

# Zefektivnění provozu robotických vozíků při zásobování montážních linek

Bc. Patrik Svajda

---

Diplomová práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav automatizace a řídicí techniky

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Patrik Svajda  
Osobní číslo: A22323  
Studijní program: N0714A150006 Automatické řízení a informatika v průmyslu 4.0  
Forma studia: Kombinovaná  
Téma práce: Zefektivnění provozu robotických vozíků při zásobování montážních linek.  
Téma práce anglicky: Streamlining the operation of robotic carts for the supply of assembly lines.

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši na dané téma.
2. Charakterizujte princip chování autonomních robotických vozíků (AGV). Popište různé typy nabízených AGV na trhu.
3. Nastiňte možnosti zásobování montážních linek.
4. Navrhněte a vytvořte počítačový model procesu zásobování montážní linky.
5. Navrhněte plán simulačních experimentů s cílem zefektivnění zásobování montážní linky pomocí AGV technologie. Provedte simulační experimenty na sestavených modelech.
6. Zhodnoťte výsledky simulačních experimentů, definujte závěry a doporučení, komentujte vhodnost navrženého konceptu.

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

Seznam doporučené literatury:

1. AGV Network. AGV Price. How much does an automated guided vehicle cost? [Online] [Citace: 12.11.2023] <https://www.agvnetwork.com/agv-cost-estimation-how-much-does-an-automated-guided-vehicle-cost>.
2. Asseco CEIT. Vydlicové AGV [Online] [Citace: 12.11.2023] <https://www.asseco-ceit.com/cz/agv-system/vidlicove-agv/>.
3. Skála J. Využití autonomní manipulační techniky v automobilovém průmyslu. Diplomová práce [Online] [Citace: 12.11.2023] [https://vskp.vse.cz/85695\\_vyuziti-autonomni-manipulacni-techniky-v-automobilovem-prumyslu??page=32](https://vskp.vse.cz/85695_vyuziti-autonomni-manipulacni-techniky-v-automobilovem-prumyslu??page=32).
4. Jungheinrich AMR. Automatické mobilní roboty (AMR) [Online] [Citace: 12.11.2023] <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/autonomous-mobile-robots-1110218>.
5. Mobile Robots. LD Series autonomous mobile robots [Online] [Citace: 12.11.2023] <https://automation.omron.com/en/mx/products/family/ld>.
6. ServisControl. Monitoring výroby, sběr dat a jejich následné zpracování. [Online] [Citace: 12. 11.2023] <https://www.serviscontrol.cz/documents/Monitoring.pdf>.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Bc. Bronislav Chramcov, Ph.D.**  
Ústav informatiky a umělé inteligence

Datum zadání diplomové práce: **8. prosince 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **27. května 2024**



**doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.**  
děkan

**prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc. v.r.**  
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 8. prosince 2023

**Prohlašuji, že**

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

**Prohlašuji,**

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

**27.5.2024**.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zaměřuje na problematiku efektivního provozu montážních linek, konkrétně na zásobování těchto linek prostřednictvím autonomních vozíků AGV. Cílem této práce je sestavit počítačový model stávajícího stavu reálného provozu a navrhnout simulační experimenty vedoucí k zefektivnění provozu zásobovacích vozíků.

Klíčovým úkolem je analýza stávajícího systému a sběr dat pro sestavení simulačního modelu s využitím stávající manipulační techniky. Na vytvořeném modelu budou realizovány navržené simulační experimenty.

Na základě obdržených výsledků provedených experimentů budou navrženy úpravy pro zefektivnění provozu.

**Klíčová slova:** autonomní řízena vozidla (AGV), počítačový model, montážní linky, simulační experimenty

## **ABSTRACT**

The thesis focuses on the issue of efficient operation of assembly lines, specifically the supply of these lines using AGV autonomous vehicles. The aim of this work is to create a computer model of the current state of real operations and design simulation experiments leading to the optimization of the operation of supply vehicles.

The key task is to analyze the current system and collect data for the construction of the simulation model using the existing handling technology. The proposed simulation experiments will be carried out on the constructed model.

Based on the results obtained from the experiments, modifications will be proposed to improve the efficiency of the operation.

**Keywords:** Automated guided vehicles (AGV), computer model, assembly lines, simulation experiments

Rád bych poděkoval svému vedoucímu diplomové práce, doc. Ing. Bronislav Chramcov, Ph.D. za cenné rady a připomínky, které mi dával během konzultací. Dále bych chtěl poděkovat své rodině za podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

**OBSAH**

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>11</b>
<b>1 LITERÁRNÍ REŠERŠE .....</b>	<b>12</b>
1.1 PRINCIPY CHOVÁNÍ AUTONOMNÍCH ROBOTICKÝCH VOZÍKŮ (AGV).....	13
1.1.1 Průmysl 4.0 .....	13
1.1.2 AI – Umělá Inteligence .....	14
1.1.3 Big data .....	14
1.1.4 IoT – Internet věcí.....	14
1.1.5 Historie automatizovaných vozíků.....	15
1.1.6 AGV (Automated Guided Vehicle) .....	15
1.1.7 Nabíjení autonomních vozíků .....	16
1.1.8 Bezpečnost AGV.....	17
<b>2 TRH S AUTONOMNÍ TECHNOLOGIÍ.....</b>	<b>18</b>
2.1 ROZDĚLENÍ ROBOTŮ AGV VS AMR.....	18
2.2 VÝROBCI AUTONOMNÍ TECHNIKY (AGV).....	19
2.2.1 Servis Control s.r.o.....	19
2.2.2 Asseco CEIT, a.s. ....	20
2.2.3 Jungheinrich AG .....	21
2.2.4 STILL ČR spol. s r.o. ....	23
2.2.5 KVADOS, a.s.....	25
2.2.6 ek robotics s.r.o. ....	26
<b>3 ZPŮSOBY ZÁSOBOVÁNÍ MONTÁŽNÍCH LINEK.....</b>	<b>29</b>
3.1 VYSOKOZDVIŽNÉ AGV .....	29
3.2 PODJEZDOVÉ AGV .....	31
3.3 AUTONOMNÍ TAHAČE .....	31
3.4 AGV PŘEPRAVNÍK.....	32
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>34</b>
<b>4 PŘEDSTAVENÍ FIRMY ŠKODA AUTO A.S.....</b>	<b>35</b>
<b>5 POPIS ZÁSOBOVÁNÍ MONŘÁŽNÍCH LINEK.....</b>	<b>36</b>
<b>6 POČÍTAČOVÝ MODEL SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ MONTÁŽNÍ LINKY .....</b>	<b>41</b>
6.1 VÝSLEDKY SIMULACE STÁVAJÍCÍHO STAVU.....	47
6.1.1 Finanční náklady – personál.....	48
6.1.2 Finanční náklady – elektrický tahač.....	48
6.1.3 Vyhodnocení finančních nákladů.....	50
<b>7 PLÁN SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ .....</b>	<b>51</b>
7.1 NÁVRH SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ .....	51
7.1.1 Finanční náklady – AGV technika .....	58
7.2 VÝSLEDKY SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ .....	59
7.2.1 První varianta bez omezujících podmínek .....	59
7.2.2 Druhá varianta zavážení bez ABS.....	60
7.2.3 Třetí varianta zavážení ABS z 50% .....	61

---

7.2.4	Vyhodnocení a rizika navrhovaných simulací .....	62
<b>ZÁVĚR</b>	.....	<b>64</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b>	.....	<b>66</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK</b>	.....	<b>71</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	.....	<b>72</b>
<b>SEZNAM TABULEK</b>	.....	<b>74</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b>	.....	<b>75</b>



## ÚVOD

V dnešním světě neustále dochází k dynamickému technologickému pokroku. Velká část průmyslových procesů je nyní automatizována prostřednictvím robotů a autonomních strojů, které jsou nasazovány do stále náročnějších a komplexnějších provozních podmínek, kde dříve dominovala lidská pracovní síla. Tyto automatizované procesy jsou často cyklického charakteru nebo zahrnují opakující se činnosti, jako je například přeprava materiálu jednoho bodu do druhého. Trasy jsou obvykle pevně stanovené s minimálními odchylkami. Hlavním cílem těchto automatizačních procesů je výrazné snížení nákladů spojených s lidským personálem a zvýšení provozní efektivity, jelikož robotické systémy nejsou náchylné k nemocem či únavě a mohou pracovat nepřetržitě.

Tato diplomová práce se detailně zabývá studiem využití technologie autonomních řízených vozidel (AGV) ve vybraném podniku. Cílem této práce je provést komplexní analýzu možností integrace AGV technologií ve skladovém hospodářství, s důrazem na konkrétní návrhy a testování podmínek, za nichž je tento návrh ekonomicky a provozně přínosný.

Úvodní část práce je zaměřena na teoretická východiska spojená s autonomními technologiemi, včetně definice základních principů fungování AGV a jejich praktické aplikace v průmyslovém prostředí. Následuje podrobný přehled trhu s autonomními technologiemi. I když nebylo možné zahrnout kompletní celosvětový trh, byla provedena důkladná studie, ze které byli vybráni nejvýznamnější dodavatelé této technologie. Závěrem teoretické části je detailní analýza možností a metod zásobování montážních linek s využitím AGV technologie.

Praktická část této diplomové práce se soustředí na tvorbu počítačového modelu současného stavu zavážení materiálu, který slouží jako základ pro následné modelování a optimalizaci za využití AGV technologie. Tento model současného stavu zavážení montážní linky, je vytvořen na základě analýzy specifických dokumentů a dat poskytnutých společností vybraného podniku.

Na základě modelu aktuálního stavu zavážení montážní linky byly vyhodnoceny finanční náklady spojené s mzdami a pořízením transportní techniky. Tytéž finanční ukazatele byly následně aplikovány na nově navržený počítačový model s autonomní technologií. Tento model byl podroben důkladné analýze proveditelnosti a testování různých podmínek, aby bylo možné stanovit, zda je model prakticky realizovatelný a identifikovat případné limity jeho nasazení.

Cílem této diplomové práce je poskytnout komplexní pohled na možnosti rozšíření stávající flotily AGV o další stanoviště na montážní lince a skladových prostorech. V práci jsou prezentovány konkrétní návrhy a doporučení pro optimalizaci procesů manipulace s materiálem za použití AGV technologie, čímž se zvyšuje celková efektivita a přidaná hodnota navrhovaného počítačového modelu.

Tato práce nejen potvrzuje proveditelnost integrace AGV technologie do stávajících provozů, ale také ukazuje, že takového nasazení může vést k významným ekonomickým a provozním přínosům. Doporučení vycházející z této studie mají potenciál výrazně zlepšit logistické procesy u výrobních linek.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 LITERÁRNÍ REŠERŠE

Tato subsekce analyzuje relevantní odbornou literaturu týkající se zkoumané problematiky autonomní manipulační techniky (AGV). Autonomní manipulační technika představuje rozvíjející se oblast, která dosud není příliš detailně prozkoumána. V literatuře se tomuto tématu obvykle věnuje pouze krátký odstavec či podkapitola, což naznačuje relativní nedostatek studií a analýz v této oblasti.

Knihy autora Guntera Ullriha prezentuje komplexní pohled na vývoj autonomních manipulačních zařízení od padesátých let 20. století až do současnosti. Autor se věnuje podrobné analýze širokého spektra aplikací těchto systémů v různých průmyslových odvětvích, včetně automobilového průmyslu, elektroniky, strojírenství, rychloobrátkového zboží a lékařského sektoru. Dále se zabývá identifikací jejich omezení a potenciálních výhod, což poskytuje ucelený pohled na problematiku autonomní manipulace v průmyslovém kontextu. [35]

Kromě toho se kniha detailně zabývá různými aspekty souvisejícími s AGV, jako jsou typy strojů, navigace, dobíjení, komunikace s okolím a srovnání s tradičními dopravními systémy. Autonomní manipulační technika nachází uplatnění zejména v intralogistice výrobních firem, kde slouží k efektivní přepravě materiálu mezi sklady a výrobními linkami.

Porovnání autonomní manipulační techniky s ručně řízenou manipulací zdůrazňuje flexibilitu, snížené provozní náklady díky eliminaci mzdových nákladů a snížení lidské chybovosti. Autor též uvádí, že investice do systému AGV představuje dlouhodobý strategický krok, který může výrazně přispět k efektivitě a konkurenceschopnosti podniku. Gunter Ullrich je přesvědčeným zastáncem autonomní technologie a vidí v ní perspektivní budoucnost.

Na základě rozsáhlého průzkumu literatury se autor rozhodl soustředit na problematiku úspor nákladů a zvyšování produktivity po zavedení autonomní manipulační techniky. Tento výzkum bude dále zkoumat „Zefektivnění provozu robotických vozíků při zásobování montážních linek“, konkrétně následující okruhy. Jaké jsou hlavní výhody autonomní manipulační technologie a jaké konkrétní výhody přináší implementace autonomní manipulační techniky pro firmy.

Tyto otázky budou podrobně analyzovány na závěr práce, na základě dostupné literatury a provedení podrobné studie zaměřené pro společnost Škoda Auto a.s. Během výzkumu bude provedena analýza aktuálního stavu zavážení montážní linky a následně bude provedena analýza zavážení montážní linky s autonomní technologií. Oba tyto procesy budou detailně

zpracovány v simulačních modelech z reálného prostředí. Budou navržena doporučení k optimalizaci zásobování procesů a zvýšení produktivity za pomoci autonomní technologie s požadovanou úsporou nákladů.

Takový přístup umožní nejen identifikovat výhody a nevýhody autonomní manipulační techniky, ale poskytne konkrétní doporučení pro optimalizaci zásobování.

## **1.1 Principy chování autonomních robotických vozíků (AGV).**

V souvislosti s neustále se vyvíjejícím průmyslem 4.0 a rostoucím významem umělé inteligence (AI), internetu věcí (IoT) a big dat, se stávají autonomní robotické vozíky (AGV) klíčovými prvky moderních průmyslových operací. Tyto autonomní zařízení představují revoluční přístup k manipulaci s materiálem a logistickým procesům v průmyslových prostředích. Princip chování autonomních robotických vozidel spočívá v jejich schopnosti fungovat bez lidského zásahu.

Autonomní robotické vozíky využívají širokou škálu technologií, včetně umělé inteligence pro plánování tras a navigaci, IoT pro sběr a výměnu dat s ostatními zařízeními a big data pro analýzu a optimalizaci provozních procesů. Tyto technologické inovace umožňují autonomním vozíkům efektivnější a přesnější navigaci v prostoru s optimalizací svého pohybu a činnosti.

Na trhu lze nalézt různé typy autonomních robotických vozidel, od jednoduchých AGV, které plní jednoduché úkoly až po sofistikované AGV s možností plné autonomie a flexibilního přizpůsobení se různým pracovním prostředím.

Charakteristika principu chování autonomních robotických vozíků a jejich přehled nabízených typů AGV na trhu je klíčem pro pochopení jejich role v moderním průmyslu s jejich potenciálem pro zlepšení logistiky a manipulace s materiálem ve výrobních a distribučních procesech.

