

# Implementace asistenčních robotů v logistice podniku

Bc. Monika Mecová, DiS

---

Diplomová práce  
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta logistiky a krizového řízení

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav logistiky

Akademický rok: 2023/2024

# ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	<b>Bc. Monika Mecová, DiS.</b>
Osobní číslo:	<b>L22656</b>
Studijní program:	<b>N1032A020002 Bezpečnost společnosti</b>
Specializace:	<b>Bezpečnost logistických systémů</b>
Forma studia:	<b>Kombinovaná</b>
Téma práce:	<b>Implementace asistenčních robotů v logistice podniku</b>

## Zásady pro vypracování

1. Vypracujte literární rešerši řešené problematiky.
2. Analyzujte výchozí stav před vlastní implementací robotů v logistice podniku.
3. Navrhněte řešení implementace robotů v intralogistice.
4. Zhodnoťte zavedení robotů v logistice podniku pomocí vhodných ukazatelů a kalkulací.

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

**Seznam doporučené literatury:**

1. PAKSOY, Turan, KOCHAN, Cigdem a ALI, Sadia Samar (ed.). *Logistics 4.0 Digital Transformation of Supply Chain Management*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group, 2021. ISBN 978-0-3673-4003-2.
2. RICHARDS, Gwynne. *Warehouse Management: The Definitive Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Fourth edition. London, New York: Kogan Page, 2022. ISBN 978-1-7896-6840-7.
3. USTUNDAG, Alp a CEVIKCAN, Emre. *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. Switzerland: Springer International Publishing, 2018. ISBN 978-3-319-57869-9.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucího diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Kamil Peterek, Ph.D.**  
Ústav logistiky

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

Termín odevzdání diplomové práce: **26. dubna 2024**

L.S.

---

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

---

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

V Uherském Hradišti dne 4. prosince 2023

## **PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Beru na vědomí, že:

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

### **Prohlašuji,**

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

V Uherském Hradišti, dne: 26. 04. 2024

Jméno a příjmení studenta: Bc. Monika Mecová, DiS

.....  
podpis studenta

## **ABSTRAKT**

Integrace asistenčních robotů v rámci skladových logistických systémů představuje významnou příležitost k revoluci provozní efektivity a adaptability tváří v tvář vyvíjející se dynamice trhu. Tato práce zkoumá implementaci robotů s cílem objasnit výzvy a výsledky spojené s jejich nasazením. Vychází z komplexního přehledu literatury zahrnující robotizaci, logistiku i automatizační technologie. Prostřednictvím analýzy případových studií z reálného provozu a empirických dat vyhodnocuje dopad využití asistenčních robotů na různé výkonnostní metriky jako jsou produktivita práce nebo redukce chyb. Kromě toho jsou zohledněny úvahy týkající se spolupráce člověka s robotem. Zjištění potvrzují potenciál asistenčních robotů pro zefektivnění logistických operací a zvýšení spokojenosti zákazníků.

Klíčová slova:

Štíhlá logistika, Průmysl 4.0, Průmysl 5.0, Robotizace, Automatizace

## **ABSTRACT**

The integration of assistance robots within warehouse logistics systems represents a significant opportunity to revolutionize operational efficiency and adaptability in the face of evolving market dynamics. This thesis examines the implementation of robots to clarify the challenges and outcomes associated with their deployment. It is based on comprehensive overview of the literature including robotics, logistics and automation technologies. Through the analysis of case studies from real operations and empirical data, it evaluates the impact of the use of assistance robots on various performance metrics such as work productivity or error reduction. In addition, considerations regarding human-robot collaboration are taken into account. The findings underscore the potential of assistance robots to streamline logistics operations and increase customer satisfaction.

Keywords:

Lean logistics, Industry 4.0, Industry 5.0, Robotization, Automation

Chtěla bych touto cestou poděkovat vedoucímu své diplomové práce panu Mgr. Kamilu Peterkovi, Ph.D., za jeho neocenitelnou pomoc, trpělivost, odbornost a podporu, které mi při psaní práce poskytl.

Zvláštní poděkování patří panu Ing. Kamilu Vajbarovi, Site Managerovi skladu DHL Pohořelice a panu Radkovi Konečnému, kteří mi umožnili provedení práce a poskytly cenné rady k jejímu dokončení.

Motto:

„The future belongs to those who believe in the beauty of their dreams.“

Eleanor Roosevelt

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

## OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY</b> .....	<b>11</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>13</b>
<b>1 PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE</b> .....	<b>14</b>
1.1 PRŮMYSL 4.0.....	15
1.2 PRŮMYSL 5.0.....	18
<b>2 ROBOTIZACE</b> .....	<b>20</b>
2.1 TRENDY V LOGISTICE A SKLADOVÁNÍ PRO ROK 2024 .....	23
2.2 ASISTENČNÍ VYSKLADŇOVACÍ ROBOTI .....	24
<b>3 ŠTÍHLÁ LOGISTIKA</b> .....	<b>26</b>
3.1 SYSTÉM 5S.....	27
3.2 ANALÝZA TOKU HODNOT .....	30
3.3 ČASOVÁ STUDIE .....	31
3.4 KOMPLEXNÍ ŘÍZENÍ KVALITY.....	32
<b>4 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>34</b>
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>36</b>
<b>5 DHL SUPPLY CHAIN S. R. O.</b> .....	<b>37</b>
5.1 VIZE SPOLEČNOSTI – STRATEGIE 2025.....	37
5.2 PŘEDSTAVENÍ SKLADU .....	38
<b>6 ANALÝZA STAVU PŘED IMPLEMENTACÍ</b> .....	<b>41</b>
<b>7 VÝBĚR ROBOTŮ DO LOGISTISKY SKLADU</b> .....	<b>45</b>
7.1 6 RIVER SYSTEMS.....	46
7.2 LOCUS.....	47
7.3 POPIS NAVRHOVANÉHO ŘEŠENÍ .....	48
7.4 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE .....	51
<b>8 IMPLEMENTACE ROBOTŮ</b> .....	<b>53</b>
8.1 PŘÍPRAVA NA PROVOZ ROBOTŮ .....	53
8.2 KOMPLIKACE V IMPLEMENTACI.....	56
<b>9 VYCHYSTÁVÁNÍ POMOCÍ ROBOTŮ</b> .....	<b>58</b>
<b>10 VYHODNOCENÍ PRÁCE S ROBOTY</b> .....	<b>62</b>
<b>11 DISKUSE K VÝSTUPŮM PRAKTICKÉ ČÁSTI</b> .....	<b>67</b>
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>71</b>
<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>73</b>

<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>77</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>78</b>
<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>80</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>81</b>



## ÚVOD

V oblasti moderní logistiky, kde je rychlost, přesnost a efektivita prvořadé, se integrace pokročilých technologií stala nepostradatelnou. Jednou z takových technologií, která si v posledních letech získala značnou pozornost, jsou asistenční vychystávací roboti. Tito roboti vybavení sofistikovanými senzory a algoritmy umělé inteligence, nabízí příslib převratu v tradičních vychystávacích procesech v rámci podnikové logistiky.

Koncept asistenčních vychystávacích robotů vychází ze širší oblasti robotiky a automatizace, která v posledních desetiletích zaznamenala pozoruhodný pokrok. Robotika tradičně nacházela své uplatnění především v kontrolovaných prostředích, jako jsou výrobní závody, kde roboti prováděli předem definované úkoly s vysokou přesností. S příchodem mobilních robotických systémů se však jejich pole působnosti rozšířilo i na dynamická prostředí, včetně skladů a distribučních center.

Důvody pro implementaci asistenčních vychystávacích robotů do podnikové logistiky spočívají v řešení celé řady problémů, které převládají v procesech ručního vychystávání. Velmi často se vyznačují neefektivitou, chybami a náročností pracovních postupů. Lidé jsou mnohdy při práci rozptýlení, náchylní na únavu a jejich výkon častokrát kolísá, což má za důsledek nesrovnalosti a zpoždění ve vychystávání a plnění objednávek. Narůstající požadavky elektronického obchodování vyvinuly bezprecedentní tlak na logistické operace. Navyšující se počet objednávek a vyšší očekávání zákazníků spojená s nejrychlejším a korektním dodáním vyvíjejí tlak na potřebu inovativního přístupu.

Řešení všech těchto výzev nabízejí právě asistenční roboti tím, že kombinují silné stránky lidských pracovníků s přesností a spolehlivostí automatizace, a to díky možnostem autonomně procházet skladovým prostředím, identifikovat a načítat položky ze skladových míst a bezproblémově spolupracovat s lidmi na plnění úkolů a vychystávání objednávek. Přenesením opakujících se úkolů na roboty, se lidé mohou soustředit na další činnosti, kterými je kontrola kvality nebo řešení problémů.

Implementace robotů do podnikové logistiky znamená mnohostranný přístup, který zahrnuje jak organizační, tak technologické či strategické aspekty. Velmi důležitými aspekty jsou výběr vhodných robotů, nastavení správného software, vzájemná integrace robotů se stávajícími systémy řízení skladu, návrh pracovních postupů a nastavení spolupráce mezi operátory a roboty.

Navzdory potenciálním výhodám, které roboti nabízejí, není implementace robotů do logistiky jednoduchá. Mezi klíčové překážky, které musí společnosti překonávat, řadíme především vysoké počáteční investice, požadavky na přeškolení operátorů a vedoucích pracovníků či nastavení nových procesů a dodržování nových předpisů. Mohou také existovat kulturní a emoční bariéry, se kterými je potřeba počítat. Pracovníci nemusí ochotně přijímat změny a mohou vnímat roboty jako hrozbu potenciální ztráty zaměstnání.

Využití nejnovějších pokroků v robotice, umělé inteligenci a interakci člověka s robotem může organizacím odemknout nové úrovně efektivity, obratnosti a tím přispět ke zvýšení úrovně spokojenosti zákazníků. Nicméně využití asistenčních robotů v logistice podniku nelze úplně přeceňovat.

## CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Cílem diplomové práce je zhodnotit vlastní implementaci asistenčních robotů v logistice podniku. K dosažení cíle je třeba provést několik dílčích úkolů:

- Vypracovat literární rešerši z publikovaných domácích a zahraničních zdrojů.
- Analyzovat výchozí stav před implementací robotů v logistice podniku pomocí analýzy toku hodnot a časových studií, nalézt úzká místa v procesu a definovat návrh na zlepšení.
- Určit podmínky pro výběr robotů, představit technologie robotů a porovnat cenové nabídky dodávaných technologií.
- Implementovat, testovat a ověřit praktické náležitosti vybraného.
- Představit proces vyskladňování s využitím robotů v praxi.
- Zhodnotit zavedení robotů v logistice podniku pomocí ukazatelů a kalkulací.

Teoretická část diplomové práce představuje literární rešerši, která je založena na komparaci literárních a internetových domácích i zahraničních zdrojů, s cílem poukázat na nové trendy v logistice, rozvoj robotizace a její vliv na moderní logistiku. Výsledek literární rešerše dále bude sloužit jako podklad pro praktickou část diplomové práce, ve které jsou zpracované další dílčí úkoly.

Představení společnosti a celkové zpracování praktické části práce bylo provedeno na základě dostupných informací a interních zdrojů společnosti DHL Supply Chain s. r. o., její vize a cílů v oblasti logistiky, kterými udává nové trendy na celosvětové úrovni.

Výchozí stav před implementací robotů byl definován prostřednictvím procesního diagramu a podložen výsledky časové studie se zakomponováním do analýzy toku hodnot daného skladu. Za pomoci metody syntézy byla vytvořena analýza, jejímž výstupem bylo za využití metody indukce identifikování úzkého místa v procesu vyskladnění.

Na základě předložených podkladů dodavatelské firmy zhotovily a poskytly cenové kalkulace a předložily možná technická řešení. Metodou komparace byly nabídky porovnány a bylo vybráno adekvátní řešení pro potřeby intra-logistiky.

Proces využití robotů ve skladu byl zachycen do nového procesního diagramu a vizualizován na základě fotodokumentace a videozáznamu.

Následně byl nový proces změřen pomocí využití snímkování dne ve formě časové studie, jejíž výsledek byl zakomponovaný do nové analýzy toku hodnot, a metodou komparace byl porovnán výstup před a po implementaci robotů do logistiky skladu. Na základě výsledků porovnání metodou dedukce byl představen návrh na další využití robotů.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

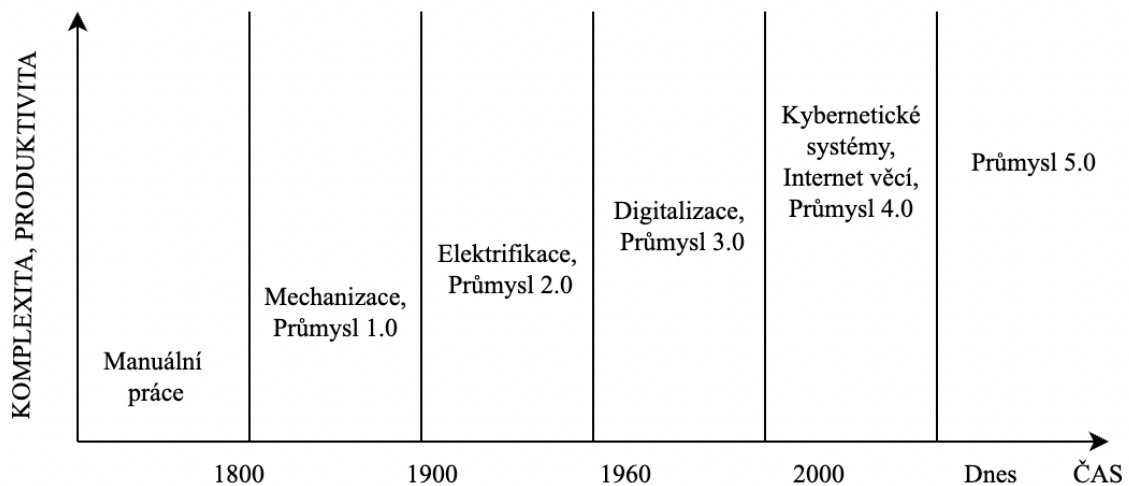
## 1 PRŮMYSLOVÉ REVOLUCE

Výrobní průmysl a služby byly široce ovlivněny minulými průmyslovými revolucemi. Rychlé změny ve výrobních a servisních systémech vedly ke zlepšení výkonů společností. První tři průmyslové revoluce trvaly téměř 200 let. První z nich se odehrávala na přelomu 18. a 19. století. Klíčovým prvkem této revoluce byl vynález parního stroje, který nahradil lidskou a zvířecí sílu pohonu a umožnil mechanizaci výrobních procesů. Došlo k rozvoji železnic a výroba byla přesunuta z centrálních továren do soukromých domů, čímž došlo k razantní změně způsobu výroby a práce a tím byl položen základ moderního průmyslového společenství. (Paksoy et al., 2021)

Téměř o sto let později byla v americkém státě Ohio započata druhá průmyslová revoluce, která představovala období dramatických technologických změn. Toto období přineslo další významné inovace a změny v průmyslové výrobě, dopravě, komunikaci a vědeckém bádání. Klíčovými rysy byl rozvoj elektřiny a chemického průmyslu. Díky využití montážních linek a implementování pásové výroby v automobilovém průmyslu došlo ke zdokonalení a rozšíření masové výroby. Následovalo zavedení kontinuálních výrobních linek a dopravních pásů, jež vedlo k extrémnímu zvýšení produktivity díky výhodě hromadné výroby. (Tomek a Vávrová, 2017; Ustundag et al., 2017)

Třetí průmyslová revoluce započala v druhé polovině 20. století. Vynálezy a rozvoj počítačů a informačních technologií hrály zásadní roli v transformaci průmyslových procesů. Pokroky v programování a vývoj softwaru umožnily automatizaci a optimalizaci výrobních operací. Miniaturizace a integrace elektronických součástek do mikročipů vedla ke vzniku výkonnějších zařízení. Rozvoj telekomunikací, zejména širokopásmového připojení a internetu vytvořil základ pro digitalizaci komunikace, obchodu a informací. Třetí průmyslová revoluce byla doprovázena procesem globalizace, kdy ekonomiky a trhy začaly být více propojeny na globální úrovni. To mělo za následek efektivnější výrobu a obchod. (Gilchrist, 2016)

První tři průmyslové revoluce byly pojmenovány jako mechanizace, elektrifikace a digitalizace, jak je znázorněno na obrázku číslo jedna a měly za následek čtvrtou průmyslovou revoluci, známou jako průmysl 4.0. (Paksoy et al., 2021)



Obrázek 1 Přehled průmyslových revolucí vlastní zpracování dle (Paksoy et al., 2021)

## 1.1 Průmysl 4.0

Na počátku 20. století bylo lidstvo na pokraji čtvrté průmyslové revoluce, která je známá jako „Průmysl 4.0.“ Poprvé bylo možné setkat se s tímto pojmem v roce 2011 na veletrhu v Hannoveru, kde byl Průmysl 4.0. představen německou vládou jako koncept koordinačního mechanismu a synergie, vycházející z integrace pokroků v informačních technologiích, službách a výrobě. Německá vláda vydala výzkumný program, jehož cílem bylo několik důležitých milníků, kterými byly (Jurová , 2016):

- **Standardizace** – vytvoření efektivního systému integrace a propojení firem.
- **Ovládání komplexního systému** – užívání modulů k automatizaci a propojení dvou světů, reálného a digitálního.
- **Dostatečná a bezpečná infrastruktura** – zajištění požadavků na výměnu dat (jejich objem, kvalita, rychlost).
- **Bezpečnost** – požadavky na zajištění IT bezpečnosti a ochranu osobních údajů.
- **Organizace práce a tvorba pracovních míst** – speciální požadavky na pracovní personál, vedoucí pracovníky i projektanty.
- **Vzdělání a odborná školení** – doplňkové školení pro zaměstnance a přesně definované požadavky na vzdělání.

- **Právní předpisy** – cílem bylo vytvoření celoevropských právních předpisů pro platformu Průmysl 4.0.
- **Efektivnost a využití zdrojů** – zodpovědné využití lidských, finančních i nerostných zdrojů.

Průmysl 4.0. představuje moderní transformaci průmyslových odvětví a procesů pomocí pokročilých technologií a konceptů. Je zcela poháněn rychlým technologickým vylepšením, jež představuje bezprecedentní výzvy, kterými jsou dle Paksoye (2021), Ustundaga (2018) a Gilchrista (2016):

**Internet věcí** – dynamický síťový systém, kde každé technologické zařízení má identitu, fyzický atribut a virtuální osobnost se samočinnou konfigurací na základě standardních a komunikačních protokolů. Představuje propojovací síť chytrých zařízení, které ovlivní strukturu jakéhokoliv odvětví i každodenního života. Poskytuje příležitost připojit technologie k běžným zařízením a zpřístupnit je online.

**Kybernetické fyzické systémy** – systémy, které kombinují fyzické komponenty s kybernetickými prvky.

**Umělá inteligence** – obor informatiky a strojového učení, zabývající se vytvořením systémů a technologií, které jsou schopné vytvářet úkony místo člověka.

**Robotika** – autonomní roboti jsou řazeni mezi hlavní pilíře Průmyslu 4.0. Fungují inteligentně, pracují samostatně, flexibilně, lze je ovládat na dálku a pracují v rozhraní člověk – stroj.

**Kybernetická bezpečnost** – řízení zvýšených bezpečnostních rizik, která mohou být způsobena vysokou úrovní propojení mezi inteligentními stroji, systémy a produkty.

**Analýza dat** – komplexní vyhodnocení dostupných dat, využívané jako podpora pro optimalizované rozhodování.

**Blokový řetězec** – technologie, kterou je možné aplikovat v určitých oblastech dodavatelských řetězců, jako jsou chytré smlouvy a plnění objednávek, pomáhá společnostem vyměňovat peníze, majetek či akcie. Jejím cílem je snížit náklady a minimalizovat čas na realizaci.



**Cloudové výpočetní systémy** – prominentní technologie pro implementaci autonomního řízení v logistice. Umožňují uživatelům soustředit se na své hlavní obchodní operace bez investic do IT infrastruktury.

