

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Racionalizace zásobování montážních linek

Autor: **Bc. Petr KLEČANSKÝ**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jana Kleinová, CSc.**

Akademický rok 2015/2016

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....
podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Klečanský	Jméno Petr	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Kleinová, CSc.	Jméno Jana	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Racionalizace zásobování montážních linek		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2016
---------	---------	---------	-----	-------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	71	TEXTOVÁ ČÁST	58	GRAFICKÁ ČÁST	13
--------	----	--------------	----	---------------	----

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Diplomová práce obsahuje analýzu systému zásobování montážních linek na výrobu autosedaček a racionalizační návrh k odstranění identifikovaných problémů. V praktické části je navržen nový systém zásobování pomocí technologie automaticky vedených vozíků včetně výběru dodavatele a ekonomického zhodnocení.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>manipulace s materiálem, zásobování montážních linek, technologie AGV, materiálový tok, manipulační zařízení</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Klečanský	Name Petr	
FIELD OF STUDY	2301T007 “ Industrial Engineering and Management“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Kleinová,CSc.	Name Jana	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Rationalization of assembly lines feeding		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2016
---------	------------------------	------------	-----	--------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	71	TEXT PART	58	GRAPHICAL PART	13
---------	----	-----------	----	----------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This thesis contains an analysis of the assembly lines feeding for the production of car seats and rationalization proposal to eliminate the identified problems. New supply system is designed in the practical part, using automatic guided vehicle technology, including vendor selection and economic evaluation.
KEY WORDS	material handling, assembly line feeding, AGV technology, material flow, handling equipment

Obsah

Úvod.....	9
1 Systematické projektování manipulace s materiálem	10
2 Manipulační jednotky.....	12
3 Manipulační zařízení	14
3.1 Kontinuálně pracující manipulační zařízení	14
3.2 Cyklicky pracující manipulační zařízení	15
4 Způsoby zásobování montážních linek	16
4.1 Montážní linka.....	16
4.1.1 Druhy linek.....	16
4.1.2 Prostorové uspořádání montážních linek	17
4.2 Systém zásobování montážních linek.....	18
4.3 Umístění skladovacích ploch.....	18
4.3.1 Centrální sklad a supermarket	18
4.3.2 Skladování u linky.....	19
4.3.3 Kontinuální zásobování bez skladu	19
4.4 Technologie AGV.....	20
4.4.1 Typy AGV.....	20
4.4.2 PickUp/ Delivery stanice.....	22
4.4.3 Naváděcí systém.....	23
4.4.4 Kontrolní systém	25
4.4.5 Bezpečnostní systém	25
4.4.6 Energetický systém	26
4.4.7 Výhody nasazení AGV.....	27
5 Analýza současného stavu.....	28
5.1 Historie Lear Corporation.....	28
5.2 Představení společnosti Lear Corporation Czech Republic s.r.o.....	29
5.3 Projekt BMW F34/F36	30
5.4 Způsoby zásobování	32
5.5 Nalezené problémy a návrh na zlepšení	36
6 Návrh nového způsobu zásobování.....	38
6.1 Popis navrhovaného procesu	39
6.2 Počet potřebných AGV.....	41
6.3 Výběr technologie AGV	42
6.3.1 Využití současného zařízení.....	42
6.3.2 Nákup nového zařízení.....	45

6.4	Návrh sekvenčních vozíků.....	48
7	Přínosy navrženého řešení.....	50
7.1	Náklady na nasazení AGV	50
7.2	Úspory (nový x původní stav)	50
7.3	Návratnost investice	53
	Závěr.....	56
	Zdroje	57
	Seznam obrázků	60
	Seznam tabulek	61
	Seznam grafů.....	62
	PŘÍLOHA č.1	63
	Specifikace požadovaného AGV systému pro výběrové řízení	63
	PŘÍLOHA č.2.....	70
	Vzor způsobu hodnocení nabídek	70

Přehled použitých zkratek

KLT – nosič malých nákladů

AGV – Automated Guided Vehicle

BMW – Bayerische Motoren Werke

MAL – Mittel Arm Lehne

P/D – Pickup/Delivery

Inc. - Incorporation

PLC – Programmable Logic Controller

FCC – Funk Call Center

kg - kilogram

cm - centimetr

m - metr

s – sekunda

km – kilometr

hod – hodina

min – minuta

V – Volt

Ah - Ampérhodina

Úvod

Průmyslová výroba je již nějakou dobu v éře masové customizace. Stále více a více výrobků je vyráběno dle individuální specifikace a dodáváno přímo k zákazníkovi. V dnešní turbulentní a globalizované době musí na tento trend bezpochyby reagovat i systémy výroby a manipulace s materiálem. Pro udržení konkurenceschopnosti podniku se musí tyto systémy dynamicky vyvíjet, což je právě úloha průmyslového inženýrství.

Cílem této práce je provedení analýzy současného stavu zásobování montážních linek ve společnosti Lear Corporation Czech Republic s.r.o., závod Tachov. Na základě zjištěných informací jsou následně navrženy nové možnosti zásobování. V teoretickém úvodu je popsán systematický přístup k projektování manipulace s materiálem a pojmy s tím související, jako je např. manipulační jednotka a zařízení. Dále jsou uvedeny různé možnosti a přístupy k zásobování montážních linek. Teoretický aparát je následně aplikován v praktické části na analýzu současného stavu v podniku.

Praktická část práce je zaměřena na návrh nového způsobu zásobování materiálu pomocí technologie automaticky vedených vozíků, který zavádí do zásobovacího procesu, v souladu s koncepcí štíhlé výroby, tahový princip a eliminuje nedostatky nalezené v analýze současného stavu. V rámci návrhu je proveden výběr dodavatele nové technologie včetně rozhodovací analýzy. Po návrhu nového procesu je provedeno ekonomické zhodnocení a vypočtena návratnost případné investice.

1 Systematické projektování manipulace s materiálem

V zájmu vnesení určitého řádu do projektování způsobu zásobování a manipulace s materiálem je účelné přistupovat k tomuto procesu systematicky. Cílem systematického přístupu je analyzovat danou problematiku v souvislostech. Základem přístupu je shromáždění a přehledné zachycení potřebných dat o současném stavu, jejich prověření a zpracování do názorné podoby, např. ve formě schémat, diagramů či tabulek.

Klíčovými údaji při řešení projektu jsou dle [5]:

- **P** – produkt (výrobek, který se má vyrábět, montovat, či s kterým bude manipulováno)
- **Q** – kvantita (vyráběné množství, objem výroby)
- **R** – reprodukční proces (výrobní proces, tok materiálu, způsob manipulace)
- **S** – služby a jiné pomocné činnosti
- **T** – čas, v němž výroba i manipulace s materiálem probíhá

Projektování manipulace s materiálem lze rozdělit do následujících fází:

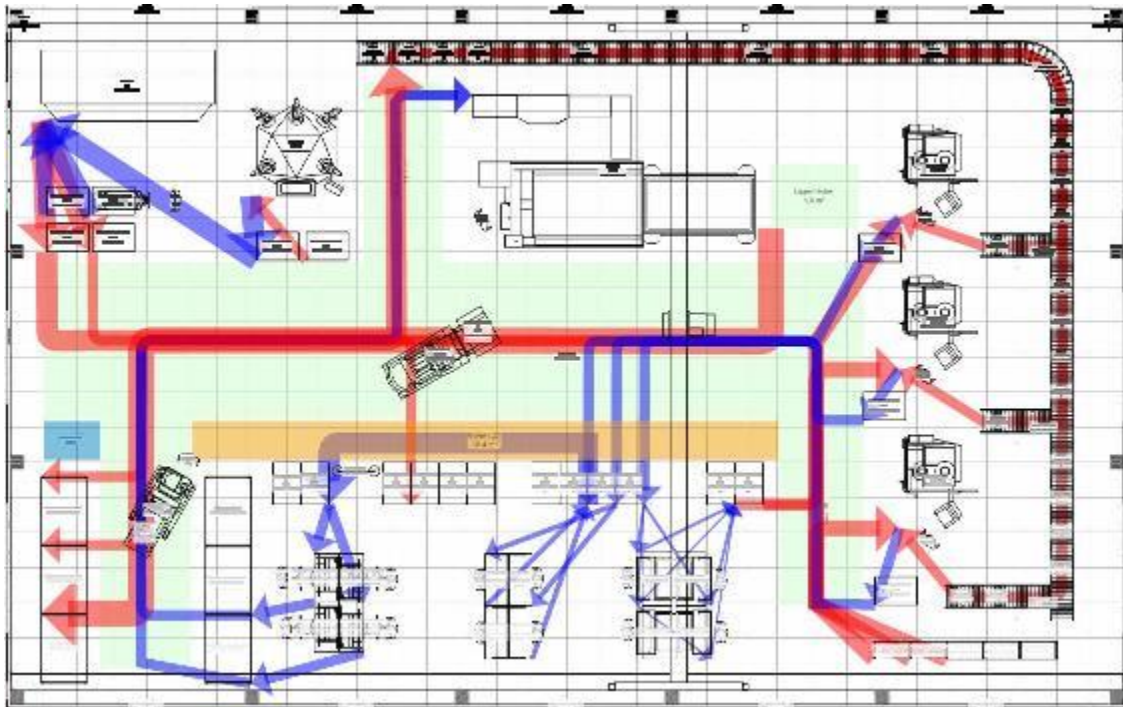
Klasifikace materiálu

Výchozím bodem pro návrh způsobu manipulace je klasifikace materiálu, protože právě materiál má na volbu metody největší vliv. Materiál určený k manipulaci se musí rozřadit do několika skupin, které jsou si podobné svými vlastnostmi a jsou manipulovatelné stejným způsobem. Charakteristické znaky materiálu jsou rozměry, váha, tvar, nebezpečí poškození, stav, atd. Dále se musíme zaměřit na množství a časové nároky na manipulaci. V této fázi je obvykle možné stanovit vhodné manipulační jednotky. (podle [5], str. 143)

Rozbor materiálového toku

Materiálový tok je neodmyslitelně spjat s dispozičním řešením, které do jisté míry určuje vzdálenost a podmínky manipulace. Při optimalizačních či racionalizačních úlohách je dispozice daná, avšak pokud lze prokázat dostatečné úspory, je možné dispozici upravit, případně vytvořit zcela nový návrh. Z toho je jasně patrné, že návrh metod zásobování je velice komplexní inženýrská činnost.

Při návrhu manipulace je nutno určit trasy, jejich délky a stav. Klíčový údaj je intenzita materiálového toku, což je množství přepravovaného materiálu za jednotku času. Pro vizualizaci materiálového toku se používá schematických diagramů zakreslených přímo do dispozičního řešení (např. Sankeyův diagram viz Obr. 1-1). (podle [5], str. 145)



Obr. 1-1 Sankeyův diagram [O3]

Stanovení metod manipulace s materiálem

Stanovení metody manipulace s materiálem znamená určení konkrétního druhu manipulačního a skladovacího zařízení, které pracuje s určitým druhem manipulačních jednotek. Termíny manipulační zařízení a manipulační jednotka jsou podrobněji popsány v kapitole 2 a 3.

Návrh manipulace s materiálem

Komplexní návrh manipulace s materiálem obsahuje kombinaci různých manipulačních metod a zařízení pro daný materiálový tok. Vhodné je pracovat s více variantami, kdy u každé z nich je popsána samotná metoda manipulace včetně kapacitních výpočtů, vyvolaných změn v dispozici a technickém vybavení. V neposlední řadě je nutné zmapovat potřebné investice včetně nákladů na provoz a údržbu, s čímž souvisí výpočet návratnosti investice. (podle [5], str. 148)

2 Manipulační jednotky

Manipulační jednotky lze definovat jako materiál, balený či nebalený, který tvoří jednotku schopnou manipulace bez nutnosti další úpravy. Hlavním smyslem je umožnění snadného skladování a dopravy zejména pomocí manipulačních zařízení. Obecný trend směřuje k využívání kontinuálního toku materiálu za použití menších manipulačních jednotek, což sice znamená vyšší frekvenci pohybů, ale také prostorovou úsporu v místě využití a snížení zásob v oběhu. Standardizace a konzistence ve velikostech manipulačních jednotek jednoznačně vede k reálným úsporám např. pomocí snížení potřeby různých manipulačních zařízení. (podle [3], str. 23 a podle [6], str. 1522)

Obecně lze manipulační jednotky pro potřebu montážních linek rozčlenit na manipulační jednotky prvního a druhého řádu, které si popíšeme v následujících odstavcích.

Manipulační jednotky prvního řádu

Manipulační jednotky prvního řádu jsou též nazývány základní manipulační jednotky. Jsou to jednotky, které jsou přizpůsobeny pro ruční manipulaci, a proto se jejich hmotnost včetně obsahu pohybuje většinou do 15kg. V rámci efektivit je žádoucí, aby se základní manipulační jednotka pohybovala v rámci celého logistického řetězce až do místa finální spotřeby bez dalšího dělení či úpravy. Velikost základních manipulačních jednotek je odvozena od rozměrů přepravních obalů a jednotek. (podle [3], str. 23)

K základním manipulačním jednotkám dle [3] řadíme:

- Krabice lepenkové
- Bedny
 - Lepenkové
 - Plastové
- Přepravky
 - Plastové
 - Plechové

Příklad plastových přepravek je uveden na Obr. 2-1 Obr. 2-2.



Obr. 2-1 KLT přepravky [O1]

V automobilovém průmyslu jsou hojně využívány standardizované vratné KLT přepravky, které se řadí dle uvedeného členění do plastových přepravek. Skládací plastové přepravky jsou vhodným řešením pro minimalizaci prostorových nároků při zpětné dopravě prázdných obalů.



Obr. 2-2 Skládací KLT přepravky [O1]

Manipulační jednotky druhého řádu

Manipulační jednotky druhého řádu jsou odvozené od rozměrů dopravních prostředků, resp. přepravních jednotek tak, aby byla umožněna doprava pomocí manipulačních zařízení. Jedná se především o balíky, svazky a hlavně palety (dřevěné, plechové, plastové, ohradové, atd.). Jejich hmotnost se pohybuje v rozmezí 250-1000kg, výjimečně až 5000kg. Opět je účelné využívat skládací manipulační jednotky (viz. Obr. 2-3). (podle [3], str. 27)



Obr. 2-3 Ecopack [O2]

3 Manipulační zařízení

Manipulační zařízení lze definovat různými způsoby, nejčastější definice je dle ([6], str. 1540):

„Manipulační zařízení je jakýkoliv hardware, který se používá ke skladování, umístování, vážení, dopravě, zvedání, manipulaci, nebo řízení toku surovin, rozpracované výroby, nebo hotových výrobků.“

Nejpoužívanější zařízení pro manipulaci s materiálem ve výrobních a montážních továrnách jsou průmyslové vozíky a dopravníky. Každé z těchto zařízení je dostupné v nejrůznějších formách a speciálních konfiguracích. Nejdůležitějším hlediskem pro výběr správného typu zařízení je charakteristika dopravovaného materiálu (velikost, váha, tvar, riziko poškození, atd.). Další velice důležitý faktor je dopravní trasa a podmínky, které na ní panují. (podle [6], str. 1521)

Dle [6] lze obecně říci, že v zařízeních o rozloze větší než 3000m² jsou vzdálenost a intenzita materiálového toku klíčové faktory pro výběr manipulačního zařízení. Přičemž vzdálenost určuje, jestli využít zařízení manipulační či dopravní.

- Manipulační zařízení – zařízení určené k rychlému a jednoduchému naložení a vyložení, ale nehodící se pro dlouhé dopravní trasy kvůli nízké přepravní rychlosti nebo nízké nosnosti
- Dopravní zařízení – zařízení uzpůsobené pro dlouhé trasy, ale většinou s většími náklady na naložení a vyložení

Kritérium intenzity pak určuje, jestli vybrané zařízení musí být jednoduché nebo komplexní. Jednoduché zařízení je obvykle méně náročné na pořizovací a udržovací náklady, ale implikuje poměrně vysoké přímé náklady na provoz, obecně kvůli nákladům na obsluhu. Na druhou stranu komplexní zařízení jsou nákladné na pořízení, ale vyznačují se nízkými přímými náklady, díky mechanizaci či automatizaci. Integrací těchto úvah se dostáváme dle [6] ke čtyřem obecným třídám manipulace s materiálem:

- Jednoduchá manipulační zařízení – malá vzdálenost i intenzita materiálového toku
- Složitá manipulační zařízení – malá vzdálenost a velká intenzita materiálového toku
- Jednoduchá dopravní zařízení – velká vzdálenost a nízká intenzita materiálového toku
- Složitá dopravní zařízení – velká vzdálenost a velká intenzita materiálového toku

Dalším kritériem pro klasifikaci manipulačních zařízení je spojitost pohybu. Na základě tohoto kritéria dělíme manipulační zařízení na:

3.1 Kontinuálně pracující manipulační zařízení

Pod pojmem kontinuálně pracující manipulační zařízení rozumíme zařízení, které je schopno materiál přemísťovat nepřetržitě. Pro účely montážních linek se nejčastěji používají dopravníky a válečkové tratě. Typickým znakem je plynulý nebo taktovaný tok materiálu. Dopravníky jsou k dispozici v širokém sortimentu jak co do typů, tak i co do různých variant a modifikací. Často jsou využity i jako prostředek automatizace. (podle [5], str. 17) Na Obr. 3-1 je uveden příklad hnaného válečkového dopravníku.



Obr. 3-1 Válečkový dopravník [O4]

3.2 Cyklicky pracující manipulační zařízení

Cyklicky pracující manipulační zařízení pracují na rozdíl od kontinuálních, již podle názvu, v určitých pracovních cyklech. Tyto cykly jsou závislé na požadavcích výrobního, či montážního systému a s ohledem na koncepci Just-In-Time zajišťují včasné dodávky materiálu do místa jejich spotřeby.

