

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

Eliška Kammelová

OPTIMALIZACE SKLADOVÝCH PROSTORŮ

VYBRANÉ FIRMY

Diplomová práce

2019

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta dopravní
děkan
Konviktská 20, 110 00 Praha 1



K617..... Ústav logistiky a managementu dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Eliška Kammelová

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – LA – Logistika a řízení dopravních procesů

Název tématu (česky): **Optimalizace skladových prostorů vybrané firmy**

Název tématu (anglicky): Optimization of warehouse space of selected company

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Obor působení firmy
- Popis skladovacích procesů a technologií
- Přehled metod řešení
- Posouzení skladových prostorů a jeho rozložení
- Rozmístění zboží na skladových lokacích
- Optimalizace a simulace navrženého typu skladování



- Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucí diplomové práce
- Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)
- Seznam odborné literatury: Kofler, M.: Optimising the storage location assignment problem under dynamic conditions, 2015.
Karasek, J.: An Overview of Warehouse Optimization, 2014.
Bartholdi III, J.J.; Hackman, S.T.: Warehouse & distribution science, 2014.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Alena Rybičková**

Datum zadání diplomové práce: **30. června 2018**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **28. května 2019**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia


doc. Ing. Tomáš Horák, Ph.D.
vedoucí
Ústavu logistiky a managementu dopravy



doc. Ing. Pavel Hrubeš, Ph.D.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.


Eliška Kammelová
jméno a podpis studenta

V Praze dne 30. června 2018

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji Ing. Aleně Rybičkové, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce a za rady, které mi poskytovala po celou dobu mého studia. Dále bych chtěla poděkovat všem, kteří mi umožnili přístup k mnoha důležitým informacím a materiálům, především Ing. Martinovi Skočdopolemu z firmy BP Lumen. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům, přítelovi a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracovala samostatně a že jsem uvedla veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 21.5.2019

.....
podpis

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA DOPRAVNÍ

OPTIMALIZACE SKLADOVÝCH PROSTORŮ
VYBRANÉ FIRMY

diplomová práce

květen 2019

Eliška Kammelová

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce je zefektivnění vychystávání zboží pro výrobní činnost a to optimalizováním skladových prostorů. V teoretické části jsou definovány skladové procesy, systémy pro řízení skladu, rozložení skladu z dispozičního hlediska a možnost využití mechanizačních prostředků. V přehledu metod řešení je popsáno členění vhodného umístění zboží na lokaci a základní terminologie pro rozmístění regálů v ploše skladu a výběr vychystávací trasy. Zde je vysvětlen princip podobnosti řešeného problému a TSP. V praktické části je úloha nalezení optimálních tras skladníků řešena pomocí programu Lindo:Lingo a jsou navrženy změny v prostorách skladu. Vizualizace je provedena pomocí programu Warehouse Science: Pick Path Optimizer.

ABSTRACT

The subject of the diploma thesis is to efficiently organise order picking of goods for production activities, leveraging optimizing the warehouse space. Warehouse processes, systems for warehouse management, layout of the warehouse and mechanization means are defined in the theoretical part. Division of suitable location of goods to the location and basic terminology for the deployment of shelves in the warehouse area and selection of picking route are described in the methods of solution. Here is explained the principle of similarity of the problem and traveling salesman problem. The task of finding optimum routes using the program Lindo: Lingo and changes in the warehouse premises are proposed in the practical part. The visualisation is done using Warehouse Science: Pick Path.

KLÍČOVÁ SLOVA

Logistika, optimalizace skladu, vychystávání, skladové technologie, metody rozmístění zboží

KEY WORDS

Logistics, optimization of warehouse, order picking, warehouse technologies, storage assignment

Seznam použitých zkratk

ERP	Enterprise Resource Planning / Podnikový informační systém
MRP	Material requirements planning/ Plánování potřeb materiálu
MRP II.	Manufacturing resource planning/ Plánování výrobních zdrojů
WMS	Warehouse Management system / Systém řízeného skladu
OS	operační systém
FIFO	first in – first out/ první vstoupí – první odejde
LIFO	last in – first out / poslední vstoupí – první odejde
SKU	stock keeping unit/ skladovací jednotka
TSP	Traveling salesman problem/ Úloha obchodního cestujícího
VRP	Vehicle routing problem/ Problém okružních jízd
SW	software
CRP	Customer Relationship Management/ Řízení vztahů se zákazníky
NP	nadzemní podlaží
LP	lineární programování

Obsah

Seznam použitých zkratek	7
Obsah	8
1. Úvod	10
2. Obor působení firmy	12
3. Popis skladových procesů a technologií.....	13
3.1 Systémy řízení skladů	13
3.2 Skladové procesy	15
3.2.1. Příjem zboží	16
3.2.2 Naskladnění zboží	16
3.2.3 Vychystávání	16
3.2.4 Vyskladnění	17
3.3 Rozložení skladu	17
3.3.1 Velikost skladu.....	17
3.3.2 Dispoziční řešení skladu	18
3.3.3 Manipulační zařízení	24
4. Přehled metod řešení.....	27
4.1 Vhodná lokace skladových položek.....	27
4.1.1 Náhodné skladování	27
4.1.2 Skladování na vyhrazeném místě	27
4.1.3 Seskupování produktů	28
4.2 Konfigurace manipulačních uliček	29
4.3 Výběr vychystávacích tras	30
4.3.1 Problém obchodního cestujícího	31
4.3.2 Metody řešení TSP	32
4.3.3 Metody kompletačních okruhů	34
5. Posouzení skladových procesů a jeho rozložení	36
5.1 Skladové procesy ve firmě	36
5.2 Systém řízení skladu firmy	37

5.3 Rozložení skladu firmy	37
5.3.1 Velikost a druhy skladů	37
5.3.2 Dispoziční řešení	39
5.3.3 Používaná manipulační zařízení	41
6. Rozmístění zboží na skladových lokacích	44
6.1 Současný systém rozmístění skladových položek	44
6.2 Grafové znázornění skladu.....	46
6.3 Současná situace vychystávání.....	49
7. Optimalizace navrženého typu skladování	56
7.1 Navrhované změny pro získání optimálního řešení	56
7.1.1 Vhodná lokace	56
7.1.2 Konfigurace manipulačních uliček	56
7.1.3 Výběr vychystávacích tras	58
7.1.4 Dispoziční řešení a manipulační technika	61
7.2 Využitý software při optimalizaci	62
7.2.1 Lindo: Lingo	62
7.2.2 Warehouse Science: Pick Path Optimizer	63
7.3. Porovnání	68
8. Závěr	70
9. Použité zdroje	72

1. Úvod

Logistiku můžeme charakterizovat jako část řízeného dodavatelského řetězce, která plánuje a účelně řídí toky zboží a informací od dodavatelů k uživatelům a skladování zboží, tak aby byly splněny požadavky finálního zákazníka v požadovaném čase.

Jedním z důležitých bodů v oblasti logistiky je vytvořit skladovou síť, která by byla optimální jak ze strany výrobních podniků, tak i z hlediska zákazníků. Musí se určit optimální počet skladů, jejich velikost a stanovit jejich rozmístění. Pro každý sklad je nutné zvolit vhodné prostorové uspořádání, při kterém se snažíme dosáhnout maximální efektivity.

Sklady je možné využít pro zabezpečení výrobní činnosti podniku, ke slučování různých výrobků či většího počtu menších zásilek do jedné velké nebo naopak k rozdělení velkých zásilek pro uspokojení zákazníků. Funkčnost skladu se změnila ze zásobníku zboží na poskytování vyšší úrovně služeb, tedy na zvýšení hodnoty pro navazující partnery v dodavatelském řetězci či přímo pro zákazníky.

Kompletace zboží ze skladu má největší významový podíl ze skladových procesů. Tento proces je velmi náročný pro jeho pracnost a má vysoký podíl z celkových provozních nákladů skladu. Proto se tento jev snažíme zlepšit, abychom zvýšili celkovou produktivitu. Vychystávání zboží z uložišť v reakci na požadavek zákazníka či výroby je také časově nejnáročnějším procesem ve skladu. Nejvíce celkového času vychystávání je věnováno cestovní době.

Pro výkon skladovacích činností je používáno skladovací technologie. Nejprve je řešeno uspořádání statické části skladu, ke které je přidána vhodná část dynamická. Ve statické části se zaměřujeme na způsob uspořádání ve volném prostoru nebo typy regálů a jejich rozložení v ploše. V dynamické části uvažujeme manipulační prostředky, kde nejčastěji užívanými jsou manipulační vozíky s motorovým pohonem.

Cílem této diplomové práce je zefektivnit kompletaci zboží pro výrobní činnost a optimalizovat skladové prostory ve skladu. V první kapitole je uveden vztah řešeného problému s logistikou a seznámení čtenáře s prací. Ve druhé kapitole se zabývám oborem firmy, pro kterou je řešeno zefektivnění kompletace a skladového prostoru. Třetí kapitola se zabývá popisem skladových procesů a technologií. Pozornost je věnována dělení a základním definicím systémů pro řízení skladu, skladových procesů, rozložení skladu z dispozičního hlediska a možnost využití mechanizačních prostředků. Čtvrtá kapitola přináší přehled metod řešení pro zvolení vhodné lokace skladových položek, rozmístění regálů a manipulačních uliček a výběr vychystávací trasy. Je zde především vysvětlena základní terminologie. Pátá kapitola analyzuje stávající skladovací procesy a podnikový software ve firmě. Je uvedeno rozložení skladu samotného,

dispoziční řešení skladu a používaná manipulační technika. V šesté kapitole se setkáváme se současným rozmístěním skladových položek, současnou situací vychystávání a převedením rozvržení skladu do grafu pro možný výpočet situací. Sedmá kapitola navrhuje změny v umístování zboží, v konfiguraci manipulačních uliček, ve výběru vychystávacích tras, v dispozičním řešení a v manipulačním zařízení. Následně je provedena vizualizace pomocí programu Warehouse Science: Pick Path Optimizer.

2. Obor působení firmy

Firma BP Lumen byla založena v roce 1991 v Úpici, městě v Královéhradeckém kraji. V dnešní době patří mezi nejvýznamnější společnosti v oboru obchodu s cyklistickými komponenty v České Republice. Avšak úplné začátky firmy spočívaly v opravách jízdních kol ve sklepě rodinného domu v 80. letech. Samostatná firma začínala, a ještě donedávna působila, v rodinném duchu, jelikož tehdy byla polovina pracovníků z okruhu rodinných příslušníků. V letošním roce došlo ve firmě ke čtyř procentnímu nárůstu pracovníků a tím byla i nutná změna koncepce řízení práce. Nebylo efektivní vést firmu pouze na slušnosti, toleranci, spolehlivosti a důvěře mezi pracovníky. Moderní vedení firmy vyžaduje jistá opatření k zachování prosperity a systémového řízení. Firma se z malého podniku změnila na střední podnik. [6]



Obr. 1 – Logo firmy (Zdroj: [6])

V devadesátých letech začínala firma BP Lumen pouze jako velkoobchod náhradních dílů a cyklo doplňků pro jízdní kola. Široká nabídka komponentů a příslušenství zůstala i nadále jednou ze služeb zákazníkovi až do dneška. Firma BP Lumen je především spojena se značkou Apache Bicycles, která vznikla v roce 2001. Během prvních sedmi let se společnost BP Lumen věnovala montáži jízdním kolům a jejich servisu. V následujících letech se zaměřuje na vývoj elektrokol. V roce 2017 firma zrekonstruovala opuštěnou továrnu na brownfieldu v Úpici, kde nadále montuje elektrokola. Montáž bezmotorových jízdních kol probíhá zatím jen v Jihočeském kraji. Tímto krokem se zařadila mezi významné distributory jízdních kol a elektrokol na českém i zahraničním trhu. Nabízí jízdní kola horská, krosová a dětská. V sortimentu jízdních kol s elektromotorem poskytují kola horská, krosová, městská i skládací. Je dán důraz na užití kvalitních komponentů od věhlasných výrobců jako jsou Shimano, SR Suntour, Spec, Bosch nebo Ergon. Tím je dosažena preciznost při montáži. [3,6]

Elektrokola zajišťují výraznou část finančního obratu firmy, který roste o desítky procent ročně. Nárůst lze pozorovat i na kvantitě vyrobených kol za rok. V loňském roce, 2018, bylo vyrobeno přibližně osm tisíc elektrokol, pro letošní sezónu (2019) je již nasmlouvaná výroba pro devatenáct tisíc elektrokol a nemusí to být konečný počet.

3. Popis skladových procesů a technologií

Skladování je nedílnou součástí logistického systému. Je jeho podnikovou součástí, při které zabezpečuje uskladnění produktů neboli zásob, kompletně ve všech fázích logistického procesu. Skladové zásoby můžeme rozdělit na dvě základní skupiny. Prvním typem zásob jsou suroviny, součástky a díly (fáze zásobování). Druhou skupinou, kterou podniky také potřebují uskladnit jsou hotové výrobky (fáze distribuce). Velmi malý, ale neopomenutelný podíl zásob může být určen k likvidaci či recyklaci. [14]

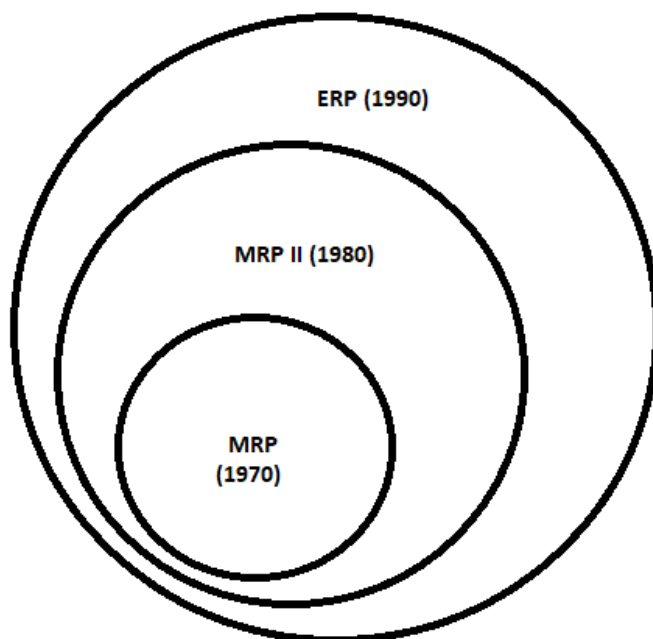
Dříve bylo základní funkcí skladu samotné uskladnění produktů. Sklady se však v dnešní době zabývají jinými úkony. Skladování se zaměřuje především na pohyb zboží ve skladu a přenos informací o skladovaných produktech. Neboť se podniky všeobecně zaměřují na zlepšování obratu zásob a urychlování pohybu zboží. [14]

3.1 Systémy řízení skladů

Pro úspěšné řízení skladových aktivit je potřeba včasných, správných a přesných informací. Hovoříme o informacích stavu zásob (i v pohybu), umístění zboží ve skladech, příjem dodávek a výdej zásilek, využití skladového prostoru a využití pracovní síly. Jedná se tedy převážně o všechny typické skladové operace, ve kterých se snažíme o synchronizaci toků lidí, strojů a zboží. [12]

V této synchronizaci obecně napomáhá zapojení automatizace do procesu skladování. Velkou a důležitou roli hraje využití počítačového přenosu informací (založeno na elektrické výměně dat (EDI)) a technologií čárových kódů. [14]

Pojem ERP (enterprise resource planning) doslovně překládáme jako „plánování podnikových zdrojů“. Jsou jimi počítačové aplikace, které řídí a plánují veškeré zdroje spojené s podnikem. Jedná se o podnikový informační systém. Na Obr. 2 je znázorněn vztah nadstavbového ERP s podřazenými systémy, jsou jimi informační systémy plánování potřeb materiálu (MRP - Material requirements planning a MRP II- Manufacturing resource planning), kde MRP II. je rozšířeno o řízení lidských zdrojů.



Obr. 2 – Vztah systémů MRP, MRP II a ERP (Zdroj: [20])

Systémy pro řízení skladu, označované jako WMS (Warehouse Management systém), jsou v dnešní době běžnou praxí. V době počátečního užívání, tedy téměř před 40 lety, byl WMS rozšířen převážně do velkých firem a distribučních center, především kvůli jejich vyšším pořizovacím nákladům. Menším firmám umožnily postupně klesající ceny hardwaru a mobilních technologií také jejich pořízení. V prvním kroku modernizace došlo k integraci funkcí jednotlivých agend, kde se dříve využívaly odlišné softwary, do jednoho programu. [10]

WMS představuje specializovaný systém pro řízení skladů, který se od běžného modulu pro sklad ERP liší převážně zavedením určité formy adresace, neboli umístěním zboží ve skladu. Evidence příjmů a výdajů je standartní součástí i u běžného ERP systému, kde je zahrnut popis zboží, jeho množství a cena. ERP nezohledňuje určitá omezení zboží, jako jsou např. rozměry, hmotnost aj. při umístění ve skladu, ani neřeší priority např. ABC skupiny zboží z hlediska optimalizace zásob. Systém WMS zvládá průběžné sledování a řízení skladových operací, informování zainteresovaného pracovníka a je kompletně propracovanější a sofistikovanější. Pracovníci skladu obdrží notifikaci o jejich prioritně řízených pracovních úkolech. Pro samotnou identifikaci zboží slouží radiofrekvenční (dále RF) rozpoznání čárového kódu. Nebo je využíváno RFID (radiofrekvenční identifikace) tagů, který se skládá z integrovaného obvodu v podobě čipu, antény a případně zdroje energie (např. baterie). [1, 11]

U technologie RFID je výhodou možnost evidování jednotlivých položek hromadně a přes hmotnou překážku (např.: obaly, stěny nákladního vozu), jelikož je využíváno rádiových vln.

Na úrovni WMS je nutné zajistit načtení každého kódu jen jednou. Nevýhodou je pořizovací cena čtecího zařízení. Navíc nedochází k průběžné kontrole zboží. Oproti RF rozpoznávání je jeho využití specifické a méně využívané, především proto, že je zaměřeno na vysoce standardizované procesy a velké objemy. [16]

U RF rozpoznávání hraje důležitou úlohu čárový kód. Jedná se o nejrozšířenější způsob optické automatické identifikace zboží. Kódy se skládají z pruhů a mezer proměnné šířky. Vyzařující červené světlo je pohlcováno tmavými pruhy a odráženo světlými mezerami. Snímač kóduje čísla nebo písmena. Čárový kód může nést různá data – typ výrobku, místo uložení aj. Jejich výhodou je univerzálnost použití. O materiálu podkladu pro natištění, po podmínky prostředí (vlhkost, teplo aj.) či velikost čárového kódu a důležité hledisko je cenová dostupnost. Avšak mezi čárovým kódem a čtečkou nesmí být překážka a lze jej načíst pouze na krátkou vzdálenost. Nutnost pro fungování čárových kódů je jejich standardizace. Tu zajišťuje organizace GS1. Pro využívání musí být firma registrována u GS1 na území naší republiky, kde na základě uzavření smlouvy je subjektu přiděleno identifikační číslo. [11]

Dalším trendem v oblasti řízení je přecházení z operačního systému (OS) Microsoft Windows na OS Android. S tím je spojeno i modernější a uživatelsky snazší ovládání prostřednictvím dotykových displejů. [8]

System pro řízení skladu má za úkol snížit procentuální chybovost lidí při skladových procesech. Navíc přináší pozitivní efekt ve zvýšení produktivity samotné práce a zlepšení organizace skladu a evidence jednotlivých operací. Měl by dále přispět i ke zvýšení kapacity skladu z důvodu efektivnějšího využití prostoru, což zabezpečí i větší finanční zisk firem. Mezi plusy WMS můžeme určitě uvést i zkrácení dopravních cest ve skladu a s tím související snížení dopravních nákladů.

3.2 Skladové procesy

Z důvodu zabezpečení plynulého materiálového toku a také nehromadění materiálu ve skladových prostorách se snaží firmy provádět skladové procesy bezchybně a s optimálním časovým rozvrhem. Rychlost a spolehlivost těchto procesů se odvíjí množstvím variabilních položek a jejich různých objemech. Jednotlivé činnosti ve skladu ovlivňují celkový chod firmy, ať už se jedná o oddělení výroby, logistiky či účtárny. Mezi hlavní činnosti ve skladu patří příjem zboží, naskladnění, vychystávání a vyskladnění.

3.2.1. Příjem zboží

Příjem zboží spočívá v samotné vykládce zboží z dopravních prostředků. Neodmyslitelnou součástí tohoto kroku je identifikace a kontrola přivezeného zboží v rámci množství (porovnání s doklady) i možného poškození. A v neposlední řadě je nutné označit produkty např. čárovým kódem, zanést převzaté zboží do evidence skladovacího systému a zaktualizovat stav zásob. Přijímací proces se podílí přibližně deseti procenty na provozních nákladech. [12]

3.2.2 Naskladnění zboží

Další činností je naskladnění zboží, kdy dochází k přemístění zboží z místa příjmu do skladových prostor a k identifikaci (jestliže nebylo provedeno během příjmu). Uskutečňuje se pomocí vhodné techniky. Dle zavedených systémů ve skladu se liší informace o pozicích jednotlivých položek, a tím i výše efektivity využití skladových kapacit. Tento proces vyžaduje přibližně 15% provozních nákladů (z důvodu častých přemístění). [12]

3.2.3 Vychystávání

Při vychystávání, neboli kompletaci zboží pro zákazníka, dochází k seskupování zboží dle objednávek zákazníka. Činnost se skládá z několika jednotlivých postupů. Jsou jimi zaslání požadavku na vyskladnění, odebrání zboží ze skladové pozice, konsolidace zakázky a její odeslání. Tento krok stojí přibližně 55% provozních nákladů skladu, z toho je pohyb ve skladu 55%, vyhledávání 15%, vyjmutí 10% a 20% nákladů administrativní činnosti. Samostatný výběr položek, např. z regálových systémů, může být buď homogenní nebo heterogenní. U homogenního vychystávání se pracuje s celou paletou, naopak u heterogenního vychystávání se vybírají menší nákladové jednotky, kde kontrolujeme vybírané množství. [12]

Proces získávání produktů můžeme dělit podle metody výběru na tři základní typy:

- Pick by paper – způsob, kdy dochází k vychystávání podle papírového seznamu z WMS. Po ukončení vychystávání se ukončí transakce pro celý seznam.
- Pick by RF – zaměstnanec skladu se pohybuje s RF (radiofrekvenčním) terminálem, který je on-line napojený na WMS. Na obrazovce terminálu se vyskytují jednotlivé instrukce a skladník je postupně plní a potvrzuje jejich realizaci. Hodnoty buď do přístroje vkládá manuálně nebo skenuje příslušné čárové kódy. Čárové kódy jsou umístěny buď na obalech (palety, kartony) či na jednotlivých kusech. RF terminály mají pracovníci skladu v ruce, na zápěstí nebo na prstě (viz Obr. 3).



Obr. 3 – RF terminál umístěný na prstě (Zdroj: [5])

- Pick by voice (vychystávání hlasem) – metoda se využívá při potřebě volných rukou. Skladník dostává instrukce do sluchátek a potvrzuje je ústně zpět do mikrofonu. Výhodou tohoto způsobu je nejnižší náročnost na zaškolování. Ale můžeme zde řešit problém s přízvukem či dialekty. [16]

3.2.4 Vyskladnění

Při vyskladnění dochází ke konsolidaci objednávky v případě, že byla vybrána při více výběrech nebo kompletována více pracovníky. Po konsolidaci následuje proces kontroly, zda je objednávka úplná a přesná. Dochází k vyhotovení přepravních dokladů a dodacích listů. V posledních krocích se objednávky zabalí a naloží do dopravního prostředku.

