

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**  
**FAKULTA STROJNÍ**

**Studijní program:** N0715A270012

**Studijní specializace:** Průmyslové inženýrství a management

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Koncepce automatizace skladu v průmyslovém podniku**

**Autor:** Bc. Yauheniya ANAPREYENKA

**Vedoucí práce:** Doc. Ing. Michal ŠIMON, Ph.D.

Akademický rok 2022/2023

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2022/2023

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Yauheniya ANAPREYENKA**  
Osobní číslo: **S21N0014P**  
Studijní program: **N0715A270012 Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Koncepce automatizace skladu v průmyslovém podniku**  
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

## Zásady pro vypracování

1. Logistika a skladování
2. Automatizace a trendy ve skladování
3. Analýza současného stavu
4. Variantní návrh konceptu automatizace skladu
5. Závěr a vyhodnocení

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**  
Rozsah grafických prací: **0**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. GROS, Ivan a kol. *Velká kniha logistiky*. Vydání: první. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. 507 stran. ISBN 978-80-7080-952-5.
2. LUKOSZOVÁ, Xenie. *Logistika pro obchod a marketing*. 1. vydání. Jesenice: Ekopress, 2020. 146 stran. ISBN 978-80-87865-59-0.
3. JUROVÁ, Marie a kol. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: GRADA, 2016. ISBN 9788027193301.
4. CUSTODIO, L., MACHADO, R. *Flexible automated warehouse: a literature review and an innovative framework*. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 106, 533 – 558 (2020). <https://doi.org/10.1007/s00170-019-04588-z>
5. AZADEH, Kaved. DE KOSTER M.B.M and ROY, Debjit. *Robotized and Automated Warehouse Systems: Review and Recent Developments*. May 30, 2017. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2977779>, <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2977779>

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Ing. Pavel Vránek**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání diplomové práce: **19. září 2022**

Termín odevzdání diplomové práce: **26. května 2023**

L.S.

---

**Doc. Ing. Vladimír Duchek, Ph.D.**  
děkan

---

**Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**  
vedoucí katedry

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Anapreyenka	Jméno Yauheniya		
<b>STUDIJNÍ PROGRAM</b>	N0715A270012 – Průmyslové inženýrství a management			
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon Ph.D.	Jméno Michal		
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Koncepte automatizace skladu v průmyslovém podniku			

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2023
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	68	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	68	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce je zaměřena na automatizaci skladového prostoru v podniku zabývajícím se kusovou výrobou svařenců na zakázku. Pro návrh automatizace je použita ABC analýza všech položek ve skladu a provedena jejich kategorizace. Součástí práce je tvorba 3D prostorového uspořádání v aplikaci Vistable. Na základě požadavků podniku a existujících omezení jsou prozkoumány možnosti automatizace v oblasti skladování a manipulace s materiálem. Výstupem je variantně navržená automatizace stávajícího skladu související s navýšením skladové kapacity vzhledem k lepšímu využití prostoru.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>automatizace, skladování, manipulace, logistika, layout, výtahový systém, regálový zakladač</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Anapreyenka	Name Yauheniya		
<b>STUDY PROGRAMME</b>	N0715A270012 – Industrial Engineering and Management			
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D.	Name Michal		
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	The concept of warehouse automation in an industrial enterprise			

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2023
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	68	<b>TEXT PART</b>	68	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This thesis is focused on the automation of a storage area in a company specializing in the production of welded pieces. ABC analysis of all items in the warehouse and their categorization is used for the automation concept. The thesis includes creation of a 3D spatial layout in software Vistable. Based on the requirements of the company and the existing constraints, automation options in warehousing and material handling are investigated. The output is an optionally proposed automation of the current warehouse and an extension of the warehouse capacity due to better space utilization.
<b>KEY WORDS</b>	automation, storage, manipulation, logistics, layout, lift system, stacker crane

## Obsah

Seznam obrázků .....	9
Seznam tabulek .....	10
Seznam grafů .....	11
Úvod.....	13
1 Logistika a skladování .....	14
1.1 Logistika v průmyslovém podniku.....	14
1.1.1 Definice a cíle logistiky .....	14
1.1.2 Oblasti logistiky .....	15
1.1.3 IS logistiky .....	15
1.1.4 Materiálové toky .....	16
1.1.5 Manipulace s materiálem .....	17
1.1.6 Manipulační zařízení.....	17
1.2 Sklady.....	19
1.2.1 Druhy skladů.....	19
1.2.2 Zásoby.....	21
1.2.3 ABC analýza .....	23
1.2.4 Prostorové uspořádání skladů .....	24
1.2.5 Skladové technologie .....	26
2 Automatizace a trendy ve skladování .....	28
2.1 Moderní technologie v oblasti skladování .....	29
2.2 Skladové systémy .....	30
2.2.1 Karusely a vertikální výtahové systémy .....	30
2.2.2 Autostore.....	31
2.3 Manipulační technika .....	32
2.3.1 AGV.....	32
2.3.2 Automatický regálový zakladač.....	33
3 Analýza současného stavu podniku .....	34
3.1 Představení společnosti .....	34
3.2 Analýza vstupních dat .....	34
3.3 Současný layout skladu .....	36
4 Benchmarking automatických skladovacích systémů .....	42
4.1 Existující omezení .....	42
4.2 Výčet potenciální techniky .....	42

4.3	Výstup z provedeného benchmarkingu .....	44
5	Variantní návržení automatizace v podniku .....	45
5.1	Varianta A .....	45
5.1.1	Vstupní parametry pro výtahový systém .....	45
5.1.2	Kapacitní výpočty pro výtahový systém.....	46
5.1.3	Vstupní parametry pro automatizovaný regálový systém.....	50
5.1.4	Kapacitní výpočty pro automatizovaný regálový systém .....	51
5.2	Varianta B .....	52
5.2.1	Vstupní parametry.....	52
5.2.2	Kapacitní výpočty .....	52
6	Navržené prostorové uspořádání.....	54
7	Analýza objemu .....	58
8	Rizika a přínosy automatizace .....	64
8.1	Rizika automatizace .....	64
8.2	Přínosy automatizace.....	65
	Závěr .....	66
	Seznam použitých zdrojů.....	67



## Seznam obrázků

Obrázek 1–1 Manipulační zařízení [Zdroj: vlastní zpracování] .....	19
Obrázek 1–2 Druhy zásob [6] .....	22
Obrázek 1–3 Typy ploch [8] .....	25
Obrázek 1–4 Paletové regály [9] .....	25
Obrázek 1–5 Posuvné paletové regály [10] .....	25
Obrázek 2–1 Horizontální karusely [13] .....	30
Obrázek 2–2 Výtahový systém Kardex [14] .....	31
Obrázek 2–3 Systém Autostore [15] .....	32
Obrázek 2–4 AGV vozidlo [16] .....	33
Obrázek 2–5 Regálový zakladač [18] .....	33
Obrázek 3–1 Četnost výskytu tloušťek svařenců .....	35
Obrázek 3–2 Současný 2D layout budovy .....	36
Obrázek 3–3 Orientační výška budovy .....	37
Obrázek 3–4 Skladování výrobků mimo regály .....	37
Obrázek 3–5 Prostor pod sníženým stropem .....	38
Obrázek 3–6 Skladovací a expediční plocha .....	39
Obrázek 3–7 Layout skladu .....	40
Obrázek 3–8 Area Balance skladu .....	40
Obrázek 5–1 Varianty umístění výrobků na polici .....	47
Obrázek 6–1 Navržený layout–varianta A .....	54
Obrázek 6–2 Venkovní výtahové systémy .....	55
Obrázek 6–3 Area Balancing navržené varianty A .....	55

## Seznam tabulek

Tabulka 3-1 Rozdělení výrobků na skupiny .....	35
Tabulka 3-2 Rozdělení výrobků dle délek .....	35
Tabulka 3-3 Rozdělení výrobků dle šířek .....	36
Tabulka 4-1 Porovnání technologií.....	43
Tabulka 5-1 Parametry výtahových systémů .....	46
Tabulka 5-2 Kapacita výtahového systému pro tloušťky 0-50 mm.....	46
Tabulka 5-3 Procentuální podíl délek výrobků.....	47
Tabulka 5-4 Porovnání variant.....	47
Tabulka 5-5 Kalkulátor pro vyrobené díly za den v délce 0-50 mm .....	48
Tabulka 5-6 Kalkulátor pro vyrobené díly za den v délce 50-100 mm .....	48
Tabulka 5-7 Kalkulátor pro výpočet polic pro délky 0-50 mm .....	49
Tabulka 5-8 Kalkulátor pro výpočet polic pro délky 50-100 mm .....	49
Tabulka 5-9 Výpočet výtahových systémů pro tloušťky 0-50 mm. ....	49
Tabulka 5-10 Výpočet výtahových systémů pro tloušťky 50-100 mm. ....	50
Tabulka 5-11 Počet atypických výrobků pro Variantu A .....	50
Tabulka 5-12 Vstupní údaje.....	51
Tabulka 5-13 Počet regálů pro Variantu A .....	51
Tabulka 5-14 Výsledná varianta A .....	52
Tabulka 5-15 Vstupní údaje pro Variantu B.....	52
Tabulka 5-16 Počet regálů pro Variantu B .....	53
Tabulka 5-17 Výsledná varianta B .....	53
Tabulka 5-18 Počet atypických výrobků pro Variantu B .....	53
Tabulka 6-1 Upravený kalkulátor pro výpočet polic pro délky 50-100 mm .....	56
Tabulka 6-2 Upravený kalkulátor pro výpočet polic pro délky 0-50 mm .....	57
Tabulka 6-3 Upravený výpočet výtahových systémů pro tloušťky 50-100 mm.....	57
Tabulka 6-4 Upravený výpočet regálových systémů pro tloušťky 50-100 mm .....	57
Tabulka 7-1 Analýza ploch ve skladu pro původní stav .....	58
Tabulka 7-2 Kapacitní výpočet pro původní stav .....	59
Tabulka 7-3 Analýza ploch ve skladu pro navrhovaný stav .....	60
Tabulka 7-4 Kapacitní výpočet pro navrhovaný stav .....	61
Tabulka 7-5 Využití plochy pro současný stav .....	62
Tabulka 7-6 Využití plochy pro navržený stav .....	62
Tabulka 7-7 Porovnání využití skladu .....	63

## Seznam grafů

Graf 1-1 Závislost nákladů na vzdálenosti [5] .....	18
Graf 1-2 Závislost nákladů na intenzitě materiálového toku [5] .....	18
Graf 1-3 Procentuální zastoupení ploch [8] .....	25
Graf 3-1 Procentuální zastoupení ploch v současném stavu.....	41
Graf 6-1 Procentuální zastoupení ploch v navrženém stavu.....	56
Graf 7-1 Objemová analýza pro současný stav.....	59
Graf 7-2 Objemová analýza pro navržený stav.....	62
Graf 7-3 Poměr využitelnosti skladu .....	63
Graf 7-4 Využití skladovacího objemu.....	63

## **Přehled použitých zkratk a symbolů**

AGV	Automaticky vedené vozidlo
ASRS	Automatizovaný skladovací a vyhledávací systém
CNC	Numerické řízení
ERP	Plánování podnikových zdrojů
IS	Informační systém
KPV	Katedra průmyslového inženýrství a managementu
VZV	Vysokozdvíhový vozík
WMS	Systém pro řízení skladů

## Úvod

Společnosti se v rámci své činnosti zaměřují nejen na výrobu produktů či služeb, ale také na jejich prodej. Vzhledem k vysoké konkurenci na trhu jsou výrobky prodávané s ohledem na poptávku a potřeby trhu. Cílem je vyrábět s ohledem na minimální plýtvání zdrojů, což vyžaduje na jedné straně optimalizaci samotného výrobku a na druhé straně optimalizaci podnikových procesů. K základním podnikovým procesům patří logistické procesy, které by měly zajistit rovnováhu mezi poptávkou a nabídkou.

Logistika se vztahuje na řadu výrobních a ekonomických činností podniků. Součástí logistických řetězců jsou sklady. Skladování hraje důležitou roli v logistických procesech a přispívá k dosažení rovnováhy mezi poptávkou a nabídkou. Skladování umožňuje podnikům flexibilně reagovat na změny poptávky na trhu. Logistické procesy zahrnují širokou škálu činností, které zajišťují efektivní pohyb a manipulaci s materiálem od dodavatelů až po zákazníka. Pomocí skladů lze pružně reagovat na změny na trhu a problémy, které se vyskytují v rámci dodavatelského řetězce. V oblasti skladování je důležitým aspektem udržování optimální úrovně zásob. Příliš vysoké zásoby mohou vést ke zvýšeným nákladům na skladování, včetně nákladů na pronájem prostor, energie a manipulaci s materiálem. Na druhou stranu, nedostatečné zásoby mohou vést k neuspokojení potřeb zákazníka.

V posledních letech se výrobní podniky více zabývají implementací automatizovaných prvků ve skladech a rozšířením informačních systémů nejen z finančního hlediska v dlouhodobém měřítku, ale i pro získání konkurenční výhody. To umožňuje podnikům zlepšit sledování zásob a rychleji reagovat na poptávky od zákazníků. Moderní skladovací technologie jsou schopné se snadno přizpůsobovat změnám v logistickém řetězci s ohledem na neustále se měnící potřeby trhu. Informační systémy v rámci logistiky podniku umožňují podrobné sledování pohybu zboží, inventarizaci zásob, plánování objednávek a monitorování procesů ve skladu. Tímto způsobem mohou podniky získat lepší kontrolu nad svými zásobami a optimalizovat své logistické operace.

Implementace automatizovaných systémů souvisí s nahrazením manuální lidské práce, což může vést k rychlejší a přesnější manipulaci s materiálem a zmenšení chybovosti při vychystávání výrobků. V posledních letech je automatizace skladů velmi atraktivní vzhledem k neustále rostoucím cenám na pozemky. Pomocí automatizace lze dosáhnout lepšího využití skladovacího prostoru, zvýšit hustotu skladování a uskladnit vyšší počet výrobků ve stávajících prostorách.

Tato práce je rozdělena na osm kapitol. Teoretickou část představují první dvě kapitoly, které popisují základní procesy spojené s logistikou, moderní technologie v oblasti skladování a manipulace s materiálem a možnosti automatizace těchto procesů. Následující kapitoly jsou zaměřeny na analýzu současného stavu ve výrobním podniku a prozkoumání možností automatizace s ohledem na požadavky podniku. Následně je popsáno navržené řešení automatizace skladu včetně prostorového uspořádání. Na závěr jsou shrnuta rizika a přínosy automatizace.

# 1 Logistika a skladování

Tato kapitola se zabývá současným postavením logistiky, problematikou řízení logistického systému a skladováním. V rámci skladování jsou popsány různé druhy zásob, skladovací systémy, manipulační a dopravní technika. Na zvolení skladovacích systémů a techniky mají velký vliv parametry skladovacího prostoru a jeho konstrukční vlastnosti. Z toho důvodu je součástí kapitoly prostorové uspořádání a materiálové toky.

## 1.1 Logistika v průmyslovém podniku

Logistika je v současné době důležitým subsystémem, který zabezpečuje realizaci výrobních činností podniku a zajišťuje efektivní podnikání. Logistika má podstatný vliv na spokojenost zákazníka a je těsně propojená s oblastí marketingu. Tento obor se začal rozvíjet již v 9. století. Od vzniku došlo ke značnému vývoji logistiky. Současnost, která je charakterizovaná velkou konkurencí a nestabilitou, stále nutí společnosti, aby se více zaměřovaly na své logistické procesy a zlepšovaly je. [1]

### 1.1.1 Definice a cíle logistiky

Pod pojmem „logistika“ si lze představit řízení materiálových, informačních a finančních toků od zdrojů až do místa spotřeby takovým způsobem, aby došlo k uspokojení potřeb zákazníka. Z praktického hlediska je logistika obor, který se zabývá řízením toků za účelem minimalizace nákladů na pracovní sílu, manipulaci a peněžní zdroje. V ideálním případě se jedná o dodání správného produktu ve správné kvalitě, ve správný čas a na správné místo, při nejmenších nákladech. Tomu napomáhá neustálá optimalizace logistických procesů. Logistické řetězce představují vzájemně propojené články, například právnické, fyzické osoby, kteří uskutečňují pohyb informací, finančních zdrojů a surovin od místa původu až do dodání hotové objednávky zákazníkovi v rámci realizace cílů společnosti. [2] Mezi hlavní tendence logistického vývoje patří následující faktory:

#### 1) Rychlý růst nákladů na dopravu.

V důsledku růstu cen, především na palivo, se dopravní služby stávají poměrně velkou nákladovou položkou.

#### 2) Vysoký potenciál pro zlepšení.

Logistika je obor s vysokým potenciálem pro provedení procesních změn za účelem snížení nákladů bez velkých investic.

#### 3) Změna řízení zásob.

Velké zásoby jsou jedním z druhů plýtvání a je důležité zde sledovat poměr mezi odběrem a spotřebou.

#### 4) Pull strategie (tahový princip).

Tahový princip spočívá ve výrobě jen těch výrobků, které skutečně požaduje spotřebitel.

#### 5) Počítačová technika.

Výrobní a nevýrobní podniky pracují s velkým množstvím informací. K typickým úlohám logistiky patří přesný výpočet velikosti dávek, sledování dodacích lhůt, vyhledání zdrojů, jejich nákup a výpočet poptávky. Omezujícími podmínkami pro dané úlohy jsou kapacity výrobních zdrojů, kapacity skladů a distribučních center. Logistické požadavky jsou v současné době efektivně řízeny pomocí pokročilých informačních systémů. Logistika je velmi propojená s dalšími funkcemi podniku a prolíná se všemi úrovněmi plánování. [3]

Klíčové funkce logistiky jsou následující:

- přeprava;
- řízení zásob;
- řízení materiálových toků, včetně stanovení jejich objemu a směru;
- balení a kompletace;
- řízení cen na materiál;
- distribuce;
- podpora zákaznických služeb;
- skladování, rozmístění skladovacích ploch;
- manipulace s materiálem;
- řízení vratných obalů;
- manipulace s odpadem;
- prognózování budoucí poptávky.

Je třeba poznamenat, že přes expedici zboží dochází k jeho zabalení, označení, zvolení dopravního prostředku, nakládce a řadě dalších operací. Skladovací operace zahrnují proces přejímky zboží, provedení vstupní kontroly podle množství a kvality, třídění, přípravu sortimentu pro zákazníka atd. To znamená, že veškeré logistické funkce a činnosti jsou provázané mezi sebou. Změny v logistickém řízení mají určitý vliv na výrobu.

### 1.1.2 Oblasti logistiky

Za hlavní oblasti logistiky lze považovat zásobování, výrobu, distribuci, dopravu a informace. Pro zásobování společnosti surovinami a materiály je prováděn nákup od dodavatelů. V této fázi dochází k výběru dodavatelů, tvorbě smluv a sledování jejich plnění. V případě nedodržení smluvních podmínek jsou přijatá opatření, která částečně zajišťuje oddělení logistiky. S nákupem těsně souvisí i zásobování.

Logistické procesy jsou řešeny i ve výrobní oblasti podniku. Základním úkolem je zde plánování výrobních zdrojů v souvislosti s dodacími lhůtami, požadavky zákazníka a řízením toku materiálu ve výrobním procesu. Oblast výrobní logistiky úzce souvisí s nákupem materiálu a distribucí hotových výrobků. Řízením materiálových toků v rámci prodeje hotového zboží se zabývá distribuční logistika. Distribuční logistika zasahuje i do výrobního procesu, například při balení výrobků, výpočtech výrobní dávky při dopravě a plánování výroby, aby zboží bylo vyrobeno včas ve správném množství. Metody dopravní logistiky se používají při organizaci všech druhů dopravy. Podnik může zajišťovat dopravu sám, případně kontaktovat dopravní společnosti. V tomto případě se jedná o outsourcing služeb.

Efektivní řízení informačních toků umožňuje podnikům účinně řídit materiálové toky na základě různých informací. Zde je třeba zmínit se o využití informačních systémů, které zajišťují efektivní fungování ostatních logistických oblastí. Informační logistika tak úzce souvisí s ostatními funkčními oblastmi logistiky, zohledňuje organizaci informačních toků v rámci podniku a výměnu informací mezi různými účastníky logistických procesů.

### 1.1.3 IS logistiky

Informační technologie jsou pro podniky důležitým nástrojem ke zvýšení jejich konkurenceschopnosti. Umožňují totiž zlepšit jejich obchodní výkonnost díky lepšímu sběru

a využití dat. Tok informací může mít podobu papírových nebo elektronických dokumentů. Zlepšit podnikové procesy a zákaznickou kvalitu služeb je možné i při využití stávajícího IS pomocí optimalizací organizace a řízení dodavatelských řetězců. Dochází v jisté míře k tomu, že společnosti nevyužívají stávající systém naplno, nesbírají a neaktualizují data. Hlavním cílem optimalizace je nastavení procesů tak, aby bylo dosaženo efektivního řízení procesů, eliminace plýtvání a vzniku duplicitních činností.

Sortiment výrobků se u úspěšných společností rok od roku rozšiřuje a požadavky na kvalitu toku informací jsou vyšší. Podniky se potýkají se zpracováním velkého objemu dat, které prochází výrobou a skladem. Procesy musí být nastaveny tak, aby zpracování zakázky bylo co nejrychlejší, přesnější a hospodárnější. Je zřejmé, že pro efektivní řízení podniku by měly být k dispozici správné a aktuální informace. Většinu celkového množství informací v rámci logistiky tvoří informace, které přicházejí od dodavatelů. Jedná se o doklady a informace přijaté v rámci prvotní evidence materiálu společně s materiálovými zdroji. [1] [2]

Základní moduly ERP systémů umožňují plánování, řízení a kontrolu materiálových toků. Níže jsou uvedené úkoly, které mohou být řízeny pomocí IS:

- plánování logistických požadavků a operací;
- plánování materiálových toků;
- kontrola logistických procesů;
- plánování výroby;
- řízení velikosti zásob;
- řízení dopravy;
- vychystávání a kompletace objednávek;
- účtování odchozích zásilek;
- zajištění inventur;
- plánování příjmu materiálu;
- vychystávání materiálů pro výrobu;
- kontrola kvality zásilek;
- vrácení zboží zákazníkem;
- vrácení materiálu dodavateli;
- přesun zboží ve skladu v závislosti na obsazenosti;
- sledování pohybu materiálu v reálném čase.

