



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní

Optimalizace procesu zavážení dílů na montážní linky

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T049 – Výrobní systémy a procesy
Autor práce: **Bc. Ondřej Bígl**
Vedoucí práce: Ing. Jan Vavruška, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Ondřej Bígl**
Osobní číslo: **S17000225**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní systémy a procesy**
Název tématu: **Optimalizace procesu zavážení dílů na montážní linky**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem práce je optimalizovat stávající procesy při zavážení dílů na montážní linky klimatizace. Práce se soustředí na posouzení možnosti aplikace systému tahu (PULL) a moderních technologií. Dílčím cílem práce je porovnání konceptů různé úrovně od manipulantů až po automatizované dopravní prostředky.

Zásady pro vypracování:

1. Seznámit se s prostorem, technicko-organizačními omezeními a s manipulovanými jednotkami.
2. Analyzovat současné procesy např. časovou náročnost typových logistických operací.
3. Shrnout jednotlivé nedostatky a nastínit možnosti pro snížení jejich dopadu.
4. Navrhnout komplexní inovativní řešení logistiky a verifikace návrhu.
5. Navrhnout další varianty ve vazbě na realizovatelnost dílčích inovací.
6. Zhodnotit varianty a zvolit vhodnou variantu pro implementaci.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: 50-60

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] SIXTA, J. a V. MAČÁT. Logistika. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.
- [2] PRECLÍK, V. Průmyslová logistika. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN isbn80-01-03449-6.
- [3] ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [4] DRAŽAN, F. a K. JEŘÁBEK. Manipulace s materiálem. 1. vyd. SNTL Praha, 1979. 454 s. 04-220-79.
- [5] HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 2. vyd. Brno: VUT, 2000. 152 s. 55-628-83.
- [6] HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem (cvičení). 2. vyd. Brno: VUT 1998. 35 s. ISBN 80-214-0706-9.
- [7] HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů (Technologické projekty I). 3. vyd. Brno: VUT, 2000. 201 s. 55-583-87.
- [8] JÍLEK, V., V. LÍBAL a F. REMTA. Manipulace s materiálem. 1. vyd. SNTL Praha, 1978. 229 s. 04-321-78.
- [9] Gros, I. Kvantitativní metody v manažerském rozhodování. Praha: Grada, 2003. ISBN 978-80-247-0421-8.
- [10] VEBER, V. Pracovní prostředí. Praha: Práce, 1982.
- [11] MANLIG, F. Využití počítačové simulace výrobních systémů. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. Knihovnička Katedry výrobních systémů TU v Liberci. ISBN 978-80-7494-162-7

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Jan Vavruška, Ph.D.

Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání diplomové práce:

15. listopadu 2018

Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2020

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2018

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

23. 4. 2019

Bc. Ondřej Bígl



TÉMA : OPTIMALIZACE PROCESU ZAVÁŽENÍ DÍLŮ NA MONTÁŽNÍ LINKY

ABSTRAKT:

Diplomová práce je zaměřena na zefektivnění procesu zásobování montážních linek ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s. r. o. Cílem této práce je kromě eliminace nedostatků, především návrh nového způsobu zavážení linek. Teoretická část je zaměřena na moderní způsoby zásobování, manipulace s materiálem a lean metody, které jsou v práci použité. Po analýze současného stavu, je navržena optimalizace procesu zavážení dílů pomocí tažné soupravy E - rám a její simulace v programu FlexSim.

KLÍČOVÁ SLOVA: (optimalizace, zásobování, ABC analýza, klimatizace, PC simulace, automaticky řízený vozík)

THEME : OPTIMIZING THE PROCESS OF LOADING THE PARTS ON THE ASSEMBLY LINES

ABSTRACT:

The thesis is focused on streamlining the process of loading the parts on the assembly lines in the company Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. The goal of this work is, in addition to the elimination of shortcomings, the proposal of a new method of loading on the assembly lines. The theoretical part is focused on modern methods of supply, material manipulation and lean methods, which are used in the thesis. After analyzing the current state, there is proposed to optimize the proces of loading the parts by towing set E – frame and its simulation in the program FlexSim.

KEYWORDS: (optimalization, supplying, ABC analysis, air conditioning, PC simulation, automated guided vehicle)

Zpracovatel : TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů a automatizace

Počet stran : 76
Počet příloh : 3
Počet obrázků : 52
Počet tabulek : 30
nebo jiných příloh: 0

Poděkování

V první řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která mě v průběhu celého mého studia plně podporovala. Poděkování patří kolegům, ze společnosti Mahle Behr Czech s.r.o, kteří mě seznámili s prostorem, způsobem zavážení materiálu k linkám a poskytovali mi důležité informace. Velké díky patří především kolegovi Ing. Bohumilu Lorencovi za čas, který mi věnoval a umožnil mi napsat diplomovou práci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat panu Ing. Janu Vavruškovi, Ph.D. za odborné vedení a poskytnutí cenných rad pro vypracování této práce.

Obsah

Seznam použitých zkratk, symbolů a pojmů	9
1 Úvod.....	10
1.1 Postup pro vypracování práce	11
1.2 Logistika.....	11
1.2.1 Skladování	12
1.2.2 Základní funkce zásob	12
1.2.3 Sklady	13
1.2.4 Sklad na ploše	13
1.2.5 Zavážení podle FIFO principu	14
1.2.6 Manipulační a přepravní jednotky	16
1.2.7 Tažné soupravy	16
1.2.8 Přepravní prostředky.....	18
2 Vybrané metody.....	19
2.1 ABC analýza	19
2.2 Špagetový diagram.....	20
2.3 Milk – run.....	21
2.4 Industrie 4.0.....	21
2.5 AGV vozíky	22
2.6 Počítačová simulace	23
2.7 FlexSim	25
3 Seznámení s prostorem, technicko – organizačními omezeními a manipulovanými jednotkami	26

3.1	Představení společnosti MAHLE BEHR	26
3.2	Definice interních pojmů při zásobování	27
3.3	Manipulované jednotky.....	28
3.4	System zásobování linek.....	29
4	Analýza současného stavu.....	32
4.1	Tok plastových dílů.....	32
4.1.1	ABC analýza pro plastové díly	33
4.1.2	Analýza současného stavu trasy 1	35
4.2	Tok výparníků	37
3.2.1	Výběr výparníků	37
4.2.2	Analýza současného stavu trasy 2	38
4.3	Tok nakupovaných dílů.....	40
4.3.1	Výběr nakupovaných dílů.....	40
4.3.2	Analýza současného stavu trasy 3	41
4.4	Zavážení dílů na montážní linky manipulantem AM.....	43
5	Potenciály ke zlepšení.....	49
5.1	Zavážení vláčkařem	49
5.2	Manipulant AM.....	51
6	Návrh komplexního řešení zavážení linek (FS)	52
6.1	Koncept vláčkaře.....	52
6.1.1	Upravené vozíky s drážkou.....	52
6.1.2	Zavedení tažné soupravy E – rám.....	55

6.2	Koncept manipulanta	59
6.2.1	Manipulant s tahačem a E - rámy	59
6.2.2	Koncept dle filozofie průmyslu 4.0 – AGV vozíky	63
7	Koncept - FlexSim (simulace).....	66
7.1	Vláčkař – současný stav	67
7.2	Vláčkař – návrh s E - rámy	68
7.3	Manipulant AM – současný stav.....	72
7.4	Manipulant AM – návrh s E – rámy.....	73
7.5	Přínosy simulace:	75
8	Závěr.....	76

Seznam použitých zkratk, symbolů a pojmů

Označení	Název veličiny/popis
FS	Flatstorage - materiálový sklad na ploše
IM	Injection moulding (Vstřikovna plastů)
AC	Air conditioning (Výroba výparníků)
ET	Engine truck (Výroba chladících modulů)
AM	Assembly modul (Výroba klimatizací)
LEAN	Koncept štíhlé výroby
FIFO	First In – First Out (první dovnitř – první ven)
LIFO	Last In – First In (poslední dovnitř – první ven)
AGV	Automated guided vehicle (Automaticky řízený vozík)
WIP	Work-in-process (Rozpracovanost výroby)
HU	Handling-Units (Manipulační jednotka)

1 Úvod

Ve výrobních závodech 21. století jsou kladeny stále vyšší požadavky na flexibilitu výroby a snižování výrobních nákladů. V automobilovém průmyslu je velice náročné vyrábět se ziskem a být přitom konkurenceschopný vůči ostatním firmám. Většina procesů se díky moderním technologiím, do kterých musí firmy zainvestovat spoustu finančních prostředků, zrychlují a konkurenční boj nutí firmy neustále zlevňovat své výrobky a vymýšlet nové způsoby, jak si udržet a přivést nové zákazníky. Díky tomu se klade velký důraz na trvalé zlepšování, zvyšování efektivity procesů a inovace. Jednou ze zásadních oblastí pro snížení plýtvání je logistika a zásobování výrobních procesů. Tato diplomová práce je právě zaměřená na oblast zásobování montážních linek klimatizace ve výrobní společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o.

Cíle práce:

- Optimalizace stávajícího procesu zavážení montážních linek z pohledu uvolnění logistických zdrojů pro nové projekty
- Zkrácení časového vytížení a vzdáleností pracovníka zavážení komponentů
- Uvolnění kapacity pracovníka a skladovací plochy pro nové projekty
- Vybrat vhodné řešení z několika komplexních návrhů zavážení linek.
- Ověření návrhů pomocí simulačního modelu

Práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části se práce zaměřuje na vysvětlení logistických konceptů, moderních způsobů zásobování, principů a metod štíhlé výroby, které jsou využívány v praktické části. Na závěr teoretické části je představena společnost Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o., seznámení s prostorem, technicko – organizačními a manipulovanými jednotkami. Praktická část začíná analýzou současného stavu, zmapování tras toku materiálu, shrnutí příležitostí ke zlepšení a eliminace plýtvání. V další části je proveden návrh komplexního řešení pro zavážení komponentů vláčkařem do skladu a zavážení komponentů manipulantem k montážním linkám. Dále zavedení tažných souprav E – rám, nastíněn návrh pro zavedení automaticky řízených vozíků, které na principu tahu zásobují montážní linky a shrnuty přínosy těchto variant. V závěru práce je provedena počítačová simulace konkrétního návrhu a shrnuty přínosy.

1.1 Postup pro vypracování práce

- 1) Analýza současného stavu procesu zavážení dílů na montážní linky
- 2) Identifikace nedostatků
- 3) Potenciály ke zlepšení
- 4) Několik návrhů komplexního řešení zavážení skladu a montážních linek.
- 5) Ověření propustnosti a realizovatelnosti pro nové řešení pomocí simulačního program FlexSim

1.2 Logistika

Práce je zaměřena na zásobování montážních linek materiálem, tedy bude nejprve stručně popsána logistika, skladování a funkce zásob.