3.3 Rozložení skladu

Správné uspořádání skladu může vést ke zkvalitnění jeho výstupu, zlepšení toku produktů a snížení nákladů. Navíc to přináší výhody v podobě zlepšení služeb pro zákazníky, jejich spokojenosti a zaměstnancům přináší lepší pracovní podmínky. Uvedeme si jaké typy skladů je možné zvolit z hlediska jejich prostorového uspořádání. Především jejich výhody a nevýhody. V další části práce se budu věnovat i manipulační technice, protože je nedílnou součástí skladu.

3.3.1 Velikost skladu

Velikost skladu je možné uvést buď ve smyslu skladovací plochy, při které je uváděna pouze čtverečná plocha skladu nebo skladovacího prostoru. V tomto případě je již uvažováno využití moderního skladovacího zařízení. Nebo je možné uvádět kubický prostor, který zahrnuje celkový objem skladu, který slouží k volnému použití. [14]

Jak by měl být sklad velký, určuje mnoho faktorů. Mezi ně řadíme úroveň zákaznického servisu (množství a kvalita zákaznických služeb), velikost trhu a množství typů prodávaných produktů.

Při zvýšení úrovně zákaznického servisu nebo růstu velikosti trhu dochází k posílení potřeby zvětšení velikosti skladu. Stejným způsobem ovlivní případnou velikost skladu i velký počet uskladňovaných produktů, velké rozměry zboží, dlouhá doba výroby nebo když je poptávka nepředvídatelná či má velké výkyvy. Požadavky na velikost ovlivňuje také systém pro manipulování se zbožím, rozmístění zásob či typy regálů a polic. [14]

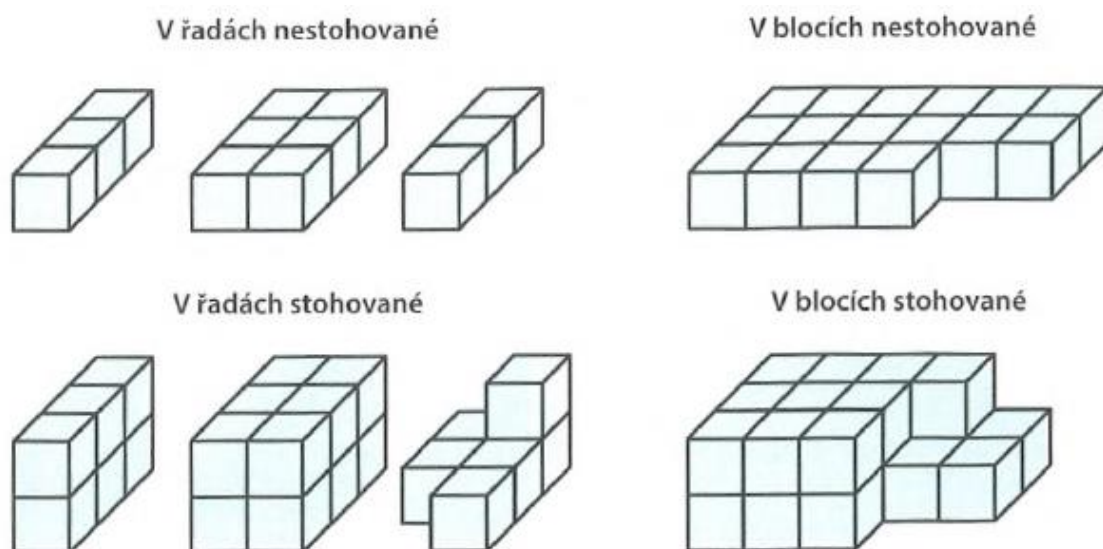
S velikostí skladu souvisí také využití různých typů manipulačních zařízení, především vidlicových zvedacích vozíků. Vzhledem k jejich rozdílným rozměrům a manipulačním vlastnostem je odlišný nárok na šířku uliček. Pro vysokozdvížné vozíky s nízkými požadavky na šířku uliček je možné zefektivnit využití mnohem více potřebného skladovacího prostoru. [14]

3.3.2 Dispoziční řešení skladu

Dispoziční řešení skladu je důležitým předpokladem pro další optimalizační kroky. Má významný vliv na vychystávání zboží a na přepravní vzdálenosti ve skladu. Uvedeme si rozdělení podle způsobu uspořádání statické části skladu. Řadíme sem dělení na blokové a řádkové sklady či sklady s regály.

a) Blokové a řádkové sklady [17]

Produkty je možné skladovat ve volném, bezregálovém prostoru skladu. Tento způsob je využíván pro zboží nadměrných velikostí nebo pro sypké materiály. Na základě upotřebitelné výšky prostoru, zatížitelnosti nejnižších skladových jednotek a nosnosti podlaží je možné využít stohování a zajistit maximální výšku. Stohovací i nestohovací podlažní skladování může být řádkové nebo blokové.



Obr. 4 – Umístění skladovacích jednotek v řadách či blocích (Zdroj: [9])

Při blokovém skladování je zboží umísťováno do jednoho celku bez vnitřních manipulačních uliček. Je vhodné pro menší rozsah produktů nebo pro velké množství jednoho typu zboží. Jelikož přímý přístup je pouze k horním skladovým jednotkám nejbližší řady bloku. Je pro něj typická střední obrátkovost.

Při řádkovém typu je uspořádání skladových jednotek do řad. Mezi nimi jsou vzniklé manipulační uličky. Je vyhovují pro střední množství různých druhů sortimentu a střední množství v případě jednoho druhu zboží. Charakterizuje ji vysoká obrátkovost.

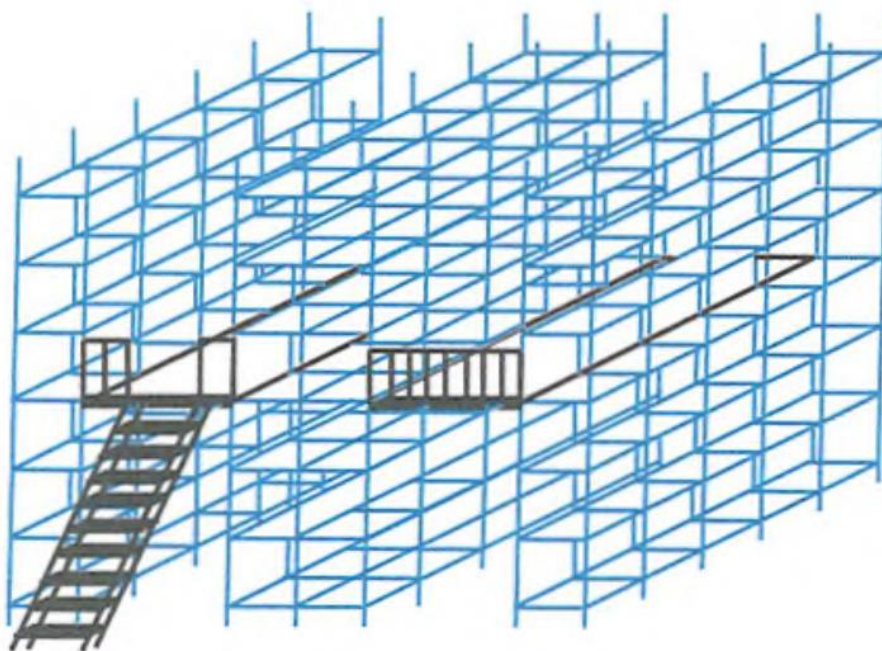
V obou případech je vysoká flexibilita pro změnu, uspokojivé využití plochy a prostorů a menší investiční náklady. Mezi nevýhody řadíme menší možnost automatizace a mechanizace, nutnost uspořádaného obsazování a je nepříznivý pro řízení a kontrolu zásob.

b) Sklady s policovými regály [17]

Velmi používaným systémem skladování je uskladnění v regálech. Používá se v případě, že se zásoby nedají stohovat.

Obsluha zásob může být manuální nebo automatizována (pomocí vysokozdvizných vozíků, zakladačů). Pro manuální obsluhu se výška regálů pohybuje maximálně do 2 metrů. Pro automatizované systémy může výška dosáhnout až 12 metrů. Hloubka regálů by neměla přesáhnout osmdesát centimetrů. Šířka jízdnic tras (uliček) by se pro manuální obsluhu měla pohybovat v rozmezí 75 až 85 centimetrů. Policové regály jsou vyhovující pro skladování různých druhů sortimentu v libovolných množstvích a pro široký sortiment v menších a středních objemech (např. náhradní díly). Užívají se pro zboží menších rozměrů a hmotností.

Pozitivem je přehlednost, snadná dostupnost ke každému druhu sortimentu a systém je téměř bezporuchový. Tento systém s policemi je charakterizován dobrými možnostmi uspořádání a kontrolou zásob. V závislosti na vybavenosti se investiční náklady pohybují ve střední výši. Negativem tohoto systému je nízké využití prostoru, a tím úměrně narůstající potřeba plochy při využití nižších regálů a omezené možnosti využití automatizace. V případě použití patrového uspořádání lze snížit negativní důsledky nevyužitého prostoru.



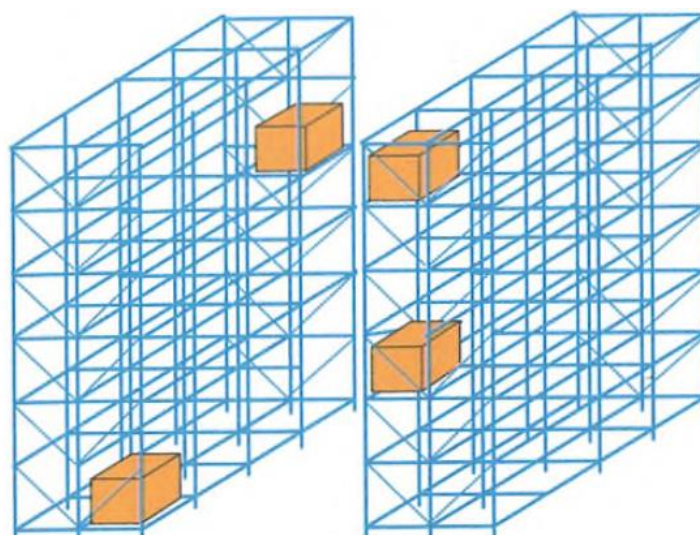
Obr. 5 – Patrový policový regál (Zdroj: [9])

c) Paletové regálové sklady

Paletové regálové systémy jsou nejrozšířenějším systémem uskladnění produktů. Manipulační jednotkou je v tomto systému paleta, a proto regály neobsahují žádné podlaží a samotné palety jsou umísťované na nositele uložení. Do sekcí, které jsou rozdělené svislými sloupky, je možno uskladnit vedle sebe dvě až tři palety podle rozměrů palety (šíře 800 mm nebo 1000 a 1200 mm). Šířka uliček se pohybuje v rozmezí jednoho až tří metrů podle použitého manipulačního prostředku a hloubka regálů je od jednoho metru podle rozměru palety. Konzole regálů jsou výškově nastavitelné, je tedy možné uzpůsobení konkrétní paletové výšce. Podle výšky dělíme paletové regály na:

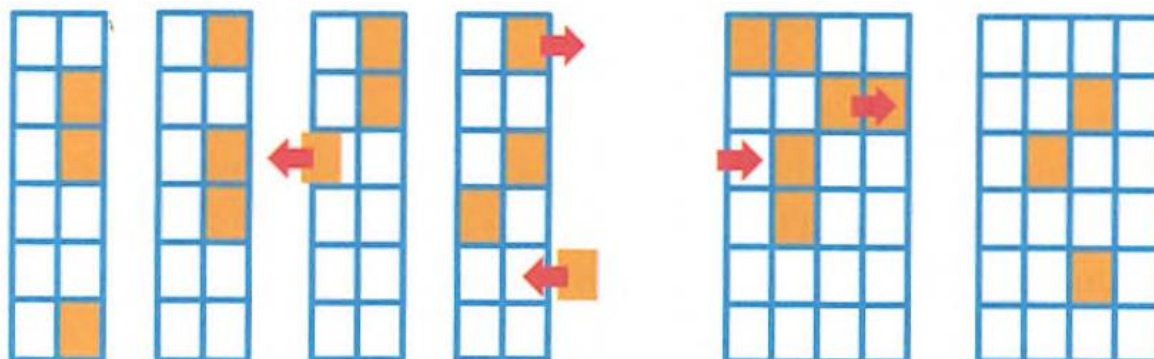
- sklady s plochými paletovými regály (do 7 m);
- středně vysoké paletové regálové sklady (7-15 m);
- sklady se zakládacími regály, vysoké paletové (15-45 m). [17]

Využití systému se hodí pro velké množství jednoho druhu sortimentu, co se týče hmotnosti, je vhodný pro středně těžké až těžké náklady. Výhodou je vysoká flexibilita, přímý přístup ke všem druhům zboží, střední využití prostoru a plochy a střední rozsah investic. Přínosem je i možné a snadné využití mechanizace a automatizace. Při vyšším stupni automatizace ale hrozí výskyt poruchovosti a zvyšuje se pracovní náročnost v závislosti na mechanizaci. [9, 17]



Obr. 6 – Paletové regály (Zdroj: [9])

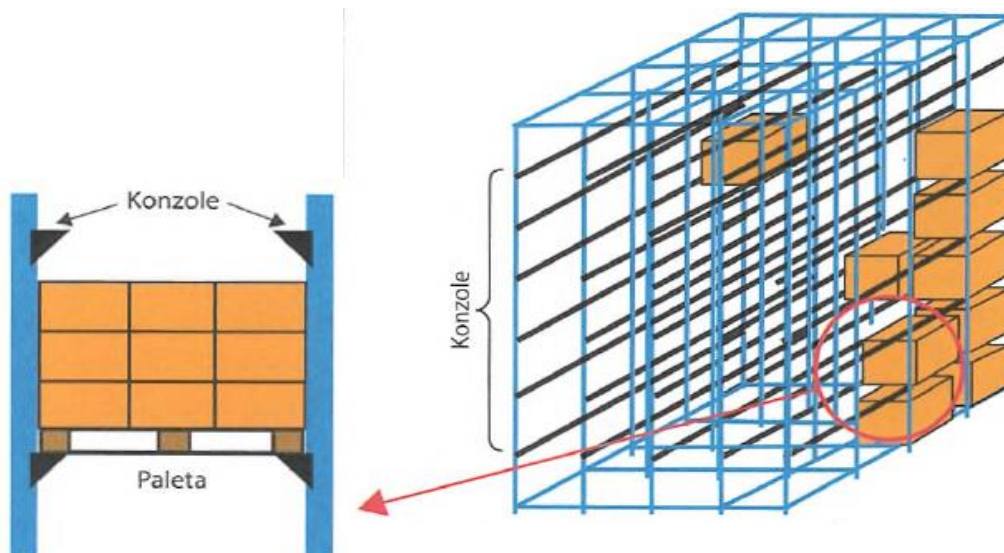
Při šířce manipulační uličky 2,8 m se využití skladového prostoru pohybuje pouze kolem 50 % celkového prostoru. Proto je vhodné zainvestovat do manipulační techniky, jako jsou vysokozdvizné vozíky vybavenými posuvným nebo rotačním zařízením. V tomto případě eliminujeme nutnost otáčení vozíků a ušetříme v šíři jeden metr pro uličky. Ve snaze zvýšit využitou plochu, je také možné nainstalovat systémy s dvojnásobnou hloubkou regálů. Ztrácí se zde přímý přístup ke všem položkám, ale je možno navýšit skladový prostor o 25 %. [9]



Obr. 7 - Půdorys dvou variant paletových skladů – klasický (vlevo) a s dvojnásobnou hloubkou regálu (vpravo) (Zdroj: [9])

d) Vjezdové (konzolové), průjezdové regály

Sklady s vjezdovými a průjezdovými regály využívají výhod blokového stohování a regálových systémů. Podobají se regálovým konstrukcím, kde se zboží uskládá na spojitých konzolách umístěných na nosíkové konstrukci na obou stranách. Oproti blokovému skladování využívají výšku prostoru (obvykle do 11 m). Použití je vhodné pro materiály citlivé na tlak, pro převážně jeden sortiment a pro sezonní skladování (delší doba skladování). Patří mezi levnější konstrukce. Nevýhodou je nízká obrátkovost zboží a není umožněn přímý přístup. Nutností je také jednotný rozměr skladovací jednotky. [17]

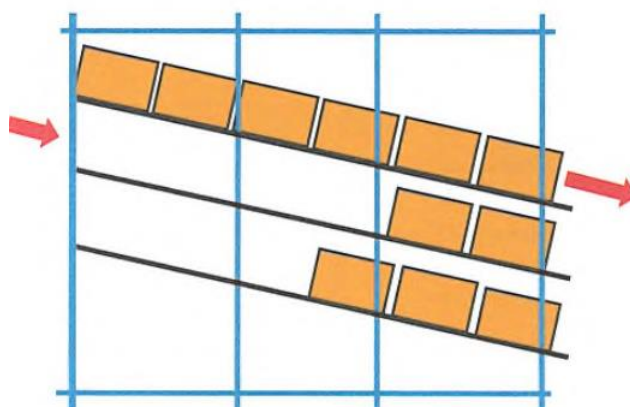


Obr. 8 – Vjezdové a průjezdové regály (Zdroj: [9])

Průjezdové regály využívají systému FIFO (first in, first out), způsobem obsazování z jedné strany a na protilehlé straně odebírání. U vjezdových regálů je pouze možnost principu LIFO (last in, first out), z důvodu proveditelné manipulace jen z jedné strany. Využití prostoru se pohybuje kolem 70 %. [9, 17]

e) Spádové regály

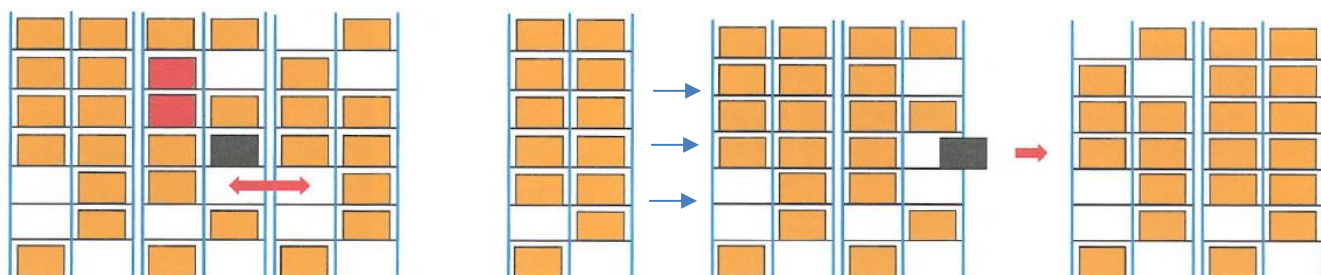
Další možností využití prostoru je instalování spádových neboli tzv. gravitačních regálů. Nakloněné regály jsou tvořené válečkovými tratěmi. Na vyšší straně dochází k nakládání do regálů a skladová jednotka, také označovaná SKU, se postupně pohybuje samospádem k místu odběru (FIFO). Sklon je v rozmezí 5 až 80 mm. Je vhodné zvolit určité množství regálů pro určitý druh SKU. Využívají se u montážních linek. Mezi nevýhody řadíme riziko poruch a vysokou cenu. [9, 17]



Obr. 9 – Spádové, gravitační regály (Zdroj: [9])

f) Mobilní regálové sestavy

V tomto způsobu umístění je možné s celými regály pohybovat po pojízdných či vodících kolejnicích. Jsme schopni omezit manipulační uličky na minimum a tím navýšit skladovací plochu. Oproti pevným policovým regálům je navýšení téměř dvojnásobné. Z důvodu bezpečnosti je výška systému omezena 10 metry. Doporučuje se instalovat maximálně 8 regálových bloků na regálovou chodbu. Systém není vhodný pro kompletace, jelikož je manipulace pomalá. [9, 17]

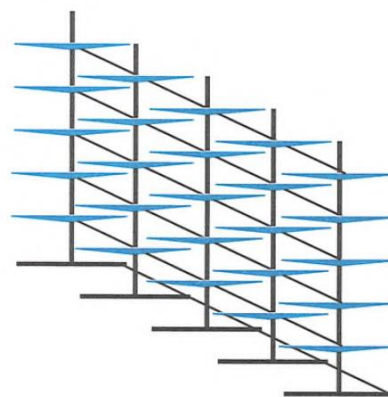


Obr. 10 - Půdorys mobilních regálů –před (vlevo) a po (vpravo) otevření manipulační uličky
(Zdroj: [9])

g) Stromečkové regály

Pod pojmem stromečkové regály si představme regály tvaru stojanů opatřených konzolemi. Slouží především pro uskladnění podlouhlých předmětů. Ale zboží může být různorodé a atypických rozměrů. K tomu je uzpůsobené i zhotovení regálů „na míru“. Systém napomáhá k dobré přehlednosti a usnadnění manipulace. Navíc pořizovací náklady nejsou vysoké.

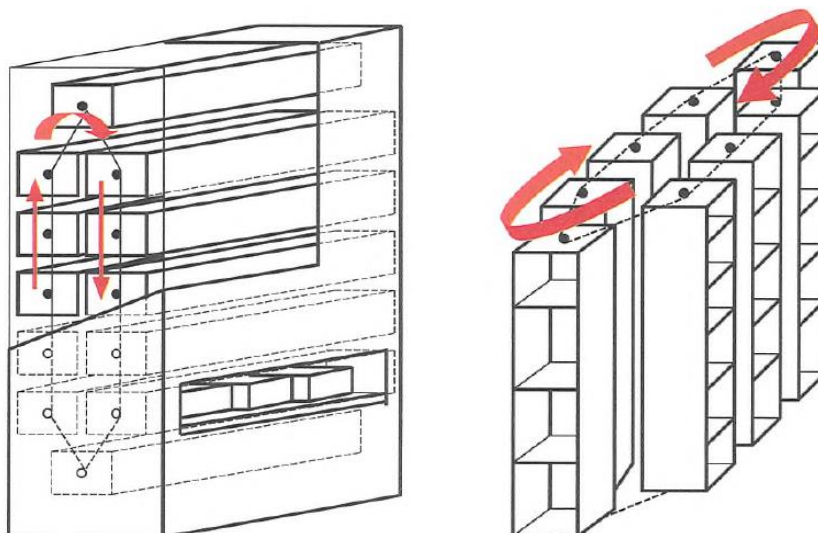
[9]



Obr. 11 – Stromečkové regály (Zdroj: [9])

h) Karuselové systémy

Podstatou systému jsou police umístěné na vertikálních či horizontálních dopravnících. Jsou využívány pro drobné a nákladné součástky v malých či středních objemech. Systémem lze zajistit zabezpečení zboží na vysoké úrovni. Tyto regály patří mezi nejdražší skladovací systémy. [9]



Obr.12 – Vertikální (vlevo) a horizontální (vpravo) karuselové regálové systémy (Zdroj: [9])

3.3.3 Manipulační zařízení

Pro přístup ke zboží kromě automatizovaných systémů pro skladování a vyhledávání je vyžadováno vhodné manipulační zařízení. Jedním z důvodů zavedení manipulačního zařízení je pomoc při lidské manipulaci a zamezení rizik spojených se zvedáním a přemísťováním těžkých břemen.

