

Návrh implementace AGV pro vybraný proces

Adam Azzani

Bakalářská práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení
Ústav logistiky

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Adam Azzani
Osobní číslo: L21074
Studijní program: B1041P040003 Aplikovaná logistika
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Návrh implementace AGV pro vybraný proces

Zásady pro vypracování

- Zpracujte teoretická východiska vztahená k názvu a obsahu bakalářské práce.
- Proveďte analýzu současného stavu a možnosti pro implementaci AGV.
- Na základě provedené analýzy vypracujte návrhy implementace AGV.

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

Seznam doporučené literatury:

1. GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
2. JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
3. MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 978-802-4841-588.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího bakalářské práce.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D.**
Ústav logistiky

Datum zadání bakalářské práce: **1. prosince 2023**

Termín odevzdání bakalářské práce: **3. května 2024**

L.S.

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

doc. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
ředitel ústavu

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

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

V Uherském Hradišti, dne: 3.5.2024

Jméno a příjmení studenta: Adam Azzani

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou implementace a využití automaticky naváděných vozíků, tzv. Automated Guided Vehicles (AGV), v prostředí vybrané společnosti. Úvodní část práce je věnována teoretickým východiskům problematiky, ale také základním principům fungování AGV a přehledu dostupných technologií.

V praktické části této práce je podrobně popsána a analyzována vybraná společnost. Zvláštní důraz je kladen na představení současného stavu procesu zavážení hotové výroby a na popis používané manipulační techniky. Následuje detailní SWOT analýza dosažitelnosti implementace AGV pro vybraný proces. Ta je doplněna o stanovení nároků a kritérií pro úspěšnou implementaci ve vybrané společnosti. Obsahuje podrobné vyhodnocení výběrového řízení dodavatele AGV s ohledem na nabídky dodavatelů a jejich schopnosti naplnit požadovaná kritéria. Finální část je zaměřena na plánování tras pro AGV a na výpočet potřebného počtu vozidel pro různé varianty navrhované automatizace procesu. Současně je vyhodnocena potenciální návratnost investic a navrženo vhodné řešení.

Klíčová slova: AGV, automaticky naváděná vozidla, automatizace, interní logistika, logistika, manipulační jednotky, manipulační technika, navigace AGV, návratnost investice, návrh AGV, Průmysl 4.0, řízení zásob, SWOT analýza, výběrové řízení dodavatele.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the implementation and use of Automated Guided Vehicles (AGVs) in the environment of a selected company. The introductory part of the thesis is devoted to the theoretical background of the issue, but also to the basic principles of AGV operation and an overview of available technologies.

In the practical part of this thesis, the selected company is described and analyzed in detail. Particular emphasis is placed on the presentation of the current condition of the finished goods handling process and the description of the handling equipment used. This is

followed by a detailed SWOT analysis of the achievability of AGV implementation for the selected process. This is complemented by the determination of requirements and criteria for successful implementation in the selected company. It includes a detailed evaluation of the AGV supplier selection process with respect to the tenders of the suppliers and their ability to meet the required criteria. The final part focuses on route planning for AGVs and the calculation of the number of vehicles required for the different variants of the proposed process automation. At the same time, the potential return on investment is evaluated and a suitable solution is proposed.

Keywords: AGV, automatically guided vehicles, automation, internal logistics, logistics, handling units, handling technology, AGV navigation, return on investment, AGV design, Industry 4.0, inventory management, SWOT analysis, supplier selection process.

Na tomto místě chci poděkovat všem, kteří se jakýmkoliv způsobem podíleli na vzniku této bakalářské práce.

Přednostně děkuji mému vedoucímu práce, Ing. Leo Tvrdoňovi, Ph.D., ALog., za odborné vedení, cenné rady a trpělivost po celou dobu řešení, vyhodnocování a zpracování této práce. Poskytnuté znalosti a zkušenosti v oblasti logistiky jsou pro mě neocenitelným zdrojem. Individuální přístup mi zároveň pomohl dosáhnout požadovaných výsledků.

Dále velmi děkuji kolegům příslušné společnosti, kteří mě vedli a byli nápomocni při řešení praktické části dané problematiky. Jejich odborné rady a sdílené zkušenosti mi pomohly lépe porozumět dané oblasti.

Poděkování náleží také mé rodině a přítelkyni za oporu a povzbuzení v náročném období při psaní této práce.

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

OBSAH

ÚVOD.....	10
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 VÝVOJ PRŮMYSLU.....	13
1.1 HISTORIE PRŮMYSLOVÝCH REVOLUCÍ	13
1.2 PRŮMYSL 4.0.....	14
1.2.1 Benefity Průmyslu 4.0.....	14
1.2.2 Internet of Things (IoT)	15
1.2.3 Big Data	15
1.3 PRŮMYSL 5.0.....	16
2 LOGISTIKA	17
2.1 PŘEDMĚT LOGISTIKY	17
2.2 INTERNÍ LOGISTIKA	18
2.3 ŘÍZENÍ ZÁSOB.....	18
2.3.1 Push a pull systém.....	19
2.3.2 Kanban systém	19
3 MANIPULACE	20
3.1 MANIPULAČNÍ JEDNOTKY	20
3.2 MANIPULAČNÍ TECHNIKA	21
3.2.1 Vysokozdvížené vozíky	21
3.2.2 Regálový zakladač	23
3.2.3 Průmyslové tahače	24
4 AUTOMATICKY NAVÁDĚNÁ VOZIDLA	25
4.1 SYSTÉMY AUTOMATICKY NAVÁDĚNÝCH VOZIDEL.....	25
4.2 DRUHY	26
4.2.1 Automaticky naváděný vysokozdvížený vozík	26
4.2.2 Podjezdové AGV	27
4.2.3 AGV Tahače.....	27
4.3 NAVIGACE.....	28
4.3.1 Navigace pomocí předem definované cesty.....	29
4.3.2 Volný pohyb s virtuální navigací	30
4.4 BEZPEČNOST AGV	33
4.5 ANALÝZA A HODNOCENÍ IMPLEMENTACE AGV	33
5 VÝBĚROVÉ ŘÍZENÍ DODAVATELŮ.....	34
5.1 STANOVENÍ POČTU DODAVATELŮ.....	34
5.1.1 Multiple sourcing – více dodavatelů	34
5.1.2 Single sourcing – jeden dodavatel.....	34

5.2	VÝBĚROVÁ ZÁKLADNA POTENCIÁLNÍCH DODAVATELŮ.....	35
5.3	HODNOCENÍ POTENCIÁLNĚ MOŽNÝCH DODAVATELŮ	35
5.4	DOKONČENÍ VÝBĚRU DODAVATELE	36
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	39
6	POPIS SPOLEČNOSTI X.....	40
7	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROCESU.....	41
7.1	MÍSTA PROCESU	41
7.2	PRŮBĚH PROCESU	42
7.2.1	Zavážení výrobní linky – interní část.....	42
7.2.2	Procesy a funkce externího skladu.....	42
7.3	STÁVAJÍCÍ MANIPULAČNÍ TECHNIKA	43
7.3.1	Tahač DEC BULL 5N.....	43
7.3.2	Podvaly.....	44
8	DOSAŽITELNOST IMPLEMENTACE AGV	46
8.1	SWOT ANALÝZA	46
8.2	NÁROKY NA IMPLEMENTACI.....	49
9	VÝBĚROVÉ ŘÍZENÍ DODAVATELŮ.....	51
9.1	NABÍDKA DODAVATELŮ 1-3	52
9.1.1	Dodavatel 1	52
9.1.2	Dodavatel 2	53
9.1.3	Dodavatel 3	53
9.2	VÝBĚR DODAVATELE	54
10	NÁVRH IMPLEMENTACE.....	56
10.1	TRASY	56
10.2	POČET AGV	57
10.2.1	Časová náročnost tras.....	57
10.2.2	Takt linek	59
10.2.3	Výpočet AGV a jejich vytížení	60
10.3	NÁVRATNOST INVESTICE.....	63
10.3.1	Roční úspory	63
10.3.2	Návratnost varianty A	65
10.3.3	Návratnost varianty B	66
10.4	NÁVRH VÝBĚRU VARIANTY	66
	ZÁVĚR	67
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	68
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	72
	SEZNAM OBRÁZKŮ	73
	SEZNAM TABULEK.....	74

ÚVOD

Průmyslové prostředí podléhá neustálým dynamickým změnám a vyvíjí se v souladu s novými technologiemi a koncepty. V dnešní éře průmyslového rozvoje a technologických inovací hraje automatizace a digitalizace klíčovou roli v optimalizaci výrobních procesů a zvyšování jejich efektivity. Jedním z nejvíce inovativních a perspektivních směrů v tomto ohledu je využití automaticky naváděných vozidel (AGV). AGV přináší efektivitu, bezpečnost a flexibilitu do prostředí interní logistiky a manipulace s materiálem.

Tato práce se zaměřuje právě na problematiku AGV a jejich implementaci v průmyslovém prostředí. Úvodní teoretická část práce vysvětluje základní pojmy a popisuje souvislosti nezbytné k pochopení problematiky AGV a jejich integraci do průmyslových procesů. První kapitola se zabývá historií průmyslových revolucí a zaměřuje se konkrétněji na koncepty Průmyslu 4.0 a Průmyslu 5.0. Druhá kapitola je věnována definici logistiky a interní logistiky. Zabývá se také systémy řízení zásob, jako jsou Push a Pull systém či Kanban systém. V následující třetí kapitole jsou detailně představeny manipulační jednotky a jejich klasifikace podle řádů. Čtvrtá část prezentuje manipulační techniku, která je klíčová pro interní manipulaci s materiálem. Jedná se zejména o vysokozdvizné vozíky, regálové zakladače a průmyslové tahače. Pátá kapitola se věnuje teoretickému výkladu detailně zaměřeného na AGV, jejich druhy, navigační technologie, bezpečnostní aspekty a na řešení implementace pomocí SWOT analýzy. Poslední šestá kapitola, týkající se teoretické části, popisuje způsob vedení výběrového řízení dodavatele. Tento bod je klíčovým krokem při implementaci nové technologie do průmyslového prostředí.

Praktická část práce přináší přímou aplikaci teoretických poznatků v konkrétním průmyslovém podniku. V úvodu je představena vybraná společnost, následuje analýza současného procesu zavážení výroby a používaná manipulační technika v dané společnosti. Další kapitoly analyzují proveditelnost implementace AGV do vybraného procesu, stanovení nároků a kritérií pro příslušnou implementaci. Následuje fáze výběrového řízení dodavatele a vyhodnocení nabídek, včetně závěru a výběru konkrétního dodavatele splňujícího stanovená kritéria. Finální kapitola se zaměřuje na plánování tras pro AGV a jejich využití při zavážení výrobních linek. Závěrečná část práce se věnuje orientační analýze návratnosti investice (ROI) při pořízení AGV. Předmětem analýzy je porovnání nákladů na pořízení a provoz AGV s předpokládanými úsporami v oblasti lidské práce, včetně pronájmu tahačů.

Cílem této práce je poskytnutí konkrétního návrhu a postupu pro implementaci a efektivní využití AGV ve vybrané společnosti. Zároveň přispět k lepšímu porozumění problematice AGV a postupu jejich implementace v průmyslovém prostředí.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝVOJ PRŮMYSLU

Průmysl a služby byly v minulosti silně ovlivněny průmyslovými revolucemi. Rychlé změny ve výrobních systémech a systémech služeb způsobené průmyslovými revolucemi vedly ke zvýšení produktivity podniků. Toto rychle se měnící prostředí tak přináší firmám nové výzvy, které jsou spojeny s adaptací na nové koncepty, jako například internet věcí, kyber-fyzikální systémy, přizpůsobivá robotizace, kybernetická bezpečnost, datová analytika, umělá inteligence. Tyto nově vznikající technologie usnadňují a urychlují vývoj Průmyslu 4.0, nejnovější éry průmyslové revoluce. (Paksoy et al., 2021)

1.1 Historie průmyslových revolucí

První tři průmyslové revoluce trvaly dohromady téměř 200 let. Dramaticky změnily způsob výroby a měly dalekosáhlé dopady na společnost, ekonomiku a životní prostředí.

1. První průmyslová revoluce (mechanizace):

- Konec 17. století: Mechanické tkalcovské stavy poháněny parním strojem.
- Výroba látek přesunuta ze soukromých domů do továren.
- Extrémní nárůst produktivity.

2. Druhá průmyslová revoluce (elektrifikace):

- Konec 19. století: Zavedeny pásové dopravníky.
- Vrcholem byla výroba Fordu T v USA.
- Rozvinuty kontinuální výrobní linky a pásové dopravníky.
- Pokračující nárůst produktivity a rozšířena hromadná výroba.

3. Třetí průmyslová revoluce (digitalizace):

- Rok 1969: Programovány automatizační systémy.
- Využíváno dodnes k řízení moderní automatizační techniky.
- Zaváděny vysoce flexibilní a efektivní automatizační systémy. (Paksoy et al., 2021)

1.2 Průmysl 4.0

Průmysl 4.0 je strategie řízená moderními technologiemi zaměřená na digitalizaci průmyslu. Jedná se o přístup iniciovaný německou vládou, která nastartovala výzkumný program „Industrie 4.0“. Tato strategie se opírá o kyber-fyzikální systémy integrované do všech oblastí života. Tímto se odlišuje od pouhé automatizace výrobních procesů a je proto označována za čtvrtou průmyslovou revoluci. Klíčovou technologií pro tuto průmyslovou revoluci je Internet věcí (Internet of Things – IoT). (Jurová, 2016)

Automatizace výrobních a dalších procesů, poháněná konceptem Průmyslu 4.0, mění strukturu trhu práce. Inteligentní zařízení přebírají činnosti, které dříve vykonávali lidé, ať už se jedná o práci těžkou, nebezpečnou, rutinní, nebo tu, pro kterou chybí lidské zdroje. Zároveň se mění požadavky na pracovní sílu. Roste poptávka po vyšší kvalifikaci a odbornosti. Přesto jsou lidé nadále nezbytní pro tvořivou, řídicí, mezioborovou a řemeslnou práci. (Nenadál, 2018)

1.2.1 Benefity Průmyslu 4.0

- **Úspora času a peněz** – automatizace a optimalizace procesů vedou k zefektivnění a zlevnění výroby.
- **Zvýšení produktivity a flexibility** – organizace se stávají flexibilnějšími a umí lépe reagovat na změny na trhu.
- **Zvýšení kvality života** – automatizace vede k usnadnění pracovních činností a zlepšení pracovních podmínek.
- **Snížení negativního dopadu na životní prostředí** – efektivnější výroba a optimalizace spotřeby energie snižují zátěž životního prostředí.

Vedle uvedených benefitů je však zásadním rizikem kybernetická bezpečnost. Hackerské útoky a zneužívání dat představují nemalou hrozbu pro chod firem i pro soukromí osob. (Nenadál, 2018)

1.2.2 Internet of Things (IoT)

Původně se využíval název "průmyslový internet" (Industrial Internet), později "průmyslový internet věcí" (Industrial Internet of Things), nebo Internet 4.0. Používané jsou všechny varianty.

IoT otevírá firmám dveře k hlubšímu pochopení jejich provozu a majetku. Kombinuje senzory na strojích, software a cloudové systémy pro analýzu a ukládání dat. To umožňuje transformaci provozních procesů:

1. **Sběr dat** – zaváděny senzory na strojích a zařízeních shromažďují data o jejich stavu, provozu a okolním prostředí.
2. **Analýza dat** – vyvinuty sofistikované nástroje, která analyzují nashromážděná data a odkrývají cenné informace o fungování firmy.
3. **Optimalizace a informovanost** – prováděny analýzy, jejichž výsledky slouží k optimalizaci provozních procesů a k informovanějšímu rozhodování. (Gilchrist, 2016)

1.2.3 Big Data

Systémy Internetu věcí (IoT) generují obrovské množství dat, tzv. Big Data. Díky moderním technologiím jsou analyzovány online v reálném čase, a to i v obrovských objemech.