Ovšem reálné logistické úlohy jsou velmi dynamické a probíhají s vysokou mírou neurčitosti, například výpočet doby zpracování objednávky, výpočet nejkratších tras, vyřízení urgentních zakázek, seskupení výrobků pro různé objednávky od stejného dodavatele, optimalizace uložení zboží v jednotlivých zónách. Úloha optimalizace logistických procesů je tedy jednou z nejnáročnějších úloh v rámci ERP. Logistické moduly, které využívají optimalizační algoritmy jsou následující:

1. APS (Advanced Planning and Scheduling of manufacturing)
2. WMS (Warehouse management system)
3. TMS (Transportation management system) [4]

#### 1.1.4 Materiálové toky

Materiálový tok představuje tok nedokončených (rozpracovaných) a hotových výrobků. Zásoby skladované na daném místě za daným účelem jsou také součástí materiálového toku. Toky jsou důležité v kontextu aplikace různých logistických procesů, například přepravy, skladování a opětovného použití surovin. Materiálový tok je vždy vztahován k určitému



časovému intervalu. Materiálový tok lze rozdělit na logistický (doprava, skladování) a technologický (obrábění, montáž).

V rámci řízení toku materiálu jsou podstatné následující faktory:

- předpověď poptávky a výroby;
- dopravní množství;
- stanovení optimálních objemů toků;
- organizace skladování;
- balení a přeprava. [2]

### 1.1.5 Manipulace s materiálem

Pod operační manipulací lze chápat manipulaci přímo na pracovišti nebo přemístění materiálu z pracoviště na krátkou vzdálenost, a proto není nutné využití dopravních prostředků. Jedná se například o odebrání materiálu z krabice nebo pokládání výrobku na odkládací místo. V případě, že materiál je lehký a dobře uchopitelný, lze využít ruční manipulaci. Pro těžké polotovary a výrobky se využívají jeřáby různých druhů, balancery a roboti. Roboty a manipulátory jsou schopné plně nahradit lidskou sílu. Typickým příkladem manipulátorů je podavač. Způsob manipulace s materiálem je řešen nejen v rámci pracovišť, ale i ve skladech při balení/rozbalení a kontrole výrobků. Základní parametry, které mají vliv na způsob manipulace jsou:

- rozměry, hmotnost, tvar výrobků;
- parametry stavby (výška haly, rozteč sloupů a v případě vícepatrové budovy podlahová únosnost);
- množství výrobků a způsob skladování;
- manipulační prostředky (požadavky na obsluhu, technické parametry);
- intenzita toků materiálu. [5]

### 1.1.6 Manipulační zařízení

Ve skladech se používají různé typy manipulačních zařízení. Jejich typ souvisí s používanými skladovými systémy a technickým vybavením skladu. Vysoká úroveň automatizace je vhodná pro větší sklady s velkou skladovou plochou a stabilním materiálovým tokem. V mechanizovaných skladech jsou nejčastěji použity elektrické vysokozdvíhací vozíky a elektrické paletové zakladače.

Pro snadnější a rychlejší manipulaci s materiálem musí být dodržena základní pravidla:

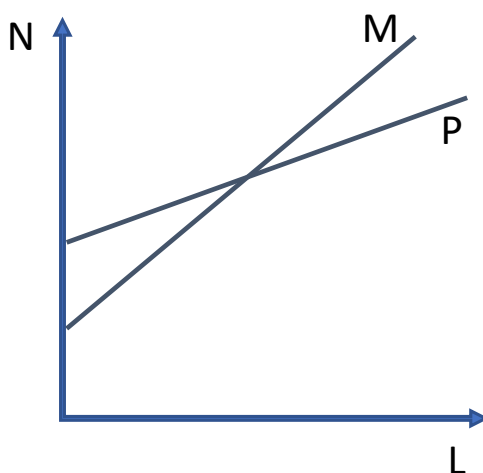
1. Výrobky s vysokou obrátkovostí a velkým množstvím jsou umístěny blíže k místu expedice.
2. Materiál s velkou hmotností nebo objemem je uložený na místech, kde je manipulace nejsnadnější.
3. Regály a další skladovací prostory jsou označeny, tj. každý regál má své číslo.
4. Na policích a dalších skladovacích místech je uveden název skladovaného materiálu.
5. Příprava materiálu, například řezání polotovaru na pile, je prováděna co nejbliž ke skladovacímu prostoru.

Manipulační zařízení lze rozdělit na 4 základní druhy:

1. Manipulační zařízení jednoduché
2. Manipulační zařízení složitá
3. Přepravní zařízení jednoduché
4. Přepravní zařízení složitá

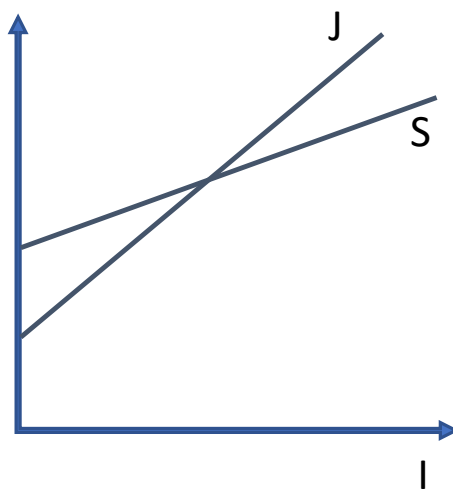
V závislosti na volbě zařízení se rozlišují náklady na manipulaci a přepravu zboží. Dále se rozlišují náklady fixní a variabilní. Fixní náklady jsou náklady na pořízení zařízení a jsou nezávislé na toku materiálu, přičemž variabilní náklady jsou přímo úměrné počtu manipulačních jednotek.

Graf 1-1 znázorňuje závislost nákladů (N) na vzdálenosti (L). Z grafu vyplývá, že manipulační zařízení (M) má nízké náklady na manipulaci a vyšší přepravní náklady, proto z ekonomického hlediska je vhodné používat manipulační prvky na krátké vzdálenosti. Přepravní zařízení je přesný opak, tj. je vhodné pro větší vzdálenosti. [2] [5]



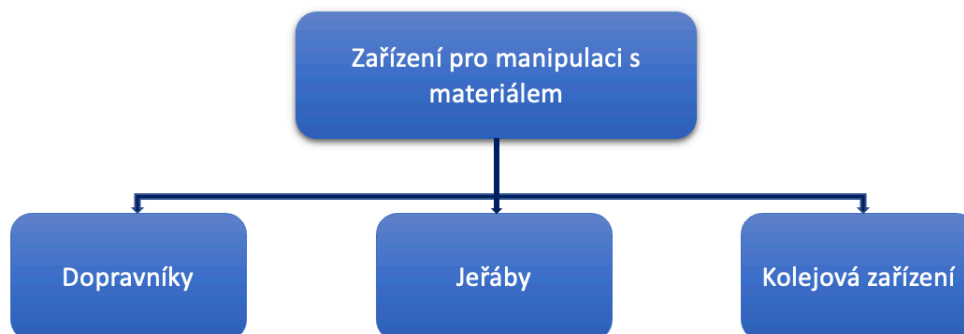
Graf 1-1 Závislost nákladů na vzdálenosti [5]

Graf 1-2 zohledňuje závislost nákladů na intenzitě toku materiálu, tj. počtu výrobků nebo materiálu za jednotku času. V případě jednoduchého zařízení (J) jsou fixní náklady nízké, variabilní náklady jsou rychle rostoucí. Pod variabilními náklady si lze představit náklady vynaložené na lidskou sílu, například mzdy zaměstnanců. Proto je vhodné využít jednoduchého zařízení v případě nízké intenzity toku, tj. přepravě nebo manipulaci s menším počtem výrobků. U složitých zařízení (S) je vysoká pořizovací cena, a proto se takové zařízení vyplatí při velkých intenzitách toků.



Graf 1-2 Závislost nákladů na intenzitě materiálového toku [5]

Existuje řada odlišných zařízení pro manipulaci s materiálem. Jednotlivé druhy těchto zařízení jsou vyjmenované na obrázku níže.



Obrázek 1–1 Manipulační zařízení [Zdroj: vlastní zpracování]

## 1.2 Sklady

Pod skladem lze chápat budovy vybavené speciálním technologickým zařízením pro příjem, skladování, výdej a distribuci materiálu. Sklady jsou jedním z hlavních prvků logistického řetězce. Hlavními funkcemi skladu je skladování zboží a plynulé a pravidelné zásobování zákazníků hotovými výrobky. Jedná se o skladování nakoupených dílů pro výrobní účely, rozpracovaných výrobků a finálních výrobků. Skladování umožňuje vyrovnat časově proměnlivý rozdíl mezi množstvím vyrobených kusů a expedovaným množstvím. Důvodem jsou například sezonní výkyvy.

V rámci logistiky je důležité správně určit technické a ekonomické požadavky na sklad a definovat cíle a podmínky, za kterých by sklad fungoval optimálně. Volba umístění skladů má se způsobem skladování materiálu významný vliv na nákladovost, velikost a pohyb zásob v logistickém řetězci. Je třeba podotknout, že velké zásoby jsou jedním z druhů plýtvání a představují nevyužitý kapitál, který společnost může teoreticky využít pro generování zisku. Negativní stránkou udržování zásob je zvýšení nákladů na zboží v důsledku vzniku nákladů na skladování. Jedná se o náklady na provoz skladu, nájemné v případě externího skladu, náklady na údržbu atd. Zároveň je nutné dodržovat podmínky skladování kvůli možnému stárnutí a poškození kvality nebo funkčnosti výrobků. Proto je skladování opodstatněné tehdy, když má pozitivní vliv na kvalitu logistických služeb, například díky pružné reakci na poptávku anebo snížení nákladů, pokud nákup dopředu je levnější. [6]

### 1.2.1 Druhy skladů

Sklady v oblasti zásobování lze rozdělit do dvou skupin podle jejich ekonomické příslušnosti (dodavatel, zprostředkovatel, výrobce):

#### **Sklady surovin a polotovarů**

Nejčastěji se jedná o velké dodávky vstupního materiálu, přičemž obrat je relativně velký, což umožňuje automatizovat prostory.

#### **Výrobní sklady (zásobovací)**

Výrobní logistické sklady se zabývají výrobky, které vstupují a odchází ze skladu v pravidelných intervalech. Jde tedy o krátkou dobu skladování. V těchto skladech se skladuje nedokončená výroba a také různé nástroje a náhradní díly. Vzhledem k časté manipulaci

je vhodné výrobní sklady automatizovat. Největší skupinu tvoří distribuční sklady, které slouží k zásobování spotřebitelů hotovými výrobky. Mohou být ve vlastnictví výrobců nebo velkoobchodníků. Často ve velkoobchodních skladech dochází ke skladování velmi širokého sortimentu, který má nepravidelnou obrátkovost. Zároveň velikosti dávek zboží mohou být odlišné. To vše způsobuje, že automatizovaná manipulace s materiálem je komplikovaná.

Vývoj společností a nárůst výrobních kapacit způsobuje změny skladového systému. Lze řešit následující situace:

- stavba nového skladu;
- rozšíření nebo rekonstrukce stávajícího skladu;
- technologické změny ve stávajícím skladu.

V prvních dvou případech hrají velkou roli parametry stávající budovy (oblasti), která je určena pro skladování.

### **Typy skladů:**

Dle vlastnictví:

- vlastní sklad;
- pronájem skladu;

Klíčovým faktorem při výběru mezi těmito možnostmi je obrat zásob. V případě velkého obratu je vhodné sklad vlastnit. Úroveň zákaznického servisu a flexibilita dodávek jsou lépe zajištěny ve vlastních skladech společnosti. Pronájem skladů je vhodný pro nízký obrat nebo skladování sezónních produktů. Pro distribuční logistiku, kde je kladen důraz na časté dodávky v malých sériích, kdy začínají společnosti co nejvíce využívat nevlastní sklady, které jsou situované co nejbližší zákazníkům.

Dle provedení lze sklady rozdělit na:

- otevřené;
- polozavřené;
- uzavřené.

Základním typem jsou budovy uzavřené. Samotná budova může být vícepodlažní nebo jednopodlažní. Jedním z hlavních cílů je dosáhnout maximálního využití skladovacího prostoru a objemu. Proto je kladen důraz na parametry, které přímo ovlivňují kapacitu skladu ve třech dimenzích: šířka, délka, výška. Výška skladu se zpravidla pohybuje od 6 metrů. Automatizované sklady mohou být značně vyšší. Díky neustále se zvyšujícím se cenám pozemků se průmyslové haly včetně skladů v současné době uzpůsobují spíše do horizontálního než do vertikálního typu staveb. Dalším důležitým parametrem je rozteč neboli vzdálenost sloupů. Využití skladové kapacity může být také ovlivněno maximálně možnou výškou stohování. [2] [6]

Dle stupně mechanizace se sklady dělí na:

- automatizované;
- poloautomatizované;
- mechanizované;
- ruční.

Moderní sklad se vyznačuje vysokou mírou automatizace, která je nezbytná pro efektivní řízení velkých objemů skladovaného materiálu a organizaci nákupů materiálu a dodávek výrobků ve správný čas v požadovaném objemu. V automatizovaných skladech jsou zároveň používány informační systémy pro řízení skladu WMS, které jsou schopné efektivně evidovat

zásoby a řídit logistické činnosti a procesy. V mechanizovaných skladech dochází ke kombinaci ruční práce a mechanizačních prostředků.

Dalším bodem je zde přeprava, která je ovlivněna technologickým postupem a vlastnostmi výrobku. Zde je základním úkolem určení optimálního typu a velikosti přepravní a skladovací jednotky. Skladovací jednotky představují stojany, regály, KLT boxy, papírové krabice, palety, gitterboxy atd. Výběr jednotky je ovlivněn typem a rozměrem obalu, obrátkovostí výrobků, typem balicího a přepravního zařízení, technologickým vybavením používaném ke skladování zboží, hmotností a cenou jednotky. [7]

## 1.2.2 Zásoby

Výrobní procesy vyžadují nepřetržitý přístup k vstupním polotovarům a materiálům. Stálá dostupnost různých druhů materiálů je možná díky vytvořeným zásobám.

Zásoby představují buď polotovary, které jsou vstupem pro výrobní proces, rozpracované výrobky nebo zhotovené výrobky, čekající na odvoz k zákazníkovi. Zásoby surovin, materiálů, komponentů a hotových výrobků, představují pro podnik vázaný kapitál.

Z hlediska zajištění plynulosti výroby je vhodné mít co nejvyšší zásoby. S rostoucími zásobami však rostou náklady na skladování. Optimální úroveň zásob je tedy takové množství, při kterém bude zajištěna plynulost výroby a skladovací objem bude co nejmenší. Nedostatek zásob některých materiálů může způsobovat nákup materiálu za vyšší cenu, aby se zabránilo zastavení výrobního procesu. Nedostatek zásob také způsobují velké dodací lhůty. Narušení výrobního procesu kvůli nedostatku zásob, neuspokojení potřeb zákazníka, ztráta produktivity se negativně promítají do finanční stránky a vztahů s klienty. Pro výpočet potřebného množství se využívá prognózování poptávky a s tím spojená předpokládaná velikost prodeje hotových výrobků.

Důvodem vzniku zásob je zajištění kontinuity výrobního procesu, která vyžaduje nepřetržité dodávky potřebného materiálu. Dalším důvodem je pokrytí dodacích lhůt pro konkrétní sortiment materiálových zdrojů, například kvůli nestabilní dostupnosti zdrojů.

Zásoby materiálových zdrojů se mění při nestabilní průběžné spotřebě materiálu ve výrobě, při změnách počtu kusů v dávkách, změně dodacích lhůt a změně přepravních podmínek. Zásoby mohou být skladované u dodavatele, v distribučním skladu a u zákazníka. Zároveň je možná kombinace variant, tj. zásoby jsou současně uloženy u dodavatele a ve vlastním skladu nebo pouze v distribučním skladu.

V rámci logistiky je podstatným parametrem pro analýzu zásob čas, jelikož počet položek na skladě se neustále mění v čase. Zásoby mohou být rozděleny na skupiny dle změny materiálových hladin v čase. Zásoby představují nejen materiál pro výrobní účely, ale i obráběcí stroje, výrobní linky, stroje, nástroje, příslušenství, náhradní díly pro opravy a údržbu strojů. Pro zajištění plynulosti výroby a uspokojení zákazníka díky dodání poptávaného zboží včas dochází k následujícím činnostem:

- plánování objemu zásob;
- plánování nákupů vzhledem k dodacím lhůtám a vývoji cen na trhu;
- organizace skladování zásob.

Kalkulace nákladů na skladování zahrnuje náklady na nákup manipulačních přepravních prostředků a skladovacích technologií. Další náklady jsou vynaložené na pronájem skladovacích prostor, elektřinu, vytápění, mzdy pracovníkům skladu, vstupní kontrolu zboží, náklady na přepravu zboží do skladů.

Existují zásoby absolutní a relativní. Absolutní zásoby lze vyjádřit pomocí fyzikálních veličin, tj. v kilogramech, tunách, metrech, litrech, kusech a také pomocí peněžního vyjádření. Velikost absolutních zásob se používá při výpočtech skladových ploch, při kontrole stavu zásob a při výpočtu kapitálu, uloženého ve skladu. Velikost absolutních zásob je velmi závislá na průměrné denní spotřebě materiálu. Relativní zásoby lze vyjádřit a rozpočítat přes časové období a jejich spotřebu. [6]

### Klasifikace zásob

Zásoby lze klasifikovat dle různých kritérií. Na obrázku níže jsou vyobrazeny základní skupiny zásob dle jejich účelu v logistickém řetězci.



Obrázek 1–2 Druhy zásob [6]

**Běžná zásoba** zajišťuje průběžné skladování materiálových zdrojů pro výrobní účely a prodej. Pro její výpočet je potřeba vědět výrobní objem a výrobní časy dle technologického postupu. Běžná zásoba musí pokrýt výrobní potřeby mezi dvěma dodávkami zdrojů. Četnost dodávek zase závisí na spotřebě materiálových zdrojů. Stav zásoby je vždy proměnná veličina, a proto se v rámci výpočtu uvažuje její poloviční hodnota.

**Pojistná zásoba** je určena k zajištění nepřetržitého provozu v případě nepředvídatelných událostí, například kvůli odchylkám v termínech dodání materiálu, změnách velikosti dodávek a také při poruchách nebo odstávkách. Na rozdíl od běžné zásoby je pojistná zásoba konstantní veličinou. Za normálních provozních podmínek není pojistná zásoba používána.

**Zásoba pro předzásobení** je určena k zásobování v případě zvýšené poptávky po určitých položkách materiálových zdrojů v důsledku sezónní povahy výroby, například minerální hnojiva pro zemědělství. Cílem je zajistit plynulý chod výroby při sezónních výkyvech díky nárůstu poptávek v určitých obdobích.

**Spekulační zásoba** představuje zásobování podniku materiálem před možným zvýšením cen, anebo pro nákup zdrojů za účelem dosažení zisku z rozdílu mezi nákupní a prodejní cenou při růstu cen těchto hmotných zdrojů.

**Strategická zásoba** je důležitá v případě využití strategických surovin v nepřetržitém provozu. Musí pokrýt výkyvy při dodání surovin z politicky nestabilních zemí, v důsledku přírodních katastrof. Nejdůležitějším druhem zásob jsou státní zásoby, tj. nejdůležitější suroviny, pohonné hmoty, obilí a další strategické potraviny.

Optimální množství materiálu, které je třeba objednat, znamená dosažení co nejnižších celkových nákladů za předpokladu, že objednané množství je dostatečné pro plynulou výrobu.

Celkové náklady na vytvoření a udržování zásob tvoří:

- náklady na nákup (nákupní cena položek);
- náklady na skladování zboží;
- náklady na realizaci nákupu a samotné dodání materiálu.

Náklady na realizaci nákupu zahrnují vyjednávací procesy s dodavatelem při objednání položek, náklady na vypracování podmínek a smluv s dodavatelem, vystavení všech potřebných dokladů, vyjednání nákladů na dopravu. [2] [6]

### 1.2.3 ABC analýza

Metoda ABC je založena na Paretově principu: 20 % úsilí přináší 80 % výsledku. V rámci logistiky lze Paretovo pravidlo uplatnit pro analýzu zásob, tj. 20 % výrobků tvoří 80 % obrátu společnosti. Podstatou metody je seřazení všech položek do kategorií na základě stanoveného parametru. Veškeré položky budou rozděleny do tří skupin:

- 1) skupina A – položky, které mají 20% podíl na celkovém počtu a generují 80 % obrátu nebo 80% zisku;
- 2) skupina B – tvoří 30 % sortimentu a položky generují 15 % zisku;
- 3) skupina C – tvoří 50-60 % sortimentu a položky generují 5 % zisku;

Pomocí analýzy lze zjistit, na které výrobky je potřeba se nejvíc zaměřit. Výrobky skupiny C jsou z ekonomického hlediska nejméně zajímavé. Analýza ABC je používána v následujících případech:

- Zjištění, jaké výrobky generují nejvyšší zisk.
- Zvolení metody řízení dodávek materiálu.
- Identifikace položek, které je neekonomické skladovat.
- Kategorizace dodavatelů na skupiny.
- Identifikace zákazníků, kteří přináší největší zisk.
- Rozhodování o investicích.

Pro provedení ABC analýzy je v první řadě definované kritérium, dle kterého bude provedena analýza. Každé položce ze seznamu bude přiřazen procentuální podíl dle zvoleného kritéria. Všechny položky budou následně seřazeny dle procentuálních hodnot a následně dle těchto hodnot do skupin A, B a C. Seskupení ukazuje, kterým položkám má smysl věnovat čas. Zajistit logistické procesy tak, aby položky byly vždy na skladě: organizovat nepřetržité dodávky, zajistit kontrolu kvality. Zároveň položky, které patří do skupiny A, budou představovat největší potenciál z hlediska redukce zásob, aby kapitál, vázaný na položky ve skladu, byl snížen.