Z důvodu eliminace lidské práce při vertikálním polohování břemene se využívá zdvihacích plošin, manipulačních schůdků a plošin nebo kladkostrojů. Zdvihacích plošin je využíváno i pro horizontální přemísťování, a to pro jejich stabilitu a mobilitu. Schůdky jsou opatřeny protiskluzovými stupy a mohou být oboustranné a opatřené pojezdovými kolečky. Dalšími pomocnými nástroji pro horizontální přesun jsou rudly, pomocné ruční vozíky a paletové vozíky. Rudly se hodí pro maximální vzdálenost 50 m a přepravu břemen až do hmotnosti 1 500 kg. Ruční vozíky mohou být univerzální či specializované (plošinové, konzolové, skříňové a policové). [9]

Nejrozsáhlejší skupinu manipulačních prostředků představují manipulační vozíky s motorovým pohonem. Pohonné jednotky jsou benzínové nebo naftové. Lze použít také motory na kapalný nebo stlačený plyn, případně využít elektromotory. U vozíků s elektropohonem je hmotnost akumulátorových baterií nahrazena protizávažím. Vozíky dělíme podle výbavy na vozíky se zdvihacím zařízením a bez nich. Řidič může ovládat vozíky vsedě, vestoje nebo v pochodu. [9]

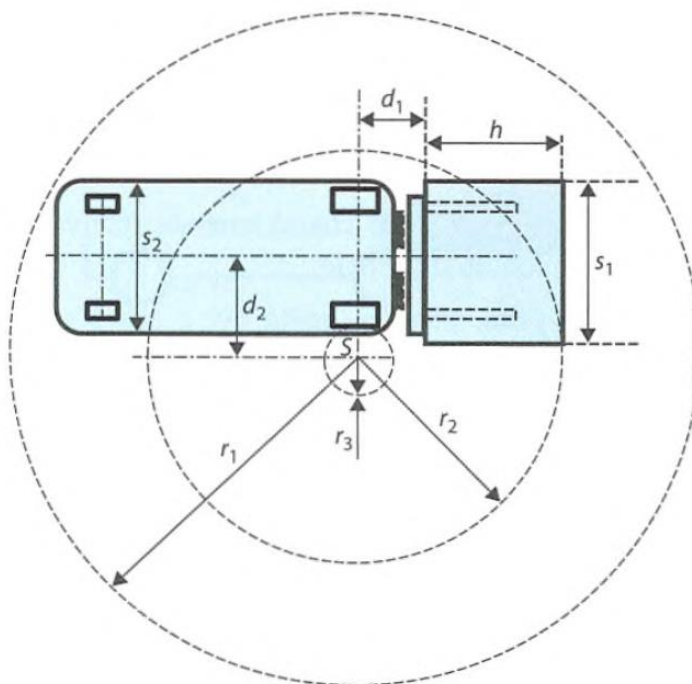
Čelní vysokozdvížné vozíky jsou využívány nejčastěji. Jsou opatřeny zdvihacím zařízením, které je složeno z dvojitého teleskopického stožáru s výsuvnými teleskopickými prvky, na

nichž je polohován nosič a manipulační vidlice. Verze sedací sestavy vyžaduje šířku uliček kolem 3,5 metru. Pojezdová rychlost se pohybuje kolem 20 m/min a výška zdvihu je 6 až 7 metru. Nosnost záleží na druhu pohonu. Pro elektrický pohon se pohybuje v rozmezí 2 až 3 tisíc kilogramů, ale vozíky s dieselovými pohony můžeme použít až pro váhu dvaceti tun. [4, 9]

U dalších typů vysokozdvizných vozíků (s výsuvnými vidlicemi, úzkouličkové) se požadavky na šířku uličky zmenšují až o metr a půl. Pro návrh vlastní skladovací plochy a výpočet šířky manipulační uličky (H) je nezbytné vypočítat půdorysný manipulační prostor vozíku pro jeho otáčení. Závisí na poloměru otáčení a půdorysných rozměrech vozíku. Osa otáčení S je vedle kola přední hnací osy s vnitřním poloměrem $r_3 \sim 100 \text{ mm}$. Poloměr představuje prostor, který opíše pravé přední kolo na Obr. 13. Vnější poloměr r_1 má stejný střed otáčení a vymezuje prostor pro pohyb zadní části vozíku a poloměr r_2 určuje prostor pro pohyb břemene.

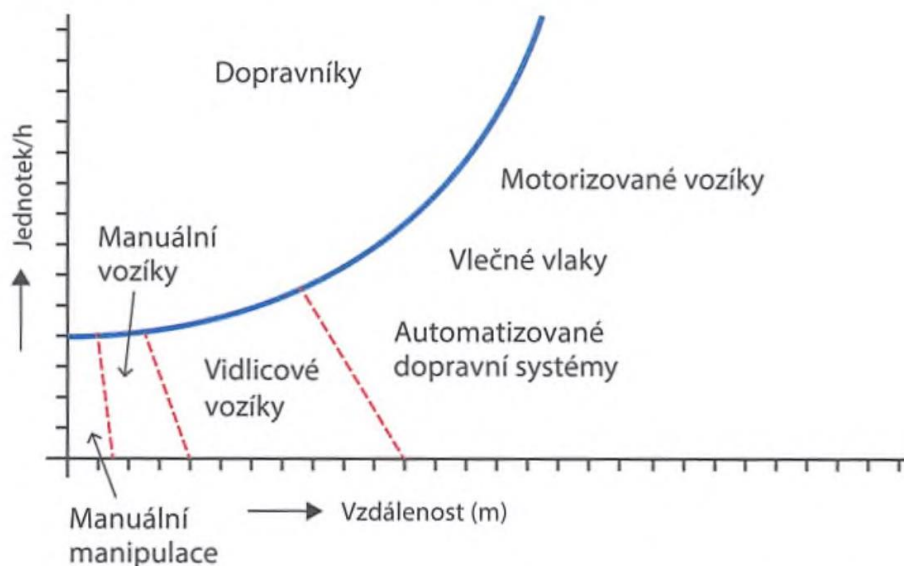
Šířku vypočteme podle vztahu $H = r_1 + r_2 + p$;

kde p je bezpečnostní tolerance pro manipulaci, přibližně 300 až 450 mm. Poloměr r_2 lze vypočítat podle vztahu $r_2 = \sqrt{(h + d_1)^2 + (s_1 - d_2)^2}$, kde h je délka ramene vidlice (břemena) a s_1 je jeho šířkou. Vzdálenost čela vidlice od osy přední nápravy značíme d_1 a vzdáleností d_2 rozumíme délku mezi středem šířky zadní části vozíku a osou přední nápravy. [9]



Obr. 13 – Poloměry otáčení čelního vysokozdvizného vozíku (Zdroj: [9])

Pro přehlednost využití rozdílných typů mechanizačních prostředků v závislosti na využívané vzdálenosti ve skladu a zpracovaných SKU za hodinu je uveden vztah vzdálenosti ke zpracovaným jednotkám za hodinu (Obr. 14). Ruční manipulace je vhodná do dvou metrů výškového a několika metrů horizontálního přesunu (cca do 2 m). Pro větší vzdálenosti (do 20 m) a vyšší hmotnosti měrných jednotek jsou vhodné manuálně obsluhované vozíky. Se zvyšujícími se požadavky na obsluhu za časovou jednotku se hodí využít dopravníků. [9]



Obr. 14 – Parametry výběru mechanizačních prostředků (Zdroj: [9])

4. Přehled metod řešení

Kompletační systémy jsou nedílnou součástí ukazatelů kvality služeb poskytovaných zákazníkům. Cílem je dosáhnout zkompleťované objednávky v požadované struktuře (množství a kvalita) a v co nejkratším čase. Efektivnost kompletačního procesu je měřena produktivitou práce, kompletační dobou a přesností kompletace. Produktivitu práce ovlivňuje zabezpečení rychlé dopravy mezi skladovacími zónami a výrobními linkami nebo pohyb manipulátů mezi lokalizovanými položkami. Přínosem je i určení vhodné lokace skladovaných položek. [9]

4.1 Vhodná lokace skladových položek

Jedním z řešení pro zlepšení produktivity práce je způsob umístění skladových položek. Dvěma základními případy jsou náhodné skladování a skladování na vyhrazeném místě. Pro další zdokonalení naskladnění a vychystávání je dobré položky seskupovat.

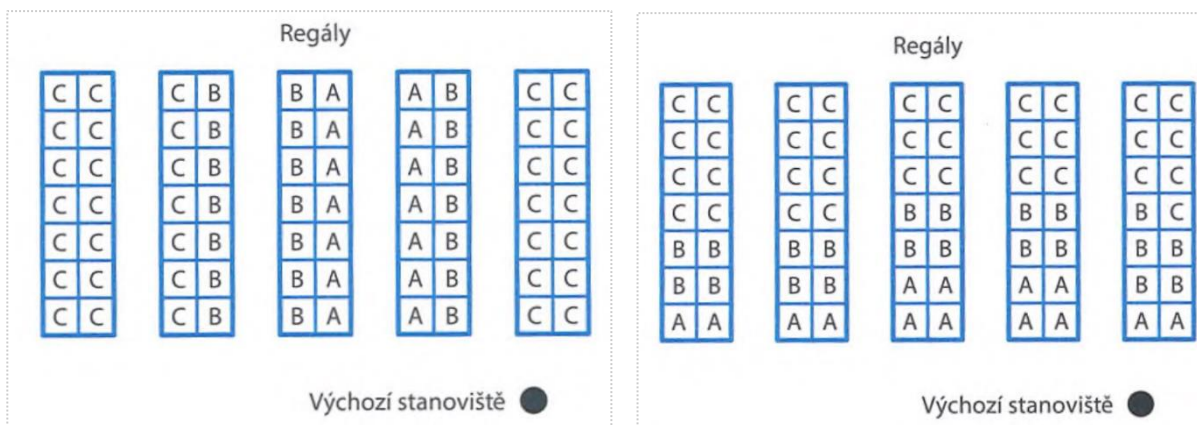
4.1.1 Náhodné skladování

Při metodě náhodného skladování se zboží umísťuje na nejbližší volné skladové místo. Vychystávání zboží je založeno na principu FIFO (first in – first out), tj. zboží, které bylo první ve skladě, je i prvně vyskladněno. Tento princip využívá maximálně skladového prostoru, ale je časově náročný na straně vybírání položek z regálů. Je dobré využít automatizovaného systému. [14]

4.1.2 Skladování na vyhrazeném místě

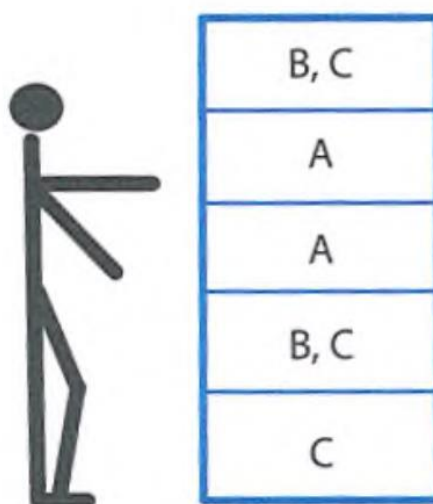
V tomto případě je uskladňované zboží spojené s vyhrazeným místem. Tedy vždy určité zboží nalezneme na stejném místě. Často je využíváno ve skladech s manuální obsluhou. Při uplatnění tohoto způsobu je možné uskladňovat položky podle pořadí jejich typových čísel nebo míry jejich poptávky či podle jejich obratu. [14]

Pro ukládání položek podle obratu je možné využít ABC analýzy, kde skupina s vysokou obrátkovostí je značena A, skupinu B charakterizuje zboží s nižší obrátkovostí a skupina C jsou položky s nízkým obratem. Tyto skupiny můžeme rozdělit na dvě kategorie podle způsobu umístění. V prvním případě je vždy v každém regálu uložena jen jedna ze skupin. Nebo můžou být zahrnuty všechny skupiny v každém regálu. [9]



Obr. 15 – Uložení položek dle skupin (vlevo) a kombinace skupin (vpravo) v regálech (Zdroj: [9])

Lokalizaci v regálech můžeme řešit i ve vertikálním směru. Jde především o usnadnění při manuálních operacích. Skupinu A je vhodné umísťovat do středních pozic regálů a skupiny B a C do nižších či vyšších míst. [9]



Obr. 16 – Umístění položek ve vertikálním směru (Zdroj: [9])

4.1.3 Seskupování produktů

Pro lepší uspořádání zboží ve skladu je možné seskupovat podle jejich kompatibility, komplementarity nebo oblíbenosti.

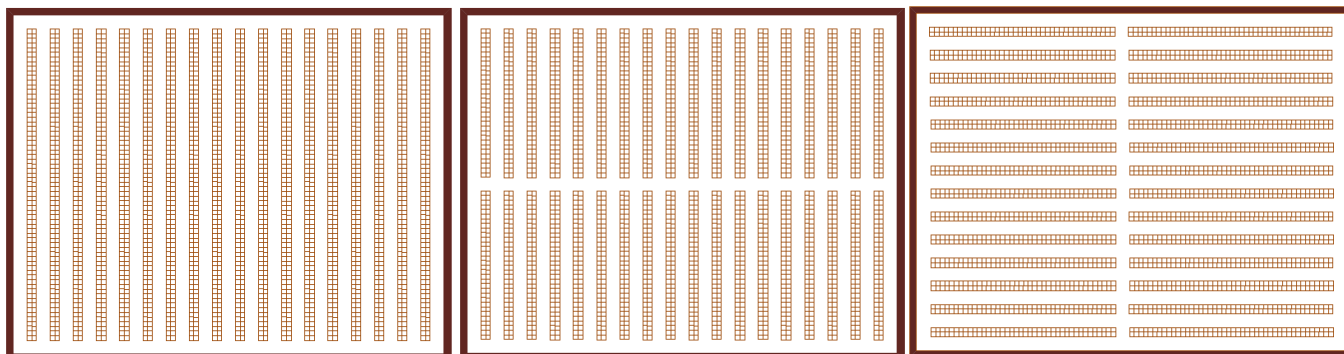
- kompatibility – zajišťujeme možné společné seskupení; je nutné zjistit, zda se zboží negativně neovlivňuje či dokonce není zakázáno,
- komplementarita – řešíme, zda se zboží neobjednává společně pro jejich doplňkovost; v tomto případě je vhodné společného uskladnění,

- oblíbenost – seskupení podle tohoto typu souvisí s rozdílnými obrátkami zásob nebo s rozdílnou poptávkou; pro poptávanější zboží platí nejbližší umístění u příjmu zboží a expedice zboží; označujeme také jako skladování dle obrátkovosti. [14]

V každém případě platí pro seskupování vždy tyto základní kritéria. Položky s rychlým obratem jsou umísťovány neblíže místu příjmu a expedice. Naopak zboží s malým obratem se umístí na místa nejvzdálenější k místu expedice. V obou případech dosahujeme minimalizace přepravní vzdálenosti, buď cesty zkrátíme či jezdíme minimálně. Zbývající skladová plocha je vhodná pro pravidelně docházející produkty či produkty, které vyžadují určité způsoby úpravy. Co se týče uliček, hledíme především na umožnění efektivního pohybu při příjmu do skladových míst a ze skladových prostorů do míst expedice. [12, 14]

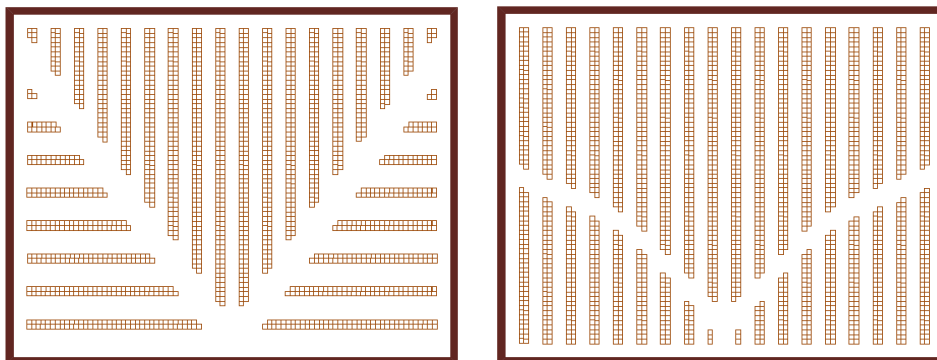
4.2 Konfigurace manipulačních uliček

Ve druhém bodě se zaměříme na rozmístění regálů v obvyklém obdélníkovém tvaru skladu a tím vzniklé manipulační uličky. Uvedeme si dva základní typy. Jako první se zmíníme o uspořádání paralelních příčných uliček ve skladu. Regály můžeme mít dlouhé po celé šíři skladu nebo využít uličky na kolmo těm rovnoběžným manipulačním uličkám uprostřed skladu. Využíváme zde paralelního probíhání se směrem toku materiálu. Tento typ umožňuje přímý pohyb mezi místy skladování při zavedení dvojích příkazů. Dvojími příkazy uvažujeme, že pracovník si načte zboží pro vyzvednutí a uložení. Nejprve cestuje do úložiště z důvodu uložení zboží a následně do jiné lokace pro vyzvednutí zboží a vrací se zpět na prvotní místo. Použití této metody je zbytečné, když je příjem a výdej na protilehlých stranách. [4, 12]



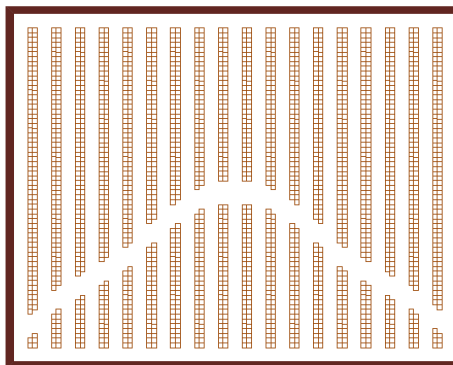
Obr. 17 – Tradiční uspořádání rovnoběžných příčných uliček ve třech variantách (Zdroj: [12])

Můžeme také brát v úvahu několik faktorů, které mohou změnit pohled na vyhovující paralelní příčné uličky. Jsou jimi délka, šířka, počet a tvar manipulačních uliček a umístění vstupů a výstupů ze skladu. Nový design Fishbone a Flying-V, neboli využití šikmých uliček ve tvaru písmene V, umožňuje 10 až 20 % snížení cestovní vzdálenosti. Přínosy jsou v případě, že je většina pohybu se zbožím spojena s centrálním expedičním místem neboli místo příjmu zboží a výdeje je na stejném místě. [4, 12]



Obr. 18 – Rozložení typu Fishbone (vlevo) a typu Flying-V (vpravo) (Zdroj: [12])

Poslední možností je využití designu Inverted-V, které je částečnou kombinací obou předchozích typů. Je využito také šikmých uliček, jak je vidět na obrázku 19, a je použita metoda dvojích příkazů. Tento typ konfigurace uliček přináší další úspory (asi 3 %) v jízdních dobách. [12]



Obr. 19 – Inverted-V design umístění (Zdroj: [12])

4.3 Výběr vychystávacích tras

Plánování procesu vychystávání je ovlivněno pořadím, ve kterém jsou obcházeny jednotlivé lokality, na nichž je umístěno zboží tvořící objednávku. Nejvíce časově náročná část procesu je samotné cestování po skladu a má přímý vliv na přesnost objednávky a dodací lhůty. Cestovní doba pro výběr zboží je neúčelné využití pracovního času, která navíc stojí firmu další náklady. Proto zacílíme na řešení zlepšení tohoto kroku. [9, 12]

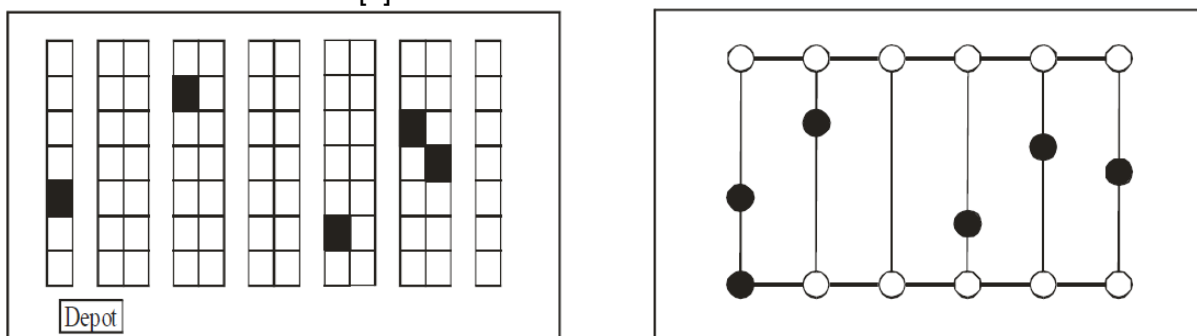
Zaměříme se na metody, které vznikly pro řešení problémů kombinatorické optimalizace. Optimalizaci procesu charakterizují omezující podmínky, které popisují množinu přípustných řešení úlohy a účelová funkce, která přiřazuje řešením funkční hodnotu. Snažíme se získat minimální (nebo maximální, dle nastavení podmínek) řešení. Problémy je možné řešit exaktními metodami, kde dosáhneme optimálního řešení, avšak jsou vhodné spíše pro úlohy menšího rozsahu. Řešení v reálném čase je nevyhovující. [15]

Pro složitější úlohy se užívají heuristické metody obecné nebo problémově specifické. Heuristiky problémově specifické jsou vázané na dané kritérium a jsou vhodné pouze pro jednu konkrétní úlohu, nebo je užíváno obecné heuristiky nebo metaheuristiky, které poskytují univerzální vyhledávací metody. Nezaručují nalezení optima, ale produkují přijatelná řešení v rozumném čase. [15]

4.3.1 Problém obchodního cestujícího

Řešený problém je založen na modelu problému obchodního cestujícího z anglického spojení Traveling Salesman Problem (TSP). Problém obchodního cestujícího je typický pro situaci, kdy obchodník potřebuje navštívit několik měst právě jednou a docílit minimální ujeté vzdálenosti, díky znalosti vzdáleností mezi všemi páry měst. Obchodník začíná a končí ve stejném městě. [7]

Vychystávání objednávek ze skladu je zvláštním případem TSP, ve kterém je cestování omezeno uličkami. Výběr ve skladu je stejný s TSP tím, že skladník vychází z místa, kde přijímá dokumenty, následně musí navštívit všechna místa výběru a vrátit se do místa odkud skladník vycházel. Pro představu uvádím uspořádání skladu s výběrem na grafové převedení na Obrázku 20. Existují zde odlišnosti oproti klasickému TSP. V grafu uzly představují jednak umístění zboží (černé barvy) a jednak konce uliček mezi regály (bílé barvy). Černé uzly znázorňují zboží, které se musí vychystat pro zkompletování objednávky. Všechny uzly můžeme navštívit vícekrát. [7]



Obr. 20 – Podobnost problému – graf cesty skladem (Zdroj: [7])

Většina systémů pro řízení skladu nepodporuje optimalizaci tras pro vychystávání nebo v omezené míře. Systém nezachovává informace o vzdálenostech mezi všemi páry úložných míst. Komplikace je především v časové náročnosti a nutné aktualizaci při každém fyzickém uspořádání. V lepším případě řekne WMS posloupnost vybíraných lokací, ale neukáže nejkratší cestu. [4]

Jedná se o obtížný optimalizační problém, kde neznáme exaktní metodu řešení, která by byla dostatečně rychlá.

Matematická definice

Obecnou verzi úlohy TSP definujeme na obecné dopravní síti $S=(V,H)$, kde V je množina uzlů sítě a H je množinou hran spojujících tyto uzly. Uzel V_0 je výchozím depem a ostatní uzly V_1, \dots, V_n představují místa vyžadující obsluhu. Úlohou je v libovolném pořadí obsloužit všechny uzly právě jednou a sestavit trasu T , aby součet vzdáleností byl minimální. Trasa začíná a končí v depu.