### **1.1.1 Průmysl 4.0**

Základními stavebními kameny Průmyslu 4.0 jsou moderní technologie, jako jsou kyberneticko-fyzikální systémy (CPS), internet věcí a služeb (IoTS) a chytré továrny (Smart factory). Tyto stavební kameny zahrnují senzory, stroje a ICT systémy, které spolu autonomně interagují, vyhodnocují situace a podle potřeby provádějí akce v reálném čase. Jejich implementace a využití je klíčovým aspektem Průmyslu 4.0. Technologie, jako je

komunikace mezi stroji, chytré produkty, cloud computing a zpracování velkých dat (big data), jsou rovněž součástí konceptu Průmyslu 4.0, avšak nejsou považovány za jeho nezbytné součásti, ale za podsystémy. Je důležité si uvědomit, že všechny tyto technologické prvky jsou vzájemně propojeny a vzájemně ovlivňují svůj provoz. [37]

Průmysl 4.0 zastupuje novou dimenzi organizace a řízení celého řetězce a vytváří hodnoty po celý životní cyklus produktu. Tento cyklus reaguje na stále se rozšiřující individualizované požadavky zákazníků, počínaje konceptem a pokračující přes zakázku, vývoj a výrobu, až po dodání výrobku koncovému uživateli a následný proces recyklace včetně přidružených služeb. [29]

### 1.1.2 AI – Umělá Inteligence

Umělá inteligence (AI) je vytvoření sofistikovaných systémů, které vykazují schopnost autonomního myšlení a adaptace na rozmanité podmínky a prostředí, aniž by projevovaly nedostatky lidského chování a osobnosti. Úroveň vrozené inteligence je stále vzdálená, ale v oblasti umělé inteligence je neustálý posun vpřed. Aktuální stav umělé inteligence je určen nejnovějšími inovacemi, které hledají efektivní způsoby, jak dosáhnout větší autonomie a inteligence založené na pravidlech strojového učení a algoritmů hlubokého učení. [39]

### 1.1.3 Big data

Big data označují obrovská datová množství, která překračují tradiční softwarová řešení a zpracovatelské nástroje. Tyto data, často kombinují strukturované a nestrukturované informace z různých zdrojů. Big data představují významný zdroj hodnotných informací, zahrnující analýzu trendů zákazníků a měření operační efektivity. Tyto informace slouží jako nástroj pro efektivní řešení. [39]

### 1.1.4 IoT – Internet věcí

Internet věcí (IoT) označuje síť vzájemně propojených zařízení, strojů, předmětů, zvířat nebo dokonce lidí, které jsou identifikovatelné jedinečnými identifikátory (UID) a schopné přenášet data po síti bez potřeby lidské interakce nebo interakce s počítačem. [38]

Příklady zařízení připojených k internetu věcí zahrnují lidské tělo s implantátem sledujícím srdeční rytmus, hospodářská zvířata s biočipy, automobily vybavené senzory, které upozorňují řidiče na nízký tlak v pneumatikách. [29]

### 1.1.5 Historie automatizovaných vozíků

Historie autonomních vozíků sahá až do 50. let dvacátého století. A.M. Barrett Jr., majitel společnosti Barrett Electronics, uvedl na trh upravený traktor tak, aby sledoval trolejový drát ve skladu. Tento vynález nebyl pojmenován jako autonomní vozík, ale je mu připisován vynález prvního automaticky řízeného vozíku. [1]

Jednou z prvních mezinárodních společností, která zavedla AGV technologii byla automobilka Volvo. V roce 1973 nasadila ve svém švédském automobilovém závodě 280 počítačové řízených vozíků. [1,35]

První navigační systémy jsou indukovaná magnetická pole. Samotný vozík jezdil podle předem nainstalovaných magnetů do podlahy, v závislosti na jejich orientaci pozitivně – negativně se vozík pohyboval vpřed. [2]

V průběhu 70. let probíhal vývoj AGV technologie. Nový typ byl řízen sledováním UV značek umístěných v podlaze. V roce 1979 proběhla v pracovním prostoru implementace první chytré podlahy, která vedla vozidlo za pomoci elektrického proudu v zemi. Důsledkem bylo úplné odstranění drátů. [1]

Na konci 20. století začalo napojování AGV technologie na počítače. V 90. letech proběhl bezdrátový přenos dat přes internet. Zároveň dochází k využívání magnetické a laserové navigace, zatímco se odstupuje od zastaralého optického navádění. Nový způsob navigování umožňuje využití magnetických bodů, které vozík využívá k navádění. Druhým způsobem je využití laserového senzoru. Laserový senzor může v jednom momentě snímat několik reflexních štítků z předem definované trasy. Výsledným zlepšením je zvýšení provozní rychlosti AGV vozíků. [2]

### 1.1.6 AGV (Automated Guided Vehicle)

Automatický systém řízení vozíků (AGV/AMR) jsou automatizovaná řízená vozidla, kdy jejich pohyb je automaticky řízený a není potřeba přímého kontaktu obsluhy. Autonomní robotické vozíky se používají k převozu různých materiálů a produktů. Samotný náklad se může naložit a přepravit na podvozkové platformě AMR. Lze využít i nízkozdvížného nebo vysokozdvížného robota a v neposlední řadě je možné využít tažné vozíky s automatickým nebo manuálním zapojením vagónů. [3,2,4]

### 1.1.7 Nabíjení autonomních vozíků

Autonomní vozíky operují na základě elektrického pohonu, což eliminuje potřebu pravidelné intervence obsluhy, jak je běžné u konvenční manipulační techniky. Tato AGV technologie je vybavena bateriemi, jež lze nabíjet různými metodami, včetně bezdrátového nabíjení s využitím měkkých desek a indukčního nabíjení. [2, 40]

Alternativním přístupem k dobíjení AGV je ruční výměna baterie za baterii plně nabitou. Tento proces však nese svá omezení. Ruční výměna vyžaduje k dispozici další plně nabitě baterie, které je nutné skladovat, čímž může být využíván cenný prostor. Naopak automatické dobíjení může zabírat značné množství času, což může snižovat efektivní provozní dobu vozidel během jednoho pracovního dne. [41]

Využitím bezdrátového nabíjení je možné zajistit nepřetržitý provoz autonomních vozíků. Samotný nabíjecí proces může probíhat synchronizovaně s prováděnými úkoly, jako je vykládání a nakládání, čímž je zajištěn plynulý výrobní cyklus a autonomní technologie zůstává v provozu i během dobíjení. Minimalizace opotřebení baterie během nabíjení je možná pomocí chytré nabíječky, která sleduje a reguluje velikost nabíjecího proudu a zastavuje nabíjení po dosažení stanovené kapacity baterie. [5, 42]

Baterie v autonomních robotických vozidlech lze rozčlenit do několika kategorií, z nichž každá disponuje specifickými vlastnostmi. Mezi ně patří olovněné baterie, charakterizované vyšší hmotností a dlouhou životností, až s 1200 nabíjecími cykly. Vyšší hmotnost těchto baterií může působit jako vyvážecí protiváha. Olovněné baterie navíc vynikají nižšími pořizovacími náklady. Dalšími typy jsou AGM a gelové baterie, běžně používané v automatizovaných vozících. Konkrétně utěsněné olovněné baterie (SLA) a ventilově řízené olovněné baterie (VRLA baterie). Bez ohledu na specifika mezi AGM a gelovými bateriemi jsou obě varianty uzavřené a bezúdržbové. Tento typ baterií se často využívá v metodě nabíjení prostřednictvím výměny těchto baterií. [42]

Na trhu je rovněž dostupná lithiová baterie, která nalézá stále častější uplatnění. Její hlavní výhodou je možnost rychlejšího nabíjení bez rizika snížení životnosti baterie. Nabíjecí proces lithiových baterií trvá přibližně 1,5 hodiny pro dosažení nabití z 60 % na 100 %. Přesto jsou lithiové baterie méně odolné a vyžadují ochranu před přebíjením, který vyžaduje udržení proudu na definovaných bezpečnostních úrovních. [42]



### 1.1.8 Bezpečnost AGV

Prvním krokem je potřeba provést ověření certifikace autonomního vozíku, aby bylo zajištěno, že splňuje bezpečnostní požadavky stanovené platnou legislativou EU a ČR. V případě instalace jakýchkoliv přídavných zařízení na vozík a jeho umístění do průmyslové haly, je nezbytné zabezpečit aplikaci jako celek a řešit bezpečnostní otázky komplexně. [36,43]

Je vysoce důležité, aby autonomní vozíky (AGV) byly schopny informovat okolí o svém pohybu. K tomuto účelu jsou vybaveny kombinací akustických a optických varovných signálů, včetně otáčejících se výstražných světel. Pro zastavení vozíků jsou implementovány mechanicky nezávislé provozní brzdy, které jsou navrženy tak, aby nebyly aktivovány, dokud mají energii. V případě potřeby naléhavého zastavení, je dodávka energie přerušena, což vede k okamžitému brždění a zastavení. [30,36]

Rozdělení rizik pro autonomně řízená vozidla:

1. Aktivní opatření snížení rizik
  - a. Bezpečnostní laserový skener nebo systém pro zabránění kolizím
  - b. Nárazník citlivý na tlak
  - c. Bezpečnostní PLC
2. Pasivní opatření snížení rizik
  - a. Zařízení pro nouzové zastavení
  - b. Zvukové a poplachové signály
  - c. Světla [29]

## 2 TRH S AUTONOMNÍ TECHNOLOGIÍ

Trh s autonomní technologií prochází rychlým vývojem v reakci na rostoucí trend průmyslu 4.0 a následně i na vliv pandemie covidu-19 v letech 2019-2021. V současné době se v Evropě objevují společnosti, které své portfolio tradiční vysokozdvížné techniky rozšiřují o autonomní technologie. Tento jev je důsledkem rostoucí poptávky velkých firem po automatizovaných procesech, které mohou fungovat nezávisle na lidském zásahu.

Průmysloví roboti jsou definováni podle normy ISO 8373, která stanovuje základní principy označení těchto zařízení. Mezi hlavní charakteristiky průmyslových robotů patří jejich programovatelnost, schopnost víceúčelového využití a operování ve 3D prostoru. Klíčovou výhodou průmyslových robotů je jejich schopnost provádět náročné úkoly s vysokou přesností, což vede k zvýšení efektivity. [2]

Autonomní roboty (AGV) v současné době využívají hlavně rozvinuté země, jako jsou Čína, Evropa a Severní Amerika. Jejich hlavním přínosem je zefektivnění výrobních procesů prostřednictvím nepřetržitého provozu. Světové ekonomické fórum (WEF) odhaduje, že do roku 2025 může dojít k zániku až 85 milionů pracovních pozic, které lze považovat za lehce automatizovatelné. Naopak se očekává vznik až 97 milionů nových pracovních pozic v oblasti správy autonomní technologie. [2]

### 2.1 Rozdělení robotů AGV vs AMR

Automatizovaná manipulace materiálu představuje klíčový prvek optimalizace produktové dodávky v rámci organizací, přičemž minimalizuje časy zastavení výrobních procesů. Centrální součástí tohoto uspořádání je technologie AGV (Autonomous Guided Vehicle), která však může být rovněž označována jako AMR (Autonomous Mobile Robot). Technologie AMR se vztahuje k mobilnímu robotu, který se pohybuje na základě autonomní navigace po pevně stanovených trasách. [6]

Mezi klíčové rozdíly mezi roboty AGV a AMR patří jejich navigační systémy. AGV fungují na pevně určených trasách, které jsou určeny pomocí vedení dráty, magnetickými pásky a senzory. Tyto trasy jsou pevně definovány předem. Mezi jejich omezení patří omezená schopnost autonomního rozhodování. Pokud AGV detekuje překážku na své trase, zastaví se a čeká na odstranění překážky nebo zásah obsluhy. [6]

Robotická vozidla s označením AMR disponují sofistikovaným navigačním systémem založeným na inteligentním navádění. Tyto AMR využívají kombinaci kamer, senzorů a

laserových skenerů, které spolu se softwarovým systémem navigace pracují na základě virtuální mapy prostředí. [6]

## 2.2 Výrobci autonomní techniky (AGV)

Výrobci autonomní techniky představují klíčové hráče na trhu, kteří se aktivně podílejí na zakázkách firem, vyžadujících tuto inovativní technologii. Pro správné řízení a zajištění transparentních výběrových procesů je nezbytné správně oslovit potenciální dodavatele s konkrétními požadavky a specifikacemi. Jakmile se dodavatel rozhodne zapojit do nabídkového procesu, je odeslána nabídka k projednání v souladu s požadavky poptávky. Vzhledem k tomu, že mnoho dodavatelů autonomní techniky působí mimo území České republiky, tato kapitola se zaměří na klíčové hráče na trhu, kteří disponují touto technologií.

### 2.2.1 Servis Control s.r.o.

Servis Control s.r.o. je firma z České republiky, která vznikla v roce 2008 se sídlem v Kolíně. Jejím primárním cílem je poskytnout zákazníkům širokou škálu řešení, která jsou plně přizpůsobena specifickým potřebám a prostředí. Firma se zaměřuje na dodávku autonomních mobilních robotů AGV/AMR, tahačů a vysokozdvížných AGV. Tabulka 1. uvádí základní informace o poskytovaných typech AGV od firmy Servis Control.

Tabulka 1. Nabídka AGV Servis Control s.r.o. [Vlastní zpracování]

Typ AGV	Nosnost (kg)	Modely	Rychlost (m/s)
Podbíhací	250,400,750	3	0,5; 1,2; 1,5
Tahač	3000 (5000 s dodatečnou zátěží)	1	1,2
Univerzální vozík	100	1	1,2
Vidlicové	1200, 1400	2	1,5

Součástí portfolia služeb je řídicí systém umožňující ovládání jednotlivých robotů či celých flotil autonomní technologie. Primárním účelem je optimalizace přepravy materiálu a manipulace s paletovým materiálem. [7]

Technologické navádění robotů AGV/AMR je zajištěno pomocí různých metod. Magnetická páska se používá k navigaci při přesunu dílů mezi stroji. Alternativní metodou je SLAM

navigace, která využívá LiDAR nebo navádění kamerou. Navádění pomocí GPS je využíváno zejména ve venkovních prostorech. [7,8]

Autonomní roboti jsou poháněni bateriemi s kapacitou 24 V nebo 48 V a s kapacitami 40 Ah, 60 Ah a 80 Ah. Dodavatel garantuje minimálně 4000 nabíjecích cyklů. Efektivní bezdrátové nabíjení umožňuje dobíjení baterií během vykonávané činnosti, což minimalizuje riziko prostojů. Nabíječky jsou vybaveny inteligentním řízením, které sleduje velikost nabíjecího proudu a napětí v baterii, což pomáhá minimalizovat opotřebení baterií. [7,8]

### 2.2.2 Asseco CEIT, a.s.

Společnost Asseco CEIT, a.s. vznikla roku 2007 na základě vývoje unikátních řešení v oblasti robotiky a logistiky prováděné na Žilinské univerzitě. Předchůdcem společnosti CEIT bylo Slovenské centrum produktivity, které bylo založeno v roce 1998.

Hlavním cílem společnosti Asseco CEIT, a.s. je posílení produktivity v automatizaci výroby a logistiky. Jejich nabídka autonomních vozidel zahrnuje tahače, vidlicová AGV, podbíhací AGV a specializovaná řešení na míru. Základní rozčlenění AGV techniky je zobrazeno v tabulce 2. [9]

Tabulka 2. Nabídka AGV Asseco CEIT, a.s. [Vlastní zpracování]

Typ AGV	Nosnost (kg)	Modely	Rychlost (m/s)
Podbíhací	600; 800; 1000; 1200; 1300; 1500; 2000; 3200	9	0,7; 1; 1,2; 1,3; 1,6; 2
Tahač	1300; 3000; 6000; 8000	4	1; 1,3; 2;
Vidlicové	1000, 1500	4	1,6; 2;

Pro řízení a monitorování prostředků v logistice společnost Asseco CEIT, a.s. vyvinula systém Twiserion Fleet Manager, který se skládá ze tří hlavních složek: řídicího systému, monitorovacího systému AGV Monitor a systému Track & Trace.

Řídicí systém slouží jako základní jednotka pro řízení celého systému a autonomních zařízení. Přenáší informace o stavu prováděných činnostech a výskytu problémů, které jsou následně využity pro rozhodování a řízení jednotlivých částí logického procesu. Jeho hlavním úkolem je navigace autonomních vozidel přes křižovatky, semaforey, obslužná místa a

nabíječky bez potřeby lidského zásahu. Další významnou funkcí řídicího systému je automatické řízení a monitorování stavu logistického procesu. [9,10,11]

### 2.2.3 Jungheinrich AG

Jungheinrich AG je společnost se sídlem v Hamburgu. Patří mezi přední světové dodavatele logistických systémů s více než 60letou odbornou historií. Specializuje se na výrobu a poskytování komplexních řešení v oblasti intralogistiky. Jejich nabídka zahrnuje širokou škálu autonomních vozíků, které slouží jako řešení pro automatizovanou přepravu. [12]

Společnost Jungheinrich AG poskytuje automatické VNA (Very Narrow Aisle) vozíky, automatické vozíky a autonomní mobilní roboty (AMR). Rozdělení jednotlivých modelů autonomní techniky je znázorněno v tabulce 3. [13]

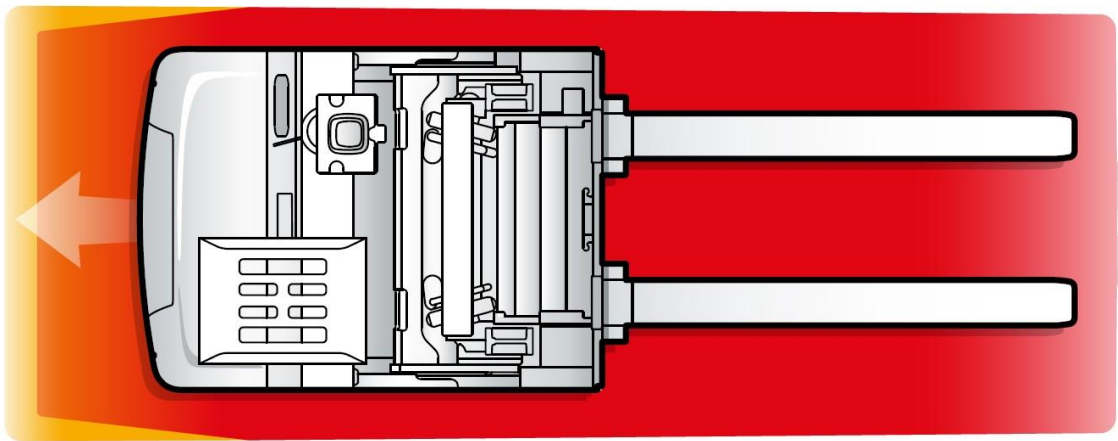
Tabulka 3. nabídka AGV Jungheinrich [Vlastní zpracování]

Typ AGV	Nosnost (kg)	Modely	Rychlost (km/h)
Automatický VNA vozík	1600	2	12
Tahač	5000	1	12,5
Mobilní robot AMR	880; 1300	2	1,2
Vidlicové	1300; 1500; 1700; 2500	3	7; 7,2; 9;

Centrálním prvkem systému AGV je hlavní počítač, který řídí pohyb vozíků podle uložených jízdních tras a strategií přepravy. [15]

