



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

MOŽNÉ ZPŮSOBY NEKONVENČNÍ MANIPULACE S MATERIÁLEM VE STROJÍRENSKÝCH PODNICÍCH

POSSIBLE UNCONVENTIONAL WAYS OF MATERIAL HANDLING AT MACHINE ENGINEERING
COMPANIES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Miroslav Kopáč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2016

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Miroslav Kopáč
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Strojírenská technologie
Vedoucí práce:	Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA
Akademický rok:	2015/16

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Možné způsoby nekonvenční manipulace s materiálem ve strojírenských podnicích

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je zpracovat analýzu současných způsobů nekonvenční manipulace s materiálem

Cíle bakalářské práce:

1. Rozbor současných způsobů nekonvenční manipulace s materiálem
2. Porovnání nekonvenčních metod s klasickými metodami (z hlediska výkonu i nákladů)
3. Návrh specifických podmínek pro aplikaci nekonvenčních metod manipulace do logistického systému podniku.
4. Nastínění přínosů vyplývajících z aplikace těchto metod

Seznam literatury:

CEMPÍREK, V. Technologie ložných a skladových operací. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. 73 s. ISBN 80-7194-287-1.

ČUJAN, Z. Výrobní a obchodní logistika. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně - Fakulta technologická, 2010. 71 s. ISBN 978-80-7318-906-8.

HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

KUPKA, F. Hydraulická doprava v potrubí. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1970. 306 s.

LAMBERT, D., ELLRAM, L. a STOCK, J. Logistika: příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží. 2. vyd. Brno: CP Books, 2005. 589 s. ISBN 80-251-0504-0.

SVOBODA, V. Doprava jako součást logistických systémů. 1. vyd. Praha: Radix, 2006. 152 s. ISBN 80-86031-68-3.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce sa zameriava na nekonvenčný spôsob manipulácie s materiálom vo vnútropodnikovej logistike. V oblasti vykládky, zásobovania a prepravy materiálu medzi jednotlivými pracoviskami. Následne ich porovnáva s konvenčnými spôsobmi manipulácie z hľadiska nákladov a vhodnosti použitia v strojárskom priemysle.

Klíčové slova

manipulácia s materiálom, manipulačné systémy, automatizačné systémy, AGV vozíky, vzduchový vankúš

ABSTRACT

This bachelor work is focused on unconventional ways of material handling at machine engineering companies. In the field of unloading, supply and transporting of material between working-sites. Afterwards are compared them with conventional ways of material handling in respect of costs and convenient of applications at machine engineering companies.

Key words

material handling, handling systems, automatic systems, AGV vehicles, Air Film Movers

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOPÁČ, Miroslav. *Možné způsoby nekonvenční manipulace s materiálem ve strojírenských podnicích*. Brno 2016. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 60 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že som bakalársku prácu na tému **Možné způsoby nekonvenční manipulace s materiálem ve strojírenských podnicích** vypracoval samostatne s použitím odborné literatúry a prameňov, uvedených na zozname, ktorý tvorí prílohu tejto práce.

23.5.2016

Dátum

Miroslav Kopáč

POĎAKOVANIE

Chcel by som poďakovať Ing. Janovi Strečkovi, Ph.D., MBA. za cenné pripomienky a rady pri vypracovaní bakalárskej práce.

Taktiež by som chcel poďakovať Ing. Miroslavovi Kopáčovi za rady a pripomienky pri tvorbe bakalárskej práce a rodine za podporu.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PREHLÁSENIE.....	5
POĎAKOVANIE	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 DEFINÍCIA A VÝZNAM MANIPULÁCIE S MATERIÁLOM	10
1.1 Základné pojmy a definície.....	10
2 IDENTIFIKÁCIA VÝROBKU	12
2.1 Identifikácia s využitím čiarového kódu.....	13
2.2 Identifikácia s využitím RFID technológie.....	14
2.3 Porovnanie RFID s čiarovými kódmi	14
2.4 Identifikácia pomocou metódy DPM.....	15
3 MANIPULAČNÉ SYSTÉMY	16
3.1 Triedenie manipulačných systémov.....	16
3.1.1 Ručné manipulačné systémy.....	16
3.1.2 Mechanizované manipulačné systémy.....	16
3.1.3 Poloautomatizované manipulačné systémy	17
3.1.4 Automatizované manipulačné systémy	17
3.2 Porovnanie manipulačných systémov.....	17
3.3 Výber vhodného manipulačného systému	20
3.3.1 Technické faktory	21
3.3.2 Ekonomické faktory.....	25
3.3.3 Spoločenské faktory.....	26
4 AUTOMATIZAČNÉ SYSTÉMY	27
4.1 Hlavné riadenie automatizačných systémov.....	27
4.2 Navigácia	29
4.2.1 Optické riadiace čiary	29
4.2.2 Indukčná navigácia	30
4.2.3 Magnetová navigácia	30
4.2.4 Laserová navigácia	31
4.2.5 GPS navigácia.....	31
4.2.6 Výhody a nevýhody	32
4.3 AGV (Automated guided vehicle).....	34
4.3.1 Vidlicové vozíky.....	34

4.3.2 Vozíky s palubným dopravníkom.....	36
4.3.3 Montážne vozíky.....	36
4.3.4 Ťahače.....	38
4.4 Vzduchové vankúše.....	41
4.5 Porovnanie AGV s konvenčnými manipulačnými prostriedkami.....	44
4.5.1 AGV vs dopravníky v montážnej linke.....	44
4.5.2 AGV vs manuálne ovládané vozíky pri preprave tovaru.....	44
5 NÁKLADY.....	46
6 POUŽITIE AGV V STROJÁRSTVE.....	50
6.1 Zlievarne.....	51
6.2 Automobilový priemysel.....	53
6.3 Letecký priemysel.....	55
ZÁVER.....	56
ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV.....	57
ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....	60

ÚVOD

Manipulácia s materiálom a problematika manipulačných systémov je neodlučiteľnou súčasťou logistiky. Bez premiestňovania materiálu nie je možné realizovať jednotlivé výrobné alebo montážne operácie.

Čas vynaložený na manipuláciu s materiálom sa významne podieľa na dobe trvania výrobného procesu a predovšetkým na celkových dodacích lehotách tovaru zákazníkom. Závislosti na druhu podniku a technológii výroby sa manipulácia s materiálom podieľa na celkovej priebežnej dobe trvania výrobného procesu z 20-90 % [1]. Preto je neustála tendencia tieto časy znižovať.

Na manipulácií s materiálom sa väčšinou podieľajú pracovníci, s ktorými sú spojené nemalé náklady, ktoré sa podniky snažia minimalizovať pomocou nových metód alebo systémov, s ktorými prichádza aj zvýšená produktivita. Ako príklad sa dá uviesť automatizovaný prepravný systém, ktorý je schopný nahradiť pracovníkov. Avšak tento systém nie je možné použiť vždy. Musia sa zohľadňovať rôzne kritéria a určovať ich vhodnosť použitia. Zásadným kritériom je, aký druh výroby daný podnik prevádzkuje z hľadiska objemu výroby, či sa jedná o kusovú, malosériovú alebo veľkosériovú výrobu. V prípade, že je podnik zameraný na kusovú alebo malosériovú výrobu je použitie automatizovaného systému nevhodné.

V strojárskych podnikoch sú mnohé diely objemné a ťažké a preto je najvhodnejšie s nimi manipulovať pomocou žeriavov, ktoré vykonávajú manipuláciu v oblasti haly a automatizované systémy sa používajú na manipuláciu medzi halami, kde žeriav nemá dosah. Iné diely sú zas malé a musia byť hromadné prepravované, napr. skrutky.

V žiadnom inom odvetví nie je taká rozmanitosť ako v strojárskych podnikoch a preto musí byť ich vnútropodniková logistika nato uspôsobená.

1 DEFINÍCIA A VÝZNAM MANIPULÁCIE S MATERIÁLOM

Základom manipulácie s materiálom je pohyb, fyzické premiestňovanie nielen materiálu, ale aj ďalších pasívnych prvkov logistiky s využitím príslušných technických prostriedkov. Manipulácia s materiálom je súbor operácií, ktoré sa skladajú z premiestňovania, skladovania, balenia, váženia, merania a triedenia.

Základné fakty [1]:

- z celkovej priebežnej doby výroby, v závislosti na typu podniku, pripadá na manipuláciu s materiálom 20 – 90 %;
- na jednu technologickú operáciu je potreba 2 – 8 manipulačných operácií;
- vo výrobných podnikoch pracuje v oblasti manipulácie s materiálom 20 -50 % pracovníkov
- manipulácia s materiálom sa podieľa 20 % na celkových nákladoch v strojárstve.

1.1 Základné pojmy a definície

Manipulačná jednotka

- je náklad zostavený z položiek (balení), ktoré sú fixované príslušnými upevňovacími prostriedkami (sťahovacou fóliou, páskami apod.) v tvare vhodnému pre manipuláciu, prepravu, skladovanie, popr. stohovanie, ako jednotka, s ktorou je možné manipulovať bez akýchkoľvek ďalších úprav. Obecné označenie manipulačných jednotiek spravidla vychádza z použitého prepravného prostriedku, potom sa dá hovoriť o paletových, nepaletových a kontajnerových jednotkách [2].

Manipulácia s materiálom

- je súbor netechnologických činností, pri ktorých dochádza k premiestňovaniu materiálu (popr. ďalších pasívnych prvkov logistiky) z miesta výskytu na miesto určenia k zaisteniu ďalších činností (prepravy, výroby, uloženia, skladovania) [2].

Manipulačný prostriedok (zariadenie)

- je aktívnym prvkom logistiky, ktorý realizuje manipuláciu s materiálom (manipulačné operácie). Manipulačný prostriedok je spravidla samostatný stroj, ktorý je schopný vlastného pohybu. Manipulačné zariadenie môže byť súčasťou vyššieho celku (dopravného prostriedku, výrobnéj linky apod.) a spravidla nie je schopné vlastného pohybu [2].

Manipulačná operácia

- zámerná zmena polohy materiálu uskutočnená jedným manipulačným prostriedkom (zariadením) alebo jedným pracovníkom [3].

Manipulačný systém

- je súbor aktívnych (manipulačných prostriedkov, manipulačných zariadení apod.), pasívnych (skladových zariadení, prepravných prostriedkov, obalov, fixačných prostriedkov apod.) prvkov logistiky a väzieb medzi nimi v určitom článku logistického reťazca (skladu, výrobnéj haly apod.), ktoré zaisťujú vymedzenú oblasť manipulácie [2].

Manipuláciu s materiálom je možné identifikovať v oblasti:

- skladovania (skladového hospodárstva);
- výroby (medzioperačná manipulácia, dopĺňanie zásobníkov apod.);
- dopravy (ložné práce).

2 IDENTIFIKÁCIA VÝROBKU

Dôležitou činnosťou pri manipulácii s materiálom je presná znalosť o pohybu materiálu, polotovarov a výrobkov umiestnených v rôznych prepravných prostriedkoch, ale tiež aj u dielov pohybujúcich sa samostatne alebo zabalených v spotrebiteľských obaloch vrátane pohybu manipulačnej a prepravnej jednotky [4].

K tomu, aby bolo schopné dosiahnuť túto znalosť, využíva sa identifikácia materiálu, polotovaru alebo výrobku, ktorá môže byť prevedená vo forme nalepenej alebo vlozenej etikety do rámu prepravky ako magnetická páska, štítok alebo priame značenie grafickým kódom na výrobku.

Dnes sa používa výhradne automatická identifikácia, ktorá uľahčuje [4,5]:

- riadenie procesov,
- zníženie ručnej namáhavej práce a objemu administrácie,
- minimalizáciu počtu chýb,
- aktuálny prehľad o každej jednotke na logistickom reťazci, zber informácií,
- rast produktivity a efektívnosti.

Automatická identifikácia sa uplatňuje hlavne u automatizovaných procesoch vo výrobných oblastiach. Systémy automatickej identifikácie tovaru urýchľujú hmotný aj informačný tok vnútri logistického reťazca a tým dochádza k výraznému znižovaniu stavu zásob a tým k zníženiu viazaných kapitálových prostriedkov [4].

Systémy automatickej identifikácie dát používajú rôzne technológie záznamu, prenosu a identifikácie informácií.

Medzi najpoužívanejšie systémy automatickej identifikácie patrí [4,6]:

- čiarové kódy,
- optické systémy – sú založené na princípu odrážaného svetla od kódu zloženého zo svetelných a tmavých plôch, ktorý je osvetlený svetelným zdrojom,
- rádiový frekvenčné systémy – k identifikácii využívajú vysielanie rádiový frekvenčných signálov k aktívnym alebo pasívnym identifikačným štítkom, ktoré vyvolávajú spätnú odpoveď. Tieto systémy nachádzajú uplatnenie tam, kde sa nedajú použiť lacné čiarové kódy (v prašných prostrediach, v prostrediach so zlou viditeľnosťou, extrémnymi teplotami, vo vlhkom prostredí),
- magnetické systémy – kódujú informáciu do magnetického prúžku z magnetického materiálu, alebo do čipu,
- metóda DPM - priame označovanie súčiastok.

Identifikácia výrobku musí byť adresná a presná. Pre efektívne riadenie výrobného procesu je dôležité mať potrebnú informáciu k dispozícii a dostupnú v správnom čase. Túto požiadavku splňujú technológie akými sú čiarové kódy, QR kódy a RFID technológie.

2.1 Identifikácia s využitím čiarového kódu

Čiarový kód sa skladá z tmavých čiar a zo svetlých medzier, ktoré sa čítajú napr. pomocou laserového lúča. Aby bol možné úspešne prečítať kód, musí spĺňať dôležitú podmienku, t.j. kontrast. Potom červené svetlo lúča je pohlcované tmavými čiarami a odrážané svetlými medziami a snímač zisťuje rozdiely v reflexii, ktoré sú prevedené do elektrického signálu odpovedajúcej šírke čiar a medzier. Každá číslica či písmeno je zaznamenané v čiarovom kóde pomocou presne definovaných širok čiar a medzier. Dáta, ktoré obsahujú čiarové kódy môžu obsahovať údaje o výrobcovi, výrobku, skladovanej pozícii, čísle série výroby alebo mená osôb oprávnených k manipulácii s určitým tovarom [4,5].

Medzi výhody patrí [4]:

rýchlosť - je jedným z hlavných argumentov pre rozširovanie technológie čiarových kódov vo všetkých oboroch. Pri porovnaní rýchlosti získania dát z čiarového kódu s pôvodným ručným zadávaním a vyhľadávaním informácií sa zistilo, že sa spolu vôbec nedávajú porovnávať.

presnosť - presné a nezameniteľné značenie a následná identifikácia umožňuje získať vždy potrebné informácie a dáta s vysokou spoľahlivosťou.

efektívnosť - čiarové kódy umožňujú možnosť rýchleho zaznamenávania informácií a spätného dohľadania v akomkoľvek časovom intervale, čo prináša úspory v prevozných nákladoch. V strojárskom priemysle sa dá prostredníctvom čiarového kódu ľahko zistiť deň, hodina, použitá technológia a operátora, ktorý sa na danej technologickej operácii podieľal.

flexibilita - aby každý užívateľ technológie čiarových kódov mohol využívať kódy presne tak, ako potrebuje a ako je pre jeho obor najefektívnejšie, existuje mnoho rôznych typov čiarových kódov. Každý z týchto typov umožňuje zaznamenávať rôzny rozsah informácií.

Najviac používané čiarové kódy sú:

- jednodimenzionálne (1D) (viď obr.1),
- dvojdimenzionálne (2D) (viď obr.2).

Príklad pre 2D kódy môžu byť napr. QR kódy, pri ktorých sa na rozdiel od 1D čiarových kódov informácie zapisujú v horizontálnom aj vertikálnom smere a môžu tak na malej ploche zakódovať až 4296 znakov [7]. Oproti 1D čiarovým kódom sú odolnejšie a v prípade ak sú nečitateľné dajú sa čiastočne alebo úplne rekonštruovať, tým pádom môže byť umiestnený aj na nerovný povrch.



