

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Simulace strategií zavážení pracovišť pomocí AGV v Plant Simulation

Autor: **Nikola PINTÍŘOVÁ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Zdeněk ULRYCH, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

## **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 vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	<b>Příjmení</b> Pintířová	<b>Jméno</b> Nikola	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	<b>Příjmení (včetně titulů)</b> Doc. Ing. Ulrych, Ph.D.	<b>Jméno</b> Zdeněk	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Simulace strategií zavážení pracovišť pomocí AGV v Plant Simulation		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2017
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	70	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	64	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	6
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b> <b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Předložená práce je zaměřena na simulace strategií zavážení pomocí AGV a nízkozdvíhových elektrických vozíků v Plant Simulation. V rešeršní části jsou detailně představeny možnosti výběru zavážecích prostředků a také varianty strategií simulací. Ty mohou být rozděleny dle několika hledisek, například dle času, trasy, automatického nebo manuálního vykládání či způsobu sbírání požadavků. Praktická část je poté zaměřena na vytváření různých variant dle požadovaných omezení.</p>
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b> <b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b>	<p>strategie zavážení, AGV, Plant Simulation, simulace</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	<b>Surname</b> Pintířová	<b>Name</b> Nikola	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
<b>SUPERVISOR</b>	<b>Surname (Inclusive of Degrees)</b> Doc. Ing. Ulrych, Ph.D.	<b>Name</b> Zdeněk	
<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>	Simulation of material transport strategies using AGV in Plant Simulation		

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

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

<b>TOTALLY</b>	70	<b>TEXT PART</b>	64	<b>GRAPHICAL PART</b>	6
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b> <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This thesis focuses on different AGV and low lift pallet truck logistic strategies simulations in Plant Simulation software. The research part includes detailed introduction to choice of logistic means of transport and simulation strategies variants. These can be divided by several aspects, for example by time, path, automatic or manual unloading or by the way of collecting material requests. The practical part of this thesis focuses on creation of different simulation variants according to given limits.
<b>KEY WORDS</b>	strategies of material transport, AGV, Plant Simulation, simulation

## Obsah

Přehled použitých zkratk	1
Úvod	2
1. Logistika	3
1.1. Pojem logistika	3
1.2. Subjekty logistiky	4
1.3. Podniková logistika	5
2. Možné strategie zavážení pracovišť	7
2.1. Uspořádání pracovišť	7
2.2. Přímé zavážení pracovišť	10
2.2.1. Manuální zásobování	10
2.2.2. Ručně vedené mechanické vozíky	11
2.2.3. Ručně vedené elektrické vozíky	12
2.2.4. Elektrické vozíky	13
2.2.5. Závěsný dopravník	13
2.2.6. Drony	14
2.3. Nepřímé zavážení pracovišť	14
2.3.1. Tahače (logistické vláčky)	15
2.3.2. AGV	16
2.4. Vyhodnocení	18
2.5. Strategie zavážení dle jízdnicích řádů	21
2.5.1. Pevně stanovený harmonogram	21
2.5.2. Bez pevně stanoveného harmonogramu	21
2.6. Strategie zavážení zaměřená na trasu	22
2.6.1. Pevně stanovená trasa	22
2.6.2. Trasy, které nejsou pevně stanoveny	23
2.7. Strategie zaměřené na nakládání/vykládání materiálu	23
2.7.1. Automatické nakládání/vykládání	23
2.7.2. Manuální nakládání/vykládání	24
2.8. Strategie založené na způsobu sbírání požadavků	24
2.8.1. Kanban	24
2.8.2. Světelná signalizace	25

2.9. Shrnutí kapitoly .....	25
3. Systémy AGV .....	26
4. Simulace .....	28
4.1. Základní pojmy .....	28
4.2. Postup simulace .....	28
4.3. Tecnomatix Plant Simulation .....	30
5. Praktická část .....	31
5.1. Popis pracoviště .....	32
5.2. Základní příkazy použité v simulacích .....	33
6. Varianty simulací .....	38
6.1. Varianta 1 .....	39
6.2. Varianta 2 .....	40
6.3. Varianta 3 .....	41
6.4. Varianta 4 .....	42
6.5. Varianta 5 .....	43
6.6. Varianta 6 .....	44
6.7. Varianta 7 .....	45
6.8. Varianta 8 .....	46
6.9. Varianta 9 .....	47
6.10. Varianta 10 .....	48
6.11. Varianta 11 .....	49
6.12. Varianta 12 .....	50
6.13. Varianta 13 .....	51
7. Porovnání variant .....	52
8. Ekonomické hodnocení variant .....	55
Závěr .....	57
Seznam obrázků .....	58
Seznam tabulek .....	61
Bibliografie .....	62

## Přehled použitých zkratk

AGV	Automatic guided vehicles (automaticky řízené vozíky)
FIFO	First In, First Out
kg	kilogram (jednotka hmotnosti)
km/hod	kilometr za hodinu (jednotka rychlosti)
ks	kus (jednotka množství)
kW	kilowatt (jednotka výkonu)
m/min	metr za minutu (jednotka rychlosti)
m/s	metr za sekundu (jednotka rychlosti)
mm	milimetr (jednotka délky)
N	Newton (jednotka síly)
NZV	nízkozdvižný vozík
sec.	sekunda (jednotka času)
T/T	Tact time
VZV	vysokozdvižný vozík

## Úvod

Simulace jsou v dnešní době nedílnou součástí každého průmyslového podniku, který se snaží na trhu prosadit a udržet. Díky simulacím podnik může získávat konkurenční výhodu, jelikož může používat nástroje, které umožňují simulace materiálových toků, obráběcích strojů a měřicích zařízení, robotů, ergonomické simulace a mnohé další. Simulace představují možnost, jak popsat chování i velmi složitých procesů s uvažováním nahodilých jevů a všech významných vnějších i vnitřních vazeb.

Systémy pro simulace umožňují nejen samotné simulace a 3D zobrazení výrobků, strojů, zařízení a pracovníků, ale také analytické nástroje pro prověření výkonnosti a průchodnosti výrobních linek za dané období. Proto je tento komplexní nástroj vhodným pro všechny typy výrobních podniků a lze díky němu dosáhnout vyváženosti výroby.

S problematikou simulací strategií zavážení pracovišť nezbytně souvisí také problematika zavážecích prostředků a strategií pro zavážení. Proto je rešeršní část této diplomové práce zaměřena především na detailní rozdělení, popis a porovnání zavážecích prostředků. Další kapitoly jsou poté věnovány rozdělení strategií dle jízdnic řádů, zaměřením na trasu, na nakládání/vykládání a na způsob sbírání požadavků.

Cílem této diplomové práce jsou především samotné simulace strategií zavážení pracovišť v Plant Simulation. Praktická část je zaměřena na simulace, které jsou determinovány základními omezeními. Tato omezení jsou pro všechny provedené simulace stejná a mění se strategie, kterými jsou jednotlivé varianty charakteristické. Tím dochází k tomu, že jsou jednotlivé varianty mezi sebou porovnatelné.

V závěru dochází k porovnání variant simulací a jejich ekonomickému zhodnocení. Vítězná varianta je nejlepší jen za daných podmínek a pro konkrétní zásady. Není možno brát tuto variantu jako obecně funkční a optimální pro všechny typy podniků a výroby. Vždy je nutno zadat parametry přímo na míru společnosti.



# 1. Logistika

Cílem této diplomové práce je ucelený přehled různých strategií zavážení pracovišť a jejich následná počítačová simulace. Samotné zavážení pracovišť je odvozené od vnitropodnikové logistiky, a tak je zde jako první bod rozebrána právě logistika a její význam.

## 1.1. Pojem logistika

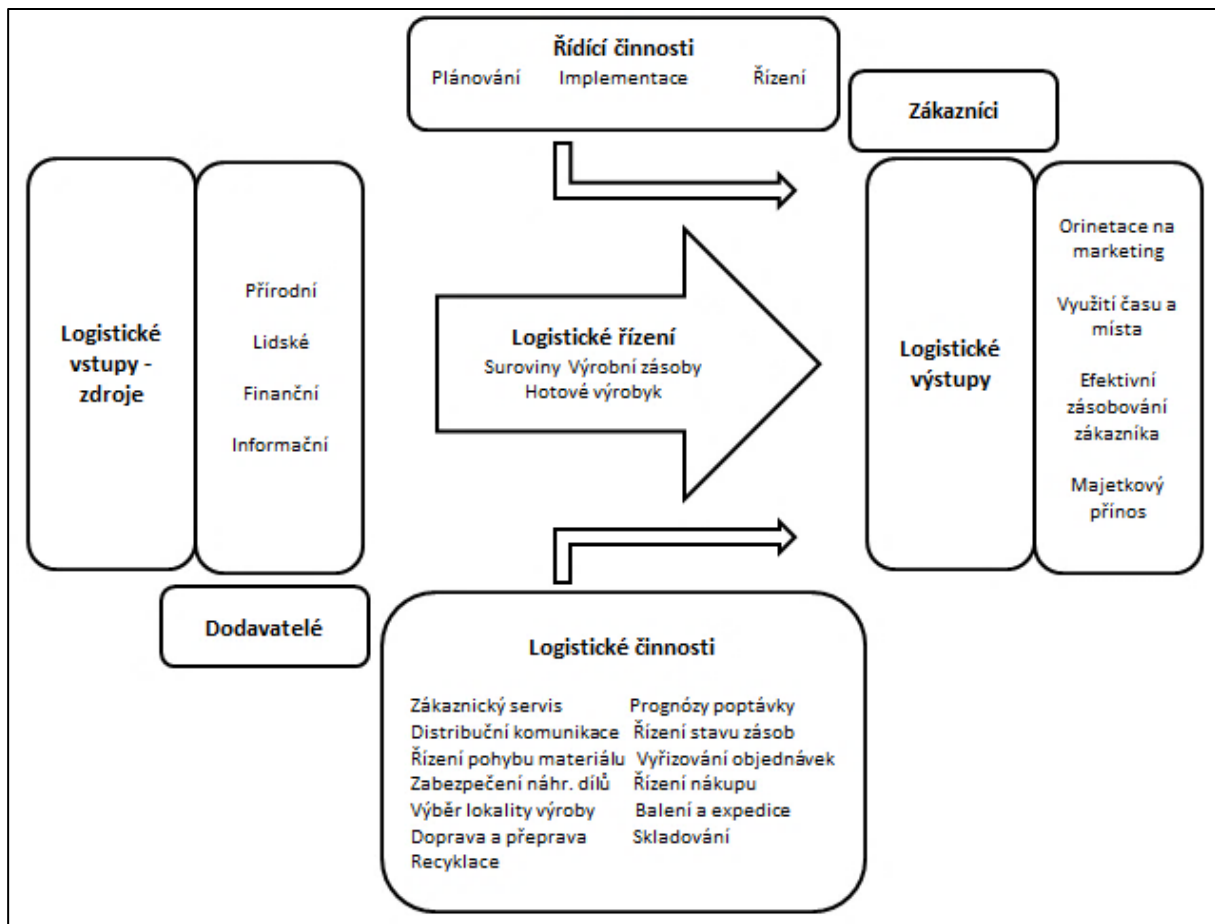
V dnešní době je pojem logistika velice rozšířený a známý, dalo by se říci také moderní. Jeho obsah dokáže více či méně přesně definovat i laik.

Logistika jako druh činnosti je však tisíce let stará. První využití logistiky je spojováno s vojenskými akcemi. Je známo, že byzantský císař Leontos VI. mezi roky 886 – 911 vyhlásil, že nejdůležitější je „mužstvo zaplatit, příslušně vyzbrojit a vybavit ochranou i municí, včas a důsledně se postarat o jeho potřeby a každou akci v polním tažení příslušně připravit“. Tímto jako první zformuloval základní principy vojenské logistiky. Větší a nepřetržitá pozornost se logistice začíná věnovat po druhé světové válce, jelikož efektivnímu řešení logistických situací lze přisuzovat velký podíl na vítězství spojeneckých vojsk. [1] [2]

První celistvé texty o logistice se začínají objevovat na počátku 60. let. V této době také přichází významný autor, obchodní expert a konzultant Peter Drucker s myšlenkou, že logistika je jednou z posledních možností a řešení, kde mohou podniky zvýšit svoji efektivnost. Díky tomuto došlo k výraznému nárůstu zájmu o logistiku v podnikové sféře. [1] [2]

Jak se logistika vyvíjela, existuje od jejího počátku řada definic. Níže je uvedeno pár příkladů:

- „*Logistika je integrovaným plánováním, formováním, prováděním a kontrolováním hmotných a s nimi spojených informačních toků od dodavatele do podniku, uvnitř podniku a od podniku k odběrateli.*“ [3]
- „*Logistika – vědecká nauka o plánování, řízení a kontrolování toků materiálů, osob, energií a informací v systémech a klade ji vedle jiných oborů kybernetiky, jako je operační analýza nebo systémové inženýrství.*“ [4]
- „*Logistika představuje strategické řízení funkčnosti, účinnosti a efektivity hmotného toku surovin, polotovarů a zboží s cílem dodržet časové, místní, kvalitativní a hodnotové prameny požadované zákazníkem. Jeho nedílnou součástí je informační tok propojující vzájemně logistické články od poskytování produktů zákazníkům (zboží, služby, přeprava, dodávky) až po získávání zdrojů.*“ [5]
- „*Logistika je disciplína, která se zabývá celkovou optimalizací, koordinací a synchronizací všech aktivit v rámci samoorganizujících se systémů, jejichž zřetězení je nezbytné k pružnému a hospodárnému dosažení daného konečného (synergického) efektu.*“ [1]



Obrázek 1- 1: Logistické řízení, vychází z [2], 2016

## 1.2. Subjekty logistiky

Subjekty logistiky nazýváme ty, kteří se přímo či nepřímo podílejí na uspokojování logistických potřeb.

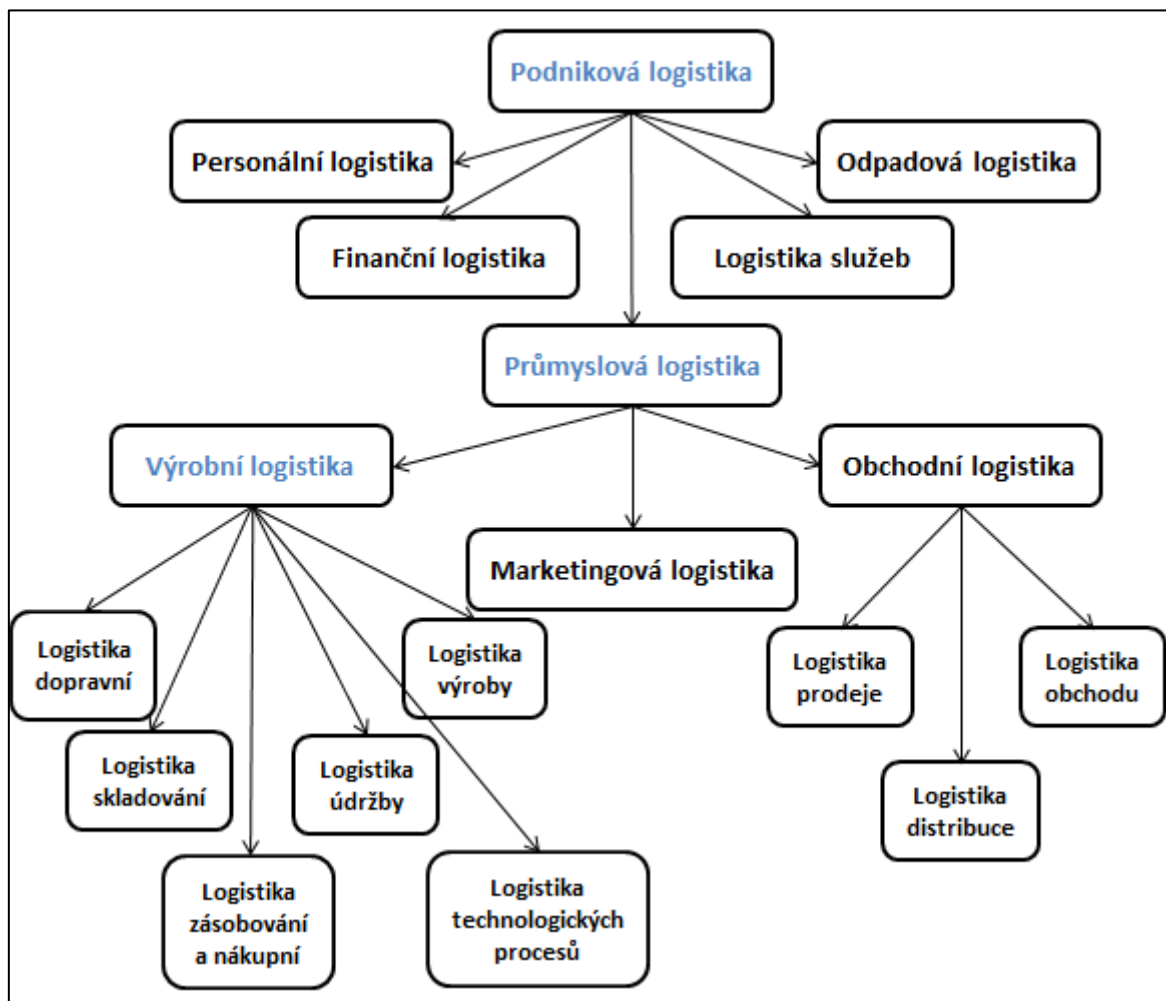
„Subjekty logistiky lze definovat jako tvůrce logistické strategie a účastníky procesních logistických řetězců včetně poskytovatelů logistických služeb, spolu s poradenskými a projektovými firmami a s dodavateli aktivních a pasivních prvků a jejich systémů pro logistické řetězce., [1]

Tyto subjekty můžeme dělit do mnoha kategorií. Mohou jimi být [1]:

- výrobci hmotného zboží, poskytovatelé služeb
- distributoři
- obchodní společnosti
- zasílatelé, dopravci, operátoři, poskytovatelé kurýrních, expresních a balíkových služeb
- dodavatelé technických prostředků a zařízení, technologií a systémů pro logistiku (obalových prostředků, balicích strojů, prostředků pro manipulaci, informačních a řídicích systémů, komplexních logistických technologií)
- orgány státní správy
- výzkumné a vývojové organizace
- poradenské, inženýrské a projektové organizace
- vzdělávací a školicí organizace

### 1.3. Podniková logistika

Podniková logistika se v dnešní době stává klíčovým faktorem pro vylepšení konkurenční pozice na trhu a zlepšení profitability.



V hospodářské oblasti je nejčastějším předmětem logistiky zboží, a to zboží ve všech jeho formách. Tedy ať již jako surovina, materiál, polotovary, komponenty, nedokončený výrobek, hotový výrobek, nebo jako výrobek ve své konečné podobě včetně komplementárních služeb. [6]

Podniková logistika je pro účely této práce chápána jako logistická praxe spojená s podnikem, především průmyslovým. Podniková logistika vede k chápání podniku jako celku. „Zabývá se navzájem souvisejícími problémy, zahrnující nejen problémy fyzického toku materiálu a informací, nebo peněžních prostředků, ale také problémy konstrukce výrobků ve vztazích k rozsahu technologických a netechnických operací ve výrobě, ve vztazích k potřebě náhradních dílů a servisních služeb včetně distribuce těchto dílů a ve vztazích k potřebě kapacit poskytujících služby.“ [6]

Logistika ve výrobním podniku dále bere na zřetel problémy spojené s jakostí výrobku ve spojitosti s odstraňováním vad při výrobě dílů, montáži a reklamaci. Trendem dnešní doby je zajisté také ekologické hledisko, které souvisí s balením, které je nezbytné pro manipulační

a ochrannou funkci. Další spojitost lze pozorovat také s minimalizací odpadového materiálu a recyklací. [6]

Výrobní podnik lze definovat jako systém, jehož úkolem je tvorba nových materiálních hodnot. Proces tvorby vyžaduje vklad stávajících materiálních hodnot a lidského potenciálu. Pro úspěšný proces tvorby hodnot je důležitá rovnováha uspokojování zájmů tří subjektů. Těmito subjekty jsou investor, výrobní podnik a zákazník podniku. [6] [7]

S ohledem na současné podmínky je hlavním cílem podniků vytvářet zisk, tedy zhodnocovat vložený kapitál. Takzvané podcíle si samozřejmě stanovuje každý podnik jiné, dle svého know-how, možností a podnikové politiky. Hlavní cíl však vždy zůstává stejný. Každý, ať již výrobní nebo nevýrobní podnik, má snahu dosahovat zisku, a to co nejvyššího. Společným rysem dlouhodobých podcílů pak může být tvorba a dodávka zboží s požadovanou kvalitou a v požadovaném čase tak, aby uspokojily potřeby zákazníků. Dále pak snaha trvale snižovat vázaný kapitál ve společnosti.

S ohledem na výše zmíněné je úlohou podnikové logistiky nacházet a realizovat taková řešení, která povedou ke zkracování dodacích lhůt. Tím je dosaženo zvýšení dodavatelské flexibility výrobního podniku. Jestliže je v potaz brána vázanost na kapitál, realizují se taková řešení, která snižují hodnotu zásob, a to jak zásob hotových výrobků nebo nedokončené výroby, tak materiálu.

Mezi logistické činnosti výrobního podniku můžeme řadit: příjem materiálu do skladu, vychystávání materiálu ze skladu, přeprava materiálu nebo nedokončených dílů a výrobků mezi pracovišti, na kterých probíhá zpracování dílů a výrobků, čekání dílů před zpracováním na následujícím pracovišti, naskladnění, skladování a vyskladnění dílů v meziskladu, kontrola kvality, označování výrobků, balení před expedicí, skladování hotových výrobků, doprava hotových výrobků k zákazníkovi. [6] [5]

Převážná část výrobního procesu, již od vstupu materiálu do podniku po výstup hotových výrobků, je tvořena logistickým procesem. Většina času je spotřebována přemísťováním nebo čekáním. Z tohoto hlediska je logistika pro podnik zcela zásadní. Podle Tompkinse oblast přepravy, skladování a manipulace zaměstnává až 25 % pracovníků, zabere 55 % ploch a tvoří až 87 % z času, po který zůstává materiál v podniku. Tyto činnosti tvoří někdy 15 až 70 % z celkových nákladů na výrobek a značně ovlivňují i kvalitu výrobků (3 až 5 % materiálu se znehodnocuje nesprávnou dopravou, manipulací a skladováním). Zkrácení času trvání logistických procesů nejenže zvyšuje zisk podniku, ale také posiluje jeho pozici na trhu. [8]

## 2. Možné strategie zavážení pracovišť

Touto a dalšími navazujícími kapitolami je tvořena hlavní část rešerše diplomové práce. Předchozí kapitola měla za úkol především uvedení do celé problematiky. Je zde zmíněna pro ucelený obraz o složitosti a celistvosti celého tématu práce.

Metod zásobování pracovišť je velké množství. Každá společnost si dnes může vybrat, jak zavázat svá jednotlivá pracoviště tak, aby byla co nejefektivnější a zároveň nejméně nákladná.

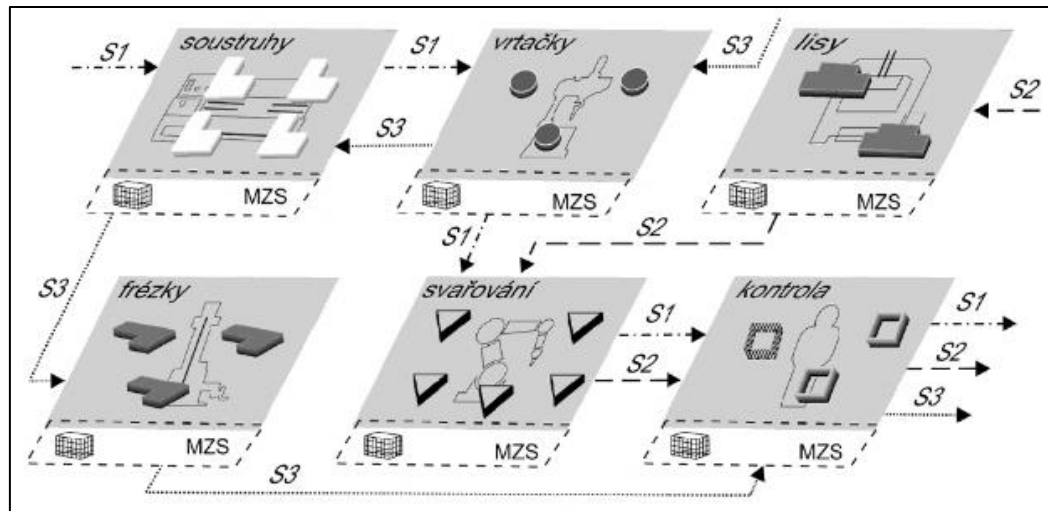
Základní rozdělení systému zásobování pracovišť je na přímé a nepřímé. Rozhodnutí, zda využít systému přímého nebo nepřímého zavážení pracovišť, je dáno především délkou trasy a intenzitou materiálových toků. Jestliže je vzdálenost krátká a intenzita vysoká, z logiky věci vyplývá, že ideálním řešením je přímé zavážení. Naopak, pokud je trasa dlouhá a intenzita materiálových toků nízká, je lepším rozhodnutím použití nepřímého systému zavážení. Přepravené náklady se tímto způsobem rozmělní do většího množství materiálů. [9]

### 2.1. Uspořádání pracovišť

Aby bylo možné pracoviště správně zavázat, záleží mimo jiné na jeho uspořádání. To, jakým způsobem bude pracoviště uspořádáno a jak dlouho bude trvat hledání vyhovující finální podoby, je ovlivněno zejména třemi faktory, kterými jsou neznalost, nejistota a nepředvídatelnost.