Nejrozšířenějšími prostředky pro cyklickou manipulaci s materiálem jsou průmyslové dopravní vozíky. Jsou to motorová nebo bezmotorová vozidla pohybující se na kolech (méně často po kolejích) po zásobovacích trasách a plochách skladů. (podle [3], str. 42, podle [7])

Ruční vozíky

Ruční vozíky jsou manipulační zařízení s koly, které mají určitý druh platformy pro nesení zátěže. Touto platformou mohou být vidle nebo jiný druh ložné plochy. Typické je přemísťování na krátké vzdálenosti, do cca 50m a nesení zátěže do 2000kg. Využití je především tam, kde by nasazení motorových vozíků bylo nemožné nebo nevhodné. (podle [5], str. 15)

Motorové vozíky

Do této skupiny patří vozíky poháněné spalovacím nebo elektrickým motorem. U vozíků se spalovacím motorem však platí zákaz použití v uzavřených prostorách. Proto se pro vnitřní dopravu využívá výhradně vozíků s pohonem elektrickým. Podle účelu dělíme tyto zařízení na tahače, vozíky s pevnou nosnou částí, nízkozdvíhací a vysokozdvíhací vozíky. (podle [5], str. 16)

Speciální skupinu tvoří automaticky naváděné manipulační a dopravní vozíky (anglicky Automated Guided Vehicle - AGV), které jsou podrobněji popsány v kapitole 4.4.

4 Způsoby zásobování montážních linek

V této kapitole jsou popsány typy montážních linek, jejich uspořádání a různé přístupy k zásobování materiálem. Více podrobně je popsána technologie automaticky vedených manipulačních prostředků, která představuje dnes nejvyšší stupeň v oboru automatizace zásobovacích procesů.

4.1 Montážní linka

Montážní linku lze charakterizovat jako soubor pracovišť, které jsou rozmístěny dle technologického postupu. Jednotlivá pracoviště jsou určena k provádění přesně vymezených operací a tok výrobku mezi pracovišti je zajištěn mezioperační dopravou. Na montážní lince probíhá výrobní proces, v němž jsou jednotlivé součástky a komponenty připojovány sekvenčním způsobem. Výstupem celého procesu je hotový produkt. (podle [1], str. 72)

Montážní linky se začaly rozvíjet spolu s nástupem velkosériové a hromadné výroby, zejména v automobilovém průmyslu. Průkopníkem v této oblasti byl Henri Ford, který zavedl v roce 1913 jako první montážní pás. Hlavním důvodem byla snaha o zjednodušení, specializaci a v neposlední řadě standardizaci montážního procesu, který se tak stal značně efektivnější (podle [1], str. 73)

4.1.1 Druhy linek

Existují různé klasifikace linek, jako např. dle [1]:

- Využití mechanizace a zapojení člověka do montáže:
 - Ruční linky
 - Poloautomatizované (mechanizované) linky
 - Automatizované linky

- Způsobu pohybu montovaného výrobku
 - Stacionární linky
 - Linky s pohybujícím se výrobkem
 - Výrobek se pohybuje až po ukončení operace (Stop&Go line)
 - Výrobek se pohybuje soustavně (Continuous Flow line)

- Způsobu provádění montážních operací
 - Přímo na dopravníku
 - Mimo dopravník

- Způsobu prostorového uspořádání linky
 - Jednoduché linky
 - Rozvětvené linky

- Stupně synchronizace
 - Synchronizované linky (nepřetržité)
 - Nesynchronizované linky (přerušované)

- Montážního taktu
 - Linky s pevným montážním taktem
 - Linky s volným montážním taktem

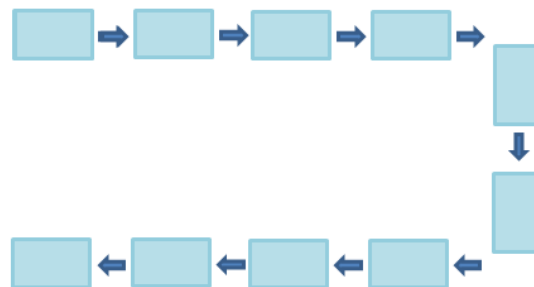
4.1.2 Prostorové uspořádání montážních linek

Základní struktury uspořádání pracovišť jsou dle [2]:

- Otevřená struktura
 - Přímková

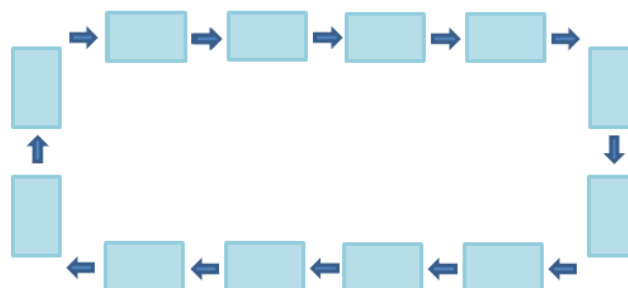


- Tvaru „U“



Výhodou otevřených struktur je jistá variabilita v počtu pracovišť a poměrně dobrá možnost zásobování, která je na druhé straně vyvážena vyšší prostorovou náročností.

- Uzavřená struktura
 - Obdelníková



- Šestiúhelníková
- Kruhová

Mezi výhody těchto uspořádání patří možnost návratu systémových palet a využití zpětné větve dopravníku. Logicky je však zmenšena přístupnost pro zásobování a variabilita počtu pracovišť.

4.2 Systém zásobování montážních linek

Systém zásobování může být přímý nebo nepřímý. V přímém systému jsou různé druhy materiálu dopravovány samostatně z původního místa na místo určení a to většinou využitím co nejkratší trajektorie. Jako příklad lze uvést zásobování palet s jednotlivými součástmi pomocí vysokozdvížného vozíku nebo dopravník spojující dvě montážní pracoviště. Naproti tomu v nepřímém zásobovacím systému je materiál manipulován do různých míst zároveň za použití stejného vybavení a po předdefinované trase s několika zastávkami. Typickým příkladem je tahač s přívěsnými vozíky s různými druhy materiálu. (podle [6], str. 1520)

Volba mezi přímým a nepřímým systémem závisí především na vzdálenosti a intenzitě materiálových toků. V případě, že je vzdálenost krátká a intenzita vysoká, jeví se jako nejekonomičtější řešení přímý systém. Naopak při delších vzdálenostech a nižší intenzitě je lepší volbou systém nepřímý, protože se přepravní náklady rozpustí do většího spektra materiálů.

Zásobování montážních linek je z velké většiny řešeno právě pomocí nepřímého systému, který funguje mezi centrálním skladem, či tzv. supermarkety a lokálními skladovacími plochami nebo přímo místy spotřeby. (podle [6], str. 1521)

Nepřímé doplňovací systémy se dle [6] dělí do tří základních skupin:

- **Oddělená příprava a doprava** – Jeden operátor připravuje náklad, zatímco druhý ho dopravuje. Tento přístup se uplatňuje v případě, že příprava nákladu je rychlejší než dodávka. Jeden operátor je v tomto případě schopen zabezpečit více dopravních tras.
- **Kombinovaná příprava a doprava** – Operátor si vyzvedne postupně celý náklad ze skladu a doručí jej na místo určení. Využívá se v případě více lokálních skladů, které mají přiděleny jednotliví pracovníci.
- **Oddělená dodávka a doplnění** – Tento přístup se používá v případě, že je mezisklad mezi centrálním skladem a místem spotřeby na lince. Jeden manipulátor doplňuje mezisklad a druhý dopravuje materiál do finální destinace. Tato metoda sice znamená zdvojení manipulační operace, což zvyšuje náklady, ale své uplatnění nalezne např. při nedostatečném přístupu pro zásobovací prostředek v okolí finální destinace.

4.3 Umístění skladovacích ploch

Kromě určení druhu a počtu manipulačních a dopravních zařízení je klíčové pro zásobování montážních linek umístění skladovacích ploch vzhledem k místům zpracování. V následujících podkapitolách jsou popsány tři základní přístupy k zásobování (centrální sklad, skladování přímo u linky, bez skladování). (podle [6], str. 1528)

4.3.1 Centrální sklad a supermarket

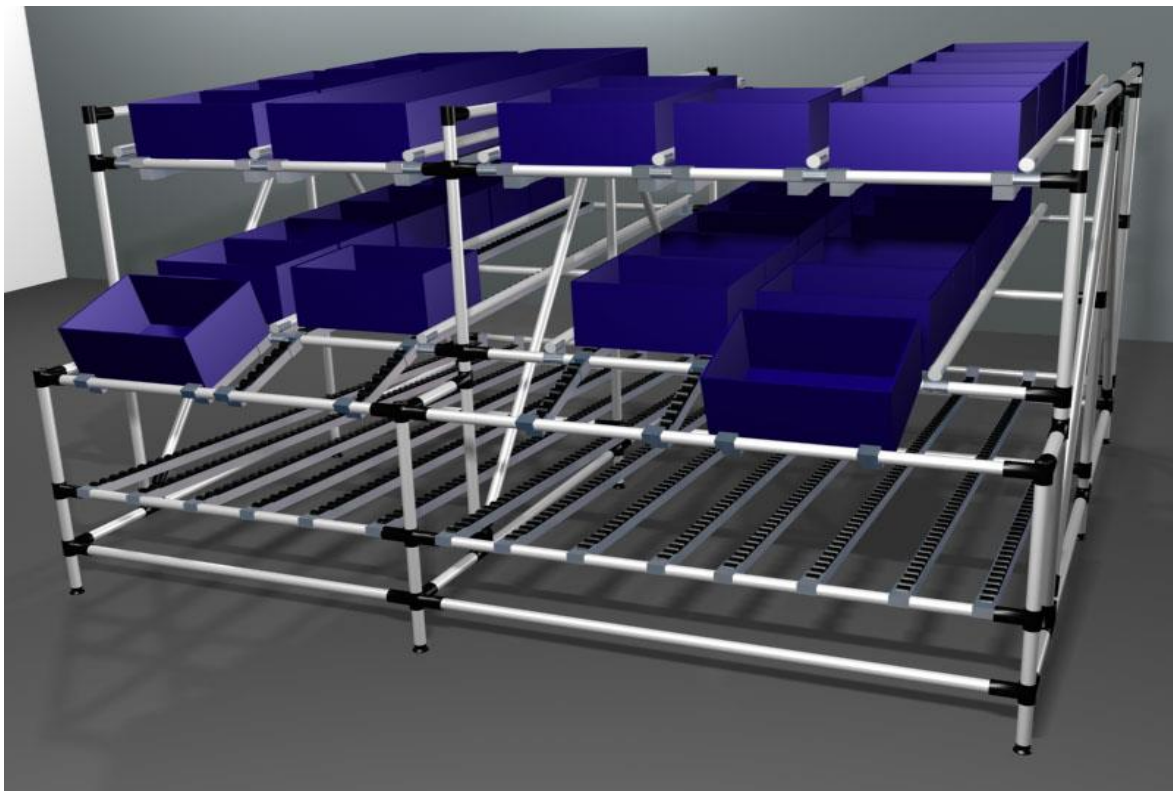
Centrální sklady a tzv. supermarkety jsou konsolidovány do jedné nebo několika velkých ploch, z kterých je materiál distribuován do všech míst potřeby, včetně lokálních skladů. Tento přístup umožňuje vysokou úroveň kontroly zásob a ušetření cenné výrobní plochy. Centrální uložení je využíváno též pro odstranění obalů, prokladů a pro případné přebalování materi-

álu do menších manipulačních jednotek. Nejčastějším problémem je však dlouhá odezva na požadavek výroby. (podle [6], str. 1528)

4.3.2 Skladování u linky

Skladování u linky a přímo v místě spotřeby je decentralizovaný přístup, v kterém je materiál rozmístěn podél linky a mezi procesní operace. Výhodou je možnost snazší, často i vizuální, kontroly a velmi rychlá odezva na potřeby bez nutnosti aplikace nákladných informačních systémů. Z těchto důvodů se tento přístup úspěšně využívá právě při vysokoobjemové výrobě a zvláště montáži.

Materiál nebo součásti jsou orientovány k pracovním stanicím a prezentovány přímo operátorům nebo automatizovaným zařízením. Periodické doplňování je zajištěno buď z centrálního skladu, nebo využitím externích logistických služeb. Množství materiálu obvykle odráží rychlost produkce a prostorové možnosti v místě a pokrývá většinou minuty až hodiny produkce. (podle [6], str. 1530) Typickým příkladem jsou spádové regály z modulárního trubkového systému (viz. Obr. 4-1), které umožňují snadné přizpůsobení např. při změně manipulačních jednotek.



Obr. 4-1 Spádový regál [O6]

4.3.3 Kontinuální zásobování bez skladu

Kontinuální zásobování bez skladování je nejideálnější a také nejlevnější řešení toku materiálu. Tzn., že materiál je dopravován přímo mezi operacemi a nevznikají žádné skladovací ani manipulační náklady. Nicméně dosažení nepřetržitého toku vyžaduje naprostou synchronizaci

procesů, což je v montážních procesech málokdy dosažitelné. V praxi je nějaká forma dočasného uskladnění pro kompenzaci variability téměř vždy nutná. Dočasné skladování může mít formu jednotlivých kusů na zemi, na vozíku, na válečcích, atd. (podle [6], str. 1531)

4.4 Technologie AGV

Automaticky naváděné manipulační zařízení dnes představuje nejvyšší stupeň automatizace v oboru manipulace s materiálem. V podstatě se jedná o technologii, která je schopna automaticky vyzvednout a doručit náklad na místo určení. Například pracovník skladu zadá do systému příjem zboží a povolí jeho zaskladnění. Tímto povolením dojde k aktivaci AGV, systém vybere dle typu nákladu odpovídající zařízení a vyšle ho na místo vyzvednutí. Manipulační zařízení zboží vyzvedne a dopraví na předdefinovanou pozici. Na tomto příkladu jsou vidět čtyři základní prvky technologie AGV: manipulační zařízení, pickup/delivery stanice (P/D), naváděcí systém a v neposlední řadě řídicí systém. (podle [6], str. 1556)

4.4.1 Typy AGV

Zařízení AGV existují ve velkém počtu modifikací a provedení. Lze si je samozřejmě nechat navrhnout a vyrobit přesně pro specifické využití. Dá se říci, že všechna AGV se dají zařadit do následujících čtyř kategorií: (podle [6], str. 1557)

Tahače – jsou využívány k tahání nákladu, který se obvykle skládá z přípojných vozíků. Jednotlivé vozíky mohou obsahovat kusový materiál, či manipulační jednotky (viz. Obr. 4-2).



Obr. 4-2 AGV tahač s přívěsnými vozíky [O14]

Paletové vozíky – jsou velmi podobné vysokozdvíhým nebo nízkozdvíhým vozíkům, avšak jsou schopny automaticky vykládat a nakládat materiál (viz. Obr. 4-3).



Obr. 4-3 Paletový AGV [O16]

Vozíky pro přepravu manipulačních jednotek – jsou typicky konstruovány pro přepravu více manipulačních jednotek a jsou obvykle vybaveny dopravníky (viz. Obr. 4-4). Tyto, většinou spádové, dopravníky interagují se skladovacími zařízeními při vyzvedávání a ukládání materiálu.



Obr. 4-4 AGV pro přepravu manipulačních jednotek [O15]

Podjezdové vozíky – jsou využívány pro přepravu celých regálů či zásobníků s materiálem. Typicky jsou vybaveny výsuvným čepem, který zachytí tažený náklad. Typické provedení je na Obr. 4-5.



Obr. 4-5 Podjezdový AGC [O19]

Vozíky pro lehkou zátěž – jsou zařízení pro přepravu lehkých břemen, jako je pošta nebo léky, v rozlehlých stavebních komplexech (viz. Obr. 4-6). Tyto jsou většinou nakládány a vykládány manuálně.



Obr. 4-6 AGV pro lehkou zátěž [O17]

4.4.2 PickUp/ Delivery stanice

P/D stanice jsou, již podle názvu, body, ve kterých dochází k naložení a vyložení transportovaného materiálu. Podle složitosti a komplexnosti konkrétního řešení to mohou být jednoduše

vyznačené plochy na podlaze haly, ale také speciální dopravníky s integrovanou logikou pro automatický provoz. (podle [6], str. 1557)

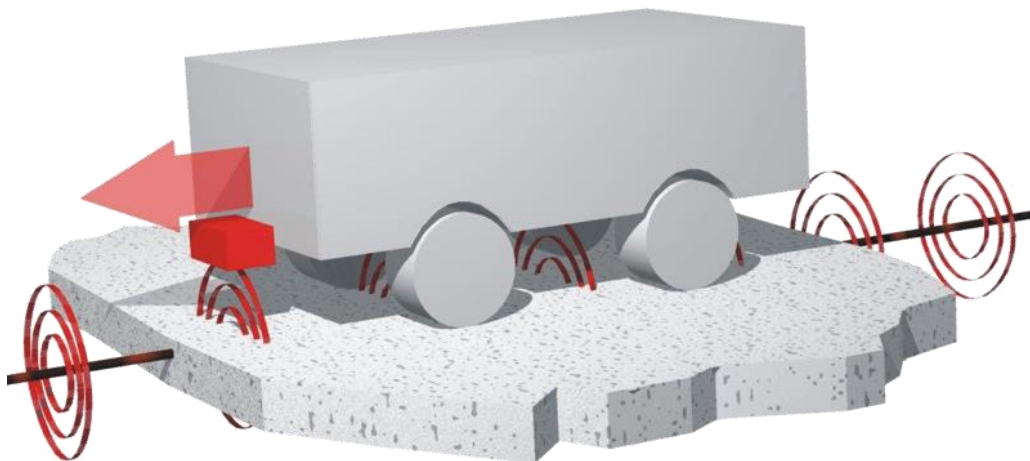
4.4.3 Naváděcí systém

Aby bylo AGV schopné automatického provozu, musí mít k dispozici naváděcí systém, který nahrazuje, samozřejmě pouze do jisté míry, smysly lidské obsluhy. Kontrolní systém zařízení poté, v interakci s naváděcím, naviguje AGV na jeho trase. Výběr správného naváděcího systému může být klíčový pro úspěch, či neúspěch konkrétního nasazení. Je třeba vzít v úvahu nejen současný projekt, ale zohlednit i případné budoucí rozšíření nebo modifikaci.