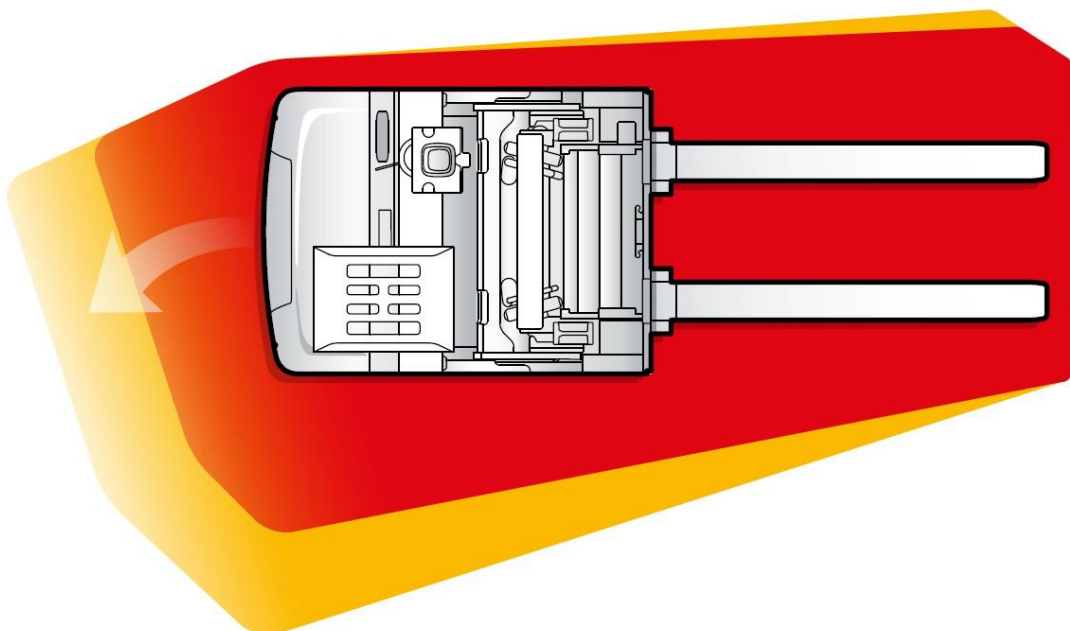
Systém VMS (Vehicle Management System) přináší uživatelům komplexní řešení s uživatelsky přívětivým rozhraním, které se dokáže přizpůsobit individuálním potřebám uživatele. Kompatibilita softwaru zajistí snadný upgrade na novější verze se všemi nejnovějšími funkcemi. [14]

Bezpečnost pohybu autonomních vozíků je zajištěna optickými senzory a dvěma bezpečnostními laserovými skenery. Tyto senzory mapují bezpečnostní pole o velikosti 360°, což umožňuje vozíkům identifikovat a reagovat na překážky ve směru pohybu i směru motoru. Tvar bezpečnostního pole lze upravit v souladu s aktuálním směrem pohybu vozíku, například přímé jízdy, které je zobrazeno na obrázku č. 1 „šipkou zpět“. [15]



Obrázek 1. Směr bezpečnostního pole ve směru motoru [15]

Další možností je implementace bezpečnostního pole při zatáčení, což je znázorněno na obrázku č.2. Tento obrázek ilustruje změnu snímaného pole v závislosti na pohybu do strany. Při detekci překážky výstražným polem, dochází k postupnému snížení rychlosti jízdy. Pokud překážka setrvává v dráze vozíku a je detekována ochranným polem, vozík se zastaví, dokud není překážka odstraněna. Po odstranění překážky dojde k opětovnému rozjetí vozíku. [15]



Obrázek 2. Směr bezpečnostního pole – zatáčení [15]

Pro zajištění energetického zdroje firma využívá už více než deset let Lithium – iontové baterie. V průběhu let aktivně pracuje na dalším vývoji tohoto typu baterií. Výrobce garantuje dlouhou životnost a vysoký výkon baterií po dobu až osmi let. [16]

#### 2.2.4 STILL ČR spol. s r.o.

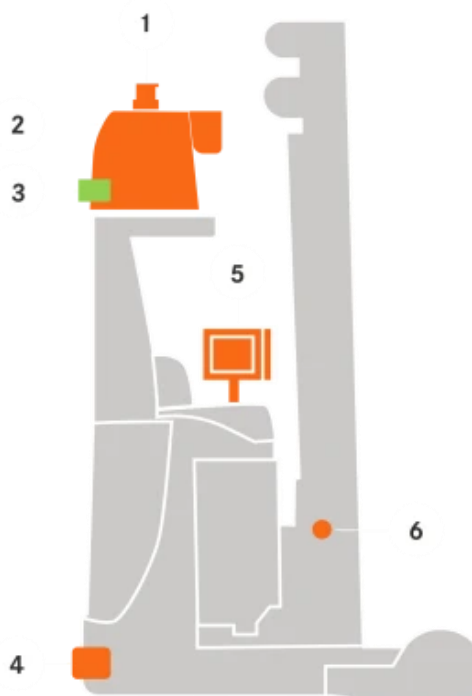
Společnost STILL ČR spol. s r.o. působí jako dodavatel komplexních intralogistických řešení na celosvětové úrovni. Firma se specializuje na inteligentní správu manipulace s materiály a souvisejících služeb. Její produktová škála iGo odhaluje schopnost téměř úplné automatizace materiálového toku. V rámci iGo je intralogistika individuálně automatizována podle specifických požadavků. [17,18]

Produkty iGo zahrnují automatizovaná řešení s tažnými soupravami, vysokozdvížné vozíky, automatizované regálové vozíky a autonomní mobilní robotické systémy. Detailní přehled nabízených produktů od firmy Still je uveden v tabulce 4. [18]

Tabulka 4. Nabídka AGV STILL [Vlastní zpracování]

Typ AGV	Nosnost (kg)	Modely	Rychlost (m/s)
Automatizovaný regál	1100; 1400	3	1,2; 2,0; 3,0
Tahač	5000	1	1,7
Mobilní robot AMR	600; 1000; 1500;	2	1,2; 2,0; 2,2
Vidlicové	1100; 1300; 1600; 1900	6	1,7; 2;

Standardizované sady pro automatizaci poskytují identické komponenty, řídicí jednotky a rozhraní, umožňující efektivní transformaci nového sériového vozíku na AGV. [18]



Obrázek 3. Grafické znázornění sady pro automatizaci iGo [19]

Grafické znázornění automatizační sady je uvedeno na obrázku 3, přičemž jednotlivé komponenty jsou označeny následujícími popisy:

1. Navigace vozíku – laserový skener
2. Řídicí jednotka přijímající úkoly – box pro automatizaci
3. Identifikace pohybu – kontrolky
4. Bezpečnostní skener – laserový, sledování 360° okolo vozíku
5. Uživatelské rozhraní – s displejem
6. Vertikální systém a displej – nouzové tlačítko STOP [19]

Bezpečnostní prvky integrované do autonomních vozíků zahrnují skenery. Autonomní vozík je vybaven předním šikmým skenerem umístěným na přední části zařízení, což usnadňuje detekci překážek ve vertikálním směru. Dva boční skenery jsou umístěny vpředu pro detekci překážek ve vertikální rovině. Princip jejich fungování spočívá v tom, že skenovací pole zastaví několik centimetrů nad podlahou a ve stíněných uličkách se vypne. [20]



Modré bezpečnostní světlo kontinuálně emituje modrý bod na podlahu, který slouží k signalizaci chodcům nebo obsluze, že se autonomní zařízení přibližuje.

Navigace strojů je řešena pomocí laserového systému. Na strategických místech vedle jízdní dráhy jsou umístěny reflektory. Při detekci tří reflektorů navigační systém určí polohu stroje. Lokalizace je založena na různých datech, včetně vzdálenosti a úhlu vůči jednotlivým reflektorům. [20]

### 2.2.5 KVADOS, a.s.

Společnost KVADOS, a.s. byla založena v roce 1992 Miroslavem Hampel, jedním ze dvou zakladatelů, který získal živnostenský list na poskytování softwaru a založil firmu HANAS (Hampel Nabízí Služby). Firma HANAS se následně transformovala do společnosti KVADOS, a.s. V roce 2009 došlo k implementaci produktů pro společnosti v oblasti servisu myFABER. Termín „myFABER“ označuje průmyslovou automatizaci integrující robotiku. [21,22,23]

V rámci své nabídky AGV systémů poskytuje firma KVADOS, a.s. paletová AGV a podjezdová AGV, spolu s řídicím systémem, který řídí AGV dle požadavků zákazníka. Portfolio firmy Kvados je uvedeno v tabulce 5. [23]

Tabulka 5. Nabídka AGV Kvados, a.s. [Vlastní zpracování]

Typ AGV	Nosnost (kg)	Modely	Rychlost (m/s)
Mobilní robot AMR	600; 1000	4	1,6; 2,0
Vidlicové	600; 1000; 1500; 2000	5	0,5;1,2; 1,3;

Stroje jsou vybaveny laserovým navigačním systémem, kde rotační laser v horní části stroje neustále monitoruje vzdálenost a úhly od reflexních bodů rozmístěných v perimetru pracovního prostoru. Tímto způsobem je pozice stroje lokalizována s přesností na úrovni milimetrů. Bezpečnost provozu AGV strojů je zajištěna na nejvyšší úrovni. V případě detekce jakékoli překážky, stroj automaticky reaguje a přizpůsobí svou jízdu, buď zpomalí nebo zastaví. Po odstranění překážky pokračuje ve své činnosti. [24,25]

### 2.2.6 ek robotics s.r.o.

Firma ek robotics s.r.o. patří mezi přední výrobce a systémové integrátory inovativní transportní robotiky s více než 60 lety zkušeností. Jejím hlavním posláním je vytváření inteligentních a flexibilních dopravních řešení pro plně automatizovaný materiálový tok. [26]

V oblasti autonomní techniky firma nabízí plně automatizované vysokozdvizné vozíky a podjezdové roboty (AMR). Firemní portfolio nabízených produktů je uvedeno v tabulce 6. [27]

Tabulka 6. Nabídka AGV ek robotics s.r.o. [Vlastní zpracování]

Typ AGV	Nosnost (kg)	Modely	Rychlost (m/s)
Mobilní robot AMR	150; 500; 600; 1200; 1900	4	1,6; 1,7; 2,0;
Vidlicové	1500; 1600	4	2
Heavy Move – univerzální vozík	2500; 5000; 6000;	6	2

Navigace strojů je založena na laserovém systému, kde je paprsek odrážen zpět do přijímače od zaměřených odrazek na přesně určených místech. Systém analyzuje úhly k odrazkám a v rámci AGV je definována mapa cest a polohy odrazek. Porovnáním naměřených úhlů k odrazkám s definovanými polohami, jsou identifikovány falešné odrazky, které nejsou použity k určení polohy AGV. [27]

Bezpečnostní skener disponuje dvěma zónami: žlutou varovnou zónou pro snížení rychlosti a kratší červenou bezpečnostní zónou pro zastavení. Pokud se překážka nachází v bezpečnostní zóně, vozík sníží svou rychlost a po opuštění této zóny pokračuje v práci. [27]



Obrázek 4. Znázornění zón AGV ek robotics s.r.o. [27]

Obrázek 4 znázorňuje bezpečnostní pole skenerů určený k identifikaci překážek ve směru jízdy. Vozidlo je vybaveno dvěma bočními skenery, které jsou schopny detekovat jak čelní, tak zadní překážky, včetně roztažených paží osob. Naproti tomu obrázek 5 zobrazuje bezpečnostní skenery, monitorující prostor po stranách autonomní technologie, aby byla zajištěna maximální bezpečnost v okolí AGV. [27]



Obrázek 5. Boční zóny AGV [27]

Společnost ek robotics s.r.o. poskytuje technologii AGV vybavenou bateriemi typu LI-ION, které jsou navrženy pro nepřetržitý provoz. Po dosažení stanovené úrovně vybití baterie, systém automaticky spustí proces mezi nabíjením. Hlavní řídicí jednotka následně instruuje AGV k navigaci do nabíjecí stanice, kde proběhne nabíjecí proces, jak je znázorněno na obrázku 6. [27]



Obrázek 6. Nabíjecí stanice s AGV technologií. [27]

Řídicí systém je složen z dvojice modulů, základního řídicího systému a nadřazeného programu nazývaného „transport manager (TPM)“. Tento program slouží k rozšířené správě zakázek, umožňuje provádět projektová přizpůsobení dopravních strategií, uživatelských rozhraní a vizualizace. [27]

### 3 ZPŮSOBY ZÁSOBOVÁNÍ MONTÁŽNÍCH LINEK

Variant zásobování montážních linek je široká škála. Pokud bychom uvažovali automatizovaně, a nikoliv využití lidských zdrojů zásobování, pak by se dalo mluvit o manipulační technice řízené člověkem (vysokozdvíhový vozík a elektrický tahač řízen obsluhou). Na straně druhé o automatizované manipulační technice (automatizovaná pásová linka, autonomní technologie).

V kontextu moderních výrobních prostředí se dynamika a efektivita zásobování montážních linek stává stěžejním prvkem optimalizace výrobních procesů. V této souvislosti nabízí autonomní technologie (AGV) jedinečné a inovativní řešení pro zásobování montážních linek. Tato technologie se stále více uplatňuje v průmyslovém sektoru. Který přináší široké spektrum možností a výhod v oblasti optimalizace logistiky, zvyšování flexibility a zlepšování celkového výrobního procesu. Následující kapitoly jsou zaměřené na klíčové aspekty a benefity využití různých možností při zásobování montážních linek.

#### 3.1 Vysokozdvíhové AGV

Vysokozdvíhové vozíky jsou sofistikovaná zařízení, která zvládají přepravovat a umisťovat obalové jednotky do míst tomu určených. Tyto vozíky jsou rychlé a přesné. Existuje několik druhů vysokozdvíhových AGV.

Vidlicové AGV je typ paletového vozíku, určený k přepravě palet ve výrobním závodě. Tento typ AGV zvládne manipulovat s nákladem o maximální hmotnosti 3 tuny. Dalším spektrem vybavení je zdvihací mechanismus, který může pracovat s paletami ve výšce do 2 metrů. Vedle standardních vidlicových AGV vozíků existuje několik dalších variant, které jsou upraveny dle specifické potřeby, zejména v prostorově omezených oblastech. Jednou z variant je vysokozdvíhový vozík s protizávažím. Tato konfigurace se využívá, když není možné použít podpěrné nohy pod vidlicemi, nebo když je potřeba dosáhnout vysoké nosnosti a skladovací výšky. V tomto případě musí AGV vozík s protizávažím kompenzovat těžiště nákladu za pomoci přidání protizávaží. [30]



Obrázek 7. Vidlicový AGV [30]

Vysokozdvíhací vozík VNA AGV z obrázku 7 (very narrow aisles) představuje další možnost pro efektivní manipulaci v úzkých prostorech. Tento typ AGV je speciálně navržen pro práci v krajně omezených prostorech, což mu umožňuje provádět operace s vysokým zdvihem až do výše 11 metrů. [29]

### 3.2 Podjezdové AGV

Obrázek 8 znázorňuje podjezdové AGV vozíky, které představují pohyblivé robotické jednotky schopné naložit náklad pod přepravní jednotku určenou k transportu. Tento proces je zajištěn prostřednictvím podjezdu, který umožňuje manipulaci s přepravovanými zátěžemi pomocí zdvihacího mechanismu, který slouží k uchycení. Celková hmotnost nákladu je rovnoměrně rozložena na plochu podjezdového AGV. Tento druh autonomních vozíků bývá běžně využíván v automobilovém průmyslu a online distribučních centrech. Cílem podjezdového AGV je optimalizovat délku vozíku s ohledem na omezené prostory a úzká místa, čímž umožňuje průchod těmito úzkými úseky či místnostmi s minimálním omezením pohybu. [29]



Obrázek 8. Podjezdové AGV [31]

### 3.3 Autonomní tahače

Autonomní tahače z obrázku 9, představují kategorii automaticky řízených vozidel, určených k tažení vozíků nebo regálů bez potřeby přímého lidského řízení. Tato vozidla lze přirovnat k moderním „vláčkům“, které fungují bez přítomnosti řidiče a jsou vybavena „lokomotivou AGV“, jež slouží jako automatizovaný tahač. Standardní AGV tahače jsou schopny tažení zátěže o hmotnosti přibližně 1 tuny, avšak jsou k dispozici i varianty s vyšší hmotností až dokonce 20 tun. Tato automatizovaná vozidla se často využívají v automobilovém průmyslu pro přepravu dílů na montážní linky či pro přesun hotových výrobků do skladů. Jejich flexibilita umožňuje použití jak vnitřního, tak vnějšího prostředí. [29]

Existují dvě hlavní kategorie autonomních tahačů. První zahrnuje AGV tahače, které operují pouze v autonomním režimu bez přítomnosti lidského řidiče. Druhou kategorií jsou AGV tahače, které mohou fungovat v autonomním režimu, ale zároveň mohou být obsluhována lidským operátorem. [30]



Obrázek 9. Autonomní tahač CEIT [32]

### 3.4 AGV přepravník

AGV přepravníky uvedené na obrázku 10 představují autonomní plošiny, často vybavené válečkovým dopravníkem, který je navržen pro efektivní přepravu zboží v průmyslových prostředích. Tento druh plošiny je schopen přenášet jeden či více nákladů současně do různých koncových zařízení, jako jsou například balíky nebo automatizované skladovací systémy. Jejich funkčnost lze přirovnat k pohyblivé plošině, která operuje bez lidského zásahu a umožňuje přepravu různých typů nákladů, včetně palet, krabic a podobně. [29,34, 35]





Obrázek 10. AGV přepravník Omron [33]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 PŘEDSTAVENÍ FIRMY ŠKODA AUTO A.S.

