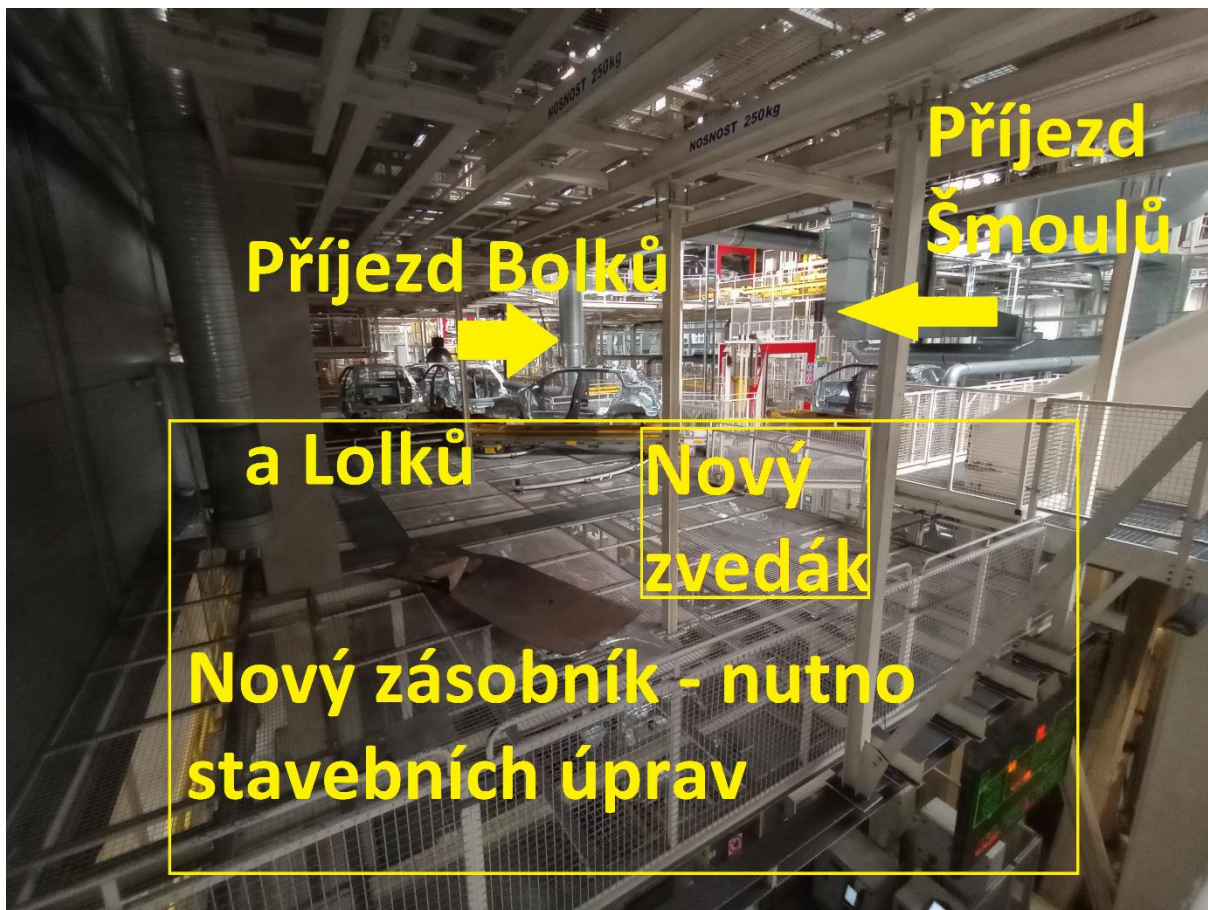
Obrázek 3.6 Změny na provozní úrovni

Na horní dopravníkové úrovni by změny byly znatelnější. Kromě SW změny zvedáku, který by namísto snášení Bolků a Lolků zpět do toku vynášel Šmouly, by byla výstavba kompletního zásobníku a nového zásobníku.



Obrázek 3.7 Změny na úrovni dopravníků

Při pohledu přímo do výrobního procesu vidíme, že pro chtěnou kapacitu zásobníku 16 karoserií by byly nutné stavební úpravy, momentální volný prostor který tam je, je nedostačující. Jen samotné přidání nového zvedáku by zabralo spoustu místa. Šipky označují směr toku Bolků a Lolků.