Mezi sedm charakteristických rysů Průmyslu 4.0 jsou řazeny (Pfohl et al., 2015):

- **Digitalizace** – klíčové aspekty dodavatelského řetězce, jako jsou interní procesy, produktové komponenty a komunikační kanály, procházejí zrychleným procesem digitalizace.
- **Autonomizace** – technologie Průmyslu 4.0 dovoluje strojům a algoritmům samostatně se rozhodovat a provádět výukové aktivity. Tato schopnost autonomního rozhodování umožňuje výrobním zařízením pracovat s minimální interakcí mezi člověkem a strojem.
- **Průhlednost** – technologie Průmyslu 4.0 zvyšuje výsledky transparentnosti v procesu tvorby hodnoty firmy, která vede k větší spolupráci a efektivnějšímu rozhodování, dále také k transparentnosti v chování k obchodním partnerům a zákazníkům.
- **Mobilita** – rozšíření mobilních zařízení zefektivňuje komunikaci a sdílení dat po celém světě. Mění interakci zákazníků a firem a komunikaci mezi stroji ve výrobním procesu.
- **Modularizace** – technologie Průmyslu 4.0 umožňující modularizaci produktů a celého procesu. Nastavitelná modulární výrobní zařízení zvyšují flexibilitu výrobních procesů.
- **Síťová spolupráce** – procesy společností jsou definovány a je rozhodováno o činnostech firem prostřednictvím interakce strojů a lidských bytostí v rámci konkrétních sítí v rámci organizačních hranic společnosti i mimo ni.
- **Socializace** – spolupráce v sítích umožňuje strojům začít komunikovat a vzájemně se ovlivňovat s lidmi socializovaným způsobem.

## 1.2 Průmysl 5.0

Průmysl 5.0 představuje nové paradigma, které do svých základní hodnot zahrnuje udržitelnost, přístupy zaměřené na člověka a odolnost organizace. Průmysl 5.0 proto zaplňuje mezeru po předchozím paradigmatu (Průmyslu 4.0) tím, že upřednostňuje sociální a environmentální otázky vedle technologických inovací. Podle vize nastíněné Evropskou komisí v roce 2021 je Průmysl 5.0 založen na třech vzájemně propojených klíčových principech: důležitosti jednotlivce, udržitelnosti a odolnosti. Tento přístup zaměřený na člověka staví jeho potřeby a zájmy do středu výrobního procesu a přesouvá těžiště z technologického pohledu na strategii orientovanou na jednotlivce a společnost. V tomto scénáři je technologie vnímána jako prostředek, který se používá k přizpůsobení se k různorodým potřebám pracovníků v průmyslu a spotřebitelů. Kromě toho je nezbytné vytvořit pracovní prostředí, které je bezpečné a inkluzivní, upřednostňuje fyzické a duševní zdraví, stejně jako pohodu a chrání základní práva pracovníků, lidskou důstojnost a soukromí. Aby průmysl respektoval limity naší planety, musí být udržitelný. To vyžaduje vývoj oběhových procesů, které znovu využívají a recyklují přírodní zdroje, snižují odpad a dopad na životní prostředí a pohánějí účinnější a efektivnější oběhové hospodářství. Organizační odolnost zase odkazuje na potřebu vyvinout robustnější průmyslovou výrobu, schopnou chránit před narušením externími vlivy a zajistit zásobování a udržení kritických infrastruktur v době krize. Průmysl budoucnosti musí být dostatečně odolný, aby se rychle přizpůsobil geopolitickým změnám a přírodním mimořádným událostem. Průmysl 5.0 umožní řešení problémů souvisejících s technologiemi a lidským životem, které Průmysl 4.0 nevnímá. Navíc poskytne větší škálovatelnost, flexibilitu, odolnost a efektivitu v tomto odvětví. (Elangovan, 2022; Mourtzis et al., 2022)

Nedávnou pandemickou krizí COVID-19 bylo možné poukázat na zranitelnost společností a průmyslových odvětví vůči ekonomickým, technologickým a sociálním vlivům. Následně bylo nutné přehodnotit stávající přístupy a metodiky. Průmysl 4.0, který byl orientován pouze na automatizaci procesů pomocí chytrých digitálních technologií s cílem zlepšení efektivity a optimalizace průmyslových procesů, opomíjel lidský faktor. Naopak Průmysl 5.0 se zaměřuje na synergii a párování lidí a strojů, kde bude převládat lidská touha a záměr. (Alves et al., 2023; Klabusayová a Černej, 2023; Mourtzis et al., 2022)

Průmysl 5.0 je tedy možné považovat za soubor nových technologií, které budou charakterizovat toto nové průmyslové paradigma a budou podporovat spolupráci a vzájemné

vztahy mezi lidmi a stroji. V této nové realitě, kde jsou továrny a zařízení inteligentní, lidé pracují vedle strojů a připojují se k nim prostřednictvím chytrých zařízení. Výroba prochází transformací a uvolňuje prostor pro masovou personalizaci. V tomto kontextu budou mít roboti značný význam, protože pokroky v umělé inteligenci jim umožní být propojeni s lidskou myslí prostřednictvím mozkových rozhraní, fungujících spíše jako spolupracovníci než jako konkurenti. Příchod této nové průmyslové revoluce bude řídit pokrok v rozhraní mezi lidmi a stroji, využívající algoritmy umělé inteligence. Tento vývoj umožní vylepšenou integraci, což umožní efektivnější a rychlejší automatizaci a zároveň využije plný potenciál lidského mozku. To také znamená, že roboti v dohledné době nepřevzou továrny, což zmírňuje obavy z éry Průmyslu 5.0. Přejít z Průmyslu 4.0 na Průmysl 5.0 znamená spojení nejlepších vlastností lidí a strojů vedoucí ke zvýšení produktivity. (Alves et al., 2023)

S pojmem Průmysl 5.0 úzce souvisí pojem Společnost 5.0. Japonská vláda v roce 2015 poprvé zmínila svou vizi společnosti zaměřené na člověka, „Společnost 5.0“, jako takovou, v níž vysoký stupeň integrace kyberprostoru a fyzického prostoru může podpořit hospodářský růst a řešit sociální problémy, v reakci na výzvy japonské ekonomiky. Největšími problémy, kterým dnešní společnost čelí, jsou stárnoucí a zmenšující se počet pracujících obyvatel, zvýšená globální konkurence vyžadující modernizaci infrastruktury, přírodní katastrofy, terorismus, problémy životního prostředí a nedostatek přírodních zdrojů. Tato strategie se používá v Granrathově výzkumu japonské Společnosti 5.0 a od roku 2017 překračuje Průmysl 4.0. (Granrath, 2017)

Podle Serpy (2020) lze Společnost 5.0 realizovat jako koncept a průvodce sociálním rozvojem s hlubokým dopadem na současné společenské struktury na více úrovních. Klíčem k rozvoji společnosti bude zlepšení kvality života lidí a udržitelnosti životního prostředí prostřednictvím přijetí paradigmatu Smart Society (v překladu chytrá společnost). (Serpa, 2020)

## 2 ROBOTIZACE

Zrod paradigmatu Průmysl 4.0 vedl k rozvoji konceptu Smart Logistics (v překladu chytrá logistika), jehož cílem je získávání, analýza a využívání dat v reálném čase za účelem zlepšení celkové efektivity a produktivity. Rychlý vývoj technologií umělé inteligence a robotiky nabídl převratné systémy pro logistický průmysl. Mnoho skladových a přepravních společností začalo využívat výhod informačních technologií, robotiky a automatizovaných systémů od té doby, co integrovaly umělou inteligenci do svých obchodních modelů. Společnosti zrychlily odesílání a výrazně zlepšily kvalitu zákaznických služeb v důsledku přijetí inteligentních skladovacích a doručovacích služeb. Na rozdíl od zpracovatelského průmyslu se logistika potýká s adaptačním problémem, který pramení z různorodosti objednávek od mnoha zákazníků. Vzhledem k tomu, že objednávky v sektoru dodávek jsou jedinečné v oblasti třídění, balení a doručování, musí být technologická zařízení vybavena inteligentními prvky. Takové technologie přivádí firmy k tomu, aby se zaměřili na jednotlivé specifikace a možnosti tím, že zohlední požadavky všech zákazníků, a tím dosáhnou vyšší úrovně poskytovaných služeb dodáním správného zboží na správné místo a ve správný čas. (Wen et al.,2018)

V lidském prostředí existuje již mnoho technologických zařízení, které nám usnadňují každodenní život. Kdyby byly různé druhy robotů navrženy tak, aby v blízké budoucnosti vzájemně spolupracovaly při plnění našich každodenních úkolů, staly by se nepostradatelnou součástí lidského života. Spolupráce mezi různými typy robotů je přínosná, pro mnoho lidských činností, jako je správa skladů, průmyslové montáže, vojenské akce či každodenní aktivity. Heterogenní multi-robotické systémy, složené s různých typů a velikostí robotů, se již staly důležitou součástí systémů řízení skladů. Tyto robotické systémy se skládají z mnoha autonomních robotů, kteří jsou schopni mezi sebou komunikovat prostřednictvím bezdrátových sítí, a používají se k přepravě různých předmětů ve skladech. Účast robotů na skladovacích činnostech poskytuje mnoho výhod. Fungují efektivněji, účinněji, přesněji a zvyšují produktivitu. Dle některých studií jsou roboti schopni zpracovat dané úkoly manipulace s materiálem až čtyřikrát efektivněji než neautomatizované systémy. Dále roboti nepocítují fyzické problémy, jako je únava, hlad, nespavost a emocionální problémy, kterými je stres, nuda a hněv. Díky těmto aspektům zapojení robotů do procesu snižuje riziko pracovních úrazů. Naopak nevýhodou robotů je fakt, že mohou vykonávat pouze naprogramované činnosti a v případě problémů jim chybí

schopnost vzniklou situaci řešit. Další nevýhodou je jejich nákladnost. Pořízení robotů představuje vysokou počáteční vstupní investici. (Paksoy et al., 2021)

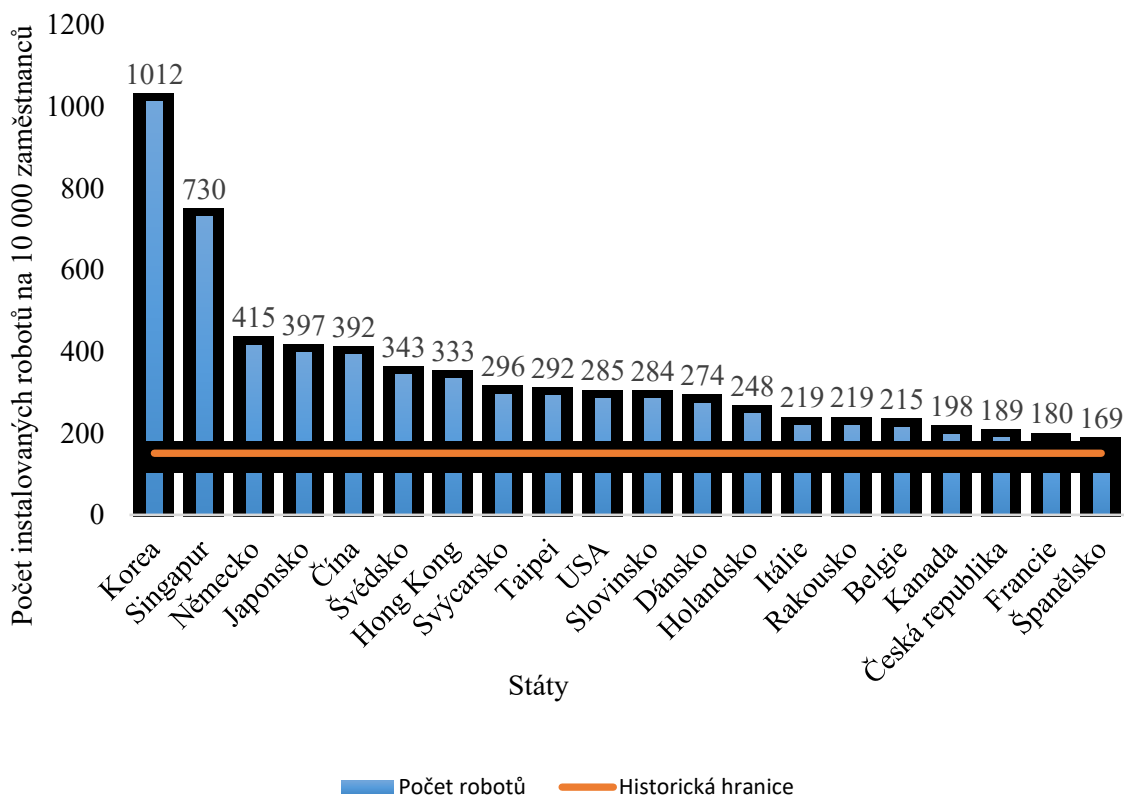
Dle Mezinárodní federace pro robotiku, dále jen IRF, se v současné době využívají roboti v logistice prioritně na (Heer, 2023):

- **Nakládání a vykládání nákladů** – umístování zboží do kamionů a skladů je řazeno mezi časově náročné úkoly pro řidiče kamionů, proto využití mobilních robotických řešení v oblasti dopravy a logistiky může významně pomoci. Uvolnění řidičů kamionů od ruční manipulace s nákladem může dle IRF znamenat úsporu až 25% pracovní doby během jednoho pracovního dne. Roboti také přispívají ke snižování chyb při plnění objednávek automatizací opakujících se úkolů, například v procesu vychystávání a balení.
- **Skladování** – v oblasti skladování přinášejí roboti zrychlení. Dnešní skladovní roboti zahrnují kompaktní autonomní mobilní jednotky a sofistikované automatizované systémy pro skladování a vyhledávání. Jejich nasazení zkracuje dobu potřebnou pro přemístění zboží, navíc jsou schopni manipulovat s těžkými břemeny a nebezpečnými materiály bez ohrožení lidských pracovníků.
- **Servisní akce** – servisní roboti pro profesionální využití zažívají vzestup. Aktuální statistiky dle IFR ukazují, že na celosvětové úrovni bylo v roce 2022 vyrobeno více profesionálních servisních robotů pro přepravu zboží a nákladu než pro jakoukoliv jinou oblast. Prodeje těchto robotů vzrostly o 44 % a dosáhly více než 86 000 prodaných jednotek. Podle IFR jsou robotika a automatizace klíčovými průlomovými prvky pro budoucnost pracovišť.

Naopak tradiční průmysloví roboti jsou umístěni v připraveném prostoru a naprogramováni tak, aby opakovaně a nepřetržitě prováděli předdefinované stejné sekvence akcí po několik let, proto jsou navrženi, vyrobeni a vybaveni pro danou sekvenci akcí, což stěžuje rekonfiguraci průmyslového robota pro novou výrobní linku. (Ustundag et al., 2018)

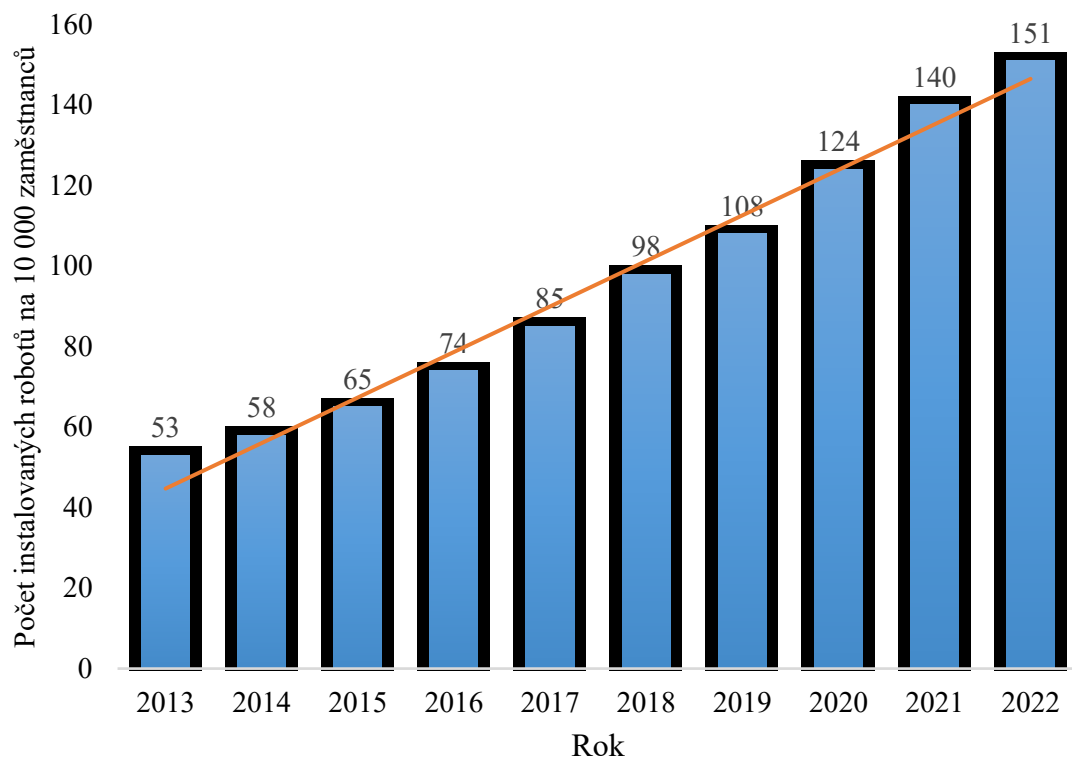
Podle informací Mezinárodní federace pro robotiku z roku 2023 odhadují vědci, že svět dosáhl nového rekordu v oblasti průmyslové automatizace. V roce 2022 bylo nasazeno celkem 3,9 milionu robotů. Nejvíce automatizovanými zeměmi je Korea, kde připadá 1012 robotů na deset tisíc zaměstnanců a Singapur se 730 roboty na deset tisíc zaměstnanců. Česká republika se také umístila mezi prvními dvaceti zeměmi, konkrétně na osmnáctém

místě, využívajíc 189 robotů na deset tisíc zaměstnanců, jak znázorňuje graf číslo jedna. (Heer, 2023)



Graf 1 Hustota využití robotů ve výrobním průmyslu v roce 2022, vlastní zpracování dle (Heer, 2023)

Tato data o hustotě robotů poskytují pohled na stav automatizace po celém světě a umožňují srovnání různých regionů a zemí. Podle Mariny Bill, prezidentky Mezinárodní federace robotiky, je impozantní rychlost, s jakou se robotika rozšiřuje v továrnách po celém světě. Nová průměrná globální hustota robotů dosáhla historického maxima 151 robotů na deset tisíc zaměstnanců, což je více než dvojnásobek počtu zjištěného před pouhými šesti lety. Celosvětový trend růstu hustoty využívaných robotů v letech 2013-2022 je možné vidět v následujícím příloženém grafu číslo dva, jenž je doplněný o spojnicí trendu, která růst podtrhuje. (Heer, 2023)



Graf 2 Světový průměr hustoty robotů v letech 2013–2022, vlastní zpracování dle (Heer, 2023)

## 2.1 Trendy v logistice a skladování pro rok 2024

Inovace, které jsou řízené umělou inteligencí, otevírají podnikům dveře do nové éry efektivity a přesnosti, zejména v oblasti skladování a logistiky, jak ukazuje příchod roku 2024. Tento rok představuje klíčový okamžik spojení technologického pokroku s konkrétními potřebami skladových operací. Umělá inteligence, dále jen AI, hraje klíčovou roli v transformaci, stává se inovátorem, ale i klíčovým prvkem pro efektivnější a inteligentní řízení skladových procesů. Nastává doba, kdy umělá inteligence není pouze doplňkem, nýbrž klíčovým protagonistou při optimalizaci skladových operací. Díky inteligentní automatizaci a prediktivní analýze dochází k revoluci ve způsobu, jakým spravujeme skladové zásoby, plníme objednávky a udržujeme efektivitu skladu. Rok 2024 symbolizuje přechod od tradičních a často manuálních procesů k dynamickému a přizpůsobivému prostředí, ve kterém jsou rozhodnutí a činnosti řízeny daty a podporovány pokročilými algoritmy umělé inteligence. (TRADEMEDIA INTERNATIONAL, © 2024)

Dle webu Vše o průmyslu, což je informační portál pro moderní výrobu, je pro rok 2024 charakteristických sedm trendů pro logistiku a skladování, kterými jsou (TRADEMEDIA INTERNATIONAL, © 2024):

- Prediktivní údržba ve skladových prostorech – využití AI k predikci poruch.
- Inteligentní optimalizace skladového prostoru.
- Pokročilá robotizace využívaná pro zpracování objednávek.
- Automatizace využívaná pro doplňování zásob.
- Udržitelné provozní postupy ve skladech.
- Hyper-automatizované sklady.
- Analytické využití pokročilých dat pro předpovědi dotazů zákazníků.