Distribuovaná cloudová úložiště umožňují uchovávat tato data pro pozdější analýzy v tzv. hromadných formátech. Pomocí těchto analýz je možné s využitím mohutných výpočetních kapacit z dat extrahovat důležité informace a statistiky, které dříve nebyly dostupné kvůli menšímu objemu dat a méně výkonným algoritmům. (Gilchrist, 2016)

Přínosy Big Data v systémech IoT:

- Online analýzy dat v reálném čase.
- Ukládání a analýzy obrovských objemů dat.
- Nové informace a statistiky.
- Výkonnější a nově definované algoritmy. (Gilchrist, 2016)

1.3 Průmysl 5.0

Nové nadcházející koncepty průmyslu 5.0 jsou vnímány jako rozhraní mezi dvěma stroji (Machine to machine). Zvláštní pozornost je dále věnována rozhraním, která přizpůsobují samostatný systém digitálním sítím, a mechanismům zasílání zpráv pro spolupráci v průmyslových sítích. Základní koncepce rozhraní mezi dvěma stroji je založena na řídicím systému se zpětnou vazbou, který zpracovává signály ze senzorů pomocí umělé inteligence.

Nové trendy Průmyslu 5.0 zahrnují řadu jednotlivých aspektů diskutovaných témat, mezi které se řadí například:

- Trénování modelu umělé inteligence pomocí analogových a digitálních dat ze stejné výrobní linky.
- Předvídání poruchovosti ve výrobě ve vazbě na automatickou úpravu parametrů výrobního stroje.
- Zajištění pružnosti výroby v souvislosti s potřebou operativních změn ve výrobě a u konkrétních výrobků podle vývoje na trhu.
- Eliminace lidských chyb.
- Snížení počtu případů plýtvání materiálem v důsledku poruch, lidských chyb a závad strojů.
- Optimalizování využití surovin ve výrobním procesu.
- Snížení celkových nákladů spojených s výrobou. (Massaro, 2022)

2 LOGISTIKA

Pojem „logistika“ je odvozen z řeckého slova „logistikon“ či „logos“. Tyto termíny nabývají významu jako slovo, řeč, rozum, ale i zákon. Dle filozofie starověkého Řecka byl pojem vnímán jako zákon řídící veškeré světové dění. (Macurová et al., 2018)

2.1 Předmět logistiky

Moderní logistika se primárně zaměřuje na řízení pohybu materiálu a osob v rámci celého dodavatelského řetězce, který zahrnuje:

- **Tok surovin a materiálů** – zajištění efektivního a včasného dodání surovin a materiálů potřebných pro výrobu od dodavatelů do výrobních závodů.
- **Tok rozpracovaných výrobků** – řízení pohybu produktů v průběhu výrobního procesu mezi jednotlivými výrobními linkami.
- **Tok hotových výrobků** – distribuce hotových výrobků z výrobních linek na sklad a odtud k zákazníkům.
- **Tok obalů** – nakládání s obaly v celém logistickém cyklu, včetně jejich recyklace a likvidace.
- **Tok osob** – zabezpečení pohybu osob v rámci logistických operací, například pracovníků ve skladech nebo řidičů. (Macurová et al., 2018)

Kromě výše uvedených oblastí fyzického toku se moderní logistika zabývá i dalšími aspekty. Těmi jsou například:

- **Informační toky**, které zprostředkovávají informace o požadavcích zákazníka, řídicí informace, informace o průběhu a výsledcích fyzického toku a také zpětnou vazbu od zákazníků.
- **Finanční toky**, které zahrnují příjmy a výdaje a jsou spojeny s již výše zmíněnými toky fyzickými a informačními.

Mezi těmito třemi základními toky existují vzájemné vazby, samostatně nemohou existovat a jen společně tvoří funkční celek. (Macurová et al., 2018)

2.2 Interní logistika

Interní logistika je páteří výrobních procesů a nedílnou součástí dodavatelského řetězce. Nepřetržitě zásobování výrobních linek či pracovišť materiálem je pro chod společnosti nezbytné. (Emans, 2018)

Interní logistika je komplexní systém pohybu materiálu, produktů a informací uvnitř společnosti. Startuje nákupem a příjmem materiálu na sklad, jeho evidencí a skladováním, dále pokračuje transportem do výroby a z výroby, pokračuje dále vychystáváním, balením, značením a končí nakládkou a expedicí.

Špatně nastavená a neefektivní interní logistika má za následek značné negativní dopady na náklady společnosti a brzdí její růst. Snižuje rychlost a kvalitu služeb a snižuje konkurenceschopnost. (Líbal, 2021)

S rostoucími nároky na výrobu, s větším počtem zařízení, pracovníků a materiálu se řízení intralogistiky stává více a více náročnější. Rozšiřování produktové nabídky, tlak na zkracování výrobních časů a na optimalizaci provozních nákladů nutí firmy k inovaci zavedených intralogistických procesů. To následně umožňuje flexibilní reakce na změny jak v samotné výrobě, tak i na trhu. (Emans, 2018)

2.3 Řízení zásob

Klíčovou součástí logistického a dodavatelského systému je sklad, jenž slouží k:

- **Pořizování zásob:** Zajišťuje objednání a příjem materiálu, zboží a produktů od dodavatelů.
 - **Udržování zásob:** Skladuje a spravuje zásoby tak, aby byly dostupné pro další procesy v logistickém řetězci.
 - **Dodávání zásob:** Distribuuje zásoby dle požadavků:
 - Přímým zákazníkům: Doručuje produkty koncovým spotřebitelům.
 - Výrobním linkám: Dodává materiál a komponenty pro výrobní procesy.
- (Gros, 2016)

2.3.1 Push a pull systém

S řízením zásob jsou spojeny dvě metody využívané v praxi. Rozdíl mezi těmito metodami je ve způsobu, kterým je řízena výroba. (Lochmannová, 2022)

Jedná se o:

- **Systém tlaku (push)** – v tomto systému je kladen důraz na maximální využití kapacit. První operace je zahlcena maximálním počtem požadavků, které se následně "protlačují" do dalších operací. Požadavky se sdružují do velkých dávek a výroba probíhá "na sklad" na základě odhadu poptávky. (Macurová et al., 2018)
- **Systém tahu (pull)** – Tento systém se zaměřuje na rychlou reakci na požadavky zákazníků a plynulý tok materiálu a produktů. Zadávané množství, čas zahájení výroby a samotný průběh výrobních i logistických procesů se řídí dle aktuálních požadavků zákazníků. (Macurová et al., 2018)

Velká část skladů zastává princip tlaku i tahu. Dle metody tlaku je vytvářena pojistná zásoba a podle metody tahu jsou vystavovány objednávky dodavatelům, nebo kompletovány a expedovány objednávky odběratelům. (Gros, 2016)

Sklad je tak možné vnímat jako bod rozpojení, tj. prvek, kde dochází ke změně metody řízení toků. Tok řízený principem tlaku dle předpovědi poptávky se transformuje na tok s principem tahu, kde je produkt finálně zhotoven dle potřeb jednotlivých zákazníků. (Macurová et al., 2018)

2.3.2 Kanban systém

Používání kanbanů usnadňuje používání metody Just-in-Time, tj. metody řízení zásob, při níž je dodávka zásob od dodavatelů prováděna až v okamžiku, kdy jsou tyto zásoby potřeba. Jedná se o výrobní autorizační karty, které ve výrobním procesu signalizují předcházejícím stanicím vhodný čas pro doplnění zásob navazujících stanic. Kanbany putují s příslušným množstvím materiálu v různých fázích výroby. Obdržením objednávky zákazníka (nebo objednávky z navazující stanice) je spuštěno odeslání dávky zákazníkovi/navazující stanici, její kanban je odebrán a přenesen na navazující stanici k opětovnému zahájení výrobního procesu. Kanbany tak zajišťují jediný způsob kontroly rozpracované výroby. Předcházejícím stanicím umožňují řídit zahájení výroby nové šarže a doplňování zásob navazujících stanic. (Piplani, Ang, 2018)

3 MANIPULACE

Manipulace je klíčovým prvkem efektivního řízení výrobního procesu. Schopnost efektivně manipulovat s materiálem má přímý vliv na produktivitu, kvalitu výrobků a celkové náklady výroby.

3.1 Manipulační jednotky

Manipulační jednotka tvoří samostatný prvek, se kterým je možná manipulace bez potřeby dalších úprav. S manipulační jednotkou je manipulováno jako s celkem, jako s jedním kusem. V této souvislosti je manipulační jednotka rovněž využívána jako přepravní jednotka.

Manipulační jednotky musí splňovat normy jak mezinárodní ve standardizaci ISO (International Organisation for Standardisation), tak i národní, které z mezinárodních norem vycházejí. (Macurová et al., 2018)

Jsou velmi podstatnou součástí logistických systémů, protože bez nich by nebyl možný efektivní pohyb zásob. Manipulační jednotky plní také funkci ochrannou.

Dle postupného seskupování obalů vznikají další manipulační jednotky, které lze rozdělit na manipulační jednotky I-IV. řádu. (Gros, 2016)

1) Manipulační jednotky I. řádu

Jedná se o manipulační jednotky, se kterými lze manipulovat ručně. Partneri jednoho logistického systému objednávají násobky kapacit právě jednotek prvního řádu. (Gros, 2016)

Typů těchto manipulačních jednotek existuje velké množství. Hlavním rozdílem je použitý materiál, velikost i tvar. (Macurová et al., 2018)

Pro snadnou tvorbu manipulačních jednotek vyššího řádu je vhodné dodržovat normy ISO. U přepravek, kartonových krabic nebo ukládacích beden se jedná o velikost plochy 400 x 600 mm. (Gros, 2016)

2) Manipulační jednotky II. řádu

Manipulační jednotky II. řádu vznikají seskupením většinou 16 až 24 kusů jednotek I. řádu. Cílem je zjednodušení a zlepšení manipulace ve skladech a ve výrobních prostorách. S těmito jednotkami se již manipuluje pomocí mechanizované manipulační techniky, která dokáže fungovat i v automatizovaném režimu. Důvodem je hmotnost jednotek pohybující se v rozmezí od 250 do 1000 kg, někdy až 5000 kg. Nejvíce jsou využívány

palety, roltejny nebo paletové kontejnery. Tyto jednotky se používají nejvíce s rozměry 1200 x 800 mm. (Gros, 2016)

3) Manipulační jednotky III. řádu

Jednotky III. řádu vznikají sjednocením 10 až 44 jednotek II. řádu. Bez těchto jednotek není realizovatelná novodobá dálková přeprava. Jednotky III. řádu dosahují hmotnosti i několika desítek tun.

Přepavním prostředkem jsou nejčastěji kontejnery a výměnné nástavby, díky nimž je manipulace při kombinované dopravě jednodušší. (Gros, 2016)

4) Manipulační jednotky IV. řádu

Manipulační jednotky IV. řádu představují nejvyšší úroveň v hierarchii logistických manipulačních jednotek. Jedná se o souhrnné jednotky určené pro dálkovou kombinovanou vnitrozemskou vodní a námořní přepravu. Vyznačují se velkou kapacitou a hmotností. Slouží k efektivnímu nakládání a vykládání zboží v intermodální přepravě. Přepravu zajišťují např. bárky nebo člunové kontejnery, tzv. lichter. (Gros, 2016)

3.2 Manipulační technika

Manipulační technika zahrnuje širokou škálu nástrojů a metod používaných k manipulaci s materiály a objekty v různých průmyslových odvětvích a oblastech. Tato technika se zaměřuje na efektivní a bezpečné zvedání, přemísťování a umístění břemen s ohledem na minimalizaci fyzické námahy a riziko poranění. (Gros, 2016)

3.2.1 Vysokozdvížené vozíky

Vysokozdvížený vozík (VZV) je samohybný stroj určený pro zvedání, přemísťování a skladování břemen na paletách. Jde o jeden z nejpoužívanějších typů manipulační techniky v logistických centrech, skladech, výrobních provozech a dalších průmyslových odvětvích. (Gros, 2016)

Existuje několik specifických typů VZV:

a) Čelní VZV

Čelní VZV (viz obrázek č. 1) představuje nejběžnější typ vysokozdvíženého vozíku. Vyznačuje se vidlicemi umístěnými vpředu, čímž se stává ideálním nástrojem pro manipulaci s paletami v regálových systémech. Mezi jeho hlavní přednosti patří vysoká

nosnost, stabilita a široká nabídka modelů, které uspokojí specifické potřeby uživatelů. Nevýhodou čelních VZV je jejich větší rozměr, a tedy těžší manévrovací možnosti v úzkých prostorech.

Čelní VZV využívají 2 způsoby pohonu, který může být zprostředkován spalovacím, nebo elektrickým motorem. (Gros, 2016)



Obrázek 1 Čelní VZV (STILL, 2024)

b) VZV se stojící obsluhou

U tohoto typu VZV obsluha stojí na plošině umístěné za zdvihacím zařízením (viz obrázek č. 2). Hlavními přednostmi jsou lepší výhled na manipulované břemeno a kompaktní rozměry, které usnadňují manipulaci ve stísněných prostorech. Nevýhodou je větší fyzická námaha obsluhy a horší ergonomie.



Obrázek 2 VZV se stojící obsluhou (Linde, 2024)

c) VZV s bočním uspořádáním zdvihacího zařízení

U tohoto typu VZV jsou vidlice umístěny bočně (viz obrázek č. 3), čímž se VZV stává ideálním nástrojem pro manipulaci s dlouhými a objemnými břemeny. Mezi jeho hlavní přednosti patří výborná manévrovatelnost v úzkých prostorech a snadná manipulace

s atypickými náklady. Nevýhodou je nižší nosnost a horší stabilita ve srovnání s čelními VZV. (Gros, 2016)



Obrázek 3 VZV s bočním uspořádáním zdvihacího zařízení (HUBTEX, 2024)

3.2.2 Regálový zakladač

Regálový zakladač (viz obrázek č. 4) je specifickým typem manipulační techniky, která je navržena pro efektivní uskladňování a vychystávání zboží v regálových systémech. Vyznačuje se vysokou nosností a zdvihem, čímž umožňuje manipulaci s těžkými paletami v regálech s velkou výškou. Díky kompaktní konstrukci a úzkému profilu je regálový zakladač ideální pro práci v úzkých uličkách mezi regály, tímto maximalizuje využití skladového prostoru. Pro tuto techniku je používána také zkratka VNA (Very Narrow Aisle).

Moderní regálové zakladače se mohou pohybovat a manipulovat s paletami automaticky, tím snižují nároky na obsluhu a zvyšují efektivitu skladových operací. (Gros, 2016)



Obrázek 4 Regálový zakladač (Linde, 2024)

3.2.3 Průmyslové tahače

Průmyslový tahač (viz. obrázek č. 5), je specifický typ manipulační techniky, který hraje klíčovou roli v interní logistice a výrobních procesech. Je určený pro tažení vozíků a přepravu materiálu a dílů v rámci výrobního areálu. Umožňuje efektivní a pohodlnou přepravu těžkých nákladů na velké vzdálenosti a usnadňuje tím celý výrobní proces.