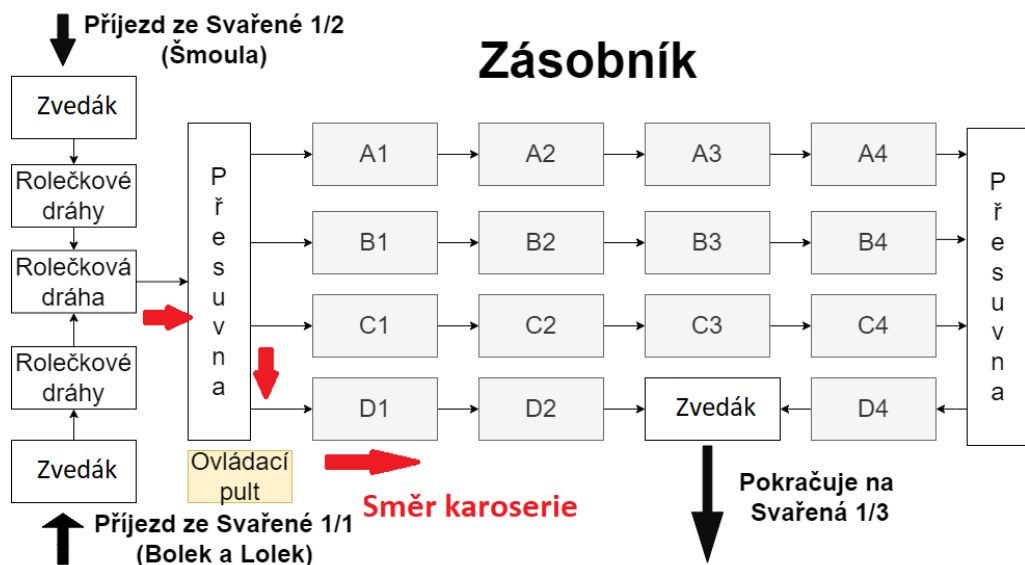


Obrázek 3.8 Integrace zásobníku přímo do stávající infrastruktury

Nový zvedák by přenesl karoserii přímo před následné robotické pracoviště. Zvedák, původně určený pro snášení Bolků a Lolků zpět do hlavního toku by nově byl vynášecím zvedákem pro Šmouly. S vědomostí, kde by zvedák měl být, dosáhl původní návrh změn. Zvedák by byl zakomponován do poslední linie. Tím ztrácíme pozici v zásobníku, ale hlavě jednu nezávislou linii, která musí být využívána jinak. Zkomplikovala se tím logika samotného zásobníku.

### 3.5.1 Logika zásobníku

Pokud bude zásobník prázdný, přejezd na zdvihák bude nejkratší možnou cestou.