Logistika, historii této vědní disciplíny je možné hledat v Řecku, kde slovo logos má několik významů a to: slovo, řeč, rozum, počítání. Kořeny logistiky je třeba také hledat jak v oblasti vojenské, tak v oblasti hospodářské, kde bylo nutné překonávat dlouhé vzdálenosti. Využití v USA bylo v prvním období zaměřeno na přesun surovin a zásobování velkých městských aglomerací. Jednalo se o velké materiálové toky a překonávání dlouhých vzdáleností. Začal se prosazovat nový systémový pohled na materiálové toky, jako na řetězec operací, které probíhají v prostoru a v čase, za pomoci fungujících toků informací. Po druhé světové válce docházelo k většímu využití matematických modelů v civilním sektoru, objevilo se např. operační plánování, lineární programování – řada teorií a metod, které zlepšovaly dosud používané systémy logistiky. [1]

Logistika má mnoho definicí, odborná literatura definuje logistiku jako: *„Logistika je řízení materiálového, informačního i finančního toku s ohledem na včasné splnění požadavků finálního zákazníka a s ohledem na nutnou tvorbu zisku v celém toku materiálu. Při plnění potřeb finálního zákazníka napomáhá již při vývoji výrobku, výběru vhodného dodavatele, odpovídajícím způsobem řízení vlastní realizace potřeby zákazníka (při výrobě výrobku), vhodným přemístěním požadovaného výrobku k zákazníkovi a v neposlední řadě i zajištěním likvidace morálně i fyzicky zastaralého výrobku“*. V dnešní době je v logistice velmi důležité, aby vše proběhlo ve správný čas a dostalo se na správné místo. [1]

Velmi cenné jsou i definice logistiky, které uvedli čeští autoři logistické literatury

„Logistiku si lze představit jako posloupnost činností zahrnujících řízení a vlastní realizaci pohybu a skladování materiálu, polotvarů a finálních výrobků. Jde v podstatě o sled obchodních a fyzických operací končících dopravou výrobku k odběrateli“

GROS, I., Praha, 1996 [1]

1.2.1 Skladování

Skladování je jednou z nejdůležitějších částí logistiky. Skladování je spojovací článkem mezi výrobcí a finálními zákazníky. Zabezpečuje skladování produktů (např. dílů, rozpracovaných a hotových výrobků, surovin) v místech jejich vzniku a mezi místem vzniku a místem spotřeby a poskytuje managementu informace o stavu a rozmístění skladovaných produktů. Výrobní zásoby zajišťují ve výrobním závodě plynulost výroby. [1]

1.2.2 Základní funkce zásob

Primárním úkolem zásob je sladění rozdílně dimenzovaných toků. [1] Mezi hlavní funkce zásob patří:

- Vyrovnávací funkce – musí zabezpečit soulad mezi činnostmi v podniku
- Zabezpečovací funkce – musí zabezpečit, že bude skladovací zboží dodáno
- Kompletační funkce – musí mít veškerý sortiment materiálu pro danou činnost
- Spekulační funkce – musí odebírat více zboží, než potřebuji [1]
- Zušlechťovací funkce – jakostní změny uskladněných druhů sortimentu. Čím déle je zboží ve skladu, tím je kvalitnější (např. víno, salám.) [1]

1.2.3 Sklady

Sklad je funkční ohraničený prostor sloužící ke skladování materiálu. Existuje mnoho způsobů uskladnění materiálu a druhů skladů, ale v našem případě se bude práce zabývat dynamickými sklady materiálu na ploše. Materiál je uskladněn na podlahových vozíčkách na kolečkách, které se uskladňují v řadě za sebou na plošném skladu v kolejnicích (obr. 1).



Obrázek 1: Sklad na ploše [2]

1.2.4 Sklad na ploše

Sklad na ploše, neboli firemním označením „**flatstorage**“ představuje mezioperační sklad, ve kterém se skladují vyráběné a nakupované díly. Je to prostorový materiálový sklad na ploše mezi procesy. Flatstorage, jako způsob skladování může být používán pro:

- Sklad zboží - příjem
- **Sklad rozpracované výroby (WIP)**
- Sklad zboží – výdej, expedice

Výhody flatstorage jsou např.:

- Snižuje náklady na manipulaci, potřebu investic do skladování
- Není potřeba používat vysokozdvížné vozíky
- Snižuje vázaný kapitál, protože je v oběhu jen nezbytný „výrobní materiál“
- Režim prázdných obalů je jasně organizován a navazuje na tok materiálu

Nevýhody flatstorage:

- Není vhodné pro velké sklady – objemem a rozsahem, jelikož vyžaduje mnoho místa

Vyráběné a nakupované díly se zaváží do flatstoragů, který slouží jako mezisklad, předtím, než jsou díly zavezeny k montážním linkám. Každý flatstorage je obsluhován manipulátem od příslušné linky, který rozváží materiál k pracovišti.

1.2.5 Zavážení podle FIFO principu

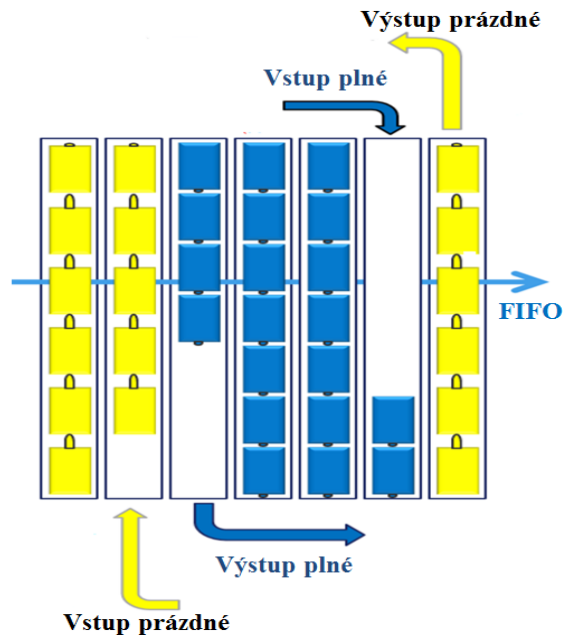
Zavážení FS skladů je řízeno metodou FIFO. FIFO (First in – First out), neboli metoda „první dovnitř – první ven“. Metoda založená na principu, že první vstupující prvek je zároveň první vystupující prvek ze systému. Při plánování kvality produktu je velmi důležité, aby byl princip FIFO zachován v celém koloběhu výrobku od dodavatele až k zákazníkovi. [3]

Existuje i další princip LIFO (Last in – First out), neboli metoda „poslední dovnitř – první ven“. Metoda založená na principu, že poslední vstupující prvek do systému vystupuje jako první. [3]

V našem případě se práce bude zabývat pouze principem FIFO, který je v práci využíván při zaskladňování materiálu.

Vícekanálový systém skladování

Pro materiálový tok všech blokových dílů je předepsaný pohyb zaskladňování z prava do leva. Pro vyskladňování je předepsaný pohyb z leva do prava. Pohyb vyskladňování je označen šipkou. FIFO toky jsou znázorněny na obrázku 2.



Obrázek 2: Princip FIFO ve vícekanálovém systému skladování [2]

Operátoři, kteří zásobují FS a montážní linky se orientují podle definovaných cedulí, které visí nad FS řadou. Pohyb zaskladňování a vyskladňování je označen šipkou. Řady ve FS však řeší princip FIFO fyzicky. Pozice ve FS je rozdílná pro prázdné a plné sety. Modrý rámeček na obrázku 3 obsahuje číslo dílu a určuje vstup do pozice. Žlutý rámeček obsahuje číslo dílu a určuje výstup z pozice.



Obrázek 3: Vizualizační cedule [2]

1.2.6 Manipulační a přepravní jednotky

Manipulační prostředky a plošinové vozíky usnadňují manipulaci, přepravu materiálu a jsou základním vybavením každého skladu. Nejrozsáhlejší skupinou manipulačních prostředků ve skladu tvoří manipulační vozíky s motorovým pohonem (např.: tahač, vysokozdvíhací vozík, nízkozdvíhací vozík, čelní vozík, plošinový vozík, ruční paletový vozík). Jsou určeny pro horizontální a vertikální dopravu, nejčastěji palet, boxů, kontejnerů, krabic atd. [4]

Velká část práce se věnuje zavážení materiálu z FS A, FS C do skladu u montážních linek MLBevo (FS B). V tomto procesu zavážení je materiál navážen pomocí operátora, který má k dispozici manipulační jednotku zvanou **tahač**.



Obrázek 4: Tahač [4]

Manipulační jednotka pro zásobování skladů je tahač (obr. 4). Tahač je použitelný jako součást řešení tažných souprav v provozech, ve kterých se uplatňují principy štíhlé výroby. Dokáže uvést až 5 000 kg, maximální rychlost dosahuje 14km/h. Podle interních předpisů ve firmě Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. je maximální možné množství tažných souprav (vozíků) 8. Platí jak pro plné, tak pro prázdné obaly.

1.2.7 Tažné soupravy

Materiálový tok musí probíhat efektivně, s orientací na poptávku. K zásobování materiálem ve výrobních provozech jsou využívány systémy inteligentních tažných souprav. Tyto soupravy zásobují s nízkými nároky na čas a prostor výrobní linky potřebným materiálem. [4]

V současném stavu procesu zavážení je tažnou soupravou vozík, který obsahuje 4 přepravní jednotky naskládané na sobě. Podlahové vozíky (obr. 5) jsou používány v třísměnném provozu 24 hodin denně – jako přepravní vozíky, vychystávací vozíky a mobilní sklady.



Obrázek 5: Vozík [2]

Dále se práce při návrzích na zlepšení zaměřuje na inteligentní tažné soupravy E – rám (obr. 6). Tažná souprava E – rám je zařízení pro nakládání a přepravu válečkových plošin, tzv. dílenských vozíků, může se skládat ze 2 až 5 rámu, maximální zatížení na celou soupravu jsou 4 tuny. Rozměry rámu jsou 1200 x 1000 mm. Dílenské vozíky se zvednou o 40mm. Je vhodný pro přidržování dílenských vozíků všech velikostí. Rám musí být při jízdě zdvihnutý, aby byla zajištěna bezpečná a nehlukná přeprava. Zdvih rámu je zajištěn pomocí hydraulického, pneumatického elektrického systému. [5]



Obrázek 6: Tažná souprava E – rám [2]

Energie potřebná pro zvednutí rámu je poskytnuta tahačem. Rám se zvedne přes nápravu, aby kola vozíku byla volně zavěšená. Podle orientace připojení je možné nakládat zleva nebo zprava. Vozíky jsou automaticky zajišťovány zajišťovacími čepy. [5]

1.2.8 Přepravní prostředky

Přepravní prostředky jsou určeny pro skladování materiálu a pro mezioperační manipulaci, a to jak ve výrobě, tak ve skladech. Ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o. jsou nejvíce využívány plastové KLT boxy (obr. 7). Hlavní funkce těchto obalů jsou:

- Ochranné - chrání před mechanickým poškozením, vlivu teploty a vlhkosti
- Manipulační - přeprava materiálu, snadná manipulace
- Informační - prezentace výrobku, čárový kód
- Ekologické funkce - opakovatelnost použití, recyklace [4]



Obrázek 7: KLT box [4]

2 Vybrané metody

Nové výrobní strategie sehrávají v globalizaci velmi důležitou roli a podniky se dnes bez nich jen těžko prosazují. Základní myšlenkou nových výrobních strategií je zkracování průběžné doby výroby pomocí redukce plýtvání a zvyšováním produktivity. Lean podnik je jednou z možností. Je charakteristický tím, že se zaměřuje na ty činnosti, které přidávají hodnotu zákazníkovi a eliminují plýtvání. Nesoustředí se pouze na oblast výrobní, ale také na administrativu, vývoj a logistiku. Štíhlá výroba lze charakterizovat jako soubor nástrojů a principů, které se zaměřují na výrobu – strojní zařízení, linky, výrobní pracoviště a operátory. Cílem těchto nástrojů je zajistit fungující, stabilní a standardizovanou výrobu. Máme nástroje pro popis procesu a nástroje pro analýzu procesu. K základním nástrojům pro analýzu procesu patří např.: ABC analýza, špagety diagram, nitkový diagram. K nástrojům pro popis procesu patří např.: procesní diagram, VSM. Velký důraz se klade na zabezpečení nejkratší průběžné doby výroby bez zbytečných zásob. Patří sem metody JIT, milk-run, FIFO, atd.[6]

2.1 ABC analýza

ABC analýza je jedním ze základních ukazatelů efektivnosti systému řízení zásob. Je založena na principu, že jen několik faktorů ovlivňuje celkový problém. Principem této metody je skutečnost, která vyplývá z tzv. Paretova pravidla. Paretovo pravidlo říká, že „80% všech důsledků způsobuje jen asi 20% příčin“. Přínosem analýzy je přehled o položkách, které nejvíce přispívají k hospodářskému výsledku firmy a musí jím být věnována největší pozornost pro jejich řízení. [7]

Princip spočívá v rozdělení výrobků do tří skupin (ABC). Rozdělení podle jejich procentuálního podílu na celkové hodnotě zvoleného parametru. ABC analýza se využívá i při rozboru výrobních zásob, kde hlavním sledovaným parametrem není obrat, ale průměrná výše zásob jednotlivých produktů. Z hlediska skladování se ABC analýza používá pro uložení položek na skladu v závislosti na jejich obrátkovosti, dále pro rozdělení odběratelských míst a frekvence jejich obsluhy. Z hlediska ABC analýzy se klasifikuje do tří skupin:

- **A** – Významné výrobky s ohledem na obrat podniku. Jsou to položky s největším podílem (80%) na celkové zásobě

2.3 Milk – run

Proces zásobování flatstoragů probíhá pomocí operátora, který má k dispozici tahač a za ním zapojených maximálně 8 vozíků s díly. V našem případě probíhá zásobování metodou Milk – run.