V současné době jsou, podle [6], str. 1558, k dispozici následující naváděcí techniky:

Indukční navádění

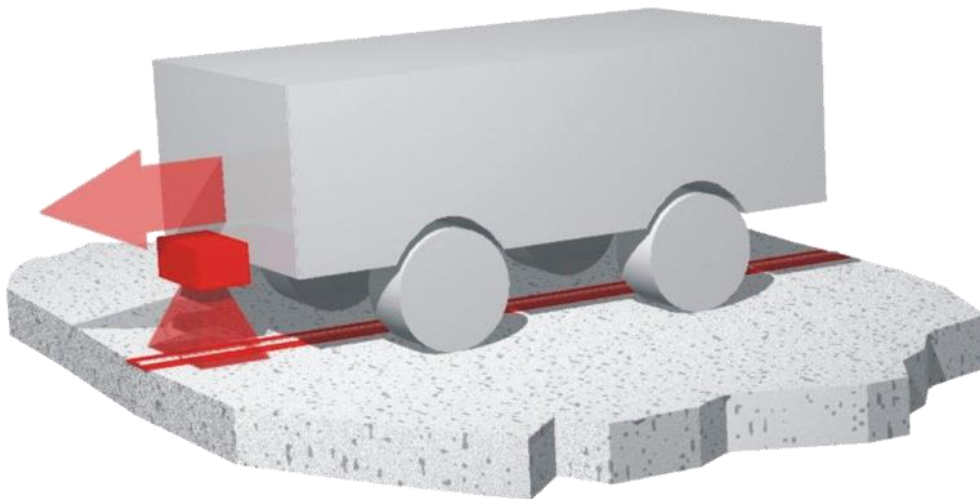
Tento naváděcí systém se používá převážně u AGV pro velké náklady. Skládá se z elektromagnetického snímače v zařízení a vodiče uloženého v podlaze. Snímač detekuje elektromagnetické pole podél vytyčené trasy (Obr. 4-7). Pro nasazení musí být splněná podmínka spojitého vodiče a rovného povrchu. V místě zatáček je možné vodič instalovat do pravého úhlu. Zařízení pak v místě zatáčky opustí trasu vodiče, vykoná vlastní naprogramované zatočení a vrátí se zpět na trasu.



Obr. 4-7 Navádění indukčním vodičem [O12]

Optické navádění

Pro optické navádění lze využít naváděcí pásku, nátěr nebo reflexní vrstvu podél plánované trajektorie (Obr. 4-8). Světelný zdroj na palubě osvětluje podlahu a optický senzor snímá odrazy. Výhodou tohoto systému je jednoduchá instalace a možnost snadno upravovat trasy. Nevýhodou je však menší odolnost a náchylnost na opotřebení. Doporučuje se tak volit tuto metodu v „čistých“ provozech.



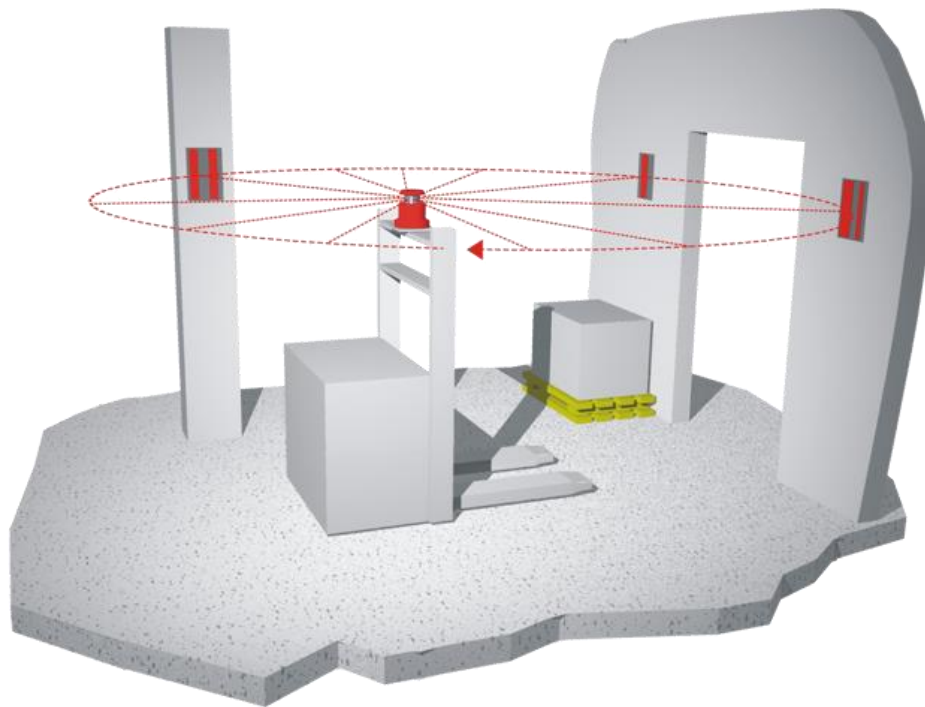
Obr. 4-8 Optická navigace [O13]

Magnetické navádění

Magnetické navádění je v podstatě obdoba optického navádění. Místo nátěru či reflexní pásky je použita páska magnetická nebo mikro-magnety podél trasy. Tento způsob má i stejné výhody a nevýhody jako optické systémy a je v současnosti hojně využíván u tzv. „low-cost“ řešení.

Samonaváděcí systém

Samonaváděcí systém je forma navigace kombinující výpočty s průběžně aktualizovanou polohou. Aktuální poloha AGV je určována laserovým paprskem, který se odráží od reflexních značek (Obr. 4-9). Jedná se o nejjednodušší přístup z hlediska vytvoření trasy jízdy, musí být však proveden velice precizně a samotné zařízení musí mít pokročilé antikolizní vybavení. Samonaváděcí systém je pak schopen vytvářet alternativní trasy v případě, že je běžná cesta nepředvídaně blokována.



Obr. 4-9 Laserová navigace [O11]

Chemické navádění

Toto navádění je v podstatě totožné s optickým s tím rozdílem, že je k vyznačení trasy využit fosforový nátěr, a že světelným zdrojem je emitováno černé světlo. Výhodou chemické navigace je neviditelnost vytyčené trasy.

Navádění Vision

Jedná se o nejnovější dostupný navigační systém na trhu. Skládá se z kamery umístěné na AGV, která v reálném čase porovnává pořizovaný obraz s tím naprogramovaným. Pomocí tohoto srovnání udržuje zařízení na správné trase.

4.4.4 Kontrolní systém

Kontrolní systém je program, který kontroluje a řídí všechny ostatní komponenty systému AGV. Opět je k dispozici v různě složitých obdobích a stupních komplexnosti. Na jednom konci spektra je jednoduché zařízení, které je manuálně přivoláváno a odesíláno a na druhém konci figuruje naprosto autonomní systém, schopný plně automatického provozu a plánování. Čím složitější je kontrolní systém, tím větší nároky jsou kladeny na vzájemnou komunikaci mezi samotným AGV a „mozkem“ systému. Komunikace může být zprostředkována např. přes indukční vodič, radiové vlny nebo infračervené paprsky.

4.4.5 Bezpečnostní systém

Bezpečnostní systém AGV musí být navržen tak, aby nemohlo při provozu dojít k ohrožení nebo dokonce zranění zaměstnanců, proto je většina zařízení vybavena kombinací pasivních nárazníků a aktivního laserového zařízení. Laserový skener kontroluje obvod vozidla a při detekci překážky v určité vzdálenosti nejprve zpomalí a následně přeruší provoz (Obr. 4-10). Pasivní nárazník ze stlačitelného materiálu s integrovanými senzory funguje v podstatě ob-

dobně, s tím rozdílem, že zařízení zastaví při kontaktu s překážkou. Nasazením AGV se radikálně sníží množství úrazů způsobených manipulační technikou.



Obr. 4-10 Antikolizní systém[O18]

Bezpečnost motorových vozíků bez řidiče upravují v Americe norma ANSI B56.5 a v Evropě EN 1525.

4.4.6 Energetický systém

Velmi důležitou roli u technologie AGV hraje energetický koncept. Pohonné ústrojí vozíků využívá elektrickou energii z akumulátorů. Na trhu je k dispozici celá řada typů baterií a konceptů nabíjení. Můžeme vybírat mezi manuální a automatickou výměnou baterií, příležitostným a pravidelným nabíjením nebo dokonce indukčním nabíjením z naváděcího vodiče podél trasy. (podle [12])

4.4.7 Výhody nasazení AGV

Technologie AGV přináší celou řadu výhod a umožňuje šetřit čas, energii a prostor v rámci logistických procesů podniku.

Podle [9] nasazení AGV znamená:

Účinnost

- Optimalizace přepravních toků v závislosti na vozovém parku a provozu
- Dynamické rozložení pracovní zátěže mezi jednotlivá zařízení
- Možnost nepřetržitého provozu 24hodin/ 7 dnů v týdnu bez lidského zásahu

Pružnost

- Absence nebo minimálně omezení pevných infrastruktur pro manipulaci s materiálem
- Zvýšení počtu AGV je úměrné nárůstu objemu výroby
- Aktualizace bez zastavení výrobních zařízení
- Jednoduchost nové konfigurace drah pohybu nebo začlenění nových obsluhovaných zařízení

Přesnost

- Dodávky “Just-In-Time”
- Eliminace chyb cílového určení
- Přesnější řízení zásob

Bezpečnost

- Snížení výskytu zranění způsobených manipulační technikou

5 Analýza současného stavu

V této kapitole je provedena analýza současného stavu zásobování montážní linky ve společnosti Lear Corporation Czech Republic s.r.o. Tato analýza je výchozím bodem pro následující praktický návrh racionalizace zásobovacího procesu.

5.1 Historie Lear Corporation

Lear Corporation je jeden z největších dodavatelů automobilových sedacích systémů, elektrických rozvodných systémů a elektronických komponent. Společnost byla založena roku 1917 ve Spojených státech ve městě Detroit pod názvem American Metal Products. Společnost začala výrobu v jediném závodě s 18 zaměstnanci, kteří vyráběli konstrukce pro letecký a automobilový průmysl. Za první velké zákazníky lze považovat Ford Motor Company a General Motors Corporation. Během 30. let 20. století se zvyšoval počet velkých zákazníků a celkový objem produkce rostl. V průběhu 2. světové války byla pozastavena výroba automobilů pro soukromé účely, a tak se společnost zaměřila na výrobu vojenských leteckých komponentů a náprav pro vojenská vozidla. V roce 1961 společnost expandovala do Evropy a stala se největším světovým výrobcem zařízení a sedadel do nákladních aut. V roce 1964 se American Metal Products sloučila se společností Lear Siegler, a tím se vytvořil největší nezávislý dodavatel automobilových sedadel pod novým názvem Lear. [8]

V současnosti Lear Corporation zaměstnává přibližně 135 000 lidí ve 235 závodech ve 35 zemích světa a je dodavatelem komponent pro většinu světoznámých výrobců automobilů. Na Obr. 5-1 je zobrazeno rozložení jednotlivých závodů společnosti na mapě světa společně s logy zákazníků.



Obr. 5-1 Rozmístění závodů Lear Corporation [O9]

5.2 Představení společnosti Lear Corporation Czech Republic s.r.o.

Základní údaje o společnosti:

Název společnosti: Lear Corporation Czech Republic s.r.o.

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Datum zápisu: 22. 9. 1998

Sídlo: Vyškov – předměstí, Tovární 735/10, PSČ 682 01

Identifikační číslo: 25225227

Základní kapitál: 70 000 000 Kč

Tato práce je zpracována ve společnosti Lear Corporation Czech Republic s.r.o., závod Tachov. Tento závod se zabývá montáží sedadel osobních automobilů, které jsou dodávány v režimu Just-In-Sequence přímo předním výrobcům automobilů. Mezi zákazníky patří Audi, BMW a Porsche. Pohled na výrobní závod je uveden na Obr. 5-2.



Obr. 5-2 Pohled na závod [O9]

5.3 Projekt BMW F34/F36

Start projektu:	2013
Automobil:	F34 - BMW 3 Gran Turismo F36 - BMW 4 Gran Coupé
Produkt:	Přední sedačky Zadní sedačky



Obr. 5-3 BMW F36 [O6]

Linka předních sedaček F34/F36

Linka předních sedaček je koncipována jako ruční linka s pohyblivým se výrobkem. Výrobek se pohybuje po automatizovaném dopravníku po ukončení operace na daném pracovišti. K hlavní větvi linky jsou na různých místech připojeny předmontážní pracoviště, z kterých jsou přes zásobníky dodávány podsestavy sedaček. Levá i pravá přední sedačka je vyráběná na stejné lince zároveň. Ukázka hotových sedaček přímo v automobilu je na Obr. 5-4.



Obr. 5-4 BMW F36 Přední sedačky [O7]

Linka zadních sedaček F34/F36

Linka zadních sedaček je koncipovaná jako rozvětvená ruční linka s pohyblivým se výrobkem. V tomto případě je výrobek manipulován na další stanici manuálně operátorem. Odděleně jsou vyráběny zadní opěra a zadní sedák. Ukázka hotových zadních sedaček je na Obr. 5-5.



Obr. 5-5 BMW F36 Zadní sedačky [O8]

Hotové sedačky ze všech linek, tedy přední sedačky, zadní sedák a opěra jsou po finální kontrole vloženy na jednom místě do systémových palet, které jsou přes automatizovaný dopravník naloženy přímo do nákladního auta a dodávány do BMW Dingolfing. Na jedné paletě jsou vždy sedačky pro jeden automobil. Pořadí sedaček je jasně definováno zákazníkem a musí být dodrženo. Výroba je tedy řízena v režimu Just-In-Sequence a dodávky sedaček kopírují výrobu na montážní lince zákazníka. Tento zcela tahový přístup k řízení výroby je, kvůli obrovskému počtu variant sedaček, jediným řešením.

5.4 Způsoby zásobování

Zásobování linek je řešeno převážně pomocí přímého systému zásobování. To znamená, že jednotlivý materiál v podobě manipulačních jednotek je dopravován přímo ze skladů do místa spotřeby. Pro tento projekt je vytvořen jeden centrální sklad, ze kterého jsou dodávány základní komponenty sedaček, jako jsou rámy a pěny.

Drobný materiál, jako např. plasty a ovládací komponenty, je rozmístěn ve skladovacích zařízeních poblíž linky. Pro prezentaci drobného materiálu přímo operátorům na stanicích jsou využity spádové regály z trubkového modulárního systému, které jsou doplňovány logistickými operátory z právě zmíněných skladů vedle linky. Modulární trubkový systém umožňuje snadné přizpůsobení při změně počtu součástí, či jejich balení. Další výhodou tohoto řešení je možnost snadné vizuální kontroly stavu zásob ve výrobě a rychlou reakci při potřebě doplnění materiálu.

Pro zásobování potahů je naopak využíván nepřímý způsob zásobování, konkrétně varianta oddělené přípravy a dopravy. Jelikož spektrum barev a vzorů potahů je opravdu veliké, není možné ani žádoucí mít všechny typy přímo u linky. Potahy jsou sekvencovány na speciální vozíky v centrálním skladu přímo v pořadí, ve kterém jsou odvolávány od zákazníka. Připravené vozíky jsou následně dopravovány na linku.

Pro analýzu zásobování projektu F34/36 je využit systematický přístup uvedený v kapitole 1 této práce, aby bylo možné problém posoudit v souvislostech. Jednotlivé kroky jsou popsány v následujících podkapitolách.

Klasifikace materiálu

Jak již bylo uvedeno v teoretickém úvodu, klasifikace materiálu je výchozím bodem pro analýzu způsobu zásobování. Pro tyto účely je veškerý materiál roztríděn dle charakteristických znaků do základních skupin. Materiály v jednotlivých skupinách jsou si podobné svými vlastnostmi, jako jsou rozměry a tvar, a jsou manipulovatelné stejným způsobem. Jelikož se jedná o analýzu stávajícího způsobu zásobování, jsou známe již i konkrétní manipulační jednotky. Po rozklíčování všech vstupů na linku byly vytvořeny následující kategorie materiálu:

1. Rámy
2. Pěny
3. Materiál dodávaný v sekvenci (potahy, hlavové opěrky, MAL)
4. Koberce, topení, plasty
5. Drobný materiál

Po kategorizaci materiálu a doplnění potřebných informací k jednotlivým součástem, jako je manipulační jednotka (její rozměry), počet kusů v balení a spotřeba za směnu, můžeme přistoupit k rozboru materiálového toku.

Rozbor materiálového toku

Materiálový tok je neodmyslitelně spjat s daným dispozičním řešením. V tomto kroku je nutné určit trasy, jejich délky a stav. Klíčový údaj je intenzita materiálového toku, což je množství přepravovaného materiálu za jednotku času. V tomto konkrétním případě je intenzita materiálového toku vypočtena jako objem přepravovaného materiálu za jednu směnu.

V tabulce 5.1 a 5.2 je uveden soupis materiálu se všemi potřebnými daty pro zmapování materiálového toku a jeho intenzity. Kvůli velkému počtu součástí je dále pracováno pouze s kategoriemi 1 – 3, neboť u zbývajících kategorií byla v porovnání s ostatními intenzita materiálového toku minimální. Neznamená to, že by ostatní kategorie nebyly důležité, avšak po konzultaci s vedením společnosti se tato práce dále bude zaměřovat na položky s intenzitou vyšší.

