

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Návrh zásobování pracovišť pomocí
AGV**

(Diplomová práce)



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

studentka	Bc. Eliška Hrbková
studijní program	Logistika
obor	Logistika

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

Název tématu: **Návrh zásobování pracovišť pomocí AGV**

Cíl práce:

Zpracovat propočty AGV soupravy a s jejich pomocí stanovit parametry pro její provoz.

Zásady pro vypracování:

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

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Teoretická východiska související s tématem
2. Analýza současného stavu v oblasti AGV systému
3. Vypracování návrhu zásobování pracovišť s využitím AGV systému
4. Výběr vhodného typu AGV vozidla

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

BOSSSEL, H. Modeling and Simulation. Wellesley: A K Peters, 1994. 132 s. ISBN 978-3-663-10823-8.

WARDLAW, I. F. a J. B. PASSIOURA. Transport and Transfer Processes in Plants. London: Academic Press. 1975. 386 s. ISBN 0-12-734850-6.

WENZEL, S. a T. PETER. Simulation in Produktion und Logistik 2017. Kassel: Kassel university press, 2017. 517 s. ISBN 978-3-7376-0192-1.

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.

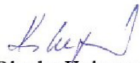
Datum zadání diplomové práce:

30. 10. 2020

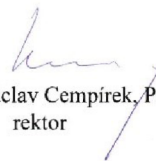
Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020



Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

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

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

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

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

V Přerově, dne 16. 8. 2021



.....
podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala vedoucímu své práce, panu prof. Ing. Gabrielu Fedorkovi, PhD., za odborné vedení, vstřícnost při konzultacích a cenné rady v průběhu zpracování této práce.

Anotace

Diplomová práce se zabývá návrhem zásobování pracovišť pomocí AGV. V první části práce jsou vysvětleny teoretické pojmy týkající se automaticky řízených vozidel. Především historie a vývoj, typy AGV vozidel a možnosti jejich navigace. Druhá část je zaměřena na analýzu současného stavu v oblasti AGV systému. Popisuje tedy aktuální situaci na globálním trhu s automatizovanými vozidly, a prognózu dalšího vývoje v letech 2021 až 2028. Ve třetí části diplomové práce je vytvořen návrh zásobování pracovišť s využitím AGV vozidel. Poslední částí práce je za pomoci multikriteriální analýzy zpracován výběr nejvhodnějšího vozidla.

Klíčová slova

AGV, intralogistika, analýza, zásobování, návrh, multikriteriální analýza

Annotation

The diploma thesis deals with the design of workplace supply using AGV. The first part of the thesis explains the theoretical concepts related to automatically controlled vehicles. Especially the history and development, types of AGV vehicles and the possibilities of their navigation. The second part is focused on the analysis of the current state in the field of AGV system. It therefore describes the current situation in the global automated vehicle market, and the forecast of further development in the years 2021 to 2028. In the third part of the diploma thesis, a proposal for the supply of workplaces using AGV vehicles is created. In the last part of the work, the selection of the most suitable vehicle is processed with the help of multicriteria analysis.

Keywords

AGV, intralogistics, analysis, supply, design, multicriteria analysis

Obsah

Úvod.....	9
1 Teoretická východiska související s tématem	10
1.1 Automaticky řízená vozidla (AGV – automated guided vehicle).....	10
1.2 Historie AGV vozidel	11
1.2.1 První éra vozidel AGV (1953 – 1970).....	11
1.2.2 Druhá éra vozidel AGV (1970 – 1990)	13
1.2.3 Třetí éra vozidel AGV (1990 – 2010).....	14
1.2.4 Čtvrtá éra vozidel AGV (2010 - současnost)	14
1.3 Oblasti využití a výhody vozidel AGV	14
1.4 Typy AGV vozidel	16
1.4.1 Vysokozdvížené AGV vozíky.....	16
1.4.2 Plošinové AGV vozíky.....	18
1.4.3 Tažná AGV vozidla	18
1.4.4 Podjezdová AGV vozidla.....	19
1.4.5 Montážní AGV vozidla	20
1.4.6 AGV vozidla pro těžký náklad	21
1.4.7 Ostatní typy AGV vozidel.....	22
1.5 Navigace AGV vozidel	23
1.5.1 Optická navigace.....	24
1.5.2 Magnetická navigace	24
1.5.3 Indukční navigace	25
1.5.4 Laserová navigace.....	26
1.5.5 Navigace GPS (Global Positioning System).....	27
1.5.6 Multinavigace	28
1.5.7 Přirozená navigace	28

1.6	Napájení AGV vozidel	28
1.7	Bezpečnost	29
2	Analýza současného stavu v oblasti AGV systému	30
2.1	Prognóza vývoje trhu v letech 2021 – 2028	30
2.1.1	Segmenty trhu	31
2.1.2	Shrnutí	34
2.2	Hlavní odvětví využívající vozidla AGV	35
2.2.1	Oblast logistiky	36
2.2.2	Oblast průmyslu	37
2.3	Vybrané výrobní společnosti AGV systémů	40
2.3.1	LINDE MATERIAL HANDLING	41
2.3.2	JUNGHEINRICH	45
2.3.3	STILL	48
2.3.4	Srovnání automatizovaných tahačů dle technických parametrů	51
3	Vypracování návrhu zásobování pracovišť s využitím AGV systému	53
3.1	Grafický návrh výrobní haly a zásobovacích tras	54
3.2	Trasa AGV vozidla č. 1	55
3.3	Trasa AGV vozidla č. 2	59
3.4	Shrnutí	62
4	Výběr vhodného typu AGV vozidla	64
	Závěr	67
	Seznam zdrojů	68
	Seznam zkratk	73
	Seznam grafických objektů	74

Úvod

Aktuálním trendem v oblasti průmyslu a intralogistiky je snaha o automatizaci procesů. Využívání automatizační techniky, tedy i AGV systémů výrazně šetří lidské zdroje, snižuje chybovost a nehodovost, zefektivňuje výrobní a logistické procesy, šetří čas a také výdaje. Proto už jejich využívání není jen doménou velkých firem, ale stále častěji jsou implementovány i do menších podniků.

Cílem této diplomové práce je návrh zásobování pracovišť pomocí AGV a dále zpracování propočtů AGV soupravy a s jejich pomocí stanovení parametrů pro její provoz.

Diplomová práce je rozdělena na čtyři části. V první části práce jsou vysvětleny teoretické pojmy týkající se automaticky řízených vozidel. Je zde popsána historie a vývoj, typy AGV vozidel, možnosti jejich napájení a druhy navigačních systémů

Druhá část je zaměřena na analýzu současného stavu v oblasti AGV systému. Popisuje tedy aktuální situaci na globálním trhu s automatizovanými vozidly, a prognózu dalšího vývoje v letech 2021 až 2028. Dále jsou zde představeny tři významné evropské společnosti zabývající se AGV systémy a také analýza technických parametrů jejich tažných AGV vozidel.

Ve třetí části diplomové práce je nejprve zpracován grafický návrh zásobovaného pracoviště se zaznačenými trasami pro AGV vozidla. Poté byly vytvořeny tabulky se vzdáleností jednotlivých tras a počtem zastávek. Dále kapitola obsahuje výpočty celkového času jednotlivých dodávek jedním vozidlem a následně počet dodávek za hodinu pro jedno AGV vozidlo.

V poslední části práce je za pomoci multikriteriální analýzy zpracován výběr nejvhodnějšího vozidla pro zásobování tras dle zadání.

Při zpracování této diplomové práce byly čerpány informace především z odborné literatury a z elektronických zdrojů.

1 Teoretická východiska související s tématem

První část diplomové práce se zabývá pojmy o automaticky řízených vozidlech jako je jejich definice, historie a vývoj, dělení dle typů těchto vozidel, způsob navigace apod.

1.1 Automaticky řízená vozidla (AGV – automated guided vehicle)

Automated guided vehicle neboli AGV je automaticky řízené dopravní zařízení, které se dokáže pohybovat podle značek nebo vodičů umístěných v podlaze, případně používá laser ke sledování optických symbolů. Tato zařízení nevyžadují k řízení člověka. V současné době zaznamenávají AGV výrazný vzestup, protože usnadňují manipulaci s materiálem, zvyšují efektivitu a snižují náklady na lidskou obsluhu v logistice. Nejčastěji jsou využívány v podnicích s vysokým objemem produkce, kde se manipuluje s velkým množstvím materiálu ve výrobních halách nebo skladech (např. v automobilovém průmyslu). [1]

Automaticky řízených vozíků existuje mnoho typů podle úkonů, které mají vykonávat, např.: vysokozdvížné, plošinové, montážní, tažné atd.)

Počítačem řízená na kolech jedoucí vozidla s automatickým vedením (AGV), jsou určena k převážení nákladu a fungují bez palubního operátora nebo řidiče. Jejich pohyb je řízen kombinací softwaru a naváděcích systémů založených na senzorech. Protože se pohybují po předvídatelné dráze s přesně řízeným zrychlením i zpomalením a jsou vybaveny automatickými nárazníky pro detekci překážek, poskytují AGV bezpečný pohyb nákladu. Typické aplikace AGV zahrnují přepravu surovin, nedokončené výroby a hotových výrobků na podporu výrobních linek a skladování nebo jiné pohyby na podporu vychystávání ve skladovacích a distribučních centrech. [2]

„Automatická naváděcí vozidla (AGV), která se někdy nazývají samoprovozní vozidla nebo autonomní naváděná vozidla, jsou systémy pro manipulaci s materiálem nebo nosiče nákladu, které samostatně cestují po skladu, distribučním středisku nebo výrobním zařízení bez palubního operátora nebo řidiče.“ [2]

AGV mají v průmyslu poměrně široké využití. Vzhledem k tomu, že jsou bezpilotní, tak mohou být v provozu každý den, 24 hodin denně. Zajišťují automatickou dopravu břemen a materiálu pomocí vozíků bez řidiče. Mezi jejich nejčastější funkce patří jízda

s nákladem nebo jeho tahání, automatické zdvihání, nabírání a odkládání nákladu atd. Výrobní systémy používající vozíky AGV lze snadno rozšířit, aniž by se vyskytly problémy s jejich provozováním, údržbou nebo novým nastavením. Úkolem AGV je převoz nákladu v různých formách. Nejčastěji přepravovanou položkou je paleta, mezi další často přepravované položky určené k přepravě patří různé přívěsy, kontejnery, přepravky, gitterboxy nebo kotouče s navinutým materiálem. [1]



Obr. 1.1 Příklad AGV

Zdroj: [4].

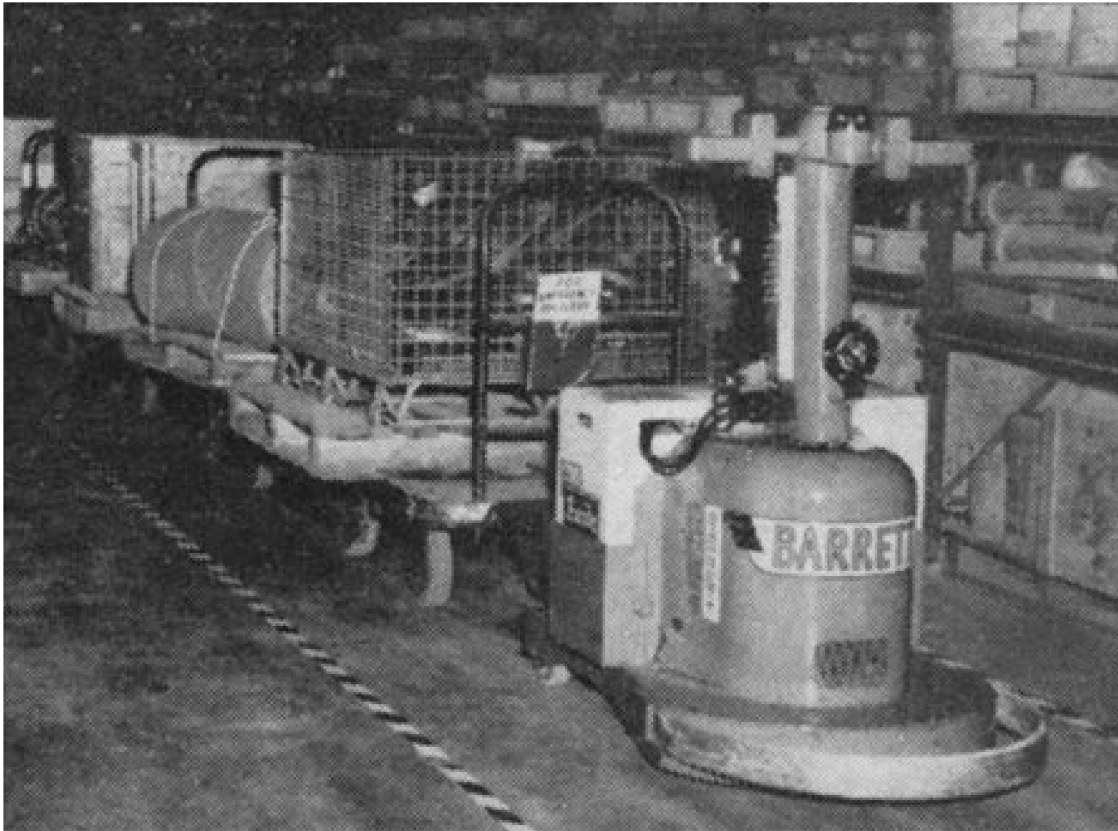
1.2 Historie AGV vozidel

Automatizované systémy vozidel AGV se staly důležitou součástí systému dnešní intralogistiky. Technologický standard a současná úroveň automatizačních technologií vedly k zavedení vozidel AGV v téměř všech průmyslových odvětvích a oblastech výroby.

1.2.1 První éra vozidel AGV (1953 – 1970)

První kus byl vynalezen v Americe roku 1953. Evropa ji následovala o téměř dvacet let později. První stroje měly jednoduché systémy a byly vedeny po koleji. Počátkem 50. let napadlo jednoho amerického vynálezce nahradit řidiče přívěsu pro přepravu zboží automatizací. Jako první tuto myšlenku realizoval Barrett-Cravens z Illinois

ve společnosti Mercury Motor Freight Company v Jižní Karolíně, kdy byl do tahače instalován první automatizovaný systém vedení vozidla. Toto vozidlo bylo naváděno pomocí indukovaného magnetického pole (dnes známé jako indukční systém). [5]



Obr. 1.2 Jeden z prvních amerických AGV

Zdroj: [3].

V Evropě vstoupila na trh společnost EMI v roce 1956 a jejich vozidla byla naváděna optickým senzorem, který snímal barevný pruh na podlaze. Německu se začaly vyvíjet automaticky naváděné vozíky začátkem 60. let. Německo, ale i další země přicházely se základními charakteristikami, které jsou součástí AGV vozidel dodnes, např. naváděcí systém, ochrana osob a systém vedení koleje. [5]

Továrny a sklady ve kterých byly zaváděny automatizované systémy začaly postupně upravovat prostředí tak, aby vyhovovalo požadavkům systému. Výběr vozidel, která byla využívána v tomto období byl omezen na vysokozdvizný vozík, tažná vozidla a plošinová vozidla s jednoduchým naváděním. [5]

1.2.2 Druhá éra vozidel AGV (1970 – 1990)

Elektronika byla představena v podobě jednoduchých palubních počítačů a velké ovládací skříně, která ovládala blokové sekce. Normou se stalo navádění vozíků AGV pomocí aktivní indukce a drát v podlaze byl využíván i pro přenos dat. Dále se data přenášela pomocí infračervených nebo radiových signálů. Se stále rostoucími požadavky a využíváním dopravních systémů se úroveň automatizace stále zvyšovala a tím došlo ke snížení dlouhodobých výrobních nákladů. [5]

V tomto období byl vývoj technologií poháněn očekáváním uživatelů. Tím se rozšiřovaly i možnosti využití systému a senzorické technologie. Výrobci AGV vozíků se neustále snažili vylepšovat především kontrolní systémy. V 70. letech vývoj zrychlil, zlepšila se dostupnost výkonnější elektroniky, a to způsobilo i pokroky ve vývoji AGV vozidel. Aktivní indukční navigace se stala standardem, dále inteligentnější manipulace s břemeny, rozsah automatizovaného pohybu vozidel, integrace AGV vozidel do výrobního procesu (možnost využívat je jako mobilní pracovní stoly). Největší prostor pro modernizaci a automatizaci byl u německých automobilových výrobců. [5]



Obr. 1.3 Montážní linka motoru ve VW v Hannoveru, 1986

Zdroj: [5].

