

**Vysoká škola logistiky o.p.s.**

**Modelovanie procesu zásobovania  
pomocou AGV systémov**

**Diplomová práca**



Vysoká škola  
logistiky  
o.p.s.

## Zadání diplomové práce

student	<b>Bc. Peter Tinka</b>
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Modelování procesu zásobování pomocí AGV systémů**

Cíl práce:

Vytvořit model fiktivního nebo reálného procesu využívajícího AGV. Vytvořený simulační model využít jako podklad pro realizaci analýz na základě vybraných provozních ukazatelů.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Automatizace logistických procesů, inovace a trendy v logistice
2. Analýza procesu zásobování v konkrétní společnosti
3. Tvorba simulačního modelu
4. Simulační experimenty

Závěr

Rozsah práce: 50 – 60 normostran textu

Seznam odborné literatury:

GROSS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNIČEK. Logistika – procesy a jejich řízení. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.

DOUGLAS, M. Lambert, STOCK, James R. a Lisa M., ELLRAM. Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.

FIALOVÁ, Eva. Bezkontaktní čipy a ochrana soukromí. Praha: Leges, 2016. Praktik (Leges). ISBN 978-80-7502-150-2.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.


Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2018


Datum odevzdání diplomové práce:

11. 5. 2019

Přerov 31. 10. 2018



doc. Dr. Ing. Oldřich Kodým  
vedoucí katedry



doc. Ing. Ivan Hlavoň, CSc.  
rektor

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 11. 05. 2019

.....  
podpis

## **Pod'akovanie**

Na tomto mieste by som rád pod'akoval panu prof. Ing. Gabrielovi Fedorkovi, PhD., vedúcemu diplomovej práce, za veľmi cenné a užitočné pripomienky a pomoc, čím prispel k vypracovaniu tejto diplomovej práce. Ďalej ďakujem firme Hella Slovakia Front Lightning s.r.o. a kolegom za podporu a poskytnuté informácie pre potreby tejto diplomovej práci.

## **Anotácia**

Predmetom diplomovej práce je použitie AGV systémov pre proces zásobovania výrobných liniek materiálom z centrálného skladu. Súčasne práca môže slúžiť pre potreby rozhodovania sa o zmene manipulačných a prepravných prostriedkov. Simulačné modely sú vytvorené pomocou programu Flexsim, ktorý zároveň slúži aj na vyhodnotenie a porovnanie výsledkov navrhnutých simulačných experimentov na základe zadaných vstupných parametrov. Z týchto spracovaných výsledkov ich porovnaním je určený vhodný model.

## **Kľúčové slová**

simulácia, AGV systémy, zásobovanie, inovácie, Flexsim

## **Annotation**

This diploma thesis deals with uses of AGV systems for process of assembly lines supplying by material from the warehouse. Along with can thesis serve for finding of decision about changes of manipulation and transport machines. Simulation models are created by software Flexsim, which is helpful for evaluation and comparison results of design experiments based on input data. From these results and their comparison is make decision about suitable model.

## **Keywords**

simulation, AGV systems, supplying, innovation, Flexsim

# Obsah

Úvod .....	9
<b>1 Automatizácia logistiky, inovácie a trendy v logistike .....</b>	<b>11</b>
1.1 Materiálové toky, zásobovanie výroby .....	11
1.2 Materiálové toky .....	11
1.3 Vnútropodniková doprava a manipulácia .....	12
1.4 Klasifikácia manipulovaného materiálu .....	14
1.5 Inovácie v logistike .....	15
1.6 Modely a simulácie v logistike .....	16
1.7 Simulačné metódy .....	19
1.8 Postup tvorby simulačného modelu .....	19
1.9 Priebeh času v simulačnom modeli .....	21
1.10 AGV systémy .....	21
1.10.1 História AGV .....	21
1.10.2 Automaticky navádzané vozidlá (AGV) .....	23
1.10.3 Navigácia AGV .....	23
1.10.4 AGV vo výrobe – taxi operácie .....	26
<b>2 Analýza procesu zásobovania výroby v konkrétnej spoločnosti .....</b>	<b>28</b>
2.1 Predstavenie spoločnosti .....	28
2.2 Layout spoločnosti a usporiadanie pracovísk .....	30
2.3 Súčasný stav zásobovania výroby .....	31
2.4 Analýza problému a určenie cieľa .....	34
2.5 Automatický robotický ťahač .....	36
2.5.1 Automatický ťahač P-Matic .....	37
2.5.2 Spôsob prepravy .....	39

<b>3</b>	<b>Tvorba simulačného modelu .....</b>	<b>42</b>
3.1	Rozsah simulačného modelu .....	42
3.2	Vstupné dáta .....	44
3.3	FlexSim simulačný program .....	44
3.4	Základné objekty vo FlexSim.....	45
3.4.1	Pracovná stanica .....	45
3.4.2	Source flow a Source buffer .....	46
3.4.3	Zdroj obalov .....	47
3.4.4	Zásobovací regál .....	47
3.4.5	Miesto zoskupovania - plocha.....	48
3.4.6	Combiner .....	48
3.4.7	AGV sieť .....	48
3.4.8	BusAction.....	49
3.4.9	Objekt MilkRun.....	50
3.4.10	Vstupné tabuľky .....	50
3.4.11	Výstupné tabuľky .....	51
3.5	Zloženie modelu.....	52
3.6	Stavba modelu .....	53
<b>4</b>	<b>Simulačné experimenty .....</b>	<b>59</b>
4.1	Základný model – aktuálny stav.....	59
4.2	Úprava simulačných parametrov .....	60
	<b>Záver .....</b>	<b>70</b>
	<b>Súpis bibliografických citácií.....</b>	<b>72</b>
	<b>Zoznam ilustrácií a tabuliek .....</b>	<b>75</b>
	<b>Zoznam skratiek a značiek.....</b>	<b>77</b>
	<b>Zoznam príloh .....</b>	<b>78</b>



## Úvod

Pri riadení firiem sa v poslednej dobe využívajú oveľa komplikovanejšie informačné systémy, ktoré distribuujú veľké objemy informácií popisujúcich kompletne procesy spoločnosti z viacerých úrovní a pohľadov. Pre následné vyhodnotenie rozhodovacieho procesu je potrebné tieto informácie spracovať tak, aby odpovedajúci výsledok dal dostatok podkladov pre rozhodnutie o riešení danej témy alebo problému. Správne rozhodnutie je v tejto dobe technologických pokrokov úzko spojené alebo sa dá povedať aj súčasťou manažérskeho riadenia. Toto rozhodovanie sa stáva čoraz náročnejšie. Konkurencia v globálnom hľadisku a prístupnosť informačných a komunikačných inovácií môže mať negatívny dopad na finančnú stránku spoločnosti alebo môže znamenať aj ukončenie pôsobenia na trhu. Manažérske rozhodovanie umožňuje pracovať s množstvom nástrojov, zásluhou ktorých je možné sa na ich výsledok pozeráť objektívnejšie a nebezpečenstvo nesprávneho kroku sa stáva nižšie. Hľadanie pomocných metód alebo nástrojov a ich efektívneho využitia je teda nutnou prioritou podnikateľských subjektov, ktoré chcú byť úspešné v tomto konkurenčnom boji o konečného zákazníka. Takýmto nástrojom je aj simulácia, ktorej zdokonaľovanie je spojené so zdokonaľovaním počítačov, nakoľko je vyhodnocovanie takýchto výsledkov procesov čoraz komplikovanejšie a náročnejšie. Tento proces sa vďaka technickým možnostiam dostáva aj do sfér, v ktorých to bolo donedávna skoro nemysliteľné. Nejde len o určité časti výroby, ktoré obsahujú určité technologické celky, ale taktiež aj o celé výroby až na úroveň firmy s hodnotením ich riadenia a efektivity. Ďalším krokom tejto technickej doby je nahrádzanie nedostatku manuálnej obsluhy alebo neustále sa opakujúcich jednoduchých procesov autonómnyimi zariadeniami.

Cieľom diplomovej práce je vytvoriť model fiktívneho alebo reálneho procesu využívajúceho AGV. Vytvorený simulačný model využiť ako podklad pre realizáciu analýz na základe vybraných prevádzkových ukazovateľov.

Prácu je rozdelená na dve časti a to teoretickú a praktickú. V prvej časti práce je spracovaný úvod do definovanej problematiky AGV a logistických procesov zásobovania spojených s nimi. Prvá kapitola ďalej popisuje teoretické zhrnutie a priblíženie podstatných metód a pojmov, ktoré je možné využiť, či už v plnom alebo obmedzenom rozsahu. Ďalej je spracovaná história a vývoj AGV spolu s jednotlivými formami

navigácie týchto zariadení a taktiež ich porovnaním. Toto porovnanie je spracované ako príloha k práci.

V praktickej časti je ukážka vytvorenia simulácie a jej aplikovanie ako spôsob na riešenie správne rozhodnutie sa. Pre moju simuláciu som použil pracovné prostredie programu Flexsim, kde som postavil model zásobovania montáže a jednotlivých montážnych liniek a týmto počítačovým modelom som riešil problém zásobovania v prípade zmeny internej dopravy a obsluhy ťahačov. Cieľom práce je vytvorenie procesu využívajúceho AGV. Pre potreby práce som vytvoril a porovnal simulačné modely pre procesy pred zmenou a po zmene internej dopravy. V práci som sa zaoberal niekoľkými experimentami, ktoré sú porovnané a vyhodnotené v závere práce. V jednotlivých experimentoch som si položil otázku: Do akej miery je vhodný daný simulačný model a aká je vhodnosť jeho použitia?

# 1 Automatizácia logistiky, inovácie a trendy v logistike

V tejto dobe, kedy je rast konkurencie na trhu enormný sa kladie dôraz na postavenie spoločnosti medzi jednotlivými súpermi – konkurentami. Spoločnosť, ktorá sa nevenuje inovácii a zlepšovaniu svojho postavenia a pracovného prostredia býva často utlačená a odsunutá z popredných priečok v ziskoch, obchodoch a predmetoch ich podnikania. V neposlednom rade je aj zamestnanosť a dostupnosť ľudských zdrojov jedným z faktov prečo je spoločnosť nútená inovovať seba samú a svoje procesy. V automatizácii a inováciách sú úlohy na zabezpečenie spoľahlivosti strojov, manipulačných zariadení a kapacitné vyťaženie obslužných systémov a štruktúra výroby z pohľadu logistiky. Inovácie predstavujú hlavne zdroj dlhodobého zisku a konkurenčnej výhody a taktiež v určitom smere predpovedajú budúcnosť spoločnosti a jej strategické riadenie.

## 1.1 Materiálové toky, zásobovanie výroby

Efektívna funkcia toku materiálov je nepredstaviteľná bez funkčnej dopravy. Trendom v dnešnej dobe sú neustále sa zlepšujúce moderné technológie. Uplatnenie týchto moderných technológií v spojení so zvyšujúcimi sa požiadavkami konečných zákazníkov určujú konkurencieschopnosť podniku na trhu s ponúkaným tovarom. Analýzou a vyhodnocovaním rôznych dejov v logistike zisťujeme problémové miesta v tokoch materiálov, kedy následne môžeme organizovať tieto toky a usmerňovať.

## 1.2 Materiálové toky

Riadenie toku materiálu v rámci spoločnosti je jednou z dôležitých funkcií. Tak ako všetky oblasti a funkcie v logistike je nutné aj materiálové toky usmerňovať a optimalizovať. Rozvoj informačných systémov v logistike má dôležitú úlohu v riadení materiálových tokov. Tovar, materiál, surovinu potrebujeme dodať na požadované miesto s čo najmenšími stratami na kvalite a cene a hlavne včas. Oudová (2016) popisuje, že materiálový tok zahrňuje tri základné časti, ktorými sú vstup, prechod a výstup. Optimálne rozmiestnenie zásobovacích miest významne ovplyvňuje náklady a produktivitu a pružnosť celého systému. Podľa Dupal'a (2006, s. 89) „*spôsob materiálového toku ovplyvňujú rôzne techniky, zastrešené pod pojmom Production Flow*

*Analysis (PFA). V súvislosti s materiálovým tokom je založená na týchto relatívne samostatných technikách:*

- 1. Company Flow Analysis (CFA) – analýza podnikových materiálových tokov. Využíva sa hlavne v podnikoch, ktoré sú organizačne členené na závody. Jej cieľom je plánovať čo najjednoduchšie a najefektívnejšie systémy materiálových tokov medzi jednotlivými závodmi.*
- 2. Factory Flow Analysis (FFA) – analýza materiálových tokov v závode. Jej cieľom je analýza výrobkov vyrábaných v závode a ich materiálových tokov tak, aby bolo možné vytvoriť výrobkovo orientované prevádzky a dielne.*
- 3. Group Analysis (GA) – skupinová technológia. Umožňuje združovať individuálne pracoviská do skupín pracovísk, ktoré budú vyrábať podobné výrobky. Tento prístup umožňuje vysoko zefektívniť systém materiálových tokov.*
- 4. Line Analysis (LA) – analýza liniek. Slúži na usporiadanie pracovísk na linke, ktoré budú v maximálnej miere zaručovať čo najefektívnejšie materiálové toky pre všetky výrobky.“*

### **1.3 Vnútropodniková doprava a manipulácia**

Pohyb tovaru sa uskutočňuje v rôznych oblastiach v rámci samotného priestoru (jedna budova), medzi spoločnosťami alebo divíziami v odlišných miestach a rovnako aj medzi spoločnosťami a spotrebiteľmi. Vnútropodnikovú dopravu popisuje Čambál a Cibulka (2008, s. 106) ako dopravu, „ktorá slúži na prepravu a manipuláciu s materiálom vo vnútri podniku. Základné kritériá voľby optimálneho systému dopravy vznikajú vo vnútri podniku a možno ich ovplyvňovať.“ Taktiež môžeme hovoriť aj o intralogistike, kde Ullrich (2015) popisuje intralogistiku ako riadenie, realizácia – vyhotovenie a optimalizácia tovarov, zásob a materiálových tokov v rámci závodnej alebo verejnej organizácie. V prípade, že vieme tieto interné procesy sledovať, monitorovať a optimalizovať tak vieme zlepšiť celý priebeh takejto dopravy a využiť dostupné a disponibilne prostriedky, čo býva cieľom

optimalizácie celého systému vnútropodnikovej dopravy. Tieto ciele popisuje Čambál a Cibulka (2008, s. 106) a tie sú:

- ✓ *„Optimálne využitie (zariadení, pracovníkov, času).*
- ✓ *Vysoká úroveň služieb (krátke časy prepravy, krátke časy čakania, spoľahlivosť a úplnosť dodávok tovaru).*
- ✓ *Pružnosť (schopnosť prispôbiť sa novým podmienkam prepravy, nové prepravované položky, prevádzkové zmeny).*
- ✓ *Vysoká transparentnosť (prehľad o stave plnenia prepravných úloh, hospodárnosti a produktivite výkonu týchto činností).“*

V logistických systémoch sa snažíme minimalizovať plytvanie, teda činnosti, ktoré nepridávajú hodnotu na výrobku takzvanú neefektivitu v logistických procesoch. Pavelka (2014) uvádza, že pri odhaľovaní neefektivity sa sústredíme na tie činnosti, ktoré so sebou nesú isté náklady. V komplexnom hodnotení efektivity logistických procesov môžeme k odhaleniu potenciálu použiť množstvo metód ako v oblasti riadenia materiálu a zásob (obrátka zásob, plnenie dodávky, doba dodania a ďalšie), tak výrobného manažmentu a priemyslového inžinierstva (priebežná doba výroby, efektívne využitie manipulačných prostriedkov, podiel logistických plôch). Rovnako sa môžeme zamerať na využitie manipulačných jednotiek a ľudskej sily.

Pre efektívne zabezpečenie chodu výroby z hľadiska úrovne zásob a materiálu na výrobnéj linke použijeme pojem Milk run. Macurová (2018) popisuje Milk run kedy sa materiál, súčiastky a ďalšie pomôcky rozvážajú podľa predom stanoveného harmonogramu na presne určené miesta a zároveň sa späť odvážajú prázdne manipulačné jednotky. V rámci vnútropodnikovej dopravy sa využívajú ťahače – vláčiky s prepravnými podvozkami s prepravkami materiálu dodávané načas na pracovisko. Pavelka (2015) zase uvádza, že Milk run zabezpečuje riadený rozvoz materiálu zo skladu po predom definovaných logistických trasách s presným harmonogramom dodávok. Na presne určenom mieste je v presne určený čas vyložený potrebný tovar a zároveň sú odvážané prázdne transportné prepravky z už spotrebovaného materiálu.

## 1.4 Klasifikácia manipulovaného materiálu

Na to aby bolo možné správne určiť vhodný prepravný prostriedok a zabezpečili tak potrebné množstvo tovaru na požadované miesto a vo vhodnom čase je dôležité vykonať tzv. klasifikáciu materiálu. Hovoríme o delení podľa určitých činiteľov. Čambál a Cibulka (2008, s. 107) uvádzajú, že „*hlavnými charakteristickými znakmi materiálu, ktoré sa používajú pri klasifikácii, sú:*

✓ *fyzikálne znaky:*

- *rozмеры: šírka, dĺžka, výška,*
- *hmotnosť: jednotková alebo objemová,*
- *tvar: plochý, zakrivený, nepravidelný,*
- *nebezpečenstvo poškodenia alebo škodlivosť: krehký, výbušný, jedovatý, korozívny,*
- *stav: nestály, lepkavý, horúci, mokrý.*

✓ *ostatné znaky:*

- *množstvo: počet alebo objem,*
- *činiteľ času: pravidelnosť, okamžitá nutnosť, sezónnosť,*
- *zvláštne predpisy: dané normami alebo inými predpismi. “*

Do prepravného procesu treba tiež zahrnúť okrem klasifikácie samotného prepravovaného materiálu aj obal, v ktorom je materiál uložený a teda manipulačnú jednotku, v ktorej je prepravovaný na miesto určenia. Táto manipulačná jednotka je tiež jedným vstupným aspektom pre chystanie – rozdelenie materiálu na vhodný prepravný prostriedok. Sixta a Mačát (2005) definujú manipulačnú jednotku ako akýkoľvek materiál (balený aj nebalený, ložený na prepravnom prostriedku alebo aj bez neho, zväzkovaný apod.), ktorý tvorí jednotku schopnú manipulácie bez toho aby ju bolo nutné ďalej upravovať. S manipulačnou jednotkou sa manipuluje ako s jedným kusom. Gros (2016) uvádza, že manipulačné jednotky sú jednotky, ktoré vznikajú, postupným združovaním predajných obalov, ktoré možno podľa stupňa ich postupného zoskupovania rozdeliť

na manipulačné jednotky I. – IV. rádu. Čambál a Cibulka (2008 s. 108 – 109) tak popisujú manipulačné jednotky I. – IV rádu nasledovne:

- ✓ *„I. rádu - je prispôsobená na ručnú manipuláciu,*
- ✓ *II. rádu - je prispôsobená k mechanizovanej alebo automatizovanej manipulácii, ukladaniu v skladoch, k medzioperačnej manipulácii,*
- ✓ *III. rádu - slúži výhradne na diaľkovú a vonkajšiu prepravu a s ňou súvisiacu manipuláciu,*
- ✓ *IV. rádu - je určená na diaľkovú kombinovanú riečnu a námornú dopravu.“*

Pre potreby práce budeme používať len manipulačné jednotky I. rádu nakoľko jednotlivé materiály sa pripravujú na prepravné vozíky už takto vyskladnené z hlavného skladu.

## **1.5 Inovácie v logistike**

V tejto dobe neustále sa vyvíjajúcich nových technológií sa ponúkajú spoločnostiam na trhu rôzne možnosti trvalého zlepšovania a tým aj rozvoj prakticky vo všetkých oddeleniach. Inovácie vo všeobecnosti predstavujú zdroj dlhodobého zisku, podnikateľského úspechu a konkurenčnú výhodu. Cieľom inovácií nielen v logistike, ale aj ostatných odvetviach je zanalyzovať súčasný stav a zefektívniť jednotlivé procesy, či už sa jedná o využitie ľudských zdrojov, zefektívnenie logistiky, technológií, skladovacích priestorov, zníženie nákladov alebo zavedenie nového produktu alebo služby.

Košťuriak a Chal' (2008) uvádza, že inovácie sú také kvantitatívne a kvalitatívne zlepšenia produktu, procesu alebo podnikateľského modelu, ktoré významne pridávajú hodnotu zákazníkovi, podniku v ideálnom prípade obidvom stranám súčasne. Ak sa pridaná hodnota realizuje až pri transakcii v rámci trhu, inovácia sama teda vzniká na trhu vo chvíli predaja. Vlastne ju realizuje zákazník. Preto sa inovácia zásadne odlišuje od invencie, vynálezu, patentu alebo zlepšovacích návrhov – tie môžu zostať nerealizované, v trezore, sklade, v papieroch, na patentovom úrade.

K inováciám vieme dospieť aj neustálym – nepretržitým zlepšovaním procesov. Macurová (2018, s. 275) uvádza, že *„Nepretržité zlepšování založené na analýze procesů je průřezovým, všeobjímajícím prvem štihlé výroby. Uplatňuje se přístup kaizen*

*(nepřetržité týmové zlepšování v malých krocích zaměřené na všechny druhy ztrát a využívající jednoduché metody analýzy procesů), v poslední době se rozšiřuje také přístup Six sigma (forma preprojektových týmů ustavených vedením podniku, řízená shora kdy v projektových týmech jsou zapojeni rovněž specialisté na statistiku a vybraní výkonní pracovníci, přístup se prioritně zaměřuje na snižování variability klíčových znaků procesů a produktů).“*

Schumpeter (1987, s. 48) chápe pojem inovácia ako:

*„a) zavedenie nového výrobku, resp. výrobku novej kvality na trh;*

*b) zavedenie do výroby novej metódy, ktorá sa doposiaľ v hospodárskej činnosti nevyužívala, hoci nespočíva na novom vedeckom objave;*

*c) objavenie nových trhov pre vyrábané výrobky bez ohľadu na to, či tento trh predtým jestvoval;*

*d) využitie nového zdroja surovín;*

*e) zmena v organizácii výroby, vrátane vytvorenia monopolu, resp. jeho prekonania v dôsledku konkurenčného boja.“*

Aplikovanie inovácií výhradne iba na výrobné spoločnosti už dávno neplatí, inovovanie sa týka celého reťazca od dodávateľov až po zákazníkov. Spoločnosti pochopili a zamerali sa nielen na optimalizáciu výrobných procesov, ale zahrnuli do inovovania aj procesy mimo výroby, ako sú sklady, kvalita alebo doprava v spoločnosti. Inovácia logistických procesov je dôležitý segment, tu je potrebné sa zamerať na automatizáciu prepravy materiálov, tovarov, výrobkov. Aktuálny stav pracovníkov na pracovnom trhu je ich nedostatok. Preto sa často stretávame s modernými prostriedkami automatizácie kedy sa sleduje napr. pohyb materiálov. Toto je len jedno zo smart riešení aby sa dosiahla efektívnosť samotných logistických procesov a ľudí priamo zapojených od týchto procesov.