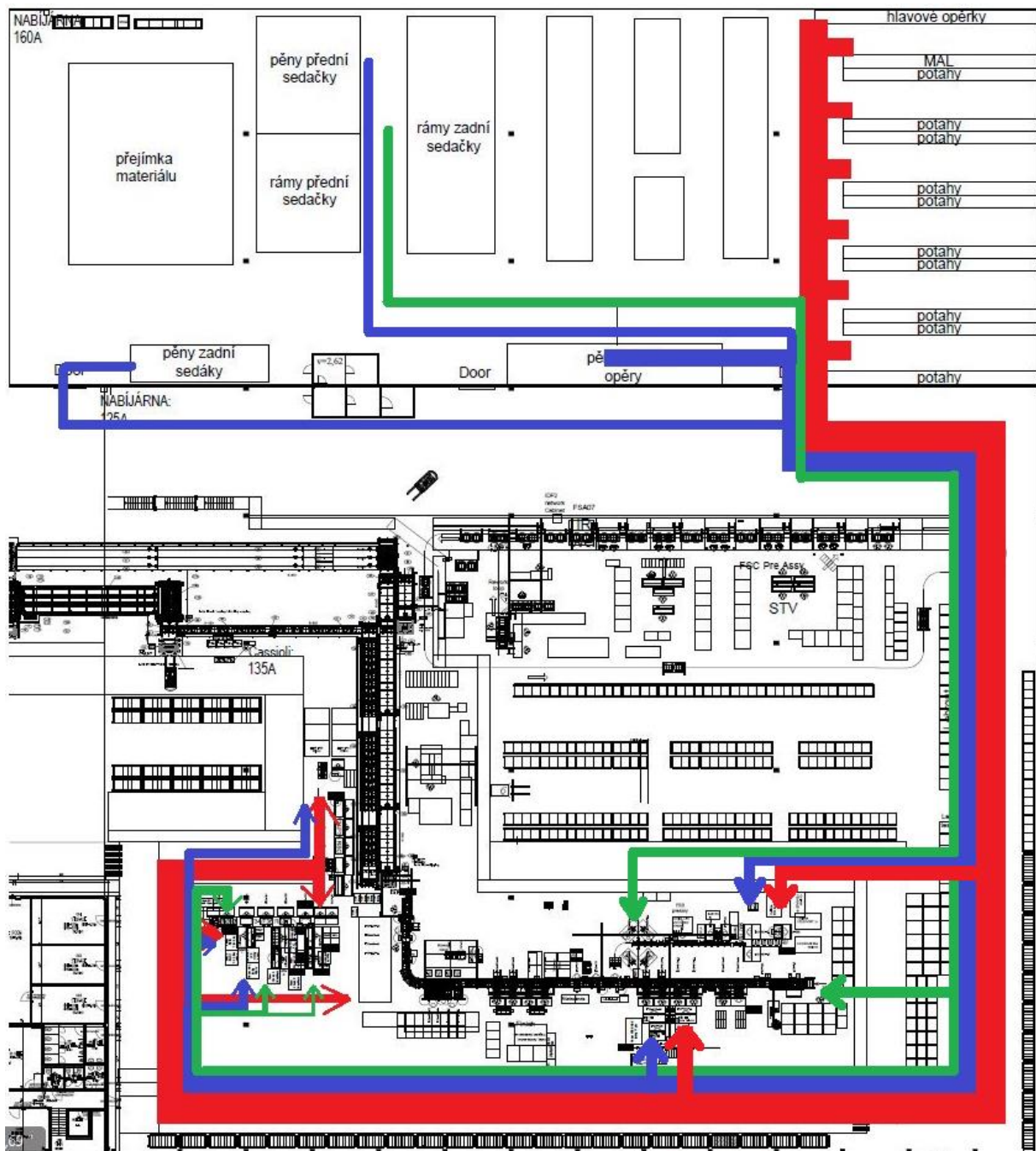
Soupis materiálu F34/F36 zadní sedačky									
Pracoviště	Materiál	Manipulační jednotka	Rozměr (š/h/v) [cm]	Počet ks v balení	Počet bal na lince	Počet balení za směnu	Kategorie	Intenzita materiálového toku [m ³ /směna]	Délka trasy [m]
RB3_010									
	levý rám opěry 40%	gitter box	125/85/100	22	6	12	1	12,75	270
	levý rám opěry 40% LFE	gitter box	125/85/100	22	6				
	levý rám opěry 60%	gitter box	125/85/100	13	6				
RB3_040									
	hlavové opěrky - sekvence	trolley	260/100/170	40 setů	4	6	3	26,5	240
RB3_110									
	potah - sekvence	trolley	170/70/200	40	4	6	3	14,28	230
	pěna LH 40%	korleta	120/150/230	60	3	4	2	16,56	210
	pěna LH 40%	korleta	120/150/230	60	3				
	pěna LH 40% LFE	korleta	120/150/230	60	3				
	pěna LH 60%	korleta	120/150/230	60	2				
RB3_210									
	pravý rám opěry 40%	gitter box	125/85/100	25	5	10	1	10,62	250
	pravý rám opěry 40% LFE	gitter box	125/85/100	25	5				
	pěna RH 40%	korleta	120/150/230	60	2	4	2	16,56	210
	pěna RH 40%	korleta	120/150/230	60	2				
	pěna RH 40% LFE	korleta	120/150/230	60	2				
	potah - sekvence	flowrack	zásobování z pracoviště RB3_110						
RB3_310									
	rám středové opěry	gitter box	125/85/100	37	3	4	1	4,25	260
	MAL - sekvence	trolley	80/50/200	40	4	6	3	4,8	230
RC3_010									
	pěna sedáku F34	Korleta	250/150/230	48	3	5	2	43,1	240
	pěna sedáku F36	Korleta	250/150/230	48	3				
	potah - sekvence	flowrack	200/170/200	40	5	6	3	40,8	250
	postranní díly - sekvence	trolley	140/70/200	20 setů	10	12	3	23,52	20

Tabulka 5.1 Soupis materiálu zadní sedačky

Soupis materiálu F34/F36 přední sedačky									
Pracoviště	Materiál	Manipulační jednotka	Rozměr š/h/v [cm]	Počet ks v balení	Počet bal na lince	Počet balení za směnu	Kategorie	Intenzita materiálového toku [m3/směna]	Délka trasy [m]
FS2_005									
	rám opěry	gitter box	120/80/90	16	3	15	1	12,96	160
FS2_006									
	pěna opěra basic	korleta	240/150/220	120	2	2	2	15,84	130
	pěna opěra sport	korleta	240/150/220	120	2				
	potah opěra - sekvence	vozik	170/70/200	40 setů	6	6	3	14,28	110
FS2_010									
	rám sedáku - 8 typů	ecopack	120/100/100	8		30	1	36	140
FS2_035									
	pěna sedák basic	korleta	240/150/220	176	1	2	2	15,84	200
	pěna sedák sport	korleta	240/150/220	176	2				
	pěna STV	gitter box	120/80/90	347	2	1	2	0,86	
	potah sedák - sekvence	vozik	170/70/200	40setů	4	6	3	14,28	130
	potah STV-13 druhů	KLT	80/60/43	50	1	5	3	1	
	rám STV	gitter box	120/80/90	336	2	1	1	0,86	
FS2_100									
	hlavové opěrky - 16 druhů	KLT	60/40/28	1 set	3	240	3	16,1	5

Tabulka 5.2 Soupis materiálu přední sedačky

Po shromáždění a sepsání všech údajů do tabulky je účelné materiálový tok vizualizovat pomocí schematického diagramu. Pro svoji názornost byl zvolen Sankeyův diagram (Obr. 5-6). V tomto diagramu je vidět tok materiálu z centrálního skladu až do míst spotřeby.



Obr. 5-6 Sankeyův diagram

Manipulační zařízení

V současné době jsou pro zásobování výše uvedeného materiálu využívány klasické, cyklicky pracující, manipulační zařízení s elektrickým pohonem. Nejpoužívanější jsou vysokozdvizné vozíky, konkrétně typ Jungheinrich retruck ETV (Obr. 5-7).



Obr. 5-7 Jungheinrich retruck ETV [O10]

5.5 Nalezené problémy a návrh na zlepšení

Po důkladné analýze systému skladování, zásobování a manipulace s materiálem bylo zjištěno, že je velkoobjemový materiál s vysokou spotřebou skladován u linky v nadbytečném množství. Důvodem je zřejmě zajištění plynulého chodu výroby. Operátor logistiky tedy zásobuje jednotlivé materiály v určitých cyklech a objemech a musí zabezpečit dostatek všech přidělených materiálů na celé lince. Vytváří se tak na pracovištích nepřiměřená pojistná zásoba, která často pokrývá spotřebu až na celou jednu směnu. Je tak na jednu stranu zajištěn dostatek materiálu, což eliminuje možnost zastavení výroby z důvodu jeho nedostatku, ale na druhou stranu je blokována cenná výrobní plocha. Materiál je z centrálního skladu dopravován po poměrně dlouhé trajektorii, a tak při jeho nedostatku by odezva logistiky znamenala vysokou ztrátu produkce. Navíc má tento způsob zásobování na dlouhé trase vysoké přímé náklady v podobě mezd logistických operátorů.

Pro zajištění efektivního systému zásobování materiálu je nutné, aby manipulace probíhala s maximální účinností a konzistencí. V souladu s dnešními trendy je racionální uvažovat o zavedení tahového principu i pro zásobování výše uvedených kategorií materiálu. To znamená, že by na základě podnětu z výroby byl dovezen pouze materiál, který dochází. Samozřejmě s určitým předstihem a časovou rezervou.

V tomto smyslu se jeví jako jedno z možných řešení nasazení adekvátního systému automatické manipulace. Toto řešení by mohlo racionalizovat zásobovací operace, tzn. ušetřit výrobní plochu, zajistit materiál přesně v množství a čase, ve kterém je potřeba. Dalším důsledkem a výhodou je eliminace části přímých nákladů na zásobování.

Nový způsob zásobování musí tedy splňovat dva základní požadavky:

- Zásobování bez potřeby přímé obsluhy
- Možnost přesného načasování dodávky, tedy zásobování Just-In-Time

Tyto dva požadavky splňuje technologie automaticky vedených vozíků (AGV), která je popsána v kapitole 4.4.

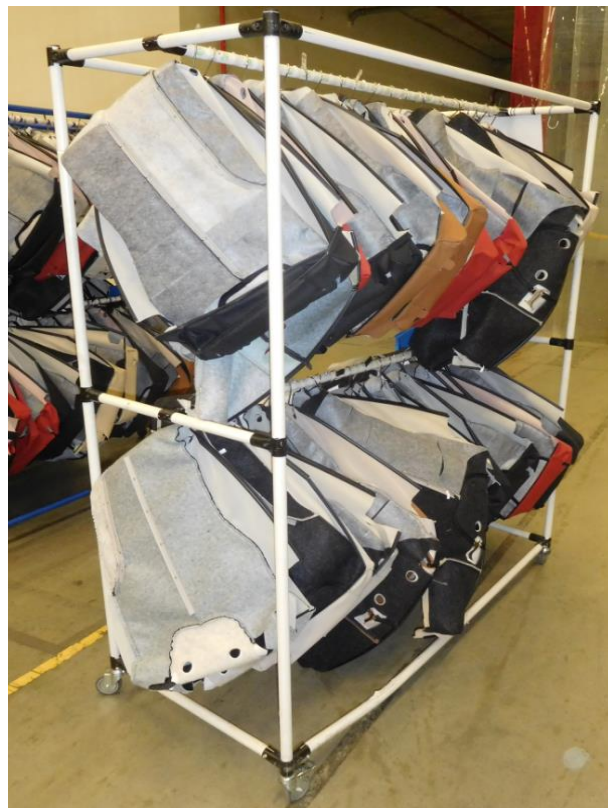
6 Návrh nového způsobu zásobování

V této kapitole je popsán návrh nového způsobu zásobování pomocí technologie AGV. Z rozboru materiálového toku, uvedeného v kapitole 5.4, vyplynuly následující kategorie materiálu s vysokou intenzitou materiálového toku:

1. Rámy
2. Pěny
3. Materiál dodávaný v sekvenci (potahy, hlavové opěrky, MAL)

Pro automatické zásobování je však vhodný pouze materiál z kategorie 3, tedy díly dodávané na montážní linku v sekvenci. Důvodem je vhodná manipulační jednotka tohoto materiálu v podobě transportních sekvenčních vozíků, které lze jednoduše uzpůsobit k automatické přepravě. Rámy jsou sice přepravovány v gitter boxech, ale jsou stohovány ve více patrech volně na zemi, což velmi ztěžuje jejich automatické naložení. Pěny jsou do závodu dodávány a po celou dobu skladovány ve speciálních vozících, tzv. korletách, které jsou majetkem dodavatele, a tak jejich úprava není možná.

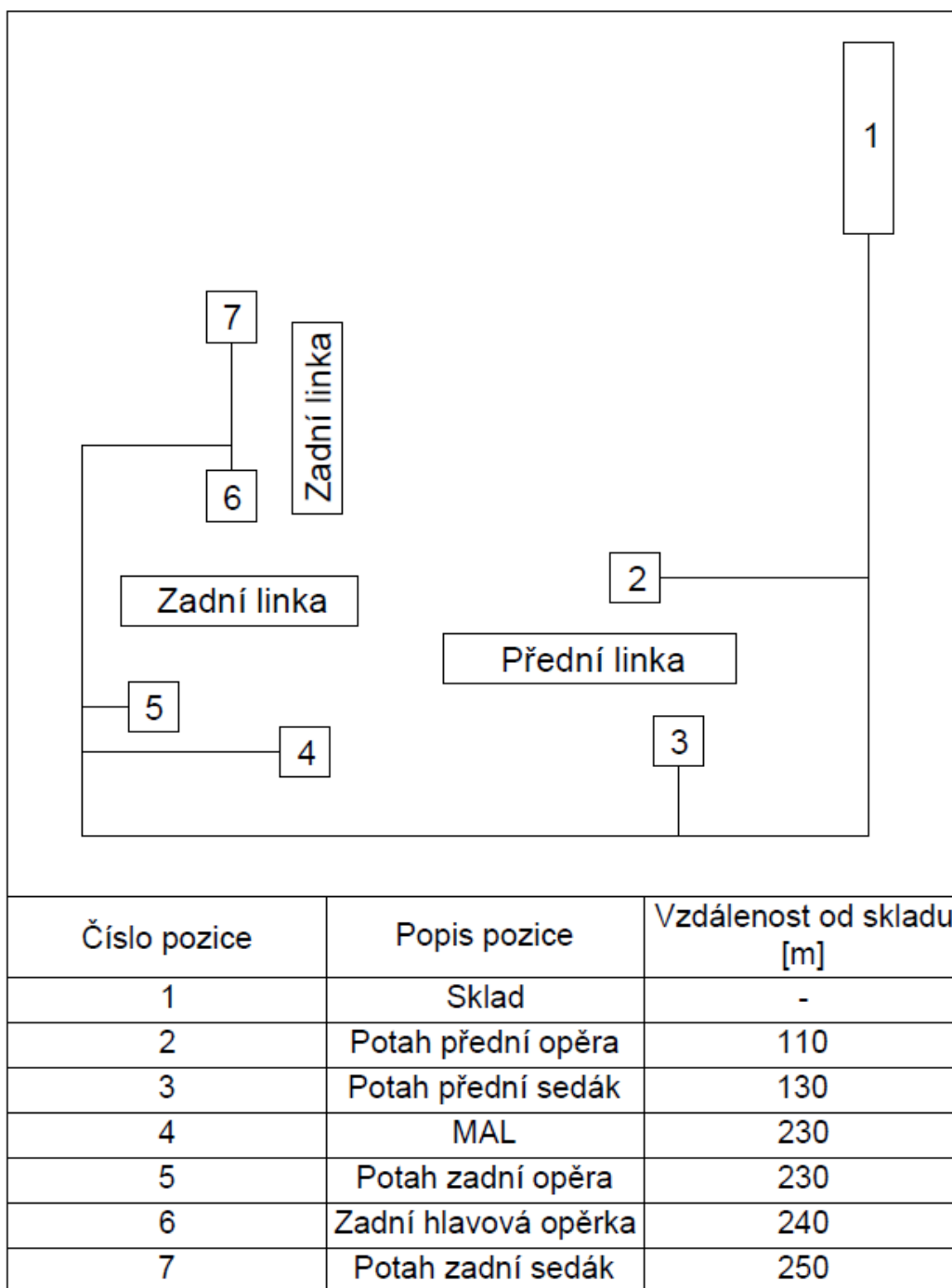
Dále se práce tedy zabývá návrhem nového způsobu zásobování materiálu dodávaného v sekvenci, samozřejmě s ohledem na interakci se zásobováním ostatního materiálu. Konkrétně se jedná o potahy pro přední a zadní sedačky, hlavové opěrky a středové konzole MAL pro zadní sedačky. Ukázka současného sekvenčního vozíku pro dopravu potahů je uvedena na Obr. 6-1.



Obr. 6-1 Sekvenční vozík na potahy

6.1 Popis navrhovaného procesu

Cílem nového návrhu je dopravovat nasekvencovaný materiál ze skladu do místa spotřeby na montážních linkách přesně v množství a čase dle výrobního taktu. Schéma zásobování je patrné z Obr. 6-2. Z výčtu druhů automatických vozíků, uvedeném v kapitole 6.1, se pro toto nasazení hodí zřejmě nejlépe vozíky podjezdové, které umožňují snadné automatické zapojení a odpojení transportovaného materiálu a navíc jsou vhodné do omezeného prostoru, díky malému poloměru zatažení.