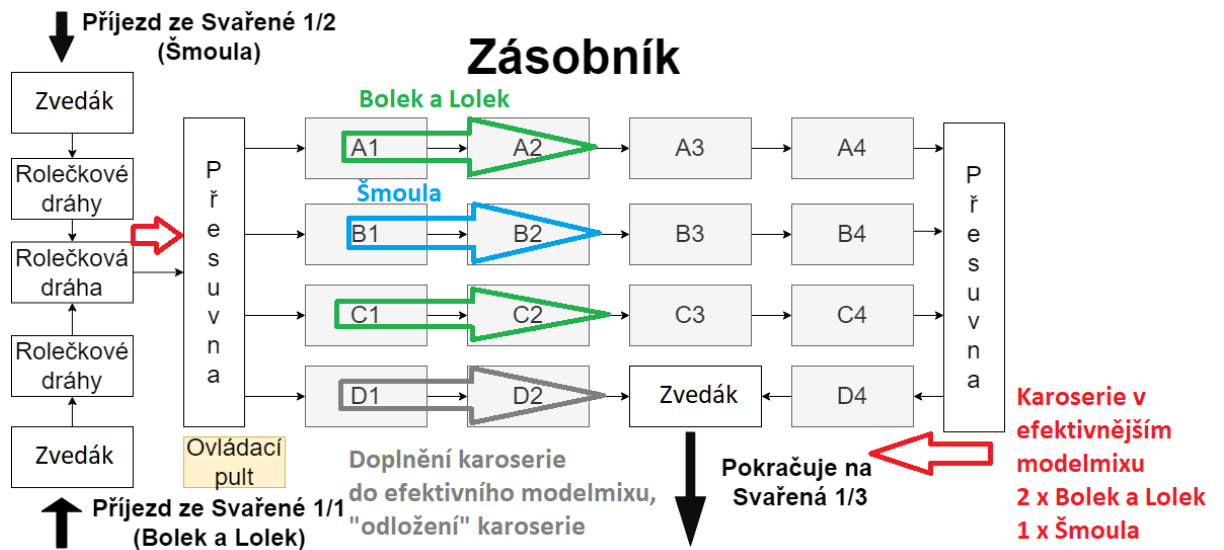


Obrázek 3.9 Režim prázdného zásobníku

Jak bylo řečeno výše, dispečer by si mohl určit rozvržení linií pro modely. Podle toho by se i zásobník plnil. Pro dodržení režimu FIFO jen s promícháním karoserií pro efektivní modelmix se linie D nehodí, takže by byly využívány zbylé 3 linie. Linie D by byla využitelná v případě, že by došly karoserie v zásobníku pro jeden z modelů, ale na přesuvnu by přijel chtěný model. V tom případě by ho bylo možné protáhnout přes D linii a vyhnout se čekacímu času, než to projede jednou z linií. Samozřejmě při výběru linie, např. ze 2 pro jeden z modelů by byla nejdříve využívána ta s kratší cestou.

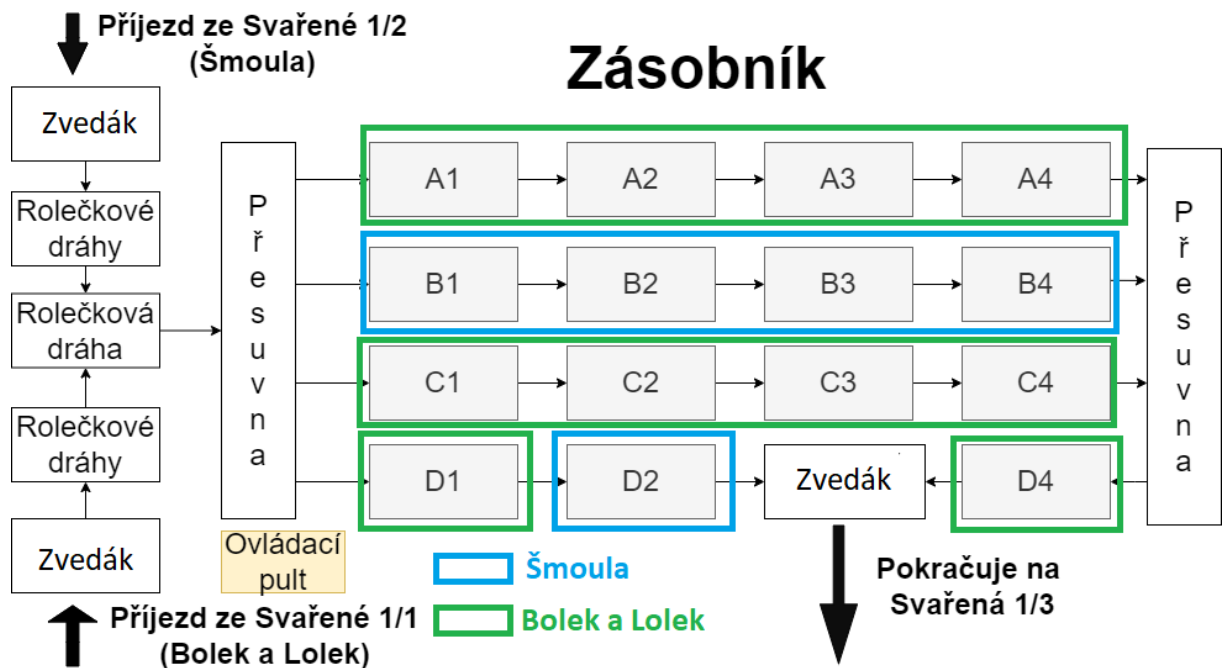
V případě nutnosti zdržet karoserii v zásobníku by tyto pozice byly využitelné též. Poté by se jen poslaly dál do toku.