V souvislosti s prostorovým a organizačním uspořádáním je nutno řešit dvě vzájemně související a ovlivňující se hlediska řízení. Prvním hlediskem jsou materiálové toky, přičemž rozhodujícími kritérii pro jejich uspořádání jsou rychlost, vzdálenost a plynulost přepravy. Druhým hlediskem je uspořádání pracovišť, které může být s pevnou pozicí výrobku, dále technologické uspořádání, buňkové uspořádání nebo předmětné uspořádání. [2] [10] [11]

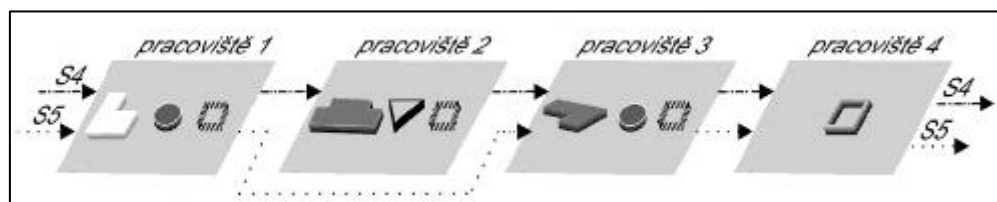
- **Uspořádání pracoviště s pevnou pozicí výrobku (fixed position)**
  - Transformující výrobní zdroje (zařízení, pracovníci) jsou dle potřeby přesouvány do místa výroby. Transformované výrobní zdroje (materiál, rozpracovaný výrobek) se během zpracování nepohybují. [10] [11]
- **Technologické uspořádání pracoviště (proces layout)**
  - V tomto případě se vytvářejí skupiny podobných pracovišť (například strojů) a tato pracoviště nejsou řazena s ohledem na technologický postup. Rozpracované výrobky se zde dle potřeby přesouvají mezi pracovišti.
  - Schematicky je toto uspořádání zobrazeno na obrázku (Obrázek2- 1: Technologické uspořádání [10], 2016). Ze schématu lze rozpoznat nevýhody technologického uspořádání. Tok výrobků je komplikovaný mezi individuálními pracovišti, jednotlivé výrobky se mohou střetávat a vytvářet tak u pracovišť fronty.
  - Technologicky uspořádaná výroba je proto vhodná pro velký počet různých výrobků v menších objemech a pro customizovanou výrobu. [10] [11]



Obrázek2- 1: Technologické uspořádání [10], 2016

- **Předmětné uspořádání pracovišť (flow – shop)**

- Pracoviště jsou uspořádána dle technologického postupu. Jedná se o uzpůsobení, kde mezioperační příprava výrobků je minimální a co nejvíce plynulá.
- Předmětově uspořádaná výroba vyžaduje menší okruh výrobků v porovnání s technologickým uspořádáním, vyráběný však ve větších objemech. Customizace je zde velmi omezená. [10] [11]



Obrázek2- 2: Předmětné uspořádání [10], 2016

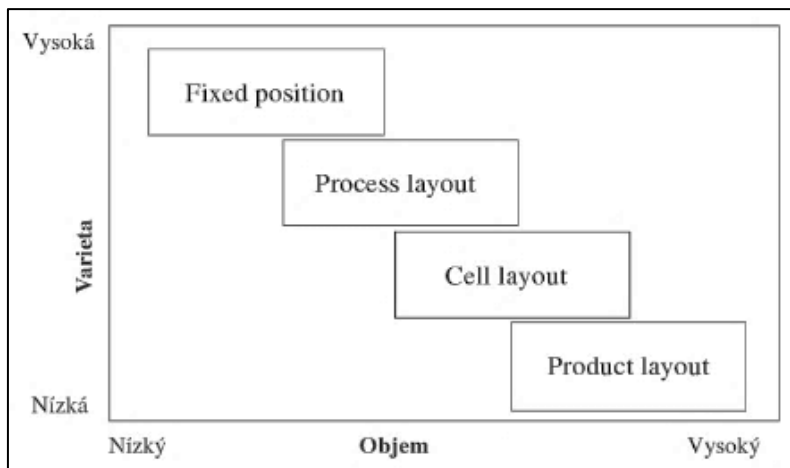
- **Buňkové uspořádání pracovišť (cell layout)**

- Je kombinací technologického a předmětného uspořádání. Každá výrobní buňka znázorňuje pracoviště stanovené pro výrobu určitého typu technologicky obdobných výrobků. Jednotlivé buňky jsou vybaveny různými zařízeními, která jsou nutná pro výrobu předem dané skupiny výrobků. Výroba je v rámci každé buňky optimalizovaná. Z tohoto hlediska kopíruje buňkové uspořádání předmětné.
- V rámci jedné buňky lze snadno měnit pořadí provádění operací a tok materiálů. V tom je zásadní rozdíl oproti předmětnému uspořádání. Pracovníci, kteří v jednotlivých buňkách pracují, mají znalosti a schopnosti pracovat se všemi modifikacemi těchto zařízení. Proto je buňkové uspořádání flexibilnější při změnách.
- Mezi výhodami lze zařadit především lepší podmínky pro pracovníky, na rozdíl od předmětného uspořádání je jejich práce rozmanitější a pracovníci v rámci buňky zodpovídají za kompaktní část výrobního procesu. [10] [11]

Všechny typy uspořádání pracovišť mají samozřejmě jak své výhody, tak nevýhody. Mezi hlavní výhody pracoviště s pevnou pozicí výrobku patří velmi vysoká výrobková flexibilita a minimální, resp. žádná manipulace s výrobkem. Jako nevýhody lze uvést vysoké jednotkové náklady a obtížné plánování operací. U technologického uspořádání pracovišť lze za výhody považovat opět vysokou výrobkovou přizpůsobivost a také snadnou kontrolu výroby.

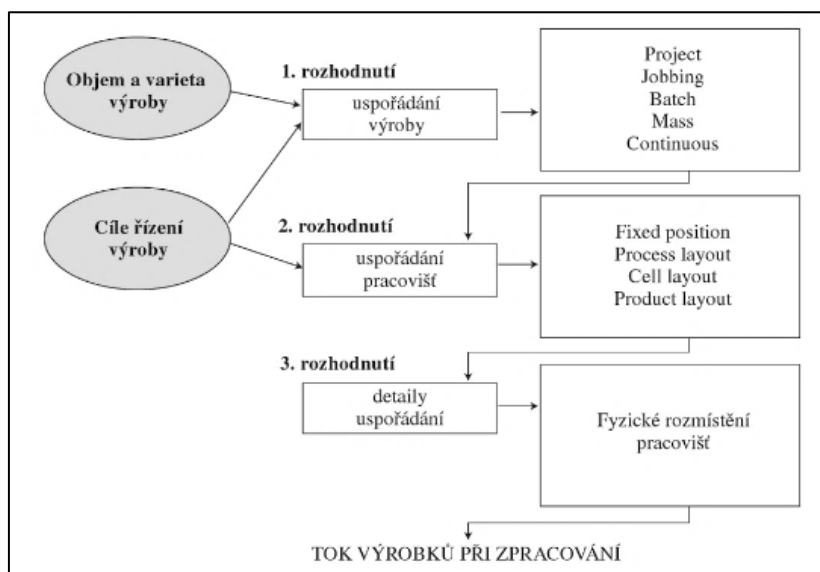
Nevýhodami jsou komplikované toky materiálu. Co se týče předmětného uspořádání, jeho výhody jsou v nízkých jednotkových nákladech, specializaci zařízení a personálu a vysoké produktivitě. Mezi nevýhody patří velmi nízká pružnost, malá odolnost proti poruchám a málo rozmanitý charakter práce. Poslední, buňkové uspořádání pracoviště, má své výhody v rychlém průchodu a dobrých podmínkách pro pracovníky. Nevýhody jsou znatelné při změnách, které mohou být velmi nákladné a také je zde potřeba většího prostoru. [5] [11]

Při rozhodování o uspořádání pracovišť je nutno vzít do úvahy faktory objemu výroby a variantnost výrobků z hlediska požadavků zákazníka. To je znázorněno na obrázku (Obrázek2- 3: Souvislosti uspořádání pracovišť, variety výrobků a objemu výroby [13], 2016).



Obrázek2- 3: Souvislosti uspořádání pracovišť, variety výrobků a objemu výroby [13], 2016

Při rozhodování o uspořádání pracovišť je třeba brát ohled také na uspořádání výroby. Tyto dvě složky by měly být propojeny tak, jak vyjadřuje následující obrázek (Obrázek2- 4: Souvislosti rozhodování o uspořádání výroby a pracovišť [13], 2016). V případě rozhodování o uspořádání pracovišť by se mělo vycházet především z výsledku rozhodnutí o uspořádání výroby. Nutné je taktéž zohlednění cílů řízení výroby. Detaily rozhodování o fyzickém rozmístění pracovišť jsou pak ovlivňovány výsledky obou předchozích rozhodnutí. [2] [11]



Obrázek2- 4: Souvislosti rozhodování o uspořádání výroby a pracovišť [13], 2016

## 2.2. Přímé zavážení pracovišť

Ve strategii přímého zavážení dochází k zásobování pracoviště materiálem přímo z původního místa na místo určení. Vždy je zde snaha o co nejkratší trasu. Příkladem může být zavážení palet/kontejnerů vysokozdvihným/paletovým vozíkem. Možnosti přímého způsobu zavážení jsou popsány níže. [9]

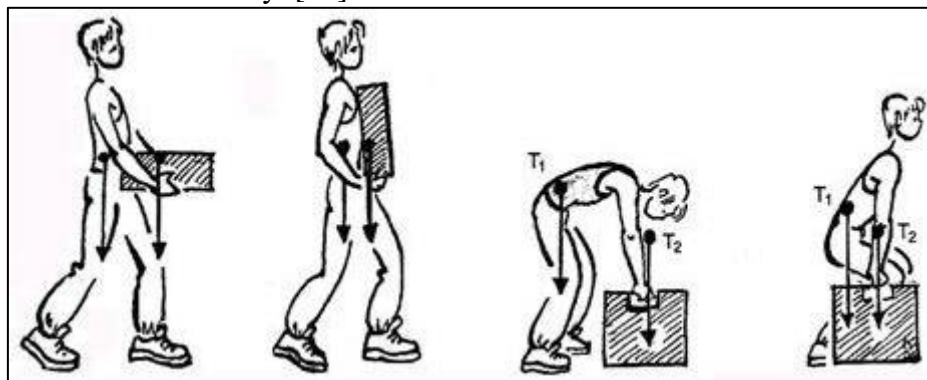
Donedávna byly ve většině průmyslových závodů základem vnitropodnikových logistických systémů paletové nebo vysokozdvihné vozíky. Zásady takového zásobování spočívaly v rozvozu a odvozu materiálu v době, kdy je na to upozornil operátor z daného pracoviště.

Tento druh vnitropodnikové logistiky měl však značné nevýhody pro fungování podniku. Především se jednalo o vytíženost vozíků, která se pohybovala okolo 60% z celkového času výroby. To mělo většinou za následek nedostatek vozíků, čímž bylo způsobováno zdržení v rámci výroby. Pro tuto situaci však není řešením počet vozíků navýšit, jelikož poté vzniká problém opačný, kdy je nadbytek vozíků a kapacita je naprosto nevyužita. Dalším problémem, který musel být brán v potaz, byla prostorová omezení, která byla limitující pro pohyb zejména vysokozdvihných vozíků. Obtíže také způsobovala skutečnost, že v mnoha případech nebylo možné přepravovat různé druhy materiálu, stále existovalo vysoké riziko nehody, bylo realizováno mnoho prázdných jízd a součástí byly také vysoké náklady na investice a údržbu. [12]

Jestliže se jedná o možnosti přímého zavážení pracovišť, je nutno představit prostředky, kterými se zavážení uskutečňuje. Může se jednat jak o lidskou pracovní sílu, ručně řízené vozíky, elektrické vozíky, tak o automatické zavážení. Každá z těchto možností má zajisté své výhody i nevýhody, které budou více rozebrány právě v této kapitole.

### 2.2.1. Manuální zásobování

První z posuzovaných druhů zásobování pracovišť je lidská síla. Tento způsob lze považovat za nejstarší, ale také za nejméně efektivní. To lze usuzovat již z průměrné rychlosti chůze (5 km/hod), která se samozřejmě se zvyšující se zátěží snižuje. Samotná váha břemene je taktéž limitována, a to hygienickými limity pro manipulaci s břemenem. Pro muže je limit pro ruční manipulaci stanoven na 50 kg při občasném zvedání a přenášení a na 30 kg při častém zvedání a přenášení. Pro práci vsedě je hygienicky přípustný limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene mužem 5 kg. Pro ženy je tento limit samozřejmě ještě nižší. Pro občasné přenášení a zvedání je to 20 kg, při častém zvedání a přenášení 15 kg. Pro práci vsedě je přípustný limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene ženou 3 kg. Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně je 10 000 kg u muže a 6 500 kg u ženy. Zřetel musí být brán také na délku obsluhované trasy. [13]



Obrázek2- 5: Pravidlo vertikální roviny při přemístování břemene [16], 2016



### 2.2.2. Ručně vedené mechanické vozíky

Ruční mechanické vozíky lze dělit do dvou kategorií: paletové vozíky a ruční vysokozdvížné vozíky. Ručně vedené vysokozdvížné vozíky a paletové vozíky jsou základem každého skladu. Lze je použít nejen pro skladování, ale také pro manipulaci při zavážení pracovišť. Ručně vedené vozíky jsou vhodné pro občasnou manipulaci, pro kterou se nevyplatí pořizovat dražší motorové vozíky. Tyto vozíky jsou vhodné také pro pracoviště, kde jsou požadovány malé rozměry a malé nároky na manipulační prostor. Výhodou mechanických vozíků je nízká pořizovací cena a téměř nulové provozní náklady. Tyto vozíky jsou určeny především pro manipulaci na zpevněných a rovných plochách uvnitř hal. [14]

Přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly, při manipulaci s břemenem prostřednictvím jednoduchého bezmotorového nástroje, je pro muže: tlačné 310 N a tažné 280 N, pro ženy: tlačné 250 N a tažné 220 N. [13]

Ruční paletové vozíky jsou ergonomickým východiskem pro přemísťování lehčích nákladů na krátké vzdálenosti. Vidlice paletových mechanických vozíků mohou mít různou délku dle potřeby. Jejich rozměry se pohybují mezi 800 mm a 1150 mm. Nosnost těchto vozíků se udává v rozsahu od 1 500 kg až do 3 000 kg. [14]

Ruční vysokozdvížné vozíky jsou s manuálním pojezdem i manuálním zdvihem. V prostoru se pohybují tlačáním nebo tažením. Nosnost je od 500 do 2000 kg. Výška zdvihu se pohybuje od 800 mm až do 3 000 mm. Některé druhy vysokozdvížných ručních vozíků mohou mít naklápěcí vidlice se sklonem +/- 20°. K dispozici jsou také vysokozdvížné ručně vedené vozíky pro manipulaci se sudy, které umožňují i otáčení. [15]



Obrázek2- 6: Ruční paletový vozík [17], 2016



Obrázek2- 7: Ruční mechanický vysokozdvížný vozík [18], 2016

Pro občasně zavážení lze používat také ruční přepravní vozíky (Obrázek2- 8: Ruční přepravní vozík [19], 2016). Ty však většinou neumožňují žádný druh jištění, jen jsou upraveny protiskluzovou vrstvou na nakládací ploše. Materiál tedy nesmí být rozměrný a nosnost těchto vozíků je okolo 300 kg. Také z ergonomického hlediska jsou nevyhovující. Výška rukojeti je pevně dána a nelze ji nijak nastavovat, jízdní vlastnosti také nejsou pro častou manipulaci dostačující. [16]



Obrázek2- 8: Ruční přepravní vozík [19], 2016

### 2.2.3. Ručně vedené elektrické vozíky

Stejně tak, jako v předchozí podkapitole, jsou i zde dva druhy vozíků. Těmi jsou ručně vedené vysokozdvizné vozíky a ručně vedené nízkozdvizné vozíky (Obrázek2- 9: Ručně vedený nízkozdvizný vozík [20], 2016

Obrázek2- 10: Ručně vedený vysokozdvizný vozík [20], 2016). Vozíky opět umožňují manipulaci na malém prostoru a jejich pořizovací a provozní náklady nejsou nikterak vysoké. Vozíky umožňují manipulaci i s nestandardním materiálem, jako například dvojitý zdvih pro přepravu dvou palet najednou, rozšířené nosné nohy umožňující přepravu atypických břemen či vážící systém s tiskárnou. [17]

Ručně vedené nízkozdvizné vozíky mají elektrický pojezd i zdvih. Výška zdvihu se pohybuje kolem 200 mm, nosnost mezi 1 500 až 3 000 kg. Díky dlouhé řídicí oji je vozík v dostatečné vzdálenosti od obsluhy a nehrozí zranění. [17]

Ručně vedené vysokozdvizné vozíky s elektrickým pohonem mohou zahrnovat systém hlídající u vozíku s plošinou rychlost při projetí zatáček tak, aby nedošlo k jeho převrácení. Také je možnost pořízení vozíku se systémem zabraňujícím zpětnému ujetí vozíku při stoupání. Výška zdvihu je 1540 - 5 800 mm, nosnost 1 000 - 2 000 kg. [17]

Z těchto hledisek jsou elektrické vozíky výrazně bezpečnější než vozíky ruční. Také z pohledu rychlosti přemístění, tedy zavážení, je použití elektrických vozíků výhodnější.



Obrázek2- 9: Ručně vedený nízkozdvizný vozík [20], 2016



Obrázek2- 10: Ručně vedený vysokozdvizný vozík [20], 2016

#### 2.2.4. Elektrické vozíky

Elektrické vozíky, stejně tak jako elektrické ručně vedené, jsou vybavené elektrickým pojezdem i elektrickým zdvihem. Jsou určeny buď pro stojící obsluhu, nebo pro sedícího řidiče. Vozíky tak mají velmi široké uplatnění. Opět se zde uplatňuje stejné rozdělení jako v předchozích případech, tedy na elektrické nízkozdvížné vozíky (NZV) a elektrické vysokozdvížné vozíky (VZV).

Elektrické nízkozdvížné vozíky umožňují jak řízení ve stoje, tak vsedě. Díky ochranné kabině tak nabízejí maximální bezpečí řidiče. Nastavitelný volant, sedadlo a pedály umožňují flexibilitu a přizpůsobení každému řidiči. Nosnost těchto vozíků je do 3 300 kg. [14]

Čelní elektrické vysokozdvížné vozíky se vyznačují ohleduplností k životnímu prostředí. Díky výkonné trakční baterii s vysokou akumulací mají dostatek energie pro osmihodinovou směnu. Kabina řidiče zajišťuje pohodlí i bezpečnost při převážení materiálu. Nosnost je do 8 500 kg, zdvih do 8 670 mm. [18]



Obrázek2- 11: Nízkozdvížný elektrický vozík [17], 2016



Obrázek2- 12: Vysokozdvížný elektrický vozík [21], 2016

#### 2.2.5. Závěsný dopravník

Pro specifický druh výroby lze v některých podnicích pro zavážení využívat také závěsné dopravníky (Obrázek2- 13: Závěsný dopravník [23], 2016). Jsou určeny především pro spojitou přepravu kusového materiálu a to v malých pravidelných dávkách, případně sypkých hmot umístěných v přepravních nádobách. [19]

Rychlost dopravníku nemusí být vždy konstantní, toho lze využít především u technologických dopravníků. Hmotnost přepravovaného materiálu je až 2 500 kg, maximální stoupání až 60 stupňů. Výhodou je jednoduchá údržba a vysoký stupeň flexibility, kdy lze dopravník jednoduše rozšířit. [20]



Obrázek2- 13: Závěsný dopravník [23], 2016

### 2.2.6. Drony

V dnešní době je využití dronů k přepravě na vzestupu. Mnoho různých společností z rozdílných oborů testuje využití dronů právě pro přepravu. Bezpilotní létající stroje testuje například Google, Amazon nebo DHL. Všechny tyto testovací pokusy jsou však prováděny mimo výrobní zařízení. Jsou zamýšleny především pro venkovní přepravu. Pro přepravu uvnitř budov jsou prozatím drony nevyhovující především z bezpečnostního hlediska. Pro vnitropodnikovou logistiku jsou testovány v České republice automobilkou Škoda, která má v úmyslu využití dronů pro vykonávání inventur. V následující fázi by poté ráda přešla také na využití ve vnitropodnikové logistice.

První drony jsou v reálném provozu využívány pro přepravu krve (Obrázek2- 14: Využití dronu [24], 2016). Bezpilotní letouny jsou používány ve Rwandě, kde jsou primárně určeny pro přepravu zásilek krevní transfuze. Konkrétně tyto drony mají dolet 150 kilometrů a přepraví zásilku o hmotnosti až 1,5 kg. Denně se uskuteční 50 až 150 letů do jednadvaceti transfuzních stanic, doba objednávky je přibližně 30 minut. Pokud některá z klinik potřebuje krev, požádá o ni lékař pomocí sms zprávy. Při přiletu je pak pracovník kliniky upozorněn opět sms zprávou, že zásilka bude na místě za 2 minuty. [21]



Obrázek2- 14: Využití dronu [24], 2016

### 2.3. Nepřímé zavážení pracovišť

Efektivní strategie zásobování pracovišť jsou zaměřeny převážně na nepřímé zavážení pomocí tahačů. A to jak na logistické vláčky s obsluhou, tak automaticky řízené vozíky.

Nepřímé zavážení, které bude rozebráno níže, spočívá v zásobování více pracovišť zároveň při použití stejného zařízení po předem stanovené trajektorii s více zastávkami. Jako příklad lze uvést tahač s vozíky s různým druhem materiálu, viz obrázek (Obrázek2- 15: Kompaktní tahač se stojícím řidičem [17], 2016).



Obrázek2- 15: Kompaktní tahač se stojícím řidičem [17], 2016

### 2.3.1. Tahače (logistické vláčky)

Tento způsob zásobování je hojně používán především pro zavážení různých druhů materiálů, které jsou rozděleny do více tažených vozíků, nebo se jedná o předmontované díly, které jsou zaváženy do výroby. Tahače nabízejí vysokou bezpečnost a efektivitu přepravy a vychystávání. Umožňují tažení jak paletizovaných, tak nepaletizovaných nákladů, jsou komfortní pro své vlastnosti v oblasti přepravní vzdálenosti, hmotnosti nákladu či intenzitu provozu. Tažené vozíky mohou být různých rozměrů a mohou se libovolně rozpojovat (Obrázek2- 17: Kompaktní tahač se stojícím řidičem [17], 2016). Cílem nasazení logistických vláček bývá především snížení skladovacích zásob, provozních nákladů, zvýšení bezpečnosti provozu, ale také úspora času. Umožňují zásobování s okamžitou potřebou. Do výroby lze díky taženým soupravám dovézt více materiálu s menším počtem vozíků, a tedy i řidičů. Tímto se snižují jak náklady na pořízení, tak provozní náklady. Se snížením počtu interních přeprav dále souvisí snížení rizika nehody, s čímž jsou spojeny případné náklady na nečekané opravy. Oproti zavážení vysokozdvíhými vozíky lze za nespornou výhodu uvést také zúžení uliček, které pro přepravu taženými vozíky mohou být užší až o 1 000 mm. [22]

Tažené soupravy navíc mohou být přizpůsobeny přímo na míru zadavatele objednávky. Tahače jsou poskytovány v úpravách jak pro stojícího, tak také pro sedícího řidiče. Jednotlivá přípojná zařízení pak mohou být zcela customizovaná na základě přání zákazníka (Obrázek2- 18: Vlečné vozíky [26], 2016). Důležitá je přesná specifikace nasazení tažené soupravy, četnost zastavování, délka a šířka transportních tras a poloměry nejostřejších zatáček.

Firmy se snaží co nejvíce využívat místo ve skladech a výrobních zařízeních. Uličky jsou proto čím dál užší, čímž se také zvyšuje bezpečnostní riziko, obzvláště v souvislosti s několika taženými soupravami. Vozíky, které nesledují přesně stopu taženého vozidla, představují při projíždění úzkými zatáčkami zvýšené riziko nehod. Proto již dnes existují vozíky se speciálním podvozkem (Obrázek2- 16: Porovnání držení stopy u pevné a řízené nápravy [26], 2016). Vozíky jsou vybaveny říditelnou nápravou, což znamená, že jsou obě nápravy pohyblivé a nastavují se radiálně podle poloměru zatáčky. Tím je zaručena vysoká směrová stabilita. Pro ruční manipulaci pak lze využít oj na tažném vozidle, která se při odpojení automaticky vyklopí nahoru. Tímto se přepnou nápravy na systém dvou otočných koleček vpředu a dvou pevných vzadu. [23]



Obrázek2- 16: Porovnání držení stopy u pevné a řízené nápravy [26], 2016



Obrázek2- 17: Kompaktní tahač se stojícím řidičem [17], 2016



Obrázek2- 18: Vlečné vozíky [26], 2016

### 2.3.2. AGV

AGV (Automatic guided vehicle) neboli vozíky s automatickým naváděním budou podrobně popsány v kapitole 3. Nyní jsou zde uvedeny pro ucelený obraz možností zavážení materiálu na výrobní linky. Pro koncept celé diplomové práce jsou však mnohem důležitější a proto je jim věnována samostatná kapitola.

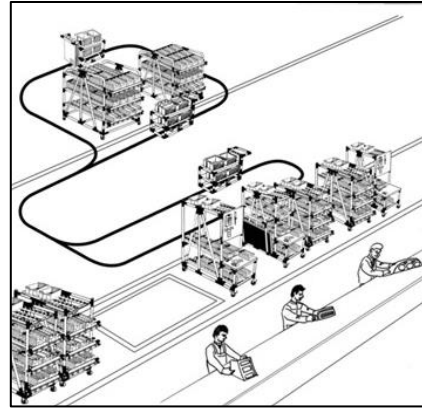
AGV jsou vozidla navržena pro manipulaci se zbožím i výrobky uvnitř výrobního závodu, která vzájemně propojují různé stroje uvnitř skladového prostoru a umožňují šetřit čas, energii a prostor v rámci logistiky podniku (Obrázek2- 21: Systém AGV s nákladem [28], 2016). [24]

Vozíky se pohybují samostatně, automaticky, bez potřeby zásahu operátora a pevných stavebních modifikací na podlaze (Obrázek2- 19: Automatická nakládka a odjezd AGV [27], 2016 Obrázek2- 20: Naznačení cest pro AGV [27], 2016). AGV mohou dosahovat rychlosti až 50 m/min, kapacita nákladu je až 1 700 kg.