## 2.2 Asistenční vyskladňovací roboti

Vychystávání objednávek, které zahrnuje vyzvednutí položek ze skladových míst pro interního nebo externího zákazníka, je vysoce důležitou funkcí ve skladech. Vychystávání objednávek je navíc považováno za klíčový faktor pro výkon dodavatelského řetězce, protože nesprávné plánování skladových operací vede k neefektivnímu využití aktiv a zpožděným dodávkám, což zase nepříznivě ovlivňuje spokojenost zákazníků, provozní náklady a konkurenceschopnost. Většina skladů využívá tradiční systém vychystávání objednávek, kde se operátoři pohybují skladem, aby vyzvedli a dopravili položky z místa skladování do balicí stanice. Pro vychystávání dílů a objednávek využívá tento typ vyskladnění až 80 % skladů v západní Evropě. S nedávným rychlým růstem v sektoru e-commerce a měnícími se očekáváními spotřebitelů ohledně dodávek, jsou nyní sklady konfrontovány s výzvou, jak zvládnout vysokou poptávku a krátké termíny splatnosti. (Srinivas a Yu, © 2022)

Efektivita vyskladnění závisí na několika kritických rozhodnutích, kterými jsou určené množiny příkazů, které mají být vychystány v rámci jednoho vyskladnění, přiřazení dávky k jednotlivým operátorům a určení pořadí, ve kterém jsou zpracovávány (rozhodnutí o přiřazení dávek a pořadí) a plánování vyskladňovací cesty po skladu, aby se operátor pohyboval co nejefektivněji. Přestože systém vyskladňování dílů vyžaduje relativně nízké



investiční náklady, je náročný na práci a tvoří přibližně 60 % všech pracovních činností v dodavatelském řetězci. Automatizace podporovaná technologiemi Průmyslu 4.0 představuje příležitost ke zmírnění závislosti na pracovní síle a ke zvýšení celkové efektivity skladů. (Srinivas a Yu, © 2022)

Logističtí roboti jsou rostoucím trendem, který se v posledních letech opravdu rozmohl. Progresivní složitost skladování a poptávka po agilních efektivních operacích přiměly společnosti investovat do automatizace přenosů, stejně jako do různých oblastí v zařízení s automatizovanými systémy skladování a vyhledávání. Boom logistických robotů reaguje na potřebu snižovat náklady a optimalizovat procesy s cílem zlepšit konkurenceschopnost. (Mecalux, S.A., © 2024)

Rostoucí poptávka po rychlém a kvalitním vyřízení objednávek vyžaduje implementaci efektivních vychystávacích systémů, které značně zrychlí proces vychystání a pohyb materiálu ve skladu. Autonomní mobilní roboti (dále jen AMR), kteří jsou využíváni v intra-logistice, nabízejí slibné řešení, jak zvýšit produktivitu, vychystání a zároveň snížit pracovní zátěž lidské práce. (Srinivas a Yu, © 2022)

Jedním ze způsobů, jak mohou sklady drasticky snížit pracnost potřebnou ke splnění svých operací, je používání technologií, jako jsou autonomní mobilní roboti nebo automatizované skladovací a vyhledávací systémy, pro přepravu zboží mezi lidmi. Díky automatizaci vyskladňovacího procesu jsou zásoby přiváděny k pracovníkovi, aby nemusel chodit a hledat zásoby. AMR se mohou pohybovat ve skladových prostředích pomocí senzorů a palubních počítačů autonomně, bez omezení předem definovaných cest nebo neustálého dohledu operátora. AMR, zvláště zběhlé v manévrování úzkými uličkami a přeplněnými oblastmi, zajišťují bezpečné soužití s lidskými pracovníky. V důsledku toho mohou efektivně přepravovat produkty ve skladu, čímž se zkracuje docházková vzdálenost pro lidské operátory. Automatizované vychystávání představuje software, který řídí proces vychystávání, čímž přináší výrazně vylepšený proces. Automatizace může snížit požadavky na pracovní sílu při vychystávání až o dvě třetiny a současně výrazně zvyšuje přesnost procesu vychystávání. (Romaine, 2024)

### 3 ŠTÍHLÁ LOGISTIKA

Lean manufacturing, v překladu štíhlá výroba, je metoda zaměřena na hodnotu zákazníka, která je považována za skvělý nástroj pro vypořádávání se s plýtváním vznikajícím při výrobě. Tento koncept byl poprvé rozvinut ve druhé polovině minulého století v Japonsku v automobilovém průmyslu firmou Toyota. V současné době se Lean manufacturing uplatňuje nejen ve výrobě, ale také v dodavatelském řetězci a veřejném sektoru. Jeho myšlenkou je odstranění jakékoliv aktivity, která využívá zdroje, ale nevzniká tím žádná přidaná hodnota. Navíc je třeba dělat pouze takové činnosti, které jsou nutné a vykonat je hned napoprvé správně, rychleji než ostatní a utratit při tom co nejméně zdrojů. (Jurová, 2016; Paksoy et al., 2021; Richards, 2018)

Dle Myersona (2012) jsou hlavními klíčovými prvky štíhlé logistiky především identifikace hodnot zákazníka, mapování všech kroků celého procesu, eliminace ztrát v procesech, snaha o vytvoření plynulého toku, reakce na všechny změny a zapojení a rozvoj zaměstnance.

Japonský průmyslový obchodník Ohno Taiichi označil sedm druhů plýtvání, které má štíhlá logistika za cíl odstranit. Později byl seznam druhů plýtvání doplněn o bod osmý. Jedná se o (Richards, 2018):

- **T:** Transport (doprava) – zbytečný pohyb osob, produktů, informací a vybavení.
- **I:** Inventory (zásoby) – skladování dílů, dokumentace, případně skladování zastaralých položek.
- **M:** Motion (pohyb) – zbytečné ohýbání, otáčení, dosahování, vše má být po ruce.
- **W:** Waiting (čekání) – úzká místa při vychystávání ze skladových lokací.
- **O:** Over production (nadprodukce) – držení velkého množství zásob.
- **O:** Over processing (nadměrné zpracování) – provádění zbytečných procesních kroků.
- **D:** Defects (vady) – čas strávený na opravách chyb.
- **S:** Skills (dovednosti) – nedostatečné využití schopností, kreativity a znalostí.

## Štíhlé myšlení

Jedná se o filozofii, známou také jako Lean thinking, a přístup k řízení procesů, který se zaměřuje na eliminaci plýtvání a maximalizaci hodnot zákazníka. Cílem je mít čistý a efektivní provoz a odstranit procesy, které nepřidávají hodnotu. Čekací doba je totiž dle Richardse (2022) jednou z největších a nejdražších ztrát. Také podle Macurové (2018) je dobré dělat jen to, co je třeba, a to správně napoprvé, rychleji než druzí, při využití co nejmenších finančních zdrojů.

Mezi základní principy štíhlého myšlení jsou zahrnovány (Harrison et al., 2014; Macurová et al., 2018; Richards, 2022):

- **Identifikace hodnot z pohledu zákazníka** – definice hodnot z pohledu zákazníka je klíčovým krokem. Ostatní činnosti jsou pak hodnoceny vzhledem k tomu, zda přidávají nebo nepřidávají hodnotu.
- **Mapování toku hodnot (Value Stream Mapping)** – identifikace a porozumění procesů, které jsou nezbytné k vytvoření hodnot pro zákazníka. Cílem je odstranit překážky a plýtvání, které brání plynulému toku hodnoty od vstupu po výstup.
- **Vytváření plynulého toku** – vytváření co nejplynulejšího toku práce nebo výrobního procesu. Eliminace zásob, zpoždění a čekání, aby došlo k maximalizaci efektivity a minimalizaci plýtvání.
- **Rozvíjení pohybu na vyžádání (systém tahu)** – snaha o vytvoření systému, ve kterém jsou produkty nebo služby využívány pouze tehdy, pokud jsou skutečně potřebné, na základě aktuální poptávky. Tím dochází k minimalizaci zásob a nákladů spojených s udržováním přebytečných zásob.
- **Neustálé zlepšování (Kaizen)** – neustálý důraz na hledání způsobu, jak zlepšit procesy a odstraňovat plýtvání. Kaizen je japonský termín pro neustálé zlepšování a je klíčovým prvkem štíhlého myšlení.

### 3.1 Systém 5S

Jedná se o metodu organizace pracovního prostředí, která pochází z Japonska a je klíčovým prvkem štíhlého myšlení. Tvoří jej série pěti kroků, jejichž názvy vždy začínají na písmeno S (Mayerson, 2012; Richards, 2018):

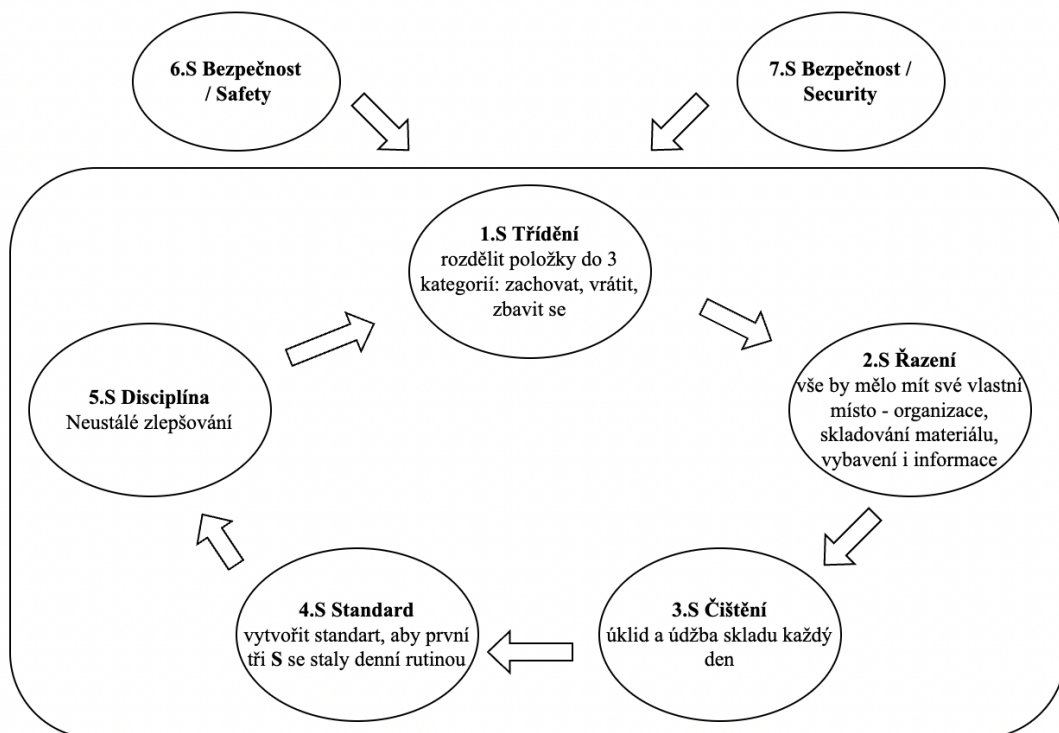
- **Seiri (třídění)** se soustředí na odstranění všech nepotřebných předmětů z pracovního prostředí. To může zahrnovat staré nebo poničené zásoby, vadné zařízení či rozbité palety, případně také zbytečné pohyby po skladu. Cílem tohoto kroku je udržet na pracoviště pouze nezbytné vybavení a eliminovat nadbytečné předměty.
- **Seiton (řazení)** se zaměřuje na správné a efektivní umístění položek tak, aby byly snadno dostupné a identifikovatelné. Cílem je minimalizovat hledání a ztrátu času. Součástí tohoto kroku jsou i směrové tabule ve skladu, protože by to mělo zkrátit čas hledání položek na skladových lokacích.
- **Seiso (čištění)** zahrnuje pravidelné udržování pracovního prostoru v čistotě, a to nejen běžné úklidové činnosti, ale i identifikaci a odstranění potenciálních zdrojů nečistot nebo problémů, které by mohly ovlivnit kvalitu bezpečnosti práce. Je třeba vytvořit harmonogramy úklidů. Příklad úklidové stanice je možné vidět na přiloženém obrázku číslo dva.



Obrázek 2 Příklad metody 5S, část čištění (vlastní zpracování – DHL, s. r. o.)

- **Seiketsu (standardizace)** představuje vytváření standardů pro každou pracovní oblast. Je nutné každého zaměstnance seznámit s pracovními postupy a dokumentací. Ta by měla být jednoduchá a srozumitelná na pochopení, nejlépe doplněná o fotodokumentaci.
- **Shitsuke (disciplína)** zajišťuje neustálé zlepšování. Zaměstnanci jsou vedeni k tomu, aby se nevraceli ke starým způsobům práce, ale využívali nové pracovní postupy, přijali změny. Je nutné provádět pravidelné kontroly a v případě, že zaměstnanci dosahují vysokého výkonu, je třeba je řádně ohodnotit.
- **Safety (bezpečnost)** – nedávno bylo představeno šesté S, které znamená bezpečnost pracovníků. Je označováno za jádro celé metody a je skvělým doplňkem všech předchozích kroků.

Všechny kroky metody 5S musí být provedeny ve správném pořadí, jak je znázorněno na přiloženém obrázku číslo tři. Každý z kroků by měl mít svého vlastníka na jednotlivých úsecích skladu. Vede to k motivaci zaměstnanců, zvýšení produktivity, bezpečnosti práce a celkové kvality v organizaci. (Richards, 2022)



Obrázek 3 Kroky metody 5S vlastní zpracování dle (Richards, 2022)

Na přiloženém obrázku číslo tři je kromě šesti S zmíněno i jedno S navíc. Toto sedmé S, které v posledních letech původních 5S + 1 doplnilo. Představuje opět bezpečnost, ale pro tentokrát v oblasti kybernetické bezpečnosti. Téměř každá moderní společnost má dnes zaměstnance, kteří nosí identifikační karty, případně čipy, pro přístup do budov či pracovních prostor. Dále je nutná ochrana citlivých údajů o zaměstnancích, obchodní dokumentace a jiných důležitých záznamů. Rizika kybernetických útoků jsou čím dál větší, proto je nutné je opravdu nepodceňovat. (Wright, © 2024)

### 3.2 Analýza toku hodnot

Value Stream Mapping, dále jen VSM, v překladu analýza toku hodnot, je v rámci štíhlé logistiky metodou využívající vývojový diagram k zdokumentování každého kroku v procesu. Tento nástroj je klíčový pro identifikaci plýtvání, zkrácení doby procesního cyklu a implementaci zlepšování procesů. Hlavním cílem je vytvořit tok hodnoty bez zbytečných zpoždění, skladování a nadbytečných kroků. Tím optimalizovat procesy v podniku tak, aby došlo k maximalizaci hodnot pro zákazníka a minimalizování ztrát. (Macurová et al., 2018)

Původní šablona VSM byla vytvořena společností Toyota Motor Company a byla implementována prostřednictvím materiálových a procesních vývojových diagramů. Tato šablona ilustrovala nezbytné procesní kroky, které existovaly od zadání objednávky až po dodání finálního produktu, a byla užitečná pro získání širokého pohledu na aktivity společnosti. To Toyotě umožnilo odstranit nepodstatné činnosti, které tvořily odpad, a přitom zachovat výrobní proces. (American Society for Quality, © 2024)

VSM je nástroj pro navržení efektivity pracoviště tak, aby spojil kroky zpracování materiálu s plynulým tokem informací a dalšími souvisejícími údaji. Tento nástroj je nezbytným prvkem pro organizace, které usilují o plánování, implementaci a neustálé zlepšování v rámci štíhlé výroby. Pomáhá uživatelům vytvořit pevný implementační plán, který efektivně využívá dostupné zdroje a zajišťuje optimální využití materiálu a času. (American Society for Quality, © 2024; Tomek et al., 2014)

Část přidané hodnoty v rámci VSM se zaměřuje na způsoby, jak přidat hodnotu k produktu nebo službě prostřednictvím modifikace tržního provedení nebo funkcí, které lépe odpovídají potřebám zákazníka. Toto zahrnuje přidávání funkcionalit a prvků k produktu

nebo službě, které přinášejí zákazníkovi přidanou hodnotu, aniž by zároveň docházelo k plýtvání časem a materiály (také označované jako muda, což je japonský výraz pro odpad) ze strany společnosti. (Macurová et al., 2018)

### 3.3 Časová studie

Jedná se o metodiku, jejíž účelem je mapování procesů v logistickém řetězci s cílem vytvořit jejich viditelnost. Provést vizualizaci jednotlivých kroků v reálné procesu, který v logistickém řetězci opravdu funguje a následně provést porovnání s podobným procesem. Tato metoda pomáhá identifikovat časové zpoždění, efektivitu, případně najít potencionální problém, který je třeba dále řešit. Klíčem studie je sledování jedné objednávky nebo jednoho operátora v průběhu procesu s ohledem na čas. Sběr dat je pořízen během daného časového období, protože pracovní náplň se může v průběhu měsíce lišit. (Coimbra, 2013; Harrison et al., 2014)

Tvorba časové studie, její příprava a realizace, se skládá z několika fází, kterými jsou dle (Coimbra, 2013):

- **Vytvoření pracovní skupiny** – je potřeba určit tým, který bude mít analýzu na starost. Je důležité mít v týmu zastoupeny všechny klíčové funkce a je třeba určit vedoucího, který bude aktivity koordinovat.
- **Výběr procesu** – je nutné určit procesy, které se budou mapovat a určit časovou náročnost, kolik to zabere času. Následně je třeba vytvořit chronologický časový sled kroků, aby bylo zcela zřetelné, v jakém pořadí na sebe navazují.
- **Sběr dat** – nejefektivnější způsob získání dat, je následování daného objektu během celého konkrétního procesu. Je třeba zvolit operátora nebo objekt, který zná všechny kroky procesu a vykonává je korektně a ve správném pořadí. Během měření je třeba počítat s tím, že kromě reálného procesu může dojít i různým odchýlkám.
- **Vizualizace** – pro lepší vizualizaci je dobré mít k vyhodnocení připravený vývojový diagram procesu, aby byla jasná návaznost jednotlivých kroků a naměřená data byla vyhodnocena správně.

- **Příprava dat na vyhodnocení** – jednotlivé naměřené aktivity je třeba označit jako kroky s přidanou hodnotou (aktivity, za které je ochoten zákazník zaplatit) a kroky, které nemají přidanou hodnotu, a jsou nazývány jako plýtvání.
- **Vyhodnocení** – v rámci finálního vyhodnocení je vhodné vypracovat grafické znázornění, kde bude vidět, které kroky přináší hodnotu a kde by mohl být prostor ke zlepšení a případně úpravě procesu.
- **Generování řešení** – jakmile jsou vyhodnoceny všechny kroky procesu, může pracovní skupina začít hledat řešení, jak je možné chyby odstranit, nebo proces efektivněji upravit.

### 3.4 Komplexní řízení kvality

Se štíhlou logistikou úzce souvisí systém řízení kvality (Total Quality Management, dále jen TQM). Jedná se o model, jenž popisuje manažerský přístup k dlouhodobému úspěchu prostřednictvím spokojenosti zákazníků. V rámci TQM jsou všichni členové organizace zapojeni do zlepšování procesů, produktů, služeb a kultury, ve které pracují. (American Society for Quality, © 2024)

Mezi základní principy, které jsou v rámci řízení kvality uplatňovány, řadíme dle (American Society for Quality, © 2024; Jurová, 2016):

**Zaměření na zákazníka** – v konečném důsledku určuje úroveň kvality zákazník. Bez ohledu na to, co organizace dělá pro podporu zlepšování kvality, jako je školení zaměstnanců, integrace kvality do procesu či modernizace, zákazník určuje, zda se snaha firem vyplatila.

**Zapojení zaměstnanců** – všichni zaměstnanci se podílejí svojí prací na dosažení společných firemních cílů. Jejich správné zapojení je posíleno jasně definovanou odpovědností. Velmi důležitá je jejich motivace.

**Procesní zaměření** – je základní součástí TQM. Proces je řada kroků, které přebírají vstupy od dodavatelů (interních i externích) a přeměňují je na výstupy. Jednotlivé kroky procesu jsou jasně definovány, nepřetržitě monitorovány s cílem detekovat neočekávané odchylky.

**Integrovaný systém** – přestože může být v podniku celá řada specialistů, kteří jsou v rámci organizační struktury řazeni vertikálně, jsou v rámci procesů tyto funkce provázány



horizontálně. Každý musí rozumět vizi, poslání a vůdčím principům organizace. Každá organizace má jedinečnou pracovní kulturu. Je prakticky nemožné dosáhnout dokonalosti v jejich produktech a službách, pokud není podporovaná kultura dobré kvality. Integrovaný systém má za cíl spojit prvky obchodního zlepšování a překonávat očekávání zákazníků, zaměstnanců i dalších stran.

**Strategický a systematický přístup** – rozhodující součást řízení, zahrnuje strategické plánování a pomáhá k dosažení vize, poslání a cílů organizace.

**Neustálé zlepšování** – vede organizaci k tomu, aby byla analytická i kreativní při hledání způsobů, jak být konkurenceschopnější na trhu a efektivnější při plnění očekávání.

**Objektivní rozhodování** – aby bylo možné říct, jak si firma vede, je nezbytné měřit její výkonnost. To vyžaduje neustálý sběr dat a jejich následnou analýzu, což napomáhá k lepším rozhodnutím v budoucnu.

**Komunikace** – hraje velmi důležitou roli jak v době organizačních změn, tak i v běžném denním provozu podniku. Zahrnuje strategie a metody komunikace.