Společnost Škoda Auto a.s., s bohatou historií přesahující 125 let, je původem českým podnikem, jehož počátky sahají až do roku 1895. Zakladatelé Václav Laurin a Václav Klement původně zaměřili svou činnost na výrobu jízdních kol. Již v roce 1899 rozšířili svou činnost o výrobu jízdních kol s pomocným motorem, tzv. motocykly, které se staly mimořádně populárními a získaly řadu cen v závodních soutěžích. Avšak v roce 1905 se rozhodli vstoupit na trh s výrobou automobilů. Název „Škoda“ vznikl v roce 1926 spojením s plzeňskou firmou Škoda. Od roku 1991 se společnost stala součástí koncernu Volkswagen Group, což přineslo další rozvoj a modernizaci podniku. [44, 45]

Společnost Škoda Auto je komplexním podnikem s třemi hlavními výrobními závody v České republice, umístěnými v lokalitách Mladá Boleslav, Kvasiny a Vrchlabí, a s technologickým centrem Česana. Rozšíření svého působení má rovněž do zahraničí, kde provozuje výrobní závody v Číně, Indii a na Slovensku. [46,47]

Hlavními výrobními jednotkami v Mladé Boleslavi a Kvasinách, představují klíčové pilíře v rámci výrobního portfolia automobilové společnosti. Naopak, závod ve Vrchlabí se specializuje výhradně na výrobu převodovek, což je důležitá složka pro celkový provoz a kvalitu vozidel. [47]

Modelová řada vozidel, která je dostupná jak na domácím, tak na zahraničních trzích zahrnuje širokou škálu vozů, jako jsou Octavia, Enyaq, Scala, Kamiq, Fabia, Superb, Kodiaq a Karoq. Pro indický trh pak společnost nabízí dva specifické modely, a to Kushaq a Slavia. [48,49]

Škoda auto nehraje na automobilovém trhu jen roli výrobce, ale je též významným ekonomickým subjektem, přispívajícím 5 % k hrubému domácímu produktu (HDP) České republiky a podílejícím se na exportu země zhruba 10 %. S celkovým počtem zaměstnanců dosahujícím 34 884 a výrobou 864899 vozidel v roce 2023, je společnost Škoda Auto klíčovým hráčem jak na domácím, tak i na mezinárodním automobilovém trhu. [46,48]

## 5 POPIS ZÁSOBOVÁNÍ MONŘÁŽNÍCH LINEK

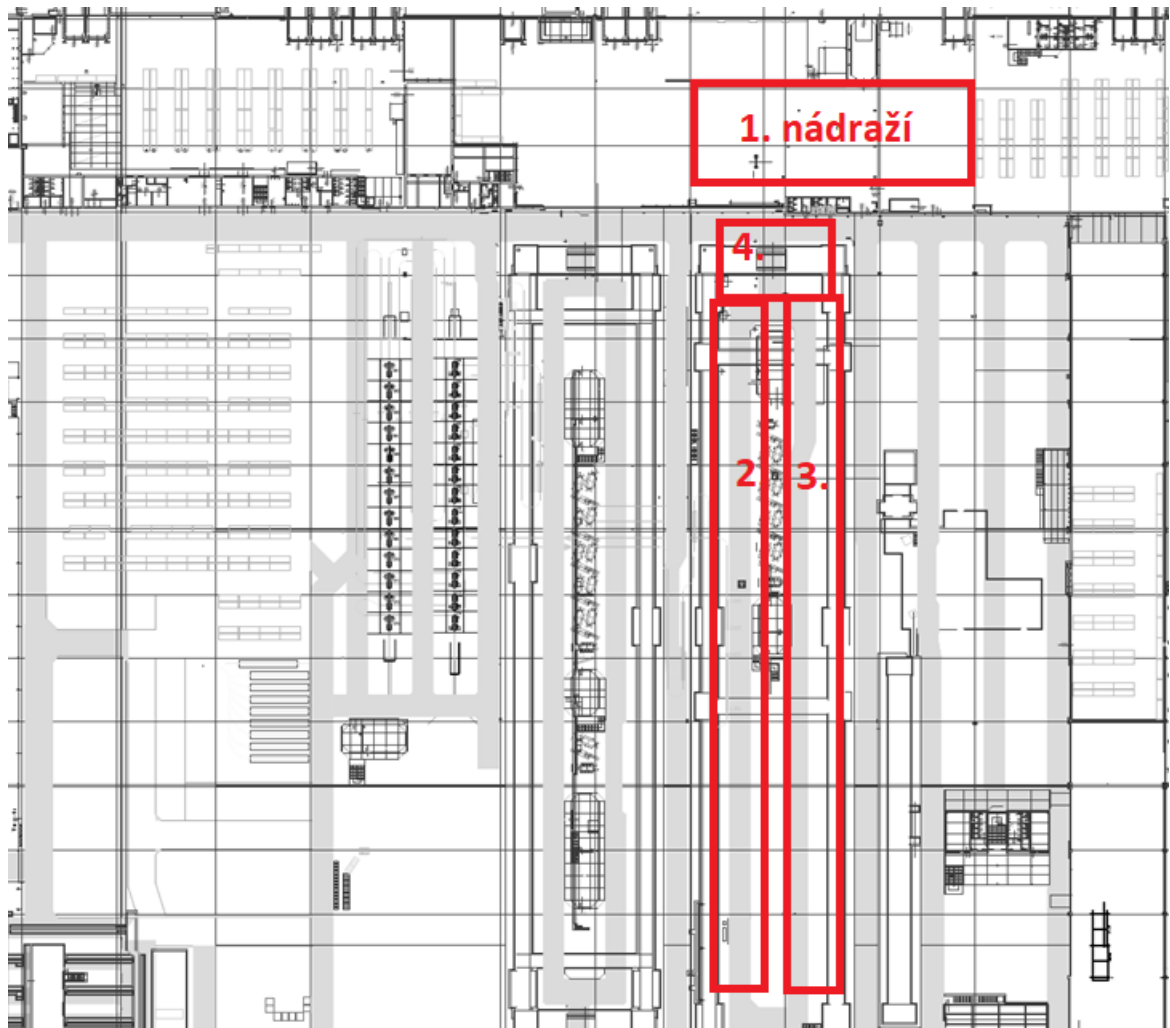
Cílem diplomové práce je navržení simulace variant s cílem zefektivnění zásobování montážních linek. Montážní linka, která je předmětem této studie, se nachází v hlavním výrobním závodě společnosti Škoda Auto v Mladé Boleslavi. V rámci práce byla provedena detailní analýza pohybu manipulační techniky, což umožnilo vytvořit přesný přehled transportních cest.

Při tvorbě aktuálního modelu montážní linky vycházíme z poskytnutých zdrojů, které zahrnují základní layout výrobní haly, kde se nachází montážní linka. Tento layout slouží jako výchozí zdroj pro vyznačení překládacích míst a určení tras transportu.

Na obrázku č. 11 je zachycen základní layout montážní linky, který bude konvertován do počítačového modelu. Pro stanovení časů transportu materiálu k jednotlivým stanovištím u linky budou využity informace z logistických systémů, jako jsou Logis a iTLS, které systematicky sbírají relevantní data o pohybu materiálu a logistických operacích (doba dodání materiálu na požadované místo). Tato data poskytnou důležité informace pro modelování procesů v rámci montážní linky.

Layout výrobní haly znázorňuje jednotlivá místa, která budou podrobně analyzována v průběhu studie. Důraz bude kladen na vyhodnocení efektivity a vytíženosti způsobu zásobování montážní linky materiálem. Tato analýza poskytuje nezbytné údaje pro optimalizaci logistických procesů a zajištění plynulého provozu montážní linky. Layout linky je nastíněn na obrázku 11, kde jednotlivé části představují:

1. Nádraží označené také jako stanoviště, představuje místo, kde probíhá nakládka a vykládka palet typu GLT.
2. První část trasy okolo montážní linky.
3. Druhá část trasy okolo montážní linky.
4. Přejezd, kde dochází k interakci mezi dopravní technikou a montážní linkou. V případě, že se na přejezdu nachází vozidlo ve výrobě, je průjezd dočasně zablokovan, dokud není přejezd opět uvolněn. Po uvolnění přejezdu je možné pokračovat s expedičními procesy na příslušné místo v rámci montážní linky.



Obrázek 11. Layout aktuálního stavu montážní linky [Vlastní zpracování]

Logistické zásobování montážních linek zahrnuje širokou škálu transportní techniky, která je nezbytná pro efektivní a plynulé dodávky materiálů potřebných pro montážní procesy. Pro specifický úsek montážní linky se aktuálně využívá pět elektrických tahačů, které jsou určeny pro sedícího řidiče. Tyto tahače, vybavené moderním technickým vybavením, představují pokročilý model logistických operací společnosti.

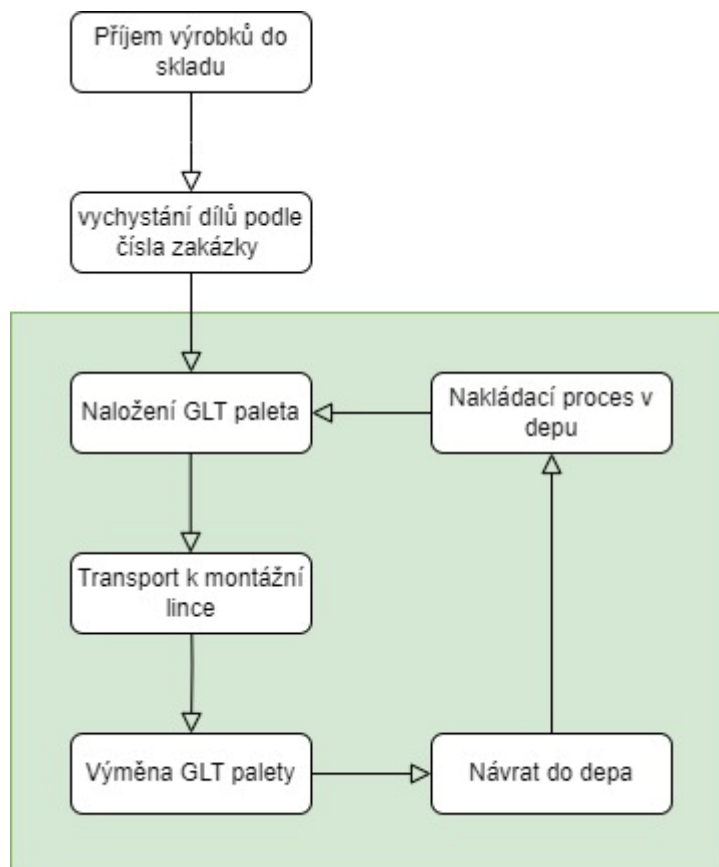


Obrázek 12. Tahač Still LTX 70 [Vlastní zpracování]

Každý z těchto tahačů Still LTX 70, detailně zobrazený na obrázku 12, je poháněn lithiumpiontovou baterií, která zajišťuje dostatečný energetický výkon pro jejich nepřetržitý provoz. [50]

Tento typ elektrického tahače využívá systém výměny baterií. Tahač přijede na stanici, kde probíhá nabíjení baterií. Na tomto místě obsluha tahače vyjme vybitou baterii, kterou umístí do nabíječky, a do tahače nainstaluje plně nabitou baterii. V závislosti na výrobním programu společnosti je tato logistická technika intenzivně využívána v třisměnném provozu. To znamená, že denně těchto pět elektrických tahačů obsluhuje celkem 15 logistických pracovníků, kteří jsou rozděleni do tří směn.

Předchozí část se věnovala popisu zavážení montážní linky. Nyní bude detailně rozebrán materiálový tok, přičemž bude představen jednoduchý logický princip tohoto procesu.



Obrázek 13. Materiálový tok [Vlastní zpracování]

V představeném materiálovém toku z obrázku 13 je detailně rozebrán princip logistického zavážení materiálu z úložiště k montážní lince. Samotný proces logistiky je řízen obsluhou na montážní lince, kde požadavek na materiál vzniká aktivací tlačítka umístěného přímo na lince. Tento požadavek je následně přenesen do interního logistického systému Logis, kde dochází k rezervaci požadovaného materiálu a přenosu objednávky do transportního systému iTLS.

Řidiči transportních vozíků obdrží objednávku na HDT terminál, kde si ji převezmou a čekají na naložení GLT palety. Po potvrzení objednávky řidičem transportního vozíku je pracovníkem skladu požadovaný materiál vychystán a naložen na transportní GLT paletu. Poté řidič potvrdí naložení a přepraví materiál na místo požadavku podle trasy zobrazené na obrázku č. 11.

Při doručení materiálu na místo požadavku dochází k výměně prázdné GLT palety za plnou, a řidič potvrdí správnost doručení. Nicméně, v bodě výměny materiálu vzniká problém. Současný materiál má větší rozměry, než předchozí, což ve spojení s úzkými transportními cestami v hale může způsobit zdržení v zavážecím procesu a negativně ovlivnit plynulost a

efektivitu zásobování montážní linky. Často dochází ke střetům mezi běžnou manipulační technikou, což způsobuje prodlevy v doručení materiálu.



Obrázek 14. GLT paleta – prázdná [Vlastní zpracování]

Na obrázku 14 je znázorněna GLT paleta vracející se z montážní linky. Oranžová konstrukce je speciálně navržena pro transport až čtyř palet za jedním tahačem.



## 6 POČÍTAČOVÝ MODEL SYSTÉMU ZÁSOBOVÁNÍ MONTÁŽNÍ LINKY

Pro detailní analýzu a zjištění pohybu manipulační techniky ze skladu k výrobní lince jsem vytvořil počítačový model, který přesně popisuje aktuální stav zavážení montážní linky. Výsledkem simulace aktuálního stavu bude prokázání procentuálního využití současného způsobu zavážení montážní linky, včetně vyčíslení režijních nákladů na obsluhu elektrických tahačů a nákladů na jejich pořízení.

Základem počítačové simulace při vytváření aktuálního modelu zásobování montážní linky bylo nezbytné řídit se pravidly a metodikami specifickými pro modelování.[51]

Rozdělení detailnosti modelu:

- Jeden prvek – koncepční modelování
  - Tento přístup se zaměřuje na obecný koncept a základní strukturu modelu.
- Více prvků se vzájemnou vazbou – detailní modelování
  - Tento typ modelování zahrnuje větší počet prvků, které jsou mezi sebou vzájemně propojeny. Umožňuje detailní analýzu interních vztahů mezi jednotlivými komponentami systému.
- Každá z prvků ve velkém detailu – modelování s maximální mírou detailnosti
  - Tento přístup klade důraz na maximální míru detailnosti každého prvku modelu. Umožňuje velmi detailní analýzu. [51]

Začalo se analýzou dat, která sloužila k dekompozici komplexního systému na jednodušší komponenty. Tento krok je klíčový pro vytvoření simulačního modelu, jehož cílem je co nejpřesněji reprodukovat chování reálného systému. [51]

Pro správný postup vytváření modelu je nezbytné vypracovat „Pojmový model“, který reprezentuje systém verbálně, schematicky nebo matematicky. Následuje tvorba simulačního modelu, který převádí konceptuální představy z pojmového modelu do virtuální podoby počítačového modelu. Bez důkladné analýzy a splnění základních kroků tvorby modelu není možné navrhnout adekvátní simulační model. [51]

Tento počítačový model byl vytvořen za použití specializovaného softwaru „Siemens Tecnomatix Plant Simulation, Version 2201.0012“. Tento software jsem zvolil, protože v jiných

testovaných softwarech (například Witness), byla následující omezení: grafické, schopnost simulace, bohatost simulačních komponentů, která neumožňovala v celé šíři splnit zadání práce.

Základy tvorby počítačového modelu vznikly na základě přesného rozvržení daného úseku linky, které poskytlo oddělení PF2-I společnosti ŠKODA AUTO a.s. Jednotlivé komponenty systému byly modelovány s přihlédnutím k informacím získaným ze zdrojových systému Logis a iTLS. Z těchto zdrojů byly extrahovány časy zaznamenání požadavků na zavezení nových palet a dobu, která uplynula od požadavku po samotné zavezení. Během procesu modelování byla stanovena podmínka, schválena oddělením PF2-I, že celková doba trvání cyklu nesmí přesáhnout 30 minut, jinak je považováno za nevyhovující. Výsledkem této práce je definice přesných pozic z rozvržení s využitím interních vstupů, které ovlivňují celý logistický proces.