Mezi jejich bezesporu největší výhody patří možnost pracovat 24 hodin denně, 7 dní v týdnu, prakticky bez lidského zásahu. Provozní náklady a náklady na údržbu jsou velice nízké, existuje zde vynikající poměr kvalita/cena. Z bezpečnostního hlediska zde nehrozí poškození zboží, strojního zařízení ani pevných konstrukcí. AGV obsahují systém řízení provozu, který zabraňuje kolizím. Systémy jsou plně kompatibilní s robotizovanými stanicemi, skladovacími stroji, nakládacími/vykládacími válečkovými tratěmi pro materiál, i automatickými sklady. [24]



Obrázek2- 19: Automatická nakládka a odjezd AGV [27], 2016



Obrázek2- 20: Naznačení cest pro AGV [27], 2016



Obrázek2- 21: Systém AGV s nákladem [28], 2016

Dle Maynard's industrial engineering handbook lze **nepřímý způsob zavážení pracovišť** dále dělit do 3 kategorií. [9]

- **Picking oddělený od přepravy**
- **Picking kombinovaný s přepravou**
- **Přeprava oddělená od doplňování**

**Picking oddělený od přepravy** – v systému jsou minimálně 2 operátoři, kteří jsou na sobě vzájemně závislí. Jeden z nich vychystává další nakládku, přičemž druhý z nich je na cestě s nakládkou předešlou. Příprava by měla být vždy rychlejší než přeprava, v ideálním případě by měl být jeden operátor schopen obsloužit více dopravních cest. [9]

**Picking kombinovaný s přepravou** – v tomto případě je využito jen jednoho operátora. Ten má na starosti jak vychystání nakládky, tak samotnou přepravu na vymezené místo na lince. Jelikož interval zavážení je delší než u předchozího způsobu, je vhodné, aby na výrobní lince byla zajištěna určitá výše zásoby. Operátor by měl být pracovníčně přiřazen pod zaváženou linku, ne k místu vychystávání nakládky. [9]

**Přeprava oddělená od doplňování** – opět jsou využiti 2 operátoři. Zde však první operátor převáží nakládku na předem určené místo, které je poblíž výrobní linky. Tam již čeká druhý operátor, který samotnou linku doplní. Tento způsob se využívá především v případech, kdy existují slepé uličky v místě spotřeby materiálu nebo zákaz vjezdu s dopravním zařízením. [9]

## 2.4. Vyhodnocení

Pro lepší přehlednost a kompaktnost předchozích podkapitol následuje celkové vyhodnocení zmíněných prostředků pro zavážení, a to v tabulkách 1 a 2. Hodnocení je provedeno na základě dostupných informací o parametrech a kvalitě jednotlivých zařízení. Cena se u různých modelů může lišit, proto je vždy brána v potaz průměrná hodnota, stejně tak jako u ostatních parametrů.

Každý výrobní podnik je specifický, proto neexistuje jedna univerzální nejlepší možnost pro všechny. Varianty jsou tedy hodnoceny pro středně velký podnik, který provádí sériovou kontinuální výrobu se zavážením každé 4 minuty. Zavážen je různorodý materiál, od velikostně rozdílných kartonových krabic, přes paletové zavážení, po zavážení předmontážních výrobků. Časy jednotlivých montáží na pracovištích se pohybují okolo 40 sekund.

Jestliže dojde k porovnání obou tabulek, je zřejmé, že Tabulka 2- 2: Váhové ohodnocení jednotlivých vlastností, vlastní zpracování 2016, má jiné řazení řádků. Zde jsou řádky seřazeny dle důležitosti konkrétní vlastnosti pro podnik. Váhy jsou stanoveny na základě odborného předpokladu v závislosti na výše zmíněných podmínkách výroby. Vždy však záleží na typu výroby a preferencích podniku. Může se tedy také stát, že i prostředek zavážení, který má v tabulce nižší hodnotu, bude upřednostněn z důvodu preference jiných vlastností.

Hodnoty v druhé tabulce jsou v rozmezí od 1 do 5. Při hodnocení pět je daná vlastnost s ohledem na ostatní prostředky zavážení nejlepší, jedna značí opak. Vše s ohledem na výše zmíněné podmínky zavážení. Prostředek s nejvyšší hodnotou je tedy ten, který je nejvíce vyhovující.

Za nejvíce vyhovující prostředky, dle zadaných podmínek, lze uvést tahače (logistické vláčky) a systémy AGV. Tyto dva prostředky jsou v mnohém velice podobné, liší se prakticky pouze v obsluze. Vhodné jsou především proto, že jsou velice flexibilní, co se variability nákladu týče. To znamená, že mohou uvést velký počet různorodého materiálu za jednu cestu. Jejich dopravní kapacita je nejvyšší. Stejně tak mohou velice rychle zareagovat na překážku na cestě, nebo zvolit jinou vhodnou trasu. Také z finančního hlediska jsou tyto varianty velice kladně hodnocené. A to nejen z důvodu relativně nízkých pořizovacích nákladů, ale především z důvodu snížení dalších nákladů. U AGV zcela vymizí náklady na řidiče, u tahačů se náklady snižují díky možnosti většího množství zaváženého materiálu najednou. Náklady na údržbu jsou v porovnání s ostatními prostředky srovnatelné.



	Člověk	NZV ručně vedený	VZV ručně vedený	NZV ručně vedený elektrický	VZV ručně vedený elektrický	NZV elektrický	VZV elektrický	Tahač (bez tažné soupravy)	Závěsný dopravník	Dron	AGV (bez tažné soupravy)
<b>Cena pořízení</b>	0 Kč	18 000 Kč	25 000 Kč	130 000 Kč	190 000 Kč	160 000 Kč	300 000 Kč	120 000 Kč	nelze určit <sup>1</sup>	200 000 Kč	100 000 Kč
<b>Maximální zdvih</b>	2 000 mm	122 mm	1 600 mm	675 mm	5 800 mm	125 mm	8 670 mm	-	-	-	-
<b>Maximální nosnost</b>	30 kg	3 000 kg	1 500 kg	3 000 kg	2 000 kg	3 300 kg	8 500 kg	7 000 kg	2 500 kg	2,5 kg	1 700 kg
<b>Rychlost</b>	< 5 km/hod	< 5 km/hod	< 5 km/hod	6 km/hod	6 km/hod	10 km/hod	12 km/hod	12 km/hod	3,6 km/hod	80 km/hod	3 km/hod
<b>Bezpečnost</b>	střední	střední	nízká	střední	nízká	střední	nízká	střední	střední	nízká	střední
<b>Spotřeba energie</b>	-	-	-	0,8 kW	1,35 kW	0,59 kW	8,5 kW	0,41 kW	nelze určit <sup>1</sup>	0,21 kW	0,18 kW
<b>Prostorová náročnost (poloměr otáčení)</b>	0 mm	1 310 mm	1 410 mm	1 538 mm	1 568 mm	2 265 mm	2 490 mm	1 080 mm	-	-	0 mm
<b>Náročnost na obsahu(1 op. = 360 000Kč/rok)</b>	1 operátor	1 operátor	1 operátor	1 operátor	1 operátor	1 operátor	1 operátor	1 operátor	bez obsluhy	bez obsluhy	bez obsluhy
<b>Nutnost dobíjení</b>	-	-	-	po 2 hodinách	po 7 hodinách	po 8 hodinách	po 8 hodinách	po 15 hodinách	-	výdrž 25 minut	po 8 hodinách
<b>Flexibilita využití</b>	nízká	nízká	nízká	nízká	nízká	nízká	nízká	vysoká	nízká	nízká	vysoká
<b>Flexibilita trasy</b>	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ano	ne	ano	ano

Tabulka 2- 1: Vyhodnocení vhodnosti použití jednotlivých prostředků pro zavážení, vlastní zpracování 2016

<sup>1</sup> Zde nelze přesně určit průměrnou cenu pořízení ani průměrnou hodnotu spotřeby energie. U závěsného dopravníku velice záleží na délce trasy, může tedy dosahovat velmi odlišných hodnot ve velkém rozpětí.

	Váha	Člověk	NZV ručně vedený	VZV ručně vedený	NZV ručně vedený elektrický	VZV ručně vedený elektrický	NZV elektrický	VZV elektrický	Tahač	Závěsný dopravník	Dron	AGV
Flexibilita využití	5	1	1	1	1	1	1	1	5	1	1	5
Flexibilita trasy	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5
Náročnost na obsahu(1 op. = 360 000Kč/rok)	5	1	1	1	1	1	1	1	1	5	5	5
Cena pořízení	4	5	5	5	3	2	3	2	4	1	1	4
Bezpečnost	4	4	3	1	3	1	3	1	4	3	1	4
Maximální nosnost	4	2	3	3	3	3	3	5	4	3	1	3
Maximální zdvih	4	4	2	4	4	3	2	5	1	1	1	1
Nutnost dobíjení	3	5	5	5	1	3	4	2	4	5	5	2
Prostorová náročnost (poloměr otáčení)	3	5	3	3	3	3	2	2	4	1	5	5
Rychlost	2	1	2	2	3	3	2	4	4	1	5	1
Spotřeba energie	1	5	5	5	3	2	3	1	4	3	4	4
<b>Suma</b>		<b>132</b>	<b>120</b>	<b>120</b>	<b>108</b>	<b>97</b>	<b>104</b>	<b>108</b>	<b>143</b>	<b>90</b>	<b>115</b>	<b>150</b>

Tabulka 2- 2: Váhové ohodnocení jednotlivých vlastností, vlastní zpracování 2016

## 2.5. Strategie zavážení dle jízdnic řádů

Z časového hlediska lze strategii hodnotit podle toho, zda mají pevně stanovený jízdnic řád, kterým se automaticky řízené vozíky řídí. Jestliže se jedná o přesný předem stanovený harmonogram, může jít například o metodu známou také pod názvem Milkrun. Na druhou stranu za strategii bez pevně stanoveného jízdnic řádu lze označit Kanban.

### 2.5.1. Pevně stanovený harmonogram

Hlavním cílem zásobování pracovišť dle stanoveného harmonogramu je cyklický závoz materiálem. Automaticky řízené vozíky jezdí po trasách podle jízdnic řádu zpravidla v krátkých cyklech.

Zavedení pevných časů zavážení většinou přináší efektivní logistické toky, zkrácení průběžné doby výroby zvýšením četnosti oběhu dílců, zmenšování zásob a tím i ploch ve výrobě, optimalizaci a eliminaci plýtvání, zvýšení produktivity a kvality ve výrobě. Tento systém s sebou přináší vysokou spolehlivost, předvídatelnost a bezpečnost. [25]

Zavážení pomocí předem stanoveného harmonogramu je také výhodnější pro operátory. Lidé se obecně brání změnám a je pro ně výhodné, jestliže jejich práce má pevně stanovený řád. Když si navyknu, že zavážení bude probíhat vždy v předem stanovený čas nebo po uplynutí dané doby, jejich výroba poté bude efektivnější. Například v případě, kdy ví, že za minutu přijede další závoz s materiálem a oni jsou nyní v předstihu, mohou svou práci přizpůsobit tak, aby byli hotovi přesně na čas. Pomáhají tím také plynulosti celé výroby.

Zásobování v pevně stanovených termínech může být s:

- variabilním množstvím materiálu
- pevně stanoveným množstvím materiálu

Předpokladem pro tento způsob zavážení je integrace pracovišť do výrobních linek se zohledněním dopravních cest a toků materiálu. To znamená provedení detailní analýzy každého pracoviště z pohledu materiálu, potřebných množství a z hlediska výhodnosti stávajících obalů. [25]

Systém zavážení s pevným jízdnic řádem však může zapříčinit také nahromadění materiálu nebo jeho nedostatek, což je jednou z největších nevýhod této strategie. K tomu dojde v případě, že se ve výrobě objeví nečekané změny, nebo může jít jen o zaučování nového pracovníka. Ten je však pomalejší než T/T (tact time) pracoviště a celá výroba je poté zpomalena.

### 2.5.2. Bez pevně stanoveného harmonogramu

Cílem tohoto systému je zásobování právě včas bez předešlého plánovaného jízdnic řádu. Není stanoven přesný harmonogram, ale je určeno, že požadavky mají být zpracovány tak, aby bylo provedeno zásobování v potřebnou dobu. Tedy v dobu, kdy dochází ke spotřebě materiálu na pracovišti. Dochází tak k poskytování pouze těch komponent, které jsou zapotřebí, v daném množství a čase tak, aby neexistovaly přebytečné zásoby u výrobních pracovišť. [26]

To, jaký materiál je potřeba, mohou určovat například kanbanové karty nebo jen prázdné bedny, které jsou připraveny na stanoveném místě pro odvoz a značí tak nedostatek materiálu

na daném pracovišti. Požadavky na dodávky jsou tak sbírány kontinuálně a na jejich základě poté dochází k samotnému zásobování pracovišť.

Tímto systémem dochází ke snižování velikosti výrobních dávek. Menší výrobní dávka znamená méně materiálu v oběhu, to značí nižší požadavky na prostor. Nižší požadavky na prostor znamenají finanční úsporu. [26]

Při zavádění metod bez pevně daného harmonogramu musí být brán zřetel na to, že velkou roli zde mají pracovníci, kteří musí být zodpovědní. Jestliže například pracovník zapomene dát prázdnou bednu na stanovené místo, může dojít k nezásobení tohoto pracoviště další desítky minut a to má poté za následek výpadek a přerušení výroby. Jelikož se v tomto systému pracuje i s prázdnými bednami nebo kanbanovými kartami, musí brát podnik v potaz, že na počátku zavádění systému bez předem stanoveného jízdního řádu je zapotřebí velké množství výpočtů pro počítání přepravních a výrobních dávek, velikosti zásob a objednávaného množství materiálu. [27]

Jako nevýhodu lze označit skutečnost, že existuje prodleva mezi tím, než je požadavek vzat do úvahy a než je zpracován. Tedy mezi tím, kdy požadavek vznikne a kdy je materiál na pracoviště skutečně dopraven.

## **2.6. Strategie zavážení zaměřená na trasu**

Tak, jako existuje rozdělení dle času, lze dělit strategie zavážení podle trasy. Trasa zásobování pracovišť může být pevně stanovena nebo být závislá na požadavcích daných z výroby.

### **2.6.1. Pevně stanovená trasa**

Stejně tak, jako mají pevně stanovený výrobní postup operace na pracovištích, mohou mít i automaticky řízené vozíky pevně danou trasu. Tato cesta je uložena v jejich paměti a je po dobu směny neměnná. Každé vozidlo tak obsluhuje pouze svoji jednu neměnnou trasu. Zásobuje tak stejná pracoviště stále stejným materiálem.

Výhodou této strategie je především to, že pracovník, který má na starosti činnost AGV zde vidí, které trasy a kdy budou při směně využívány. Tímto zjistí případnou možnost kolize několika vozíků v dopravním uzlu, nebo například také to, že v jednu chvíli by mělo být na témže úseku trasy více tahačů. Trasa se tak přizpůsobí každému zásobenému pracovišti a je zoptimalizována. Vždy je snaha o co nejkratší cestu.

Mezi další výhody lze zařadit znalost dopravních cest operátory, kteří tak přibližně vědí jakými místy a v jaký čas se stroje pohybují. Tato znalost zvyšuje bezpečnost provozu.

Pevně daná trasa je také znakem toho, že společnost, která využívá technologie AGV, může použít jednodušší a levnější technologie pro jejich řízení. Vozíky nemusejí být naváděny laserem, ale například magnetickou nebo optickou páskou. Tato technologie je méně náročná jak na software, tak na počáteční náklady.

Nevýhoda spočívá při náhlém nedostatku nebo potřebě jiného materiálu, která vznikla z dříve nepředvídatelných okolností. V tuto chvíli musí pracoviště přerušit výrobu a čekat na další vozík, který má konkrétní trasu zadanou. Než však informaci o nedostatku obdrží v místě nakládky, je možné, že je již i tento vůz na trase. To znamená, že původní pracoviště, kterému

došel materiál, může čekat až na další vůz a nečinnost pracoviště se prodlužuje. V tomto ohledu je systém pevně stanovené trasy velmi neflexibilní a neefektivní.

### **2.6.2. Trasy, které nejsou pevně stanoveny**

U těchto systémů zásobování dochází ke sběru informací a požadavků od pracovišť. Jeden vozík je tak schopen jet pokaždé jinou trasu. Díky tomu může být snížen počet automaticky řízených vozíků. Jestliže je trasa pevně daná, znamená to, že každý vozík je přidělen některému z pracovišť. Je-li však trasa proměnlivá, je možno počet AGV snížit. Samozřejmě je, že automatické vozíky musejí být natolik rychlé, aby zavážení stíhaly.

Na rozdíl od strategie, kde je trasa pevně stanovená, mohou v tomto případě vozíky zásobit větší množství požadavků za stejný časový interval. Materiál může být různorodý, nebo se může jednat o stejný materiál, který je zavážen na více pracovišť. Díky tomu jsou také vozíky rovnoměrněji vytížené než v předchozí variantě. Jestliže je trasa pevně určena, mohou existovat vozíky, které jsou málo vytížené a naopak vozíky, které nestíhají. V tomto případě je však vytíženost rozprostřena rovnoměrně mezi všechny. Automaticky řízené vozíky v tomto systému zavážení mohou flexibilněji a efektivněji pokrývat náhlé výkyvy ve výrobě.

U tras, které nejsou pevně stanoveny lze za nevýhodu považovat skutečnost, že výroba se nemůže spolehnout na to, že právě v požadovaný čas bude některý z vozíků mít požadovanou kapacitu a bude ji moci zásobovat. Proto zde opět hrají velmi důležitou roli počáteční výpočty pro množství vozíků, případně dalších prostředků pro zavážení. Oproti systému s pevně danými trasami je zde veliký tlak na sofistikovaný systém řízení vozíků a to především z důvodu potkávání a střetávání se vozíků mezi sebou, případně s dalšími dopravními prostředky. Nelze zde také využít technologie spojené s lepením pásek nebo zabudování kabelů. Tím rostou počáteční náklady na zařízení.

## **2.7. Strategie zaměřené na nakládání/vykládání materiálu**

Hovoří-li se o nakládání nebo vykládání materiálu lze strategie s tímto spojené rozdělit do dvou kategorií. První z nich je automatické nakládání/vykládání, druhá je nakládání nebo vykládání manuální. Oba tyto systémy mají své výhody i nevýhody, které jsou popsány níže.

### **2.7.1. Automatické nakládání/vykládání**

V případě, že společnost využívá automatické způsoby nakládky/vykládky, zvyšuje tím efektivitu závozu. Není zde pracovník, který místo toho, aby se věnoval výrobní operaci, pro kterou má vyměřený určitý čas, se musel ještě navíc starat o odpojování nebo připojování vozíků nebo nošení materiálu na přesně stanovené místo. To je zajištěno automaticky.

V tomto případě je ale potřeba uvažovat, jak mají být vozíky připojovány a odpojovány, který systém je pro společnost nejvýhodnější a pro který je kolem příslušných pracovišť dostatečný prostor. K odpojování může docházet tak, že jsou odpojována všechna vlečná zařízení najednou a postupně se dělí, nebo může docházet k rozpojování od posledního zařízení. Variantou může být také automatické nakládání a vykládání z vozíku bez odpojování vozíku. To samé poté platí pro připojování. Vlečná zařízení se mohou nejdříve spojit mezi sebou a až nakonec

se zapřáhnu za automaticky řízený vozík, nebo vozík postupně připojuje další a další zařízení.

Jak již bylo zmíněno, hlavní výhodou je zkrácení času manipulace a uvolnění obsluhy pro provádění jiné činnosti. Automatické řešení je výhodné také pro svou variabilitu. Může být upraveno přesně na míru jednoho konkrétního pracoviště nebo být univerzální pro více pracovišť. S takovýmto řešením jsou spojené vyšší počáteční náklady. Ovšem na druhé straně dojde k vyšší efektivitě, plynulosti výroby a ušetření času plýtvání při manipulaci. S jakoukoliv manipulací s břemenem také souvisí bezpečnostní riziko, které se tímto řešením snižuje.

Nevýhodou, která je spojená s automatickými zařízeními obecně, je především potřeba stoprocentní funkčnosti každé komponenty. Jestliže dojde k nějaké poruše na jakékoli části v celé soustavě zařízení, dochází tak k zastavení nebo přerušení provozu. Výroba nemůže vyrábět, vznikají časové prodlevy a ovlivněny jsou i následující závozy. Při spolupráci s automaticky řízenými vozíky či jinými automatickými zařízeními je nutné, aby společnost disponovala dostatečně zkušeným a informovaným personálem, který bude tyto stroje a zařízení spravovat.

### **2.7.2. Manuální nakládání/vykládání**

V porovnání s předchozí variantou lze jako výhodu označit to, že není nutné upravovat layout pracoviště pro automatickou nakládku/vykládku. Vozíky mohou v tomto případě přijet již stávající uličkou, zastavit a počkat, až pracovník nakládku či vykládku provede. Není zde nutnost žádného speciálního zařízení, které by nakládání/vykládání umožnilo. Samozřejmě zde ale musí být operátor, který tuto činnost provede. Případně také může ještě obsluhovat automatický vozík a dát mu signál, aby odjel. To vše s sebou přináší časové ztráty, kdy se obsluha stroje mohla věnovat své vlastní práci, která má přidanou hodnotu na výrobním pracovišti. Při počítání T/T pracoviště poté musí být tento čas zohledněn.

Jestliže je zavážený materiál v rozměrném balení nebo má vyšší hmotnost, musí zde pobývat pracovník, který má dispozici k tomu, aby materiál správně zařadil. I to se při plánování pracoviště, layoutu a logistiky musí brát v potaz. Lze předpokládat, že pracovník, který bude nakládku a vykládku provádět, musí jednotlivá tažná zařízení odpojit, respektive připojit. Tato zařízení jsou většinou spojena nízko nad zemí, proto je nutné, aby v tomto ohledu existovalo ergonomicky přijatelné řešení.

## **2.8. Strategie založené na způsobu sbírání požadavků**

Způsob sbírání požadavků byl již naznačen v několika předchozích strategiích, avšak nebyl uveden jako nosná strategie. V této podkapitole se proto těmto systémům věnuje větší pozornost.

### **2.8.1. Kanban**

Hlavním cílem strategie Kanban je na každém stupni výroby podporovat výrobu na objednávku. Ta umožňuje bez větších investic redukovat zásoby a vylepšuje přesnost plnění lhůt. V tomto systému je základním pravidlem odebrání dílce z předcházejícího procesu tak, jak to předepisuje příslušná Kanban karta (množství, typ...). Tyto karty jsou vždy přepravovány společně s paletami a dílci (kromě jejich návratu). V systému Kanban je po odebrání úplné výrobní dávky expedována z odběrového místa dodavateli (předřazené

pracoviště) karta Kanban, která má úlohu objednávky na dodávku nové výrobní dávky nebo materiálu či polotovarů. [28]

Kanban je vhodný pro opakovanou výrobu stejných součástek s velkou mírou odbytu. Jeho výhodami jsou především možnost kontroly a řízení rozpracovanosti výroby a tedy i výšky zásob pomocí karet. [28]

Hlavní nevýhodou je složitost systému. U mnoha pracovníků se stává, že daný proces nepochopí a nastávají tak velké zmatky ve výrobě. Podmínkou pro zavedení je proto vyškolený personál. Na počátku nasazení této strategie musí být provedeno velké množství výpočtů, aby se určila velikost výrobní dávky a počet Kanbanových karet.

Při zavádění strategie Kanban nejsou nutné vysoké počáteční náklady s ohledem na praktické požadavky využití (karty). Důležitá je však investice do zaměstnanců z hlediska jejich zaškolení a profesionality.

### 2.8.2. Světelná signalizace

Strategie světelné signalizace je postavena na odmačknutí tlačítka při odebrání materiálu. Do řídicího systému jsou zadány požadavky na množství. Každý materiál tak má určené množství, při jehož spotřebě se rozsvítí světelné tlačítko u zásobování. Na samotném pracovišti ve výrobě jsou tlačítka, která se rozsvítí při načtení kódu čtečkou. Tato tlačítka říkají pracovníkovi, který materiál má v danou dobu použít. Po odmačknutí tlačítka putuje signál do řídicího systému, kde se daný kus přičte k již použitým. Jestliže dojde k použití stanoveného počtu kusů materiálu, vyše systém signál do skladu nebo k předmontážnímu pracovišti, kde se opět rozsvítí světelné tlačítko. Tímto způsobem operátoři zjistí, že je třeba zavést materiál na pracoviště.

V případě, že je požadovaný materiál používán jen na jednom pracovišti, je úloha poměrně jednoduchá. Je-li však materiál používán na více pracovištích, jsou zde kladeny velké nároky na vyspělý software a na personál, který je zodpovědný za jeho instalaci a následné úpravy. Ve vychystávacím středisku pak musí být větší množství tlačítek, u kterých jsou přesně označeny pracoviště. Pokud by počet tlačítek převyšoval únosnou normu, je lepším řešením obrazovka, na které se zobrazí potřebný materiál a počet kusů, který je třeba vychystat.

Velkou výhodou tedy je, že pracovníci, kteří materiál připravují, jasně vidí, který materiál, na jaké pracoviště a v jakém množství je zapotřebí. Nepotřebují dlouhou dobu na zaučení, systém je intuitivní a uživatelsky přívětivý. Nevýhodou jsou vysoké počáteční náklady pro zavedení tohoto systému.

## 2.9. Shrnutí kapitoly

S ohledem na všechny strategie zavážení lze vyvodit, že neexistuje jedna univerzální volba pro všechny společnosti. Tak jako se společnost rozhoduje, jaký druh prostředků pro zavážení bude využívat, stejné rozhodnutí musí udělat i v případě volby strategie zavážení. Z výše zmíněných strategií lze vyzorovat, že některé spolu mohou více či méně korespondovat nebo se navzájem doplňovat. Opět závisí na mnoha faktorech, které výběr ovlivňují. Může to být počáteční investice, znalost systému a s tím spojení kvalifikování zaměstnanců nebo nutnost změny layoutu. Podkladů pro rozhodování je samozřejmě spousta. Pro samotné pracovníky je pak nejlepší řešení vždy takové, které jim co nejvíce ulehčuje práci, je s nimi v součinnosti a je uživatelsky přívětivé. Ve všech případech předchází zavedení vybrané strategie detailní propočet kapacit a propočet spotřeby pracoviště vůči přepravní kapacitě závozu.