Většinu času by zásobník byl průchozí, takže by docházelo k jeho plnění, a přitom i vyprazdňování. Tudíž pozice D4 by zůstávala jen průchozí. Ta by se využila jen při absolutním naplnění zásobníku do plna.



Obrázek 3.10 Provozní režim nového zásobníku

Při příkazu pro naplnění do plna by se naplnili pozice na D linii tak, aby linie D vyjela ve chtěném promíchaném modelmixu a pak už by se vyprazdňovaly/naplňovaly zbylé 3 linie podle původní logiky.



Obrázek 3.11 Zaskladňování „do plna“ nového zásobníku

### 3.5.2 Výpočet ceny

Jelikož v průmyslu se prakticky vše přepočítává na peníze je samozřejmě důležitá samotná cena takového zásobníku. Jedná se o odhad ceny vzhledem k normálovým cenám u jiných zásobníků.

Za vysvětlení stojí určité položky rozpočtu. Skid je nosič karoserie, pokud dochází k navyšování míst ve svařovně (týká se ale i ostatních pracovišť), je nutné zvýšit i počet skidů, aby nedošlo k situaci, že při naplněných zásobnících dojdou skidy a dojde ke zbytečným prostojům.

Úprava nadřazeného řízení by se týkala překreslení obrazovek, úpravy databází, vytvořením nového čtecího místa pro sledování karoserií.

Nejdražší položkou by bylo samotné oživení tohoto zásobníku a zvedáku. Jedná se o natažení kabelových tras, instalaci dopravníků, instalaci zvedáku, přípravu programové logiky zásobníku, naprogramování zvedáku, přípravu panelu, ošetření veškerých bezpečnostních prvků, tvorba alarmů, tvorbu dokumentace, testování a následný dozor před kompletním předáním.

Tabulka 3.8 Odhad ceny nového zásobníku

<b>Položka</b>	<b>Cena za ks [kč]</b>	<b>Počet kusů</b>	<b>Kompletní cena [kč]</b>
Zvedák	1 400 000	1	1 400 000
Pásový dopravník	70 000	15	1 050 000
Přesuvna	100 000	2	200 000
Skidy	25 000	12	300 000
Příprava pracoviště	500 000	1	500 000
Konfigurace NŘ	500 000	1	500 000
Oživení	1 500 000	1	1 500 000
<b>CELKEM</b>			<b>5 450 000</b>

Celková cena takovéto investice by tedy byla necelých 5,5 milionů korun. Samozřejmě jedná se odhad, záleželo by na nabídkách případných dodavatelů.

Jedná se nemalou investici a musela by být spojena s komplexním plánem na navýšení kapacity svařovny, a i s propracovaným plánem, že takovéto navýšení kapacity zvládnou využít i následná pracoviště (lakovna a montáž).



## ZÁVĚR

O datech se mluví jako o ropě 21. století, proto jsem rád, že jsem měl možnost věnovat se v této práci datové analýze – z dat vytvořit informaci a z těchto informací určitou znalost a závěr. Modelmix je záležitostí, která ovlivňuje ve velké míře celkovou efektivitu svařovny. Modelmix však musí respektovat vnější vlivy, a tak je jeho nastavení limitováno v určitých mantinelech.

Výsledkem této práce je komplexní popis všech vlivů, které ovlivňují výsledný modelmix. Následná datová analýza se po všeobecném pohledu na momentální stav výrobního toku v detailu zaměřila na křižovatky na Svařovně 2 a vliv tamního opětovného slití do jednoho toku na efektivitu následných pracovišť. Hlavně u první křižovatky se ukázalo, že pokud by bylo možné karoserie promíchávat dosáhlo by se vyšší efektivitu na následných pracovištích až o 5 %. Je navrženo i řešení, jak takového promíchání dosáhnout pomocí zásobníku. Navržení je komplexní včetně umístění a logiky napouštění a vypouštění zásobníku. Takový zásobník samozřejmě dává smysl jen při kompletním navyšování efektivitu svařovny.