V moderních průmyslových provozech se pro zásobování výrobních linek stále častěji využívají bezobslužné vlekky. Tyto vlekky jsou navigovány pomocí vodičů instalovaných na podlaze. Díky autonomnímu provozu bez nutnosti lidské obsluhy tak vedou k výrazným úsporám provozních nákladů, především mzdových. Jeden bezobslužný vlek dokáže nahradit několik klasických vozíků řízených obsluhou, čímž se snižuje počet potřebných pracovníků a zvyšuje se efektivita zásobování. (Gros, 2016)



Obrázek 5 Průmyslový tahač (Logistics Inside, 2024)

4 AUTOMATICKY NAVÁDĚNÁ VOZIDLA

AGV (Automated Guided Vehicles) jsou mobilní roboti, kteří se využívají především v oblasti interní logistiky ke zpracovávání a přepravě materiálu. Pracují bez lidské obsluhy a navigují se za použití navigačních a řídicích technologií. Jejich konstrukce, velikost a provoz se odvíjí od jejich individuálního použití v konkrétním výrobním závodě. (Mehami et al., 2018)

Výhody, které AGV přinesly do výrobních hal a skladů, jako je snížení nákladů na pracovní sílu, vynikající bezpečnost, přesnost a produktivitu, zaznamenala i další odvětví. AGV jsou tak využívány například i v maloobchodu, elektronickém obchodu, armádě nebo zdravotnictví. Přestože jsou systémy AGV známy již několik desetiletí, teprve s rozvojem konceptu „Průmysl 4.0“ se firmy začaly ve velkém měřítku zajímat o jejich zavádění do svých logistických systémů. Systémy AGV jsou považovány za důležitý prvek kyberneticko-fyzických systémů, jejichž úkolem je podporovat materiálové toky v rámci "chytrých" továren. (Tubis, Poturaj, 2022)

Vedle AGV existují také AMR (Automated Mobile Robots), autonomní mobilní roboti. Ti se na rozdíl od AGV nepohybují pouze po předem fyzicky definované trase, ale trasu mají naprogramovanou, případně jsou schopni si ji sami tvořit. Výhodou je například schopnost vyhnout se překážce, což AGV na rozdíl od AMR nedokáže. (Mobile Industrial Robots, 2024)

4.1 Systémy automaticky naváděných vozidel

Systémy automaticky naváděných vozidel (AGVS) jsou důležitou součástí interní logistiky. Technologický standard a zkušenosti s touto automatizační technologií, která je nyní k dispozici, vedly k tomu, že AGVS našly cestu téměř do všech průmyslových odvětví a výrobních oblastí.

Historie AGVS odstartovala v USA v polovině 50. let 20. století. Jakmile se po druhé světové válce znovu rozběhla výroba a globální ekonomika začala růst, byly právě automaticky se pohybující dopravní prostředky součástí vize lidstva. Naplnil se sen, kde lidskou práci vykonávají stroje. Rychlý rozvoj sensorové a řídicí technologie, původně mikroelektroniky, vydláždil cestu pro AGV systémy. (Ullrich, Albrecht, 2023)

S rostoucí velikostí skladů a zvyšujícím se množstvím každodenně vyřizovaných objednávek se zvyšuje i počet vozidel AGV v jednom skladu ve srovnání s tradičními

výrobními systémy. Projektanti skladů proto vyžadují posouzení výkonnosti provozu skladu na bázi AGVS. To jim pomáhá vybrat vhodnou strategii řízení a uspořádání skladu na základě příslušných požadavků. (Qi et al., 2018)

4.2 Druhy

AGV vypadají odlišně a mají různé vlastnosti s ohledem na různorodou oblast využívání. Nejvhodnějším parametrem, podle kterého dělíme AGV do jednotlivých kategorií, je náklad, se kterým AGV manipuluje. (Ullrich, 2015)

Mezi nejvíce využívané a diskutované druhy AGV v rámci širokého spektra patří:

4.2.1 Automaticky naváděný vysokozdvížený vozík

Automaticky naváděný vysokozdvížený vozík (viz obrázek č. 6) je druh AGV, který má důležitou a nenahraditelnou úlohu při speciální manipulaci a manipulaci s těžkým nákladem. (Wu et al., 2022)

Podobně jako vysokozdvížený vozík ovládaný člověkem spouští/zvedá a nakládá/vykládá požadovaný náklad, má však již automatický systém. Umožňuje umístit náklad do vyšších úrovní, například do regálů. Obvykle se vyskytuje ve skladech nebo při vyskladňování zboží. (Lynch et al., 2018)

Existují i varianty, kdy výrobci AGV používají sériové výrobky výrobců vysokozdvížených vozíků a automatizují je pomocí příslušného AGV vybavení zajišťujícího navigaci a bezpečnost. Tuto automatizovanou techniku je zároveň stále možné v případě potřeby ovládat manuálně. (Ullrich, 2015)



Obrázek 6 Automaticky naváděný vysokozdvížený vozík (Ullrich, 2015)

4.2.2 Podjezdové AGV

Podjezdové vozidlo AGV (viz obrázek č. 7) slouží pro situace, kdy je nutné materiál či zboží nadzvednout. Lze jím zajet pod podvalník nebo vozík s materiálem a mírně jej nadzvednout. Některé typy podjezdových AGV dokonce umí číst data z čipu na dně kontejneru a získávat různé informace a pokyny, např. jaký náklad nebo zboží konkrétní vozík obsahuje a kam jede. Tyto AGV mají mnoho výhod například proti vysokozdvíhým vozíkům AGV. Vyžadují mnohem méně manipulačního prostoru než jiné typy AGV, potřebný prostor totiž určuje samotný podvalník, který se nachází v blízkosti vozíku. Vyznačuje se také vysokou manévrovací schopností při nakládání a vykládání materiálu či zboží.

Podjezdové AGV lze použít také jako tažné vozidlo. V tomto případě je AGV vybaveno válcem nebo sběracím kolíkem na horní straně AGV, který se upevní do podvalu. Ten během přepravy zůstává na svých kolech. (Ullrich, 2015)



Obrázek 7 Podjezdové AGV (Ullrich, 2015)

4.2.3 AGV Tahače

Tahače umožňují táhnout za sebou několik přívěsů. Podobně jako u vysokozdvíhých vozíků AGV existují i u tažných AGV dvě kategorie. Jedná se o speciálně konstruované tahače AGV bez prostoru pro člověka nebo o tahače sériově vyráběné pro obsluhu člověkem, které výrobci AGV následně distribuují jako stroje upravené jak pro automatickou, tak pro manuální obsluhu (viz obrázek č. 8). (Ullrich, 2015)



Obrázek 8 Automatický tahač (Jungheinrich, 2024)

4.3 Navigace

Termín „navigace“ je třeba vnímat jako lokalizaci AGV a jako reprezentanta různých metod vedení po dráze. To odpovídá běžnému používání tohoto termínu v průmyslu.

Řidič vysokozdvížného vozíku, který ve skladu manipuluje s nákladem, se potřebuje neustále orientovat. Vždy ví, kde se nachází, a zná (nejkratší/nejllepší) cestu k cíli, ví, kde má zrychlovat, brzdit a zatáčet – za předpokladu, že je vyškolen a zná místo. (Ullrich, Albrecht, 2023)

V případě AGV skutečný řidič nefiguruje a pohyb vozidla včetně manipulace se zbožím či materiálem musí vykonávat různé senzory a čidla napojená na počítač s příslušným softwarem. Aby byla skutečná lidská činnost srovnatelná s automatizovanou činností, musí počítačový software spolehlivě a efektivně navigovat AGV vozidla. Musí neustále vyhodnocovat aktuální polohu vozidla, porovnávat ji s předem stanovenou dráhou pohybu a v případě potřeby provádět drobné korekce řízení, na předem určených bodech v prostoru zrychlovat, brzdit a zatáčet. (Ullrich, Albrecht, 2023)

Naváděcí systémy, použitý navigační systém a senzory, které AGV potřebují k navigaci v daném pracovním prostředí, jsou závislé na okolních podmínkách prostoru a na předem daném úkolu, který má AGV zvládnout. (Lynch et al., 2018)

Obecně lze typy navigace využívané při provozování vozidel AGV rozdělit do dvou skupin: navigace s předem definovanými/označenými cestami a navigace bez nich. První skupina potřebuje k tomuto způsobu provozu dopravní značky (např. čáry, QR kódy, odrazky). Ty zhotovuje a připevňuje člověk. Na základě jejich umístění pak AGV tyto značky různého typu zaznamená a díky nim se pak dokáže pohybovat v rámci celého systému. Tato řešení jsou sice jednodušší na implementaci, ale omezují flexibilitu pohybu

AGV. Druhá skupina využívá senzory a systémy, které vozidlům umožňují monitorovat provozní prostředí. (Tubis, Poturaj, 2022)

Využívané příklady navigací:

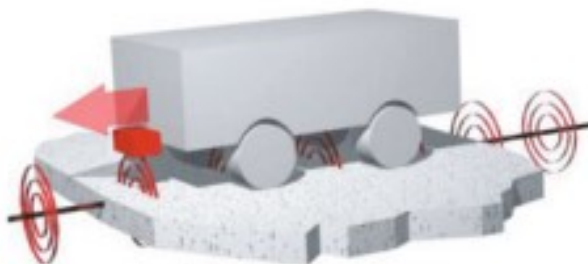
4.3.1 Navigace pomocí předem definované cesty

Dráhu cesty představují fyzické vodící linie na podlaze a lokalizace je jednoduše určována pomocí jediného senzoru. Ten detekuje právě vodící linii. Předdefinované dráhy jsou připevněny na podlaze pomocí pásky nebo jsou zapuštěny do podlahy pomocí drátu. Vozidlo AGV v tomto případě ve skutečnosti nezná svou polohu v prostoru, pouze se drží dané linie dráhy. Značky podél dráhy AGV vozidlu určují, jaký úkon má provést. Dávají pokyn, zda například zvýšit nebo snížit rychlost nebo se otočit o určitý stupeň, pokud se nachází v zatáčce. (De Ryck et al., 2020)

1) Elektromagnetická navigace

Tento typ navigace se také označuje jako „indukční“. Jedná se o první typ navigace používaný v první generaci vozidel AGV. U tohoto typu lokalizace se do podlahy zapouští drát napájený elektřinou a vytváří tak magnetické pole (viz obrázek č. 9). AGV, které má na palubě senzor skládající se z cívek zachycujících vyzařované magnetické pole, pomocí řídicí jednotky pak přizpůsobuje rychlost kol. Jde o osvědčenou techniku, která zejména ve velmi malých uličkách umožňuje přesné udržení dráhy. Není bohužel flexibilní. (De Ryck et al., 2020)

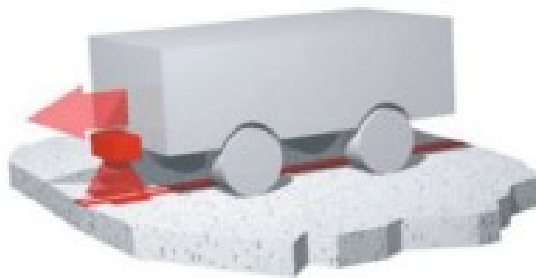
Výhodou je, že nedochází ke znečištění a poškození prostředí, princip vedení je jednoduchý, spolehlivý a nemá na něj vliv zvuk ani světlo. Nevýhodou naopak je složitější proces úpravy dráhy. (Long, Zhang, 2012)



Obrázek 9 Elektromagnetická navigace (Ullrich, 2015)

2) Optická navigace

U tohoto typu navigace se umísťuje na podlahu barevná páska nebo se namaluje čára s vysokým kontrastem proti barvě podkladu. Tato AGV mají na sobě umístěný optický senzor, který funguje na podobném principu jako indukční navigace (viz obrázek č. 10) a má také stejné výhody i nevýhody. Nevýhodou je v tomto případě také riziko poškození nebo znečištění vodící pásky. I přesto je tento typ navigace jednodušší na případné úpravy než indukční metoda. Optická navigace je na druhou stranu levná na implementaci díky pásce a využití pouze optického senzoru. (De Ryck et al., 2020)



Obrázek 10 Optická navigace (Ullrich, 2015)

3) Navigace pomocí magnetické pásky

Fyzická vodící dráha je v tomto případě vyznačena magnetickou páskou, která je umístěna na podlaze provozovny. Vozidlo nese magnetický senzor, který dokáže detekovat magnetické pole. Princip navigace odpovídá již zmíněné optické navigaci a vyznačuje se stejnými výhodami a nevýhodami. (De Ryck et al., 2020)

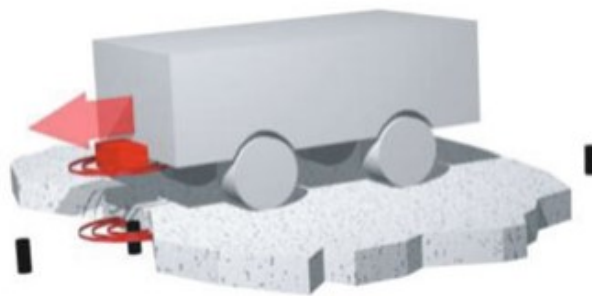
4.3.2 Volný pohyb s virtuální navigací

Při použití virtuální navigace jsou cesty ve virtuální podobě přítomny v lokální mapě spravované vozidlem AGV nebo v globální mapě centrální jednotky. Díky tomu je navigace snadno přizpůsobitelná a rozšiřitelná. Princip virtuální navigace je však daleko obtížnější na vydefinování dráhy, protože AGV potřebuje znát svou přesnou polohu ve 2D mapě. Právě toto je náročnější ve srovnání s fyzickou navigací po dráze, kde AGV potřebuje znát pouze svou polohu na 1D okruhu. Znalost polohy ve 2D mapě umožňuje dokonce vypočítat odchylky od virtuální dráhy. (De Ryck et al., 2020)

1) Navigace pomocí kotvících bodů v podlaze

Jako zástupce volné navigace se často používají uměle vytvořená orientační místa v podlaze. "Volnou" navigací je myšlena virtuální realizace trasy v digitální podobě, tj. na počítači, tzn. trasa není fyzicky pevně stanovena. (Ullrich, 2015)

Síť nebo linie bodů je zabudována do podlahy s konkrétními souřadnicemi (x,y) v mapě daného prostoru. Body jsou tvořeny pasivními permanentními magnety nebo aktivními transpondéry. Ve vozidle je zároveň umístěn magnetický snímač, kterým při pohybu vozidla tyto body na dráze detekuje (viz obrázek č. 11). Detekcí bodů tak AGV určuje svou přesnou polohu v mapě. Poloha vozidla mezi body se zjišťuje pomocí přibližné polohy při použití snímačů umístěných na kolech, které při jízdě počítají ujetou vzdálenost. Díky využití kombinace absolutní a relativní navigace se jedná o velmi přesnou metodu. Nevýhodou je, že tato metoda je časově náročná na instalaci a úpravy. (De Ryck et al., 2020)



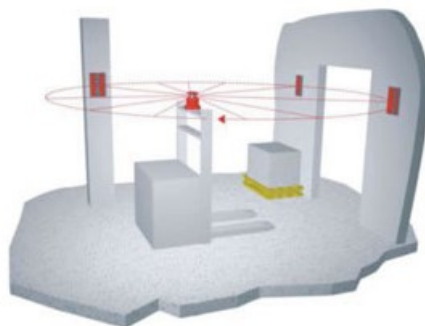
Obrázek 11 Navigace pomocí kotvících bodů (Ullrich, 2015)

2) Laserová navigace

Laserová navigace je nejvýznamnějším představitelem volné navigace AGV a je hlavním konkurentem magnetické navigace. Na stěny a sloupky se nad úroveň hlav pracovníků montuje zpětně odražející fólie. Senzory umí body určené k pohybu AGV přesně snímat i na velké vzdálenosti pomocí rotujícího laserového skeneru. Skener je umístěn přímo na AGV (viz obrázek č. 12). (Ullrich, 2015)

Souřadnice reflexních bodů se zaznamenávají do globální mapy. Vysílané laserové paprsky se odráží a snímají se vozidlem AGV, načež vozidlo AGV na základě souřadnic reflektorů určuje svou skutečnou polohu. Pro úspěšnou navigaci je podmínkou viditelnost alespoň tři orientačních bodů. Jedná se o velmi přesnou, bezpečnou a spolehlivou metodu,

která se nyní standardně používá v mnoha systémech AGV. Nevýhodou je vysoká cena a náročnost na umístění všech odrazek v areálu provozovny. (De Ryck et al., 2020)

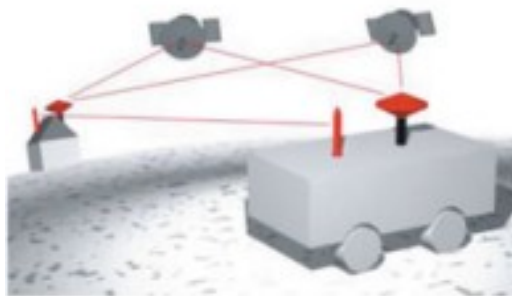


Obrázek 12 Laserová navigace (Ullrich, 2015)

3) Navigace pomocí GPS

Nejznámější jsou metody založené na rádiovém přenosu. Při nichž vozidla sama určují svou polohu pomocí času potřebného pro spojení se satelitem – GPS (viz obrázek č. 13) nebo stacionárními kódovanými radarovými odrazkami. Jednou z podmínek pro přesné a spolehlivé určení polohy je volná viditelnost mezi anténou na vozidle a satelitem nebo radarovými reflektory. Díky tomu je satelitní navigace v zásadě proveditelná ve venkovním prostoru v nezastavěném území

Systém GPS není vhodný pro zastavěné prostředí, například mezi budovami nebo v některých částech velkých otevřených hal. V těchto místech se používá tzv. lokální určování polohy. Místo satelitů se v provozní oblasti používají relativně levné pevné vysílače. Tato zařízení zpracovávají dobu trvání spojení AGV s vysílači a určují jejich polohu. Dobře promyšlené umístění vysílačů může zajistit plné pokrytí i v zastavěné oblasti. Tento systém je však podstatně méně přesný než nákladnější GPS. Málokdy dosahuje přesnosti na úrovni přibližně 10 cm, obvykle spíše v rozmezí 30 cm. (Ullrich, 2015)



Obrázek 13 GPS navigace pomocí vysílačů (Ullrich, 2015)

4.4 Bezpečnost AGV

Legislativa Evropské unie je nejpřísnější na světě. Zákonnodárci a instituty odpovědné za normy a standardy spravují souhrn technických předpisů, které minimalizují potenciální zranění pracovníků způsobené systémy automaticky řízených vozidel. Tyto vysoké nároky splňují evropští výrobci nejen na bezpečnostní systémy, ale jsou přenášeny i na celkovou kvalitu jejich výrobků. Tato situace je zodpovědná za to, že dodavatelé z Asie a Ameriky se jen obtížně prosazují na trhu Evropské unie. (Ullrich, 2015)

Zavádění AGV do dodavatelského řetězce je však zatím nedostatečné, protože k rozšíření AGV do dodavatelských řetězců je třeba ještě vyřešit faktory, jako jsou náklady na instalaci, pružnost provozních strategií a úroveň bezpečnosti systémů umožňujících detekci. Kromě toho trvá instalace plně funkční instalace AGV několik měsíců, vyžaduje vysoce kvalifikované techniky a zahrnuje zdlouhavé a nákladné postupy na pracovišti.