#### Výhody metody ABC

- Jednoduchost. Analýza je snadno pochopitelná a rychlá.
- Spolehlivost výsledků. Metoda se skládá z pár jednoduchých kroků, v postupu lze snadno odhalit chyby.
- Optimalizace zdrojů. Výsledky analýzy znázorňují, na co se nejvíc zaměřit.
- Všestranné použití. Metodu lze aplikovat v různých oblastech a dle různých kritérií.

#### Nevýhody:

- Jednorozměrnost. Analýza je vždy provedena dle jednoho kritéria, není možné hodnotit položky dle více kritérií.
- Rozdělení do skupin A, B a C není vždy vhodné. Občas je vhodné definovat 4 skupiny, tj. skupinu D anebo do skupiny A zařadit víc než 20 % položek.
- Neodráží vliv vnějších faktorů: sezónnost, výkyvy v poptávkách a vliv konkurence.

Nejčastěji analýza ABC je vztahovaná k obratu vyjádřenému v českých korunách. Vzhledem ke globalizaci a stálým změnám na trhu lze Paretovo pravidlo uplatnit pro hodnocení položek z jiného než finančního hlediska. V případě oblasti řízení zásob se jedná o roční objem, jednotkovou cenu, dodací lhůtu, morální opotřebení, trvanlivost, nahraditelnost, počet dodavatelů, náklady na dopravu atd. Tyto kritéria lze kombinovat pro provádění vícekritériální analýzy. [2] [6]

#### 1.2.4 Prostorové uspořádání skladů

Prostorové uspořádání je rozmístění zdrojů, které zajišťují výrobní proces, tj. rozmístění materiálu, pracovišť, strojů a může být graficky zobrazeno pomocí layoutu.

Všechny plochy skladu lze rozdělit na 3 základní skupiny:

1. Provozní plocha
2. Pomocná plocha
3. Správní a sociální plocha

K provozní ploše patří plocha příjmu a expedice, skladovací plocha a dopravní cesty. Šířka dopravních cest je závislá na použitém přepravním a manipulačním zařízení. K ploše příjmu občas patří plocha pro vstupní kontrolu materiálu.

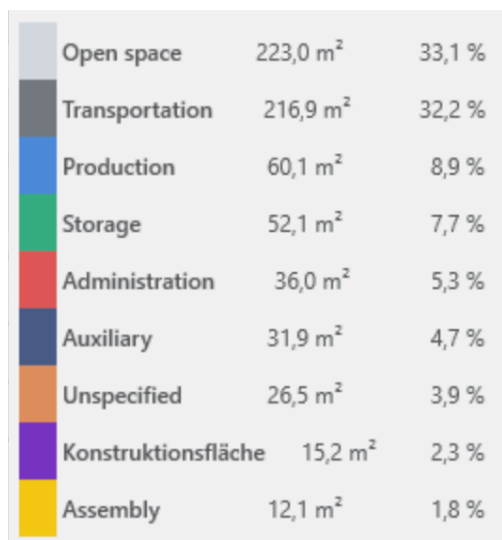
Pomocné plochy jsou plochy pro přípravu materiálu, například zabalení/rozbalení materiálu, plochy pro řezání polotovaru, nabíjecí stanice pro vysokozdvizné vozíky, plochy na odpad. Sociální a správní plochy zahrnují kancelářské prostory pro administrativní pracovníky, sociální zařízení, jídelnu atd. Jejich plocha je závislá na počtu zaměstnanců. [5]

Za prvky (zóny) skladovacího prostoru se tedy obecně považují:

- zóna nakládky a vykládky;
- zóna příjmu;
- zóna expedice;
- skladovací prostory;
- zóna kompletace a balení;
- pomocné plochy.

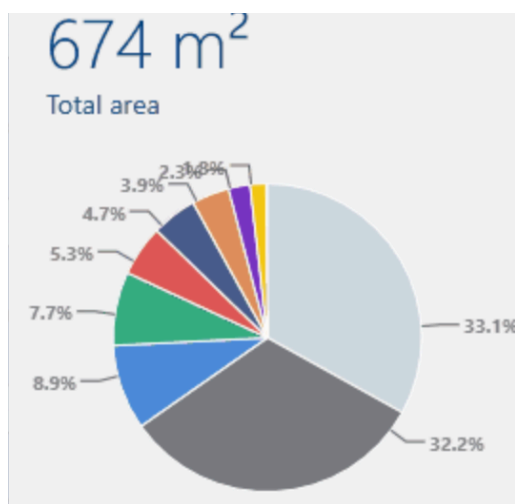
Tvorbu bilance ploch umožňuje řada moderních softwarů. Takovou možnost například nabízí aplikace „Vistable“. Tato aplikace je určená k tvorbě 2D a 3D layoutů podniků. V rámci tvorby vizuálu prostorového uspořádání umožňuje aplikace „area balancing“, tj. každá vytvořená plocha je zařazená do různých skupin. Obrázek 1-3 znázorňuje typy ploch, které jsou defaultně nastaveny v programu.





Obrázek 1–3 Typy ploch [8]

Po zařazení potřebných ploch do různých skupin lze automaticky zjistit procentuální hodnotu dané kategorie vztaženou k celkové ploše. Vizualizace zastoupení je k nahlédnutí na obrázku níže.



Graf 1-3 Procentuální zastoupení ploch [8]

Pomocí koláčového grafu je znázorněno procentuální zastoupení ploch. Každému objektu na layoutu je přiřazen typ plochy. Objektům ve standardní knihovně jsou přiřazeny typy již ve výchozím nastavení. Typ plochy objektu lze upravit ručně dle potřeb. Podle aktuálního uspořádání objektů se v layoutu zjišťuje, jakou plochu zabírají jednotlivé kategorie. Součet kategorií "výroba" a "montáž" udává zastoupení ploch, na kterých se provádí činnosti přidávající hodnotu.

Pokud dojde ke změnám v rámci uspořádání, hodnoty se automaticky přepočítají. Area balancing je vhodný nejen pro posouzení aktuální využitelnosti ploch, ale i k porovnání různých variant mezi sebou při provádění/navrhování změn v layoutu výrobní haly/skladu/jednotlivého pracoviště. [8]

### 1.2.5 Skladové technologie

Skladovou technologií se rozumí technologické vybavení pro uložení a uspořádání zásob. Na zvolení skladovací technologie mají vliv níže zmíněné faktory.

- Vlastnosti skladovací plochy;
- výška skladu;
- použité manipulační zařízení
- kapacita skladu;
- způsob vyskladnění zboží;
- podmínky skladování zboží;
- sortiment zboží;
- obsluha;
- investiční náklady.

Rozmístění technologického zařízení by mělo maximálně využívat podlahovou plochu a výšku skladu. Nejrozšířenějším druhem skladové technologie pro uložení zásob jsou regály. Níže jsou uvedené základní typy statických regálů:

1. regály policové;
2. regály paletové;
3. regály konzolové(stromečkové);
4. gravitační (spádové regály);
5. regály opěrné.

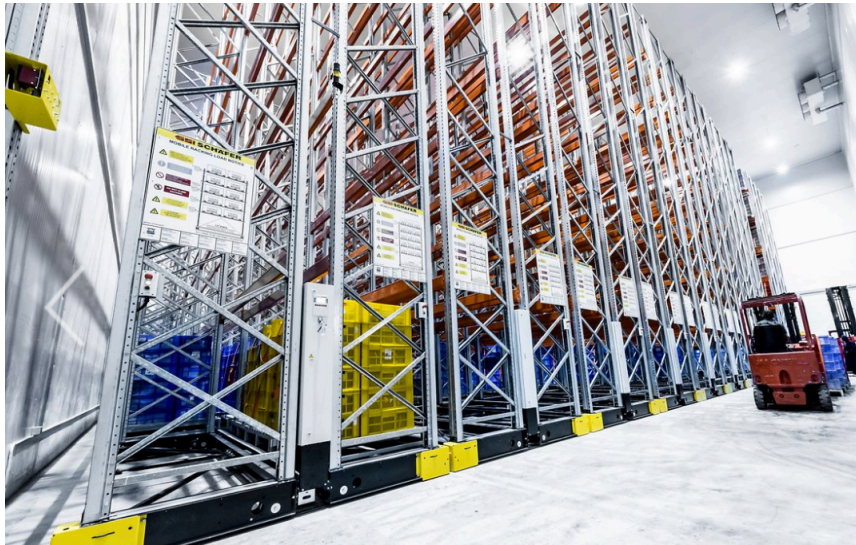
Dále existují regály přesuvné neboli pojízdné, pro flexibilnější skladování. Nevýhodou je ale vyšší pořizovací cena. Výše uvedené statické regály lze kombinovat pro vytvoření pater. V tomto případě dochází k lepšímu využití prostor ve skladu. Jsou vhodné pro sklady se širokým sortimentem výrobků o malém množství. Takové řešení má jeden nedostatek, který spočívá v obtížnější ruční manipulaci s materiálem. Ve skladech se často využívá kombinace různých skladových systémů. Takové řešení je vhodné zejména pro distribuční sklady. Důvodem je široký asortiment skladovaných produktů a jejich specifické vlastnosti. [2]

Paletové regály jsou nejlepším řešením pro sklady, kde je různý materiál uskladňován na paletách, viz Obrázek 1-4. Pro materiál, který je uskladněn v malých bednách a krabicích, je vhodné použít policové regály.



Obrázek 1–4 Paletové regály [9]

Paletové regály mohou být i posuvné. Posuvné regály, viz Obrázek 1-5, jsou opatřené mobilním podvozkem a používají se pro skladování těžkých a dlouhých dílů. Posuv regálu je v tomto případě nejčastěji zajištěn mobilní řídicí jednotkou.



Obrázek 1–5 Posuvné paletové regály [10]

Spádové regály jsou lehce nakloněné a využívají gravitace. Pomocí válečkového systému dochází k pomalému gravitačnímu pohybu palet z jednoho konce na druhý, přičemž je dodržena metoda FIFO (first-in-first-out). Spádové regály se obsluhují čelním vysokozdvíhacím vozíkem nebo ručním paletovým vozíkem. Jsou vhodné pro automatizované sklady. Pro skladování tyčového materiálu lze využít stromečkových regálů pro horizontální skladování a opěrných regálů pro vertikální skladování. Opěrné regály jsou také vhodné pro skladování plechů.

Výhody různých typů regálů jsou následující:

- vysoká míra využití skladovacího prostoru a objemu;
- snadný přístup k materiálu;
- snadná údržba;
- možnost automatizace;
- dodržení principu FIFO, LIFO;
- poměrně nízké investiční náklady;
- nízké náklady na provoz. [2]

## 2 Automatizace a trendy ve skladování

Automatizace je definovaná jako technologie, pomocí níž je výrobní proces prováděn bez lidské pomoci. Moderní technologie přispívají k eliminaci manuálních procesů a jejich přeměně v automatické, které nebudou závislé na lidském zásahu.

Manuální operace spojené se skladováním jsou z hlediska ergonomie dost náročné. Práce ve skladu vyžaduje pracovní sílu ochotnou pracovat na směny, přičemž práce představuje velkou fyzickou zátěž. Zároveň pro skladování dílů v regálech, manipulaci se zásobami, vykládku a nakládku, vstupní a výstupní kontrolu jsou zapotřebí poměrně velké prostory. Společnosti skladují velké množství jedinečných položek a zpracovávají velké objemy objednávek. To vše způsobuje, že firmy začínají víc a víc investovat do automatizace, zejména v evropských zemích. Velká část těchto technologií neustále prochází vývojem.

V posledních letech dochází k rychlému rozvoji automatizace skladování. Velký pokrok přinesly systémy AVS/R (autonomous vehicle-based or shuttle-based storage and retrieval). Tyto systémy využívají autonomní vozíky, které obsluhují různé úrovně a uličky automatizovaného skladu. Vertikální manipulaci umožňují výtahy. Dalším důležitým vývojem prošly technologie automatizovaného zaskladňování a vyskladňování palet. Zajímavým prvkem jsou automaticky řízená vozidla (AGV), která podporují proces vychystávání objednávek. V budoucnu tyto systémy postupně umožní plně automatizovat procesy vychystávání. Ačkoli automatizované sklady jsou ve většině případů velké, dokážou umístit víc položek a jsou úspornější než jejich manuální protějšky. [3]

Automatizaci ve výrobních systémech lze rozdělit na tři základní typy:

1. pevná automatizace,
2. programovatelná automatizace,
3. flexibilní automatizace.

Je potřeba poznamenat, že flexibilitou je myšlena schopnost systému efektivně a rychle reagovat na různé změny.

**Pevná automatizace** má malou nebo žádnou flexibilitu, která by umožnila se přizpůsobit výrobě různých produktů. K této nedostatečné flexibilitě dochází proto, že je program nakonfigurován podle konstrukce zařízení, výrobní postupy jsou pevně dané a je obtížné je měnit. Tento typ automatizace se používá při sériové výrobě. Výhodou takové automatizace jsou velké rychlosti. Příkladem je lakovna, dopravníky, obráběcí linka.

**Při programovatelné automatizaci** je zařízení navrženo tak, aby existovala možnost změny programu, a aby bylo možné vyrábět různé typy výrobků. Tato přizpůsobivost vede k nižším výrobním rychlostem, ale větší flexibilitě ve srovnání s pevnou automatizací. Programovatelná automatizace tedy umožňuje výrobu velkého asortimentu ve velkém množství, ale čas potřebný na provedení změn je poměrně vysoký, tj. doba nastavení zařízení ovlivňuje výrobní proces. Změny se provádí pomocí programování v off-line režimu. Mezi příklady programované automatizace patří průmyslové roboty a CNC stroje.

**Flexibilní automatizace** umožňuje rychlé provádění jakýchkoliv požadovaných změn v programu. Zároveň umožňuje nepřetržitou výrobu různých druhů výrobků, tj. dochází k rychlému přechodu z výroby jednoho typu produktu na druhý. Flexibilní automatizace je typická pro střední výrobní objemy.

Automatizace je realizována pomocí různých hardwarových zařízení, které komunikují mezi sebou a provádějí konkrétní úkol. Při automatizaci jsou zapotřebí senzory, řídicí jednotka a různá další zařízení. Mezi výhody automatizace patří snížení nebo odstranění rutinních

manuálních úkonů, zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců a snížení jejich počtu, zlepšení kvality výrobků a zkrácení výrobních časů.

V některých případech je automatizace skladu velmi nákladná a složitá.

### **Problémy při implementaci automatizace**

- Velké sezonní výkyvy
- Variabilita velikosti a tvaru obalu
- Různý počet kusů v objednávkách
- Komplikovaný tok zboží

## **2.1 Moderní technologie v oblasti skladování**

Logistika dnes využívá velké množství inovačních řešení, které zvyšují ziskovost a produktivitu prováděných operací a vedou ke snížení nákladů. Distribuční procesy, které jsou součástí logistiky, patří k oblastem, kde je využití moderních technologií velmi výrazné. Inovace se využívají na obou stranách – na straně klienta, kde zákazník využívá těchto nových možností, například prostřednictvím online nakupování, a na druhé straně logistického řetězce – na straně výrobce a prodávajícího, kteří využívají řadu nových technologií pro skladování a manipulaci s výrobky pro zkrácení distribučních časů.

V rámci průmyslu 4.0 vznikly některé nové technologie, které mohou být integrovány do automatizačních systémů s cílem řídit systém v reálném čase a umožnit provedení rychlých změn. Internet věcí (IoT), kyberneticko-fyzikální systémy (CPS), big data, umělá inteligence (AI) a cloud computing jsou nové technologie, které zavádí průmysl 4.0. V automatizovaných skladech se z výše zmíněných technologií využívá především IoT. Internetem věcí se rozumí všechny objekty v továrně (automatizovaná zařízení), které jsou připojeny k internetu a sdílejí informace mezi sebou. Pomocí internetu dochází k rychlému přenosu informací zvýšení efektivity systémů. [4], [7], [11]

Rychlost vychystávání výrobků, toku informací a hmotných toků lze zlepšit a zefektivnit rozvojem moderních informačních technologií v logistice elektronického obchodu, který umožňuje jednotný způsob komunikace a spolupráce uvnitř i vně podniku. Využití různých elektronických zařízení díky přístupu k internetu přispívají k rozvoji e-obchodu. Elektronické obchodování je zaměřeno na elektronické transakce, přičemž internet je tržním prostředím pro výměnu informací, výrobků a služeb. Při objednání výrobku přes webové stránky dochází mimo zpracování samotné objednávky k ověření dostupnosti zboží pomocí napojení na skladovou databázi. Pokud zboží není na skladě, zákazníkovi se zobrazí dostupný termín dodání, tj. termín, do kdy zboží bude vyrobeno či nakoupeno a předáno dopravci. Po zaplacení objednávky bude přijat požadavek na expedici zboží ze skladu, případně vznikne požadavek na výrobu či nákup.

Systémy řízení skladů podporují nalezení místa, kde se nachází výrobek, rychlé poskytnutí informací o dostupnosti na skladě nebo vytvoření a načtení potřebných štítků pro označení zboží. Automatizované skladové systémy eliminují nutnost ručního vyhledávání zboží. Vychystávání probíhá plynule pomocí napojení na informační systém WMS (Warehouse Management System). Takové systémy umožňují vyhnout se nákupu dalšího speciálního vybavení pro manipulaci s položkami a zvýšit rychlost pickování. [12]

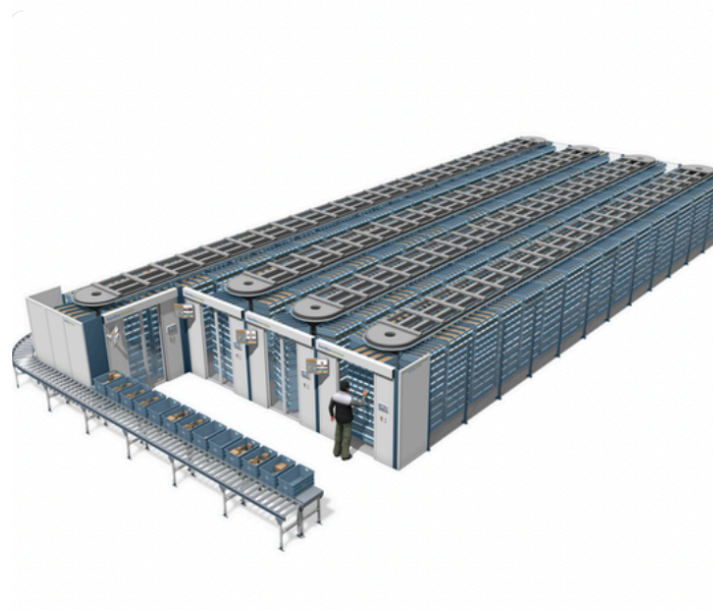
## 2.2 Skladové systémy

Primárním úkolem automatizovaných systémů je uskladnění určitého objemu zboží na co nejmenším prostoru. Výhodou je možnost jejich umístění vedle výrobní linky. Dochází tedy ke zkrácení času na vychystání vstupního materiálu pro výrobu.

### 2.2.1 Karusely a vertikální výtahové systémy

**Karusely** jsou automatizované skladovací a vyhledávací systémy, ve kterých jsou police vzájemně propojeny a otáčejí se v uzavřené smyčce. Otáčení je buď horizontální, nebo vertikální. K odebrání materiálu slouží otvor, díky kterému obsluha odebírá potřebný materiál. Karusely jsou vhodné zejména pro malé a střední podniky pro skladování menších položek. Tyto systémy se upravují na míru dle požadovaných rozměrů (výška, hloubka, šířka) a vah skladovaného materiálu. Tím lze dosáhnout maximálního využití prostoru. Navíc dodavatelé nabízí různé výšky výtahů a karuselů, aby byl využit prostor od podlahy až ke stropu.

**Horizontální karusely**, viz Obrázek 2–1, jsou vhodné pro různé budovy se speciálními neboli nestandardními parametry. Příkladem jsou nízké stropy, velký počet sloupů, kde je obtížné efektivně využít vertikální prostor pomocí jiných technologií skladování.

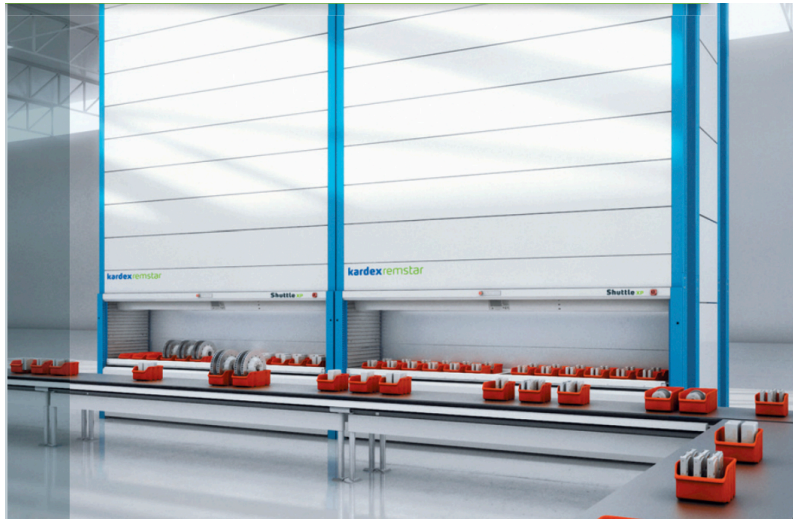


Obrázek 2–1 Horizontální karusely [13]

Police se zbožím se pohybují vertikálně na principu výtahu díky výkonnému elektromotoru a válečkovým řetězům. Navíc systém může být vybaven čtečkou čárového kódu, tiskárnou a váhou. Počítač napojený na karusel umožňuje prakticky eliminovat potřebu personálu ve výrobě.

**Vertikální výtah (VLM)** je podobný karuselu, ale funguje trochu jinak. Skládá se ze dvou sloupů se zakladačem uprostřed. Ve chvíli, kdy vzniká požadavek na vyskladnění položky najde zakladač polici, ve které je položka umístěna. Následně bude police přemístěna do otvoru pro vychystávání obsluhou. Takové systémy jsou vhodné pro skladování nástrojů, drahých položek, náhradních dílů. Jeden výtah je obsluhován pouze jedním operátorem. [7] [11]

Na obrázku je představen výtahový systém od společnosti Kardex, která je největším dodavatelem výtahových systémů.