V 80. letech zasáhla průmysl recese, a tak se německé automobilky Volkswagen, BMW a Mercedes-Benz rozhodly iniciovat v roce 1987 založení VDI (Asociace německých

inženýrů) specializovanou na AVG systémy. V roce 2006 bylo vytvořeno evropské společenství automaticky řízených vozidel, ke kterému patří nejdůležitější výrobci ve střední Evropě (Německo, Finsko, Belgie, Nizozemsko, Rakousko a Švýcarsko). [5]

1.2.3 Třetí éra vozidel AGV (1990 – 2010)

V tomto období byly stanoveny technologické standardy pro vozidla AGV, ty jsou ovládány klasickými počítači, mají elektronickou navigaci a bezdotykové senzory. Jsou využívány magnetické a laserové navigační technologie. Přenos dat je uskutečňován pomocí sítě WLAN. Automaticky řízené systémy se stávají spolehlivými prostředky pro intralogistiku. Dle zvolené kombinace technologií si společnost vytvoří spolehlivé a výkonné zařízení přesně dle svých potřeb pro daný provoz. Neustálý vývoj v logistickém toku materiálu a skladovacích procesech je pohonem pro technologický pokrok automaticky naváděných vozidel (lepší sensorická technologie, nové navigační procesy, ovládání pomocí počítače atd.). [5]

1.2.4 Čtvrtá éra vozidel AGV (2010 - současnost)

V současnosti je s AGV vozidly možno přepravovat téměř jakýkoliv náklad, který je převážen např. pomocí palet, balíků a kontejnerů. Tato vozidla se stala nezbytným dopravním prostředkem pro přepravu zboží na jakékoliv místo ve skladu či továrně a dokážou toto zboží i umístit na požadované místo. Vznikají tak celé komplexní dopravní sítě AGV vozidel. Tématem tohoto období je také vylepšení automaticky řízených vozidel na autonomně řízená automatická vozidla. Tyto autonomní AGV už nebudou potřebovat žádné vodící prvky, budou sami rozhodovat o svém pohybu v prostoru, a budou schopny rozpoznat překážku a najít náhradní trasu. [5]

1.3 Oblasti využití a výhody vozidel AGV

Oblasti využití:

- potravinářský průmysl;
- automobilový průmysl;
- zdravotnictví, farmaceutický průmysl;
- automatizace v intralogistice;

- manipulace s materiálem ve výrobě;
- naskladňování a vyskladňování dílů;
- nejrůznější dopravní aplikace, třídění materiálu;
- komplexní automatizace skladů;
- e-shopy, zásilkové služby.

Mezi hlavní výhody používání vozíků AGV patří jejich přesnost a bezpečnost provozu, předvídatelnost pohybu (trasa se v čase nemění), a možnost nepřetržitého provozu bez lidského zásahu. K dalším pozitivům a výhodám patří:

Flexibilita

- lze navyšovat množství AGV vozíků podle množství výrobní činnosti;
- aktualizace vozíku bez jeho vyřazení z činnosti;
- snadná změna trasy vozidla a možnost měnit počet strojů k obsluze;
- vozíky AGV nijak nepoškozují zboží ani stroje;
- pracovní postup je distribuován efektivním a dynamickým způsobem mezi samotnými vozíky;
- vozíky lze manuálně umístit do kteréhokoliv místa v systému;
- flexibilní automatizace vnitřních materiálových toků;
- krátká doba implementace díky potřebě jen malých změn v infrastruktuře;
- využití v náročných podmínkách (nebezpečné prostory, mrazírenské prostory);
- automatické a rychlé nabíjení;
- možnost alternativních tras. [6]

Účinnost a spolehlivost

- dodávka just-in-time;
- bezchybná přeprava do místa určení;
- zvýšená přesnost v řízení zásob;
- bezpečná a pečlivá přeprava různého zboží a nákladu. [6]

Výborný poměr kvality a ceny

- nízké provozní náklady;
- nízké náklady na údržbu;
- snížení následných nákladů (chybné dodávky, minimalizace poškození při přepravě). [6]

Technologie AVG

- efektivní optimalizace přepravních toků;
- systém řízení dopravy;
- kompatibilita se všemi typy automatizace. [6]

1.4 Typy AGV vozidel

Vozidla AGV jsou nejvíce využívána v intralogistice, kde napomáhají s organizací, kontrolou a optimalizací interních toků materiálu a zboží. Další oblastí jsou pak v různých průmyslových odvětvích, kde automatizovaná vozidla často pomáhají například se zásobováním výrobních stanišť, s přepravou polotovarů a výrobků mezi výrobou a expedicí a podobně.

Konstrukce vozidel AGV jsou rozmanité a je proto důležité ujasnit si při výběru jasná kritéria. Podle nich je pak možné správně se rozhodnout pro nejvhodnější model hodící se do našeho procesu. Jedná se především o odpovědi na otázky jako: co je od vozidla očekáváno, v jakém provozu bude fungovat, kolik hodin denně bude v procesu, velikost a tíha nákladu, provozní podmínky, počet vozidel, manipulační funkce, typ navigace vozidla apod.

1.4.1 Vysokozdvížené AGV vozíky

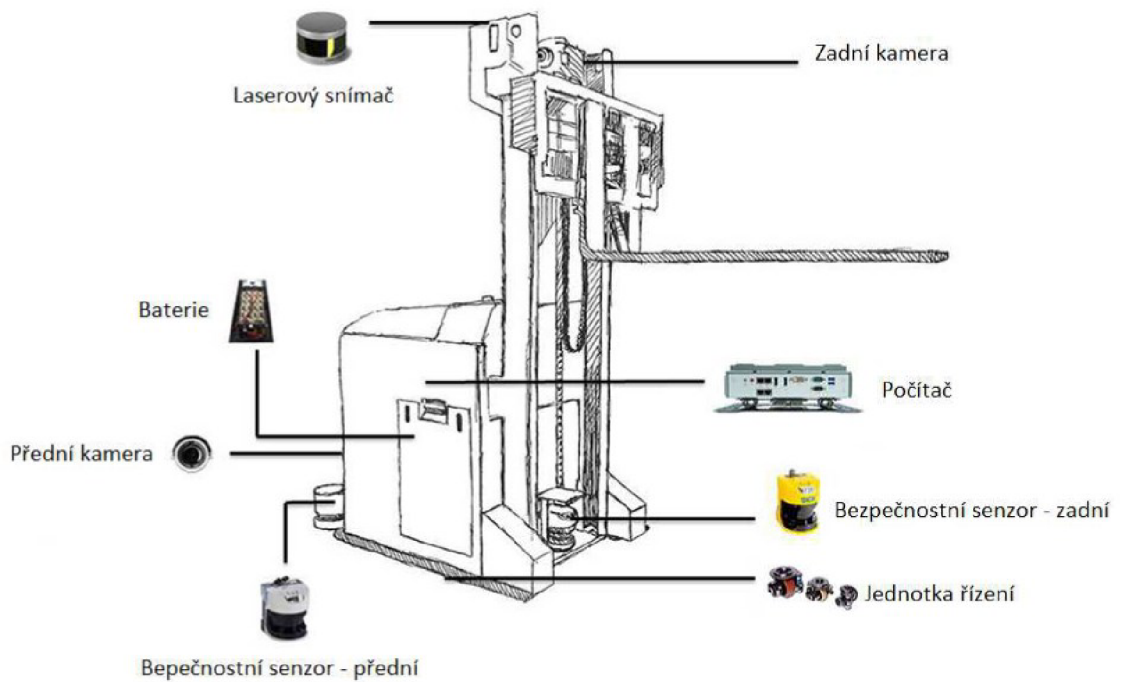
Jsou využívány pro zvedání, manipulaci a přemísťování různých nákladů. Obvykle manipulují s nákladem umístěným na paletách, ale některé dokážou manipulovat i s některými typy kontejnerů. Nakládání a vykládání je obvykle prováděno na podlahové úrovni, a kromě palet na kterých je náklad umístěn není k těmto úkonům potřebné žádné další doplňující vybavení. Vysokozdvížené AGV vozíky zvládají s precizností

jak základní a snadné úkoly, tak i ty velmi složité. Vždy záleží na požadavcích zákazníka a na provozu, do kterého bude vozík umístěn. [5, 7]



Obr. 1.4 Automatizovaný vysokozdvížený vozík společnosti Linde

Zdroj: [8].



Obr. 1.5 Popis vysokozdvížného AGV vozíku

Zdroj: vlastní zpracování podle [9].

1.4.2 Plošninové AGV vozíky

Plošninové AGV vozíky pro práci využívají obvyklé přepravní prostředky, jako například palety, přepravky či kontejnery. Na rozdíl od výše zmíněných vysokozdvížných vozíků není schopen zvednout náklad přímo z podlahy. K naložení přepravní jednotky je nutné ji zvednout do výše 60 cm za pomoci jiného zařízení. Výhodou Plošninových AGV vozíků je velká ložná plocha, možnost automatického překládání nákladu a možnost obousměrného provozu. [5,1]



Obr. 1.6 Plošninového AGV vozidlo firmy HUBTEX

Zdroj: [10].

1.4.3 Tažná AGV vozidla

Tažné vozidlo neboli tažný vláček za sebou dokáže táhnout velké množství různých typů přepravních vozíků, které se liší zejména v požadavcích na způsob nakládání a vykládání nákladu. To je i jeho hlavní výhodou, protože díky připojeným vozíkům se snižuje množství vozidel nezbytných pro přepravu a z toho plyne úspora přepravních nákladů. Právě z důvodu efektivity provozu se pro výběr tažného vláčku rozhoduje čím dál více firem. Tahač je s vozíky spojen běžným přípojným zařízením a je možné za sebou napojovat různé typy vozíků. Tyto jednotlivé vozíky je nutné měnit manuálně. Tažná automatizovaná vozidla bývají konstruována tak, aby bylo možné je v případě potřeby přepnout na manuální řízení. Tyto AGV obvykle bývají vedeny po stálé trase a nakládání a překládání nákladu může probíhat automaticky. [5]



Obr. 1.7 Tažné AGV vozidlo Jungheinrich

Zdroj: [11].

1.4.4 Podjezdová AGV vozidla

Tyto AGV přepravují nejčastěji různé vozíky, regály, roltejnery apod. Mají tažnou i přepravní funkci. Fungují tak, že najedou pod přepravovaný náklad a buď ho jen zaháknou a táhnou (v případě, že má vozík kolečka), anebo jej s pomocí plošiny celý nadzvednou a přepraví na místo určení. Dokážou jezdit dopředu, dozadu i do stran a také se mohou otáčet kolem své osy. Podjezdové AGV vozidlo dokáže přeložit náklad na jiné zařízení pomocí plošinového mechanismu. Nejčastěji bývají tyto AGV vozíky používány v průmyslovém odvětví, ale také ve zdravotnických zařízeních. Jsou oblíbené pro své malé rozměry a široké možnosti použití. [1, 7]



Obr. 1.7 Podjezdový AGV vozík Grenzbech Group

Zdroj: [12].



Obr. 1.8 Podjezdový AGV vozík Grenzebach Group

Zdroj: [12].

1.4.5 Montážní AGV vozidla

Nosná konstrukce vozidla nese montovaný objekt během celého procesu a samotná montáž probíhá přímo na AGV vozidle. Po celou dobu se montážní vozidlo pohybuje velmi pomalu a po jasně určené trase. Při návrhu montážního AGV vozidla, je nezbytné znát spoustu parametrů, aby vozidlo mohlo být správně a účelně sestaveno. Jedná se především o typ montovaného objektu, jeho velikost, váhu, zda bude montáž probíhat jen manuálně nebo i na automatizovaných stanovištích, dále zda bude objekt nutné polohovat a jaká je potřebná úroveň zajištění bezpečnosti osob apod. Nejčastěji jsou montážní automatizovaná vozidla využívána v automobilovém průmyslu, kde je možné přímo na AGV vozidle během jeho pomalé jízdy AVG postupně montovat všechny potřebné komponenty v sestavení karoserie. [5]



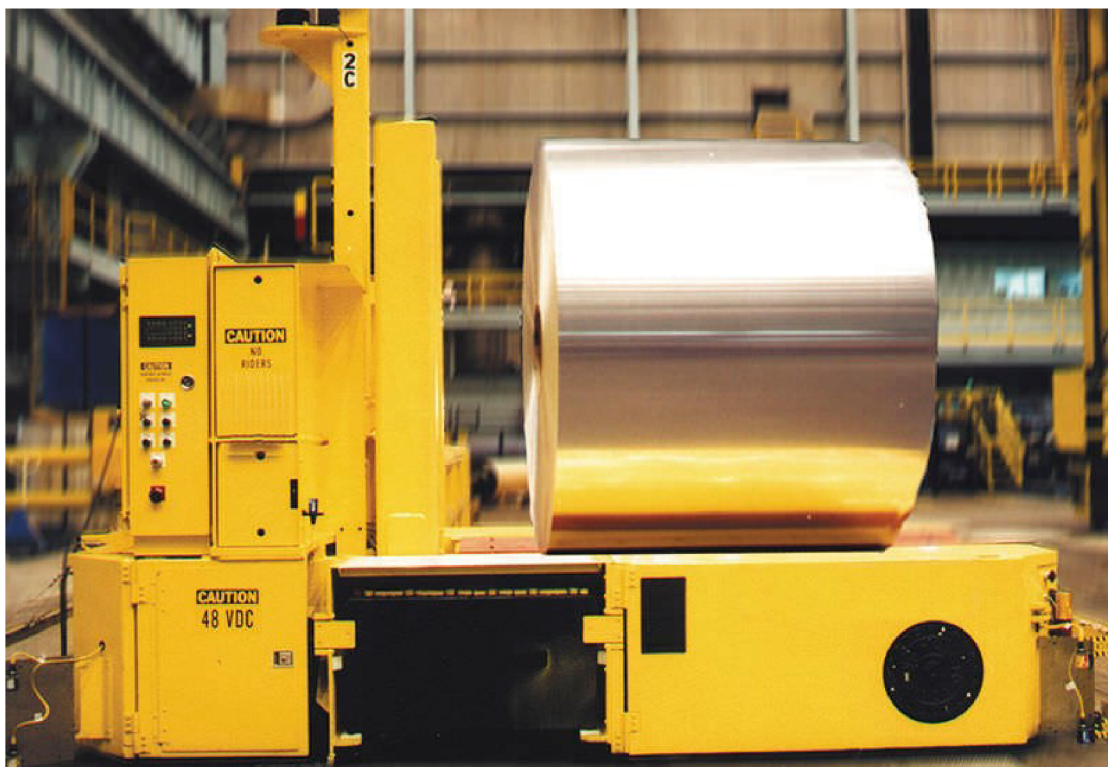
Obr. 1.9 Montážní AGV vozidlo

Zdroj: [13].

1.4.6 AGV vozidla pro těžký náklad

Tato vozidla slouží k interiérové přepravě a manipulaci s velmi těžkými materiály s hmotností vyšší jak 10 tun. Obvykle se jedná o různé ocelové cívky a papírové role velkých rozměrů. Nejčastěji jsou tato vozidla využívána v papírenském, ocelářském nebo automobilovém průmyslu. [1]

„U těchto AGV jde o těžká nákladní vozidla, která jsou určena pro použití na přepravu a manipulaci s materiálem v interiéru. Jsou to AGV systémy zastoupené vozidly, které přepravují kotouče, buď při výrobě nebo zpracování papíru (papírové válce s hmotností několika tun) anebo v ocelářském průmyslu: výrobci ocelových svitků nebo v automobilovém průmyslu (ocelové svitky obvykle váží 30 tun). Vozidla s takovýmto zatížením kladou vysoké nároky na desing a komponenty. To platí pro pohony, napájecí a bezpečnostní zařízení. Z toho vyplývá přirozeně skutečnost, že počet používání takovýchto extrémních AGV systémů je poměrně nízký. Velká váha celého vozidla určuje úsili konstruktérů k cíli, aby se zabránilo nehodám, které se týkají lidí anebo objektů.“
[1, s. 20]



Obr. 1.10 Typ AGV vozidla pro těžký náklad

Zdroj: [14].

1.4.7 Ostatní typy AGV vozidel

K dalším typům AGV vozidel patří např.:

Malé AGV systémy – jejich smyslem je hromadné využití více vozidel, která spolu dokážou komunikovat. Využívají se hlavně ve skladech při sestavování zásilek dle požadavku zákazníka.

AGV vozidla pro přepravu osob – obvykle se používají ve venkovních areálech jako jsou letištích, výstavní haly, golfové hřiště atd. Hlavní prioritou je bezpečnost přepravovaných osob. Tato vozidla nebývají často využívána pro problém s určením odpovědnosti při případném vzniku nehody.