### 3. Systémy AGV

Automaticky řízené vozíky mají mnoho názvů, nejčastěji se používají AGV - automatic guided vehicle, SGV - self guided vehicles, LGV - laser guided vehicle, mobile robots a mnoho dalších. Pro účely této práce bude používána zkratka AGV.

Automaticky řízené vozíky jsou nyní běžně využívané jak ve světě, tak v České republice. Proto se tato kapitola zaměřuje především na jejich navigační systém, který se stále zdokonaluje a umožňuje tak lepší využití vozíků. AGV mohou mít podobnou nebo zcela různou konstrukci vozidla, ale všechny mají automatickou navigaci založenou na jedné ze čtyř níže zmíněných technologií. Předtím, než konečný uživatel učiní rozhodnutí, který typ navigačního systému použije, musí v této oblasti nabyt dostatečných vědomostí.

Pro spolehlivou funkčnost každého navigačního systému je nutné, aby naváděné vozidlo bylo schopno určit svou aktuální polohu a orientaci vzhledem k okolnímu prostředí a zároveň mít informaci o směru a rychlosti následného pohybu po dané trase. Navigační systém může využívat objekty umístěné pod podlahou nebo připevněné k jejímu povrchu. Alternativní možností je užití samotného vnitřku budovy (konturová navigace). Pro vozidla operující ve venkovním prostředí je možné použít navigaci pomocí GPS. [29]

V dnešní době jsou nejpoužívanějšími technologiemi navigace magnetické pásky, magnetické body, indukční dráty, pásky pro optické snímání, laserové snímání (triangulace) a laserová konturová navigace. Budoucí uživatel AGV systému musí mít na paměti, že roli pro výběr navigačního systému hraje jak současný stav, tak i možné budoucí rozšíření podniku. [29]



Obrázek 3- 1: Navádění pomocí laseru [38], 2017

**Laser:** reflexní odrazky jsou umístěny na okolní stěny, sloupky, regály nebo jiné části infrastruktury. Laserový snímač je namontován na vrcholu AGV v otočné věži. Laser neustále vysílá a přijímá stejným snímačem. Úhel a vzdálenost od reflektorů, které jsou viditelné, se automaticky vypočítá pomocí triangulace, čímž se získá aktuální poloha AGV. AGV srovnává svou polohu s mapou prostorů, kterou má uloženou v paměti a stanovenou cestou a jeho řízení je upraveno tak, aby se na trati udržel. To je dáno

pravidelnou aktualizací polohy. Tento moderní způsob je většinou kombinovaný s centrálním řídicím systémem, do kterého každé AGV vysílá informace (např. pomocí WiFi) především o své poloze a ten tak může koordinovat pohyb ostatních AGV, řídit jejich provoz na křižovatkách atd. Metoda laserového navádění je velmi přesná, spolehlivá a bezpečná. Jakákoliv úprava stávajících tras je velmi jednoduchá a levná, protože nevyžaduje žádný fyzický zásah do budovy, kromě umístění reflexních odrazek. [30]



Obrázek 3- 2: Laserové konturové navádění [38], 2017

**Laserové konturové navádění:** V současnosti se jedná o nejpokročilejší způsob navigace AGV. Je velmi podobný předešlé metodě s reflexními odrazkami, avšak nutnost jejich použití zde odpadá. Tento systém tedy není závislý na žádném fyzickém příslušenství v prostoru, kde se AGV pohybuje. Automaticky řízené vozíky disponují infračervenými lasery po celém svém obvodu, které snímají své okolí. Pokud nějaký paprsek narazí na překážku, odrazí se od ní a senzory na AGV toto

zaznamenají. Vyhodnocovací systém tahačů tak vytvoří informaci o směru a vzdálenosti od dané překážky. Tyto údaje jsou pak porovnány s mapou, která je uložena v paměti vozidla



a to tak zjistí svou přesnou polohu a orientaci v prostoru. Tento druh navádění je opět velmi přesný, bezpečný a spolehlivý. Potřebné úpravy při změně trasování jsou výhradně softwarového charakteru, takže ačkoli pořízení takového systému je nákladné, jeho údržba a rozšiřování jsou velmi levné. Nevýhodou může být to, že při rozsáhlých úpravách tras je softwarová modifikace náročná (úprava a implementace nových mapových podkladů). Takto naváděná AGV mohou být snadno napojena na centrální řídicí systém v podniku, takže pohyb všech AGV může být spolehlivě koordinován. [29] [30]



Obrázek 3- 3: Navigace pomocí magnetického bodu [38], 2017

umísťování magnetických kotoučů do podlahy. Přesnost tohoto typu navigace závisí na citlivosti senzorů ve vozidle, které je nutno kalibrovat. [29] [31] [32]

**Magnetický bod:** V tomto případě je použita řada malých magnetických kotoučů, které jsou zabudované v podlaze. AGV má v sobě integrované senzory (především Hallovu sondu), které měří okolní magnetické pole a podle intenzity magnetické indukce spolu s řídicím systémem směřují vozidlo správným směrem. Metoda se dá kombinovat s technologiemi jako je RFID nebo NFC pro detailnější řízení AGV (možnost přiřazovat úkony, které má AGV provést, např. změna rychlosti, zastavení atd.). Dlouhé trasy a rozsáhlé změny layoutu firmy však s sebou nesou potíže při



Obrázek 3- 4: Optické/magnetické pásy nebo dráty [38], 2017

jednoduchým a spolehlivým řešením. [31] [33] [34]

**Optické nebo magnetické pásy a dráty:** Tato technologie je nejstarší, své uplatnění však nachází i dnes. Navádění dle podlahové pásy je zpočátku méně nákladné, snadno se tato technologie instaluje nebo mění, na rozdíl od vedení drátu, který musí být vložen do podlahy. Pásy jsou však nevhodné pro vysoce frekventované oblasti, kde může dojít k poškození nebo znečištění.

V podnicích, kde flexibilita cest vozidel není důležitá, jsou indukční kabel nebo drát sloužící jako anténa vysílající radiové vlny na velmi krátkou vzdálenost, podle kterých se AGV řídí,

### Další využití

Použití AGV je významné nejen ve strojírenských a výrobních podnicích, ale také ve zdravotnictví. V České republice je však systém využíván pouze ve fakultní nemocnici Motol. Vozíky zde jezdí převážně v podzemí, kde mají velké množství tras, které spojují všechny budovy a kde mají dostatečný prostor pro pohyb. Do vyšších pater nemocnice se dostávají samostatně pomocí výtahů. Vozíky převážejí veškerý materiál, který je potřebný pro běžný provoz. Od čistého prádla přes materiál zdravotnického charakteru a potravu až po odvoz infekčního odpadu. [35]

V případě, že si zdravotnické oddělení objedná materiál u daného skladu, lidé naloží vše potřebné do nerezového kontejneru a ten zarazí do fixačního zařízení. Poté zadají na obrazovce, která visí na zdi kód, který má funkci doručovací adresy. V tuto chvíli dostane signál nejbližší vozík, který sám zamíří pro kontejner. Na místě ho bez pomoci naloží a odveze do příslušného oddělení. Funguje tedy na totožném principu jako AGV ve výrobních zařízeních. [35]

## 4. Simulace

Simulační technologie jsou důležitým nástrojem pro plánování, zavádění a provoz složitých komplexních systémů.

Trendy v ekonomice, kterými jsou například:

- zvyšující se složitosti produktů a rozmanitost
- zvyšující se požadavky na kvalitu v souvislosti s vysokým tlakem na náklady
- zvyšující se nároky na flexibilitu
- kratší životní cyklus výrobku
- zvýšený konkurenční tlak

vedou ke zkracování plánovacích cyklů. Simulace zde tedy našla své místo, jako užitečný nástroj pro systémy, kde jednodušší metody již nedokáží poskytnout dostatečné řešení. [36]

### 4.1. Základní pojmy

#### Simulace

Simulace je napodobení reálného systému s jeho dynamickými procesy v modelu. Cílem je dosáhnout výsledků přenositelných na realitu. V širším slova smyslu znamená simulace přípravu, realizaci a vyhodnocování konkrétních experimentů se simulačním modelem. [36]

#### System

System je definován jako samostatný soubor dílů, které jsou navzájem propojeny. [37]

#### Model

Model je zjednodušená replika plánovaného nebo reálného systému včetně všech jeho procesů. Odlišnosti v podstatných vlastnostech od originálu jsou pouze v rámci tolerance. [37]

#### Simulační běh

Simulační běh je obrazem chování systému v simulačním modelu v určité lhůtě. [37]

#### Experiment

Experiment je cílená empirická studie o chování modelu. V experimentu dochází k opakování simulačních běhů se systematickou změnou argumentů. [37]

### 4.2. Postup simulace

#### 1. Formulace problémů

- probíhá společně se zákazníkem, který musí formulovat požadavky na simulaci. Výsledkem formulovaného problému by měla být písemná dohoda (např. technická specifikace), která obsahuje konkrétní problémy, které budou studovány pomocí simulace. [36]

## 2. Test, zda se simulace vyplatí

- pro posouzení bonity simulace lze zkoumat například, zda je možné použít jednodušší analytický matematický model (počet proměnných), dále složitost - počet faktorů, které jsou třeba zvážit, nepřesné údaje, postupné zkoumání mezi systémem, opakované použití simulačního systému. [36]

## 3. Stanovení cílů

- každá společnost se zaměřuje na konkrétní systém cílů. To obvykle znamená hlavní cíl (jako je například ziskovost), který se dále rozčleňuje na dílčí cíle, které se vzájemně ovlivňují. Definice hlavního cíle je důležitým přípravným krokem. Častým cílem simulace je například minimalizace doby zpracování, maximalizace využití, minimalizace zásob nebo zvýšení dodávek in-time. Všechny definované cíle musí být shromažďovány a analyzovány statisticky na konci každého simulačního běhu, což znamená určitou požadovanou úroveň detailů pro simulaci. V důsledku toho lze určovat rozsah simulační studie. [36]

## 4. Sběr dat a analýza

- údaje potřebné pro simulační studie mohou být strukturovány takto:

- Systém načítání dat - kusovníky, pracovní plány, výrobní zakázky, termíny atd.
- Organizační údaje - organizační strategie, dopravníky, stroje, organizace pracovního času atd.
- Technická data - layout, výrobní prostředky, dopravní trasy, údaje o výkonu, kapacita atd. [36]

## 5. Modelování

- fáze modelování zahrnuje budování a testování simulačního modelu. Modelování se obvykle sestává ze dvou fází: odvození simulačního modelu z koncepčního modelu, přenesení modelu do softwaru. [36]

## 6. Provedení simulačního běhu

- v závislosti na cílech simulační studie budou realizovány experimenty na základě testovacího plánu. Je také důležité definovat časový interval pro simulaci experimentů, na základě poznatků ze zkušebních běhů. Experimenty jsou nejčastěji realizovány v nočních hodinách tak, aby bylo k dispozici optimální využití výpočetní kapacity. Vstupní a výstupní data a uskutečněné parametry simulačního modelu musí být zdokumentovány pro každý experiment. [36]

## 7. Výsledek analýzy a interpretace výsledků

- hodnoty, které se změní v modelovaném systému, jsou odvozeny z výsledků simulace. Správná interpretace výsledků výrazně ovlivňuje úspěšnost simulační studie. Jsou-li výsledky v rozporu s předpoklady, je třeba analyzovat, jaké vlivy byly zodpovědné za neočekávané výsledky. Je také důležité si uvědomit, že komplexní systémy mají často fáze rump up. Tato fáze bývá ve skutečnosti jiná než v simulaci. Proto jsou výsledky získané

během fáze rump up nepřenositelné do modelovaného systému a nemají žádný vliv na vyhodnocování. Výjimkou je simulace, při které je modelována právě fáze rump up. [36]

## 8. Dokumentace

- pro dokumentaci simulační studie se doporučuje forma zprávy o projektu. Dokumentace by měla poskytovat přehled o načasování studie a dokumentovat práci, kterou vykonala. V kontextu této dokumentace je důležité zmínit také neúspěšné varianty. Jádrem zprávy projektu by měla být prezentace výsledků simulace založená na specifikaci požadavků zákazníka. Výsledky simulační studie zahrnují návrhy a doporučení na další akce. [36]

### 4.3. Tecnomatix Plant Simulation

Plant Simulation je simulační nástroj, který pomáhá vytvořit modely logistických systémů (například výroby), což umožňuje nahlédnutí do charakteristiky systému a optimalizování jeho výkonu. Tyto digitální modely umožňují spouštět experimenty a scénáře what - if bez narušení stávajících výrobních systémů. Použití je možné také v procesu plánování, předtím než jsou nainstalovány skutečné výrobní systémy. Program obsahuje rozsáhlé analytické nástroje, jako jsou analýzy úzkých míst, statistiky a grafy, které umožňují vyhodnotit různé výrobní scénáře. Výsledky poskytují informace potřebné pro rychlé a spolehlivé rozhodování v raných fázích plánování výroby. [36] [37]

Tecnomatix Plant Simulation umožňuje simulaci, vizualizaci, analýzu a optimalizaci výrobních a logistických procesů. Použití Plant Simulation dává možnost optimalizovat tok materiálu, využití zdrojů a logistiku pro všechny úrovně plánování. Pomáhá vytvářet dobře strukturované, hierarchické modely výrobních závodů, linek a procesů. Toho je dosaženo prostřednictvím výkonné objektově orientované architektury a modelovacím schopnostem, které umožní vytvářet a udržovat velmi složité systémy, včetně kontrolních mechanismů. [36] [37]

Panel nabídky je intuitivní, koresponduje se standardy Microsoft Windows, proto je ovládání velice rychlé a uživatelsky přívětivé. Simulační modely mohou být vytvořeny rychle za použití složek z aplikačních knihoven. Uživatelé si mohou vybrat z předem definovaných zdrojů, provozních plánů a pravidel kontroly. Kromě vysoce efektivního 2D modelování mohou být modely zobrazeny také ve 3D pomocí knihoven nebo vlastních podporovaných CAD systémů. Výsledkem jsou 3D virtuální modely, které jsou synchronizovány po celou dobu se svými 2D protějšky, což umožňuje pružnost při výběru vhodného způsobu vizualizace, aniž by byla ohrožena simulace. [36]

## 5. Praktická část

Hlavním úkolem praktické části diplomové práce je simulace různých variant modelů pro zásobování. Pracoviště, které je zadáno se po celou dobu simulací neliší, mění se však podmínky, za kterých je simulace prováděna. Taktéž se liší počty transportních strojů, kterými je model vybalancován a optimalizován.

Řešeny jsou situace pro zásobování systémem AGV a nízkozdvíhnými vozíky. Tyto dva zavážecí prostředky byly vybrány na základě porovnávací tabulky v teoretické části. Simulace jsou dále děleny dle času, a to na simulace s pevným harmonogramem a bez jízdního řádu. Faktorem, dle kterého se simulace rozdělují, je také trasa, jsou to simulace s pevně stanovenou trasou a dle potřeby.

Stejně tak, jako byla prováděna analýza zavážecích prostředků v teoretické části na základě stanovených parametrů výroby, je nutno přizpůsobit také požadavky na simulaci základním parametrům. Jedná se tedy o středně velký podnik, ve kterém dochází k sériové, kontinuální výrobě. Zavážený materiál je různorodý.

V první části je provedeno rozhodnutí o počtu použitých transportních prostředků. Toto rozhodnutí je uskutečněno na základě propočtu délky tras, času obsluhy jednotlivých stanišť a také počtu křižovatek, kterými zásobovací stroje projíždějí. Spolu s rozhodováním o počtu zařízení, probíhá také zamyšlení nad obsluhovanou trasou. Stroje mohou simulovanou trasu zavážet dvěma různými způsoby. Oba tyto způsoby jsou nasimulovány.

Dále u variant s pevně stanoveným harmonogramem následuje určení, po jak dlouhém časovém intervalu bude pracoviště zásobováno. To lze určit ze stejného zdroje, jako u zjišťování počtu zavážecích strojů. Snahou je, aby vždy následující zavážka přijela ihned po dokončení stávající. U variant se zásobováním na základě potřeby je pevně stanoveno, že další následující transportní zařízení vyjede tehdy, jestliže na vykládacím stanovišti zbývají 2 výrobky. Tyto varianty se dále kombinují s variantami rozdělenými na základě tras. Varianta s pevným harmonogramem je tak simulována jak pro pevně stanovenou trasu, tak pro trasu dle potřeby. Stejně tak varianta pro zavážení bez jízdního řádu.

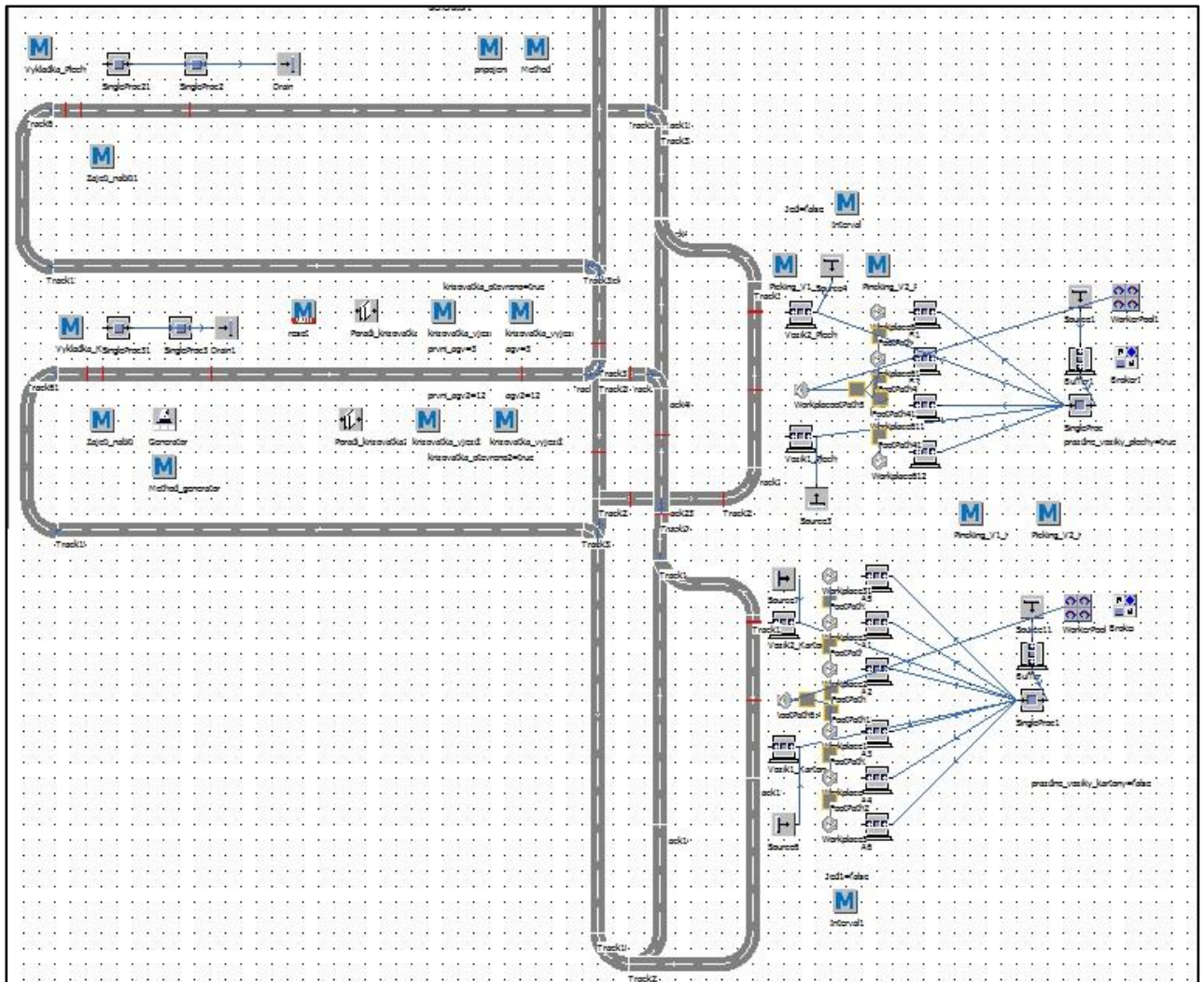
Jako zásadní omezení se v simulaci projevila skutečnost, že všechny obsluhované trasy jsou pouze jednosměrné a není možné na nich předjíždět. Tato událost ovlivňuje zejména počty zavážecích prostředků. Z příloh A - F jasně vyplývá optimální počet zavážecích prostředků, avšak na tento počet se nevztahuje omezení předjíždění. Jestliže je tedy požadavek na kontinuální výrobu, musí dojít také k úpravě počtu zavážecích prostředků.

Z tohoto důvodu je celkový počet simulací stanoven na 13. Šest simulací je uskutečněno pro zavážení systémem AGV a 7 simulací pro nízkozdvíhné vozíky. U elektrických paletových vozíků je nasimulována právě 1 varianta navíc pro optimální počet vozíků, kde je znázorněno, že jestliže je požadováno omezení trasy spojené se zákazem předjíždění, stanovený počet vozíků není dostatečný.

Všechny varianty jsou v navazující kapitole porovnány a je provedeno ekonomické zhodnocení jednotlivých variací.

## 5.1. Popis pracoviště

Výroba se skládá z osmi pracovišť, z toho čtyři představují pracoviště předpřípravy, ze kterých jsou poté pomocí AGV nebo NZV zaváženy následující čtyři pracoviště. Tyto čtyři další pracoviště znázorňují výrobní linku. Proto jsou simulace nastavené tak, aby zásobování na vykládacích pracovištích bylo kontinuální. V případě vozíků tažených systémem AGV dochází k nakládce vždy dvou vozíků najednou. Jestliže je kapacita jednoho vozíku stanovena na 6 ks, poté na jeden závoz AGV uveze 12 ks polotovarů z dvou různých stanovišť, a to jak v případě obsluhy pracoviště s plechy, tak s kartony. Layout je navrhnout tak, že v horní části je zásobována výrobní linka - plechy. Na výrobní lince jsou dvě vykládací místa, která jsou zásobována z dvou míst nakládacích. Ve spodní části se poté nachází výrobní linka - kartony, která disponuje také dvěma vykládacími stanovišti a dvěma nakládacími. V případě transportu pomocí nízkozdvíhného vozíku je kapacita 10 ks na gitterbox, ale NZV uveze jen 1 gitterbox na jeden závoz. To v důsledku znamená, že elektrické nízkozdvíhné vozíky musí zavážet jednou tak dlouhou trasu. Kapacita je opět stejná jak na pracovišti plechů, tak na pracovišti s kartony. Schématické znázornění dílny je ilustrováno v přílohách A - F.



Obrázek 5- 1: Ukázka simulovaného layoutu, vlastní zpracování 2017

Čas zavážení je stanoven dle T/T výrobních linek. Musí se tedy vybalancovat čas předvýroby a čas výrobní linky, a také počet zavážených kusů. Výrobní linka, na kterou jsou zaváženy plechy má T/T 40 sekund, druhá výrobní linka, na kterou jsou zaváženy kartony má T/T 65 sekund.

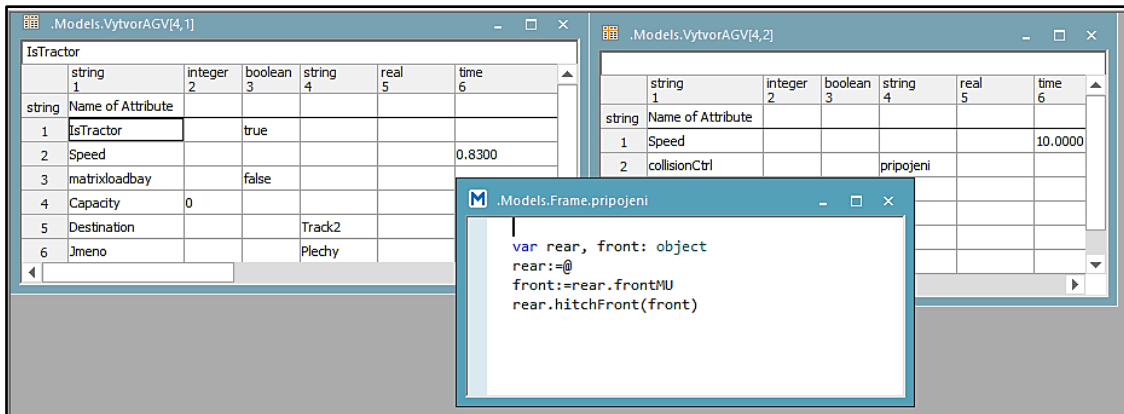
Předvýroba všech čtyř polotovarů je oddělená a také místa určení jsou rozdílná. Proto je uvažováno o dvou variantách zavážení. V první variantě probíhá nejprve nakládka v oblasti plechů, následně jejich vykládka. Poté ten samý transportní prostředek zamíří na stanoviště nakládání kartonů a následuje opět vykládka. To znamená, že všechna zařízení, která zavážejí, obsluhují všechna stanoviště. Ve druhé variantě dochází k rozdělení simulovaného layoutu na dvě samostatné části. Zásobovací stroje zavážejí vždy jen část z celku. Například jedno AGV obsluhuje pouze nakládky plechů a následně jejich vykládky, druhé AGV pak obsluhuje pouze nakládky a vykládky kartonů. Grafické znázornění je opět k nalezení v přílohách A – F.

U všech simulací musí být řešena také určitá omezení přepravovacích zařízení. Jak systémy automaticky naváděných vozíků, tak elektrické nízkozdvížené vozíky mají určenou kapacitu. Na jedno nabití jsou schopny plně fungovat přibližně osm hodin. Z toho vyplývá, že po každé směně je potřeba výměna baterií. To je v simulacích znázorněno zjetím zavážecích prostředků do nabíjecích stanic, které jsou umístěny mimo zavážecí trasy. Za omezení lze považovat také to, že v případě nízkozdvížených vozíků je třeba brát v potaz nutnost obsluhy operátora. Z bezpečnostního hlediska je nutno u modelování nastavit snížení rychlosti v křižovatkách a také dání přednosti v křižovatkách. Přednost je stanovena na základě pravidla FIFO, tedy kdo první přijede má přednost, vjede do křižovatky a následující zavážecí zařízení vjede po odjezdu předchozího.