Metoda milk – run pochází z Anglie, kde její podstata spočívala v rozvozu čerstvého mléka ze vzdálených farem v přesně stanovený čas. Principem je rozvážet materiál ze skladu podle předem stanoveného plánu a zavést ho na přesně určená místa k výrobním linkám, současně jsou odváženy prázdné transportní jednotky zpět do skladu. Nejčastěji využívané manipulační prostředky jsou tzv. **vláčky** (obr. 9) - tažený modul a za ním transportní jednotky umístěné na podvozku. [10]



Obrázek 9: Ukázka vláčku [2]

2.4 Industrie 4.0

Jedním z návrhů, který je v práci popisován, je nahrazení operátora zásobování montážních linek za automaticky řízený vozík, který spadá pod průmysl 4.0. Tento návrh je zpracován v následující kapitole 6.2.2.

Obecně industrie 4.0, neboli průmysl 4.0 je „high – tech“ strategie zaměřená na komputizaci průmyslu. Je založen na kyber – fyzikálních systémech, které jsou nasazovány do všech oblastí života. Principem průmyslu 4.0 je internet věcí, nebo také bezdrátové propojení zařízení internetem, což otevírá nové možnosti ovládání a monitorování i propojení strojů, domácích zařízení, automobilů a mnoho dalších zařízení pomocí internetu. Nasazení těchto systémů v oblasti produkčních systémů

vyžaduje nasazení internetových komunikačních standardů jako součást všech průmyslových výrobních elementů. To je důvodem spolupráce mnoha průmyslových podniků zabývajících se průmyslem 4.0 (ABB, Siemens, Bosch, FESTO, SAP, ...). [11]

Průmysl 4.0 se již nyní dotýká mnoha logistických odvětví a procesů v podniku více, než je na první pohled zřetelné. Příkladem propojení jednotlivých prvků a sensoriky do autonomních systémů jsou v zahraničí i u nás známé příklady distribučních center pro skladování (např. Amazon), ale i implementace v osobních (např. Volvo Cars, Google, Apple) i nákladních (např. Mercedes-Benz Future Truck 2025) dopravních vozidel s autonomním řízením do běžného provozu.[11]

2.5 AGV vozíky

AGV vozíky - Automated Guided Vehicle, nebo také automaticky řízené vozíky, jsou bezpilotní vozíky naváděné pomocí senzorů, kontrolou souřadnic XY, nebo magnetických proužků. Ukázkou automaticky řízeného vozíku vidíme na obrázku 10. AGV vozíky mohou sloužit například pro transport materiálu ze skladu k výrobním strojům.

Principem fungování systému automatických řízených vozíků je systém, který spravuje zakázky a přiděluje je AGV vozíkům. Vozidla jsou napájena elektrickou energií z baterií, které je možné dobíjet v nabíjecím zařízení, nebo automaticky přes kontakt v podlaze. Provozní doba baterie se pohybuje okolo 16 hodin. Rychlost vozíku dosahuje až 1,5 m/s. [12]



Obrázek 10: Ukázka AGV vozíku od firmy SCHAFFER [12]

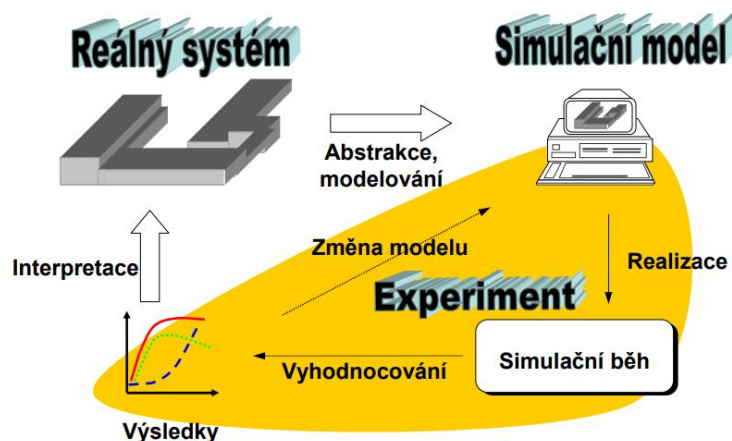
Výhody AGV vozíků

- Přesně definovaný logistický tok s pevnou trasou
- Činnost 24/7 bez nutnosti zásahu člověka
- Bez poškození materiálu, strojů a pevných konstrukcí
- Snadné programování, propojení přes Wi-Fi
- Pracovní tok je efektivně a dynamicky sdílen mezi AGV vozíky
- Přesnější řízení zásob
- Eliminace doby skladování při výrobě
- Kompatibilita s jakýmkoli typem automatizace [12]

2.6 Počítačová simulace

Po návrhu nových způsobů zásobování linek bude vytvořena simulace jednoho konkrétního návrhu. Bude vytvořen simulační model, kterým budou ověřené kapacitní propočty a vyhodnoceny přínosy navrhovaných variant a samotné simulace.

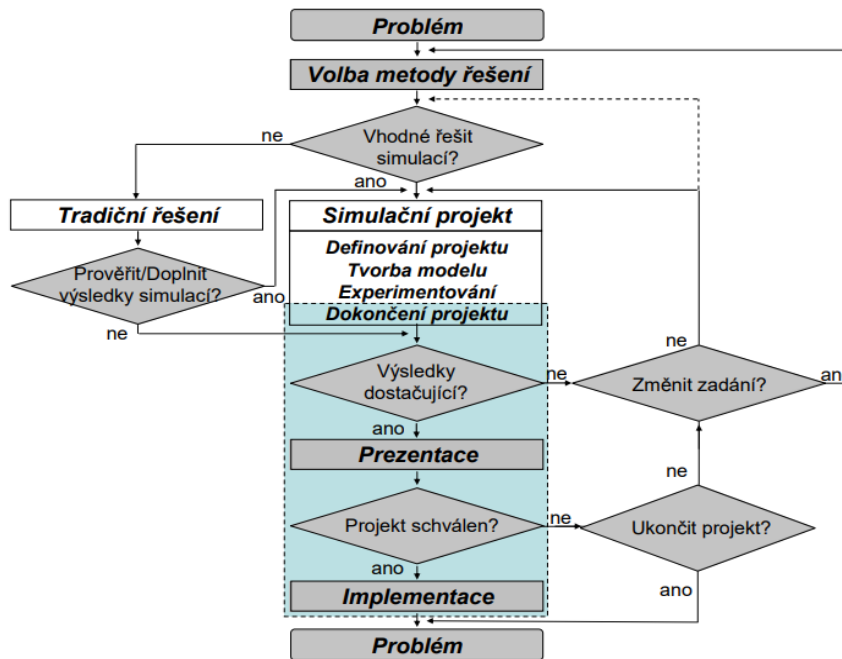
Principem počítačové simulace je simulace výrobních systémů na počítačovém modelu, který představuje zkoumaný reálný systém (obr. 11). V modelu se dají sledovat a zkoumat dynamické a stochastické vlastnosti zkoumaného systému napodobováním jeho skutečného chování. Dají se simulovat jednotlivé stavy procesů a to: transport materiálu, technologické procesy, poruchy strojů v závislosti na čase. [13]



Obrázek 11: Princip počítačové simulace výrobních systému [13]

Zpracování simulačního projektu (obr. 12) se skládá z těchto částí:

- **definování projektu** – vytvoření týmu, rozbor současného stavu, stanovení cílů
- **vytvoření modelu** – sběr dat, analýza a příprava dat, kódování a verifikace modelu, validace modelu
 - **verifikace modelu** – ověření platnosti konečného modelu
 - **validace modelu** – postupné ověřování funkčnosti modelu během programování modelu.
- **experimentování** – stanovit faktory, počet opakování, délka simulace nastavení parametrů, analýza výsledků
- **analýzy dat a dokončení projektu** - kompletnost a shrnutí dokumentace, vyčíslení přínosů, realizace vybrané varianty [13]



Obrázek 12: Struktura simulačního projektu – schématicky [13]

Simulace se stala podpůrným nástrojem v oblasti řízení projektů, prověřování investic v oblasti návrhů výrobních systémů a také zefektivňování jejich provozu. Díky simulaci můžeme minimalizovat riziko špatného rozhodnutí. Simulace je používána tehdy, když experimentování s reálným systémem není možné, je velmi nákladné, nebo nelze řešit analyticky. Cílem experimentování je vyhledání takových výstupních hodnot, které vyhovují předem stanoveným požadavkům. [13]

Rozdělení simulace:

Podle předvídatelnosti událostí:

- Stochastická simulace – systém s prvky vykazující alternativní chování, které není podmíněno žádnou známou skutečností, chování takovýchto systémů je pak možné popsat náhodnými proměnnými
- Deterministické – systém s prvky vykazující předpověditelný průběh. Opakovatelný výsledek, záleží na vstupních datech [13]

Přínosy simulace:

- Kvantitativní – např. úspora transportních prostředků, či pracovníků, snížení zásob, zvýšení produkce. Kvantitativní přínosy jsou lehce vyčíslitelné
- Kvalitativní – např. odsimulování funkčnosti procesu, zabránění chybnému rozhodnutí, získání podložených argumentů pro odbornou diskusi, atd. Lze vyčíslit jen obtížně [13]

2.7 FlexSim

FlexSim je 3D simulační nástroj, který slouží k simulaci procesů. Simulace procesů spočívá ve virtuálním převzetí vzoru skutečného systému za účelem jeho hloubkové analýzy a zavedení zlepšení. FlexSim umožňuje prozkoumat problémy zařízení, zatížení personálu, produktivity, přepravy a interní logistiky, manipulaci s materiálem a skladování. Díky simulaci lze najít odpověď na otázku „co by kdyby“. Správně naprogramované experimenty umožňují nalézt optimální řešení mezi desítkami tisíc možností. [14]

FlexSim se skvěle využije ve výrobě v jakýchkoliv průmyslových aplikacích. Vzhledově je velice přívětivý a jeho ovládání je jednoduché. Simulovat se dá jak ve 3D modelu, tak i ve 2D. Ve 3D modelu nemůžeme docílit velmi složitých úloh. K tomu nám pomáhá 2D simulace, která je s 3D modelem propojena. Pracovní prostor je jednoduchý, objekty se umísťují z definované knihovny a doplňují se do nich data jako je cyklový čas, počet kusů, drahá atp. [14]

3 Seznámení s prostorem, technicko – organizačními omezeními a manipulovanými jednotkami

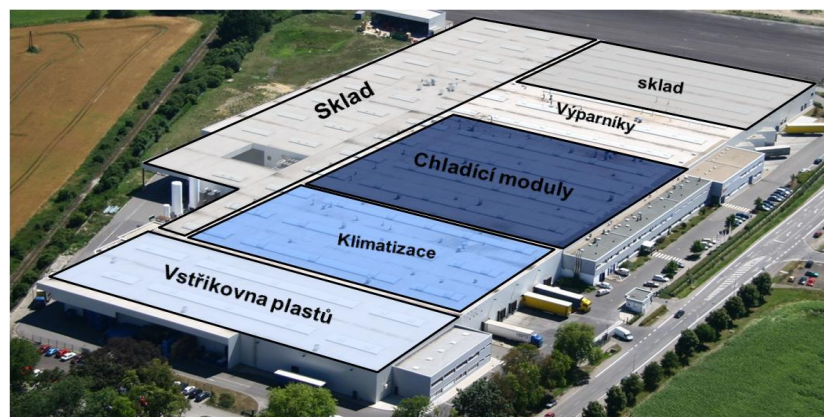
V následující kapitole seznámení s prostorem, technicko – organizačními omezeními a manipulovanými jednotkami jsou nejprve vymezeny podmínky ke zpracování práce, dále představení společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o, vysvětlení interních pojmů, které jsou v práci využívány, vysvětlení systému zásobování montážních linek, seznámení s prostorem a layoutem.