AGV vozidla pro speciální činnosti – nelze je zařadit do žádné z předchozích kategorií, protože jsou konstruovány pro dle požadavků zákazníka pro speciální projekty a jsou tedy originální. [5]

1.5 Navigace AGV vozidel

Navigační systém je jedním ze stěžejních prvků fungování AGV vozíků. Když by vozík nevěděl, kam jet, tak bude stát a nebude dělat práci pro kterou byl vyroben. Navigace má za cíl určit:

- aktuální polohu vozíku;
- náhradní trasu v případě, že vozík narazí na překážku;
- nezbytné úkony k bezpečné přepravě na místo určení.

Zvolení správného typu navigace je při výběru AGV vozidla stěžejní. Navigační systémy mají různé úrovně spolehlivosti i přizpůsobivosti vůči změnám. Proto je nutné výběr navigace pečlivě promyslet. Nejčastěji využívanými navigačními systémy jsou ty, kde je navigační značení spojeno s podlahou. [5]

Automatizované vozíky mají definován určitý souřadnicový systém, v němž se pohybují. Může jím být například výrobní hala nebo skladovací prostor. Přímou v AGV vozíku bývá zabudován mobilní souřadnicový systém, umístěný obvykle v místě těžiště nebo v některé z jeho náprav. Systém umístěný ve vozíku komunikuje s globálním souřadnicovým systémem, který bývá připevněn na stropě nebo v rohu definovaného prostoru, např. skladu. Souřadnicová data jsou mezi nimi přenášena pomocí Wi-Fi sítě. [5]

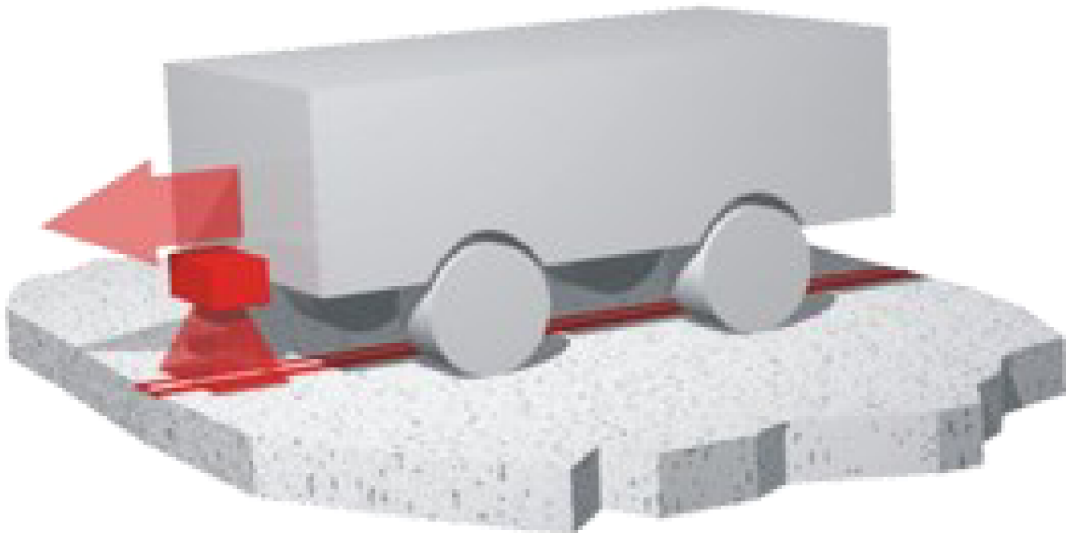
Typy navigace:

- Navigace s řídicími prvky umístěnými na podlaze:
 - optická navigace;
 - indukční navigace pasivní.
- Navigace s řídicími prvky umístěnými v podlaze:
 - magnetická navigace;
 - indukční navigace aktivní.
- Satelitní navigace (GPS).
- Laserová navigace.
- Multinavigace.
- Přirozená navigace. [5]

1.5.1 Optická navigace

Princip fungování optické navigace spočívá ve snímání barevného pásu umístěného na podlaze. Na AGV vozíku je zabudovaný senzor, který umožňuje detekovat navigační pás. Pro jeho lepší viditelnost používají některé systémy k jeho osvětlení ultrafialové světlo. Barva navigačního pruhu musí být ve výrazném barevném kontrastu oproti podlaze, aby byl pás dobře viditelný.

Optická navigace je tou nejjednodušší a nejlevnější navigační variantou. Barevné pruhy jsou lehce rozpoznatelné i pro zaměstnance a lze přes ně přejíždět i jinými manipulačními prostředky. V případě potřeby je možné kdykoliv jednoduše změnit trasu nebo opravit poškozený navigační pás. [5]



Obr. 1.11 AGV naváděné pomocí optické navigace

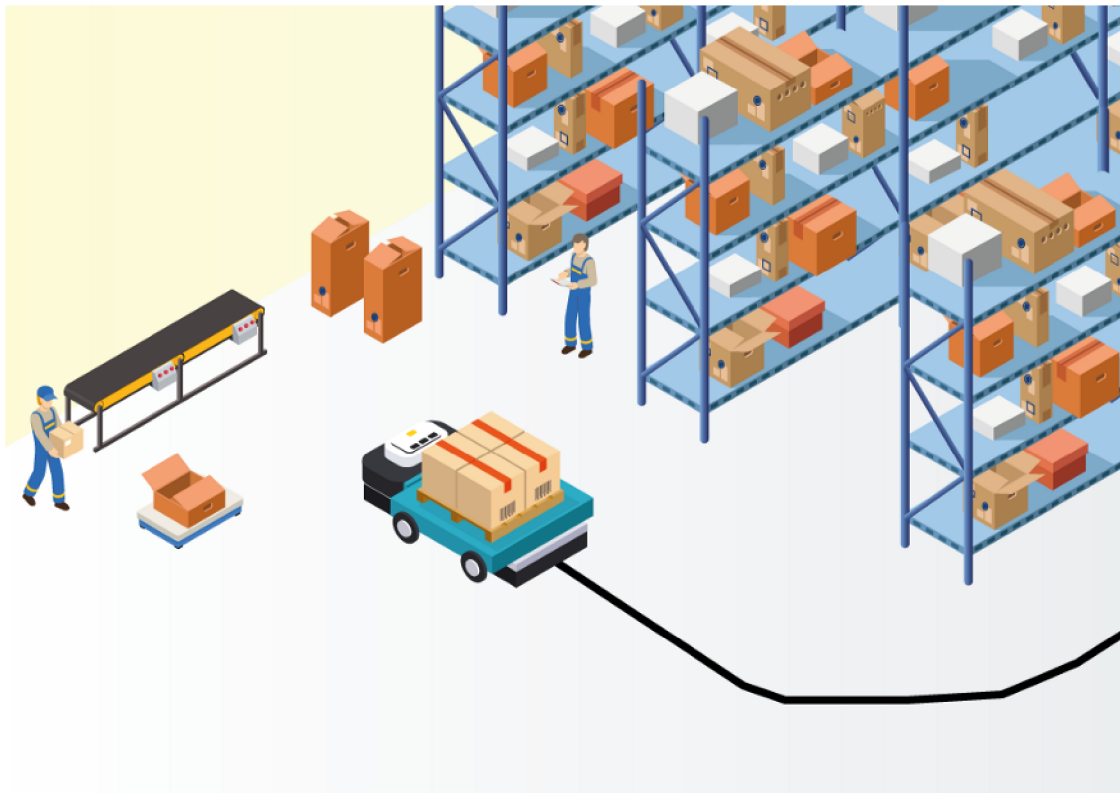
Zdroj: [15].

1.5.2 Magnetická navigace

Existují dva typy magnetické navigace. První typ navádí AGV vozík pomocí magnetické pásky nalepené na zemi, kterou snímá zabudovaná čtečka v přední části vozíku. Tato čtečka je společně s dalšími senzory propojena s řídicí jednotkou, která vozík vede. Vedle navigačního pásu jsou umístěny malé RFID karty, které určují, kde má vozík zastavit, změnit trasu apod. I u tohoto typu navigace hrozí poškození navigační pásky, ale je také poměrně snadné tyto nedostatky opravit. Aby se poškození předešlo, je možné zapustit

pásku do země. Dále je snadné naváděcí trasu měnit či rozšiřovat. Navigace pomocí magnetického pásu je vhodná pro vnitřní prostory. Pohyb těchto AGV vozíků je naprosto předvídatelný, protože nikdy nedostanou mimo vyznačenou trasu. [16]

Druhý typ magnetické navigace vede vozík pomocí malých magnetických válečků umístěných v podlaze. Tyto magnety bývají dlouhé 5 až 30 mm a jejich šířka se pohybuje mezi 8 a 20 mm. Bývají rozmístěny jednotlivě za sebou nebo v mřížce, což umožňuje vozíku větší flexibilitu. Přesnost určení polohy vozíku se odvíjí od velikosti rozestupů mezi magnety. U tohoto typu navigace nedochází ke znečištění naváděcí dráhy, a tak je vhodná i pro venkovní použití. Optická ani magnetická navigace nepotřebují neustálý zdroj energie.[17]



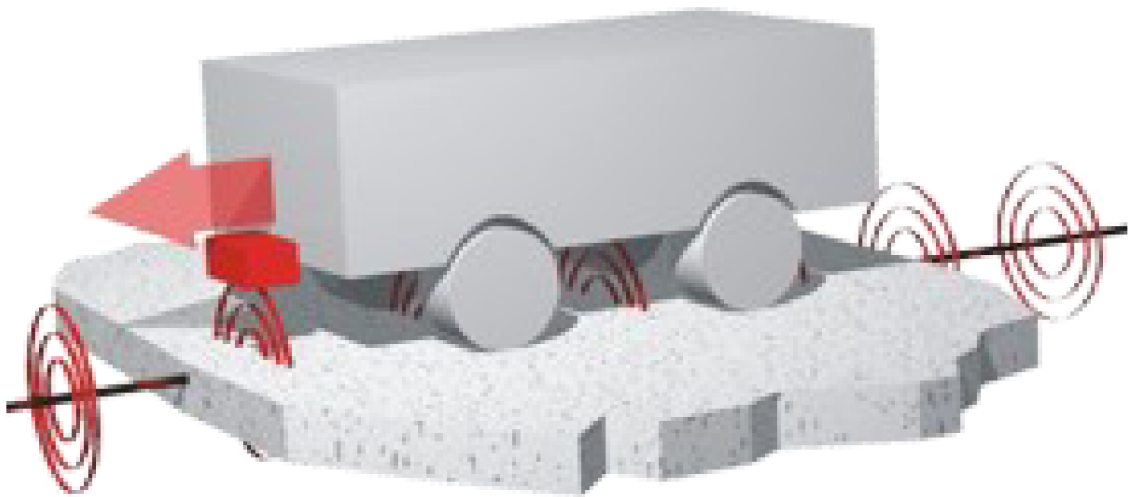
Obr. 1.12 AGV naváděné pomocí magnetické pásky

Zdroj: [16].

1.5.3 Indukční navigace

Indukční navádění je nejčastějším typem navigace a dělí se na aktivní a pasivní.

Aktivní indukční navigace – senzor umístěný v přední části vozíku snímá elektromagnetické pole vysílané vodičem. Tento vodič je veden po celé trase několik centimetrů pod zemí. Vodiče jsou zapojeny v různorodých okruzích, které je možné zapínat a vypínat podle potřeby. Pokud je v systému nastaveno více frekvencí, tak vozík přijímá jen jednu. Mezi nevýhody patří vyšší pořizovací náklady, vzhledem k umístění vodiče v podlaze a také nemožnost měnit navigační trasy. K výhodám naopak patří napájení AGV vozíku prostřednictvím elektromagnetické indukce. [5, 1]



Obr. 1.13 Ukázka fungování aktivní indukční navigace

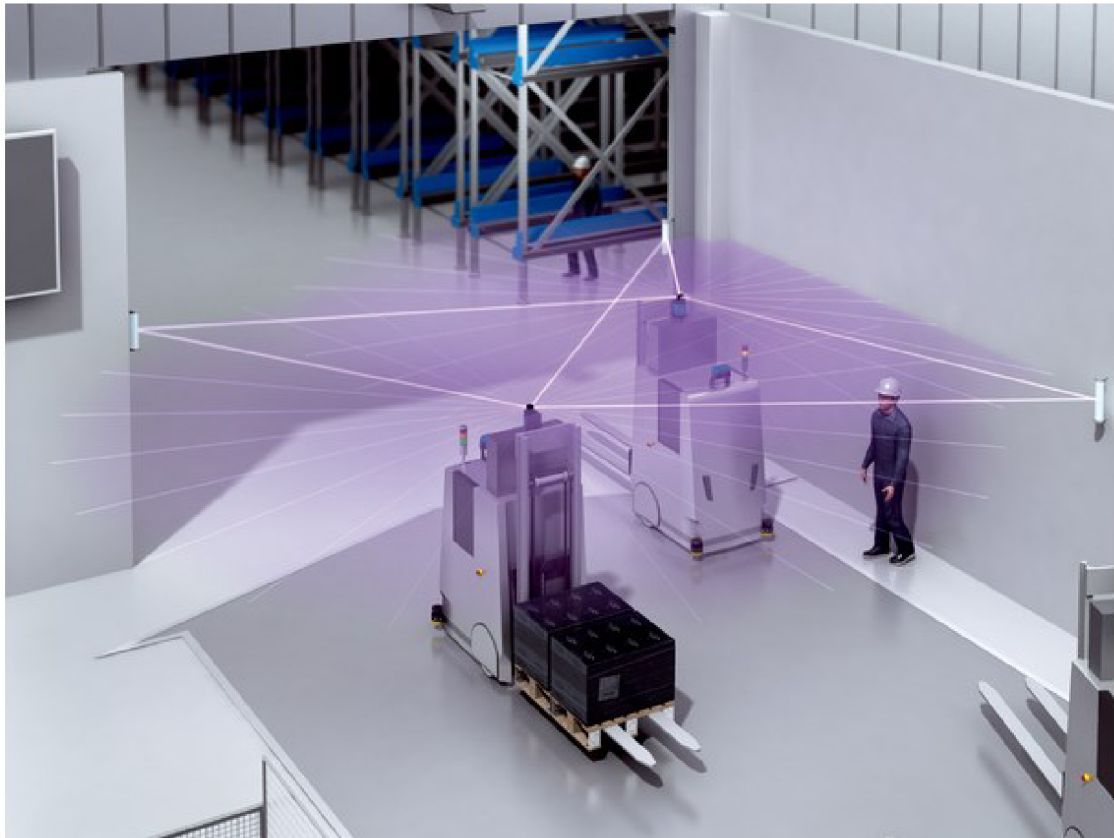
Zdroj: [18].

Pasivní indukční navigace – v tomto případě představuje vodící dráhu kovový nebo magnetický pás široký 5 až 10 centimetrů umístěný na podlaze. Snímač nacházející se pod vozíkem detekuje kovový pás pomocí senzorů magnetického pole.

1.5.4 Laserová navigace

Tento typ navigace funguje na principu snímání reflektorů či reflexních prvků pomocí laseru. Laserový skener, který se nachází na vozíku zjišťuje pomocí paprsku vzdálenost mezi reflektory umístěnými na zdech nebo sloupech haly a AGV vozíkem. Při rozmístění reflektorů je nezbytné, aby byly reflektory umístěny alespoň ve výšce 2 metrů a aby skener snímal v každém místě trasy alespoň 3 tyto reflektory. Regulátor pak podle polohy a úhlu reflektorů vypočítává polohu AGV. Jelikož skener snímá okolí až 6x za vteřinu,

tak je toto navádění je velmi přesné. Trasa jízdy je uložena v počítači, který se nachází v AGV vozíku. Nové trasy se vytváří softwarem anebo pomocí učební jízdy vozíku. Náklady na laserovou navigaci jsou vysoké, ovšem na druhou stranu má i několik výhod. Především vysoká přesnost lokalizace vozíku, vzhledem k výšce umístěných reflektorů není snadné je poškodit, a další výhodou je flexibilita rozmístění trasy. [19]



Obr. 1.14 Ukázka laserové navigace AGV vozíku

Zdroj: [20].