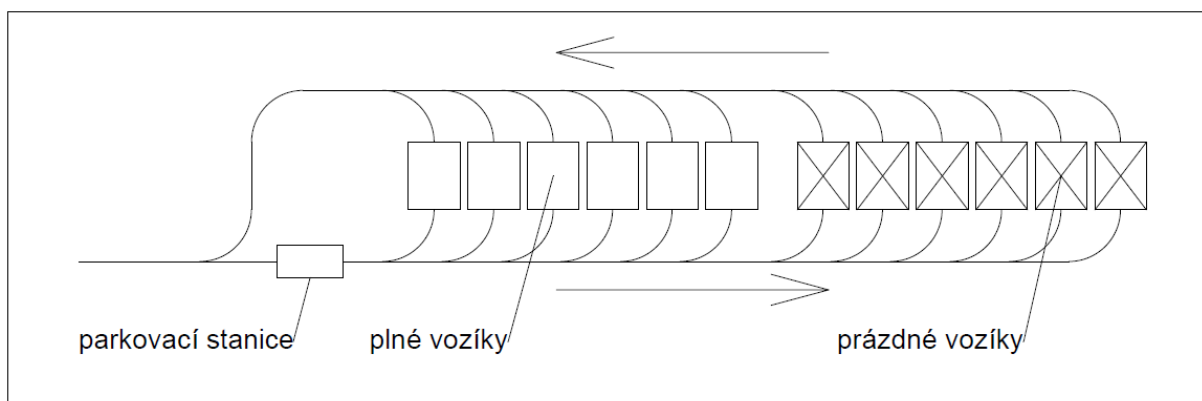
Obr. 6-2 Schéma zásobování sekvenčního materiálu

Celý navrhovaný proces zásobování se dá zjednodušeně popsat pomocí následujících činností:

- Operátor skladu vychystá materiál na sekvenční vozík
- Operátor skladu umístí sekvenční vozík na definovanou pozici ve skladu
- Ve skladu jsou definované pozice pro materiál na jednotlivé montážní stanice
- Při poklesu materiálu pod nastavenou úroveň operátor výroby na jednotlivých montážních stanicích odešle do systému požadavek na dodání materiálu
- Na každé montážní stanici jsou definované plochy pro plné a prázdné vozíky
- AGV dopraví požadovaný materiál na montážní stanici
- AGV vyzvedne prázdný sekvenční vozík a dopraví ho zpět do skladu na určené místo

Uzpůsobení skladovacího prostoru

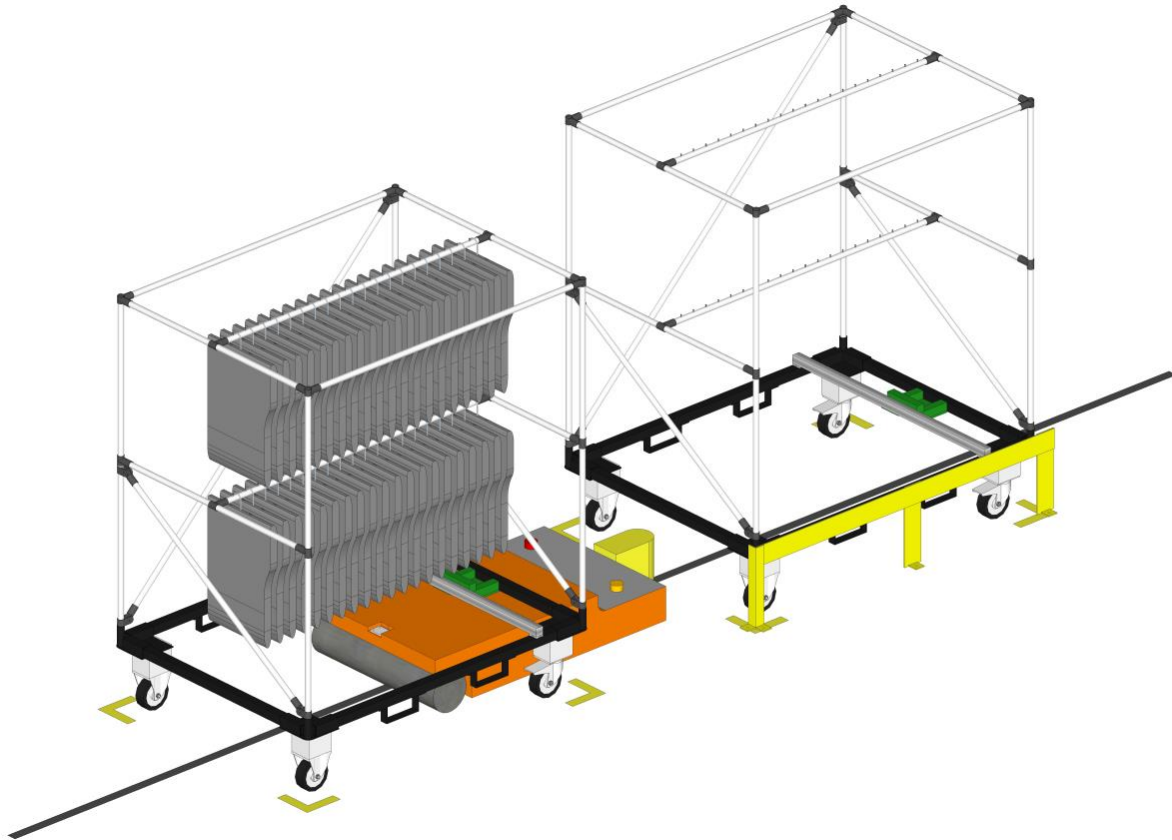
V prostoru skladu, kde probíhá sekvencování jednotlivých materiálů, je nutné vytvořit podmínky pro automatickou manipulaci. Pro navrhovaný systém je dostačující vytyčit a označit prostor pro materiál na jednotlivá pracoviště, který bude doplněn o ocelové vedení ke snazšímu ustavení vozíků do přesné pozice. Návrh přípravy prostoru pro vyzvednutí materiálu a odložení prázdných sekvenčních vozíků je vizualizován na Obr. 6-3.



Obr. 6-3 Prostor ve skladu

Uzpůsobení cílových stanic u linky

Podobně jako v prostoru skladu je nutné i u montážní linky připravit a vyznačit prostor pro automatické odložení transportovaného materiálu a opětovný odvoz prázdných vozíků. Princip fungování je patrný z vizualizace na Obr. 6-4.



Obr. 6-4 Vizualizace cílové pozice u linky

Přivolání materiálu

Na každé montážní stanici, která bude zásobována pomocí AGV, se budou nacházet vždy dva sekvenční vozíky. Z jednoho vozíku výrobní operátor postupně odebírá díly, až do jeho vyprázdnění. Následně operátor prázdný vozík předá na vyznačené místo určené k vyzvednutí a přesune k pracovišti vozík plný. Zároveň pomocí tlačítka odešle dispečinku AGV požadavek k dodání dalšího materiálu. Centrální řídicí systém postupně přijímá požadavky z jednotlivých montážních stanic a dává pokyn automatickému vozíku k jízdě.

6.2 Počet potřebných AGV

V této fázi projektu nelze, kvůli neznalosti přesných parametrů, uvést přesný kapacitní propočet počtu potřebných automatických vozíků, ale dle dostupných informací o této technologii lze uvést alespoň výpočet přibližný. U tohoto výpočtu je vycházeno z předpokládané maximální rychlosti pohybu automatických vozíků 1 m/s, kterou uvádí většina výrobců. Pro výpočet byla tato rychlost snížena pomocí koeficientu využití maximální rychlosti $k = 0,7$. Koeficient pokryje případné zdržení na trase, např. kvůli překážce, a zpomalení v zatáčkách. Kapacitní výpočet je uveden v tabulce 6.1. Postup výpočtu je patrný ze vztahu (1).

$$\text{doba na 1 cyklus} = (\text{vzdálenost celkem} / \text{rychlost}) + \text{doba naložení a vyložení} \quad (1)$$

Materiál	Vzdálenost [m]	Vzdálenost celkem [m]	Doba naložení a vyložení [s]	Doba na 1 cyklus [s]	Doba na 1 cyklus [min]
Potah přední opěra	110	220	180	494	8,24
Potah přední sedák	130	260	180	551	9,19
Zadní hl. Opěrka	240	480	180	866	14,43
Potah zadní opěra	230	460	180	837	13,95
Potah zadní sedák	250	500	180	894	14,90
Středová konzole	230	460	180	837	13,95
				celkem	74,67

Tabulka 6.1 Kapacitní výpočet počtu AGV

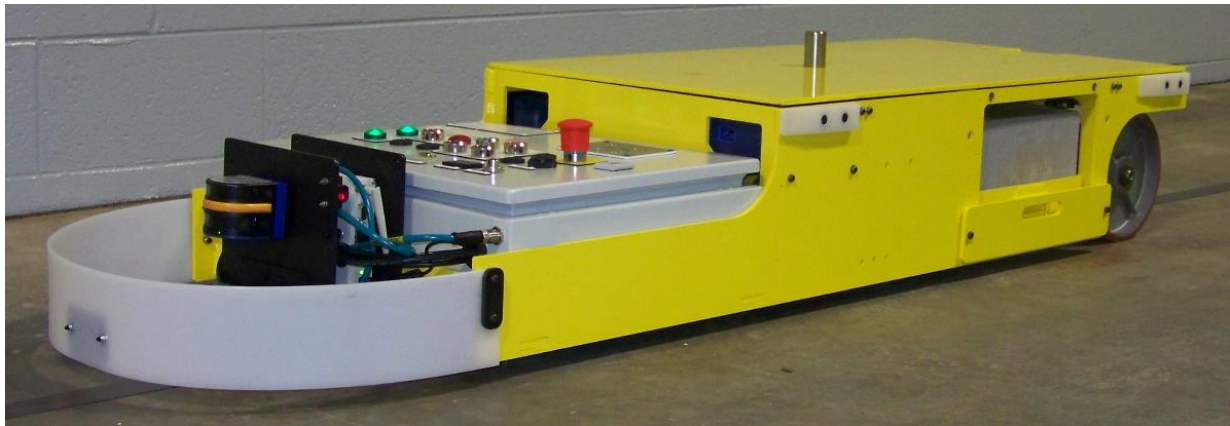
Z kapacitního výpočtu vychází, že zásobování všech šesti stanic zabere automatickému vozíku přibližně 75 minut. Všechny sekvenční vozíky obsahují stejný počet dílů a jeden je spotřebován ve výrobě v průměru za 80 minut, z čehož plyne, že pro navrhovaný proces zásobování je dostačující jeden automatický vozík. Tento vozík bude vytížen na 94%.

6.3 Výběr technologie AGV

Po zpracování principiálního návrhu nasazení automatické manipulace je třeba přistoupit k výběru konkrétní technologie AGV. Jelikož byl ve skladu údržby nalezen jeden automatický vozík, který kdysi ve společnosti sloužil k přepravě prázdných výrobních vozíků z konce linky na začátek, jeví se jako racionální přistoupit k dalšímu řešení ve dvou variantách. V první variantě je zpracován návrh na využití současného zařízení a v druhé variantě je navržen nákup technologie nové. Obě varianty mají své klady a zápory. Jelikož je současný vozík již dlouho mimo provoz, je nutné počítat s jistými náklady na uvedení do použitelného stavu. Navíc dodavatel tohoto systému má sídlo pouze v Americe, což značně ztěžuje řešení případných problémů. Na druhé straně odpadá část případné investice. Nákupem technologie nové, od dodavatele, který má pobočku blíže k závodu, bude zaručena funkčnost zařízení a kratší doba potřebná k odstranění případných problémů. Obě varianty jsou zpracovány v následujících podkapitolách.

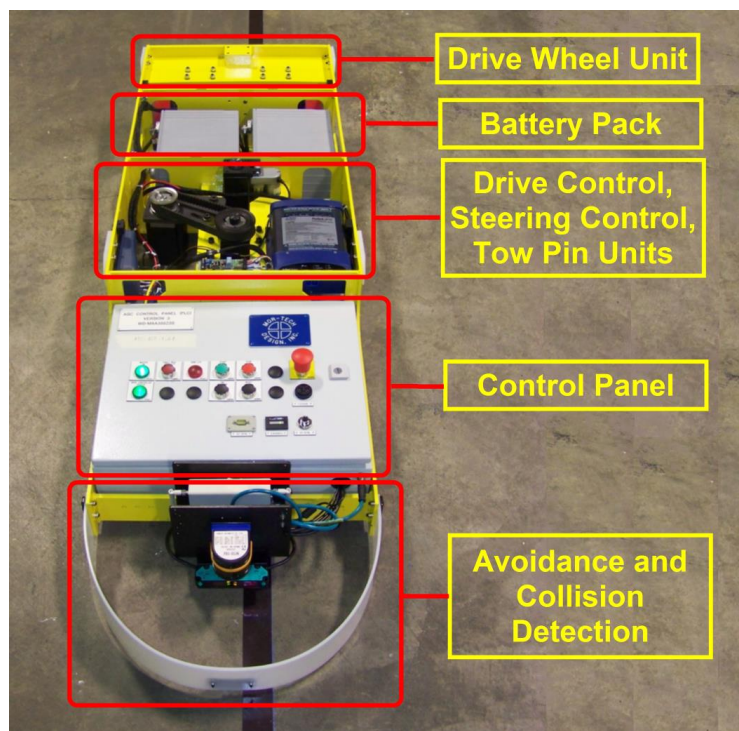
6.3.1 Využití současného zařízení

Současný automaticky vedený vozík od americké firmy MOR-TECH Design Inc., který je k dispozici, lze zařadit do skupiny podjezdových vozíků, využívajících pro navigaci magnetickou pásku. Naváděcí páska je umístěna na podlaze a tvoří trasu pro danou aplikaci. Příkazové kódy, které jsou také tvořeny magnetickou páskou, využívá palubní snímače pro regulaci rychlosti, zastavení a rozjezd, volbu směru na křižovatce a k zachycení či odložení dopraveného objektu. Pro zachycení a odložení je AGV vybaveno výsuvným tažným kolíkem. Konkrétní technické parametry byly převzaty z manuálu pro obsluhu [13], dodaného výrobcem. Ukázka AGV je uvedena na Obr. 6-5.



Obr. 6-5 AGV firmy MOR-TECH Design Inc. [13]

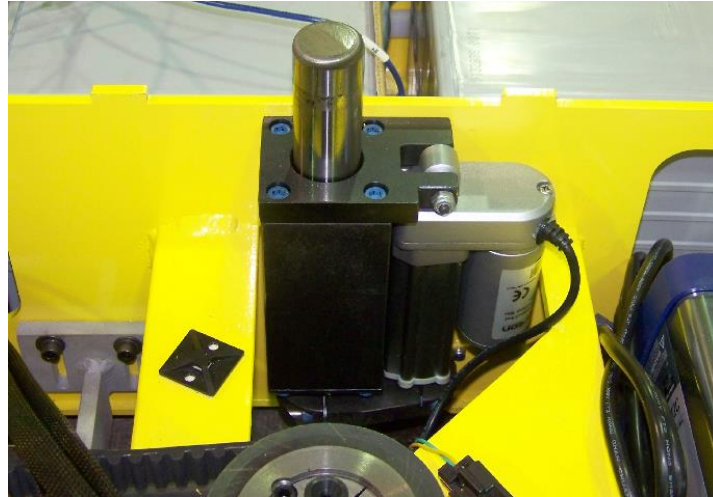
Vozík AGV se skládá z jednotky hnacích kol, akumulátorové jednotky, jednotky řízení a ovládání tažného kolíku. Ovládací skříň obsahuje PLC, ukazatel stavu vozíku a tlačítka pro manuální obsluhu. Pomocí PLC lze naprogramovat 4 rychlostní stupně. Doporučená maximální rychlost je 0,9 m/s a vozík umožňuje pouze jízdu vpřed. Bezpečnostní systém vozíku je vybaven antikolizním detekčním zařízením, které je plně programovatelné. Detekční zařízení na principu laseru umožňuje nastavení dvou bezpečnostních zón. V případě výskytu překážky v první zóně vozík zpomalí na přednastavenou rychlost. V případě výskytu překážky v druhé zóně, tedy blíže k vozíku, dá senzor povel k zastavení vozíku. Vozík je napájen pomocí dvou sériově zapojených gelových baterií o napětí 24V. Plně nabitě baterie dle výrobce pokryjí 10 hodin nepřetržitého provozu. Nabíjení je řešeno palubní nabíječkou, kterou je však třeba připojit do elektrické sítě. Vozík lze doplnit o funkci automatického dobíjení. Jednotlivé části vozíku jsou uvedeny na Obr. 6-6.



Obr. 6-6 Ukázka jednotlivých částí AGV [13]

Tažné zařízení

Tažné zařízení ve formě výsuvného čepu umožňuje automatické připojení a odpojení nákladu. V případě, že vozík dostane povel k připojení nákladu, vysune čep a zpomalí, aby mohlo dojít k bezpečnému spojení s tažným zařízením umístěným na přepravním regálu. Detail tažného čepu je uveden na Obr. 6-7.