## **1.6 Modely a simulácie v logistike**

V súčasnej dobe, kedy sú informačné technológie na vysokej úrovni je možné tvoriť komplexné modely a simulácie rôznych plánovaných situácií a problémov ešte



pred uvedením do reálneho stavu a vyhnúť sa tak veľkému množstvu otázok, z ktorých je jedna z najdôležitejších tá, či vôbec a ako ovplyvní zmena súčasný stav. Čambál a Cibulka (2008, s. 23) uvádza, že „*modelovanie a simulácia umožňuje odskúšať si na modeli, ako bude navrhovaný logistický systém fungovať, vyhodnotiť jeho funkčnosť, výkonnosť a efektívnosť na základe vyhodnotenia dosiahnutých výsledkov modelovaného logistického systému.*“ Lambert (2005, s. 94) uvádza, že „*Simulace je metoda, která vytváří modely situací, takže management může určit pravděpodobné změny, které nastanou po zavedení určité alternativní strategie.*“ ďalej popisuje „*Ačkoliv simulace neposkytuje optimální řešení, umožňuje tato metoda managementu zvolit v rámci nabízejících se alternativ uspokojivé řešení*“. Malindžák (2009) uvádza simuláciu tak, že simulácia je metóda porovnávania reálneho systému a modelu vytvoreného podľa neho simulačnom programe. Následne sa vykonávajú experimenty, vyhodnotenia výsledkov je tieto je možné znova premietnuť do reálneho sveta. Pre potreby a objasnenie pojmu simulácia je dôležité pomenovať niekoľko pojmov súvisiacich so simuláciami.

System sa dá chápať ako množina určitých prvkov v stave skutočnom alebo hypotetickom, ktorá je určitým spôsobom organizovaná. Takáto množina prvkov sa volá pole systému a atribúty, ktoré opisujú organizovanie v systéme, sú charakteristikou systému. Ak pole ani charakteristika systému nie sú závislé na čase, ide o statický systém. Ak sa v čase mení aspoň jedna zložka z dvoch spomenutých tak ide o systém dynamický. Ďalej sa budeme venovať už len dynamickým systémom, kedy je dôležitý pojem model.

Definovanie modelu vo všeobecnosti popisuje Malindžák (2009, s.11) „*ako určité zjednodušenie objektu alebo procesu. Je vytvorený na nejakom alebo podľa nejakého reálneho objektu. Objekt ani nemusí byť vo všetkých prípadoch reálny, ale môže byť vytvorený i hypoteticky napr. pravidlami, ktoré platia v spoločnosti*“. Ďalší popis modelu uvádza Dlouhý (2005) ako zjednodušené zobrazenie študovaného systému pomocou verbálnych pravidiel, matematických rovníc, obrázkov, či grafov. Jerz (2008) chápe model ako určitú spojitosť medzi systémami. Jeden je pritom modelovaným systémom (originál) a druhý modelujúcim systémom. Vzniknuté znázornenie mení zložky modelovaného systému na zložky modelujúceho systému a znázornenie, ktoré mení atribúty modelovaného systému na atribúty modelujúceho systému. Jednotlivé časti modelovaného a modelujúceho systému sa chovajú z určitého abstraktného aspektu podobne.

Jašurek (2010, s. 11) uvádza vo svojej práci, že „*simulátor je modelujúci systém v simulačnom modeli, definovaný na reálnom objekte. Na označenie simulátora sa však bežne používa aj pojem simulačný model.*“

„*Ďalej uvádza pojem simulačný model, že je dynamický model, pre ktorý je príznačné, že v modelovanom systéme je poradie výskytu javov rovnaké ako v modelujúcom systéme. Simulačný model možno opísať ako usporiadanú šesticu  $\{Z1, Z2, m, M, \tau, R\}$  kde,*

*Z1 je modelovaný (simulovaný) systém,*

*Z2 - modelujúci (simulujúci) systém,*

*m - prvková zložka modelu,*

*M - atribútová zložka modelu,*

*$\tau$  - časová zložka modelu,*

*R - relačná zložka modelu.“*

Malindžák (2009, s. 15) uvádza štruktúru systému modelovania, ktorá „*pozostáva z týchto základných krokov a procesov:*

- ✓ formulácia požiadaviek na model,*
- ✓ voľba typu modelu,*
- ✓ analýza skúmaného systému,*
- ✓ tvorba modelu,*
- ✓ overenie modelu,*
- ✓ simulácia,*
- ✓ interpretácia,*
- ✓ aplikácia.“*

Často sú v logistických systémoch procesy stochastického charakteru a tak simulácia býva jediným riešením na optimalizáciu a objektívne zhodnotenie procesu.

## 1.7 Simulačné metódy

Simulačné metódy patria do skupiny logistických metód, ktoré ako uvádza Čambál (2008, s. 12) „je potrebné chápať ako metodický aparát používaný v logistike pri navrhovaní alebo racionalizovaní logistických reťazcov a pri ich manažovaní, účelovo prebraný z rôznych vedných a technických disciplín a aplikovaný v duchu systémového prístupu tak, aby viedol k dosiahnutiu synergického efektu.“

## 1.8 Postup tvorby simulačného modelu

Na vytvorenie takého simulačného modelu, ktorý plne popisuje skutočný stav a výstupom z neho sú reálne výsledky odporúča Fedorko (2018, s. 3) použiť postupnosť krokov, tieto kroky sú:“

### 1. Definícia a formalizácia problému

*V rámci tohto kroku je potrebné jasne a jednoznačne zadefinovať čo bude predmetom tvorby simulačného modelu. Je potrebné sa zamerať na popis skúmaného objektu, procesu alebo systému. Nevyhnutným predpokladom toho je jasné definovanie úlohy a k akému účelu má simulačný model slúžiť. Je nevyhnutné získať všetky potrebné informácie, ktoré sa týkajú skúmaného objektu/ štruktúra ,funkcia ,toky, procesy/.*

### 2. Analýza problému

*Tento slúži pre definovanie premenných, parametrov riešeného problému a definovanie ich vzájomných vzťahov. Ďalej je tu deklarovať činnosti, ktoré budú v rámci modelu realizované. V prípade, že to je možné, tak sa tu môžu definovať matematické formulácie, ktoré je možné použiť v rámci simulačného modelu.*

### 3. Formalizácia modelu

*Tretí krok je venovaný konkrétnych modulov, z ktorých bude celkové riešenie pozostávať. Musia tu byť už známe jednotlivé väzby medzi týmito modulmi, pričom musia byť vyjadrené v matematickom alebo algoritmickej tvare. Zároveň tvorca simulačného modelu už musí myslieť jasno v otázke vstupných, výstupných parametrov modelu.*

### 4. Odhad parametrov a obmedzení modelu

*Uvedený krok je veľmi dôležitý preto, aby simulačný model nebol odtrhnutý od reality. Naopak, aby s ňom čo najviac korešpondoval a blížil sa skutočnosti. Preto je tu potrebné*

*zadefinovať maximálne a minimálne hranice jednotlivých parametrov, definovať jednotlivé premenné /napríklad časovú alebo časové jednotky/ pre jednotlivé simulované činnosti a procesy. Zároveň je potrebné stanoviť aj dobu behu simulačného experimentu a úroveň detailu simulačného modelu/mikro, makro, mezzo/.*

### **5. Konštrukcia algoritmu, vývojového diagramu, blokovej schémy**

*Konštrukcia algoritmu, vývojového diagramu je ovplyvnená simulačnými prostriedkami, ktoré sú k dispozícii. Pri tvorbe simulačných algoritmov je potrebné v prvom rade brať do úvahy aký typ simulačného programu chceme použiť a aké hardvérové zariadenie máme k dispozícii. Rozhodnutie pre použitie simulačného programu je rozhodujúce a ovplyvňuje kvalitu získaných výsledkov. Pri tvorbe algoritmu musíme zohľadňovať funkcie jednotlivých blokov a príkazov, ktoré vybraný simulačný program využíva. Každý algoritmus je potrebné pred jeho finalizáciou overiť a verifikovať.*

### **6. Prepis algoritmu do programu**

*Ide transformáciu vytvoreného, overeného algoritmu alebo blokovej schémy procesu do simulačného programu. Ako prostriedky transformácie sa využívajú bloky a príkazy, prostredníctvom ktorých sa vytvorí funkčný simulačný model. Po realizácii prepisu algoritmu je potrebné vytvorený simulačný model odladiť. Odporúča sa to realizovať tak, že na vstupe zadáme také vstupné parametre, na základe ktorých vieme povedať či získané výsledky sú správne alebo nie. Musíme si overiť, či je správne zadaná logická nadväznosť jednotlivých častí simulačného modelu.*

### **7. Realizácia simulačného výpočtu**

*Proces realizácie simulačného výpočtu predstavuje krok, ktorý kladie vysoké nároky na jeho plánovanie a prípravu. Už dávno pred jeho realizáciou nám musia byť jasné ciele, ktoré chceme dosiahnuť, musíme mať pripravený predbežný scenár a ďalšie nevyhnutné informácie /napr. rozsah simulačných experimentov/ pre jeho úspešné realizovanie.*

### **8. Verifikácia a analýza výsledkov**

*Hodnoty parametrov, informácie a výsledné správanie systému, ktoré získame z realizovania simulačných experimentov je nevyhnutné porovnávať so skutočnosťou, poprípade vopred pripraveným etalónom. Odporúča sa realizovať hlavne pri stochastických simuláciách niekoľko simulačných experimentov a získané výsledky podrobiť matematicko – štatistickej analýze.“*

## 1.9 Priebeh času v simulačnom modeli

Čas v simulačnom modeli zohráva kľúčovú úlohu. Jeho správne definovanie v simulačnom modeli vplýva na kvalitu získaných výsledkov. V rámci simulačného modelu môže čas prebiehať spojito alebo diskkrétne. „*Diskrétny priebeh času znamená, že v rámci simulačného modelu používame časové okamihy, kedy sa niečo deje, kedy nastáva zmena v simulovanom systéme. Spojitý priebeh času znamená, že čas v simulačnom modeli prebieha na spojitom intervale, to znamená, že v simulačnom modeli v ľubovoľnom časovom okamihu nastáva systémová zmena.*“ (Fedorko, 2018, s. 21)

## 1.10 AGV systémy

Asociácia nemeckých inžinierov v dokumente VDI 2510 popisuje AGV systémy ako systémy automaticky navádzaných vozidiel, ktoré sú vnútorné, pevnou podlahou podporované systémy pre manipuláciu materiálu s automaticky riadenými zariadeniami, ktorých hlavným účelom je manipulácia s materiálom, ale nie prevoz pasažierov – fyzických osôb. (Automated guided vehicle systems (AGVS), 2018)

### 1.10.1 História AGV

Počiatočná éra používania automatických vozíkov začala v Amerike a potom nasledovala Európa. Niekedy okolo roku 1950 prišiel americký vynálezca s myšlienkou nahradiť ľudí, ktorí obsluhovali ťahače – vozíky na prepravu, automatizáciou. Ullrich (2014) uvádza, že prvý systém automaticky navádzaných vozidiel bol zavedený traktor – prívies v 1954 v spoločnosti Mercury Motor Freight Company v Kolumbii v Južnej Karolíne pre dlhé okruhy na prepravu zásielok. Automatické ťahače vtedy sledovali elektricky vodivú pásku, ktorá bola umiestnená na podlahe. Princíp je známy dnes ako vodivé navádzanie.

Obr. 1.1 Prvý z amerických AGV z roku 1954



Zdroj: Ullrich, 2014.

V Európe sa začali používať a vyvíjať prvé automaticky navádzané vozidla okolo roku 1960, neskôr v roku 1962 sa začalo používať aj optické navádzanie a o rok neskôr sa objavil aj odbyt v automobilovom priemysle a na komerčnom trhu.

Obr. 1.2 Ameise/Teletrak – prvé opticky navádzané AGV



Zdroj: Ullrich, 2014.

### **1.10.2 Automaticky navádzané vozidlá (AGV)**

V súčasnosti je už reálne vidieť ako jazdia vozíky bez vodičov. Vo veľkých výrobných halách sa o presun – distribúciu materiálu v logistickom procese starajú automaticky navádzané vozíky – roboty, ktoré musia fungovať ako hodinky bez chýb a zaváhání. Nasadením týchto strojov očakávame zvýšenie efektivity, bezpečnosti a využitia prepravných prostriedkov na definovaných trasách. Ľudia v týchto strojoch boli nahradení automatickými vozíkmi. Zvýšenie efektivity očakávame z toho hľadiska, že stroje nepotrebujú žiadne prestávky v pracovných činnostiach a teda môžu pracovať nepretržite. Pohybujú sa svojou naplánovanou a definovanou trasou a pri správnej spolupráci ľudí a strojov je možné porovnať efektívnosť týchto zariadení. Implementovaním takýchto zariadení - robotov je závažné rozhodnutie spoločnosti nakoľko sú s touto zmenou spojené rôzne zmeny v celej organizácii a vnútro podnikovej alebo vnútroobjektovej dopravy. Inteligentné roboty – zariadenia medzi sebou navzájom komunikujú. Vďaka tejto komunikácii je možné zbierať rôzne údaje a dáta z prevádzky spracovávať ich a určiť ďalšie zmeny do budúcnosti. Takéto automatické zariadenia boli vynájdené aj kvôli zníženiu poškodenia majetku a redukovaniu personálu. Fazlollahtabar (2015) popisuje, že automaticky navádzané vozidlá – AGV môžeme rozdeliť do štyroch hlavných oblastí použiteľnosti:

- a) zásobovanie a odvoz v skladových a výrobných priestoroch,
- b) použitie AGV integrované vo výrobných linkách,
- c) vyhľadávanie, najmä vo veľkoobchodných predajoch,
- d) zásobovanie a odvoz v špecifických oblastiach, ako sú nemocnice a kancelárie.

Podľa VDI 2510 sú automaticky navádzané vozidlá umiestnené na oblasť prepravy s ich vlastným pohonom, ktoré sú automaticky vedené a riadené bez priameho kontaktu. Slúžia na prepravu tovaru hlavne na ťahanie alebo nesenie nákladu s pasívnymi alebo aktívnymi prostriedkami pre nakladanie.

### **1.10.3 Navigácia AGV**

Automatické riadené vozidlá – vozíky slúžia na prevoz prípadne presun tovaru z jedného miesta na druhé alebo na stanovištia medzi počiatočným bodom a konečným bodom v sieti. Navigácia a bezpečnosť prevádzky vo výrobných priestoroch je jednou

zo základných funkcií automaticky navádzaných vozidiel. V prípade navigácie musíme dbať, v ktoromkoľvek momente na postavenie daného zariadenia a predchádzať akýmkoľvek kolíziám. AGV používajú fyzické alebo virtuálne spôsoby. Od určitých navigačných komponentov a riadiacich elementov až po osobnú ochranu skenerom a aktiváciou jeho núdzového zastavenia. Ullrich (2014) popisuje, že podľa DIN navigáciou sa rozumie navádzanie zariadenia s použitím pomôcok ako:

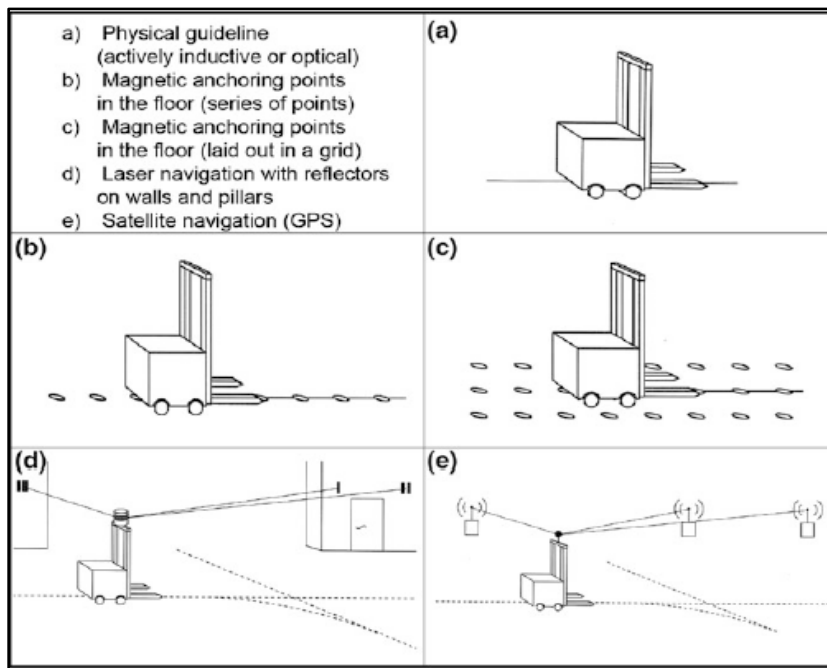
- ✓ kde sa zariadenie nachádza,
- ✓ kam by malo zariadenie pokračovať ak nič nevykoná zmenu jeho smeru jazdy,
- ✓ čo musí byť hotové a v poriadku ak príde do požadovaného bodu a ak je potrebné pozdĺž predpísaného smeru jazdy.

AGV sa pohybujú na základe fixného systému koordinačných bodov, ktoré korešpondujú s operačnou škálou – operačným priestorom automaticky navádzaných vozíkov (napr. výrobná hala). Koordinačný systém pre vozidlo môže byť namontovaný priamo na vozidle ako takom, obyčajne nachádzajúce sa v strede vozidla v ťažisku gravitácie alebo na stredovej popripade jednej z osí na vozidle. Najbežnejším zástupcom aktívnej technológie pre určovanie polohy je GPS systém. Ten používa satelity k zameraniu GPS prijímača. Automaticky navádzané vozíky používajú toto zameranie k určenie ich presnej polohy v mieste alebo v oblasti, kde sa nachádzajú, alebo na ktorú boli naprogramované. Dôležité pre toto programovanie sú pevné prekážky na trase ( piliere budovy, regálové systémy, rôzne konštrukcie, pracovné stanice atď.)

Pre účel prepojenia systému bodov pre navigáciu môžeme použiť odlišné možnosti určenia a kombinácií trás spolu s novými inováciami v technologickom priemysle. Ullrich (2014) popisuje spôsoby navigácie AGV uvedené na obrázku 1.4 nasledovne:



Obr. 1.3 Možnosti navigácie AGV



Zdroj: Ullrich, 2014.

- a) Fyzické vedenie – automatické vozidlá sú navádzané alebo jazdia pomocou fyzickej vodiacej línie pripevnenej na podlahe, v tomto prípade sú možnosti:
  - aktívne indukčné vedenie – vodič je v podlahe,
  - pasívne indukčné vedenie – kovové pásy pripevnene na podlahe,
  - optické vedenie – optické sledovanie farebnej pásy.
- b) Vedenie magnetickými bodmi – umelá orientácia umiestnená na podlahe sa používa často s pojmom voľná navigácia s významom, že trasa nie je fyzicky pripevnená, ale vytvorená len v počítači, tieto body môžu byť úplne pasívne permanentné magnety alebo kvázi aktívne transpondéry.
- c) Vedenie magnetickými bodmi – rozmiestnenie magnetických bodov do siete ako sériu bodov, táto sieť pokrýva celú oblasť a ponúka väčšiu flexibilitu.
- d) Laserové vedenie – najpoprednejší zástupca tzv. voľnej navigácie a hlavný konkurent magnetickej navigácii, reflexné fólie pripevnené na steny a stĺpy nad hlavy pracovníkov.
- e) GPS vedenie – navádzanie pomocou satelitov, najvhodnejšie použitie v nezastavaných oblastiach, na veľké vzdialenosti, podmienkou je čistý priestor medzi anténou na vozidle a radarom alebo satelitom.

V prílohe A sú uvedené výhody a nevýhody jednotlivých navádzaní automatických vozíkov. Podľa týchto porovnaní je možné sa rozhodnúť pre daný druh navádzania vo vybranej spoločnosti a využiť tak jednu z inovácií pre napredovanie a odlíšenie sa od konkurencie na hospodárskom trhu.

#### **1.10.4 AGV vo výrobe – taxi operácie**

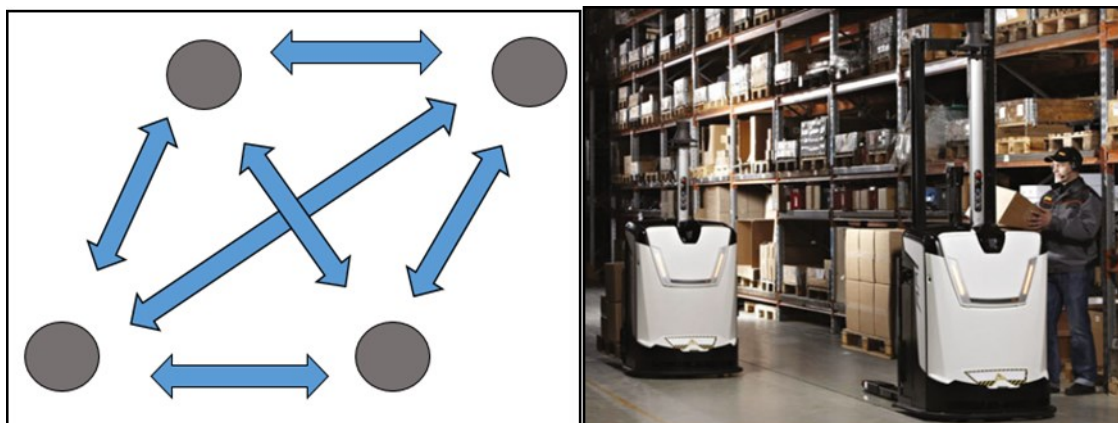
Je nutné zdôrazniť, že automatické vozíky so svojou kapacitou majú rozsiahly a pokračujúci dopad na intralogistiku. Spočiatku sa veľké množstvo objednávok môže zdať ako problémom pri implementácii AGV a samotnej ostrej prevádzke, ale keď sa daný proces stane jasnejším tak dôsledkom použitia AGV je veľká možnosť a príležitosť na to aby sa procesy neustále optimalizovali a zlepšovali. Veľa procesov skrýva dostatočný potenciál na optimalizáciu a tieto kroky môžu byť riadené ako výhoda AGV. Jednou z najpodceňovanejších výhod použitia AGV je ich schopnosť udržiavať stanovený poriadok, pretože sú tak navrhnuté a nastavené robiť úlohy. Podľa Ullricha (2014) je výroba charakterizovaná procesným reťazcom od príjmu materiálu až po prepravu. V závislosti na prichádzajúcich objednávkach, predaji, výrobnom manažmente sa tvary tohto reťazca priebežne menia, a to konkrétne:

- ✓ nárast alebo pokles zásob a potrebného tovaru výrobkov a prepravovaného materiálu (príjem materiálu, doprava, materiály v sklade),
- ✓ nastavenie dostupného času pre vyvázenie potrebného množstva materiálu ako aj času potrebného pre dodanie podľa požiadaviek príjemcu,
- ✓ ustanoviť alebo zmeniť priority objednávok,
- ✓ optimalizovať výrobné dávky.

Tieto úlohy vyžadujú postupnú úpravu, kontrolu a časté nastavovanie k neustálym zmenám situácií.