Obrázek 2–2 Výtahový systém Kardex [14]

### 2.2.2 Autostore

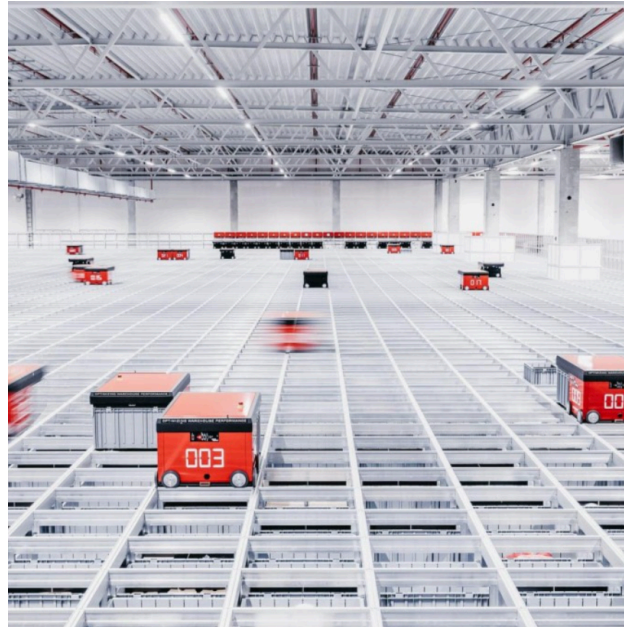
Autostore patří k automatizovaným skladovacím a vyhledávacím systémům (ASRS) a byl vyvinutý norskou společností AutoStore AS. Autostore představuje systém skladování materiálu v úložných boxech v horizontálním směru, který je obsluhován roboty. Tento systém je k nahlédnutí na obrázku viz Obrázek 2–3. Řešení se stává populárním v Evropě díky svým velkým výhodám. Systém dokáže eliminovat potřebu pracovní síly, maximalizovat využití skladovacích prostor a pracovat 24 hodin denně. Systém se skládá z 5 základních prvků:

1. zásobníky,
2. roboty,
3. řídicí jednotka,
4. hliníková konstrukce (mřížka),
5. porty.

Velkou výhodou zmíněného řešení je maximální využitelnost prostoru. Hliníkové rámování lze přizpůsobit jakémukoliv layoutu a obejít různé konstrukce ve skladu, například sloupy. To zajišťuje maximální zaplnění úložného prostoru, a to nejen obdélníkového tvaru. Autostore také umožňuje vytvoření chodby pro průchod osob a strojů. Roboty se pohybují po horní části konstrukce ve dvou na sebe kolmých směrech. Každý robot se může dostat do jakékoliv skladovací buňky. Nabíječky pro roboty jsou umístěny na stěnách a sloupech skladu.

Roboty zajišťují uskladnění materiálu tak, aby se na horních úrovních mřížky nacházely nejpoužívanější položky, zatímco méně používané položky jsou umístěny na dolních úrovních mřížky. Roboty by se měly pohybovat po nejkratších trasách, které vypočítává řídicí jednotka. Porty (přístavy) slouží k přepravě boxů k obsluze. Porty jsou nainstalované na všech stranách roštu. Ve chvíli, kdy robot přiveze zásobník do portu, vymění port tento zásobník na dříve použitý zásobník a vrátí jej zpět do skladu. Maximální počet zásobníků v jednom stohu je 24. Box má nosnost až 30 kg. [7] [11]

Za největší nevýhodu Autostoru lze považovat velmi vysokou pořizovací cenu. Tento systém je k nahlédnutí na obrázku níže.



Obrázek 2–3 Systém Autostore [15]

## 2.3 Manipulační technika

V této podkapitole jsou představeny automatizované manipulační zařízení, jejichž účelem je přeprava zboží do určených míst bez zásahu člověka. Zařízení bez řidiče jsou naprogramována tak, aby se pohybovala po stanovené dráze v závislosti na pozici výrobku. Taková zařízení musí být schopná detekovat palety a výrobky pomocí senzorů a kamer pro naskenování čárového nebo QR kódu.

### 2.3.1 AGV

Účelem automaticky vedeného vozidla (**automated guided vehicle**) je přeprava zboží bez zásahu člověka. Pro navigaci používá robot (vozidlo) magnetickou čáru, lasery, rádiové vlny atd. Komunikace mezi AGV probíhá bezdrátově nebo pomocí centrálního terminálu, přičemž je vytvořena síť vozíků pohybujících se bez zásahu člověka po předem definované dráze. Při výskytu překážek se vozidlo zastaví a rozjede se po odstranění překážky. V souladu s bezpečnostními normami je během jízdy vysílán zvukový signál.

Tato technologie je populární v oblasti internetu obchodů. E-shopy mají obvykle sklady s velkým sortimentem zboží, přičemž objednávky se obvykle skládají z několika položek v malém množství. Kompletování zakázek může být v takovém případě zdlouhavé a nepředstavuje pro společnost žádnou přidanou hodnotu. AGV roboti jsou schopné zvedat a přenášet pohyblivé regály nebo přepravky k pracovníkům, kteří pracují na pevných pracovištích k následnému balení a kompletaci. Automatizovaná přeprava zásob k pracovištím značně zvyšuje produktivitu vychystávání zboží. Obsluha odebere z regálu (boxu) požadovanou položku a poté bude regál odvezen zpátky. Z ergonomického hlediska to znamená zlepšení pracovních podmínek pro obsluhu skladu. Taková vozidla jsou schopná manipulovat s regály/boxy o hmotnosti až do 1 300 kg. Ukázka robotů od společnosti SSI Schaefer je na obrázku níže. [3] [11]



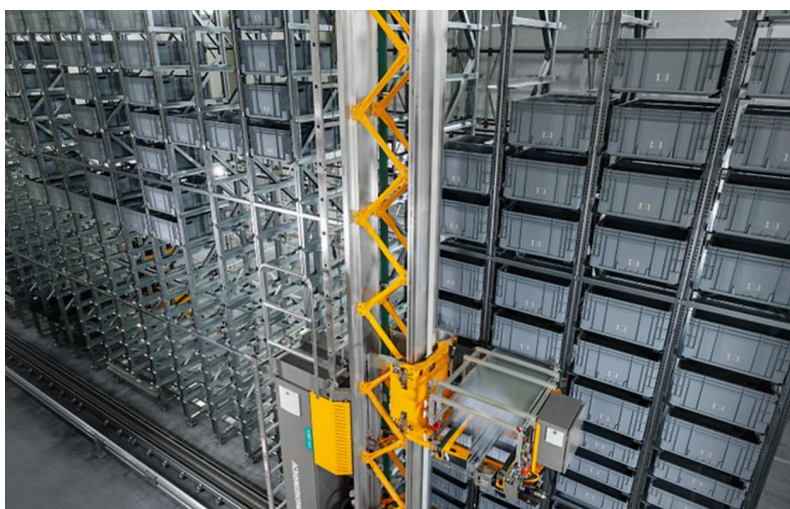


Obrázek 2–4 AGV vozidlo [16]

### 2.3.2 Automatický regálový zakladač

Automatický regálový zakladač, viz Obrázek 2–5, je sloupový zakladač, který se pohybuje po koleji s horním a dolním vedením bez obsluhy. Takový zakladač dokáže pracovat ve výškách, kam se nedostane vysokozdvíhací vozík. Výhodou systému je vysoká rychlost vychystávání, která je vyšší než u klasických zakladačů. Zakladač se pohybuje v uličkách mezi regály a přepravuje manipulační jednotky, které jsou uskladněny ve dvou regálech umístěných na obou stranách uličky. Zakladač se může pohybovat současně ve svislé a vodorovné ose.

Zakladače umožňují efektivní využití skladových prostor tím, že šířka uliček potřebná pro pohyb zakladače nepřesahuje 1,5 m a výška skladu může dosahovat až 50 m. Pokročilejší zakladače navíc dokážou spočítat nejkratší trajektorii pohybu pro vychystávání materiálu v regálech. Mohou také být vybaveny čtečkami čárových kódů, balicími zařízeními. Zakladače jsou schopné se pohybovat v jedné uličce nebo ve více uličkách. Dále existuje konstrukce regálového zakladače na portálovém jeřábu. V tomto případě se zakladač pohybuje nad regály. Zakladače jsou vhodné k použití při nízkých teplotách (až do  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), a proto se často používají v mrazírenských skladech. [16]



Obrázek 2–5 Regálový zakladač [18]

### 3 Analýza současného stavu podniku

Analýza současného stavu se zabývá představením společnosti XY, popisem cílů a postupu projektu, na kterém je práce realizována. Dále je zde provedena vstupní analýza dat.

#### 3.1 Představení společnosti

Společnost XY se nachází v Plzeňském kraji. Zabývá se primárně výrobou designových produktů různých druhů a velikostí. Společnost dnes patří k předním evropským dodavatelům v několika oborech a má přes 1000 zaměstnanců. Továrna má několik budov. Jedná se o několik výrobních hal, sklad a administrativní budovu.

##### Popis výroby

Společnost je nejvíc zaměřena na výrobu lakovaných svařenců, které mají obdelníkový tvar. Jedná se většinou o kusovou výrobu na zakázku. Proto se zde vzhledem k charakteru výroby vyskutuje velká variabilita rozměrů. Vyrobené a nalakované kusy prochází balením. Balení probíhá na balících linkách do kartonových krabic. Atypické výrobky vzhledem ke své velikosti jsou balené ručně, tj. neprochází balicí linkou.

Zabalené kusy se následně kompletují na palety. Každá paleta má přidělenou pozici ve skladu. Kusy ze stejné zakázky jsou vždy uskladněny na stejnou paletu, tudíž mají přidělenou stejnou pozici ve skladu. Pokud je zakázka ve skladu kompletní, tj. všechny kusy se nachází na paletě ve skladu, jsou k ní přidány drobné náhradní díly a zakázka je následně připravena na expedici.

Sklad se skládá z obyčejných paletových regálů. V současném stavu není sklad automatizován. Pro manipulaci s výrobky jsou používány manuální vysokozdvíhací vozíky.

#### 3.2 Analýza vstupních dat

Pro analýzu skladu poskytla společnost data o zakázkách za zvolený měsíc. V tomto měsíci je dosažena vysoká obrátkovost a sklad je maximálně využit. Pro analýzu byla využita následující data:

- Artikly z balící linie – atributy artiklů, časové razítko, rozměry.
- Vyvezené artikly – počet výrobků odvezených a přivezených za směnu do skladu.
- Sklad – počet pozic, velikosti pozic, úseky ve skladu.
- Skladované artikly – obrátkovost.

Za nejdůležitější vstupní hodnotu je považován počet vyrobených kusů za měsíc. Tato hodnota činí celkem **36 337 kusů**. Výrobky reprezentují 3 představitele svařenců: AL, TVR a VL. V rámci výpočtu je počítáno s 23 pracovními dny, tj. za den je v průměru vyrobeno **1 579 kusů**. Tyto hodnoty budou použity pro splnění primárního cíle dané práce, tj. návrhu konceptu automatizace současného skladu.

Je zde také potřeba zmínit, že společnost v rámci této práce vydefinovala 2 další požadavky:

1. Doba, po kterou je nutné mít zásobu ve skladu, je 4 dny.
2. Navýšení kapacity skladování o 20 %.

V současné chvíli společnost neviduje data o zásobách ve dnech. Pro kalkulaci zásoby ve dnech budou použita data z výroby, konkrétně průměrný počet vyrobených dílů za den, který bude následně vynásoben požadovaným počtem dní, viz bod 1.

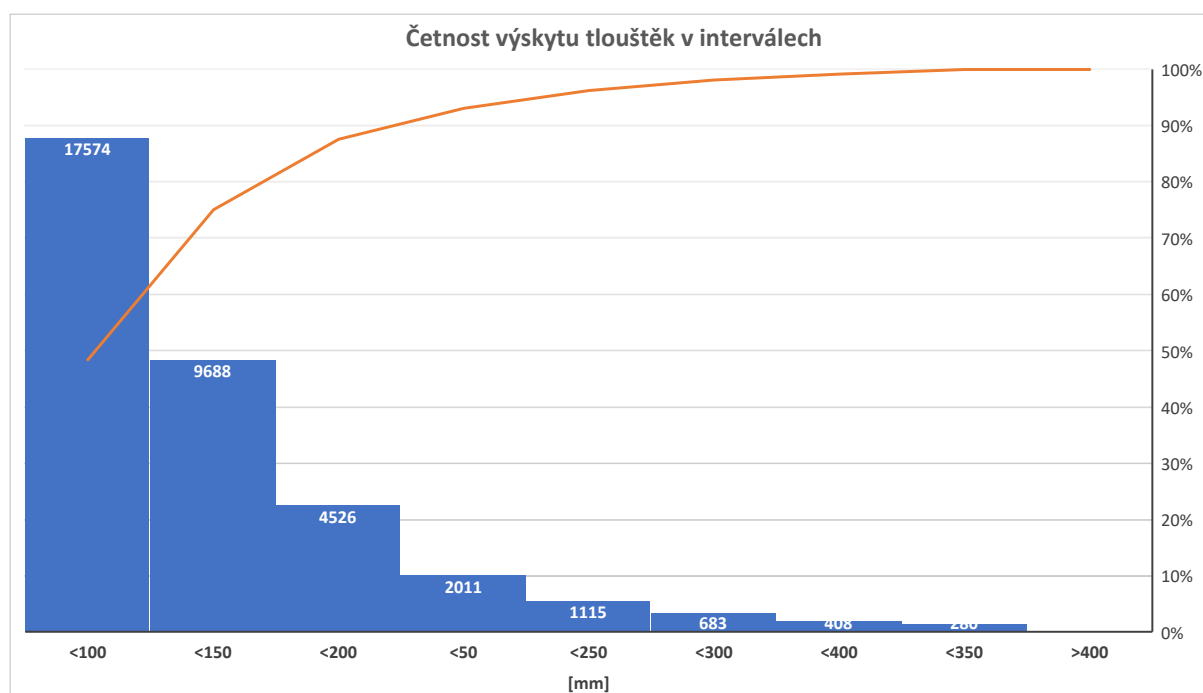
### Kategorizace výrobků

Kategorizace výrobků spočívá v analýze portfolia pro definování skupin výrobků. Zásadním úkolem bylo stanovení atributů neboli vlastností produktů, podle kterých jsou vytvořené skupiny a odhalení typičtí představitelé každé skupiny. Zásadní vlastnosti výroby na zakázku jsou nestandardizované rozměry, a proto bylo nutné definovat rozmezí hodnot pro jednotlivé skupiny. Výrobky byly seřazeny do předem stanovených skupin, aby bylo možné určit počet kusů v každém intervalu. Rozdělení výrobků do skupin bylo provedeno na základě šířek, tloušťek a délek. Bylo zjištěno, že délky a šířky produktů jsou velmi variabilní. Z hlediska kategorizace je klíčovým parametrem tloušťka.

Tabulka 3-1 Rozdělení výrobků na skupiny

Představitel	ROZDĚLENÍ DLE TLOUŠTKY								
	<50	<100	<150	<200	<250	<300	<350	<400	>400
AL	2011	11041	2375	488	16	0	0	0	0
TVR	0	0	0	115	87	169	268	408	0
VL	0	6533	7313	3923	1012	514	12	0	1
	<b>2011</b>	<b>17574</b>	<b>9688</b>	<b>4526</b>	<b>1115</b>	<b>683</b>	<b>280</b>	<b>408</b>	<b>1</b>
	<b>5,5%</b>	<b>48,4%</b>	<b>26,7%</b>	<b>12,5%</b>	<b>3,1%</b>	<b>1,9%</b>	<b>0,8%</b>	<b>1,1%</b>	<b>0,0%</b>

Pro lepší znázornění je vytvořen graf, který ilustruje počet výrobků v intervalech. Je vidět, že cca 50 % tloušťek se nachází v intervalu od 50 do 100 mm.



Obrázek 3-1 Četnost výskytu tloušťek svařenců

Níže je uvedena ABC analýza podle délek a šířek svařenců. Tučným písmem jsou uvedeny počty výrobků pro definované intervaly.

Tabulka 3-2 Rozdělení výrobků dle délek

Představitel	ROZDĚLENÍ DLE DÉLKY										
	<500	<1000	<1500	<2000	<2500	<3000	<3500	<4000	<4500	<5000	>5000
AL	0	1578	4499	9149	553	129	23	0	0	0	0
TVR	52	38	461	156	139	158	47	13	26	4	0
VL	26	6679	4052	4839	2825	670	133	52	26	4	2
	<b>78</b>	<b>8295</b>	<b>9012</b>	<b>14144</b>	<b>3517</b>	<b>957</b>	<b>203</b>	<b>65</b>	<b>52</b>	<b>8</b>	<b>2</b>
	<b>0,2%</b>	<b>22,8%</b>	<b>24,8%</b>	<b>38,9%</b>	<b>9,7%</b>	<b>2,6%</b>	<b>0,6%</b>	<b>0,2%</b>	<b>0,1%</b>	<b>0,02%</b>	<b>0,01%</b>

Tabulka 3-3 Rozdělení výrobků dle šířek

Představite	ROZDĚLENÍ DLE ŠÍŘKY										
	<200	<400	<600	<800	<1000	<1200	<1400	<1600	<1800	<2000	>2000
AL	0	54	7060	7952	765	69	22	6	3	0	0
TVR	1039	59	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VL	731	5766	6290	4776	1093	391	145	66	39	9	2
	1770	5879	13350	12728	1858	460	167	72	42	9	2
	4,9%	16,2%	36,7%	35,0%	5,1%	1,3%	0,5%	0,2%	0,1%	0,02%	0,01%

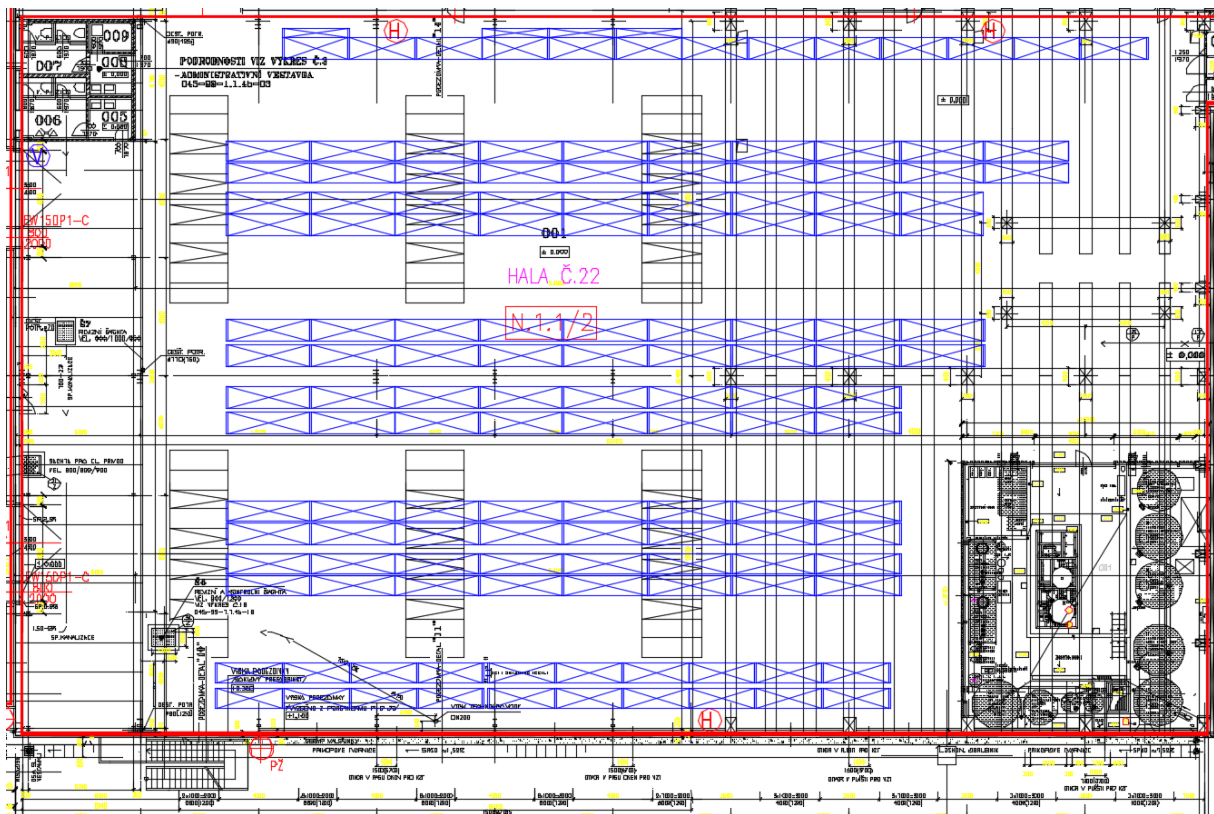
Na základě provedené analýzy lze říci, že parametry svařenců jsou velmi variabilní a pro účely automatizace budou vyřazeny výrobky s atypickými rozměry, jelikož představují pouze pár procent. Dále budou použity následující parametry:

- Délka <2500 mm (tvoří 97,3 % všech délek).
- Šířka <1000 mm (tvoří 98,4 % všech šířek).

### 3.3 Současný layout skladu

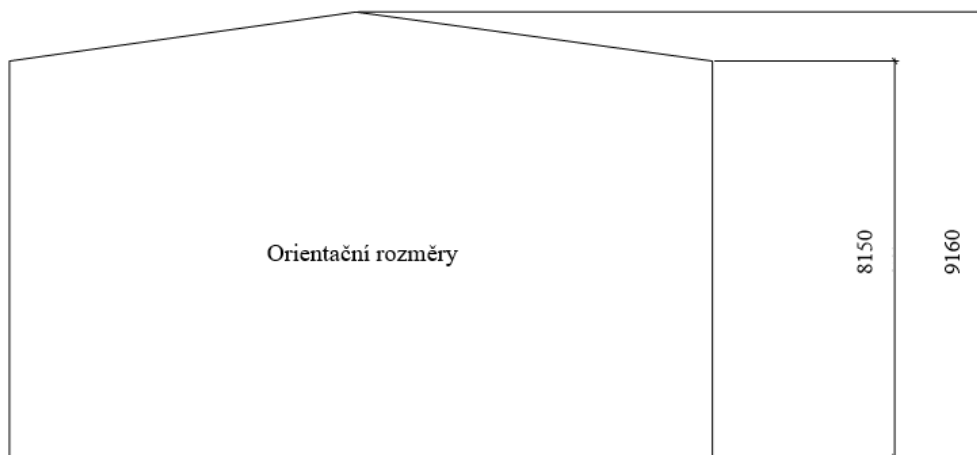
Pro analýzu současného stavu poskytla společnost 2D layout aktuálního stavu skladu. Pomocí laserového dálkoměru byly zaměřeny rozměry a porovnány s poskytnutým výkresem. Zaměřené hodnoty jsou potřebné pro zakreslení prostorového uspořádání do 3D softwaru. V rámci měření byly zjištěny rozměry budovy, rozměry uliček a rozměry regálů.