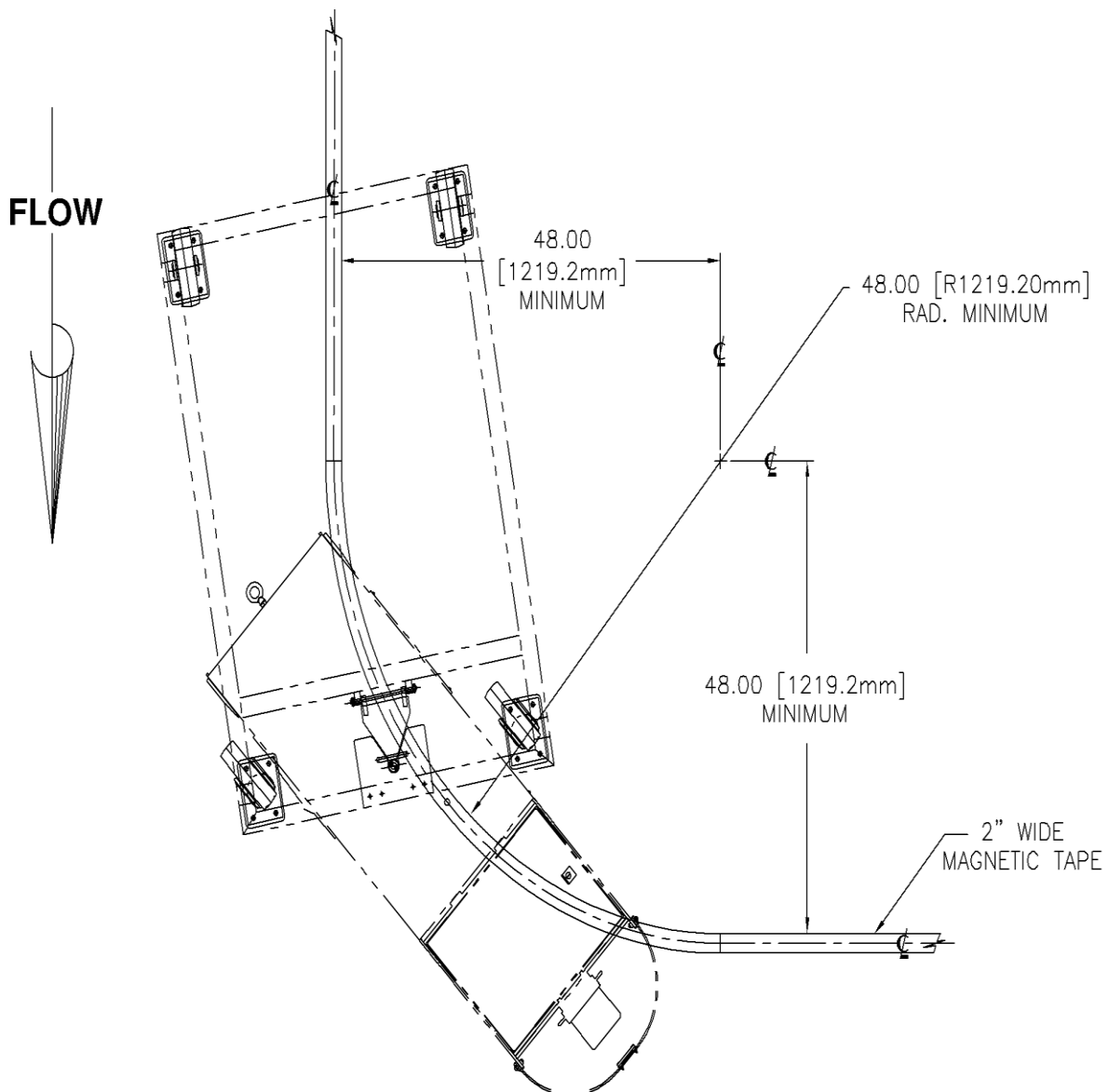
Obr. 6-7 Tažný čep AGV [13]

Po přepravě materiálu do cílové pozice vyšle magnetická páska do PLC povel k zasunutí kolíku a tím dojde k uvolnění nákladu. Následně vozík připojí prázdný vozík a dopraví ho stejným způsobem zpět k místu naplnění.

Pro správný průběh připojení přepravovaného vozíku je nutné nakonfigurovat bezpečnostní snímací zařízení AGV. Protože vozík podjíždí pod nákladem, musí být snímací zóna zúžena, aby systém nevyhodnotil transportní vozík jako překážku na trase. Po úspěšném připojení se snímač opět vrátí do běžného nastavení.

Příprava trasy

Příprava trasy tvořené magnetickou páskou má několik zásad. Aplikace magnetické pásky probíhá jednoduše jejím nalepením dle předem naznačené trajektorie. Stejný postup se provádí jak na rovných, tak na zahnutých částech trasy. Minimální poloměr zatáčky je dle specifikace výrobce 1,3m. Příklad 90° zatáčky je uveden na obrázku Obr. 6-8.



Obr. 6-8 Minimální poloměr zatáčky AGV [13]

Funkce AGV jsou ovládány pomocí příkazových páskových kódů, které jsou tvořeny pomocí proužků magnetické pásky. Jednotlivé proužky jsou odděleny mezerou. Senzor umístěný ve spodu vozíku rozeznává severní a jižní magnetické pole a načítá tak příkazy do PLC. Rozměry magnetické pásky pro tvorbu příkazů mají rozměr 2,5 x 15,2 cm.

Pro realizaci navrženého způsobu zásobování je nutné u současného AGV vozíku provést aktualizaci softwaru a částečně i hardwaru. Dále je třeba dokoupit systém centrálního řízení ve formě bezdrátového dispečinku, který lze zakomponovat do výrobního IT systému. Výrobce zařízení byl kontaktován s prosbou o kompletní nabídku. Nabídnutá cena včetně transportních nákladů z USA a nákladů na instalaci je **1 782 000 Kč**.

6.3.2 Nákup nového zařízení

Po průzkumu trhu dodavatelů systémů automatické manipulace byly vybrány tři dodavatelé. Jedná se o stabilní mezinárodní firmy s bohatými zkušenostmi v této oblasti, které mají navíc

pobočky v České Republice, což je výhodné z hlediska řešení případných problémů při provozu zařízení.

Vybranými dodavateli jsou:

- **BEEWATEC**
- **INDEVA**
- **TRILOGIQ**

Pro zajištění stejných vstupních informací pro všechny dodavatele byla vypracována specifikace s popisem projektu a požadavků. Kompletní specifikace je uvedena v příloze č.1. Vybraní dodavatelé byli následně osloveni s žádostí o nabídku na specifikovaný systém. Po obdržení odpovědí od všech oslovených firem byly sepsány hlavní technické parametry nabízených řešení (viz. Tabulka 6.2).

	Beewatec	Indeva	Trilogiq
Cena [Kč]	2 741 200	2 190 000	820 000
Druh navigace	optická	magnetická	magnetická
Pohon	vpřed, vzad	pouze vpřed	pouze vpřed
Maximální rychlost [m/min]	60	50	50
Systém řízení provozu	dispečink	dispečink	-
Bezpečnostní výbava	leserový senzor	leserový senzor	leserový senzor
Dodací lhůta [týdnů]	18	13	12
Přístup dodavatele	dobrý	dobrý	výborný

Tabulka 6.2 Parametry nabízených řešení

Pro výběr optimální varianty byla aplikována rozhodovací analýza, která je uvedena v tabulce 6.3. Metodika hodnocení byla převzata z portálu Operační program výzkum a vývoj pro inovace [16] a je uvedena v příloze č.2.

Kritérium	Váha	Beewatec	Váž. součin	Indeva	Váž. součin	Trilogiq	Váž. součin
Cena	8	30	239	37	300	100	800
Druh navigace	4	100	400	80	320	80	320
Pohon	3	100	300	50	150	50	150
Maximální rychlost	3	100	300	83	250	83	250
Řízení provozu	5	100	500	100	500	0	0
Bezpečnost	5	75	375	75	375	75	375
Dodací lhůta	1	67	67	92	92	100	100
Přístup dodavatele	2	50	100	50	100	100	200
Užitnost			2281		2087		2195
Pořadí			1.		3.		2.

Tabulka 6.3 Rozhodovací analýza

Z rozhodovací analýzy vzešla jako vítězná, i přes vyšší celkovou cenu, nabídka od firmy Beewatec. Hlavními důvody je lepší pohon zařízení, větší maximální rychlost a druh navigace. Pohon AGV vozíku umožňuje jízdu vpřed, vzad i otáčení na místě, což poskytuje větší manévrovatelnost v omezených prostorech. Celkově, po prostudování prezentačních materiálů

a technických specifikací, se jeví technologie vítězné firmy jako propracovanější a na vyšší technické úrovni.

Popis AGV technologie firmy Beewatec

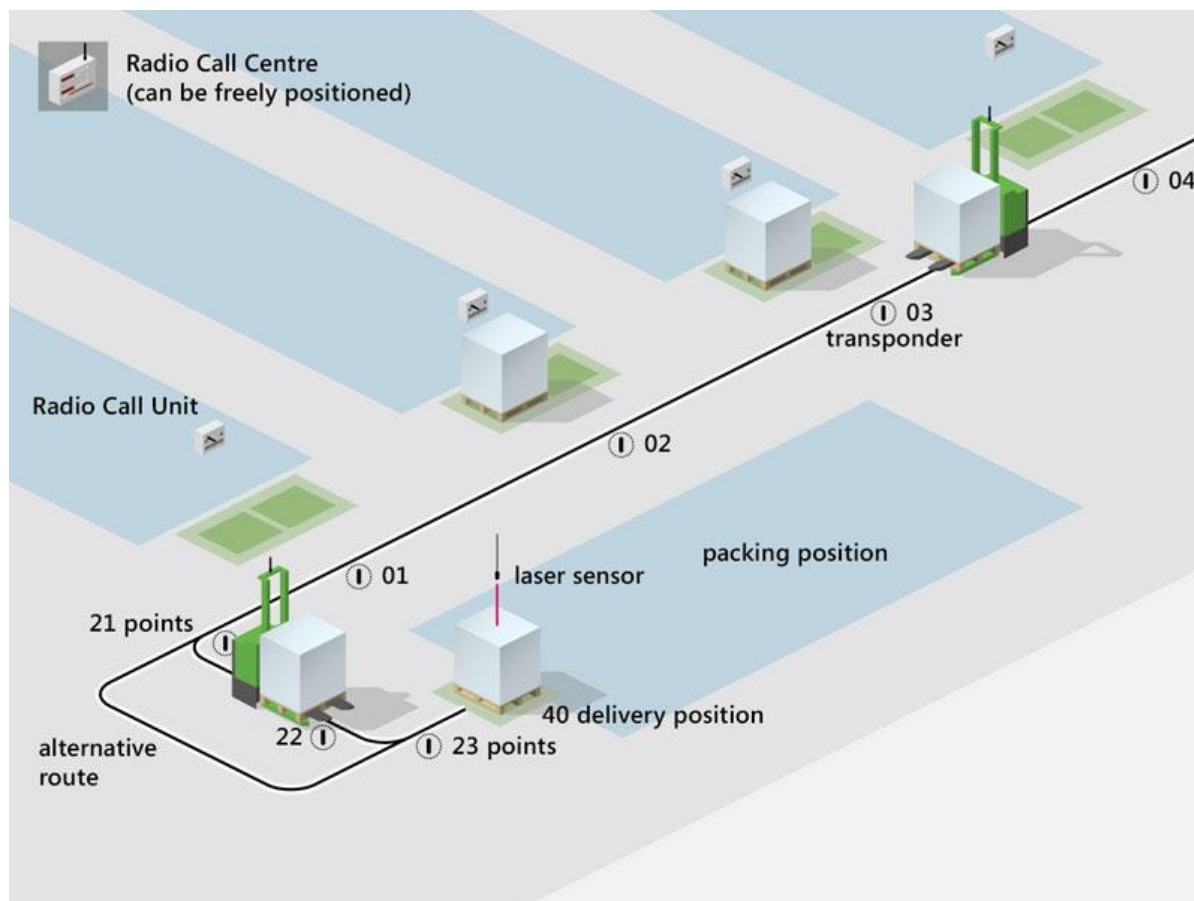
Navrhovaný automaticky vedený vozík typu Spurmaus od firmy Beewatec lze zařadit do skupiny podjezdových vozíků, který k navigaci používá optický rozpoznávací systém v kombinaci s jednoduchým značením stopy. Tento typ navigace je výhodnější než magnetická páska kvůli větší odolnosti v čistém provozu a ekonomičtější z hlediska obnovy tras. Dle údajů výrobce vozík bez problémů rozezná i silně znečištěné a opotřebené jízdní linie. Body zastavení či cíle jsou vyznačeny podél jízdní trasy krátkými značkami a uloženy v řídicí jednotce vozidla.

Vozík najede prostřednictvím senzorů pod vodící lištu namontovanou na sekvenčním vozíku a vysune zajišťovací čep, pomocí kterého je sekvenční vozík unášen. Díky svému kompaktnímu designu nepřechází vozík téměř vůbec přes okraje taženého regálu a je tak vhodný do omezeného prostoru. Další výhodou navrhovaného typu vozíku je jeho výborná manévrovatelnost. Vozík může jet vpřed i vzad a točit se okolo osy podjezdových kol o 90°. Ukázka automatického vozíku je uvedena na Obr. 6-9.



Obr. 6-9 AGV typ Spurmaus [14]

Řízení provozu a správa zařízení je řešena pomocí systémové komponenty, zvané Funk Call Center (FCC). Tento dispečink přijímá a zpracovává příkazy k jízdě a řídí provoz AGV. Evidence příkazů probíhá pomocí klávesnic pro dálkové ovládání, které lze umístit na jednotlivá montážní pracoviště. FCC automaticky rozpozná, kolik klávesnic je připojeno do systému a převezme je do svého řízení příkazů. Příklad využití radiového dispečinku ve spojení s klávesnicemi pro přivolání automatického vozíku je uveden na Obr. 6-10.



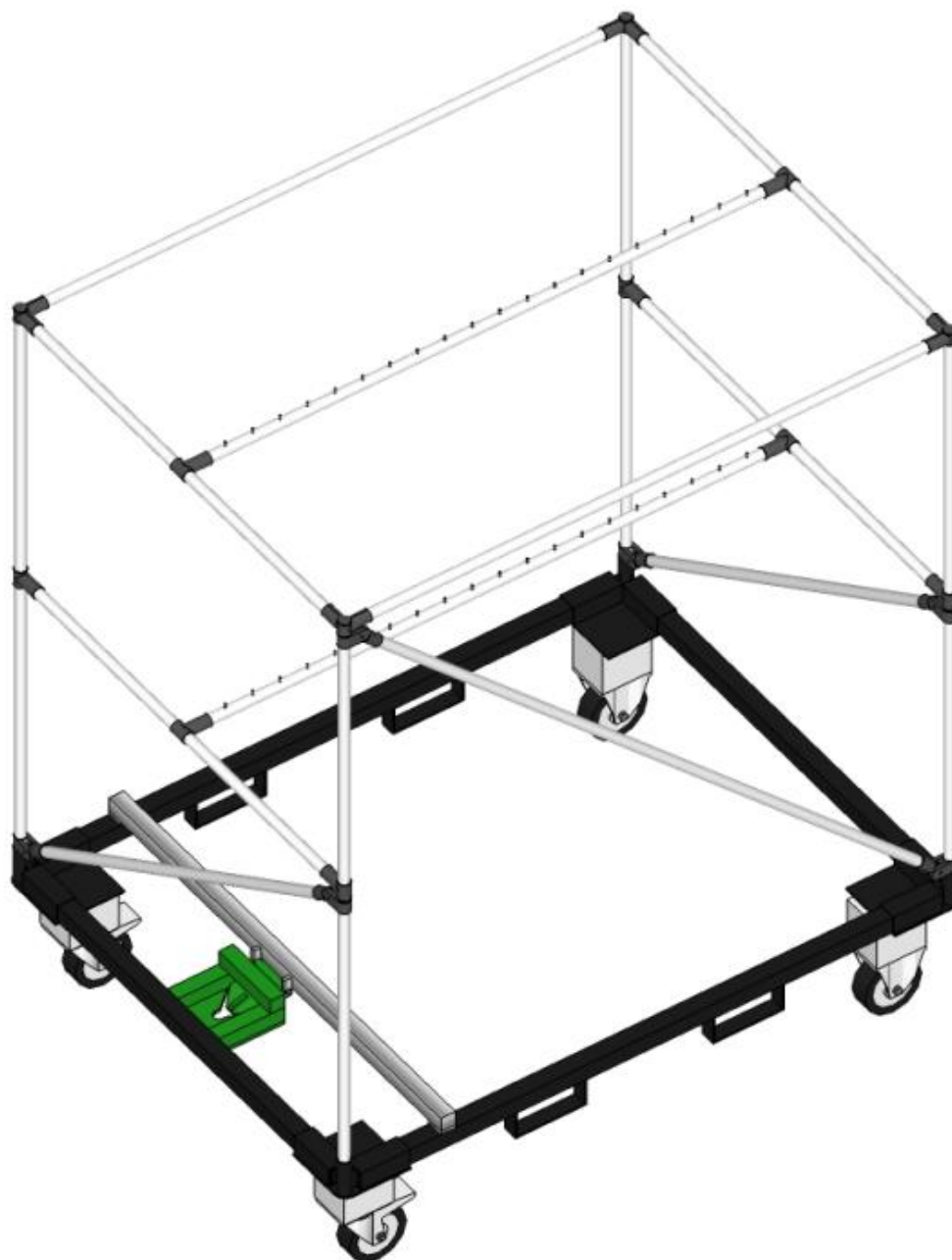
Obr. 6-10 Řízení provozu pomocí FCC [14]

Automatický vozík je napájen gelovou baterií s parametry 24 V a 130 Ah a maximální rychlost je dle specifikace 1 m/s. Bezpečnostní systém vozíku je vybaven laserovým skenerem, který v případě detekce překážky napřed zpomalí a případně zcela zastaví.

Konkrétní technické parametry byly převzaty z katalogu výrobce [14].

6.4 Návrh sekvenčních vozíků

Pro umožnění automatického zásobování je nutné vyrobit nové sekvenční vozíky, které jsou uzpůsobeny pro automatické zapojení a odpojení pomocí AGV. Nové vozíky jsou konstruované z modulárního trubkového systému doplněného o speciální závěs umožňující zachycení tažného zařízení. Modulární trubkový systém je zvolen kvůli možnosti snadné modifikace v případě jakékoli změny. Vozík je dále doplněn o standardizované úchyty pro konvenční vidlicové manipulační zařízení, které lze využít v případě poruchy systému AGV. Vizualizace navrhované konstrukce pro dopravu potahů je uvedena na Obr. 6-11.



Obr. 6-11 Návrh sekvenčního vozíku

7 Přínosy navrženého řešení

Nasazení systému automatické manipulace pro sekvenčně dodávaný materiál znamená pro společnost hned několik výhod. Pomocí AGV se do zásobovacího procesu zavede tahový princip, jelikož materiál je dodáván na montážní pracoviště přesně v množství a čase dle požadavků výroby. Tento způsob zásobování je plně v souladu s koncepcí Just-In-Time a štíhlé výroby. Přesně načasované dodávky eliminují zbytečně velké zásoby materiálu na pracovištích, čímž dojde k ušetření cenné výrobní plochy. Tento způsob zásobování bez přímé obsluhy personálu v neposlední řadě sníží přímé mzdové náklady. Rozbor a zhodnocení nákladů a úspor je uveden v následujících podkapitolách.