Tyto faktory spolu úzce souvisejí. Větší pružnost provozních strategií a větší bezpečnost systémů vnímání mají za následek vyšší náklady na instalaci. (Aguiar et al., 2019)

4.5 Analýza a hodnocení implementace AGV

S implementací AGV a s tím spojenou automatizací logistických a průmyslových prostředí je vyžadována i pečlivá analýza a hodnocení. Pro tento účel je často využívána SWOT analýza. Jedná se o strategický nástroj, který umožňuje systematicky zhodnotit interní a externí faktory, které mohou ovlivnit daný projekt. K hodnocení interních faktorů se provádí analýza silných stránek (Strengths) a slabých stránek (Weaknesses), pro faktory externí pak analýza příležitostí (Opportunities) a hrozeb (Threats) spojených s implementací. (Hill et al., 2020)

5 VÝBĚROVÉ ŘÍZENÍ DODAVATELŮ

Výběr dodavatelů je činnost rozdělená do několika specifických etap, které se v závislosti na poptávané službě mohou lehce odlišovat. Nejdříve probíhá identifikace okruhu potenciálních dodavatelů, poté se na základě výsledků hodnocení potenciální způsobilosti dodavatelů výběr zužuje a navazuje přímý výběr samotných dodavatelů. (Macurová et al., 2018)

5.1 Stanovení počtu dodavatelů

V prvním kroku je důležité určit od kolika dodavatelů bude služba poptávána. Jsou dvě možnosti:

5.1.1 Multiple sourcing – více dodavatelů

Strategii Multiple sourcing se také říká „strategie dodavatelského vějíře“. U této strategie jsou služby poptávány od více na sobě nezávislých dodavatelů.

Výhodou je pružnost reakce při změně dodavatelů, a tedy menší závislost na jednom dodavateli. Vyhodnocována je cena, která je ovlivňována konkurenčním bojem mezi dodavateli. Velkou výhodou, kterou tato strategie nabízí je více zdrojů know-how k poptávané službě.

Nevýhody jsou spojené s širší škálou kvality, většími náklady na hodnocení dodavatelů a na komunikaci s nimi. Nelze pominout ani složitější dosahování úspor z rozsahu. (Macurová et al., 2018)

5.1.2 Single sourcing – jeden dodavatel

Touto volbou se odběratelé rozhodují poptávat služby pouze od jednoho dodavatele i přesto, že existuje více možných dodavatelů a mají možnost si vybrat. Tento dodavatel je vždy před výběrem náležitě prověřený.

U výběru jednoho dodavatele je výhodou výrazně jednodušší ověřování kvality, snazší komunikace s dodavatelem a nižší náklady na ni. Výhodou je jednodušší dosažitelnost úspor z rozsahu.

Nevýhodou je bohužel větší riziko odběratele při výpadku dodavatele. Dodavatel zároveň může vyvíjet tlak na cenu. (Macurová et al., 2018)

5.2 Výběrová základna potenciálních dodavatelů

Díky internetu je v dnešní době u některých vybraných služeb desítky až stovky možných dodavatelů. Výjimkou jsou strategické služby, u kterých bývá naopak omezené množství.

Pro prvotní srovnání dodavatelů je vhodné stanovit parametry, jež jsou pro společnost základními požadavky, které musí všichni vybraní dodavatelé splňovat. Může se jednat například o požadavky na maximální cenu, minimální kvalitu a podobně. (Gros, 2016)

Zdrojem informací o způsobilosti dodavatele může být zpětná vazba od jiných odběratelů, ale zejména samotné nabídky dodavatelů. (Macurová et al., 2018)

5.3 Hodnocení potenciálně možných dodavatelů

Existují různé způsoby a mnoho kritérií pro hodnocení dodavatelů. Některé firmy používají pouze SWOT analýzy, zatímco jiné vyvíjejí vlastní hodnoticí systémy. Pokud je klíčovým kritériem nákupní cena a podmínky, je důležité zvážit:

- cenu a s ní spojené podmínky a slevy dodavatele,
- kalkulaci nákupní ceny,
- další náklady vyplývající ze spolupráce s dodavatelem.

(Taušl Procházková, Jelínková, 2018)

Tato fáze výběru dodavatele slouží k hodnocení a posuzování, zda je dodavatel schopen splnit i ostatní podmínky, mezi které se řadí dodací lhůta nebo recenze.

Následuje hodnocení budoucího potenciálu dodavatele z hlediska možného navýšení kapacit služeb v rámci spolupráce, schopnosti inovovat produkty nebo například z hlediska spolupráce na dalších společných projektech. To je možné uskutečnit formou zákaznického auditu u dodavatele. (Macurová et al., 2018)

5.4 Dokončení výběru dodavatele

Výsledkem předešlého hodnocení je zpracování seznamu schválených dodavatelů, který je závazným dokumentem. (Macurová et al., 2018)

Tato velmi důležitá etapa výběrového řízení má za cíl vybrat jednoho, nebo více konkrétních dodavatelů poptávané služby. Jedná se o typickou ukázkou vícekritériálního rozhodování, jehož podstatou je nalezení takové možnosti, jejíž zvolení maximalizuje hodnotu tzv. funkce užitečnosti. Ta je váženým průměrem jednotlivých hodnocení vzhledem k požadovaným kritériím a jim přiřazené váze (ta určuje důležitost daného kritéria). Tato metoda je označována jako tzv. metoda bazické varianty, protože významnost variant je hodnocena za pomoci porovnávání hodnot kritérií s jejich nejlepšími hodnotami. (Gros, 2016)

Mezi další využívané metody výběru dodavatele patří:

- **Metoda minimalizace vzdálenosti od ideální varianty** – cílem této metody je nalezení takové varianty, u které se hodnoty kritérií co nejméně vzdalují od svých ideálních hodnot. Nevýhodou této metody jsou různé jednotky hodnotících kritérií, které bývají odlišné a při porovnávání těchto hodnot se vybírají ty s větší absolutní hodnotou. (Gros, 2016)
- **Srovnání výhod a nevýhod** – nejjednodušší postup, kdy je použita nespojitá hodnotící stupnice (např. splňuje/nesplňuje). Na první pohled jednoduché, ale velmi efektivní hodnocení se používá pouze pro hrubou orientaci v situaci, kdy je posuzováno velké množství variant a kritérií. (Gros, 2016)
- **Bodové hodnocení** – kvalitnější metoda, která poskytuje vhodnější podklad pro výběr dodavatele. Snahou je odstranit hrubou klasifikaci přesnějším rozeznáním hodnot kritérií za pomoci bodovací stupnice. Například 1-5 bodů, kdy 1 bod reprezentuje nejhorší hodnotu a 5 bodů nejlepší. (Gros, 2016)

Využívány jsou také metody, které zohledňují i hodnocení významnosti jednotlivých rozhodovacích kritérií. Dlouho se přistupovalo se stejnou váhou ke všem kritériím. Pro společnost však mají jednotlivá různou důležitost, která se může měnit s vývojem ekonomického prostředí a v praxi je tedy používání hodnocení tímto způsobem nevyhovující.

Pro stanovení pořadí důležitosti jednotlivých kritérií neexistuje žádný univerzální model. Úspěšnost celého procesu hodnocení významnosti kritérií se tedy odvíjí od toho, jak se eliminují subjektivní jednostranné názory členů hodnotící komise, kteří se na takovém rozhodování podílí. Problém nicméně nastává také u vyššího počtu dodavatelů a kritérií. (Gros, 2016)

V tomto případě se používají metody, které lze rozdělit na dvě skupiny:

- 1) **Metody přímé** – hodnotitel významnosti sám přiřazuje normované i nenormované váhy jednotlivým kritériím.
 - **Přímé přiřazování normovaných hodnot** – pořadová čísla jednotlivých kritérií jsou přiřazována přímo, podle významnosti. Nejvýznamnější kritérium je na prvním místě a nejméně významné na posledním. Je sestavován tým odborníků, kteří hodnotí kritéria z různých hledisek.
 - **Metoda klasifikace do tříd** – kritéria jsou postupně přiřazována k předem definovaným třídám významnosti, jež musí být náležitě popsány. Množství tříd musí být výrazně menší, než počet kritérií.
 - **Bodové hodnocení** – volí se ideální hodnotící stupnice. U této metody často hodnotitel přiřazuje veškerým kritériím zejména vyšší hodnoty. Kritéria pak mají stejné nebo velmi podobné hodnocení.
 - **Metfasselova metoda** – řeší problém s hodnocením u bodové stupnice. Tato metoda používá postup, kdy hodnotitel rozdělí 100 bodů mezi jednotlivá kritéria tak, aby součet hodnot důležitosti jednotlivých kritérií byl právě 100. (Gros, 2016)
- 2) **Metody nepřímé** – tyto metody závisí na jednoduchém srovnávání významnosti vždy pouze dvou jednotlivých kritérií. Pokud je jedno kritérium stanoveno jako významnější, označíme ho vybraným způsobem nebo mu přiřadíme preferenci 1. Výsledky vychází z vytvořené množiny kombinací možných dvojic všech kritérií. (Gros, 2016)

Kombinace lze aplikovat do dvou možných zobrazení:

- **Trojúhelník párů** – v něm se srovnává každé kritérium s každým. Důležitější kritérium je třeba označit zvoleným způsobem. U každého kritéria se poté sečte počet preferencí. Čím větší počet preferencí kritérium získá, tím nabývá na důležitosti. Kritérium s největším počtem preferencí se stává nejvýznamnějším, a naopak kritérium s nejmenším počtem preferencí nabývá statusu nejméně důležitého.
- **Maticе preferencí** – vhodnější pro hodnocení, kombinace párů jsou zobrazeny do čtvercové matice, kde počet řádků a sloupců určuje počet kritérií. V buňce srovnávaného páru kritérií je hodnoceno, zda je významnější kritérium v řádku vůči kritériu ve sloupci a je mu přiřazena hodnota 1. Pokud je kritérium méně podstatné, je přiřazena 0. V každém řádku je sečten počet preferencí pro dané kritérium a je vydělen součtem všech hodnot preferencí jednotlivých kritérií. Kritérium na příslušném řádku s větším procentuálním zastoupením z celku nabývá na významnosti. V případě stejné hodnoty u dvou kritérií se provádí vzájemné porovnání znovu. (Gros, 2016)

Výsledek získání významnosti jednotlivých kritérií některou z výše zmiňované metody je poté využit pro objektivnější a přesnější hodnocení dodavatelů, a to kombinací metod pro hodnocení významu dodavatelů a metod pro hodnocení významu kritérií. (Gros, 2016)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 POPIS SPOLEČNOSTI X

Společnost neposkytla souhlas k přesnému pojmenování, nepřeje si být uváděna, z tohoto důvodu je v této práci využíván název organizace „Společnost X“.

Společnost X se pyšní bohatou historií sahající až do 19. století, ve kterém byla založena. Jedná se o globálního dodavatele se širokou škálou produktů a služeb pro automobilový průmysl. V roce 2022 se spojila s další významnou společností ve svém oboru, čímž vznikl konglomerát, který se řadí mezi sedm největších automobilových skupin na světě a je jedním z předních hráčů na trhu v oblasti automobilového průmyslu.

Společnost disponuje rozsáhlou globální sítí s více než 150 000 zaměstnanci ve více než 35 zemích světa. Nabízí široké spektrum produktů a systémů pro osvětlení, elektroniku a palubní desky, čímž uspokojuje potřeby širokého spektra automobilových značek a modelů.

Důraz na neustálý výzkum a vývoj umožňuje držet krok s rychlým tempem změn v automobilovém průmyslu. Vyvíjené produkty jsou nejen v souladu s nejnovějšími trendy a normami v oboru, ale často překonávají očekávání zákazníků. Prémiová kvalita a spolehlivost produktů jsou klíčovými hodnotami společnosti a jsou pečlivě udržovány a neustále zdokonalovány.

Jednou z klíčových poboček je závod v České republice, který má již více než 30letou tradici a v současnosti zaměstnává více než 2 500 lidí. Tato pobočka se specializuje na vývoj a výrobu komponentů pro automobilový průmysl, které zajišťují viditelnost a bezpečnost vozidel na silnicích. Společnost spolupracuje s předními automobilkami, jako je Volkswagen, Škoda, Audi, BMW a Mercedes-Benz, a dodává jim produkty nejvyšší kvality, které splňují nejnáročnější požadavky. Díky své strategické poloze, kvalifikované pracovní síle a modernímu vybavení hraje důležitou roli v globální výrobní síti společnosti.

Další klíčovou vlastností organizace je závazek společnosti k udržitelnosti a ekologickému přístupu. Česká pobočka aktivně pracuje na snižování ekologického dopadu své výroby a výrobků, čímž přispívá k celosvětovým snahám o ochranu životního prostředí.

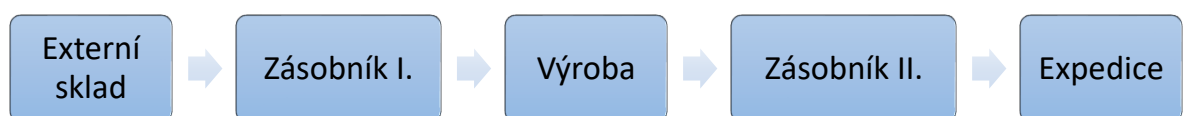
Podporuje také vzdělávání a odbornou přípravu mladých lidí v oblasti automobilových technologií a aktivně se podílí na společenském životě v České republice.

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU PROCESU

Analýza je zaměřena na proces zavážení hotové výroby (viz obrázek č. 14), tj. průběh návozu prázdných zákaznických obalů – KTP boxů a odvoz plných KTP boxů. Celý proces je analyzován metodou sledování. Zvláštní pozornost je věnována manipulační technice a stanovištím, které s procesem souvisí. Pozorování pomohlo samotné tvorbě tras pro AGV v návrhové části, dále lokalizaci centrálního stanoviště pro AGV a stanovení jejich potřebného množství.