Současný layout je k nahlédnutí na obrázku:



Obrázek 3-2 Současný 2D layout budovy

Pomocí dálkoměru byla změřena i výška budovy, která bude potřebná při návržení automatizace skladu. Orientační výška budovy v milimetrech je zakreslena na obrázku:



**Obrázek 3–3 Orientační výška budovy**

Většina výrobků je v současném stavu skladována v regálech. Některé výrobky jsou však skladovány volně přímo v uličkách kvůli nedostatku místa v regálech.

V současném stavu jsou ve společnosti používány obyčejné paletové regály. Je zřejmé, že při takovém skladování dochází k malému využití skladovacího prostoru vzhledem k stohování, tj. skladování kusů na sebe do vrstev. Rozměry paletových míst nejsou závislé na velikosti a hmotnosti svařenců. Společnost má navíc nastavená pravidla týkající se stohování, a to maximálně 7 kusů na sebe. Police jsou v takovém případě využity jen z části a mezi policemi vznikají velké vzduchové mezery. Pokud je hotový díl větší než paletové místo, je uskladněn na dvou místech.



**Obrázek 3–4 Skladování výrobků mimo regály**

Je potřeba poznamenat, že část skladu je pod sníženým stropem a tento prostor není využíván pro skladování výrobků, což značně snižuje skladovací objem. Další překážkou jsou sloupy.

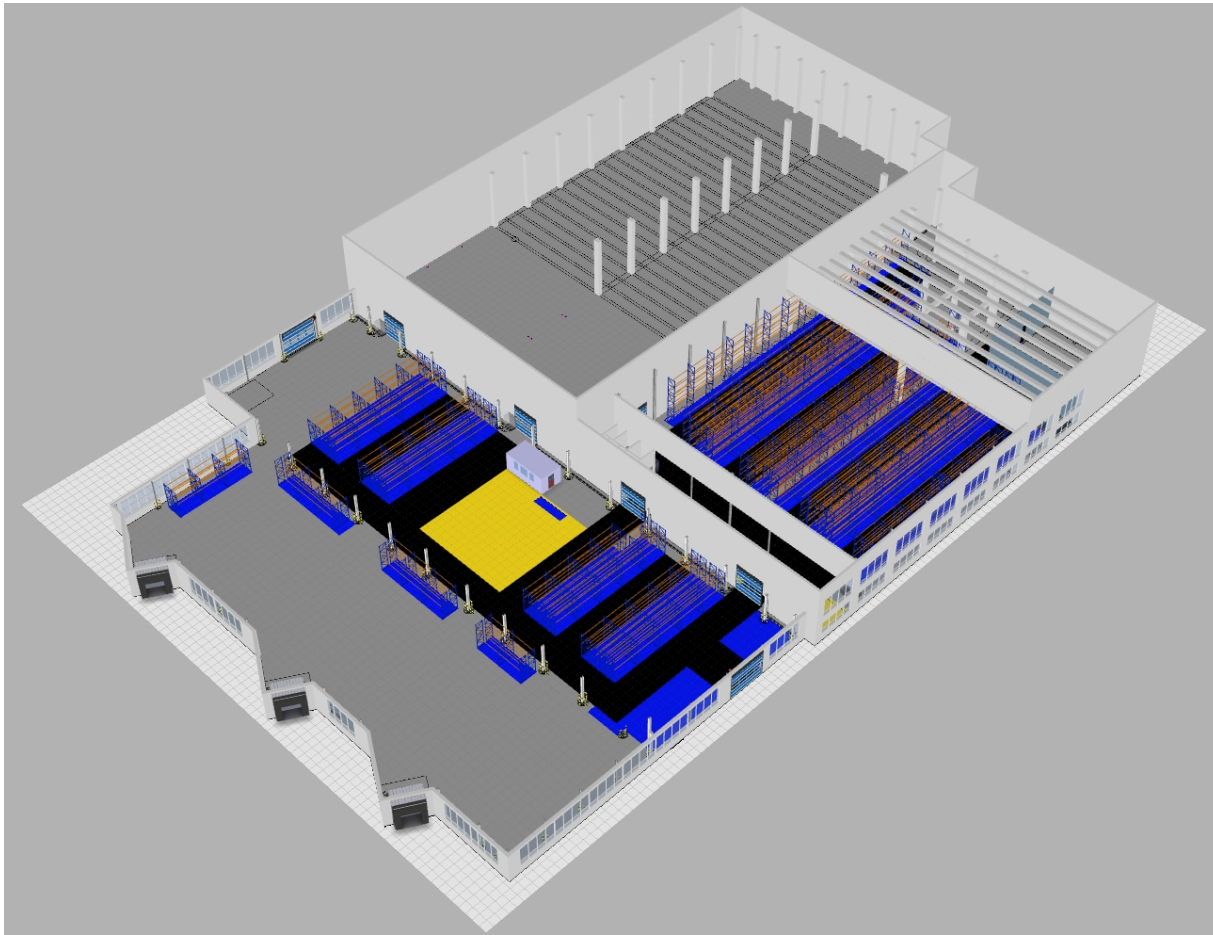


**Obrázek 3–5 Prostor pod sníženým stropem**

Nabíjecí stanice pro VZV, která se nachází v prostoru skladu, zabírá část prostoru, který nelze využít pro skladování. Tuto plochu je ale také nutné zohlednit v layoutu.

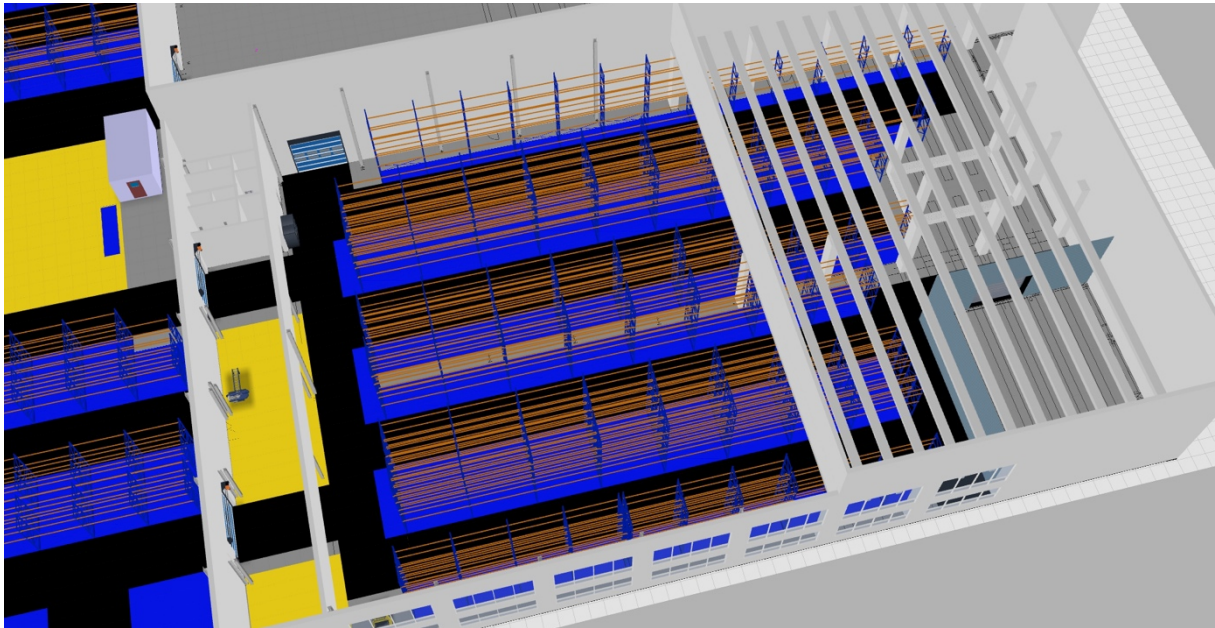
### **Tvorba 3 D layoutu**

V závislosti na naměřených rozměrech expedičního a skladovacího prostoru byl vytvořen současný layout celé budovy za použití aplikace Vistable. Layout zahrnuje regály, jejichž skutečné rozměry byly také změřeny, a zobrazuje expediční prostor, skladovací prostor a jednu výrobní halu.



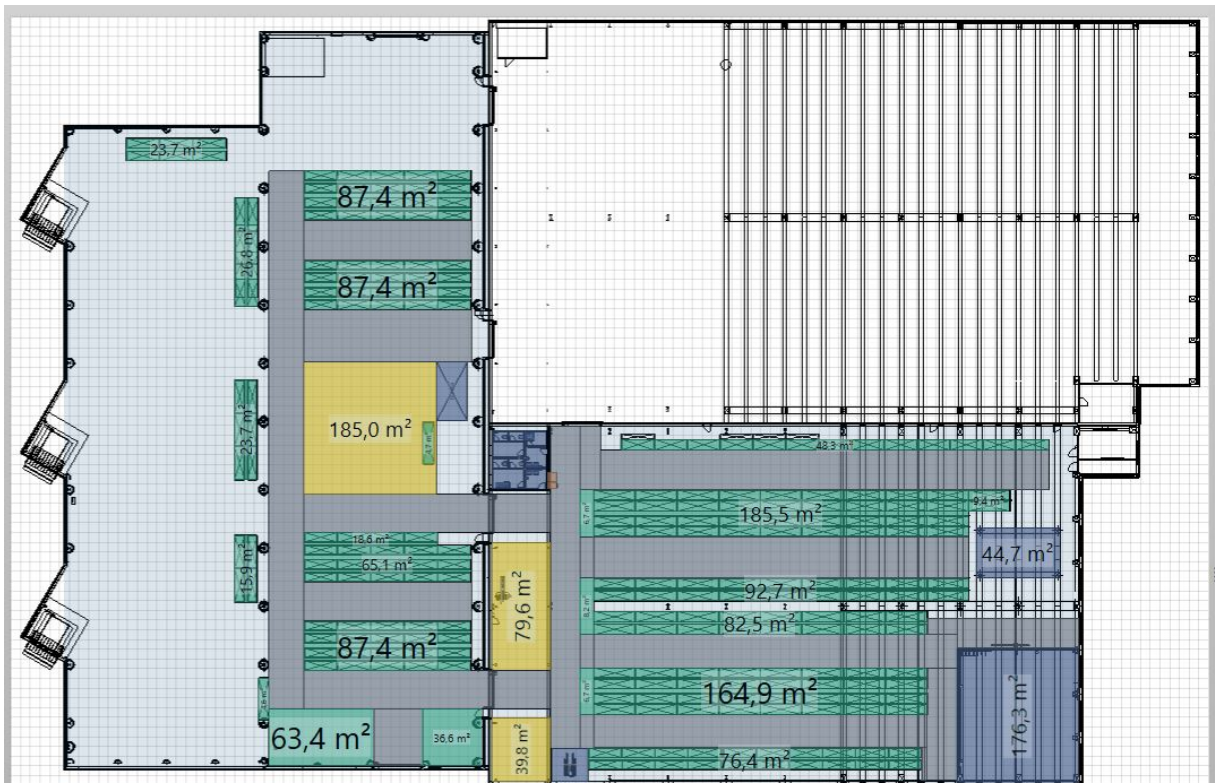
**Obrázek 3–6 Skladovací a expediční plocha**

Daná práce je především zaměřena na skladovací prostor, viz Obrázek 3–7. Zde je důležité zmínit, že budova slouží pro skladování hotových kusů. Výrobky patřící ke stejné zakázce jsou uskladněny na stejném paletovém místě. Zakázka je přemístěna na expedici ve chvíli, kdy jsou ve skladu připraveny všechny položky ze zakázky. V případě chybějící položky se čeká na její zaskladnění pro následnou expedici. Výrobky jsou uloženy v regálech nebo skladovány volně v uličkách vzhledem k nedostatku místa. Prostor pod sníženým stropem je využíván pro skladování přibližně z poloviny, přičemž regály jsou nižší než pod obyčejným stropem. Dále se ve skladu nachází VZV nabíjecí stanice a plocha pro řezání materiálu. V rohu se nachází sociální plocha pro pracovníky skladu.



Obrázek 3–7 Layout skladu

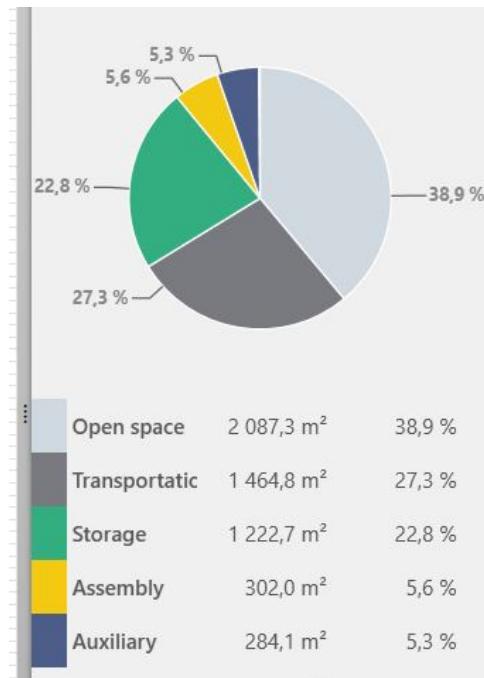
Pro skladovací a expediční plochu byl proveden Area Balancing. Tato metoda již byla popsána v teoretické části práce. Jedná se o optimalizaci využití podlahové plochy, což znamená snahu maximalizovat skladovací plochu pro výrobky. Samozřejmě rozložení skladovací plochy musí respektovat normy. Šířka uliček mezi regály je závislá na šířce vysokozdvížného vozíku pro zajištění zaskladnění/vyskladnění hotových kusů. Pomocné plochy jsou označeny na obrázku modrou barvou. Jedná se o nabíjecí stanice, sociální plochy pro zaměstnance a technickou plochu, která nemůže být využita pro skladování.



Obrázek 3–8 Area Balance skladu



Na obrázku výše je skladovací plocha vyznačena zelenou barvou. Pomocí koláčového grafu jsou představeny procentuální hodnoty různých typů ploch. Plocha určená pro skladování v současném stavu představuje pouze 22,8 % z celkové plochy. Transportní plochy, označené šedou barvou, slouží k manipulaci s výrobky. Světle šedá plocha označená jako "open space" je volná plocha, sloužící k expedici zakázek.



Graf 3-1 Procentuální zastoupení ploch v současném stavu

## 4 Benchmarking automatických skladovacích systémů

Automatizace skladu v případě dlouhých a těžkých výrobků může mít pozitivní vliv na produktivitu, efektivitu a bezpečnost při manipulaci s výrobky. V teoretické části této práce již byly popsány metody automatizace skladu. Daná kapitola je zaměřená na průzkum automatických systémů pro skladování a manipulaci s dlouhými a těžkými výrobky. Výběr správného automatizovaného systému pro daný typ výroby závisí na několika faktorech, které zde budou popsány. [19]

### 4.1 Existující omezení

Pro navržení automatizačních prvků je třeba vzít v úvahu existující omezení budovy a vlastnosti výrobků, které byly zmíněny v předchozí kapitole. Vzhledem k rozvoji společnosti a postupnému navýšení výrobních kapacit není současná budova skladu přizpůsobena aktuálním potřebám podniku. Daná stavba má několik omezení:

- velký prostor pod sníženým stropem,
- velká technická plocha,
- sloupy,
- omezená výška budovy.

Níže jsou uvedena další omezení, která je potřeba zohlednit při návrhu automatizace:

- velikost a váha výrobků,
- široké portfolio výrobků.

Výše zmíněná omezení budovy mají negativní vliv na skladovací kapacitu. Zároveň některé automatizované systémy vyžadují plochu bez překážek. Optimální budova by tedy měla mít vysoké stropy a zároveň co nejméně překážek, například sloupů. Vzhledem k tomu, že výrobky jsou těžké a dlouhé, je nutné zajistit velkou manipulační plochu pro zaskladnění a vyskladnění dílů. Uličky musí být navrženy s ohledem na poloměr otáčení. Manipulační technika by se měla dostat do všech míst ve skladu. Důležitá je i nosnost zařízení vzhledem k velké hmotnosti hotových kusů. Na základě dat poskytnutých společností byla identifikována nejvyšší váha výrobku, která je 269 kg. To znamená, že automatizované prvky musí mít nosnost vyšší než 269 kg.

Dalším problémem při návrhu automatizace je široké portfolio. V rámci vstupní analýzy rozměrů výrobků nebyl nalezen typický představitel, proto byly vytvořeny skupiny s rozmezím parametrů. Vzhledem k širokému portfolio byly vyřazeny atypické výrobky s délkou převyšující 2 500 mm.

Z výše popsaných omezení vyplývají následující kritéria pro volbu automatizovaného řešení:

- **Nosnost police > 269 kg.**
- **Délka police > 2500 mm.**

### 4.2 Výčet potenciální techniky

Při provádění rešerše v oblasti automatizačních skladovacích a manipulačních prvků s ohledem na již výše popsána omezení došlo k vyčlenění následujících prvků:

1. Automatizované skladovací a vyhledávací systémy, dimenzované pro skladování dlouhých a těžkých výrobků, a které mohou být řízené pomocí informačního systému na počítači.

2. Horizontální karusely pro skladování a vychystávání výrobků v horizontálním směru, kde je pohyb realizován pomocí vodicího pásu.
3. Výtahové systémy, které maximalizují využití podlahové plochy pro skladování výrobků na policích ve vertikálním směru.
4. Automatizovaná zařízení pro uskladnění a vyskladnění výrobků bez nutnosti zásahu člověka. Tyto zařízení musí splňovat požadavky na rozměry výrobků a jejich váhu. [20][21]

Pro srovnání těchto technologií byly získány technické listy přímo od výrobců, konkrétně od společností Autostore, Kardex a BITO. Ceny jednotlivých řešení v tabulce jsou pouze orientační a po schválení konkrétního řešení bude kontaktován dodavatel technologie pro tvorbu konkrétní cenové nabídky. Cena zařízení se může značně lišit, jelikož každé řešení je individuálně přizpůsobeno požadavkům společnosti.

Tabulka 4-1 Porovnání technologií

Automatizované řešení	Omezení		
Typ řešení	Nosnost police/jednotky [kg]	Délka police [mm]	Cena [tis. Euro]
Autostore	30	600	2 000
Horizontální karusel	90	600	250
Vertikální výtahový systém	500	4050	200
Vertikální karuselový systém	250	3250	200
Regálový zakladač	1000		1500

Poznámka: Cena řešení Autostore je uvedena pro celou budovu. U ostatních řešení jsou uvedeny ceny za jednu jednotku. Celková cena řešení je tedy závislá na počtu jednotek.

Červenou barvou v tabulce jsou označeny hodnoty, které nejsou postačující/vhodné pro daný typ výroby vzhledem k hmotnostním a velikostním limitům. Po srovnání výše zmíněných technologií byly vyřazeny Autostore, horizontální karusel a vertikální karuselový systém. Nosnosti polic u těchto variant nejsou dostačující pro daný typ výrobků. Délka a nosnost jedné jednotky pro skladování u Autostore a horizontálního karuselu jsou značně nižší než požadované hodnoty. Vertikální karuselový systém má hmotnostní limit 250 kg, který je menší než požadovaná hodnota rovnající se 269 kg. Vertikální karuselový systém je hodně podobný vertikálnímu výtahovému systému, který má ale vyšší nosnost polic. Cena těchto dvou variant se může lišit jen nepatrně.

Při návrhu konceptu skladování byly také prozkoumané možnosti kombinace obyčejných regálů pro skladování a regálového zakladače, který splňuje stanovené požadavky a je vhodný pro těžké a objemné díly. Vznikla tedy potřeba se zaměřit na jiný typ regálů než paletový.

**Konzolové regály** jsou typem regálového systému, které jsou určeny pro skladování dlouhých a objemných jednotek, jako jsou například trubky a plechy. Tyto předměty je méně vhodné skladovat v paletových regálech, protože mohou být příliš dlouhé nebo mít složitý tvar. V těchto případech zabírají výrobky více paletových míst a dochází k nerovnoměrnému využití skladových ploch.

Konzolové regály jsou navrhované v jednostranném nebo oboustranném provedení. Jednostranné regály jsou určeny k umístění ke zdi. K oboustranným regálům lze přistupovat z obou stran. Nosníky regálů lze libovolně nastavovat do různých výšek na základě rozměrů výrobků. Položky lze nakládat a vykládat pomocí vysokozdvižného vozíku nebo jiného manipulačního zařízení, například regálového zakladače.

Konzolové regály představují univerzální a poměrně levné řešení pro skladování dlouhých a objemných položek. **V kombinaci s regálovým zakladačem vzniká automatizovaný regálový systém** pro dlouhé a těžké výrobky.

### 4.3 Výstup z provedeného benchmarkingu

Návrh konceptu skladování svařenců ve společnosti XY vychází z provedeného benchmarkingu s ohledem na existující omezení budovy a parametrů výrobků. Po provedení analýzy byly vyřazeny Autostore, horizontální karusel a vertikální karuselový systém vzhledem k velké hmotnosti a délce svařenců. Horizontální karusely navíc vyžadují prostor bez překážek, a proto stávající budova je pro něj nevhodná.

Na základě výše uvedených informací je vhodným řešením vertikální výtahový systém, který umožní maximální využití podlahové plochy a skladování výrobků ve vertikálním směru. Tento systém splňuje požadované kritérium nosnosti polic a nebyl vyřazen z důvodu velikostních limitů. Cena tohoto řešení bude závislá na počtu jednotek a dalších specifických požadavcích.