Jednotlivá prostředí byla modelována jako samostatné jednotlivé objekty, které mají své specifické vlastnosti a vlastní kontrolu chování. Obrázek 15 uvádí část zdrojového kódu, který je popsán následně pod obrázkem.

```

1 // definice tracku
2 var track1: object :=straight21111
3 var track2: object :=curve26111
4 var track3: object :=curve41113111
5 var track4: object :=straight412111
6 var track5: object :=curve25111
7 var track6: object
8 var track7: object
9 var track8: object
10 var track9: object
11
12 // kontrola obsazenosti + cekani na volne
13
14 if @.istractor and (track1.occupied or track2.occupied or track3.occupied or track4.occupied or track5.occupied )
15   @.stopped := true
16
17   if @.originroot = .UserObjects.AGV_Material_PL0.AGV.AGV1200 or @.originroot = .UserObjects.AGV_Material_PL0.AGV.AGV1500UDS
18     AGVStats["cas jizdy",@]:=agvStats["cas jizdy",@]+.Models.Model.EventController.absstime - AGVStats["cas jizdy start",@]
19     AGVStats["cas blokace start",@] := EventController.absstime
20   end
21
22   waituntil track1.empty and track2.empty and track3.empty and track4.empty and track5.empty prio 1
23   @.stopped := false
24
25   if @.originroot = .UserObjects.AGV_Material_PL0.AGV.AGV1200 or @.originroot = .UserObjects.AGV_Material_PL0.AGV.AGV1500UDS
26     AGVStats["cas blokace",@]:=agvStats["cas blokace",@]+.Models.Model.EventController.absstime - AGVStats["cas blokace start",@]
27     AGVStats["cas jizdy start",@] := EventController.absstime
28   end
29
30
31 @.move
32 elseif @.istractor
33   @.move
34 end
35

```

Obrázek 15. Část zdrojového kódu – kontrola obsazenosti křižovatky [Vlastní zpracování]

- var trackx – Variabilní proměnné představující konkrétní dráhy.
- If @.istractor – Kontrola vlastností tahače, pokud je podmínka splněna, kód pokračuje, jinak se přeskakuje na další úsek.
- If @.originroot – Ověření zda prvek, který přijel na senzor, patří do rodiny „AGV1200 nebo AGV 1500“, pro tyto prvky následně proběhne statický zápis dat.

- Waituntil track1.empty – Část kódu deklarující vyčkávací proces, dokud všechny uvedené variabilní dráhy nejsou volné.
- @.move – Vynucený příkaz k pohybu tahače po splnění podmíněk.

	Čas		Číslo objednávky		Oblast
	06:43:01		657955023B		M-TAHAC-SLS_23
	06:45:33		654821111C		M-TAHAC-SLS_23
	06:47:34		6VA821111		M-TAHAC-SLS_23
	06:47:54		654823535		M-TAHAC-SLS_23

Obrázek 16. První část informací z logistického systému Logis [Vlastní zpracování]

Obrázek č. 16 zobrazuje první část obdržených informací ze systému Logis.

- Čas – Časový údaj, kdy operátor na lince zaslal požadavek na dovoz nové GLT palety.
- Číslo objednávky – Unikátní kód přiřazený každé objednávce v systému Logis.
- Oblast – Oblast, ze které bude závoz realizován.

	Název vozidla		Místo požadavku	Cílové místo	Místo spotřeby	Ulice
	TAHAC-23_03		23_NADRAZI-SLS	BDO_T-SLS	40.034	40
	TAHAC-23_01		23_NADRAZI-SLS	BDO_T-SLS	30.038	30
	TAHAC-23_02		23_NADRAZI-SLS	BDO_T-SLS	30.038	30
	TAHAC-23_02		23_NADRAZI-SLS	BDO_T-SLS	30.050	30

Obrázek 17. Druhá část informací z logistického systému Logis [Vlastní zpracování]

Obrázek č. 17 zobrazuje druhou část obdržených informací ze systému Logis.

- Název vozidla – Po potvrzení převzetí objednávky řidičem elektrického vozíku jsou údaje o vozidle přiřazeny k danému řidiči a propisují se do systému Logis.
- Místo požadavku – Oblast, ze které bude operátor elektrického tahače vyjíždět.
- Cílové místo – Oblast montážní linky, kam je potřeba zavést GLT paletu.
- Místo spotřeby – konkrétní místo doručení u montážní linky.
- Ulice – Konkrétní dráha u montážní linky.

Uvažovaný způsob zavážení je založen na principu odvolávky stisku tlačítka na montážní lince. Obsluha na lince vyvolá pomocí tlačítka požadavek na dovoz nové palety. Časy, kdy

si jednotlivá odběrná místa na montážní lince přivolají požadavek, jsou určeny ze zdrojových dat poskytnutých systémem Logis. Tyto časy nelze v této práci explicitně zmínit kvůli inter-nímu tajemství.

Během testování modelu byla zvolena následující podmínka: řidič elektrického vozíku se vydá každých 5 minut na dráhu bez ohledu na naložení svého vagónu, který může vést ma-ximálně 4 GLT palety. Po stisknutí tlačítka pro doplnění materiálu je požadavek přenesen do systému Logis a iTLS. Systém Logis zaregistruje objednávku a přidělí konkrétní čas ob-jednávky, následně přidělí každé objednávce jedinečné identifikační číslo, které je uvedeno ve sloupci „číslo objednávky“ na obrázku č 16. Následujícím krokem je přiřazení konkré-tního umístění na montážní lince podle rozdělení jednotlivých oblastí výrobní haly. V ná-sledujícím kroku je objednávka přiřazena konkrétnímu tahači, což je umožněno přijetím objednávky na HDT terminálu řidiče tahače. V závěrečné fázi jsou pak distribuovány in-formace o doručovacích instrukcích, specifikující přesné ulice a místa spotřeby kam má být objednávka doručena.

Níže uvedený obrázek č. 18 graficky znázorňuje centrální stanoviště, kde probíhá nakládka plných GLT palet a vykládka prázdných GLT palet. Toto stanoviště je dimenzováno pro obsluhu pěti vozíků.

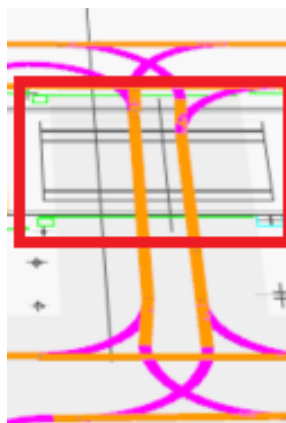


Obrázek 18. Centrální stanoviště elektrických tahačů [Vlastní zpracování]



Obrázek 19. Přejezd řízen závorami a světelnou signalizací [Vlastní zpracování]

Po opuštění z „centrálního stanoviště“ tahač přistupuje k první křižovatce, která je vizuálně zaznamenána na obrázku č.19. a následně modelově znázorněna na obrázku 20. V této fázi je zpracováván vstupní stav bez jakýchkoli omezení, v souladu s podmínkou, že doručení musí být dokončeno do 30 minut. V tomto okamžiku nejsou na vstupu uplatňována žádná omezení, neboť aktuální vstupní hodnoty jsou vyhodnocovány jako celek, což je podporováno daty získanými ze systému Logis a iTLS.



Obrázek 20. Přejezd z layoutu bod číslo 4 [Vlastní zpracování]

V modelové podobě je toto stanoviště zobrazováno ve formě, která je popsána následovně. Na příslušném obrázku jsou zřejmé dvě dráhy, které symbolizují obousměrný pohyb. Principem tohoto přejezdu je vzájemný kontakt transportního zařízení s výrobní linkou. Na výrobní lince se pohybují vozidla ve výrobě a v tomto bodě jsou transportována z jedné části montážní linky do druhé, kde probíhá jejich další zpracování.



Obrázek 21. Grafické znázornění drah elektrického tahače. [Vlastní zpracování]

Obrázek č.21 graficky zobrazuje trajektorie, jež značí aktuální dráhy elektrických vozíků v rámci prostoru výrobní linky. Jednotlivé trajektorie jsou identifikovány čísly 1 a 2. Přestože stávající model umožňuje obousměrný pohyb elektrických tahačů, zdůrazňuje se nutnost přehodnocení tohoto uspořádání vzhledem k rostoucím rozměrům transportovaného materiálu a zvýšenému důrazu na efektivitu logistického procesu. Je navrženo zavést jednosměrný.



Obrázek 22. Předávací stanoviště na lince [Vlastní zpracování]

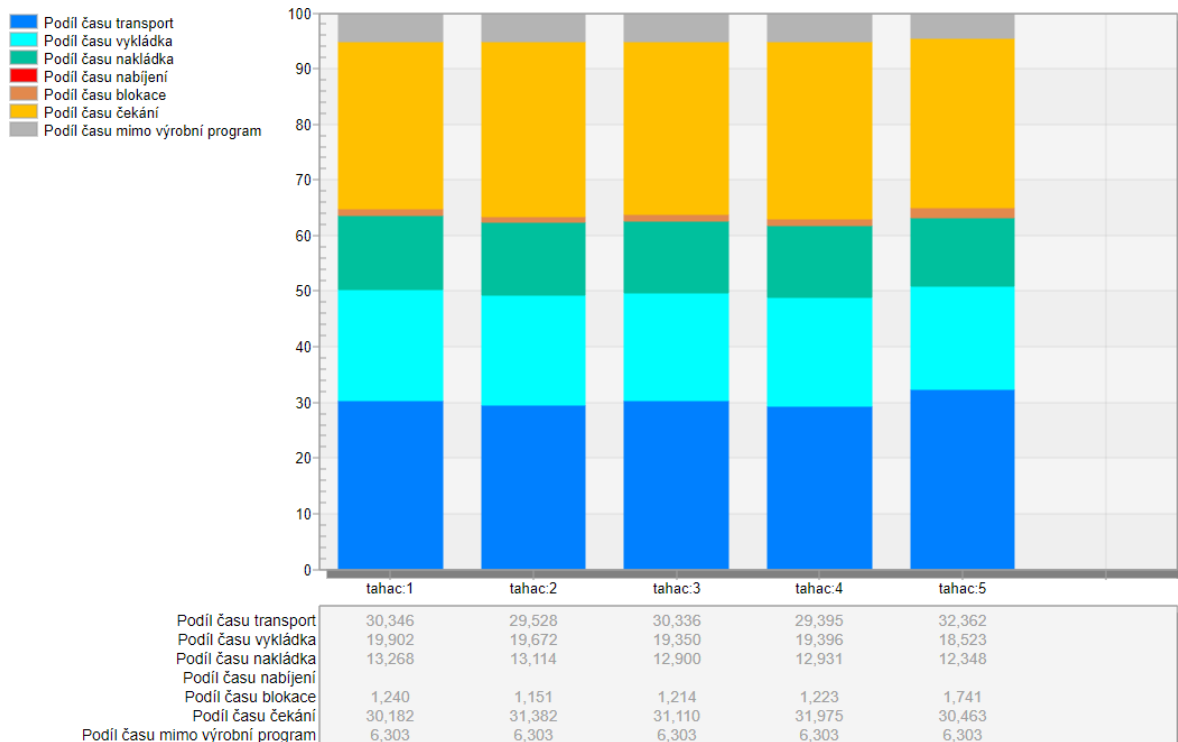
Na modelovém zobrazení obrázku č. 22 je zobrazeno jedno z předávacích stanovišť na montážní lince, označené číslem 1. Toto stanoviště slouží k manipulaci s materiálem a logistickými operacemi prováděnými pomocí operátora transportního vozíku. Po příjezdu operátora

s transportním vozíkem na toto stanoviště dochází k zastavení a vyčkávání na příslušnou operaci. Nejprve je uvolněno místo pro manipulaci s novou GLT paletou, to probíhá naložením prázdné GLT palety. Následně je na uvolněné místo umístěna nová GLT paleta. Po dokončení tohoto procesu operátor potvrdí úspěšné dodání objednávky v HDT terminálu, který komunikuje s logistickými systémy Logis a iTLS, tím je objednávka vyřízena a uzavřena.

### 6.1 Výsledky simulace stávajícího stavu

Výsledný diagram, uvedený na obrázku č. 23, prezentuje jednotlivé časové intervaly v procentuálním rozložení od přijetí objednávky až po její doručení na místo určení. Během tvorby simulace byla zvolena délka simulačního času 5 dnů, což je 15 směnný provoz a koreluje to s reálným průběhem závozu montážní linky během celého týdne. Grafické výsledky vyjadřují procentuální vytížení z dané simulace, které reprezentuje standardní pracovní týden.

Z druhého pohledu diagram odhaluje významné prodlevy, jako je „podíl času blokace“, „podíl času čekání“ a „podíl času mimo výrobní program“. Tato nevyužitá časová okna představují oblasti s rezervami, což ukazuje, že současný model zavážení vykazuje nedostatky v efektivitě, detail dosažených výsledků je zachycen na obrázku 23.



Obrázek 23. Procentuální vytížení jednotlivých tahačů [Vlastní zpracování]

V tabulce 7 jsou uvedeny výsledné hodnoty z analýzy aktuálního stavu zavážení montážní linky.

Tabulka 7. Procentuální vyjádření z obrázku 23 [Vlastní zpracování]

	Vytížení (%)	Možnost rozšíření využití (%)
Tahač 1	63,516	37,725
Tahač 2	62,314	38,836
Tahač 3	62,586	38,627
Tahač 4	61,722	39,501
Tahač 5	63,233	38,507

### 6.1.1 Finanční náklady – personál

Za účelem zhodnocení výsledku je zapotřebí promítnout roční náklady na jednotlivého zaměstnance, který obsluhuje elektrický tahač včetně leasingové platby manuálně řízeného vozíku.

### 6.1.2 Finanční náklady – elektrický tahač

V oblasti logistiky je využíváno pět elektrických tahačů, které jsou graficky znázorněny na obrázku 12 v kapitole „Popis zásobování montážních linek“.

Tabulka 8 detailně rozepisuje jednotlivé náklady spojené s pořízením těchto tahačů.

Tabulka 8. Náklady tahač Still LX 70 [Vlastní zpracování]

Náklady na elektrický tahač – 1 rok		
Počet tahačů	Měsíční splátka (leasing)	Roční splátka (leasing)
1	10 000 Kč	120 000 Kč
5	50 000 Kč	600 000 Kč
Náklady na elektrický tahač – 5 let		



Počet tahačů	Finanční vyhodnocení po 1 roku	Finanční vyhodnocení po 5 letech
5	600 000 Kč	3 000 000 Kč

Z Tabulky 8 je zřejmé, že celkové náklady na pořízení pěti tahačů značky Still činí 3 000 000 Kč za období pěti let.

Současný model zahrnuje pět elektrických tahačů a pět řidičů na jednu pracovní směnu. Výroba ve společnosti ŠKODA AUTO probíhá 24 hodin v pětidenním pracovním režimu.

Pro pokrytí jednoho pracovního dne jsou zapotřebí tři zaměstnanci na jeden elektrický tahač Still LX 70. To znamená, že pro zajištění provozu během jednoho pracovního týdne je zapotřebí celkem 15 zaměstnanců.

Tabulka 9 Náklady řidič elektrického tahače [Vlastní zpracování]

Personální náklady - 1 Rok		
Počet zaměstnanců	Měsíční plat	Roční plat
1	91666,67Kč	1 100 000 Kč
15	13 750 000 Kč	16 500 000 Kč
Personální náklady – 5 let		
Počet zaměstnanců	Finanční vyhodnocení po 1 roku	Finanční vyhodnocení po 5 letech
1	1 100 000 Kč	5 500 000 Kč
15	16 500 000 Kč	82 500 000 Kč

Tabulka 9 znázorňuje vypočítané náklady spojené se zaměstnancem, včetně odvodů zaměstnavatele. Tyto odvody obvykle činí 35 % z hrubé mzdy zaměstnance. [29]

### 6.1.3 Vyhodnocení finančních nákladů

Finanční vyčíslení celkových nákladů spojených s aktuálnímu způsobem zavážení montážní linky.

Tabulka 10 Náklady řidič elektrického tahače [Vlastní zpracování]

Součet nákladů – 5 let		
Počet zaměstnanců	Roční plat	Roční plat
1	1 100 000 Kč	5 500 000 Kč
15	16 500 000 Kč	82 500 000 Kč
Počet tahačů	Finanční vyhodnocení po 1 roku	Finanční vyhodnocení po 5 letech
1	120 000 Kč	600 000 Kč
5	600 000 Kč	3 000 000 Kč
Celkový součet nákladů – 5 let		
Zaměstnanec	15	82 500 000 Kč
Tahač	5	3 000 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>85 500 000 Kč</b>

Celkové provozní náklady v tabulce 10 během 5 let, při uvažování neměnné složky zaměstnanců se stálým platem po dobu 5 let, bez vlivu inflace a zvyšování mezd, činí 85 500 000 Kč. Tyto vypočítané náklady budou následně použity v závěru k porovnání s náklady na pořízení AGV technologie.

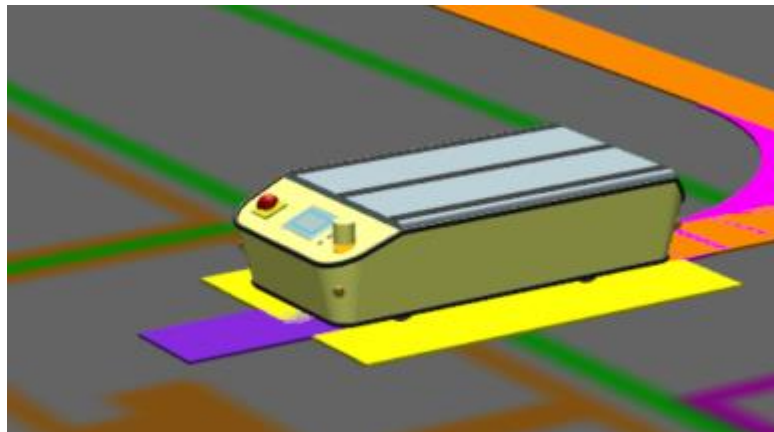
## 7 PLÁN SIMULAČNÍCH EXPERIMENTŮ

V této části bude realizována tvorba simulačních experimentů zaměřených na nahrazení stávajícího zavážecího procesu novým návrhem využívajícím technologii automaticky řízených vozidel (AGV). Cílem těchto experimentů je dosáhnout plné automatizace logistického procesu, což povede k optimalizaci efektivity a zvýšení celkové produktivity. Hlavním ukazatelem efektivity a produktivity bude úspora režijních nákladů a vyhodnocení celkového využití autonomní technologie v porovnání se současným způsobem zavážení montážní linky.