1.5.5 Navigace GPS (Global Positioning System)

Tento typ navigace je nejčastěji využíván na velkých prostranstvích, ideální je tedy venkovní použití. Jednou z hlavních podmínek pro použití tohoto navigačního typu je přímá viditelnost mezi satelitní anténou a anténou přijímače, který je umístěn na AGV vozidle. V prostorách mezi budovami, kde nelze využít satelit, je možné nainstalovat radiové majáky, ale ty naneštěstí nenavádí tak přesně. [17]

1.5.6 Multinavigace

Využívá se prostorách, kde není možné použít jen jeden typ navigace. Je tedy potřeba zkombinovat více navigačních systémů pro správnou funkci AGV vozíků. Ten si pak vybírá nejvhodnější naváděcí variantu v závislosti na své poloze v daném podniku. [6]

1.5.7 Přirozená navigace

Nejdůležitější z nich je tzv. SLAM navigace neboli simultánní lokalizace a mapování (SLAM). Znamená to, že AGV se SLAM navigací dokáže mapovat své prostředí a lokalizovat pozici, kde se nachází, díky informacím přijatým z okolního prostředí. AGV jsou schopny mapovat prostředí pomocí různých senzorů, jako jsou kamery, senzory nebo dokonce pomocí laserů používaných z bezpečnostních důvodů. Tyto informace jsou propojeny s interní inerciální měřicí jednotkou (IMU) pro definování a přepočítání skutečného umístění AGV. Tato navigace patří k novějším typům a není tedy zatím tak perfektně vyvinutý jako ostatní typy navigace. [16]

1.6 Napájení AGV vozidel

AGV vozidla s aktivní indukční navigací jsou napájena elektrického kabelu, který je umístěn pod dráhou vozidla. Kolem kabelu vzniká elektrické pole, jež je vedeno do elektromotoru. Pohyb těchto vozíků je tedy omezen pouze na trasu elektrického kabelu. Proto tyto vozidla bývají dovybavena akumulátorovou baterií.

Akumulátorové baterie jsou hlavním zdrojem energie u většiny AGV vozidel. Výběr správné baterie je jedním z nejdůležitějších rozhodnutí při výběru AGV. Závisí na ní totiž délka provozuschopnosti vozidla a také jeho celková hmotnost, protože baterie tvoří značnou část celkové hmotnosti AGV vozidla. Při výběru je tedy nutné najít správný kompromis mezi výdrží baterie a její hmotností. Výhodou je rozhodně flexibilita pohybu a nevýhodou nutnost dobíjení nebo výměna baterie. [1]

Nejčastěji používané typy baterií v AGV vozidlech:

- olověné baterie – jsou nejpoužívanějším typem v AGV vozidlech. Jelikož olovo má velký dopad na životní prostředí, tak jej některá odvětví zakázala používat;

Na druhou stranu to vedlo k tomu, že olovené baterie jsou jedním z nejvíce recyklovaných produktů na světě.

- lithium-iontové baterie – existuje řada lithiových baterií, v AGV vozidlech se však nejčastěji používá právě lithium-iontová. Tyto baterie jsou lehké a mají vysokou;
- nikl-kadmiové baterie – byly považovány za největší konkurenty olovených baterií. Náklady jsou na ně sice vyšší, ale to kompenzuje jejich delší životní cyklus. Vzhledem k vysokému obsahu kadmia jsou tyto baterie taktéž škodlivé;
- ostatní. [6]

Možnosti dobíjení baterie:

- mezidobíjení – v momentě, kdy vozidlo přestane být aktivní, tak dojede do nabíjecí stanice a automaticky se připojí k nabíjecímu systému;
- poloautomatická výměna baterie – tato výměna se uskutečňuje s pomocí operátora;
- automatická výměna baterie – uskutečňuje se bez přítomnosti operátora. [6]

1.7 Bezpečnost

Automaticky řízená vozidla se velmi často pohybují mezi pracovníky. Proto instituty, zákonodárci a různé asociace vytváří takové předpisy, aby co nejvíce minimalizovali jakékoliv kolize nebo nehody. Prozatím se jim to daří velmi úspěšně, jelikož doposud nebyly hlášeny téměř žádné nehody způsobené automaticky řízenými vozidly. Tato skutečnost je při rozhodování, zda začít ve firmě s automatizací taktéž velmi důležitá. V Evropské unii je legislativa ohledně bezpečnosti AGV vozidel nejpřísnější na světě, což se odráží na jejich kvalitě, ale také na jejich ceně. Kvůli přísným bezpečnostním podmínkám se staly AGV vozidla z EU velmi drahé pro světový trh. Ovšem vysoké nároky EU na bezpečnost se odrážejí i ve vysokých nárocích na kvalitu těchto vozidel. A zatím jsou na trhu s automaticky řízenými vozidly stále zákazníci, pro které je kvalita a bezpečnost na prvním místě. [5, 7]

2 Analýza současného stavu v oblasti AGV systému

Druhá kapitola diplomové práce pojednává o současném stavu trhu s automaticky řízenými vozidly a prognózu pro vývoj tohoto trhu v letech 2021 až 2028. Dále také blíže popisuje vybrané firmy vyrábějící AGV systémy.

2.1 Prognóza vývoje trhu v letech 2021–2028

Automaticky řízená vozidla jsou vozidla bez řidiče a jsou využívána pro manipulaci s materiály, pro přemísťování nákladu ve skladech, výrobních zařízeních a distribučních centrech. Mezi jejich nejčastější činnosti patří přeprava nedokončené výroby, hotových výrobků, nebo manipulace a zvedání materiálu a produktů.

Stále rozšiřující se automatizace v různých průmyslových a výrobních odvětvích pohání vpřed růst trhu s AGV vozidly. Využití automaticky řízených vozidel totiž šetří práci a úsilí pracovníků a také zvyšuje jejich bezpečnost. Tato vozidla jsou vhodná pro dlouhodobé používání, jelikož návratnost počátečních investic a nákladů na údržbu je poměrně dlouhá. [21]

V roce 2020 byla velikost trhu s automaticky řízenými vozidly oceněna na 3,39 miliard USD a prognózy odhadují, že v letech 2021 až 2028 dojde ke zvýšení roční míry růstu o 13,0 %. [21]

Dopad Covid-19 na trh s AGV vozidly

Situace okolo pandemie Covidu-19 zasáhla téměř všechna odvětví, ve kterých došlo k velkým poklesům zisků. Poté co se v podnicích velmi významně snížily počty zaměstnanců, zajistila průmyslová automatizace a zavedení AGV vozidel možnost pokračovat ve výrobních operacích. [22]

Přehled komponent

„Segment hardwaru ovládl trh v roce 2020 a představoval podíl na výnosu přes 70 %. Růst lze přičíst stále více nasazovaným spolupracujícím robotům pro snížení lidské práce a náhradu za opakující se úkoly ve výrobních nebo distribučních zařízeních. Očekává se,

že segment služeb poroste nejrychlejším tempem 14,6% během prognózovaného období. Růst lze připsat rostoucí poptávce koncových uživatelů o různé služby, které zahrnují preventivní a nápravnou údržbu, kontrolu stavu vozidel a softwaru a školení zaměstnanců přímo nebo nepřímo zapojených do provozu AGV.

AGV se staly základem v provozech distribučních center a výrobních zařízeních, kde jsou úkoly vysoce opakované a standardizované. Na základě požadavku jsou k dispozici automatizovaná vozidla pro různá průmyslová odvětví, jako je farmaceutický průmysl, automobilový průmysl, sklady a distribuce a mimo jiné potraviny a nápoje. Na základě intenzity úkolu jsou k dispozici automatická vedená vozidla s různou nosností od 3 kg do 65 tun. K největšímu podílu hardwarového segmentu přispěla dostupnost různých hardwarových řešení v těchto vozidlech, jako jsou coboty, zařízení pro manipulaci s materiálem, hlavy převodů a akční členy.“ [21]

2.1.1 Segmenty trhu

Trh s automaticky řízenými vozidly je rozdělen na základě typu vozidla, navigační technologie, typu baterie, aplikace a odvětví.

Přehled dle typů vozidla

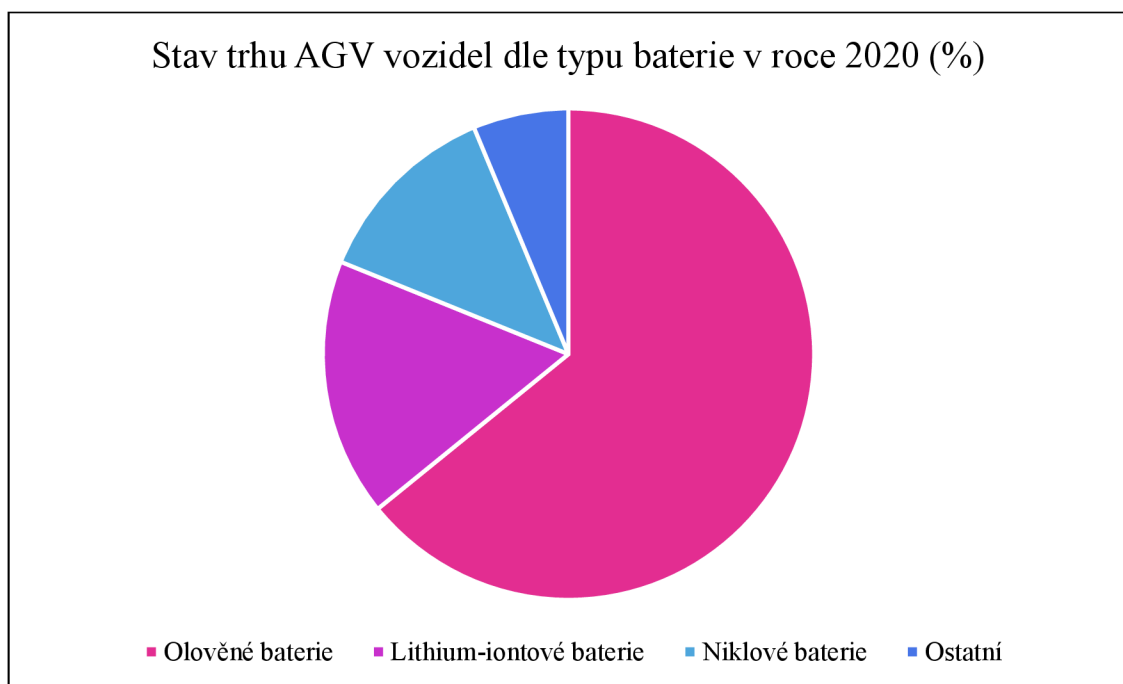
Na základě typu je trh s automaticky řízenými vozidly rozdělen na odtahová vozidla, nosiče nákladu, vysokozdvížné vozíky, paletové vozíky, vozidla na montážní lince a další. Segment tažných vozidel dominoval trhu v roce 2020 a představoval více než 40% podíl na výnosech. Očekává se, že segment vozidel pro přepravu nákladu vzroste roční mírou růstu přibližně o 15,3 % během prognózovaného období. Lze předpokládat, že segment vozidel pro přepravu jednotkového nákladu bude v prognózovaném období vykazovat významný růst. Tato jednotková nákladní vozidla AGV jsou využívána k přemísťování palet, velkých kontejnerů a manipulaci s rolemi. [21]

Jednotkové AGV jsou využívány místo vidlicových vozíků, protože nevyžadují obsluhu pracovníka. Tyto AGV jsou tedy vhodné pro dlouhé vzdálenosti, opakující se úkoly a nebezpečné oblasti. Jedná se také o autonomní roboty, kteří následně šetří práci zaměstnanců a zvyšují jejich bezpečnost. [21, 22]

Přehled dle typů baterií

V roce 2020 byly nejprodávanějším typem olověné baterie, jejichž podíl na výnosu přesahoval 60 %. Olověné baterie mají oproti ostatním typům nízké náklady. Dále také disponují dobrou reverzibilitou, stabilním napětím, dlouhou životností a škála jejich použitelnosti je široká. V posledních letech je však na trhu AGV znatelný postupný přechod od olověných baterií k lithium-ionovým bateriím. V letech 2021–2028 je očekáváno, že se segment lithium-iontových baterií se zvýší roční mírou růstu o přibližně 19,2 %. [21, 22]

Ve srovnání s olověnými bateriemi mají lithium-iontové baterie sice vyšší náklady, ale na druhou stranu podporují vysoce výkonné nabíjení. Dále lépe splňují různé průmyslové požadavky uživatelů, včetně perfektního teplotního výkonu, dlouhého životního cyklu a vysoké hustoty energie. Všechny tyto jmenované technické výhody vedou ke stále většímu používání lithium-iontových baterií při výrobě automaticky řízených vozidel. [21, 22]



Graf 2.1 Stav trhu vozidel dle typu baterie v roce 2020 (%)

Zdroj: vlastní zpracování podle [21].

Statistika dle navigačních technologií

Největší podíl na trhu (35 % na výnosech) měl v roce 2020 segment laserového navádění. Očekává se, že segment přirozené navigace poroste roční mírou růstu o 21,0 % během prognózovaného období. Potřeba inteligentního a efektivního navádění přispívá k rostoucímu zájmu o automatizovaná vozidla. Pokroky v oblasti počítačového vidění a souvisejících softwarových řešení umožňují AGV lépe analyzovat prostředí v reálném čase, čímž se zvyšuje poptávka po AGV vozidlech pro operace v náročných prostředích, jako je manévrování v úzkých uličkách apod. [21]

Statistika dle regionů

Evropa dominovala na trhu v roce 2020 a představovala podíl na příjmech přes 30 %. Předpokládá se také, že v letech 2021-2028 zůstane Evropa v popředí trhu s AGV vozidly. Růst regionálního trhu je primárně tažen rostoucí poptávkou výrobního průmyslu po vybavení pro manipulaci s materiálem a hotovými výrobky. I neustále rozšiřující se automatizace v každém odvětví má také vliv na růst regionálního trhu.

V následujících letech lze očekávat, že asijsko-pacifická oblast poroste nejrychlejší roční mírou růstu o 14,1 %. I vlivem pandemie Covid-19 v posledních letech se značně rozrůstá odvětví elektronického obchodování v rozvíjejících se ekonomikách asijsko-pacifického regionu, jako jsou Čína a Indie. Díky tomuto nárůstu v odvětví elektronického obchodování uvažuje několik společností elektronického obchodování, o vstupu na tyto regionální trhy. Konkurence v elektronickém obchodování se pokouší zaujmout snahou o zkrácení času potřebného k dodání produktů koncovým zákazníkům. Nasazení AGV ve skladech pomáhá těmto společnostem s automatizací intralogistických procesů, jako je třídění, vychystávání a paletizace, čímž se zvyšuje efektivita celého řetězce činností. [21, 22]

Statistika aplikací

Největší podíl na trhu s automaticky řízenými vozíky měl v roce 2020 segment logistiky a skladování s podílem na výnosech přes 40 %. V nadcházejícím prognózovaném období by měl nejrychleji růst segment montáže, s roční mírou růstu přibližně o 16,2 %. Segment logistiky a zásobování se dále rozděluje na dopravu, distribuci, skladování v chladu,

velkoobchod a distribuci. Podniky v tomto odvětví neustále modernizují svá stávající zařízení, nebo budují nová zařízení automatizované skladovací systémy, aby mohly stále rychleji a efektivněji manipulovat s materiálem a co nejvíce ušetřit za náklady na pracovníky. [21]

Jelikož je v tomto odvětví velká konkurence, tak se logistické a skladovací firmy snaží posílit svou konkurenceschopnost lepším využitím svých úložných prostor. To znamená, že regály staví stále vyšší a uličky dělají čím dál užší. V závislosti na rostoucí poptávce po službách se zvyšuje i snaha firem po zefektivňování jednotlivých operací. Proto tyto společnosti hojně využívají vozidla AGV, pro jejich schopnost manévrování a spolehlivé plnění procesů. Toto odvětví velmi podporuje růst trhu s AGV vozidly. [21]

Průmyslový přehled

Segment výroby dominoval na trhu v roce 2020 a představoval podíl na příjmech více než 75 %. Zpracovatelský průmysl je dále rozdělen na letecký a obranný průmysl, automobilový průmysl, elektronický, chemický, farmaceutický a další. Velkoobchodní a distribuční sektor je dále rozdělen na elektronický obchod, obchody s potravinami, maloobchodní řetězce / obchody s dopravou a hotely a restaurace. [21, 22]

Zařízení pro výrobu v letectví a obraně jsou často velmi masivní kvůli velikosti komponentů, jako jsou například trupy, křídla apod. I v těchto zařízeních se však šetří místem, a tak uličky pro přepravu těchto komponentů bývají velmi úzké. Jakékoliv chyby při pohybu těžkých nákladů tak úzkými uličkami mohou vést k nehodám. Proto letecké a obranné společnosti používají automaticky naváděná vozidla, aby bylo možné v rámci objektu přemísťovat těžké součástky po předem stanovených trasách a tím předcházet lidským chybám. [21]

2.1.2 Shrnutí

Trh s automaticky řízenými vozidly neustále roste a rozšiřuje se. Částečně i vlivem pandemie Covid-19 je zájem o automatizaci velký.