4.3.2 Metody řešení TSP

Většina exaktních metod pro TSP používá model celočíselného lineárního programování. Za jeho pomoci bude úloha řešena v další části práce.

Lineární programování ¹

Jedná se o nejrozšířenější oblast v operačním výzkumu v praxi. Matematický model úloh lineárního programování (dále uváděno jen LP) má jedinou lineární účelovou funkci a vlastní omezení úlohy, která jsou popsána pouze lineárními rovnicemi a nerovnicemi. Matematickým modelem úlohy LP s n neznámými a m vlastními omezeními, kde $m, n \in N$, rozumíme úlohu nalézt extrém, tedy maximalizovat či minimalizovat

$$z = c_{11}x_1 + c_{12}x_2 + \dots + c_{1n}x_n$$

za podmínek

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \dots + a_{1n}x_n \leq b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \dots + a_{2n}x_n \leq b_2$$

$$\cdot \quad \cdot \quad \dots \quad \cdot \quad \dots \quad \cdot$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \dots + a_{mn}x_n \leq b_m$$

a

$$x_j \geq 0 \text{ pro } j = 1, 2, \dots, n,$$

kde x_j jsou strukturní neznámé, a_{ij} nazýváme strukturními koeficienty, b_i pravou stranou a c_j cenovými koeficienty.

Simplexova metoda je obecný algoritmus pro řešení úloh LP. Vždy vycházíme již z nalezeného neboli výchozího základního řešení úlohy LP. Konkrétní základní řešení volíme podle jednotkové změny hodnoty účelové funkce při přechodu k nové množině základních řešení

¹ Teorie převzata ze zdrojů [18], [21] a [22].

neboli bázi, lišící se v jedné proměnné, nikoli náhodně. Řešíme do doby, dokud je možné získat lepší hodnotu účelové funkce.

- **Celočíselné lineární programování**

Jestliže budeme klást důraz na dělitelnost některých komodit, či mít proměnné v oboru celých čísel a naopak nepovažujeme za důležité nezápornost neznámých, nazýváme úlohy úlohami celočíselného lineárního programování. Dále je dělíme podle podmínky celočíselnosti na ryze celočíselné úlohy LP nebo smíšené celočíselné úlohy LP. V ryze celočíselných úlohách se vztahuje celočíselnost na všechny proměnné. Ve smíšených celočíselných úlohách LP je podmínka vztahována jen na některé proměnné.

Tyto úlohy se v praxi vyskytují často, avšak výpočet optimálního řešení je velmi náročný. Nelze použít simplexovou metodu, která hledá optimální řešení na množině všech nezáporných reálných čísel. Dále uvádím dva typy algoritmů pro jejich řešení, které jsou vhodné pro ryze i smíšeně celočíselné úlohy LP. Obě metody vychází z množiny přípustných řešení úlohy LP bez podmínek celočíselnosti.

METODA VĚTVENÍ A MEZÍ

Metoda funguje na principu rozdělení prohledávacího prostoru na menší podmnožiny. Jsou vytvořeny větve stromů a postupně jsou vyhledávána optimální řešení s celočíselnou podmínkou. Větvě jsou postupně ukončovány, buď dosažením celočíselného řešení, nebo nalezením neceločíselného řešení s dolní mezí účelové funkce, které je vyšší než maximální hodnota účelové funkce již nalezeného dříve a nebo nenalezením přípustného řešení.

METODA SEČNÝCH NADROVIN

Pokud při počátečním použití simplexovy metody pro nalezení optimálního řešení nezískáme celočíselné řešení, je při každém dalším kroku vytvořeno jedno další omezení, které odděluje z této množiny přípustných řešení podmnožinu, která neobsahuje celočíselné řešení. V dalším kroku je pro nově vzniklou soustavu omezení opět využita simplexová metoda pro nalezení optimálního řešení. Opakujeme, dokud nezískáme optimální celočíselné řešení.

Metoda Lin-Kernighan

Heuristika Lin-Kernighan funguje na principu nahrazování určitého počtu (μ) hran výchozího řešení, kde dojde ke zkrácení celkové trasy. Neboli dojde v každém kroku k odstranění stávajících vazeb a vložení vazeb nových. Trasa se stává optimální, když již nelze nahradit jakoukoliv z hran jinou. [4]

Nevýhodou je, že se předem musí stanovit hranice počtu výměn μ , jelikož volíme mezi kompromisem - dobou výpočtu nebo kvalitou řešení. Nejčastěji jsou používány hodnoty rovné 2 nebo 3. [4]

4.3.3 Metody kompletačních okruhů

Často využívanou strategií je vychystávání jednorázové, kdy sběrači vybírají položky pro jednotlivé objednávky najednou. Problém vychystávání je většinou řešen heuristickými metodami. Všechny metody byly vyvinuty pro jednoblokové sklady bez příčné uličky. Metoda S, středová metoda a metoda největší mezery uvažují přístupnost uliček z obou stran, ale u návratové metody připouštíme možnost vstupu do uliček pouze z jedné strany. [9, 12]

S metoda

Jedná se o nejjednodušší metodu. Spočívá v postupném navštívení všech skladovacích míst v uličkách a vybírání požadovaných položek. Cesta má tvar několikanásobného S, od čeho jej odvozen název metody. Metoda se využívá především při velkém množství kompletovaných položek.

Návratová metoda

Při této metodě navštěvuje vyběrač jednotlivé uličky pouze z čelní strany do hloubky podle nejvzdálenější lokalizované položky v uličce. Následně se vždy vrací zpět k čelní straně a opakuje postup u dalších uliček. Metodu použijeme v případě, když je regálový systém přístupný jen z jedné strany.

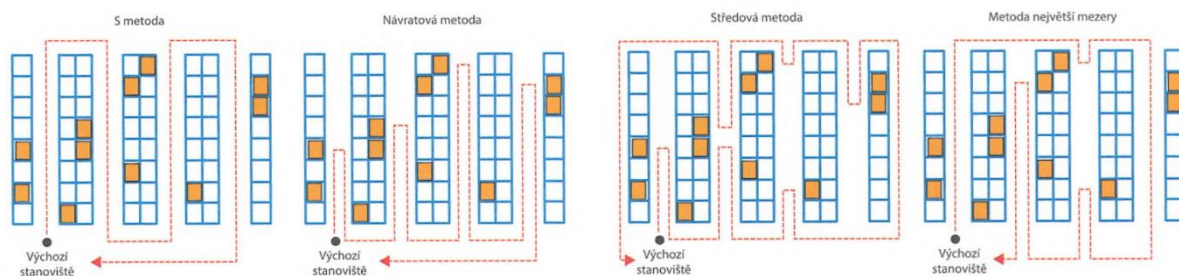
Středová metoda

V tomto případě manipulát dojde vždy maximálně do středu a vrací se zpět. Potom pokračuje ve vybírání dalších položek ve vedlejších uličkách a následně prochází uličky do středu i z druhé strany. Metoda je doporučována při výběru menšího množství zboží.

Metoda největší mezery

Tato metoda je založena na zákazu průchodu uličkou, ve které je největší mezera, kterou definujeme jako mezeru mezi začátkem uličky a první vybranou lokací nebo mezi dvěma navazujícími lokacemi ve stejné uličce, nebo posledním výběrem a koncem uličky. Pracovník se vrací zpět na začátek uličky, ze které vyšel při příchodu k největší mezeře. Po zpáteční cestě manipulát sebere nevybrané položky. Pokud není manipulát řízen informačním systémem, je tato metoda obtížná.

Tyto čtyři metody výše lze spojovat v různé kombinaci. [9]



Obr. 21 – Čtyři metody kompletačních okruhů (Zdroj: [9])

Při menších objednávkách je možné vychystávání spojit do jedné objednávky a cesty, označujeme to jako dávkování. Nebo je možné rozdělit proces vychystávání do jednotlivých zón skladu (do menších částí skladu). Výhodou je snížení vytíženosti uliček a zmenšení najeté vzdálenosti, jelikož se zboží nachází na jednom místě. Nevýhodou je pak složitější konsolidace objednávky. [12]

5. Posouzení skladových procesů a jeho rozložení

Sklad firmy slouží především pro zabezpečení výrobní činnosti podniku. Je však využit i pro fázi distribuce neboli uskladnění hotových výrobků – jízdních kol. Malá část skladu prozatímně slouží jako velkoobchod náhradních dílů k jízdním kolům. Zaměříme se na zboží, které patří do výrobního procesu.

5.1 Skladové procesy ve firmě

Většina zboží přichází ze třetích zemích (Čína, Tchaj-wan) a je nutné ho nejdříve proclít a propustit do volného oběhu zboží. Pouze při cca 15% dovozu zboží se jedná o zboží z Evropské unie a toto zboží patří především do velkoobchodního skladu. V první fázi – příjmu zboží – je tedy nutné nahlásit příjem zboží outsourcingové firmě, která zajišťuje fázi proclení zboží. Firma BP Lumen využívá schváleného místa vykládky Celní správou České republiky neboli dočasný sklad, kde je možnost mít uskladněné zboží bez propuštění do volného oběhu a odpadá jim povinnost jezdit s veškerým zbožím na Celní úřad.

Veškeré zboží je tedy nejprve vyloženo do tohoto prostoru. A teprve po propuštění do volného oběhu, je možné zboží identifikovat. Značení zboží je v převážné míře rozeznatelné v návaznosti na objednávku firmy BP Lumen. Kontrola zboží probíhá pomocí štítků na kartonech a dodacího listu. Bohužel se stává, že štítky nesouhlasí vůči reálnému množství. Není ale reálné otevírat veškeré nákladové kusy a kontrolovat zásilku kusově. Jeho množství z dodacího listu je zaneseno do evidence skladového systému. Po vytvoření konceptu příjemky jsou kartony označeny číslem z programu Altus Vario podle daného štítku, na kterém je uveden typ zboží, název kola, projekt, rozměr kola, množství a pokud se liší barevné varianty pro toto zboží, tak i barva značená kódem.

Při naskladnění zboží dochází k přemístění zboží z dočasného skladu na určenou lokaci ve skladových prostorech pomocí příjemky a mobilní aplikace. Pracovník skladu musí zadat jednotlivá čísla zboží z programu Altus Vario, která jsou uvedena v příjemce, do mobilní aplikace. Mobilní aplikace při zadání kódu zboží ukáže popis a fotografii zboží, pro kontrolu. Následně pracovník určí pozici patra (1 až 4) a načte čárový kód regálového místa. Nakonec pracovník doplní dané množství a potvrdí, že se jedná o příjem zboží.

Vychystávání zboží se praktikuje na stejné bázi, jako při naskladnění zboží. Pracovník skladu má však k ruce výrobní výkaz namísto příjemky. Pro nalezení správné lokace zboží pracovník zadá číslo zboží z programu Altus Vario, která jsou uvedena ve výrobním příkazu a potvrdí, že se jedná o výdej. Vždy je využíváno jednorázové metody vychystávání, neboli výběr zboží při

jedné cestě. A následně je zboží vyskladněno do výrobní haly, která se nachází nad skladovými prostory.

5.2 Systém řízení skladu firmy

Firma využívá podnikový software (SW) Altus Vario kategorie „all-in-one ERP/CRM systém“. SW je určený ke zpracování veškerých firemních agend. S jeho pomocí lze řešit pracovní činnosti v oblastech práce s klienty (adresář, deník aktivit), nákup a prodej zboží a služeb (sklady, zakázky, objednávky, fakturace, prodejna), zakázkové výroby, vedení účetnictví a daňové evidence, personalistiky, mezd a další. Tyto činnosti jsou rozděleny do modulů, aby se zamezilo složitosti. [2]

Altus Vario je primárně navržen pro středně velké firmy. Program je variabilní. Může být nainstalován na jediný počítač nebo naopak může mít databáze na SQL serveru nebo lokálním disku. Jsou využívány standardy MS Windows a MS Office. [2]

Softwarový modul pro správu skladu nabízí řízení skladových zásob na základě objednacích strategií, libovolný počet skladů, evidenci variant produktů, propojení s e-shopem nebo evidenci umístění skladových položek ve skladu. Skladové karty jednotlivých produktů obsahují přehled o aktuální zásobě ve skladu, blokováném množství či naopak dostupném množství. Pro skladové lokace lze definovat rozměry, pro jaké zboží je určená a jaká je její kapacita. Následně je obsahem skladové karty i přehled pozic s daným množstvím. [2]

Firma má jen modul pro správu skladu. V praxi však společnost využívá softwarový modul zásobování pouze pro evidenci produktů a vystavování objednávek. Nedochozí k žádnému propojení s dalšími agendami firmy. Pro účetnictví je využíváno programu Pohoda.

5.3 Rozložení skladu firmy

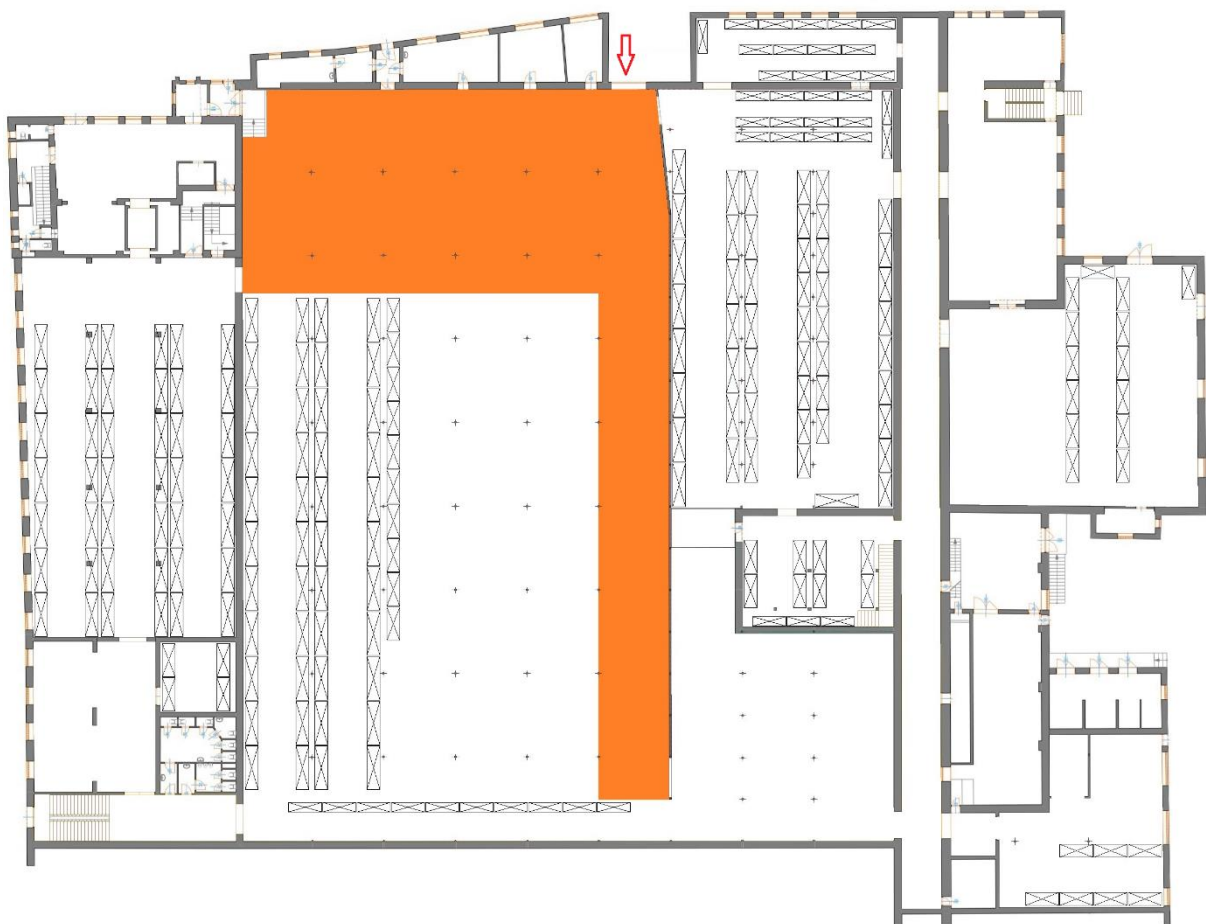
Ve firmě jsem se zaměřila na velikost skladové plochy, dělení skladu dle funkčnosti, dispoziční řešení prostoru a využívanou manipulační techniku.

5.3.1 Velikost a druhy skladů

Čtverečná plocha skladu činí necelé čtyři a půl tisíce metrů. Skladová plocha je členěna do několika částí – dočasný sklad, celní sklad, sklad pro materiál potřebný pro výrobu, sklad pro uskladnění podkompletů, sklad hotových výrobků a sklad pro velkoobchodní zboží (náhradní díly).

O využití dočasného skladu jsem se zmínila z úvodu této kapitoly. Pro přehlednost je dočasný sklad zvýrazněn na Obrázku 22. Šipka znázorňuje jediné místo příjmu zboží. Těmito vraty

dochází k vykládce veškerého zboží pod celním dohledem z dopravního prostředku do dočasného skladu. Dočasný sklad je prvotním a prozatímním místem zboží ve skladu.



Obr. 22 – Umístění dočasného skladu (Zdroj: firma BP Lumen)

Dalším druhem skladu, který je ve firmě využíván, je celní sklad. Celní sklad umožňuje odklad platby cla a DPH po celou dobu uskladnění zboží, které bylo dovezeno ze třetích zemí. Pokud je zboží vyváženo do třetí země přímo ze skladu, clo ani DPH se neplatí. V případě celního skladu v prostorách firem musí mít firma Povolení pro režim s hospodářským účinkem schválené Celní správou. V případě, že je provozován celními orgány, toto povolení není potřeba. Firma tohoto skladu využívá, jelikož je majitelem Povolení režimu konečného užití, které umožňuje propouštět dovážené zboží při splnění druhu zpracování za jiných podmínek (nižší antidumpingové clo pro zboží do 299 kusů měsíčně). Na Obrázku 23 je celní sklad znázorněn písmenem F.



Obr. 23 – Půdorys skladových hal (Zdroj: firma BP Lumen)

Materiál potřebný pro výrobu je uskladňován v halách A a B. Výměra pro sklad A je 650 m² a pro sklad B je 2250 m². Pro uskladnění podkompletů slouží hala V o velikosti 115 m². Sklad C je prozatímne využíván pro velkoobchodní zboží.

5.3.2 Dispoziční řešení

Dispoziční řešení skladu rozděleno do dvou částí. V jedné části skladu B se jedná o skladování ve volném prostoru skladu. Jsou zde uskladňovány převážně všechny rámy, ráfky a pláště pro jízdní kola. Tohoto způsobu je využíváno především pro možnost stohovatelnosti ráfků a ráků. Pláště tu jsou uskladněny z důvodu jejich špatné umístitelnosti kdekoli ve skladu. Zboží je uspořádáno do pěti řad (PL1-PL5). Jedná se tedy o řádkově stohovatelný sklad.

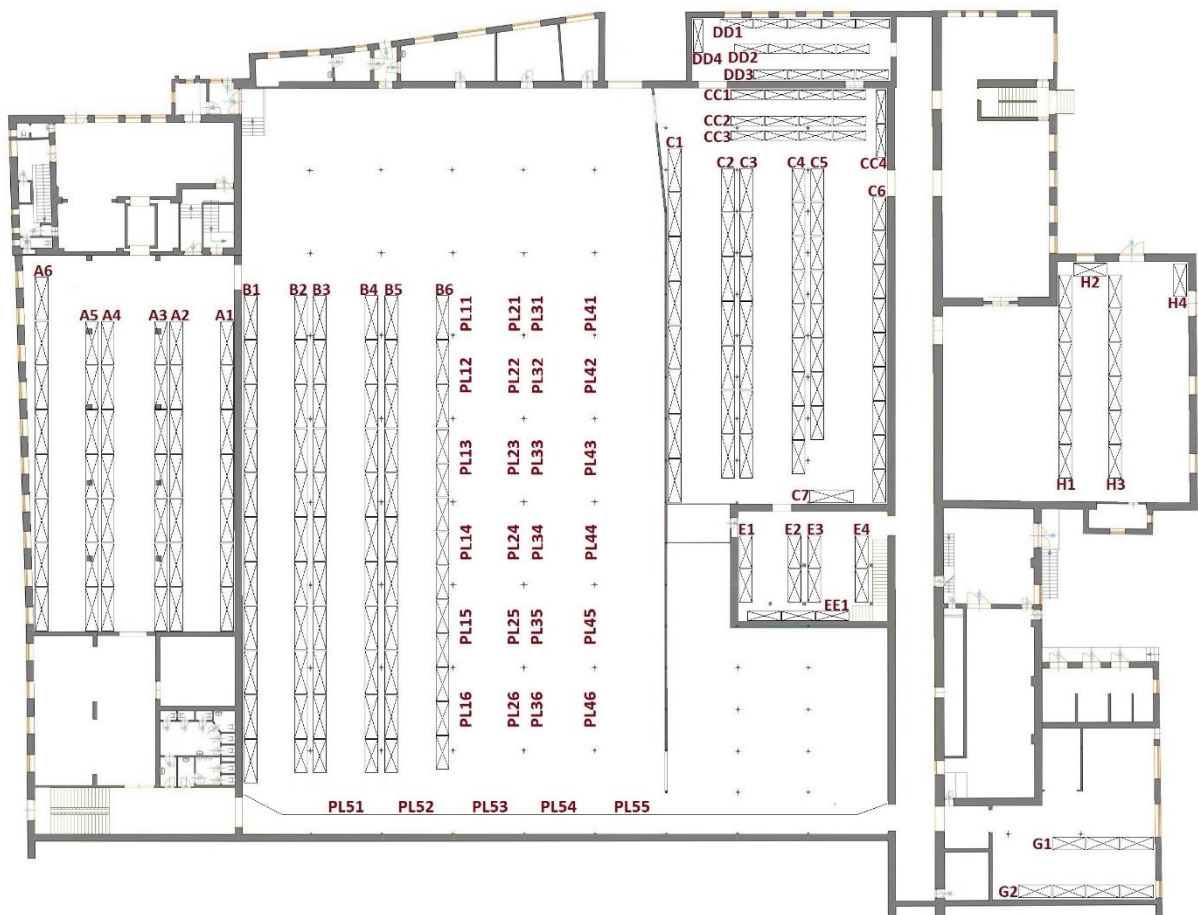


Obr. 24 – Sklad B – bezregálová oblast (Zdroj: vlastní zpracování)

V druhé části skladu B a v celém skladu A je využíváno paletových regálů, které jsou ale nakombinovány s policovými regály. Ty jsou umístěny do druhého patra, pro lepší manipulovatelnost s drobným zbožím. Ve skladu A i B je šest řad regálů, tedy celkem dvanáct řad regálů pro materiál potřebný pro výrobu.



Obr. 25 – Sklad A – regálová oblast (Zdroj: vlastní zpracování)



Obr. 26 – Rozmístění regálů ve skladech a umístění řad ve volné ploše skladu (Zdroj: firma BP Lumen)

5.3.3 Používaná manipulační zařízení

K manipulaci se zbožím je využíváno manipulačních zařízení firmy Toyota. Jedním z používaných zařízení je čelní vysokozdvíhací vozík Toyota Traigo 24, model 7FBEST13 (Obr. 27).