CODE39

Obr.1 Príklad 1D kódu [8].



Obr.2 Príklad 2D kódu [9].

2.2 Identifikácia s využitím RFID technológie

K riadeniu logických procesov, obzvlášť v oblasti výroby, budú v budúcnosti stále viac využívané technológie RFID (Radio Frequency IDentification) – identifikácia za pomoci vysielania a príjmu rádiového signálu. Potrebné informácie sú ukladané v elektronickej podobe do čipu tzv tagov, ktoré sa môžu vyskytovať v podobe samolepiacich etikiet, plastových kariet alebo náramkov apod.

S využitím RFID technológie sa dá automatizovať rada činností, ktoré doposiaľ používali čiarové kódy, avšak RFID technológia neslúži k tomu, aby nahradila čiarové kódy, ale k tomu, aby ich doplnila o ďalšie možnosti. Jedná sa obzvlášť o sledovanie stavu zásob v sklade a regáloch, kde sa dá s výhodou využiť možnosť spočítať množstvo skladovaných položiek bez akejkoľvek manipulácie.

V oblasti výrobo-logistických procesov dochádza k uplatňovaniu RFID technológií, najmä v prípadoch výroby na zákazku u zložitých, značne variabilných výrobkov.

Vďaka RFID značeniu sa v systéme vytvára prehľad o spotrebe, čase spotreby, výrobnéj linke, pracovníkovi a pod [4]. Vďaka týmto informáciám sa dajú výborne plánovať výrobné a logistické operácie. Kvalitné značenie produktu umožňuje efektívne spracovanie dát a tým aj zníženie nákladov v distribučnej oblasti. Značenie produktu RFID čipmi umožňuje súčasne načítať až 1000 čipov/s naraz, pričom jednotlivé čipy nemusia byť priamo viditeľné čítacím zariadeniam [4]. Paleta tak môže pri preprave kontinuálne prechádzať RFID snímacím portálom, ktorý zosníma všetky informácie z čipu v jeden okamžik.

Princíp RFID technológie

Určenie miesta, kde sa v danom okamžiku nachádza výrobok, je založené na použití elektronickej etikety. Tá obsahuje kmitavý obvod, ktorý reaguje na vysokofrekvenčné vysielanie vysielateľa – prijímateľa, ktorému predáva späť informácie. RFID etikety obsahujú anténu s ladeným obvodom a kremíkový čip, ktoré prijmu vysielaný signál a vrátia späť jednoznačnú informáciu o každom kuse tovaru. Je pritom možné čítanie viacerých etikiet súčasne [4].

2.3 Porovnanie RFID s čiarovými kódmi

Čiarové kódy sú využívané celosvetovo už dlhšiu dobu. RFID etikety nemajú za účel ich nahradit', ale majú vytvoriť nové možnosti identifikovania objektov pre určité procesy.

Avšak RFID technológia ponúka niektoré podstatné výhody, umožňuje predovšetkým [4]:

- presné, jednoznačné označenie a tým aj spätné sledovanie každého kusu,
- dynamické ukladanie informácií na pamäť čipu počas jeho pohybu,
- automatický zber dát bez ľudského zásahu,
- prepojenie čipov so snímačmi,
- etikety môžu byť umiestnené na tovar neviditeľne a zároveň byť čitateľné.

Čiarové kódy [4,6,10]:

- nezameniteľné,
- ľahko poškoditeľné, čím sa stávajú nepoužiteľné,
- kapacita 12-15 znakov,

- bežná potreba prelepovania štítku,
- optické rozpoznávanie odrazom laserového svetla,
- štítok musí byť pre čítačku viditeľný,
- manuálna obsluha,
- vedomé vyvolávanie udalosti (nahradenie ručného zadávania cez klávesnicu),
- náklady na nosič (obvykle papier) sú v porovnaní s inými médiami úplne zanedbateľné.

RFID etikety [4,6]:

- kedykoľvek prepisovateľné,
- odolné proti vplyvom prostredia,
- uloženie dosť znakov (až do 96KB),
- neustála identifikácia jednotlivých kusov,
- rozpoznávanie vysokofrekvenčným rádiovým signálom,
- väčšinou neviditeľne pripevnené, bez potreby viditeľného kontaktu,
- pohyb objektov cez portál,
- rýchlosť získania informácií,
- vyvolávanie udalosti premiestneniu objektu do/z dosahu RFID čítačky,
- vyššie náklady,
- možnosť súčasného čítania množstva (až 1000) etikiet.

2.4 Identifikácia pomocou metódy DPM

Metoda priameho označovania súčiastok (Direct Part Marking - DPM) sa používa pre trvalé označovanie predmetov a automatický zber dát pomocou špecializovaných snímačov. Vďaka využitiu technológie DPM je možné sledovať, monitorovať a riadiť predmety v hodnotách od centov až k miliónom eur s minimálnymi investíciami alebo procesnými zmenami [11].

Je to vlastne čiarový kód, ktorý je neoddeliteľnou súčasťou označovanej súčiastky alebo výrobku. Značka DPM zostáva čitateľná po celú dobu životnosti produktu, čo je jej značnou výhodou. Súčiastky sú označované väčšinou pri vstupe do výroby. Čo znamená, že v predvýrobnej fáze musí byť použitá iná technológia identifikácie. Najbežnejšou metódou označovania je vyrážanie značiek, často sa používa tiež vypaľovanie laserovým lúčom alebo vyleptávanie.

3 MANIPULAČNÉ SYSTÉMY

Manipulačné systémy sa vyznačujú rozdielnymi parametrami a výber vhodného manipulačného systému závisí predovšetkým na jeho silných a slabých stránkach.

3.1 Triedenie manipulačných systémov

Rozhodujúcim faktorom pre systematické triedenie manipulačných systémov je spravidla použitý druh manipulačného prostriedku (zariadenia). V použitých manipulačných prostriedkoch (zariadení) sa odrážajú aj ďalšie prvky celého systému (druh použitých prepravných prostriedkov, automatické identifikácie, skladového informačného systému apod.).

Manipulačné systémy sa najčastejšie triedia na:

- ručné;
- mechanizované;
- poloautomatizované;
- automatizované.

3.1.1 Ručné manipulačné systémy

Vyznačujú sa najnižšou počítočnou ekonomickou náročnosťou, pretože sa v nich využívajú len najjednoduchšie technické prostriedky, akými sú ručné prepravné vozíky, roltejnery, kladkostroje apod. Prevádzkové náklady sú oproti tomu spravidla veľmi vysoké a závisia na výške výplat pracovníkom vykonávajúcich jednotlivé manipulačné a skladovacie operácie. Nevýhodou je predovšetkým existencia namáhavej ľudskej práce, ktorá nie je (alebo je len z časti) uľahčená manipulačnými prostriedkami (zariadeniami) [4]. Prevádzkový výkon takýchto manipulačných systémov je obmedzený lebo závisí od fyzických možností pracovníkov. Dané obmedzenie vychádza nie len z hmotnosti (objemu) manipulovaného materiálu ale napr. aj z priestoru využitia skladu. S tým úzko súvisí oblasť bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci (BOZP), jeho zabezpečenie je u ručných manipulačných systémoch najobťažnejšie. Ručné manipulačné systémy sa tiež vyznačujú veľkou chybovosťou v porovnaní s automatizovanými manipulačnými systémami. Výhodou zapojenia väčšieho počtu pracovníkov, v porovnaní s ostatnými manipulačnými systémami, je možnosť flexibilnej reakcie na meniace sa podmienky (napr. výkyvy v dopyte, výpadky energie, zmeny v skladovej technológii alebo umiestnenie položiek v sklade) [4].

3.1.2 Mechanizované manipulačné systémy

Vyznačujú sa rovnakými silnými a slabými stránkami v spojitosti s ľudským faktorom, ako je tomu pri ručných manipulačných systémoch. V tomto prípade dochádza k obmedzeniu namáhavej ľudskej práce, ktorá je z veľkej časti nahradená mechanizovanými manipulačnými prostriedkami (zariadeniami), akými sú nízkozdvížné a vysokozdvížné vozíky, ktoré zabezpečujú väčší prevádzkový výkon. Prevádzkový výkon je limitovaný predovšetkým kapacitou použitých manipulačných a prepravných prostriedkov, nie ľudským faktorom [4]. Počítočná ekonomická náročnosť je vyššia ako u ručných, z dôvodu zavedenia mechanizovaných manipulačných prostriedkov, avšak nižšia ako u poloautomatizovaných a automatizovaných manipulačných systémoch. Prevádzkové náklady sú kombináciou nákladov na výplaty a nákladov na prevádzku technických

prostriedkov, ktorých výška závisí na použitom manipulačnom prostriedku (zariadení). Prevádzkové náklady sú väčšinou vyššie ako u poloautomatizovaných a automatizovaných systémoch. Oblasť BOZP je menej problematická pri manipulácii so závažiami, ale objavujú sa na viac úrazy spojené s prevádzkou manipulačných prostriedkov (zariadení) [4].

3.1.3 Poloautomatizované manipulačné systémy

Sú vybavené ako automatickými manipulačnými prostriedkami (automaticky riadenými vozíkmi), tak aj mechanizovanými manipulačnými prostriedkami. Spravidla využívajú výhody mechanizovaných a automatizovaných manipulačných systémov. Počiatočná ekonomická náročnosť sa nachádza medzi mechanizovanými a automatizovanými manipulačnými systémami. Výška prevádzkových nákladov sa taktiež väčšinou pohybuje medzi obidvoma systémami. Výnimkou nie je ani oblasť BOZP, pretože zapojením automatizovaných prostriedkov dochádza k zníženiu počtu pracovníkov v prevádzke a tým aj k zníženiu úrazovosti [4]. Zapojenie automatizácie do oblasti manipulácie a skladovania sa vyznačuje predovšetkým zvýšením spoľahlivosti, resp. znížením chybovosti, ktorá je spôsobená predovšetkým chybami ľudského faktora. Väčšinou automatizovaná časť realizuje premiestňovanie materiálu do výroby a skladové operácie vykonáva človek.

3.1.4 Automatizované manipulačné systémy

Takmer úplne eliminujú ľudský faktor a predstavujú systémy využívajúce automatické manipulačné prostriedky (zariadenia) a výpočtovú techniku. Zásahy človeka sa obmedzujú na nutnú údržbu zariadenia, opravy technických zariadení a riešenie mimoriadnych situácií. Použité manipulačné prostriedky môžu byť úplne automatické alebo sa môže jednať o mechanizované manipulačné prostriedky, ktoré sú doplnené o prvky automatizácie. Počiatočná ekonomická náročnosť je najvyššia zo všetkých systémoch, prevádzkové náklady sú spravidla najnižšie. Automatizované manipulačné systémy sú vhodné pre veľké objemy materiálu v hromadných sériových výrobách a vyznačujú sa vysokým prevádzkovým výkonom. Najväčšou nevýhodou takýchto manipulačných systémov je, okrem vysokej počiatočnej ekonomickej náročnosti, aj požiadavka na homogenitu prepravných prostriedkov, popr. materiálu [4]. Z hľadiska BOZP je oproti ostatným manipulačným systémom najbezpečnejší, pretože podlieha vysokým nárokom na bezpečnosť hlavne v oblasti montáže, kde je človek s automaticky riadenými vozíkmi priamo v kontakte.

3.2 Porovnanie manipulačných systémov

Jednotlivé manipulačné systémy sa hodnotia podľa nasledujúcich kritérií vrátane uvedenia, či sa jedná o kritérium, ktorej hodnotu chceme zlepšiť (maximalizovať), alebo naopak znížiť (minimalizovať) a nasledovne sa navzájom porovnajú [4]:

1. **Počiatočná ekonomická náročnosť** – kritérium predstavuje výdaje na získanie technických prostriedkov (manipulačných a prepravných zariadení apod.) a súvisiaceho vybavenia (napr. SW), **MIN**

2. **Prevádzkové náklady** – kritérium zohľadňuje náklady na prevádzkovanie a údržbu technických prostriedkov a na výplaty pracovníkov v manipulačnom systéme, **MIN**
3. **Prevádzkový výkon** – kritérium vyjadruje množstvo (objem) manipulovaného materiálu za jednotku času, **MAX**
4. **Spoľahlivosť** – kritérium predstavuje schopnosť manipulačného systému (jednotlivých prvkov) bezchybne splniť očakávané požiadavky, **MAX**
5. **Flexibilita – univerzálnosť použitia** - kritérium vyjadruje schopnosť systému (jednotlivých prvkov) prispôbiť sa novým podmienkam, resp. na pôvodne zamýšľaný účel, **MAX**
6. **Technická náročnosť manipulačného systému** – kritérium zohľadňuje náročnosť obsluhy a údržby jednotlivých technických prostriedkov (zariadení) manipulačného systému a s tým súvisiace požiadavky na kvalifikáciu pracovníkov, **MIN**
7. **Existencia namáhavej ľudskej práce** – kritérium predstavuje stupeň zapojenia fyzicky namáhavej ľudskej práce do manipulačných a skladových operácií, **MIN**
8. **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci** – kritérium vyjadruje náročnosť realizácie a dodržiavanie zásad BOZP v manipulačnom systéme, **MIN**

Ručný manipulačný systém [4]

1. **Počiatočná ekonomická náročnosť**
- má veľmi malé alebo nulové výdaje na nákup technických prostriedkov, ktoré sú spomedzi všetkých manipulačných systémov bezkonkurenčne najmenšie
2. **Prevádzkové náklady**
- má veľmi vysoké prevádzkové výdaje, ktoré sa skladajúce takmer výhradne z nákladov na výplaty
3. **Prevádzkový výkon**
- je veľmi obmedzený, vyplývajúci z fyzických možností pracovníkov
4. **Spoľahlivosť**
- vzniká veľká chybovosť spôsobená ľudským faktorom
5. **Flexibilita – univerzálnosť použitia**
- možnosť jednoduchého preškolenia pracovníkov
6. **Technická náročnosť manipulačného systému**
- nevyužívajú sa (takmer) žiadne technické prostriedky
7. **Existencia namáhavej ľudskej práce**
- je veľká, pretože (takmer výhradne) je zapojená len ľudská práca
8. **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci**
- vzniká vysoká úrazovosť, predovšetkým pri ručnej manipulácii so závažiami

Mechanizovaný manipulačný systém [4]

1. **Počiatočná ekonomická náročnosť**
- má relatívne malé až priemerné výdaje na získanie technických prostriedkov

2. **Prevádzkové náklady**
- má vysoké prevádzkové výdaje, skladajúce sa predovšetkým z nákladov na mzdy a nákladov na prevádzkové hmoty (energie).
3. **Prevádzkový výkon**
-je priemerný až vysoký (v závislosti na použitých manipulačných a prepravných zariadeniach)
4. **Spoľahlivosť**
-vzniká veľká chybovosť spôsobená ľudským faktorom
5. **Flexibilita – univerzálnosť použitia**
-možnosť jednoduchého preškolenia pracovníkov, obmedzenia vyplývajú z technických prostriedkov
6. **Technická náročnosť manipulačného systému**
-používajú sa relatívne jednoduché technické prostriedky
7. **Existencia namáhavej ľudskej práce**
-ľudská práca je nahradzovaná mechanizovanými prostriedkami.
8. **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci**
- vzniká vyššia úrazovosť pri manipulácii s bremenami, úrazy spojené s prevádzkou manipulačných prostriedkov

Poloautomatizovaný manipulačný systém [4]

Pri poloautomatizovanom manipulačnom systéme závisí hlavne od pomeru použitia medzi mechanizovaným a automatizovaným systémom.