V simulacích, kde jsou používány systémy automaticky řízených vozíků, se předpokládá řízení AGV pomocí magnetických pásek. To znamená, že cesty, po kterých tahače jezdí, jsou jednosměrné, AGV má přesně stanovenou trasu a není zde možnost předjíždění. Tato omezení jsou stanovena také pro zavážení pomocí paletových elektrických vozíků.

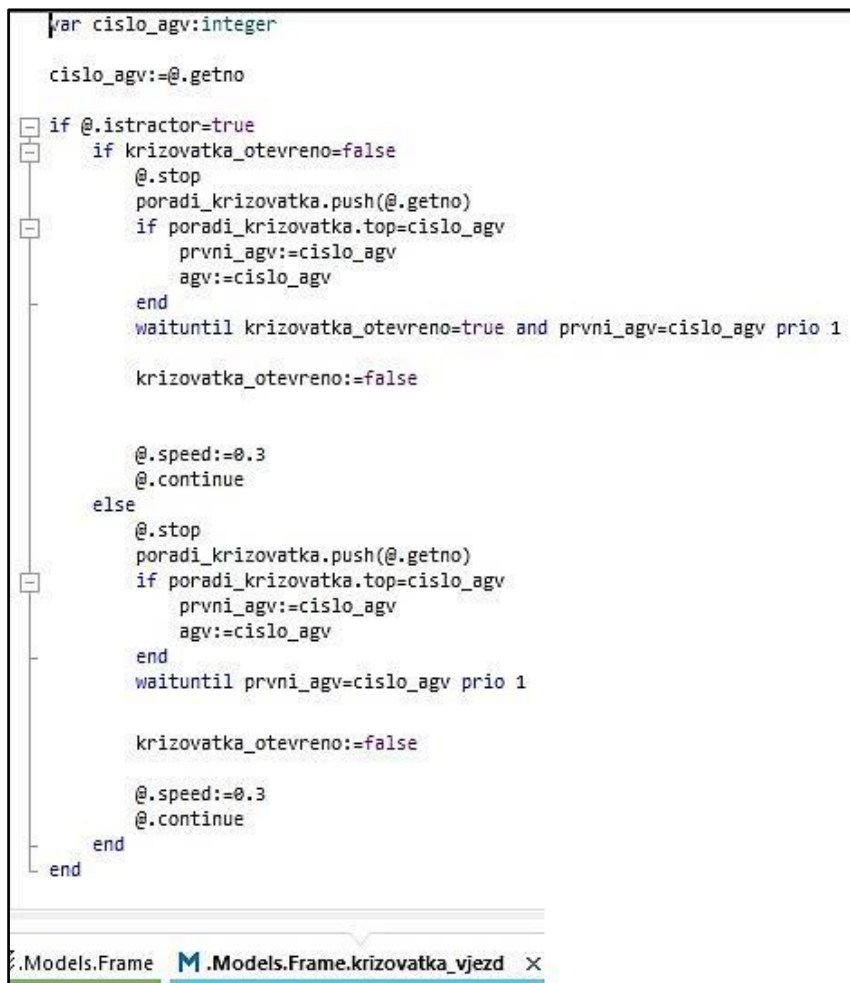
## **5.2. Základní příkazy použité v simulacích**

V případě variant, kde jsou používány systémy AGV, je třeba nastavit tažný vozík AGV a na něj navazující 2 další vozíky. Tyto vozíky jsou determinovány rozměry, rychlostí a počtem převážených kusů. To samé platí také pro tažný vozík AGV, který dále určuje cílovou stanicí a rychlost. Propojení tažného zařízení s vozíky je stanoveno pomocí události „collisionCtrl“.



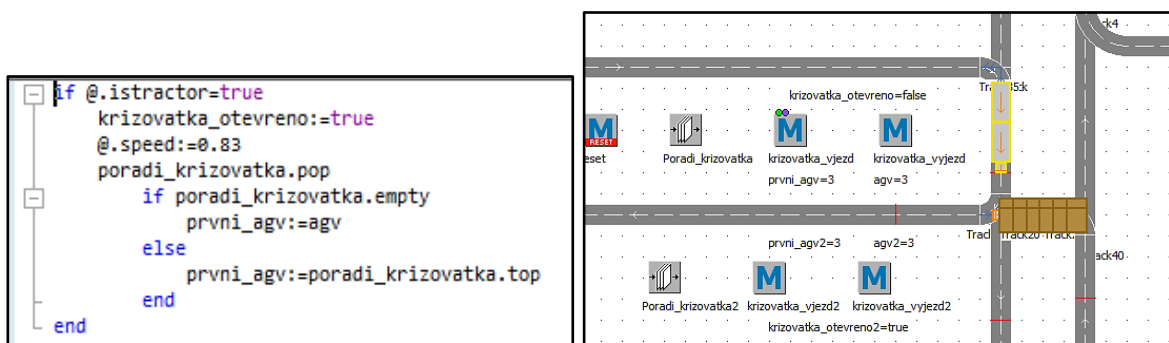
Obrázek 5- 2: Ukázka příkazu pro zapojení AGV s vozíky, vlastní zpracování 2017

Jedním z úskalí, na které musí být brán zřetel, jsou křižovatky. Stejně tak, jako při reálném provozu, tak i v simulaci je třeba zamezit případným kolizím. Těm je zabráněno pomocí senzorů, které jsou umístěny před a za křižovatkami. Pořadí na křižovatce je určeno systémem FIFO. První zásobovací zařízení, které na křižovatkou přijede, z ní také odjede. Druhý senzor poté slouží k tomu, aby celý transportní vozík byl mimo křižovatkou a nemohlo tak dojít například k částečnému střetnutí. S ohledem na problematiku křižovatek je rychlost zařízení při průjezdu snížena.



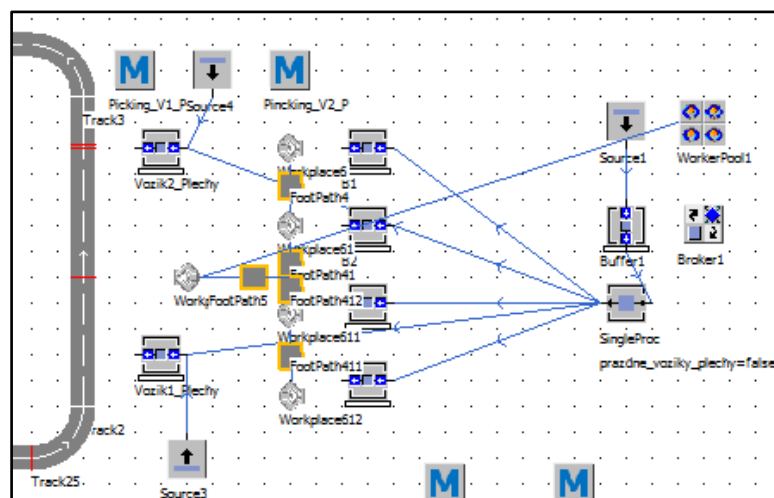
Obrázek 5- 3: Ukázka příkazu u křižovatky, vlastní zpracování, 2017





Obrázek 5- 4: Ukázka příkazu FIFO u křižovatek, názorná ukázka zastavení, vlastní zpracování, 2017

U pickingu jednotlivých polotovarů do vozíků jsou použity nástroje s oblasti „Resources“, jako je například „Workplace“, „Footpath“ nebo „WorkerPool“. Operátor, který tuto oblast obsluhuje, má zadáno, že polotovary má odebírat a připravovat k nakládce opět systémem FIFO. Buffer, který je mu umožněn, je stanoven na 20 ks. První nakládka na pracovišti plechů trvá 30 sekund, druhá poté 50 sekund. Stejně tak u pracovišť kartonů je čas první nakládky 30 sekund a druhé nakládky 50 sekund. U zavážení automaticky řízenými vozíky dochází k přípravě na dva vozíky. Po nakládce prvního následuje krátký přejezd a nakládka druhého vozíku.



Obrázek 5- 5: Ukázka pickingu u nakládky, vlastní zpracování 2017

Dle zvolené varianty jsou dále přidávány podmínky pro vyjetí ze stanoviště a vykládku polotovarů. Nakládka může začít, pokud je v bufferu minimální počet polotovarů pro naplnění vozíku. Metody jsou vyvolány pomocí senzorů umístěných na trase u bufferových pozic.

```
if @.istractor=true then
    @.destination:="tracks5";
    @.stop;

    waituntil Vozik1_Plechý.NumMUParts>5 prio 1;
    for local i := 1 to 6 loop
        Vozik1_Plechý.cont.move(@.rearmu);
    next;
    wait(30);
    @.continue;
end;

if @.istractor=true then
    @.stop;
    waituntil Vozik2_Plechý.NumMUParts>5 prio 1;
    for local i := 1 to 6 loop
        Vozik2_Plechý.cont.move(@.rearmu);
    next;
    wait(50);
    prazdne_voziky_plechý:=true;
    @.continue;
end;
```

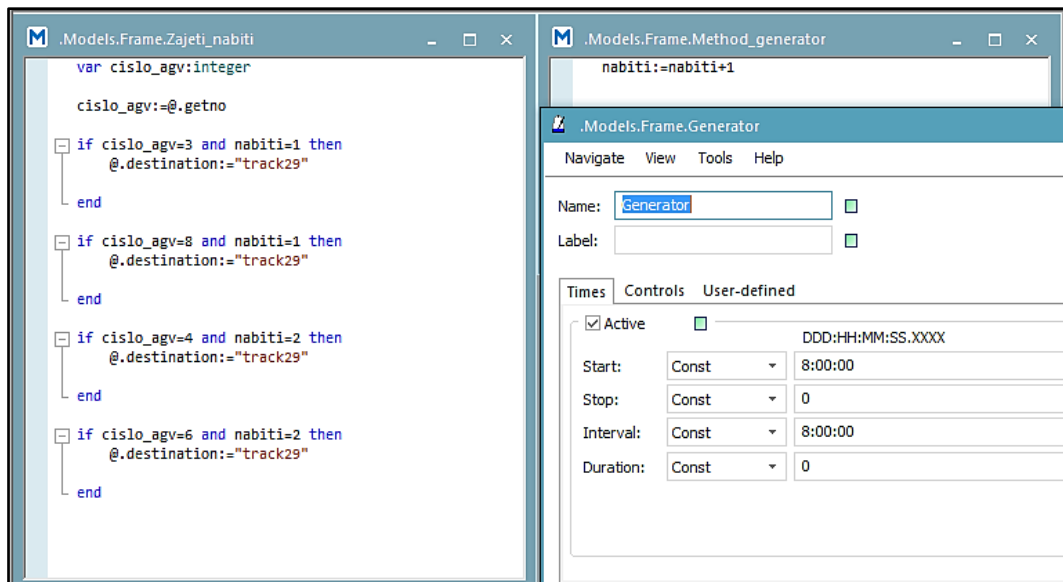
Obrázek 5- 6: Ukázky příkazů pro nakládku, vlastní zpracování, 2017

Vykládka jednotlivých kusů je pak nasimulována dle metody, která zajišťuje nejprve vykládku prvního, poté druhého vozíku. Tact time u vykládky plechů je 40 sec., u vykládky kartonu je to 65 sec.

```
if @.istractor=true then
    @.destination:="track2";
    @.stop;
    if @.rearmu.nummu=0 then
        repeat
            waituntil singleproc21.full=false prio 1;
            @.rearmu.rearmu.cont.move(singleproc21);
        until @.rearmu.rearmu.nummu=0;
        @.continue;
    else
        repeat
            waituntil singleproc2.full=false prio 1;
            @.rearmu.cont.move(singleproc2);
        until @.rearmu.nummu=0;
    @.continue;
end;
end;
```

Obrázek 5- 7: Ukázka příkazu pro vykládku, vlastní zpracování, 2017

Jak již bylo zmíněno výše, u všech variant, jak s použitím NZV, tak s použitím automaticky řízených vozíků, je třeba nasimulovat také zajištění manipulačních zařízení do nabíjecích stanic a vyjždění zařízení nových. To je nastaveno přes generátor, který nařizuje zajetí do nabíjecí stanice po 8 hodinách.



Obrázek 5- 8: Zajištění výměny směn, vlastní zpracování 2017

## 6. Varianty simulací

Tato a další dvě kapitoly jsou věnované popisu odlišností mezi jednotlivými variantami, jejich vyhodnocení a následnému porovnání. Nejprve jsou simulovány metody, k jejichž zavázení je využito automaticky řízených vozíků, dále pak stejné varianty pouze s využitím nízkozdvíhých vozíků. Přehled všech variant je uveden v následující tabulce. Trasa číslo jedna rozděluje layout na dvě části, z nichž každou část zásobují rozdílná zařízení. Trasa číslo dvě označuje variantu, při které jsou zavážena všechna pracoviště všemi prostředky.

	Počet AGV	Varianta trasy	Počet NZV	Strategie	Strategie	Počet zavážených kusů pomocí AGV	Počet zavážených kusů pomocí NZV
<b>VARIANTA 1</b>	7	1	-	Dle harmonogramu	Pevně stanovená trasa	6 + 6	-
<b>VARIANTA 2</b>	7	2	-	Dle harmonogramu	Trasa dle požadavků	6 + 6	-
<b>VARIANTA 3</b>	13	2	-	Dle harmonogramu	Pevně stanovená trasa	6 + 6	-
<b>VARIANTA 4</b>	7	1	-	Dle požadavků	Pevně stanovená trasa	6 + 6	-
<b>VARIANTA 5</b>	7	2	-	Dle požadavků	Trasa dle požadavků	6 + 6	-
<b>VARIANTA 6</b>	13	2	-	Dle požadavků	Pevně stanovená trasa	6 + 6	-
<b>VARIANTA 7</b>	-	1	8	Dle harmonogramu	Pevně stanovená trasa	-	10
<b>VARIANTA 8</b>	-	2	8	Dle harmonogramu	Trasa dle požadavků	-	10
<b>VARIANTA 9</b>	-	2	8	Dle harmonogramu	Pevně stanovená trasa	-	10
<b>VARIANTA 10</b>	-	1	8	Dle požadavků	Pevně stanovená trasa	-	10
<b>VARIANTA 11</b>	-	2	8	Dle požadavků	Trasa dle požadavků	-	10
<b>VARIANTA 12</b>	-	2	8	Dle požadavků	Pevně stanovená trasa	-	10
<b>VARIANTA 13</b>	-	1	6	Dle harmonogramu	Pevně stanovená trasa	-	10

Tabulka 6- 1: Varianty simulací a jejich popis, vlastní zpracování 2017

## 6.1. Varianta 1

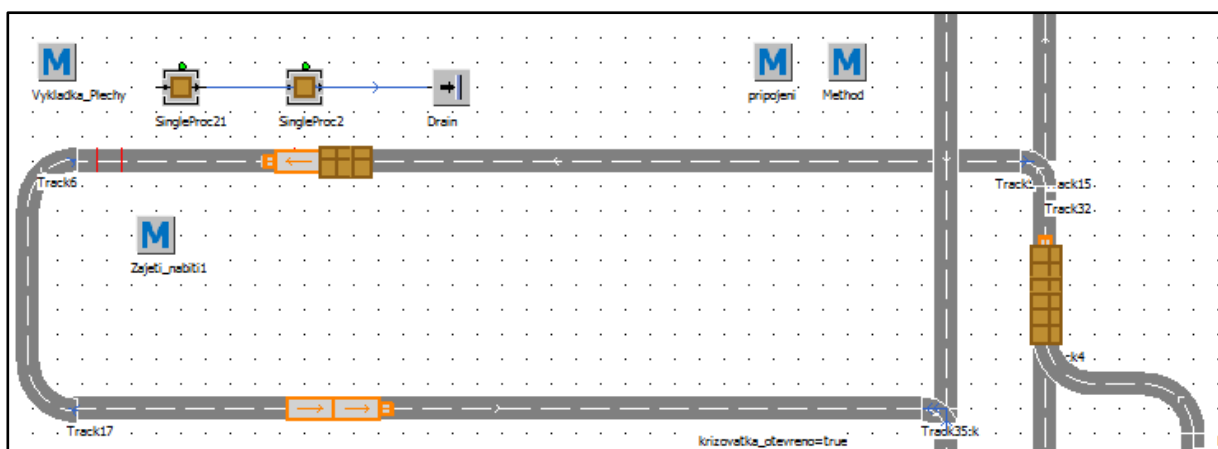
Varianta číslo 1 je specifická zavážením pomocí **sedmi AGV**, z nichž čtyři automatické tahače zavážejí pouze oblast plechů a tři pouze oblast kartonů (**varianta trasy 1**). Ve všech variantách jsou vždy vybudovány také nabíjecí stanice, do kterých po každé směně (8 hodin) tahače zajedou. Tato varianta pracuje s **pevně stanoveným harmonogramem** a také její **trasa je pevně stanovena**.

Nejprve došlo k analýze zavážení dle layoutu. Ta byla provedena na základě rychlosti zavážení, počtu zavážených kusů a délce trasy. Vše je podrobně znázorněno v **příloze A**. Postup, který byl použit pro výpočet u pracoviště plechů, byl aplikován také na pracoviště kartonů (**příloha B**).

Časy, které jsou uvedeny v přílohách, jsou časy, které jsou stanoveny v simulaci. Při jízdě je třeba brát na zřetel, že v místech, kde jsou křižovatky, je rychlost AGV znatelně nižší, což ovlivňuje celkový čas jízdy. Na grafech je názorně ilustrováno, kolik času je věnováno jízdě a kolik času z celkového kola je věnováno vykládce nebo nakládce (čas čekání). Také jsou zde přehledně rozdělena všechna stanoviště a přiděleno k nim časové ohodnocení. To vyplývá z rychlosti jízdy, změny rychlosti v oblasti křižovatek, T/T výrobních linek a předvýrobních stanovišť.

Z těchto výpočtů lze jednoduše odvodit počet AGV. Pro zavážení trasy s plechy je potřeba čtyř AGV, na zavážení trasy s kartony, je třeba tří tahačů. To určuje potřebu 7 tahačů pro celý layout.

Z analýzy lze také snadno určit, jak dlouho trvá jednomu tahači, než provede zásobování dané trasy. Na tomto základě poté došlo také ke stanovení času pro harmonogram. Jelikož je snaha o to, aby stanoviště vykládky bylo stále vytížené, tedy aby přísun polotovarů byl kontinuální, byl čas, dle kterého se řídí jednotlivé jízdy, stanoven na 240 sec. u plechů a 390 sec. u kartonů. Tímto je zabezpečena nepřetržitá pravidelná vykládka.



Obrázek 6- 1: Ukázka ze simulace varianty 1, vlastní zpracování 2017

Z provedené simulace lze jasně konstatovat, že jestliže proběhne správné nastavení času harmonogramu, je výroba kontinuální. To dokazuje také statistika ze simulace. SingleProc2 a SingleProc21 odpovídá vykládce u plechů, SingleProc3 a SingleProc31 značí vykládku u kartonů. Využití přes devadesát procent značí, že výroba probíhá neustále. Přibližně jednoprocenní nevyužití je dáno výměnou směn po osmi hodinách.

SingleProc2	99.53%	0.00%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.28%	0.00%	0.72%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	99.29%	0.00%	0.71%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	98.90%	0.00%	1.10%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 2: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 1, vlastní zpracování 2017

Následující tabulka zobrazuje rozprostření vytiženosti AGV. V průměru jen 20% je stráveno jízdou, zbylých 80% času tráví AGV čekáním. Čekání zahrnuje jak nakládku a vykládku, tak také dobu strávenou čekáním na start dle jízdního řádu. Procento čekání je takto vysoké také z toho důvodu, že potřeba AGV byla u plechů 3,17 AGV a u kartonů 2,80 AGV. To znamená, že nebylo potřeba 7 automaticky řízených vozíků na zavážení. Jelikož by však 3 nestihly zásobovat oblast plechů, je výhodnější, aby vždy jeden z tahačů určitou dobu čekal, než aby případná další navazující výroba musela čekat na příjezd polotovarů. Tento přístup platí také pro oblast kartonů. Délka trasy je uvedena za směnu, z tabulky lze vidět, že všechna zařízení zajíždí přibližně stejnou trasu a jejich rozprostření je vyvážené.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.AGV:3	19.90%	0.00%	80.09%	0.00%	0.00%	0.00%	4231.15m
.Models.AGV:11	19.83%	0.00%	80.17%	0.00%	0.00%	0.00%	4226.85m
.Models.AGV:13	19.86%	0.00%	80.12%	0.00%	0.00%	0.00%	4222.55m
.Models.AGV:12	20.33%	0.00%	79.67%	0.00%	0.00%	0.00%	4156.61m
.Models.AGV:14	20.24%	0.00%	79.75%	0.00%	0.00%	0.00%	4152.31m
.Models.AGV:1	20.81%	0.00%	79.19%	0.00%	0.00%	0.00%	4286.92m
.Models.AGV:10	20.81%	0.00%	79.17%	0.00%	0.00%	0.00%	4282.62m

Obrázek 6- 3: Analýza transportu pomocí AGV varianty 1, vlastní zpracování 2017

Nedílnou součástí výsledku simulace je také počet vyložených kusů za den.

Object	All Types	Plechý	Kartony
Drain	4293	4293	0
Drain1	2633	0	2633

Obrázek 6- 4: Počet vyložených kusů za den - varianta 1, vlastní zpracování 2017

## 6.2. Varianta 2

Druhá varianta má omezení z hlediska **harmonogramu**, který je **pevně daný**. Oproti první variantě má však **trasu dle požadavků**. Stejně tak trasa, kterou je nutno zavést se liší (**varianta trasy 2**). V tomto případě dochází také k zavážení všech stanovišť pomocí AGV. Aby však mohlo dojít ke kontinuálnímu zavážení, je počet **AGV** stanoven na **7**. Údaj, který je v **příloze C** však značí, že pro zásobování je potřeba 13 zavážecích zařízení. Tento počet však platí pro pevně stanovenou trasu. Jelikož je v tomto případě trasa dle potřeby, došlo k optimalizaci počtu zařízení na 7.

Jelikož jsou T/T linek velice rozdílné, je důležité zajistit u této varianty kontrolní body, díky kterým je AGV určeno, na které pracoviště má zajet. Jestliže automaticky řízené vozíky mají dle trasy naplánováno zajetí na kartony, avšak dostanou signál, že nakládku u plechů je volná, zajedou nejdříve na toto volné stanoviště. Tím je opět zajištěna kontinuita zavážení výrobní linky.

Harmonogram, dle kterého dochází k zavážení, je opět snadno dohledatelný z přílohy C a je stejný jako u předchozí varianty číslo 1, tedy 240 sekund u plechů a 390 sekund u kartonů.

Z výsledků je opět patrné, že nepřetržitá výroba byla zajištěna. Tomu odpovídají hodnoty SingleProc2 a 21 (vykládka plechů) a SingleProc3 a 31 (vykládka kartonů). Průměrné jednocentní nevyužití je opět způsobeno změnou směn po osmi hodinách.

SingleProc2	99.18%	0.00%	0.82%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	98.80%	0.00%	1.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	98.94%	0.00%	1.06%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	98.41%	0.00%	1.59%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 5: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 2, vlastní zpracování 2017

AGV v této variantě zásobuje celou trasu. Obsluhuje jak pracoviště plechů, tak kartonů. Z počtu najetých kilometrů za směnu lze rozpoznat, že délka trasy je vyšší. Stejný údaj lze vyčíst také z procentuální hodnoty transportu.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.AGV:3	20.61%	0.00%	79.38%	0.00%	0.00%	0.00%	4694.62m
.Models.AGV:14	20.32%	0.00%	79.67%	0.00%	0.00%	0.00%	4603.25m
.Models.AGV:1	20.84%	0.00%	79.16%	0.00%	0.00%	0.00%	4749.46m
.Models.AGV:10	20.52%	0.00%	79.46%	0.00%	0.00%	0.00%	4658.10m
.Models.AGV:12	20.88%	0.00%	79.11%	0.00%	0.00%	0.00%	4740.86m
.Models.AGV:11	21.15%	0.00%	78.85%	0.00%	0.00%	0.00%	4823.63m
.Models.AGV:13	21.16%	0.00%	78.83%	0.00%	0.00%	0.00%	4819.33m

Obrázek 6- 6: Analýza transportu pomocí AGV varianty 2, vlastní zpracování 2017

Počet vyložených kusů za den je v tomto případě nepatrně nižší než v první variantě, to je ale dáno pouze různými prostoji při změně směn. Kontinuální výroba je zajištěna v obou případech.

Object	All Types	Plech	Kartony
Drain	4279	4279	0
Drain1	2621	0	2621

Obrázek 6- 7: Počet vyložených kusů za den - varianta 2, vlastní zpracování 2017

### 6.3. Varianta 3

Stejně jako dvě předchozí varianty, i tato je postavena na přesném **harmonogramu**. Jednotlivá kola mají opět rozmezí 240 sekund u plechů a 390 sekund u kartonů. **Varianta trasy je 2**, tudíž všechna AGV zavážejí všechna stanoviště. Odlišnost od předchozí varianty je tedy v tom, že **trasa je také pevně stanovená**. Počet **AGV je 13** a odpovídá výpočtu z přílohy C.

Z přílohy C lze odvodit, že 13 automaticky řízených tahačů by mělo stačit. Jestliže je ale dána varianta s pevně stanovenou trasou, není možné splnit požadavek kontinuity. Důvodem je velké množství zavázacích prostředků na trase, které si brání v plynulé jízdě. To znamená, že není splněn požadavek přesného harmonogramu. Signál pro odjezd AGV ze stanoviště je sice vyslán, avšak na tomto místě není žádné dostupné zařízení, které by ho přijalo. Dochází především k neustálému zpoždování zavázacích zařízení u pozice nakládky kartonů, kde není možný průjezd volných AGV ke stanovišti s plechy.

Tento jev je možné sledovat opět na parametru využitosti objektu SingleProc2, SingleProc21 a SingleProc3, SingleProc31. Je zde jasně patrné, že vykládací místa pro plechy jsou zásobována pouze z necelých 64%. To je v přímém rozporu s požadavkem na kontinuitu výroby.