Obr. 27 – Vysokozdvíhací vozík Toyota Traigo 24 – model 7FBEST13 (Zdroj: [19])

Jedná se o nejmenší čelní vozík od společnosti Toyota. Vozík je tříkolový a elektrický. Je vhodný pro lehké až středně náročné aplikace. Díky kompaktním rozměrům lze operovat s vozíky v omezeném prostoru výrobních závodů a snadněji ukládat zboží ve skladových systémech s úzkými pracovními uličkami. [19]

V Tabulce 1 jsou uvedeny parametry, charakterizující základní rozměry a nosnost vysokozdvížného vozíku.

PARAMETRY VOZÍKU	HODNOTA
Šířka	990 mm
Délka	2525 mm
Poloměr otáčení	1400 mm
Šířka pracovní uličky (paleta 1000x1200mm)	3060 mm
Šířka pracovní uličky (paleta 800x1200 mm)	3180 mm
Zdvih (maximální výška zdvihu)	3270 mm (6,5 m)
Nosnost	1250 kg

Tab. 1 - Technické parametry vysokozdvížného vozíku (Zdroj: [19])

Dalším zařízením používaným ve skladu k manipulaci je ručně vedený elektrický vozík Toyota BT SWE120L.



Obr. 28 – Ručně vedený vozík Toyota BT SWE120L (Zdroj: [19])

Jedná se o typ zakladače BT Staxio W-série s velkou nosností, verzi se zdviženými podpěrnými rameny s vyšší světlou výškou pro práci na nerovných površích a na rampách. Tento zakladač umožňuje výhled skrz stožár a možnost jízdy s řídicí ojí ve vzpřímené poloze. Model je vybaven pětikolovým podvozkem pro snazší ovládání a stabilitu. V Tabulce 2 jsou opět shrnuty vlastnosti zařízení. [19]

PARAMETRY VOZÍKU	HODNOTA
Šířka	770 mm
Délka	1910 mm
Poloměr otáčení	1393 mm
Šířka pracovní uličky (paleta 1000x1200mm)	2293 mm
Šířka pracovní uličky (paleta 800x1200 mm)	2281 mm
Zdvih (maximální výška zdvihu)	3210 mm (4,5 m)
Nosnost	1200 kg
Maximální kapacita baterie	300 Ah
Maximální rychlost pojezdu	6 km/h

Tab. 2 – Technické parametry ručně vedeného vozíku (Zdroj: [19])

Pro vychystávání je používáno pomocných manipulačních vozíků na Euro přepravky. Vozíky jsou pohyblivé pomocí otočných koleček opatřené dvěma brzdami a se sklonem polic pro snadnější využití.



Obr. 29 – Vozík na přepravky (Zdroj: [13])

6. Rozmístění zboží na skladových lokacích

V této kapitole se zaměříme na současný systém rozmístění skladových položek ve skladu a nynější způsob vychystávání zboží do výroby.

6.1 Současný systém rozmístění skladových položek

Ve sledovaném skladu je využíváno především intuitivního rozmístění zboží v závislosti na toku zboží do výroby, avšak je zde využíváno částečného seskupování produktů podle komplementarity zboží. Zboží je hierarchicky uskladňováno podle vztahů k jednotlivým projektům či zakázkám do řad regálů. Ve skladu využívají i rodinného seskupení podle vztahu podobnosti či rovnosti zboží – slučování jednotlivých komponentů kol na jednom místě. Tento způsob skladování se částečně prolíná se skladováním na vyhrazeném místě, které zůstalo z bývalého rozložení skladu charakteristické menším objemem výroby, nižšími skladovými zásobami a nižším počtem skladníků. Pro příklad si můžeme uvést, že pro kola objednaná nejmenovaným zákazníkem je vyhrazen prostor v řadách A1 a A2 a pro ostatní projekty je zboží značky Shimano uskladňováno v řadách B3 a B4.

Podkomplety, např. řídítka, vidlice či rámy, se vrací z výroby do skladovacích prostor části V. Vypletená kola se montují v hale H, nikoliv ve výrobní hale. Následně jsou také uskladněny v mezipatře (hala V) pro naskladnění do výroby k finálnímu vychystání pro montáž jízdního kola.

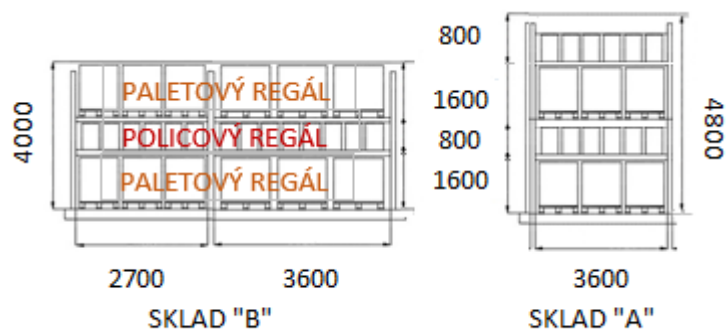
Finální výrobky z výroby se skladují na volné ploše ve skladu B – bez regálů. Výrobky nalezneme rozmístěné i na jiných plochách v celém skladu, kde je využíváno veškeré volné skladové plochy. Firma tedy nemá určené skladové prostory pro hotové výrobky.

Pro každý typ jízdního kola se liší počet dílů. Počet komponentů na jízdní kolo se pohybuje převážně v rozmezí 40 až 50 kusů. Při větším množství komponentů, které může být i dvojnásobné - 90 ks, se jedná o díly pro zabezpečení všech dílů proti krádeži. Jedná se o jízdní kola v systému sdílení kol pro rychlé přesuny ve městech (anglicky známé pod názvem Bike Sharing System).

Jak je vidět na Obrázku č. 30, ve vertikálním směru umístování zboží rozlišujeme regály na policové a paletové. Značíme je číselně od jedné do tří ve skladu B a ve skladu A patrem prvním až čtvrtým. Od podlahy první a třetí regály jsou paletové, každý po výšce 1,6 m. Zde jsou uskladňovány objemnější nákladové kusy a do prvního patra regálu je situováno těžší zboží (baterie, motory). Mezi nimi ve výšce sto šedesáti centimetrů je umístěn regál policový o výšce osmdesáti centimetrů pro uskladnění menších komponentů pro jízdní kolo (např. spojovací materiál, displeje nebo přehazovačky). Ve skladu A je zboží skladováno i do čtvrtého

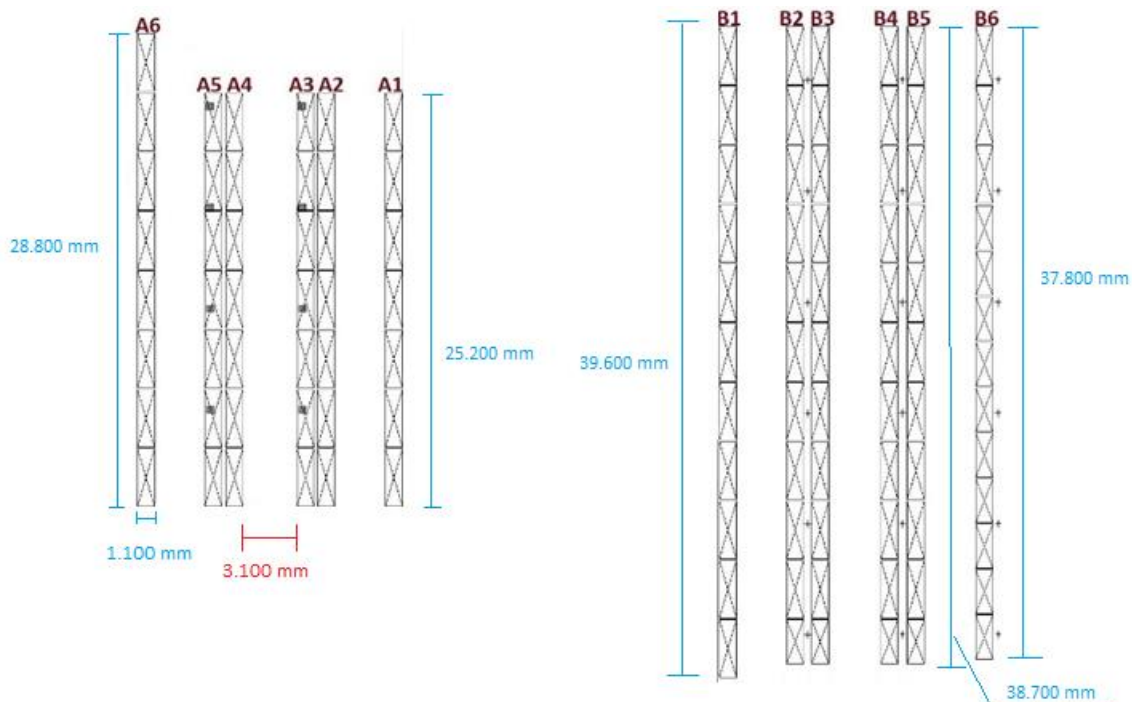
paletového regálu do výše skladové haly (4,8 m). Každé systémově zaznamenané skladové místo, ve všech případech regálů, je použito pro více druhů zboží. Ve vertikální poloze je upřednostňováno především uskladňování v prvním a druhém regálu.

Regál je rozdělen na tři paletová místa. Každé paletové místo je označené čárovým kódem. Avšak pouze 15 % zboží je skladováno na paletách. Většina zboží je balená atypicky.



Obr. 30 – Výškové rozestavení regálů ve skladu A a B (Zdroj: vlastní zpracování)

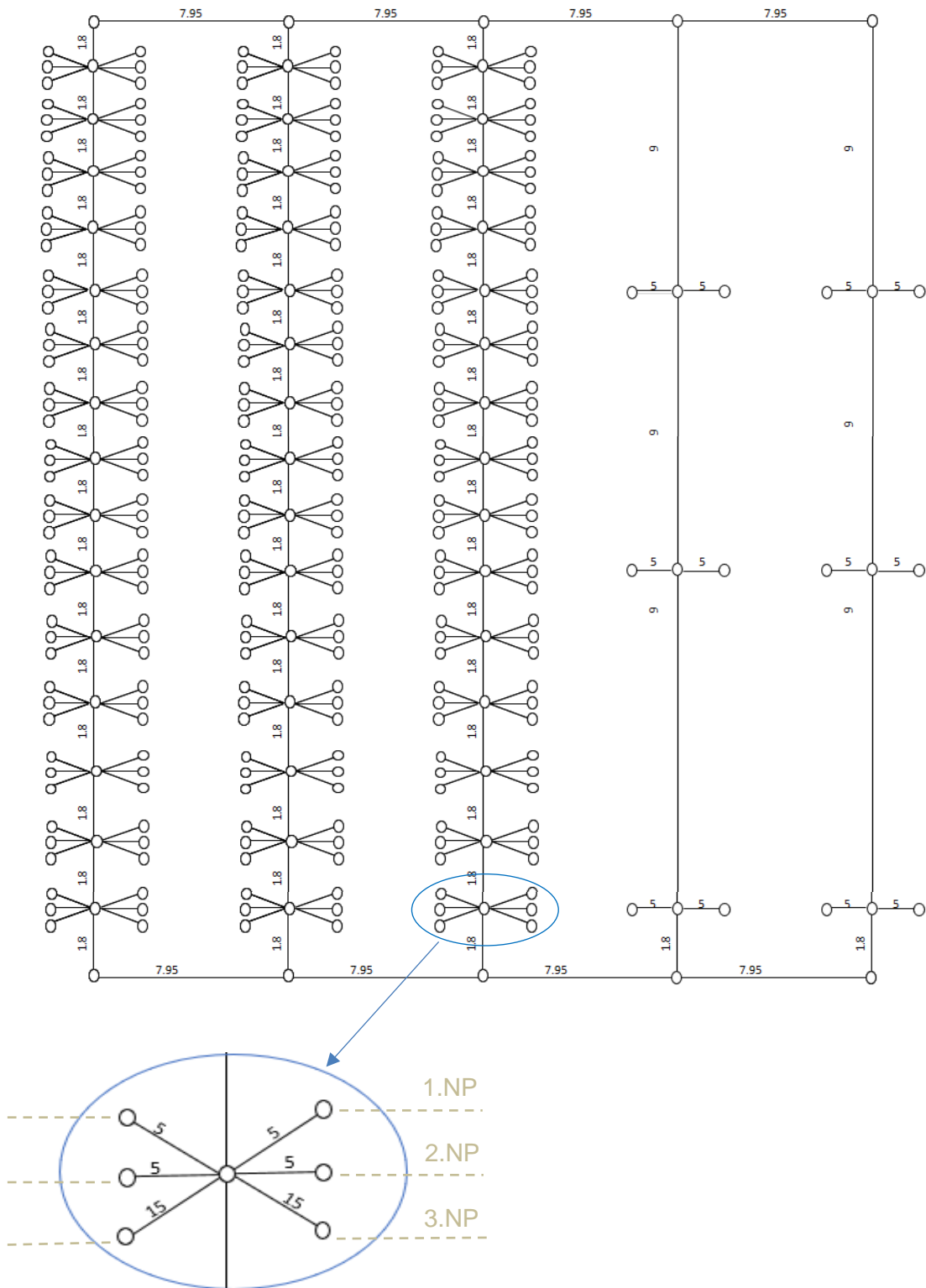
Ohledně konfigurace manipulačních uliček je využíváno uspořádání paralelních příčných uliček. Ve skladech A a B je celkem 12 řad regálů, tedy 6 manipulačních uliček. Šířka manipulačních uliček je navýšená oproti potřebné šířce k manipulačním zařízení pro paletu o rozměrech 1000x1200 mm. Ve skladu B je to způsobené především z důvodu nosných sloupů haly.



Obr. 31 – Umístění regálů a manipulačních uliček a jejich rozměry – pohled shora (Zdroj: vlastní zpracování)

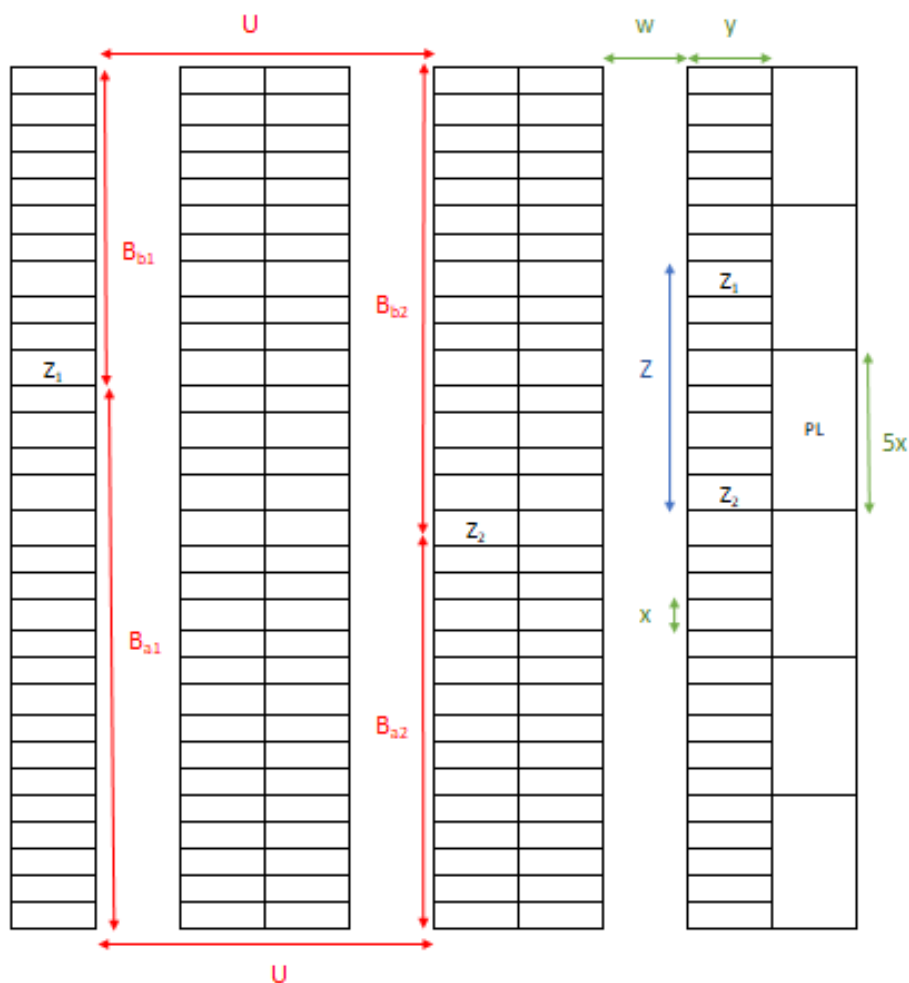
6.2 Grafové znázornění skladu

Z důvodu využití heuristických metod byl sklad převeden na grafové znázornění, kde vrcholy jsou skladovými pozicemi a konce uliček mezi regály. Hrany jsou ohodnoceny časovými náklady. Pro názornost je uvedena část skladu B.



Obr. 32 – Graf části skladu B (Zdroj: vlastní zpracování)

Výpočet minimální vzdálenosti pro výběr požadovaného zboží ze skladových pozic můžeme zjednodušit, jelikož můžeme chodit po skladě jen v horizontálním a vertikálním směru.



Obr. 33 – Vzdálenosti potřebné pro určení matice minimálních vzdáleností (Zdroj: vlastní zpracování)

V případě dvou pozic v různé řadě je uvažováno minimální vzdálenosti V mezi skladovými pozicemi na konec uličky a vzdálenost pro přechod k další uličce. Ve skladu A je ulička pouze na jedné straně skladu. Ve skladu B může minimální cesta mezi pozicemi z_1 a z_2 vést přes uličku ve spodní nebo horní části Obrázku 33, z důvodu jeho průchodnosti. Vzdálenost skladové pozice k uličkám lze vyjádřit jako

$$B_a = P_{max} - z; B_b = z,$$

kde P_{max} je maximální počet pozic v řadě regálů a z_1 je skladová pozice.

Ze součtů vzdáleností B_{a1} a B_{a2} nebo B_{b1} a B_{b2} spočítáme minimum, vynásobíme konstantou pro šíři regálu x a přičteme přechod mezi manipulačními uličkami U . Tyto dvě varianty lze vyjádřit jako

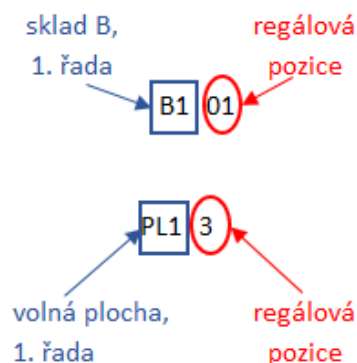
$$V = \left[\left(\min(B_{a_1} + B_{a_2}, B_{b_1} + B_{b_2}) \right) \cdot x \right] + U,$$

což vyjadřuje délku minimální cesty mezi místy z_1 a z_2 . Přejchod U můžeme vyjádřit jako

$$U = n \cdot y + m \cdot w,$$

který získáme součtem m násobků šířky uličky w a n násobků hloubky regálů y .

Pozici z_1 získáme vždy z označení skladové pozice.



Obr. 34 – Značení skladových pozic (Zdroj: vlastní zpracování)

Pro skladování ve volné ploše skladu (řádkový typ skladování), značené PL, je definována jejich šířka jako pětinašobek jedné regálové pozice.

V případě dvou umístění ve stejné řadě skladu, vyjádříme jejich vzdálenost V jako součin rozdílu dvou skladových pozic z a konstanty pro šíři regálů x .

$$V = z \cdot x,$$

$$\text{kde } z = |z_2 - z_1|.$$

Pro přechod mezi sklady jsou definovány konstanty vždy od krajních skladových pozic. Pro přehlednost uvádím tabulku vzdáleností k přechodu mezi jednotlivými sklady.

Sklady	Skladové pozice	Vzdálenost přesunu
A-B	A101 – B101	2,2 m
A-C	A101 – C101	30,9 m
A-H	A101 – H101	51,8 m
B-C	PL41 – C101	5 m
B-H	PL41 – H101	25,9 m
C-H	C101 – H101	19,8 m

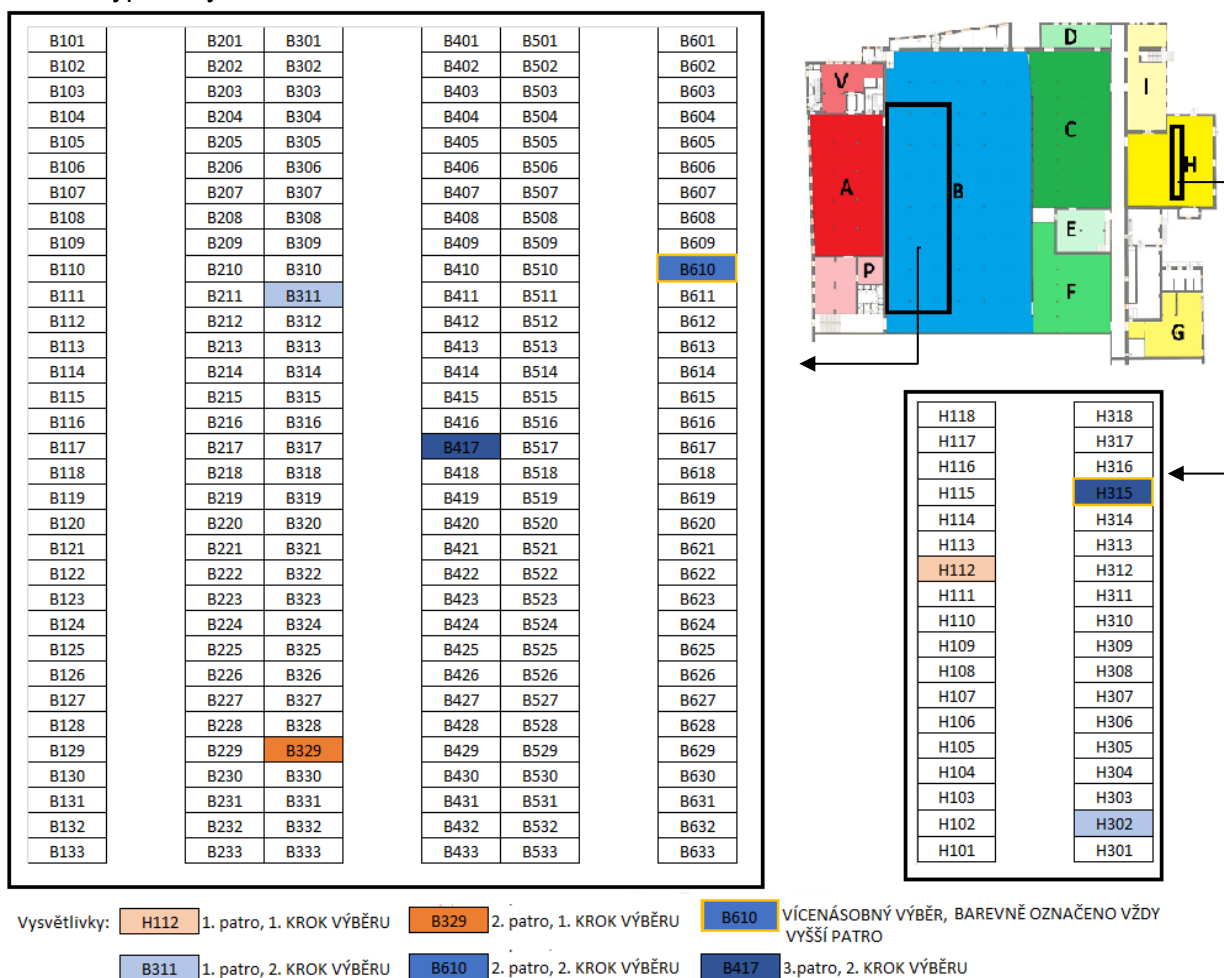
Tab. 3 – Vzdálenosti mezi jednotlivými sklady (Zdroj: vlastní zpracování)

6.3 Současná situace vychystávání

Skladníci využívají jednorázového vychystávání, neboli výběru zboží při jedné cestě podle výrobních příkazů. Žádných optimalizačních metod pro vychystávání nevyužívají. Kapacita pracovníků skladu je omezena vozíkem s přepravkami. Do devíti přepravek je možné připravit komponenty pro výrobu 25 jízdních kol.