1. **Počiatočná ekonomická náročnosť**
-má priemerné až vysoké výdaje na získanie technických prostriedkov
2. **Prevádzkové náklady**
- má priemerné prevádzkové výdaje (predovšetkým v závislosti na stupni automatizácie)
3. **Prevádzkový výkon**
-je relatívne vysoký hlavne u opakujúcich sa manipulačných operácií
4. **Spoľahlivosť**
- úzko súvisí so stupňom automatizácie, pri zastúpení automatických a mechanizovaných manipulačných prostriedkov 50:50 – je spoľahlivosť priemerná. Čím viac je použitých automatizovaných prostriedkov, tým je väčšia
5. **Flexibilita – univerzálnosť použitia**
- platí to isté čo pre spoľahlivosť
6. **Technická náročnosť manipulačného systému**
- je priemerná až vysoká, opäť v závislosti na použitých technických prostriedkoch a stupni automatizácie.
7. **Existencia namáhavej ľudskej práce**
- namáhavá ľudská práca je značne obmedzená
8. **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci**
- je priemerná, vzniká predovšetkým pri používaní mechanizovaných manipulačných prostriedkov

Automatizovaný manipulačný systém [4]

1. **Počiatočná ekonomická náročnosť**
- je vysoká niekedy až desiatky miliónov eur, použitie spravidla jednúčelových technických prostriedkov.
2. **Prevádzkové náklady**
- sú nízke až veľmi nízke, predovšetkým pri stabilnom prevádzkovom výkone
3. **Prevádzkový výkon**
- je vysoký až veľmi vysoký, bez použitia ľudskej sily.
4. **Spoľahlivosť**
- je veľmi vysoká, chybovosť je takmer úplne eliminovaná z dôvodu eliminácie chyby ľudskeho faktoru
5. **Flexibilita – univerzálnosť použitia**
- je väčšinou veľmi neflexibilná často jednúčelové zariadenia, avšak závisí od použitého typu a navigácie zariadenia
6. **Technická náročnosť manipulačného systému**
- je veľmi vysoká, kvalifikovaná obsluha (vrátane údržby a opravy)
7. **Existencia namáhavej ľudskej práce**
- namáhavá ľudská práca je z procesu takmer eliminovaná
8. **Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci**
- úrazovosť je minimálna, nevyužíva sa ľudská sila

Všeobecné vzájomné porovnanie manipulačných systémov je veľmi náročné, pretože závisí hlavne od toho v akom podniku majú byť použité, či sa jedná o kusovú, sériovú alebo hromadnú výrobu. V automobilov priemysle sa predovšetkým jedná o hromadnú výrobu, pre ktorú je výhodný predovšetkým automatizovaný manipulačný systém popri prípade poloautomatizovaný. V kováčskej dielni, ktorá je zameraná na voľné kovanie je obvyklá kusová výroba, pri ktorej nemá zmysel používať žiadne automatizované manipulačné prostriedky.

Preto je potrebné k výslednému rozhodnutiu o výbere vhodného manipulačného prostriedku zahrnúť aj konkrétne technické, ekonomické a spoločenské parametre daného podniku.

3.3 Výber vhodného manipulačného systému

Vybudovanie funkčného manipulačného systému pre konkrétnu oblasť, napríklad vo výrobnej oblasti, je náročný proces, ktorý sa nedá obmedziť len na výber manipulačných prostriedkov. Pred zahájením procesu projektovania manipulačného systému je treba uvažovať nad nasledujúcimi otázkami :

1. ČO má byť manipulované, či sa jedná o drobný materiál dodávaný k montážnym alebo výrobným pracoviskám, alebo sa jedná o celé kusy, s ktorými sa bude manipulovať (napr. telo motora),
2. KOLKO materiálu alebo výrobkov je treba manipulovať, t.j. otázka množstva,
3. AKO sa bude manipulovať, t.j. otázka pracovných postupov a skladovej technológie,
4. ČÍM sa dá budú uskutočňovať manipulačné a skladovacie operácie, t.j. otázka výberu manipulačných prostriedkov (zariadení) a skladových zariadení, vrátane ľudskej obsluhy (aktívnych prvkov),

5. KDE (odkiaľ kam) a na akú vzdialenosť sa má manipulovať, t.j. otázka manipulačných plôch, dopravných ciest apod.,
6. KEDY má manipulácia prebiehať, t.j. otázka časových požiadaviek, pravidelnosti, sezónnych výkyvov, frekvencie apod.

Pri reálnom projektovaní manipulačného systému nestačí len systémové vymedzenie prvkov, väzieb apod., ale treba zohľadniť skutočné faktory (podmienky), ktoré budú ovplyvňovať navrhnutie a následne fungovanie celého manipulačného systému.

Roztriedenie faktorov z hľadiska dopadu na manipuláciu s materiálom umožňuje prihliadnuť na ne konkrétnejšie a otvára priestor pre optimalizáciu.

Dajú sa identifikovať tri relatívne samostatné skupiny faktorov, ktoré ovplyvňujú výber manipulačného systému, tzn. jednotlivých manipulačných prostriedkov (zariadení), skladového zariadenia, informačného systému apod. [4]:

- technické;
- ekonomické;
- spoločenské.

3.3.1 Technické faktory

Technické faktory (podmienky) sú, vzhľadom k širokému spektru zahrnutých technických prostriedkov, ďalej vnútorne členené na **materiálové, prevádzkové a stavebné**.

Materiálové faktory

Materiálové faktory (podmienky) sú dané predovšetkým charakterom a vlastnosťami materiálu. Materiál môže byť vo forme sypkého, tuhého alebo kvapalného. V prípadoch, kedy sa jedná o kusový materiál, resp. materiál vo forme manipulačných jednotiek, je rozhodujúcim faktorom predovšetkým použitý obal, resp. prepravný prostriedok.

Medzi najdôležitejšie faktory patrí [4]:

- **množstvo materiálu (za časovú jednotku)**
 - jedná sa o hmotnosť, objem, počet kusov alebo počet manipulačných jednotiek, ktoré je treba zmanipulovať (skladovať) za určitú časovú jednotku; faktor ovplyvňuje predovšetkým kapacitu skladu a výkonnostné charakteristiky manipulačných prostriedkov;
 - čím väčšie množstvo materiálu za časovú jednotku, tým sú väčšie požiadavky na kapacitu skladu, na počet alebo prevádzkovú kapacitu manipulačných prostriedkov (zariadení) a na počet alebo veľkosť prepravných prostriedkov. Vyššie množstvo materiálu spravidla umožňuje využívať v širšom množstve automatizáciu. Nárazové potreby vyžadujú flexibilnejšie manipulačné prostriedky s prerušovaným pohybom, pravidelné potreby naopak otvárajú priestor pre kontinuálne manipulačné prostriedky (s neprerušovaným pohybom).
- **objemová hmotnosť materiálu ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$)**
 - jedná sa o hmotnosť vzťahovanú k objemu (hustotu materiálu); ovplyvňuje predovšetkým veľkosť a nosnosť pohyblivých častí manipulačných prostriedkov (zariadení)- napr. lopatiek;

- čím vyššia je objemová hmotnosť (hustota) manipulovaného materiálu, tým musí byť vyššia nosnosť pohyblivých častí (ale aj celej konštrukcie) manipulačných prostriedkov (zariadení), čo sa odzrkadľuje aj na cene manipulačného prostriedku;

- **veľkosť častíc (kusov) materiálu**

– ovplyvňuje voľbu manipulačného prostriedku (zariadenia), ktoré majú stanovenú hornú a dolnú hranicu pre veľkosť jednotlivých častíc (kusov) materiálu (napr. korčekové dopravníky); u sypkých materiáloch sa používa termín zrnitosť (veľkosť zrn);

- **geometrický tvar častíc (kusov) materiálu**

– ovplyvňuje voľbu manipulačného prostriedku (zariadenia); dôležitý aspekt je pravidelnosť tvaru a to, či prevláda jeden rozmer; u kusového nepravidelného materiálu je veľmi dôležitá i poloha ťažiska;

- nepravidelnosť tvarov alebo neštandardné tvary spravidla veľmi obmedzujú možnosti výberu manipulačného prostriedku (zariadenia). U pravidelných, relatívne rovnorodých častíc sa výrazne lepšie uplatňuje automatizácia;

- **heterogenita materiálu**

- jedná sa o počet sortimentných položiek, ktoré budú manipulované; u relatívne homogénneho materiálu sa dá spravidla veľmi dobre uplatniť automatizácia, u veľmi heterogénneho sortimentu je naopak niekedy nutné využiť aj niekoľko relatívne nezávislých manipulačných prostriedkov (subsystémov); heterogenita sortimentu rovnako ovplyvňuje aj organizáciu práce a voľbu skladových zariadení (u heterogénneho sortimentu napr. sa nedá využiť blokového spôsobu skladovania),

- so zväčšujúcim sa počtom sortimentu položiek rastie potreba oddelených skladových polí (napr. využitie regálov), zvyšuje sa zložitosť celého systému (s tým súvisia napr. aj požiadavky na informačný systém alebo odlišné manipulačné prostriedky), naopak sa znižuje možnosť automatizovať niektoré procesy. Uvedené nedostatky sa však dajú eliminovať využitím unifikovaných prepravných prostriedkov (napr. paliet).

- **nebezpečnosť materiálu (tovaru)**

– jedná sa o vlastnosti materiálu (tovaru), ako je horľavosť, výbušnosť, jedovatosť, chemická reaktivita apod.; nakladanie s nimi upravujú príslušné predpisy a ukladajú sa oddelene; rovnako manipulácia s nimi je často riziková

- existencia uvedených materiálov (tovaru) v sklad vedie k zvýšenej zložitosti celého manipulačného systému, zvyšujú sa požiadavky na kapacitu skladu (nutnosť oddeleného priestoru), na kvalifikácii pracovníkov a ich preškolení, na špeciálne manipulačné prostriedky a na osobné ochranné pracovné prostriedky (napr. paliet) alebo špecifických obalov (prepravných prostriedkov).

Prevádzkové faktory

Prevádzkové faktory (podmienky) sú dané predovšetkým požiadavkami na fungovanie manipulačného systému (jednotlivých prvkov).

Patrí sem [4]:

- **dopravný výkon manipulačného systému**
 - jedná sa o maximálne množstvo materiálu (tovaru), ktoré je možné v danom čase manipulovať a vypočíta sa podľa vzťahu (3.1),
 - poddimenzovaný alebo aj predimenzovaný manipulačný systém vedie k neefektívnej prevádzke. Manipulačné systémy sa spravidla dimenzujú na priemerný objem materiálu (nie na špičkový) s prípadným zahrnutím určitej rezervy.

Výpočet dopravného výkonu vozíku [12]:

$$Q = 8 \cdot \frac{3600}{T} \cdot G \cdot \vartheta \quad (3.1)$$

kde: - Q [t/zmenu] – dopravovaný výkon vozíka za zmenu
- G [t] – nosnosť vozíku
- T [s] – celkový čas
- ϑ [-] – využitie nosnosti vozíku

Celkový potrebný čas T je potom zložený z:

- manipulačného času potrebného k naloženiu materiálu,
 - času potrebného k jazde na miesto vykládky,
 - času potrebného k zloženiu materiálu,
 - času potrebného k jazde späť časové straty zavinených zmenami smeru pohybu, vyhýbaním sa iným dopravným prostriedkom.
- **flexibilita manipulačného systému vo výkone**
 - predstavuje schopnosť manipulačného systému manipulovať menšie aj dočasne (nárazovo) väčšie množstvo ako menovité, tzn. na ktoré bol kapacitne dimenzovaný;
 - automatizované manipulačné zariadenia sú najmenej flexibilné čo by v prevádzke spôsobilo neefektívne fungovanie celého manipulačného systému a k vzniku väčších nákladov.
 - **prispôbitel'nosť manipulačného systému**
 - je to schopnosť manipulačného systému manipulovať aj s inými druhmi materiálu, ako na ktoré bol primárne určený popr. aby umožňoval aj rôzne manipulačné operácie;
 - úzko súvisí s počtom sortimentných položiek a s tvarom materiálu,
 - je dôležitá pre nárazové výkony, akými je napr. vykládka kamiónu.

- **spoľahlivosť**
 - je to schopnosť, pri ktorej je manipulačný systém schopný bezchybne plniť očakávané požiadavky,
 - súvisí s nárokmi na viaczmennú prevádzku – pri trojzmennej prevádzke sú požiadavky na spoľahlivosť najvyššie, v prípade manipulačných prostriedkov poháňaných batériou sa jedná hlavne o výdrž batérie,
 - súvisí s chybami, ktoré spôsobuje ľudský faktor a funkčnosťou jednotlivých prvkov systému,
 - vyššia spoľahlivosť má za následok vyššiu počiatočnú ekonomickú náročnosť.
- **stupeň mechanizácie, resp. automatizácie**
 - jedná sa o mieru zapojenia manuálnych, resp. automatizovaných technických prostriedkov; uvedená oblasť priamo súvisí s prevádzkovým výkonom, prerušovateľnosťou pohybu, zmennosťou a údržbou
 - vyšší stupeň automatizácie umožňuje výrazné zníženie mzdových nákladov, zvýšenie prevádzkového výkonu a zefektívnenie trojzmennej prevádzky.
- **plynulosť pohybu**
 - priamo ovplyvňuje voľbu manipulačného prostriedku (zariadenia); pre kontinuálny (nepretržitý) pohyb materiálu sú vhodnejšie napr. dopravníky, ktoré tak majú vysoké percentuálne vyťaženie alebo je tiež vhodné použiť automatizáciu,
 - u pretržitých sú vhodnejšie pružnejšie manipulačné prostriedky (napr. nízkozdvížné a vysokozdvížné vozíky), ktoré sa v prípade potreby môžu použiť aj pre iné činnosti.
- **nemennosť prepravnej trasy**
 - v prípade nemennosti prepravnej trasy sa môže použiť stacionárne manipulačné, prostriedky, akými sú napr. dopravníky, alebo je taktiež vhodné použiť automatizované vozíky,
 - v prípade častejšej zmeny prepravovanej trasy je vhodnejšie použiť manuálne ovládané vysokozdvížné vozíky alebo automatizované vozíky s ľahko prispôsobiteľným navigačným spôsobom, akým je laserová alebo GPS navigácia.
- **dopravné vzdialenosti, výška a tvar dráhy**
 - úzko súvisí so zvolenou technológiou skladovania a s optimálnym využitím priestoru skladu; uvedené parametre ovplyvňujú voľbu konkrétneho manipulačného prostriedku (zariadenia),
 - táto oblasť sa dá veľmi často optimalizovať a vznikajú pri nej významné úspory,
 - tvar dráhy nám môže umožniť alebo naopak znemožniť použiť niektoré manipulačné prostriedky (zariadenia).

Stavebné faktory

Stavebné faktory sa týkajú predovšetkým konštrukčných prvkov hál, podláh, terénu apod. Súvisí s dĺžkou a tvarom dopravných ciest (uličiek), prepravnou výškou a vzdialenosťou. Medzi najdôležitejšie stavebné faktory patria [4]:

- **prejazdne profily**
 - určujú maximálne rozmery manipulačných prostriedkov (zariadení) a do určitej miery aj kapacitné možnosti manipulačného systému.
- **podlahy v halách (nosnosť, sklon, kvalita)**
 - priamo ovplyvňujú výber manipulačných prostriedkov (zariadení) a skladových zariadení,
 - nízka nosnosť podláh, veľký sklon podláh (napr. nájazdové rampy) alebo nízka kvalita povrchu podlahy obmedzujú možnosti výberu manipulačného systému.

3.3.2 Ekonomické faktory

Ekonomické faktory súvisia so zdrojmi, ktoré sa využívajú pri projektovaní manipulačných systémov. Medzi najdôležitejšie ekonomické faktory patria [4]:

- **počiatočná ekonomická náročnosť**
 - sú to počiatočne výdaje na nákup manipulačných systémov,
 - čím vyššia je počiatočná ekonomická náročnosť, tým sa návratnosť manipulačného systému predlžuje. Avšak s vyššou počiatočnou cenou spravidla súvisia aj lepšie technické parametre.
- **prevádzkové náklady**
 - sú to náklady na prevádzku manipulačného systému (údržba, opravy, renovácia technických prostriedkov a zariadení),
 - spravidla vyššia počiatočná ekonomická náročnosť by mala byť vykompenzovaná nízkymi prevádzkovými nákladmi alebo vyšším prevádzkovým výkonom.
- **ekonomická návratnosť**
 - je to obdobie, za ktoré sa vráti investícia do manipulačného systému, čím je kratšia návratnosť tým je manipulačný systém ekonomicky výhodnejší,
 - návratnosť nesmie byť dlhšia ako je životnosť manipulačného systému, v takomto prípade by bolo zavedenie takéhoto systému ekonomicky nevýhodné.
- **životnosť manipulačného systému**
 - jedná sa o dobu, ktorú bude manipulačný systém plniť svoje funkcie, pre ktoré bol zavedený.