Hlavními omezujícími podmínkami jsou:

- Bezpečný průjezd – dbát na to, aby se tahač se zapojenými vozíky všude vytočil, nezpůsobil nehodu a neohrozil jiné pracovníky
- Kapacita skladu – zachovat kapacitu skladu, tak aby byla schopná uskladnit veškeré díly
- Plocha skladu – celková plocha skladu se nesmí zvětšovat
- Dostupnost materiálu – zohledňovat návrhy tak aby byly montážní linky včas zásobované a byly schopné držet takt linky

3.1 Představení společnosti MAHLE BEHR

Diplomová práce je vypracována ve společnosti Mahle Behr Mnichovo Hradiště s. r.o. Závod v Mnichově Hradišti je výrobcem komponentů pro klimatizace a chlazení motoru.



Obrázek 13: Rozložení výroby v závodě Mahle Behr Mnichovo Hradiště [2]

Výrobní závod v Mnichově Hradišti zaměstnává přes 1200 zaměstnanců v třísměnném provozu na ploše 76 000 m². Výroba probíhá ve čtyřech úsecích zobrazených na obrázku 13 - vstříkovna plastových dílů (IM), výroba klimatizace (AM), výroba chladících modulů (ET) a výroba výparníků (AC). Práce se věnuje zásobování montážních linek MLBevo, ve kterých se montuje klimatizace (obr. 14).

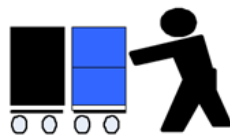


Obrázek 14: Ukázka klimatizace [2]

3.2 Definice interních pojmů při zásobování

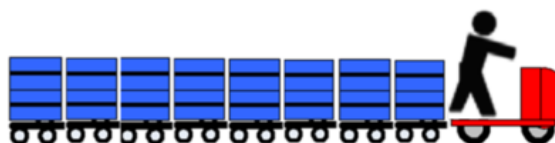
Nejprve je potřeba definovat interní názvy k pochopení procesu. Při popisu procesu zásobování linek jsou používány interní pojmy jako je manipulát AM, vláčkař nebo smyčka. Tyto pojmy jsou definovány níže.

Manipulát AM - je označení pro pracovníka, který zásobuje montážní linky bez pomoci manipulační jednotky (tahače). Operátor pouze tahá vozíky s díly (obr. 15) k předávacím pozicím u montážních linek ručně.



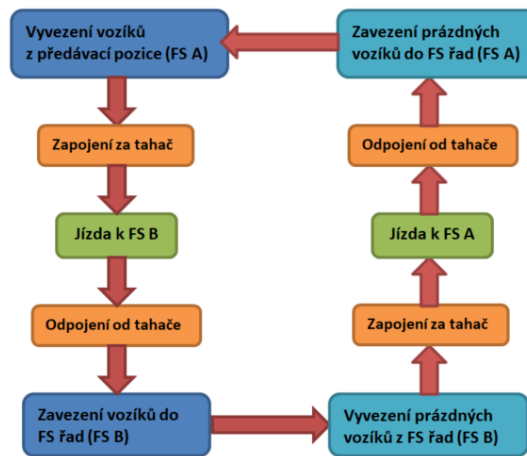
Obrázek 15: Manipulát s vozíky

Vláčkař – je označení pro pracovníka, který zásobuje sklad FS B ze skladů FS A, C a skladů nakupovaných dílů pomocí manipulační jednotky (tahače) a vozíky zapřáhnutými za tahačem (obr. 16).



Obrázek 16: Operátor s vláčkem

Smyčka – je označení pro jedno zásobovací kolo vláčkaře včetně odvezení prázdných obalů zpět (obr. 17).



Obrázek 17: Smyčka vláčkaře

3.3 Manipulované jednotky

Na obrázku číslo 18 jsou vidět typy přepravních prostředků, které se ve firmě používají a kterým se práce věnuje. Na obrázku vlevo je vidět multipack určený pro skladování nakupovaných dílů. Tyto obaly jsou zákaznické a neustále kolují mezi výrobcem a zákazníkem. Výhoda těchto obalů je, že pokud jsou obaly prázdné, dají se vkládat do sebe. Prostřední přepravní prostředek na obrázku 7 je interní flatstorage obal, který je určen pro skladování vyráběných plastových dílů. Poslední obrázek je EURObox, který je určen pro skladování vyráběných dílů. Jeden vozík obsahuje 4 obaly. Množství kusů v obalu je rozdílné podle typu dílu. Rozměry těchto obalů jsou 800 x 400 mm.



Obrázek 18: Typy balných jednotek FS [2]

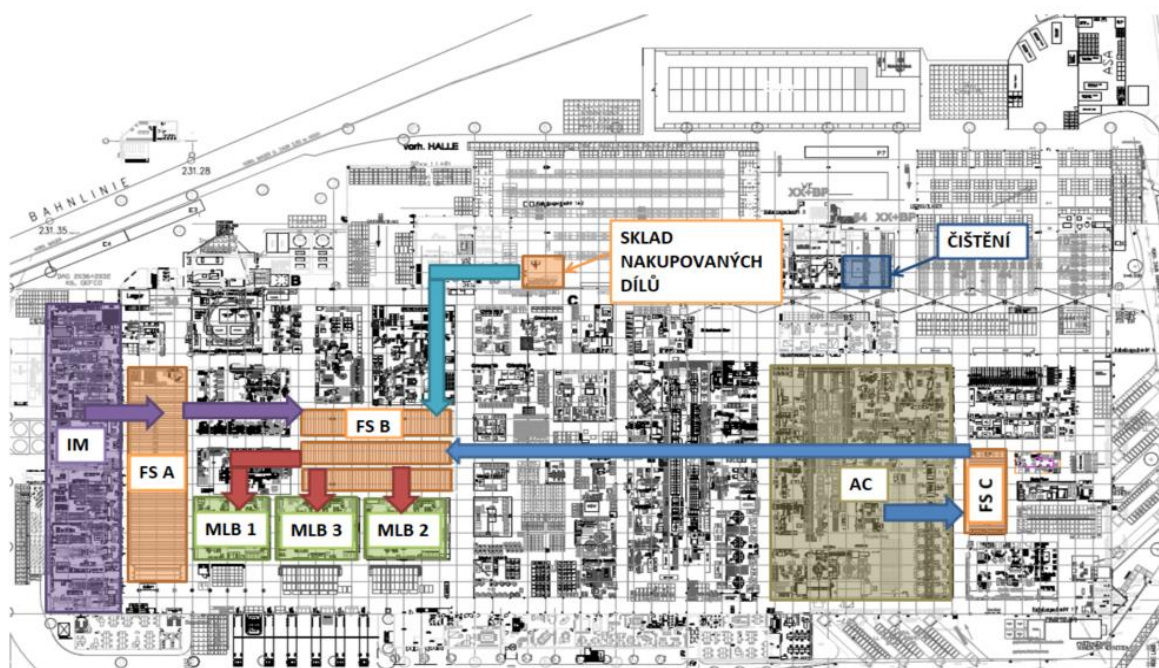
3.4 Systém zásobování linek

Společnost Mahle Behr vyrábí ve čtyřech výrobních úsecích, patří sem výroba klimatizace pro osobní automobily (AM), chladicí moduly pro kamiony (ET), výparníky pro klimatizace (AC) a vstříkovna plastů (IM), kde se vstříkují kryty výparníků, nádržky a díly klimatizace.

Tato práce se zabývá zásobováním tří montážních linek MLBevo, které vyrábějí **klimatizace**. Montážní linky jsou zásobované z flatstorage B pomocí manipulanta AM. Flatstorage jsou zásobovány z výrobních fraktálů IM, AC pomocí vláčkaře. Doplnění materiálu do flatstoragů pomocí vláčkaře probíhá zavezením plných obalů do FS řad a následné odvezení prázdných obalů. Zásobování montážních linek pomocí manipulanta AM probíhá výměnou prázdného obalu, který vezme u předávací pozice linek a zaveze do FS B, kde následně vezme plný obal a zaveze ho zpět k lince.

Rozložení výrobních fraktálů, skladů a montážních linek je vidět na obrázku 18. Montážní linky jsou znázorněné na obrázku 18 zelenou barvou, všechny flatstorage jsou znázorněné oranžovou barvou. Výrobní fraktály, kde se vyrábí potřebné díly jsou znázorněné fialovou barvou (IM) a světle zelenou (AC). Materiálové toky jsou vyznačené barevnými šipkami. Fialové šipky na obrázku 19 znázorňují tok plastových dílů ze vstříkovny plastů (IM), uskladnění ve FS A a následné zavezení do FS B. Tmavě modré šipky znázorňují tok výparníků z výrobního fraktálu AC, uskladnění ve FS C a následné zavezení do FS B. Světle modrá šipka znázorňuje tok nakupovaných dílů ze skladu, až po uskladnění ve FS B. Červené šipky znázorňují zásobování montážních linek z FS B. Celkový proces zásobování FS B a linek MLBevo probíhá ve čtyřech následujících tocích.

- 1) **Plastové díly** (Vstříkovna plastů > FS A > FS B > MLBevo)
- 2) **Výparníky** (Výroba výparníků > FS C > FS B > MLBevo)
- 3) **Nakupované díly** (Nakupované díly > SKLAD Nak.dílů > FS B > MLBevo)
- 4) **Zavážení dílů k linkám manipulantom AM** (FS B > montážní linky MLBevo)



Obrázek 19: Rozložení výrobních fraktálů, skladů a montážních linek

Ve firmě se nacházejí tři flatstorage, označené A, B, C. Rozložení flatstoragů je vidět na obrázku 21. Všechny řady ve FS jsou adresné a mají označení s číslem materiálu. Prázdné obaly pro materiály jsou umístěné v jedné adresné řadě a jsou zaváženy pracovníkem skladu. Ukázka plošného skladu flatstorage je znázorněna na obrázku 20.