Postup si uvedeme v jednotlivých krocích. Celou dobu budeme pracovat s jedním určitým výběrem zboží do výroby pro 25 jízdních kol, který je charakteristickým výběrem položek při současném rozložení zboží ve skladu. Denně je vychystáno 100 kol, pro 200 jízdních kol je umístění identické. Pro dalších 200 jízdních kol se změní jen tři lokace na sousední pozice.

- ❖ Nejprve dochází ke kompletaci součástí k vypletení kol. V prvním kroku jsou pouze vybírány náboje a potřebné dráty pro ruční zavedení drátů do otvorů na náboji.
- ❖ V druhém úseku vychystání jsou přichystány ostatní díly pro kompletní dokončení vypletených kol.



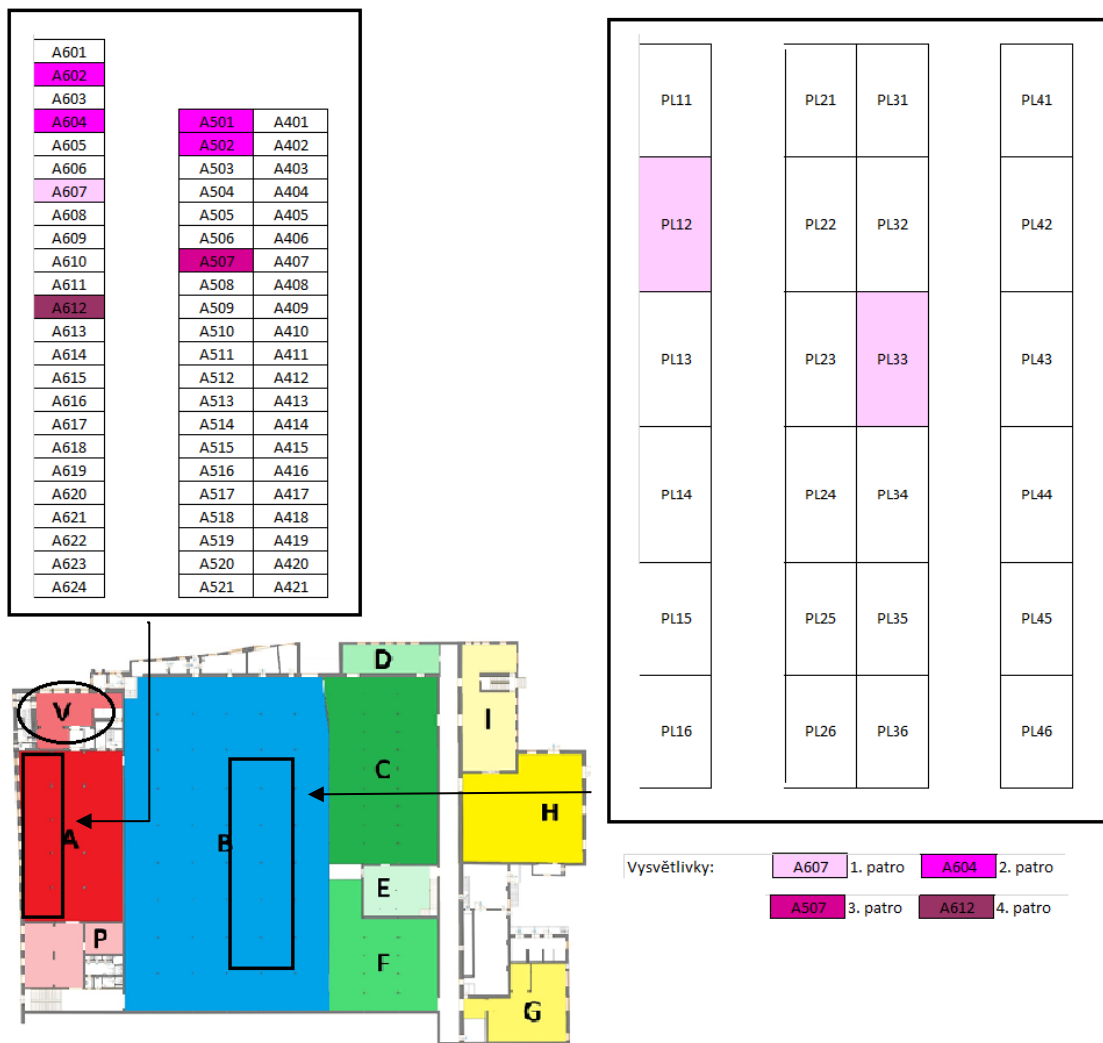
Obr. 35 – Umístění položek v prvních dvou krocích výběru ve skladu B a H (Zdroj: vlastní zpracování)

- ❖ Ve třetím bodě dochází k vychystání zboží pro montáž vidlic, rámu, řídítek a bowdenových kabelů (pro přenos mechanické síly) a ke kompletaci ostatních dílů (pedály, sedlové tyče, ochranné kryty, sedla, zvonky, návody a propagační letáky).



Obr. 36 – Umístění položek ve třetím bodě výběru ve skladech A, B a C (Zdroj: vlastní zpracování)

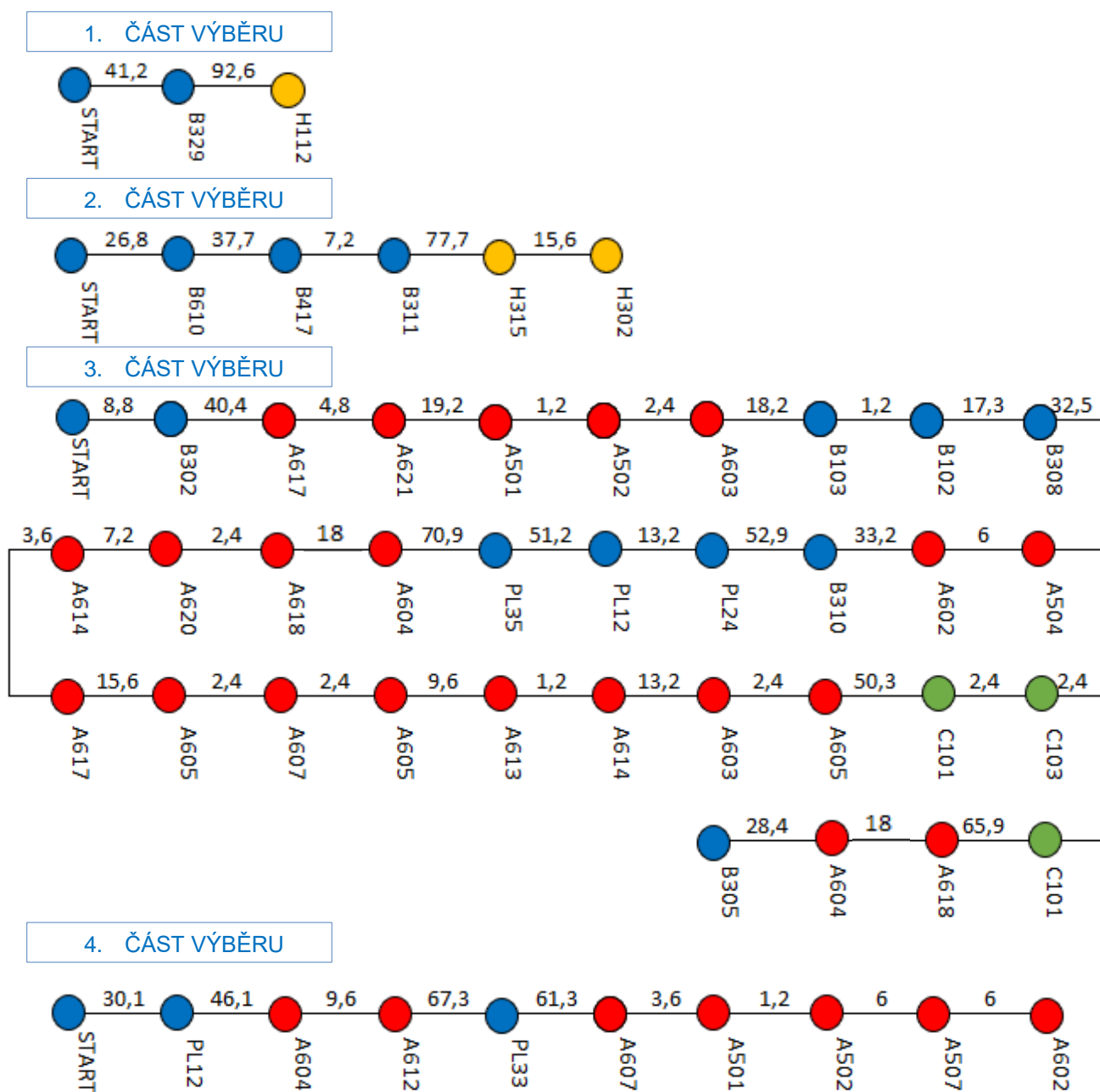
- ❖ V poslední fázi dochází ke kompletnímu vychystání podkompletů a zbývajících dílů pro konečnou montáž jízdních kol ze skladů A, B a V.



Obr. 37 – Lokace položek pro konečné vychystání (Zdroj: vlastní zpracování)

Pracovníci skladu ve výrobním příkazu nevidí lokaci položek. Zboží vybírají postupně podle výrobního příkazu z důvodu postupného vyhledávání lokací v mobilní aplikaci. Skladníci nejsou schopni pouhým pohledem minimalizovat vzdálenost výběru ve skladu, např. že by vybírali zboží postupně po halách. Skladníci se mohou řídit jen způsobem skladování na vyhrazeném místě. Dochází tedy k opakovanému přesunu mezi jednotlivými sklady a opakovanému výběru z určité lokace při jednorázovém vychystávání.

Následně je uveden postup skladníků ve skladu podle výrobního příkazu ve všech fázích pro výběr z lokací uvedených na Obrázcích 35 až 37 a celkové ujité metry ve skladu. Skladník vždy vychází od pozice B101 s výrobním příkazem. Lokace jsou barevně rozlišené dle skladů (A – červený, B - modrý, C – zelený, H – žlutý).



Obr. 38 – Schématické znázornění vzdáleností [m] mezi požadovanými lokacemi (Zdroj: vlastní zpracování)

Část výběru	Celková vzdálenost [m]
1.	133,8
2.	165
3.	618,8
4.	231,2
součet	1 148,8

Tab. 4 – Celkové vzdálenosti při vychystání (Zdroj: vlastní zpracování)

Pro vychystání pětadvaceti jízdnic kol se musí ujít vzdálenost 1 146,4 metrů. Při zvážení časového aspektu vychystávání zboží si schématické znázornění doplníme o výši regálu a vzdálenosti převedeme na časové jednotky ve vztahu 1 m ~ 1,5 s. V závislosti na velikosti částí a součástí jízdnic kol a typu balení si ohodnotíme časy výběru zboží. Při výběru dílů pro 25 kusů kol z jedné pozice si rozdělíme díly na tři skupiny podle obtížnosti vychystání.

Označení	Typ balení, velikost dílů	Doba vychystání
L	Velké díly, vychystáváno po celých krabicích	20 s
M	Prostřední velikost dílů, vychystáváno více menších kusů krabic	40 s
S	Malé díly, vychystáváno po kusech	60 s

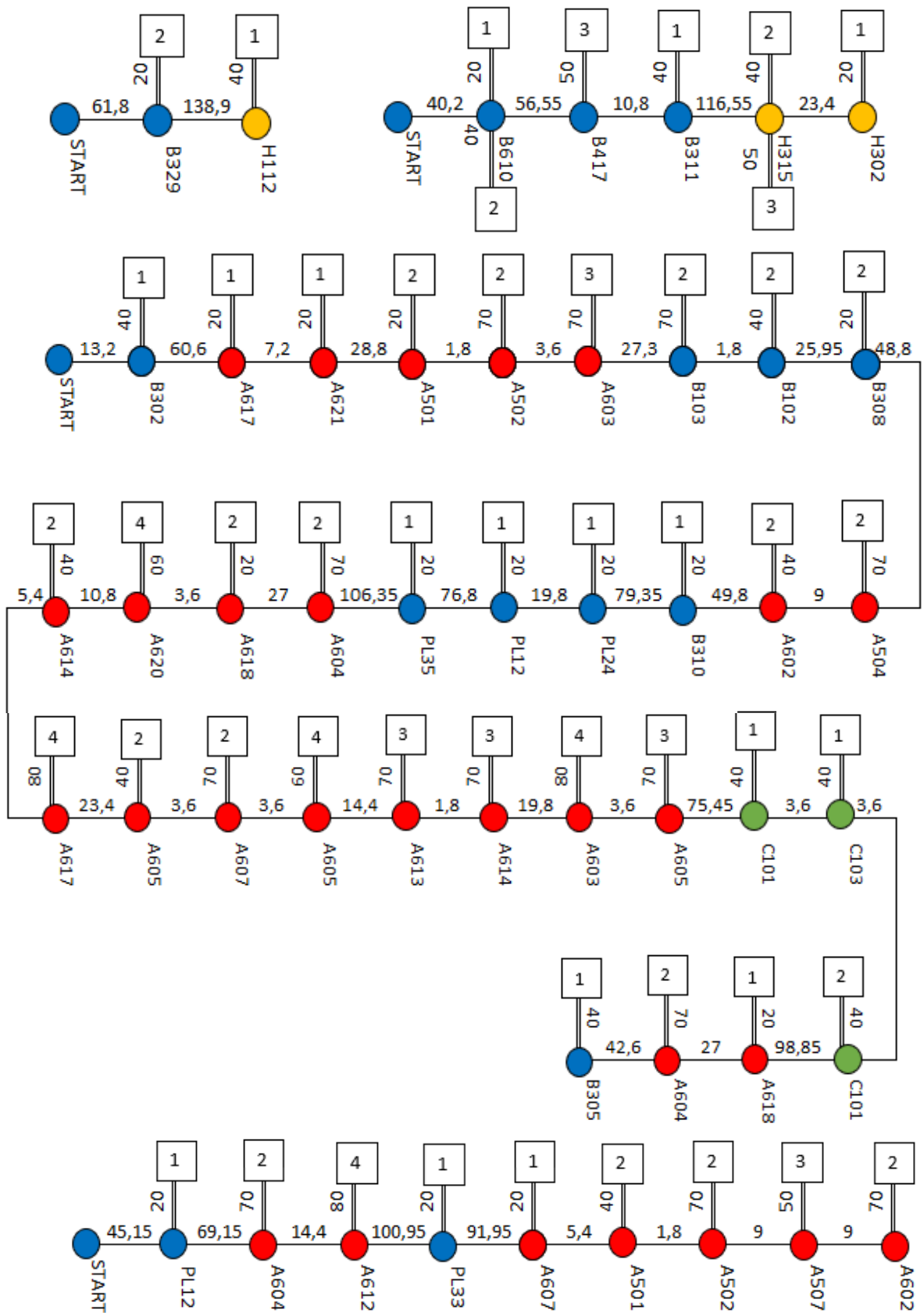
Tab.5 – Časové ohodnocení výběru zboží pro 25 kusů jízdnic kol (Zdroj: vlastní zpracování)

Při vyskladnění zboží z 3. a 4. patra budeme uvažovat další časové navýšení pro manipulaci s největší SKU. Tento pohyb provádíme nahoru a dolů, tedy započítáme časové náklady za oba směry pohybu. Pro 1. a 2. patro regálu a zboží o velikosti M a L uvažujeme jen časové náklady pro výběr zboží (20,40 nebo 60 s). V případě skupiny S je pohyb s manipulační jednotkou uvažován pro všechna čtyři patra. Pro pohyb s manipulační technikou jsme zavedli konstantu 5 s na patro výškového regálu. Pro přehlednost jsou časy uvedeny v následující tabulce.

Výškové patro	Skupina obtížnosti výběru	časové náklady
1.	S	10 s
	M, L	-
2.	S	10 s
	M, L	-
3.	S	60 s
	M, L	30 s
4.	S	80 s
	M, L	40 s

Tab. 6 – Celkové časové náklady pro vertikální pohyb (Zdroj: vlastní zpracování)

Na Obrázku 39 je uveden stejný postup skladníků ve skladu podle výrobního příkazu poupravený na časové údaje a rozšířený o časy výběrů. Čtverec na schématu vždy znázorňuje patro regálu, ze kterého se výběr zboží provedl.



Obr. 39 – Schématické znázornění časových nákladů pro vychystání [s] (Zdroj: vlastní zpracování)

Při úvaze časových nákladů za chůzi, výběr zboží a manipulaci s manipulačním zařízením při stávající situaci potřebujeme 68 minut pro kompletní vychystání dílů pro 25 ks jízdních kol.

Část výběru	Celkový čas [s]
1.	260,7
2.	507,5
3.	2 468,2
4.	786,8
součet	4 023,2 s \cong 68 min

Tab. 7 – Celkový čas vychystání (Zdroj: vlastní zpracování)

7. Optimalizace navrženého typu skladování

Ve skladech jsou investice dlouhodobější, nedochází k okamžitému zavádění novinek. Skladové procesy a prostory můžeme optimalizovat ve více aspektech.

7.1 Navrhované změny pro získání optimálního řešení

7.1.1 Vhodná lokace

Jednou z možných metod pro snížení vzdálenosti je skladování společně vychystávaných položek vedle sebe, neboli seskupování produktů. Každý typ jízdního kola projde konfigurátorem. V předstihu známe výrobní postup a přesné složení k jednotlivým komponentům kola a je tedy možné nastavit naskladnění do blízkých lokací.

Naopak optimalizace skladování podle obrátkovosti je ve výrobním skladu nereálná. Veškeré části jízdních kol půjdou do výroby se stejným procentuálním podílem.

V případě současného softwaru Altus Vario a jeho užívání je vhodné využít skladování na vyhrazeném místě ve větším rozsahu. Je však důležité, aby obsluha ve skladu znala přesné rozdělení skladových míst pro dané produkty.

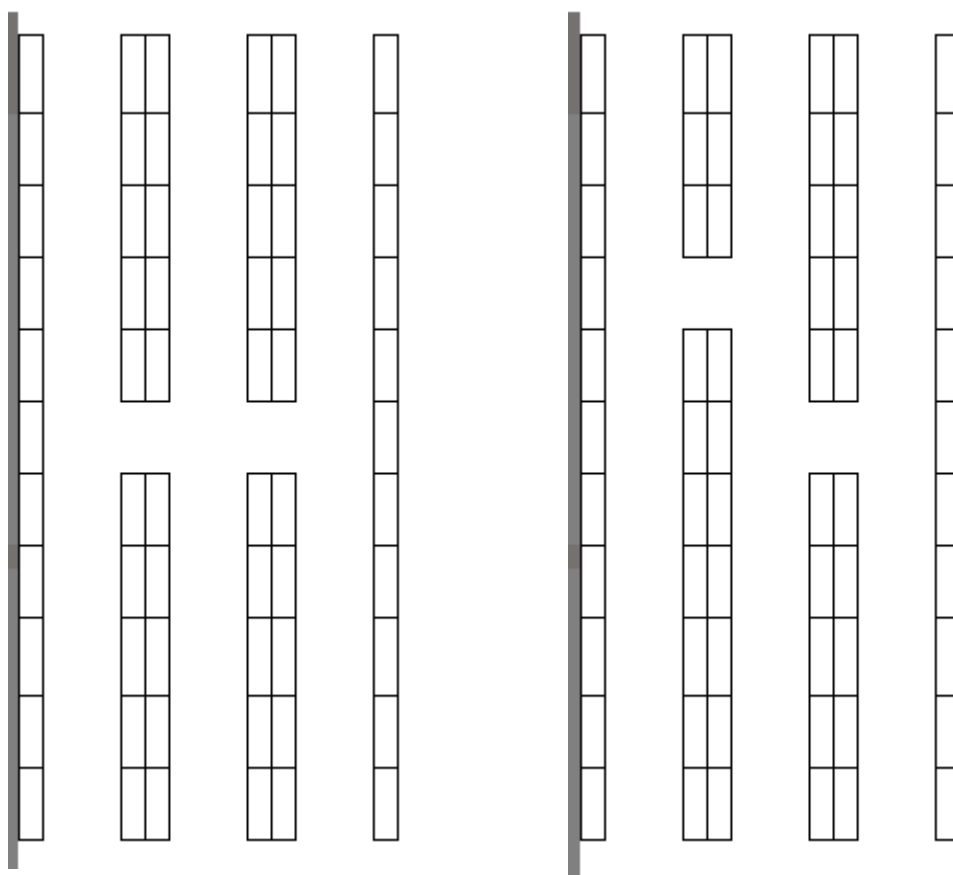
Z důvodu avizovaného růstu objemů výroby je vhodné zavést nový systém pro řízení skladu, kde je následně možné využít náhodného skladování. O změně softwaru již firma sama přemýšlí, jelikož je systém Altus Vario hodně statický. Největší potíží je neodepisování vybíraného množství v online čase. Nevýhodou je považováno, že firma využívá dva ERP systémy, které nejsou nijak propojené a nejsou stoprocentně využívány jejich funkce. Při investici do nového software by bylo vhodné uvažovat propojení i s výrobní agendou. V tomto případě je také možné nastavit podmínky slučitelnosti, aby nedocházelo k umístění na nejbližší volné skladové pozice.

7.1.2 Konfigurace manipulačních uliček

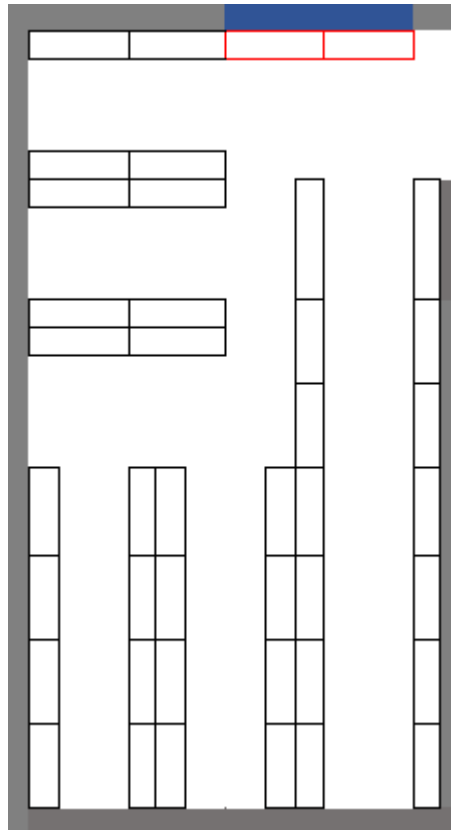
Změna konfigurace manipulačních uliček s ohledem na stávající prostory a současné rozložení a množství paletových regálů je složitá. Velkým omezením jsou nosné sloupy v budově, které zasahují do všech skladových hal. Omezuje nás také, že průchozí sklad je pouze v hale B, s tím rovněž souvisí omezený vstup do haly A a vstup do jednotlivých řad.

Možným řešením pro sklad B je částečné použití uliček kolmých k původním rovnoběžným uličkám uprostřed skladu. Tento zásah zčásti připomíná metodu šikmých uliček Inverted - V design, jelikož boční řady zůstávají beze změn. Pro sklad A je tato obměna možná, ale zbytečná, z důvodu malého počtu regálů v řadě.