- **náklady na jednotku množstva**

- vyjadruje jednotkové náklady na prevedenie manipulácie s určitou jednotkou (kusom, manipulačnou jednotkou apod.)

- vyššie jednotkové náklady sa viac premietajú do ceny výrobku, čo znamená neoptimálne vyťaženie manipulačného prostriedku (zariadenia).

3.3.3 Spoločenské faktory

Spoločenské faktory (podmienky) súvisia s množstvom pracovných síl, jej kvalifikácie a pracovným prostredím. Medzi najdôležitejšie spoločenské faktory patrí [4]:

- **náročnosť na množstvo pracovníkov**

- manipulačný systém musí odpovedať plánu pracovných síl; dokonalejšie a drahšie zariadenia sa vyplatí tam kde je nedostatok pracovných síl.

- **kvalifikačné požiadavky**

- vyššia náročnosť na kvalifikáciu pracovníkov zvyšuje mzdové náklady, čo je jeden z rozhodujúcich faktorov v prípade, keď sa rozhoduje medzi použitím poloautomatizovaných alebo automatizovaných manipulačných systémov voči manuálnym manipulačným systémom.

4 AUTOMATIZAČNÉ SYSTÉMY

Konštrukcia systému je založená na troch makro oblastiach činnosti [12]:

1. Čo majú vozíky robiť – typ používaných vozíkov bude zvolený na základe charakteru aplikácie a typu bremena určeného k preprave.
2. Úžitková plocha – rozvoj projektu závisí do značnej miery na dostupnom priestore, ktorý musí byť naplno využívaný, aby nevznikali straty na účinnosti a kapacite.
3. Simulácia a výkon – je potrebné vypočítať na základe výrobných údajov počet potrebných vozíkov, najprv s analytickými výpočtami a následne prevedením simulácie. Simulácia je schopná zväžiť všetky výrobné postupy a berie do úvahy taktiež doby potrebné k vykonaniu jednotlivých úloh.

Systém je navrhnutý tak, aby spolupracoval s ďalšími druhmi automatizácie, ako sú [13]:

- robotizované a paletizačné pracoviská,
- skladovacie stroje,
- valčekové dráhy pre nakládku a vykládku materiálu,
- automatické sklady.

Automatizačné systémy sa skladajú zo:

- zariadení (vysokozdvížné vozíky, nízkozdvížné vozíky, vzduchové vankúše, ťahače apod.),
- riadiaceho systému,
- navigácie.

4.1 Hlavné riadenie automatizačných systémov

Skladá sa z hardwaru a softwaru. Jadrom je počítačový program, ktorý beží na jednom alebo viacerých počítačoch, ktoré slúžia ku koordinácii viacerých bezobslužných vozíkov a preberajú funkciu začlenenia bezobslužného systému do vnútropodnikového chodu podniku [10].

Bezobslužné vozíky medzi sebou nekomunikujú a nerobia žiadne samostatné rozhodnutia, tieto rozhodnutia preberá hlavné riadenie bezobslužného systému, ktoré komunikuje s vozíkmi pomocou bezdrôtovej siete LAN [10].

Hlavný riadiaci systém získava základné informácie z rôznych výrobných liniek, na ktorých základe dokáže určiť, akú operáciu majú automatizované zariadenia vykonať, napríklad odobranie alebo uloženie bremena.

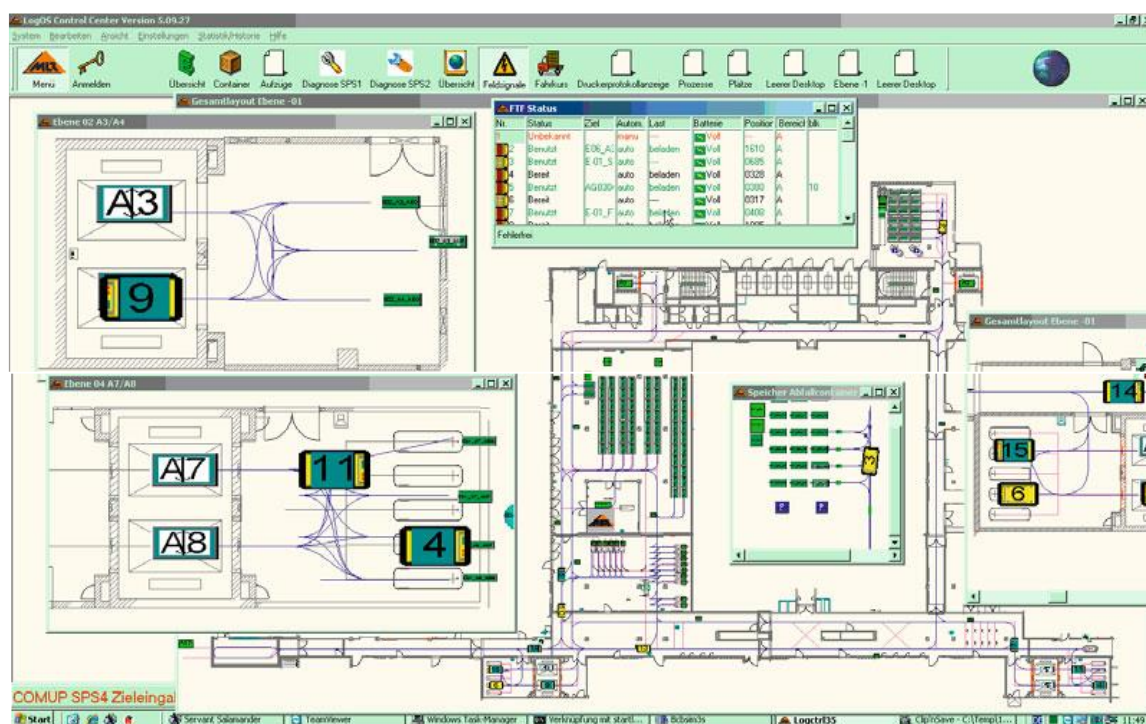
Transportné príkazy môže do riadiaceho systému zadávať [10]:

- obslužný personál nato určený,
- zariadenia na zber prevádzkových dát,
- hostiteľské počítačové systémy napr. systém plánovania výroby, systém riadenia výroby alebo systém materiálového toku,
- automatické predávacie stanice, obrábacie stanice, stroje v systéme – výmena informácií sa vykonáva pomocou PLC/PC, ktoré sa nachádzajú na týchto strojoch a stanicach

Od nich dostane hlavný riadiaci systém príkazy na transport s označením (ID), zdrojom, umiestnením a s prioritou akou sa má daný príkaz spracovať.

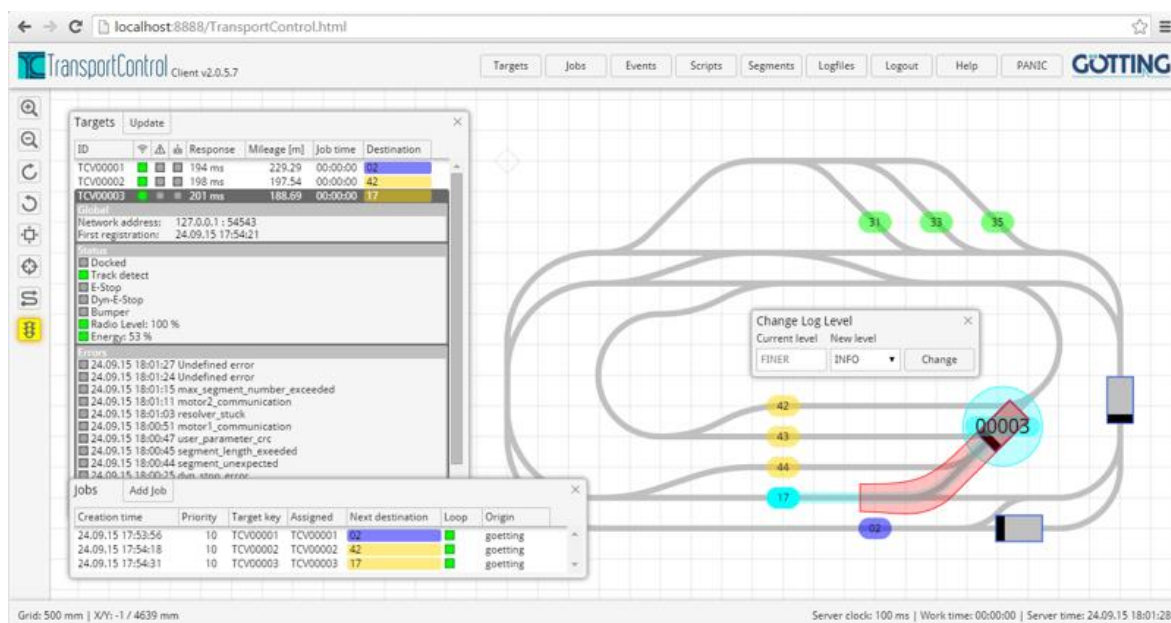
Software taktiež kontroluje možné kolízie medzi jednotlivými vozíkmi, určuje trasy, ktoré každý z vozíkov musí prejsť, aby dokončil svoju úlohu a nasledovne upravuje ich trajektórie.

Pracovník môže v počítačovom programe zadané príkazy vizualizovať, analyzovať a prevádzkať simulácie (viď obr. 3 a 4). Taktiež môže získať informácie o rôznych bremenách nachádzajúcich sa na strojoch a aj o tých, ktoré sú práve prepravované jednotlivými vozíkmi [13].



Obr. 3 Príklad počítačového programu na riadenie AGV [10].

Pri odbere tovaru automatizovaným vozíkom je najprv tovar identifikovaný pomocou skenera. Po identifikácii získa informácie kam má byť tovar prepravený, čiže miesto zloženia tovaru a po dokončení úlohy pošle riadiacemu systému informáciu o dokončení úlohy. Riadiaci systém musí zadané príkazy spracovať, čo najrýchlejšie a pri čo najmenšom počte vozidiel.



Obr. 4 Vizualizácia programu TransportControl [14].

4.2 Navigácia

Pomocou navigácie je možné určiť:

- kde sa vozíky nachádzajú,
- kam má byť vozidlo poslané,
- akým spôsobom sa dostane na určenú pozíciu.

Najznámejším a najmodernejším spôsobom k určení polohy je GPS-systém. Pri tejto technológii je meraná vzdialenosť GPS-prijímača, ktorý je umiestnený na vozíku od GPS-satelitov. Bezobslužný vozík nasledovne toto meranie použije k určení svojej polohy - podobne ako to funguje pri automobiloch.

Samotné určenie polohy neslúži len k určení polohy, ale zahrnuje v sebe aj informácie akú činnosť má v danej polohe vykonať, napr. odbočenie, naloženie a vyloženie tovaru atď.

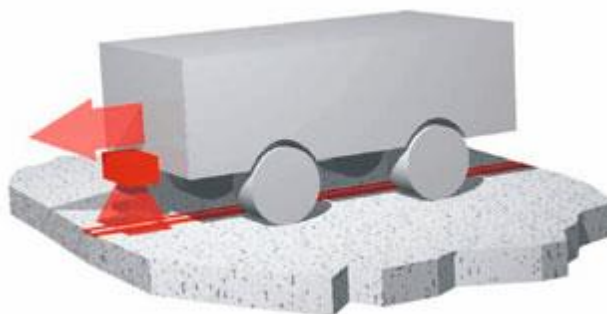
Typy navigácie:

- Riadiace prvky umiestnené na podlahe
 - optické riadiace čiary
- Riadiace prvky umiestnené v podlahe
 - magnetické riadenie
 - indukčné riadenie
- Laserová navigácia
- GPS navigácia

4.2.1 Optické riadiace čiary

Je to optická navigácia, pri ktorej je na podlahe prilepený vodiaci pásik, ktorý je pomocou senzorov na podvozku vozíka rozoznávaný a tým určovaný smer (viď

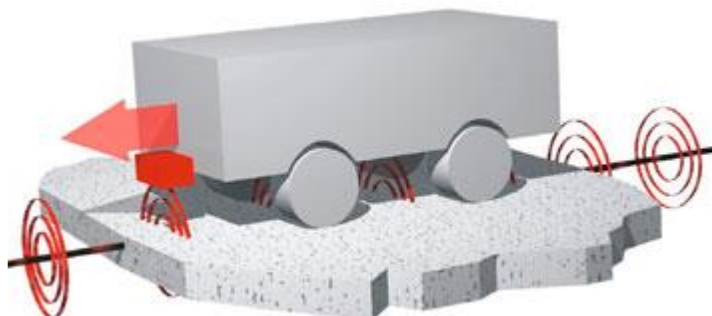
obr. 5). Na určenie kedy má vozík zrýchliť spomaliť alebo vyložiť materiál sú používané RFID tagy, ktoré sú umiestnené na podlahe.



Obr. 5 Znáznornenie princípu navigácie riadiacou čiarou [15].

4.2.2 Indukčná navigácia

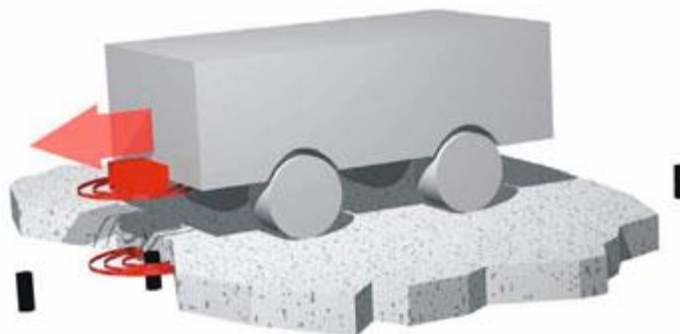
Je podobná ako pásová navigácia, ktorá ale odbúrava jej nedostatky znečisťovania pásika tým, že je pod povrchom podlahy vložený vodivý pás. Pás je napájaný striedavým prúdom určitej frekvencie a vytvára okolo seba magnetické pole. Vo vozíku je snímacia hlava, ktorá obsahuje sondy, v ktorých sa indukujú napätie a podľa veľkosti vzniknutého napätia je udávaná rýchlosť motora (vid' obr.6) [10,16].



Obr. 6 Znáznornenie princípu indukčnej navigácie [17].

4.2.3 Magnetová navigácia

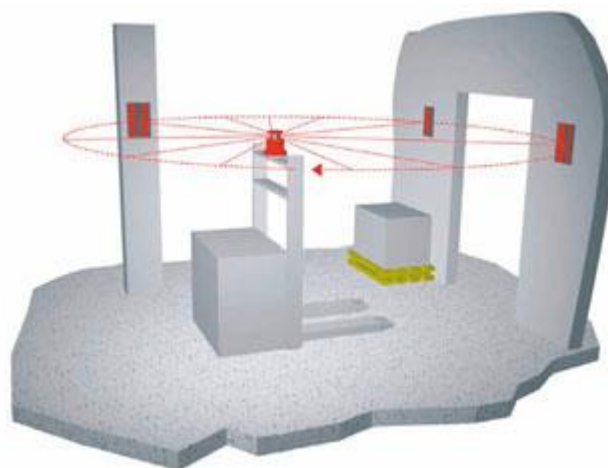
Je považovaná za „voľnú“ navigáciu, pri ktorej nie je udávaný smer pomocou pásov ale počítačom. V podlahe haly sú umiestnené značky, ktoré slúžia len na určenie polohy. Ako značky sa používajú pasívne trvalé magnety valcového tvaru o priemere 8-20 mm a dĺžke 5-30 mm. Magnety sú snímané pomocou magnetických senzorov na podvozku vozíka, ktoré odovzdávajú nasnímané dáta do hlavného procesora a ten vyhodnotí polohu vozíka. Magnety sú umiestnené vo vyvítaných dierach v podlahe, môžu byť uložené v mriežke alebo v bodoch v rade za sebou (vid' obr.7). Umiestnenie v mriežke prináša väčšiu flexibilitu. Rozostúp magnetov závisí od požadovanej presnosti riadenia vozíka. V bodovom umiestnení je rozostúp väčšinou od 1-10 m a v mriežke sú rozostúpi o niečo menšie ako šírka vozíka. Presnosť určenia polohy je lepšia ako 2 mm [10,16].