V rámci výše zmíněného hodnocení bude zvlášť kladen důraz na zajištění kontinuity zavážení montážní linky s ohledem na stav baterie AGV. Tento přístup je nezbytný k eliminaci rizika vybití baterie během transportu, které by mohlo způsobit zastavení AGV uprostřed trasy. Simulace bude probíhat celkem s jedenácti kusy AGV, přičemž deset AGV bude používáno na pět druhů materiálu (zadní skla, světla, AB sloupek, CD sloupek, čelní sklo) a jedno AGV na tři druhy materiálu (ABS, zpětné zrcátko, filtr). Experimenty budou mimo jiné zaměřeny na zkoumání kapacitního vytížení jedenáctého AGV, které bude analyzováno pro zavážení tří druhů materiálů. Výsledkem tohoto kroku bude analýza, zda jedno AGV zvládne zavážet požadované materiály a pokud ano, v jaké míře.

### 7.1 Návrh simulačních experimentů

V rámci simulační varianty byla implementována změna umístění nakládacích stanovišť montovaných dílů ve výrobní hale. Tato změna vycházela z výsledků jiné studie, která však není předmětem této analýzy. Úprava návrhu může přispět k optimalizaci přepravy materiálu na místa určení a zároveň k optimalizaci zpětného odvozu prázdných palet na jejich určená místa. Nově navržený model využívá technologii jedenácti automaticky řízených vozidel (AGV), navrhovaný typ AGV je ilustrován na obrázku 24.



Obrázek 24. AGV v simulaci (UDS 1200) [Vlastní zpracování]

Základní vlastnosti podjezdového AGV byly převzaty od největšího dodavatele této techniky společnosti Asseco CEIT a.s., která je dominantním partnerem ve společnosti ŠKODA AUTO a.s. Pro účely simulace však nebyla použita maximální rychlost uváděná výrobcem, která činí 1,3 m/s. Místo toho byla zvolena rychlost na rovince 0,8 m/s a během zatáčení je zvolená rychlost 0,35 m/s, reflektující aktuální provozní podmínky a data poskytnuta řídicím systémem CEIT. [52]

Tato korekce rychlosti byla nezbytná pro zajištění realistické simulace a přesné modelování logistických procesů. Dále v definici nastavení parametrů AGV1200 má parametr zrychlování hodnotu  $0,3 \text{ m/s}^2$  a brždění hodnotu  $0,5 \text{ m/s}^2$ . Obrázek 25 zobrazuje základní parametry modelovaného AGV v navrhované simulaci.

Navigate		View		Tools		Tabs		Help						
Name:	AGV1200	<input checked="" type="checkbox"/>	Number: 6	<input checked="" type="checkbox"/>	Stopped									
Label:		<input type="checkbox"/>	Failed			Planned								
Attributes		Load Bay		Routing		Failures		Controls		Battery		Product Status		
MU Size		Booking Point												
Length:	1.22 m	0.5	[0..1] (0.61 m)											
Width:	0.69 m	0.5	[0..1] (0.34 m)											
Height:	0.34 m	0	[0..1] (0.00 m)											
Speed:	0.35 m/s	<input type="checkbox"/> Backwards												
<input checked="" type="checkbox"/> Acceleration		Acceleration:	0.3 m/s <sup>2</sup>											
Current speed:	0 m/s	Deceleration:	0.5 m/s <sup>2</sup>											
<input checked="" type="checkbox"/> Is tractor														
Start delay duration:	Const	0												

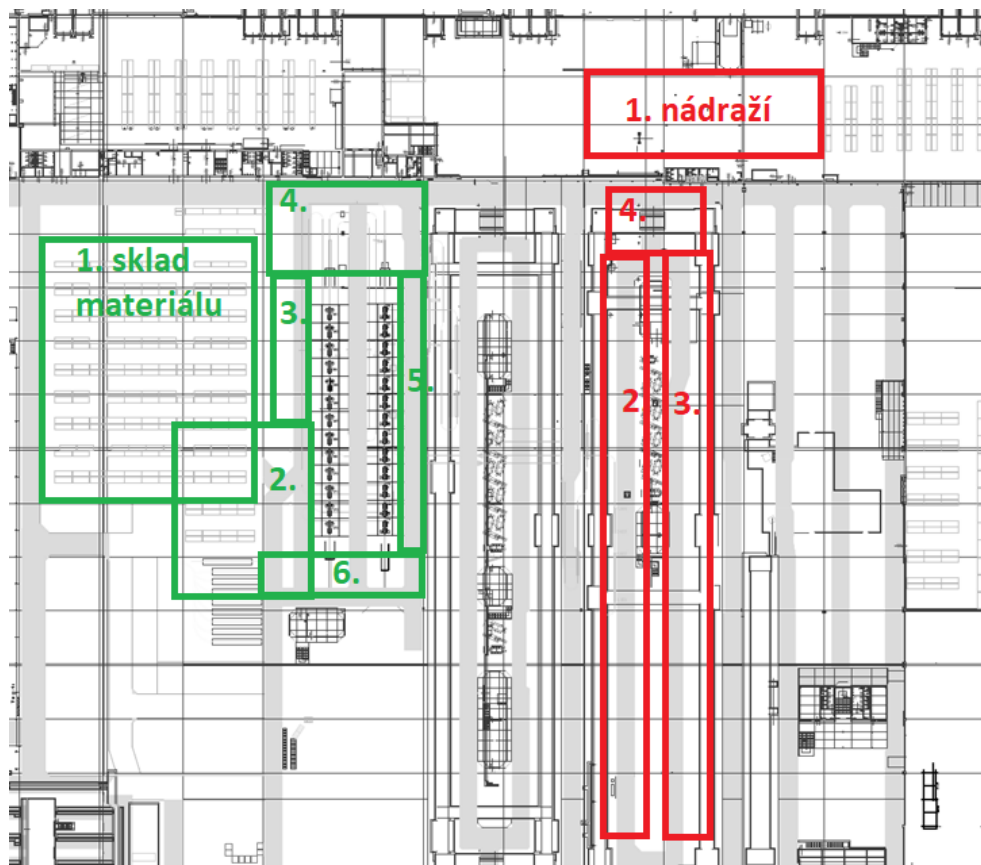
Obrázek 25. Popis parametrů UDS 1200 [Vlastní zpracování]

```
1 if @.originroot = .UserObjects.AGV_Material_PLO.AGV.tahac
2
3     @.speed := 1.5
4 elseif @.originroot = .UserObjects.AGV_Material_PLO.AGV
5     @.speed := 0.8
6 end
7
```

Obrázek 26. Omezení rychlosti na rovném úseku s podmínkou. [Vlastní zpracování]

Obrázek 26 zobrazuje část zdrojového kódu pro nastavení rychlosti podjezdového AGV, který je využíván v navrhované simulaci. Detailní popis kódu:

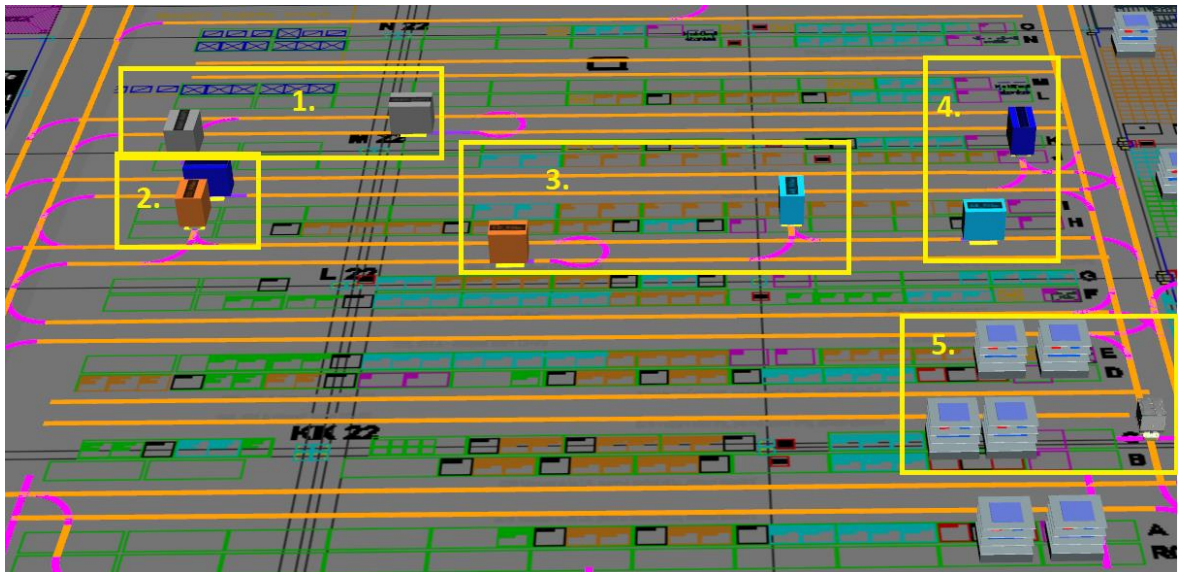
- If @.originroot – Podmínka kontroly, která ověřuje, zda objekt patří do rodiny tahačů. Pokud ano, nastaví následující parametry.
- 1-@.speed – První definice rychlosti; tento příkaz nastaví rychlost objektu na 1,5 m/s pokud je „@.originroot“ rovna „agv.tahac“.
- Elseif – Další podmínka, která se ověřuje, zda objekt patří do jiné rodiny, pokud není splněna podmínka patřičnosti k rodině tahačů. Pokud „jsi AGV a ne tahač“, je tato podmínka splněna.
- 2-@.speed – „jsi AGV“, nastaví se rychlost pohybu na 0,8 m/s.



Obrázek 27. Úprava původního layoutu o nové trasy s AGV [Vlastní zpracování]

Při navrhované optimalizaci zásobování montážní linky za využití technologie automaticky řízených vozidel (AGV) byla plánována změna umístění nakládacích stanovišť montovaných dílů v rámci výrobní haly. Přemístěním těchto stanovišť na nové lokace se očekává optimalizace procesu přípravy materiálu na transportní palety, které jsou následně dopravovány na příslušná místa určení, čímž minimalizujeme čas potřebný k přepravě materiálu. Jako další proměnnou vstupující do celkového navrhovaného modelu byl brán čas na jednotlivých křižovatkách, popřípadě v „kolizi“ s ostatní transportní technikou. Tento čas byl získán z řídicího systému aktuálně provozovaných AGV na montážní hale ve společnosti ŠKODA AUTO a byl zohledněn při návrhu samotného modelu.

Obrázek č. 27 znázorňuje aktuální stav zavážení (označený červeně) ve srovnání s nově navrženým uspořádáním (označený zeleně). Hlavní změny se týkají centralizace skladování materiálu blíže k montážní lince. Během návrhu nového způsobu transportu materiálu je navrženo přemístění několika druhů materiálu, které lze efektivně přemístit v rámci montážní linky a skladových prostor.



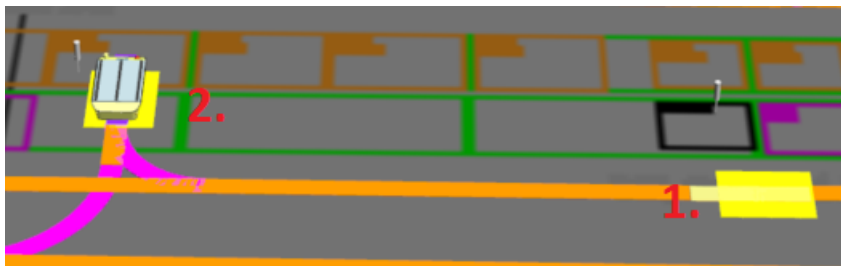
Obrázek 28. Návrh rozložení nových stanovišť [Vlastní zpracování]

Na obrázku 28 je každé nově navržené stanoviště je identifikováno číselným údajem, aby bylo jasné, na která místa se během simulace zaměříme v rámci skladování.

Cílem tohoto kroku je snaha o zkrácení přepravní trasy a eliminaci prodlevy v původním způsobu zavážení, zejména „podíl času blokace“ a „podíl času mimo výrobní program“, což je znázorněno na obrázku 23 v kapitole „Výsledky simulace stávajícího stavu“. V nově navrženém modelu je plánováno využití jedenácti AGV, jelikož je zde pět zavážecích stanovišť. Pro každé stanoviště jsou přidělena dvě AGV, aby bylo zajištěno nepřetržité zavážení materiálu, a to díky použití dvou podjezdových AGV na každé stanoviště.

V rámci skladové části dojede AGV na určené místo, kde složí prázdnou paletu a připraví se pod plnou paletu. V této pozici bude vyčkávat, dokud nebude požadavek z linky na závoz nového materiálu. Uvažovaný způsob zavážení je založen na stejném principu jako v původní variantě. Obsluha na lince vyvolá pomocí tlačítka na AGV požadavek na dovoz nové palety. Časy, kdy si jednotlivá stanice na montážní lince přivolají požadavek, jsou určeny ze zdrojových dat poskytnutých systémem Logis. Tyto časy nelze v této práci explicitně zmínit kvůli internímu tajemství. Během testování modelu jsou však využity časové hodnoty odvo-lávek obsluhy. V rámci simulovaného modelu je nastavený čas na konstantní hodnotu 8 minut pro stisknutí tlačítka, což slouží jako povel k zavezení nového materiálu. Dále je zajištěno, že pokud AGV provádí operaci, musí vyčkat 20 minut, než obsluha bude moci znovu požádat o zavážení materiálu. Po novém stisknutí tlačítka a vyslání požadavku na doplnění materiálu je tento požadavek přenesen do systému Logis, který následně komunikuje

s řídicím systémem, jenž řídí AGV. Po přijetí objednávky a naložení plných palet dochází k jejich transportu na cílová stanoviště na montážní lince.



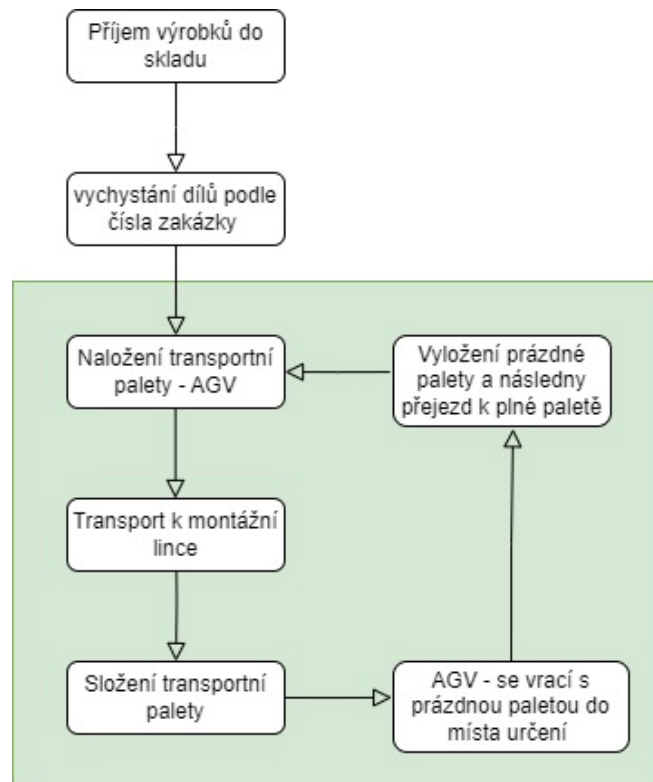
Obrázek 29. Stanoviště pro vykládku a nakládku palet [Vlastní zpracování]

Dalším klíčovým aspektem při plánování simulace byla otázka nabíjení autonomní technologie. Tento proces je realizován dvěma způsoby, jak je znázorněno na obrázku 29.

1. Prvním způsobem je nabíjení ve skladové části, kde AGV doručí prázdnou paletu a umístí ji na stanoviště č.1, jak je znázorněno na obrázku 29. Následně se AGV přesune na stanoviště č.2, kde podjede pod připravenou paletu. Během doby, kdy AGV čeká na žádost z montážní linky, probíhá nabíjení autonomní technologie. Tento postup zajišťuje, že AGV jsou připravena na další úkoly s dostatečnou kapacitou baterie, což optimalizuje jejich provozní efektivitu.
2. Druhou alternativou je nabíjení během čekání u montážní linky. Dokud není přijata žádost o odvolávku, AGV zůstává v klidové pozici, během které dochází k opětovnému nabíjení baterie.

Navazujícím tématem, které bylo potřeba zvážit, byla změna materiálového toku. Výsledkem navrhovaného modelu je zachování hlavního principu materiálového toku.





Obrázek 30. Materiálový tok s využitím AGV technologie [Vlastní zpracování]

Materiálový tok z obrázku 30, zůstal bez výrazné změny. Hlavní změna proběhla v rozmístění stanovišť na montážní lince, která byla implementována v rámci optimalizačního návrhu přesunu materiálu do nového skladového prostoru. V rámci simulačního experimentu bylo navrženo strategické přemístění stanovišť, přičemž každé stanoviště bylo přizpůsobeno specifickým požadavkům různých typů transportovaných materiálů. Tato stanoviště jsou detailně zobrazena na obrázku č. 31. Testování navrženého modelu bude probíhat v souvislosti s úpravou zavážení materiálu na jednotlivá stanoviště, případně s omezujícími podmínkami pro dané materiály.