7.1 Náklady na nasazení AGV

Náklady na nasazení systému automatické manipulace se skládají z nákladů na nákup vlastního systému AGV a z nákladů na pořízení nových sekvenčních vozíků, které jsou uzpůsobeny pro automatické zapojení a odpojení. V tabulce 7.1 je uveden výpis jednotlivých položek s rozčleněním na variantu využití a rozšíření současného zařízení a variantu nákupu zařízení nového.

Popis investice	Využití současného zařízení [Kč]	Nákup nového zařízení [Kč]
Automatický vozík	-	706 750
Centrální dispečink	696 000	544 500
Příslušenství, instalace	1 086 000	1 489 950
Výroba sekvenčních vozíků	140 000	140 000
Celkem	1 922 000	2 881 200

Tabulka 7.1 Výčet nákladů na nasazení systému AGV

Celkové náklady na nákup, instalaci, kompletní zprovoznění a školení jsou **2 881 200 Kč** při pořízení nového systému AGV a **1 922 000 Kč** při využití současného zařízení.

7.2 Úspory (nový x původní stav)

Na začátku této kapitoly byly popsány přínosy a možné úspory navrhovaného řešení. V této podkapitole jsou vyčísleny konkrétní úspory. Při výpočtu úspor je uvažován dvousměnný provoz a využití současného konvenčního manipulačního zařízení, u kterého je z bezpečnostních důvodů omezena maximální rychlost.

Typ současného manipulačního zařízení: Jungheinrich retruck ETV

Maximální rychlost: 5 km/hod

Koeficient využití maximální rychlosti: 0,75

Délka směny 8,5 hod

Přestávky 45 min

Koeficient využití směny 0,95

Využitelný časový fond na směnu 442 min

Čas potřebný pro zásobování materiálu je dále počítán dle vztahu (2):

$$\text{doba na 1 cyklus} = (\text{vzdálenost celkem} / \text{rychlost}) + \text{doba naložení a vyložení} \quad (2)$$

V tabulce 7.2 je uveden výpočet času, který je v současné době potřebný pro zásobování sekvenčního materiálu.

Materiál	Vzdálenost [m]	Vzdálenost celkem [m]	Doba naložení a vyložení [s]	Doba na 1 cyklus [s]	Počet cyklů za směnu	Doba celkem za směnu [s]	Doba celkem za směnu [min]
Potah přední opěra	110	220	180	391	6	2347	39
Potah přední sedák	130	260	180	430	6	2578	43
Zadní hl. Opěrka	240	480	180	641	6	3845	64
Potah zadní opěra	230	460	180	622	6	3730	62
Potah zadní sedák	250	500	180	660	6	3960	66
MAL	230	460	180	622	6	3730	62
						celkem	336

Tabulka 7.2 Výpočet času zásobování sekvenčního materiálu

V tabulce 7.3 je uveden výpočet času, který je potřebný pro zásobování ostatního materiálu pro přední a zadní linku.

Materiál	Vzdálenost [m]	Vzdálenost celkem [m]	Doba naložení a vyložení [s]	Doba na 1 cyklus [s]	Počet cyklů za směnu	Doba celkem za směnu [s]	Doba celkem za směnu [min]
Rám přední opěra	160	320	180	487	5	2436	41
Pěna přední opěra	130	260	180	430	2	859	14
Rám přední sedák	140	280	180	449	10	4488	75
Pěna přední sedák	200	400	180	564	2	1128	19
Rám zadní opěra L	270	540	180	698	4	2794	47
Pěna zadní opěra L	210	420	180	583	4	2333	39
Rám zadní opěra P	250	500	180	660	4	2640	44
Pěna zadní opěra P	210	420	180	583	4	2333	39
Rám zadní opěra S	260	520	180	679	4	2717	45
Pěna zadní sedák	240	480	180	641	5	3204	53
						celkem	416

Tabulka 7.3 Výpočet času zásobování ostatního materiálu

Při znalosti využitelného časového fondu a času zásobování materiálu vychází, že pro zásobování sekvenčního materiálu je třeba 76% směnového času operátora, což lze eliminovat systémem AGV. Pro zásobování ostatního materiálu je třeba 94% směnového času operátora. V současnosti práci vykonávají na každé směně 2 operátoři.

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že nasazením systému AGV lze, díky automatickému zásobování sekvenčního materiálu, ušetřit 1 operátora na směně, což při dvousměnném pro-

vozu znamená 2 operátory denně. Další náklady, které lze navrženým řešením eliminovat představuje pronájem konvenčního manipulačního zařízení.

Celkovou roční úsporu lze vyčíslit jako rozdíl mezi náklady na manipulaci stávajícím systémem a systémem nové navrženým. Manipulačními náklady se rozumí náklady na provoz, údržbu a obsluhující zaměstnance. Konkrétní výpočtový vztah (3) pro manipulační náklady byl převzat z [15].

$$Nmanc. = Nmzda + Nodpisy + Núdr.a ser. + Neng \quad (3)$$

Nmanc......náklady na manipulaci za rok pro určité manipulační zařízení

Nmzda.....mzdové náklady pracovníka obsluhujícího manipulační techniku

Nodpisy.....náklady na odpisy daného manipulačního zařízení

Núdr. a ser.....náklady na údržbu a servis manipulačního zařízení

Neng.....náklady na provoz daného manipulačního zařízení, např. spotřeba pohonných hmot či elektrické energie

Ve výpočtovém vztahu se nemusí vždy objevit všechny uvedené složky, např. u systému AGV evidentně odpadají mzdové náklady a naopak u pronajatého současného manipulačního zařízení chybí náklady na odpisy, které jsou však nahrazeny náklady na pronájem (Npron.).

Výpočet manipulačních nákladů současného manipulačního zařízení:

Nmzda = 1 000 000 Kč/rok

Npron. = 250 000 Kč/rok

Neng. = 20 000 Kč/rok

***Nmanc.* = 1 270 000 Kč/rok**

Výpočet manipulačních nákladů systému AGV:

Nodpisy = 250 000 Kč/rok pro nové AGV (140 000 Kč/rok pro současné AGV)

Núdr. a ser. = 10 000 Kč/rok

Neng. = 10 000 Kč/rok

***Nmanc.* = 270 000 Kč/rok pro nové AGV (160 000 Kč/rok pro současné AGV)**

Z uvedených výpočtů vyplývá, že nově navrženým systémem automatické manipulace lze docílit celkové úspory **1 000 000 Kč** za rok při nákupu zcela nového systému AGV a **1 110 000 Kč** při využití současného AGV. Rozdíl ve výši roční úspory mezi jednotlivými variantami je způsoben pouze rozdílnou částkou odpisů.

Vedle finanční úspory, která je u každé racionalizační investice prvořadá, lze vyčíslit úsporu výrobní plochy. I tento fakt lze samozřejmě vyjádřit v peněžních jednotkách, ale je to úspora pouze teoretická, která nebude mít reálný finanční dopad. Na druhou stranu ušetření výrobní plochy zcela jistě poskytuje větší flexibilitu při případných úpravách a změnách výrobního layoutu.

Úspora výrobní plochy je vyčíslena jako rozdíl plochy, kterou zabírají připravené sekvenční vozíky u linky v současném stavu a plochy, kterou zaberou vozíky při nově navrženém systému zásobování. Výrobní prostor, který zabírají sekvenční vozíky, je v tabulce 7.4.

	Plocha vozíku [m2]	Počet vozíků u linky	Plocha celkem [m2]
Hlavové opěrky	2,6	3	7,8
Potahy	1,19	24	28,56
MAL	0,4	6	2,4
Nový sekvenční vozík	2,21	6	13,26
		Celková úspora plochy	25,5

Tabulka 7.4 Výpočet úspory výrobní plochy

Celková úspora výrobní plochy = $7,8 + 28,56 + 2,4 - 13,26 = 25,5\text{m}^2$

Eliminací zbytečného nadzásobení sekvenčního materiálu u stanic montážní linky lze ušetřit 25,5 m².

7.3 Návrh investice

Po vyčíslení nákladů na nasazení automatické manipulace a úspor z toho plynoucích následuje výpočet návratnosti případné investice, což je ukazatel, který je velice důležitý ve fázi rozhodování o realizaci projektu.

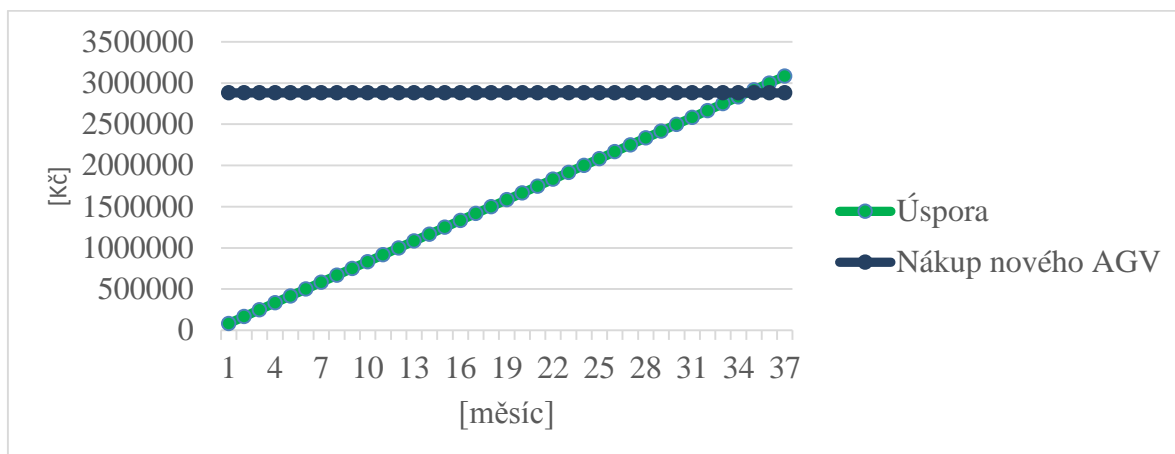
Návratnost investice je vypočtena jako podíl celkových vynaložených prostředků na pořízení kompletního systému a měsíční úspory. Pro přehlednost je návratnost pro obě varianty vizualizována na grafech 7-1 a 7-2.

Nákup nového zařízení:

Pořizovací náklady.....2 881 200 Kč

Úspora nákladů na manipulaci.....83 300 Kč/měsíc (1 000 000 Kč/rok)

Návratnost investice.....35 měsíců



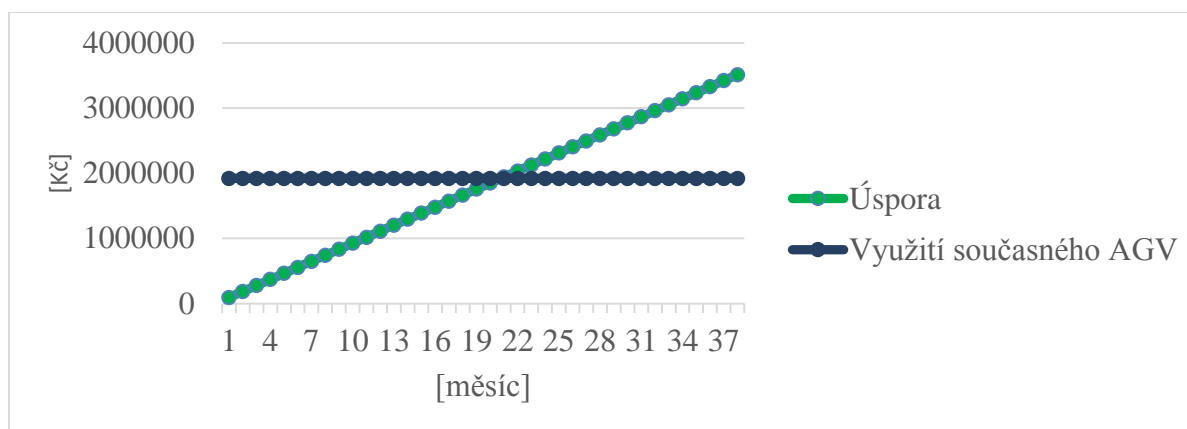
Graf 7-1 Návrstnost investice do nového AGV

Využití současného zařízení:

Pořizovací náklady.....1 922 000 Kč

Úspora nákladů na manipulaci.....92 500 Kč/měsíc (1 110 000 Kč/rok)

Návrstnost investice.....21 měsíců



Graf 7-2 Návrstnost investice do současného AGV

Aplikací teoretického aparátu, uvedeného v první části této práce, na analýzu současného stavu zásobování montážních linek byly zjištěny dva základní problémy. Prvním problémem je zbytečná nadzásoba materiálu bezprostředně u montážních stanic, čímž dochází k blokování výrobní plochy. Druhým a neméně závažným problémem je zásobování materiálu s vysokou intenzitou na poměrně dlouhou vzdálenost, což implikuje vysoké přímé náklady v podobě mezd logistických operátorů.

Oba popsané problémy lze eliminovat nasazením systému automatické manipulace AGV, jehož konkrétní návrh je vypracován v praktické části této práce. Návrh je řešen ve dvou vari-

antách. První variantou je využití současného nepoužívaného automatického vozíku a variantou druhou je nákup zcela nového kompletního systému. Obě varianty jsou schopné přinést roční úsporu přibližně **1 000 000 Kč**. Návratnost případné investice je **21 měsíců** při využití současného AGV a **35 měsíců** při nákupu nové technologie. Při vědomí možných komplikací se starším zařízením, když je navíc nejbližší pobočka dodavatele až v USA, lze jednoznačně doporučit variantu nákupu zcela nové technologie, u které je jistota rychlé reakce dodavatele na případné problémy. Pořizovací cena je sice vyšší, ale návratnost investice lze stále považovat za akceptovatelnou.

Jednou z největších položek investice je bezdrátový dispečink, který je však schopen obsluhovat značně větší množství automatických vozíků, než je potřeba pro vypracovaný návrh. Rozšířením technologie AGV na ostatní projekty se otevírá možnost většího využití potenciálu navrženého systému a docílení dalších úspor.

Závěr

V teoretické části této práce jsou shrnuty poznatky z oblasti systematického projektování manipulace s materiálem a zásobování montážních linek, včetně popisu technologie automaticky vedených vozíků.

Praktická část práce se zabývá analýzou současného stavu zásobování montážních linek a návrhem nového způsobu zásobování. Hlavní část práce tvoří racionalizační návrh systému automatického zásobování, který eliminuje nedostatky nalezené v analytické části. Systém zásobování pomocí automaticky vedených vozíků zavádí do logistického procesu tahový princip, což je plně v souladu s dnešním trendem štíhlé výroby. Návrh je řešen ve dvou variantách, jejichž přínosy jsou vyčísleny pomocí ekonomické analýzy návratnosti investice.

Pro maximální využití systému automatického zásobování a investice jako celku se jeví jako vhodné pojmout racionalizační návrh jako pilotní projekt pro ověření funkčnosti a spolehlivosti technologie AGV s vizí možného rozšíření na další montážní linky a projekty v rámci závodu.

Zdroje

- [1] PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže: učební text*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2773-5.
- [2] LAMBERT, Douglas M, James R STOCK a Lisa M ELLRAM. *Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. 2. vyd. Brno: CP Books, 2005, xviii, 589 s. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0504-0.
- [3] DANĚK, Jan a Miroslav PLEVNÝ. *Výrobní a logistické systémy*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005, vii, 212 s. ISBN 80-704-3416-3.
- [4] PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006, 359 s. ISBN 80-010-3449-6.
- [5] NĚMEJC, Jiří. *Projektování manipulace s materiálem*. 3. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita, 1998, 154 s. ISBN 80-708-2427-1.
- [6] MAYNARD, Harold Bright a Kjell B ZANDIN. *Maynard's industrial engineering handbook*. 5th ed. New York. ISBN 00-704-1102-6.
- [7] ŠIMON, M., TRNKOVÁ, L. *Logistika - praktická část*. 1. vyd. Plzeň : SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-36-1.
- [8] Interní prezentační materiály společnosti Lear Corporation
- [9] AGV [online]. [cit. 2015-10-13]. Dostupné z: <http://www.system-agv.com/cze/v%C3%BDhody>
- [10] *Automatic guided vehicles* [online]. [cit. 2015-10-13]. Dostupné z: <http://www.mhi.org/fundamentals/automatic-guided-vehicles>
- [11] *Vozíky s automatickým řízením* [online]. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z: <http://www.system-agv.com/cze/>
- [12] Energetický systém [online]. [cit. 2015-10-19]. Dostupné z: <http://www.ek-automation.com/cz/technology/energeticky-system/>
- [13] JULEFF, B. *AGC Operations Manual*. Mor-Tech Design inc. 2010.
- [14] *Katalog Lean Manufacturing 2013.2*. BEEWATEC s.r.o., 2013.
- [15] ŠRAJER, Vladimír, Ing. *Uspořádání výrobního systému s ohledem na konstrukčně-technologické řešení produktu*. Plzeň, 2014. Disertační práce. ZČU v Plzni. Vedoucí práce Doc. Ing. Jana Kleinová CSc.
- [16] Operační program Výzkum a vývoj pro inovace. *Vzor způsobu hodnocení nabídek* [online]. [cit.2016-04-18]. Dostupné z: www.opvavpi.cz/filemanager/files/file.php?file=25901