SingleProc2	63.78%	0.00%	36.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	98.72%	0.00%	1.28%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	63.61%	0.00%	36.39%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	98.33%	0.00%	1.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 8: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 3, vlastní zpracování 2017

Z následujících výsledků je patrné, že transportní zařízení si navzájem překážejí a zdržují se. Proto je oproti předchozím dvěma variantám počet najetých kilometrů výrazně nižší a také procento času stráveného přejížděním je nižší.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.AGV:26	9.14%	0.00%	90.86%	0.00%	0.00%	0.00%	2278.88m
.Models.AGV:3	9.24%	0.00%	90.75%	0.00%	0.00%	0.00%	2314.58m
.Models.AGV:10	9.20%	0.00%	90.78%	0.00%	0.00%	0.00%	2310.28m
.Models.AGV:21	9.20%	0.00%	90.79%	0.00%	0.00%	0.00%	2305.98m
.Models.AGV:22	8.70%	0.00%	91.30%	0.00%	0.00%	0.00%	2178.67m
.Models.AGV:25	8.74%	0.00%	91.25%	0.00%	0.00%	0.00%	2174.37m
.Models.AGV:1	9.19%	0.00%	90.81%	0.00%	0.00%	0.00%	2308.98m
.Models.AGV:17	9.25%	0.00%	90.75%	0.00%	0.00%	0.00%	2304.68m
.Models.AGV:18	9.22%	0.00%	90.78%	0.00%	0.00%	0.00%	2300.38m
.Models.AGV:20	9.26%	0.00%	90.74%	0.00%	0.00%	0.00%	2296.08m
.Models.AGV:19	9.16%	0.00%	90.84%	0.00%	0.00%	0.00%	2291.78m
.Models.AGV:23	9.18%	0.00%	90.80%	0.00%	0.00%	0.00%	2287.48m
.Models.AGV:24	9.15%	0.00%	90.84%	0.00%	0.00%	0.00%	2283.18m

Obrázek 6- 9: Analýza transportu pomocí AGV varianty 3, vlastní zpracování 2017

Na ukazateli počtu vynaložených kusů za den lze jasně vidět, že varianta s pevnou trasou není nikterak výhodná. Vykládka plechů je přibližně o 40% nižší než v předchozích variantách.

Object	All Types	Plech	Kartony
Drain	2751	2751	0
Drain1	2619	0	2619

Obrázek 6- 10: Počet vyložených kusů za den - varianta 3, vlastní zpracování 2017

## 6.4. Varianta 4

Varianty 4 - 6 jsou stále zaměřeny na zavážení pomocí automaticky řízených vozíků, ovšem nyní se jedná o možnosti, u kterých je čas zavážení plánován dle potřeby. V těchto případech je potřeba naplánována tak, že jestliže jsou na vykládacím vozíku poslední dva kusy, vyráží z předchozího stanoviště další AGV. Ve variantě 4 je dále použita strategie pevně dané trasy



a **varianta trasy** je číslo **1**, tedy jedno AGV zásobuje pouze stanoviště plechu a další jiné AGV zásobuje pouze kartony.

Tato varianta vychází z první, proto pro propočítání zavázacích strojů je znovu použita **příloha A a B**. Znamená to tedy **7 automaticky řízených tahačů**, čtyři pro oblast plechů a tři pro oblast kartonů.

Jelikož je opět zajištěna kontinuální výroba, parametry SingleProc2,21 a SingleProc3,31 se vyznačují maximálním vytížením kolem 99%. Necelé jedno procento je určeno pro prostoje při změně zavázacích prostředků po osmihodinové směně.

SingleProc2	99.55%	0.00%	0.45%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.32%	0.00%	0.68%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	99.31%	0.00%	0.69%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	98.93%	0.00%	1.07%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 11: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 4, vlastní zpracování 2017

Počet najetých kilometrů se shoduje s variantou jedna. Tím je jasně řečeno, že v případě daného layoutu a zadaných podmínek nezáleží na tom, zda je harmonogram pevně daný, nebo zavážení probíhá na základě požadavků. Vždy je zajištěna kontinuální výroba a v případě zavážení dle požadavků dochází jen k přesunu určité části čekací doby na jiné místo.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.AGV:3	19.92%	0.00%	80.07%	0.00%	0.00%	0.00%	4231.15m
.Models.AGV:11	19.84%	0.00%	80.15%	0.00%	0.00%	0.00%	4226.85m
.Models.AGV:13	19.87%	0.00%	80.10%	0.00%	0.00%	0.00%	4222.55m
.Models.AGV:12	20.34%	0.00%	79.65%	0.00%	0.00%	0.00%	4156.61m
.Models.AGV:14	20.26%	0.00%	79.73%	0.00%	0.00%	0.00%	4152.31m
.Models.AGV:1	20.82%	0.00%	79.18%	0.00%	0.00%	0.00%	4286.92m
.Models.AGV:10	20.83%	0.00%	79.15%	0.00%	0.00%	0.00%	4282.62m

Obrázek 6- 12: Analýza transportu pomocí AGV varianty 4, vlastní zpracování 2017

Opět lze pozorovat ukazatel počtu vyložených kusů za den, který je na své maximální hranici. Tím se projevuje nepřetržitá výroba.

Object	All Types	Plech	Kartony
Drain	4295	4295	0
Drain1	2635	0	2635

Obrázek 6- 13: Počet vyložených kusů za den - varianta 4, vlastní zpracování 2017

## 6.5. Varianta 5

Tato variace se vyznačuje plánováním **zavážení dle potřeby, variantou trasy 2** a variabilní **trasou dle požadavků**. Varianta trasy 2 označuje, že pokud AGV zaveze úsek plechů, následuje na úsek kartonů. Ovšem, jelikož je trasa dána také požadavky, jestliže se vyskytne volné místo na některém nakládacím pracovišti, volné AGV na toto místo zajede. Počet **AGV** je opět **7** dle **přílohy C** a její optimalizace.

Opět je snaha o souvislou výrobu, což prokazují stejné ukazatele jako u předchozích variant. Vytíženost vykládacích míst je přes 98%, jak ukazuje obrázek na další straně (Obrázek 6- 14: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 5, vlastní zpracování 2017).

SingleProc2	99.23%	0.00%	0.77%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.28%	0.00%	0.72%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	98.98%	0.00%	1.02%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	98.89%	0.00%	1.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 14: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 5, vlastní zpracování 2017

Najeté kilometry za směnu jsou vyšší než v předchozí variantě číslo 4. Toto zvýšení je zapříčiněno změnou obsluhované trasy z varianty 1 na variantu 2. Jeden tahač tedy zaváží jak pracoviště plechů, tak kartonů. Proto je nižší také procento čekání u ukazatele přepravy.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.AGV:3	21.53%	0.00%	78.46%	0.00%	0.00%	0.00%	4694.62m
.Models.AGV:14	22.17%	0.00%	77.82%	0.00%	0.00%	0.00%	4829.23m
.Models.AGV:13	21.20%	0.00%	78.80%	0.00%	0.00%	0.00%	4610.55m
.Models.AGV:1	21.76%	0.00%	78.24%	0.00%	0.00%	0.00%	4745.16m
.Models.AGV:10	21.43%	0.00%	78.55%	0.00%	0.00%	0.00%	4653.80m
.Models.AGV:12	21.80%	0.00%	78.19%	0.00%	0.00%	0.00%	4736.56m
.Models.AGV:11	22.08%	0.00%	77.91%	0.00%	0.00%	0.00%	4819.33m

Obrázek 6- 15: Analýza transportu pomocí AGV varianty 5, vlastní zpracování 2017

Varianty s automaticky řízenými vozíky, které nejsou ovlivněny pevnou trasou (varianta trasy 2), dosahují nepřetržité výroby a počet jejich vyložených kusů za den je na maximu.

Object	All Types	Plechů	Kartonů
Drain	4281	4281	0
Drain1	2633	0	2633

Obrázek 6- 16: Počet vyložených kusů za den - varianta 5, vlastní zpracování 2017

## 6.6. Varianta 6

Šestá simulace je poslední, která je zaměřena na zavážení pomocí AGV. Varianta je charakteristická **zavážením** polotovarů **dle požadavků**, **pevně stanovenou trasou** a **variantou trasy 2**.

Počet **automaticky řízených tahačů (13)** je opět stanoven dle **přílohy C**.

Stejně tak jako v simulaci číslo 3, tak i v této dochází k tomu, že jelikož je trasa pevně stanovená, mezi T/T obou výrobních linek je velký časový rozdíl a počet AGV je tak vysoký, že si na trasách překáží. Vznikají fronty u pracovišť nakládky kartonů a obě pracoviště plechů čekají.

V této simulaci je tedy také snaha o nepřetržitou výrobu, avšak z hodnotících ukazatelů je zřetelné, že výsledek není optimální. Těmito ukazateli jsou především vytíženost vykládky na jednotlivých pracovištích. U pracovišť pro plechy lze sledovat vytíženost pouze lehce přes 60%.

SingleProc2	62.78%	0.00%	37.22%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	97.48%	0.00%	2.52%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	62.57%	0.00%	37.43%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	97.09%	0.00%	2.91%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 17: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 6, vlastní zpracování 2017

Stejně jako u varianty 3 si lze na datech najetých kilometrů a procentuálního rozložení transportu pomocí AGV vyvodit, že tato varianta je nefunkční a počet automaticky řízených vozíků je moc vysoký.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.AGV:26	8.72%	0.00%	91.28%	0.00%	0.00%	0.00%	2278.88m
.Models.AGV:3	8.78%	0.00%	91.22%	0.00%	0.00%	0.00%	2314.58m
.Models.AGV:10	8.71%	0.00%	91.27%	0.00%	0.00%	0.00%	2310.28m
.Models.AGV:21	8.74%	0.00%	91.25%	0.00%	0.00%	0.00%	2305.98m
.Models.AGV:22	8.28%	0.00%	91.72%	0.00%	0.00%	0.00%	2178.67m
.Models.AGV:25	8.32%	0.00%	91.68%	0.00%	0.00%	0.00%	2174.37m
.Models.AGV:1	8.74%	0.00%	91.26%	0.00%	0.00%	0.00%	2308.98m
.Models.AGV:20	8.81%	0.00%	91.18%	0.00%	0.00%	0.00%	2304.68m
.Models.AGV:17	9.45%	0.00%	90.55%	0.00%	0.00%	0.00%	2462.23m
.Models.AGV:18	8.70%	0.00%	91.30%	0.00%	0.00%	0.00%	2296.08m
.Models.AGV:19	8.69%	0.00%	91.31%	0.00%	0.00%	0.00%	2291.78m
.Models.AGV:23	8.69%	0.00%	91.30%	0.00%	0.00%	0.00%	2287.48m
.Models.AGV:24	8.71%	0.00%	91.28%	0.00%	0.00%	0.00%	2283.18m

Obrázek 6- 18: Analýza transportu pomocí AGV varianty 6, vlastní zpracování 2017

U poslední varianty, která je soustředěna na zavážení pomocí AGV lze opět sledovat rapidní snížení počtu vyložených kusů za den u pracovišť plechů. Příčinou je především již zmiňovaný vysoký počet zavážecích zařízení.

Object	All Types	Plech	Kartony
Drain	2707	2707	0
Drain1	2585	0	2585

Obrázek 6- 19: Počet vyložených kusů za den - varianta 6, vlastní zpracování 2017

## 6.7. Varianta 7

Od této simulace až do třinácté jsou za zavážecí prostředky stanoveny nízkozdvíhací elektrické vozíky. Jejich propočítání je dáno na základě stejného klíče jako v předchozích variantách. Pro variantu 7 je výpočet obsažen v **příloze D a E**. Tyto přílohy jsou již přepočítané pro rychlosti a kapacitu nízkozdvíhacích elektrických vozíků. U křižovatek je opět zajištěna určitá míra bezpečnosti práce tím, že rychlost NZV je v průjezdu křižovatkami snížena. Stejně tak, jako v případě automaticky řízených vozíků, je přednost na křižovatkách dána systémem FIFO.

Takt time výrobních linek se nemění, aby byla zaručena porovnatelnost všech variant. Změna probíhá v rychlosti zavážení, jelikož elektrický nízkozdvíhací vozík má znatelně vyšší rychlost. Stejně tak je změna v počtu zavážených kusů polotovarů. NZV má kapacitu jednoho gitterboxu, který obsahuje 10 ks polotovarů, avšak zavážená trasa je dvojnásobná, protože paletový vozík zvládá zásobování jen jednoho vykládacího stanoviště.

Varianta 7 je limitována stejnými parametry jako varianta 1. Stejně tak další navazující varianty se shodují s ekvivalenty, které jsou zaváženy pomocí AGV.

Omezení pro tuto simulaci tedy jsou: **zavážení dle pevně stanoveného harmonogramu, trasa je pevně vymezená a varianta trasy je 1**. Elektrické nízkozdvíhací vozíky tedy zajišťují zavážení pouze poloviny trasy. NZV provádí pouze nakládku plechů a poté její vykládku. Jiný elektrický paletový vozík poté provádí zavážení kartonů.

Počet **nízkozdvižných vozíků** vyplývá z výpočtu z **příloh D a E**. Tento počet odpovídá šesti NZV. Avšak jelikož je stanoveno omezení, které neumožňuje předjíždění a dráhy jsou jednosměrné, je počet NZV vyšší. Zavážení musí probíhat tak, že jezdí vždy dva paletové vozíky v těsném intervalu za sebou. Tím je dosaženo kontinuálního závozu. Šest NZV by stejnou trasu také mohlo zásobit, avšak v případě, že by byla možnost předjíždění/objíždění na trase. Je tedy potřeba **čtyř** elektrických NZV pro zavážení oblasti plechů, **čtyři** jsou zapotřebí pro zavážení kartonů.

Stejně tak jako byly určeny základní porovnávací parametry u variant s automaticky řízenými tahači, jsou stejné parametry stanoveny i zde. Tímto se opět zaručí porovnatelnost.

Parametry pro porovnání jednotlivých variant jsou vytíženosti vykládacích míst.

SingleProc2	99.20%	0.00%	0.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	98.85%	0.00%	1.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	99.20%	0.00%	0.80%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	98.86%	0.00%	1.14%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 20: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 7, vlastní zpracování 2017

V porovnání se zavážením pomocí AGV je důležitým faktorem také vytíženost NZV. Je zde uveden počet najetých kilometrů, který je obdobný jako u automaticky řízených tahačů. Tato skutečnost je dána tím, že trasa, která je zásobována, se neliší. Ovšem liší se potřeba počtu zavážecích zařízení. Jelikož požadovaný počet z příloh D a E byl o dva NZV nižší, než je v simulaci použito, je tento fakt znatelný na ukazateli přepravy, kdy přejíždění zastává pouze okolo 6% z celkového času výroby. Kontinuita výroby však byla zachována a tento fakt se odráží na ukazateli celkového počtu vyložených kusů za den.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:3	5.45%	0.00%	94.55%	0.00%	0.00%	0.00%	3893.77m
.Models.NZV:12	5.46%	0.00%	94.54%	0.00%	0.00%	0.00%	3891.37m
.Models.NZV:14	5.45%	0.00%	94.54%	0.00%	0.00%	0.00%	3888.98m
.Models.NZV:16	5.46%	0.00%	94.52%	0.00%	0.00%	0.00%	3886.58m
.Models.NZV:1	7.24%	0.00%	92.76%	0.00%	0.00%	0.00%	4990.06m
.Models.NZV:5	7.25%	0.00%	92.72%	0.00%	0.00%	0.00%	4987.66m
.Models.NZV:13	7.24%	0.00%	92.74%	0.00%	0.00%	0.00%	4985.27m
.Models.NZV:15	7.25%	0.00%	92.72%	0.00%	0.00%	0.00%	4982.87m

Obrázek 6- 21: Analýza transportu pomocí AGV varianty 7, vlastní zpracování 2017

Object	All Types	Plech	Kartony
Drain	4284	4284	0
Drain1	2636	0	2636

Obrázek 6- 22: Počet vyložených kusů za den - varianta 7, vlastní zpracování 2017

## 6.8. Varianta 8

Simulace varianty 8 je ekvivalentní k variantě dvě, s odlišností zavážecích prostředků. Zavážení probíhá prostřednictvím elektrických NZV, jejichž počet je stanoven dle **přílohy F** na 7, ovšem opět je zde omezení v předjíždění a proto je finální počet **vozíků 8**.

Simulace se vyznačuje **zásobováním podle jízdního řádu**, trasa je **dle požadavků** a její **varianta je 2**. Tudíž všechny nízkozdvižné vozíky zavážejí všechna stanoviště.

Na trase jsou nastaveny senzory, díky kterým NZV poznají, zda je na některém z nakládacích míst volno, a jestliže tomu tak je, volný nízkozdvižný vozík na tuto pozici zajede.

Kontinuitu výroby lze ověřit na parametrech vytiženosti vykládacích prostor na následujícím obrázku.

SingleProc2	99.08%	0.00%	0.92%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	86.84%	0.00%	13.16%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	99.08%	0.00%	0.92%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	85.59%	0.00%	14.41%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 23: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 8, vlastní zpracování 2017

Díky dopravnímu omezení, kterým je zakázáno předjíždění, popřípadě objíždění bylo nutno zvýšit počet paletových vozíků. Tímto je procento čekání při přepravě znatelně vyšší než u použití automaticky řízených tahačů. Počty najetých kilometrů jsou stále srovnatelné u všech variant simulací. Výroba však není nepřetržitá a počet vyložených kusů za směnu je nižší než u ostatních variant, kde byla zachována kontinuita výroby.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:15	6.68%	0.00%	93.30%	0.00%	0.00%	0.00%	4972.44m
.Models.NZV:12	7.49%	0.00%	92.51%	0.00%	0.00%	0.00%	5524.65m
.Models.NZV:5	6.76%	0.00%	93.22%	0.00%	0.00%	0.00%	5019.48m
.Models.NZV:16	6.92%	0.00%	93.06%	0.00%	0.00%	0.00%	5121.09m
.Models.NZV:1	6.75%	0.00%	93.25%	0.00%	0.00%	0.00%	5027.28m
.Models.NZV:14	6.64%	0.00%	93.36%	0.00%	0.00%	0.00%	4908.91m
.Models.NZV:3	7.02%	0.00%	92.98%	0.00%	0.00%	0.00%	5219.56m
.Models.NZV:13	6.92%	0.00%	93.05%	0.00%	0.00%	0.00%	5130.09m

Obrázek 6- 24: Analýza transportu pomocí AGV varianty 8, vlastní zpracování 2017

Object	All Types	Kartony	Plechů
Drain	4280	0	4280
Drain1	2291	2291	0

Obrázek 6- 25: Počet vyložených kusů za den - varianta 8, vlastní zpracování 2017

## 6.9. Varianta 9

Stejně tak jako předchozí dvě varianty, i pro tuto existuje stejná simulace se shodnými strategiemi, pouze se změnou zavážecího prostředku. Zásobování probíhá pomocí NZV, jejich počet (8) je stanoven dle přílohy F s přihlédnutím na omezení v dopravě.

Zásobování je v této variantě opět stanoveno dle harmonogramu a probíhá tedy tak, že každých 400 sekund je zaváženo pracoviště vykládky plechů a každých 650 sekund je zaváženo pracoviště vykládky kartonů.

Trasa je stanovena pevně a její varianta má označení 2.

Z důvodu pevně stanovené trasy, varianty trasy číslo 2 a omezení předjíždění, dochází v této simulaci k tomu, že není dodržen požadavek na plynulost výroby.

Z této příčiny jsou sníženy také ukazatele vytiženosti vykládky u stanovišť plechů. Již v tomto bodě lze konstatovat, že jestliže je trasa zadána pevně a její varianta je dva, tedy že určené zavážecí prostředky zavážejí všechna pracoviště, nelze zaručit kontinuitu výroby. Příčinou je

opět nemožnost předjíždění nebo objíždění zavázacích prostředků. Jestliže dochází k vykládce na prvním stanovišti a druhé je již prázdné, navazující zavázací zařízení musí čekat za prvním stanovištěm a kontinuita je tak porušena.

SingleProc2	60.19%	0.00%	39.81%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.11%	0.00%	0.89%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	60.19%	0.00%	39.81%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	97.68%	0.00%	2.32%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 26: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 9, vlastní zpracování 2017

Výše zmíněné důvody mají vliv také na parametr přepravy, kde se doba čekání pohybuje okolo 95%. Počet vyložených kusů plechů je přibližně o 40% nižší než u předchozích variant, kde je dodržena nepřetržitá výroba.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:16	5.24%	0.00%	94.75%	0.00%	0.00%	0.00%	5024.28m
.Models.NZV:5	5.36%	0.00%	94.62%	0.00%	0.00%	0.00%	5021.88m
.Models.NZV:15	5.41%	0.00%	94.56%	0.00%	0.00%	0.00%	4975.44m
.Models.NZV:12	5.64%	0.00%	94.35%	0.00%	0.00%	0.00%	4973.04m
.Models.NZV:14	5.24%	0.00%	94.75%	0.00%	0.00%	0.00%	4883.58m
.Models.NZV:1	5.36%	0.00%	94.64%	0.00%	0.00%	0.00%	4881.18m
.Models.NZV:13	5.41%	0.00%	94.56%	0.00%	0.00%	0.00%	5191.82m
.Models.NZV:3	5.65%	0.00%	94.35%	0.00%	0.00%	0.00%	5189.43m

Obrázek 6- 27: Analýza transportu pomocí AGV varianty 9, vlastní zpracování 2017

Object	All Types	Kartony	Plechý
Drain	2600	0	2600
Drain1	2615	2615	0

Obrázek 6- 28: Počet vyložených kusů za den - varianta 9, vlastní zpracování 2017

## 6.10. Varianta 10

Od této simulace se provádí **zavážení** pomocí elektrických NZV **dle požadavků**. Počet NZV je **8** a je stanoven dle **příloh D a E** opět s ohledem na dopravní omezení.

**Trasa**, kterou je nutno obsloužit, je **pevně stanovená**, **varianta** je **1**. Nízkozdvížený vozík zásobuje jen polovinu trasy. Jeden zásobuje pouze okruh plechů, jiný pouze okruh kartonů.

Zásobování dle požadavků je nastaveno tak, že pokud jsou na vykládacím stanovišti poslední dva kusy, znamená to signál pro nově vyjíždějící NZV. Tato podmínka platí nejen pro variantu 10, ale také pro 11 a 12.

U všech variant je snaha o optimalizaci v rámci vykládky - nepřetržitá výroba. U varianty 10 je tato podmínka splněna, důkazem jsou parametry SingleProc2,21 a SingleProc3,31.

SingleProc2	99.83%	0.00%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.79%	0.00%	0.21%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	99.83%	0.00%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	99.80%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 29: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 10, vlastní zpracování 2017

Vytíženost NZV značí velké procento čekání. Prostoje jsou zapříčiněny vyšším počtem NZV než je zapotřebí a čekáním na možnost zavážení až do bodu, kdy jsou na zavážených stanovištích pouze dva kusy polotovaru. Omezením je také nemožnost předjíždění.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:12	5.49%	0.00%	94.51%	0.00%	0.00%	0.00%	3893.77m
.Models.NZV:15	7.29%	0.00%	92.69%	0.00%	0.00%	0.00%	4984.66m
.Models.NZV:5	7.48%	0.00%	92.50%	0.00%	0.00%	0.00%	5121.18m
.Models.NZV:16	5.49%	0.00%	94.49%	0.00%	0.00%	0.00%	3886.58m
.Models.NZV:3	5.49%	0.00%	94.51%	0.00%	0.00%	0.00%	3896.77m
.Models.NZV:13	7.29%	0.00%	92.69%	0.00%	0.00%	0.00%	4987.66m
.Models.NZV:1	7.48%	0.00%	92.52%	0.00%	0.00%	0.00%	5124.18m
.Models.NZV:14	5.49%	0.00%	94.50%	0.00%	0.00%	0.00%	3889.58m

Obrázek 6- 30: Analýza transportu pomocí AGV varianty 10, vlastní zpracování 2017

Object	All Types	Plechy	Kartony
Drain	4312	4312	0
Drain1	2652	0	2652

Obrázek 6- 31: Počet vyložených kusů za den - varianta 10, vlastní zpracování 2017





Tato varianta dle požadavků zaručuje nepřetržité zásobování, a proto je počet vyložených kusů za den srovnatelný s maximálními hodnotami ostatních variant, které splňují všechny zadané podmínky.

## 6.11. Varianta 11

Varianta 11 je determinována **žádostmi na zavážení, trasou**, která je **dle požadavků** a variantou trasy **2**. Tato varianta zajišťuje kontinuitu výroby zejména díky tomu, že trasa je do určité míry flexibilní. To znamená, že v případě potřeby je možno, aby volný nízkozdvíhový elektrický vozík zaujal pozici, která se uvolnila.

Počet nízkozdvíhových vozíků vyplývá z **přílohy F**, zřetel je však brán také na dopravní omezení.

Díky trase, která je řízena potřebami, je zajištěna nepřetržitá výroba. Vytíženost vykládky u všech pracovišť je znázorněna na obrázku níže.