Obr. 7 Znárodnenie princípu magnetovej navigácie [18].

4.2.4 Laserová navigácia

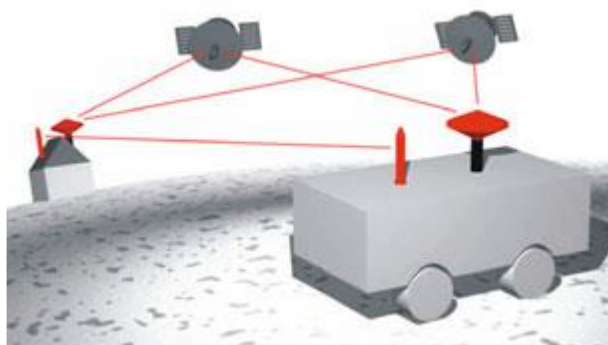
Je to voľná navigácia bez vodiaceho pásika, kde sa nemusí používať žiadny pás v alebo na podlahe, podľa ktorého bude dané zariadenie navigované. V prevádzkovej hale sú rozmiestnené reflektory, podľa ktorých bude bezobslužný vozík navigovaný. Na vozíku je umiestnený zdroj lasera, ktorý vyžaruje laserové lúče. Následne sa laserové lúče odrážajú od reflektorov späť a podľa toho v akom uhle sa odrazia, zariadenie na vozíku vyhodnotí smer. Na presné určenie pozície stačia 3 až 4 reflektory, ktoré môžu byť napr. vo forme reflexných pásov (viď obr.8) [10,16].



Obr. 8 Znárodnenie princípu laserovej navigácie [19].

4.2.5 GPS navigácia

Princíp určenia polohy je založený na meraní vzdialenosti GPS-prijímača, ktorý je umiestnený na vozíku od GPS-satelitov (viď obr.9). K tomu, aby sa dokázala presne určiť poloha je potrebný voľný priestor medzi prijímačom a satelitom, čo vo vnútro podnikovej prevádzke nie je možné, preto sa v nej používa LPR (Local Positioning Radar), ktorý má vo vnútri podniku umiestnené rádiové majáky, ktoré nahrádzajú funkciu satelitov [10,16].



Obr. 9 Znáznornenie princípu GPS navigácie [20].

4.2.6 Výhody a nevýhody

Uvedené výhody a nevýhody jednotlivých typov navigácií sú zhrnuté v tab. 1 až 5. Následne sú zhrnuté v obr. 10, kde jedna hviezdička znamená najnižšie hodnotenie a štyri hviezdičky najvyššie hodnotenie.

Tab. 1 Výhody a nevýhody optických riadiacich čiary [10].

Optické riadiace čiary	
Výhody	Nevýhody
finančne výhodné, vhodné pre jednoduché prevádzky, jednoduché riadenie.	neflexibilné, znečistenie a poškodenie čiar spôsobuje nefunkčnosť.

Tab. 2 Výhody a nevýhody indukčnej navigácie [10].

Indukčná navigácia	
Výhody	Nevýhody
jednoduché riadenie	zastarala technika, neflexibilná, nákladná inštalácia pásov do podlahy, zmena rozmiestnenia haly by bola veľmi drahá, pri poruche pásu nákladná oprava.

Tab. 3 Výhody a nevýhody laserovej navigácie [10].



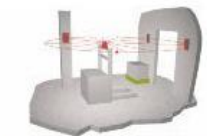
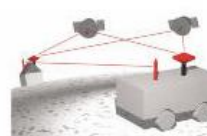
Laserová navigácia	
Výhody	Nevýhody
nie je potrebné nič inštalovať do podlahy, voľná navigácia, flexibilná, vysoká presnosť.	na stenách a stĺpoch musia byť umiestnené reflektory, reflektory sa môžu zašpiniť alebo zakryť, svetlo môže mať rušivé vplyvy na systém.

Tab. 4 Výhody a nevýhody magnetovej navigácie [10].

Magnetová navigácia			
rozmiestnenie v mriežke		rozmiestnenie v rade	
Výhody	Nevýhody	Výhody	Nevýhody
voľná navigácia, flexibilná v rámci oblasti mriežky, ovládaná počítačom.	náročná inštalácia magnetov do podlahy, väčšie finančné náklady oproti magnetom umiestnených v rade.	jednoduchšia inštalácia magnetov oproti mriežkovému umiestneniu.	len malá možnosť flexibility (odbočenie od pôvodnej trasy len o ± 30 cm).

Tab. 5 Výhody a nevýhody GPS navigácie [10].

GPS navigácia	
Výhody	Nevýhody
flexibilná, nepotrebuje žiadne reflektory.	nákladná, ak žiadosť na veľkú presnosť určenia polohy a jazdy.

	 Riadiace prvky na podlahe	 Riadiace prvky v podlahe	 Laserová navigácia	 GPS		
	Optická navigácia pomocou čiar	Indukčná navigácia	Magnetická navigácia	Laserová navigácia (reflektory)	Laserová navigácia (objekty, steny)	GPS
1. Presnosť	****	***	***	***	**	*
2. Flexibilita	**	***	**	****	***	****
3. Zložitosť konštrukcie	****	***	***	**	***	*
4. Funkčnosť pri znečistení	*	****	****	*	**	****
5. Spoľahlivosť	***	***	***	***	**	**

Obr. 10 Grafické zhrnutie výhod a nevýhod navigačných systémov [21, upravené].

4.3 AGV (Automated guided vehicle)

Patria medzi dopravné vozíky, ktoré sú najpoužívanejšími manipulačnými prostriedkami v strojárskych podnikoch. Používajú sa ako na vstupe pri preprave a skladovaní materiálu, tak aj pri medziobjektovej, vnútropodnikovej, medzioperačnej doprave [1].

Základné rozdelenie dopravných vozíkov je nasledovné:

- vozíky s ručným pohonom,
- vozíky s motorickým pohonom - s obsluhou,
- bez obsluhy (AGV).

Rozdelenie vozíkov podľa tvaru a účelu [1]:

- plošinové,
- ťahače,
- nízkozdvížné plošinové,
- vysokozdvížné vidlicové čelné,
- nízkozdvížné vidlicové,
- vysokozdvížné vidlicové s bočným ložením,
- žeriavové,
- nízkozdvížné portálové,
- nakladače,
- pojazdné.

Bezobslužné vozíky sa oproti štandardným vozíkom dajú rozoznať podľa konštrukcie, kde bezobslužné vozíky nemajú sedadlo, alebo plošinu pre obsluhu (ak sa nejedná o hybridné vozíky) a v prípade, že sa jedná o vozíky navádzané pomocou laseru majú v hornej časti umiestnený zdroj laseru.

4.3.1 Vidlicové vozíky

Sú štandardné a najviac používané vozíky, môžu mať buď jedny vidlice (viď obr. 11), alebo viaceré vidlice, pri ktorých je možné prepravovať dva a viac bremien. V skladoch sa často používajú vysokozdvížné vozíky určené pre veľké výšky (viď obr. 12), ktoré sú prispôbivé výške regálov. V prípade úzkych uličiek v sklade sa používajú vozíky s bočnými vidlicami (viď obr. 13).

Parametre vysokozdvížných vidlicových vozíkov [13]:

- Prepravované bremena: 1 - 2
- Nosnosť: 1 800 / 2 500 / 3 500 kg
- MAX zdvih 4 000 mm
- Rýchlosť: 1,5 m/sek
- Manévrovací priestor: 3 400 mm



Obr. 11 Vysokozdvížený vidlicový vozík [13].



Obr. 12 Vysokozdvížený vidlicový vozík pre veľké výšky [13].

Parametre vysokozdvížných vidlicových vozíkov pro veľké výšky [13]:

- Nosnosť: 1 200 kg
- MAX zdvih 9 000 mm
- Rýchlosť: 1,5 m/sek
- Manévrovací priestor: 3 100 mm



Obr. 13 Vysokozdvihový vozík vidlicový s bočným ložením [13].

Parametre vysokozdvihových vidlicových vozíkov s bočnou vidlicou [13]:

- Nosnosť: 1 200 kg
- Zdvih: až do 11 000 mm
- Rýchlosť: 1,5 m/sek

4.3.2 Vozíky s palubným dopravníkom

Používajú sa v oblasti montáže a často v kombinácii s automatizovanými skladmi (obr. X). Vozík bremeno nezdvíha, prijíma ho z rôznych preberacích staníc, ktoré sú na to prispôbivé (napr. dopravníky). Výhoda týchto vozíkov oproti vidlicovým je, že vozík nemusí vykonávať zložité manévry pri preberaní bremena, stačí aby pristavil pri preberacej stanici a bremeno sa rýchlo a spoľahlivo preberie. Tento spôsob preberania bremena tiež znižuje potrebu na priestor.

4.3.3 Montážne vozíky

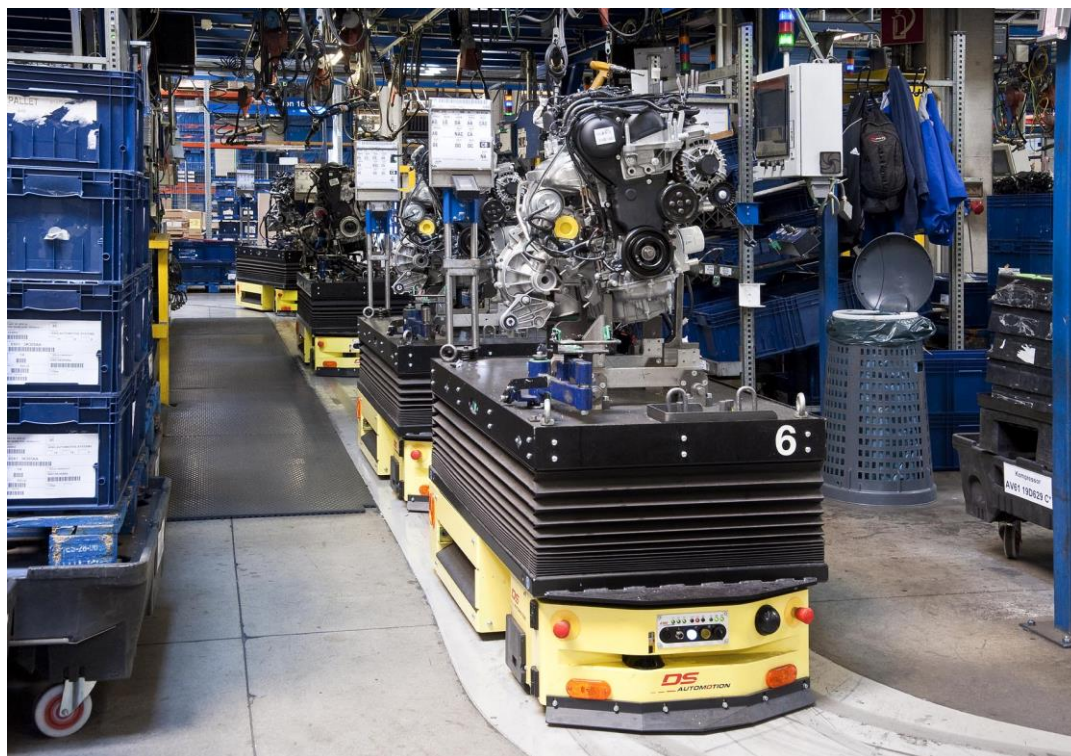
Najčastejšie sa používajú v automobilovom priemysle pri montáži motorov, karosérií (vid' obr. 14,15,16). Sú prispôbivé veľkosti a hmotnosti montovaného objektu a na plošine majú umiestnené prípravky pre daný montážny kus. Sú vhodné len do veľkosériovej montáže. Z dôvodu, že sa vyskytujú v neustálej bezprostrednej blízkosti pracovníkov, musia spĺňať prísne bezpečnostné predpisy.



Obr. 14 Vozík s palubným dopravníkom [22].

Parametre vozíka s palubným dopravníkom [13]:

- Prepravované bremená: 2 / 4
- Nosnosť: 3 000 kg
- Rýchlosť: 1,5 m/sek



Obr. 15 Montáž motorov [23].



Obr. 16 Montážny vozík v automobilovom priemysle [24].

4.3.4 Ťahače

Ťahače majú dvoje prevedenia ťahacie a podbiehacie. Ťahacie prevedenie (vid' obr. 17) za sebou ťahá vozíky s materiálom a podbiehacie prevedenie (vid' obr. 18) premiestňujú bremená, tak, že podídu pod premiestňované bremeno a nadvihnú ho pomocou zdvíhacieho zariadenia. Bremená môžu byť napr. roltejnery so súčiastkami alebo spojovacími materiálmi, ktorými zásobuje montážne pracovisko, alebo výrobné linky. V prípade ťahacieho prevedenia sa používajú vagóny, ktoré sú vybavené buď valčekovými dopravníkmi (vid' obr.19) alebo C-rámom (vid' obr.20). Funguje to tak, že AGV vozík pristaví vagóny pri stanoviskách, ktoré sú prispôsobené nato, aby boli schopné prevziať materiál z týchto vagónov. Následne po pristavení, vagóny predajú požadovaný materiál pomocou hnaných valčekových dopravníkov alebo pneumaticky ovládaných C-rámov na stanoviská, z ktorých si ich pracovník odoberie. Obdobou pojazdných vozíkov sú vzduchové vankúše, ktoré bremeno nielen zdvihnú, ale vytvoria aj vzduchový film, ktorý znižuje trenie a tým je možné manipulovať s omnoho ťažšími bremenami.



Obr. 17 Ťahacie prevedenie [25].



Obr. 18 Podbiehací vozík [10].

Parametre ťahača s ťahacím prevedením [25]:

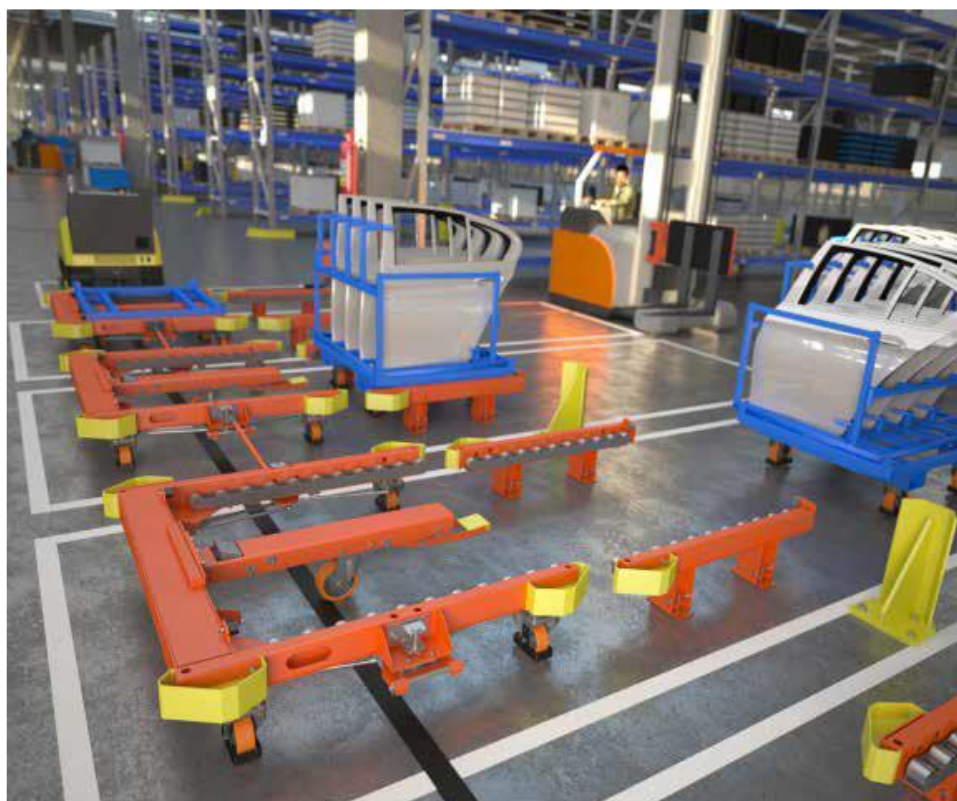
- Maximálna hmotnosť ťahaného nákladu: 500 / 1300 / 2000 / 3000 kg
- Maximálna rýchlosť: 1 m/s

Parametre ťahača s podbiehacím prevedením [25]:

- Maximálna hmotnosť ťahaného nákladu:
 - 1000 kg priamo na ťahači
 - 1300 kg na vagóne
- Maximálna rýchlosť: 1 m/s



Obr. 19 Ťahací AGV vozík s valčekomými dopravníkmi [26].