Práce nabízí rozšíření v podobě analýzy jiných míst na svařovně, případně i jiné svařovně. Další faktem je, že v průmyslu, a hlavně automobilovém se věci mění rychle, zejména nyní, kdy nás čeká přechod k elektromobilitě. Data, se kterými jsem pracoval já, už nebudou aktuální a jednalo by se o práci s úplně jinými skutečnostmi.

## POUŽITÁ LITERATURA

Bodové svařování. *CYKLOS CHOLTICE* [online]. Choltice: Cyklos Choltice v.d., c2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z:

<https://www.cyklos.cz/zakazkova-kovovyroba/kategorie/svarovani/produkt/bodove-svarovani>

Co je Power BI?. *Microsoft Power BI* [online]. Microsoft, c2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://powerbi.microsoft.com/cs-cz/what-is-power-bi/>

LEVAY, Radek. POKA-YOKE. *IKvalita* [online]. Česká republika, c2005-2016 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=139>

MIG/MAG (CO2). *Automig* [online]. Teplice: Migatronic CZ, b. r. [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://automig.cz/o-svarovani/metody/migmag-co2/>

Pájení. *TRUMPF* [online]. Praha: TRUMPF Praha, c2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: [https://www.trumpf.com/cs\\_CZ/reseni/pouziti/svarovani-laserovym-paprskem/pajeni/](https://www.trumpf.com/cs_CZ/reseni/pouziti/svarovani-laserovym-paprskem/pajeni/)

ROUSE, Margaret. Microsoft Excel. *Techopedia* [online]. Londýn: Techopedia, c2023 [cit. 2023-04-20]. Dostupné z: <https://www.techopedia.com/definition/5430/microsoft-excel>

Spoje nýtové. COPTel - výukový portál SŠ COPT - Kroměříž [online]. Kroměříž: Střední škola – Centrum odborné přípravy technické Kroměříž, b. r. [cit. 2023-05-01]. Dostupné z:

[https://coptel.cz/pluginfile.php/15398/mod\\_resource/content/1/SPOJE%20N%C3%9DTOV%C3%89.pdf](https://coptel.cz/pluginfile.php/15398/mod_resource/content/1/SPOJE%20N%C3%9DTOV%C3%89.pdf)

ŠIMON, Petr. Karosérie osobního automobilu. *DocPlayer* [online]. Mladá Boleslav: Škoda Auto, 2015 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/18241549-Karoserie-osobniho-automobilu-ing-petr-simon-skoda-auto-a-s-04-03-2015.html>

TOWLER, Adam. The secret world of car development, part 2: Timeline of a prototype. *EVO India* [online]. Pune: EVO India, 2018 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.evoindia.com/features/timeline-of-prototype>

Ultrazvuková zkouška. *TESing TP komplet s.r.o.* [online]. Pardubice: TESing TP komplet, c2013 [cit. 2023-04-24]. Dostupné z: <http://tesing.cz/aktuality/ultrazvukova-zkouska>

VÍTEK, Václav. 5S. *Svět Produktivity* [online]. Prostějov: Svět produktivity, c2012 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>

VÍTEK, Václav. Kanban. *Svět produktivity* [online]. Prostějov: Svět produktivity, c2012 [cit. 2023-04-08]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>

ŽIŽKA, Jan. Business Intelligence. *VŠEM* [online]. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2011 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: [https://www.vsem.cz/data/data/sis-texty/studijni-texty-bc/st\\_pis\\_bi\\_zizka.pdf](https://www.vsem.cz/data/data/sis-texty/studijni-texty-bc/st_pis_bi_zizka.pdf)

# PŘÍLOHY

A – CD

**Příloha k diplomové práci**

Výrobní modelmix ve svařovně

Marek Henzl

**CD**

## **OBSAH**

1. Text diplomové práce ve formě PDF
2. Vzorová tabulka s průjezdy karoserií přes evidenční body
3. Vzorová tabulka s průjezdy karoserií přes celou svařovnu
4. Vzorová tabulka pro čas strávený karoseriemi na úseku za křižovatkou na Svařené 1
5. Vzorové zpracování dat v MS Power BI