SingleProc2	99.83%	0.00%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.80%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	99.83%	0.00%	0.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	99.80%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 32: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 11, vlastní zpracování 2017

Procento určující dobu čekání z celkové doby výroby je opět okolo 93%, stejně tak jako u předchozích variant zavážených pomocí elektrických paletových vozíků. Důvodem je vyšší počet NZV nežli je potřeba, zejména z důvodu dodržení kontinuální výroby s ohledem na dopravní omezení. Z počtu vyložených kusů za směnu je patrné, že závoz funguje správně. Viz Obrázek 6- 33: Analýza transportu pomocí AGV varianty 11, vlastní zpracování 2017, Obrázek 6- 34: Počet vyložených kusů za den - varianta 11, vlastní zpracování 2017.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:1	6.92%	0.00%	93.08%	0.00%	0.00%	0.00%	5024.28m
.Models.NZV:5	6.93%	0.00%	93.05%	0.00%	0.00%	0.00%	5021.88m
.Models.NZV:13	6.84%	0.00%	93.14%	0.00%	0.00%	0.00%	4975.44m
.Models.NZV:15	6.85%	0.00%	93.13%	0.00%	0.00%	0.00%	4973.04m
.Models.NZV:14	6.74%	0.00%	93.26%	0.00%	0.00%	0.00%	4883.58m
.Models.NZV:16	6.74%	0.00%	93.24%	0.00%	0.00%	0.00%	4881.18m
.Models.NZV:3	7.12%	0.00%	92.88%	0.00%	0.00%	0.00%	5191.82m
.Models.NZV:12	7.12%	0.00%	92.87%	0.00%	0.00%	0.00%	5189.43m

Obrázek 6- 33: Analýza transportu pomocí AGV varianty 11, vlastní zpracování 2017

Object	All Types	Plechy	Kartony
Drain	4312	4312	0
Drain1	2652	0	2652

Obrázek 6- 34: Počet vyložených kusů za den - varianta 11, vlastní zpracování 2017

## 6.12. Varianta 12

Předposlední ze simulovaných variant je zaměřena na zavážení elektrickými nízkozdvíhnými vozíky, počet je opět stanoven díky příloze F a dopravním omezením. **Zavážení** je zajišťováno prostřednictvím **požadavků** po **variantě trasy číslo 2**. Tato **trasa** je **pevně stanovena**.

Tak jako v předchozích variantách s pevně stanovenou trasou a variantou trasy číslo 2, tak i zde dochází k nedodržení kontinuity výroby. Opět je to dáno především dopravními omezeními a velkým rozdílem mezi T/T obou výrobních linek.

Znatelné je to na ukazatelích vytíženosti vykládky plechů, která se pohybuje okolo 61%.

SingleProc2	61.33%	0.00%	38.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	99.80%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	61.34%	0.00%	38.66%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	99.80%	0.00%	0.20%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 35: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 12, vlastní zpracování 2017

U všech variant s nízkozdvíhnými elektrickými zavážecími prostředky lze pozorovat velmi vysoké procento čekání, přibližně 95%. Tento jev je dán nadměrným počtem NZV z důvodu omezení předjíždění nebo objíždění zavážecích prostředků. Tento úkaz lze pozorovat také na ukazateli počtu vyložených kusů za den, který je na následující stránce (Obrázek 6- 37: Počet vyložených kusů za den - varianta 12, vlastní zpracování 2017).

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:14	5.66%	0.00%	94.33%	0.00%	0.00%	0.00%	4141.99m
.Models.NZV:16	5.66%	0.00%	94.32%	0.00%	0.00%	0.00%	4139.59m
.Models.NZV:1	5.64%	0.00%	94.36%	0.00%	0.00%	0.00%	4137.19m
.Models.NZV:5	5.64%	0.00%	94.33%	0.00%	0.00%	0.00%	4134.80m
.Models.NZV:3	5.89%	0.00%	94.10%	0.00%	0.00%	0.00%	4294.25m
.Models.NZV:12	5.90%	0.00%	94.10%	0.00%	0.00%	0.00%	4291.85m
.Models.NZV:13	5.63%	0.00%	94.34%	0.00%	0.00%	0.00%	4127.61m
.Models.NZV:15	5.63%	0.00%	94.34%	0.00%	0.00%	0.00%	4125.21m

Obrázek 6- 36: Analýza transportu pomocí AGV varianty 12, vlastní zpracování 2017



Object	All Types	Plechy	Kartony
Drain	2648	2648	0
Drain1	2652	0	2652

Obrázek 6- 37: Počet vyložených kusů za den - varianta 12, vlastní zpracování 2017

### 6.13. Varianta 13

Poslední varianta simulace je přidána jako doklad toho, že jestliže je požadována kontinuální výroba, je nutné, aby u variant s nízkozdvíhnými elektrickými vozíky zavázely vždy dva vozíky pospolu. Ačkoliv je optimální počet vozíků nižší, s ohledem na dopravní omezení musí být dodržena také podmínka dvou po sobě jedoucích vozíků.

Varianta 13 je totožná s variantou 7. Jedinou změnou je právě počet zavážecích vozíků. **Trasa je tedy pevně stanovená, její varianta je 2 a zavážení probíhá dle harmonogramu.** Počet NZV vychází z příloh D a E. Je tedy nastaven na 6 vozíků. Ve variantě 7 je počet vozíků 8. Jestliže je vozíků 6, znamená to 3 NZV pro oblast plechů a 3 vozíky pro oblast kartonů. Tím je porušena podmínka, že zavážení probíhá dvěma vozíky v těsném závěsu a jelikož nelze na dané trase předjíždět/objíždět, dochází k nedodržení harmonogramu.

Nedodržení harmonogramu se projevuje zejména na ukazatelích vykládky - SingleProc2, 21 a SingleProc3, 31. Je zde nižší využitost oproti ukazatelům, kde výroba probíhá kontinuálně.

SingleProc2	95.83%	0.00%	4.17%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc3	88.96%	0.00%	11.04%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc21	95.87%	0.00%	4.13%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
SingleProc31	89.04%	0.00%	10.96%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	

Obrázek 6- 38: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 13, vlastní zpracování 2017

Jelikož je dán pevně stanovený harmonogram a rychlost zavážení u elektrických paletových vozíků je výrazně vyšší než u automaticky řízených tahačů, je doba strávená čekáním stále kolem 90%. Také počet potřebných NZV je 2,56 a 2,33.

Object	Transport						Traveled Distance
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	
.Models.NZV:12	6.22%	0.00%	93.78%	0.00%	0.00%	0.00%	4399.85m
.Models.NZV:3	6.45%	0.00%	93.55%	0.00%	0.00%	0.00%	4566.14m
.Models.NZV:10	6.45%	0.00%	93.55%	0.00%	0.00%	0.00%	4563.74m
.Models.NZV:1	9.31%	0.00%	90.69%	0.00%	0.00%	0.00%	6379.14m
.Models.NZV:5	9.31%	0.00%	90.67%	0.00%	0.00%	0.00%	6376.74m
.Models.NZV:11	9.31%	0.00%	90.66%	0.00%	0.00%	0.00%	6374.35m

Obrázek 6- 39: Analýza transportu pomocí AGV varianty 13, vlastní zpracování 2017

Počet vyložených kusů za den je v průměru o 200 kusů nižší než může dosahovat maximum. Tyto rozdíly značí prostoje mezi vykládkami a tedy nedodržení zadaného kritéria nepřetržité výroby.

Object	All Types	Plechy	Kartony
Drain	4139	4139	0
Drain1	2365	0	2365

Obrázek 6- 40: Počet vyložených kusů za den - varianta 13, vlastní zpracování 2017

## 7. Porovnání variant

Pro zvolení nejlepší možné varianty za dodržení stanovených podmínek je provedeno porovnání jednotlivých variant.

V následující tabulce (Tabulka 7- 1: Porovnání variant, vlastní zpracování 2017) jsou znázorněny všechny zásadní údaje, které jsou pro porovnání relevantní. Jako první lze vyloučit varianty, které nesplňují zadané podmínky. Zásadním předpokladem byla především kontinuální vykládka, aby byla zabezpečena případná další nepřetržitá výroba. Tuto podmínku nedodrželo pět simulovaných variant. Ostatní varianty splňují zadané požadavky a je proto možno je dále porovnávat.

Zbylých 8 variant je poté porovnáváno dle počtu zavázacích prostředků, počtu vagónů, pružnosti systému, počtu potřebných pracovníků, počtu vyložených kusů, průměrné vytíženosti a počtu najetých kilometrů. Všechny tyto údaje jsou v druhé tabulce (Tabulka 7- 2: Porovnání variant s vahami, vlastní zpracování 2017) ohodnoceny různými vahami od 1 do 5. Váha 5 znamená nejdůležitější faktor, váha jedna naopak. Stejně tak splnění požadavku je oceněno od 1 do 5. Opět číslo 5 znamená nejvíce vyhovující variantu, číslo jedna znamená nejméně vyhovující variantu.

Počet vagónů u variant zavážených pomocí AGV je vždy dvojnásobný oproti počtu tahačů. To je dáno tím, že každé AGV za sebou vleče 2 vozíky. Pružnost systému v tomto případě znamená, zda je trasa, kterou zavázací prostředky obsluhují pevně stanovena. Ostatní kritéria pružnosti variant zamezují. Počet potřebných pracovníků je určen variantou zavázacího prostředku. Jestliže je použito AGV, není obsluha nutná. Pokud je však použit NZV je nutná obsluha každého zařízení jedním operátorem.

Je znám maximální možný počet vyložených kusů za den, kterého lze dosáhnout. Z předchozích kapitol jsou známy také skutečné počty vyložených kusů za den. Rozdíl mezi maximální možnou variantou a skutečnými počty kusů je opět znázorněn v tabulce.

Ze všech těchto údajů a jejich ohodnocení na základě vah je vybrána nejlepší varianta pro zavážení pomocí automaticky řízených vozíků. Touto variantou je možnost číslo 5. Varianta 5 je determinována zavážením dle požadavků. To znamená, že jestliže jsou na vykládacím stanovišti 2 poslední kusy, ze stanoviště nakládky vyjede další tahač. Trasa je také stanovena požadavky a její varianta má číslo dvě.

U variant, které jsou zaměřeny na zavážení pomocí elektrických paletových vozíků, nejlépe splňuje podmínky varianta 11. Varianta 11 je typická závozem dle potřeby, variantou trasy číslo 2 a tato trasa není pevně stanovena, ale je dána požadavky. Elektrické paletové vozíky tedy zavážejí celou trasu plechů a poté celou trasu kartonů. Jestliže se však objeví stanoviště nakládky, které je prázdné, vyšle se signál a na toto stanoviště je zaslán jakýkoliv volný nízkozdvíhací elektrický vozík. To odpovídá variantě 5, pouze s obměnou zavázacích prostředků

Pro ekonomické zhodnocení jsou tedy vybrány varianty číslo 5 a 11. Jejich výběr je dán splněním všech požadavků, a nejvyšším počtem bodů v tabulce 7-2, na následující stránce. Ekonomické hodnocení je podrobně rozepsáno v nadcházející kapitole.

		Dodržení všech zadaných podmínek	Počet zavážecích prostředků	Počet vagónů	Průžnost systému	Počet potřebných pracovníků na směnu	Maximum kusů, které lze vyložit za den		Počet vyložených plechů za den		Rozdíl		Průměrná vytiženost pracovišť	Průměrná vytiženost tahačů	Počet najetých kilometrů za směnu
							Plech	Kartony	Plech	Kartony	Plech	Kartony			
							4320	2658							
AGV	VARIANTA 1	ANO	7	14	ne	0	-	-	4293	2633	-27	-25	99,25%	20,25%	29,559
AGV	VARIANTA 2	ANO	7	14	ano	0	-	-	4279	2621	-41	-37	98,83%	20,78%	33,089
AGV	VARIANTA 3	NE	13	26	ne	0	-	-	2751	2619	-1569	-39	81,11%	9,12	29,635
AGV	VARIANTA 4	ANO	7	14	ne	0	-	-	4295	2635	-25	-23	99,27%	20,26%	29,559
AGV	VARIANTA 5	ANO	7	14	ano	0	-	-	4281	2633	-39	-25	99,09%	21,71%	33,089
AGV	VARIANTA 6	NE	13	26	ne	0	-	-	2707	2585	-1613	-73	79,98%	8,71%	29,797
NZV	VARIANTA 7	ANO	8	0	ne	8	-	-	4284	2636	-36	-22	99,02%	6,35%	35,506
NZV	VARIANTA 8	ANO	8	0	ano	8	-	-	4280	2291	-40	-367	92,64%	6,89%	40,923
NZV	VARIANTA 9	NE	8	0	ne	8	-	-	2600	2615	-1720	-43	79,29%	5,41%	40,140
NZV	VARIANTA 10	ANO	8	0	ne	8	-	-	4312	2652	-8	-6	99,81%	6,43%	35,784
NZV	VARIANTA 11	ANO	8	0	ano	8	-	-	4312	2652	-8	-6	99,81%	6,90%	40,140
NZV	VARIANTA 12	NE	8	0	ne	8	-	-	2648	2652	-1672	-6	80,56%	5,70%	33,392
NZV	VARIANTA 13	NE	6	0	ne	6	-	-	4139	2365	-181	-293	92,42%	7,84%	32,659

Tabulka 7- 1: Porovnání variant, vlastní zpracování 2017

		Dodržení všech zadaných podmínek	Počet zavázacích prostředků	Počet vagónů	Průžnost systému	Počet potřebných pracovníků	Počet vyložených plechů za den		Průměrná vytíženost pracovišť	Průměrná vytíženost tahačů	Počet najetých kilometrů za směnu	Suma
Váha		5	5	4	4	3	3		3	3	1	
							Plechý	Kartony	Vykládka			
AGV	VARIANTA 1	5	4	3	1	5	4	4	4	4	5	129
AGV	VARIANTA 2	5	4	3	5	5	3	3	3	4	4	135
AGV	VARIANTA 3	1	1	1	1	5	1	3	1	3	5	62
AGV	VARIANTA 4	5	4	3	1	5	4	4	4	4	5	129
<b>AGV</b>	<b>VARIANTA 5</b>	5	4	3	5	5	3	3	4	5	4	<b>141</b>
AGV	VARIANTA 6	1	1	1	1	5	1	3	1	3	5	62
NZV	VARIANTA 7	5	3	5	1	1	3	3	4	2	3	106
NZV	VARIANTA 8	5	3	5	5	1	3	2	2	2	2	112
NZV	VARIANTA 9	1	3	5	1	1	1	3	1	1	2	67
NZV	VARIANTA 10	5	3	5	1	1	5	5	5	2	3	121
<b>NZV</b>	<b>VARIANTA 11</b>	5	3	5	5	1	5	5	5	2	2	<b>136</b>
NZV	VARIANTA 12	1	3	5	1	1	1	5	1	1	4	75
NZV	VARIANTA 13	1	5	5	1	3	2	2	2	2	4	91

Tabulka 7- 2: Porovnání variant s vahami, vlastní zpracování 2017

## 8. Ekonomické hodnocení variant

Z ekonomického hlediska bylo rozhodnuto o porovnávání manipulačních nákladů na jeden zavázeční prostředek a na zvolenou variantu.

Ve variantě 5 je cena pořízení jednoho AGV stanovena na 100 000 Kč. Životnost se pohybuje okolo sedmi let. Do ceny pořízení je také připočítána cena na pořízení vozíků, které jsou pro jeden tahač vždy dva, a jejich životnost je stanovena na 5 let. Dále jsou známy náklady na energii a údržbu, které jsou ve výši 35 000 Kč za rok. Díky těmto údajům lze vypočítat manipulační náklady na 1 AGV za rok. Jestliže je počítána hodnota manipulačních nákladů na variantu 5, je nutno vynásobit náklady na 1 AGV celkovým počtem automaticky řízených vozíků. Ve variantě 5 je jich použito sedm. K celkovým nákladům na variantu za rok je poté možno přičíst ještě náklady na příslušenství a instalaci, které mají životnost přibližně 10 let a které nezávisí na počtu použitých AGV.

Manipulační náklady na 1 AGV za rok činí 63 286 Kč. Celkové manipulační náklady na variantu 5 jsou 543 000 Kč za rok.

Vše je naznačeno na obrázku níže (Obrázek 8- 1: Výpočet pro variantu 5, vlastní zpracování 2017).

<b>VARIANTA 5:</b>	Cena pořízení	100 000 Kč	Cena pořízení vozíků (2x)	35 000 Kč
	Životnost	7 let	Náklady na energie + údržbu	35 000 Kč
			Počet potřebných AGV	7

$$\text{Manipulační náklady na 1 AGV/rok} = \frac{\text{Cena pořízení}}{\text{Životnost}} + \text{Náklady na energii + údržbu}$$

$$\text{Manipulační náklady na 1 AGV/rok} = \mathbf{63\ 286\ Kč}$$

$$\text{Náklady na příslušenství a instalaci} = 1\ 000\ 000\ Kč$$

$$\text{Manipulační náklady na variantu 5/rok} = \mathbf{543\ 000\ Kč}$$

**Obrázek 8- 1: Výpočet pro variantu 5, vlastní zpracování 2017**

Při ekonomickém hodnocení varianty číslo 11 se postupuje obdobným způsobem jako u předešlé varianty.

Je známa pořizovací cena elektrického paletového vozíku, která dosahuje 160 000 Kč. Životnost je naproti AGV vyšší, jedná se o dobu 10 let. Jelikož se jedná o variantu, kde dochází k zavážení pomocí NZV, musí zde být brán v potaz také faktor operátora a jeho ročních nákladů. Také zde jsou počítány náklady na energii a údržbu, které jsou 23 000 Kč.

Tímto jsou vypočteny manipulační náklady na 1 NZV za rok. Jestliže se částka 399 000 Kč vynásobí počtem elektrických paletových vozíků pro variantu 11, získá se celková suma manipulačních nákladů za rok. Tyto náklady činí 3 192 000 Kč. Obrázek je k nalezení na následující straně (Obrázek 8- 2: Výpočet pro variantu 11, vlastní zpracování 2017).

VARIANTA 11:	Cena pořízení	160000 Kč	Roční náklady na operátora	360 000 Kč
	Životnost	10 let	Náklady na energii + údržbu	23 000 Kč
			Počet potřebných NZV	8

$$\text{Manipulační náklady na 1 NZV/rok} = \frac{\text{Cena pořízení}}{\text{Životnost}} + \text{Roční náklady na operátora} + \text{Náklady na energii} + \text{údržbu}$$

$$\text{Manipulační náklady na 1 NZV/rok} = 399\,000 \text{ Kč}$$

$$\text{Manipulační náklady na variantu 11/rok} = 3\,192\,000 \text{ Kč}$$

**Obrázek 8- 2: Výpočet pro variantu 11, vlastní zpracování 2017**

Z ekonomického hodnocení jasně vyplývá, že manipulační náklady na variantu 5 jsou o 2 649 000 Kč za rok nižší než u varianty 11. Takto velký rozdíl je dán nejen počtem zavážecích prostředků, ale především nutností obsluhy u zásobování pomocí elektrických paletových vozíků.

Jestliže je nyní porovnáno hodnocení z předešlé kapitoly a ekonomické hodnocení, je varianta číslo 5 zvolena za nejvýhodnější s ohledem na dané prostředí a podmínky, ve kterých simulace probíhaly.

## Závěr

Cílem diplomové práce bylo vytvoření různých variant pro zavážení pracovišť pomocí automaticky řízených vozíků. Při zpracování rešeršní části práce došlo k poznání, že pro lepší porovnatelnost výsledků bude výhodnější zpracovat také varianty pro jiný zavážecí prostředek. Jelikož systémy AGV fungují na principu nepřímého zavážení, byl zvolen zástupce z oblasti přímého zavážení, tedy nízkozdvíhový elektrický vozík.

Při hledání optimální varianty je vždy důležité určit nejprve základní parametry podniku, například o jak velký podnik se jedná, jaká zde probíhá výroba (kusová, sériová, hromadná), zda musí být výroba kontinuální nebo jaké je uspořádání pracovišť. Dle těchto kritérií se management může rozhodovat, jaké zavážecí prostředky jsou pro danou společnost nejvýhodnější. Samozřejmě záleží také na tom, jestli v podniku již existují nějaké technologie podporující například provoz automaticky řízených vozíků. V neposlední řadě samozřejmě hrají roli také peníze. Náklady na pořízení zařízení se značně liší, ale liší se také jejich technické parametry. Proto i dražší zavážecí prostředky mohou ve výsledku vyjít lépe po přepočtení na počet kusů a provozní náklady. Důležitou rozhodovací vlastností může být také bezpečnost nebo environmentální dopady.

Po ujasnění všech těchto kritérií je možno simulovat jednotlivé varianty. Vyhodnocování je prováděno jak s ohledem na splnění požadovaných kritérií, tak s ohledem na ekonomické hledisko. Tyto dvě měřítka jsou zásadní a dle nich se vybírá optimální nebo nejvíce vhodná varianta pro daný podnik. Variant pro optimální řešení proto tak může být nepřeberné množství a nelze určit obecně nejlepší zavážecí prostředek a nejlepší strategii zavážení.

Z těchto všech důvodů bylo provedeno 13 simulací, které byly následně porovnány, a vyhodnocena byla nejlepší varianta pro zadané parametry.

Simulace byly zaměřené na porovnání zavážení pomocí automaticky řízených vozíků a nízkozdvíhových elektrických vozíků. Další provedené strategie byly zaměřeny na čas - strategie dle pevně stanoveného harmonogramu, strategie zavážení dle potřeby. Poslední ze strategií uvedených v této práci byly zaměřené na trasu - použití zavážení po pevně stanovené trase, po trase dle požadavků.

Při provádění simulací pro konkrétní podnik je možno všechny parametry více specifikovat a vzniká tak méně variant, které jsou více přesné.

Výhodou simulací je ale právě možnost vyzkoušení velkého počtu různorodých simulací, při jejichž vytváření lze najít variantu, která původně nemusela být ani zamýšlena, ale která bude vyhodnocena jako nejlepší.

Avšak vždy je důležité brát na zřetel, že se jedná pouze o simulace. Ať již budou vstupní data nanejvýš přesná, vždy se budou v jistých ohledech s realitou lišit. Proto je dobré mít na paměti, že žádná simulace nemůže být brána dogmaticky. Vždy mohou nastat okolnosti, které se nedají předem určit.

## Seznam obrázků

Obrázek 1- 1: Logistické řízení, vychází z [2], 2016 .....	4
Obrázek 1- 2: Hierarchie podnikové logistiky, vychází z [6], 2016 .....	5
Obrázek2- 1: Technologické uspořádání [10], 2016 .....	8
Obrázek2- 2: Předmětné uspořádání [10], 2016 .....	8
Obrázek2- 3: Souvislosti uspořádání pracovišť, variety výrobků a objemu výroby [13], 2016.	9
Obrázek2- 4: Souvislosti rozhodování o uspořádání výroby a pracovišť [13], 2016.....	9
Obrázek2- 5: Pravidlo vertikální roviny při přemísťování břemene [16], 2016 .....	10
Obrázek2- 6: Ruční paletový vozík [17], 2016 .....	11
Obrázek2- 7: Ruční mechanický vysokozdvizný vozík [18], 2016 .....	11
Obrázek2- 8: Ruční přepravní vozík [19], 2016 .....	12
Obrázek2- 9: Ručně vedený nízkozdvizný vozík [20], 2016.....	12
Obrázek2- 10: Ručně vedený vysokozdvizný vozík [20], 2016 .....	12
Obrázek2- 11: Nízkozdvizný elektrický vozík [17], 2016 .....	13
Obrázek2- 12: Vysokozdvizný elektrický vozík [21], 2016.....	13
Obrázek2- 13: Závěsný dopravník [23], 2016 .....	13
Obrázek2- 14: Využití dronu [24], 2016 .....	14
Obrázek2- 15: Kompaktní tahač se stojícím řidičem [17], 2016 .....	14
Obrázek2- 16: Porovnání držení stopy u pevné a řízené nápravy [26], 2016.....	15
Obrázek2- 17: Kompaktní tahač se stojícím řidičem [17], 2016 .....	16
Obrázek2- 18: Vlečné vozíky [26], 2016 .....	16
Obrázek2- 19: Automatická nakládka a odjezd AGV [27], 2016.....	17
Obrázek2- 20: Naznačení cest pro AGV [27], 2016 .....	17
Obrázek2- 21: Systém AGV s nákladem [28], 2016.....	17
Obrázek 3- 1: Navádění pomocí laseru [44], 2017 .....	26
Obrázek 3- 2: Laserové konturové navádění [44], 2017 .....	26
Obrázek 3- 3: Navigace pomocí magnetického bodu [44], 2017.....	27
Obrázek 3- 4: Optické/magnetické pásky nebo dráty [44], 2017.....	27
Obrázek 5- 1: Ukázka simulovaného layoutu, vlastní zpracování 2017 .....	32
Obrázek 5- 2: Ukázka příkazu pro zapojení AGV s vozíky, vlastní zpracování 2017.....	34
Obrázek 5- 3: Ukázka příkazu u křižovatky, vlastní zpracování, 2017.....	34
Obrázek 5- 4: Ukázka příkazu FIFO u křižovatek, názorná ukázka zastavení, vlastní zpracování, 2017 .....	35
Obrázek 5- 5: Ukázka pickingu u nakládky, vlastní zpracování 2017 .....	35
Obrázek 5- 6: Ukázky příkazů pro nakládku, vlastní zpracování, 2017 .....	36
Obrázek 5- 7: Ukázka příkazu pro vykládku, vlastní zpracování, 2017 .....	36