Tab. 2.1 Stav trhu s AGV vozidly v roce 2020

Stav trhu s AGV vozidly v roce 2020		
Segmenty trhu	Nejlepší v segmentu	Očekávaná roční míra růstu v následujících letech
Dle typu vozidla	Tažná vozidla - podíl na výnosech více než 40 %	Očekávaný nárůst vozidel pro těžký náklad o 15,3 %
Dle typu baterií	Olověné baterie - podíl na výnosech přes 60 %	Očekávaný nárůst lithium-iontových baterií o 19,2 %
Dle navigačních technologií	Laserová navigace - podíl na výnosech 35 %	Očekávaný nárůst přirozené navigace o 21,0 %
Dle regionů	Evropa - podíl na výnosech více než 30 %	Očekávaný nárůst asijsko-pacifické oblasti o 14,1 %
Dle aplikací	Logistika a skladování - podíl na výnosech přes 40 %	Očekávaný nárůst v oblasti montáží o 16,2 %

Zdroj: vlastní zpracování.

Automaticky řízená vozidla mají pro uživatele spoustu výhod. Především se jedná o bezpečnost, produktivitu a přesnost plněných úkonů. Díky těmto vlastnostem jsou v průmyslových, logistických a dalších odvětvích stále více využívány. AGV jsou vybaveny kamerami, laserovými hlavami a jinými senzory, které jim umožňují se bezpečně pohybovat okolo strojů, konstrukcí a pracovníků. Na rozdíl od operátorů, kteří mohou při práci různě chybovat, což může následně vést k nehodám ve výrobním nebo distribučním zařízení, automaticky řízená vozidla pomáhají při zlepšování přesnosti a efektivnosti pracovních toků, čímž snižují plýtvání a zvyšují produktivitu.

2.2 Hlavní odvětví využívající vozidla AGV

Tato podkapitola je zaměřena na využití automaticky řízených vozidel a jejich aplikaci v oblasti logistiky a průmyslu, protože v těchto odvětvích našla AGV vozidla největší uplatnění.

2.2.1 Oblast logistiky

Intralogistika

Intralogistika zahrnuje všechny procesy, které se týkají přemísťování materiálu, polotovarů nebo výrobků na území výrobního závodu. Takzvaná vnitřní logistika tedy začíná přijetím materiálu do vstupního skladu a končí až vydáním zboží ze skladu hotových výrobků do přepravy. Intralogistické procesy mají různou míru náročnosti, od jednoduchých po více komplikované, kde je třeba používat i různá zařízení pro plynulý tok materiálů. [23]

Vnitřní logistika závodu je významnou součástí produkce a tím ovlivňuje míru efektivity celého výrobního procesu napříč odvětvími. Stále se rozrůstající online obchodování a další aspekty mají za následek neustále rostoucí množství zboží, a tak se do intralogistiky čím dál více implementuje koncepce štíhlé výroby, tedy uplatňování výroby just-in-time, pro kterou je správné a efektivní nastavení materiálových toků klíčové. Další důležitou vlastností AGV vozidel je jejich antikolizní systém, který funguje jako prevence srážky s jiným vozíkem, jako ochrana majetku před poškozením a také poskytuje vysokou úroveň bezpečnosti v místech, kde se pohybují pracovníci.

Skladování

Využití správně vybraných AGV vozidel je pro provoz skladových prostor velkým přínosem. Automaticky řízené vozíky šetří lidské zdroje a mohou pracovat téměř nepřetržitě. Díky bezpečnostním sensorům, přesné navigaci a antikoliznímu systému je zajištěna téměř bezchybná jízda AGV vozidel, a proto jim stačí jen malý manévrovací prostor. Dokáží se pohybovat ve velmi úzkých uličkách a zvedat náklad do výšek několika metrů, čímž šetří úložné místo pro další skladování a z toho vyplývá další úspora pro firmu. [5, 7]

Výhody AGV vozidel pracovat v nepřetržitém provozu, v extrémních teplotách, a k tomu zvládat nadměrně opakující se činnosti jsou nezpochybnitelné.



Obr. 2.1 Montážní AGV vozidlo ve společnosti Porsche

Zdroj: [24]

2.2.2 Oblast průmyslu

Automobilový průmysl

Automobilový průmysl má na globálním trhu s AGV vozidly největší podíl. V počátcích tuto technologii využívaly jen ty nejvýznamnější a největší společnosti, časem ale výhody automatizace objevily i menší společnosti. Nyní už pro přepravu materiálů a komponentů nevyužívají AGV vozidla jen přímí výrobci, ale také jejich dodavatelé a výrobci náhradních dílů. Tak jako i v jiných odvětvích AGV vozidla eliminují lidské chyby a tím chrání drahé součásti před poškozením. Ve velkém konkurenčním prostředí na automobilovém trhu šetří společnosti díky automatizaci každý pohyb a každou vteřinu, které mohou využít efektivnějším způsobem. Často zde bývají využívána různá montážní vozidla, která se pohybují nepřetržitě velmi pomalým tempem a k montáži karoserie dochází přímo na AGV vozidle. [25]



Obr. 2.2 Montážní AGV vozidlo ve společnosti Porsche

Zdroj: [26].

Potravinářský průmysl

Tak jako v automobilovém průmyslu, tak i zde se pomalu přechází od využívání vysokozdvížných vozíků s řidičem k automaticky řízeným vozidlům. Díky tomu firmám odpadají problémy s nedostatkem personálu a také se výrazně snižuje výskyt rozbitých a poškozených produktů. Optimalizace toků a operací je klíčová, aby potravinářské společnosti držely krok s konkurencí a poptávkou. Dříve byly AGV vozíky využívány především ve výrobě, ale nyní už se začleňují i do balení nápojů a potravin. V tomto odvětví je často nutné pracovat ve specifických teplotních podmínkách, ale v dnešní době nabízejí výrobci AGV vozidel komplexní skladovací řešení pro chladírenské a mrazírenské provozy, včetně dodržení požadovaných hygienických standardů. [27]

Maloobchod

Maloobchodní odvětví je jedno z nejrychleji rostoucích v zavádění AGV vozidel. V posledních letech a také kvůli pandemii Covid-19 došlo k velkému nárůstu

elektronického obchodování. Lidé si zvykli objednávat spoustu věcí přes internet, ačkoliv si pro ně dříve šli osobně do obchodu, a tak na maloobchodníky tlačila stále rostoucí poptávka a konkurence. Nikoho asi nepřekvapí, že automatizaci využívá obrovská společnost jako je Amazon, ale i například společnost COOP začala postupně zavádět AGV vozíky ve svém velkém skladu v Norsku. Začínají se k tomuto trendu připojovat i další maloobchodní podniky všech velikostí. [28]

Farmaceutický průmysl a zdravotnictví

Ve farmacii a zdravotnictví se automaticky řízené vozíky k některým úkonům používají už poměrně dlouho, ale v posledních letech došlo i v tomto odvětví k velkému nárůstu. Samozřejmě i tomto případě na tom bude mít podíl situace kolem Covid-19. Farmaceutické firmy se snaží šetřit každou minutu času, kterou mohou věnovat vývoji léků a vakcín a ve zdravotnictví byl po dlouhou zoufalý nedostatek personálu. A přesně pro tyto případy jsou AGV vozidla skvělým řešením. Dají se využít na mnoho úkonů jak např. manipulace se sypkým materiálem, manipulace s léky, přemístění laboratorních vzorků, centrální zásobování a přeprava potravin, přeprava špinavého nádobí, ložního prádla, odvoz odpadu apod. Využití AGV vozidel při těchto provozních činnostech umožňuje přesun pracovníků do jiných oddělení nebo potřebnějších činností. [29]



Obr. 2.3 Využití AGV vozíku ve zdravotnictví

Zdroj: [30].

Papír a tisk

Mezi první implementace AGV vozidel v Evropě patřila zakázka na manipulaci s papírem. Již v 70. letech byla snaha automatizovat manipulaci a přepravu cenných rolí papíru, jelikož při ruční manipulaci docházelo k velkému poškození rolí až do hloubky 10 cm vnějšího průměru. [5]

Letectví a kosmonautika

Toto odvětví patří k těm novějším ve využívání AGV vozidel. Je třeba brát v úvahu, že v tomto oboru se manipuluje s velkými komponenty a díly, takže AGV vozidla bývají často navržena individuálně, přesně dle potřeb zákazníka. Často se jedná o velká vozidla montážního typu s různými speciálními úchyty a doplňkovými robotickými montážními prvky, vyměnitelnými nástrojovými nástavci apod. [31]



Obr. 2.4 Využití AGV vozidel v letectví

Zdroj: [31].

2.3 Vybrané výrobní společnosti AGV systémů

V této podkapitole jsou blíže popsány jedny z nejznámějších mezinárodní společnosti zabývající se automatizačními systémy a výrobou AGV vozidel.

2.3.1 LINDE MATERIAL HANDLING

Společnost byla založena v roce 1904 v Mnichově, v té době pod názvem Güldner-Motoren-Gesellschaft. Automaticky řízená vozidla začala firma sériově vyrábět na přelomu 20. a 21. století. V současnosti je společnost Linde Material Handling jedním z hlavních světových výrobců vysokozdvizných vozíků a vybavení pro sklady. Linde působí ve více než 100 zemích světa a zaměstnává více než 13 000 pracovníků. Díky husté síti prodejních a servisních míst je schopna ve většině států garantovat doručení náhradních dílů do 24 hodin. V roce 2006 se stala Linde součástí skupiny KION Group, která je druhým největším výrobcem průmyslových nákladních vozidel na světě a jedním z hlavních dodavatelů intralogistických automatizačních řešení. [32]

Společnost Linde neustále vyvíjí a zdokonaluje výkonná řešení pro intralogistiku. Základem jsou vysokozdvizné vozíky s elektrickým nebo naftovým pohonem. Dále firma nabízí skladové vybavení, softwarovou správu, automatizační řešení, asistenční systémy, školení obsluhy a možnosti financování. [33]

Automatizované logistické vozíky patří do série MATIC a možnosti jejich použití se dělí do 4 oblastí:

- automatizované tažné traktory vhodné pro přepravu zboží;
- automatizované vychystávací vozíky s nízkým zdvihem vhodné pro přepravu, zvedání a vykládání zboží na nízké úrovni;
- stohovací a paletové vozíky vhodné pro skladování a vychystávání na středně vysokých až vyšších úrovních regálů;
- vozíky pro práci ve stísněných prostorech a velkých výškách skladu. [33]

Modely MATIC jsou naváděny pomocí geonavigačního systému. Čtyři laserové senzory snímají prostředí vozíku ve všech směrech do vzdálenosti 30 metrů. Blízké okolí AGV vozíku monitoruje 3D kamera umístěná v jeho nejvyšším bodě. Všechna zaznamenaná data se zpracovávají centrálně, což umožňuje spolupráci s jinými automatizovanými systémy a také bezpečný pohyb ve stísněných prostorech. Modely MATIC umožňují jednoduché a rychlé přepínání mezi automatickým a ručním řízením. Ke všem typům je možné dokoupit ještě volitelné vybavení. [33]

P-MATIC

Automatizovaný elektrický tahač s plošinou pro řidiče je vhodný pro převážení nákladu v omezených prostorách. Zvládne převážet náklad o hmotnosti od 3000 do 5000 kg. Běžně se používá ve skladech a podnicích pro přepravu výrobního materiálu a odvoz větších nákladů nebo při likvidaci odpadních produktů. Díky inteligentnímu bezpečnostnímu systému, který opticky monitoruje okolí a využívá laserové detektory a 3D kamery, dokáže správně reagovat na stojící nebo pohybující se překážky ve své trase. Navigační systém tedy už nepotřebuje žádné další lasery nebo naváděcí stopy na podlaze. [33]

C-MATIC

Typ AGV vozíku C-MATIC je využíván pro přepravu lehkého zboží na výrobní linku, pro vychystávání souprav k montážní lince a pro likvidaci surovin. [33]



Obr. 2.5 Linde C-MATIC – Naváděný tahač

Zdroj: [33].

K-MATIC

Regálový zakladač s nosností nákladu do 1500 kg a výškou zdvihu 12 metrů. Svou práci zvládá skvěle jako samostatné vozidlo i jako součást centrálně řízeného vozového parku. Dokáže spolupracovat i s dopravníky nebo balíciemi stanicemi. [33]



Obr. 2.6 Linde K-MATIC – Vozík pro velmi úzké uličky

Zdroj: [33].

R-MATIC

Tento vysokozdvihný AGV vozík dokáže přepravovat a manipulovat zboží o hmotnosti do 1600 kg a ve výškách více než 11 metrů. Tento model využívá laser nejen k identifikaci překážek ale také k detekci otvorů a nákladů na paletách, aby je dokázal přesně uložit nebo vyzvednout i ve výškách. Součástí je i asistenční systém řidiče Dynamic Mast Control, který vyvažuje pohyby stožáru s cílenými protipohyby. Dále disponuje také čtečkou čárových kódů nebo RFID pro snadnou identifikaci nákladu. [33]

L-MATIC

Paletový zakladač vhodný pro zakládání a manipulaci na nízké výškové úrovni a pro převážení dvoupatrových nákladů. Nosnost nákladu je až 1200 kg a výška zdvihu až 1,9 metru. Díky geonavigaci jej lze používat samostatně, nebo i jako součást automatizovaného vozového parku. L-MATIC používá software Supervisor, takže dokáže jednoduše komunikovat s dalšími automatizovanými systémy. Tento model existuje ve třech provedeních, které se liší podle konkrétnějších požadavků pro manipulaci. [33]



Obr. 2.7 Linde L-MATIC – Paletový zakladač

Zdroj: [33].

T-MATIC

Jedná se o automaticky řízený paletový vozík určený pro přepravu na dlouhé vzdálenosti, nebo k blokovému stohování při vychystávání na odeslání. Je navržen tak, aby dokázal unést zatížení až 3000 kg a lze jej používat samostatně nebo jako součást automatizovaného vozového parku. Je velmi vhodný pro využití ve stísněných prostorech. [33]

Reference – Schneider Electric

Tato reference se týká společnosti Schneider Electric, jež se zabývá digitálními a automatizačními řešeními pro efektivní udržitelnost. Firma má pobočkovou síť ve 150 zemích a jeden z hlavních skladů se nachází v Barceloně. A přesně v tomto skladu bylo potřeba zvýšit efektivitu intralogistických procesů a produktivitu skladu. Proto byly nakonec vybrány dva automatizované vysokozdvižné vozíky L-MATIC AC od společnosti Linde, které dle slov projektového inženýra dokázaly díky rychlé implementaci proměnit vizi v realitu. [34]

2.3.2 JUNGHEINRICH

Počátek vzniku společnosti se datuje od založení obchodního domu H. Jungheinrich & Co. Hermannem Jungheinrichem v roce 1908. Ovšem o začátek společnosti, jak ji známe dnes se zasloužil jeho nejstarší syn, Friedrich Jungheinrich v roce 1953 znovuzaložením společnosti pod názvem H. Jungheinrich & Co. Maschinenfabrik v Hamburku. Zde sídlí dodnes s názvem Jungheinrich AG. Je jedním z předních dodavatelů intralogistických řešení ve světě, nabízí plně automatizované logistické systémy, softwarová řešení, servisní a finanční služby. Pro společnost Jungheinrich AG pracuje 16 000 zaměstnanců v 39 zemích světa. [35]

EKS 215a

Automatický vertikální vychystávací vozík je naváděn laserovou navigací s odrážkami umístěnými na trase. Disponuje třífázovou technologií pro dlouhou výdrž baterie, správcem spotřeby energie, regenerativním brzděním apod. . Díky samonosným vidlím je vysoce flexibilní a je uzpůsoben k přepravě zvláštních nosičů nákladů a uzavřených palet. Model EKS 215a dokáže zvednout náklad s maximální hmotností 1500 kg až do výšky 6 metrů. [36]

ERC 213a / 217a

Automatický vysokozdvizný vozík, který je díky svým rozměrům vhodný pro práci na omezeném prostoru. Výkonný elektrický zdvihový motor zajišťuje plynulé a tiché spouštění i zvedání až do výšky 3,1 – 4,4 metrů v závislosti na typu vozíku. Bezpečnost ve smíšeném provozu zajišťují bezpečnostní systémy jaké např. sériově instalované skenery ochrany osob. Vozík je navigován pomocí laserového navigačního systému. Lze jej využívat samostatně nebo může být zapojen do už zavedeného IT prostředí. [37]



Obr. 2.8 Jungheinrich ERC 213a / 217a – Automatizovaný vysokozdvížený vozík
Zdroj: [37].