7.1 Místa procesu

- 1) **Externí sklad** – Příjem veškerého materiálu probíhá v externím skladu, který vlastní a spravuje externí firma (dále jako „Společnost Y“), zprostředkující logistické služby pro Společnost X. Společnost Y poskytuje následující služby:
 - komplexní skladování materiálu a manipulačních jednotek,
 - nepřetržité dodávky materiálu pro výrobu,
 - vnitřní přeprava materiálu ze skladu a do skladu.
- 2) **Zásobník I.** – V logistickém centru, které spadá pod Společnost X, se nachází zásobník KTP boxů. Boxy odtud putují přímo do výroby. Logistické centrum je zároveň místem, kudy prochází i hotové výrobky.
- 3) **Výroba** – Na výrobních linkách jsou přijímány prázdné zákaznické obaly – KTP boxy, které jsou odtud následně vychystávány s hotovými výrobky. Jakmile se KTP box naplní, putuje zpět do zásobníku v logistickém centru.
- 4) **Zásobník II.** – Po přijetí KTP boxu s hotovými výrobky do logistického centra jsou boxy pro bezpečnější převoz zakryty víkem a zapáskovány. Poté je KTP box uložen do zásobníku určeného pro převoz na expediční sklad.
- 5) **Expedice** – Expediční sklad spravuje Společnost Y. Probíhá zde příjem plných KTP boxů s hotovými výrobky a jejich zaskladnění.



Obrázek 14 Schéma procesu zavážení hotové výroby (interní informace)

7.2 Průběh procesu

Procesy lze rozdělit na část interní a externí. Níže jsou podrobně popsány procesy jednotlivých částí.

7.2.1 Zavážení výrobní linky – interní část

Středobodem celého procesu je výrobní linka a její manipulanti, kteří mají za úkol vychystávání hotových výrobků. Po dokončení výrobního procesu probíhá kontrola kvality výrobků. Poté jsou výrobky umísťovány do zákaznických obalů – KTP boxů. Jakmile při výrobě manipulant zaplní celý jeden KTP box hotovými výrobky, zajistí prostřednictvím obalového systému (e-Kanban aplikace v tabletu) dodání prázdného KTP boxu. Tím současně zajistí odvoz plného boxu, který již s předstihem umístí na odvozovou plochu. Systém e-Kanban umožňuje ověřovat stav procesu jednotlivých objednávek, tj. zda je objednávka přijata nebo je na cestě, případně zda je již dokončena. Jedná se o vlastní systém vytvořený Společností X.

V momentě, kdy je vystavena nová objednávka, okamžitě se zobrazí obsluze zásobníku na logistickém centru, konkrétně v tabletu umístěném na VZV. Na základě této objednávky skladoví manipulanti zásobníku vychystávají potřebné prázdné KTP boxy. Po přijetí objednávky skladník KTP box fyzicky přemístí ze zásobníku na podval, který poté přesune na odvozovou plochu. Obsluha tahačů podval následně zapojí do soupravy, kterou převezde k výrobní lince. Zde dochází k odpojení KTP boxu na podvalu a k umístění na místo určené pro prázdné boxy.

S vykládkou prázdného KTP boxu pro výrobní linku na plochu tomu určenou souvisí i nakládka připraveného plného KTP boxu na odvozové ploše. KTP box manipulant zapojí do soupravy a odveze do logistického centra, kde následně probíhá jeho vyložení z podvalu za pomoci VZV. Poté je KTP box zakryt příslušným víkem a zapáskován, což probíhá v zařízení přímo vedle zásobníku. Nakonec je KTP box přesunut do zásobníku s hotovými výrobky. Po naplnění kapacity zásobníku je zajištěn odvoz do expedičního skladu.

7.2.2 Procesy a funkce externího skladu

V expedičním skladu jsou přijaté zabalené KTP boxy s hotovými výrobky přeštítkovány a opatřeny průvodními listy k zaskladnění. Následně jsou za pomoci VNA techniky zaskladněny do regálů. Takto připravené KTP boxy jsou odsud při expedici koncovému zákazníkovi vyskladněny a pro zákazníka znovu finálně přeštítkovány. Zákazník zároveň,

před samotným příjezdem na expedici, do příjmové haly dodá vyprázdňené KTP boxy, které jsou odtud zaskladněny do centrálního zásobníku zákaznických obalů v externím skladu. Ty jsou dále dle potřeby převezeny do zásobníku v logistickém centru. Převoz boxů objednává a zajišťuje mistr skladu v logistickém centru v koordinaci s mistrem externího skladu.

Výše uvedené činnosti související se zásobováním logistického centra z externího skladu budou pravděpodobně v dohledné době zcela zrušeny. Je v plánu nahrazení plně automatizovaným velkokapacitním skladem přímo napojeným na logistické centrum, který je aktuálně již ve výstavbě. Nový sklad by měl být využíván i pro KTP boxy, a to zejména z důvodu úspory skladovacího prostoru, ale také s ohledem na úsporu času a finančních nákladů, které jsou v tomto procesu nezanedbatelné.

7.3 Stávající manipulační technika

V současném stavu Společnost X využívá pro zavážení hotové výroby 6 elektrických tahačů DEC BULL 5N a různé varianty podvalů.

7.3.1 Tahač DEC BULL 5N

Tahače DEC BULL 5N (viz obrázek č. 15) jsou určeny pro činnost v sedě. Pomocí nich lze manipulovat s nákladem o hmotnosti až 5 tun. Díky svému širokému využití, a to jak uvnitř hal, tak i ve vnějším prostoru, je tato značka považována za nejprodávanější na trhu. Proti podobným tahačům je díky svému vyššímu podvozku schopen překonávat i nerovnosti terénu, přičemž jeho šířka je pouze 920 mm. Sedadlo je vybaveno bezpečnostním pásem a interaktivní displej umožňuje monitorovat stav baterie, rychlost a další důležité informace. Tahač je standardně vybaven trakční baterií (JK Logistika a.s., 2024)



Obrázek 15 Tahač DEC BULL 5N (vlastní zpracování)

Při analýze současného stavu manipulační techniky bylo provedeno vlastní monitorování využití tahačů právě tohoto typu. Měření probíhalo sběrem dat motohodin z displejů tahačů, které představují reálný čas, po který jsou tahače skutečně využívány v daném procesu, tj. probíhá transport hotových výrobků – dochází k zavážení hotové výroby.

Měření probíhalo v několika cyklech po dobu 8 týdnů, přičemž každý cyklus byl definován počátečním stavem motohodin (v pondělí na začátku ranní směny) a koncovým stavem motohodin (v sobotu ráno na konci noční směny).

Pro výpočet využití tahačů byl použit následující vlastní vzorec:

$$\frac{K - Z}{D} \times 100 = 39 \%$$

Legenda:

Z – hodnota motohodin na začátku měření

K – hodnota motohodin na konci měření

D – délka pracovní doby, která pro měřených 5 dní činila 110 hodin

100 – koeficient pro výsledek vyjádřený v procentech

Ideální využití těchto tahačů bylo stanoveno na 60 % transportního času a 40 % času manipulace. Z reálně naměřených výsledků vyplynulo průměrné skutečné vytížení tahačů pouze 39 %. To ukazuje na fakt, že požadavky na transportní čas nejsou splněny a tahače jsou nedostatečně vytížené, než jak společnost očekávala. Měřením byly potvrzeny nemalé prostoje ve využití tahačů. Tento poznatek ještě důrazněji upozorňuje na potřebu upravit nebo zásadně změnit proces zavážení hotové výroby.

7.3.2 Podvaly

Při zavážení hotové výroby je, z důvodu široké škály zákaznických obalů různé velikosti – KTP boxů, potřeba používat za tahače i podvaly různého typu. Ve Společnosti X jsou používány 3 varianty podvalů:

- 1) Podval pro KTP boxy a palety o rozměru 1200x800 mm – Euro paleta
(viz obrázek č. 16)



Obrázek 16 Podval 1200x800 mm (vlastní zpracování)

- 2) Podval pro KTP boxy a palety o rozměru 1200x1000 mm – IPO paleta
(viz obrázek č. 17)



Obrázek 17 Podval 1200x1000 mm (vlastní zpracování)

- 3) Podval pro KTP boxy a palety o rozměru 1600x1200 mm – NON-standard
(viz obrázek č. 18)



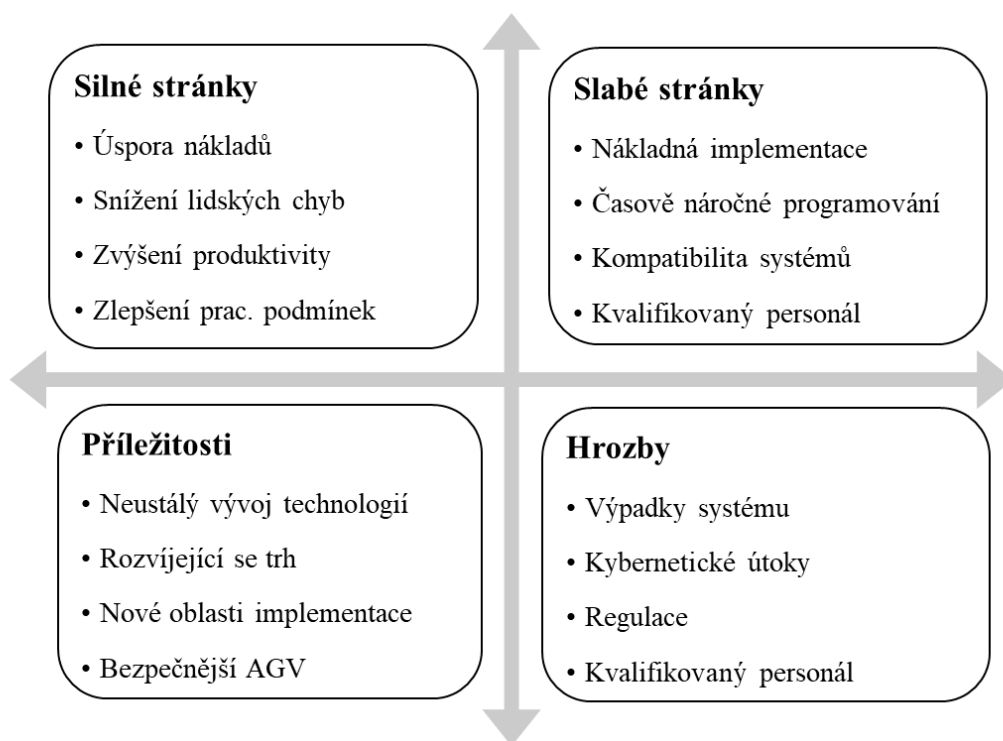
Obrázek 18 Podval 1600x1200 mm (vlastní zpracování)

8 DOSAŽITELNOST IMPLEMENTACE AGV

AGV zažívají v posledních letech boom a mnoho společností zavádí jejich provoz právě v logistice. Před samotným posuzováním možností implementace AGV je vždy důležité vyhodnotit výhody a nevýhody automaticky naváděných vozidel společně s požadavky a nároky, které kladou jednotlivé společnosti, v tomto případě Společnost X.

8.1 SWOT analýza

Pro zvážení plusů a mínusů projektu zabývajícího se implementací AGV byla zvolena SWOT analýza. Shromážděné výsledky jsou vydefinovány v matici níže (viz obrázek č. 19).



Obrázek 19 SWOT analýza – matice (vlastní zpracování)

Detailní analýza a popis hodnocených parametrů.

Interní prostředí:

a) Silné stránky (Strengths)

- V dlouhodobém horizontu mohou AGV, v porovnání s manuální manipulací a jinými typy vozíků, zajistit úsporu provozních nákladů.

- Automatizace provozu za pomoci AGV snižuje riziko lidských chyb, nehodovost, dále snižuje riziko poškození materiálu, zajišťuje plynulost a efektivitu přepravy materiálu v rámci výrobního/logistického procesu.
- AGV mají schopnost pracovat nepřetržitě a s velmi vysokou přesností, díky čemuž se snižují prostoje a zvyšuje se celková produktivita a efektivita.
- AGV také snižují až eliminují počet manuální manipulace s těžkými břemeny, čímž se zmírňuje riziko úrazů a zlepšují se ergonomické podmínky práce.

b) Slabé stránky (Weaknesses)

- Nákup a implementace AGV bývá pro mnoho firem poměrně nákladným rozhodnutím.
- AGV jsou často naprogramovány pro plnění specifických úkolů a jejich přizpůsobení novým požadavkům může být časově náročné.
- Propojení AGV s aktuálním systémem může být technicky náročná a vyžadovat jeho úpravy.
- Údržbu a obsluhu AGV je schopen vykonávat pouze vyškolený personál s technickými znalostmi.

Externí prostředí:

c) Příležitosti (Opportunities)

- Neustálý vývoj v oblasti automatizace a robotiky přináší nové inovativní technologie pro AGV, které zvyšují jejich efektivitu a flexibilitu.
- Trh s AGV se dynamicky rozvíjí a nabízí širokou škálu technologií a řešení pro různé aplikace.
- AGV se stále více prosazují v nových oblastech, jako je například e-commerce.
- S rostoucími požadavky na bezpečnost a ergonomii práce je vytvářen prostor pro vývoj AGV, které snižují riziko úrazů, zlepšují pracovní podmínky a mají lepší funkce a výkon.

d) Hrozby (Threats)

- Jedná se o technologii závislou na informačním systému a energii, jejíž výpadky mohou ohrozit plynulý provoz.

- AGV jsou náchylnější ke kybernetickým útokům. Může jít o hackerské útoky na síť a informační systém a tím ohrozit bezpečnost a provoz.
- Přísnější regulace a požadavky na bezpečnost a provoz mohou zvýšit náklady na dodržování předpisů a omezit růst a rozvoj trhu s AGV.
- Získávání a udržení kvalifikovaného personálu pro údržbu a obsluhu AGV může být náročné.

Pro stanovení závěrů je níže jednotlivým parametrům přiřazena hodnota 1-10 z předem určené bodové stupnice, kdy hodnota 10 znamená nejvyšší spokojenost a hodnota 1 nejnižší spokojenost. V případě slabých stránek a hrozeb je použita záporná hodnota. K jednotlivým faktorům je dále přiřazena i váha určující jejich důležitost. Součet vah je vždy roven 1 (viz tabulka č. 1):

Tabulka 1 Tabulka hodnocení ke SWOT analýze (vlastní zpracování)

	Parametr	Body	Váha	Výsledek
Silné stránky	Úspora nákladů	9	0,4	3,6
	Snížení lidských chyb	6	0,2	1,2
	Zvýšení produktivity	7	0,3	2,1
	Zlepšení prac. podmínek	5	0,1	0,5
	Součet vynásobených hodnot:			
Slabé stránky	Nákladná implementace	-7	0,3	-2,1
	Časově náročné programování	-3	0,2	-0,6
	Kompatibilita systémů	-6	0,3	-1,8
	Kvalifikovaný personál	-5	0,2	-1
	Součet vynásobených hodnot:			
Příležitosti	Neustálý vývoj technologií	8	0,3	2,4
	Rozvíjející se trh	5	0,3	1,5
	Nové oblasti implementace	5	0,1	0,5
	Bezpečnější AGV	6	0,3	1,8
	Součet vynásobených hodnot:			
Hrozby	Výpadky systému	-7	0,5	-3,5
	Kybernetické útoky	-4	0,1	-0,4
	Regulace	-6	0,2	-1,2
	Kvalifikovaný personál	-3	0,2	-0,6
	Součet vynásobených hodnot:			
Interní část SWOT analýzy				1,9
Externí část SWOT analýzy				0,5

Pro finální výsledek analýzy byly vynásobeny přiřazené body a váhy jednotlivých parametrů. Následovalo sečtení těchto výsledků pro každý faktor. Součet interní a externí části vykázal hodnoty, které již určují, v jaké pozici se společnost nachází. Dle výsledků převažují silné stránky nad slabými a příležitosti nad hrozbami. Byla stanovena **ofenzivní strategie řízení** pro implementaci AGV ve Společnosti X.