Rozdelenie taxi bodov - zastavovaní robíme podľa miesta určenia linky a danej operácie. Automatické vozíky nastavujeme podľa výrobnéj linky na základe času potrebného na vyrobenie daného dielu, kusu tovaru. V taxi operáciách sú miesta vo výrobe známe ako zdroje a miesta pre vykladanie materiálu. Transport materiálu sa vyvoláva zo zdroja na koniec okruhu cez miesta na vykladanie materiálu. Samozrejme každé zastavenie môže slúžiť ako zdroj alebo vykladanie materiálu, prípadne prázdnych balení z materiálov.

Obr. 1.4 Základný diagram taxi operácií



Zdroj: vlastné spracovanie podľa Ullricha, 2014.

Ullrich (2014) uvádza, že tieto taxi operácie môžeme prirovnať s taxi službami v mestách keďže automatické vozíky jazdia vo vnútri sieti zdrojov a miest na vykladanie materiálu, voľne a flexibilne kombinované s individuálnym počtom pozícií. Takéto taxi systémy potrebujú, ale viac ako len sofistikované a výkonné vozíky. Riadenia a správa tohto systému je jednou z najdôležitejších vecí a tak takúto dôležitosť preberá na seba takzvaný taxi dispečer, ktorý všetky informácie zoskupuje, spracováva a optimálne zhodnocuje. To je základný potenciál pre zlepšovanie. Dispečer je mozog všetkých operácií, zabezpečuje či je použitý správny typ vozíka a môže splniť všetky požiadavky v stanovenom čase. Podľa počtu výstupov upravuje priority jednotlivých úloh, rozloženie dočasných prekážok (po stavebnej stránke, podľa zhotovenia okruhov), denný rozpis zastavovacích bodov atď.

Ullrich (2014) ďalej popisuje, že klasické úlohy pre automatické vozíky v taxi systémoch sú: Zdvihni zo zdroju X a dodaj do miesta vyloženia Y. Taxi systém normálne obsluhuje dodanie alebo presun položiek na výrobnú linku.

## **2 Analýza procesu zásobovania výroby v konkrétnej spoločnosti**

V praktickej časti práce je v krátkosti predstavená spoločnosť, ktorej sa venuje práca a rieši problém zásobovania po zmene dopravy zo skladu do výroby. Postupne je opísaný proces aktuálneho stavu zásobovania a následne navrhované riešenia. Tie sú zhodnotené na konci práce.

### **2.1 Predstavenie spoločnosti**

Spoločnosť Hella sa prvýkrát spomína v roku 1899 kedy bola založená prvá továreň, táto továreň bola založená v Nemecku v Lippstadte, kde sídli a rozširuje sa dodnes. Od svojho založenia sa špecializovala na svetlá a príslušenstvo pre automobily.

Aktuálne má spoločnosť Hella 125 pobočiek a výrobných závodov vo viac ako 35 krajinách na celom svete. Celkovo zamestnáva cez 34 000 zamestnancov, z ktorých je viac ako 6000 vo vývoji a výskume. Od začiatku výroby spoločnosť vyrába produkty, ktoré sú zárukou najvyššej kvality s použitím najmodernejších technológií. Zameriava sa, ako na dodávanie produktov do prvovýroby, tak aj na produkty pre trh s náhradnými dielmi. Radí sa medzi 40 top dodávateľov pre automobilový priemysel a jednu zo 100 najväčších priemyselných spoločností na nemeckom trhu. Spoločnosť pokrýva trh svetelnej techniky od rôznych druhov osvetlenia automobilov pre osobné ale aj nákladné automobily. S neustále sa zvyšujúcimi nárokmi a požiadavkami hlavne v bezpečnosti v doprave spoločnosť Hella vytvorila svetlomety s technológiou MultiBeam LED, ktorá patri medzi top ponúkané produkty.

Spoločnosť HELLA Slovakia Front-Lighting, s.r.o. so sídlom v Kočovciach pri Novom Meste nad Váhom vyrástla na zelenej lúke ako výrobný závod a ako dcérska spoločnosť koncernu HELLA KGaA & Co. Lippstadt. Svoju výrobu spustila v roku 2003. Všetci známi automobiloví výrobcovia patria k zákazníkemu portfóliu spoločnosti.

Obr. 2.1 Spoločnosť Hella Slovakia Front Lightning s.r.o.



Zdroj: Homepage | Hella, © 2019.

Spoločnosť spĺňa požiadavky najvyššej kvality dôkazom čoho je jej certifikácia v súlade s požiadavkami medzinárodných automobilových štandardov ISO 9001:2000, ISO/TS 16949:2002, ISO 14001.

Malá časť oblasti pôsobenia spoločnosti je vidieť na obrázku 2.2.

Obr. 2.2 Produkty spoločnosti

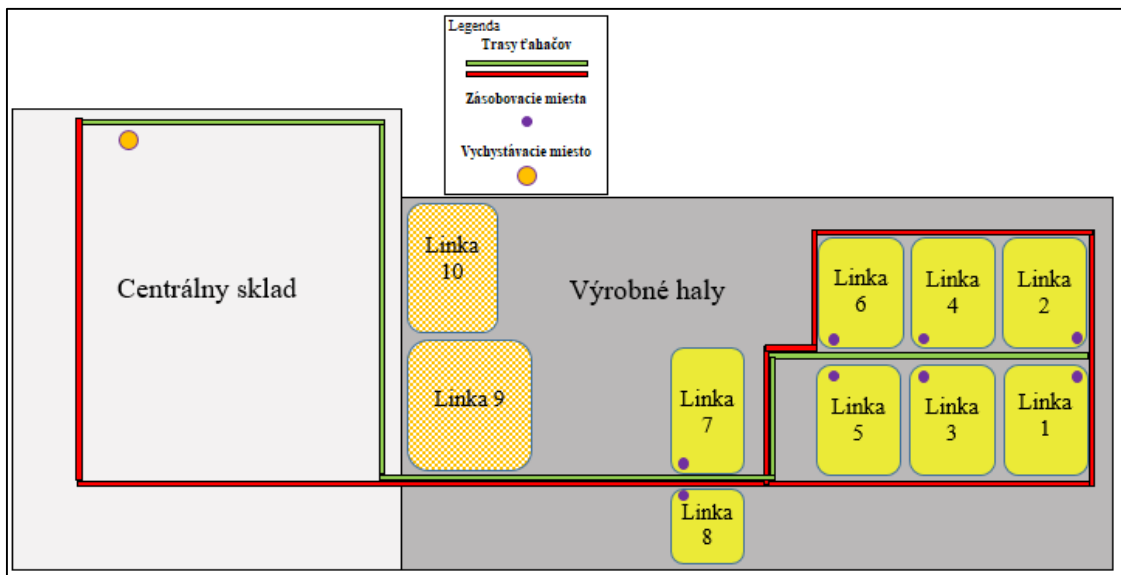


Zdroj: vlastné spracovanie.

## 2.2 Layout spoločnosti a usporiadanie pracovišť

Závod spoločnosti je strategicky postavený nakoľko v celkovom layoute sú navrhnuté nielen materiálové toky, ale aj usporiadanie strojov, výrobných buniek, rôznych oddelení potrebných pre správny a bezchybný chod. Týmto usporiadaním je následne možné vykonávať výrobný proces efektívne a uspokojovať požiadavky koncových zákazníkov. V konečnom dôsledku sa dá povedať, že usporiadaním prostriedkov a zariadení v layoute závodu (Obr. 2.3) je maximalizovať výstup s čo najmenšími a najnižšími vstupmi.

Obr. 2.3 Trasy ťahačov a zásobovacie miesta



Zdroj: vlastné spracovanie.

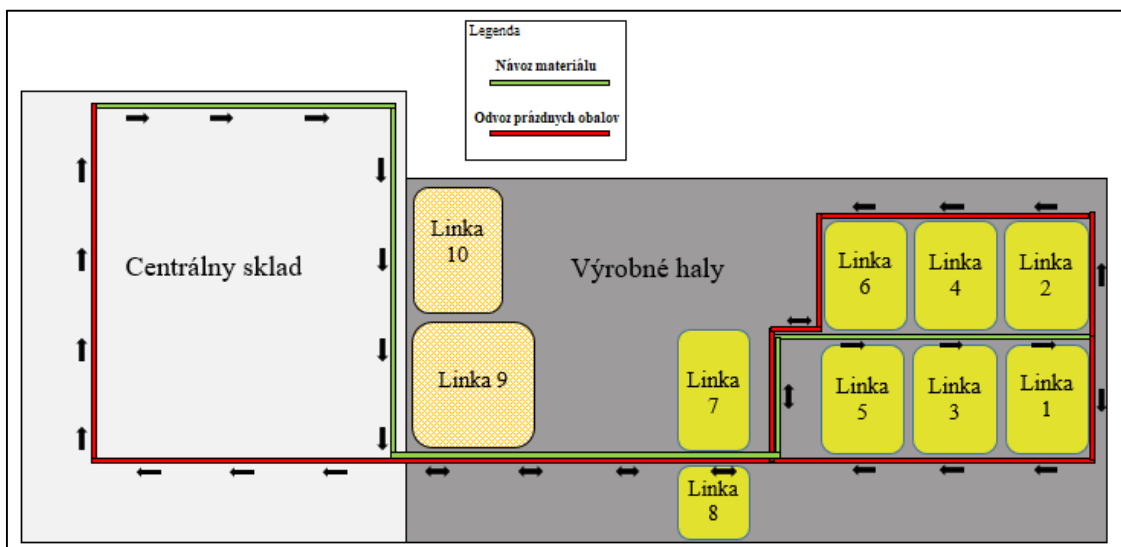
Uloženie skladovacích priestorov pre vstupné materiály – polotovary a výrobných priestorov s jednotlivými výrobnými bunkami, v ktorých sú výrobné linky je nutné plánovať tak aby sa uľahčil materiálový tok, aby zásobovanie výrobných liniek v najvzdialenejšom bode od skladovacích priestorov prebiehalo kontinuálne a neprichádzalo tak k prerušovaniu plynulej výroby. Každá výrobná linka v layoute spoločnosti ma priradené svoje pevné jedno skladové miesto. Rozmiestnenie miest, kde sa vykladá objednaný materiál a nakladajú sa prázdne vratné obaly sú rozmiestnené tak aby sa pracovník zodpovedný za zásobovanie linky dostal k potrebnému materiálu a súčasne mohli pracovníci rozvážajúci tento materiál plynule prechádzať naprieč celou výrobou. Týmto rozložením je zabezpečené zásobovanie všetkých liniek z centrálného

skladu a tok prázdnych vratných obalov smerom z výroby do centrálneho skladu na stredisko triedenia dodávateľských obalov. Na tieto definované miesta je možné vozit' materiál v rôznych kombináciách a teda nie je potrebné mať vždy obsadenú plnú kapacitu prepravnej súpravy.

### 2.3 Súčasný stav zásobovania výroby

V súčasnosti je stav zásobovania vystavovaný kritickým hodnotám z dôvodu zvýšenia implementácie nových projektov, komplexnosti výroby hotových výrobkov a množstva použitého materiálu na výrobu jedného kusu. Následkom čoho je markantné zvýšenie množstva materiálu prepravovaného z centrálneho skladu do výroby, odvozom prázdnych obalov z výroby do centrálneho skladu na stredisko triedenia a odvozom hotových výrobkov tak isto z výroby do skladu. Problémom sa stali obojsmerné cesty (Obr. 2.4.), kde sa stretávali vodiči ťahačov a blokovali jeden druhého. Tento stav nastával aj napriek rozmerom danej cesty. Narúšal sa tak plynulý tok pre všetkých zúčastnených v manipulácii s materiálom, obalmi a hotovými výrobkami. Na Obr. 2.4 je znázornený tok materiálu smerom do výroby a tak isto aj tok prázdnych obalov smerom z výroby do skladu na roztriedenie.

Obr. 2.4 Toky zásobovania a vratných obalov



Zdroj: vlastné spracovanie.

Vyrábané kusy sa vyrábajú na sklad. Úroveň zásoby týchto dielov je dohodnutá so zákazníkom a preto treba výrobu prispôbovať dopĺňaniu týchto zásob aby bola naplnená požiadavka zákazníka. Finálne výrobky majú veľkú variabilitu, ktoré sa líšia použitím kusov na ich montáž. Keďže sú presne definované a dohodnuté varianty vyrábaných finálnych kusov výroba sa môže opakovať a teda do výroby prichádzajú rovnaké materiály, z toho istého dôvodu sa materiály vyskladnené do výroby už nevracajú naspäť do centrálného skladu. Štruktúra materiálového toku nie je zložitá. Z centrálného skladu sa materiál prepravuje k jednotlivým výrobným linkám na základe vytvorenia požiadavky na materiál. To je aj začiatok informačného toku v rámci zásobovania montáže. Podľa vytvorených skladových objednávok sa materiál vyskladňuje do výroby tak aby nevznikali prestoje na výrobných linkách. Proces zásobovania začína, kde fyzicky materiál vstúpi do procesu je priestor v centrálnom sklade kam skladník ukladá materiál vyskladnený z regálov centrálného skladu. Informačný systém spracováva požiadavky z montáže, ktoré sú fyzicky spracovávané skladníkmi. Tí podľa zadaných údajov na vytlačennom skladovom príkaze (Obr. 2.5), v smere šípky je označené umiestnenie materiálu v centrálnom sklade a finálne umiestnenie na výrobnjej linke, vyskladňujú materiál na preberaciu plochu. Tu sa začína proces zásobovania montáže.

Obr. 2.5 Skladový príkaz

do / 00:00:00			do / 00:00:00		
typ skl	cisl.skl	skl.miesto	typ skl	cisl.skl	skl.miesto
100	101	P-OZV-B10	100	101	P-OZV-B10
vykl.m.			vykl.m.		
TA-cs.			TA-cs.		
					
od *0016048815*			od *0016048815*		
typ skl	cisl.skl	skl.miesto	typ skl	cisl.skl	skl.miesto
135	101	F-09-1-4	135	101	F-09-1-4
K 1x230,000 K			K 1x230,000 K		
Cisl.mat	mnozstvo		Cisl.mat	mnozstvo	
204.648-00	230		204.648-00	230	
popis	jednotka		popis	jednotka	
KRYTKA SK 115 ST			KRYTKA SK 115 ST		
#STD#	revizie		#STD#	revizie	
	9H			9H	
Zostatok	1.840,000 ST		LET LHM	vydaj skl.	
Objednávka			KRB 230,000		
Dodávateľ			cis.pr.: 5000004718		
Dodávka	vydaj skl.				
cis.pr.: 5000004718					

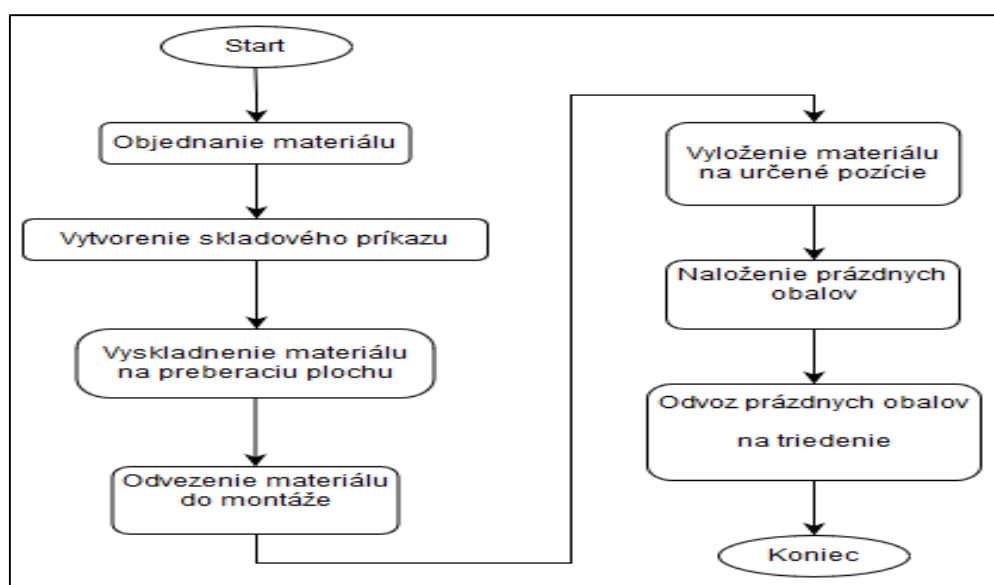
Zdroj: vlastné spracovanie.



Po tom ako manipulants – pracovník, ktorý zabezpečuje doplnenie materiálu na príslušné pracovisko v pridelenej linke zistí na výrobnjej linke nedostatok materiálu potrebného pre výrobu objedná chýbajúci materiál z centrálného skladu. Objednaním sa rozumie vytvorenie skladového príkazu v systéme, v ktorom je riadené skladové hospodárstvo. Skladník v centrálnom sklade prevezme vytlačený skladový príkaz a presunie sa na určenú skladovú pozíciu odkiaľ zoberie materiál a privezie na preberaciu plochu. Na tejto ploche si materiál naloží pracovník na prepravný paletový vozík s paletou prípadne paletami, záleží od veľkosti objednávky a odvezie túto objednávku do výroby na určenú linku.

Pracovník sa riadi určeným skladovým miestom na skladovom príkaze a tak vie kam má objednaný materiál priviezt'. Na tomto mieste pracovník vyloží materiál a naloží na paletu pripravené očistené vratné obaly, ktoré vznikli po spotrebovaní materiálu v linke. Na tomto mieste si manipulants zoberie materiál a uloží na miesto v pracovisku kde sa materiál spotrebováva. Pracovník, ktorý zabezpečuje rozvoz objednaných materiálov do výroby a odvoz prázdnych obalov z výroby. Graficky je proces zásobovania montážnych liniek znázornený na obrázku (Obr. 2.6). Na takéto zásobovanie a udržanie plynulej výroby bez nastavenia výrobných liniek a zabezpečenie potrebnej zásoby bolo plánované robiť milk run okruhy v pravidelných časových intervaloch. Proces síce beží po rovnakých okruhoch a rovnakých miestach pre vyloženie materiálu a naloženie prázdnych vratných obalov, ale nie sú dodržané časové intervaly a zásobovanie tak pôsobí chaotickým dojmom.

Obr. 2.6 Postupový diagram zásobovania



Zdroj: vlastné spracovanie.

Toto zásobovanie robia dvaja takýto pracovníci a okrem navážania sa často zaoberajú aj inými aktivitami ako sú odvoz zákaznických obalov alebo návozom týchto obalov na výrobné linky. Preto sa stáva, že materiál nie je privezený v požadovanom čase a množstve na výrobnú linku prípadne je materiál dovezený na úplne inú linku. Toto spôsobuje plytvanie času pracovníkov hľadaním materiálov a dovezenie na správnu linku a tým znižuje efektivitu celkového zásobovania celej montáže. Vzniknutým prestojom na výrobnej linke sa v niektorých prípadoch môže stať, že bude ohrozená dodávka k zákazníkovi z čoho plynú z obchodného vzťahu následky. Tieto následky nechce znášať žiadny dodávateľ a preto sa snaží inovovať svoje interné procesy a zlepšovať tak služby pre zákazníka.

## **2.4 Analýza problému a určenie cieľa**

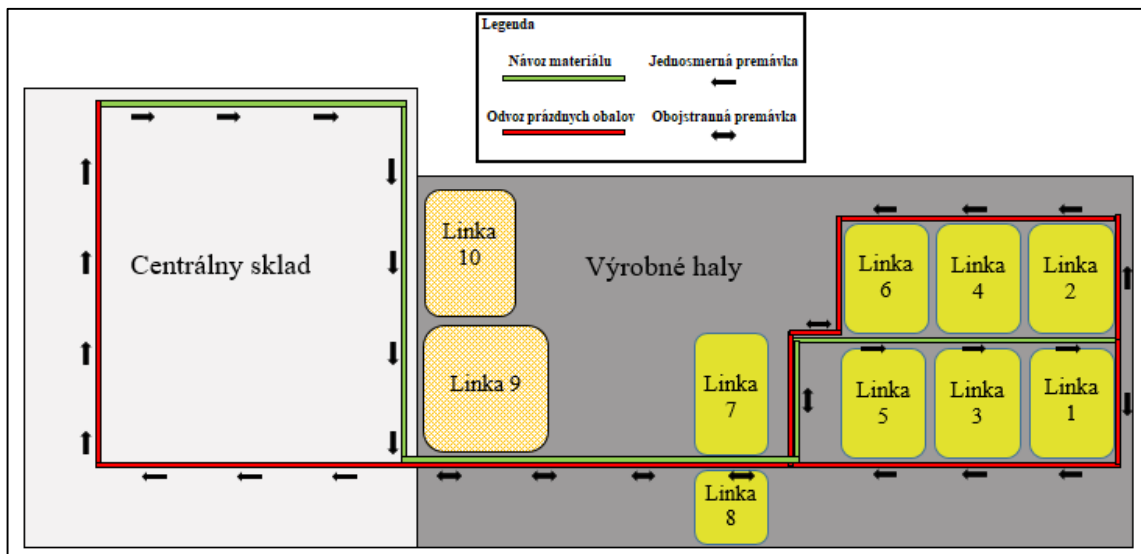
Účelom vytvorenia simulačného modelu a jeho realizáciou alebo implementáciou do fyzického stavu je vyriešiť problém ako by mal daný systém pracovať po implementácii rôznych zmien. Na začiatku as treba zamyslieť nad zistením, či je možné daný problém vyriešiť simuláciou, alebo či simulácia pomôže. Častokrát sú k dispozícii menej náročné metódy, čo sa času a vyhotovenia týka. Ak tieto metódy existujú tak simulácia nie je potrebná a stráca význam.

Ak sa po zvážení všetkých týchto aspektov dospeje k záveru, že simuláciu je možné a vhodné spraviť dá sa pristúpi k výberu simulačného softvéru. Tento simulačný softvér bude slúžiť na zrealizovanie simulačného modelu a vyhodnotenie výsledkov. V tejto dobe je k dispozícii veľké množstvo softvérov pre vytváranie rôznych simulácií. Dokonca sú rôzne softvéry prispôbené konkrétnym situáciám a systémom.

Na základe všetkých rozhodnutí je možno sformulovať a analyzovať problém aby sa mohol stanoviť cieľ, ktorý chcem dosiahnuť. Stanovenie cieľa je posledným krokom a základným parametrom k úspešnému vyriešeniu problému. Cieľom je dospieť k stavu kedy je možné určiť zmeny potrebné pre vyriešenie stanoveného problému.

Problémom zásobovania výrobných liniek sa stala samotná doprava materiálu do montáže. Pri zvýšených požiadavkách zákazníkov a s príchodom nových modelov výrobkov a ich komplexnosti a konštrukčného zloženia sa zvýšili aj množstvá prepravovaných materiálov. Na obrázku (Obr. 2.7) je znázornený smer premávky a ciest s ich využitím.

Obr. 2.7 Smery premávky



Zdroj: vlastné spracovanie.