Obrázek 20: Ukázka skladu flatstorage [2]

FLATSTORAGE A

Flatstorage A je mezisklad určený pro vstříkované díly vyrobené ve fraktálu IM. Ve vstříkovně plastů (IM) se vstříkují kryty výparníků, vodní a vzduchové nádržky a

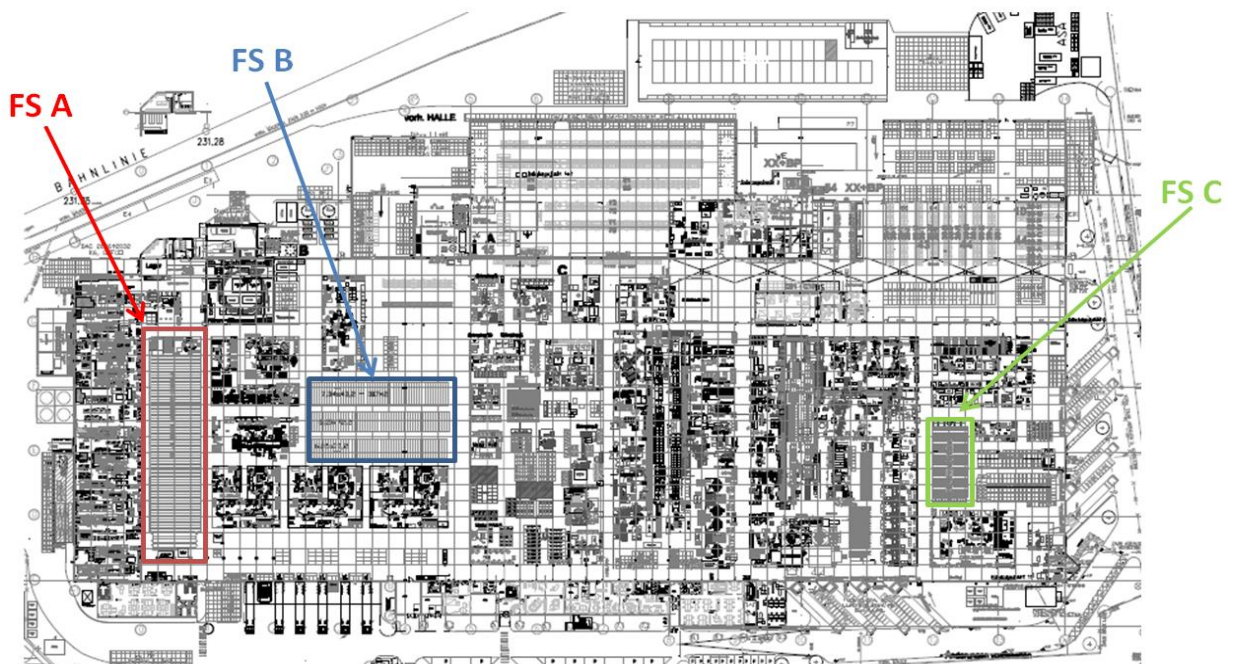
ostatní díly klimatizací. Kapacita skladu je 80 řad, do každé řady se vejde 18 vozíků. Zaskladnění materiálu z IM do flatstorage A má na starosti manipulant výroby IM.

FLATSTORAGE B

Flatstorage B je mezisklad určený pro vstřikované, nakupované díly (ventilátor, turbíny) a výparníky vyráběné ve fraktálu AC. Kapacita skladu je 106 řad a v každé řadě se nachází 8 vozíků. Navážejí se sem díly z FS A. Všechny díly ve skladu B zaskladňuje skladník pomocí vlaku.

FLATSTORAGE C

Flatstorage C je mezisklad určený pro výparníky vyrobené ve fraktálu AC. Kapacita skladu je 48 řad, do každé řady se vejde 12 vozíků.



Obrázek 21: Rozložení flatstoragů ve firmě [2]

4 Analýza současného stavu

Analýza současného stavu se věnuje stávajícímu procesu zavážení komponentů do skladu a k montážním linkám MLBevo. Bude potřeba vybrat konkrétní představitele, kterým se bude analýza věnovat. Vzhledem k velkému množství jednotlivých typů vstupujících dílů do klimatizace, bude provedena ABC analýza pro jednoznačné stanovení zástupců, kteří jsou z pohledu manipulace nejvýznamnější. Hlavním kritériem pro stanovení zástupců bude počet převezených manipulačních jednotek za rok 2019. Následně bude analyzován současný stav zavážení všech toků, kterým se práce věnuje - mapování tras vláčkařů a manipulantů, měření vzdáleností, frekvencí a časů. Poté co bude zanalyzován současný stav zavážení, budou shrnuty potenciály ke zlepšení a navrženy optimalizace.

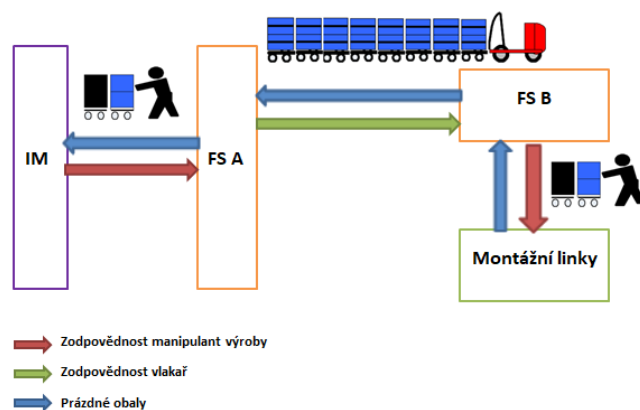
Nejprve bude zmapováno zavážení plastových dílů, nakupovaných dílů a výparníků do skladu FS B a na závěr analýzy bude zmapován samotný manipulant AM, který zásobuje montážní linky z FS B. Základní informace jako je takt montážních linek, norma linek na směnu a průměrná rychlost manipulanta jsou shrnuty v tabulce 1.

Tabulka 1: Základní informace k analýze procesu

Takt montážních linek [s]	90
Norma montážní linky [ks/směnu]	300
Rychlost tahače [m/s]	2,2
Rychlost manipulanta [m/s]	0,9

4.1 Tok plastových dílů

Prvním tokem je zavážení plastových dílů z fraktálu IM. Proces zavážení probíhá v následujících krocích: vyrobené díly jsou manipulantem IM zavezeny do směsné/předávací pozice ve FS A, odtud si díly přebírá vláčkař, který je zaváží do FS B. Nejprve vyveze vozíky z předávací pozice, zapojí je k vlaku a jede danou smyčku. Poté co přijede k FS B, následuje zaskladnění plných vozíků do kolejnic skladu, orientuje se podle cedulek s číslem materiálu. Odtud přebírá zodpovědnost manipulant výroby AM. Po rozvezení všech dílů, nabere vláčkař prázdné obaly v předávacích pozicích a zaveze je zpět do FS A. Takto jezdí smyčku neustále dokola. Zjednodušené schéma procesu zavážení plastových dílů je znázorněno na obrázku 22.



Obrázek 22: Tok plastových dílů

4.1.1 ABC analýza pro plastové díly

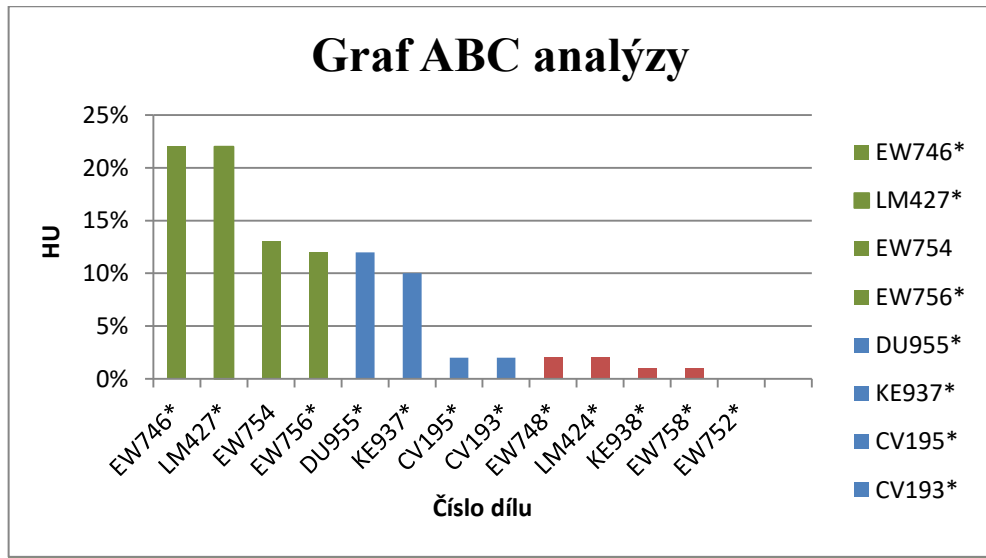
Jelikož se klimatizace skládá z více plastových dílů, bylo třeba vybrat vhodné reprezentanty, u kterých je převezeno nejvíce manipulačních jednotek. V diplomové práci nebudou analyzovány veškeré plastové díly, ale jen díly, se kterými je nejvíce manipulováno.

K výběru dílů byla použita ABC analýza viz tabulka 2. Hlavním rozhodujícím faktorem byl objem dílů pro rok 2019 a balící hustota. Podle výhledu na rok 2019, bylo spočítáno, kolik bude potřeba převést manipulačních jednotek (HU – Handling Units).

Tabulka 2: ABC analýza pro plastové díly

Číslo dílu	Název Materiálu	obalová jednotka [ks/obal]	Objem 2019 [ks]	Handling Units [HU]	%	kumul %	ABC (80/15/5)
EW746*	Distribuce	20	464 000	23 200	22%	22%	A
LM427*	Pouzdro výparníku	20	459 160	22 958	22%	44%	A
EW754*	Distribuce	20	270 310	13 516	13%	57%	A
EW756*	Distribuce	20	244 930	12 247	12%	69%	A
DU955*	Mřížka	20	240 240	12 012	12%	81%	B
KE937*	Plášť ventilátoru	45	464 536	10 323	10%	91%	B
EW748*	Pouzdro filtru	20	37 590	1 880	2%	92%	B
LM424*	Pouzdro výparníku	20	36 350	1 818	2%	94%	B
CV195*	Dělicí přepážka	108	272 052	2 519	2%	97%	C
CV193*	Dělicí přepážka	108	224 100	2 075	2%	99%	C
KE938*	Plášť ventilátoru	45	36 811	818	1%	99%	C
EW758*	Distribuce	10	6 080	608	1%	100%	C
EW752*	Distribuce	10	1 120	112	0%	100%	C

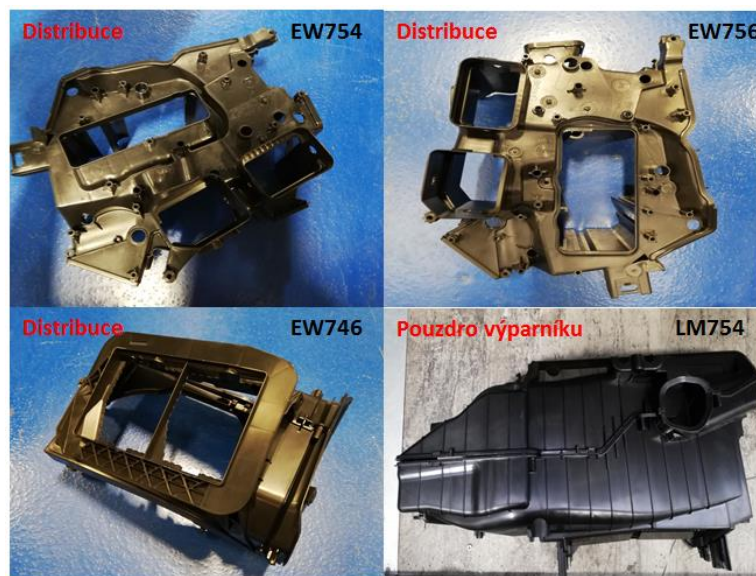
Na základě ABC analýzy byly vybrány 4 hlavní díly, které mají 80 % podíl na manipulaci. Jak je vidět z tabulky, jsou to díly: EW746, LM427, EW754, EW756.



Graf 1: ABC analýza

Vybrané plastové díly

Mapované plastové díly jsou pro ukázkou zobrazeny na obrázku 23, jedná se o distribuce a pouzdro výparníku. V diplomové práci nebudou analyzovány veškeré plastové díly, ale jen díly, se kterými je nejvíce manipulováno z hlediska převezených vozíků za rok 2019.