Můžeme také využít metod šikmých uliček typu Fishbone a typu Flying-V. Sklad má však pouze 6 řad regálů po malém množství skladových pozic, proto je přestavba hůře aplikovatelná. Není reálné utvořit uličku ve tvaru písmene V, proto jsme schopni tuto metodu využít jen částečně. Ve skladu A máme mez na jedné straně haly, jelikož se zde nachází výtah a schodiště do výrobních hal. Na Obrázku 40 je možné seskupení manipulačních uliček ve skladu B. V levé části obrázku je použití kolmých uliček uprostřed regálových řad a v pravé části obrázku uvažujeme změny na principu metody Flying-V. V obou případech bylo poníženo celkové množství o 4 regály. Na Obrázku 41 můžete vidět rozestavení největšího možného množství regálů na principu metody Fishbone ve skladu A. Z původních 43 regálů je možné umístit pouze 40 kusů.



Obr. 40 – Kolmá ulička a šikmá ulička (metoda Flying-V) ve skladu B (Zdroj: vlastní zpracování)



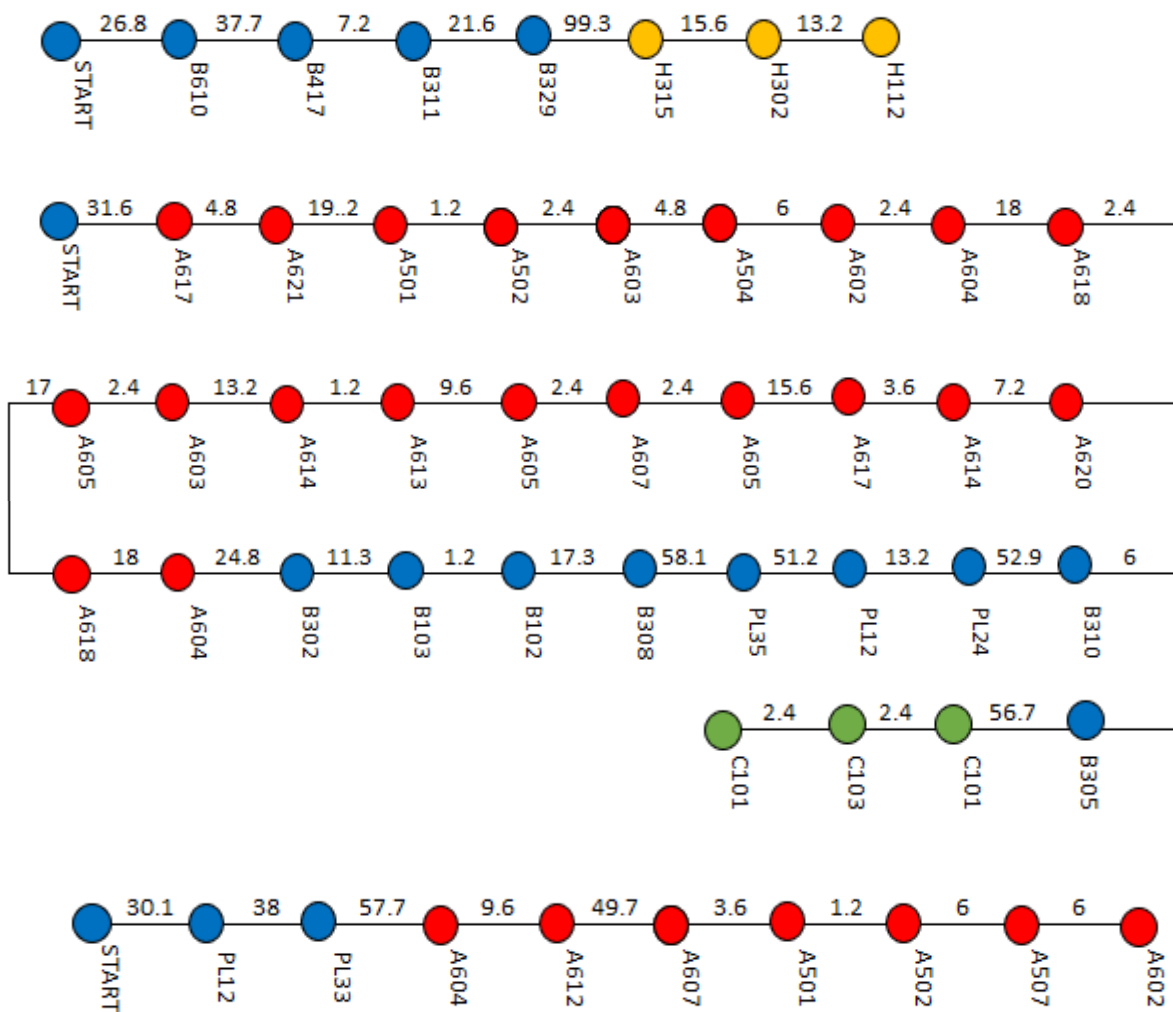
Obr. 41 - Šikmá ulička ve skladu A (metoda Fishbone) (Zdroj: vlastní zpracování)

Ve všech uvažovaných případech máme regály, které nemáme kam umístit. Pro stávající situaci je to nevhodné řešení, jelikož přijdeme o skladová místa. Do budoucna je plánováno s přemístěním velkoobchodního zboží ze skladu C do nové budovy, v tomto případě by šly regály využít tam a zohlednit změnu v uspořádání regálů pro minimalizaci vzdálenosti potřebné k výběru zboží.

Při kombinaci užších regálů o šířce 2,7 m s většinovým podílem regálů o šířce 3,6 m jsme schopni zajistit dostatečně široké manipulační uličky.

7.1.3 Výběr vychystávacích tras

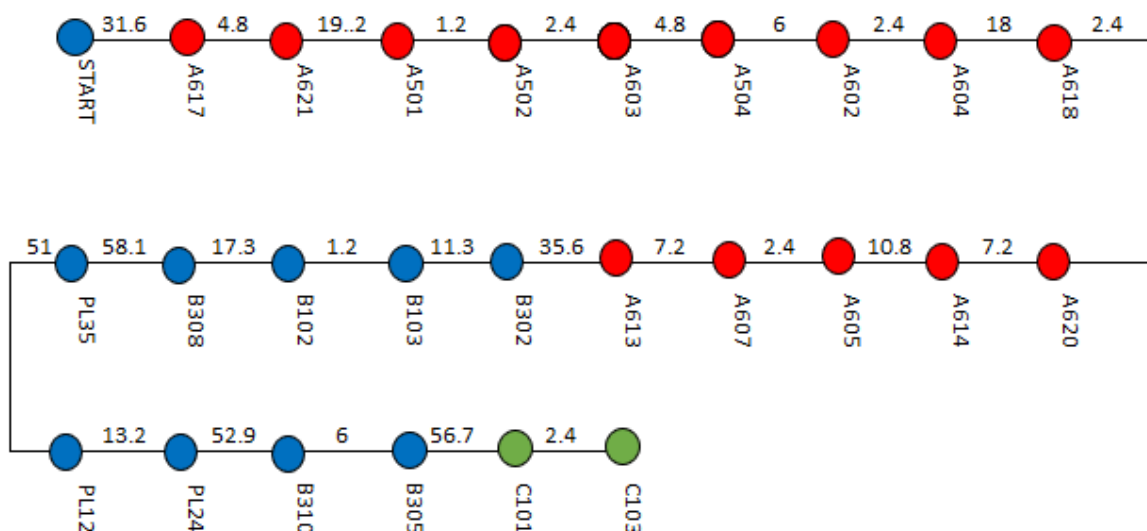
Pro snížení nachozených vzdáleností při výběru zboží je vhodné minimalizovat přechody mezi jednotlivými halami. V případě nutného přechodu mezi částmi skladu je vhodné se ve výběru pohybovat postupně po jednotlivých halách. Pro optimalizaci je vhodné sloučit první dva kroky výběru, jelikož se jedná o výběr ke stejnému podkompletu (vypletená kola) a zároveň dochází k přesunu ze skladové haly B do haly H.



Obr. 42 – Optimalizace vzdáleností při omezení opakování přechodu mezi halami a sloučení prvních dvou fází výběru (Zdroj: vlastní zpracování)

Při omezení opakovaných přechodů mezi halami a sloučení prvních dvou kroků do jedné fáze výběru snížíme celkové vzdálenosti na 886,8 m, což je oproti původnímu řešení zlepšení o necelých 23 %.

Ve skladu by mělo úplně vymizet opakované navštěvování stejných pozic při odlišnosti výškových výběrů a vybrat zboží ze všech výškových regálů při jedné návštěvě. V naší situaci je to řešeno pouze v druhé části výběru, kde je navštíveno větší množství skladových pozic. Zde docílíme dalšího snížení vzdáleností o necelých 5 %.



Obr. 43 – Zrušení opakovaných návštěv stejných skladových pozic (Zdroj: vlastní zpracování)

Část výběru	Celková vzdálenost [m]		
	Stávající situace	Navrhovaná situace č. 1 (Obr. 39)	Navrhovaná situace č. 2 (Obr. 40)
1.	298,8	221,4	221,4
2.	618,8	463,5	407,1
3.	231,2	201,9	201,9
součet	1148,8	886,8	830,4

Tab. 8 – Porovnání současné a dvou navrhovaných situací (Zdroj: vlastní zpracování)

Při těchto úpravách pro minimalizaci vzdálenosti průchodu skladu pro výběr 25 kusů jízdních kol se to projeví v časovém hledisku snížením času při stávající situaci o 8 minut.

Pro optimalizaci z časového hlediska vychystání je vhodné připravovat zboží do více vozíků najednou pro více kol stejného typu. Např. při množství 200 kusů kol, tedy osmi vozíků, nesnížíme ujité vzdálenosti, jelikož s každým vozíkem musíme pohybovat zvlášť, ale jsme schopni zkrátit dobu výběru zboží a pohyb s manipulační technikou při výběru z vyšších pozic. Vychystání 25 kusů by firma měla ponechat pouze pro uspokojení zákazníka v případě vzorkové řady kol.

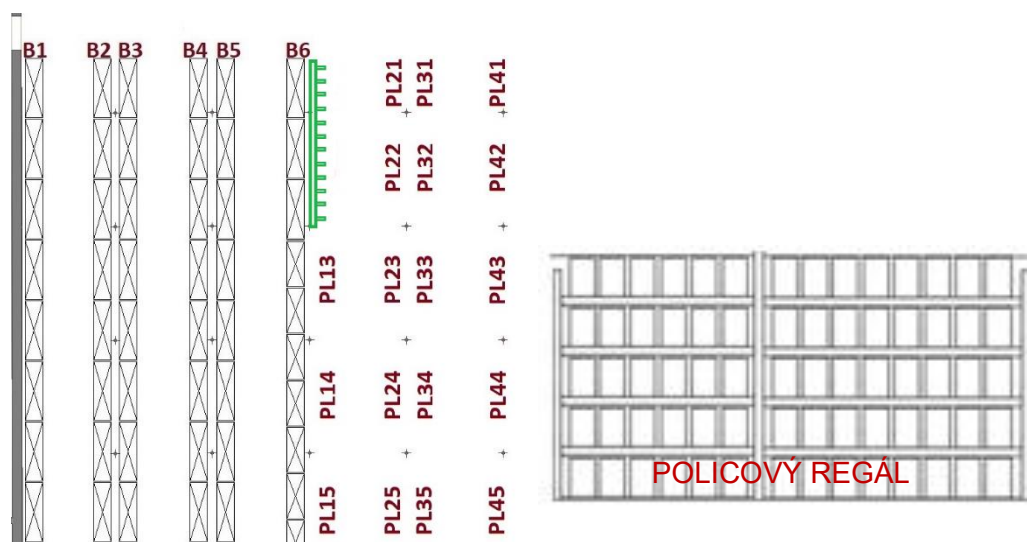
Další možností pro snížení času výběru je nastavení přichystávání položek velikosti S. V současné době dochází k rozřídění dílů menšího rozměru do 25 nádob pro každé jízdní kolo zvlášť. Při rozdělení dílů do nádob podle druhu dílů jsme schopni ušetřit další vteřiny.

Část výběru	Celkový čas výběru pro 200 jízdnicích kol [s]		
	Stávající situace – výběr po 25 kusech	Navrhované změny pro vzdálenostní parametry (Obr. 40) – výběr po 25 kusech	Navrhovaný výběr 200 kusů najednou (uvažovány vzdálenosti pro výběr Obr. 40)
1.	6 145,6	5 216,8	4 796,8
2.	19 745,6	17 353,2	14 770,2
3.	6 294,4	5 942,8	5 262,8
součet	32 185,6 s \cong 537 min \cong 9 h	28 512,8 s \cong 476 min \cong 8 h	24 829,8 s \cong 414 min \cong 7 h

Tab. 9 – Porovnání stávající a navrhovaných situací v čase (Zdroj: vlastní zpracování)

7.1.4 Dispoziční řešení a manipulační technika

Pro velké množství lehkých a menších dílů k jízdnicím kolům bychom místo kombinovaných regálů policových a paletových upřednostnili pouze policové regály a zavedli dělení zboží do přepravek pro přehlednost. Pro špatně umístitelné duše by se na dvě pozice volné plochy pro skladování mohly umístit stromečkové regály pro zavěšení.



Obr. 44 – Navrhované umístění stromečkových regálů a vertikální policové rozmístění regálů ve skladu B (Zdroj: vlastní zpracování)

Pro urychlení vychystání menších SKU by mohla pomoci nová manipulační technika. Jednalo by se o středněúrovňové vychystávací vozíky, konstruovány pro operace vychystávání do výšky 6,3 metrů. Manipulant se v tomto případě nachází na zvedací části vozíku a vybírá zboží ve výšce regálu. Vozík je vybaven zdvižnými vidlicemi na snadné vychystání položek na paletu či jiný nosič nákladu.



Obr. 45 – Vozík BT Optio – M série, pro střední úroveň vychystávání (Zdroj: [19])

7.2 Využití software při optimalizaci

7.2.1 Lindo: Lingo

K výpočtu navrženého typu skladování je použit software Lindo: Lingo (verze Super). Jedná se o optimalizační modelovací software pro celočíselné programování. Pomocí uživatelské příručky Lingo je možné získat zdrojové příkazy v plném rozsahu.

Pro nalezení nejkratší trasy je využito exaktního algoritmu pro úlohu obchodního cestujícího. Pro každou část výběru je nastavena matice vzdáleností podle zjednodušeného způsobu při uvažování jen horizontálního a vertikálního pohybu.

Z důvodu omezení kapacity programu Lingo na 200 celočíselných proměnných jsme schopni výpočet provést pro modelovou situaci prvního a posledního výběru. Pro druhý výběr by byla potřeba verze Hyper, jelikož je matice vzdáleností velká 26x26.

Výpočtem jsme získali minimální trasu pro výběr zboží pro následující postup skladových položek.

1. FÁZE

B101 – H302 – H315 – H112 – B610 – B329 – B417 – B311 – B101

3. FÁZE

B101 – PL33 – PL12 – A602 – A507 – A612 – A607 – A502 – A604 – A501 – B101

Část výběru	Celková vzdálenost [m] při výpočtu (TSP)
1.	222,2
3.	156,5

Tab. 10 – Vzdálenosti výběru po skladu při simulaci (Zdroj: vlastní zpracování)

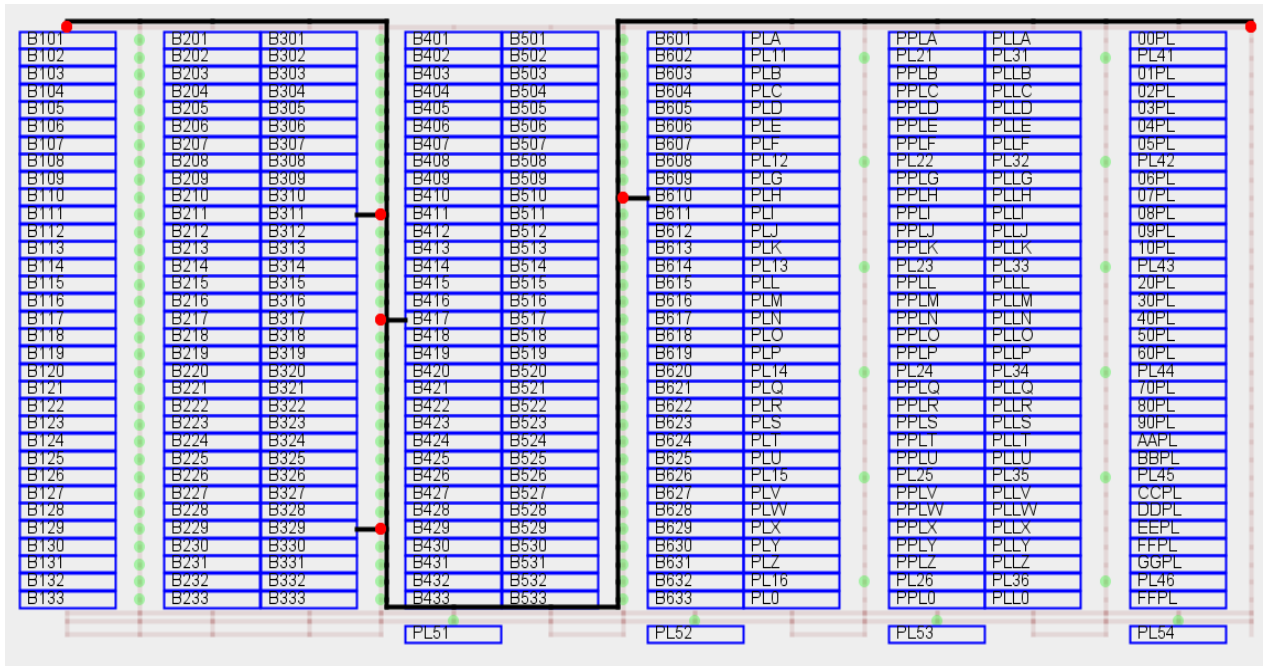
7.2.2 Warehouse Science: Pick Path Optimizer

V případě vizualizace k části navrženého typu skladování je použit software Warehouse Science: Pick Path Optimizer od autorů John Bartholdy a Wendi Tang, který je volně dostupný na internetových stránkách www.warehouse-science.com. Java program funguje na systému vložení rozvržení skladu a označení všech možných lokací pro výběr uživatelem. Uživatel následně načte do programu soubor objednávek či výběrů. Sklad si zachovává geometrickou strukturu pro správné vykreslení snímku, rozměry jsou však pouze orientační. Program funguje bez jednotek, tedy výstupní data jsou závislá na vstupních vlastnostech dat. Výsledné hodnoty minimální dopravní práce jsou lehce zkreslené oproti realitě. Je využito pouze vizuálního nalezení minimální trasy a pro hodnotu dopravní práce jsem využila matice reálných vzdáleností.

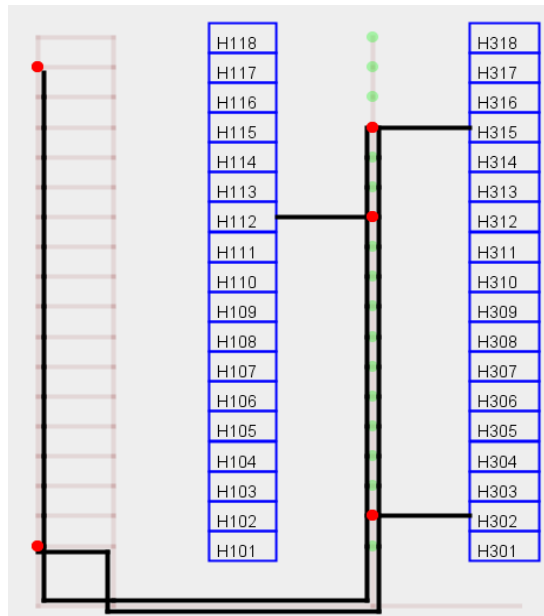
Program využívá heuristiku Lin-Kernighan pro řešený problém obchodního cestujícího. V programu je možné nastavit počet výchozích řešení a počet opakování nahrazování hran. Při simulaci je využito autorem doporučených hodnot – 3 výchozí řešení a 10 000 opakování.

Skladová mapa se musela rozdělit na jednotlivé haly, z důvodu různých rozměrů a rozložení. V případě optimalizace se zboží vybírá postupně podle hal, takže pro názornost je to dostačující. Simulace je provedena pro vzdálenostní koeficienty, nikoliv časové jednotky. Uvažujeme sloučení prvních dvou kroků do první fáze.

- ❖ Pro první fázi se zboží vybírá ve skladu B a H a vše se dopravuje do skladu H, kde dochází ke kompletaci vypletených kol.

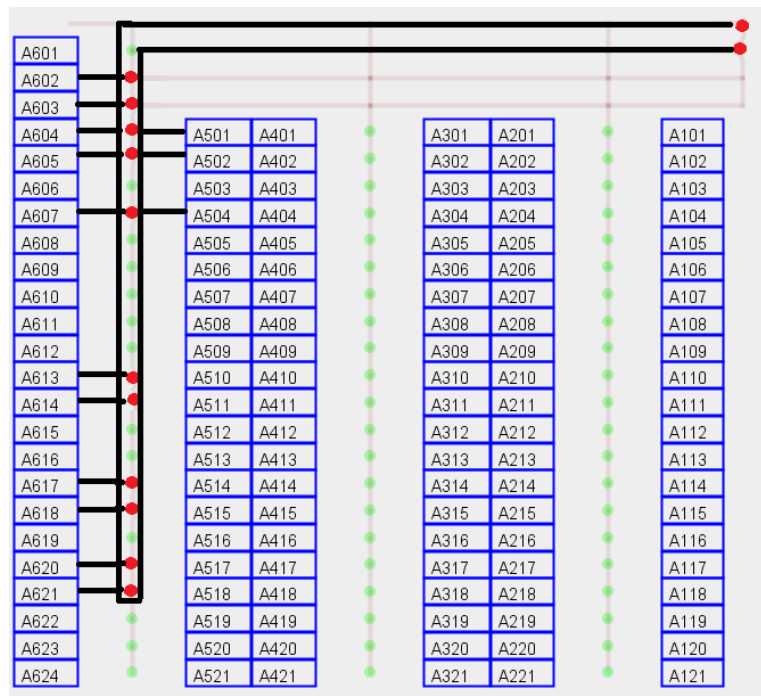


Obr. 46 – 1. fáze vybírání zboží, sklad B (Zdroj: Warehouse Science: Pick Path Optimizer)

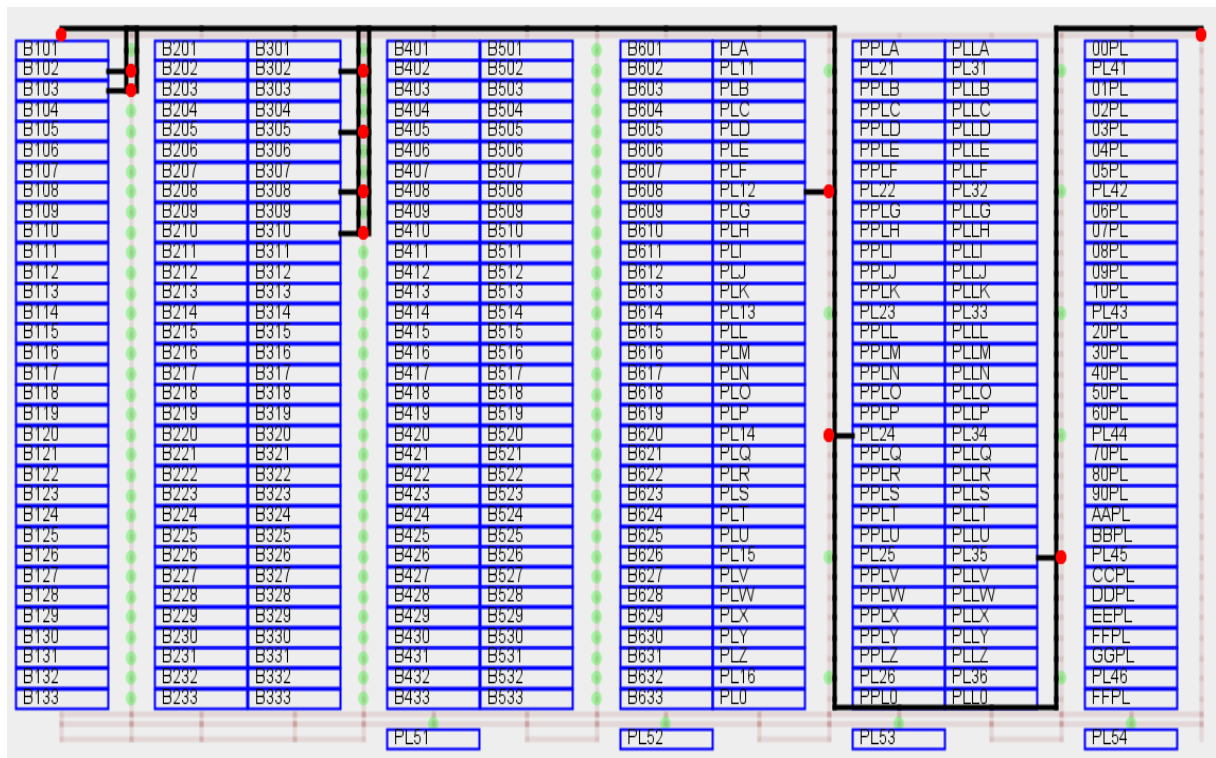


Obr. 47 – 1. fáze vybírání zboží, sklad H (Zdroj: Warehouse Science: Pick Path Optimizer)

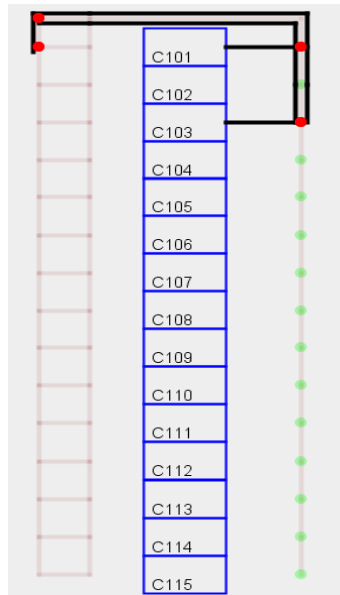
- ❖ V druhé části dochází k vychystání ostatních podkompletů k jízdním kolům, kromě vypletených kol, ze skladu A, B a C.