## 4 SHRnutí TEoretické Části

Předmětem této části práce bylo přiblížit detaily v oblasti zkoumané problematiky s využitím nejen domácích, ale zejména zahraničních knižních a elektronických zdrojů. Představila dynamické prostřední logistiky, sledovala její vývoj v oblasti průmyslových revolucí, nástup Průmyslu 4.0 a nastupující éru průmyslu 5.0 se zaměřením na integraci technologií, zejména robotiky a zkoumala transformační dopad nových technologií na logistický průmysl a představila nové trendy, které pomáhají tvořit budoucnost.

Logistika, která je zásadní složka dodavatelsko-odběratelského řetězce prošla velmi významným pokrokem díky Průmyslu 4.0. Čtvrtá průmyslová revoluce zavedla nespočet změn, dle Jurové (2016) byly zmíněny především standardizace, internet věcí, kybernetická bezpečnost, či ovládání komplexního systému. Dále bylo zmíněno sedm charakteristických rysů průmyslu 4.0, kterými byly digitalizace, automatizace, průhlednost, mobilita, modularizace, síťová spolupráce a socializace. Robotika hrála v této transformaci klíčovou roli a usnadňovala celou řadu aktivit. S vývojem technologií a nástupem Průmyslu 5.0, který byl charakterizován spoluprací člověka s robotem, dochází k dalšímu rozvoji logistiky. Hlavní důraz byl kladen na koordinaci lidí a strojů, využití umělé inteligence a pokročilé robotiky.

Robotizace se v této práci objevila jako ústřední téma, a zkoumala její vliv na logistické operace. Umělá inteligence a robotika způsobily revoluci v logistice, společnosti integrovaly tyto technologie do svých operací s cílem urychlit přepravu a zvýšit kvalitu služeb zákazníkům. Logistika čelí daleko větším výzvám než výroba díky různorodým zakázkám a požadavkům vyžadujícím individuální přístup a řešení.

Při pohledu do budoucna skrývá integrace různých robotických řešení velký potenciál a začíná být nepostradatelnou součástí lidských životů. Především ve skladování nabízí roboti výhody ve zlepšení produktivity, vyššího a přesnějšího výkonu. Jejich nasazení při skladování, případně nakládce či vykládce, představuje příležitost, jak ušetřit čas nebo zvýšit bezpečnost pracoviště. Přes všechna tato pozitiva má robotizace jisté limity, kterými jsou naprogramované schopnosti či vysoké pořizovací náklady, jak bylo zmíněno v druhé části práce.

Štíhlá výroba, jejíž základ byl položen v Japonsku ve společnosti Toyota, upřednostňuje hodnotu pro zákazníka a efektivitu tím, že eliminuje plýtvání. Rozšířila se mimo výrobu do oblastí, jako je dodavatelsko-odběratelský řetězec a je dále známa i jako štíhlá logistika.

Mezi klíčové prvky patří mapování procesů, eliminování plynulého toku či zapojení zaměstnanců. Dále byl představen model TIM WOODS, který napomáhá definovat osm druhů plýtvání. Štíhlé myšlení, filozofie snižování plýtvání a maximalizace hodnot, se zaměřuje na principy, kterými jsou mimo jiné mapování toku hodnot či neustálé zlepšování. Toto bylo zmíněno v třetí části práce a v závěru doplněno o definici časové studii a systému řízení kvality.

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 DHL SUPPLY CHAIN S. R. O.

DHL je globální logistická společnost, která byla založena v roce 1969 třemi podnikateli Adrianem Dalseyem, Larrym Hillblomem a Robertem Lynem a z jejichž počátečních písmen příjmení je jméno společnosti složeno. DHL se stala průkopníkem v oblasti expresní přepravy a logistiky. V průběhu let se dále rozvíjela a vytvářela inovativní logistická řešení pro firmy. Dnes je největší světovou logistickou společností na světě, má přes 600000 zaměstnanců a je zastoupena ve více než 220 zemích světa. Nabízí bezkonkurenční portfolio logistických produktů a řešení, které zahrnuje expresní silniční, leteckou i námořní dopravu, vnitrostátní i mezinárodní doručování balíků, komplexní služby v oblasti dodavatelského řetězce či v oblasti eCommerce řešení, jak je možné vidět na přiloženém obrázku číslo čtyři. (interní zdroj DHL, s. r. o.)



Obrázek 4 Divize společnosti DHL (interní zdroj DHL, s. r. o.)

### 5.1 Vize společnosti – strategie 2025

V posledních letech probíhali dynamické transformace mezinárodní logistiky, kterou zásadně ovlivnily čtyři klíčové trendy: globalizace, digitalizace, rozmach e-commerce a narůstající důraz na udržitelnost. Tyto trendy nejen změnily způsob, jakým podniky provozují svou logistiku, ale také formují nové výzvy a příležitosti pro přední hráče v odvětví, jako je společnost DHL.

V reakci na tyto trendy si společnost DHL stanovila ambiciózní strategii 2025, která klade důraz na dosažení excelence v digitálním prostředí. Tímto způsobem si klade za cíl přizpůsobit se novému prostředí, kde digitalizace a automatizace hrají stále větší roli

v logistických procesech. Rozvoj digitálních technologií a analýza dat se stávají nedílnou součástí jejich logistických operací, což umožňuje efektivnější a přesnější plánování a provádění přeprav. Současně se zaměřuje na zajištění udržitelnosti svých operací. S narůstajícím tlakem na snižování emisí a ekologické stopy je důležité, aby logistické společnosti jako DHL přijaly opatření k minimalizaci svého dopadu na životní prostředí. To zahrnuje investice do ekologicky šetrných vozidel a technologií, optimalizaci tras dodávek a snahu o snížení množství odpadu. Jako součást své strategie udržitelnosti, společnost DHL také věnuje pozornost budování uhlíkově neutrálních budov. Tato iniciativa má za cíl minimalizovat emise skleníkových plynů spojené s provozem budov a přispět k ochraně životního prostředí, investovat do energetické efektivity, využít obnovitelné zdroje energií a dalších opatření směřující k dosažení udržitelného a šetrného provozu. V rámci této strategie DHL proinvestuje dohromady ve všech divizích dvě miliardy EUR s cílem zlepšit zákaznickou zkušenost, zdokonalit znalosti zaměstnanců a zvýšit provozní dokonalost s očekávaným výnosem jeden a půl miliardy EUR. (Deutsche Post AG, 2023 ©)

## 5.2 Představení skladu

Pro diplomovou práci byl zvolen sklad divize DHL Supply Chain, o rozloze téměř 16000 m<sup>2</sup>, který je situován v průmyslovém kampusu v Pohořelicích u Brna, je držitelem ISO certifikátu kvality 9001, dále pak certifikátu pro systémy řízení ochrany životního prostředí ISO 14001, certifikátu pro hospodaření s energií ISO 50001 a ISO 45001 certifikátu pro řízení bezpečnosti a ochrany zdraví.

Zákazníkem daného skladu je jeden z největších evropských maloobchodních prodejců s obuví, který spolupracuje s DHL Supply Chain od roku 1998 a který má více než 200 výdejních míst v devíti zemích v Evropě. Předmětem skladování je především pánská, dámská a dětská obuv různých velikostí, typů a barev, dále pak doplňkové produkty, jako jsou kabelky, peněženky a další příslušenství například ponožky, pásky a další.

Klientovi jsou poskytovány služby ve formě B2B – business to business, dodávky do obchodní sítě prodejen, tak B2C – business to customer, přímé dodávky koncovým zákazníkům zprostředkované přes elektronický obchod.

V oblasti doplňkových služeb, které jsou poskytovány klientovi, se jedná o:

- Skladování.
- Vychystávání zboží.
- VAS (Value added services – doplňkové služby s přidanou hodnotou).
- Balení.
- Nakládka a expedice.
- Manipulace s vráceným zbožím.
- Řízení zásob.
- Kontrola kvality.
- Photoshop pro internetový obchod.

Příjem produktů – zboží přichází do skladu ve většině případů jako nepaletové a je nutné jej roztrždit na základě objednávek a specifických kvalitativních požadavků klienta (například u dodávek od nových dodavatelů je nutné provést kontrolu minimálně pěti typů obuvnických i jiných výrobků, naopak u stávajících dodavatelů je třeba provést kontrolu kvality značení zásilek a zboží).

Po příjmu je zboží rozděleno na několik částí:

- Zboží určené k okamžitému odeslání je připraveno na palety a předáno oddělení distribuce.
- Zboží na paletách, které zatím nemá distribuční objednávku, je uskladněno na paletové lokace.
- Nepaletové kusy jsou pak uskladněny do volného skladu, který představuje dvě patra regálových lokací, kam jsou produkty uloženy.

Zpracování objednávek na straně zákazníka je prováděno ve skladovém systému SAP, na straně DHL pak ve skladovém systému JDA. Oba systémy jsou propojeny systémem EDI, což představuje elektronickou výměnu dat.

Vychystávání objednávek probíhá ve vyskladňovacích vlnách, které systém připraví dle typu objednávek a priorit odeslání. Požadované kusy představují objednávky, které mohou být

určeny pro koncové uživatele nebo do distribučních sítí. Produkty, které jsou odesílány do obchodní sítě, jsou během procesu vyskladnění označeny štítky se správnou prodejní cenou, a následně jsou produkty předány oddělení distribuce. Zde dochází k finální kompletaci a balení objednávek dle přesných specifikací klienta. Následné objednávání dopravy, a celková koordinace transportu, je již v režii zákazníka.



## 6 ANALÝZA STAVU PŘED IMPLEMENTACÍ

Produkty ve skladu DHL jsou skladovány různými způsoby, včetně umístění na vyskladňovacích regálech, paletových lokacích nebo jsou určeny k přímému odeslání, a nejsou uloženy na skladové lokace vůbec. Primární zaměření analýzy představuje část skladu vybavená regálovými lokacemi.

Původní proces vyskladnění zboží z regálů ve skladové galerii probíhal s využitím manuálních, těžko ovladatelných vozíků. Operátoři si museli předem připravit vozíky, získat od vedoucích týmů seznamy objednávek k vychystání, cenové štítky pro vybrané produkty a štítky, které museli nalepit na vozíky, aby si určili, kam na vozík budou ukládat určené produkty z konkrétních objednávek. Dále si museli vyzvednout scannery, bez kterých by nebylo možné vůbec vyskladňovat.

Vyskladňovací cestu po lokacích si každý operátor zvolil sám. Bylo nutné, aby se ve skladu orientoval a aby dokázal co nejrychleji vyskladnit požadované kusy. Při odebírání produktů z lokací musel v seznamu objednávek vždy zkontrolovat, zda je potřeba na produkty nalepit štítek s novou cenou či nikoliv. Musel vyhledat správné štítky v předem vytisknutých cenových štítcích, aplikovat je na určené krabice a poté uložit vychystané kusy na vozík. Hledání korektních cenových štítků bylo velmi pomalé a zdržovalo to operátory. Bylo to slabé místo v procesu, kde docházelo k velké chybovosti a dlouhodobě se nedařilo dodržovat kvalitativní cíl, který byl definovaný zákazníkem.

V okamžiku, kdy byl vyskladňovací vozík naplněn, byl dovezen k místu vykládky, kde pracovníci balení provedli kontrolu produktů, jejich kvantitu a správné přiřazení cenových štítků.

Celý původní proces byl velmi pomalý, komplikovaný a novým operátorům trvalo v průměru čtyři až pět dní, než začali procesu rozumět, byli schopni se orientovat ve skladu a plně ovládat scanner k vyskladnění. Než začali dosahovat požadované produktivity a měli stabilní výkon, pak trvalo další dva měsíce. Celý proces je také znázorněn na přiloženém procesním diagramu v příloze číslo jedna.

Celkový objem vychystaných kusů ve skladu představoval téměř šest milionů produktů za rok. Přičemž množství vyskladněné ve vyskladňovací galerii bylo téměř 61 % z celkového množství. Detail průměrně vyskladněných kusů za rok je doplněn v přiložené tabulce číslo jedna.

Tabulka 1 Detail vyskladněných kusů  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

<b>Kusy za rok celkem</b>	5783606
<b>Kusy za rok – galerie</b>	3528000
<b>Linky za rok</b>	2937552
<b>Objednávky za rok</b>	691677
<b>Kusy za den – průměr</b>	14000
<b>Linky za den – průměr</b>	11657

Jednalo se o objednávky typu B2B, určeny do obchodní sítě klienta, a typu B2C, objednávky vytvořené přes elektronický obchod společnosti a odesílané přímo koncovým zákazníkům. Objemy během roku nebyly konstantní, ale byly ovlivněny promo akcemi zákazníka a roční sezónou. Poměr rozložení objednávek během roku je uveden v příložené tabulce číslo dva, kde je vidět, že největší objemy objednávek jsou v období zimy, v měsících únoru a březnu, a na konci léta, v měsících srpnu a září.

Tabulka 2 Sezónnost objednávek skladu v procentech  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

<b>Kvartál 1</b>	Leden	5,10 %	<b>Kvartál 3</b>	Červenec	8,70 %
	Únor	11,20 %		Srpen	11 %
	Březen	13,10 %		Září	10,40 %
<b>Kvartál 2</b>	Duben	10,60 %	<b>Kvartál 4</b>	Říjen	7,10 %
	Květen	9,40 %		Listopad	3,50 %
	Červen	7,40 %		Prosinec	2,50 %
<b>56,80 %</b>			<b>43,20 %</b>		

Původní výkon operátora při vyskladnění v galerii představoval v průměru vyskladněných 92 kusů za hodinu. Tento údaj byl stanoven na základě výkonu operátora, sledování jeho produktivity a následně byl podložen časovou studií. Pro tu byly vybrány klíčové kroky skladového procesu, který byl popsán v procesním diagramu. Jedná se jak o kroky s přidanou hodnotou a nutné k vykonání procesu (dále označovány jako VA – value added hodnota), tak o kroky bez přidané hodnoty (dále označovány jako NVA – non-value added

hodnota), které jsou označovány za plýtvání. I když tyto kroky nejsou procesu vlastní, vždy existuje pravděpodobnost jejich výskytu. Jednalo se o kroky, kdy se odebere štítek z lokace, přesune se operátor na lokaci, odveze vozík s kusy na balení, identifikuje a naskenuje zboží, nalepí etikety, převezme vozík nebo příklad vzniklých komplikací, jako jsou chybějící nebo vysypané zboží. Operátor byl měřen po dobu 216 minut. U každé z aktivit je uvedený čas, jak dlouho jednotlivé aktivity trvaly, doplněné o procentuální vyjádření podílu aktivit a váženým průměrem přepočteno na jednotlivé aktivity. Dle toho bylo určeno, které hodnoty mají přidanou hodnotu a které jsou označené za plýtvání. Výstup ze studie potvrdil průměrných 92 vychystaných kusů za hodinu, jak je podloženo v příložené tabulce číslo tři.

Tabulka 3 Časová studie operátora (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

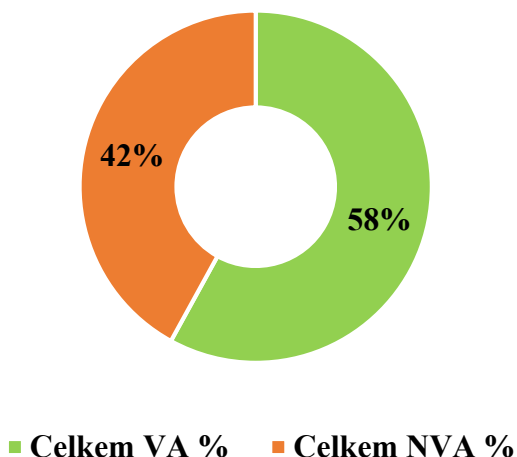
Popis kroku	Počet aktivit	Čas celkem	Přepočet na aktivitu	% podíl na aktivitu
Vezme štítky, sken, vezme etikety	15	9,9226	1,81	4,57 %
Přesun na lokaci	234	70,7975	12,911	32,62 %
Odvoz vozíku na balení	15	24,0098	4,379	11,15 %
Identifikace, sken zboží, přesun do vozíku	324	93,5091	17,053	43,41 %
Nalepení etikety	49	11,1672	2,037	5,18 %
Nalepí štítky na vozík	7	1,9584	0,357	0,90 %
Převezme vozík a nalepí štítky	13	3,6135	0,659	1,67 %
Chybějící zboží	3	0,5726	0,104	0,26 %
Vysypané zboží / problém	1	0,509	0,093	0,24 %
			39,403	100,00 %

Norma **91,823**

VA **58 %**

NVA **42 %**

Z výsledků zjištěných hodnot časové studie, byly hodnoty VA a NVA činností, pro lepší vizualizaci zakomponovány do prstencového grafu číslo tři.



Graf 3 Poměr VA a NVA hodnot vstupní časové studie  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o)

Hodnoty z časové studie byly následně také zakomponovány do analýzy toku hodnot pro aktivitu vyskladnění materiálu ze skladovací galerie, kterou tým skladu zpracoval. V příložené části analýzy toku hodnot je patrné, že při době provozního cyklu (dále jen OCT), který představuje hodnota 39,4 sekund, je přidána hodnota aktivit 58 % a hodnota plýtvání představuje 42 %, jak je vidět v tabulce číslo čtyři. Na základě tohoto zjištění byl proces označen za proces s velkým procentem plýtvání, a bylo třeba zvážit možná řešení, aby došlo ke zlepšení procesu.

Tabulka 4 Analýza toku hodnot vyskladnění s manuálním vozíkem  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

	Manuální vyskladnění	
<b>OCT</b>	39,4	
<b>FTE</b>	10	
<b>Exit rate</b>	3,94	
<b>VA (sec)</b>	22,852	58 %
<b>NVA (sec)</b>	16,548	42 %

## 7 VÝBĚR ROBOTŮ DO LOGISTICKY SKLADU

S cílem optimalizovat proces vychystávání v prostoru skladové galerie iniciovalo vedení skladu podrobný průzkum trhu, během kterého byly pečlivě vyhodnoceny potřeby a možnosti v oblasti robotických řešení. Na základě všech zjištění byly identifikovány tři společnosti, které se specializovaly na poskytování robotických technologií pro optimalizaci skladových procesů. S každou z těchto společností vedení skladu zahájilo jednání, jehož cílem bylo blíže prozkoumat dané možnosti a pro případnou spolupráci nalézt nejvhodnější nabízené řešení pro konkrétní potřeby skladu. V rámci těchto aktivit byl osloveným dodavatelům předložen podrobný dokument obsahující specifické požadavky a potřeby na technické řešení, čímž byl nastíněn jasný rámec pro vývoj a implementaci nového řešení, které by efektivně odpovídalo potřebám a očekáváním skladu. Mezi požadované specifikace byly zařazeny:

- Skladová plocha o rozloze 85000 m<sup>2</sup>.
- Vychystávání produktů ve dvou patrech galerie v poměru 60 % první patro, 40 % druhé patro.
- Vyskladňování z policových regálů.
- Šířka uliček 1,5 metru.
- Jednosměrný provoz v uličkách.
- Při vyskladnění autonomní identifikace cesty robotem.
- Vychystání osmi objednávek na jeden vozík.
- Opatření všech krabic čárovými kódy pro identifikaci.
- Dosažení výkonu vyššího než 92 vychystaných kusů za hodinu.
- Kompatibilita IT softwaru robotů s existující infrastrukturou ve skladu.

Z původně oslovených kandidátů postoupili do dalších jednání pouze dva, evropská společnost Locus a americká korporace, firma 6 River Systems. Obě společnosti projevily dostatečné technické a organizační schopnosti a byly považovány za nejvhodnější kandidáty pro spolupráci při optimalizaci skladových procesů. Třetí z firem nedokázala

konkurovat ani poskytnout adekvátní řešení, z toho důvodu nebyla vybrána pro účely dalšího jednání.

## 7.1 6 River Systems

Společnost 6 River Systems, patřící do skupiny Ocado Group, je předním poskytovatelem logistických řešení. Jejím cílem je zrychlit aktivity ve skladech pomocí flexibilních, lidsky zaměřených a inovativních produktů, které přinášejí okamžitý výsledek. Jejich služby je možné využít celosvětově, neboť budují technologie, které pohání budoucnost tohoto odvětví. (6 River Systems, LLC., ©2023)

System vychystávání pomocí asistenčních robotů nabízí (6 River Systems, LLC., ©2023):

- Přímé vyskladnění, které vede ke zlepšení výkonu (produktivity). Dle výzkumů firmy 6 River Systems se operátoři pohybují pomaleji, když jsou sami, naopak při spolupráci s robotem, který je udržuje soustředěné a zajišťuje jejich konzistentní výkon, který umožňuje chytřejší plánování práce, jsou rychlejší.
- Vizualní náhled vychystávacích cest umožní operátorům pohybovat se rychleji, rozpoznat a odstranit překážky, které mohou bránit v rychlosti a produktivitě.
- Roboti mají k dispozici v reálném čase hodnoty k určení optimální doby pro vyskladnění, proto může operátor souběžně obsluhovat více než jednoho robota. To umožní operátorům trávit více času odebíráním produktů ze skladových lokací a méně chodit z jednoho místa na druhé. Neexistují žádné pevné zóny, systém sám vyhodnotí nejefektivnější cestu.
- Jednoduché intuitivní uživatelské rozhraní poskytuje operátorům kompletní informace, které potřebují k rychlému a přesnému výběru.
- Inteligentní přidělování práce – cloudové algoritmy společnosti 6 River Systems optimalizují a přidělují práci jednotlivým robotům, seskupují podobnou práci tak, aby došlo ke snížení pohybů po skladu.