Najviac problémovým sa stal úsek medzi linkou 7 a linkou 9 a medzi linkou 7 a 5. Napriek rozmerom cesty práve v tejto časti mali pracovníci, ktorí zásobovali montážne linky najviac spôsobených kolízií. Tieto kolízie znamenali zastavenie alebo spomalenie celej súpravy na trase do montáže s prepravovaným materiálom a súpravy na trase z montáže do centrálneho skladu. Následkom toho bolo zníženie účinnosti a efektivity zásobovania montážnych liniek, ale taktiež aj odvoz prázdnych obalov z výroby. Montážne linky sa nesmú spomaliť alebo zastaviť a ohroziť tak dodávky pre zákazníka. Ďalším problémom a dôvodom zavedenia AGV ťahača pre zásobovanie je so zvýšením počtu výrobných liniek a komplexnosti stavby celej takejto výrobnéj linky a samotného hotového výrobku nedostatok pracovných síl v regióne, kde spoločnosť pôsobí a samotná morálka a dodržiavanie presnosti v čase zásobovania. Návrhom je použitie autonómneho robotického ťahača. Simuláciou chcem preukázať opodstatnenosť tohto stroja a investíciu do celého projektu. Spoločnosť Hella Slovakia Front Lightning so sídlom v Kočovciach je pilotným závodom s projektom použitia tejto technológie v koncerne závodov Hella. Aby bolo možné porovnať všetky navrhované riešenia tak prvým cieľom práce je práve vypracovanie simulačného modelu aktuálneho stavu v prostredí programu Flexsim. Druhým cieľom je upraviť tento simulačný model do podoby nového navrhovaného stavu pre použitie AGV ťahača a zmeny trás zásobovania montáže a odvozu prázdnych obalov z montáže do centrálneho skladu. Tretím cieľom práce bude po vytvorení tohto upraveného modelu práca obsahovať nasledujúce porovnania a simulačné experimenty:

- ✓ dĺžka celkovej trasy ťahača s manuálnou obsluhou a AGV ťahačom za jednu pracovnú zmenu,
- ✓ vyťaženie ťahača s manuálnou obsluhou a AGV ťahačom bez obsluhy,

- ✓ využitie kapacity paliet v pôvodnom stave zásobovania a prepravných vozíkov v navrhovanom stave,
- ✓ počet prepravených baliacich jednotiek s materiálom a ich typmi obalov do montáže,
- ✓ celkový počet vyrobených a privezených hotových výrobkov do skladu z montáže.

## 2.5 Automatický robotický ťahač

Podmienkou výberu vhodného automatického robotického ťahača je to, že v prípade nutnosti sa môže zariadenie používať aj manuálnou obsluhou. Ak nebude zariadenie v automatickej prevádzke tak môže fyzická osoba obsluhovať zariadenie. Takto zadaná podmienka bola poslaná dodávateľom vysokozdvížnej techniky s automatickými robotickými ťahačmi. Na základe dodaných cenových ponúk, ktoré spĺňali nielen podmienku manuálnej obsluhy sa vybraným dodávateľom stala spoločnosť Linde Material Handling Slovenská republika s.r.o., ktorá zastupuje na slovenskom trhu značku manipulačnej techniky Linde.

Obr. 2.8 P-Matic

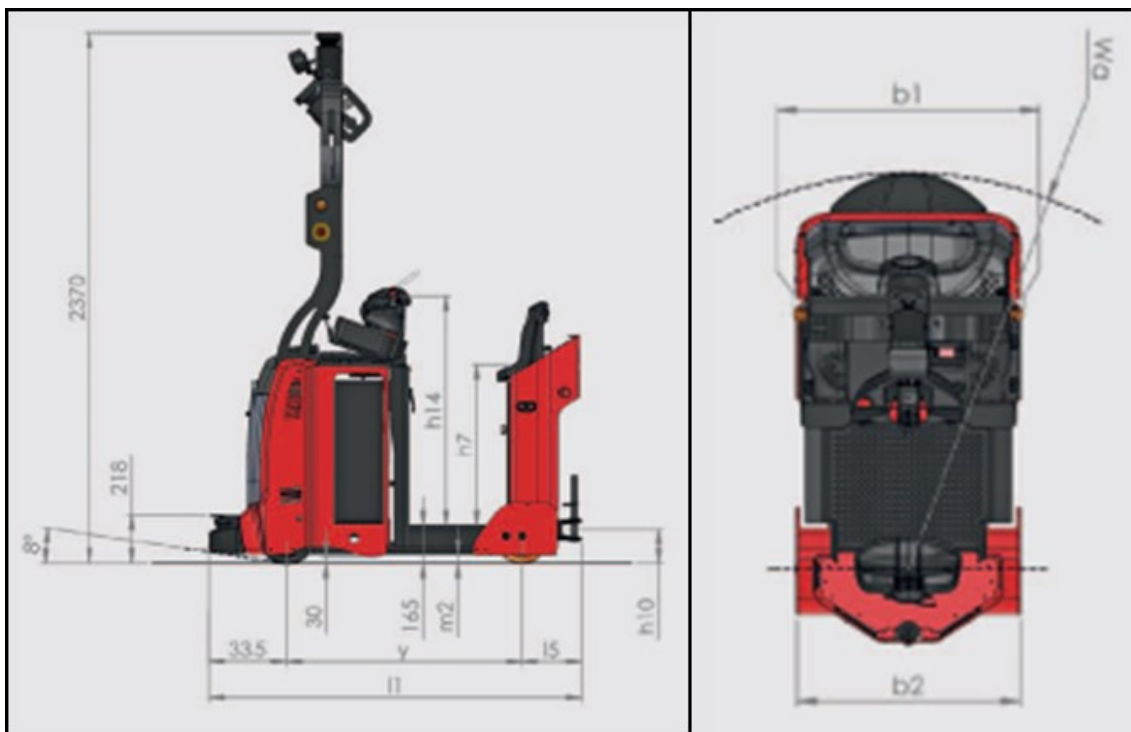


Zdroj: Homepage Linde Material Handling, © 2019.

### 2.5.1 Automatický ťahač P-Matic

Základom automatického ťahača je kompaktný elektrický ťahač so stojacou obsluhou P50C. Toto zariadenie so svojimi minimalizovanými rozmermi je určené do stiesnených priestorov. Označenie ťahača P50 znamená, že je možné za vozíkom ťahať bremeno s nosnosťou až 5000kg. Z hľadiska bezpečnosti je v základnej zostave servoriadenie s premenlivým odporom a automatickým spomalením rýchlosti jazdy v zákrute. Typické použitie takéhoto zariadenia ako je P-Matic sú haly s montážnymi linkami a ich zásobovanie materiálom zo skladov polovýrobovkov. Vďaka inteligentnému bezpečnostnému systému ťahač Linde P-Matic opticky zhromažďuje údaje vo svojom pracovnom prostredí a adaptívne reaguje. Používa laserové snímače a 3D kameru aby spoľahlivo rozpoznal pohyblivé a statické prekážky. Podľa toho prispôsobí svoju rýchlosť alebo zostane nepohyblivý, kým osoba, iný vozík alebo iná prekážka nie je odstránená z jeho monitorovacej zóny. Tieto vymoženosti technológií kombinujú najlepšiu možnú produktivitu s najvyššou bezpečnosťou. Dve bezpečnostné tlačidlá, varovný zvuk a blikajúce svetlo završuje bezpečnostné vlastnosti ťahača P-Matic.

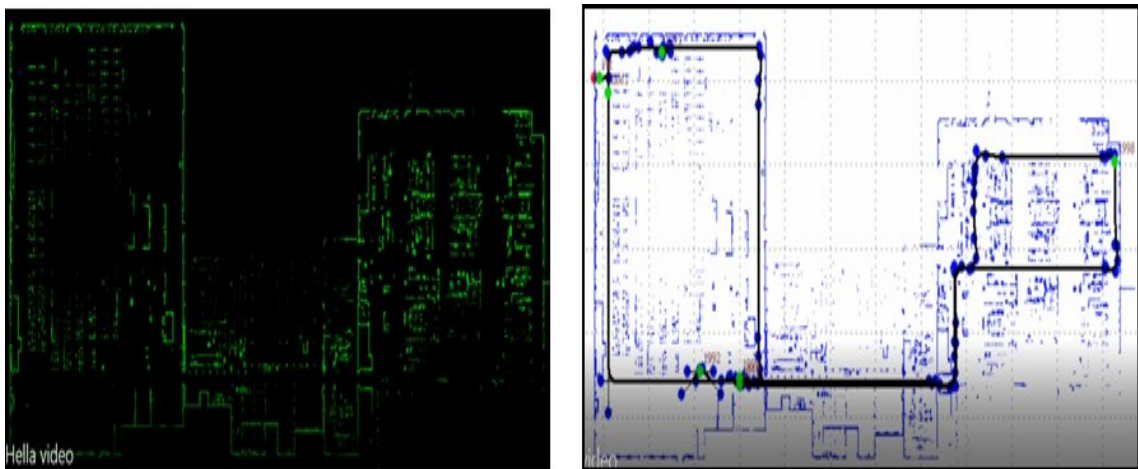
Obr. 2.9 Základné rozmery ťahača



Zdroj: Homepage Linde Material Handling, © 2019.

Na obrázku 2.9 sú uvedené základné parametre vozíka a v prílohe B je legenda k rozmerom spolu s technickými parametrami. Pre navádzanie a orientovanie sa v priestoroch spoločnosti ťahač používa 3D kameru a niekoľko snímačov okolia. Pre správny bezpečný pohyb po jednotlivých nadefinovaných trasách ťahača, je nutné urobiť skenovanie celého objektu, v tomto prípade sa robilo skenovanie troch výrobných hál a skladového priestoru.

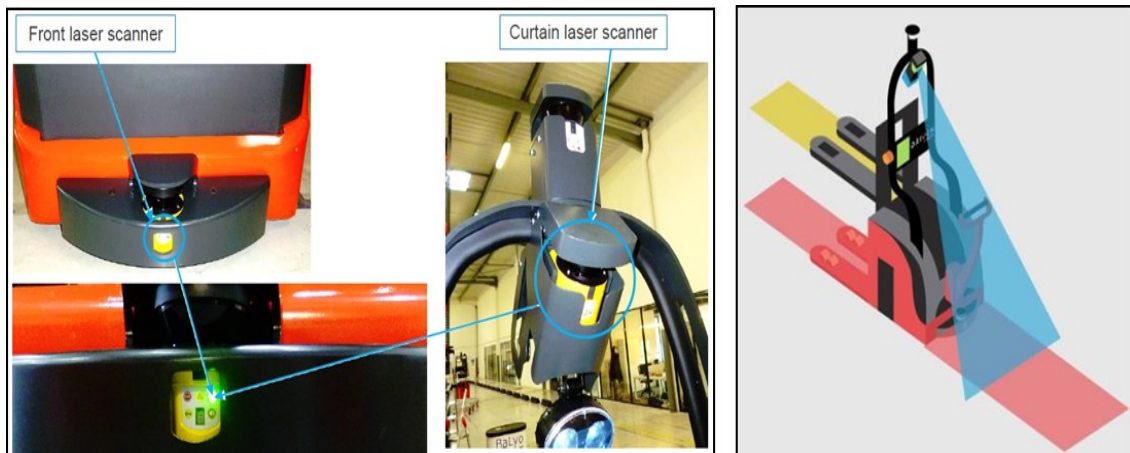
Obr. 2.10 Oskenovaný objekt – trasa AGV



Zdroj: vlastné spracovanie.

Následne sa po tomto skenovaní odstránia všetky pohyblivé prekážky, ktoré v trase ťahača nemajú byť aby sa vytvorila pevná trasa. Na obrázku (Obr. 2.11) sú zobrazené bezpečnostné prvky pre navádzanie automatického ťahača. Tieto prvky pomáhajú pri konfigurácii ťahača na štartovací bod, ale aj zaisťujú samotnú plynulú a bezpečnú prevádzku. Umiestnené sú priamo a pevne na ťahači chránené proti poškodeniu pri používaní a iným vplyvom okolitého prostredia. Curtain laser scanner alebo tzv. záclonový laserový skener slúži na zachytenie prekážok rôznych veľkostí v smere pohybu automatického ťahača. Ak je prekážka zachytená týmto snímačom tak ťahač zastaví. Tento snímač reaguje na všetky prekážky v zornom poli (modrá plocha na Obr. 2.11). Predná bezpečnostná zóna (červená plocha na Obr. 2.11) je zachytávaná predným snímačom (Front laser scanner). Túto zónu si vozík tvorí pri jazde dopredu.

Obr. 2.11 Prvky navádzania a bezpečnosti AGV



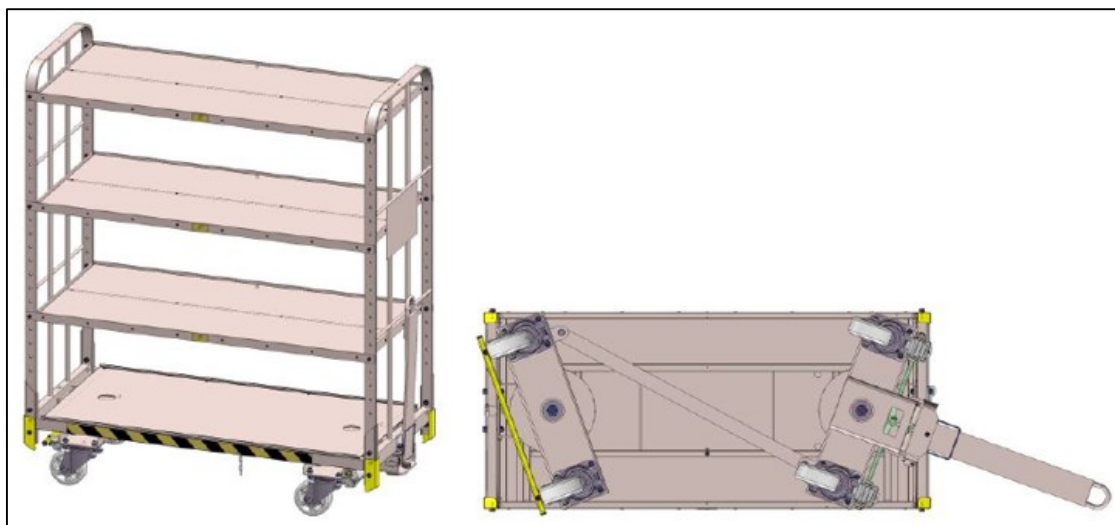
Zdroj: Homepage Linde Material Handling, © 2019.

Ak sa v dosahu snímača nachádza prekážka ťahač zníži rýchlosť, v prípade, že je prekážka odstránená pokračuje v jazde povodne nastavenou rýchlosťou. Vzďialenosť – dĺžka tejto zóny od ťahača je špecificky nastavená podľa definovanej rýchlosti a váhy prepravovaného materiálu.

### 2.5.2 Spôsob prepravy

So zmenou miesta pripravovacej plochy v sklade a zmenou obsluhy ťahača som navrhol v prípade použitia AGV ťahača zmeniť aj spôsob prepravy pripraveného materiálu pre výrobné linky. Pôvodný upravený predĺžený paletový vozík, na ktorom bol možné odviezť dve EUR palety s kapacitou pätnástich prepraviek sa zmenil na prepravný policový vychystávací vozík s kapacitou dvanástich prepraviek. Dôvod prečo som sa rozhodol zmeniť typ prepravného prostriedku je jeho konštrukcia (Obr. 2.12) a touto možnosťou som dosiahol zvýšenie prepravnej kapacity. Toto navýšenie som dosiahol tým, že pri tomto type vozíkov je možné využiť ich zapojenie za seba. Takto sa dajú pripojiť dva prípadne aj tri vozíky a regulovať prepravnú kapacitu smerom do výroby. Viac zapojených vozíkov nie je odporúčané bezpečnostným technikom a rozložením výrobných liniek vo výrobných halách, cez ktoré AGV vozík prechádza.

Obr. 2.12 Prepravný vozík



Zdroj: vlastné spracovanie.

Tieto prepravné vozíky majú prispôsobené obidve riadené kolieskové nápravy, čo znamená, že v prípade prejazdu zákrutou sú obidve nápravy na vozíku natočené a tak presne kopírujú trasu predchádzajúceho vozíka alebo ťahača. Týmto spôsobom je možné minimalizovať šírku pracovného koridoru – trasy, po ktorej je naplánovaná preprava materiálu.

Kapacita prepravovaných obalov s materiálom týchto vozíkov je obmedzená rozmermi vozíka. Do každej úrovne vozíka je možné umiestniť tri plastové prepravky R-KLT 6280 (Obr. 2.13) . Tieto prepravky sú manipulačné jednotky I. rádu. Vozík disponuje štyrmi úrovňami pre takéto prepravky a tak sa dá prepraviť na jednom vozíku dvanásť až pätnásť prepraviek. Prepravované materiály majú obaly s dobrou konštrukčnou stavbou a preto je možné previezť na vrchnej úrovni vozíka až šesť prepraviek. Materiál, ktorý svojou veľkosťou, konštrukciou, zložením alebo hmotnosťou nie je možné alebo vhodné uložiť do plastových prepraviek KLT je balený do oceľových prepraviek (Obr. 2.13b) s menšími rozmermi ako plastová R-KLT 4315 prepravka. Týchto kovových prepraviek je možné uložiť až štyri do jednej úrovne a celkovo teda šesťnásť do jedného prepravného vozíka. Ďalšou možnosťou je použitie plastových prepraviek tak isto s označením KLT (Obr.2.13) ale rozmerovo sú tieto prepravky len štvrtinou z klasických KLT prepraviek. V tomto prípade môžeme rovnakým vozíkom prepraviť pri plnej kapacite až štyridsaťosem prepraviek.



Obr. 2.13 Typy prepravovaných obalov



Zdroj: a) R-KLT prepravky | storage.sk, © 2012 – 2019, b) Oceľová prepravka | www.zierhut24.de, © 2019.

Nakoľko výroba potrebuje rôzne druhy materiálu v rôznych baliacich množstvách tak aj preprava nie je jednoznačne daná v jednom type obalu. Do výroby je častokrát prepravovaná kombinácia všetkých obalov a teda aj vyťaženie kapacity celej súpravy vozíkov je pri každom okruhu rôzne.

### **3 Tvorba simulačného modelu**

Pre vypracovanie simulácie bol pre potreby diplomovej práce vybraný softvér Flexsim. Program Flexsim je softvér na vytváranie dynamických simulácií a upravovanie parametrov v takto vytvorených simuláciách. Má grafické rozhranie, s pomocou ktorého jednoduchšie modelujeme a sledujeme simulačné experimenty a ich animácie. Pomocou takejto simulácie je možné odpovedať na otázky bez vstupných investícií.

Dôvodom vytvorenia simulačného modelu je prispieť k uvoľneniu finančných prostriedkov pre zmenu trasy zásobovania a zmenu typu zásobovania z ťahačovej súpravy s manuálnou obsluhou na AGV ťahač s prepravnými vozíkmi. Tomuto účelu bude aj odpovedať štruktúra samotného modelu a taktiež aj detail a spracovanie.

V porovnaní s inými metódami je v simulácii možné brať do úvahy stochastické správanie sa niektorých vstupných dát. Jedným z takýchto vstupných dát je čas potrebný pre spracovanie každého priradeného materiálu. Do celkového času, za ktorý sa materiál pracuje vstupujú tri časy z pracovnej stanice. Čas kedy sa materiál manuálne pripravuje, to môže byť napríklad vloženie materiálu do špeciálneho prípravku stroja, čas ktorý nazývame strojný čas – teda samotná práca stroja a čas potrebný pre vybratie hotového kusu z prípravku.

Ďalším zo vstupných údajov je typ obalu, v ktorom je materiál balený. Každý materiál má svoj špecifický obal s určitým rozmerom. Od toho závisí aj baliace množstvo materiálu v prepravovanom obale. Tento údaj ovplyvňuje počet vstupných obalov s materiálom na začiatku simulácie a tak aj celkovú zásobu na pracovnej stanici.

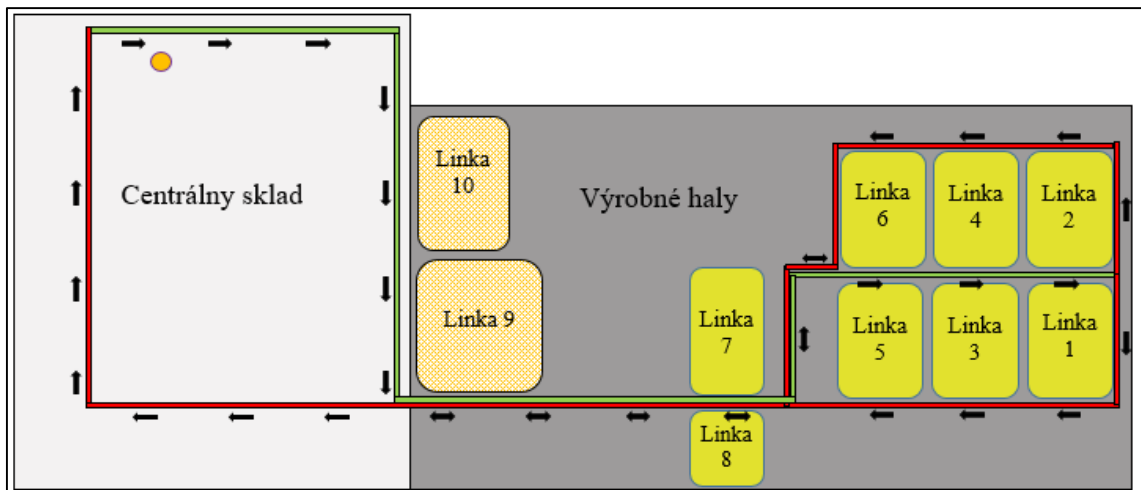
Tretím údajom je počet pripojených prepravných vozíkov s danou kapacitou. Tento počet je obmedzený z dôvodu dodržania pravidiel pre bezpečný prejazd cez všetky nadefinované trasy.

#### **3.1 Rozsah simulačného modelu**

Model sa zameriava na zásobovanie montážnych liniek materiálom z centrálného skladu z plochy pre vyskladnený materiál. Týmto je aj definovaný rozsah v modeli. V simulácii, ktorá je predmetom práce sú zahrnuté trasy ťahačov s plochami pre vygenerovaný materiál a pre prázdne obaly a výrobné linky. Simulačný model začína na jednej strane

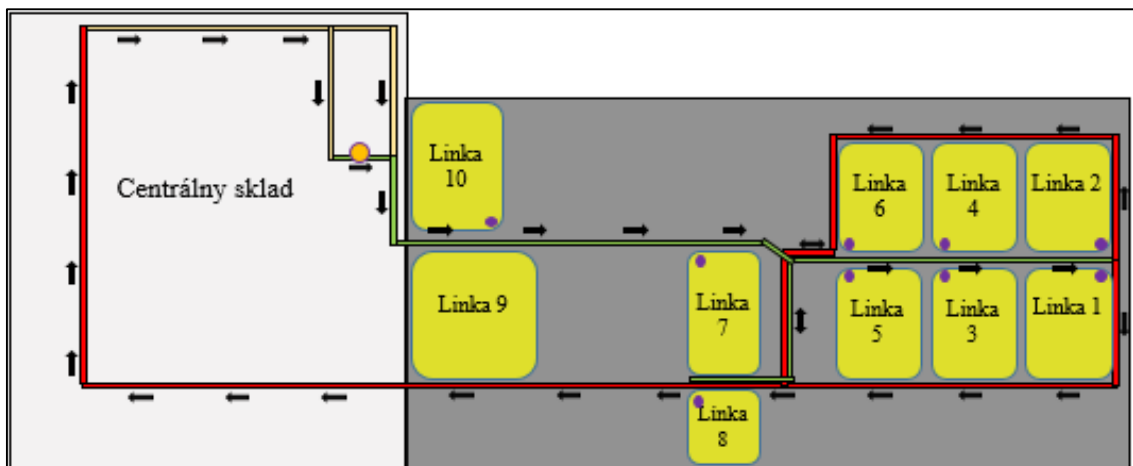
spotrebovaním materiálu a generovaním materiálu na ploche pre vyskladnenie a odvozom hotových výrobkov z týchto privezených materiálov na plochu pre hotové výrobky na druhej strane. Časovo je simulácia ohraničená jednou pracovnou zmenou v celkovom čase 28 800 sekúnd. Na obrázkoch (3.1 a 3.2) sú graficky znázornené stavy zásobovania pre použitím AGV ťahača a návrh s AGV ťahačom.