8.2 Nároky na implementaci

Společnost X si pro implementaci AGV klade vlastní specifické podmínky. Mezi nejdůležitější z nich patří:

1. Zohlednění uspořádání výrobních linek, výrobních prostor a cest nejen z důvodu bezpečnosti, ale také omezených možností potenciálních tras a dále z důvodu zvolené technologie navigace AGV.
2. Možnost převozu pomocí podjezdových AGV.
3. Možnost převozu podvalníků s kolečky z důvodu následné manipulace lidmi u výrobní linky.
4. Jeden druh AGV musí dokázat manipulovat s více druhy manipulačních jednotek. Důvodem je různá velikost používaných podvalů a zákaznických obalů.
5. AGV musí zvládnout projet i trasami se stoupáním až 4,8 %, které se ve výrobních prostorech nacházejí.
6. AGV musí být schopné se otočit na místě o 360 stupňů. Důvodem je úspora místa a úzké uličky.
7. Systém AGV musí být kompatibilní s e-Kanban aplikací pro objednávání obalů používanou ve Společnosti X.
8. Požadované maximální zatížení minimálně 400 kg. Hmotnost plného zákaznického obalu s hotovými výrobky se sice liší, je však žádoucí, aby bylo AGV schopné uvést náklad v jakémkoliv případě.
9. Nutná osobní kontrola prostoru dodavatelem v souvislosti s prověřením lokálních podmínek včetně vyhodnocení, zda je ve Společnosti X implementace příslušné technologie možná.
10. Dodavatel musí plnit pravidla definovaná místními zákony, které se týkají nejen bezpečnosti.

11. Aktivní testování AGV přímo v prostorách Společnosti X pro ověření provozuschopnosti.

Důraz byl dále mimo jiné kladen také na cenu, zodpovědnost, možnosti servisu, včetně servisu na dálku, dostupnost náhradních dílů a bezpečnost citlivých dat v systému.

9 VÝBĚROVÉ ŘÍZENÍ DODAVATELŮ

Všechny kroky a postup týkající se výběrového řízení dodavatele byl konzultován se zodpovědnými osobami a vedením Společnosti X. Při výběru dodavatele byl právě na základě těchto diskuzí zvolen přístup výběru jednoho dodavatele – single sourcing se zohledněním stanovených podmínek uvedených v předchozí kapitole.

Pro počáteční přehled výběrové základny potenciálních dodavatelů proběhlo oslovení 7 firem. Vzhledem k zachování anonymity budou dále nazývány jako Dodavatel 1-7. Postupně byly analyzovány všechny jejich nabídky a během výběrového řízení pak byli nevyhovující dodavatelé průběžně vyřazováni. K vyřídění přispěly následující důvody:

- Dodavatel 4 – Dodavatel přijel do Společnosti X a jednostranně ukončil plnění zadané zakázky. Důvodem byla neschopnost dodat techniku, která by danému procesu a kritériím vyhovovala. AGV mělo příliš velké rozměry a dodavatel se nedokázal ztotožnit s využitím podvalníku.
- Dodavatel 5 – Nasazení systému navádění nabízené techniky od tohoto dodavatele nebylo reálné. Spočívalo v přemístování AGV z bodu do bodu po předem dané mřížce v podobě QR kódů na podlaze. Tento způsob je zajímavý, avšak pro použití ve Společnosti X velmi omezující. Dodavatel zároveň nebyl schopen jasně definovat, jaký konkrétní typ AGV použít. Opětovný problém nastal s použitím podvalníků.
- Dodavatel 6 – Tento dodavatel musel být do výběru zařazen přímo na vyžádání vedení Společnosti X. Od poptávky se však odstoupilo. Důvodem byl problém s dodací lhůtou delší než 1 rok.
- Dodavatel 7 – Dodavatel byl kontaktován s poptávkou, bohužel nenásledovala žádná reakce.

Posledního hlavního kola výběrového řízení se tak účastnili už jen 3 dodavatelé.

9.1 Nabídka dodavatelů 1-3

Dodavatelé 1-3 zaslali konkrétní nabídky automatizace procesu zavážení hotové výroby a byli tak vybráni do hlavního kola výběrového řízení. V tabulce č. 2 jsou představeny hodnoty důležitých parametrů z nabídek jednotlivých Dodavatelů 1-3:

Tabulka 2 Srovnání nabídky Dodavatelů 1-3 (vlastní zpracování)

	Dodavatel 1	Dodavatel 2	Dodavatel 3
Poloměr otáčení	360°	360°	360°
Směr jízdy	Dopředu	Dopředu i dozadu	Dopředu
Maximální rychlost jízdy	2,7 km/h (0,75m/s)	7,2 km/h (2,0 m/s)	7,2 km/h (2,0 m/s)
Maximální zatížení	800 kg	600 kg	750 kg
Uchycení manipulační jednotky	Fixační kolík – táhnutí	Zvedací platforma /Fixační kolík – táhnutí	Uchycení tyče na manipulační jednotce – táhnutí
Maximální stoupání	1 %	5 %	3 %
Navigace	Magnetická páska	Laserová navigace	Magnetická páska/ laser
Termín dodání	13-16 týdnů	4-6 týdnů	Až 35 týdnů od zaplacení

9.1.1 Dodavatel 1

Dodavatel 1 se specializuje na vývoj a výrobu automaticky naváděných vozidel (AGV) pro průmyslové aplikace. Ve své nabídce má velké množství různých modelů, ze kterých byl nejvhodnějším kandidátem pro Společnost X zvolen model, který je kompaktní a snadno manévrovatelný. Jedná se o AGV navržené pro efektivní manipulaci s paletami a náklady v továrních a skladových prostředích.

S dodavatelem proběhla osobní kontrola prostor pro ověření lokálních podmínek, včetně testování AGV přímo v prostorách Společnosti X. Byla úspěšně otestována i schopnost AGV překonat stoupání se sklonem až 4,8 % se zatížením 700 kg. Zároveň bylo shledáno, že nebude nutné pořizovat nové manipulační jednotky (tedy podvaly) při implementaci AGV a bude postačovat úprava stávajících.

V návaznosti na budoucí zprovoznění automatického skladu a automatizaci dalších procesů spojených se zavážením výroby byla také analyzována budoucí potenciální technika. Nabídka tohoto dodavatele disponuje ve svém portfoliu jak paletovým zakladačem, tak i tahačem.

9.1.2 Dodavatel 2

Za účelem porovnání technologií byla do výběru AGV zařazena i společnost zabývající se čistě výrobou AMR (autonomních mobilních robotů). Tento dodavatel se řadí mezi přední světové výrobce AMR určených pro průmyslové a logistické procesy. Dodavatel 2 je se svojí nabídkou klíčovým hráčem na trhu s AMR.

V průběhu testování dodavatele ve Společnosti X byl zjištěn problém s výkonem jejich stroje. Přestože má dostatečné technické parametry, nedokázal vyjet trasu se stoupáním 4,8 %. Dodavatelem byla nabídnuta náhradní alternativa, nicméně by již nevyhovovala stanoveným požadavkům, velikost AGV již nebyla vyhovující svými rozměry. Model Dodavatele 2 navíc není schopen převážet palety na podvalníku, což by znamenalo nákup velmi drahých alternativních manipulačních jednotek.

V návaznosti na budoucí zprovoznění automatického skladu a automatizaci dalších procesů spojených se zavážením výroby byla také analyzována potenciální budoucí technika. Nabídka Dodavatele 2 má v portfoliu bohužel pouze paletový zakladač.

9.1.3 Dodavatel 3

Dodavatel 3 byl Společnosti X doporučen z popudu dalšího nezávislého dodavatele. Je inovativní společností, která se specializuje na vývoj a výrobu AGV pro automatizaci intralogistiky. Nabízí širokou škálu AGV řešení pro různá průmyslová odvětví, včetně výroby, skladování, distribuce a zdravotnictví.

S dodavatelem proběhla kontrola prostor pro ověření lokálních podmínek. Proběhlo také testování modelu s laserovým naváděním. Stroj měl bohužel problémy s navigací. V některých prostorech úplně ztrácel orientaci. Vzhledem k tomu, že je provoz ve Společnosti X příliš vytížený a prostředí se tak velmi rychle mění, robot se nedokázal v daném prostoru dostatečně orientovat. Navíc kvůli své délce nastal problém s překonáním stoupání o hodnotě 4,8 %. Stroj splňuje podmínku převážet podvalníky, nicméně je příliš dlouhý, což právě způsobuje potíže s otáčením pod podvalem, aniž by neotočil podval samotný. Toto by znamenalo nákup nových manipulačních jednotek.

Opět z důvodu budoucího zprovoznění automatického skladu a automatizace dalších procesů spojených se zavážením výroby byla také analyzována potenciální budoucí technika. Nabídka tohoto dodavatele nemá v portfoliu nic jiného než podjezdové AGV/AMR, a byla by tak nutná spolupráce ještě s jiným dodavatelem.

9.2 Výběr dodavatele

Výběr dodavatele AGV je zásadní rozhodnutí, které může mít v budoucnu značný dopad na efektivitu a produktivitu provozu.

Při výběru dodavatele nesmí být opomenuto srovnání výhod a nevýhod jednotlivých nabídek (viz tabulka č. 3), včetně individuálních konzultací týkajících se nabídek Dodavatelů 1-3. S tím bylo spojeno také porovnání cenových nabídek pro implementaci AGV a faktory týkající se uvedení systému do provozu a služeb.

Tabulka 3 Srovnání výhod a nevýhod nabídek (vlastní zpracování)

	Dodavatel 1	Dodavatel 2	Dodavatel 3
Výhody	Dobré recenze z jiné české společnosti používající tuto techniku	Uživatelsky přívětivý software	Maximální rychlost jízdy
	Schopnost manipulace s různě velkými manipulačními jednotkami	Navigace	
	Cena AGV		
	Bez nutnosti nákupu nových manipulačních jednotek		
Nevýhody	Maximální rychlost jízdy	Velikost AMR není vhodná pro použití různých velikostí manipulačních jednotek používaných v procesu	Velikost AGV – problém se stoupáním
	Navigace za pomoci magnetické pásky (náchylná na poškození)	Nemožnost použít vlastní manipulační jednotku	Cena AGV
		Jiná manipulační jednotka by mohla znamenat problém s manipulací a tím i ergonomií u výrobní linky	Nutnost zakoupit nové manipulační jednotky
		Cena AMR	Navigace za pomoci magnetické pásky (náchylná na poškození)
	Problém s výkonem	Navigace za pomoci laseru (nespolehlivé)	

Implementace AGV od Dodavatele 1 se jeví jako nejlepší varianta ze všech hodnocených nabídek. Jako jediný dodavatel dokáže dodat techniku, která splňuje zadaná kritéria pro implementaci a není nutné nakupovat nové podvaly. Nabízí techniku, která se dokáže otočit přímo pod podvalem, aniž by podval změnil polohu. Díky této schopnosti se zvládne přemístit pod další manipulační jednotku. Představený typ AGV je schopen manipulovat s více druhy manipulačních jednotek a vyjet se zatížením i stoupání pod úhlem 4,8 %, což byla jedna z nejdůležitějších kritérií pro automatizaci procesu zavážení hotové výroby.

Jedním z hlavních hodnocených parametrů byla také cena. Ta je u Dodavatele 1 ze všech tří posuzovaných nabídek nejnižší. Dodavatel 1 je navíc schopen dodat v budoucnu techniku pro automatizování dalších procesů.

Ostatní dodavatelé nabídli také AMR s navigací pomocí laseru, jejíž výhodou je volnost vozidla a možnost vlastního pohybu včetně monitorování překážek, avšak tato technologie se jeví společně s nízkou spolehlivostí orientace v prostředí Společnosti X a nabízenou cenou (až 2x vyšší) jako nevyhovující. Náklady mohou být navíc ještě mnohem vyšší z důvodu nekompatibility se stávajícími manipulačními jednotkami.

I přes možné potíže s magnetickou páskou, které je však možné v budoucnu vyřešit, díky kladné recenzi zákazníků nezávislé české společnosti používající tuto techniku a také díky transparentní komunikaci zvítězila nabídka Dodavatele 1. Tato nabídka byla tedy navržena Společnosti X pro automatizaci procesu zavážení hotové výroby.

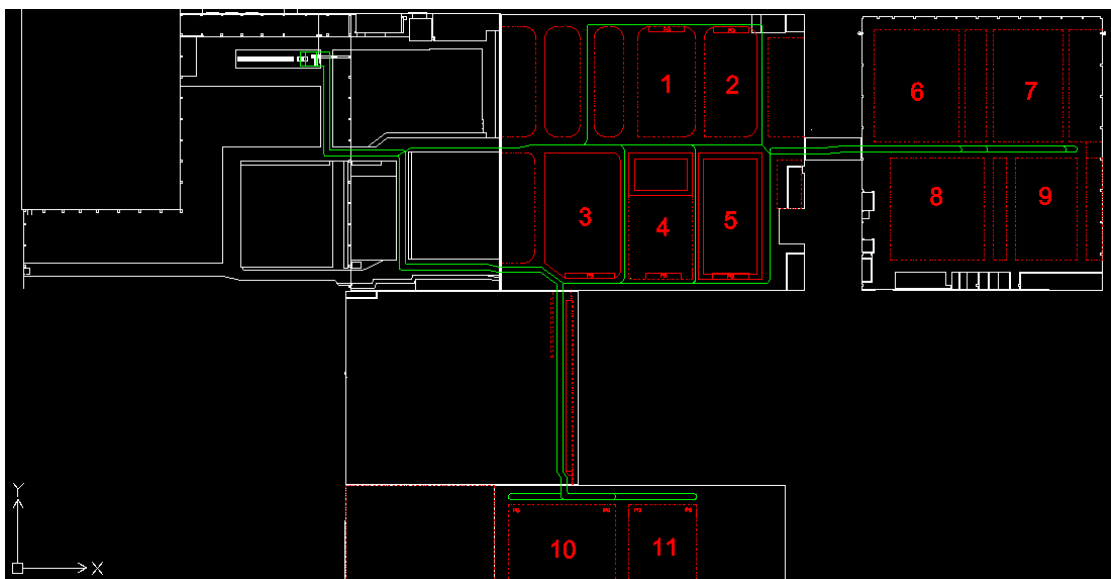
10 NÁVRH IMPLEMENTACE

V návrhové části byla provedena analýza týkající se nalezení vhodného řešení implementace AGV pro automatizaci procesu zavážení hotové výroby ve Společnosti X a dále byl proveden výpočet návratnosti vložené investice do tohoto řešení.

10.1 Trasy

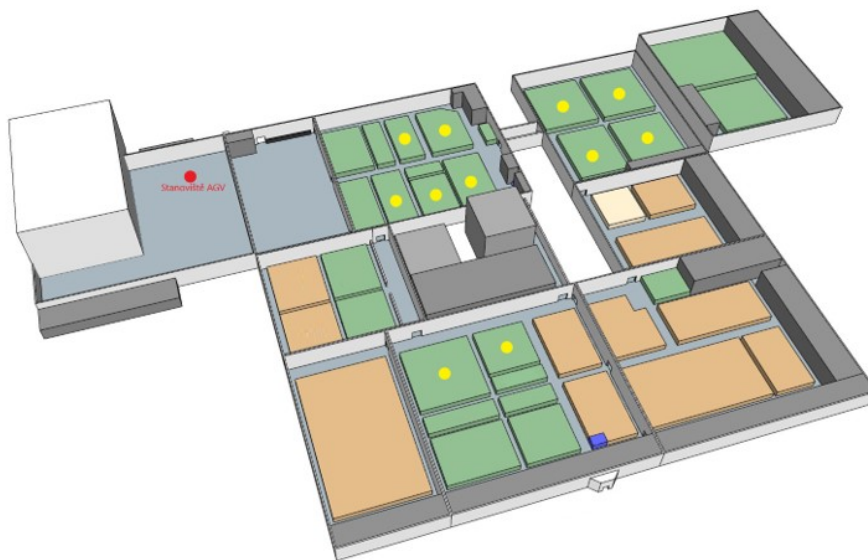
V prvním kroku byla provedena analýza potenciálních tras vyhovujících pro provoz AGV. Navržené trasy pro AGV musí zajistit bezpečný a efektivní transport KTP boxů k výrobním linkám. Vzhledem k výskytu jednosměrných i obousměrných tras bylo nutné mimo jiné vyhodnotit i dostatečnou šířku drah v příslušných výrobních prostorech, kde se AGV mají pohybovat. Samotné AGV potřebují pro manipulaci po stranách určitý minimální prostor, aby probíhalo bezpečné míjení okolních objektů či pracovníků společnosti a nedocházelo ke kolizím při pohybu po trase. Ve výrobních prostorech totiž zůstává, vedle automatizovaného procesu zavážení výroby, stále nemalé množství jiných procesů obsluhovaných manuálně.