Obrázek 31. Grafické zobrazení nových stanovišť na montážní lince [Vlastní zpracování]

### 7.1.1 Finanční náklady – AGV technika

Pro pořízení AGV techniky se počítá s vyššími počátečními náklady. V tomto ohledu je to vždy spojeno s nákupem nové technologie a následnou implementací na určené místo. V neposlední řadě AGV technologie potřebuje vybudovat IT infrastrukturu. Cenový rozptyl spojený s využitím AGV technologie je uveden v tabulce 11.

Tabulka 11. Náklady na pořízení AGV technologie [Vlastní zpracování]

Náklady na AGV – 1 rok		
Počet AGV	Měsíční splátka (leasing)	Roční splátka (leasing)
1	35 000 Kč	420 000 Kč
11	385 000 Kč	4 620 000 Kč

Náklady na AGV – 5 let		
Počet AGV	Finanční vyhodnocení po 1 roku	Finanční vyhodnocení po 5 letech
1	420 000 Kč	2 100 000 Kč
11	4 620 000 Kč	23 100 000 Kč
Implementační náklady během prvního roku		9 600 000 Kč
Celkem investice – 5 let		<b>32 700 000 Kč</b>

Velmi rozšířený způsob pořízení autonomní technologie je leasing. Tento model zahrnuje jednotnou cenu, která se skládá z částky za autonomní vozík a následných servisních nákladů na případné opravy.

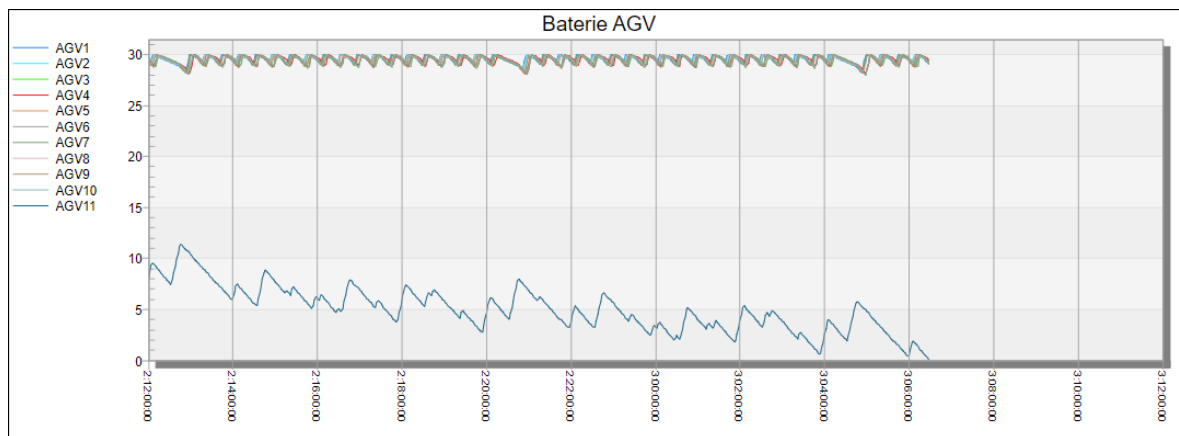
## 7.2 Výsledky simulačních experimentů

Hlavním cílem této diplomové práce je navržení nového modelu zavážení montážních linek. V souladu s tímto zadáním byl navrhnout nový počítačový model za účelem analýzy částí, které lze optimalizovat, aby montážní linka byla stále zásobována v požadovaném čase. Pro tento účel byl vytvořen simulační plán, který je podrobněji popsán v kapitole „7.1 Návrh simulačních experimentů“. Hlavním přínosem této kapitoly je prokázání, že optimalizací skladování materiálu je možné celý proces zautomatizovat. Čímž lze zkrátit potřebné dojezdové dráhy za použití adekvátního počtu AGV techniky.

### 7.2.1 První varianta bez omezujících podmínek

V první variantě testování proběhne zavážení všech druhů materiálu bez jakýchkoli vstupních omezujících podmínek. Bude sledováno, zda je realizovatelné, aby jedenáct AGV vozíků zaváželo všech osm druhů materiálu.

Výsledky ukázaly, že zavážení všech požadovaných druhů materiálů k montážní lince pomocí jedenácti AGV není realizovatelný návrh; simulace byla neúspěšná. Při navrhovaném způsobu zavážení není možné montážní linku zásobovat po celý pracovní týden. Jak je patrné z obrázku č.32, dojde k vybití baterie po třech dnech a šesti hodinách. Tento scénář tedy nelze považovat za vyhovující.



Obrázek 32. AGV 11 (UDS) – stav baterie [Vlastní zpracování]

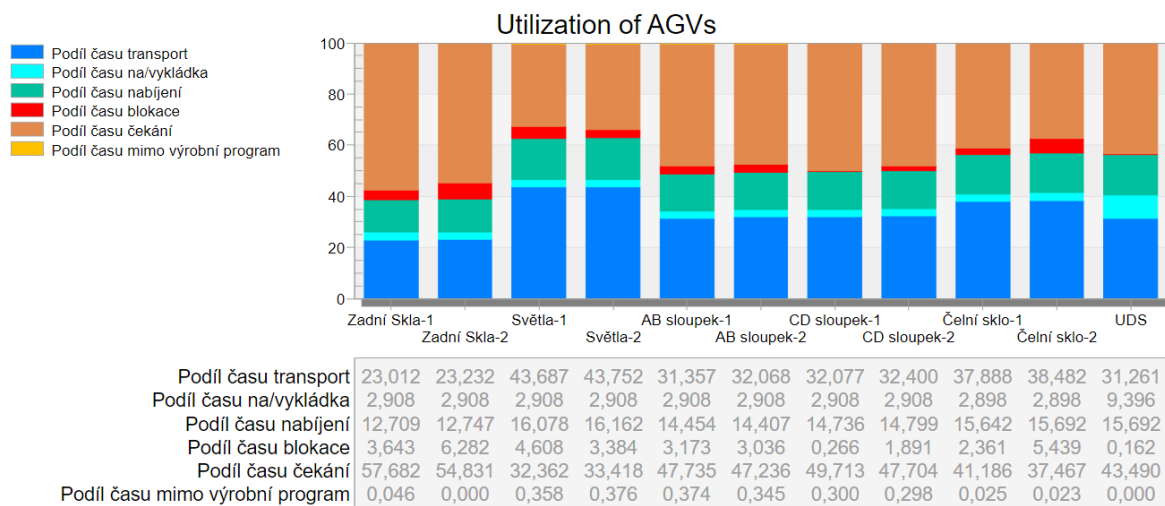
### 7.2.2 Druhá varianta zavážení bez ABS

Ve druhé navrhované variantě se zaměříme na testování návrhu zavážení s vynecháním jednoho druhu materiálu. Pro simulaci bylo rozhodnuto zcela vyloučit zavážení materiálu ABS a zkoumat, zda je tento model realizovatelný.

Výsledky druhé navrhované varianty jsou znázorněny na obrázku 33. Technologie AGV zvládne plnit požadované odvolávky z montážní linky. V porovnání s aktuálním způsobem zavážení však nedošlo ke zlepšení podílu času čekání.

Vstupní omezující podmínky se týkají poslední bloku s názvem „UDS“. Namísto plánovaných tří druhů materiálu (ABS, zpětné zrcátko a filtr) bude nyní zavážení probíhat pouze pro dva druhy, konkrétně filtr a zpětné zrcátko. Podle procentuálního vyjádření je zřejmé, že výsledek simulace je úspěšný a AGV může být použito pro tento typ zavážení.

Z obrázku 33 je patrné, že plánované využití autonomní technologie je realizovatelné při použití omezení pro jedenáct AGV (UDS). Z porovnání výsledků na obrázku č. 23 a obrázku č. 33 je zřejmé, že hodnota podílu času čekání je významná a lze ji využít ke zlepšení. Podíl čekání je neúměrně vysoký, v některých momentech a dosahuje více než 50 %, což v tomto případě nevede ke zvýšení efektivity.



Obrázek 33. UDS – zavážení bez ABS [Vlastní zpracování]

Tabulka 12. Výsledky simulačních experimentů – bez ABS [Vlastní zpracování]

UDS	Celkem (%)
Celkové využití	56,511
Možnost rozšíření využití	43,490

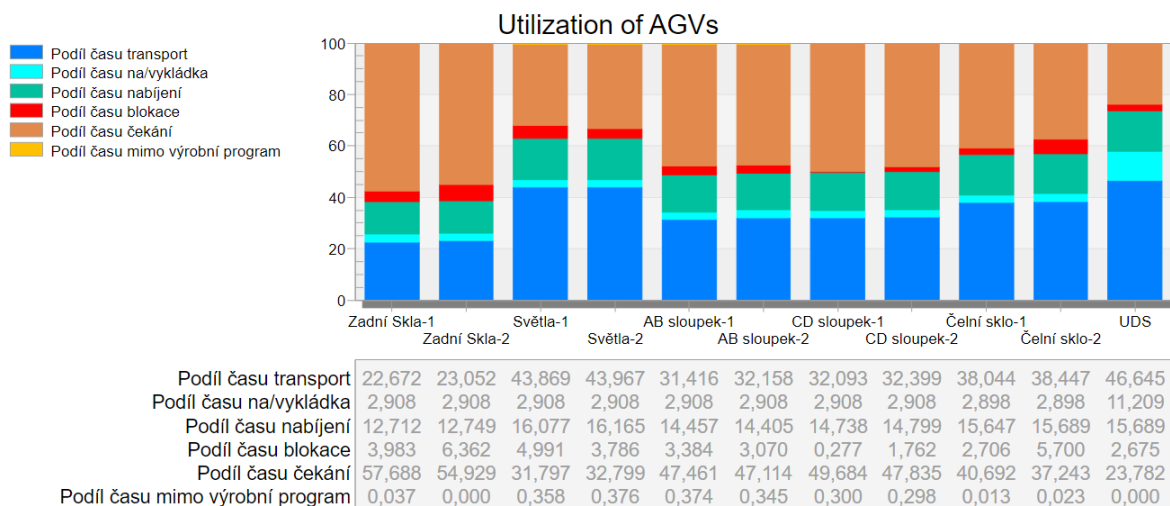
Tabulka 12 ilustruje procentuální vyhodnocení kapacitního využití zásobování bez materiálu ABS.

### 7.2.3 Třetí varianta zavážení ABS z 50%

Ve třetí navrhované variantě se zaměříme na testování návrhu zavážení všech druhů materiálu s procentuálním omezením konkrétně pro ABS, přičemž tento materiál bude zavážen pouze z 50 %. Takto navrhovaný model bude opětovně zkoumán, zda je realizovatelný.

Z obdržných výsledků druhé navrhované varianty je zřejmé, že pokud bude z procesu zavážení vyřazeno ABS, je simulace realizovatelná. V této variantě nedojde k vybití baterie, jak je vidět na obrázku č. 32. Navrhovaný model zavážení bez ABS je tedy realizovatelný.

V následujícím testování došlo ke změně vstupních podmínek. Aktuálně uvažovaný model jedenáctého AGV bude zavážet všechny druhy materiálu (ABS, filtr a zpětné zrcátko). Nicméně na vstupu bude opět aplikována podmínka, že zavážení ABS bude omezeno na 50 % požadavků. Grafické znázornění výsledných hodnot této třetí varianty je ilustrováno na obrázku 34.



Obrázek 34. UDS – zavážení 50 % ABS [Vlastní zpracování]

Tabulka 13. Výsledky simulačních experimentů – 50 % ABS [Vlastní zpracování]

UDS	Celkem (%)
Celkové využití	76,218
Možnost rozšíření využití	23,782

Tabulka 13 ilustruje procentuální vyhodnocení kapacitního využití zásobování s omezením kapacity zásobování materiálu ABS na 50 %.

Výsledkem třetího simulačního pokusu bylo zaměření na testování zavážení jedenáctého AGV (UDS) všech tří druhů materiálu s určitým omezením. V tomto případě jsem se rozhodl omezit zavážení ABS dílů na montážní linku na 50 % požadavků. Dle studie proveditelnosti je výsledek uspokojivý. Pokud se aplikuje omezení na počet zavážení, lze navrhovaný model vyhodnotit jako provozuschopný.

#### 7.2.4 Vyhodnocení a rizika navrhovaných simulací

Závěrem studie navrženého modelu je potřeba zhodnotit vnitřní a vnější faktory, které mohou upozornit na rizika spojená s využitím technologie AGV. Mezi silné stránky patří efektivita se sníženými náklady v porovnání s lidskou obsluhou elektrických vozíků. Dalším významným přínosem je možnost naprogramování opakujících se úkolů, což může eliminovat chyby. Hlavním přínosem je finanční stránka – při efektivním využívání AGV lze dosáhnout úspor nákladů na pracovní sílu. Navíc AGV technika může pracovat bez nutnosti přestávek, což umožňuje nepřetržitý provoz.

Mezi rizika spojená s využíváním AGV technologie patří vyšší počáteční investice a potřeba technických znalostí pro implementaci této technologie. Technologie AGV má také omezení v rychlosti ve srovnání s běžnou logistickou technikou obsluhovanou lidskou silou. Vyšší míra bezpečnostních opatření je nutná k minimalizaci rizika kolize s okolní technikou a poškození materiálu.

Na závěr této kapitoly je nezbytné zdůraznit, že vytvořená simulace potvrdila realizovatelnost navrhovaného počítačového modelu. V průběhu analýzy modelu bylo provedeno několik pokusů k ověření podmínek, za nichž lze tento model efektivně využít v praxi. Po potvrzení praktické využitelnosti modelu je klíčové zmínit další přidanou hodnotu, kterou představuje finanční úspora. Porovnáme-li náklady na zaměstnance s elektrickým tahačem po dobu pěti let s náklady na využívání moderní technologie AGV za stejnou dobu, je evidentní, že náklady spojené s využíváním autonomní technologie budou pouze třetinové. Tabulka 14 detailně podrobně znázorňuje porovnání finančních nákladů na provoz současného způsobu zásobování montážní linky s navrhovanou variantou využití AGV technologie.

Tabulka 14. Porovnání nákladů AGV vs elektrický vozík s operátorem [Vlastní zpracování]

Celkový součet nákladů – 5 let					
Zaměstnanec	15x	82 500 000 Kč	AGV	11x	23 100 000 Kč
Tahač	5x	3 000 000 Kč	Náklady na implementaci		9 600 000 Kč
<b>Celkem</b>		<b>85 500 000 Kč</b>			<b>32 700 000Kč</b>

Výsledky studie navrhovaného modelu ukazují, že třetí varianta zavážení, která pokrývá osm druhů materiálu, přičemž u posledního druhu je zavážení omezeno na 50 %, prokazatelně přináší vysoké finanční úspory ve srovnání s aktuálním stavem zavážení montážní linky. Výsledné hodnoty úspor jsou znázorněny v tabulce 14.

Navíc lze v této variantě provádět testování počtu AGV za účelem optimalizace zavážecích drah pro všech osm druhů materiálu.

## ZÁVĚR

Závěrem této diplomové práce je potřeba zhodnotit vnitřní a vnější faktory, které mohou ovlivnit efektivitu a rizika spojená s využitím technologie autonomních vozidel (AGV). Mezi silné stránky patří především efektivní zavážení a přesun materiálů ve srovnání s manuálním přemísťováním. Významným přínosem je také možnost naprogramování opakujících se úkolů, což vede k eliminaci chyb a zvýšení celkové spolehlivosti logistických procesů. Z finančního hlediska může efektivní využívání AGV techniky přinést značné úspory nákladů na pracovní sílu. Navíc, díky schopnosti AGV pracovat bez nutnosti přestávek, lze dosáhnout nepřetržitého provozu., což výrazně zvyšuje produktivitu.

Na druhé straně, mezi rizika spojená s implementací AGV technologií patří vyšší počáteční investice a nutnost technických znalostí pro její zavedení a údržbu. Omezená rychlost AGV ve srovnání s konvenčními logistickými prostředky může být dalším faktorem, který je třeba zvážit. Důležitou součástí zavádění AGV technologie jsou také zvýšená bezpečnostní opatření, která jsou nezbytná k minimalizaci rizika kolizí s okolní technikou a potenciálního poškození přepravovaného materiálu.

Výsledkem simulace aktuálního stavu bylo stanovení osnovy, která byla využita k získání důležitých vstupních dat. Analýzou bylo zjištěno procentuální vytížení jednotlivých elektrických tahačů, které jsou ovládány řidičem. Tento výsledek následně směřoval k navazující studii, a to vytvoření nového návrhu s využitím technologie AGV. Během vytváření studijního modelu bylo zapotřebí mít jasně deklarovaný cíl. Cílem byla analýza proveditelnosti a zda se dá navržený model za daných podmínek implementovat do výrobní haly v závodě Mladá Boleslav ve společnosti ŠKODA AUTO a.s.

Výsledky simulací a analýz provedených v této práci ukazují, že implementace AGV technologie v souvislosti s upravením skladování materiálu může výrazně přispět k optimalizaci logistických procesů. Modelování a simulace ukázaly, že zavedení autonomní technologie pro zavážení nových stanišť na montážní lince je nejen realizovatelné, ale také efektivní z hlediska nákladů a provozní efektivity, přičemž z kapitoly „výsledky simulačních experimentů“ je patrné, že se stále existuje prostor pro zvýšení využití autonomních vozíků. Tato studie poskytuje konkrétní doporučení pro optimalizaci zásobování montážních linek, za využití AGV technologie, čímž se zvyšuje celková váha navrhovaného počítačového modelu.