Obr. 3.1 Pôvodný stav zásobovania bez AGV



Zdroj: vlastné spracovanie.

Obr. 3.2 Upravený stav zásobovania s AGV



Zdroj: vlastné spracovanie.

Vzhľadom na celkový počet materiálov a verzií vyrábaných hotových dielov sú v simulačnom modeli použité dáta z jedného dňa reálnej výroby.

### **3.2 Vstupné dáta**

Pre správne fungovanie a vytvorenie modelu bolo treba zhromaždiť a spracovať údaje. Tie, ktoré hrali najpodstatnejšiu úlohu v simulačnom modeli sú údaje o jednotlivých vstupných materiáloch a ich správne priradenie. Pre simulovanie boli použité dáta z jedného náhodne vybraného dňa v roku 2018. Tieto dáta boli vygenerované z ERP systému spoločnosti a obsahujú dátumy a časy vyskladnenia na plochu pre materiál a potvrdenia prevzatia daného materiálu na výrobnú linku. Pre mňa boli dôležité dáta o jednotlivých materiáloch ostatné časové dáta som nebral do úvahy. Údaje o jednotlivých obaloch pre vygenerované materiály boli získané z interných zdrojov spoločnosti, tieto zdroje taktiež obsahovali aj počty kusov materiálov v určených obaloch. Podklady dĺžky trás a rozmery jednotlivých hál v simulačnom modeli odpovedajú reálnym údajom. Tieto údaje, vďaka ktorým som mohol vytvoriť simulačný model boli dostupné a tak som nemusel vlastným meraním získavať dáta. Všetky údaje som spracoval a združil do Excel súboru. Odtiaľ som čerpal potom údaje pre samotný simulačný program jednoduchým kopírovaním, keďže som si v Excel súbore spravil rovnaké rozdelenie buniek ako je aj rozdelenie buniek vstupných tabuliek v simulačnom programe. K dispozícii pre vypracovanie simulačného modelu som mal plnú verziu programu Flexsim 2018.

### **3.3 FlexSim simulačný program**

Nedávne vydanie vlajkového softvéru Flexsim Simulation pokračuje v napredovaní technológie simulácií diskretných udalostí. Vďaka vylepšeniu a ľahkosti použitia, lepšiemu výkonu, zlepšenie funkcií s 3D naďalej FlexSim nastavuje štandard v softvéroch simulácií. Od založenia spoločnosti v roku 1993 Billom Nordgrenom, Rogerom Hullingerom a Cliffom Kingom sa spoločnosť špecializuje na simulácie v oblasti priemyselnej výroby, manipulácie s materiálom, ťažba nerastných surovín, preprava tekutín a plynov a iných optimalizácií v rôznych priemysloch po celom svete a v celej priemyselnej sfére. Spoločnosť má sídlo v Oreme v Utahu. Celosvetovo zabezpečuje servis, podporu a tréningy spolu s konzultáciami. V roku 2009 bol ako posledný predstavený špecifický balíček FlexSim – zdravotníctvo.

Odvtedy sa každý jeden balíček pre špecifické odvetvie zdokonaľuje a prispôsobuj požiadavkám klientov. Tento softvér ako jeden z mnohých ponúkaných na trhu simuluje chovanie systémov, ktoré sú reálne. Do úvahy berie vstupné zdroje a väzby medzi jednotlivými prvkami umiestnenými v modeli. Spoločnosť, ktorá vytvorila tento program ponúka za pomoci tohto softvéru v oblasti simulácií nové pokroky, flexibilitu, prispôsobenie, 3D grafiku a iné.

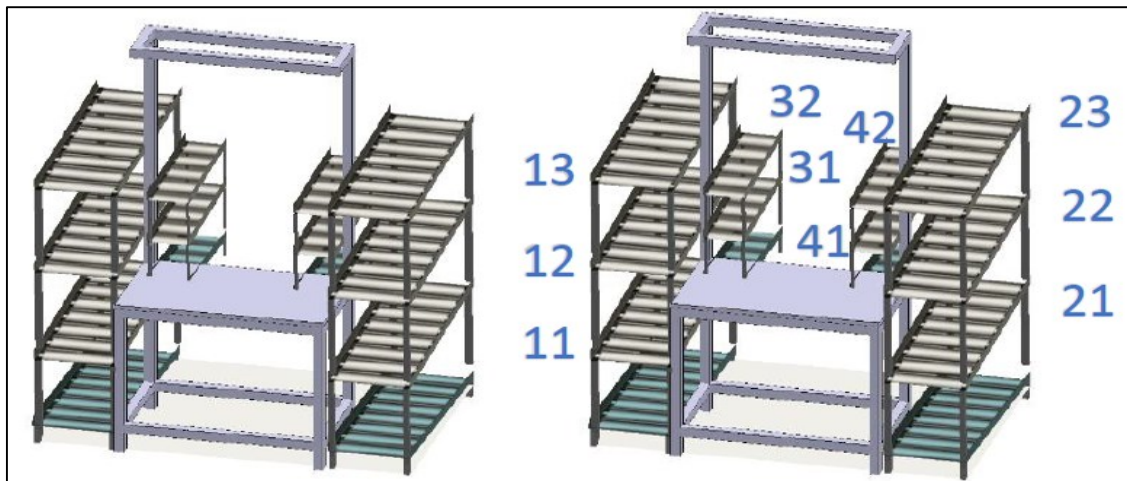
### **3.4 Základné objekty vo FlexSim**

V simulačnom modeli vytvorenom v softvéri FlexSim je použitých niekoľko objektov, ktoré či už graficky, ale hlavne funkčne charakterizujú vytvorený model. Pre Správne fungovanie som nastavoval rôzne dáta na jednotlivých objektoch pre správne prevedenie celej simulácie AGV modelu a zásobovania montážnych liniek materiálom. V ďalšej podkapitole som popísal tieto objekty. Softvérová knižnica bola upravená presne pre požiadavky pre spoločnosť Hella, preto sú objekty špecifické a nie je možné ich použiť v bežne dostupných verziách softvéru FlexSim.

#### **3.4.1 Pracovná stanica**

Objekt pracovnej stanice je v základnej verzii softvéru pomenovaný aj ako Work place. Upravené pracovné miesto je vo verzii pre potreby spoločnosti Hella doplnené ešte aj desať zásobníkov – valčekových dopravníkov pre vstupujúci materiál a štyri zásobníky pre prázdne balenia, ktoré idú zo stanice a taktiež má zmenený grafický tvar (Obr. 3.1). Všetky tieto zásobníky majú svoje číslovanie, ktoré je potrebné pre správne umiestnenie materiálu na stanicu. Význam tohto číslovania je spomenutý v kapitole 3.6 Stavba modelu. Valčekové dopravníky fungujú ako signál pre vygenerovanie materiálu v centrálnom sklade a to tak, že v momente kedy sa spotrebuje všetok materiál z prepravného obalu tak sa prepravka presunie automaticky do spodného dopravníka. Tento dopravník ma za úlohu odvádzať prázdne obaly z pracovnej stanice. V tomto momente je v sklade vygenerovaná prepravka s potrebným materiálovým číslom presne pre túto stanicu s rovnakými parametrami. Prázdnu prepravku zo spodného dopravníka premiestni pracovník na plochu pri výrobnnej linke, kde je následne naložená na AGV a odvezená z výrobnnej linky.

Obr. 3.3 Pracovná stanica



Zdroj: vlastné spracovanie.

Na pracovnej stanici prebieha spotrebúvanie materiálu a teda vykonáva simulovanú prácu. Priamo na tomto objekte som nastavil materiál vstupujúci na danú stanicu. Nutnosťou bolo nastavenie času, za ktorý sa na danej stanici spotrebuje určité množstvo materiálu. Celkový čas na pracovnej stanici je rozdelený na tri rôzne časy, a to manipulačný čas pred operáciou na stroji danej stanice kedy operátor pripravuje materiál na montáž, nasleduje procesný čas. Tento čas je dĺžka pracovného času kedy stroj na pracovisku vykonáva operáciu. Po tomto čase nasleduje posledný čas na pracovnej stanici. Je to čas potrebný opäť na manipuláciu s materiálom, kedy pracovník vyberá výrobok z danej stanice a posúva ďalej v toku výrobku. Vstupný materiál je dodávaný do jednotlivých sklzov vedľa stanice. Každá pracovná stanica musí mať v simulačnom modeli svoje špecifické meno – názov. Všetky tieto dáta sa potom zaznamenávajú do vstupných tabuliek pre celý simulačný model. Na začiatku simulačného modelu sú pre vstup materiálu na tieto zásobníky nastavené dve balné jednotky z každého materiálu vstupujúceho materiálu na každú jednu stanicu. Podľa počtu druhov vstupujúcich materiálov je zadefinované aj obsadenie jednotlivých zásobníkov pri pracovných staniach.

### 3.4.2 Source flow a Source buffer

Objekty Source flow a Source buffer sú na začiatku toku materiálu linkou. Dávajú informáciu o entitách v modelovom systéme. Každá výrobná linka taktiež aj ľavá a pravá strana musí mať svoje takéto dva objekty. Je vždy nutné použiť obidva spolu, jeden je prepojený s druhým v poradí. Tak isto aj v tomto prípade je pre každý objekt nutné zadefinovať špecifické meno, ktoré sa následne vyplňuje do vstupných tabuliek.

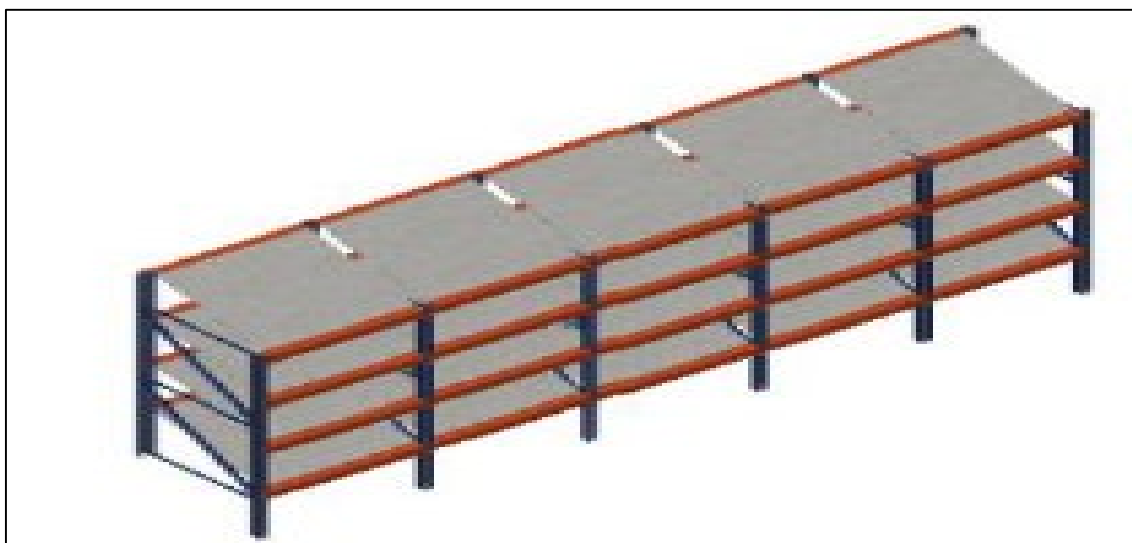
### 3.4.3 Zdroj obalov

Zdroj obalov generuje entity do simulačného modelu. Je to vstupujúci bod pre entity do simulačného modelu. Generuje obaly s materiálom v momente kedy je na výrobnjej linke vyprázdený materiál a presunutý do spodného sklzu pri pracovnej stanici. Pre generovanie rôznych potrebných typov obalov používam nasledujúce objekty, ktoré zabezpečia správne vytvorenie obalu v takom tvare a s takou informáciou, že je možné nadefinovať presné množstvo materiálu v každej prepravnej jednotke, rozmer tejto jednotky. Týmto si zabezpečím po definovaní vo vstupnej tabuľke presné umiestnenie a spotrebu, či už množstevnú alebo časovú na danom pracovisku. Pre každý obal je nutné použiť jeden takýto objekt pre vygenerovanie správneho obalu popřípade všetkých použitých vo vstupných tabuľkách.

### 3.4.4 Zásobovací regál

Zásobovací regál alebo aj supermarket je objekt regálu na výrobnjej linke v simulačnom modeli. Ukladá sa sem materiál, ktorý je dopravený z centrálneho skladu. Cez tento regál sa materiál dodáva priamo na linku a presne určené pracovisko. Tento regál môže mať rôzne rozmery a tvar, záleží podľa obalového materiálu uskladňovaného v ňom. Pre potreby štatistickej tabuľky je možné zbierať údaje ohľadne vyťažnosti kapacity.

Obr. 3.4 Zásobovací regál



Zdroj: vlastné spracovanie.

### 3.4.5 Miesto zoskupovania - plocha

Objekt je v simulačnom modeli použitý na všetkých miestach, kde je potrebné vytvoriť zásobu, prípadne je potreba zoskupiť na určité miesto vyskladnený materiál alebo prázdne obaly zo spotrebovaného materiálu. Tento objekt je potrebné použiť v modeli aj pre generovaný materiál v centrálnom sklade. Pre tento objekt je možné tak isto zbierať štatistické údaje pre potreby vyhodnotenia simulácie.

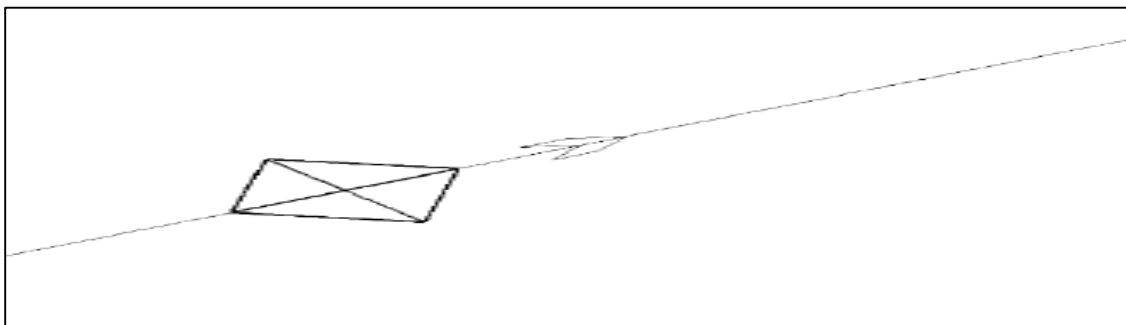
### 3.4.6 Combiner

Objekt Combiner je špeciálny pre špecifické balenia materiálu na priradený typ prepravného podvozku, prípadne nosiča. Takéto balenie môže byť finálny výrobok na výstupe z linky alebo produkt predmontážnej linky. Na danom objekte môžeme nastaviť zoskupovanie položiek podľa definovaného balenia alebo podľa prepravovanej kapacity na nosiči.

### 3.4.7 AGV sieť

Objekt AGV siete definuje trasy, po ktorých sa pohybuje AGV vozík. Na trasách sa nachádzajú zastávky. Na týchto zastávkach zastavuje AGV vozík, väčšinou sú definované pri miestach vykladania a nakladania materiálu alebo obalov.

Obr. 3.5 AGV sieť a kontrolný bod



Zdroj: vlastné spracovanie.

Na týchto objektoch trasy je taktiež naďefinovať a upraviť rýchlosť AGV vozíka na rovine, v zákrutách alebo aj v iných simulovaných modeloch. Je teda možné týmto nastavením priblížiť čo najviac realitu prostredia, v ktorom sa bude vytvárať simulačný model.



### 3.4.8 BusAction

Tento objekt je v simulačnom modeli ako pomocný, no zároveň zohráva veľkú úlohu v nastavení rôznych akcií a riadenia v AGV sieti. Tieto objekty sú pri každom stanovisku, kde sa zastavuje AGV. Tu sa sústreďujú akcie ako nakladanie a vykladanie materiálu z a na AGV ťahač. Každý tento bod je možné nastaviť a určiť stratégiu. V prípade, že je nutné definovať viac akcií na jednom stanovisku tak musia byť umiestnene viaceré tieto objekty. Jednou z vecí, ktoré sa vyplňajú sú aj presné miesta – určenia materiálov napríklad v regáloch na linkách. Stratégie riadenia AGV na jednotlivých BusAction sú nasledujúce:

- ✓ odstránenie prázdnych obalov zo súpravy,
- ✓ vyloženie materiálu z pripojeného prepravného vozíka v súprave AGV,
- ✓ vyloženie všetkého prepravovaného materiálu vrátane prepravných vozíkov,
- ✓ naloženie všetkého prepravovaného materiálu a pripojenie do súpravy AGV,
- ✓ naloženie materiálu do pripraveného prepravného vozíka v súprave,
- ✓ naloženie materiálu do vytvoreného prepravného vozíka a zapojenie do sústavy,
- ✓ zapojenie prázdneho prepravného vozíka do sústavy AGV,
- ✓ názov použitého AGV (Milkrunu),
- ✓ názov miesta pre vykladanie alebo nakladanie materiálu,
- ✓ podmienka vyloženia prípadne naloženia materiálu,
- ✓ počet pripojených vozíkov,
- ✓ názov typu prípojného vozíka,
- ✓ evidencia štatistiky pre štatistické tabuľky.

Všetky tieto nastavenia dotvárajú reálnosť simulovaného modelu. Do programu sú tieto nastavenia a objekty vložené na podnet spoločnosti Hella, ktorá spolupracuje so spoločnosťou FlexSim.

### 3.4.9 Objekt MilkRun

Objekt Milkrun sa všeobecne používa ako prepravný objekt v programe FlexSim. Používa sa pre ťahanie vozíkov, paliet, podvozkov atď. V prípade manuálnej obsluhy ťahača je nutné priradiť k takémuto objektu pracovníka v simulačnom modeli.

Obr. 3.6 Ťahače s obsluhou a bez obsluhy



Zdroj: vlastné spracovanie.

V špeciálnych prípadoch ako je aj simulovanie zásobovania výrobných liniek pomocou AGV som tento krok vynechal a nepriradil som žiadneho pracovníka. Objekt pracuje v poriadku a výsledky sú relevantné pre použitie do vyhodnotenia simulačného modelu.

### 3.4.10 Vstupné tabuľky

Vstupnou tabuľkou rozumieme tabuľku, do ktorej sú importované údaje na základe nich sa prevádza celá simulácia. Sú tu spomenuté vyrábané verzie alebo aj výrobné linky, na ktoré sa bude dovážať materiál aby bolo možné nasimulovať zásobovanie celej montáže. Ďalšie sú tabuľky pre jednotlivé pracovné stanice s ich pomenovaním a samotným materiálovým tokom medzi jednotlivými stanicami od vstupu materiálu na stanicu až po konečné pracovisko a zberné miesto pre hotové výrobky z danej výrobnéj linky. Tieto tabuľky taktiež obsahujú potrebné prepojenia medzi jednotlivými objektami v simulačnom modeli. Tabuľka definovaných obalov je taktiež jednou zo vstupných. Jednou z veľmi potrebných a dôležitých je tabuľka pre nastavenie každého jedného materiálu, ktorý do modelu vstúpi. A v neposlednom rade je to tabuľka s výrobnými plánmi v prípade viacdennéj alebo viac zmennej simulácie. V týchto tabuľkách sú zadané všetky potrebné údaje pre správny priebeh simulácie.

### 3.4.11 Výstupné tabuľky

Výstupné tabuľky sú pripravené pre zbieranie štatistických dát. Tieto dáta sa zobrazia v tabuľkách až po zastavení procesu simulácie. Výstupná tabuľka `statPackage`, ktorá zbiera dáta z jednotlivých objektov, kde sa ukladajú obaly. Obsahuje informácie o maximálnom množstve vybraných položiek počas simulácie. Tento údaj môže byť vhodný pre nastavenie správnej kapacity skladovacích pozícií vo výrobe. Dáta sú rozdelené podľa mena objektu a typu obalového materiálu, kde sa používajú a v akom sú balené. Dáta sú automaticky vyplnené po zastavení simulácie, v ktoromkoľvek čase.

Tabuľka `statItem` zbiera a používa dáta o príchode obalov v čase. Taktiež je tu cyklus čas medzi jednotlivými príchodmi a tieto dáta sú počítané automaticky. Nato aby sa pre túto tabuľku zbierali údaje na objektoch je nutné zdefinovať zbieranie týchto dát na konkrétnom objekte.

Tabuľka `statStore` je preddefinovaná štatistická tabuľka a zobrazuje počty neprepravených obalov počas simulácie na miestach pre skladovanie z dôvodu nedostatočnej kapacity dopravy.

V tejto kapitole boli popísané jednotlivé objekty a niektoré tabuľky pre vytvorený simulačný model spolu. Vstup entít do simulačného modelu, typy entít a tiež ich vlastnosti, ktoré sú zapísané na každej jednej entite. vo forme tzv. jedinečného štítiku alebo atribútu. Entity v tomto modeli predstavujú materiály v jednotlivých obaloch. Vstupujú do modelu v momente kedy sa na pracoviskách spotrebuje materiál v zadanom obale. Tento obal sa presunie na spodnú časť zásobníka a vtedy sa vygeneruje ďalší v centrálnom sklade. Program FlexSim, v ktorom bol simulačný model vytvorený má upravenú databázu objektov. Bol upravený v spolupráci tímov zo spoločnosti FlexSim a tímom zo spoločnosti Hella. Úpravou môžeme rozumieť vytvorenie knižnice objektov s ich špeciálnymi vlastnosťami pre zjednodušenie zadávania dát do simulačného modelu do tabuliek v simulačnom modeli a ich prepojenie. Všetky objekty musia byť prepojené aby bol zabezpečený tok ako informačný tak aj materiálový. Potom správne funguje celý simulačný model a je možné vyhodnotiť údaje a porovnať simulované stavy procesov.

### 3.5 Zloženie modelu

Táto časť tvorby simulačného modelu bola zameraná na to ako bude reálny stav zobrazený v simulácii. Musel som nadefinovať a simulovať nakladanie a vykládanie materiálu z pripojených vozíkov za AGV ťahačom na všetkých miestach, kde vozík zastavuje, nakladanie prázdnych obalov na pristavené vozíky, v prípade AGV ťahača túto úlohu zastupoval manipulant na výrobnéj linke. V prípade použitia ťahača s manuálnou obsluhou robila tento úkon obsluha ťahača – šofér.