Trasy byly vytvořeny za pomoci systému přesných layoutů výrobního prostředí. Tyto layouts společnost vede v programu DraftSight – CAD software. Z důvodu častých změn v organizaci výroby, ale i skladovacích procesů, případně jiných podpůrných procesů tento nástroj společnost využívá jako podklad právě pro plánování změn v různých procesech. Na obrázku níže (viz obrázek č. 20) jsou dráhy znázorněny zelenou barvou. Čísla 1-11 a okolní prostor představují výrobní linky.



Obrázek 20 Trasy pro AGV (vlastní zpracování s využitím layoutu v softwaru DraftSight)

Pro lepší vnímání prostoru při plánování lze využít také 3D pohled jednotlivých layoutů (viz obrázek č. 21). Nádraží AGV neboli stanoviště, které je v modelu vyznačeno červeným bodem s popisem, má sloužit pro nabíjení AGV, nakládání prázdných KTP boxů na podvalech směrem na výrobní linku a současně k návozu plných KTP boxů z výrobních linek směřujícím na expedici. Žlutými body jsou označeny výrobní linky.



Obrázek 21 Zobrazení layoutu ve 3D (interní data)

10.2 Počet AGV

Pro přesnou implementaci AGV bylo také nutné vyhodnotit, kolik kusů AGV bude pro tento proces využíváno, aby bylo pokryto zavážení všech linek i s příslušnou rezervou v případě poruchy a podobně.

10.2.1 Časová náročnost tras

V prvním kroku byla propočítána délka naplánovaných tras pro všechny linky. A to jednak pro stanovení času trvání procesu pro každou linku a dále také pro nákup magnetické navigační pásky. Výpočty byly provedeny, nad již výše zmíněnými layouty v prostředí softwaru DraftSight. Zjištěné výsledky jsou zaznamenány v následující tabulce č. 4:

Tabulka 4 Délky tras pro zavážení (vlastní zpracování)

	Délka trasy
Linka č. 1	487,78 m
Linka č. 2	487,78 m
Linka č. 3	337,48 m
Linka č. 4	376,25 m
Linka č. 5	418,79 m
Linka č. 6	530,31 m
Linka č. 7	590,07 m
Linka č. 8	545,27 m
Linka č. 9	598,27 m
Linka č. 10	476,01 m
Linka č. 11	492,16 m

V dalším kroku byla vypočtena doba, kterou potřebuje jedno AGV na projetí příslušné trasy. Při výpočtu byly zohledněny i možné časové prodlevy vozidla v provozu o hodnotě 10 %, dále se o třetinu snížila maximální rychlost AGV na 0,5 m/s a to z toho důvodu, že AGV reálně nepojede stálou maximální rychlostí celou trasu. Výpočet je znázorněn dle vlastního vzorce níže:

$$\frac{s}{v} \times 1,1 \times 1,5 = \text{doba zavážení linky}$$

Legenda:

s – délka trasy

v – maximální rychlost AGV = 0,75 m/s = 45 m/min

1,1 – koeficient pro zdržení v provozu

1,5 – koeficient pro průměrnou rychlost

S provozem AGV, potažmo dobou jízdy, souvisí i nabíjení samotného AGV. To je prováděno automaticky, pokud je množství zbývající energie v baterii pod stanovenou hodnotou, případně v době, kdy není AGV využito. Testovaný model disponuje nabíjením přibližně 17,1 sekundami na 60 sekund jízdy, což je přibližně 28,6 % nabíjecí doby z celkové doby jízdy. Tento parametr je dalším faktorem, který musí být zohledněn při výpočtu potřebných kusů AGV.

Výpočet pro nabíjení je znázorněn ve vlastním vzorci níže:

$$t \times 0,286 = \text{doba nabíjení AGV}$$

Legenda:

t – doba zavážení linky

0,286 – koeficient pro vyjádření potřebné doby nabíjení

V tabulce č. 5 jsou interpretovány výsledky (v minutách a v sekundách), tj. jednotlivé doby zavážení a nabíjení pro konkrétní linky:

Tabulka 5 Délka zavážení a nabíjení (vlastní zpracování)

	Doba zavážení	Nabíjení
Linka č. 1	17:53,1	05:06,4
Linka č. 2	17:53,1	05:06,4
Linka č. 3	12:22,5	03:32,0
Linka č. 4	13:47,8	03:56,4
Linka č. 5	15:21,3	04:23,1
Linka č. 6	19:26,7	05:33,2
Linka č. 7	21:38,2	06:10,7
Linka č. 8	19:59,6	05:42,6
Linka č. 9	21:56,2	06:15,9
Linka č. 10	17:27,2	04:59,0
Linka č. 11	18:02,8	05:09,2

10.2.2 Takt linek

S analýzou procesu zavážení hotové výroby souviselo také monitorování současného stavu, včetně diskuzí o provozu výrobních linek s vedoucími mistry. Sledován byl takt jednotlivých linek. Každá linka používá jiný zákaznický obal (tj. KTP box). Do různých typů obalů lze uložit odlišné množství hotových výrobků – viz tabulka č. 6:

Tabulka 6 Délka kompletace zákaznických obalů (vlastní zpracování)

	Takt	Obal	Takt celého obalu
Linka č. 1	38,5 s	12 ks	07:42
Linka č. 2	25,5 s	12 ks	05:06
Linka č. 3	30 s	12 ks	06:00
Linka č. 4	70 s	12 ks	14:00
Linka č. 5	30 s	12 ks	06:00
Linka č. 6	35 s	9 ks	05:15
Linka č. 7	38,5 s	9 ks	05:46
Linka č. 8	32,5 s	6 ks	03:15
Linka č. 9	38,5 s	8 ks	05:08
Linka č. 10	36,5 s	12 ks	07:18
Linka č. 11	38,5 s	15 ks	09:37

Z přehledu v tabulce č. 6 plyne, že výroba a takt jednotlivých linek je velmi různorodý. U nejrychlejší linky č. 8 lze očekávat potřebný vyšší počet AGV pro obsluhu této linky. Linka č. 4 je naopak v porovnání s linkou č. 8 téměř 5krát pomalejší.

10.2.3 Výpočet AGV a jejich vytížení

Na základě shromážděných údajů bylo vypočteno potřebné množství kusů AGV pro zavážení hotové výroby zvláště pro každou linku. Poté byly tyto hodnoty převedeny na celé jednotky, pro které bylo dále vypočteno vytížení, tj. disponující vytížení AGV pro danou linku.

Výpočet probíhal dle vlastního vzorce:

$$\frac{t_1 + t_2}{t_3} = \text{potřebný počet AGV}$$

Legenda:

t_1 – doba zavážení linky

t_2 – doba nabíjení AGV

t_3 – takt zaplnění zákaznického obalu

Výsledky jednotlivých linek jsou uvedeny v následující tabulce č. 7:

Tabulka 7 Počet AGV a vytížení (vlastní zpracování)

	AGV (ks)	Vytížení	AGV (ks)	Vytížení	AGV (ks)	Vytížení
Linka č. 1	3	99,5 %	4	75 %	/	/
Linka č. 2	5	90 %	6	75 %	/	/
Linka č. 3	3	88 %	4	66 %	/	/
Linka č. 4	2	63 %	3	42 %	/	/
Linka č. 5	4	82 %	5	66 %	/	/
Linka č. 6	5	95 %	6	79 %	/	/
Linka č. 7	5	96 %	6	80 %	/	/
Linka č. 8	8	99 %	9	88 %	10	79 %
Linka č. 9	6	92 %	7	78 %	/	/
Linka č. 10	4	77 %	5	61 %	/	/
Linka č. 11	3	80 %	4	60 %	/	/

Vzhledem k výskytu nepředvídatelných událostí ve výrobě a jiných přesně nedefinovaných situacích je vhodné cílit vytížení celého systému AGV tak, aby byla zajištěna přibližně 15-20 % minimální rezerva. Vytížení tak bylo směřováno k maximální hodnotě do 85 %. AGV je možné užívat v režimu odděleně pro každou linku zvlášť, ale také sdíleně pro celý proces jako komplexní systém AGV.

A. Varianta orientovaná na každou linku zvlášť

V případě využívání této varianty by každé AGV mělo pro zavážení přidělenou svou vlastní linku a žádnou jinou by AGV neobsluhovalo. Varianta by tak poskytovala lepší orientaci v celém systému.

Zvolené počty AGV pro jednotlivé linky a jejich vytížení je zobrazeno v tabulce č. 8:

Tabulka 8 Varianta pro každou linku zvlášť (vlastní zpracování)

	AGV (ks)	Vytížení
Linka č. 1	4	75 %
Linka č. 2	6	75 %
Linka č. 3	4	66 %
Linka č. 4	2	63 %
Linka č. 5	4	82 %
Linka č. 6	6	79 %
Linka č. 7	6	80 %
Linka č. 8	10	79 %
Linka č. 9	7	78 %
Linka č. 10	4	77 %
Linka č. 11	3	80 %

Pro tento způsob užívání byl stanoven celkový počet 56 kusů AGV. Průměrné vytížení nastaveného systému by se pohybovalo průměrně kolem hodnoty 76 %.

B. Varianta orientovaná na sdílený systém AGV

Při výběru varianty orientované na sdílená AGV by každé AGV mohlo obsluhovat jakoukoliv výrobní linku. Forma sdílení by přinesla větší flexibilitu a možnost reagovat na nepříznivé události, které se v procesu výroby mohou vyskytnout.

Tato varianta je využitelná s níže uvedenými kapacitami v tabulce č. 9:

Tabulka 9 Varianta pro sdílený systém AGV (vlastní zpracování)

	AGV	Vytížení
Linka č. 1	4	75 %
Linka č. 2	5	90 %
Linka č. 3	4	66 %
Linka č. 4	2	63 %
Linka č. 5	4	82 %
Linka č. 6	5	95 %
Linka č. 7	5	96 %
Linka č. 8	9	88 %
Linka č. 9	6	92 %
Linka č. 10	4	77 %
Linka č. 11	3	80 %

Volbou této varianty by došlo ke snížení počtu AGV o 5 kusů v porovnání s předchozí variantou. Pro celý výrobní proces by v tomto případě bylo třeba jen 51 kusů

AGV. Celkové průměrné využití systému AGV vy zároveň vzrostlo o 6 % na 82 %, což je vnímáno stále jako velmi pozitivní a realizovatelný výsledek.

10.3 Návratnost investice

Pro každý podnik je důležitým faktorem také návratnost investice vynaložená do projektů neboli „Return on investment“ (ROI). Pro společnost to značí, za jak dlouho se nasazenými výrobními úsporami vrátí vynaložené investice na realizaci, a tedy za jakou dobu začne organizace reálně tvořit zisk.

Pro výpočet byl použit vzorec **prosté doby návratnosti**:

$$T_s = IN / CF$$

Legenda:

T_s – *prostá doba návratnosti investice*

IN – *celkové odhadované náklady na investici*

CF – *celková roční úspora*

10.3.1 Roční úspory

Dosažené roční úspory implementací AGV mohou být velmi významná a bývá hlavním důvodem vzniku zájmu o řešení automatizace tímto způsobem. Roční úspory zároveň závisí na konkrétní situaci, provozu a potřebách každého podniku. Mezi nejvýznamnější faktory ovlivňující úspory patří bezesporu náklady na lidské zdroje a chybovost způsobená lidským faktorem.

V tomto konkrétním případě jsou současné roční náklady vypočítány dle dat v tabulce č. 10:

Tabulka 10 Výpočet současných ročních nákladů (interní dokumentace)

Roční náklady na manipulanta tahače	28 635,10 €
Počet pracovníků na jedné směně	6
Počet směn	3
Celkový počet manipulantů	18
Roční náklady na personál	515 431,76 €
Měsíční pronájem 1 tahače	238,02 €
Počet tahačů pro zavážení hotové výroby	6
Roční náklady za poškození způsobené manuálním transportem	4 061,73 €
Roční náklady za údržbu a servis	6 498,77 €
Roční náklady spojené s technikou	27 697,74 €
Celkové roční náklady	543 129,50 €

Pozn.: Náklady jsou vyjádřeny v eurech z důvodu komunikace a obchodu s dodavateli se sídlem mimo ČR.

Proces zavážení hotové výroby obstarává na každé směně 6 lidí. Denně v provozu fungují 3 směny, z čehož vyplývá, že automatizací tohoto procesu dojde k nahrazení až 18 pracovníků. K transportu je využíváno 6 tahačů, za které Společnost X platí měsíční pronájem. Kromě ceny pronájmu spadá do ročních nákladů tahačů také jejich údržba a servis. Náklady na údržbu tahačů jsou mimo jiné ve stávajícím režimu, kdy je činnost s nimi vykonávána lidmi, navyšovány i škodami způsobenými při manuálním transportu a manipulaci.

Pro výpočet ročních úspor je také potřeba vypočítat roční náklady na provoz AGV pro variantu A i B. Výsledky výpočtu ročních nákladů pro obě varianty jsou interpretovány v tabulce č. 11:

Tabulka 11 Roční náklady na provoz AGV (vlastní zpracování)

	Varianta A	Varianta B
Celkový počet AGV	56	51
Náklady na servis a údržbu 1 AGV (roční)	812,35 €	812,35 €
Servisní linka (roční náklady)	487,41 €	487,41 €
Celkové roční náklady	45 978,77 €	41 917,04 €

Roční náklady na provoz AGV bylo následně třeba porovnat se současnými ročními náklady. Výsledky výpočtu ročních úspor pro obě varianty jsou interpretovány v tabulce č. 12:

Tabulka 12 Roční úspory po implementaci AGV (vlastní zpracování)

	Současnost	Varianta A	Varianta B
Roční náklady	543 129,50 €	45 978,77 €	41 917,04 €
Roční úspory	-	497 150,73 €	501 212,46 €

Celkové roční úspory při zvolení varianty A implementace AGV činí 497 150,73 eur a při zvolení varianty B vychází na 501 212,46 eur. Pro podnik by tyto úspory měly být pozitivním faktorem zajišťujícím nemalý přínos. Uspořené finance by tak měla šanci společnost využít např. v rámci dalšího rozvoje.

10.3.2 Návratnost varianty A

Varianta A je orientovaná na systém, kdy není bráno v potaz sdílení AGV mezi linkami, pro zvládnutí automatizace s rezervou je tedy potřeba vyšší počet vozidel.

S návratností se zároveň pojí náklady na implementaci, mezi které patří jak náklady na pořízení techniky, ale i dodatečné náklady jako jsou náklady za dodání samotných AGV, dalšího příslušenství, navigace a také zprovoznění. Výčet těchto nákladů je uveden v tabulce č. 13:

Tabulka 13 Data pro celkové náklady na implementaci A (vlastní zpracování)

Celkový počet AGV	56
Pořizovací náklady na 1 AGV	17 871,60 €
Dodatečné pořizovací náklady na jednotku AGV	10 435,04 €
Celkové odhadované náklady	1 585 172,04 €

Výpočet návratnosti při zvolení varianty A vychází z dat v tabulce č. 14:

Tabulka 14 Návratnost investice A (vlastní zpracování)

Celkové odhadované náklady	1 585 172,04 €
Celkové úspory	497 150,73 €
ROI – Návratnost (roky)	3,19

Předpokládaná hodnota návratnosti investice do AGV v případě volby varianty A vyšla přibližně na **3,19 let**.