Konzolové regály jsou dalším vhodným řešením pro skladování svařenců. Jejich nastavitelnost a přizpůsobitelnost rozměrům výrobků také umožňuje optimalizaci využití skladového prostoru. Automatizovaný regálový systém s konzolovými regály a regálovým zakladačem pak nabízí výhodu automatizace manipulace s výrobky, což může zlepšit efektivitu skladování a snížit riziko poškození výrobků při ruční manipulaci. Je však důležité zohlednit vysoké náklady na pořízení takového systému.

Výstupem z porovnání automatických skladovacích systémů jsou tedy 2 varianty:

- **Vertikální výtahový systém.**
- **Automatizovaný regálový systém.**

## 5 Variantní návržení automatizace v podniku

V předchozí kapitole byla provedena analýza potenciální techniky, ze které byly vyvozeny 2 možnosti automatizace:

- Vertikální výtahový systém.
- Automatizovaný regálový systém.

V případě automatizovaného regálového systému se jedná o kombinaci regálového zakladače a konzolových regálů. Kapacita vertikálního výtahového systému a konzolových regálů bude vypočítána přes tloušťky (výšky) výrobků.

### 5.1 Varianta A

Vertikální výtahové moduly jsou druhem automatizovaného skladovacího a vyhledávacího systému, které maximalizují využití prostoru. Systémy se skládají z jednoho nebo více vertikálních sloupů, na kterých jsou umístěny police. Při skladování výrobků ve výtahu jsou výrobky umístěny na policích. Rozteče a rozměry lze přizpůsobit velikosti a hmotnosti skladovaných jednotek. Zvedací mechanismus se pohybuje nahoru a dolů po sloupu, aby přemístil polici k otvoru, odkud může obsluha výrobek vyjmout.

Skladování produktů v zařízeních VLM má několik výhod. Eliminuje především ruční vychystávání zboží a zkracuje dobu potřebnou k vyhledání výrobků. Prostor je při takovém řešení maximálně využit, jelikož jsou výrobky ukládány vertikálně a zabírají méně podlahové plochy ve srovnání s obyčejným regálem.

Výtahové systémy jsou dimenzovány dle rozměrů výrobků, a proto bylo nejprve potřeba zvolit skupinu výrobku, pro kterou bude proveden výpočet, viz Obrázek 3–1 Četnost výskytu tlouštěk. Z grafu vyplývá, že cca 50 % svařenců má tloušťku do 100 mm.

Vzhledem k malé využitelné ploše a požadavku společnosti na maximální využití kapacity skladu byl navržen výtahový systém ve výšce 8 000 mm **jako přístavba k současné budově. Tato výška se rovná výšce vnější stěny budovy**, viz Obrázek 3–3. Přístavbou je myšlen výtahový systém připevněný k budově zvenku, který navyšuje skladovací kapacitu ve stávajícím skladu. Výhodou takového řešení je navýšení skladovací plochy i do výšky. Pro kalkulaci počtu polic je potřeba počítat s tloušťkami výrobku v závislosti na skupině.

Přídavky představují konstrukční prvky výtahů a manipulační prostor nad výrobky pro jejich zasunutí a vysunutí. Pro zjednodušení výpočtu byl vytvořen jednoduchý kalkulátor v Excelu.

#### 5.1.1 Vstupní parametry pro výtahový systém

Kapacita výtahu je velmi závislá na počtu polic a je počítána přes tloušťku výrobků. Pro výtahové systémy budou v první řadě zvoleny skupiny výrobků s nejmenší tloušťkou pro maximální využití systému. Na daném obrázku jsou představeny vstupní parametry pro výrobky s tloušťkou (výškou) do 50 mm. Tato limitní hodnota je zvýrazněna v tabulce tučným písmem.

Tabulka 5-1 Parametry výtahových systémů

Vstupní parametry pro 1 zástavbu		Přídavky	
Možná výška zástavby [mm]		8000	200
Počítaný rozměr výrobku	Délka [mm]	4000	472
	Šířka [mm]	1000	558
	Výška [mm]	50	30

Výtah je dále dimenzován dle nejčtetnějších délek a šířek, aby byly eliminovány atypické výrobky a bylo dosaženo maximálního využití prostoru ve výtahu. Na základě ABC analýzy délek a šířek svařenců jsou v tomto případě definována omezení pro délku a šířku, které jsou nejčastější a tvoří většinu výrobků v dané kategorii. Atypické výrobky jsou zahrnuty v menším procentuálním množství a nejsou zahrnuty v automatizaci, protože by mohly omezit kapacitu výtahu. ABC analýza dle délek a šířek svařenců je uvedena v kapitole 3.

Na základě již provedené analýzy je dále počítáno s následujícími parametry:

- Délka < 2 500 mm (97,3 % všech délek).
- Šířka < 1 000 mm (98,4 % všech šířek).

### 5.1.2 Kapacitní výpočty pro výtahový systém

Vzorec pro výpočet počtu polic pro jeden výtah vychází z celkové výšky výtahu včetně přídavků, která je vydělena výškou výrobku v dané kategorii. Výsledek je vynásoben dvěma, jelikož každý výtahový systém se skládá ze 2 sloupů. Od výsledků jsou odečteny 2 police kvůli otvoru pro odebírání kusů.

$$p = \left( \left( \frac{8000+200}{50+30} \right) * 2 \right) - 2 = 203 \text{ [polic]}$$

Tabulka 5-2 znázorňuje výsledný počet polic v případě uložení výrobků do výtahů s tloušťkou v intervalu 0-50 mm. V dané tabulce je nastaven vzorec pro výše zmíněný výpočet a při změně vstupních hodnot bude výsledek automaticky přepočítán.

Průměrná doba vychystání jednoho kusu je vypočtena na základě rychlosti výtahu a doby vysunutí polic. Tyto parametry byly dohledány v technickém listu dodavatele skladovacích systémů BITO.

Tabulka 5-2 Kapacita výtahového systému pro tloušťky 0-50 mm

Kapacita zařízení	
Počet polic [ks]	203
Rychlost [m/s]	1
Doba vysunutí/zasunutí police [s]	3
Průměrná doby na pick [s]	20

Čistá délka police bez přídavku byla dohledána v katalogu dodavatele. Tento dodavatel nabízí řešení ve 2 variantách:

- Délka police 3 000 mm
- Délka police 4 000 mm

Pro porovnání obou variant je nutné uvažovat stejnou délku skladovacího prostoru. Z toho důvodu byly v tabulce porovnány kombinace čtyř výtahových systémů v délce 3 000 mm a tří výtahových systémů v délce 4 000 mm. Šířka pro obě varianty je v tomto případě stejná. Pro porovnání těchto možností byla provedena ABC analýza pro délky a šířky výrobků. Při této analýze byly všechny výrobky zařazeny do skupin dle jejich délek a šířek.

Tabulka 5-3 Procentuální podíl délek výrobků

Délky pro tloušťky 50-100 mm					
Představitel	<500	<1000	<1500	<2000	<2500
Celkový počet výrobků	5	2987	4371	8229	1293
Procentuální podíl	0,03%	17,69%	25,89%	48,74%	7,66%

Procentuální hodnoty z tabulky byly dále vynásobeny počtem výrobků, které se vejdou na polici. Například na polici o délce 4000 mm se vejdou 2 výrobky o délce do 2000 mm. Počet výrobků pro jeden výtah lze vypočítat následujícím způsobem:

$$\text{počet výrobků} = \sum \text{počet polic} * \text{počet výrobků na polici} * \text{procentuální podíl}$$

V tabulce níže lze vidět, že při počtu 203 polic lze při variantě 2 uskladnit víc svařenců vzhledem k lepšímu využití prostoru.

Tabulka 5-4 Porovnání variant

Porovnání variant		
Varianta	4*3000 mm	3*4000 mm
Počet výrobků	1308	1374

Výstupem je tedy délka police rovnající se 4000 mm. Při této délce police dojde k maximálnímu využití prostoru vzhledem k lepšímu skladování různých skupin výrobků na jedné polici. Daný rozměr police umožňuje skladovat svařence v následujících kombinacích:

- 4 výrobky ze skupiny 0 – 1 000 mm.
- 2 výrobky ze skupiny 1 000 – 1 500 mm a 1 výrobek ze skupiny 0 – 1 000 mm.
- 2 výrobky ze skupiny 1 500 – 2 000 mm.
- 1 výrobek ze skupiny 2 000 – 2 500 mm a 1 výrobek ze skupiny 1 000 – 1 500 mm.

V rámci analýzy délek bylo zjištěno, že 48,74 % výrobků má délku v rozmezí 1 500 – 2 000 mm. Skoro polovina svařenců tedy může být uskladňovaná po 2 kusech na polici. Výsledné rozložení výrobků na polici je na obrázku:

Rozložení výrobků

1000	1000	1000	1000
1500	1500	1000	
2000	2000		
2500	1500		

Obrázek 5-1 Varianty umístění výrobků na polici

Dále byl vytvořen pomocný kalkulátor pro výpočet celkového počtu potřebných polic v regálu, přičemž počet polic je závislý na tloušťce výrobků. Na obrázku je uveden výpočet pro výrobky, které mají tloušťku 0 až 50 mm. Obdobný výpočet byl proveden pro skupinu 50-100 mm. V rámci kalkulace bylo nutno spočítat průměrný počet vyrobených dílů za den a následně vypočítat počet potřebných polic pro skladování dílů na základě požadované úrovně zásoby výrobků ve skladu. Počet výrobků vyplývá z poskytnutých dat společnosti za zvolený měsíc. Úrovní zásoby je myšlena potřebná zásoba svařenců na definovaný počet dní. Tato hodnota je vypočítána jako násobek počtu dní a průměrného počtu vyrobených kusů za den.

Tabulka 5-5 Kalkulátor pro vyrobené díly za den v délce 0-50 mm

Vstupní údaje	
Počet pracovních dní	23
Počet vyrobených dílů za měsíc	2011
Počet vyrobených dílů za den	<b>87</b>

Obdobný výpočet byl proveden pro tloušťky 50-100 mm.

Tabulka 5-6 Kalkulátor pro vyrobené díly za den v délce 50-100 mm

Vstupní údaje	
Počet pracovních dní	23
Počet vyrobených dílů za měsíc	16885
Počet vyrobených dílů za den	<b>734</b>

Pro zjištění počtu dílů pro stanovený počet dní lze jednoduše získat vynásobením počtu dní počtem vyrobených dílů za den z předchozí tabulky, tj.  $4 \times 87$  kusů. Počet polic pro jeden zakladač je spočítán výše, viz Tabulka 5-2.



Tabulka 5-7 Kalkulátor pro výpočet polic pro délky 0-50 mm

Automatizace-kalkulátor	
Počet dní pro zásoby ve skladu ( X dní)	4
Počet dílů na X dní (počet ve skladu)	348
Počet polic pro 1 zakladač	203

Tabulka 5-8 Kalkulátor pro výpočet polic pro délky 50-100 mm

Automatizace – kalkulátor	
Počet dní pro zásoby ve skladu ( X dní)	4
Počet dílů na X dní (počet ve skladu)	2936
Počet polic pro 1 zakladač	124

Pokud je již spočítán požadovaný počet polic a kapacita zařízení neboli počet polic pro jeden výtahový systém, lze dále zjistit celkový počet výtahů pro automatizaci. Pro výpočet byly nejprve vyselektovány počty výrobků pro danou tloušťku a zařazeny do skupin dle délek. Dále byl z procentuálního podílu spočítán počet kusů na 4 dny. Pro zjištění počtu potřebných zakladačů byly použity kombinace uskladnění kusů na policích, viz Obrázek 5–1.

Tabulka 5-9 Výpočet výtahových systémů pro tloušťky 0-50 mm.

Délky pro tloušťky 0-50 mm					
Představitel	<500	<1000	<1500	<2000	<2500
Celkový počet výrobků	0	58	353	1600	0
Procentuální podíl	0,00%	2,88%	17,55%	79,56%	0,00%
Počet dílů na X dní	0	10	61	277	0
Počet potřebných zakladačů	0,0		0,2	0,7	0,0
	Součet		0,8		

Tabulka 5-10 Výpočet výtahových systémů pro tloušťky 50-100 mm.

Délky pro tloušťky 50-100 mm					
Představitel	<500	<1000	<1500	<2000	<2500
<b>Celkový počet výrobků</b>	5	2303	3305	4568	718
<b>Procentuální podíl</b>	0,05%	21,13%	30,32%	41,91%	6,59%
<b>Počet dílů na X dní</b>	1	620	890	1231	193
<b>Počet potřebných zakladačů</b>	0,0		2,8	5,0	1,6
	<b>Součet</b>		<b>9,3</b>		

Celkový počet výtahových systémů je 9,3. Ostatní tloušťky v současném stavu nebyly uvažovány, jelikož prostorové uspořádání skladu budovy neumožní implementaci většího počtu výtahových systémů.

Z níže uvedené tabulky vyplývá, že počet atypických dílů, které budou uskladněny pod sníženým stropem, je 201 z celkového počtu 6 319, což činí pouze 2,8 %.

Tabulka 5-11 Počet atypických výrobků pro Variantu A

	Počet dní:	4
	Data za měsíc	Přepočet na zvolený počet dní
<b>Vyrobeno za listopad</b>	36337	6319
<b>Výtahový systém</b>	18896	3286
<b>Zbytek</b>	1158	<b>201</b>

### 5.1.3 Vstupní parametry pro automatizovaný regálový systém

Zmíněné výtahové systémy, které budou umístěny venku, dokážou zaskladnit pouze výrobky v rozmezí 0-100 mm. Ostatní výrobky budou umístěny uvnitř budovy.

Vhodným řešením pro skladování dlouhých a těžkých kusů ve skladu jsou stromečkové regály. Jejich výhodou je nižší pořizovací cena a skladování po jednom kusu, tedy na jedné polici se nachází jeden kus. Velkou výhodou stromečkového regálu je samostatné skladování jednotlivých dílů, tedy díly nejsou umístěné na sebe a je zajištěn přístup ke všem výrobkům. Takové skladování zvyšuje flexibilitu při kompletaci zakázky a je typické pro skladování tyčových materiálů.

Dané regály mohou být použity pro následující parametry dílů:

- Tloušťky 50-100 mimo výtahový systém.
- Tloušťky 100-300 mm.

Pro stromečkové regály existují omezení:

- Šířka < 1 200 mm.
- Tloušťka > 300 mm.

Následující tabulka znázorňuje vstupní údaje pro výpočet potřebných regálů.

Tabulka 5-12 Vstupní údaje

Vstupní údaje	
Počet pracovních dní	23
Výška regálu	8000
Výška police	100
Délka regálu	24000
Počet dní pro zásoby ve skladu ( X dní)	4

#### 5.1.4 Kapacitní výpočty pro automatizovaný regálový systém

V rámci výpočtu byl vytvořen kalkulátor, který na základě rozměrů regálů, požadované zásoby ve dnech a tloušťky (výšky) výrobků spočítá potřebný počet regálů pro uskladnění svařenců. Jedná se o délku polic v regálech vynásobenou počtem polic. Výška regálu je závislá na výšce stropu a v současném skladu se rovná 8 metrům.

Počet polic v regálu lze vypočítat jako výšku regálu dělenou součtem výšky výrobku včetně mezery a výškou samotné police. Počet polic pro tloušťky 50-100 mm je tedy:

$$p = \frac{8000}{150 + 100} = 32 \text{ [polic]}$$

Výpočet celkového potřebného počtu polic vychází z myšlenky nekonečné délky, tj. při sečtení všech délek výrobků v dané skupině lze vydělit výsledek délkou regálu a tímto získat počet polic. Tento výpočet lze objasnit tím, že výrobky jsou uskladněny na policích za sebou, přičemž na jedné polici se bude nacházet jeden výrobek. Výpočet je proveden pro zásobu na 4 dny. Počet regálů lze následně zjistit přes počet polic v regálu a celkový potřebný počet polic, a to pro každou kategorii zvlášť.

Mezera mezi policemi a výrobky je 50 mm, což představuje manipulační prostor pro jednodušší zasunutí a vysunutí výrobku z police. Celkový počet jednostranných regálů po zaokrouhlení je 13, viz Tabulka 5-13.

Tabulka 5-13 Počet regálů pro Variantu A

Skupina	Výška výrobku včetně mezery	Počet polic v regálu z jedné strany	Potřebný počet polic	Počet jednostranných regálů	Počet oboustranných regálů
Tloušťka 50-100	150	32	9	0,3	0,1
Tloušťka 101-150	250	22	95	4,3	2,2
Tloušťka 151-200	300	20	45	2,3	1,1
Tloušťka 201-250	350	17	17	1,0	0,5
Tloušťka 251-300	400	16	4	0,3	0,1
			Součet:	8,1	4,0

Je nutné zmínit, že zvolené výtahové systémy a stromečkové regály mají své velikostní omezení, která jsou pro variantu A uvedena ve výsledné tabulce. Výrobky, které mají tloušťku větší než 300 mm budou skladovány v obyčejných regálech pod sníženým stropem, jelikož

nepadají do nejčtenějších skupin výrobků a jsou považovány za atypické. Tento prostor vzhledem k výšce stropu je ekonomicky nevhodný pro automatizaci.

Tabulka 5-14 Výsledná varianta A

VARIANTA A			
Skupina	Omezení	Automatizace	Výsledné počty
Tloušťka 0-50	Délka < 2500 mm; Šířka < 1000 mm	Kardex	0,8
Tloušťka 50-100			9,3
Tloušťka 50-100	Délka > 2500 mm; Šířka < 1200 mm	Regálový zakladač	0,3
Tloušťka 101-150	Šířka < 1200 mm		4,3
Tloušťka 151-200			2,3
Tloušťka 201-250			1,0
Tloušťka 251-300			0,3
Tloušťka > 300	Tloušťka > 300	Obyčejný regál pod sníženým stropem	

## 5.2 Varianta B

Varianta B spočívá v tom, že všechny výrobky s tloušťkou menší než 300 mm a šířkou menší než 1 200 mm budou uskladněny ve stromečkových regálech v kombinaci s automatickým regálovým zakladačem. Atypické výrobky budou uskladněny ve stávajících regálech pod sníženým stropem. Vstupní parametry jsou tedy následující:

- Tloušťky 0-300 mm.
- Omezení: šířka < 1 200 mm.

### 5.2.1 Vstupní parametry

Tyto vstupní údaje jsou stejné jako u stromečkových regálů ve Variantě A.

Tabulka 5-15 Vstupní údaje pro Variantu B

Vstupní údaje	
Počet pracovních dní	23
Výška regálu	8000
Výška police	100
Délka regálu	24000
Počet dní pro zásoby ve skladu ( X dní)	4

### 5.2.2 Kapacitní výpočty

V tabulce níže je uveden počet potřebných oboustranných regálů o délce 24 000 mm, což odpovídá maximální délce dle layoutu skladu. Vstupním požadavkem je opět skladovací zásoba na 4 dny.

Tabulka 5-16 Počet regálů pro Variantu B

Skupina	Výška výrobku včetně mezery	Počet polic v regálu z jedné strany	Potřebný počet polic	Počet jednostranných regálů	Počet oboustranných regálů
Tloušťka 0-50	100	40	25	0,63	0,8
Tloušťka 50-100	150	32	200	6,3	3,1
Tloušťka 101-150	250	22	98	4,5	2,2
Tloušťka 151-200	300	20	47	2,4	1,2
Tloušťka 201-250	350	17	18	1,1	0,5
Tloušťka 251-300	400	16	4	0,3	0,1
Součet:				15,0	8,0

Výsledné uskladnění pro Variantu B zohledňuje Tabulka 5-17.

Tabulka 5-17 Výsledná varianta B

VARIANTA B			
Skupina	Omezení	Automatizace	Výsledné počty
Tloušťka 0-50	Šířka < 1200 mm	Regálový zakladač	0,6
Tloušťka 50-100			6,3
Tloušťka 101-150			4,5
Tloušťka 151-200			2,4
Tloušťka 201-250			1,1
Tloušťka 251-300			0,3
Tloušťka > 300	Tloušťka > 300	Obyčejný regál pod sníženým stropem	

Z níže uvedené tabulky vyplývá, že počet atypických dílů, které budou uskladněny pod sníženým stropem je 179 z celkového počtu 6 319, což činí pouze 3,2 %.

Tabulka 5-18 Počet atypických výrobků pro Variantu B

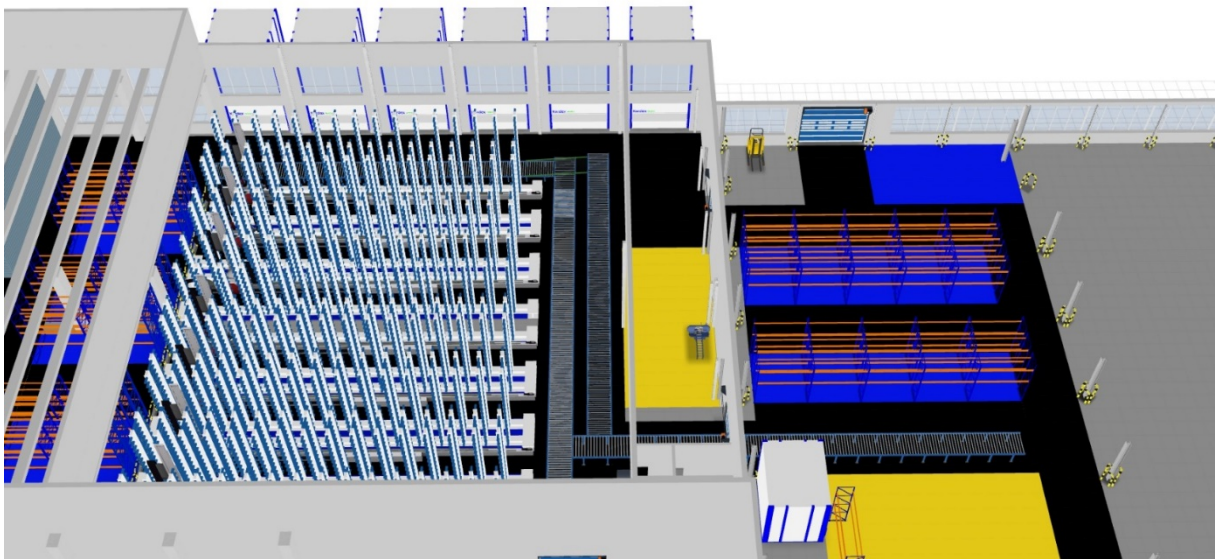
	Počet dní:	4
	Data za měsíc	Přepočtený počet dní
Vyrobena za listopad	36337	6319
Regálový zakladač+regál	35305	6140
Zbytek	1032	179

## 6 Navržené prostorové uspořádání

Po provedení výpočtů byl zakreslen layout v aplikaci Vistable pro ověření skladovacích kapacit. Velkou výhodou navržené varianty A je navýšení skladovacího prostoru stávajícího zázemí pomocí venkovních výtahových systémů ve výšce 8 metrů. Z layoutu je patrné, že možný počet věží ve stávajících prostorech je 6. Ve vnitřních prostorech byly zakresleny stromečkové regály, mezi nimiž jsou uličky se šířkou potřebnou pro pohyb automatického zakladače. Z layoutu vyplývá, že do prostoru lze implementovat 14 oboustranných regálů. Vzhledem k nedostatečné kapacitě stávajícího skladu byla Varianta B opuštěna. Potřebný počet regálů ve Variantě B značně převyšuje dostupnou skladovací kapacitu.