Spotreba materiálu na linkách sa deje na jednotlivých pracoviskách na základe vytvorených vstupných tabuliek a v momente vyprázdnenia obalu je vygenerovaný materiál v centrálnom sklade na mieste PlaceStart. Prázdne obaly sú manipulantom na výrobnéj linke premiestnené na plochu Empty s označením každej výrobnéj linky a následne sú naložené a odvezené do skladu. Rozdielom voči realite je, že prázdne obaly sú dovezené do centrálného skladu, kde sú na triediacom stredisku roztriedené. V simulačnom modeli toto nie je predmetom simulácie a tak na tomto mieste sú obaly vymazané z modelu.

Materiál a tak isto aj obal, v ktorom je prepravovaný potrebný pre jednotlivé výrobné linky je farebne rozdelený. Na začiatku simulácie je automaticky vygenerovaný materiál pre každú pracovnú stanicu v množstvách zo vstupných tabuliek. Tieto materiály sú hneď premiestnené na výrobné linky a teda nezobrazujú sa v centrálnom sklade na ploche pre pripravený materiál. Je to z toho dôvodu, že štart simulácie začína naplnením linky všetkým potrebným materiálom.

V programe je možné nastaviť aj percento kusov, ktoré neodpovedajú kvalite a nie je možné ich použiť. V simulačnom modeli pre porovnanie pôvodného a nového stavu je toto číslo nastavené na nulu a teda považujem všetky vstupné materiály za dobré kusy. V prípade, že zmením tento parameter tak softvér prepočíta potrebné kusy podľa baliaceho množstva v obale a zníži automaticky počet disponibilných kusov v balení.

Čas, za ktorý je vyrobený hotový výrobok z privezeného materiálu a ako je spotrebovávaný materiál je reálny čas. Počet potrebných vyrobených hotových kusov za jednu pracovnú zmenu v zadefinovanej dĺžke je údaj z interných podkladov spoločnosti. Finálne balenie hotových výrobkov sa skladá z niekoľkých kusov.

Zoskupenie týchto kusov na pripravenú paletu zabezpečuje objekt Combiner v simulačnom modeli.

### **3.6 Stavba modelu**

Výstavbu modelu som robil v upravenej knižnici objektov programu Flexsim 2018 a teda som mal k dispozícii dostatočný počet objektov, ktoré odpovedali realite. Tieto úpravy boli veľkou pomocou pri tvorbe simulačného modelu. Aby model odpovedal čo najviac realite musel som upravovať niektoré úkony. Pri zásobovaní sa v simulácii stávalo to, že manipulant, ktorý zásoboval výrobnú linku, vykladal materiál z vozíka a nakladal prázdne obaly na vozík nerobil úkony logicky, ale podľa poradia úloh ako mu ich program nariadil. Tak som do modelu pridal ďalšieho pracovníka, ktorý sa staral o toto vykladanie a nakladanie. Týmto sa model priblížil realite v počtoch prepravovaných materiálov a vyrobených kusov hotových výrobkov keďže som sa v práci nezaoberal vytážením pracovníkov na výrobných linkách. Simulačný model nepočíta s vyskladnenými celopaletovými objednávkami. Celopaletové objednávky sú také, kde je potrebné vyskladniť z centrálného skladu celú paletu zo všetkými baliacimi jednotkami – prepravkami a takto ju previezť do montáže. Dôvodom bývajú nízke baliace množstvá a v prípade zabezpečenia rozdelenia takejto palety do prepravných vozíkov by sme manipuláciou stratili čas a zvýšili by sme riziko poškodenia dielov alebo balenie presahuje rozmery manipulačnej jednotky prvého rádu.

V predchádzajúcich kapitolách tejto práce som spomenul vstupné tabuľky, ktoré obsahujú určité informácie potrebné pre správny priebeh simulácie. Majú dôležitú úlohu pri ovládaní, materiálových tokoch a samotných prepojeniach medzi jednotlivými objektami v simulačnom modeli. V tejto kapitole popíšem ich jednotlivé úlohy a informácie, ktoré obsahujú.

Prvou tabuľkou, ktorú bolo potrebné vyplniť boli jednotlivé výrobné linky, pre ktoré sa simulovalo zásobovanie pomocou AGV ťahača bola tabuľka setVersion (Obr. 3.7). Vo všeobecnosti je možné v tejto tabuľke nastaviť vyrábané verzie jednotlivých hotových výrobkov, no pre potrebu práce sa v nej zadefinovali vybrane výrobné linky. Pre tieto výrobné linky sú tu zadefinované aj lokálne cyklus časy jednotlivých liniek.

Obr. 3.7 Tabuľka SetVersion – nastavenie vyrábaných verzií

	Version	CycleTime	SetupTime	LineMAN
Row 1	DAF	75	0	MAN
Row 2	NCV3M	66	0	MAN
Row 3	NGL	88	0	MAN
Row 4	REN	85	0	MAN
Row 5	VS20	70	0	MAN
Row 6	W177	66	0	MAN
Row 7	W247	75	0	MAN
Row 8	W213	78	0	MAN

Zdroj: vlastné spracovanie.

Tieto časy určujú za akú dobu daná linky vyrobí jeden kus hotového výrobku. Ďalším údajom je lokálne nastavenie obsluhy danej linky. Toto nastavenie sa môže špecifikovať pre jednotlivé linky zvlášť v iných vstupných tabuľkách.

Nasleduje tabuľka setStations (viď Obr. 3.8). V tomto kroku som nastavoval pre potreby práce jednotlivé stanice vložené do simulačného modelu. Tieto stanice musia byť popísané správnym každá svojim presným názvom. Potrebným údajom je aj údaj o konkrétnej výrobnéj linke, kde sa stanica nachádza. Pre simulačný model je to údaj v stĺpci Version.

Obr. 3.8 Tabuľka SetStations – nastavenie pracovných staníc

	Station	Version	Description	Before	Process	After	Change	OPs
Row 1	ST400	VS20		0	0	0	0	
Row 2	ST410	VS20		0	0	0	0	
Row 3	ST420	VS20		0	0	0	0	
Row 4	ST430	VS20		0	0	0	0	
Row 5	ST440	VS20		0	0	0	0	
Row 6	ST450	VS20		0	0	0	0	
Row 7	ST460	VS20		0	0	0	0	

Zdroj: vlastné spracovanie.

V ďalších stĺpcoch tabuľky sa vyplňajú časy prebiehajúce na danej stanici. V tejto práci zostali tieto časy ponechané ako nulové a tak celkový čas pre spracovanie kusu pre každú stanicu je lokálne daný z predchádzajúcej tabuľky.

Vstupná tabuľka setFlow (Obr. 3.9) v simulačnom modeli predstavuje tabuľku pre materiálový tok a zároveň prepojenie medzi jednotlivými pracovnými stanicami. Tento tok začína na zdroji pred prvou pracovnou stanicou a končí objektom Combiner, kde sa združujú jednotlivé kusy hotových výrobkov do definovaných balení.

Obr. 3.9 Tabuľka SetFlow – materiálový tok

	Version	Source	Station	Station	Station	Station	Col 7	Col 8	Col 9	Col 10	Col 11
Row 1	DAF	SB26	ST029	ST030	ST031	ST032	CombLog26				
Row 2	NCV3M	SB34	ST343	ST344	ST345	ST346	ST347	ST348	CombLog34		
Row 3	NGL	SB11	ST500	ST510	ST520	ST530	ST540	ST550	ST560	ST570	CombLog11
Row 4	REN	SB13	ST130	ST140	ST150	ST160	ST170	ST180	ST190	ST200	CombLog13
Row 5	VS20	SB10	ST400	ST410	ST420	ST430	ST440	ST450	ST460	CombLog010	
Row 6	W177	SB27	ST038	ST033	ST034	ST035	ST036	ST037	CombLog27		
Row 7	W247	SB19	ST210	ST220	ST230	ST240	ST250	ST260	ST270	CombLog19	
Row 8	W213	SB17	ST700	ST710	ST720	ST730	ST740	ST750	ST760	ST770	CombLog17

Zdroj: vlastné spracovanie.

V tejto tabuľke je vidieť dôležitosť označenia jednotlivých výrobných staníc. Pri nesprávnom označení niektorej stanice by simulácia neprebíhala tak ako by mala a výsledky by neboli presné alebo by boli úplne skreslené.

Položky balenia sa nadefinovali do vstupnej tabuľky pre balenie. Táto tabuľka má v simulačnom modeli označenie setpackage (Obr. 3.10). Všetky typy obalov vrátane prepravných vozíkov musia byť v tejto tabuľke definované.

Obr. 3.10 Tabuľka SetPackage - použité obaly v modeli

	Package	Percent	Trailer	Source
Row 1	E2	4,17	Pallet	SourceE2
Row 2	KLT	8,33	Pallet	SourceESD
Row 3	PLC	4,17	Pallet	SourcePLC
Row 4	KARTON	8,33	Pallet	SourceKARTON
Row 5	Pallet	0		SourcePallet
Row 6	Pull	0		SourcePull
Row 6	KLT2	4,17	Pallet	SourceKLT2

Zdroj: vlastné spracovanie.

Vo vstupnej tabuľke setPackage pre použité obaly je niekoľko údajov – atribútov, ktoré sú potrebné pre správne fungovanie celého simulačného modelu a pre potreby štatistického vyhodnotenia. Tieto atribúty predstavujú charakteristiku vygenerovaného objektu. Tieto atribúty sa musia priradiť ku každému typu vygenerovaného obalu s materiálom. Tieto atribúty sa dajú meniť v simulačnom modeli v priebehu simulácie. Počet riadkov a teda aj typov obalov môže byť v simulačnom modeli neobmedzené množstvo. V stĺpci package je názov použitého obalu, v podkapitole 3.4.3 je popísané to, kde sa tvoria obaly s týmto názvom, a teda je dôležité toto prepojenie názvov v tabuľkách. V stĺpci Percent je popísané kapacitné využitie prepravného prostriedku, či už ide o paletu alebo prepravný vozík. Týmto údajom zistím kapacitné vyťaženie súpravy AGV počas celej doby simulácie alebo v štatistických tabuľkách po priebehu celej simulácie.

Percent [%] – pri tejto hodnote v prípade nulovej kapacity bude hodnota nižšia prípadne nulová.

100% – použitie pre obaly, ktoré sú priamo pripojené k AGV

0% – použitie pre transportné jednotky (vozíky, palety)

Stĺpec Trailer ukazuje a definuje prepravnú jednotku, na ktorej sa prepravujú definované obaly spolu s materiálom. Posledný stĺpec v tabuľke je pod názvom Source, tu je zadaný zdroj daného obalu a jeho zdroj pre vytvorenie do simulácie. Názvy musia byť presne zadané a uvedené vo všetkých tabuľkách správne.

Vstupná je tabuľka SetBOM, obsahuje informácie o všetkých materiáloch, ktoré sú prepravované v simulačnom modeli na výrobné linky. Je potrebné definovať vždy jeden riadok v tabuľke pre každý materiál. V tejto tabuľke je definovaný názov alebo krátky popis materiálu, názov verzie kde sa materiál používa, v prípade viacerých verzií je zapísaná presná verzia



použitia materiálu. Ďalším znakom je číslo alebo názov pracovnej stanice, na ktorej sa materiál používa s týmto znakom súvisí ďalší znak a to je presné umiestnenie materiálu priamo na sklze na pracovnej stanici. V tejto tabuľke som vyplnil aj počet materiálu – počet obalov s materiálom, ktoré budú dostupné na pracovisku po spustení simulácie, ďalej je stĺpec s názvom – typom obalu v ktorom je materiál dopravovaný na stanicu. Tento typ obalu je vygenerovaný na objekte zdroj obalu. Nasleduje položka kde je zapísaný počet kusov materiálu v jednom obale a následne počet spotrebovávaných kusov na danom pracovisku pre daný vyrábaný kus. V tejto tabuľke je možné taktiež definovať aj percento nekvalitného materiálu, tento počet je prepočítaný podľa počtu kusov v danom balení a tak je navýšený počet kusov, keďže simulačný model počíta s tým, že nebude mať dostatok kusov.

Údaje, ktoré ešte tabuľka obsahuje sú zdroj, kde sú materiály generované, názov regálu na výrobných linke, kde sa ukladá materiál, ktorý nie je možné uložiť priamo na pracovisko do sklzu. Potom sa tu nachádza stĺpec, kde je zadefinované miesto pre ukladanie prázdnych obalov zo spotrebovaných materiálov, názov AGV ktorý prepravuje materiál z centrálného skladu. Ďalšími doplňujúcimi informáciami sú názvy manipulátorov, ktorí manipulujú s materiálom, či už vykladanie materiálu z AGV, ukladanie materiálu do regálu na linke a ukladanie materiálu do linky na príslušné pracoviská alebo odkladanie prázdnych obalov na definované miesto.

V tabuľke SetPlans je preddefinovaná vstupná tabuľka s názvom výrobného plánu, ktorý sa bude vykonávať na pracoviskách prípadne celých výrobných linkách. Zadávam tu výrobnú verziu, počet kusov potrebných vyrobiť v danom výrobnom pláne. Táto tabuľka môže obsahovať teda výrobu určitých verzií na danej výrobných linke, alebo aj niekoľkodňový výrobný plán ak taký vyžaduje simulácia.

V tabuľke Plan (Obr. 3.11) sú zhrnuté všetky výrobné plány, ktoré simulačný model obsahuje, a z ktorých sa majú čerpať dáta potrebné pre simuláciu. Veľkosť tabuľky závisí od množstva výrobných liniek alebo predvýrobných liniek. Pre každú výrobnú linku je potrebné vytvoriť zvlášť výrobný plán, keďže výrobné a predvýrobné linky môžu mať rozličné plány alebo sa vo výrobných spoločnostiach nachádza viac plánovaných aktivít, pre ktoré je potrebné vytvoriť simulačný model a spojiť ich s výrobnými linkami.

Obr. 3.11 Plány v simulačnom modeli

	Name
Row 1	PlanDAF
Row 2	PlanNCV3M
Row 3	PlanNGL
Row 4	PlanREN
Row 5	PlanVS20
Row 6	PlanW177
Row 7	PlanW247
Row 8	PlanW213

Zdroj: vlastné spracovanie.

V simulačnom modeli je možné riadiť a upravovať rýchlosť simulácie. Toto nastavenie a upravovanie som využíval na začiatku stavby modelu. Dôvodom bolo overenie simulovaného stavu a reálneho stavu. Pomocou regulovania rýchlosti času mi pomohlo odhaliť niektoré situácie, kedy sa model nesprával podľa reálneho stavu. Takéto chyby sa tak dajú odhaliť už v prvotných fázach stavby modelu. Časť chýb nebolo možné zachytiť priamo v animácii simulovaného modelu, ale objavili sa až po určitom čase vo výsledných grafoch. Následne bolo nutné túto chybu nájsť podľa časového úseku na grafe a odstrániť ju.

Finálnu podobu simulačného modelu sa dala dosiahnuť až po niekoľkých opravných fázach, ktoré bolo treba vyriešiť a nastaviť.

V tejto kapitole bola predstavená stavba simulačného modelu, ktorý bol predmetom práce. Implementovaním pracovných staníc do simulačného modelu a ich nastavením spotrebovávania materiálu som zabezpečil generovanie materiálu v centrálnom sklade. Tento úkon nastáva automaticky po spotrebovaní posledného kusu z balenia a zmeny pozície prázdneho obalu. Každá pracovná stanica musí obsahovať svoj presný názov. Všetky názvy objektov zohrávajú dôležitú úlohu pre správnu funkciu modelu. Po umiestnení všetkých objektov a vyplnení kompletných údajov do vstupných tabuliek simulácia pracuje správne a odráža reálny stav, ktorý chcem zmeniť.

## 4 Simulačné experimenty

Pre potreby simulačných experimentov som vypracoval v programe Flexsim simulačný model pôvodného stavu, kedy zásobovanie montážnych liniek zabezpečoval ťahač s manuálnou obsluhou – pracovníkom. Tento pracovník robí všetky úkony spojené s vykladaním materiálu na príslušnú výrobnú linku a následne nakladanie prázdnych obalov pre odvoz do centrálného skladu z montáže. V prípade vytvorenia simulácií zistujeme ako sa simulačný model alebo systém zhoduje a správa pri rôznych simulovaných variantoch a nastavení ich parametrov. Takéto simulované modely sa porovnávajú medzi sebou alebo sú porovnávané s aktuálnym stavom nastavenia fyzického procesu.

Porovnanie je prezentované v rovnakých grafoch a tabuľkách vždy z dvoch modelov, kedy jeden je pôvodný stav a druhý je navrhovaný stav. Toto porovnanie umožňuje lepšiu prehľadnosť a vyhodnotenie experimentu voči pôvodnému stavu.

### 4.1 Základný model – aktuálny stav

Za základnú schému výrobného procesu, zostavenie pracovných staníc potrebných pre simuláciu, riadenie dopravy a teda ako model popisujúci pôvodný stav bola vytvorená taká situácia, ktorá obsahuje len určitú časť všetkých staníc a ich obsluhy. Model bol postavený na základe reálnych dát z jednej pracovnej zmeny. Odstránené boli paletové jednotky, ktoré nevstupujú do procesu zásobovania. Po vyskladnení materiálu skladovým operátorom na plochu pre materiál pre montáž si pracovník zodpovedný za prevezenie materiálu kontroloval a skenoval materiál, tento krok v modeli nie je, ale je nahradený nakladaním prepraviek s materiálom jednotlivo na palety v súprave ťahača.

Keďže je v modeli simulovaná len jedna pracovná zmena, tak do simulovaného modelu nie je implementované nabíjanie ťahača alebo výmena batérie. Tento stav je overený v praxi a kapacita batérie je postačujúca na viac ako jednu zmenu.

Baliace jednotky ako materiálu tak aj hotových výrobkov odvázaných z montáže taktiež odpovedajú praxi. Model je v mierke a tak aj rozmery sú porovnateľné so skutočnosťou preto je možné porovnať aj kapacitu vyťaženia jednotlivých pripojených zariadení za ťahač respektíve AGV.

Pre priebeh času simulácie na zvolenú jednozmennú kapacitu výroby je hodnota zadaná v sekundách. V modeli neuvažujem z dôvodu času jednej zmeny o povinných nastaveniach pracovných staníc. Počet vyrobených hotových kusov za jednu pracovnú zmenu sú dáta nahodené podľa reálne dosahovaných a normovaných parametrov.

Časy okruhov ťahačov, to zn. od bodu, kde nakladá materiál pre montáž až po čas kedy sa do tohto bodu opäť vrátia je porovnateľný s reálnym stavom. Čas simulácie je 28.800 sekúnd čo odpovedá osem hodinovej pracovnej zmene.

V pôvodnom modeli je za vykladanie a nakladanie prepraviek s materiálom a prázdnych prepraviek zodpovedný pracovník na ťahači, zásobovanie samotnej výrobnéj linky robí iný pracovník. Zásobovanie celkovo robia dvaja pracovníci na dvoch ťahačoch. Od tohto modelu sa budú odvíjať aj simulačné experimenty

## 4.2 Úprava simulačných parametrov

Samotná úprava modelu spočívala nielen v zmene obsluhy ťahača, ale aj úpravy dráhy pre zásobovanie. Zmena prípojného zariadenia nemala vplyv na zmenu prepravovanej kapacity tovaru. Vplyv to malo na ergonómiu pri manipulácii s materiálom a prázdnyimi prepravkami.

Do upraveného modelu som musel pridať jedného pracovníka – obsluhu pre každú výrobnú linku pre vykladanie materiálu a nakladanie prázdnych obalov. Pracovník zodpovedný za zásobovanie linky nie je zodpovedný za tieto úkony. Eliminoval som tak čas kedy k ťahaču v reálnom stave prichádzajú manipulanti na linke.

Keďže prvou úpravou je dosť zásadná zmena dopravy v spoločnosti tak zaujímavou premennou pre mňa je zmena dĺžky trasy ťahača alebo AGV ťahača na jednom okruhu a súčasne dĺžka prejdenej trasy vozíkov počas celej doby simulácie. Ťahače v pôvodnom stave modelu majú názov TRANSP1 a TRANSP2 v novom prevedení modelu je s označením AGV. Na obrázku 4.1 je porovnanie dĺžok okruhov. Rozdiel medzi jednotlivými okruhmi ťahačov a AGV nie je až taký markantný, dokonca nová trasa je o niečo kratšia a plynulejšia z dôvodu jednosmernej premávky na danom úseku.

Obr. 4.1 Dĺžka okruhu ťahačov

Total Travel Distance [m]		Total Travel Distance [m]	
	Meters Traveled		Meters Traveled
TRANSP1	594.5	AGV	590.6
TRANSP2	594.5		

Zdroj: vlastné spracovanie.

Po spustení simulácie a so zadanými hodnotami pre zásobovanie liniek bežala simulácia do konca simulovaného času a zistením bolo, že pri zadaných parametroch pre zásobovanie je celková prejdená trasa ťahačov o 16% dlhšia pre každý z ťahačov v pôvodnom modeli ako v upravenom. Túto skutočnosť môžeme vidieť na obrázku 4.2.

Obr. 4.2 Celková prejdená trasa ťahačov

Total Travel Distance [m]		Total Travel Distance [m]	
	Meters Traveled		Meters Traveled
TRANSP1	33460.8	AGV	27888.9
TRANSP2	32875.7		

Zdroj: vlastné spracovanie.

Porovnanie trás a ich dĺžok trás je vidieť v tabuľke 4.1. Rozdiel dĺžok trás medzi jednotlivými ťahačmi TR1 a TR2 v pôvodnom stave je spôsobené rôznym umiestnením spúšťacích miest ťahačov v okruhu.

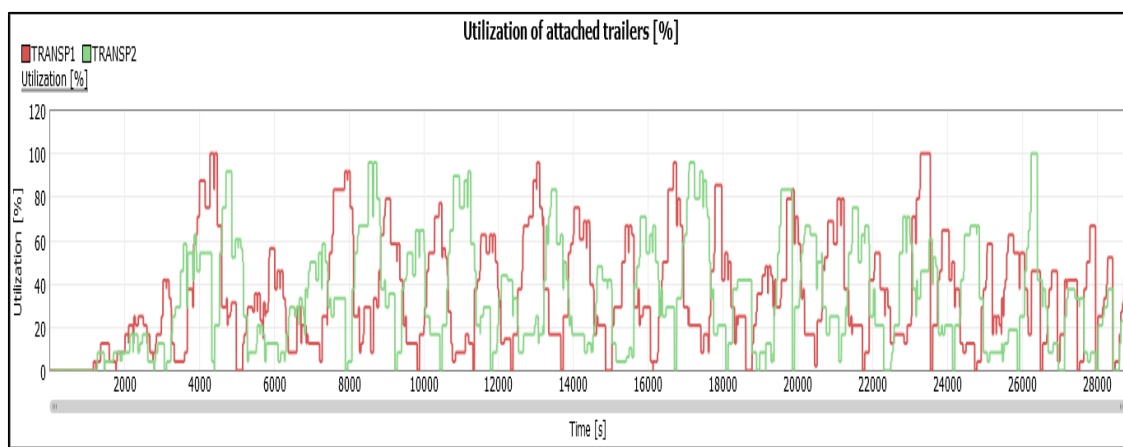
Tab. 4.1 Porovnanie okruhov a trás TR1, TR2 a AGV

	Okruh	Trasa celkovo
Pôvodný stav TR1 (m)	594,5	33 460
Pôvodný stav TR2 (m)	594,5	32 875
Nový stav AGV (m)	590,6	27 888
Rozdiel (m)	-3,9	-5 572
Rozdiel (%)	-0,6%	-16%

Zdroj: vlastné spracovanie.