V neposlední řadě je třeba zmínit značné finanční úspory s využitím autonomní technologie, které mohou být pro firmu značné, pokud jsou využity za správných podmínek. Je



prokazatelné, že technologii AGV lze aplikovat pro optimalizaci zavážení, což vede k snížení režijních na personál.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] FRED. *The Past, Present and Future of AGVs* [online]. [cit. 2024-02-16].  
Dostupné z: <https://www.fredagv.com/blog/the-past-present-and-future-of-agvs>
- [2] Skála, Jan, *Využití autonomní manipulační techniky v automobilovém průmyslu*. Závěrečná práce. Vysoká škola ekonomická v Praze. Fakulta mezinárodních vztahů. Vedoucí práce Eva Křenková.  
Dostupné z: [https://vskp.vse.cz/85695\\_vyuziti-autonomni-manipulacni-techniky-v-automobilovem-prumyslu??page=32](https://vskp.vse.cz/85695_vyuziti-autonomni-manipulacni-techniky-v-automobilovem-prumyslu??page=32)
- [3] Automatic Guided Vehicle. *What is an Automatic Guided Vehicle*. [online] [cit. 2024-02-16]  
Dostupné z: <https://handling.com/guide/what-is-an-automatic-guided-vehicle/>
- [4] AGV – Servis Control. *Zákaznické autonomní vozíky* [online] [cit. 2024-02-20]  
Dostupné z: <https://www.serviscontrol.cz/#agv-family>
- [5] AGV – ControlTech. *Zákaznické autonomní vozíky (AGV a AMR)*. [online] [cit. 2024-02-20] Dostupné z: <https://www.controltech.cz/cz/sluzby/zakaznicke-autonomni-voziky-robosherpa-agv>
- [6] AGV vs. AMR. *Co znamenají zkratky AGV a AMR*. [online] [cit. 2024-02-16]  
Dostupné z: <https://mobile-industrial-robots.com/cs/blog/agv-vs-amr>
- [7] Servis Control. *Zákaznické autonomní vozíky (AGV a AMR)*. [online] [cit. 2024-02-20]  
Dostupné z: <https://www.serviscontrol.cz/>
- [8] Technické informace. *Technologie navádění, vlastní baterie lifepo4, průmyslové komponenty*. [online] [cit. 2024-02-20]  
Dostupné z: <https://www.serviscontrol.cz/technicke-informace>
- [9] Asseco CEIT. *Profil společnosti*. [online] [cit. 2024-02-22]  
Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/cz/o-nas-cz/profil-spolecnosti/>
- [10] Asseco CEIT. *Technologická řešení v automatizaci a logistice*. [online] [cit. 2024-02-22]  
Dostupné z: Technologická řešení v automatizaci a logistice | Asseco CEIT (asseco-ceit.com)
- [11] AGV systém. *AGV monitorovací a řídicí systém Twiserion fleet manager*. [online] [cit. 2024-02-22]  
Dostupné z: Twiserion Fleet Manager – Řídicí systém | Asseco CEIT (asseco-ceit.com)
- [12] Jungheinrich. *O nás*. [online] [cit. 2024-02-25]  
Dostupné z: O nás – pobočky, historie, kontakty | Jungheinrich
- [13] Jungheinrich autonomní vozíky. *Automatické vozíky*. [online] [cit. 2024-02-25]  
Dostupné z: Autonomní vozíky (AGV) | Jungheinrich

- [14] Jungheinrich WMS. *Systém řízení skladu Jungheinrich WMS*. [online] [cit. 2024-02-25]  
Dostupné z: Systém řízení skladu WMS | Jungheinrich
- [15] Jungheinrich. Autonomní vozíky. [online] [cit. 2024-02-25]  
Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky>
- [16] Lithium-iontové baterie. *Jungheinrich Li-Ion technologie*. [online] [2024-02-25]  
Dostupné z: Lithium-iontové baterie | Jungheinrich
- [17] Značka Still. *Známa značka a spolehlivý partner*. [online] [cit. 2024-03-02]  
Dostupné z: Značka STILL | STILL Česká republika
- [18] Automatizace. *Automatizace v intralogistice*. [online] [cit. 2024-03-02]  
Dostupné z: Automatizace v intralogistice | STILL Česká republika
- [19] iGo. *Individuální řešení automatizace dle vašich potřeb*. [online]  
[cit. 2024-03-02] Dostupné z: iGo systems | STILL Česká republika
- [20] Still AMR. Autonomous mobile robots (AMR). [online] [cit. 2024-03-02]  
Dostupné z: <https://www.still.de/en-DE/intralogistics-systems/automation-intralogistics/autonomous-mobile-robots.html>
- [21] Historie KVADOS. *Jak šel čas s KVADOSem*. [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://www.kvados.cz/o-spolecnosti/historie/>
- [22] KVADOS. *Oficiální stránky KVADOS*. [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://www.kvados.cz/>
- [23] myfaber. *Robotizace myfaber*. [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://myfaber.cz/>
- [24] Hik Robot. Hik Robot MR-F4-1000-C [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://myfaber.cz/produkt/hik-robot-mr-f4-1000-c/>
- [25] Forklift ZSM 460. *Vysokozdvíhací vozík s nosností až 2000 kg*. [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://myfaber.cz/produkt/agv-zsm-460/>
- [26] ek-robotics. *O společnosti ek-robotics*. [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://ek-robotics.com/cz/o-nas/spolecnost/>
- [27] Vozíky. Dopravní vozidla bez řidiče. [online] [cit. 2024-03-10]  
Dostupné z: <https://ek-robotics.com/cz/voziky/>
- [28] The AGV Landscape. *Exploring the many kinds of automated guided vehicles*. [online] [cit. 2024-03-15]  
Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/types-of-automated-guided-vehicles>

- [29] Kamler, Michael, 2023. *Možnosti využití Automated Guided Vehicles ve vybraném podniku*. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta logistiky a krizového řízení. Vedoucí práce Pavel Taraba.  
Dostupné z: [https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/53277/kamler\\_2023\\_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/53277/kamler_2023_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [30] Vidlicová AGV. *Snadno integrovatelné AGV, navržené pro optimalizaci v průmyslu*. [online] [2024-03-15]  
Dostupné z: Vidlicové AGV | Asseco CEIT ([asseco-ceit.com](http://asseco-ceit.com))
- [31] RoboMec. *Parametry nízko platformového vozíku*. [online] [cit. 2024-03-15]  
Dostupné z: RoboMec | ServisControl
- [32] AGV Tahače. *Tahací typ AGV představuje mobilní roboty určené k přepravě břemene*. [online] [cit. 2024-03-15]  
Dostupné z: AGV Tahače | Asseco CEIT ([asseco-ceit.com](http://asseco-ceit.com))
- [33] OMRON. *Zvýšená flexibilita, agilnost a sledovatelnost ve společnosti Normangrup díky mobilním robotům*. [online] [cit. 2024-03-15]  
Dostupné z: Zvýšená flexibilita, agilnost a sledovatelnost ve společnosti Normangrup díky mobilním robotům | OMRON, Česká republika
- [34] Isitec International. *Automaticky naváděné vozíky (AGV)*. [online] [cit. 2024-03-15]  
Dostupné z: Automaticky naváděný vozík (AGV) | Isitec International ([isitec-international.com](http://isitec-international.com))
- [35] ULLRICH, Günter, *Automated Guided Vehicle Systems*. 1. Berlin: Springer. ISBN 978-3-662-44813-7. [cit. 2024-03-18]
- [36] Günter Ulrich, Günter a Thomas Albrecht. *Fraunhofer-Institut für Materialfluss and Logistik (IML)*, 3. Voerde: Springer Fachmedien., 2019., ISBN 978-3-658-27471-9. [cit. 2024-03-18]
- [37] Huček, Jan, 2022. *Zhodnocení připravenosti podniku na Průmysl 4.0*. Bakalářská práce. Zápa- dočeská Univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. [cit. 2024-03-18]  
Dostupné z: [BP\\_Hucek\\_0.pdf \(zcu.cz\)](https://www.zcu.cz/attachment/1397/03/1527602150.pdf)
- [38] SENDLER, Ulrich *The Internet of Things: Industrie 4.0 unlesahed*. 2016: Springer Verlag ISBN 978-3-662-54903-2. [cit. 2024-03-18]
- [39] GILCHRIST, Alasdait. *The Industrial Internet of things*. 1. vydání, Thailand: 2016 [cit. 2023-03-18]  
Dostupné z: [https://www.shabakeh-mag.com/sites/default/files/files/atta- chment/1397/03/1527602150.pdf](https://www.shabakeh-mag.com/sites/default/files/files/attachment/1397/03/1527602150.pdf)

- [40] Fast charging. *Automatic fast charging of automated guided vehicles (AGVs)*. [online] [cit. 2024-03-20]  
Dostupné z: Automatic Fast Charging of Automated Guided Vehicles (AGVs) (azom.com)
- [41] AGV battery. *AGV battery charging systems comparison. What's the best?* [online] [cit. 2024-03-20]  
Dostupné z: AGV Battery Charging Systems Comparison. What's the best? (agvnetwork.com)
- [42] Logistika. *Automatizace v logistice z pohledu bezpečnosti*. [online] [cit. 2024-03-20]  
Dostupné z: <https://www.ncp40.cz/aktuality/automatizace-v-logistice-z-pohledu-bezpecnosti>
- [43] AMR, Still. *Autonomous mobile robots (AMR)*. [online] [cit. 2024-03-22]  
Dostupné z: Autonomous mobile robots (AMR) | STILL Germany
- [44] ŠKODA AUTO a.s. *Historie naší společnosti*. [online] [cit. 2024-04-20]  
Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/o-spolecnosti/historie>
- [45] Srpová, Eva, 2021. Zprávy.aktuálně: *Zastavení výroby ve Škodě až do konce roku by mohlo ohrozit českou ekonomiku*. [online] [cit. 2024-04-20]  
Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/auto/zastaveni-vyroby-ve-skode-az-do-konce-roku-by-bylo-pro-cesko/r~785bc19a2b6b11eca7d80cc47ab5f122/>
- [46] ŠKODA Storyboard. *Kde všude jsou ŠKODA AUTO doma*. [online] [cit. 2024-04-20]  
Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/modely-cs/kde-vsude-je-skoda-auto-doma/>
- [47] ŠKODA reporting 2023. *Finanční a nefinanční reporting 2023*. [online] [cit. 2024-04-20]  
Dostupné z: <https://reporting.skoda-auto.cz/>
- [48] ŠKODA modely. *Modely, přehled*. [online] [cit. 2024-04-20]  
Dostupné z: <https://www.skoda-auto.cz/modely/prehled>
- [49] ŠKODA storyboard. *Stále silnější značka ŠKODA v Indii*. [online] [cit. 2024-04-20]  
Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/stale-silnejsi-znacka-skoda-v-indii/>
- [50] Still LTX 70. *Elektrický tahač pro sedícího řidiče LTX 70*. [online] [cit. 2024-04-25]  
Dostupné z: <https://www.still.cz/voziky/nove-voziky/plosinove-voziky-a-tahace/ltx-70.html>
- [51] Fábry, *Počítačová simulace logistických procesů I.*, Výukové materiály, ŠAVŠ 2019. [cit. 2024-04-25]  
Dostupné z: 52 <https://nb.vse.cz/~fabry/PSLP1-PR02.pdf>
- [52] AMR UDS 1200 F. *Under run AMR with full 360° safety*. [online] [cit. 2024-04-25]  
Dostupné z: [https://www.asseco-ceit.com/wp-content/uploads/2022/07/Asseco\\_CEIT\\_AMR\\_1200F\\_EN.pdf](https://www.asseco-ceit.com/wp-content/uploads/2022/07/Asseco_CEIT_AMR_1200F_EN.pdf)

[53] AMR Jungheinrich. Autonomous Mobile Robots. [online][cit.2024-05-02]

Dostupné z: <https://www.jungheinrich.ie/systems/autonomous-mobile-robots-1121722>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AGM	Absorbent Glass Mat
AGV	Automated guided vehicles/ Automaticky řízené vozíky
AI	Umělá inteligence
Ah	Ampérhodina
AMR	Automatické mobilní roboty
CPS	kyberneticko-fyzikální systémy
ČR	Česká republika
EU	Evropská Unie
ICT	Informační a komunikační technologie
IoT	Internet věcí
IoTS	Internet věcí a služeb
LiDAR	Light Detection and Raiging
PLC	Programovatelný logický automat
SLA	Olovněná baterie (Sealed Lead Acid)
TPM	Transport manager
UDS	Underrun AGVs
UID	Identifikátor uživatele
V	Volt – jednotka elektrického napětí
VMS	Vehicle Managment Systém
VNA	Very Narrow Aisle
VRLA	Olovněná baterie s regulací ventilů

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1. Směr bezpečnostního pole ve směru motoru [15].....	22
Obrázek 2. Směr bezpečnostního pole – zatačení [15].....	22
Obrázek 3. Grafické znázornění sady pro automatizaci iGo [19].....	24
Obrázek 4. Znázornění zón AGV ek robotics s.r.o. [27].....	27
Obrázek 5. Boční zóny AGV [27].....	27
Obrázek 6. Nabíjecí stanice s AGV technologií. [27].....	28
Obrázek 7. Vidlicový AGV [30].....	30
Obrázek 8. Podjezdové AGV [31].....	31
Obrázek 9. Autonomní tahač CEIT [32].....	32
Obrázek 10. AGV přepravník Omron [33].....	33
Obrázek 11. Layout aktuálního stavu montážní linky [Vlastní zpracování].....	37
Obrázek 12. Tahač Still LTX 70 [Vlastní zpracování].....	38
Obrázek 13. Materiálový tok [Vlastní zpracování].....	39
Obrázek 14. GLT paleta – prázdná [Vlastní zpracování].....	40
Obrázek 15. Část zdrojového kódu – kontrola obsazenosti křižovatky [Vlastní zpracování].....	42
Obrázek 16. První část informací z logistického systému Logis [Vlastní zpracování] .....	43
Obrázek 17. Druhá část informací z logistického systému Logis [Vlastní zpracování] .....	43
Obrázek 18. Centrální stanoviště elektrických tahačů [Vlastní zpracování].....	44
Obrázek 19. Přejezd řízen závorami a světelnou signalizací [Vlastní zpracování]....	45
Obrázek 20. Přejezd z layoutu bod číslo 4 [Vlastní zpracování].....	45
Obrázek 21. Grafické znázornění drah elektrického tahače. [Vlastní zpracování]....	46
Obrázek 22. Předávací stanoviště na lince [Vlastní zpracování].....	46
Obrázek 23. Procentuální vytížení jednotlivých tahačů [Vlastní zpracování].....	47
Obrázek 24. AGV v simulaci (UDS 1200) [Vlastní zpracování].....	52
Obrázek 25. Popis parametrů UDS 1200 [Vlastní zpracování].....	52
Obrázek 26. Omezení rychlosti na rovném úseku s podmínkou. [Vlastní zpracování] .....	53
Obrázek 27. Úprava původního layoutu o nové trasy s AGV [Vlastní zpracování] ..	54
Obrázek 28. Návrh rozložení nových stanovišť [Vlastní zpracování].....	55



---

Obrázek 29. Stanoviště pro vykládku a nakládku palet [Vlastní zpracování] .....	56
Obrázek 30. Materiálový tok s využitím AGV technologie [Vlastní zpracování] .....	57
Obrázek 31. Grafické zobrazení nových stanovišť na montážní lince [Vlastní zpracování] .....	58
Obrázek 36. AGV 11 (UDS) – stav baterie [Vlastní zpracování] .....	60
Obrázek 37. UDS – zavážení bez ABS [Vlastní zpracování] .....	61
Obrázek 38. UDS – zavážení 50 % ABS [Vlastní zpracování] .....	62

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1. Nabídka AGV Servis Control s.r.o. [Vlastní zpracování] .....	19
Tabulka 2. Nabídka AGV Asseco CEIT, a.s. [Vlastní zpracování].....	20
Tabulka 3. nabídka AGV Jungheinrich [Vlastní zpracování].....	21
Tabulka 4. Nabídka AGV STILL [Vlastní zpracování] .....	23
Tabulka 5. Nabídka AGV Kvados, a.s. [Vlastní zpracování].....	25
Tabulka 6. Nabídka AGV ek robotics s.r.o. [Vlastní zpracování].....	26
Tabulka 7. Procentuální vyjádření z obrázku 23 [Vlastní zpracování].....	48
Tabulka 8. Náklady tahač Still LX 70 [Vlastní zpracování].....	48
Tabulka 9 Náklady řidič elektrického tahače [Vlastní zpracování].....	49
Tabulka 10 Náklady řidič elektrického tahače [Vlastní zpracování].....	50
Tabulka 11. Náklady na pořízení AGV technologie [Vlastní zpracování].....	58
Tabulka 12. Výsledky simulačních experimentů – bez ABS [Vlastní zpracování]....	61
Tabulka 13. Výsledky simulačních experimentů – 50 % ABS [Vlastní zpracování].	62
Tabulka 14. Porovnání nákladů AGV vs elektrický vozík s operátorem [Vlastní zpracování] .....	63

## SEZNAM PŘÍLOH

**PŘÍLOHA P I: NÁZEV PŘÍLOHY**