ERE 225a

Automatický nízkozdvížený vozík společnosti Jungheinrich je vybaven dlouhými vidlemi s jejichž pomocí dokáže přepravovat několik palte současně a tím výrazně zefektivňuje přepravní procesy. S třífázovým motorem dokáže převážet zboží na velké vzdálenosti bez přerušení. Bezpečnostní systémy jako např. instalované skenery osob nebo odolná uzavřená konstrukce s ocelovým rámem, umožňují využívat tyto vozíky ve smíšeném provozu. Tento automatizovaný vozík je schopen zvednout náklad o hmotnosti až 2500 kg do výšky 1,25 metru. [38]

EZS 350a

Automatický tahač tohoto typu slouží hlavně k efektivnímu tažení těžkých přívěsů vážících až 5000 kg, často je využíván k zásobování výrobních pracovišť. Tento model velmi spolehlivě. Tento typ AGV od Jungheinrich byl vyvinut na základě sériově vyráběných a osvědčených modelů společnosti. Dokáže hravě zvládat spoustu běžných úkonů, s vysokou mírou bezpečnosti. Bezchybný pohyb tahače zajišťuje přesná laserová navigace s odrazkami umístěnými v okolí trasy. I tento model je poháněn pomocí třífázového motoru, jež zajišťuje i při nízké spotřebě vysoký výkon. [39]



Obr. 2.9 Jungheinrich EZS 350a – Automatizovaný tahač

Zdroj: [39].

EKX 516a

Automatický regálový zakladač dokáže zvednout náklad s hmotností až 1600 kg do pozoruhodné výšky 13 metrů. Je tedy perfektním pomocníkem při vychystávání zboží ve skladech. Díky synchronnímu reluktačnímu motoru s minimálními nároky na údržbu a pohonem 80 V dosahuje nadstandartních měřítek výkonosti navzdory stále nízké spotřebě energie. Tento zakladač využívá k dobíjení energie integrovaný nabíječ, proudovou kolejnici a sběrač proudu, a proto je možné ho používat nepřetržitě. Navigace zakladače je zajištěna indukčním vedením. [24]

ETX 515a

Automatický regálový zakladač je autonomní přepravní vozík bez řidiče s největší flexibilitou v automatizovaném režimu. Se systémem přesného polohování, řízením průjezdu zatáčkami a kontrolou středění a obrysu může efektivně zvládnout plnou automatizaci. Technologie indukčního vedení je velmi spolehlivá a zajišťuje bezpečnou jízdu vozidla i v provozu bez řidiče. [40]



Obr. 2.10 Jungheinrich EZS 350a – Automatizovaný regálový zakladač

Zdroj: [40].

Reference – Foxconn European Manufacturing Services s.r.o.

Společnost Foxconn je předním výrobcem elektroniky a poskytovatelem poprodejních služeb. V České republice patří dlouhodobě mezi 3 nejvýznamnější exportéry. Neustálá snaha o zefektivnění produktivity práce přivedla firmu k rozhodnutí automatizovat některé logistické operace. Prozatím byl jako první nasazen paletový AGV vozík ERC 215a pro převoz hotových výrobků mezi výrobou a expedicí. Tento AGV vozík byl instalován samostatně, bez nutnosti napojení na interní systémy. O navigaci se stará AGV řídicí systém ve spolupráci s instalovanými čidly. [41]

2.3.3 STILL

Počátek společnosti se datuje od roku 1920, kdy mladý Hans Still založil podnik na opravu elektromotorů v Hamburku. V začátcích měl jen 2 zaměstnance, ale protože dával při práci důraz na kvalitu a rychlost, tak se jeho podnik poměrně rychle rozrůstal a v roce 1937 měl už přes 500 zaměstnanců. Zanedlouho firma potřebovala nové větší prostory pro svůj růst, a tak byla přesunuta do hamburské čtvrti Billbrook, kde sídlí dodnes. Hans Still si byl velmi dobře vědom, že zaměstnanci a jejich spokojenost má velký vliv na úspěch společnosti, a tak postupně zaváděl různé inovace jako závodního

lékaře apod. V roce 1940 pak založil Sdružení pro pomoc v nouzi Hanse Stila, které pravidelně rozdělovalo zaměstnancům velké částky. Tato tradice se zachovala formou vyplácení firemního důchodu do současnosti. Aktuálně zaměstnává společnost přes 6000 lidí po celém světě. V roce 1952 bohužel Hans Still tragicky zemřel, ale jeho společnost i nadále dodržuje jeho zásady, které popsal jako: „Vysoký standard práce, ekonomická životaschopnost výrobků, pečlivá výroba a kompletní servis jsou pevným základem kvality společnosti STILL“. Momentálně je společnost STILL jedním z hlavních poskytovatelů intralogistických služeb a vytváří komplexní návrhy pro řízení intralogistických procesů, tak aby komunikace mezi vozíky a souvisejícími systémy byla rychlá a efektivní. STILL stejně jako společnost Linde je součástí koncernu KION. [42]

LTX 50 iGO systems

Automatizovaný tahač využívaný pro horizontální přepravu, pro přepravu po trasách a také pro zásobování výroby či odvážení hotových výrobků. Hmotnostní limity tohoto vozíku jsou 5 tun a maximální standardní rychlost 1,7 m/s. Bezpečnost je pro tento model jednou z hlavních priorit. Umožňuje přepínání na manuální řízení. [43]

FM-X iGo systems

Jedná se o automatizovaný vysokozdvizný vozík s výsuvným zvedacím zařízením, který se hodí na zaskladňování a vyskladňování ve skladech a dokáže zaskladňovat zboží až do výšky 10 metrů. Pro svůj pohyb potřebuje spíše širší uličky. Vozík jezdí standardní rychlostí 1,7 m/s. V případě potřeby je možné jej přepnout na manuální provoz. [43]

EXV iGo systems

Automatizovaný vysokozdvizný vozík bývá často využíván při zásobování výroby. Je vhodný do skladů s širokými uličkami a do blokových skladů. Vozík EXV zvládá spoustu činností, jako např. naskladňování (až do výšky 3 metrů) a vyskladňování, přepravování po trasách nebo již výše zmíněné zásobování výroby. Maximální rychlost 1,7 m/s. Umožňuje přepínání na manuální řízení. [43]



Obr. 2.11 STILL EXV iGo systems – Automatizovaný vysokozdvížený vozík

Zdroj: [43].

MX-X iGo systems

Tento model společnosti STILL najde uplatnění ve skladech s vysokými regály a úzkými uličkami. Vozík je naváděn pomocí indukce nebo mechanicky a disponuje otočnou nebo teleskopickou vidlicí. Dokáže zaskladňovat zboží až do výšky 14 metrů. Běžná standardní rychlost je okolo 2 m/s při indukčním vedení a 3 m/s při mechanickém vedení. Vozík je možno přepínat mezi manuálním a automatickým řízením. [43]



Obr. 2.12 STILL MX-X iGo systems – Automatizovaný regálový vozík

Zdroj: [43].

Reference – CASA

STILL i se sesterskou společností Dematic dostala za úkol automatizovat nové distribuční centrum společnosti CASA International v Belgii. Tato firma má řetězce s vybavením domácnosti. Po důkladné analýze bylo do skladu nasazeno 7 automatizovaných vozíků STILL FM-X s výsuvným zařízením a 5 automatizovaných regálových vozíků STILL MX-X. Nyní materiálový tok probíhá ve skladu plně automatizovaně. Logistický koordinátor firmy CASA potvrdil, že díky automatizaci se zvýšila produktivita a také plynulost materiálového toku. [43]

2.3.4 Srovnání automatizovaných tahačů dle technických parametrů

Tažná automatizovaná vozidla za sebou mohou táhnout velké množství různých typů přepravních vozíků, které se liší zejména v požadavcích na způsob nakládání a vykládání nákladu. Podrobnější informace ohledně automatizovaných tahačů viz. podkapitola 1.4.3.

Tab. 2.2 Srovnání automatizovaných tahačů dle technických parametrů

Srovnání automatizovaných tahačů dle technických parametrů			
			
	Linde: P-MATIC	Jungheinrich: EZS 350a	STILL: LTX 50 iGo Systems
Nosnost nákladu	do 5000 kg	do 5000 kg	do 5000 kg
Typ navigace	Laserová navigace	Různé druhy formou hybridní navigace	Různé druhy navigace
Napájení	Lithium-iontová baterie	Lithium-iontová baterie	Olověná baterie
maximální rychlost	2 m/s	1,7 m/s	1,7 m/s
možnost přepnout na manuální řízení	Ano	Ano	Ano
vhodný pro smíšený i automatizovaný provoz	Ano	Ano	Ano

Zdroj: vlastní zpracování.

Z tabulky je patrné, že dle základních technických parametrů jsou si tažné vozíky výše zmíněných firem velmi podobné. Ovšem je nutné zdůraznit, že každý takový AGV vozík se přizpůsobuje přesně požadavkům zákazníka, takže je možné vybírat z mnoha dalších dodatečných komponentů a technologií, kterými se dají automatizovaná vozidla dovybavit.

3 Vypracování návrhu zásobování pracovišť s využitím AGV systému

Výrobní společnosti začínají čím dál častěji zavádět prvky automatizace do svého výrobního procesu. Ačkoliv bývají počáteční investice většinou nákladné, tak výhody, které automatizace přináší jsou pro firmu velkým přínosem. Jedná se především o:

- vyšší produktivita práce;
- přesnost práce a dodání na určené místo JUST-IN-TIME
- bezpečnost;
- nízké provozní náklady;
- nízké náklady na údržbu;
- snížení nákladů na pracovníky;
- snížení chybovosti pracovníků;
- optimalizace interních procesů;
- rychlá návratnost investic.

Tématem této kapitoly je návrh zásobování výrobních pracovišť pomocí automaticky řízených vozíků. Cílem návrhu je najít takový systém provozu AGV vozíků, aby zásobování jednotlivých pracovišť probíhalo plynule, bezpečně a efektivně.

Nejdůležitější informace nutné pro vypracování návrhu zásobování pracovišť:

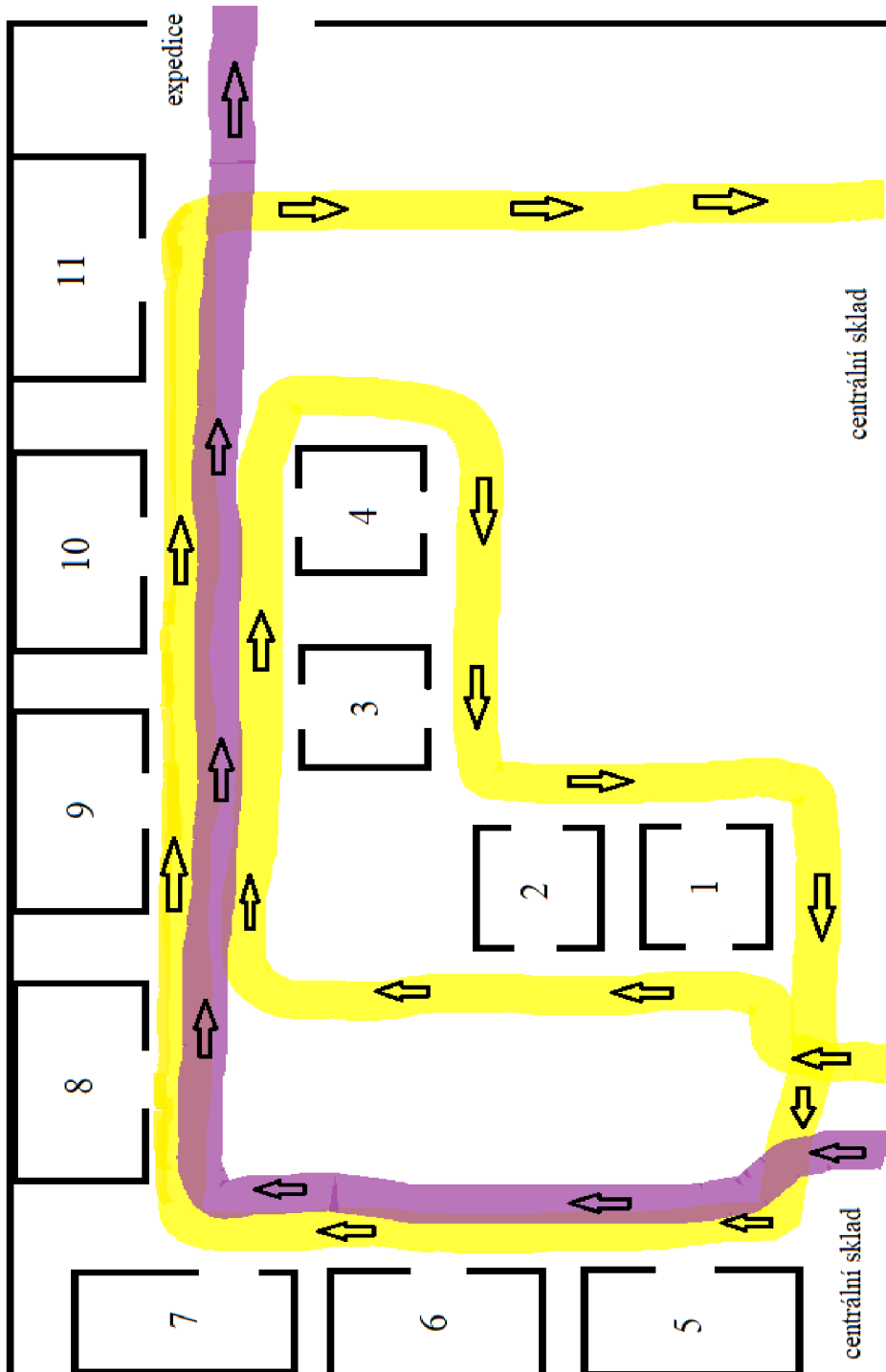
- grafický návrh přepravní trasy (zakreslení výrobní haly s jednotlivými pracovišti, kde bude AGV vozidlo nakládat či vykládat + zakreslení trasy jízdy AGV vozidla);
- celková vzdálenost přepravy materiálu;
- čas potřebný pro nakládání a vykládání materiálu;
- rychlost vozidel [44]

Principy uspořádání pracovišť pro obsluhu AGV vozidly:

- lineární průtokové vedení – několik za sebou jdoucích pracovišť, přes které postupně prochází dopravovaný materiál;
- rozvětvené průtokové vedení – kromě stanic vedoucích v řadě za sebou se vyskytuje několik stanic uspořádaných paralelně. Směr přepravovaného materiálu se v určitém místě rozdělí a později se zase jinde spojí;

- taxi princip – jednotlivá pracoviště jsou rozdělena na výchozí a cílové. Mohou být vzájemně propojené. [45]

3.1 Grafický návrh výrobní haly a zásobovacích tras



Obr. 3.1 Návrh zásobování výrobních pracovišť

Zdroj: vlastní zpracování.

Popis grafického návrhu

Na návrhu je graficky znázorněna výrobní hala s jedenácti výrobními pracovišti a dále jsou tam vyznačeny trasy zásobování jednotlivých pracovišť pomocí automaticky řízených vozidel.

Výrobní pracoviště 1 – 4

- výroba polotovarů.

Výrobní pracoviště 5 – 11

- sestavení konečného výrobku.

 trasa AGV vozidla č. 1

 trasa AVG vozidla č. 2

Zadání: Na žluté i fialové trase je nutné přepravit 3 dodávky s celkem dvanácti dávkami za hodinu.

3.2 Trasa AGV vozidla č. 1

Na první automatizované vozidlo jsou v centrálním skladu (CS) naloženy přepravky s materiálem. AGV vozidlo vyjíždí z centrálního skladu a jede k prvnímu pracovišti, kde zastaví a stojí po dobu 15 sekund (časový interval je pro nakládání i vykládání stejný), aby si zaměstnanci mohli vyložit potřebné množství materiálu pro výrobu polotovaru. Poté odjíždí ke druhému pracovišti, kde se proces opakuje. Dále takto veze materiál ještě na třetí a čtvrté pracoviště. Čtvrté pracoviště poté objede a opět u něj zastaví z druhé strany, kde jsou připraveny přepravky s již hotovými polotovary, které pracovníci naloží na automatizovaný vozík. Ten poté dále pokračuje k pracovištím číslo 3, 2 a 1, kde se proces nakládání polotovarů opakuje.

Po naložení polotovarů u prvního pracoviště putuje vozík k pracovišti č. 5, kde zastaví a pracovníci si vyskládají potřebný počet přepravek na kompletaci výrobku pro jeden cyklus. Poté jede automatizované vozidlo k pracovišti č. 6, kde se proces je proces

totožný. Stejným způsobem rozveze vozidlo přepravky s polotovary do všech zbývajících pracovišť, tedy čísla 8–11. Po vyložení přepravky na posledním pracovišti se AGV vrací zpět do centrálního skladu, kde je opětovně naloženo materiálem a celý zásobovací proces se opakuje.