Obr. 48 – 2. fáze vybírání zboží, sklad A (Zdroj: Warehouse Science: Pick Path Optimizer)

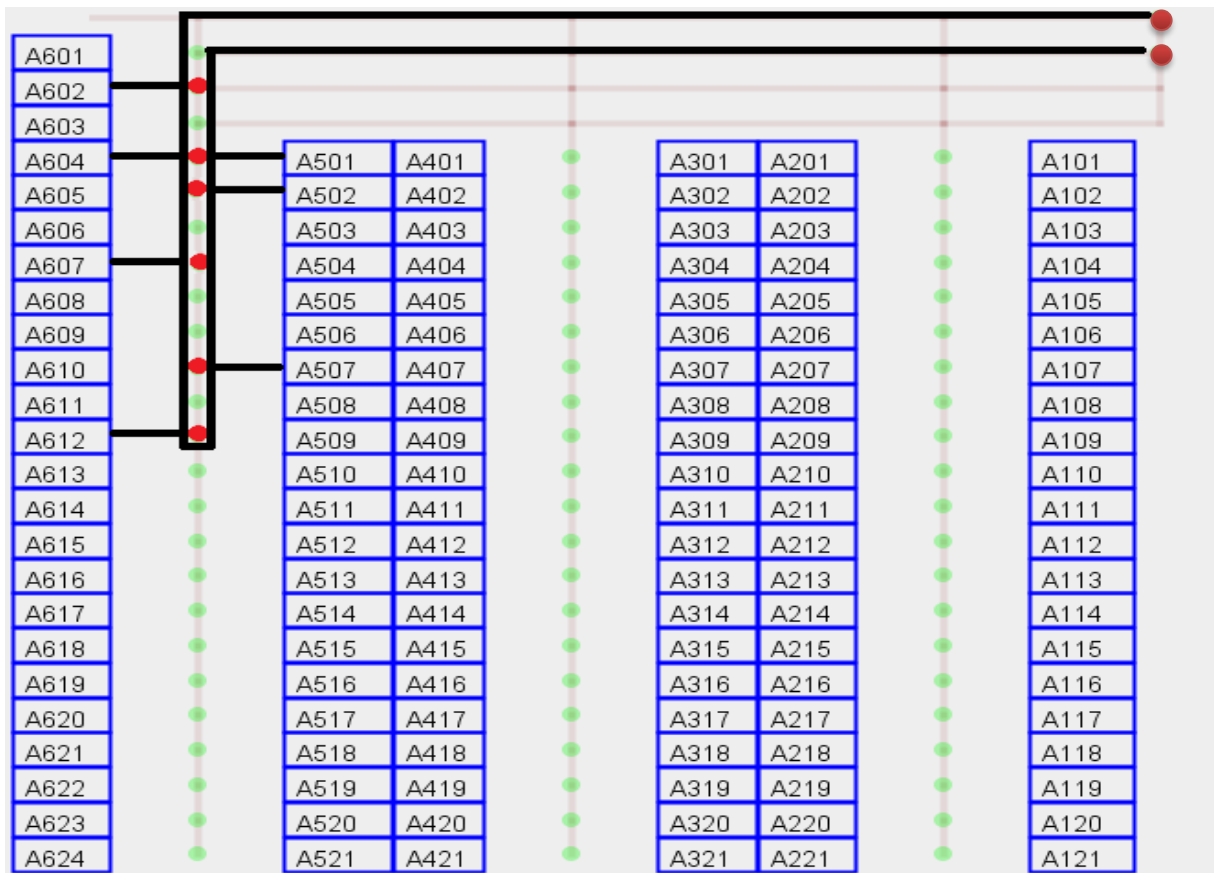


Obr. 49 – 2. fáze vybírání zboží, sklad B (Zdroj: Warehouse Science: Pick Path Optimizer)



Obr. 50 – 2. fáze vybírání zboží, sklad C (Zdroj: Warehouse Science: Pick Path Optimizer)

- ❖ V třetí a zároveň poslední fázi výběru jsou vychystávány zbývající díly ze skladu A a B. Ke zbývajícím dílům jsou přibaleny předmontované komponenty z první a druhé fáze v mezipatře V při dopravení do výrobní haly.



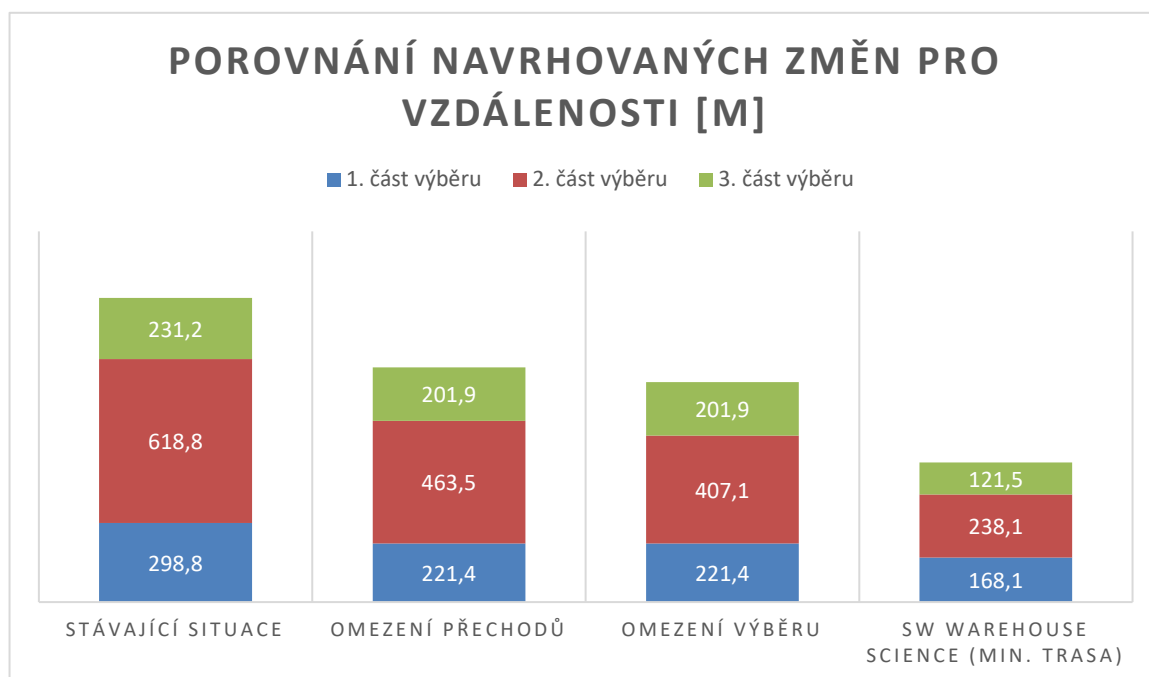
Obr. 51 - 3. fáze vybírání zboží, sklad A (Zdroj: Warehouse Science: Pick Path Optimizer)

Část výběru	Celková vzdálenost [m]
1.	168,1
2.	238,1
3.	121,5
součet	527,7

Tab. 11 – Vzdálenosti výběru po skladu při využití softwaru Warehouse Science: Pick Path Optimizer (Zdroj: vlastní zpracování)

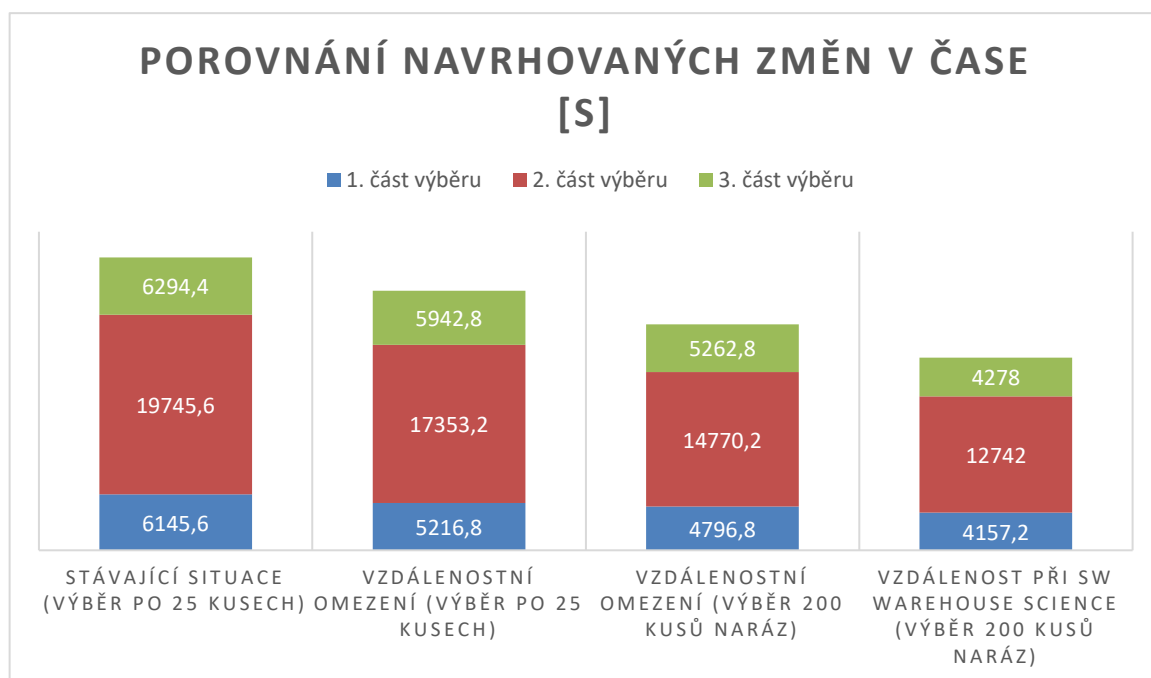
7.3. Porovnání

Pro porovnání uvádíme grafové znázornění pro navrhované změny při vzdálenostním hledisku. Uvažujeme omezení přechodů mezi jednotlivými halami a následně o přidání omezení opakovaných návštěv stejných skladových pozic. Data jsou uvedena v metrech.



Obr. 53 – Porovnání navrhaných změn pro vzdálenosti (Zdroj: vlastní zpracování)

Pro porovnání časového hlediska spekulujeme o výběru 200 kusů kol po 25 kusech (8x1 vozík) či výběru naráz (8 vozíků). Uvažujeme vzdálenosti navrhaných omezení přechodů mezi halami a zároveň opakovaných návštěv skladových pozic a minimální trasy získané při využití softwaru Warehouse Science: Pick Path Optimizer. Data jsou uvedena v sekundách.



Obr. 54 – Porovnání navrhaných změn v časovém hledisku (Zdroj: vlastní zpracování)

8. Závěr

Cílem této práce bylo prozkoumat proces vychystávání zboží pro výrobní činnost ve firmě BP Lumen. V případě kompletačních okruhů jsem použila model problému obchodního cestujícího z důvodu shodnosti s řešeným problémem. Pro řešení této úlohy jsem zvolila exaktní i heuristickou metodu.

Exaktní metoda je využita v programu Lindo: Lingo. Jedná se o modelovací software pro celočíselné programování. Algoritmus implementovaný v programu Lingo funguje na principu metody větvení a mezí. Prohledávaný prostor je rozdělen na menší podmnožiny, kde dojde k vytvoření větví stromů a postupně jsou vyhledávána optimální řešení s celočíselnou podmínkou.

Heuristická metoda Lin-Kernighan je využita v programu Warehouse Science: Pick Path Optimizer. Heuristika funguje na principu nahrazování určitého počtu hran výchozího řešení, kde dochází ke zkrácení celkové trasy.

Firma praktikuje výběr zboží při jedné cestě dle výrobního příkazu. Stávající situaci jsem vyjádřila pomocí grafového znázornění. Pro výpočet vzdáleností jsem uvažovala, že se skladník může pohybovat jen v horizontálním a vertikálním směru. Pro stávající situaci jsem vypočetla náklady vzdálenostní i časové.

Pro porovnání vzdálenostních a časových nákladů jsem ponechala stejné umístění zboží ve skladových pozicích. Při vzdálenostních nákladech jsem nově uvažovala omezení v přechodech skladníka. V případě nutného přesunu mezi částmi skladu jsem uvažovala postupný přesun po jednotlivých halách (od skladu A, přes haly B a C, do skladu H). Také jsem uvažovala sloučení dvou prvních výběrů kompletačních dílů k vypleteným kolům a tím došlo pouze k jednomu přechodu mezi halami B a H. Při tomto omezení zlepším původní řešení vzdálenostních nákladů o necelých 23 %. Při uvažování omezení opakovaného výběru ze stejné skladové pozice z různých výškových pater jsem docílila dalšího snížení vzdálenosti o necelých 5 %. Při využití softwaru Warehouse Science: Pick Path Optimizer jsem docílila zlepšení přibližně o 54 % oproti původnímu řešení. Exaktní metodu jsem použila jen na méně rozsáhlé části výběru z důvodu omezené kapacity výpočtu programu. Nebylo tedy vyhovující porovnávat výsledky s ostatními výpočty.

Při časových nákladech jsem zvažovala výběr většího množství zboží stejného typu. Namísto dílů pro 25 jízdnicích kol, které uvažuji pro vzdálenostní náklady, pracuji s výběrem pro 200 jízdnicích kol. Převedením snížených vzdáleností na časové hodnoty a ponecháním postupného výběru po 25 kusech jízdnicích kol jsem snížila čas výběru o 11 %. Při navrhovaných úpravách pro vzdálenostní parametry a zároveň úpravách pro výběr většího množství kusů najednou

jsem ponížila čas výběru o dalších 12 %. Při zvažování vzdálenosti, kterou jsem získala aplikováním softwaru Warehouse Science: Pick Path Optimizer na řešený problém, jsem docílila snížení o 34 % času oproti stávající situaci.

Uvažovala jsem i další možné změny při kompletaci zboží ze skladových pozic. Jednou z možných metod pro snížení vzdálenosti výběru je seskupování produktů podle typu jízdního kola a jejich podkompletů. Díky konfigurování každého kola je možné nastavit naskladnění do blízkých položek pro části stejného kola. Skladování podle obrátkovosti není v tomto případě přijatelné řešení.

Při stávajícím softwaru Altus Vario by firma měla více využívat skladování na vyhrazeném místě z důvodu nemožnosti zabezpečení online sledování veškerého zboží. Firma využívá software minimálně (pro evidenci produktů a vystavování objednávek) a je tedy vhodné, aby využila veškeré funkce modulu, které získala zakoupením softwaru.

Druhou navrhovanou možností pro řízení skladu je zavedení WMS z důvodu avizovaného růstu objemů výroby. V tomto případě je nesmyslné se zabývat stávajícím softwarem. Pro realizaci projektu je vhodné zpracovat logistickou studii skladu, díky které by byla známa vize o kapacitě, materiálových tocích, výkonech manipulační techniky a procesech. Částečně by šla využít i tato práce, kde je popsána stávající situace. Firma by především získala online sledování hmotných toků (přesnou evidenci všech položek a pohybů ve skladu) a snížila chybovost lidského faktoru ve skladu. Tato změna by však přinesla delší dobu implementace, zaškolování zaměstnanců a vysoké náklady. Při investici do nového softwaru by bylo vhodné propojení s výrobní agendou. Díky tomu by se mohly implementovat podmínky slučitelnosti do systému WMS.

Další navrhovanou možností je změnit současné rozložení paletových regálů a utvořit průchozí uličky na kolmo k původním nebo utvořit šikmý průchod mezi regály. Při stávajícím množství regálů je přestavba rozložení reálná, ale s omezeními. Ve všech případech bych docílila kratších vzdáleností, ale přišla bych ve srovnání se současným stavem o skladové prostory. Krok rozložení regálů a průchozích uliček také závisí na umístění zboží. Při seskupování zboží by tento krok byl zcela zbytečný.

Možné změny jsem navrhla také v dispozičním řešení skladu a manipulační technice. Navrhovanou možností je přeměnit všechny regály na policový typ a pro přehlednost zavést přepravky do regálů. Pro umístění duší k jízdním kolům jsem navrhla stromečkové regály pro zavěšení. Pro toto dispoziční rozložení skladu jsem navrhla novou manipulační techniku, která by ušetřila čas vychystávání, jelikož se skladník nachází na zvedací části vozíku a vybírá zboží ve výšce regálu.

9. Použité zdroje

- [1] Aktuality: Jak se liší WMS pro řízení skladů od běžného ERP modulu pro sklad? CCV: *Informační systémy* [online]. [Praha]: CCV Informační systémy, 2017 [cit. 2017-08-24]. Dostupné z: <https://www.ccv.cz/tiskove-centrum/aktuality/jak-se-lisi-wms-pro-rizeni-skladu-od-bezneho-erp-modulu-pro-sklad/>
- [2] Altus Vario. *Altus Vario: ERP software* [online]. Praha: Altus software [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.vario.cz/>
- [3] *APACHE BICYCLES: O značce Apache* [online]. Apache Bicycles, 2019 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://apache-bike.cz/cs/o-znacce-apache>
- [4] BARTHOLDI III, John J.; HACKMAN Steven T. *Warehouse & distribution science* [online]. Atlanta, USA: The Supply Chain & Logistics Institute/ H. Milton Stewart School of Industrial and Systems Engineering/ Georgia Institute of Technology, 2017 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: www.warehouse-science.com
- [5] *Borlase System Inc.* [online]. Ontario [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://www.borlasesystems.com/Hardware/Hardware.htm>
- [6] *BP Lumen: Velkoobchod cyklo a sport* [online]. Úpice: BP Lumen, 2011 [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <https://bplumen.cz/stranka/110/kariera.html>
- [7] DE KOSTER, René, Tho LE-DUC and Kees Jan ROODBERGEN. Design and control of warehouse order picking: A literature review. *European journal of operational research*. 2007, [cit. 2019-04-27]. Dostupné z: https://www.academia.edu/7997007/Invited_Review_Design_and_control_of_warehouse_order_picking_A_literature_review
- [8] DOLEŽAL, Ing. Luboš. Trendy v oblasti řízení skladů. *System OnLine: S přehledem ve světě informačních technologií* [online]. 2018 [cit. 2019-03-27]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/trendy-v-oblasti-rizeni-skladu.htm>
- [9] GROS, Ivan a kolektiv. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [10] INDRÁK, Karel. Řízený sklad jako součást ERP. *IT BIZ: Vaše jednička mezi nulami* [online]. Nitimedia, 2016, 19.4.2016 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.itbiz.cz/clanky/rizeny-sklad-jako-soucast-erp>
- [11] JIRSÁK, Petr, Michal MERVART a Marek VINŠ. *Logistika pro ekonomy - vstupní logistika*. Praha: Wolters Kluwer Česká republika, 2012. ISBN 978-80-7357-958-6.

- [12] KARÁSEK, Jan. *An Overview of Warehouse Optimization* [online]. BioVendor Instruments, a.s., 2013 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/260742754>
- [13] Kovový nábytek: Enprag. *Vozík na Euro přepravky typ sw-610,200* [online]. Praha: SecurityNet.cz/ Webhosting Hukot.net, 2013 [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <https://www.kovovynabytek.cz/>
- [14] LAMBERT, Douglas M., James R. STOCK a Lisa M. ELLRAM. *Logistika - příkladové studie, řízení zásob, přeprava a skladování, balení zboží*. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.
- [15] MOCKOVÁ, Denisa. *Základy teorie dopravy: Úlohy*. Praha: ČVUT v Praze, 2007. ISBN 978-80-01-037-91-1.
- [16] POLÁK, Petr. *Inovace ve skladech - od čárových kódů k novým technologiím. System OnLine: S přehledem ve světě informačních technologií* [online]. 2016 [cit. 2019-03-27]. ISSN 1802-615X. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/it-pro-logistiku/inovace-ve-skladech-od-carovych-kodu-k-novym-technologiim.htm>
- [17] SCHULTE, Christof. *Logistika*. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-856-0587-2.
- [18] VOLEK, Josef a Bohdan LINDA. *Teorie grafů: Aplikace v dopravě a veřejné správě*. 1. vydání. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2012. ISBN 978-80-7395-225-9.
- [19] Trade s.r.o - MANITEC. *Prodej a servis - Manipulační technika - zemědělské stroje* [online]. Plzeň: ANT studio [cit. 2019-04-23]. Dostupné z: <http://www.manitec.cz/>
- [20] What is the difference between ERP and MRP?. *VIENNA Advantage: Technologies* [online]. All rights reserved., 2019 [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://viennaadvantage.com/blog/technologies/difference-between-erp-and-mrp/>
- [21] BRÁZDOVÁ, Markéta. *Řešené úlohy lineárního programování*. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2011. ISBN 978-80-7395-361-4.
- [22] JABLONSKÝ, Josef. *Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*. 3. vydání. Praha: Professional Publishing, 2007. ISBN 978-80-86946-44-3.