10.3.3 Návratnost varianty B

Varianta B je orientovaná na systém sdílených AGV mezi jednotlivými linkami. Jejich celkový počet je nižší než ve variantě A a zároveň jsou nižší i náklady spojené s pořízením celého systému.

Náklady na implementaci, tj. náklady na techniku, ale i dodatečné náklady, mezi které řadíme náklady za dodání AGV, příslušenství, navigace, zprovoznění a další, jsou v případě varianty B na jednotku AGV vyšší – viz tabulka č. 15:

Tabulka 15 Data pro celkové náklady na implementaci B (vlastní zpracování)

Celkový počet AGV	51
Pořizovací náklady na 1 AGV	17 871,60 €
Dodatečné pořizovací náklady na jednotku AGV	11 458,08 €
Celkové odhadované náklady	1 495 814,02 €

Návratnost při implementaci varianty B vychází z dat uvedených v tabulce č. 16:

Tabulka 16 Návratnost investice B (vlastní zpracování)

Celkové odhadované náklady	1 495 814,02 €
Celkové úspory	501 212,46 €
ROI – Návratnost (roky)	2,98

Očekávaná návratnost investice do AGV při zvolení varianty B vyšla přibližně na **2,98 let**.

10.4 Návrh výběru varianty

Vzhledem k rozdílnosti taktu výrobních linek je doporučena implementace prostřednictvím Varianty B. V tomto případě by jednotlivé AGV nebyly vázané na jednu konkrétní předem nadefinovanou linku, ale zavázely by všechny linky nezávisle a dle potřeby objednávek v systému. Jedná se o situaci velmi podobnou aktuálnímu stavu, kdy jednotliví manipulanti rovněž nezaváží pouze jednu linku.

Jedním z hlavních důvodů, proč se Společnost X rozhodla pro implementaci AGV, jsou výhody plynoucí z ekonomického hlediska. Dalším důvodem pro zvolení Varianty B je kratší délka doby návratnosti, jejíž doba je kratší než 3 roky, a dále menší náklady celé investice pro nabídku platnou k roku 2023.

ZÁVĚR

Práce je věnovaná problematice automaticky naváděných vozidel (AGV) a jejich možnostmi aplikace v interní průmyslové logistice. Teoretická část nabízí podrobný vhled do historie průmyslových revolucí a zároveň do současných trendů spojených s Průmyslem 4.0 a nadcházejícím Průmyslem 5.0. Byly definovány základní pojmy logistiky a systémů řízení zásob, což umožňuje lépe porozumět kontextu, ve kterém se AGV pohybují. Důležitým bodem tématu práce je také pochopení manipulačních jednotek a techniky v průmyslovém prostředí. Významná část byla věnována detailnějšímu rozboru AGV. To následně poskytlo potřebný základ pro analýzu implementace AGV.

Hlavní část práce se pak zaměřuje na aplikaci teoretických poznatků v konkrétním průmyslovém prostředí. Byla provedena analýza současného stavu procesů zavážení hotové výroby a identifikace míst, které s procesem souvisí. SWOT analýzou byla vyhodnocena dosažitelnost implementace AGV a byly stanoveny klíčové nároky a kritéria pro úspěšnou integraci. Systematicky bylo zpracováno výběrové řízení dodavatele, přičemž byly zohledněny potřeby a specifika pro návrh dodavatele vybrané společnosti. Namodelováním tras pro AGV a následným propočtem potřebného množství vozidel pro zvažované varianty procesů zavážení bylo dosaženo konkrétních výsledků a doporučení pro implementaci. Stanovení návratnosti investic (ROI) pro nákup AGV prokázalo, že vynaložení finančních nákladů pro vybranou společnost může být velice prospěšné v dlouhodobém horizontu. Pořízení AGV s sebou přinese značné finanční benefity, které pomohou zefektivnit provoz a dosáhnout lepších výsledků.

Závěrem je nezbytné zdůraznit, že implementace AGV není pouze technickým řešením, ale komplexním procesem, který vyžaduje strategické plánování, investice a správné řízení. S ohledem na přínosy v podobě zvýšení efektivity, snížení nákladů a zlepšení pracovních podmínek je implementace AGV investicí, která má v dlouhodobém horizontu potenciál přinést výrazné konkurenční i finanční přednosti.

Cíl práce, tj. návrh implementace AGV, již byl v současné době ve výrobním provozu Společnosti X průběžně realizován. Organizace zavedla pilotní projekt zavážení hotové výroby pro jednu linku s využitím techniky Dodavatele 1. Implementace je tímto v procesu. Do budoucna je v plánu dle reálných výsledků a na základě schválení vedením společnosti rozšířit tuto automatizaci i pro další linky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AGUIAR, Guilherme T.; OLIVEIRA, Gilson A.; TAN, Kim Hua; KAZANTSEV, Nikolai a SETTI, Dalmarino, 2019. Sustainable Implementation Success Factors of AGVs in the Brazilian Industry Supply Chain Management. Online. *Procedia Manufacturing*. Roč. 39, s. 1577-1586. ISSN 23519789. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.01.284>. [cit. 2024-02-25].

Automatický tahač 5 t – EZS 350a, 2024. Online. In: JUNGHEINRICH. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ezs-350a-492450>. [cit. 2024-02-25].

DE RYCK, M.; VERSTEYHE, M. a DEBROUWERE, F., 2020. Automated guided vehicle systems, state-of-the-art control algorithms and techniques. Online. *Journal of Manufacturing Systems*. Vol. 54, s. 152-173. ISSN 02786125. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.12.002>. [cit. 2024-02-15].

EMANS, 2018. *Jak na agilní vnitropodnikové zásobování | Intralogistika 4.0*. Online. In: Anasoft. Dostupné z: <https://www.anasoft.com/emans/cz/home/Novinky-blog/Blog/Jak-na-agilni-vnitropodnikove-zasobovani>. [cit. 2024-03-13].

GILCHRIST, Alasdair, 2016. *Industry 4.0: the industrial internet of things*. New York: Apress. ISBN 978-1-4842-2046-7.

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

HILL, Charles W. L.; SCHILLING, Melissa A. a JONES, Gareth R., 2020. *Strategic management: an integrated approach: theory & cases*. 13e. Austrálie: Cengage. ISBN 978-0-357-03384-5.

HUBTEX, 2024. *HUBTEX BOČNÍ VYSOKOZDVIŽNÝ VOZÍK*. Online. In: HUBTEX. Dostupné z: <https://www.hubtex.com/cs-cz/v%C3%BDrobky/bo%C4%8Dn%C3%AD-vysokozdvi%C5%BEn%C3%BD-voz%C3%ADk>. [cit. 2024-04-17].

JK LOGISTIKA A.S., 2024. *Elektrický tahač BULL 2N (BULL 5N)*. Online. JK Logistika a.s. Dostupné z: <https://www.jklas.cz/produkty/elektricke-tahace/do-25t/bull-2n-bull-5n/>. [cit. 2024-04-02].

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Expert (Grada). Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-5717-9.

LÍBAL, Antonín, 2021. *Outsourcing interní logistiky dávno není jen pro velké společnosti. Proč by ho měly využít i malé a střední firmy?* Online. In: JK Logistika a.s. Dostupné z: <https://www.jklas.cz/prispevky/outsourcing-interni-logistiky-davno-neni-jen-pro-velke-spolecnosti-proc-by-ho-mely-vyuzit-i-male-a-stredni-firmy/>. [cit. 2024-03-13].

LINDE, 2024. *Electric Pallet Stacker (1.4–1.6Ton)*. Online. In: Linde Material Handling. Dostupné z: <https://www.lindemhe.com/product/electric-stacker/platform/electric-pallet-stacker-1-4-1-6ton/>. [cit. 2024-04-17].

LINDE, 2024. *VNA K*. Online. In: Linde Material Handling. Dostupné z: <https://www.linde-mh.cz/cs/Vyroby/Voziky-VNA-pro-velmi-uzke-ulicky/K/>. [cit. 2024-04-17].

LOGISTICS INSIDE, 2024. *HYSTER TUGGER TRAIN*. Online. In: Logistics Inside. Dostupné z: <https://logisticsinside.eu/new-hyster-tugger-train-supports-manufacturing-applications/>. [cit. 2024-04-17].

LOCHMANNOVÁ, Alena, 2022. *Logistika: základy logistiky*. Aktualizované 3. vydání. Prostějov: Computer Media. ISBN 978-80-7402-449-8.

LONG, Jing a ZHANG, Chun Liang, 2012. The Summary of AGV Guidance Technology. Online. *Advanced Materials Research*. Roč. 591-593, s. 1625-1628. ISSN 1662-8985. Dostupné z: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.591-593.1625>. [cit. 2024-02-15].

LYNCH, Liam; NEWE, Thomas; CLIFFORD, John; COLEMAN, Joseph; WALSH, Joseph et al., 2018. Automated Ground Vehicle (AGV) and Sensor Technologies – A Review. Online. In: *2018 12th International Conference on Sensing Technology (ICST)*. Limerick, Ireland: IEEE, s. 347-352. ISBN 978-1-5386-5147-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/ICSensT.2018.8603640>. [cit. 2024-02-24].

MACUROVÁ, Pavla; KLABUSAYOVÁ, Naděžda a TVRDOŇ, Leo, 2018. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 978-80-248-4158-8.

MASSARO, Alessandro, 2022. *Electronics in advanced research industries: industry 4.0 to industry 5.0 advances*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley. ISBN 9781119716907.

MEHAMI, Jasprabhjit; NAWI, Mauludin a ZHONG, Ray Y, 2018. Smart automated guided vehicles for manufacturing in the context of Industry 4.0. Online. *Procedia Manufacturing*. Roč. 26, s. 1077-1086. ISSN 23519789. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.07.144>. [cit. 2024-02-25].

MOBILE INDUSTRIAL ROBOTS, 2024. *AGV vs. AMR – jaký je mezi nimi rozdíl?* Online. In: Mobile Industrial Robots. Dostupné z: <https://mobile-industrial-robots.com/cs/blog/agv-vs-amr>. [cit. 2024-04-06].

NENADÁL, Jaroslav, 2018. *Management kvality pro 21. století*. Praha: Management Press. ISBN 978-89-7261-561-2.

PAKSOY, Turan; KOÇHAN, Çiğdem a ALI, Sadia Samar, 2021. *Logistics 4.0: digital transformation of supply chain management*. Science Publishers books (CRC Press). Boca Raton ; London ; New York: CRC Press, Taylor & Francis Group, [2021]. ISBN 978-0-3673-4003-2.

PIPLANI, Rajesh a ANG, Alvin Wei Hern, 2018. Performance comparison of multiple product kanban control systems. Online. *International Journal of Production Research*. 2018-02-01, roč. 56, č. 3, s. 1299-1312. ISSN 0020-7543. Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1332436>. [cit. 2024-04-11].

QI, Mingyao; LI, Xiaowen; YAN, Xuejun a ZHANG, Canrong, 2018. On the evaluation of AGVS-based warehouse operation performance. Online. *Simulation Modelling Practice and Theory*. Roč. 87, s. 379-394. ISSN 1569190X. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.simpat.2018.07.015>. [cit. 2024-02-25].

STILL, 2024. *Elektrický vysokozdvíhací vozík STILL RX20 1,4-2,0 t*. Online. In: STILL Česká republika. Dostupné z: <https://www.still.cz/voziky/nove-voziky/elektricke-vysokozdvizne-voziky/rx-20-14-20-t.html>. [cit. 2024-04-17].

TAUŠL PROCHÁZKOVÁ, Petra a JELÍNKOVÁ, Eva, 2018. *Podniková ekonomika – klíčové oblasti*. Expert (Grada). Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-271-0689-9.

TUBIS, Agnieszka A. a POTURAJ, Honorata, 2022. Risk Related to AGV Systems—Open-Access Literature Review. Online. *Energies*. Roč. 15, č. 23. ISSN 1996-1073. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/en15238910>. [cit. 2024-02-15].

ULLRICH, Günter a ALBRECHT, Thomas, 2023. *Automated Guided Vehicle Systems: A Guide – With Practical Applications – About The Technology – For Planning*. Online. Second edition. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden. ISBN 978-3-658-35386-5. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-658-35387-2>. [cit. 2024-02-15].

ULLRICH, Günter, 2015. *Automated Guided Vehicle Systems*. Online. Second revised and expanded edition. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN 978-3-662-44813-7. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-44814-4>. [cit. 2024-02-15].

WU, Bin; CHI, Xiaonan; ZHAO, Congcong; ZHANG, Wei; LU, Yi et al., 2022. Dynamic Path Planning for Forklift AGV Based on Smoothing A* and Improved DWA Hybrid Algorithm. Online. *Sensors*. Roč. 22, č. 18. ISSN 1424-8220. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/s22187079>. [cit. 2024-02-25].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AGV Automated Guided Vehicles

AGVS Automated Guided Vehicles System

AMR Automated Mobile Robots

IOT Internet of Things

ROI Return on Investment

USA United States of America

VNA Very Narrow Aisle

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Čelní VZV (STILL, 2024)	22
Obrázek 2 VZV se stojící obsluhou (Linde, 2024)	22
Obrázek 3 VZV s bočním uspořádáním zdvihacího zařízení (HUBTEX, 2024)	23
Obrázek 4 Regálový zakladač (Linde, 2024).....	23
Obrázek 5 Průmyslový tahač (Logistics Inside, 2024)	24
Obrázek 6 Automaticky naváděný vysokozdvižný vozík (Ullrich, 2015).....	26
Obrázek 7 Podjezdové AGV (Ullrich, 2015).....	27
Obrázek 8 Automatický tahač (Jungheinrich, 2024)	28
Obrázek 9 Elektromagnetická navigace (Ullrich, 2015)	29
Obrázek 10 Optická navigace (Ullrich, 2015)	30
Obrázek 11 Navigace pomocí kotvicích bodů (Ullrich, 2015).....	31
Obrázek 12 Laserová navigace (Ullrich, 2015)	32
Obrázek 13 GPS navigace pomocí vysílačů (Ullrich, 2015)	32
Obrázek 14 Schéma procesu zavážení hotové výroby (interní informace)	41
Obrázek 15 Tahač DEC BULL 5N (vlastní zpracování)	43
Obrázek 16 Podval 1200x800 mm (vlastní zpracování).....	45
Obrázek 17 Podval 1200x1000 mm (vlastní zpracování).....	45
Obrázek 18 Podval 1600x1200 mm (vlastní zpracování).....	45
Obrázek 19 SWOT analýza – matice (vlastní zpracování).....	46
Obrázek 20 Trasy pro AGV (vlastní zpracování s využitím layoutu v softwaru DraftSight)	56
Obrázek 21 Zobrazení layoutu ve 3D (interní data)	57

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Tabulka hodnocení ke SWOT analýze (vlastní zpracování)	48
Tabulka 2 Srovnání nabídky Dodavatelů 1-3 (vlastní zpracování)	52
Tabulka 3 Srovnání výhod a nevýhod nabídek (vlastní zpracování).....	54
Tabulka 4 Délky tras pro zavážení (vlastní zpracování).....	58
Tabulka 5 Délka zavážení a nabíjení (vlastní zpracování)	59
Tabulka 6 Délka kompletace zákaznických obalů (vlastní zpracování).....	60
Tabulka 7 Počet AGV a vyřízení (vlastní zpracování)	61
Tabulka 8 Varianta pro každou linku zvlášť (vlastní zpracování).....	62
Tabulka 9 Varianta pro sdílený systém AGV (vlastní zpracování)	62
Tabulka 10 Výpočet současných ročních nákladů (interní dokumentace)	64
Tabulka 11 Roční náklady na provoz AGV (vlastní zpracování).....	64
Tabulka 12 Roční úspory po implementaci AGV (vlastní zpracování).....	65
Tabulka 13 Data pro celkové náklady na implementaci A (vlastní zpracování)	65
Tabulka 14 Návratnost investice A (vlastní zpracování).....	65
Tabulka 15 Data pro celkové náklady na implementaci B (vlastní zpracování)	66
Tabulka 16 Návratnost investice B (vlastní zpracování)	66