Obr. 20 Ťahací AGV vozík s C-rámom [26].

4.4 Vzduchové vankúše

V prípade manipulácie s väčšími záťažami, akými sú napríklad dieselové motory, lokomotívy, alebo trupy lietadiel by obyčajné automatizované vozíky museli byť zbytočne zložité na konštrukciu a preto sa v tomto prípade používajú vzduchové vankúše, ktorých nosnosť dosahuje až 1000 ton a viac [27].

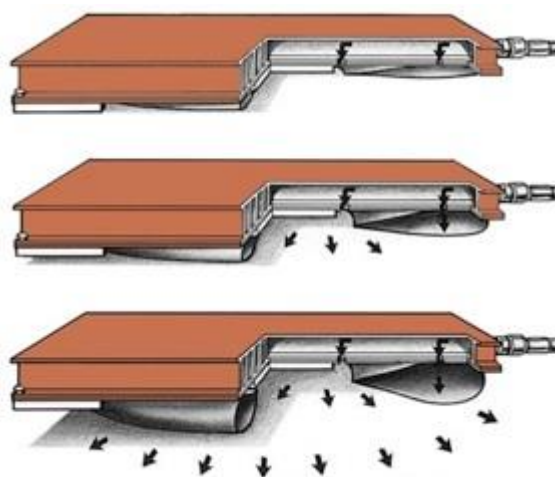
-je to manipulácia s materiálom vykonávaná na vrstve vzduchu, ktorý prúdi medzi opornou plochou manipulačnej jednotky a podlahou [28].

Vzduchové vankúše sú vyrobené z vystuženej gummy kruhového tvaru, pripievanej ku hliníkovému telu. Pokiaľ do modulu neprúdi vzduch, leží na podložke. Moduly konštruované na väčšie záťaže sú vybavené stabilizačnými podložkami v rohoch [29].

Vankúše sú umiestňované pod náklad. Kvôli zabezpečeniu stability sú umiestnené minimálne na tri miesta. Navzájom sú prepojené s riadiacou jednotkou a s kompresorom. Vankúše by mali byť umiestnené čo najďalej od seba z dôvodu rozloženia hmotnosti a zabezpečenia stability.

Manipulácia so vzduchovými vankúšmi sa skladá z dvoch krokov (viď obr.21) [29]:

1. Po pripojení hadice, ktorá dodáva stlačený vzduch, sa postupne začnú moduly plniť vzduchom, až pokiaľ sa úplne nevyplní priestor medzi nákladom a podlahou.
2. Keď je tlak vo vankúšoch väčší ako tlak nákladu pôsobiaci na vankúše, vzduch začne unikať popod vankúš do prostredia, čo spôsobí, že sa medzi vankúšom a podlahou vytvorí tenký vzduchový film, ktorý zníži trenie a tovar sa môže takmer bez trenia presunúť na požadované miesto.



Obr. 21 Znáznornenie princípu vzdušného vankúša [30].

Ovládaný môže byť ručne pomocou ručného ovládača na diaľku alebo automatizovaným systémom, ktorý je schopný dosiahnuť presnosť ustavenia $\pm 0,1$ mm [31]. Ako navigáciu automatizovaného zariadenia je vhodné použiť aj vodiaci pásik, ktorý je jednoduchou a lacnou možnosťou, ktorá taktiež ako vzduchový vankúš potrebuje zvýšené požiadavky na podlahu, pretože čím hladšia, rovnejšia a vzduchotesná podlaha je, tým je menšia spotreba stlačeného vzduchu.

Vlastnosti [29,31]:

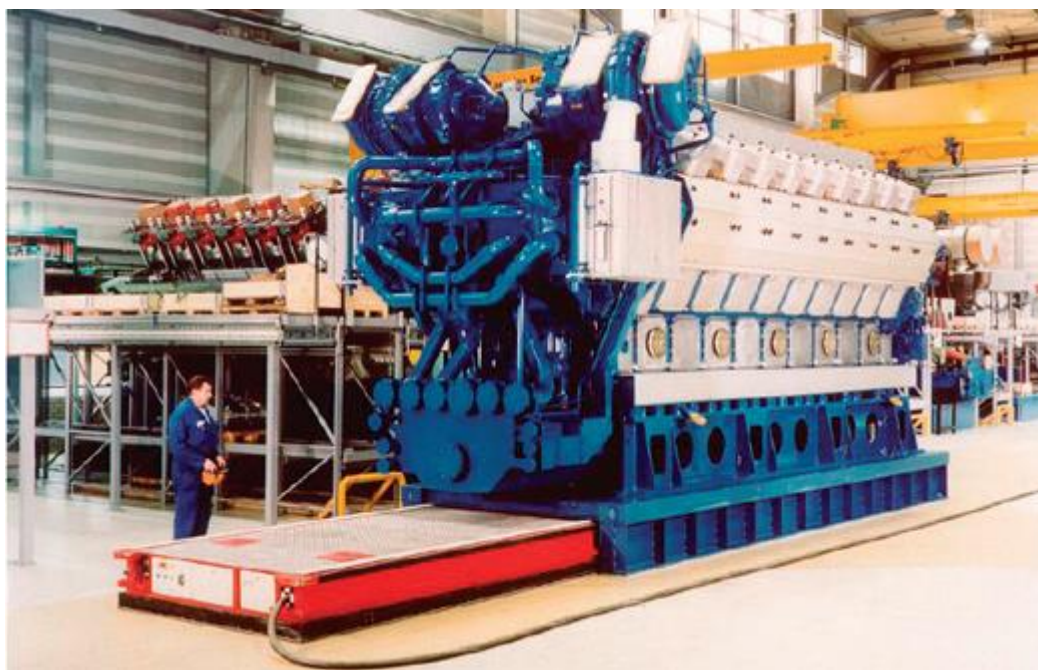
- pohyb nákladu teoreticky bez trenia ($m=0,001$),
- pohyblivosť vo všetkých smeroch,
- presnosť ustavenia $\pm 0,1$ mm,
- jednoduchá,
- nízke náklady na investíciu, prevádzku a údržbu,
- možnosť ovládať ručne pomocou ručného ovládača na diaľku alebo automaticky,
- takmer neobmedzená nosnosť,
- zvýšené požiadavky na podlahu,
- žiadne opotrebenie podlahy.

Použitie:

Vzduchové vankúše vytlačili používanie koľajníc na manipuláciu, vo výrobnjej hale pre koľajnicové vozidlá. Z dôvodu, že s použitím vzduchových vankúšov sa investičné náklady znížili o 50 % a produktivita práce sa naopak o 20 až 40 % zvýšila [31]. Ďalej sa používajú pri montáži lietadiel, autobusov, vlakových vagónov (vid' obr.22) a na prepravu ťažkých strojov (vid' obr.23) atď.



Obr. 22 Montáž vlakových vagónov [32].



Obr. 23 Preprava 140 tonového dieselového motora [33].



Obr.24 Manipulácia s vagónom pomocou vzduchového vankúša [34].

4.5 Porovnanie AGV s konvenčnými manipulačnými prostriedkami

Budú sa porovnávať rôzne typy konvenčných manipulačných zariadení s AGV vozíkmi v rôznych oblastiach použitia.

4.5.1 AGV vs dopravníky v montážnej linke

Valčekové dopravníky

Sú pevne umiestnené dopravníky a sú tvorené sústavou valčekov, ktoré sa otáčajú okolo vlastnej osi a sú uložené v ráme dopravníka. Prepravujú výhradne kusový materiál medzi pracoviskami. Najviac sú vhodné pre montážne linky, pretože pri príprave tovaru k odberu a k preprave sú neflexibilné, pomalé a drahé, navyše by zatarasili cesty a priechody. Rozdeľujú sa na gravitačné a poháňané [35,36].

Závesné dopravníky

Slúžia na prepravu kusových tovarov. Prepravovaný tovar je zavesený na držiakoch pripevnených na reťazi dopravníka, ktorá je umiestnená v profile dopravníka. Použitie napr. pri montáži automobilov. Hlavnou výhodou je využitie nad podlažného priestoru.

Použitie závesných dopravníkov závisí hlavne od druhu prevádzky. Nedajú sa obecné porovnávať s ostatnými dopravníkmi, ale v prípade keď je ich použitie vhodné, sú vždy cenovo výhodné a často sa používajú v kombinácií s AGV systémami [35,36].

Výsledky porovnávania závisia od toho ako je rozmiestnená linka. Čím jednoduchšie je rozmiestnenie, tým vhodnejšie je použitie montážnych dopravníkov. Komplexné rozmiestnenie linky spolu s valčekovými dopravníkmi môže spôsobiť obmedzenie dostupnosti prístupu a zablokovanie ciest. Najvhodnejšie je oválové rozmiestnenie, pri ktorom majú dopravníky výhodu, že vedú jednoducho zabezpečiť konštantné posuvy a pri stálej plynulej montáži nie je potrebný žiadny bezobslužný systém. Avšak takéto rozmiestnenie je väčšinou nerealizovateľné.

Z pohľadu techniky sú montážne dopravníky jednoduchšie a spoľahlivejšie.

Najväčšia výhoda bezobslužných systémov je ich flexibilita pri zmene rozmiestnenia linky. Pri montážnych dopravníkoch by to bolo len ťažko realizovateľné a drahé. Pritom ku zmene linky môže dochádzať dosť často, napr. pri optimalizácii linky, pri zmene vyrábaného produktu atď.

Dôležitý význam má aj to, či sa na linke nachádzajú automatizačné stanice, ktoré vyžadujú vysokú presnosť ustavenia a uchytenie veľkými silami. Príklad pre takúto linku je montáž blokov motorov. Pre montážne dopravníky to nie je problém, avšak pri bezobslužných dopravníkoch sa to odráža na cene [36].

4.5.2 AGV vs manuálne ovládané vozíky pri preprave tovaru

Do oblasti manuálne ovládaných vozíkov patria nízkozdvížené vozíky, vysokozdvížené vozíky, ťahače alebo aj manuálny paletový vozík.

Manuálne pozemné dopravníky sú vhodné hlavne k preprave. Pri pomalej montáži a zdĺhavej príprave tovaru by boli vzhľadom k personálnym nákladom neekonomické využiť.

Automatizovaný systém má hlavnú výhodu v kvalite prevozu, zabraňuje poškodeniu tovaru, stien, regálov, dverí apod. pri transporte. Zabezpečuje optimálny materiálový a informačný tok a tým zvyšuje transparentnosť. Pri automatizovanom transporte

nedochádza k chybným dodávkam, je to spoľahlivý spôsob transportu, ktorý pracuje kontinuálne bez prerušenia [36].

Porovnanie z hľadiska nákladov

Pri porovnávaní celkových nákladov, nie len prvotných investícií, je z dlhodobého hľadiska lepšia automatizovaná varianta, pri ktorej sú nižšie náklady na prevádzku. Bezobslužné vozíky sú vyrábané pre dlhodobé použitie a majú životnosť 10 rokov a viac, manuálne ovládané vozíky majú životnosť cca. 3-4 roky. Pri manuálne ovládaných vozíkoch sa musia zohľadňovať aj personálne náklady. V dvojzmennej prevádzke sa musí na jedno vozidlo rátať s tromi vodičmi. Pri celkových ročných nákladoch stojí jeden vodič cca. 1 080 000 Kč [36].

5 NÁKLADY

Kľúčové faktory, ktoré ovplyvňujú rozhodnutie pri zavedení AGV do podniku, sú počiatkové náklady a samozrejme návratnosť investície.

Porovnanie nákladov vysokozdvížných vozíkov s AGV vozíkmi je najlepšie vysvetliť na praktickom príklade.

V tomto príklade bude dráha, po ktorej sa budú AGV vozíky pohybovať približne 400 m a na tejto dráhe sa nachádza 10 prekladacích stanovišť, ktoré sa budú skladať z valčekových dopravníkov. Dráha je kruhového tvaru. V prípade AGV je teda vhodné použiť vozíky s palubnými dopravníkmi (obr. 14). Prepravované budú europalety s tovarom o hmotnosti 1,2 t. Životnosť vysokozdvížného vozíka je približne 5 rokov, v prípade automatizovaných vozíkov je to približne 8 rokov. Následne je treba zistiť, koľko bude treba použiť automatizovaných vozíkov, aby sa pri rovnakom prepravovanom množstve nahradil jeden vysokozdvížný vozík [16].

V takomto prípade sa vychádzať z priemerných hodnôt oboch strojov, ktoré sú nasledovné:

- Rýchlosť prepravy
 - Vysokozdvížný vozík: 9,5 km/h
 - AGV vozík s palubným dopravníkom: 5,4 km/h
- Čas nakladania
 - Vysokozdvížný vozík: 5 s
 - AGV vozík s palubným dopravníkom: 10 s
- osobný dodatočný čas vodiča: 10 %

Z toho sa udáva čas potrebný na vykonanie jedného okruhu (400 m) vrátane jedného naloženia bremena.

- Vysokozdvížný vozík: 173 s
- AGV vozík s palubným dopravníkom: 277 s

Z potrebných časov je zrejmé, že jeden vysokozdvížný vozík musí byť nahradený približne s 1,6 AGV vozíkmi s palubnými dopravníkmi.

Ak budú použité len vysokozdvížné vozíky, potom ročné prevádzkové náklady budú nasledovné (viď tab. 6):

Tab. 6 Investičné a prevádzkové náklady vysokozdvížného vozíka [16].

1.0	Investícia	
1.1	Trojkoľosový elektrický vysokozdvížný vozík 1,5 t	540 000 Kč
1.2	Batéria (24 V; 800 Ah)	160 000 Kč
1.3	Nabíjačka	40 000 Kč
1.4	Celkové investičné náklady	740 000 Kč
2.0	Stanovenie stálych nákladov	
2.1	Odpis (20 % z 1.1 a 1.2)	140 000 Kč

2.2	Odpis (6,7 % z 1.3)	3 000 Kč
2.3	Úrok (4% z 1.4)	30 000 Kč
2.4	Stále ročné náklady	173 000 Kč
3.0	Stanovenie premenlivých nákladov	
3.1	Údržba (12% z 1.4)	90 000 Kč
3.2	Cena energie (5,4 Kč/kWh)	30 000 Kč
3.3	Premenlivé ročné náklady	120 000 Kč
4.0	Ročné prevádzkové náklady (2.4 a 3.3)	293 000 Kč
5.0	Ročné náklady na mzdy	970 000 Kč
5.1	Celkové ročné náklady	1 263 000 Kč

Potom:

- počet vysokozdvížných vozíkov [ks]: 1 2 3
- ročné prevádzkové náklady [miliónov Kč]: 1,26 2,53 3,79

V prípade dvojzmennej prevádzky sa musí na jeden vozík rátať s tromi vodičmi [10].
Potom ročné náklady na mzdy budú trojnásobné.