Asistenční vyskladňovací roboti firmy 6 River System, které je možné vidět na následujícím obrázku číslo pět, se nazývají „Chuck“, a mezi jejich významné funkcionality jsou řazeny následující vlastnosti (6 River Systems, LLC., ©2023):

- Lze je použít pro zlepšení úkolů ukládání, vychystávání, třídění a vracení.
- Jsou chytrí, využívají strojové učení a umělou inteligenci, aby pomohli operátorům pracovat rychleji. Vedou operátory pracovními zónami tak, aby jim pomohli minimalizovat chůzi, zůstat u plnění úkolů a pracovat efektivněji.
- Ke svému pohybu nepotřebují dráty ani kabely, aby se mohli pohybovat. Nejmodernější senzory jim pomáhají navigovat v jakémkoliv skladu bez nutnosti instalace nové infrastruktury. Jsou si vědomi svého okolí, rychle se pohybují kolem krabic, stojanů a zpomalují, když je v jejich okolí nějaké zařízení nebo lidé.
- Je možné je použít ve všech typech skladů, včetně mezipater s regály.
- Neunaví se, díky nejnovějším technologiím baterií pro rychlé dobíjení mohou pracovat dvacet čtyři hodin denně, sedm dnů v týdnu.



Obrázek 5 Asistenční vychystávací robot 6 River Systems  
(6 River Systems, LLC., ©2023)

## 7.2 Locus

Inovativní vychystávací roboti Locus optimalizují produktivitu pracovníků tím, že je aktivně nasměrují na další místo vychystávání. Řízený výběr eliminuje plýtvání časem při hledání lokací nebo uliček ve skladu. Místo toho roboti Locus vizuálně navádí pracovníky k nejbližší

lokaci výběru, čímž zkracují ztracený čas pro opakující se rozhodování a minimalizují neproduktivní dobu chůze. Ukázkou robotů společnosti Locus je možné vidět na obrázku číslo šest. (Locus Robotics, © 2024)

Vychystání pomocí robotů Locus nabízí (Locus Robotics, © 2024):

- Zaměstnanci si sami určují tempo pro vychystání.
- Řízené vychystání, které eliminuje zátěž tlačení těžkých ručních vozíků.
- Dosažení vyššího výkonu vyskladnění.
- Zabezpečení přesnosti vyskladněných kusů.
- Zkrácení doby zaškolení operátorů.



Obrázek 6 Roboti Locus (Locus Robotics, © 2024)

### 7.3 Popis navrhovaného řešení

Zástupci obou výše zmíněných společností použili dodané podklady k tomu, aby připravili návrhy na co nejefektivnějších řešení a cenové nabídky na požadované technologie. Ty se skládaly z několika částí. Hlavní byly časové studie pro představu, jaký výkon mohou



roboti nabídnout, dále pak technické parametry robotů a nejdůležitější část představovaly cenové kalkulace.

### Časové studie

Pro jednotlivé činnosti, které operátor ve spolupráci s robotem vykonává, byly provedeny společností Locus i 6 River Systems časové studie, které měly za cíl usnadnit porovnání navržených řešení a odhad očekávaného výkonu technologií. Tyto studie byly dále komparovány s výkonem operátora, který při výkonu daných aktivit využíval manuálního vozíku. Při jejich porovnání byl kladen zvláštní důraz na klíčové aktivity v rámci procesu. V přiložené tabulce pět bylo vybráno šest aktivit, které jsou v procesu vyskladňování zásadní. Jednalo se o kroky odebrat karton, najít lokaci, najít produkt na lokaci, odebrat produkt z lokace, naskenovat produkt, a potvrdit objednávku. Tabulka ukazuje průměrný čas výkonu pro každou činnost provedenou operátorem s využitím manuálního vozíku, operátorem ve spolupráci s robotem firmy Locus a operátorem vedeného robotem 6 River. Hodnoty v tabulce číslo pět jsou vyjádřeny v sekundách. Z čísel je patrné, že aktivita, kterou operátor vykoná ve spolupráci s oběma typy robotů, je splněna rychleji, než když operátor využije manuální vozík. Nejrychleji dokáže vyskladnit kusy robot společnosti 6 River Systems.

Tabulka 5 Časová studie klíčových kroků procesu  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Aktivita	Vozík	Locus	6RS	Jednotka	Popis
Odebrat karton	0,83	0,82	0,79	Karton	Robot přijede za skladníkem
Najít lokace	4	3	3	Vyskladnění	Robot sám zastaví
Najít produkt	2	0	0	Vyskladnění	Nehledá produkt
Odebrat produkt	10	7	6	Vyskladnění	Robot jede s operátorem
Naskenovat produkt	4	3	3	Vyskladnění	Volné ruce bez scanneru
Potvrdit objednávku	3	2	2	Vyskladnění	Jednoduché ovládání

### Technické parametry

Druhou část nabídek představovaly technické parametry robotů, které byly porovnány s parametry manuálního vozíku. Mezi hlavní rozhodovací body byly zařazeny skutečnosti, jako především nosnost robota, kolik krabic uveze, dále pak doba nabití baterie robota a doba, jak dlouho na jedno nabití dokáže robot dané aktivity vykonávat. Z příložené tabulky číslo šest je zřejmé, že manuální vozík měl kapacitu nosnosti 80 kilogramů, roboti 6 River 86 kilogramů, a roboti Locus pouhých 18. V případě nabití baterie, měla baterie robota firmy Locus větší kapacitu než robot společnosti 6 River Systems, naopak manuální vozík nepotřebuje žádné nabití. Dle hodnocených kritérií se společnost DHL přiklání k využití robotů 6 River, protože měli větší nosnost, i za cenu menšího výkonu baterie.

Tabulka 6 Technické parametry (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Další aktivita	Vozík	Locus	6 River
Nosnost robota	80 kg	18 kg	86 kg
Doba nabití baterie u robota	-	45 min	30 min
Kapacita baterie robota	24 hod	12 hod	8 hod

### Cenová kalkulace

Hlavní část nabídky se soustředila na vyčíslení nákladů na implementaci a na provoz robotů. Vzhledem ke skutečnosti, že manuální vozíky byly již v provozu, nevznikaly s nimi další nové náklady. Pokud jde o náklady na novou implementaci, firma Locus vyčíslila náklady v hodnotě 80000,- €, což byla částka o 21000,- € vyšší než u firmy 6 River Systems. Ta si naopak do kalkulace zahrnuje další dodatečnou částku za implementaci každého jednoho robota, která byla spojena s individuálním nastavením každého stroje v hodnotě 2700,- €. Při porovnání cen ročního pronájmu robotů byla cena u obou firem vyrovnána v hodnotě 800,- € za měsíc. Do nabídky obě společnosti přidaly i cenu za měsíční nájem, pro případ, že by měl sklad zájem o krátkodobější využití robotů. Další položku v cenové kalkulaci představovaly fixní roční náklady na provoz robotů a jejich údržbu, které byly u obou firem stejné, v částce 5 000,- € za rok, jak je patrné z detailu v příložené tabulce číslo sedm. Pro porovnání byly do tabulky zakomponovány i fixní roční náklady na provoz

manuálního vozíku, u kterého nebyly žádné další jiné náklady, pouze částka na roční údržbu vozíku.

Tabulka 7 Porovnání nákladů na roboty (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Aktivita	Vozík	Locus	6 River
Cena Implementace	-	80 000,00 €	59 000,00 €
Cena Implementace za 1 robota	-	-	2 700,00 €
Pronájem robota měsíc	-	900,00 €	1 000,00 €
Pronájem robota rok – měsíční cena	-	800,00 €	800,00 €
Fixní náklad za rok	1 000,00 €	5 000,00 €	5 000,00 €

#### 7.4 Výběr vhodné technologie

Celkové rozhodnutí pro výběr robotů bylo ovlivněno několika aspekty. Nejprve se jednalo o kapacitu nosnosti robotů, ta byla u firmy Locus velmi malá a pro potřeby skladu nedostačující. Dalším kritériem pro hodnocení byla cena. Přestože náklady společnosti 6 River Systems nepředstavovaly nákladově nejefektivnější řešení, sklad se při výběru soustředil především na kvalitu, spolehlivost a kompatibilitu se stávající infrastrukturou. Tato strategická volba byla učiněna s cílem zajistit bezproblémovou integraci a optimalizovat dlouhodobou provozní efektivitu. Díky těmto všem výše zmíněným kritériím byly zvolena jako nejvhodnější nabídka od společnosti 6 River Systems.

Na základě rozhodnutí skladu DHL, s. r. o. pořídit roboty do logistiky skladu, připravila firma 6 River Systems k dodání 12 asistenčních robotů pro standardní provoz vychystávání, plus dalších 7, které sklad využívá v době sezónnosti a většího množství objednávek, s příslibem rychlejšího plnění objednávek, vyšší produktivity, efektivní minimalizace vzdálenosti ve skladu, a podpory hladkého toku materiálu ve skladu. Firma zaručila dobrou kompatibilitu s IT systémy a EDI propojení se softwarem skladu.

Dodavatelskou firmou byl také přísliben nárůst produktivity při vyskladnění za pomoci robotů. Původní norma vychystání produktů operátorem s využitím manuálního vozíku, která byla zmíněna v kapitole šest, *Tabulka 3*, představovala hodnotu 92 vyskladněných kusů za hodinu, přičemž společnost 6 River Systems garantovala 145 vyskladněných kusů za hodinu za použití robota a při skladbě objednávek, kterou společnost DHL předložila.

V příložené tabulce osm je finální cenová kalkulace za roboty od společnosti 6 River Systems, kde je patrné, že cenově zvýhodnila 7 robotů v částce za implementaci, kteří byli dodáni k pokrytí výkyvů v toku objednávek v závislosti na jednotlivých sezonních akcí zákazníka. Celková investice do implementace robotů tedy představovala částku 104 000,- €. Návratnost celé investice byla spočítána na šest let při splnění všech požadovaných podmínek.

Tabulka 8 Finální cenová kalkulace (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Aktivita	Cena za robota	Počet robotů	6 River
Cena Implementace			59 000,00 €
Implementace za 1 robota	2 700,00 €	12	32 400,00 €
Implementace za 1 dalšího robota	1 800,00 €	7	12 600,00 €
<b>Cena Implementace celkem</b>			<b>104 000,00 €</b>
Pronájem robota měsíční cena	800,00 €	19	15 200,00 €
Fixní náklad za rok	5 000,00 €	19	95 000,00 €
<b>Roční provoz robotů celkem</b>			<b>110 200,00 €</b>

## 8 IMPLEMENTACE ROBOTŮ

Rozhodnutí nasadit asistenční vychystávací roboty do provozu skladu vyžadovalo důkladnou přípravu nejen samotného skladu, ale také operátorů, kteří s těmito roboty měli pracovat. Pro jejich úspěšnou implementaci do provozu bylo nezbytné provést několik klíčových kroků, aby se minimalizovaly možné problémy a zajistilo se co nejefektivnější fungování nového systému.

Prvním a zásadním krokem bylo připravení operátorů pro práci s roboty. Tato fáze byla klíčová, neboť zavedení nové technologie představovalo významnou změnu v provozu skladu, na kterou nebyli operátoři zcela připraveni. Proto bylo důležité nejen poskytnout jim technické znalosti pro obsluhu robotů, ale také je ujistit, že nasazení robotů neohrozí jejich pracovní místa, ale naopak může zlepšit efektivitu a ergonomii jejich práce.

Dalším důležitým krokem bylo povzbuzení operátorů k aktivní spolupráci s roboty. Operátoři museli přijmout roboty jako nedílnou součást svého pracovního prostředí a přizpůsobit se novým pracovním postupům. Proto byli motivováni k tomu, aby robotům přidělili jména a přemýšleli o nich jako o plnohodnotných členech týmu. Tento krok pomohl vytvořit příznivou pracovní atmosféru a snížit možný odpor operátorů vůči nové technologii.

### 8.1 Příprava na provoz robotů

**Značení lokací** – Pro dosažení lepší a rychlejší orientace v prostoru skladu byla implementována úprava značení lokací. Každé patro vyskladňovacích regálů bylo vybaveno barevným označením podle principů systému 5S, jak je naznačeno na přiloženém obrázku číslo sedm. Toto označení, provedené červenou, šedou a žlutou barvou, umístěné uprostřed regálu, jak je patrné na obrázku, umožňuje rychlou vizuální identifikaci jednotlivých pater a lokací. Takový systém značení přispívá k efektivnějšímu pohybu a organizaci v rámci prostoru, což v konečném důsledku zvyšuje produktivitu a minimalizuje možnost chyb při výběru zboží.



Obrázek 7 Barevné označení vyskladňovacích regálů  
(interní zdroj DHL, s. r. o.)

**Změna layoutu** – layout skladu musel být striktně upraven, označen a zdokumentován, aby mohl být nahrán do software robotů. Tento nový plán uliček následně roboti využívali k pohybu a nalezení správných míst při vyskladnění. Pro přesnou orientaci robotů ve skladu musely být v uličkách rozmístěny navigační body v podobě QR kódů. Ty napomáhají robotům k orientaci. Díky senzorům, kterými robot snímá rozmístěné kódy ve skladu, si sám určí polohu, kde se nachází a dokáže najít správnou cestu na lokace či nabíjecí stanici. V příloze číslo II. je možné vidět upravený layout prvního patra vychystávací galerie, včetně vyznačeného parkovacího místa pro roboty. V příloze číslo III. je pak layout druhého patra galerie.

**Směr chůze a pohybu v uličkách** – pro optimalizaci pohybu a bezpečnosti v uličkách mezi vyskladňovacími regály bylo nezbytné navrhnout a implementovat systém jednosměrného provozu. Daný krok byl nezbytný zejména s ohledem na pohyb jak robotů,

tak i operátorů. Jednosměrný provoz minimalizoval riziko potenciálních kolizí a konfliktů mezi jednotlivými entitami, čímž zvyšoval bezpečnost provozu a zabraňoval případným zdržením v pracovních procesech. Tímto způsobem bylo dosahováno efektivního využití prostoru a optimalizace logistických operací ve skladu.

**Příprava skladového systému** – Příprava skladového systému byla komplexní a zahrnovala zavedení elektronické výměny dat (EDI), což představovalo propojení mezi skladovým softwarem JDA a softwarovou platformou robotů 6River, nazývanou Robotic Hub. Tato integrace byla klíčová pro přenos objednávek do systému robotů a zajištění plynulého fungování skladových operací. Nicméně, proces napojení nebyl zcela jednoduchý a přinesl určité technické výzvy, které vedly ke zpoždění v implementaci. I přes tyto obtíže bylo napojení nakonec úspěšně dokončeno, což umožnilo efektivní využívání robotické technologie ve skladových procesech.

**Vybudování nabíjecích stanic a infrastruktury pro roboty** – bez tohoto kroku by nebylo možné začít roboty používat. Na každém z pater vychystávací galerie byly vybudovány nabíjecí stanice. Byly situovány do centra každého z pater, jak je také zaznamenáno v plánech galerie v příloze I. a II. Dále u nabíjecích stanic byly zabudovány přístupové body, tak zvané access pointy, které umožňovaly softwaru robotů přijímat aktualizace nebo objednávky. Následně po přijetí a zpracování dat, když byl uveden robot operátorem do provozu, byl schopen se po skladu pohybovat v off-line režimu, tedy bez připojení do internetové sítě, aniž by mu to bránilo ve vychystávání produktů.

**Připravit nové pracovní instrukce a proškolení operátory na práci s roboty** – Vytvoření nových pracovních instrukcí a důkladné školení operátorů byly klíčové kroky, které společnost DHL pečlivě provádí. Jasně a srozumitelné pracovní instrukce poskytují operátorům potřebný rámec a pokyny pro jejich práci s roboty. Tyto instrukce jsou navrženy tak, aby byly snadno pochopitelné a přístupné pro všechny zaměstnance, což pomáhá minimalizovat možnost chyb a zvýšit efektivitu pracovního procesu.

Zásadní je rovněž důkladné školení operátorů, tak aby byli seznámeni s nejnovějšími postupy a bezpečnostními standardy pro práci s roboty a byly jim předány dovednosti

a znalosti potřebné k efektivnímu a bezpečnému provozu zařízení. To nejen zajišťuje ochranu zaměstnanců a minimalizaci rizika pracovních úrazů, ale také přispívá k optimálnímu využití technologií a dosažení požadovaných výsledků. Celé školení bylo prováděno pod záštitou vybraných školitelů samotného společnosti 6 River Systems. Společnost DHL klade velký důraz na bezpečnost jako prioritní aspekt svého provozu. Bezpečnostní standardy jsou neustále monitorovány a aktualizovány, aby odpovídaly nejnovějším poznatkům a předpisům. Tímto způsobem je zajištěno, že bezpečnost a ochrana zaměstnanců jsou vždy na prvním místě.

**Připravit vizualizace produktů a dat o produktech** – Pro efektivní vychystávání produktů pomocí robotů bylo nezbytné provést přípravu vizualizací produktů a souvisejících dat. Jednalo se o důležitý krok při zavádění nového řešení. Data zahrnovala nejen fotografie produktů, ale také jejich váhy, rozměry a informace o samotném balení. Každý z prvků měl klíčový význam pro optimální fungování robotických systémů v rámci skladu.

Fotografie produktů sloužily jako vizuální referenční materiál pro operátory, což usnadňovalo jejich identifikaci. Díky snímkům bylo možné rychle a spolehlivě rozpoznat jednotlivé položky a minimalizovat chybovost při vychystávání objednávek.

Informace o váze a rozměrech produktů byly klíčové pro správné alokování objednávek jednotlivým robotům. Tímto způsobem bylo možné optimalizovat zatížení jednotlivých strojů a zabránit jejich přetížení, čímž se minimalizovala pravděpodobnost poruch a zvýšila efektivita vychystávacího procesu.

Údaje byly pečlivě nahrány do softwaru používaného pro řízení a kontrolu robotických systémů. Tímto způsobem bylo zajištěno, že roboti mohou využívat plný potenciál poskytnutých informací a provádět své úkoly s vysokou přesností a efektivitou. Celkově příprava vizualizací a dat byla klíčovým prvkem při implementaci robotických technologií do skladových procesů a přispěla k jejich optimalizaci a zvýšení výkonnosti.

## 8.2 Komplikace v implementaci

Po doručení robotů do skladu a při jejich prvním testování v provozu nastalo několik zásadních komplikací, které bylo potřeba vyřešit. První z nich byla skutečnost, že roboti nebyli schopni se pohybovat v jednotlivých uličkách, neboť senzory robotů nezaznamenaly



vodící body v uličkách skladu, vyhodnotily překážky v cestě a nedostatek místa. Uličky musely být nejprve rozšířeny, aby roboti měli dostatečný prostor, a senzory robotům umožnily pohyb po skladu.

Druhá komplikace, která bránila v bezproblémovém pohybu robotů ve skladu, byl fakt, že vyskladňovací regály byly v jedné rovině, a to systémy robotů opět vyhodnotily jako nevyhovující, roboti zůstali stát a nebylo možné je uvést do provozu. Bylo tedy nutné upravit výšku regálů. Toho bylo dosaženo tak, že každý druhý vyskladňovací regál musel být vyvýšen oproti sousednímu o pár centimetrů, aby senzory robotů vyhodnotily skutečnost, že regály nejsou v jedné rovině, a nedocházelo k jejich samovolnému zastavení.

Dále bylo nutné správně zarovnat krabice s produkty v jednotlivých vyskladňovacích regálech, protože pokud byly krabice nevhodně uloženy, vyčnívaly z regálů, tak robot opět vyhodnotil komplikaci v podobě překážek v cestě, zastavil se a nejel dále. Tady bylo znovu nutné nastavit proces uskladnění a úklidu na lokacích i v uličkách dle systému 5S.