Jednotlivé vzdálenosti na trase

V tabulce 3.1 jsou rozepsány vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti na žlutě vyznačené trase.

Tab. 3.1 Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti

Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti	
stanoviště (centrální sklad, čísla pracovišť)	vzdálenost mezi stanovišti (m)
CS–1	80
1–2	60
2–3	110
3–4	50
4–4	60
4–3	50
3–2	40
2–1	60
1–5	130
5–6	80
6–7	80
7–8	70
8–9	70
9–10	80
10–11	70
11–CS	180
celková vzdálenost	1270

Zdroj: vlastní zpracování.

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že celková délka žluté trasy AGV vozidla č. 1 činí 1270 metrů.

1. výpočet celkového času dodávky na vozidlo (doba obratu) v minutách

$$D_{PL} = 1270 \text{ m}$$

$$v_{PL} = 1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_{LOAD} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ sekund}$$

$$t_{UNLOAD} = 15 \cdot 11 = 165 \text{ sekund}$$

$$T_{DV} = \frac{D_{PL}}{v_{PL}} + t_{LOAD} + t_{UNLOAD} \quad (3.1)$$

$$T_{DV} = \frac{1270}{1,3} + 75 + 165 = 1216,92 \div 60 = 20,28$$

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo (min.)

D_{PL} celková průměrná přepravní vzdálenost s nákladem (m)

v_{PL} rychlost plného vozidla nebo soupravy ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

t_{LOAD} čas nakládky manipulačních jednotek

t_{UNLOAD} čas vykládky manipulačních jednotek

Z prvního výpočtu vyplývá, že při rychlosti $1,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zvládne AGV vozidlo jednu dodávku za 20,28 minut.

2. výpočet celkového času dodávky na vozidlo (doba obratu) v minutách

$$D_{PL} = 1270 \text{ m}$$

$$v_{PL} = 1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_{LOAD} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ sekund}$$

$$t_{UNLOAD} = 15 \cdot 11 = 165 \text{ sekund}$$

$$T_{DV} = \frac{D_{PL}}{v_{PL}} + t_{LOAD} + t_{UNLOAD} \quad (3.2)$$

$$T_{DV} = \frac{1270}{1,4} + 75 + 165 = 1147,14 \div 60 = 19,12$$

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo (min.)

D_{PL} celková průměrná přepravní vzdálenost s nákladem (m)

v_{PL} rychlost plného vozidla nebo soupravy ($m \cdot s^{-1}$)

t_{LOAD} čas nakládky manipulačních jednotek

t_{UNLOAD} čas vykládky manipulačních jednotek

Z druhého výpočtu vyplývá, že při rychlosti $1,4 m \cdot s^{-1}$ zvládne AGV vozidlo jednu dodávku za 19,12 minut.

3. výpočet celkového času dodávky na vozidlo (doba obratu) v minutách

$$D_{PL} = 1270 \text{ m}$$

$$v_{PL} = 1,5 m \cdot s^{-1}$$

$$t_{LOAD} = 15 \cdot 5 = 75 \text{ sekund}$$

$$t_{UNLOAD} = 15 \cdot 11 = 165 \text{ sekund}$$

$$T_{DV} = \frac{D_{PL}}{v_{PL}} + t_{LOAD} + t_{UNLOAD} \quad (3.3)$$

$$T_{DV} = \frac{1270}{1,5} + 75 + 165 = 1086,67 \div 60 = 18,11$$

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo (min.)

D_{PL} celková průměrná přepravní vzdálenost s nákladem (m)

v_{PL} rychlost plného vozidla nebo soupravy ($m \cdot s^{-1}$)

t_{LOAD} čas nakládky manipulačních jednotek

t_{UNLOAD} čas vykládky manipulačních jednotek

Z třetího výpočtu vyplývá, že při rychlosti $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zvládne AGV vozidlo jednu dodávku za 18,11 minut.

3.3 Trasa AGV vozidla č. 2

Druhé automaticky řízené vozidlo vyjíždí z centrálního skladu bez nákladu. Jede rovnou k pracovišti č. 5, kde na něj po dobu stání pracovníci naloží přepravky s hotovými výrobky. Dále AHV vozidlo pokračuje k pracovišti č. 6, kde se celý nakládací proces opakuje. Stejným způsobem probíhají nakládky v pracovištích č. 7, 8, 9, 10 a 11. Po vyzvednutí výrobků v posledním pracovišti jede automatizované vozidlo do expedice, kde jsou přepravky s výrobky vyloženy a prázdný se vrací do centrálního skladu. Tento jízdní proces se opakuje v předem nastavených intervalech.

Jednotlivé vzdálenosti

V tabulce 3.2 jsou rozepsány vzdálenosti mezi jednotlivými stanovišti na fialové vyznačené trase.

Tab. 3.2 Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti

Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti	
stanoviště (centrální sklad, čísla pracovišť)	vzdálenost mezi stanovišti (m)
CS–5	100
5–6	80
6–7	80
7–8	70
8–9	70
9–10	80
10–11	70
11–expedice	60
expedice–CS	230
celková vzdálenost	840

Zdroj: vlastní zpracování.

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že celková délka fialové trasy AGV vozidla č. 2 činí 840 metrů.

1. výpočet celkového času dodávky na vozidlo (doba obratu) v minutách

$$D_{PL} = 840 \text{ m}$$

$$v_{PL} = 0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_{LOAD} = 15 \cdot 7 = 105 \text{ sekund}$$

$$t_{UNLOAD} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ sekund}$$

$$T_{DV} = \frac{D_{PL}}{v_{PL}} + t_{LOAD} + t_{UNLOAD} \quad (3.4)$$

$$T_{DV} = \frac{840}{0,7} + 105 + 15 = 1320 \div 60 = 22$$

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo (min.)

D_{PL} celková průměrná přepravní vzdálenost s nákladem (m)

v_{PL} rychlost plného vozidla nebo soupravy ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

t_{LOAD} čas nakládky manipulačních jednotek

t_{UNLOAD} čas vykládky manipulačních jednotek

Z prvního výpočtu vyplývá, že při rychlosti $0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zvládne AGV vozidlo jednu dodávku za 22 minut.

2. výpočet celkového času dodávky na vozidlo (doba obratu) v minutách

$$D_{PL} = 840 \text{ m}$$

$$v_{PL} = 0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$t_{LOAD} = 15 \cdot 7 = 105 \text{ sekund}$$

$$t_{UNLOAD} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ sekund}$$

$$T_{DV} = \frac{D_{PL}}{v_{PL}} + t_{LOAD} + t_{UNLOAD} \quad (3.5)$$

$$T_{DV} = \frac{840}{0,8} + 105 + 15 = 1170 \div 60 = 19,5$$

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo (min.)

D_{PL} celková průměrná přepravní vzdálenost s nákladem (m)

v_{PL} rychlost plného vozidla nebo soupravy ($m \cdot s^{-1}$)

t_{LOAD} čas nakládky manipulačních jednotek

t_{UNLOAD} čas vykládky manipulačních jednotek

Z prvního výpočtu vyplývá, že při rychlosti $0,8 m \cdot s^{-1}$ zvládne AGV vozidlo jednu dodávku za 19,5 minut.

3. výpočet celkového času dodávky na vozidlo (doba obratu) v minutách

$$D_{PL} = 840 \text{ m}$$

$$v_{PL} = 0,9 m \cdot s^{-1}$$

$$t_{LOAD} = 15 \cdot 7 = 105 \text{ sekund}$$

$$t_{UNLOAD} = 15 \cdot 1 = 15 \text{ sekund}$$

$$T_{DV} = \frac{D_{PL}}{v_{PL}} + t_{LOAD} + t_{UNLOAD} \quad (3.6)$$

$$T_{DV} = \frac{840}{0,9} + 105 + 15 = 1053,33 \div 60 = 17,56$$

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo (min.)

D_{PL} celková průměrná přepravní vzdálenost s nákladem (m)

v_{PL} rychlost plného vozidla nebo soupravy ($m \cdot s^{-1}$)

t_{LOAD} čas nakládky manipulačních jednotek

t_{UNLOAD} čas vykládky manipulačních jednotek

Z prvního výpočtu vyplývá, že při rychlosti $0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zvládne AGV vozidlo jednu dodávku za 17,56 minut.

3.4 Shrnutí

Ve třetí kapitole diplomové práce byly pomocí výpočtů zjištěny následující informace.

 Trasa AGV vozidla č. 1 měří celkem 1270 m.

Tab. 3.3 Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti na žluté trase

čas dodávky na vozidlo (v minutách)	
rychlost	celkový čas
1,3 m·s ⁽⁻¹⁾	20,28 min.
1,4 m·s ⁽⁻¹⁾	19,12 min.
1,5 m·s ⁽⁻¹⁾	18,11 min.

Zdroj: vlastní zpracování.

Výpočet: počet dodávek na vozidlo (soupravu) za hodinu na žluté trase

$$T_{DV} = 19,12 \text{ min.}$$

$$T_f = 1$$

$$N_{DV} = \frac{60 T_f}{T_{DV}} \quad (3.7)$$


$$N_{DV} = \frac{60}{19,12} = 3,14$$

N_{DV} počet dodávek (jízdy) na vozidlo / soupravu za hodinu

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo / soupravu (min.)

T_f přepravní faktor zahrnující blokování a čekání vozidel na křižovatce

Pro splnění tří dodávek za hodinu se na žluté trase dle tabulky i výpočtu jeví jako nejvhodnější rychlost AGV vozidla $1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

 Trasa AVG vozidla č. 2 měří celkem 840 m.

Tab. 3.4 Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti na fialové trase

čas dodávky na vozidlo (v minutách)	
rychlost	celkový čas
$0,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	22,00 min.
$0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	19,50 min.
$0,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$	17,56 min.

Zdroj: vlastní zpracování.

Výpočet: počet dodávek na vozidlo (soupravu) za hodinu na žluté trase

$$T_{DV} = 19,50 \text{ min.}$$

$$T_f = 1$$

$$N_{DV} = \frac{60 T_f}{T_{DV}} \quad (1.2) \quad (3.8)$$

$$N_{DV} = \frac{60}{19,50} = 3,07$$

N_{DV} počet dodávek (jízdy) na vozidlo / soupravu za hodinu

T_{DV} celkový čas dodávky na vozidlo / soupravu (min.)

T_f přepravní faktor zahrnující blokování a čekání vozidel na křižovatce

Pro splnění tří dodávek za hodinu se na fialové trase dle tabulky i výpočtu jeví jako nejvhodnější rychlost AGV vozidla $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

4 Výběr vhodného typu AGV vozidla

V předchozí kapitole byl vytvořen návrh zásobování jednotlivých pracovišť. Z návrhu vyplývá, že náklad se bude vždy převážet pouze z jednoho místa na druhé. Nakládku a vykládku automatizovaného vozidla vždy zajistí pracovníci na pracovištích nebo v centrálním skladu. Je tedy zřejmé, že nebude potřeba náklad nikam zvedat ani s ním dělat jiné úkony. Vzhledem k počtu zásobovaných pracovišť se tedy jako nejvhodnější jeví AGV vozidlo tažného typu.

Na obou trasách bude náklad přepravován v plastových přepravních vozíky. Za oba automatizované tahače budou zapojeny přepravní vozíky modulárního typu, na kterých budou přepravky připevněny. Každý vozík poveze náklad pro jednu dávku. To znamená, že jeden tahač zajistí během jedné dodávky rozvoz čtyř dávek materiálu. Tedy při třech dodávkách za hodinu je to celkem 12 dávek, což splňuje zadaná kritéria pro zásobování.

Přepravní vozíky

Modulární přepravní vozíky je možné připojit za mechanicky řízené nebo automatizované vozidlo. Svou variabilitou jsou velkým přínosem v manipulačních procesech v rámci intralogistiky. Lze za sebou napojovat různé typy vozíků dle požadavků na dodávku. Jsou vhodné na vnější i vnitřní přepravu. Díky možnosti zapojit několik různých typů vozíků za jedno tažné vozidlo je šetřena lidská práce, zvyšuje se bezpečnost a efektivnost logistických procesů. Existuje mnoho druhů přepravních vozíků variabilních dle specifik přepravních jednotek. [45]

Obr. 4.1 Typy přepravních vozíků



Zdroj: [46].

Multikriteriální analýza

Tato analýza se zabývá porovnáním možných alternativ podle několika kritérií, která jsou hodnocena dle subjektivního názoru hodnotitele.

V případě této analýzy se jedná o multikriteriální bodovací analýzu. Z názvu vyplývá, že jednotlivá kritéria budou hodnocena body v rozsahu 1 – 10. Čím vyšší bude bodové ohodnocení, tím lépe je daná varianta hodnocena vzhledem ke kritériu. Nakonec bude spočítán aritmetický průměr ze všech bodů všech kritérií u jednotlivých variant tažných vozidel. Varianta s nejvyšším aritmetickým průměrem se dle hodnocení našich kritérií stává tou nejvhodnější.

Tab. 4.1 Informační tabulka s vybranými typy automatizovaných tahačů

Srovnání automatizovaných tahačů dle technických parametrů			
			
	Linde: P-MATIC	Jungheinrich: EZS 350a	STILL: LTX 50 iGo Systems
Cena	1 152 637,- Kč	1 276 422,- Kč	1 133 959,- Kč
Nosnost nákladu	do 5000 kg	do 5000 kg	do 5000 kg
Typ navigace	Laserová navigace	kombinovaná forma pro vyšší bezpečnost	Různé druhy navigace
Napájení	Lithium-iontová baterie	Lithium-iontová baterie	Olověná baterie
maximální rychlost	2 m/s	1,7 m/s	1,7 m/s
bezpečnost	kombinovaná technologie laseru a 3D kamery, dvě nouzová tlačítka, akustické a vizuální nouzové systémy	skener ochrany osob ve směru pohonu, boční senzory, nouzový vypínač na vozíku	360° laserová ochrana osob, nouzové tlačítko na vozíku

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 4.2 Tabulka s bodovým hodnocením kritérií pro výběr AGV vozidla

Tabulka s bodovým hodnocením kritérií pro výběr AGV vozidla			
			
	Linde: P-MATIC	Jungheinrich: EZS 350a	STILL: LTX 50 iGo Systems
Cena	8	4	10
Nosnost nákladu	10	10	10
Typ navigace	7	10	8
Napájení	10	10	5
Maximální rychlost	10	7	7
Bezpečnost	10	8	8
Aritmetický průměr	9,17	8,17	8

Zdroj: vlastní zpracování.

Dle výsledků aritmetických průměrů v multikriteriální bodovací analýze je pro výše uvedený výrobní provoz nejvhodnějším tažným automatizovaným vozidlem model společnosti Linde P-MATIC. Jeho kritéria nejlépe splňují kritéria výběru.

Pro správné fungování zásobování průmyslové haly budou tedy využita dvě tažná vozidla typu Linde P-MATIC. Každé z nich bude obsluhovat jednu trasu a dodávky budou uskutečňovány ve frekvenci 3x za hodinu. Za každým AGV vozidlem budou zapojeny čtyři vozíky modulárního typu, které jsou schopné přepravit čtyři dávky materiálu. Z toho plyne, že na každé trase bude během jedné hodiny přepraveno dvanáct dávek materiálu, což splňuje požadavky zadání.

Závěr

Příprava implementace AGV vozidel do jakéhokoliv provozu zahrnuje široké spektrum úkolů, které musí být vyřešeny. Vzhledem k čím dále častějšímu zavádění automatizace v podnicích se i společnosti vyrábějící automatizovaná vozidla zabývají komplexním poradenstvím a celkovou implementací AGV systémů. U většina automatizovaných vozidel je možnost přepnutí na manuální režim, takže jsou tyto vozidla schopná fungovat v částečně automatizovaném i plně automatizovaném provozu.

Praktická část diplomové práce obsahuje návrh zásobování průmyslové haly, včetně časového plánu a výběru vhodného automatizovaného vozidla. Nejprve byl zpracován grafický návrh zásobovaného pracoviště s vyznačenými trasami pro automatizovaná vozidla. Poté následují tabulky s údaji o vzdálenostech jednotlivých tras a počtem zastávek. Dále pak výpočty celkového času jednotlivých dodávek jedním vozidlem a poté výpočet množství dodávek za hodinu pro jedno AGV vozidlo.

Ve poslední kapitole je za pomoci multikriteriální analýzy zpracován výběr nejvhodnějšího vozidla pro zásobování tras dle zadání. Mezi zohledňovaná kritéria patří cena, bezpečnost, způsob navigace a napájení, nosnost nákladu a maximální rychlost vozidla. Pomocí multikriteriální bodovací metody byly u všech tří AGV modelů jednotlivým kritériím přiděleny body v rozmezí 1-10 s tím, že čím vyšší číslo, tím lepší hodnocení. Poté byly body všech kritérií u jednotlivých modelů sečteny a pomocí aritmetického průměru bylo dosaženo nejlepšího výsledku u tažného AGV vozidla P-MATIC společnosti Linde.