V ďalšom kroku bolo overované kapacitné vyťaženie pripojených prepravných vozíkov za jednotlivými ťahačmi v závislosti na počet vyskladneného materiálu a dĺžky prejdených trás. Na nasledujúcich grafoch je percentuálne porovnanie vyťaženia celej súpravy. Pod týmto pojmom je nutné si predstaviť to, že AGV permanentne pripojené dva prípojné vozíky alebo dve palety v prípade ťahačov s manuálnou obsluhou a teda percento vyťaženia je vždy vypočítané ako podiel medzi dvoma vozíkmi, prípadne medzi dvoma paletami v pôvodnom stave. Obrázok 4.3 znázorňuje toto vyťaženie v pôvodnom stave, kedy boli použité dva ťahače. Na osi X je znázornené percento vyťaženia a na osi Y je čas simulácie v sekundách. Jednotlivé ťahače sú rozdelené farebne podľa legendy v grafe. Toto vyťaženie znázorňuje aj prípady kedy je vo vozíku naložený prázdny obal.

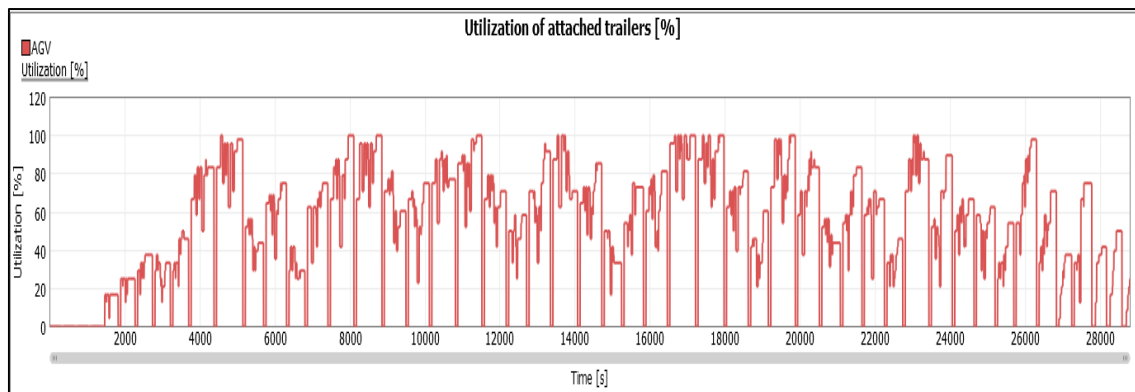
Obr. 4.3 Graf Kapacitného vyťaženia pripojených palet TR1 a TR2



Zdroj: vlastné spracovanie.

Z uvedeného grafu je vidieť, že vyťaženie pripojených vozíkov oboch ťahačov sa v pomerne veľkej časti simulácie pohybuje v hranici medzi 20 a 60 percentami a len v niekoľkých časových úsekoch sa dostáva na 100 percent. V náväznosti na predchádzajúce zistenie, že v porovnaní s AGV je prejdená trasa ťahačov o 16 percent dlhšia tak by sa mohlo zdať, že sa prevezie aj viac materiálu. Zo simulácie ale vyplýva, že počet prevezených materiálov je rovnaký pre obidva simulované prípady modelov a tak isto aj výroba hotových výrobkov prebehla tak ako mala a boli vyrobené všetky požadované kusy. Pre grafické znázornenie a porovnanie vyťaženia je na obrázku 4.4 vyťaženie jedného AGV ťahača s dvoma pripojenými vozíkmi.

Obr. 4.4 Graf kapacitného vyťaženia pripojených vozíkov AGV



Zdroj: vlastné spracovanie.

Vyťaženosť sa v tomto prípade pohybuje v rozmedzí 60 a 100 percent vo veľkej časti doby simulácie a teda celkové vyťaženie súpravy je oveľa väčšie ako v pôvodnom stave. Záverom týchto zistení môže byť, že aktuálny stav preprav aj keď je postačujúci na zásobovanie montáže a je vyrobené potrebné a požadované množstvo hotových výrobkov tak celková vyťaženosť súprav je menej ako polovičná.

Ďalším simulačným experimentom po predchádzajúcich porovnaníach je odobratie jedného zásobovacieho ťahača s manuálnou obsluhou a opäť porovnanie okruhov s pôvodnou premávkou a s upravenou jednosmernou premávkou pre AGV. Ostatné parametre simulačného modelu sa nezmenili. Bez zmeny zostal počet použitých materiálov v montáži, časy jednotlivých výrobných liniek, prepravné kapacity jednotlivých súprav ťahačov a aj čas celej simulácie.

Po ukončení celej simulácie boli k dispozícii nasledujúce výsledky. Na obrázku 4.5 je porovnanie celkových prejdených trás oboch ťahačov.

Obr. 4.5 Porovnanie dĺžky okruhov ťahačov TR1 a AGV

Total Travel Distance [m]		Total Travel Distance [m]	
Meters Traveled		Meters Traveled	
TRANSP1	18809.3	TRANSP1	33460.8
		TRANSP2	32875.7

Zdroj: vlastné spracovanie.

Celková trasa ťahača TRANSP1 s manuálnou obsluhou sa diametrálne odlišuje od trasy AGV. Ťahač v pôvodnom stave prejde oveľa menšiu vzdialenosť.

Podrobnejšie porovnanie som spravil v tabuľke 4.2, kde je vidieť tento nepomer celkovej prejdenej trasy napriek relatívne rovnakej dĺžke okruhu. V prvom simulačnom experimente sme porovnávali reálny stav s upraveným stavom.

Tab. 4.2 Porovnanie okruhov a trás TR1 a AGV

	Okruh	Trasa celkovo
Pôvodný stav TR1 (m)	594,5	18 809
Nový stav AGV (m)	590,6	27 889
Rozdiel (m)	-3,9	9 080
Rozdiel v %	-0,6%	48%

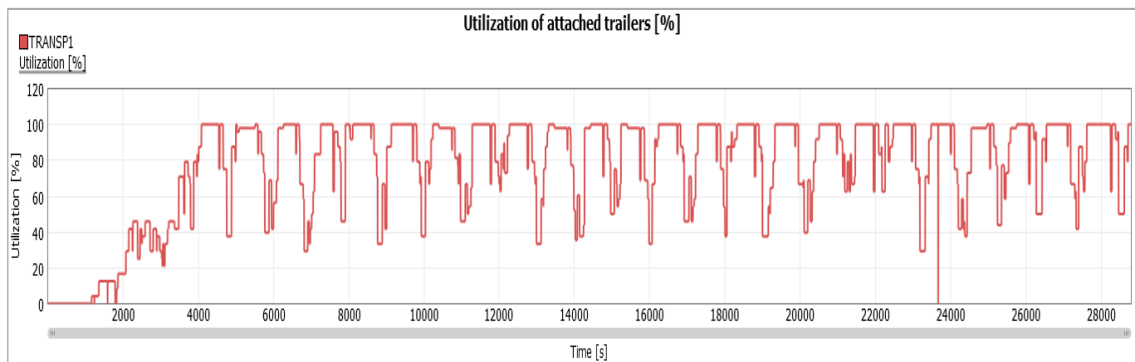
Zdroj: vlastné spracovanie.

Z dosiahnutých výsledkov sa dá zistiť, že rozdiel medzi jednotlivými prejdenými trasami oboch ťahačov je skoro 50 percent. Po prepočítaní bol výsledok, že ťahač s manuálnou obsluhou spraví za dobu simulácie 31 okruhov v porovnaní s AGV ťahačom, ktorý spraví týchto až 47 okruhov. Z dôvodu tohto nepomeru bolo potrebné pozrieť na výsledky



vyťaženia jednotlivých súprav. Na obrázku (Obr. 4.6) je znázornený graf vyťaženia súpravy ťahača s manuálnou obsluhou. Zo začiatku simulácie je toto vyťaženie veľmi nízke. Tento stav je spôsobený nastavením doplnenia výrobných liniek a ich pracovísk počiatočnou zásobou kedy nie je potrebné vozit' materiál do montáže a nie je ani generovaný v centrálnom sklade.

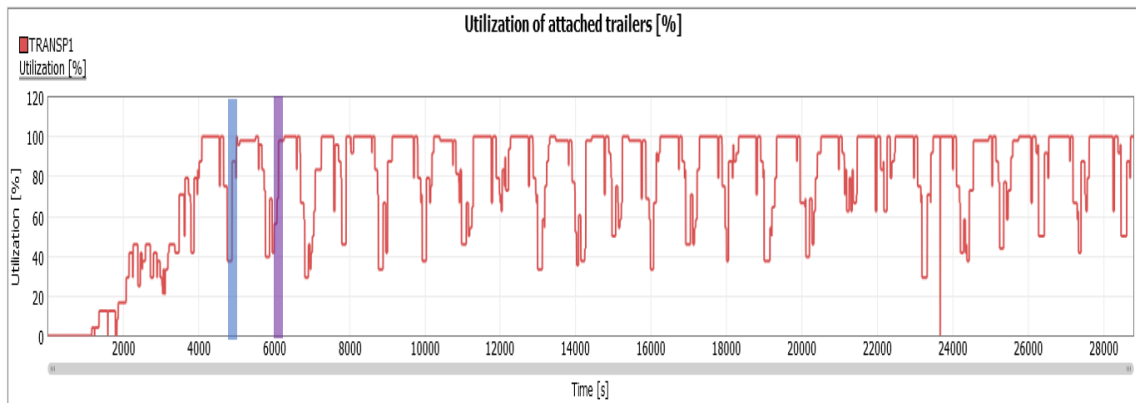
Obr. 4.6 Graf kapacitného vyťaženia prepravných vozíkov TR1



Zdroj: vlastné spracovanie.

V tomto prípade sa vyťaženie je na úrovni 40 až 100 percent, čo predstavuje výborné vyťaženie. Z grafu je tiež vidieť, že toto plné vyťaženie je v priebehu skoro celej simulácie. Avšak pri sledovaní simulácie bolo zistené, že v mieste okolo času 5000 sekúnd, (viď Obr. 4.7) označené modrou čiarou, začal na výrobnéj linke chýbať materiál potrebný pre výrobu na určenej pracovnej stanici. Toto spôsobilo spomalenie celého cyklu výroby na danej montážnej linke. Týmto zastavením pracovnej stanice a nedodaním materiálu na výrobnú linku bolo v simulácii spôsobené to, že sa postupne zastavili viaceré výrobné linky a neboli splnené požiadavky výrobných plánov a tak aj požiadavky zákazníkov. Zastavenie ďalšej výrobnéj linky je na grafe znázornené fialovou čiarou.

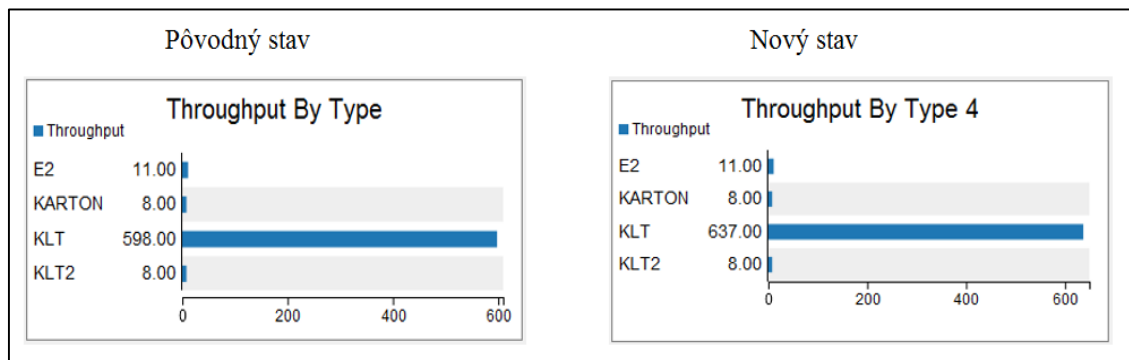
Obr. 4.7 Graf znázornenia chýbajúceho materiálu v čase



Zdroj: vlastné spracovanie.

Z uvedeného grafu môžeme usúdiť, že jeden ťahač aj napriek veľkému vyťaženiu nie je schopný zásobovať všetky výrobné linky a pokryť tak potreby montáže. Tento stav sa potvrdil a zistenie, že z centrálného skladu bolo v porovnaní s novým stavom zásobovania vyskladnených menej obalových jednotiek s materiálom.

Obr. 4.8 Grafy prietoku materiálu v sklade



Zdroj: vlastné spracovanie.

Na obrázku 4.8 predstavujú jednotlivé grafy počty typov obalov, ktoré boli vygenerované v centrálnom sklade a naložené do prepravných vozíkov jednotlivých súprav ťahačov. Rozdiel je vidieť v type obalu KLT kedy v porovnaní s novým stavom bolo v pôvodnom stave o 39 KLT prepraviek v simulačnom modeli menej. Napriek tomuto tvrdeniu som ešte v simulačnom modeli porovnal ešte celkový príjem paliet hotových výrobkov do skladu a expedičnú plochu s označením v simulačnom modeli EXPFinal.

Na obrázku 4.9 sú štatistické hodnoty z expedičnej plochy EXPFinal a porovnaním hodnôt v riadku s označením Input je tiež zrejmé, že plánovaná výroba a jej výrobné plány neboli úplne naplnené k spokojnosti zákazníka.

Obr. 4.9 Výstup expedičnej plochy v sklade

Pôvodný stav				Nový stav																																																																			
<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Statistics</th> </tr> <tr> <td>State</td> <td colspan="3">releasing</td> </tr> <tr> <td>Throughput</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Input</td> <td>Output</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>219.00</td> <td>0.00</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Content</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Curr</td> <td>Min</td> <td>Max</td> <td>Avg</td> </tr> <tr> <td>219.00</td> <td>0.00</td> <td>219.00</td> <td>106.</td> </tr> </table>				Statistics				State	releasing			Throughput				Input	Output			219.00	0.00			Content				Curr	Min	Max	Avg	219.00	0.00	219.00	106.	<table border="1"> <tr> <th colspan="4">Statistics</th> </tr> <tr> <td>State</td> <td colspan="3">releasing</td> </tr> <tr> <td>Throughput</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Input</td> <td>Output</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>245.00</td> <td>0.00</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Content</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Curr</td> <td>Min</td> <td>Max</td> <td>Avg</td> </tr> <tr> <td>245.00</td> <td>0.00</td> <td>245.00</td> <td>134.</td> </tr> </table>				Statistics				State	releasing			Throughput				Input	Output			245.00	0.00			Content				Curr	Min	Max	Avg	245.00	0.00	245.00	134.
Statistics																																																																							
State	releasing																																																																						
Throughput																																																																							
Input	Output																																																																						
219.00	0.00																																																																						
Content																																																																							
Curr	Min	Max	Avg																																																																				
219.00	0.00	219.00	106.																																																																				
Statistics																																																																							
State	releasing																																																																						
Throughput																																																																							
Input	Output																																																																						
245.00	0.00																																																																						
Content																																																																							
Curr	Min	Max	Avg																																																																				
245.00	0.00	245.00	134.																																																																				

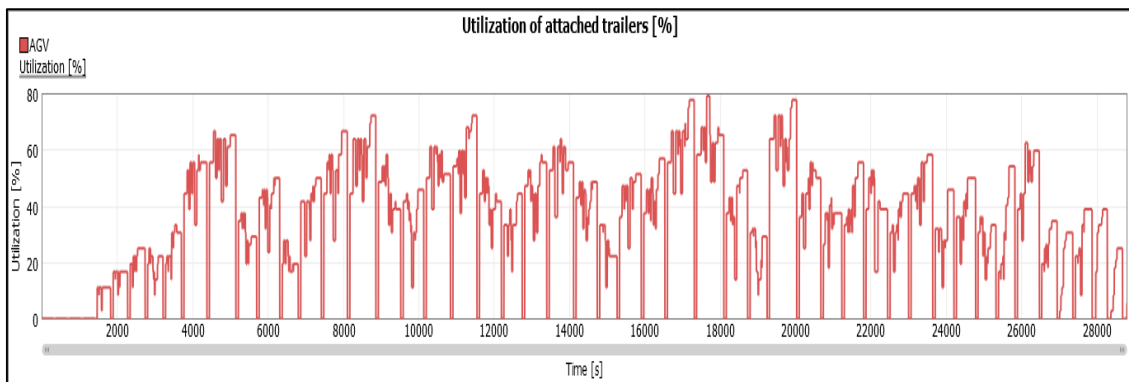
Zdroj: vlastné spracovanie.

Po detailnejšom skúmaní simulačného modelu bolo výsledkom, že z ôsmich výrobných liniek nedokončili svoj výrobný plán z dôvodu chýbajúceho materiálu dve výrobné linky.

Jedným z ďalších simulačných experimentov je zistenie vyťaženia celej súpravy AGV pre zásobovanie v prípade, že by sa pridal do simulačného modelu tretí vozík pre materiál. Z predchádzajúcej simulácie kedy obsahovala súprava dva vozíky sa dalo zistiť, že tento stav neobmedzuje výrobné linky a pri zadaných parametroch je možné vyskladniť potrebný materiál na montážne linky. Tak isto sa počas simulácie ukončí výroba všetkých požadovaných hotových výrobkov na základe časov výrobných liniek. Pre tento simulačný model boli použité dáta pre materiály vyskladnené počas jednej zmeny z centrálného skladu. V prípade aktuálneho reálneho stavu zabezpečujú celé zásobovanie montáže dvaja niekedy aj traja pracovníci na ťahačoch. Tak isto to bolo aj v deň kedy boli k dispozícii dáta pre simulačný model.

Po ukončení simulácie bolo zistenie, že trasa, ktorú AGV ťahač prešiel sa rovná presne tej istej dĺžke trati ako bola v simulačnom modeli s dvoma vozíkmi. Taktiež aj množstvo prepraveného materiálu smerom z centrálného skladu do montáže je rovnaké. Výroba nebola obmedzená a vyrobili sa všetky požadované hotové výrobky za určený čas. Rozdielom však bolo celkové vyťaženie celej súpravy vozíkov za ťahačom. Toto vyťaženie je zobrazené v grafe na obrázku 4.10 s hodnotami počas celej doby trvania simulácie.

Obr. 4.10 Graf 6 Vyt'aženia súpravy AGV s tromi vozíkmi

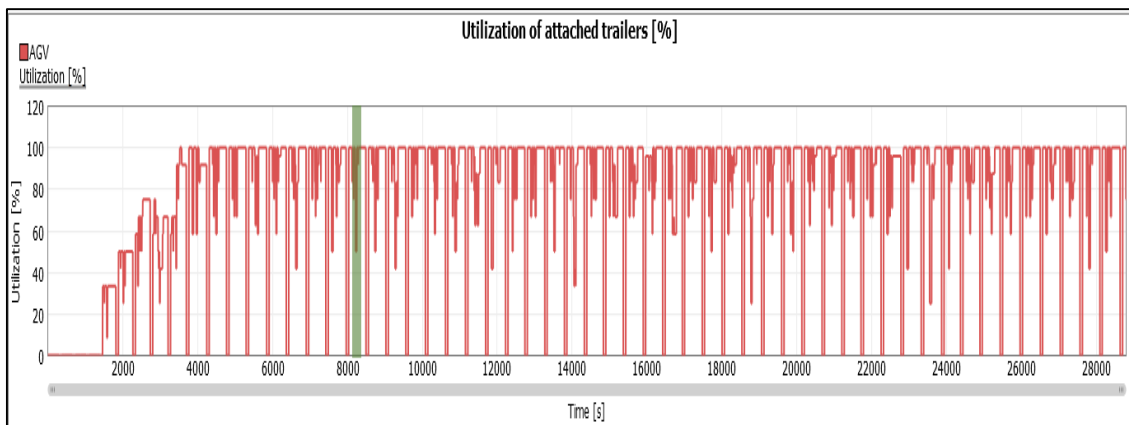


Zdroj: vlastné spracovanie.

Na začiatku grafu je vidieť postupné vyt'ažovanie celej súpravy vozíkov až do hranice 80 percent, kedy táto hodnota nebola prekročená po celú dobu simulácie. Priemerne sa hodnoty pohybujú v rozmedzí 40 až 60 percent. To oproti predchádzajúcemu modelu s dvoma vozíkmi predstavuje zvýšenie prepravnej kapacity o 20 percent každým ďalším vozíkom v súprave.

Opakom simulačného experimentu s tromi vozíkmi v súprave je v práci nasimulovaný aj model, kde v súprave bol len jeden prepravný vozík za AGV ťahačom. Odobratím tohto jedného vozíka by sa po predchádzajúcej simulácii a jej výsledku v modeli mala znížiť kapacita súpravy. Vyt'aženie AGV súpravy s jedným prepravným vozíkom je znázornené v grafe na obrázku 4.11, kde sa hodnoty pohybujú po celú dobu na úrovni skoro 100 percent. Rozmedzie vyt'aženia je medzi hranicami 80 a 100 percent.

Obr. 4.11 Graf vyt'aženia súpravy AGV s jedným prepravným vozíkom



Zdroj: vlastné spracovanie.

V grafe je tiež znázornené miesto, kedy v simulačnom modeli začal chýbať materiál pre výrobné linky. Tak isto ako v modeli s jedným ťahačom s manuálnou obsluhou tak aj v tomto modeli chýbajúci materiál obmedzil výrobu.

V tabuľke 4.3 je porovnanie prepraveného materiálu v jednotlivých simulačných modeloch s rozdielnym počtom prepravných vozíkov.

Tab. 4.3 Počet prepravených obalov

	Počet prepravených obalov
1 prepravný vozík	619
2, 3 prepravné vozíky	664
Rozdiel prepravených obalov v ks	45
Rozdiel prepravených obalov v %	10%

Zdroj: vlastné spracovanie.

Po zistení jednotlivých prepravených obalov s materiálom v simulačných modeloch sa zistilo, že odobratie jedného vozíka zníži prepravnú kapacitu o 10 percent aj napriek skoro 100 percentnému vyt'aženiu súpravy.

Na základe prevedenia simulácií jednotlivých simulačných experimentov je možné zhodnotiť opodstatnenie použitia AGV vozíka spolu s prepravnými vozíkmi na materiál a tento stav premietnuť do reality s úsporou na pracovnej sile a efektivite. Zhrnutie jednotlivých experimentov je spomenuté v poslednej kapitole práce.