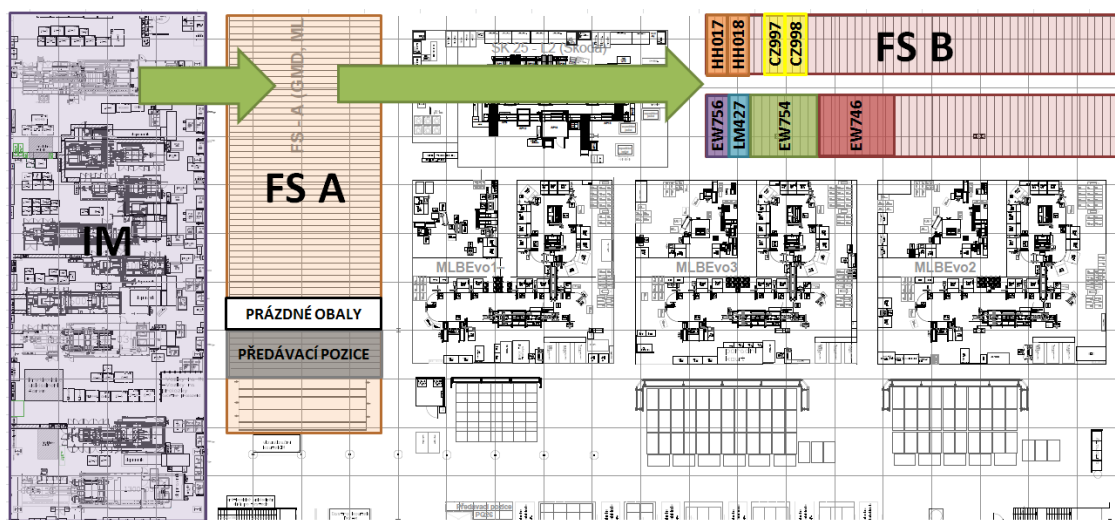
Obrázek 23: Vybrané plastové díly

4.1.2 Analýza současného stavu trasy 1

Jako první byl zmapován tok 1, což je zavážení plastových dílů od výroby ve fraktálu IM, jejich následné uskladnění v předávací pozici ve FS A, zavezení vláčkařem do FS B a vrácení prázdných obalů.

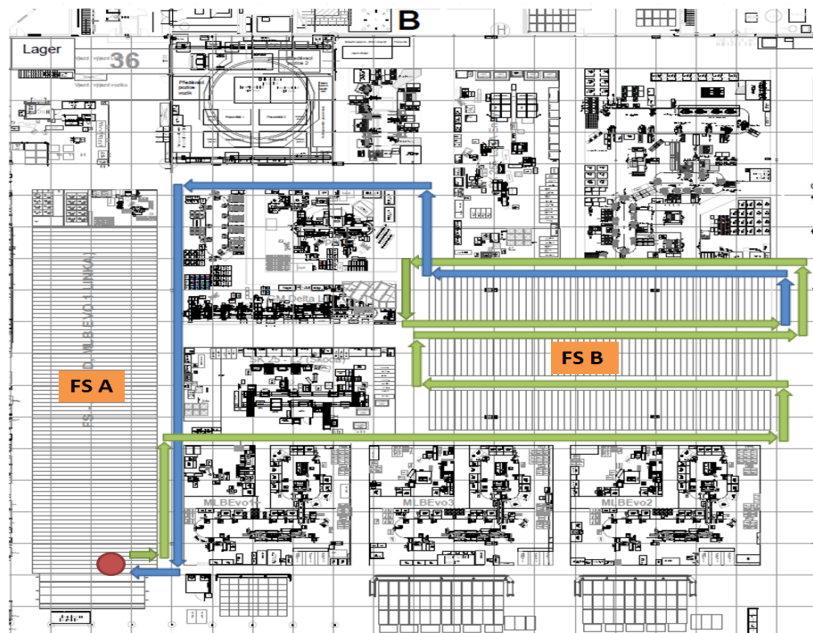
- Potřeba linek na 1 směnu – převést 180 vozíků s materiálem

Do layoutu (obr. 24) bylo zakresleno, kde se nachází fraktál IM pro vstřikování plastů, FS A, FS B, pozice pro jednotlivé díly, prázdné obaly a předávací pozice. Zelené šípky znázorňují směr materiálového toku.



Obrázek 24: Layout IM, FS A, předávací pozice a pozice dílů

Dalším krokem bylo mapování samotného vláčkaře. Po stanovení počátečního bodu, což je předávací pozice ve FS A začlo pozorování vláčkaře a měření časů. Byl změřen čas vyvezení vozíků z předávacích pozic a jejich zapojení k vláčku. Dále byla sledována dráha vláčkaře, počet zapojených vozíků, počet zastávek, čas a délka trasy a následný čas rozpojení a zavezení vozíků do pozic. Na obrázku 25 je vidět trasa navážení plastových dílů. Zelená trasa znázorňuje zavážení dílů do FS B, modrá trasa znázorňuje odebrání prázdných obalů a zavezení zpět do pozice ve FS A.



Obrázek 25: Trasa navážení plastových dílů

Tabulka 3: Naměřená data z trasy 1

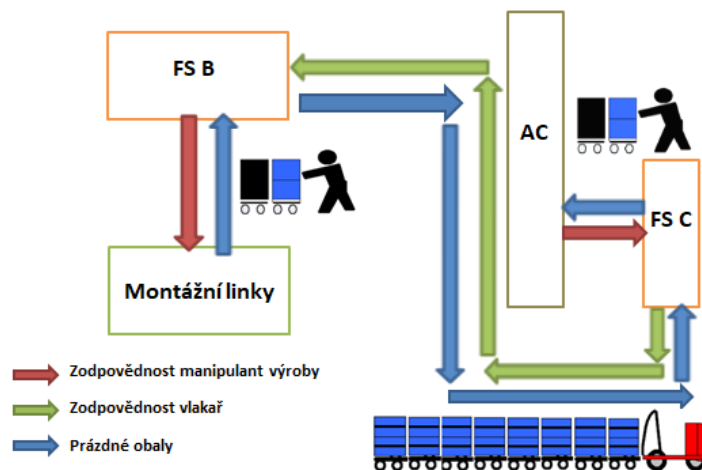
Analýza plastových dílů				
Díl	EW754*	EW746	LM427	EW756
Převezené vozíky za směnu [ks]	45	45	45	45
Délka smyčky [m]	480	480	480	480
Rychlost tahače [m/s]	2,2			
Počet vozíků [ks]	8	8	8	8
Počet zastávek za 1 smyčku [-]	5	5	5	5
Vyndání a zapojení vozíků [s/ks]	21	21	21	21
Odpojení a zandání vozíků [s/ks]	21	21	21	21
Čas manipulace s vozíky za 1 smyčku [s]	672	672	672	672
Čas jízdy 1 smyčky [s]	218	218	218	218

V tabulce 3 jsou zahrnuta veškerá podstatná naměřená data z mapování plastových dílů. Čas trasy se v průměru pohyboval okolo **218 sekund**. Do tohoto času není započítána manipulace s vozíky tzn. vyndání a zapojení vozíků, rozpojení a zavezení vozíků jak pro plné obaly, tak pro prázdné. Čas manipulace s vozíky během jedné smyčky se pohyboval okolo **672 sekund**. Z tabulky můžeme vidět, že čas manipulace s vozíky je téměř trojnásobek času, co samotná jízda. Celkový čas jedné smyčky je **890 sekund**.

Čas potřebný ke splnění denní normy zavážení plastových dílů je **20470 sekund** (342 minut), což je **23 smyček**.

4.2 Tok výparníků

Druhým tokem je zavážení výparníků z fraktálu AC. Vyrobené výparníky jsou manipulátem AC zavezeny do přesně dané pozice ve FS C. Vláškař výparníky v euroboxech zapojí a převezve je do FS B. Vláškař díly převezve na přesně danou pozici, nabere prázdné obaly a jede s nimi zpět do FS C. Zodpovědnost za zásobování linek MLBevo přebírá manipulát AM. Výrobní takt výparníků je 30 sekund na kus. Zjednodušené schéma procesu zavážení výparníků je znázorněno na obrázku 25.



Obrázek 26: Tok výparníků

3.2.1 Výběr výparníků

Pro výparníky ABC analýza nebyla použita, jelikož mají vlastní materiálový tok a jsou pouze dva typy, které vstupují do klimatizace. Proto jsou v analýze procesu zavážení výparníků brány dohromady. V následující tabulce 4, vidíme výparníky a potřebná data k dalšímu zpracování budoucích návrhů.

Tabulka 4: Výběr výparníků

Číslo dílu	Název materiálu	Obalová jednotka [ks/obal]	Objem 2019 [ks]	Handling Units [HU]	[%]
HH017*	Výparník	16	371 182	23 199	90
HH018*	Výparník	16	41 248	2 578	10

Druhým mapovaným dílem je výparník (obr. 27), který se vyrábí interně ve fraktálu AC.

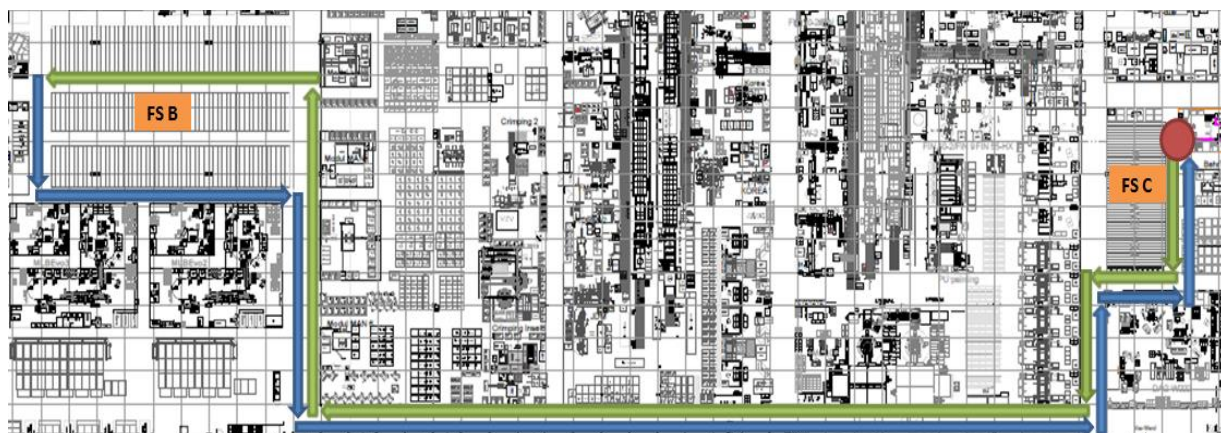


Obrázek 27: Ukázka výparníku [2]

4.2.2 Analýza současného stavu trasy 2

Mapování ventilátorů probíhalo obdobně jako u prvního toku. Druhý tok, zavážení ventilátorů obstarává jiný vláčkař. Opět si vyveze vozíky s ventilátory z FS C, zapojí za taháč a zaveze je do FS B, po zavezení ventilátoru do FS B, nabere prázdné obaly a zaveze zpět do FS C.

- Potřeba linek na 1 směnu – převést 114 vozíků s materiálem



Obrázek 28: Trasa navážení ventilátorů

Na obrázku 28 vidíme trasu navážení výparníků dílů. Zelená trasa znázorňuje zavážení dílů do FS B, modrá trasa znázorňuje odebrání prázdných obalů a zavážení prázdných obalů zpět do pozice ve FS C.