V posledních letech došlo ke značnému nárůstu zájmu o AGV vozidla, a tak není divu, že i u nich dochází k neustálým inovacím, a to především v oblasti flexibility pohybu. Současná doba, kdy probíhá tzv. čtvrtá průmyslová revoluce se technologie vyvíjí a zlepšují přímo skokově. A s těmito novými technologiemi v oblasti přesouvání materiálu z místa na místo přichází na řadu autonomní mobilní roboty (AMR) Na rozdíl od AGV vozidel, které mají jasně určené trasy pohybu, dokážou AMR vozidla flexibilně reagovat na různé překážky a v případě potřeby ihned najdou alternativní trasu a tím nedochází k žádnému zdržení. Systém AMR vozidel je velice pokročilý začíná se využívat stále častěji.

Seznam zdrojů

- [1] FEDORKO, G. *AVG – charakteristika, vývoj, podstata fungovania*. Přerov: Vysoká škola logistiky, o.p.s., 2020. Dostupné také z: intranet Vysoké školy logistiky o.p.s.
- [2] Automatic Guided Vehicles. *MHI – The Industry That Makes Supply Chains Work* [online]. 2020 [cit. 2020-12-15] Dostupné z: <https://www.mhi.org/fundamentals/automatic-guided-vehicles>.
- [3] Automated Guided Vehicles (AGV) Meaning & Types | 6 River Systems. *Fulfillment Solutions & Warehouse Automation | 6 River Systems* [online]. © 2021 [cit. 2021-03-15]. Dostupné z: <https://6river.com/what-are-automated-guided-vehicles/>.
- [4] StackPath. *StackPath* [online]. 2021 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: https://www.mhlnews.com/technology-automation/article/22054312/a-guide-to-automated-guided-vehicles?NL=MHM-02&Issue=MHM-02_20170530_MHM-02_732&sfvc4enews=42&cl=article_2&utm_rid=CPG03000007771303&utm_campaign=19604&utm_medium=email&elq2=0d97b177759241799dc5c233a2e2c9f6.
- [5] ULLRICH, G. *Automated Guided Vehicle Systems. A Primer with Practical Applications*. Berlín [Heidelberg]: Springer, 2015. ISBN: 978-3-662-44813-7.
- [6] *Hlavní strana – Almanach produkce – katalog firem a produktů pro průmysl* [online]. © 2021 [cit. 2021-03-17]. Dostupné z: <http://ce.almanachprodukce.cz/media/download/materialy/pdf/ff0d90b647d71d3630d361d9e312e9cd.pdf>.
- [7] WARDLAW, I. F. a J. B. PASSIOURA. *Transport and Transfer Processes in Plants*. London: Academic Press. 1975. ISBN 0-12-734850-6.
- [8] Automatizované vysokozdvizné vozíky od společnosti Linde Material Handling. [online]. Linde Material Handling, © 2021 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz/cs/Vyrobky/Automatizovane-voziky/>.
- [9] Automated Guided Vehicle | StackRack. *StackRack* [online]. © 2019 [cit. 2021-04-02]. Dostupné z: <https://stackrack.com/solution/autonomous-driving/automated-guided-vehicle>.
- [10] Vozík k přepravě trupů letadel: až 70 t | HUBTEX. *Redirecting to /country?destination=/node/95* [online]. 2021 [cit. 2021-04-07]. Dostupné z: <https://www.hubtex.com/cs-cz/vyrobky/manipulace-letectvi-letecky-prumysl/vozik-preprava-trupu-letadla>.

- [11] EZS 350a | Jungheinrich . *Jungheinrich* | *Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ezs-350a-492450>.
- [12] 3 Reasons Why You Should Consider Implementing AGVs on Your Factory Floor. *Technologiescouting* | *ROKIN* | *Deutschland* [online]. 2021 [cit. 2021-04-10]. Dostupné z: <https://www.rokin.tech/post/3-reasons-why-you-should-consider-implementing-agvs-on-your-factory-floor>.
- [13] Automated Guided Vehicle Manufacturer – AGV Company. *RedViking – Digital Manufacturing Solutions, Test Systems, Assembly Solutions* [online]. RedViking, © 2021 [cit. 2021-04-11]. Dostupné z: <https://www.redviking.com/what-we-do/manufacturing-solutions/automated-guided-vehicles-agvs.html>.
- [14] Automatic guided vehicle – Daifuku webb. *DirectIndustry – The B2B marketplace for industrial equipment: sensors, automation, motors, pumps, handling materials, packaging, etc.* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://www.directindustry.com/prod/daifuku-webb/product-14787-1349705.html>.
- [15] Introduction Optical Track Guidance | Götting KG. *Götting KG | Components for AGV | Vehicle Automation* [online]. © 1997 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.goetting-agv.com/components/optical/introduction>.
- [16] AGVs: navigation systems. A review of the main technologies that... | by JL Martinez | Medium. *Medium – Where good ideas find you.* [online]. 2021 [cit. 2021-04-15]. Dostupné z: <https://medium.com/@jlmartinez.es/agvs-navigation-systems-354b3469e6c3>.
- [17] Feledy C., Schiller Luttenberg M., *A State of the Art Map of the AGVS Technology and Guideline for How and Where to use it*. Lund (Švédsko): Lund University, 2017.
- [18] Introduction Inductive Track Guidance | Götting KG. *Götting KG | Components for AGV | Vehicle Automation* [online]. © 1997 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.goetting-agv.com/components/inductive/introduction>.
- [19] Laserová navigace Agv – Novinky – Suzhou Dafang Special Vehicle Co., Ltd.. *Website occurrence problem* [online]. Suzhou Dafang Special Vehicle, © 2021 [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <http://cz.szdf-ru.com/news/agv-laser-navigation-39644876.html>.
- [20] Navigation in the warehouse with navigation scanners | SICK. *301 Moved Permanently* [online]. SICK AG, © 2021 [cit. 2021-05-20]. Dostupné z:

<https://www.sick.com/be/en/end-of-line-packaging/automated-guided-vehicle-agv/navigation-in-the-warehouse-with-navigation-scanners/c/p514345>.

[21] Automated Guided Vehicle Market Size Report, 2021-2028. *Market Research Reports & Consulting | Grand View Research, Inc.* [online]. Grand View Research, © 2021 [cit. 2021-07-21]. Dostupné z: <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/automated-guided-vehicle-agv-market>.

[22] Global Automated Guided Vehicle Market – Industry Trends and Forecast to 2028. *Data Bridge Market Research.* [online]. 2021 [cit. 2021-07-21]. Dostupné z: <http://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-automated-guided-vehicles-market>.

[23] Wamech Lean Intralogistics. *Intralogistika, vnitřní logistika – WAMECH LEAN INTRALOGISTICS.* [online]. WAMECH, © 2018 [cit. 2021-07-30] Dostupné z: <https://www.leanintralogistics.com/?lang=cz>.

[24] Automatický regálový zakladač EKX 516a | Jungheinrich. *Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ekx-516a-492422>.

[25] The Top Industries AGVs Will Grow in 2020 – Fred Automation. *Home – Fred Automation* [online]. FRED AGV, © 2021 [cit. 2021-08-02]. Dostupné z: <https://www.fredagv.com/news/the-top-industries-agvs-will-grow-in-2020/>.

[26] Jak se vyrábí elektrické Porsche Taycan? Továrna je částečně v podzemí – Novinky.cz. *Novinky.cz – nejčtenější zprávy na českém internetu* [online]. Praha: Novinky.cz, © 2003 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.novinky.cz/auto/clanek/jak-se-vyrabi-elektricke-porsche-taycan-tovarna-je-castecne-v-podzemi-40296449>.

[27] Potraviny a nápoje | Jungheinrich. *Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-03]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/reseni-pro-vas/individualni-reseni/potraviny-a-napoje>.

[28] The Top Industries AGVs Will Grow in 2020 – Fred Automation. *Home – Fred Automation* [online]. FRED AGV, © 2021 [cit. 2021-08-03]. Dostupné z: <https://www.fredagv.com/news/the-top-industries-agvs-will-grow-in-2020/>.

[29] The AGV Market Is Booming and the Future Prospect Is Equally Impressive – Industry Tap. *Industry Tap – Tap Into News* [online]. © 2021 [cit. 2021-08-08]. Dostupné z:

<https://www.industrytap.com/the-agv-market-is-booming-and-the-future-prospect-is-equally-impressive/57222>.

[30] AGVs in Healthcare Industry – Yantrallp. *Best material handling equipments manufacturers in india* [online]. © 2017 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.yantrallp.com/blog/agvs-in-healthcare-industry/>.

[331] Automated Guided Vehicles for Aerospace Assembly System – Fori Automation, Inc. *Fori Automation, Inc. – Global Design and Build of Automated Material Handling, Assembly, Testing and Welding Systems* [online]. 2021 [cit. 2021-03-15] Dostupné z: <https://foriauto.wordpress.com/2016/12/08/automated-guided-vehicles-for-aerospace-assembly-system/>.

[32] Company Linde Material Handling. *301 Moved Permanently* [online]. Linde Material Handling, © 2021 [cit. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.com/en/About-us/Company/>.

[33] Technology for automated solutions | Linde Material Handling. *301 Moved Permanently* [online]. Linde Material Handling, © 2021 [cit. 2021-08-04]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.com/en/Products/Automated-Trucks/>.

[34] Schneider Electric | Autonomní L-MATIC AC od společnosti Linde Material Handling. *301 Moved Permanently* [online]. Linde Material Handling, © 2021 [cit. 2021-08-08]. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz/cs/O%C2%A0spolecnosti-Linde/Casopis/Schneider-Electric.html>.

[35] O nás – pobočky, historie, kontakty | Jungheinrich . Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-05]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/o-nas>.

[36] Automatický vertikální vychystávací vozík EKS 215a | Jungheinrich. Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-06]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/eks-215a-492416>.

[37] Automatický vysokozdvíhový vozík ERC 215a | Jungheinrich. Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-05]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/erc-213a-217a-492418>

- [38] Automatický nízkozdvížený vozík ERE 225a | Jungheinrich. *Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ere-225a-492420>.
- [39] Automatický tahač EZS 350a | Jungheinrich. *Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ezs-350a-492450>.
- [40] Automatický regálový zakladač ETX 515a | Jungheinrich. *Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-08]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/etx-515a-492424>.
- [41] Automatické vozíky | Jungheinrich. *Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. Jungheinrich AG, © 2021 [cit. 2021-08-08]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky>.
- [42] Historie | STILL Česká republika. *Vysokozdvížené vozíky STILL | STILL Česká republika* [online]. STILL ČR, © 2021 [cit. 2021-08-07]. Dostupné z: <https://www.still.cz/spolecnost/o-nas/historie.html>.
- [43] iGo systems | STILL Česká republika. *Vysokozdvížené vozíky STILL | STILL Česká republika* [online]. STILL ČR, © 2021 [cit. 2021-08-09]. Dostupné z: <https://www.still.cz/intralogisticke-systemy/automatizace/igo-systems.html>.
- [44] BOSSEL, H. *Modeling and Simulation*. Wellesley: A K Peters, 1994, 132 s. ISBN 978-3-663-10823-8.
- [45] WENZEL, S. a T. PETER. *Simulation in Production und Logistik 2017*. Kassel: Kassel university press, 2017. 517 s. ISBN 978-3-7376-0192-1.
- [46] Tažné soupravy a přepravní vozíky K. Hartwall | JK Logistika a.s. *Interní logistika, sklady a skladování | JK Logistika a.s.* [online]. Copyright © 2021 JK Logistika a.s. [cit. 12.08.2021]. Dostupné z: <https://www.jklas.cz/produkty/tazne-soupravy-a-prepravni-voziky-k-hartwall/>.

Seznam zkratek

§	paragraf
AGV	automated guided vehicles (automaticky řízená vozidla)
AMR	autonomous mobile robots (autonomní mobilní roboty)
BMW	název automobilové společnosti
COOP	název maloobchodní společnosti
CS	centrální sklad
č.	číslo
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
GPS	Global Positioning System (globální polohový systém)
IMU	inerciální měřicí jednotka
RFID	Identifikace na rádiové frekvenci
SLAM	simultánní lokalizace a mapování
USD	kód amerického dolaru
Wi-Fi	bezdrátová komunikace v počítačových sítích
WLAN	bezdrátová lokální síť

Seznam grafických objektů

Graf

Graf 2.1	Stav trhu vozidel dle typu baterie v roce 2020 (%).....	32
----------	---------------------------------------------------------	----

Seznam obrázků

Obr. 1.1	Příklad AGV.....	11
Obr. 1.2	Jeden z prvních amerických AGV	12
Obr. 1.3	Montážní linka motoru ve VW v Hannoveru, 1986.....	13
Obr. 1.4	Automatizovaný vysokozdvížený vozík společnosti Linde.....	17
Obr. 1.5	Popis vysokozdvížného AGV vozíku	17
Obr. 1.6	Plošinového AGV vozidlo firmy HUBTEX	18
Obr. 1.7	Tažné AGV vozidlo Jungheinrich.....	19
Obr. 1.8	Podjezdový AGV vozík Grenzebach Group	20
Obr. 1.9	Montážní AGV vozidlo.....	21
Obr. 1.10	Typ AGV vozidla pro těžký náklad	22
Obr. 1.11	AGV naváděné pomocí optické navigace	24
Obr. 1.12	AGV naváděné pomocí magnetické pásky	25
Obr. 1.13	Ukázka fungování aktivní indukční navigace	26
Obr. 1.14	Ukázka laserové navigace AGV vozíku	27
Obr. 2.1	Montážní AGV vozidlo ve společnosti Porsche	37
Obr. 2.2	Montážní AGV vozidlo ve společnosti Porsche	38
Obr. 2.3	Využití AGV vozíku ve zdravotnictví	39
Obr. 2.4	Využití AGV vozidel v letectví.....	40
Obr. 2.5	Linde C-MATIC – Naváděný tahač	42
Obr. 2.6	Linde K-MATIC – Vozík pro velmi úzké uličky.....	43
Obr. 2.7	Linde L-MATIC – Paletový zakladač.....	44
Obr. 2.8	Jungheinrich ERC 213a / 217a – Automatizovaný vysokozdvížený vozík	46
Obr. 2.9	Jungheinrich EZS 350a – Automatizovaný tahač	47
Obr. 2.10	Jungheinrich EZS 350a – Automatizovaný regálový zakladač.....	48
Obr. 2.11	STILL EXV iGo systems – Automatizovaný vysokozdvížený vozík	50
Obr. 2.12	STILL MX-X iGo systems – Automatizovaný regálový vozík	50
Obr. 3.1	Návrh zásobování výrobních pracovišť	54
Obr. 4.1	Typy přepravních vozíků	64

Seznam tabulek

Tab. 2.1	Stav trhu s AGV vozidly v roce 2020	35
Tab. 2.2	Srovnání automatizovaných tahačů dle technických parametrů	51
Tab. 3.1	Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti	56
Tab. 3.2	Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti	59
Tab. 3.3	Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti na žluté trase	62
Tab. 3.4	Vzdálenost mezi jednotlivými stanovišti na fialové trase	63
Tab. 4.1	Informační tabulka s vybranými typy automatizovaných tahačů	65
Tab. 4.2	Tabulka s bodovým hodnocením kritérií pro výběr AGV vozidla	66

Autor/ka (vypracoval/a)	Bc. Eliška Hrbková
Název DP	Návrh zásobování pracovišť pomocí AGV
Studijní obor	LRVP
Rok obhajoby DP	2021
Počet stran	59
Počet příloh	0
Vedoucí DP	prof. Ing. Gabriel Fedorko, PhD.
Anotace	Diplomová práce se zabývá návrhem zásobování pracovišť pomocí AGV. V první části práce jsou vysvětleny teoretické pojmy týkající se automaticky řízených vozidel. Především historie a vývoj, typy AGV vozidel a možnosti jejich navigace. Druhá část je zaměřena na analýzu současného stavu v oblasti AGV systému. Popisuje tedy aktuální situaci na globálním trhu s automatizovanými vozidly, a prognózu dalšího vývoje v letech 2021 až 2028. Ve třetí části diplomové práce je vytvořen návrh zásobování pracovišť s využitím AGV vozidel. Poslední částí práce je za pomoci multikriteriální analýzy zpracován výběr nejvhodnějšího vozidla.
Klíčová slova	AGV, intralogistika, analýza, zásobování, návrh, multikriteriální analýza
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	