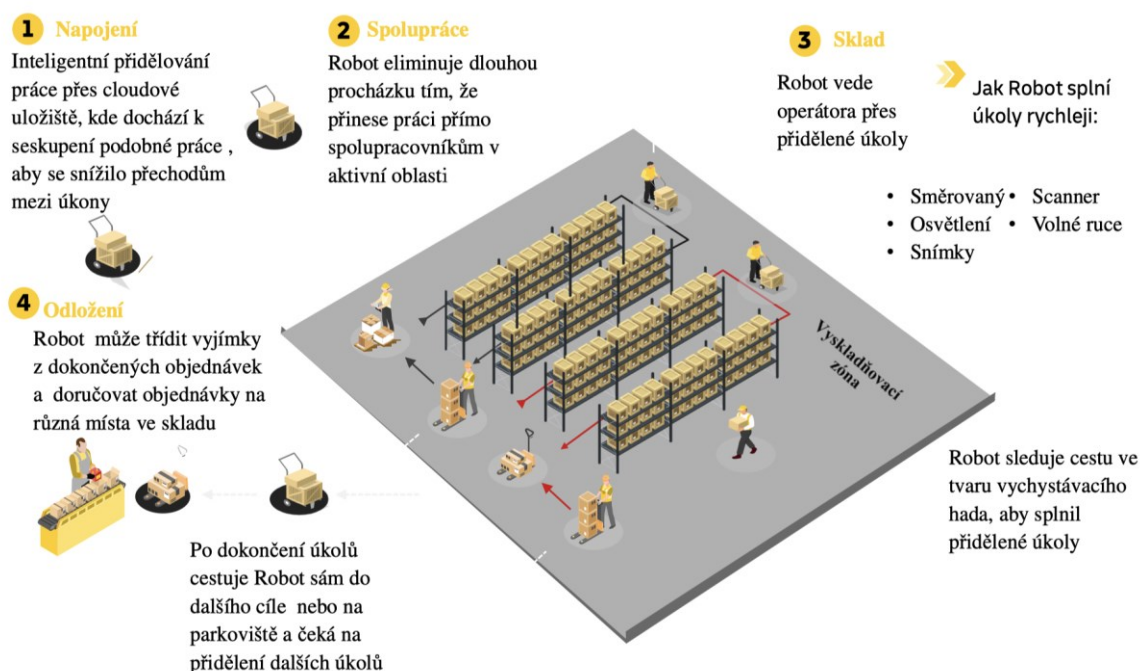
V neposlední řadě, vzhledem k dispozici skladu, který má dvě patra vyskladňovací galerie, a mezi jednotlivými patry jsou schody, bylo nezbytné vymyslet zábrany, aby roboti nespadli ze schodů a nebyla ohrožena bezpečnost operátorů. Ke schodištím byly pořízeny bezpečnostní zátarasy, které umožnily operátorům bezpečný pohyb, a robotům, pokud se dostali do blízkosti schodiště, zabránili kolizi se schodištěm.

Po vyřešení všech počátečních komplikací bylo možné rozjet zkušební provoz. Ten byl oproti původnímu plánu o pět měsíců opožděn.

## 9 VYCHYSTÁVÁNÍ POMOCÍ ROBOTŮ

V každodenním provozu je klíčové, aby proces vychystávání zboží odpovídal aktuálním požadavkům zákazníků. Ti pak mohou mít různé preference a specifické požadavky, které je třeba brát v úvahu při sestavování výdejních vln. To znamená, že systém musí být dostatečně flexibilní, aby mohl reagovat na měnící se podmínky a priority. Vlny vychystávání jsou navrhovány tak, aby reflektovaly tuto variabilitu. Kritéria pro sestavování vln mohou zahrnovat nejen požadavky zákazníka, ale také důležitost jednotlivých zásilek, typy produktů (dále jen SKU), datum dodání či místo určení. Tímto způsobem je zajištěno, že proces vychystávání je efektivní a optimalizovaný pro aktuální potřeby a prioritní požadavky. Takové uspořádání umožňuje přesně plánovat časové rozvržení vychystávání a nakládky, což je klíčové zejména pro zásilky s pevně stanovenými termíny doručení. Zároveň se uvolňuje distribuční parkoviště, což umožňuje lepší průběh logistických operací a případně vytváří prostor pro zásilky s odloženým odjezdem.

Proces vyskladnění pomocí robota je zachycen na přiloženém schématu na obrázku osm a přímo jednotlivé procesní kroky vyskladnění s robotem jsou zdokumentovány a vizuálně doplněny v procesním diagramu, který je přiložen v příloze číslo V. této diplomové práce.



Obrázek 8 Schéma práce robota (interní zdroj DHL, s. r. o.)

### **Vyzvednutí robota na parkovišti**

Během fáze vyzvednutí robota na parkovišti zahájí operátor proces tím, že obdrží instrukce od vedoucího týmu ohledně konkrétního robota, který mu byl přidělen. Operátor poté směřuje k parkovišti, kde jsou roboti umístěni, parkoviště je možné vidět na obrázku číslo jedna v procesním diagramu, který je v příloze číslo V. Parkoviště, které musí být organizováno podle přesně stanovených kritérií, aby bylo zajištěno snadné a efektivní lokalizování a vyzvednutí robota.

Po dosažení parkoviště operátor identifikuje přiděleného robota a zahájí proces jeho vyzvednutí. To zahrnuje vizuální prověření robota, včetně jeho fyzického stavu a funkčnosti. Operátor se ujistí, že robot není poškozený a má dostatečnou kapacitu baterie k provádění plánovaných vyskladňovacích úkolů.

### **Přihlášení k robotovi**

V procesu vyskladňování má každý operátor svůj jedinečný osobní čárový kód, který využívá k identifikaci. Předtím než začne s vyskladňováním, musí operátor naskenovat svůj kód, což systému umožní jej identifikovat a přihlásit k přidělenému robotovi. Tento proces je znázorněn na obrázku číslo dva v příložené příloze číslo V.

Po úspěšném přihlášení do systému dostane operátor vytisknuté vyskladňovací listy, které obsahují informace o položkách, které má vyskladnit. Listy jsou generovány na základě objednávek v systému, které jsou určeny k vyskladnění v dané části skladu. Každý list informuje operátora o počtu kusů produktů, které má vyskladnit. Pokud jde o velikost objednávky, operátor dostane ze systému příslušný počet vyskladňovacích listů. V případě větších objednávek má operátor jeden list, zatímco v případě menších objednávek může obdržet více listů, což mu umožní vyskladnit více objednávek současně. Zvolený systém umožňuje operátorům efektivně a přesně vykonávat vyskladňovací práce v souladu s aktuálními požadavky a kapacitou skladu.

### **Cesta na lokaci**

Poté, co je operátor vybaven vytisknutými vyskladňovacími listy, může začít s procesem vyskladňování produktů. Po stisknutí tlačítka start a aktivaci robota začne stroj vyhodnocovat optimální trasu pro vyskladnění na základě přidělených objednávek, následně

se přesune na první požadovanou lokalitu, kde zastaví a je připraven k provedení operací. Na displeji robota se zobrazí informace, které operátor potřebuje k vyskladnění produktů. Lokace, odkud má být produkt odebrán, je jasně označena číslem a barevně podle standardů 5S, což usnadňuje orientaci a rychlé nalézání potřebného zboží. Kromě toho je na displeji zobrazena fotografie konkrétního produktu, spolu s podrobnostmi o počtu kusů, které je třeba odebrat.

Vizualizace umožňuje operátorovi jasně identifikovat požadovaný produkt a rychle reagovat na požadavky vyskladňovacího procesu. Díky informační podpoře na displeji je operátor schopen efektivněji a přesněji pracovat. Ukázka informací z displeje je k dispozici na obrázku číslo čtyři v příloze číslo V, což operátorovi poskytuje jasný a srozumitelný návod přímo na pracovním místě.

### **Odebrání materiálu z lokace**

Během procesu odebrání materiálu z určené lokace, robot automaticky informuje operátora, zda je nutné na produkt aplikovat cenový štítek. Pokud je potřeba štítek nalepit, operátor využije mobilní tiskárnu, která je připojena k robotovi a umístěna na něm, jak je zobrazeno na obrázku číslo pět v příložené příloze číslo V. Operátor poté vytiskne požadovaný štítek a přilepí ho na správné místo na krabici s produktem. Následně operátor naskenuje čárový kód produktu a umístí vyskladněný produkt na poličku robota, která je v daný okamžik signalizována světelným označením, jak je zřejmé na obrázku číslo šest v příloze V. Poté pokračuje ve vyskladňování na další skladovou lokaci.

Na obrázku číslo sedm v procesním diagramu lze vidět robota při vyskladňování produktů. Pro lepší vizualizaci je vhodné využít krátké instruktážní video, které je možné shlédnout po nascanování QR kódu, jenž je zobrazen jako obrázek číslo osm v procesním diagramu v příloze V. Toto video demonstruje pohyb robota ve skladu.

### **Vyložení produktů**

Po dokončení vyskladňování přidělených vyskladňovacích úkolů robot automaticky přejeđe na místo určené pro předání vyskladněného materiálu. Operátor poté provede potvrzení o odebrání všech kusů, které jsou umístěny na robotovi. Na displeji robota se zobrazí schéma

jeho polic, které ukazuje, odkud je potřeba odebrat kusy, což operátorovi usnadňuje identifikaci místa a minimalizuje možnost chyb.

V případě, že na určených lokacích chyběly některé produkty, je nezbytné, aby oddělení kvality provedlo důkladnou kontrolu. Tato kontrola zahrnuje ověření vychystávacích listů, počet kusů nacházejících se na robotovi a případné prozkoumání skladových lokalit, aby se zjistilo, zda nebyl produkt omylem uložen na jiném místě. Tento postup je klíčový pro zajištění, že veškeré objednané produkty jsou správně a kompletně vyskladněny, což přispívá k vysoké kvalitě poskytovaných služeb a spokojenosti zákazníků.

### **Ukončení vyskladnění**

Po dokončení vykládky vyskladněných produktů se operátor připravuje na další fázi procesu vychystání tím, že tiskne nové vyskladňovací štítky a připravuje si prostředí pro pokračování práce. V případě, že robot nemá přiřazeny žádné další objednávky k vyskladnění, sám se přesune na odstavné parkoviště, kde čeká na další instrukce.

Nicméně, pokud je robot nedostatečně nabitý, sám tento stav detekuje a automaticky se přesune k nabíjecí stanici, kde operátor zkontroluje, zda došlo ke správném připojení do sítě, a bylo spuštěno nabíjení robota. Tam zůstane, dokud není jeho baterie plně nabitá a robot není opět připraven k provozu. Tento postup je důležitý pro udržení kontinuity provozu a minimalizaci přerušení v pracovním procesu. Daný proces je vizualizován na obrázku číslo deset v procesním diagramu v příloze číslo V, což poskytuje jasný náhled na to, co se děje v případě, že robot nemá dostatečnou kapacitu baterie nebo pokud nemá žádné další úkoly k provedení. Kapacitní řízení zajišťuje efektivní využití robotických prostředků a minimalizuje ztráty způsobené nedostatkem energie.

## 10 VYHODNOCENÍ PRÁCE S ROBOTY

Od implementace robotů do provozu uplynuly téměř dva roky, proto se vedení skladu rozhodlo k vytvoření nové analýzy toku hodnot pro celý sklad. Primárním důvodem bylo porovnat výkonnostní metriky před a po integraci robotů do skladové logistiky s cílem identifikovat potenciální oblast pro další zlepšení v rámci procesu.

Zpracování analýzy toku hodnot trvalo několik týdnů a bylo provedeno týmem skládajícím se z vedení skladu, lean specialisty pobočky a lean poradcem z řad pracovníků společnosti DHL, s. r. o. Jejich společné úsilí zahrnovalo provádění nových časových studií a zpracování značného objemu dat. Zatímco komplexní analýzu toku hodnot je možné vidět v příloze číslo IV této diplomové práce, důraz v této části práce je kladen na vyhodnocení segmentu týkajícího se vychystání produktů pomocí robotů.

Pro tento specifický aspekt byla provedena časová studie s cílem posoudit efektivitu vychystání pomocí robotů. Výběr vhodných operátorů spolupracujících s robotem, byl pro tuto studii založen na jejich pracovní výkonnosti a dosahované produktivitě, což zajistilo maximální přesnost výsledků. Následně, dle pracovní instrukce pro konkrétní proces, bylo definováno šestnáct klíčových kroků procesu, které jsou seřazeny v příložené tabulce devět:

Tabulka 9 Aktivity procesu pro časovou studii  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Sken ID	Zaskladněno jinde
Tisk štítku	Chybějící zboží
Sken a nalepení štítku na robota	Technický problém s robotem
Cesta do zóny	Cesta navíc na lokaci
Cesta na lokaci	Přeskládání zboží
Identifikace + sken + umístění na robota	Cesta na vyložení
Tisk + lepení cenových etiket	Zboží z robota na balení
Plýtvání	Cesta na nabíjecí zónu

Jednotlivé aktivity byly ve studii označeny příznakem jako činnosti s přidanou hodnotou VA nebo činnosti, které neměly přidanou hodnotu a byly s příznakem plýtvání NVA. Náměr aktivit, který byl proveden lean specialistou pobočky, probíhal v běžném denním provozu a s reálnými objednávkami. Výsledná časová studie, kterou je možné vidět v příložené

tabulce číslo deset, znázorňuje čas náměru práce operátora, kolikrát byly jednotlivé aktivity provedeny, přepočítaný reálně strávený čas na jednotlivé aktivity a procentuální přepočet, jaký poměr z celku jednotlivé aktivity tvoří.

Tabulka 10 Časová studie vyskladnění s robotem  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Popis kroku	Typ aktivity	Počet aktivit	Čas celkem	Přepočet na aktivitu	% podíl na aktivitu
Sken ID	VA	7	0,775	0,179	0,50 %
Tisk štítku	VA	3	0,282	0,065	0,18 %
Sken a nalepení štítku na robota	VA	3	0,612	0,141	0,39 %
Cesta do zóny	VA	4	4,913	1,134	3,17 %
Cesta na lokaci	VA	190	38,078	8,787	24,56 %
Identifikace + sken + umístění na robota	VA	229	48,619	11,220	31,36 %
Tisk + lepení cenových etiket	VA	128	28,423	6,559	18,33 %
Plýtvání		10	2,393		
Zaskladněno jinde	NVA	4	0,495	0,114	0,32 %
Chybějící zboží	NVA	1	0,059	0,014	0,04 %
Technický problém s robotem	NVA	3	0,942	0,217	0,61 %
Cesta navíc na lokaci	NVA	1	0,616	0,142	0,40 %
Přeskládání zboží	NVA	1	0,281	0,065	0,18 %
Cesta na vyložení	NVA	4	6,81	1,572	4,39 %
Zboží z robota na balení	NVA	4	22,381	5,165	14,43 %
Cesta na nabíjecí zónu	NVA	2	1,764	0,407	1,14 %
				35,781	100,00 %

VA     **78,49 %**  
NVA    **21,51 %**  
Norma   **128,1**

Zmíněné hodnoty jednotlivých aktivit byly přepočítány váženým průměrem v závislosti na čase stráveném na daném kroku, abychom dostali výslednou hodnotu OCT – dobu provozního cyklu. V tomto případě číslo 35,781 sekund představuje čas potřebný k vyskladnění jednoho kartonu nebo kusu zboží včetně plýtvání a nežádoucích aktivit. Při takovém čase, je výsledná produktivita operátora 128 vyskladněných kusů za hodinu.

Z časové studie je možné také vyčíst výsledek, že aktivity s přidanou hodnotou představují 78,49 % a aktivity označené jako plýtvání tvoří 21,51 % ze všech měřených aktivit. Údaje z časové studie byly dále použity pro další výpočty do analýzy toku hodnot.

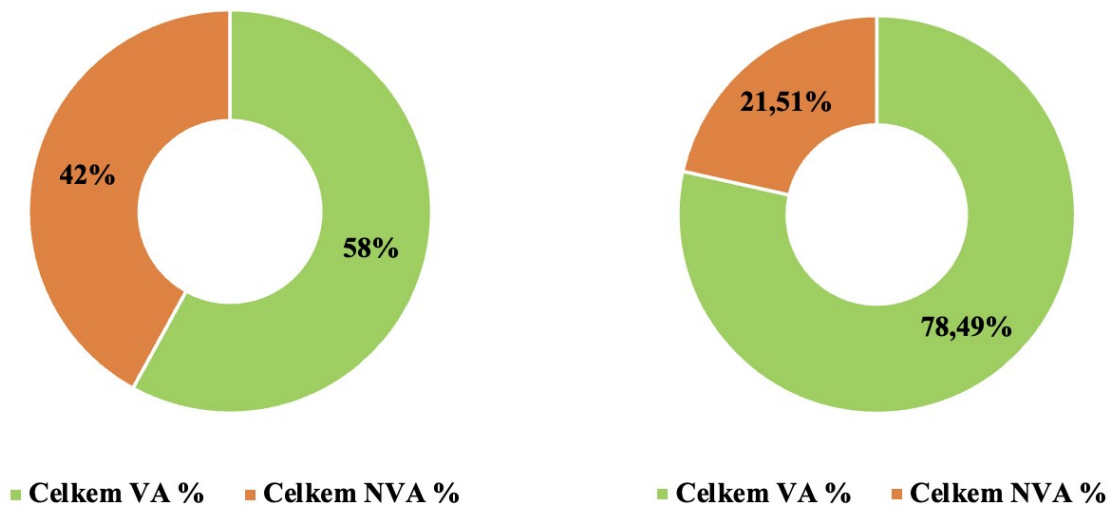
Při porovnání původně naměřených hodnot, zmíněných v kapitole šest, a nyní pro lepší vizualizaci shrnutých v tabulce číslo jedenáct, společně s novými hodnotami po implementaci robotů, je možné vidět, že nastala změna. Původní hodnota OCT, která představovala čas na vyskladnění jednoho kusu s využitím manuálního vozíku, byla téměř 39,4 sekund, a při vyskladnění jednoho kusu zboží s využitím robota je nyní nových 35,7 sekund. V levé části tabulky jsou hodnoty před implementací, v pravé pak po implementaci a vychystání produktů s robotem.

Tabulka 11 Srovnání původních a současných hodnot VSM  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Norma 92 kusů za hodinu		Kartony	Norma 128 kusů za hodinu		Kartony
		<b>Manuální vyskladnění</b>			<b>Vyskladnění s robotem</b>
<b>OCT</b>		39,4	<b>OCT</b>	35,781	
<b>Operátorů</b>		10	<b>Operátorů</b>	10	
<b>Výstup</b>		3,94	<b>Výstup</b>	3,58	
<b>VA (sec)</b>	22,852	58 %	<b>VA (sec)</b>	28,085	78,4 %
<b>NVA (sec)</b>	16,548	42 %	<b>NVA (sec)</b>	7,696	21,5 %

Z čísel je patrné, že došlo nejen ke snížení času, ale také ke změně poměru přidané hodnoty a plýtvání v procesu vyskladnění. V původní analýze byla hodnota aktivit s přidanou hodnotou 58 %, s robotem pak došlo k rapidnímu navýšení na 78,4 %. Přidaná hodnota se zvedla o 26 %, což je velmi pozitivní výsledek změny procesu. Porovnání poměru hodnot před implementací a po bylo zaneseno do příloženého prstencového grafu číslo 4. V levé části grafu jsou znázorněny hodnoty před implementací, v pravé části pak hodnoty po implementaci robotů.

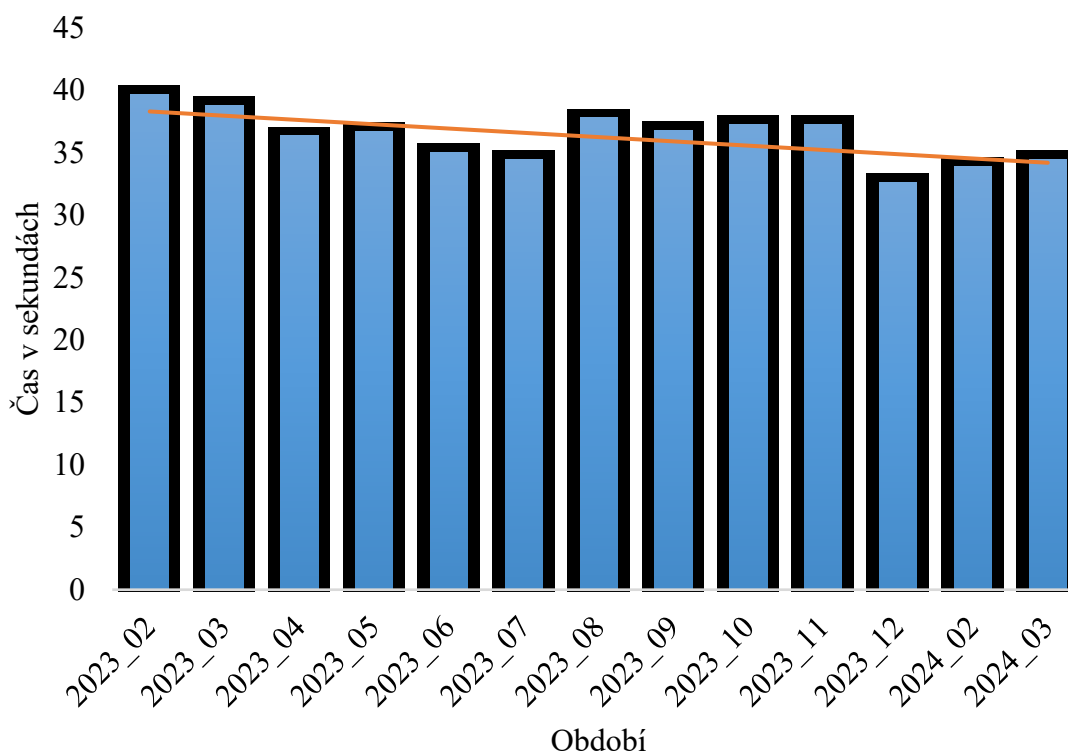




Graf 4 Porovnání VA a NVA hodnot před a po implementaci  
(vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

Dalším velmi efektivním přínosem změny procesu bylo zvýšení produktivity výkonu operátorů, kdy při použití manuálního vozíku vyskladnili v průměru 92 kusů za hodinu, kdežto s asistenčním robotem v průměr 128 kusů za hodinu.