Ak budú použité len AGV vozíky s palubným dopravníkom, potom ročné prevádzkové náklady budú nasledovné (viď tab. 7):

Tab. 7 Investičné a prevádzkové náklady AVG vozíka [16, upravené].

Stanovenie prevádzkových nákladov						Mena
Počet vozíkov	1	2	3	4	5	[Kč]
1.0 Investícia						
1.1 Vozík, batérie, nabíjačka	726,3	1 992,6	2 988,9	5 065,2	4 984,2	x10 ³
1.2 Riadiaci systém	1 185,3	2 978,1	2 978,1	2 978,1	2 978,1	
1.3 Prekladacie stanoviská	783,0	783,0	783,0	783,0	783,0	
1.4 Zadávacia doska	-	135,0	135,0	135,0	135,0	
1.5 Celkové investičné náklady	2 961,9	5 888,7	6 885,0	7 881,3	8 880,3	x10 ³
2.0 Stanovenie stálych nákladov						
2.1 Odpis (12,5 % z 1.5)	369,9	734,4	861,3	985,5	1 109,7	x10 ³
2.2 Úrok (4% z 1.5)	118,8	243,0	302,4	315,9	353,7	
2.3 Stále ročné náklady	488,7	977,4	1 163,7	1 301,4	1 463,4	x10 ³
3.0 Stanovenie premenlivých nákladov						
3.1 Údržba (12% z 1,5)	356,4	707,4	826,2	945,0	1 063,8	x10 ³
3.2 Cena energie (8,1 Kč/kWh)	8,1	16,2	24,3	32,4	40,5	
3.3 Premennivé ročné náklady	364,5	723,6	850,5	977,4	1 104,3	x10 ³
4.0 Ročné prevádzkové náklady	853,2	1 701,0	2 014,2	2 278,8	2 567,7	x10 ³

Porovnanie ročných prevádzkových nákladov:

- | | | | |
|--|------|------|------|
| • počet vysokozdvížných vozíkov [ks]: | 1 | 2 | 3 |
| • ročné prevádzkové náklady [miliónov Kč]: | 1,26 | 2,53 | 3,79 |

tomu odpovedá

- | | | | |
|--|------|------|------|
| • počet AGV vozíkov [ks]: | 2 | 4 | 5 |
| • ročné prevádzkové náklady [miliónov Kč]: | 1,70 | 2,28 | 2,57 |

Dôležité však je, s akým množstvom sa má manipulovať za jednu zmenu. V prípade, že za jednu zmenu, ktorá má 8 hodín, má byť premiestnených 150 palet (= 150 okruhov po 400 m) sa musí podľa vzťahu (5.1) zistiť, koľko palet je schopný prepraviť jeden vozík a následne vypočítať podľa vzťahu (5.2), koľko sa potrebuje vozíkov na vykonanie tejto manipulácie.

Počet palet, ktoré je možné prepraviť jedným vysokozdvížným vozíkom za zmenu:

$$n_p = \frac{t_s}{t_o} \quad (5.1)$$

$$n_p = \frac{28800}{173} = 166 \text{ ks}$$

- kde: n_p [ks] - počet palet premiestnených 1 vozíkom za zmenu,
 t_s [s] - čas jednej zmeny,
 t_o [s] - čas potrebný na vykonanie jedného okruhu.

Počet potrebných vysokozdvížných vozíkov pre manipuláciu so 150 paletami:

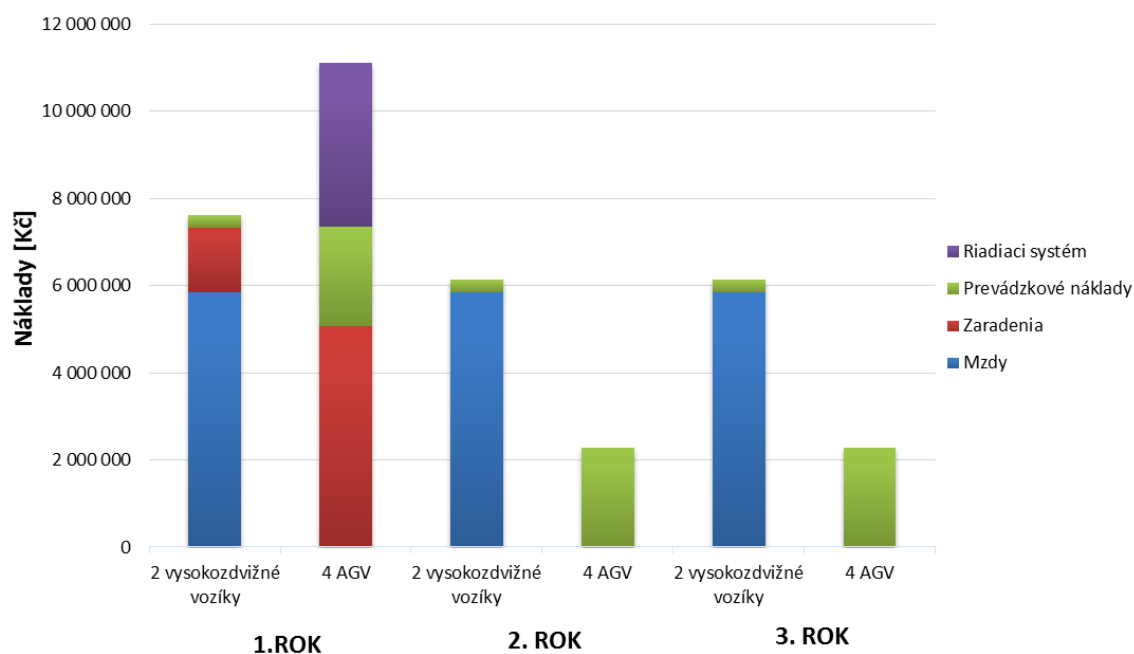
$$n_v = \frac{n_{pp}}{n_p} \quad (5.2)$$

$$n_v = \frac{150}{166} = 0,9 \rightarrow 1 \text{ ks}$$

- kde: n_v [ks] - počet potrebných vozíkov na zmenu,
 n_{pp} [ks] - počet palet potrebných premiestniť za zmenu,
 n_p [ks] - počet palet premiestnených 1 vozíkom za zmenu.

V tomto prípade by použitie AGV bolo nevýhodné, jak z hľadiska investičných nákladov, tak aj prevádzkových. Preto o použití AGV vozíkov sa dá uvažovať len vtedy, ak sa má manipulovať s takým množstvom, pri ktorom je potrebné použiť minimálne dva vysokozdvížné vozíky,

Pretože na obr. 25 je vidieť, že v prípade použitia dvoch vysokozdvížných vozíkov v jednej zmene, by použitie AGV vozíkov bolo finančne veľmi výhodné a návratnosť investície by bola len dva roky.



Obr. 25 Porovnanie ročných nákladov.

6 POUŽITIE AGV V STROJÁRSTVE

Oblasť použitia automatizovaných vozíkov je všestranná. Okrem strojárskoho priemyslu sa používajú aj v potravinárstve, výrobe nápojov, liečiv, odevnom priemysle, výrobe plastových fólií, nábytku, tkanín, výrobe papieru, farieb, drevených výrobkov a dokonca aj v zdravotníctve [13].

Používa sa výhradne na premiestňovacie operácie, ktoré vykonávajú polohové zmeny z jedného miesta do druhého. Jedná sa väčšinou o uchopenie, dopravu a uloženie. Proces nakládky a vykládky je prerušovaný a z technického a ekonomického hľadiska je to proces najnáročnejší a najdrahší [1].

Ich použitie je všestranné aj vďaka týmto argumentom [10]:

- organizovaný materiálový a informačný tok; tým zvýšená transparentnosť, vnútropodnikových logistických chodov,
- vždy presné prepravné procesy,
- zminimalizovanie času čakania na tovar v montážnej alebo výrobnjej oblasti,
- zníženie personálnych nákladov,
- zminimalizované škody spôsobené prepravou,
- zminimalizovanie chybných dodávok,
- vysoká spoľahlivosť a použiteľnosť,
- vysoká presnosť pri preberaní tovaru, materiálu,
- rôznorodé dodatočné funkcie: prenášať ďalej dáta, vážiť tovar, organizovať, proces, spravovať sklad, rozpoznať tovar, nájsť paletu atď.

Z prevažnej časti nahradzujú AGV hlavne manuálne ovládané vozíky z dôvodu, že približne 75 % z prevádzkových nákladov vysokozdvížneho vozíka sú mzdové náklady [16]. Preto hľadajú podniky spôsob ako sa týmto nákladom vyhnúť alebo ich aspoň znížiť. Ako najčastejší spôsob náhrady konvenčnej prepravy s obsluhou je použitie automatizovaných bezobslužných prepravných systémov, ktoré využívajú na prepravu materiálu (tovaru) automatizované bezobslužné vozíky (AGV), riadené počítačovým systémom.

Hlavná oblasť použitia je vo vnútropodnikovej logistike čiže v organizácii, riadení, optimalizovaní vnútropodnikového materiálového toku a informačného toku v priemysle. Väčšinou sa používajú v halách napríklad pri prijímaní tovaru, na montážnych pracoviskách k zásobovaniu tovaru alebo k jeho odberu, v skladoch k uskladňovaniu alebo k príprave tovaru na odber.

Príklad použitia:

Napríklad pri uvažovaní nahradiť manuálne ovládaný vidlicový vysokozdvížny vozík automatizovaným vysokozdvížnym vozíkom často podnik prihliada na výhody manuálneho vysokozdvížneho vozíka ako sú jeho výkonnosť a vysoká flexibilita. Ak sa ale lepšie pozrie na danú problematiku zistí, že aj bezobslužné systémy majú vysokú výkonnosť a dokonca dlhodobú výkonnosť s vysokou využiteľnosťou, ktorá je samozrejme spôsobená tým že zariadenia nepotrebujú obsluhu.

Vysoká flexibilita vozíka je potrebná len vtedy, ak sa jedná o úlohu, ktorá nebola optimálne štruktúrovaná alebo v prípadoch, ktoré sú zriedkavé a nie je možná jej štruktúracia. Väčšinou ale tieto úlohy majú skrytý potenciál na optimalizáciu, po ktorej je možné použiť bezobslužné systémy. S bezobslužnými systémami potom prichádza dlhodobá usporiadanosť a spoľahlivosť v danej úlohe, pre ktorú budú použité, príkladom toho sú napr. jasne definované prepravné dráhy.

Pri pozorovaní skutočného stavu a pomocou zavedenia jednoduchých pravidiel v riadiacom systéme bezobslužného transportného systému sa následne podarí doceliť pozitívnych zmien, poprípade zníženie negatívnych. Prebiehajúce zmeny v chode, produkcii atď. môžu byť s prispôbenou intralogistikou zastrešené pod jedným systémom, tak môže bezobslužný transportný systém s jednoduchými pravidlami chod logistiky optimalizovať a s pribúdajúcou náročnosťou rásť.

6.1 Zlievarne

Manipulácia s materiálom v zlievarenských podnikoch je z veľkej časti vykonávaná manuálnymi zariadeniami

V bežných zlievarňach sa spravidla veľa činností vykonáva pomocou žeriavov, ktorých manipulácia sa môže navzájom skrížiť, keď sa vyžadujú premiestniť bremená z bodu A do bodu B. Potom vznikajú stratové časy, ktoré sú nežiaduce a neproduktívne [37]. Vzhľadom k tomu sa používajú s kombináciou so žeriavmi aj pozemné vozíky, ktoré sú obsluhované manuálne. Avšak, ak sú vhodné podmienky, je možné použiť aj bezobslužné vozíky. Príkladom toho je koncern Kurtz Ersä.

Koncern Kurtz Ersä, ktorý sa nachádza v nemeckom mestečku Hasloch ako prvý investoval 12 miliónov eur do modernizácie svojej zlievarne, v ktorej použili automatizovaný manipulačný systém s najmodernejšou odvetrávacou technikou, s ktorou sa zlepšila pracovná klíma, v ktorej sú horúčavy minulosťou a tým sa znížilo aj zaťaženie pracovníkov na zdravie.

V zlievarni sa nachádzajú štyri automatizované vozíky, ktoré sa cyklicky pohybujú medzi formovňou (viď obr.26), liacou halou, ochladzovacou halou (viď obr.27) a halou, kde sa vytŕkajú odliatky z foriem.

Haly sú od seba navzájom oddelené a každá hala je riadená ako samostatná produkčná jednotka. Haly sú náchylné na prach a špinu, preto je zametací stroj, ktorý je obsluhovaný zamestnancom, pravidelne v prevádzke.

Funkcia vozíkov je transport foriem na ich požadovanú polohu. Pohybuje sa prakticky z bodu A do bodu B, potom do C atď. Kde, každé písmeno predstavuje dopredu vypočítané a zvolené miesto (stanicu) v produkčnom reťazci [37].



Obr. 26 Automatizovaný vozík vo formovni [37].



Obr. 27 Automatizovaný vozík v ochladzovacej hale [37].

Vozíky sú naprogramované tak, aby vedeli kam sa majú v halách o veľkosti takmer 3000 m² v nasledujúcej minúte pohnúť.

Nebezpečenstvo kolízie nárazu je nulové, čo je dôležité z hľadiska prevážania niekoľko tonového nákladu. Zabezpečujú to senzory komunikačné technológie, o ktoré sa stará dispečing.

Dispečing je vybavený monitormi, na ktorých môžu sledovať procesné dáta, ktoré umožňujú optimálne priebežné časy. Na jednom monitore majú vizualizované jednotlivé miesta automatizovaných vozíkov. Na ďalšom je stav taviacej pece a jej vyzdívky [37].

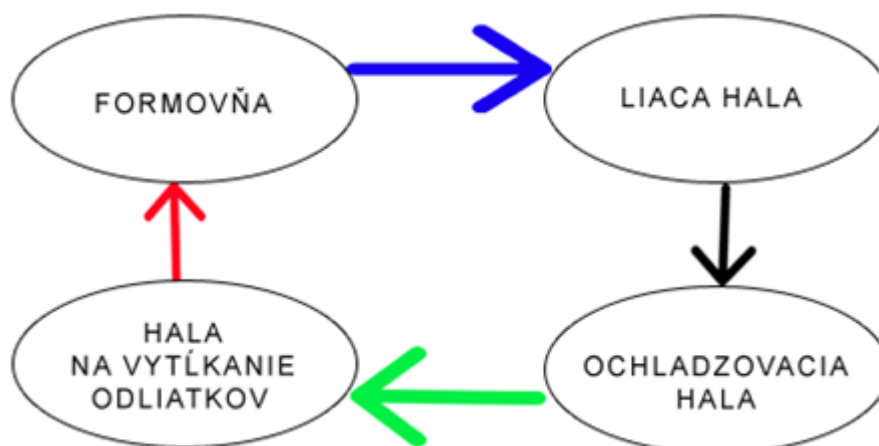
Zlievarne pomocou kombinácie jednotlivých elementov získali extrémne flexibilný procesný reťazec, v ktorom manuálne dokončovacie operácie, ako plnenie foriem môže byť optimálne kombinované s automatizovaným logistickým systémom.

Produktivita výroby so zavedením automatizovaného systému sa takmer zdvojnásobila a kvalita pracovných miest sa z viacerých hľadísk taktiež zlepšila.

Vďaka inteligentnému riadeniu a taktovaniu produkcie sú tavenia vykonávané na moment presne s najvyššou kvalitou [37].