Navržený layout znázorňuje následující prvky automatizace:

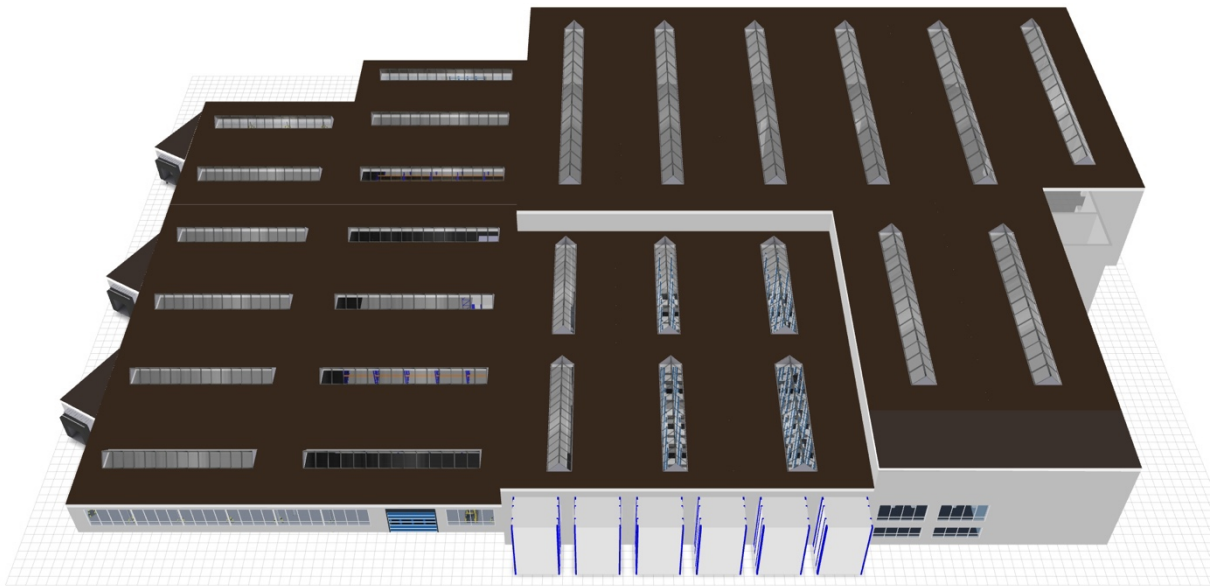
- Venkovní výtahové systémy ve výšce 8 000 mm.
- Regálový systém ve výšce 8 000 mm.



Obrázek 6–1 Navržený layout–varianta A

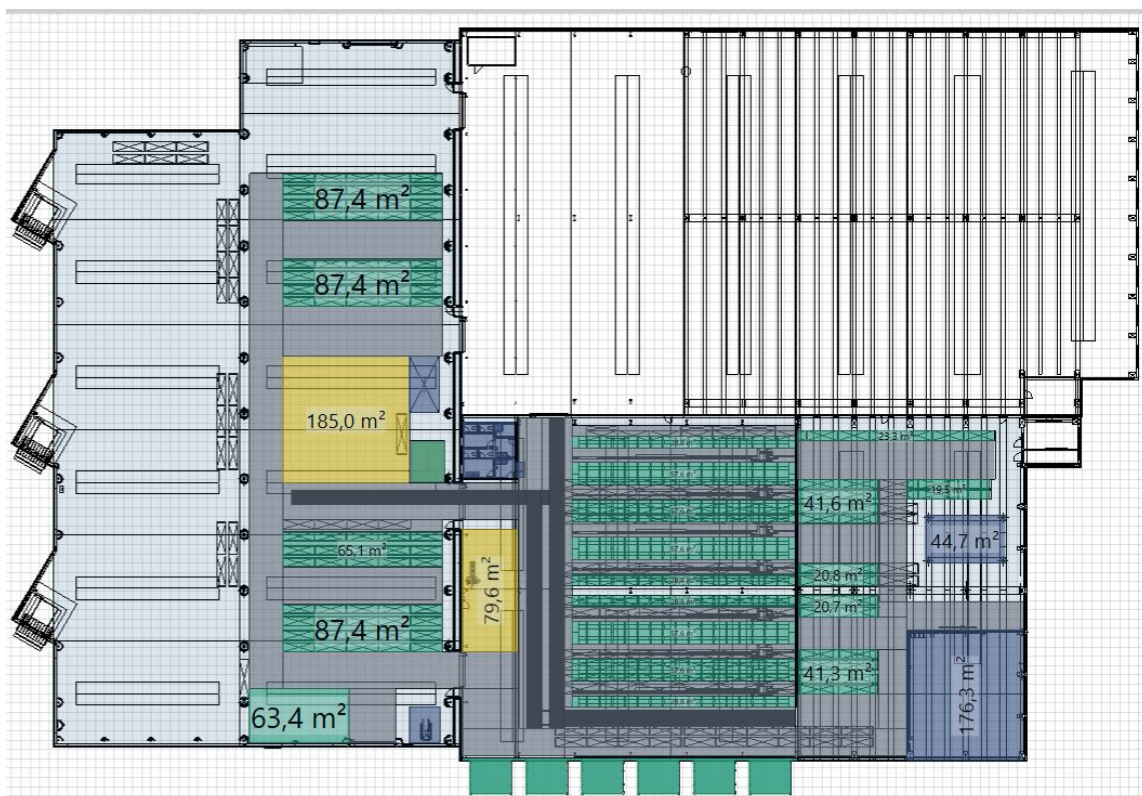
Pro pohyb výrobků na expedici byly na layoutu ilustrativně zakresleny dopravníky. Přesun výrobků do expedičního prostoru není součástí této práce.

Pro lepší znázornění venkovních výtahových systémů je níže k nahlédnutí 3D model budovy.



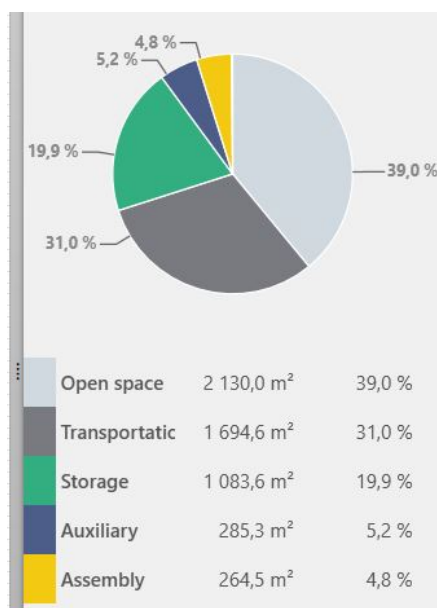
Obrázek 6–2 Venkovní výtahové systémy

Pro navrženou Variantu A byla také vytvořena analýza využití podlahové plochy.



Obrázek 6–3 Area Balancing navržené varianty A

V navrženém stavu tvoří skladovací plocha 19,9 %. Žlutou barvou je označena plocha pro kompletaci zakázek. Transportní plocha činí 31 % a slouží k manipulaci s výrobky. Daná plocha je vypočítaná na základě poloměru otáčení regálového zakladače, a proto šířka uliček nemůže být zmenšena.



Graf 6-1 Procentuální zastoupení ploch v navrženém stavu

### Úprava dispozičního řešení

Při zakreslení prostorového uspořádání pro variantu A bylo zjištěno, že skladová kapacita umožňuje umístění 6 výtahových systémů a 14 jednostranných regálů. Po vytvoření layoutu, viz Obrázek 6–1, bylo potřeba zajistit, aby část výrobků byla přemístěna z výtahů do regálů. Jedná se o všechny výrobky s tloušťkou 0-50 mm a část výrobků s tloušťkou 50-100 mm. Tím se požadovaný počet výtahů pro zásobu na 4 dny sníží na 6 jednotek a potřebný počet regálů bude zvýšen na 11 jednotek, což nepřevyšuje maximální kapacitu budovy. Zbývající 3 regály budou využity v budoucnu při navýšení výrobních kapacit, které společnost předpokládá v následujících letech.

Pro snížení počtu výtahových systémů byla přesunuta část výrobků s tloušťkou 50-100 mm. Počet dílů pro 4 dny dle požadavku společnosti byl snížen z hodnoty 2 936 na 1 892.

Tabulka 6-1 Upravený kalkulátor pro výpočet polic pro délky 50-100 mm

Automatizace – kalkulátor	
Počet dní pro zásoby ve skladu ( X dní)	4
Počet dílů na X dní (počet ve skladu)	1892
Počet polic pro 1 zakladač	124



Tabulka 6-2 Upravený kalkulátor pro výpočet polic pro délky 0-50 mm

Automatizace-kalkulátor	
Počet dní pro zásoby ve skladu ( X dní)	4
Počet dílů na X dní (počet ve skladu)	348
Počet polic pro 1 zakladač	203

Požadovaný počet výtahů byl následně přepočítán na 6 jednotek.

Tabulka 6-3 Upravený výpočet výtahových systémů pro tloušťky 50-100 mm

Délky pro tloušťky 50-100 mm					
Představitel	<500	<1000	<1500	<2000	<2500
Celkový počet výrobků	5	2303	3305	4568	718
Procentuální podíl	0,05%	21,13%	30,32%	41,91%	6,59%
Počet dílů na X dní	1	400	574	793	125
Počet potřebných zakladačů	0,0		1,8	3,2	1,0
	Součet		6,0		

Výrobky s tloušťkou 0-50 mm byly přesunuty do regálů a vyžadují 0,6 jednostranných regálů. Po přesunutí svařenců s tloušťkou 50-100 mm celkový počet jednostranných regálů činí 10,9.

Tabulka 6-4 Upravený výpočet regálových systémů pro tloušťky 50-100 mm

Skupina	Výška výrobku včetně mezery	Počet polic v regálu z jedné strany	Potřebný počet polic	Počet jednostranných regálů	Počet oboustranných regálů
Tloušťka 0-50	150	40	24	0,6	0,3
Tloušťka 50-100	150	32	79	2,5	1,2
Tloušťka 101-150	250	22	95	4,3	2,2
Tloušťka 151-200	300	20	45	2,3	1,1
Tloušťka 201-250	350	17	17	1,0	0,5
Tloušťka 251-300	400	16	4	0,3	0,1
			Součet:	10,9	5,4

## 7 Analýza objemu

Dalším podstatným krokem v této práci je porovnání objemu výrobků v současném a budoucím stavu. Automatizace skladu předpokládá nejen implementaci automatizačních prvků a eliminaci lidské síly, ale také vyšší využití prostoru. Dané porovnání bylo provedeno pomocí výpočtů, které jsou uvedeny v této podkapitole. Základními hodnotami, které poskytla společnost, jsou počet pozic ve stávajícím skladu a průměrný počet kusů na paletu. Jak již bylo zmíněno v popisu současného stavu, první výrobek v zakázce je umístěn na paletu a další kusy ze stejné zakázky jsou skládány do výšky na sebe. Dále byly zjištěny rozměry stávajících regálů včetně výšky profilu. Počet pater v současných regálech je 5.

Z vytvořeného layoutu v softwaru Vistable byly označeny a změřeny plochy, které zabírají uličky a regály. Zbývající plocha byla označena jako nezařazená. Jedná se o nevyužitelný prostor pro skladování, například nabíjecí stanice. Zakládací výška, tedy výška stropu, je 8 metrů. Plochy všech uliček a regálů jsou odlišné, a proto jsou v tabulce uvedeny zvlášť. Poté byly hodnoty v řádcích sečteny pro zjištění celkové plochy uliček či regálů. Násobením ploch a výšky stropu lze zjistit objem. Objemové hodnoty jsou následně použity pro výpočet využitelnosti skladovací plochy.

Tabulka 7-1 Analýza ploch ve skladu pro původní stav

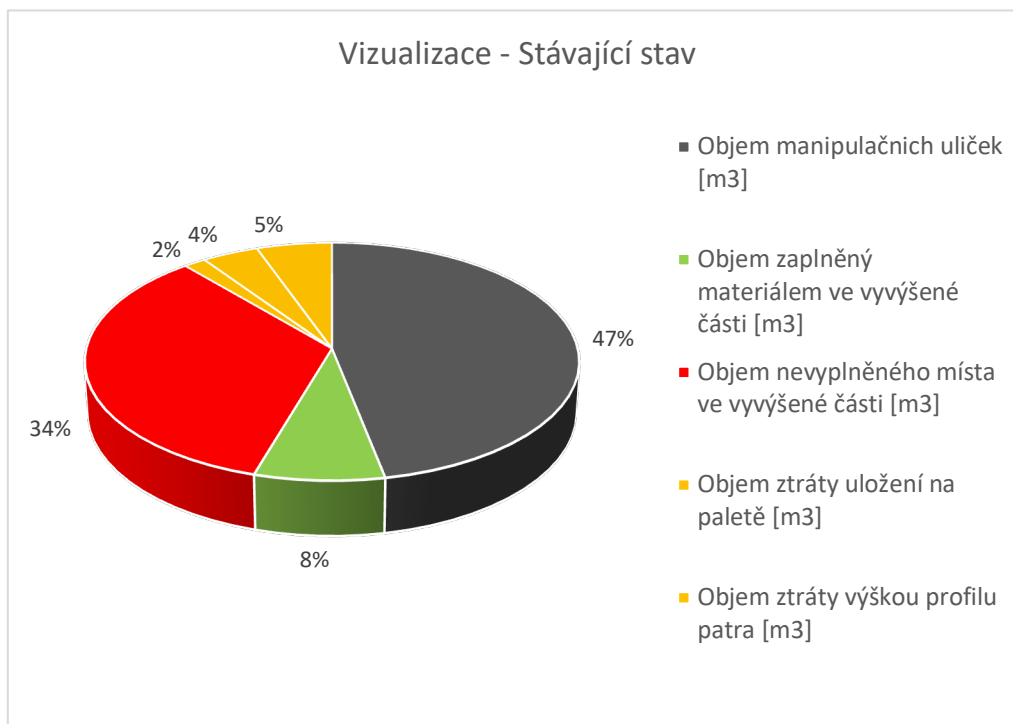
Plocha vyvýšená část [m2]	Objem vyvýšená část [m3]	Zakládací výška [m]
1085,5	8684	8
<b>Současnost</b>		
<b>Uličky</b>	<b>Regály</b>	<b>Nezařazeno</b>
97,5	25,8	
4,8	121,4	
4,8	147,2	
5,9	122	
14	58,9	
86,5		
86,6		
107,6		
101,4		
509,1m2	475,3m2	
4072,8m3	3802,4m3	808,8m3

Z poskytnutých údajů společnosti bylo možné zjistit průměrné rozměry výrobků. Tyto rozměry jsou určeny jako součet délek, šířek a výšek všech svařenců, vydělený celkovým počtem. Pomocí těchto tří průměrných charakteristik byl dále spočítán průměrný objem jedné jednotky a průměrný objem na jedné paletě. Objem zaplněný materiálem lze spočítat jako objem jednoho výrobku vynásobený celkovým počtem. Pro zjištění nevyplněného objemu bylo počítáno s různými ztrátami, jako jsou například profil regálů, palety a prostor pro manipulaci. Prostor pro manipulaci vysokozdvíhacími vozíky byl stanoven na 200 mm. Pokud od celkového objemu odečteme objemy uliček, objemy materiálu a ztráty, získáme nevyplněný objem.

Tabulka 7-2 Kapacitní výpočet pro původní stav

Současný stav	
Celkem pozic	1179
Průměr kusů na paletu	7
Počet pater	5
Výška profilu [mm]	150
Prostor pro manipulaci [mm]	200
Průměrná délka [mm]	1518
Průměrná šířka [mm]	560
Průměrná výška [mm]	95
Výška palety [mm]	140
Plocha manipulačních uliček [m2]	509
Zakládací výška [mm]	8
Objem manipulačních uliček [m3]	4073
Objem průměrné jednotky [m3]	0,08
Objem na průměrné paletě [m3]	0,57
Objem zaplněný materiálem ve vyvýšené části [m3]	667,1
Objem nevyplněného místa ve vyvýšené části [m3]	2971,9
Objem ztráty uložení na paletě [m3]	140,4
Objem ztráty výškou profilu patra [m3]	356,5
Objem ztráty prostorem pro manipulaci [m3]	475,3
Celkový objem vyvýšené části [m3]	8684
Objem regálů [m3]	3802

Pro lepší ilustraci byl vytvořen graf, založený na výpočtech. Graf ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých objemů. Nevyužitelný objem představuje 34 %.



Graf 7-1 Objemová analýza pro současný stav

Obdobně jako u současného stavu byla zjištěna plocha a objem uliček a regálů. Tyto hodnoty byly získány pomocí vizualizace prostorového uspořádání a následně změřeny.

Tabulka 7-3 Analýza ploch ve skladu pro navrhovaný stav

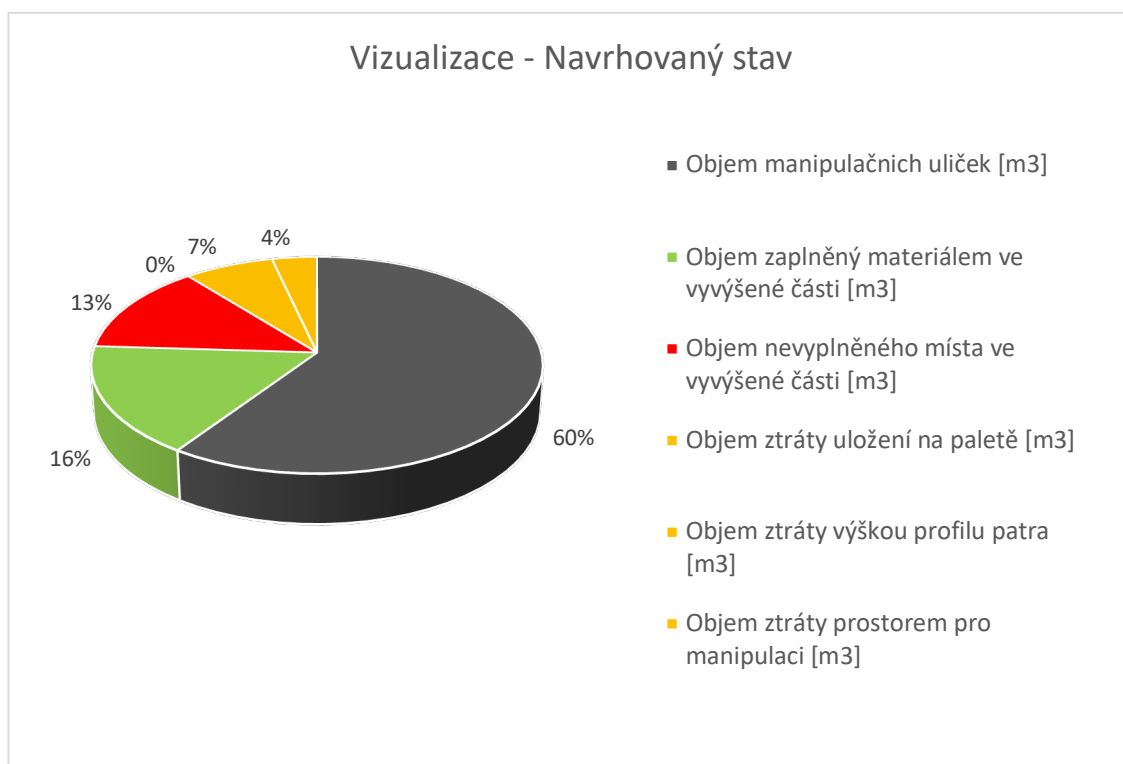
Návrh			
Uličky	Regály	Nezařazeno	
87,4	28,8		
57	57,6		
27,8	57,6		
53,4	57,6		
27,8	82,8		
26	57,6		
53,4	57,6		
27,6	28,8		
38,4			
38,4			
38,4			
38,4			
38,4			
38,4			
38,4			
629,2m <sup>2</sup>	428,4m <sup>2</sup>		27,9m <sup>2</sup>
5033,6m <sup>2</sup>	3427,2m <sup>2</sup>		223,2m <sup>2</sup>

Využitelnost regálů pro nový stav byla vypočtena na základě předpokladu, že výrobky uskladněné za sebou představují nekonečnou řadu, kterou lze porovnat s délkou všech polic regálů. To je dosaženo tím, že výrobky nejsou poskládány na sebe, tedy na jedné polici se nachází jen jeden výrobek. Prostor pro manipulaci v případě použití automatického zakladače je jen 50 mm. Tato hodnota byla získána z katalogu dodavatele daných systémů. V této variantě je eliminováno využití palet, které představovaly ztráty prostoru v původním stavu. Dále byl spočítán objem materiálu podle rozměrů a počtu regálů, zakládací výšky a objemu ztrát. Ztráty v této variantě tvoří profily regálů a prostor pro manipulaci. Pokud od celkového objemu odečteme objem výrobků a ztráty, získáme nevyužitý prostor. V tabulce pro nový stav je zelenou barvou označen objem ztráty na paletách, který je nulový díky eliminaci palet. Počty regálů v tabulce jsou vypočtené z předchozí kapitoly a jsou zaokrouhlené.