Pro přehlednost výkonu byl přiložen graf číslo pět, ve kterém je vidět postupný vývoj času na vyskladnění jednoho kusu produktu a jeho trend za posledních dvanáct měsíců. Čas pro vyskladnění jednoho kusu postupně klesal, s drobnými výkyvy v době podzimní sezony, a dostal se na průměrných 35,7 sekund na kus.



Graf 5 Vývoj času potřebného na vyskladnění za posledních 12 měsíců  
(vlastní zpracování dle interních zdrojů DHL, s. r. o.)

Pro úplnost dat je také vhodné komparovat nákladovou část, kdy je třeba vzít náklady na provoz robotů, a náklady na jednoho operátora. Jak bylo zmíněno v kapitole sedm, *Tabulka 8*, měsíční náklad na robota představoval nájem 800,- € plus měsíční náklad na jeho provoz 400,- €, celkem tedy 1200,- €. Naopak náklad na jednoho operátora s vozíkem představoval v průměru 1600,- € za měsíc. Tento náklad zahrnoval měsíční mzdu operátora a k tomu připočtené měsíční odvody. Z toho vyplývá, že provoz robota je o 400,- € měsíčně nákladově nižší, a tedy pro firmu výhodnější.

## 11 DISKUSE K VÝSTUPŮM PRAKTICKÉ ČÁSTI

Implementovat roboty do logistiky skladu bylo velmi zásadní rozhodnutí, a vedení skladu mělo od toho kroku velké očekávání. Proces výběru dodavatele robotické technologie, jak již bylo zmíněno výše v kapitole sedm, probíhal prostřednictvím výběrového řízení, do kterého bylo zařazeno více kandidátů, a v němž byla vybrána společnost 6 River Systems. Celkem bylo naimplementováno devatenáct asistenčních vyskladňovacích robotů, jejichž hlavním úkolem bylo nahradit manuální obtížně ovladatelné vozíky. Změna technologie je patrná na přiloženém obrázku číslo devět, kde lze jednoznačně porovnat obě technologie. Vlevo je původní manuální vozík, vpravo pak asistenční vyskladňovací robot. Tento kontrast dokazuje, jakým způsobem nová robotická technologie přináší významné vylepšení a efektivitu do provozu skladu.



Obrázek 9 Porovnání technologie (vlastní zpracování dle interních zdrojů DHL, s. r. o.)

Implementace nové technologie trvala velmi dlouhou, přesněji více než rok, a byla provázena celou řadou komplikací. Mezi zásadní byla řazena úprava layoutu vyskladňovací galerie, především nastavení dostatečné šířky uliček pro roboty. Dalším ze specifických úkolů bylo nastavení IT infrastruktury pro přenos dat, zejména nastavení tiskáren pro tisk štítků a vychystávacích listů. S tímto pak také souviselo nastavení

systemu pro sledování výkonů robotů, bez kterého by nebylo možné měřit produktivitu a sledovat tok zpracování objednávek. Tyto komplikace spojené s IT systémem byly jedním ze zásadních bodů, který implementaci robotů pozdržel téměř o pět měsíců.

Po dodání robotů do skladu a při prvním testovacím provozu nastala zásadní komplikace, se kterou nikdo nepočítal. Uličky skladu byly příliš úzké a roboti se v nich nemohli pohybovat. Muselo tedy dojít k úpravě šířky a také výšky skladové galerie. Po jejím úspěšném přenastavení bylo možné začít využívat roboty v logistice skladu. Již od prvních dnů byl vidět značný rozdíl ve výkonu operátorů spolupracujících s asistenčními roboty.

Kompletní změna procesu ve vyskladňovací galerii přinesla rapidnímu zlepšení a zefektivnění procesu, vzrostla produktivita operátorů a snížil se čas na vyskladnění. Doba zaučení nových operátorů se snížila z původních čtyř dnů na pouhý jeden den, protože operátor nepotřebuje žádný složitý scanner, nemusí znát přesné umístění lokací ve skladu a ovládá jednoduše robota, který ho navede na správné lokace a intuitivní menu na displeji robota mu definuje, co má udělat. Doba zaučení jeden den platí pro nově přichozí pracovníky do provozu, v případě zaučení interních pracovníků může být doba potřebná pro zaškolení i mírně kratší. Moje osobní zkušenost při vychystávání s robotem byla velmi pozitivní, naváděcí menu je velmi intuitivní, robot vás přesně nasměruje tam, kam jít a co dělat, pokud nastanou neočekávané komplikace, robot vás o dané skutečnosti neprodleně informuje, a nedá vám prostor udělat chybu při vyskladnění. Sama za sebe hodnotím spolupráci s robotem jako velký přínos.

Od doby pořízení robotů sklad nezaznamenal žádnou reklamaci na chybně nalepené štítky a cenovky na krabicích se zbožím, a téměř žádnou reklamaci na záměnu produktů nebo chybně dodané zboží. Pokud už taková reklamace přišla, bylo na základě interního šetření zjištěno, že vzniklá chyba nenastala v procesu vyskladnění, ale až v procesu balení a finální kompletace objednávek.

Při pořizování robotů měla společnost DHL, s. r. o. několik specifických požadavků a očekávání, kterými byly:

- Zlepšení výkonu operátorů.
- Změnu procesu a snížení plýtvání.
- Zrychlení zaučení nových operátorů.
- Snížení chybovosti při vychystávání zboží a lepení štítků na krabice se zbožím.

Zlepšení výkonu bylo dosaženo zvýšením produktivity z původních průměrných 92 kusů vyskladněných za hodinu na nových 128. Poměr plýtvání a aktivit s přidanou hodnotou v procesu se znatelně zlepšil, jak bylo vidět v *Tabulka 11*. Došlo k rapidnímu snížení doby zaškolení operátorů, chybovost při vyskladnění se snížila a chybovost při nalepování štítku na produkty klesla úplně na nulu.

Dalo by se říct, že téměř všechna původní očekávání byla splněna a sklad by mohl být spokojený. Ale jeden z požadavků se bohužel nepodařilo dosáhnout. Společnost dodávající roboty původně slibovala dosažení produktivity 145 kusů vyskladněných za hodinu, ale současná hodnota představuje v průměru vyskladněných pouze 128 kusů za hodinu. K nedosažení tohoto bodu přispěla skutečnost, že došlo k rapidní změně ve skladbě objednávek a jejich následném vychystávání z lokací galerie. Zákazník změnil systém dodávání do obchodní sítě, a to vedlo k přenastavení logiky přípravy na vychystávání. Téměř dvě třetiny objednávek musely být rozděleny na více vychystávacích linek, a nemohly být vyskladňovány konsolidovaně s ostatními. Z toho důvodu zatím nebylo možné dosáhnout výkonu, který společnost 6 River Systems původně přislíbila. Navíc sklad zatím nevyřadil z provozu manuální vozíky a stále je využívá v případě, kdy jsou velké výkyvy v objednávkách ze strany zákazníka. Na tento fakt, kdy zatím nebylo možné využít plný potenciál robotů a dosáhnout slíbenou produktivitu znamená, že ani původně vyčíslená návratnost investic do šesti let o jejich pořízení, zatím není úplně reálná.

Tyto nové skutečnosti přiměly sklad, aby začal dále rozmýšlet nad jinou možností využití robotů. První rok měl sklad roboty ve fixním nájmu, a měl jich pořád k dispozici všech devatenáct. Díky skutečnosti, že všechny roboty nebylo možné plně využívat celý rok, bylo třeba najít řešení, při kterém by nemuseli stát roboti na parkovišti, ale sloužili k procesu, ke kterému byli pořízení, proto již druhý rok začal management skladu uvažovat mírně jinak. Díky různým sezónám během roku, kdy nebylo možné využít plně nabízený potenciál robotů, tak začal sklad v Pohořelicích sdílet část robotů s dalším skladem společnosti v Praze, který má sezóny v objednávkách přesně naopak, a na určité části roku nechává část robotů převést na druhou pobočku, kde mohou být roboti maximálně využiti. Tento krok pomohl snížit náklady na pronájem robotů. Navíc díky těmto změnám vedení skladu vyjednává nové, příznivější podmínky pronájmu, aby to bylo pro sklad maximálně výhodné.

Další možné využití robotů, ve kterém sklad vidí do budoucna potenciál, jsou vrácené dodávky z obchodní sítě zpět do skladu, jejich třídění, a především zpětné uskladnění

do skladu. Tento nový proces je teprve prvotních přípravách a sklad intenzivně pracuje na jeho nastavení a realizaci. Trend robotizace, využití umělé inteligence a trendu Průmyslu 5.0, jako je spolupráce robotů s člověkem, se totiž postupně rozvíjí na mnoho dalších pobočkách společnosti nejen v České republice, ale také v zahraničí.

## ZÁVĚR

V teoretické části práce bylo hlavním předmětem přiblížit oblast novodobé logistiky. Ve velké míře čerpá z domácí i mezinárodní literatury a elektronických zdrojů. Sleduje vývoj logistiky od tradičních modelů přes pokroky, které přinesl Průmysl 4.0 až po nastupující éru Průmyslu 5.0. Důraz je kladen na integraci technologií, zejména robotiky, a transformační dopad těchto inovací na logistický průmysl spolu s identifikací nově vznikajících trendů, které utvářejí jeho budoucí trajektorii.

Průmysl 4.0 přinesl významné změny v logistice, které se vyznačovaly standardizací, rozšířením internetu věcí, opatřeními v oblasti kybernetické bezpečnosti a zvýšenou kontrolou nad složitými systémy. Bylo nastíněno sedm definujících rysů Průmyslu 4.0, včetně digitalizace, automatizace, transparentnosti, mobility, modularizace, síťové spolupráce a socializace. Robotika se v této transformaci jevila jako klíčový motor, který umožňuje zefektivnit a optimalizovat širokou škálu logistických činností. Dále byl zmíněn Průmysl 5.0, který se vyznačuje prostředím pro spolupráci, kde lidé a roboti spolupracují synergicky. Důraz se přesouvá na koordinaci interakcí mezi člověkem a strojem, využití umělé inteligence a pokročilé robotiky ke zlepšení logistických operací.

Robotizace se objevuje jako ústřední téma a zdůrazňuje její hluboký dopad na logistické operace. Integrace umělé inteligence a robotiky způsobila revoluci v logistice a umožnila společnostem urychlit přepravní procesy a zlepšit standardy zákaznických služeb. Vzhledem k tomu, že logistika nabývá na významu v rámci dodavatelského řetězce, stávají se prvořadými rozmanité objednávky a přizpůsobitelná řešení, což dále podtrhuje význam robotiky v této oblasti.

Tématem praktické části práce byla implementace robotů ve skladové logistice, která představovala významné rozhodnutí pro vedení skladu s vysokými očekáváními na zvýšení efektivity a produktivity. Výběr robotů od společnosti 6 River Systems prostřednictvím výběrového řízení vyústil v integraci devatenácti asistenčních vychystávacích robotů za účelem nahrazení stávajícího řešení ručních vozíků. Změnu na tuto novou technologii doprovázely četné výzvy, včetně úprav uspořádání vykládací galerie a zřízení IT infrastruktury pro přenos dat a sledování výkonu. Navzdory komplikacím, které prodloužily čas implementace o téměř pět měsíců, úspěšná rekonfigurace nakonec umožnila využití robotů ve skladové logistice. Přechod přinesl výrazná zlepšení, operátoři zaznamenali zvýšenou produktivitu a zkrácení doby vychystávání. Doba školení pro nové

operátory byla výrazně zkrácena díky intuitivnímu řídicímu systému poskytovanému roboty. Spolupráce s roboty nejen zefektivnila procesy, ale také vedla k výraznému snížení chyb, zejména při označování a přesnosti vychystávání objednávek. Specifické požadavky společnosti DHL, s. r. o., včetně zlepšení výkonu operátorů, optimalizace procesů a snížení chyb, byly z velké části splněny. Slibované úrovně produktivity 145 kusů vychystávaných za hodinu však nebylo dosaženo, a to především kvůli změnám ve skladbě objednávek a logice vychystávání v důsledku posunů v systému dodávek. Navzdory těmto výzvám přinesla integrace robotiky podstatné výhody, v rozmístění skladu pro větší efektivitu a přesnost operací. I když některá očekávání zůstávají nenaplněna, celkový dopad robotiky na skladovou logistiku byl pozitivní, což připravilo půdu pro pokračující optimalizaci a zlepšování v budoucnu.



**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

6 RIVER SYSTEMS, LLC., ©2023. *Faster fulfillment for everyone*. Online. 6 RIVER SYSTEMS. Dostupné z: <https://6river.com/about-2/>. [cit. 2024-02-03].

6 RIVER SYSTEMS, LLC., ©2023. *MEET CHUCK A better way to fulfill*. Online. 6 RIVER SYSTEMS. Dostupné z: <https://6river.com/meet-chuck/>. [cit. 2024-02-03].

6 RIVER SYSTEMS, LLC., ©2023. *SYSTEM-DIRECTED PICKING Empower associates to be more productive*. Online. 6 RIVER SYSTEMS. Dostupné z: <https://6river.com/directed-picking/>. [cit. 2024-02-03].

ALVES, Joel; LIMA, Tania M. a GASPAR, Pedro D., 2023. *Industry 5.0*. Online. Scholarly Community Encyclopedia. 2023-02-01. Dostupné z: <https://encyclopedia.pub/entry/40641>. [cit. 2023-12-29].

AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, © 2024. *Learn about quality*. Online. ASQ Excellence Through Quality. Dostupné z: <https://asq.org/quality-resources/total-quality-management>. [cit. 2024-02-04].

AMERICAN SOCIETY FOR QUALITY, © 2024. *WHAT IS VALUE STREAM MAPPING (VSM)?* Online. ASQ Excellence Through Quality. Dostupné z: <https://asq.org/quality-resources/lean/value-stream-mapping>. [cit. 2024-02-01].

COIMBRA, Euclides A., ©2013. *Kaizen in logistics and supply chains*. New York: McGraw-Hill Education. ISBN 978-0-07-181104-0.

DEUTSCHE POST AG, 2023 ©. *Strategy 2025*. Online. DHL Group. Dostupné z: <https://www.dpdhl.com/en/about-us/mission-and-strategy.html>. [cit. 2023-09-18].

ELANGO VAN, Uthayan, 2022. *Industry 5.0: the future of the industrial economy*. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-003-19067-7. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&AN=2949884&authtype=ip,shib&custid=s3936755>.

GILCHRIST, Alasdair, 2016. *Industry 4.0 The Industrial Internet of Things*. Thailand: Springer Science+Business Media New York. ISBN 978-1-4842-2046-7.

GRANRATH, Lorenz, 2017. *Japan's Society 5.0: Going Beyond Industry 4.0*. Online. Japan Industry News. 2017-08-29. Dostupné

z: <https://www.japanindustrynews.com/2017/08/japans-society-5-0-going-beyond-industry-4-0/>. [cit. 2023-12-30].

HARRISON, Alan; HOEK, Remko I. van a SKIPWORTH, Heather, 2014. *Logistics management and strategy*. Fifth edition. Harlow: Pearson Education Limited. ISBN 978-1-292-00415-0.

HEER, Carsten, 2023. *Robot Density Data by International Federation of Robotics reveal*. Online. International Federation of Robotics. 2024-01-10. Dostupné z: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/global-robotics-race-korea-singapore-and-germany-in-the-lead>. [cit. 2024-01-20].

HEER, Carsten, 2023. *Robots speed up warehousing*. Online. International Federation of Robotics. 2023-11-21. Dostupné z: <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robots-help-to-solve-japans-2024-problem>. [cit. 2024-01-20].

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

KLABUSAYOVÁ, Naděžda a ČERNEJ, Martin, 2023. *From Industry 4.0 to Society 5.0: Starting Points, Relationships, Problems*. Havířov: PRIGO University. Dostupné také z: [https://www.narodacek.cz/wp-content/uploads/2023/01/15\\_Klabusayova.pdf](https://www.narodacek.cz/wp-content/uploads/2023/01/15_Klabusayova.pdf).

LOCUS ROBOTICS, © 2024. *Highly Configurable Collaborative Robots*. Online. Locus Robotics. Dostupné z: <https://locusrobotics.com/locusone/fleet/locus-origin-collaborative-robot>. [cit. 2024-03-19].

LOCUS ROBOTICS, © 2024. *Warehouse Picking the Locus Robotics Way*. Online. Locus Robotics. Dostupné z: <https://locusrobotics.com/solutions/warehouse-picking>. [cit. 2024-03-19].

MACUROVÁ, Pavla; KLABUSAYOVÁ, Naděžda a TVRDOŇ, Leo, 2018. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Series of economics textbooks. Ostrava: VŠB-TU Ostrava. ISBN 9788024841588.

MECALUX, S.A., Copyright © 2024. *Logistics robots: the rise of automation in warehousing*. Online. Interlake Mecalux. 2022-05-06. Dostupné z: <https://www.interlakemecalux.com/blog/logistics-robots>. [cit. 2024-02-03].

MOURTZIS, Dimitrisz; ANGELOPOULOS, John a PANOPOULOS, Nikos, 2022. *Transition from Industry 4.0 to Society 5.0*. Online. Scholarly Community Encyclopaedia. 2022-09-07. Dostupné z: <https://encyclopedia.pub/entry/26927>. [cit. 2023-12-30].

MYERSON, Paul, 2012. *Lean Supply Chain and Logistics Management*. New York: The McGraw Hill Companies. ISBN 978-0-07-176626-5.

PAKSOY, Turan; KOCHAN, Cigdem a ALI, Sadia Samar (ed.), 2021. *Logistics 4.0 Digital Transformation of Supply Chain Management*. Boca Raton, FL: Taylor & Francis Group. ISBN 978-0-3673-4003-2.

PFOHL, Hans-Christian; YAHSI, Burak a KURNAZ, Tamer, 2015. The Impact of Industrie 4.0 on the Supply Chain. In: *[The Impact of Industrie 4.0 on the Supply Chain]*. Hamburg, s. 30. ISBN 978-3-7375-4059-9. ISSN 2365-5070. Dostupné z: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4906.2484>.

RICHARDS, Gwynne, 2018. *Warehouse Management A complete guide to improving efficiency and minimizing cost in the modern warehouse*. Third Edition. London, New York, Nwe Delhi: Kogan Page. ISBN 978-0-7494-7977-0.

RICHARDS, Gwynne, 2022. *Warehouse Management: The Definitive Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. Fourth edition. London, New York: Kogan Page. ISBN 978-1-7896-6840-7.

ROMAINE, Ed, 2024. *How to Solve a Warehouse's 3 Largest Labor Consuming Applications*. Online. Conveyco Good people. Great Solution. 2024-01-14. Dostupné z: <https://www.conveyco.com/blog/warehouse-labor-consuming-applications/>. [cit. 2024-03-25].

SERPA, Sandro, 2020. *Society 5.0*. Online. Scholarly Community Encyclopedia. 2020-10-30. Dostupné z: <https://encyclopedia.pub/entry/123>. [cit. 2023-12-30].

SRINIVAS, Sharan a YU, Shitao, © 2022. *Collaborative order picking with multiple pickers and robots: Integrated approach for order batching, sequencing and picker-robot routing*. Online. Science Direct. Elsevier. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108634>. [cit. 2024-03-21].

TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2014. *Integrované řízení výroby od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4486-5.

TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2017. *Průmysl 4.0 aneb Nikdo sám nevyhraje*. Průhonice: Profesional Publishing. ISBN 978-80-906594-4-5.