Tabulka 5: Naměřená data z trasy 2

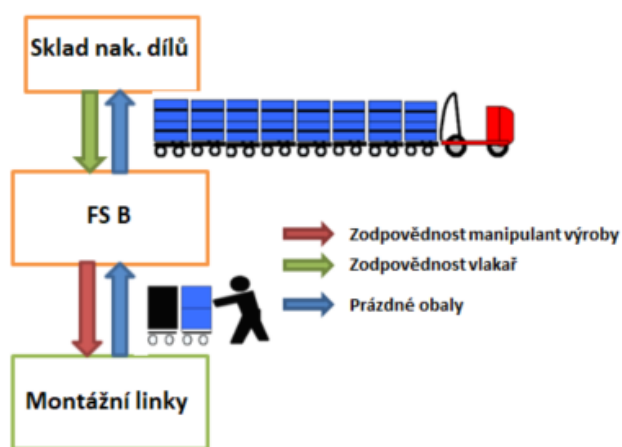
Analýza výparníků		
Díl	HH017*	HH018*
Převezené vozíky za směnu [ks]	105	12
Délka smyčky [m]	600	600
Rychlost tahače [m/s]	2,2	
Počet vozíků [ks]	8	8
Počet zastávek za 1 smyčku [-]	4	4
Vyndání a zapojení vozíků [s/ks]	21	21
Odpojení a zandání vozíků [s/ks]	21	21
Čas manipulace s vozíky za 1 smyčku [s]	672	672
Čas jízdy 1 smyčky [s]	270	270

V tabulce 5 jsou zahrnuta veškerá podstatná naměřená data z mapování výparníků. Čas trasy se v průměru pohyboval okolo **270 sekund**. Do tohoto času není započítána manipulace s vozíky tzn. vyndání a zapojení vozíků, rozpojení a zavezení vozíků jak pro plné obaly, tak pro prázdné. Čas manipulace s vozíky během jedné smyčky se pohyboval okolo **672 sekund**. Z tabulky můžeme vidět, že čas manipulace s vozíky je skoro trojnásobek času, co samotná jízda. Celkový čas jedné smyčky je **942 sekund**.

Čas potřebný ke splnění denní normy zavážení výparníků je **14 130 sekund** (236 minut), což je **15 smyček**.

4.3 Tok nakupovaných dílů

Třetím tokem je zavážení nakupovaných dílů. Objednaný materiál je z palet přebalen na FS vozíky dle definovaného počtu obalových jednotek. Odtud je materiál navezen do skladu, do pozice pro něj určené. Ze skladu nakupovaných dílů je pak vláčkařem zavezen do FS B. Odtud přebírá zodpovědnost manipulant výroby AM. Poté co jsou zavezeny díly do pozic, nabere vláčkař prázdné obaly a zaveze je na čištění. Zjednodušené schéma procesu zavážení nakupovaných dílů je znázorněno na obrázku 29.



Obrázek 29: Tok nakupovaných dílů

4.3.1 Výběr nakupovaných dílů

Pro nakupované díly, které se montují do klimatizace na MLBevo je situace stejná, takže jsou v analýze procesu zavážení dílů brány dohromady stejně jako výparníky. V následující tabulce 6, vidíme nakupované díly a potřebné data k dalšímu zpracování budoucích návrhů.

Tabulka 6: Výběr z nakupovaných dílů

Číslo dílu	Název materiálu	Obalová jednotka [ks/obal]	Objem 2019 [ks]	Handling Units [HU]	[%]
CZ997*	Ventilátor	24	371 162	15 465	90
CZ998*	Ventilátor	24	41 228	1 718	10

Posledním sledovaným dílem je ventilátor (obr. 30). Ventilátor je nakupovaný díl, který je dodáván zákazníkem.



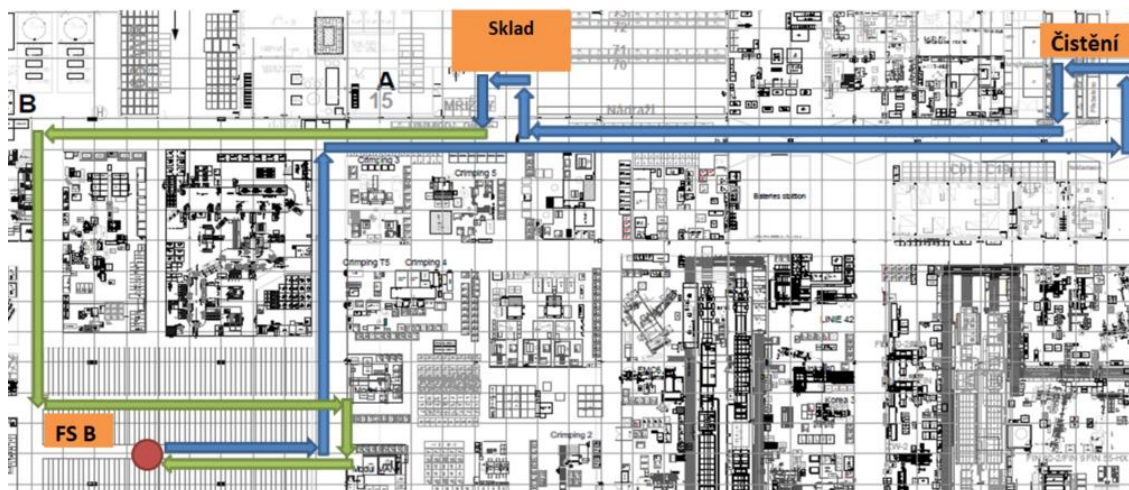
Obrázek 30: Ukázka ventilátoru [2]

4.3.2 Analýza současného stavu trasy 3

Při mapování nakupovaných dílů bylo postupováno stejným způsobem jako u toku 1. Vláčkař nabere prázdné obaly nakupovaných dílů a jede s nimi na pracoviště čištění. Zde jsou prázdné obaly vyčištěné a posílají se zpět k zákazníkovi. Následně jede do skladu nakupovaných dílů, kde si zapojí vozíky s ventilátory a zaváží je do FS B. Po stanovení počátečního bodu, což je pozice prázdných obalů (nakupovaných dílů) ve FS B, začlo sledování vláčkaře a měření časů. Byl změřen čas vyndání vozíků z předávacích pozic a jeho zapojení k vláčku. Dále byla sledována dráha vláčkaře, počet zapojených vozíků, počet zastávek, čas, délka trasy a následný čas rozpojení a zandání vozíků do pozic.

- Potřeba linek na 1 směnu – převést 78 vozíků s materiálem

Na obrázku 31 je vidět trasa navážení nakupovaných dílů. Zelená trasa znázorňuje zavážení dílů do FS B, modrá trasa znázorňuje odebrání prázdných obalů, zavážení prázdných obalů na čištění a do skladu.



Obrázek 31: Trasa navážení nakupovaných dílů

Tabulka 7: Naměřená data z trasy 3

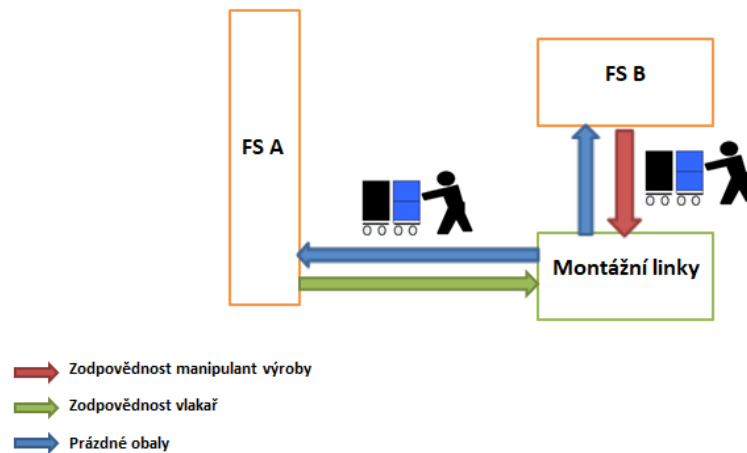
Analýza nakupovaných dílů		
Díl	CZ997*	CZ998*
Převezené vozíky za směnu [ks]	70	8
Délka smyčky [m]	595	595
Rychlost tahače [m/s]	2,2	
Počet vozíků [ks]	8	8
Počet zastávek za 1 smyčku [-]	4	4
Vyndání a zapojení vozíků [s/ks]	21	21
Odpojení a zandání vozíků [s/ks]	21	21
Čas manipulace s vozíky za 1 smyčku [s]	672	672
Čas jízdy 1 smyčky [s]	420	420

V tabulce 7 jsou zahrnuta veškerá podstatná naměřená data z mapování nakupovaných dílů. Čas trasy se v průměru pohyboval okolo **420 sekund**. Do tohoto času není započítána manipulace s vozíky tzn. vyndání a zapojení vozíků, rozpojení a zavezení vozíků jak pro plné obaly, tak pro prázdné. Čas manipulace s vozíky během jedné smyčky se pohyboval okolo **672 sekund**. Celkový čas jedné smyčky je **1 092 sekund**.

Čas potřebný ke splnění denní normy zavážení nakupovaných dílů je **10 920 sekund** (182 minut), což je **10 smyček**.

4.4 Zavážení dílů na montážní linky manipulantom AM

Manipulant výroby AM zásobuje tři montážní linky MLBevo ze skladů FS B. Obchází skladovací pozice u linek MLBevo a sbírá prázdné obaly, které zaváží do FS B, podle odvezených prázdných obalů zaváží k linkám daný materiál. Žádný informační systém, který by manipulanta upozornil, že je potřeba doplnit daný typ materiálu zde není. Doplnování materiálu probíhá výměnou prázdného FS setu za plný set. Zjednodušené schéma procesu zavážení všech sledovaných dílů k montážním linkám je znázorněno na obrázku 32.



Obrázek 32: Zavážení manipulantom AM k montážním linkám

Analýza zásobování montážních linek manipulantom AM

Po zmapování třech toků, které neustále zásobují sklad pro montážní linky, začala analýza samotného zavážení montážních linek. Zavážení všech tří linek má na starost pouze jeden manipulant.

- Norma pro výrobu klimatizace = **300 kusů za směnu/linka**
- V průměru každých **90 sekund** je vyrobena klimatizace
- Rychlost manipulanta **0,9 m/s**
- Potřebný počet převezených vozíků **372**

Z předchozích analýz byly zakreslené pozice mapovaných dílů ve FS A + B. Dále byly do layoutu zakreslené jednotlivé pozice dílů u montážních linek viz obrázek 33.

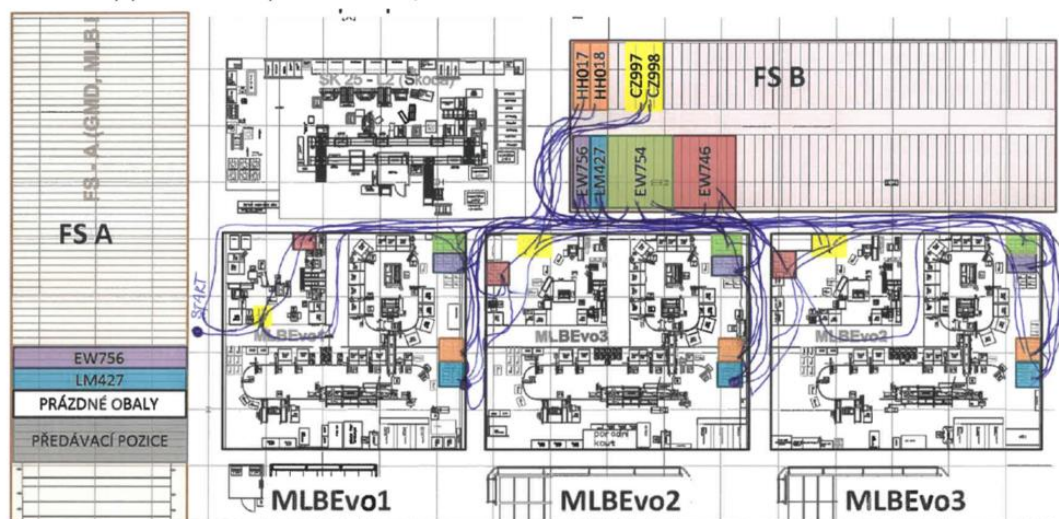
K analýze byl využitý špagetový diagram, do kterého byla zaznamenána trasa, kterou se manipulát pohyboval při zavážení komponentů (obr. 33). Zásobování linek probíhalo takovým způsobem, že manipulát prochází kolem montážních linek, zjišťuje si jakou mají jednotlivé díly aktuální zásobu přímo u linek. Poté co byl nějaký díl zpracován, odebral prázdné obaly a jel s nimi do skladů FS B, kde vyměnil prázdný set za plný a zavezl ho zpět k montážní lince. Tímto způsobem kontroluje a zaváží všechny díly. Manipulát nic neskenuje, žádná technologie mu nehlásí kde mu dochází materiál, chodí pouze smyčky a pokud má někde prázdné obaly, vymění je za plné.