Tabulka 7-4 Kapacitní výpočet pro navrhovaný stav

<b>Navrhovaný stav</b>	
Délka regálu [mm]	24000
Šířka regálu [mm]	1200
Výška profilu [mm]	100
Prostor pro manipulaci [mm]	50
Počet pater (Tloušťka 50-100)	32
Počet regálů	1
Počet pater (Tloušťka 101-150)	22
Počet regálů	5
Počet pater (Tloušťka 151-200)	20
Počet regálů	3
Počet pater (Tloušťka 201-250)	17
Počet regálů	1
Počet pater (Tloušťka 251-300)	16
Počet regálů	1
Plocha manipulačních uliček [m <sup>2</sup> ]	629
Zakládací výška [mm]	8
Objem manipulačních uliček [m <sup>3</sup> ]	5034
Objem zaplněný materiálem ve vyvýšené části [m <sup>3</sup> ]	1392,5
Objem nevyplněného místa ve vyvýšené části [m <sup>3</sup> ]	1123,2
Objem ztráty uložení na paletě [m <sup>3</sup> ]	0,0
Objem ztráty výškou profilu patra [m <sup>3</sup> ]	607,7
Objem ztráty prostorem pro manipulaci [m <sup>3</sup> ]	303,8
Celkový objem vyvýšené části [m <sup>3</sup> ]	8684
Objem regálů [m <sup>3</sup> ]	3427

Opět byl pro znázornění procentuálního zastoupení nevyužitelného objemu vytvořen následující graf:



**Graf 7-2 Objemová analýza pro navržený stav**

Pro srovnání využití skladovacího prostoru byly vytvořeny 2 tabulky, viz Tabulka 7-5 a Tabulka 7-6. Hodnoty v tabulkách byly získány z aplikace Vistable po rozdělení všech ploch ve skladu do tří kategorií: manipulační plocha, skladová plocha a nezařazená plocha.

**Tabulka 7-5 Využití plochy pro současný stav**

Současnost		
Uličky	Regály	Nezařazeno
509,1m <sup>2</sup>	475,3m <sup>2</sup>	101,1m <sup>2</sup>
4072,8m <sup>3</sup>	3802,4m <sup>3</sup>	808,8m <sup>3</sup>

**Tabulka 7-6 Využití plochy pro navržený stav**

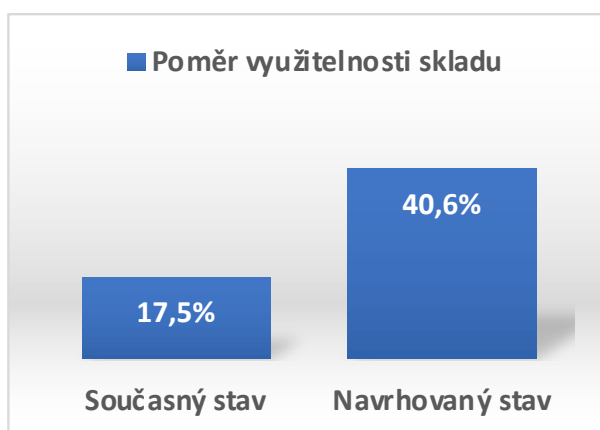
Návrh		
Uličky	Regály	Nezařazeno
629,2m <sup>2</sup>	428,4m <sup>2</sup>	27,9m <sup>2</sup>
5033,6m <sup>3</sup>	3427,2m <sup>3</sup>	223,2m <sup>3</sup>

Pro porovnání hustoty skladování lze vypočítat poměr využitelnosti skladu pomocí objemu regálů. V navrženém stavu nevyužitelný objem tvoří pouze **jen 13 % oproti 34 %** ve stávajícím řešení. Pro srovnání těchto dvou řešení slouží následující tabulka:

Tabulka 7-7 Porovnání využití skladu

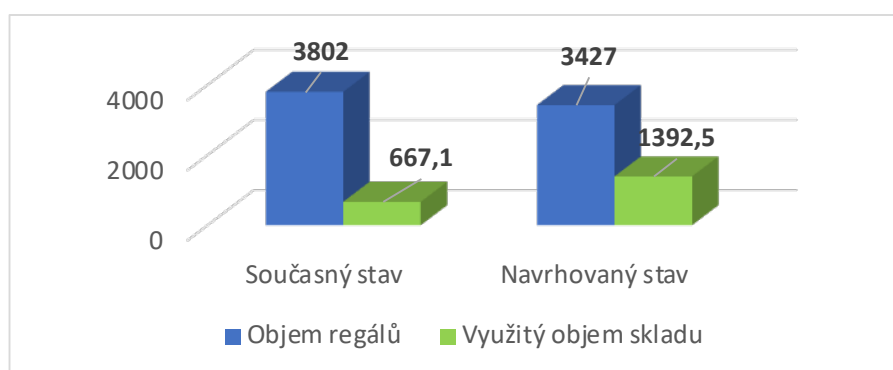
Poměr využití skladu		
	Současný stav	Navrhovaný stav
Objem regálů	3802	3427
Poměr regálů vůči celku	43,8%	39,5%
Využitý objem skladu	667,1	1392,5
Poměr využitelnosti skladu	17,5%	40,6%

Poměr využitelnosti skladu byl spočítán jako objem zaplněný materiálem vydělený celkovým objemem regálů. Na základě výsledných poměrů využitelnosti skladu byl vytvořen sloupcový graf.



Graf 7-3 Poměr využitelnosti skladu

Zde je potřeba upozornit, že v této kapitole bylo porovnáváno využití objemu regálů mezi jednotlivými variantami. Výsledná hodnota pro Variantu B zahrnuje také 6 výtahových jednotek, které rozšiřují skladovací plochu. Dále byly do výpočtů zahrnuty i 3 zbývající regály, které nebyly zahrnuty do předchozích výpočtů. Graf níže byl vytvořen na základě hodnot z tabulky pro stávající a navržený stav:



Graf 7-4 Využití skladovacího objemu

## 8 Rizika a přínosy automatizace

Při implementaci nové technologie do výroby je potřeba počítat nejen s výhodami, které přináší zvolené řešení, ale také s možnými riziky. Lze tedy říci, že každé technologické řešení má své výhody a nevýhody. Tato podkapitola popisuje rizika a přínosy, které jsou spojené s navrženými automatizačními prvky. [22] [23]

### 8.1 Rizika automatizace

Předpokládána rizika jsou následující:

- náklady na pořízení systému;
- vytvoření místa pro hotové palety;
- rychlost vychystávání výrobků;
- technické poruchy.

V původním stavu výrobky, které patří do stejné zakázky jsou stohovány. Ve chvíli, kdy zakázka ve skladu je kompletní, probíhá balení a expedice. V novém stavu by docházelo k tomu, že kusy ze stejné zakázky budou uskladněny na základě šířky a tloušťky buď do výtahových systémů, anebo do stromečkových regálů, případně také do obyčejných regálů. Při takovém bude expediční prostor sloužit pro kompletaci výrobků se stejným číslem zakázky.

**Rychlost vychystávání výrobků** nebyla přesně stanovena. Předpokladem je, že by nedocházelo ke značným časovým úsporám v porovnání se současným stavem. Tato práce je zaměřena na kusovou výrobu a počet vyrobených kusů, dle poskytnutých dat, je 1579 kusů za den. Vzhledem k velkým rychlostem automatizovaného systému nedojde k tomu, že při uskladnění a vyskladnění bude nějaké zařízení přetíženo. Rychlost vychystávání regálového zakladače a výtahového systému je cca 30 sekund pro jeden výrobek dle katalogových hodnot.

Automatizované systémy jsou náchylné k technickým poruchám. Rozlišují se poruchy zařízení a softwarové poruchy, které mohou narušit provoz skladu a způsobit prostoje, což vede ke snížení produktivity. V případě poruchy části systému bude využit prostor pro expedici. Tento prostor bude sloužit pro skladování hotových dílů, které budou přemístěny z výroby na sklad a pro kompletaci již vychystaných výrobků.

**Náklady na pořízení systému** jsou největší nevýhodou. Automatizační prvky představují pro podnik velkou investicí. Automatizace je vhodná především pro standardizované rozměry výrobků a opakované pohyby. V takovém případě lze jednoduše počítat náklady a stanovit dobu návratnosti investic. V případě společnosti XY bylo obtížné kategorizovat výrobky vzhledem k různorodosti výrobků. Je potřeba zmínit, že za poslední rok cena oceli, která je základem konstrukcí, značně vzrostla a mělo to přímý vliv na ceny automatizačních prvků.

Níže jsou představeny rámcové ceny pro navržené řešení. Tyto ceny byly stanoveny dodavatelem automatizovaných řešení na základě vstupních technických parametrů. Konkrétní cenová nabídka bude vytvořena dodavatelem technologie po schválení návrhu společnosti.

- **Výtahový systém**
  - Cena za 1 výtah: 200 000 €
  - Celková cena (6 jednotek): 1 200 000 €
- **Regálový zakladač**
  - Cena konzolových regálů: 750 000 €
  - Cena 1 zakladače: 1 500 000 €
  - Celková cena: (3 zakladače + regály): 5 250 000 €



## 8.2 Přínosy automatizace

Automatizace přináší víc výhod, které jsou následující:

- 1) Vyšší objem pro skladování
- 2) Nahrazení lidské pracovní síly
- 3) Úspory spojené s manipulační technikou
- 4) Úspory spojené s paletizací
- 5) Snížení fyzické zátěže pracovníků
- 6) Velká variabilita zakázek [24]

Vyšší objem pro skladování je dosažen díky lepšímu využití skladovacího prostoru. Vyšší skladovací objem byl dosažen díky menšímu objemu uliček, menšímu nevyužitelnému objemu skladu a většímu využití regálů.

### Nahrazení lidské síly

Ve stávajícím stavu zaměstnanci ve skladu provádějí uskladňování, vyskladňování a manipulaci s výrobky pomocí vysokozdvížných vozíků. V navrženém stavu dojde k eliminaci obsluhy regálů díky automatickému zakladači. Zakladač v novém stavu přemísťuje svařence bez nutnosti přítomnosti operátorů skladu. V případě výtahových systémů je potřeba jeden pracovník na jeden/ dva výtahy pro obsluhování. Je třeba zmínit, že se jedná o ergonomicky nenáročnou práci, která nepředstavuje pro pracovníka velkou zátěž. V ideálním případě po vychystání výrobku pomocí výtahu pracovník přesune díl na dopravní pás, na kterém výrobek putuje na expedici.

### Zvýšení skladové kapacity

Skladová kapacita bude navýšena vzhledem k lepšímu využití prostoru, viz kapitola Analýza objemu. Navíc bude skladová plocha rozšířena o venkovní výtahové systémy a 3 stromečkové regály, které budou využity v případě zvýšení výrobních kapacit nebo požadavků na vyšší skladovou zásobu. Tím bude eliminována nutnost rozšíření skladovací plochy společnosti o další budovu.

### Úspory spojené s manipulační technikou

Jedná se o eliminaci vysokozdvížných vozíků, které jsou používány v současném stavu.

### Úspory spojené s paletizací

V novém stavu je předpokladem, že výrobky budou uskladněny přímo do regálů a výtahů bez použití palet. Palety nepředstavují značné náklady v porovnání s investicí do automatizačních prvků, ale z dlouhodobého hlediska je vhodné je eliminovat.

### Snížení fyzické zátěže pracovníků

Jak již bylo zmíněno výše, pod obsluhou skladu je myšlena obsluha výtahů. Jedná se o vychystávání výrobků, což nepředstavuje fyzicky náročnou činnost a riziko nemoci z povolání je minimální. [25]

### Velká variabilita zakázek

Ve společnosti je využíváno pravidlo uskladnění výrobků na sebe dle čísla zakázky. Při takovém rozložení může nastat problém, že v zakázce bude chybět jeden kus a ostatní kusy nebudou expedovány. V případě prioritní zakázky by bylo obtížné přiřazovat kus do jiné objednávky vzhledem ke způsobu stávajícího skladování. V novém stavu kusy nejsou pokládány na sebe a v případě potřeby mohou být jednoduše vyskladněny pro více prioritní zakázku než pro původní.

## Závěr

Tato diplomová práce je zaměřena na návrh konceptu automatizace skladu v oblasti logistiky a skladování. Teoretická část práce popisuje provedené rešerše v oblasti logistiky, skladování a manipulace s materiálem. Ačkoliv společnosti v dnešní době investují do automatizace, většina výrobních činností je stále prováděna ručně. Manipulační zařízení usnadňují přemístění materiálu a zvyšují efektivitu procesů v rámci skladování. Zásadním bodem k řešení pro společnosti jsou zásoby, které představují velkou část investovaného kapitálu, a proto je nutné udržovat takovou výši zásob, která je nejvhodnější z hlediska návratnosti peněžních prostředků. Druhá kapitola se věnuje automatizaci a trendům v této oblasti. Automatizace je především spojená s eliminací pracovníků a zvýšením efektivity vychystávání zboží, skladování a kompletace položek.

Analýza současného stavu podniku byla provedena ve společnosti zabývající se kusovou výrobou svařenců. V současném stavu se společnost potýká s nedostatkem místa pro skladování a neracionálním využitím skladovacích ploch. Při provedení analýzy současného stavu byla provedena ABC analýza výrobků dle různých parametrů, byly zaměřeny rozměry současné budovy a vytvořeny 3D layouty. Benchmarking automatizovaných systémů byl navázán na provedení rešerší v oblasti skladování. Na základě stanovených omezení byly vyřazeny možné varianty automatizace. V případě kusové výroby je automatizace obtížnější, jelikož je potřeba počítat s velkým rozmezím rozměrových hodnot. Atypické výrobky, které představují pouze několik procent, nebyly zahrnuty při návrhu automatizace a budou uskladněny v prostoru pod sníženým stropem. Při navrhování variant se vycházelo ze vstupních požadavků společnosti. Skladovací položky v budoucím stavu představují zásobu na 4 dny. Využitelnost skladu byla zvýšena o 23,1 % oproti současnému stavu. Navíc byla navýšena skladová plocha o 6 venkovních výtahových systémů. To znamená, že při nárůstu objemu výroby nevznikne nutnost skladovat výrobky v jiné budově, čímž lze říci, že cíle práce byly splněny.

Evropské výrobní podniky směřují své výrobní procesy k automatizaci vzhledem k různým výhodám, které přináší. Je zřejmé, že v případě automatizace se jedná o velkou investici, která přináší spoustu rizik, která jsou popsána v poslední kapitole této práce. Výsledné řešení má ale zároveň své přínosy a z dlouhodobého hlediska může vést k úsporám. Mezi největší výhody automatizace patří provádění opakujících se úkonů rychleji a přesněji než lidská pracovní síla. Z toho důvodu se automatizace nejvíc vyskytuje v sériové a hromadné výrobě. Při kusové výrobě je automatizace méně vhodná z důvodu nižších výrobních objemů a malé opakovatelnosti stejných činností. Automatizační prvky jsou schopné fungovat nepřetržitě, což v některých případech může značně zvýšit výkonnost při uskladnění a vyskladnění materiálu. Automatizace také umožňuje přesunutí fyzicky náročných úkonů na roboty a stroje. V takovém případě by se jednalo o snížení výskytů pracovních úrazů a zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců. Nejvyšším rizikem jsou vysoké počáteční náklady na implementaci. Dále zde vzniká nutnost specifických znalostí a dovedností pro obsluhu a údržbu. Poruchovost automatizovaných systémů by měla být zvažovaná již při rozhodování o pořízení těchto systémů. Přestože počáteční investice do automatizace je vysoká, dlouhodobě může být výnosná vzhledem k úsporám, které přináší.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] LUKOSZOVÁ, Xenie, 2020. *Logistika pro obchod a marketing*. 1. vydání. Jesenice: Ekopress. ISBN 978-80-87865-59-0.
- [2] GROS, Ivan, 2016. *Velká kniha logistiky*. 1. vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [3] PINKER, Alexander a PRÜGLMEIER, Marco, 2021. *Innovations in logistics*. 1. vydání. München, Germany. ISBN 978-3-948001-82-7.
- [4] GGROBLER-DEBSKA, Katarzyna, Bartłomiej ZAK, Mateusz FIJAS, Marcin KOWALSKI, Malgorzata KOPA, Edyta KUCHARSKA a Jerzy BARANOWSKI, 2022. Logistics processes optimization in ERP systems. *26th International Conference on Methods and Models in Automation and Robotics (MMAR)* [online]. IEEE 2022-8-22, s. 176-180 [cit. 05.11.2022]. ISBN 978-1-6654-6858-9. Dostupné z: doi:10.1109/MMAR55195.2022.9874280.
- [5] Přednášky z předmětu KTO/PMM (ZČU v Plzni). [Online]. [cit. 2022-11-08]. Dostupné z: <https://portal.zcu.cz/portal/studium/courseware/kto/pmm>.
- [6] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [7] CUSTODIO, Larissa a MACHADO, Ricardo, 2020. Flexible automated warehouse: a literature review and an innovative framework. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*. [online]. Vol. 106, no. 1–2, pp. 533–558. Dostupné z: doi 10.1007/s00170-019-04588-z.
- [8] Area balance – visTABLE® Manual. [online]. Copyright © 2020 plavis GmbH [cit. 18.11.2022]. Dostupné z: [https://doc.vistable.com/help/vtt3/en/vtt\\_floorspace.html](https://doc.vistable.com/help/vtt3/en/vtt_floorspace.html).
- [9] Paletové regály | SSI SCHÄFER. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/skladov%C3%A1n%C3%AD-skladov%C3%A1n%C3%AD-palet-p%C5%99epravek-pro-velk%C3%A9-d%C3%ADly-paletov%C3%A9-reg%C3%A1ly-193170>.
- [10] Paletové posuvné regály | SSI SCHÄFER. *301 Moved Permanently* [online]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/skladov%C3%A1n%C3%AD-skladov%C3%A1n%C3%AD-palet-p%C5%99epravek-pro-velk%C3%A9-d%C3%ADly-paletov%C3%A9-posuvn%C3%A9-reg%C3%A1ly--193236>.
- [11] AZADEH, Kaveh, DE KOSTER, M. B. M. a ROY, Debjit, 2017. Robotized and Automated Warehouse Systems: Review and Recent Developments. *Transportation Science* 53(4):917-945. [online]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1287/trsc.2018.0873>.
- [12] FRAŚ, Jozef, Sebastian SCHOLZ a Ilona OLSZTYŃSKA. Modern information technologies in the logistics of e-business. *Research in Logistics and Production* [online]. 2017, 7(4), 285-297 [cit. 2022-11-26]. ISSN 20834950. Dostupné z: doi:10.21008/j.2083-4950.2017.7.4.1
- [13] „Kardex Horizontal Carousel from Kardex. [online]. Copyright © Kardex 2022 [cit. 13.11.2022]. Dostupné z: <https://info.kardex.com/cs/ppc/general/hcm/kr/neeu>.

- [14] Vertical Carousel Module Kardex Megamat [online]. Copyright © Kardex 2022 [cit. 13.11.2022]. Dostupné z: <https://info.kardex.com/cs/ppc/general/megamat/kr/nee>.
- [15] Řešení a služby. [online]. Copyright © Element Logic Czech Republic 2022 [cit. 15.11.2022]. Dostupné z: <https://www.elementlogic.cz/reseni-a-sluzby/>.
- [16] SSI Schaefer. Automaticky řízené vozíky (AGV) [online]. [cit. 19.11.2022]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/conveying-transport/automated-guided-vehicles/automaticky-%c5%99%c3%adzen%c3%a9-voz%c3%adky-agv--192996>.
- [17] GHAREHGOZLI, Amir Hossein, YU, Yugang, ZHANG, Xiandong a KOSTER, René de, 2017. Polynomial Time Algorithms to Minimize Total Travel Time in a Two-Depot Automated Storage/Retrieval System. *Transportation Science*. [online] Vol. 51, no. 1, pp. 19–33. Dostupné z: doi 10.1287/trsc.2014.0562.
- [18] Regálové zakladače drobných dílů | Jungheinrich. Jungheinrich | Komplexní řešení pro intralogistiku [online]. Copyright © 2022 Jungheinrich AG [cit. 16.11.2022]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/automaticke-skladove-systemy/automaticky-sklad-drobnych-dilu/regalove-zakladace-drobnych-dilu-492166>.
- [19] NITSCHKE, Benjamin. Exploring the Potentials of Automation in Logistics and Supply Chain Management: Paving the Way for Autonomous Supply Chains. *Logistics* [online]. 2021, [cit. 2023-03-27]. ISBN: 2305-6290. Dostupné z: doi: 10.3390/logistics5030051.
- [20] GRANLUND, Anna, WIKTORSSON, Magnus. Automation in internal logistics: strategic and operational challenges, *Int. J. Logistics Systems and Management*. [online]. Vol. 18, No. 4, pp.538–558. [cit.2023-03-28]. ISSN: 1742-7967. Dostupné z: doi: 10.1504/IJLSM.2014.063984.
- [21] KAMAGAEW, Andreas, STENZEL Jonas, HOMPEL, Michael., Flexible Automation in Facility Logistics [online]. 2013, [cit. 2023-03-27]. ISBN: 978-3-642-37386-2. Dostupné z: doi: 10.1007/978-3-642-37387-9\_23.
- [22] STUCK, Rachel, TOMLINSON, Brianna, WALKER, Bruce. The importance of incorporating risk into human-automation trust. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. [online]. 2021, [cit. 2023-03-29]. Dostupné z: doi: 10.1080/1463922X.2021.1975170.
- [23] BISWAS, Abhishek, DUTTA, Pushan. Novel Approach of Automation to Risk Management: The Reduction in Human Errors. ].2021, [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: doi:10.1007/978-3-030-49795-8\_65.
- [24] SHAIKH, Abu, POONAWALA, Hatim. Warehouse Automation. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*. 2022, [cit. 2023-06-02]. Dostupné z: doi: 10.1653-1656.10.22214/ijraset.2022.45539.
- [25] QURESHI, Asif, SOLOMON, Darius. A Study on the Discomfort Experienced by Foundry Workers and Automation for Reducing the Discomfort. 2022, [cit. 2023-04-02]. Dostupné z: doi: 10.1007/978-3-030-94277-9\_92.