TRADEMEDIA INTERNATIONAL, © 2024. *Top 7 trendů v logistice a skladování na rok 2024: Jak AI transformuje skladovou logistiku*. Online. Vše o průmyslu portál pro moderní výrobu. 2024-01-09. Dostupné z: <https://www.vseoprmyslu.cz/inspirace/trendy/top-7-trendu-v-logistice-a-skladovani-na-rok-2024-jak-ai-transformuje-skladovou-logistiku.html>. [cit. 2024-01-21].

USTUNDAG, Alp a CEVIKCAN, Emre, 2018. *Industry 4.0: Managing the Digital Transformation*. Switzerland: Springer International Publishing. ISBN 978-3-319-57869-9.

WEN, Jinming; HE, Li a ZHU, Fumin, 2018. Swarm Robotics Control and Communications: Imminent Challenges for Next Generation Smart Logistics. Online. *IEEE Communications Magazine*. ISSN 1558-1896. Dostupné z: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2018.1700544>. [cit. 2023-12-31].

WRIGHT, Jerry, © 2024. *Do Your Processes Require Security? Beyond 5S (and 6S), There's 7S!*. Online. GLSS Goleansixsigma.com. 2019-09-05. Dostupné z: <https://goleansixsigma.com/do-your-processes-require-security-beyond-5s-and-6s-theres-7s/>. [cit. 2024-03-21].

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

- AI Artificial Intelligence – umělá inteligence
- AMR Autonomus Mobile Robot – autonomní mobilní robot
- B2B Business to Business – objednávky do prodejen / distribučních center
- B2C Business to Customer – objednávky koncovému zákazníkovi
- EDI Elektronik Data Interchange – elektronická výměna dat
- FTE Full time employe – operátor zaměstnán na plný pracovní úvazek
- GSM Groupe Special Mobile
- GPRS General Packet Radio Service
- IRF International Federation of Robotics – Mezinárodní Federace pro Robotizaci
- JDA Java Discord API – skladový software
- LTE Long Term Evolution
- NVA Non-value added – nepřidaná hodnota v procesu (plýtvání)
- OCT Operation Cycle Time – doba provozního cyklu
- OLAP Online Analytical Processing
- QR Quick response – rychlý odkaz, název kódu
- SAP Systems Applications Products – skladový systém
- SKU Stock Keeping unit – produktové číslo materiálu
- TQM Total Quality Management – komplexní řízení kvality
- UMTS Universal Mobile Telecommunications System
- VA Value added – přidaná hodnota v procesu
- VAS Value Added Services – Doplnkové služby s přidanou hodnotou
- VSM Value Stream Mapping – Analýza toku hodnot
- WLAN Wireless Local Area Network
- WMS Warehouse Management System – systém pro řízení skladu, zásob a objednávek
- XML Extensible Markup Language

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 Přehled průmyslových revolucí vlastní zpracování dle (Paksoy et al., 2021)....	15
Obrázek 2 Příklad metody 5S, část čištění (vlastní zpracování – DHL, s. r. o.) .....	28
Obrázek 3 Kroky metody 5S vlastní zpracování dle (Richards, 2022) .....	29
Obrázek 4 Divize společnosti DHL (interní zdroj DHL, s. r. o.).....	37
Obrázek 5 Asistenční vychystávací robot 6 River Systems (6 River Systems, LLC., ©2023) .....	47
Obrázek 6 Roboti Locus (Locus Robotics, © 2024).....	48
Obrázek 7 Barevné označení vyskladňovacích regálů (interní zdroj DHL, s. r. o.) .....	54
Obrázek 8 Schéma práce robota (interní zdroj DHL, s. r. o.).....	58
Obrázek 9 Porovnání technologie (vlastní zpracování dle interních zdrojů DHL, s. r. o.)..	67

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Detail vyskladněných kusů (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	42
Tabulka 2 Sezónnost objednávek skladu v procentech (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	42
Tabulka 3 Časová studie operátora (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	43
Tabulka 4 Analýza toku hodnot vyskladnění s manuálním vozíkem (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	44
Tabulka 5 Časová studie klíčových kroků procesu (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	49
Tabulka 6 Technické parametry (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	50
Tabulka 7 Porovnání nákladů na roboty (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	51
Tabulka 8 Finální cenová kalkulace (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	52
Tabulka 9 Aktivity procesu pro časovou studie (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	62
Tabulka 10 Časová studie vyskladnění s robotem (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	63
Tabulka 11 Srovnání původních a současných hodnot VSM (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	64

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Hustota využití robotů ve výrobním průmyslu v roce 2022, vlastní zpracování dle (Heer, 2023) .....	22
Graf 2 Světový průměr hustoty robotů v letech 2013–2022, vlastní zpracování dle (Heer, 2023) .....	23
Graf 3 Poměr VA a NVA hodnot vstupní časové studie (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o) .....	44
Graf 4 Porovnání VA a NVA hodnot před a po implementaci (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.) .....	65
Graf 5 Vývoj času potřebného na vyskladnění za posledních 12 měsíců (vlastní zpracování dle interních zdrojů DHL, s. r. o.) .....	66



## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Procesní diagram vyskladnění s manuálním vozíkem

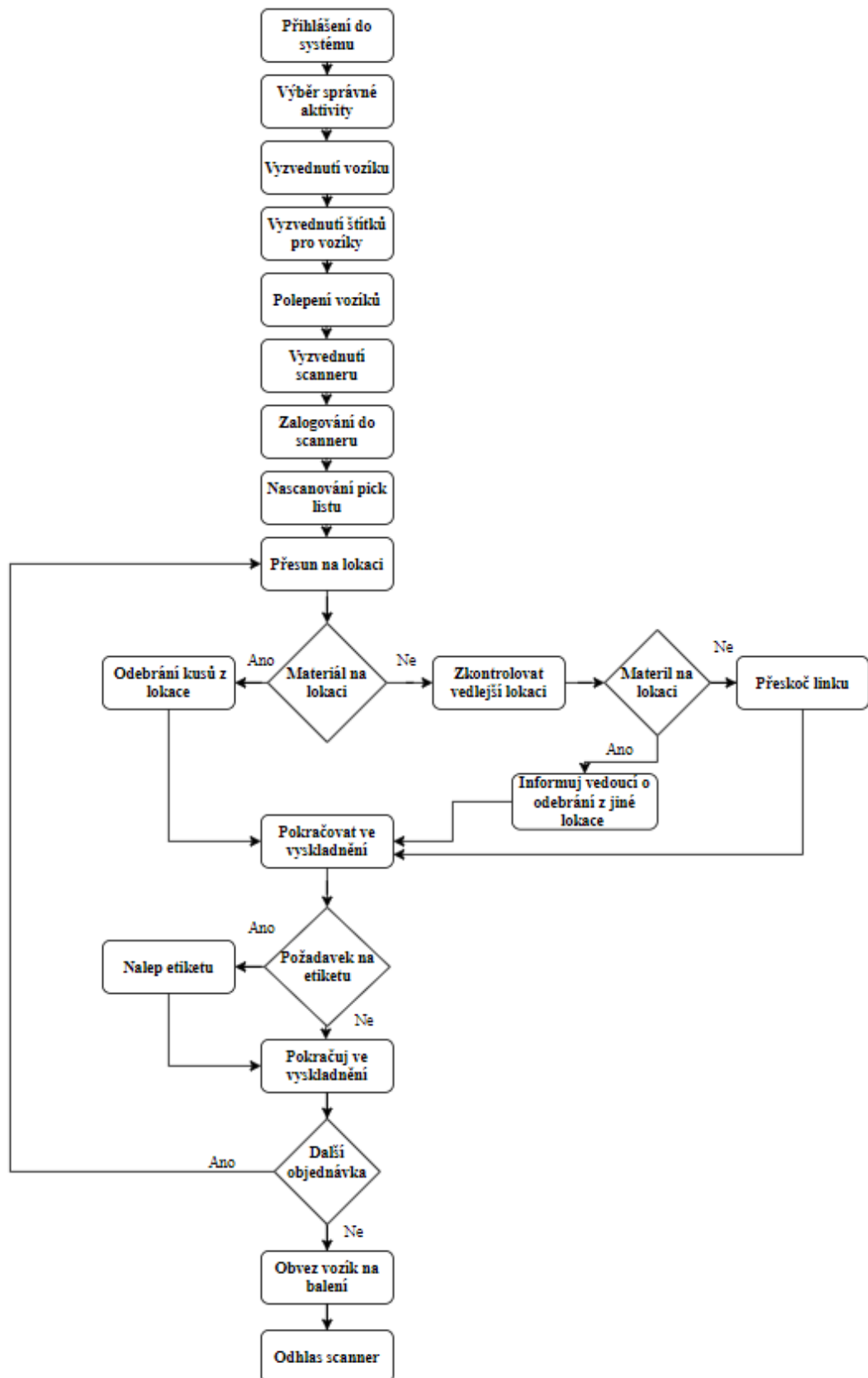
Příloha P II: Layout vychystávací galerie patro 1

Příloha P III: Layout skladu vychystávací galerie patro 2

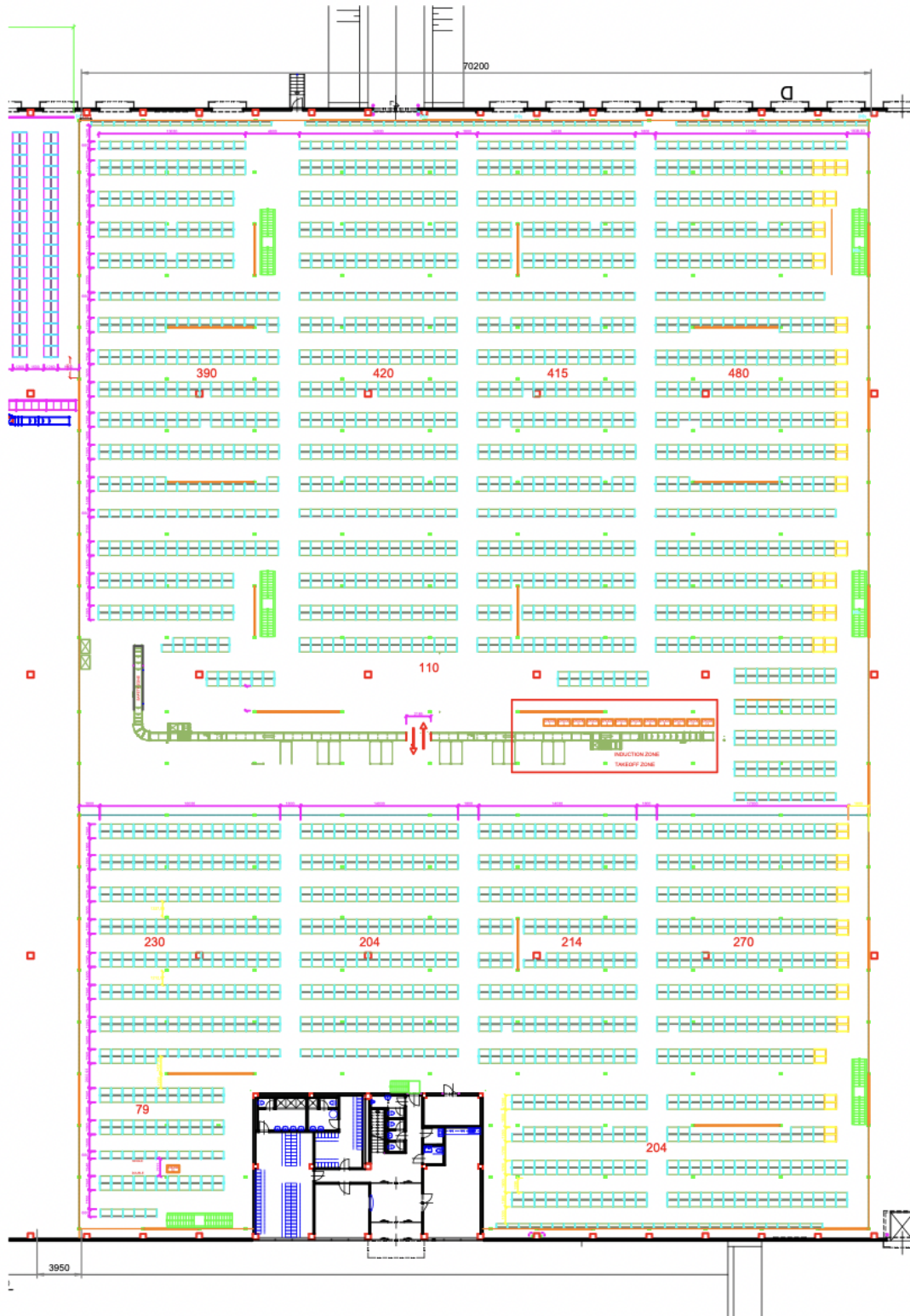
Příloha P IV: Analýza toku hodnot 2023

Příloha P V: Proces vychystání produktů s robotem (vlastní zpracování dle zdrojů DHL, s. r. o.)

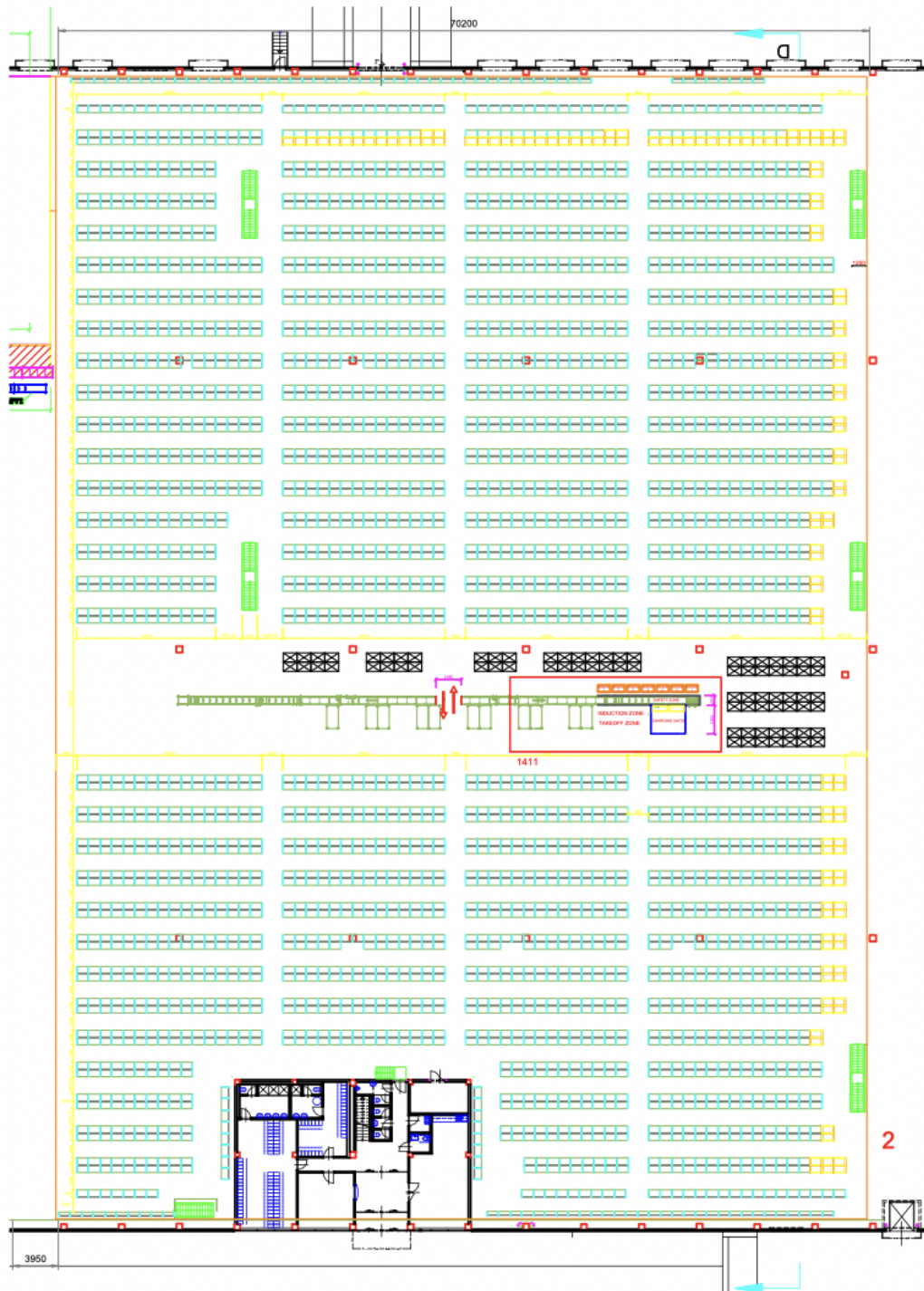
# PŘÍLOHA P I: PROCESNÍ DIAGRAM VYSKLADNĚNÍ S MANUÁLNÍM VOZÍKEM



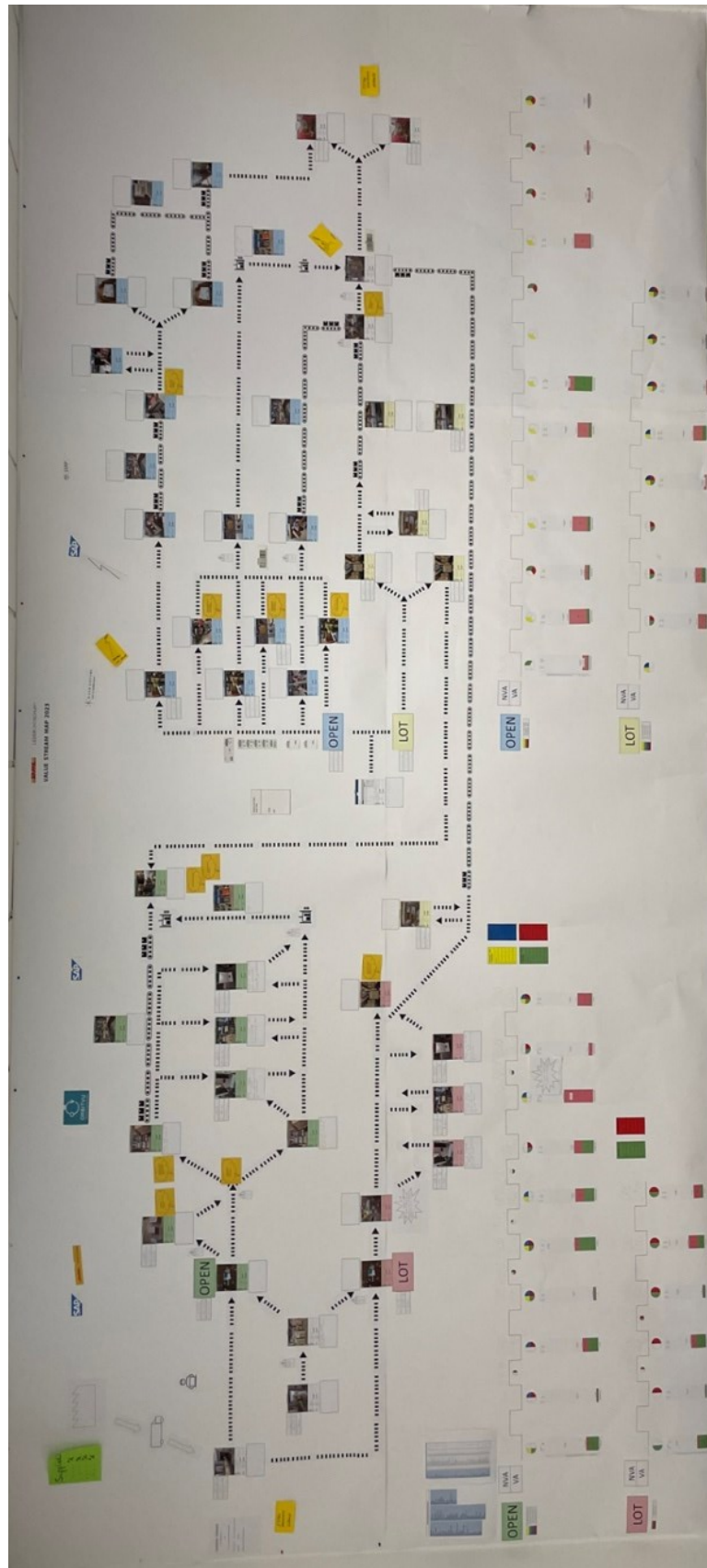
# PŘÍLOHA P II: LAYOUT VYCHYSTÁVACÍ GALERIE PATRO 1



# PŘÍLOHA P III: LAYOUT VYCHYSTÁVACÍ GALERIE PATRO 2



# PŘÍLOHA P IV: ANALÝZA TOKU HODNOT 2023





# PŘÍLOHA P V: PROCES VYCHYSTÁNÍ PRODUKTŮ S ROBOTEM

Příloha je samostatně vložená v práci a uložena v elektronické verzi jako samostatný soubor, zde je vložena pouze ilustrativní zmenšená verze.