- [O1] *KLT box* [online]. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z:
http://www.directindustry.fr/prod/chep-international/product-9309-25417.html?utm_source=www.google.fr
- [O2] *Ecopack* [online]. [cit. 2015-10-14]. Dostupné z:
<http://www.vmtecopack.com/products/palletboxes/ecopack-t>
- [O3] *Sankeyův diagram* [online]. [cit. 2015-10-17]. Dostupné z:
[http://digipod.zcu.cz/index.php/de/oblasti-nasazeni/tvorba-prostoroveho-
usporadani/vistable](http://digipod.zcu.cz/index.php/de/oblasti-nasazeni/tvorba-prostoroveho-usporadani/vistable)
- [O4] *Válečkový dopravník* [online]. [cit. 2015-10-26]. Dostupné z:
[http://www.dasfm.cz/obrazek/vd_7342_pro_kovove_dily_2/vd-7342-pro-kovove-dily-
2_800.jpg?r=800](http://www.dasfm.cz/obrazek/vd_7342_pro_kovove_dily_2/vd-7342-pro-kovove-dily-2_800.jpg?r=800)
- [O5] *Spádový regál* [online]. [cit. 2015-10-26]. Dostupné z:
http://www1.mch.dk/presse/produktfoto/stor/hi09/021_Trilogiq_Flow_RACK_2.jpg
- [O6] *BMW F36* [online]. [cit. 2015-11-11]. Dostupné z:
[http://www.microbeadcarcovers.com/media/catalog/product/cache/4/image/768x512/9
df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/m/b/mbsf-o-045.jpg](http://www.microbeadcarcovers.com/media/catalog/product/cache/4/image/768x512/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/m/b/mbsf-o-045.jpg)
- [O7] *BMW F36 Přední sedačky* [online]. [cit. 2015-11-11]. Dostupné z:
[http://s3.bimmerfile.com.s3.amazonaws.com/wp-
content/uploads/2014/05/P90151406-F36-Gran-Coupe-Individual.jpg](http://s3.bimmerfile.com.s3.amazonaws.com/wp-content/uploads/2014/05/P90151406-F36-Gran-Coupe-Individual.jpg)
- [O8] *BMW F36 Zadní sedačky* [online]. [cit. 2015-11-11]. Dostupné z:
[http://images.caricos.com/b/bmw/2015_bmw_4-
series_gran_coupe/images/1920x1080/2015_bmw_4-
series_gran_coupe_196_1920x1080.jpg](http://images.caricos.com/b/bmw/2015_bmw_4-series_gran_coupe/images/1920x1080/2015_bmw_4-series_gran_coupe_196_1920x1080.jpg)
- [O9] Interní prezentační materiály společnosti Lear Corporation
- [O10] *Retruck Jungheinrich* [online]. [cit. 2015-11-23]. Dostupné z:
http://www.ifoy.org/bewerbungen/2013/182/_thumb1/ETV_216_S_0121_eps.jpg
- [O11] *Laserová navigace* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: [http://www.goetting-
agv.com/dateien/styles/galerien_thumbnail/public/produktbilder/logo_laser.png?itok=
0wAbqp_K](http://www.goetting-agv.com/dateien/styles/galerien_thumbnail/public/produktbilder/logo_laser.png?itok=0wAbqp_K)
- [O12] *Navigace kabelem* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: [http://www.goetting-
agv.com/dateien/artikelbilder/logo_leitdraht.png](http://www.goetting-agv.com/dateien/artikelbilder/logo_leitdraht.png)
- [O13] *Optická navigace* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: [http://www.goetting-
agv.com/dateien/artikelbilder/logo_optisch.png](http://www.goetting-agv.com/dateien/artikelbilder/logo_optisch.png)
- [O14] *AGV tugger* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: [http://www.leansystem-
indeva.com/4/images/900900_0_3021700_410926.jpg](http://www.leansystem-indeva.com/4/images/900900_0_3021700_410926.jpg)
- [O15] *Tunnel AGV* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: [http://www.leansystem-
indeva.com/4/images/500_0_3464897_410926.jpg](http://www.leansystem-indeva.com/4/images/500_0_3464897_410926.jpg)
- [O16] *Forklift AGV* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z: [http://www.swisslog.com/-
/media/Swisslog/Pictures/portlet_picture_320x180/WDS/04_WDS_Products/AGV/A
GV_Standard/Standard_AGV.png?mw=400](http://www.swisslog.com/-/media/Swisslog/Pictures/portlet_picture_320x180/WDS/04_WDS_Products/AGV/AGV_Standard/Standard_AGV.png?mw=400)
- [O17] *Mailmobile AGV* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z:
http://www.egeminusa.com/_images/header_mailmobile.jpg

- [O18] *Antikolizní systém* [online]. [cit. 2015-11-17]. Dostupné z:
[http://blog.seegrid.com/Portals/276636/images/seegrid%20flexible%20agv%20safety.j
pg](http://blog.seegrid.com/Portals/276636/images/seegrid%20flexible%20agv%20safety.jpg)
- [O19] AGC [online] . [cit. 2016-02-08]. Dostupné z:
http://www.mmpexsystems.com/automated_guided_vehicles_mmpex.html

Seznam obrázků

Obr. 1-1 Sankeyův diagram [O3]	11
Obr. 2-1 KLT přepravky [O1]	12
Obr. 2-2 Skládací KLT přepravky [O1]	13
Obr. 2-3 Ecopack [O2]	13
Obr. 3-1 Válečkový dopravník [O4]	15
Obr. 4-1 Spádový regál [O6]	19
Obr. 4-2 AGV tahač s přívěsnými vozíky [O14]	20
Obr. 4-3 Paletový AGV [O16]	21
Obr. 4-4 AGV pro přepravu manipulačních jednotek [O15]	21
Obr. 4-5 Podjezdový AGC [O19]	22
Obr. 4-6 AGV pro lehkou zátěž [O17]	22
Obr. 4-7 Navádění indukčním vodičem [O12]	23
Obr. 4-8 Optická navigace [O13]	24
Obr. 4-9 Laserová navigace [O11]	25
Obr. 4-10 Antikolizní systém [O18]	26
Obr. 5-1 Rozmístění závodů Lear Corporation [O9]	28
Obr. 5-2 Pohled na závod [O9]	29
Obr. 5-3 BMW F36 [O6]	30
Obr. 5-4 BMW F36 Přední sedačky [O7]	31
Obr. 5-5 BMW F36 Zadní sedačky [O8]	31
Obr. 5-6 Sankeyův diagram	35
Obr. 5-7 Jungheinrich retruck ETV [O10]	36
Obr. 6-1 Sekvenční vozík na potahy	38
Obr. 6-2 Schéma zásobování sekvenčního materiálu	39
Obr. 6-3 Prostor ve skladu	40
Obr. 6-4 Vizualizace cílové pozice u linky	41
Obr. 6-5 AGV firmy MOR-TECH Design Inc. [13]	43
Obr. 6-6 Ukázka jednotlivých částí AGV [13]	43
Obr. 6-7 Tažný čep AGV [13]	44
Obr. 6-8 Minimální poloměr zatáčky AGV [13]	45
Obr. 6-9 AGV typ Spurmaus [14]	47
Obr. 6-10 Řízení provozu pomocí FCC [14]	48
Obr. 6-11 Návrh sekvenčního vozíku	49

Seznam tabulek

Tabulka 5.1 Soupis materiálu zadní sedačky	33
Tabulka 5.2 Soupis materiálu přední sedačky.....	34
Tabulka 6.1 Kapacitní výpočet počtu AGV	42
Tabulka 6.2 Parametry nabízených řešení.....	46
Tabulka 6.3 Rozhodovací analýza	46
Tabulka 7.1 Výčet nákladů na nasazení systému AGV	50
Tabulka 7.2 Výpočet času zásobování sekvenčního materiálu	51
Tabulka 7.3 Výpočet času zásobování ostatního materiálu	51
Tabulka 7.4 Výpočet úspory výrobní plochy	53

Seznam grafů

Graf 7-1 Návratnost investice do nového AGV	54
Graf 7-2 Návratnost investice do současného AGV	54

PŘÍLOHA č.1

Specifikace požadovaného AGV systému pro výběrové řízení

Projekt: **Automatické zásobování linky F34/36**

Závod: Lear Corporation Czech Republic s.r.o.
Ostrov u Stříbra
D5 Logistic Park
CZ - 349 01 Ostrov u Stříbra

Kontakt: Petr Klečanský

Cíl

Cílem této specifikace je definovat všechny informace potřebné pro nabídku systému automatického zásobování montážní linky za pomoci automaticky vedených vozíků (dále AGV).

Rozsah dodávky

- ✓ Kompletní instalace zařízení a uvedení do provozu
- ✓ Školení personálu
- ✓ Dokumentace provedení
- ✓ Provozní manuál
- ✓ Dokumentace náhradních dílů
- ✓ Posouzení rizik
- ✓ CE certifikace

Jazyky

- ✓ V případě, že účastníci projektu ze strany dodavatele nemluví česky, musí mluvit anglicky.
- ✓ Veškerá dokumentace musí být dodána česky a anglicky.

Kapacita výroby

- ✓ 2 směny 16 hodin denně 6 dní v týdnu

Provozní podmínky

- ✓ Zařízení bude využíváno pouze uvnitř výrobní haly s betonovým povrchem podlahy
- ✓ V objektu se pohybují vysokozdvizné vozíky a personál

Popis dopravovaného materiálu

Cílem je dopravovat nasekvencovaný materiál (potahy, hlavové opěrky, apod.) ze skladu do místa spotřeby na montážní lince. Materiál je uložen na vozících z modulárního trubkového systému (obr. 1). Pro umožnění automatického zásobování se počítá s modifikací vozíků dle potřeby.



Obr. 0-1 Sekvenční vozík

Rozměry: cca 1700/700/2000mm

Váha: max 150kg

Všechny sekvenční vozíky obsahují stejný počet setů/dílů.

Jeden vozík je spotřebován v průměru za 80 min.

Schéma zásobování

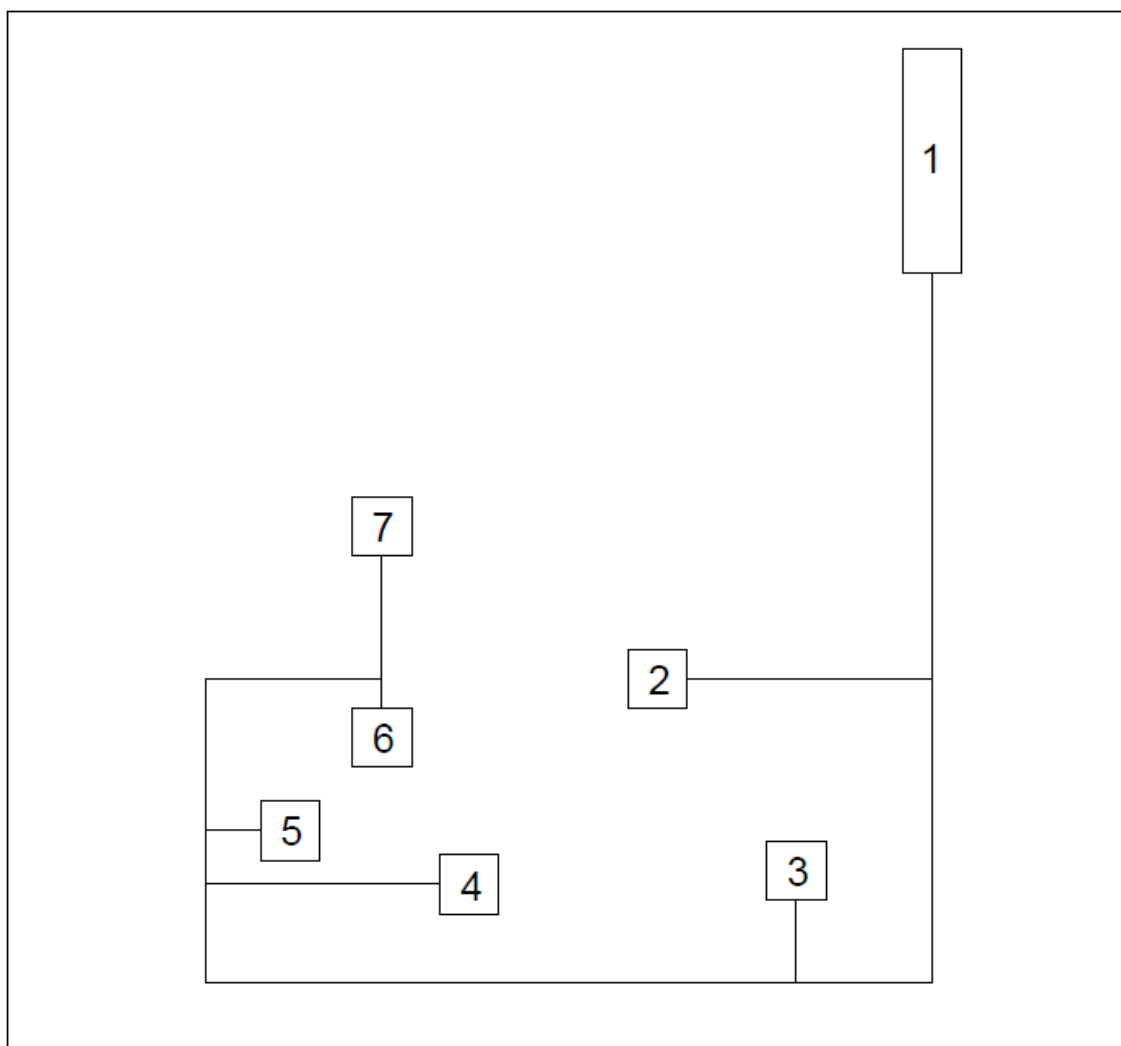


Schéma zásobování

Číslo pozice	Popis pozice	Vzdálenost od skladu [m]
1	Sklad	-
2	Potah přední opěra	110
3	Potah přední sedák	130
4	MAL	230
5	Potah zadní opěra	230
6	Zadní hlavová opěrka	240
7	Potah zadní sedák	250

Proces

- ✓ Operátor skladu vychystá materiál na sekvenční vozík
- ✓ Operátor skladu umístí sekvenční vozík na definovanou pozici ve skladu
- ✓ Ve skladu jsou definované pozice pro materiál na jednotlivé montážní stanice
- ✓ Při poklesu materiálu pod nastavenou úroveň operátor výroby na jednotlivých montážních stanicích odešle do systému požadavek na dodání materiálu
- ✓ Na každé montážní stanici jsou definované plochy pro plné a prázdné vozíky
- ✓ AGV dopraví požadovaný materiál na montážní stanici
- ✓ AGV vyzvedne prázdný sekvenční vozík a dopraví ho zpět do skladu na určené místo

Na cílových pozicích je omezený prostor, tudíž je nutná dobrá manévrovatelnost automatických vozíků.

Bezpečnost a ochrana zdraví

- ✓ Zařízení nesmí v žádném případě ohrozit ani zranit personál v závodě.
- ✓ Hladina hluku instalovaného zařízení, měřená v provozních podmínkách, musí být nižší než 70dB.

Spolehlivost provozu

- ✓ Dostupnost zařízení musí být vyšší než 99%
- ✓ Seznam náhradních dílů musí být dodán s finální dokumentací
- ✓ Seznam namáhaných dílů musí být dodán spolu se seznamem dodavatelů

Dodávka

Kompletní systém automatického zásobování musí být dodán, nainstalován a zprovozněn v závodě Lear Tachov před finální akceptací. Veškeré transportní náklady jsou součástí dodávky a musí být zahrnuty v nabídce. Instalace musí být provedena o víkendu.

Soupis požadované dokumentace

- ✓ Dokumentace provedení
- ✓ Provozní manuál
- ✓ Manuál údržby
- ✓ Seznam náhradních dílů
- ✓ Seznam namáhaných součástí

- ✓ CE certifikace
- ✓ Bezpečnostní pokyny

Záruka

Záruka musí být garantována po dobu 24 měsíců včetně práce, náhradních dílů a cestovních nákladů, počínaje dnem finální akceptace.

Nabídka

Následující dokumenty musí být součástí nabídky:

- ✓ Návrh nasazení systému včetně technické specifikace všech součástí
- ✓ Cenový rozpočet
- ✓ Harmonogram projektu

PŘÍLOHA č.2

Vzor způsobu hodnocení nabídek

Vzor způsobu hodnocení nabídek

1) Pro hodnocení jednotlivých dílčích hodnotících kritérií se použije bodovací stupnice v rozsahu 0 až 100 bodů.

2) Pro výpočet bodového ohodnocení, které vyjadřuje míru splnění hodnoceného dílčího hodnotícího kritéria ve vztahu k nejvýhodnější nabídce, se použije těchto vzorů:

a) U dílčích hodnotících kritérií, kde má nejvhodnější nabídka minimální hodnotu (cena, doba provádění apod.):

Počet bodů dílčího hodnotícího kritéria = $100 \times \text{hodnota minimální nabídky} / \text{hodnota posuzované nabídky}$

b) U dílčích hodnotících kritérií, kde má nejvhodnější nabídka maximální hodnotu (doba záruky, smluvní pokuta apod.):

Počet bodů dílčího hodnotícího kritéria = $100 \times \text{hodnota posuzované nabídky} / \text{hodnota maximální nabídky}$.

3) U dílčích hodnotících kritérií, která nelze číselně vyjádřit, zadavatel stanoví hodnotící subkritéria včetně jejich bodové váhy. Váhu jednotlivých hodnotících subkritérií stanoví zadavatel v rozsahu 0 až 100 bodů, přičemž maximální počet bodů rozdělených mezi jednotlivá hodnotící subkritéria může dosáhnout 100 bodů, tj. maximální bodové hodnoty dílčího hodnotícího kritéria. Pro výpočet bodového ohodnocení u číselně nevyjádřitelných kritérií (kvalita navrhovaného řešení, kvalita složení řešitelského týmu apod.) se použije následující postup:

- nejprve se přiřadí body jednotlivým zadavatelem ve výzvě stanoveným hodnotícím subkritériím dílčího hodnotícího kritéria, a to v bodovém rozmezí, které jednotlivým hodnotícím subkritériím stanovil zadavatel ve výzvě;

- poté se sečtou bodové hodnoty přiřazené jednotlivým hodnotícím subkritériím dílčího hodnotícího kritéria.

4) Počet bodů přiřazených jednotlivým dílčím hodnotícím kritériím hodnocené nabídky se vynásobí % váhou jednotlivých dílčích hodnotících kritérií hodnocené nabídky, kterou těmto dílčím hodnotícím kritériím stanovil zadavatel ve výzvě, takto získané bodové hodnoty všech dílčích hodnotících kritérií hodnocené nabídky se poté sečtou.

5) Nabídky uchazečů se seřadí dle výše bodových hodnot, kterých nabídky dosáhly, a to od nabídky s nejvyšší bodovou hodnotou, až po nabídku s bodovou hodnotou nejnižší.