## Záver

Aktuálne dynamické prostredie na trhu s dopytom a ponukou potrebuje celkový prístup k posudzovaniu variantov riešenia určitých projektov. Každý jeden parameter vstupujúci do procesu navzájom ovplyvňuje iný parameter a tak nie je možné riešiť ich optimalizáciu oddelene. Jednotlivé procesy sú čoraz komplikovanejšie z čoho vyplýva vo veľkej miere uplatnenie simulácie ako dobré riešenie. Komplexné vlastnosti počítačových simulácií, pozorovanie úrovni jednotlivých procesov a variant riešení projektov spolu s ich finančným hodnotením a predpoveďou ďalšieho možného správania sa, je práve simulácia potrebný podporný nástroj pre rozhodovanie každého projektového manažéra. Každopádne prispieva k efektívnejšiemu spracovaniu analýzy, zaznamenanie prípadných rizík projektu, udáva prehľad o vykonávaných analyzovaných projektoch a umožňuje preveriť obrovské množstvo variant riešení, čím zabezpečí vyššiu pridanú hodnotu na celom projekte.

Cieľom diplomovej práce bolo vytvoriť model procesu využívajúceho AGV. Vytvorený simulačný model som využil ako podklad pre realizáciu analýz a simulačných experimentov a optimalizácií.

Teoretická časť sa zmieňuje prínosoch, využití a možnostiach AGV systémov v praxi a taktiež popisuje simulácie ako nástroj pre rozhodovanie sa. Tieto tvrdenia sa v praktickej časti potvrdili o možnosti využitia a porovnávania reálneho stavu so simulovaným.

V nadväzujúcej praktickej časti som sa zaoberal zásobovaním montážnych liniek pomocou AGV ťahača. Do simulačného modelu boli vybrané dáta z jedného pracovného dňa v mesiaci. Tieto dáta ako aj vstupné dáta pre jednotlivé výrobné linky sú z reálneho procesu. Túto voľbu dát som zvolil kvôli rôznorodosti výroby a výrobkov. Výrobné linky a v nich pracovné stanice sú len vybranou časťou, v ktorej bol konkrétny problém riešený. V takomto postavenom modeli v reálnej mierke som riešil konkrétny problém zmeny dopravy v spoločnosti aby som naplnil cieľ práce.

Model nemôže a ani nezohľadňuje niektoré vplyvy, ktoré je možné len veľmi ťažko popísať. Jedná sa napríklad o vplyv ľudského faktora alebo poruchovosť a iné výpadky. Tieto prvky model nezachytáva a nevyhodnocuje. Na druhej strane pracuje so všetkými dôležitými prvkami v procese, ktorými vystihuje podstatu a zámer modelovanej a simulovanej časti. Pozitívom je, že aj napriek tomuto stavu bola simuláciou dosiahnutá veľmi dobrá zhoda s praxou.

Výsledkami simulačných experimentov a postavením jednotlivých modelov v simulačnom programe Flexsim som mohol porovnať jednotlivé modely medzi sebou som naplnil cieľ práce. Prvým modelom bol pôvodný stav zásobovania pomocou manuálnej obsluhy. Po vykonaní jednej pracovnej zmeny bola výsledkom o 16% prejdenná väčšia vzdialenosť ťahačov v porovnaní s upraveným stavom s použitím AGV ťahača aj napriek relatívne rovnakej dĺžke jedného okruhu. Celkové vyťaženie jednotlivých pripojených paliet a vozíkov sa v pôvodnom stave pohybovala v rozmedzí 20 – 60 %. Počet prevezených materiálov z centrálného skladu do montáže je rovnaký medzi jednotlivými modelmi a neohrozil tak plynulosť výroby.

Ďalším modelom bola implementácia AGV ťahača s dvoma pripojenými vozíkmi a potom model s tromi pripojenými vozíkmi. Oba prípady simulačných experimentov previezli potrebný počet balení do montáže bez ohrozenia výroby s rozdielmi v prejdenných trasách a kapacitného využitia súprav vozíkov. V prvom prípade model s dvoma vozíkmi bolo toto využitie v rozmedzí 60 – 100% a v druhom prípade je táto kapacita naplnená len do úrovne 40 – 60%.

V simulačnom modeli s jedným ťahačom s manuálnou obsluhou bolo vidieť vo výsledkoch simulácie rozdiely v celkovom počte prepravených materiálov a tak isto aj počet celkovo vyrobených hotových výrobkov. V tomto stave už na začiatku simulácie nebol dovezený potrebný materiál pre výrobu. Napriek vyťaženiu pripojených paliet, ktoré sa pohybovalo na úrovni 80-100% sa tento sklz v zásobovaní sa už v danom modeli nepodarilo dobehnúť a tak celkovo môžem zhodnotiť model ako najmenej vyhovujúci zo všetkých.

Podobným modelom bolo simulovanie AGV ťahača s jedným pripojeným prepravným vozíkom kedy tak isto nebol splnený plán výroby hotových výrobkov a taktiež nebol prevezený potrebný počet materiálov do montáže. Rozdielom oproti predchádzajúcemu modelu bolo to, že materiál začal na linke chýbať o niečo neskôr. Tak isto tento sklz dobehnúť nebol počas simulácie.

Na základe takto vyhodnotených simulačných experimentov je možné sa rozhodnúť pre jeden z navrhovaných variantov a tento zvolený model postaviť v reálnom stave do používania. Na základe uvedených a vytvorených modelov si myslím, že použitie simulácií by mohlo znamenať veľký prínos, nielen po ekonomickej stránke ale aj pri voľbe rôznych stratégií, ktorými sa chce alebo by sa mohla uberať.

## Súpis bibliografických citácií

### Tlačené zdroje

ČAMBÁL, Miloš a Viliam CIBULKA. *Logistika výrobného podniku*. Bratislava: STU, 2008. ISBN 978-80-227-2904-8.

DLOUHÝ, Martin, FÁBRY, Jan a Martina KUNCOVÁ. *Simulace pro ekonomy*. Praha: Oeconomica, 2005. ISBN 80-245-0973-3.

DRAHOTSKÝ, Ivo a Bohumil ŘEZNÍČEK. *Logistika – procesy a jejich řízení*. Brno: Computer Press, 2003. ISBN 80-7226-521-0.

DUPAL, Andrej a Ivan BREZINA. *Logistika v manažmente podniku*. Bratislava: SPRINT, 2006. ISBN 80-89085-38-5.

FAZLOLLAHTABAR, Hamed. *Autonomous guided vehicles: methods and models for optimal path planning*. New York, NY: Springer Berlin Heidelberg, 2015. ISBN 978-3-319-14746-8.

FIALOVÁ, Eva. *Bezkontaktní čipy a ochrana soukromí*. Praha: Leges, 2016. *Praktik (Leges)*. ISBN 978-80-7502-150-2.

GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

JERZ, Vladimír. *Simulácia a optimalizácia výrobných systémov*. Bratislava: FX s.r.o., 2008. ISBN 978-80-89313-16-7.

KOŠTURIÁK, Ján a Ján CHAL. *Inovace: vaše konkurenční výhoda!*. Brno: Computer Press, 2008. ISBN 978-80-251-1929-7.

LAMBERT, Douglas M, STOCK, James R a Lisa M ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0.

MACUROVÁ, Pavla, KLABUSAYOVÁ, Naděžda a Leo TVRDOŇ. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.

MALINDŽÁK Dušan. *Modelovanie a simulácia v logistike*. Košice: Mida tlačiareň, 2009. ISBN 978-80-553-0265-2.



OUDOVÁ, Alena. *Logistika: základy logistiky*. Prostějov: Computer Media, 2016. ISBN 978-80-7402-238-8.

SCHUMPETER, Joseph Alois. *Teória hospodárskeho vývoja: analýza podnikateľského zisku, kapitálu, úveru, úroku a kapitalistického cyklu*. Bratislava: Pravda, 1987.

SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

ULLRICH, G. *Automated Guided Vehicle Systems*. Voerde: Springer, 2014. ISBN 978-3-662-44813-7.

### **Elektronické zdroje**

HELLA AUTOTECHNIK NOVA S.R.O. *Homepage | Hella* [online]. Mohelnice: HELLA GmbH & Co. KGaA, © 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.hella.com/hella-com/index.html>.

*Homepage Linde Material Handling* [online]. Bratislava: Linde Material Handling, © 2019 [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.com/en/#123>.

*Homepage Storage* [online]. Nové Mesto nad Váhom: Storage © 2019 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.storage.sk/shop-r-klt-prepravky/274392/>.

*Homepage Zierhut Industriebehälter GmbH* [online]. Lauingen: Zierhut Industriebehälter, © 2019 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z <https://www.zierhut24.de/shop/stapelbehaelter-aus-metall/stapeltransportkaesten-schaeferkaesten-schaeferkisten-typ-14-6-a-metall-verzinkt-lxbxh-aussen-525-x-320-x-200mm-innen-500x298x180mm-gebrauchtstapeltransportkaesten-schaeferkaesten-schaeferki/>.

LINDE MH. *Powerful robotic tow tractor* [online]. 2018 [cit. 2019-01-01]. Dostupné z: [http://www.linde-mh.com/media/Datasheets/EN\\_ds\\_p\\_matic\\_br1190\\_en\\_a\\_0216.pdf](http://www.linde-mh.com/media/Datasheets/EN_ds_p_matic_br1190_en_a_0216.pdf).

PAVELKA, M. *Efektivní a štíhlá logistika* [online]. 2015 [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25765n-efektivni-a-stihla-logistika>.

PAVELKA, M. *Efektivní a štíhlá logistika* [online]. 2014 [cit. 2018-11-07]. Dostupné z: <https://www.mmspektrum.com/clanek/efektivni-a-stihla-logistika.html>.

VDI-FACHBEREICH TECHNISCHE LOGISTIK. *Automated guided vehicle systems (AGVS): Safety of AGVS* [online]. VDI-Gesellschaft Produktion und Logistik, 2013. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: [https://m.vdi.de/uploads/tx\\_vdirili/pdf/2058650.pdf](https://m.vdi.de/uploads/tx_vdirili/pdf/2058650.pdf).

### **Nepublikované zdroje**

FEDORKO, Gabriel. *Tvorba jednoduchých modelov v programe Simul8*. Prešov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2018. Dostupné taktiež z: intranet Vysokej školy logistiky o.p.s.

FEDORKO, Gabriel. *Úvod do modelovania a simulácie*. Prešov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2018. Dostupné taktiež z: intranet Vysokej školy logistiky o.p.s.

JAŠUREK, Jozef. *Simulácia výrobného systému vo firme Mühlbauer Technologies, s.r.o., Nitra*. Bratislava, 2010. Diplomová práca. Slovenská technická univerzita. Vedúci práce Doc. Ing. Marián Králik, CSc. Dostupné taktiež z: [https://is.stuba.sk/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=2483;studium=74472;zp=22645;download\\_prace=1;quick=1](https://is.stuba.sk/lide/clovek.pl?zalozka=13;id=2483;studium=74472;zp=22645;download_prace=1;quick=1).

## Zoznam ilustrácií a tabuliek

### Zoznam obrázkov

Obr. 1.1	Prvý z amerických AGV z roku 1954 .....	22
Obr. 1.2	Ameise/Teletrak – prvé opticky navádzané AGV .....	22
Obr. 1.3	Možnosti navigácie AGV .....	25
Obr. 1.4	Základný diagram taxi operácií .....	27
Obr. 2.1	Spoločnosť Hella Slovakia Front Lightning s.r.o. ....	29
Obr. 2.2	Produkty spoločnosti .....	29
Obr. 2.3	Trasy ťahačov a zásobovacie miesta .....	30
Obr. 2.4	Toky zásobovania a vratných obalov .....	31
Obr. 2.5	Skладový príkaz .....	32
Obr. 2.6	Postupový diagram zásobovania .....	33
Obr. 2.7	Smery premávky .....	35
Obr. 2.8	P-Matic .....	36
Obr. 2.9	Základné rozmery ťahača .....	37
Obr. 2.10	Oskenovaný objekt – trasa AGV .....	38
Obr. 2.11	Prvky navádzania a bezpečnosti AGV .....	39
Obr. 2.12	Prepravný vozík .....	40
Obr. 2.13	Typy prepravovaných obalov .....	41
Obr. 3.1	Pôvodný stav zásobovania bez AGV .....	43
Obr. 3.2	Upravený stav zásobovania s AGV .....	43
Obr. 3.3	Pracovná stanica .....	46
Obr. 3.4	Zásobovací regál .....	47
Obr. 3.5	AGV sieť a kontrolný bod .....	48
Obr. 3.6	Ťahače s obsluhou a bez obsluhy .....	50

Obr. 3.7	Tabuľka SetVersion – nastavenie vyrábaných verzií .....	54
Obr. 3.8	Tabuľka SetStations – nastavenie pracovných staníc.....	54
Obr. 3.9	Tabuľka SetFlow – materiálový tok .....	55
Obr. 3.10	Tabuľka SetPackage - použité obaly v modeli .....	56
Obr. 3.11	Plány v simulačnom modeli .....	58
Obr. 4.1	Dĺžka okruhu ťahačov .....	61
Obr. 4.2	Celková prejdená trasa ťahačov .....	61
Obr. 4.3	Graf Kapacitného vyt'aženia pripojených paliet TR1 a TR2.....	62
Obr. 4.4	Graf kapacitného vyt'aženia pripojených vozíkov AGV .....	63
Obr. 4.5	Porovnanie dĺžky okruhov ťahačov TR1 a AGV .....	64
Obr. 4.6	Graf kapacitného vyt'aženia prepravných vozíkov TR1.....	65
Obr. 4.7	Graf znázornenia chýbajúceho materiálu v čase .....	66
Obr. 4.8	Grafy prietoku materiálu v sklade .....	66
Obr. 4.9	Výstup expedičnej plochy v sklade .....	67
Obr. 4.10	Graf 6 Vyt'aženia súpravy AGV s tromi vozíkmi.....	68
Obr. 4.11	Graf vyt'aženia súpravy AGV s jedným prepravným vozíkom.....	68

### **Zoznam tabuliek**

Tab. 4.1	Porovnanie okruhov a trás TR1, TR2 a AGV .....	62
Tab. 4.2	Porovnanie okruhov a trás TR1 a AGV .....	64
Tab. 4.3	Počet prepravených obalov.....	69

## Zoznam skratiek a značiek

AGV	Automatic Guided Vehicle (Automaticky riadené vozidlo)
BOM	Bill of material – kusovník materiálov
CFA	Company Flow Analysis (Analýza podnikových materiálových tokov)
ERP systém	Enterprise Resource Planning – systém pre riadenie a plánovanie zdrojov v podniku
FFA	Factory Flow Analysis (Analýza materiálových tokov v závode)
GA	Group Analysis (Skupinová analýza)
GPS	Global Positioning System (Globálny lokalizačný systém)
ISO	International Organization for Standardization (Medzinárodná organizácia pre normalizáciu)
KLT	Kleinladungsträger – štandardizovaná prepravka podľa VDA
LA	Line Analysis (Analýza liniek)
PFA	Production Flow Analysis (Analýza materiálového toku)
VDA	Verband der Automobilindustrie (Združenie automobilového priemyslu)
VDI	Verein Deutscher Ingenieure (Asociácia nemeckých inžinierov)

## **Zoznam príloh**

- Príloha A      Porovnanie výhod a nevýhod navádzania AGV
- Príloha B      Technické dáta vozíka P-Matic podľa normy VDI 2198

## Porovnanie výhod a nevýhod navádzania AGV

Činnosť	Výhoda	Nevýhoda
<b>káblové navádzanie</b>	osvedčená technológia	zastaralá technológia
	navádzanie jednoduchých vozidiel	neflexibilné
		finančne a časovo náročná inštalácia na podlahu
		zmeny trasovania extrémne náročné
		proces prerušený v prípade poškodenia kábla
<b>optické alebo (pasívne) indukčné navádzanie</b>	lacné jednoduché riešenie	žiadna kontrola vedenia
	ľahké trasovanie, jednoduché vloženie operácie	ťažké rozširovanie
		neflexibilné
	jednoduchý systém navádzania: zastavenie, ak je navádzaná trasa prerušená alebo s dodatočnými bodmi	ľahko prerušenie pri poškodení farebných náterov alebo kovových pások
<b>indukčné s prenosom energie (dvojité silný kábel v podlahe pre prenos energie, slúži aj ako navigácia)</b>	bez batériová (alebo potreba len malej batérie)	inštalácia časovo a finančne náročná
	veľmi vhodné pre jednoduché systémy trás (agv použité v linke)	nie je možné robiť komplexné trasovania

<b>magnetická navigácia v sérii bodov: navádzanie káblom popri magnetoch v sérii bodov</b>	podlahová inštalácia ľahšia ako káblové navádzanie	trasy môžu byť zmenené len ak sa menia body inštalované na podlahe
		limitované dostupným podlahovým priestorom a stavom podlahy (záleží na použitých magnetických páskach)
		limitovaná flexibilita: postranná odchýlka z kurzu je len cca $\pm 30$ cm
<b>magnetická alebo optická navigácia : mriežka</b>	voľná navigácia	podlaha musí byť pripravená (napr. nainštalované magnety)
	flexibilná vo vnútri mriežky	limitované dostupným podlahovým priestorom a stavom podlahy
	trasovanie môže byť ľahšie prispôsobivé pri zmene softwaru	vytvorenie siete je časovo a finančne náročné
<b>transpondéry v mieste magnetov</b>	môže byť použitá vonku bez limitu dostupného podlahového priestoru	drahšie ako magnety
	vhodné pre ťažké a veľké vozidlá	inštalácia časovo a finančne náročná
	absolútne bezpečné vďaka absolútnemu kódovaniu	
<b>klasická laserová navigácia (s odrazovými bodmi)</b>	žiadna inštalácia na podlahu	potrebné odrazové znaky na stenách, pilieroch, strojoch
	voľná navigácia	laserová hlava musí byť umiestnená v určitej



		úrovni a mať 360° a iditeľnosť nad hlavami personálu
	jednoduché trasovania sa ľahšie učia	laserová hlava musí byť na stožiaroch a úrovni podlahy
	flexibilná v oblasti vybavenej odrazovými znakmi	odrazové body musia byť pripevnené a nemôžu byť špinavé a zatarasené
	veľmi premyslené umiestnenie odrazových znakov umožňuje vysoký stupeň presnosti	extrémne svetlo môže prerušiť systém, vonkajšie použitie len veľmi obmedzené
	menšie zmeny trasovania môžu byť prevedené operátorom	
<b>laserová navigácia bez odrazových bodov ako... ...navigácia budov alebo ...stropná navigácia</b>	žiadne odrazové body alebo umele značenia	väčšia požiadavka na software
	systémy pre navigáciu budov súčasne využívajú k dispozícii navigačné lasery pre ochranu osôb	navigácia budov je citlivá na zmeny v trasách, vhodné len pre jednoduché scenáre bez vysokej premávky
	systémy pre navigáciu budov sú orientované na strope a nemôžu byť zmenené	stropná navigácia požaduje pridané náklady
<b>free-flight alebo dead-reckoning navigácie bez použitia smerovania alebo bez gyroskopu ak je potrebný</b>	nie je potrebná žiadna fixná inštalácia	nespolahlivá

		zlá precíznosť jazdenia
		použitelnosť len na krátke vzdialenosti
<b>satelitná navigácia (GPS)</b>	nezávislá na pevnej inštalácii	nemôže byť použitá v exteriéry
	flexibilná	musí byť voľný kužeľ pre sledovaní, viditeľnosť 15°
		vysoká presnosť riadenia a polohovania môže byť vykonaná len s veľkým technickým úsilím

Zdroj: vlastné spracovanie podľa Ullrich, 2014.

## Technické dáta vozíka P-Matic podľa normy VDI 2198

Characteristics	1.1	Manufacturer		LINDE/BALYO
	1.2	Model designation		<b>P-MATIC</b>
	1.2a	Series		1190
	1.3	Power unit		Battery
	1.4	Operation		Robotic/manual
	1.5	Load capacity/Load	Q (t)	5.0
	1.7	Rated tractive force	F (N)	1800
	1.9	Wheelbase	y (mm)	1050 <sup>1)</sup>
	Weights	2.1	Service weight	(kg)
2.3		Axle load without load, front/rear	(kg)	634 / 446
Wheels/Tyres	3.1	Tyres rubber, SE, pneumatic, polyurethane		Polyurethane
	3.2	Tyre size, front		Ø 254 x 102
	3.3	Tyre size, rear		2x Ø 250 x 80
	3.4	Auxiliary wheels (dimensions)		2x Ø 100 x 40
	3.5	Wheels, number front/rear (x = driven)		1x + 2 / 2
	3.6	Track width, front	b10 (mm)	544 <sup>1)</sup>
	3.7	Track width, rear	b11 (mm)	675 <sup>1)</sup>
Dimensions	4.8	Height of seat/stand on platform	h7 (mm)	710 / 910
	4.9	Height of tiller arm in operating position, min/max	h14 (mm)	1020 / 1120
	4.12	Towing coupling height	h10 (mm)	300 / 290 / 345 / 400
	4.17	Rear overhang	l5 (mm)	365
	4.19	Overall length	l1 (mm)	1750 <sup>4)</sup>
	4.21	Overall width	b1/b2 (mm)	798 / 790
	4.32	Ground clearance, centre of wheelbase	m2 (mm)	40
	4.35	Turning radius	Wa (mm)	1485 <sup>3)</sup>
	4.36	Minimum pivoting point distance	b13 (mm)	1360
Performance	5.1	Travel speed, with/without load	(km/h)	8 / 8
	5.5	Tractive force, with/without load	(N)	1800
	5.6	Maximum tractive force, with/without load	(N)	4000
	5.7	Climbing ability, with/without load	(%)	<3.0 / 14.0
	5.8	Maximum climbing ability, with/without load	(%)	5.0 / 14.0
	5.9	Acceleration time, with/without load	(s)	6.5 / 4.6
	5.10	Service brake		Electro-magnetic
Drive	6.1	Drive motor, 60 minute rating	(kW)	3
	6.2	Lift motor, rating at S3 15%	(kW)	1.7
	6.3	Battery according to DIN 43531/35/36 A,B,C,no		no
	6.4	Battery voltage/rated capacity (Sh)	(V/Ah)	24 / 375
	6.5	Battery weight (± 5%)	(kg)	295
	6.6	Power consumption according to VDI cycle	(kWh/h)	1.16
Others	8.1	Type of drive control		LAC
	8.4	Noise level at operator's ear	(dB(A))	< 70

<b>Autor (vypracoval)</b>	<b>Bc. Peter Tinka</b>
<b>Názov DP</b>	<b>Modelovanie procesu zásobovania pomocou AGV systémov</b>
<b>Studijní obor</b>	<b>Logistika</b>
<b>Rok obhajoby DP</b>	<b>2019</b>
<b>Počet stran</b>	63
<b>Počet príloh</b>	2
<b>Vedoucí DP</b>	<b>prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.</b>
<b>Anotace</b>	<p>Predmetom diplomovej práce je použitie AGV systémov pre proces zásobovania výrobných liniek materiálom z centrálného skladu. Súčasne práca môže slúžiť pre potreby rozhodovania sa o zmene manipulačných a prepravných prostriedkov. Simulačné modely sú vytvorené pomocou programu Flexsim, ktorý zároveň slúži aj na vyhodnotenie a porovnanie výsledkov navrhnutých simulačných experimentov na základe zadaných vstupných parametrov.</p>
<b>Klíčová slova</b>	simulácia, AGV systémy, zásobovanie, inovácie, Flexsim
<b>Miesto uložení</b>	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
<b>Signatura</b>	