Postup:

Automatizovaný vozík číslo 1 (viď obr. 28 zelená šípka) preváža vychladnutú formu z ochladzovacej haly do haly, kde sa odliatky vyklepávajú. Medzitým bol akurát jeden odliatok zbavený posledného formovacieho piesku a forma sa vracia s vozíkom číslo 2 (viď obr. 28 červená šípka) do formovne. Počas toho zároveň vozík číslo 3 (viď obr. 28 modrá šípka) vyzdvihol dve formy z formovne a smeruje do liacej haly. Od vozíka číslo 4 (viď obr. 28 čierna šípka) bola akurát premiestnená forma z liacej haly do chladiacej a od toho momentu začne riadiaci systém odpočítavať čas potrebný na vychladnutie. Po vypršaní ochladzovacieho času vykoná riadiaci systém príkaz pre automatizovaný vozík k vyzdvihnutiu vychladnutej formy a k premiestneniu do haly na vytĺkanie odliatku z formy. Môže sa stať, že vychladnutú formu prevezme vozík číslo 1,2 alebo 3 a nie bezpodmienečne číslo 4 [37].



Obr. 28 Pohyb vozíkov medzi halami v zlievarni.

6.2 Automobilový priemysel

Automatizované vozíky sa stali neodlúčiteľnou súčasťou manipulačných zariadení v automobilovom priemysle. Vďaka tomu, že sa v automobilovom priemysle jedná výhradne o hromadné sériové výroby, je možné materiálový tok v podnikoch dokonale optimalizovať a automatizovať.

Uplatnenie majú rôzne, používajú sa pri zásobovaní montážnych liniek súčiastkami a dielmi. Kde pracovník na montážnej linke nahlási, pomocou preskenovania čiarového kódu, aký materiál mu chýba, ten je následne vyzdvihnutý zo skladu a predaný automatizovaným vozíkom. Vozíky presne vedú kam a komu ich treba doviesť, na ako dlho sa majú presne zastaviť, kedy bude robotník hotový a kedy k nemu má vyraziť ďalší vozík. Tým sa dosiahne úplná minimalizácia čakacích časov pracovníka, s ktorými sú spojené výrobné náklady.

Ďalšie uplatnenie je priamo v montážnych linkách motorov (viď obr. 30), karosérií apod., kde sa používajú montážne vozíky. Pri montáži karosérií s podvozkom (obr. 29) sa používajú spoločne so závesnými dopravníkmi, na ktorých sú zavesené karosérie a na

montážnych vozíkoch sú umiestnené podvozky. Vozíky sa musia na montovanej stanici ustaviť s vysokou presnosťou a taktiež disponovať zvýšenou bezpečnosťou z dôvodu, že sa nachádzajú v bezprostrednej blízkosti pracovníkov. Automatizované vozíky sú pre túto činnosť vhodné predovšetkým, kvôli udržaniu plynulého materiálového toku, flexibilita a nízkym prevádzkovým nákladom [10,16].



obr. 29 Montáž karosérie s podvozkom [21].



obr. 30 Montáž motorov [38].

Celkovo by sa použitie AGV vozíkov dalo zhrnúť do nasledovných oblastí [39]:

- preprava a príprava zvitkov plechu do lisovne,
- preprava karosérií pri montáži dverí na karosériu,
- zásobovanie súčiastkami a dielmi a odoberanie prázdnych prepraviek a odpadu z montážnych pracovísk,
- montáž motorov, prevodoviek a preprava medzi jednotlivými pracovnými pracoviskami
- preprava a montáž podvozku a karosérie k svadbe (spojeniu podvozku a karosérie)
- preprava hotových automobilov do skúšobne

6.3 Letecký priemysel

Automatizované dopravné prostriedky na vzduchovom vankúši si v posledných rokoch v leteckom priemysle vydobyli miesto pri riešení dopravy ťažkých a rozmerných dielov. Konečná montáž Airbusu je vykonávaná pomocou špeciálne vyvinutého dopravného systému na vzduchovom vankúši. Montáž vyžaduje od dopravného prostriedku zvláštne požiadavky, pretože trup, lietadlo a mobilné pracovné plošiny je treba pri konečnej montáži presúvať. To kladie vysoké nároky na nosnosť a obzvlášť efektívnym a flexibilným riešením je použitie dopravného systému na vzduchových vankúšoch. Pre tieto dopravné úlohy bol vyvinutý nový automatizovaný nosič na vzduchovom vankúši pre dopravu trupu a diaľkové ovládanie nosiča pre plošiny. Tento počítačom riadený nosič spojuje vlastnosti dopravných prostriedkov na vzduchovom vankúši a automatických dopravných prostriedkov, tzn. veľmi vysokú flexibilitu a presnosť ustavenia. Vzduchové vankúše sú navigované riadiacimi čiarami a prepravu 45 metrov dlhého a 16 ton ťažkého trupu (viď obr. 31) z montážneho pracoviska trupu na montážne pracovisko krídiel je schopný ustaviť s presnosťou 0,1 milimetra [31]. Na jeho prepravu sa používa dopravný systém, ktorý sa skladá z hlavných komponentov, ktorými sú [31]:

- dva nosiče, ktoré nie sú mechanicky prepojené,
- dve zdvíhajúce zariadenia so synchronizáciou,
- prípravky pre ustavenie trupu na nosiči, upevnené na zdvižnom stole.

Transport je synchronizovaný s vysokou presnosťou za pomoci použitia senzorov a počítačov. Riadiaci software zdvižného systému dovoľuje ustavenie do naprogramovanej výšky a taktiež je schopný trup nahnúť [31].

Všetky motory a pohonné jednotky sú poháňané stlačeným vzduchom, takže nie je potreba prívodu inej energie.



Obr.31 Preprava trupu pomocou vzduchových vankúšov [40].

ZÁVER

Automatizované systémy sú čím ďalej, tým viac používané v rôznych oboroch hlavne vo vnútro podnikovej logistike, čo vypovedá o jej flexibilitate, ktorá je vyžadovaná nie len strojárskymi podnikmi.

V strojársky podnikoch sa dobre kombinujú s konvenčnými metódami manipulácie, ako sú napríklad žeriavy a závesné dopravníky, taktiež valčekové dopravníky sú potrebné najmä pri použití palebných vozíkov s valčekovými dopravníkmi, kde nám umožňujú nakládku a vykládku materiálu, či už na pracovné miesta alebo do skladov, ktoré sú v prípade použitia automatizovaných vozíkov zväčša tiež optimalizované.

Z toho vyplýva, že automatizovaný systém nie je uspôsobený nato, aby kompletne nahradil konvenčné metódy, ale aby s nimi dokázal plne spolupracovať za účelom zvýšenia výkonu, efektivity a zníženia nákladov.

Z dôvodu nákladov sú nahradzované hlavne manuálne ovládané vozíky, ktoré oproti AVG vozíkom, ktoré sú riadené automatizovaným systémom majú približne až trojnásobné prevádzkové náklady, ktoré sú spôsobené mzdami pre pracovníkov. Avšak AVG vozíky majú na druhú stranu väčšie počiatkové náklady (vid' obr.25) preto sa musí zohľadňovať veľa faktorov pri výbere medzi nimi. Medzi jedných z faktorov je napríklad aj sériovosť výroby.

AVG vozíky majú vyššiu životnosť, preto sú vhodnejšie do hromadnej sériovej výroby, kde je ich návratnosť počiatkových nákladov zaručená. Naopak pri kusovej výrobe, by bolo nevhodné zavádzať drahý automatizovaný systém. Avšak pri súčasnom vývoji AVG vozíkov je možné, že v budúcnosti nahradia manuálne ovládané vozíky kompletne vo všetkých oboroch nie len v strojárstve.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1] HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem*. Vyd. 4., V Akademickém nakl. CERM 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-214-3607-7.
- [2] VLKOVSKÝ, Martin. *Manipulačné systémy studijní texty*. 1. vyd. Brno: Univerzita obrany, 2013, 99 s. ISBN 978-80-7231-941-1.
- [3] Výzkumný ústav bezpečnosti práce. *Encyklopedie BOZP*. [online]. 2007 [vid.2016-04-10]. Dostupné z: http://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Manipulační_operace
- [4] ČUJAN, Zdeněk. *Výrobní a obchodní logistika: studijní opory pro kombinované studium*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2010, 71 s. ISBN 978-80-7318-906-8.
- [5] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Vyd. 1. Brno: CP Books, 2005. Praxe manažera. ISBN 80-251-0573-3.
- [6] Čárový kód. *Kodys* [online]. 2009 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/carovy-kod.html>
- [7] Vozíky, jak jste je ještě neviděli. *Logistika: měsíčník pro dopravu, skladování, distribuci a balení : měsíčník Hospodářských novin*. Praha: Economia, 1995-, **2016**(3).
- [8] Čárový kód. *Kodys* [online]. 2009 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/cs/images/content/solutions/code-39.jpg>
- [9] Čárový kód. *Kodys* [online]. 2009 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/cs/images/content/solutions/datamatrix-velky.jpg>
- [10] ULLRICH, Günter. *Fahrerlose Transportsysteme: Eine Fibel - mit Praxisanwendungen -zur Technik - für die Planung*. 1. vyd. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2011, 195 s. ISBN 978-3-8348-0791-5.
- [11] Přímé značení – DPM. *Kodys* [online]. 2009 [vid.2016-04-10]. Dostupné z: <http://www.kodys.cz/direct-part-marking.html>
- [12] ZEGZULKA, Jiří a kol. *Průmyslová doprava*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3256-2. Dostupné také z: https://issuu.com/michdor/docs/m2_text
- [13] AGV. *Trade Media International* [online]. 2011 [vid.2016-04-28]. Dostupné z: <http://ce.almanachprodukce.cz/media/down/materialy/pdf/ff0d90b647d71d3630d361d9e312e9cd.pdf>
- [14] Transport Control Leitsteuerung für FTF im Video. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.goetting.de/news/2016/transportcontrol-vorstellung>

- [15] Einführung optische Spurführung. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.goetting.de/dateien/icons/logo_optisch.png
- [16] MARTIN, Heinrich. *Transport- und Lagerlogistik: Planung, Struktur, Steuerung und Kosten von Systemen der Intralogistik*. 9. vyd. Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, 2014, 546 s. ISBN 978-3-658-03143-5.
- [17] Einführung Leitdraht-Spurführung. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.goetting.de/dateien/icons/logo_leitdraht.png
- [18] Einführung Transponder-Positionierung. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.goetting.de/dateien/icons/logo_transponder.png
- [19] Laserscanner zur Navigation. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.goetting.de/dateien/produktbilder/logo_laser.png
- [20] Einführung Satellitennavigation. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.goetting.de/dateien/icons/logo_gps.png
- [21] Firmenprospekt. *Götting* [online]. 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: http://www.goetting.de/dateien/downloads/G%C3%B6tting_ProdBro_DE_RZ_30012013.pdf
- [22] Automaticky řízený vozík - Galerie. *Robotizovaná přeprava intralogistických simulace* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.ek-automation.com/fileadmin/redakteur/bilder/Gallery/RTEmagicC_FahrerloseTransportsysteme-COMPACT-2.jpg.jpg
- [23] Case Studies. *DS Automotion* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.ds-automotion.com/uploads/pics/LMS_32.jpg
- [24] Technologieforum: Fahrerlose Transportsysteme und mobile Roboter am Fraunhofer IPA. *Fraunhofer IPA* [online]. 2015 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/_processed_/csm_2015-06-23_Fa__Baer_-_audi_r8_fertigung_f3bf741489.jpg
- [25] AGV řahače. *CEIT Technical Innovation* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://ceittechinnovation.eu/images/stories/demo/letaky/CEIT%20TI%20-%20Automaticke%20logisticke%20tahace%20SK.pdf>
- [26] AGV Peripherals. *CEIT Technical Innovation* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://ceittechinnovation.eu/images/stories/demo/letaky/CEIT%20TI%20-%20FTS-peripheriemodule%20DE.pdf>
- [27] Luftkissen-Transportsysteme. *Solving Globaler Marktführer in automatisiertem Schwerlasttransport* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.solving.com/produkte/produkte/luftkissen-transportsysteme/>

- [28] Manipulácia na vzduchovom vankúši. *Logistický monitor* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.logistickymonitor.sk/index.php?option=com_content&task=view&id=3290&Itemid=6
- [29] FRANC, Igor. *Manipulácia v posledných metroch prepravy* [online]. 2010 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.logistickymonitor.sk/images/prispevky/manipulacia-vposlednych-metroch.pdf>
- [30] Das Luftkissen-Modulsystem. *SOLVING DEUTSCHLAND Luftkissen-Transporttechnik* [online]. 2013 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.solving-gmbh.de/Luftkissentransporte/Modulsystem_files/funktion.jpg
- [31] Automatizace v oděvní výrobě. *Katedra oděvnictví* [online]. 2009 [cit. 2016-04-24] Dostupné z: http://www.kod.tul.cz/predmety/AOV/dalsi_mat/polstar.pdf
- [32] 30T Metro-trains on air bearings and wheels. *Solving A World Leader in the Automated Handling of Heavy Loads* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.solving.com/case-studies/30t-metro-trains-on-air-bearings-and-wheels>
- [33] 140T Assembly line for diesel engine handling. *Solving A World Leader in the Automated Handling of Heavy Loads* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.solving.com/case-studies/140t-assembly-line-for-diesel-engine-handling>
- [34] 40T Handling of railway carriages. *Solving A World Leader in the Automated Handling of Heavy Loads* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <https://www.solving.com/case-studies/40t-handling-of-railway-carriages>
- [35] POLÁK, Jaromír. *Dopravní a manipulační zařízení II*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2003. ISBN 80-248-0493-X
- [36] FTS in der Serienmontage. *Forum-FTS* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.forum-fts.com/index.php/de/fts/fts-anwendungen/fts-in-der-serienmontage>
- [37] SMART FOUNDRY - Weltweit einzigartig. *Kurtz ersa* [online]. 2016 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: <http://www.kurtzrsa.de/fileadmin/medien/metal-components/aktuelles/veroeffentlichungen/fachartikel/Kurtz-Ersa-BDG-Report-2-15.pdf>
- [38] FTS bei Ford in Genk. *Forum-FTS* [online]. 2016 [cit. 2016-05-19]. Dostupné z: http://www.forum-fts.com/images/stories/Anwendungen/sml-werk/EK_Montage_FTF_Automobilbranche_web_R6B5383.jpg
- [39] KLUG, Florian. *Logistikmanagement in der Automobilindustrie*. 1. vyd. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2010, 504 s. e-ISBN 978-3-642-05293-4.
- [40] Luftkisseneinsatz bei Airbus. *SOLVING DEUTSCHLAND Luftkissen-Transporttechnik* [online]. 2013 [cit. 2016-04-24]. Dostupné z: http://www.solving-gmbh.de/Luftkissentransporte/Airbus_files/airbus_de.jpg

ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK

Skratka	Jednotka	Popis
AGV	[-]	Automated guided vehicle (Automatický bezobslužný vozík)
QR	[-]	Quick Response (Rýchla reakcia)
RFID	[-]	Radio Frequency IDentification (Vysokofrekvenčná identifikácia)
ID	[-]	IDentification (Identifikácia)
1D	[-]	Jednorozmerná
2D	[-]	Dvojrzmerná
DPM	[-]	Direct Part Marking (Priame označovanie súčiastok)
BOZP	[-]	Bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci
SW	[-]	Software (Softvér)
MIN	[-]	Minimalizácia
MAX	[-]	Maximalizácia
LAN	[-]	Local area network (Lokálna počítačová sieť)
PLC/PC	[-]	Programmable logic controller (Programovateľný logický automat)
GPS	[-]	Global Positioning System (Globálny lokalizačný systém)
LPR	[-]	Local Positioning Radar

Symbol	Jednotka	Popis
Q	[t/zmenu]	dopravovaný výkon vozíka za zmenu
G	[t]	nosnosť vozíku
T	[s]	celkový čas
ϑ	[-]	využitie nosnosti vozíku
n_p	[ks]	počet paliet premiestnených 1 vozíkom za zmenu
t_s	[s]	čas jednej zmeny
t_o	[s]	čas potrebný na vykonanie jedného okruhu
n_v	[ks]	počet potrebných vozíkov na zmenu
n_{pp}	[ks]	počet paliet potrebných premiestniť za zmenu
n_p	[ks]	počet paliet premiestnených 1 vozíkom za zmenu