Obrázek 5- 8: Zajištění výměny směn, vlastní zpracování 2017 .....	37
Obrázek 6- 1: Ukázka ze simulace varianty 1, vlastní zpracování 2017 .....	39
Obrázek 6- 2: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 1, vlastní zpracování 2017 .....	40
Obrázek 6- 3: Analýza transportu pomocí AGV varianty 1, vlastní zpracování 2017 .....	40
Obrázek 6- 4: Počet vyložených kusů za den - varianta 1, vlastní zpracování 2017 .....	40
Obrázek 6- 5: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 2, vlastní zpracování 2017 .....	41
Obrázek 6- 6: Analýza transportu pomocí AGV varianty 2, vlastní zpracování 2017 .....	41
Obrázek 6- 7: Počet vyložených kusů za den - varianta 2, vlastní zpracování 2017 .....	41
Obrázek 6- 8: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 3, vlastní zpracování 2017 .....	42
Obrázek 6- 9: Analýza transportu pomocí AGV varianty 3, vlastní zpracování 2017 .....	42
Obrázek 6- 10: Počet vyložených kusů za den - varianta 3, vlastní zpracování 2017 .....	42
Obrázek 6- 11: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 4, vlastní zpracování 2017 .....	43
Obrázek 6- 12: Analýza transportu pomocí AGV varianty 4, vlastní zpracování 2017.....	43
Obrázek 6- 13: Počet vyložených kusů za den - varianta 4, vlastní zpracování 2017 .....	43
Obrázek 6- 14: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 5, vlastní zpracování 2017 .....	44
Obrázek 6- 15: Analýza transportu pomocí AGV varianty 5, vlastní zpracování 2017.....	44
Obrázek 6- 16: Počet vyložených kusů za den - varianta 5, vlastní zpracování 2017 .....	44
Obrázek 6- 17: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 6, vlastní zpracování 2017 .....	44
Obrázek 6- 18: Analýza transportu pomocí AGV varianty 6, vlastní zpracování 2017.....	45
Obrázek 6- 19: Počet vyložených kusů za den - varianta 6, vlastní zpracování 2017 .....	45
Obrázek 6- 20: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 7, vlastní zpracování 2017 .....	46
Obrázek 6- 21: Analýza transportu pomocí AGV varianty 7, vlastní zpracování 2017.....	46
Obrázek 6- 22: Počet vyložených kusů za den - varianta 7, vlastní zpracování 2017 .....	46
Obrázek 6- 23: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 8, vlastní zpracování 2017 .....	47
Obrázek 6- 24: Analýza transportu pomocí AGV varianty 8, vlastní zpracování 2017.....	47
Obrázek 6- 25: Počet vyložených kusů za den - varianta 8, vlastní zpracování 2017 .....	47
Obrázek 6- 26: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 9, vlastní zpracování 2017 .....	48
Obrázek 6- 27: Analýza transportu pomocí AGV varianty 9, vlastní zpracování 2017.....	48
Obrázek 6- 28: Počet vyložených kusů za den - varianta 9, vlastní zpracování 2017 .....	48
Obrázek 6- 29: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 10, vlastní zpracování 2017.....	48
Obrázek 6- 30: Analýza transportu pomocí AGV varianty 10, vlastní zpracování 2017.....	49
Obrázek 6- 31: Počet vyložených kusů za den - varianta 10, vlastní zpracování 2017 .....	49
Obrázek 6- 32: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 11, vlastní zpracování 2017....	49
Obrázek 6- 33: Analýza transportu pomocí AGV varianty 11, vlastní zpracování 2017.....	50
Obrázek 6- 34: Počet vyložených kusů za den - varianta 11, vlastní zpracování 2017 .....	50

Obrázek 6- 35: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 12, vlastní zpracování 2017.....	50
Obrázek 6- 36: Analýza transportu pomocí AGV varianty 12, vlastní zpracování 2017.....	50
Obrázek 6- 37: Počet vyložených kusů za den - varianta 12, vlastní zpracování 2017 .....	51
Obrázek 6- 38: Procentuální zhodnocení vykládky u varianty 13, vlastní zpracování 2017.....	51
Obrázek 6- 39: Analýza transportu pomocí AGV varianty 13, vlastní zpracování 2017.....	51
Obrázek 6- 40: Počet vyložených kusů za den - varianta 13, vlastní zpracování 2017 .....	51
Obrázek 8- 1: Výpočet pro variantu 5, vlastní zpracování 2017.....	55
Obrázek 8- 2: Výpočet pro variantu 11, vlastní zpracování 2017.....	56

## Seznam tabulek

Tabulka 2- 1: Vyhodnocení vhodnosti použití jednotlivých prostředků pro zavážení, vlastní zpracování 2016 .....	19
Tabulka 2- 2: Váhové ohodnocení jednotlivých vlastností, vlastní zpracování 2016 .....	20
Tabulka 6- 1: Varianty simulací a jejich popis, vlastní zpracování 2017 .....	38
Tabulka 7- 1: Porovnání variant, vlastní zpracování 2017 .....	53
Tabulka 7- 2: Porovnání variant s vahami, vlastní zpracování 2017 .....	54

## Bibliografie

1. PERNICA, P. *Logistika (Supply chain management) pro 21. století*. Praha: radix spol. s.r.o. 2005. ISBN 80-86031-59-4.
2. LAMBERT, D. M. *Logistika*. 2.vyd. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0.
3. VÁVROVÁ, V. *Řízení výroby a nákupu..* Prah: Grada Publishing, 2007. ISBN 987-80-247-1479-0.
4. JÜNEMANN, R. *Steuerung von Materialfluss- und Logistiksystemen: Informations- und Steuerungssysteme, ....* Berlin: Springer, 1998. ISBN 987-354-0645-146.
5. ŠTŮSEK, J. *Řízení provozu v logistických řetězcích*. Praha: C.H.Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-534-6.
6. HORVÁTH, G. *Logistika ve výrobním podniku*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2007. ISBN 978-80-7043-634-9.
7. SYNEK, M. *Podniková ekonomika 5. přepracované a doplněné vydání*. Praha: C.H.Beck, 2010. ISBN 978-80-7400-336-3.
8. UHROVÁ, M. Projektování materiálového toku. In: *ipaczech* [online]. 30. 11. 2007 [cit. 2016-11-20]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/projektovani-materialoveho-toku>
9. MAYNARD, H. *Maynard's Industrial Engineering Handbook fifth edition*. New York: McGraw-Hill Education, 2001. ISBN 978-0070411029.
10. TOMEK, G. *Integrované řízení výroby, Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.
11. KEŘKOVSKÝ, M. *Moderní přístupy k řízení výroby, 3. doplněné vydání*. Praha: C.H.Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
12. HANA NERADILOVÁ, G. F. Simulace zásobování výrobních linek v rámci vnitropodnikových logistických systémů. In: *cad* [online]. 2016 [cit. 2016-12-02].
13. Manipulace s břemeny. In: *BOZPinfo* [online]. 2014 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.bozpinfo.cz/manipulace-s-bremeny>
14. Produkty. In: *Toyota-forklifts* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.toyota-forklifts.cz/cs/products/pages/product-range.aspx>
15. Ruční vysokozdvížné vozíky. In: *Viva-manipulacni-technika* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.viva-manipulacni-technika.cz/stranka-rucni-vysokozdvizne-voziky-99>
16. Převážní vozíky. In: *Mamtechnika* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.mamtechnika.cz/prepravni-voziky>
17. Produkty. In: *Jungheinrich* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.jungheinrich.cz/produkty/>
18. Produkty. In: *Still* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.still.cz/>

produkty-cz.0.0.html

19. GAJDŮŠEK, J. *Teorie dopravních a manipulačních zařízení*. Brno: Rektorát učení technického v Brně, 1988.
20. Jednodráhový závesný dopravník. In: *Transport-systems* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.transport-systems.sk/sk/produkty/jednodrahovy-zavesny-dopravnik/>
21. Drony slouží v africe k transportu krve do nemocnic. In: *Svethardware* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.svethardware.cz/drony-slouzi-v-africe-k-transportu-krve-do-nemocnic/43260>
22. Trend interní logistiky: logistické vláčky. In: *Mmspektrum* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/trend-interni-logistiky-logisticke-vlacky.html>
23. Nová říditelná náprava Wanzl. In: *Wanzl* [online]. 2015 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: [https://www.wanzl.com/cs\\_CZ/tisk/tiskove-zpravy/nova-riditelna-naprava-wanzl/](https://www.wanzl.com/cs_CZ/tisk/tiskove-zpravy/nova-riditelna-naprava-wanzl/)
24. Automatic Guided Vehicles. In: *System-agv* [online]. 2016 [cit. 2016-11-26]. Dostupné z: <http://www.system-agv.com/eng/automatic-guided-vehicles>
25. CIE-PLZEŇ. Systém zásobování Milkrun. In: *cie-plzen* [online]. 2013 [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/system-zasobovani-milkrun>
26. MICHAL ŠIMON, A. M. Kanban - výroba tahem. In: *Systemonline* [online]. 2014 [cit. 2016-12-02]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
27. CIE-PLZEŇ. Kanban. In: *cie-plzen* [online]. 2013 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/kanban>
28. VÍTEK, V. Kanban. In: *svetproduktivity* [online]. 2012 [cit. 2016-12-04]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
29. Guidance/Navigation. *TransRobotics* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.transbotics.com/learning-center/guidance-navigation>
30. NAVIGATION SYSTEM. *Quirepace* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.quirepace.co.uk/products/automated-guided-vehicles/agvs-for-hospitals/navigation-system/>
31. NAVIGATION and CONTROL SYSTEM. *quirepace* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.quirepace.co.uk/products/automated-guided-vehicles/agv-for-industry/navigation-control-systems/>
32. Navigation of automated guided vehicles using magnet spot guidance method. *DigitalLibrary* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2133970>
33. Magnetic Tape. *Applied and Integrated Nabufacturing* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.aimagv.com/magnetic-tape.html>

34. Wire guidance sensor. *Philohome* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.philohome.com/sensors/filoguide.htm>
35. Archiv zpráv [online]. 2015 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.fnmotel/odbor-komunikace/tiskovy-servis/tiskove-zpravy/archiv-2015>
36. STEFFEN, B. *Manufacturing simulation with Plant Simulation and Simtalk: usage and programming with examples and ....* Berlin: Springer, 2010. ISBN 978-3-642-05073-2.
37. *Tecnomatix: Plant Simulation Basics, Methods, And Strategies Student Guide*. Siemens, 2012.
38. AGV's. *RoboticAutomation* [online]. 2016 [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <http://www.roboticautomation.com.au/agvs>

## PŘÍLOHA A

### Zavážení plechy (AGV)

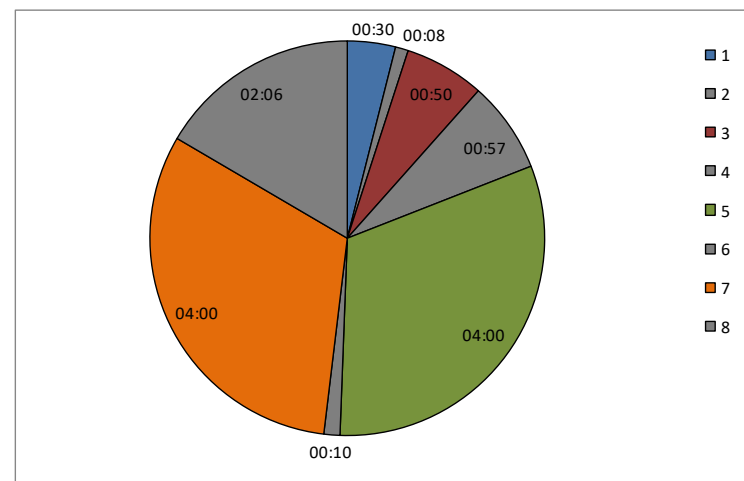
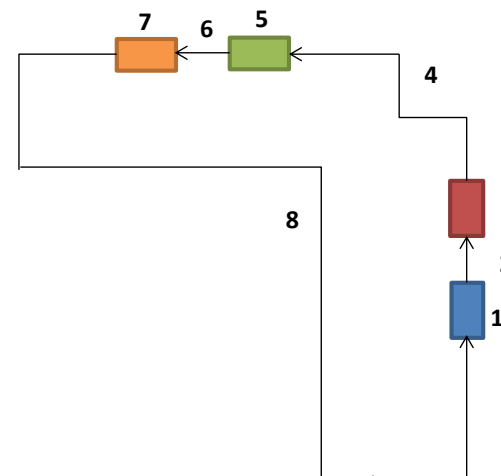
Limit pro zavážení 40s x 6pcs = 240 sec

Úsek	Naměřený čas	1	2	3	4	5	6	7	8	Kolo
1	0:00:30	0:00:30								
2	0:00:08		0:00:38							
3	0:00:50			0:01:28						
4	0:00:57				0:02:25					
5	0:04:00					0:06:25				
6	0:00:10						0:06:35			
7	0:04:00							0:10:35		
8	0:02:06								0:12:41	0:12:41

Průměrný čas	1	2	3	4	5	6	7	8	Kolo
	00:30	00:08	00:50	00:57	04:00	00:10	04:00	02:06	12:41

Úsek	Čas	Jednotky
Pouze jízda	201 sec	
Naložení 1 vozíku	30 sec	
Naložení 2 vozíku	50 sec	
Vyložení 1 vozíku	240 sec	
Vyložení 2 vozíku	240 sec	

**Celkem** 761 sec /6 pcs = 127 s  
761 sec /240 sec: 3,17 AGV



## PŘÍLOHA B

### Zavážení kartony (AGV)

Notes:

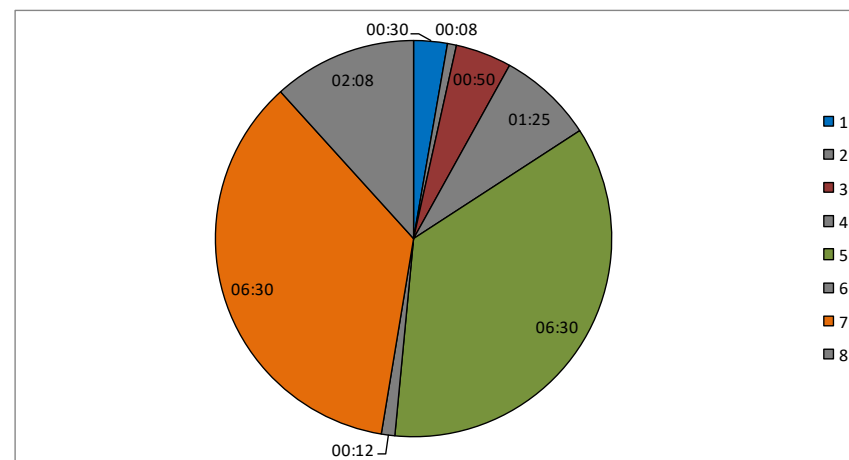
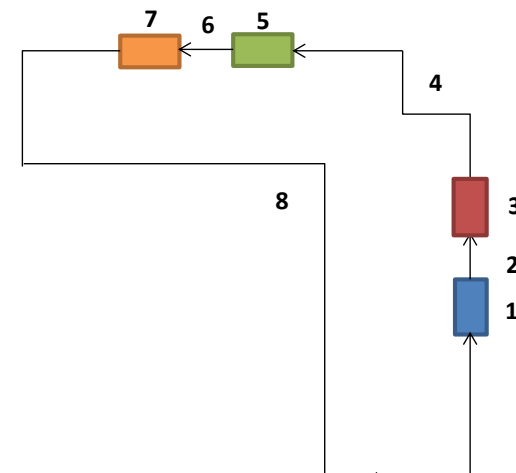
Limit pro zavážení 65s x 6pcs = 390 sec

Úsek	Naměřený čas	1	2	3	4	5	6	7	8	Kolo
1	0:00:30	0:00:30								
2	0:00:08		0:00:38							
3	0:00:50			0:01:28						
4	0:01:25				0:02:53					
5	0:06:30					0:09:23				
6	0:00:12						0:09:35			
7	0:06:30							0:16:05		
8	0:02:08								0:18:13	0:18:13

Průměrný čas	1	2	3	4	5	6	7	8	Kolo
	00:30	00:08	00:50	01:25	06:30	00:12	06:30	02:08	18:13

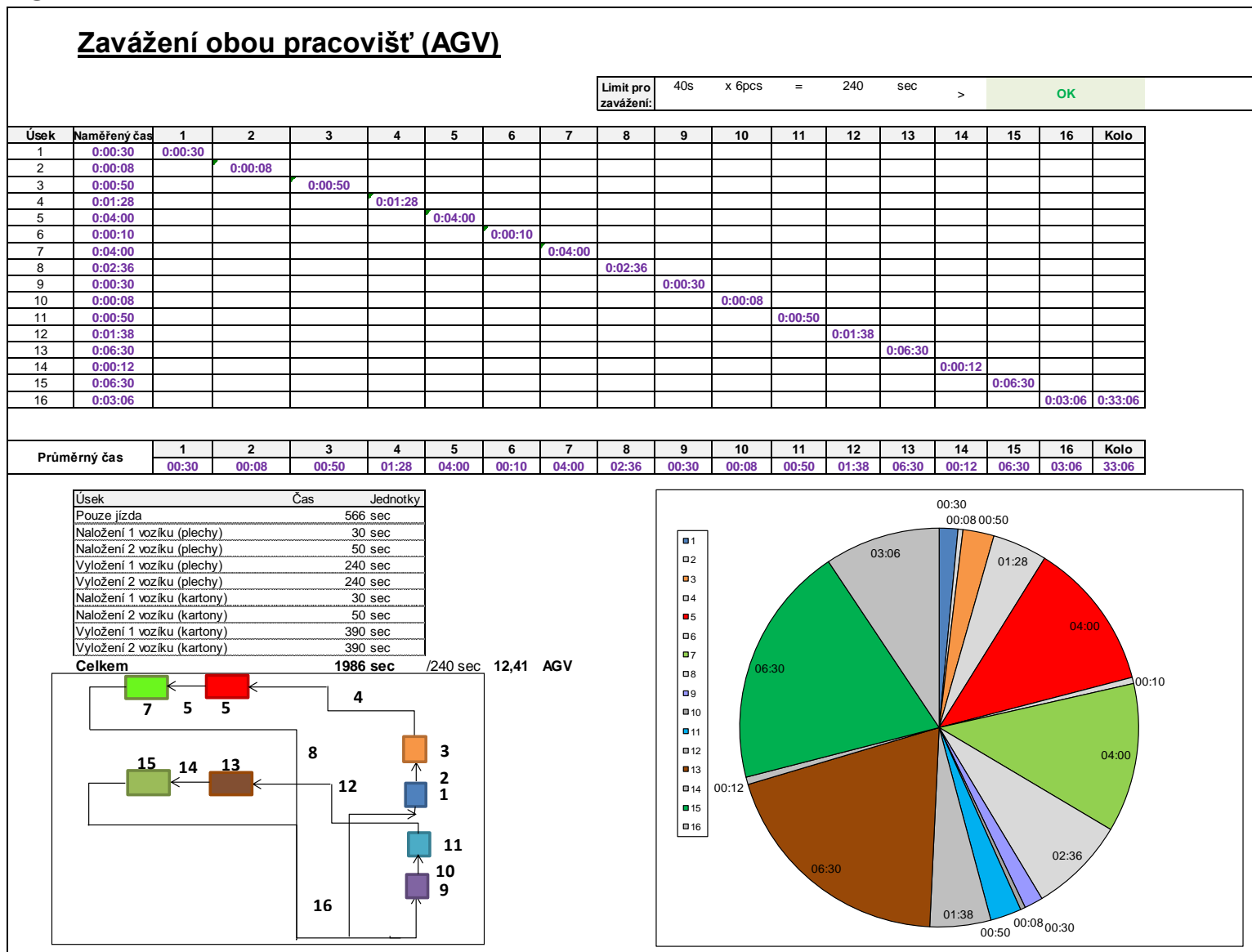
Úsek	Čas	Jednotky
Pouze jízda	233 sec	
Naložení 1 vozíku	30 sec	
Naložení 2 vozíku	50 sec	
Vyložení 1 vozíku	390 sec	
Vyložení 2 vozíku	390 sec	

**Celkem** 1093 sec /6 pcs = 182 s  
1093 sec /390 sec 2,80 AGV

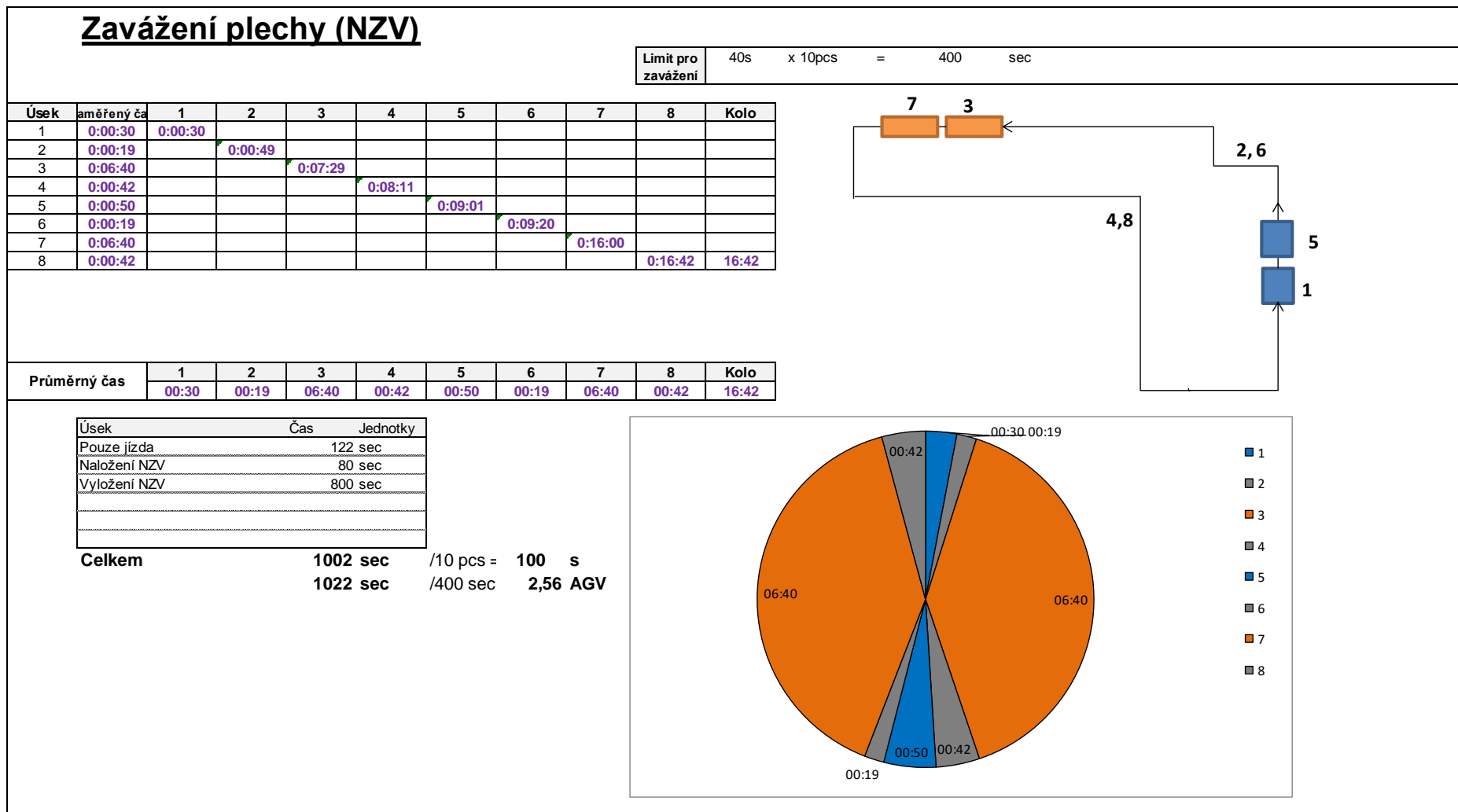




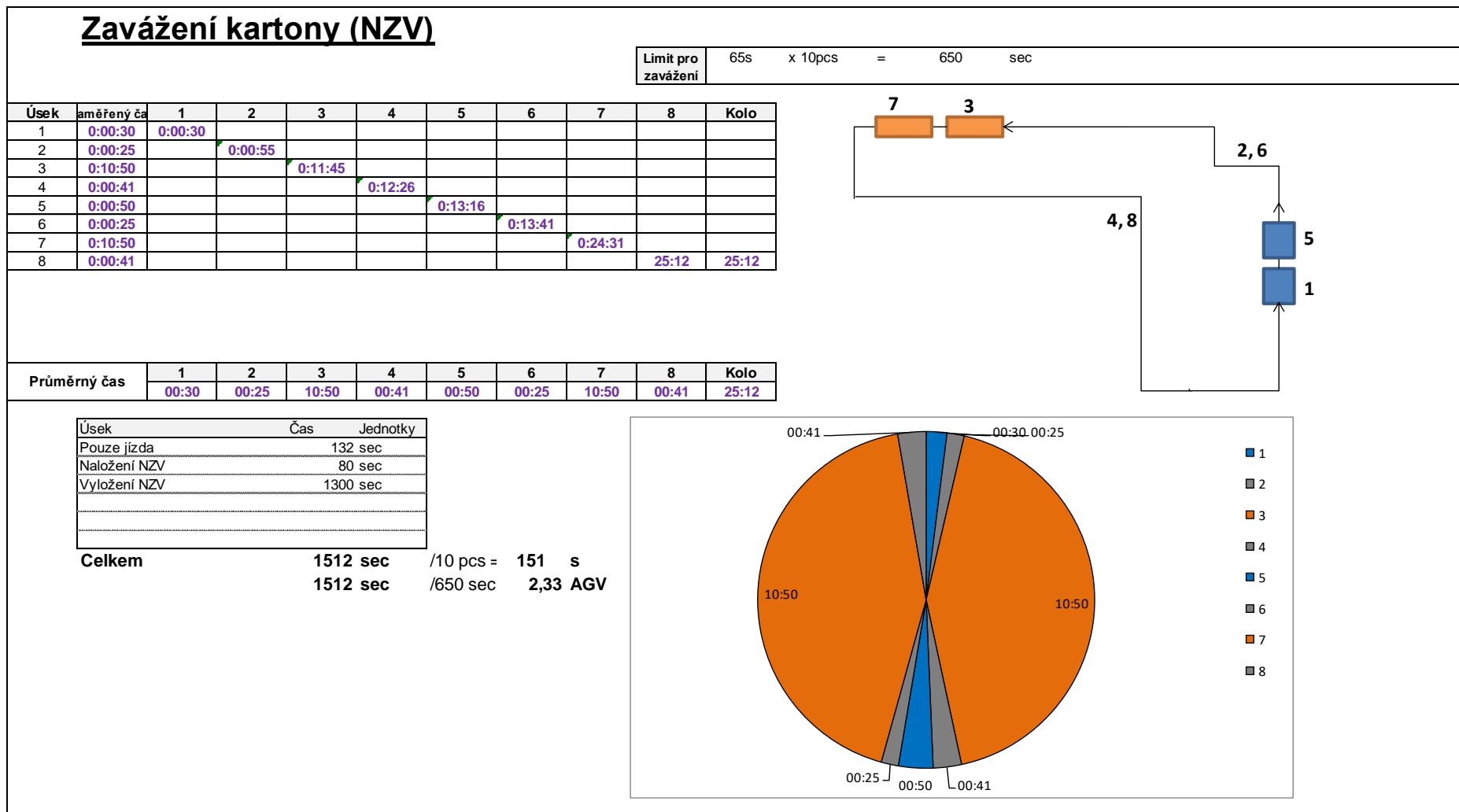
**PŘÍLOHA C**



## PŘÍLOHA D



## PŘÍLOHA E



## PŘÍLOHA F