Datum a čas: **6. 2. 2019 (7:00 – 10:00)**

Uražená vzdálenost: **6 785 m**

Počet převezených vozíků s díly: **118**

Průměrný počet tažených vozíků: **1,5**



Obrázek 33: Špagetový diagram manipulanta AM

Mapování zavážení linek bylo rozdělené do třech částí. Mapování plastových dílů, ventilátorů a nakupovaných dílů. Pro všechny tyto díly byly zjištěny tyto informace: počet vstupujících dílů do klimatizace, obalová jednotka, počet předávacích pozic na pracovišti, čas spotřeby jednoho balení, zásoba na pracovišti vyjádřená v čase, počet převezených obalů a nakonec vzdálenosti skladovacích pozic z FS B k předávacím pozicím u montážních linek. Veškeré tyto informace z mapování jsou shrnuty v tabulkách 8, 9, 10. Pro KP bylo uvažováno s maximálním počtem dílů na směnu u jednotlivých variant.

Tabulka 8: Tabulka s daty pro plastové díly

Díl	Počet vstupujících dílů do výroby [ks]	Obalová jednotka [ks/obal]	Počet předávacích pozic na pracovišti [-]	Čas spotřeby 1 balení [min]	Zásoba na pracovišti celkem [min]	Počet převezených vozíků k 1 lince [vozík/směnu]	Vzdálenost FS =>linka [m]		
							L1	L2	L3
EW754	1	20	3	30	90	15	25	40	20
EW746	1	20	2	30	60	15	40	15	30
LM427	1	20	2	30	60	15	30	60	35
EW756	1	20	3	30	90	15	20	55	25

Tabulka 9: Tabulka s daty pro ventilátory

Díl	Počet vstupujících dílů do výroby [ks]	Obalová jednotka [ks/obal]	Počet předávacích pozic na pracovišti [-]	Čas spotřeby 1 balení [min]	Zásoba na pracovišti celkem [min]	Počet převezených vozíků k 1 lince [vozík/směnu]	Vzdálenost FS =>linka [m]		
							L1	L2	L3
HH017	1	16	2	24	48	19	35	75	50
HH018	1	16	2	24	48	19	35	75	50

Tabulka 10: Tabulka s daty pro nakupované díly

Díl	Počet vstupujících dílů do výroby [ks]	Obalová jednotka [ks/obal]	Počet předávacích pozic na pracovišti [-]	Čas spotřeby 1 balení [min]	Zásoba na pracovišti celkem [min]	Počet převezených obalů k 1 lince [vozík/směnu]	Vzdálenost FS =>linka [m]		
							L1	L2	L3
CZ997	1	24	2	36	72	13	50	50	25
CZ998	1	24	2	36	72	13	50	50	25

V analýze manipulanta AM, byly změřené vzdálenosti, které manipulant urazí za směnu k jednotlivým linkám. K výpočtům byly použity vzdálenosti od pozice dílu ve FS B až k jeho uskladnění u montážní linky. V následujících tabulkách 11, 12, 13 jsou vypočtené informace jako je vzdálenost zavážení a čas zavážení komponentů k jednotlivým linkám.

Tabulka 11: Analýza časů a vzdáleností pro linku 1

Linka 1					
Díl	Vozíky za smyčku [ks]	Vozíky za směnu [ks]	Vzdálenost k lince a zpět [m]	Celkem [m]	Čas [s]
EW754	1,5	15	50	500	556
EW746	1,5	15	80	800	889
LM427	1,5	15	60	600	667
EW756	1,5	15	40	400	444
HH017	1,5	19	70	887	985
HH018	1,5	19	70	887	985
CZ997	1,5	13	100	867	963
CZ998	1,5	13	100	867	963
				5 807	6 452

Manipulant AM urazí vzdálenost **5 807** metrů zavážením materiálu k lince 1. Čas, který stráví zavážením je **6 452** sekund, což činí přes 107 minut. Vzdálenosti a časy jsou vztažené k jedné směně.

Tabulka 12: Analýza časů a vzdáleností pro linku 2

Linka 2					
Díl	Vozíky za smyčku [ks]	Vozíky za směnu [ks]	Vzdálenost k lince a zpět [m]	Celkem [m]	Čas [s]
EW754	1,5	15	80	800	889
EW746	1,5	15	30	300	333
LM427	1,5	15	120	1 200	1333
EW756	1,5	15	110	1 100	1222
HH017	1,5	19	150	1 900	2111
HH018	1,5	19	150	1 900	2111
CZ997	1,5	13	100	867	963
CZ998	1,5	13	100	867	963
				8 933	9 926

Z tabulky 2 vidíme, že manipulant AM urazí vzdálenost **8 933** metrů zavážením materiálu k lince 2. Čas, který stráví zavážením je **9 926** sekund, což činí přes 165 minut. Vzdálenosti a časy jsou vztažené k jedné směně.

Tabulka 13: Analýza časů a vzdáleností pro linku 3

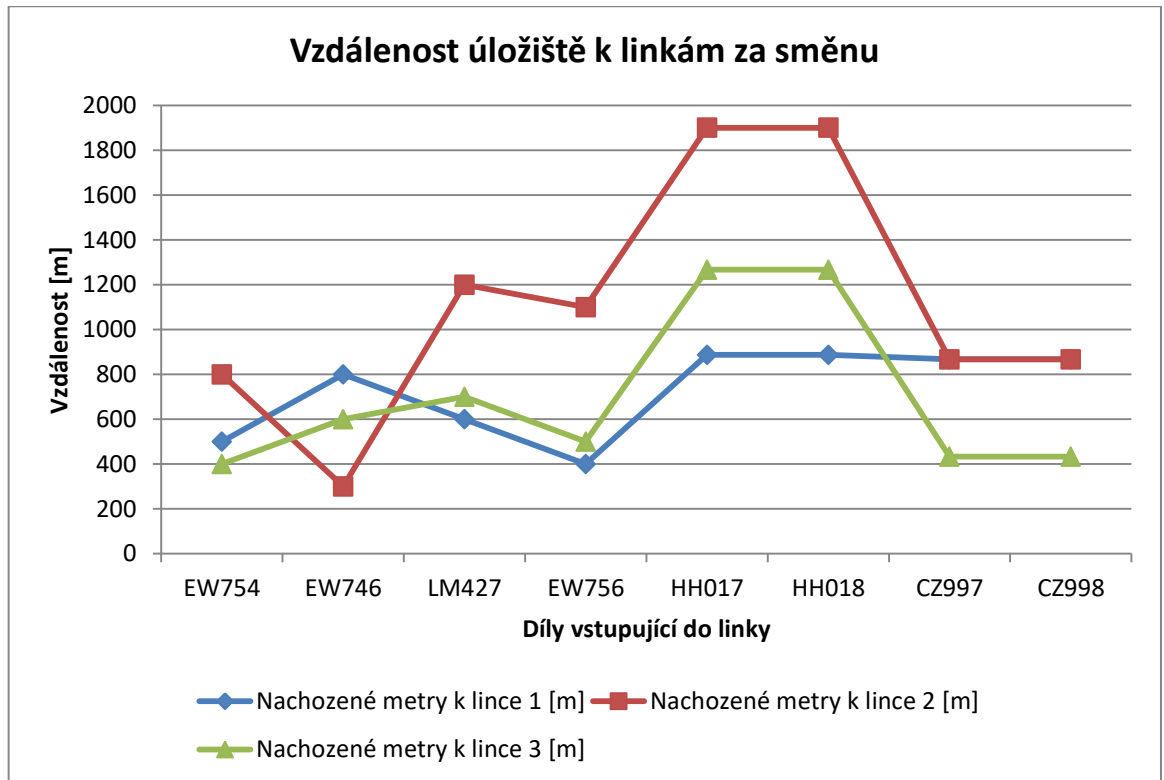
Linka 3					
Díl	Vozíky za smyčku [ks]	Vozíky za směnu [ks]	Vzdálenost k lince a zpět [m]	Celkem [m]	Čas [s]
EW754	1,5	15	40	400	444
EW746	1,5	15	60	600	667
LM427	1,5	15	70	700	778
EW756	1,5	15	50	500	556
HH017	1,5	19	100	1 267	1 407
HH018	1,5	19	100	1 267	1 407
CZ997	1,5	13	50	433	481
CZ998	1,5	13	50	433	481
				5 600	6 222

Manipulant AM urazí vzdálenost **5 600** metrů zavážením materiálu k lince 3. Čas, který stráví zavážením je **6 222** sekund, což činí přes 103 minut. Vzdálenosti a časy jsou vztažené k jedné směně.

Vyhodnocení:

Manipulant se pohybuje průměrnou rychlostí 0,9 m/s, za 1 směnu urazí vzdálenost přes **20 a více km**. Vozíky s díly vozí po 1, nebo 2, podle potřeby linky. Z těchto informací byl vypočítán čas, který manipulant stráví zavážením, což činí přes **6 hodin**.

Grafické vyjádření vzdáleností úložiště k linkám je znázorněné v grafu 2, kde je vidět na první pohled, že nejdelší vzdálenost urazí manipulant k montážní lince 2.



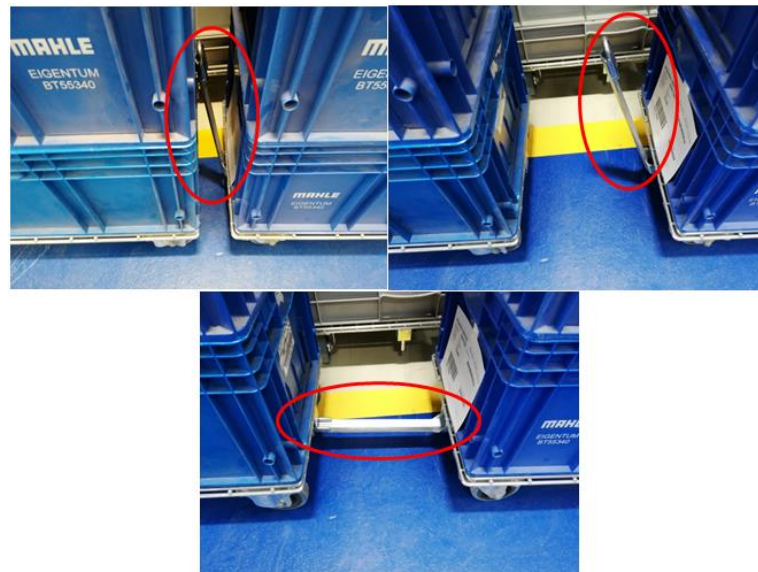
Graf 2: Vzdálenost úložiště k linkám

5 Potenciály ke zlepšení

V kapitole potenciály ke zlepšení jsou shrnuty nedostatky, které byly objeveny při analýze současného stavu, jak pro vláčkaře, tak pro manipulanta.

5.1 Zavážení vláčkařem

- **Manipulace s vozíky**
 - Zapojování a odpojování vozíků od vláčku – při každé vykládce a nakládce vozíků z kolejnic FS musí vláčkař zapojit, nebo odpojit oje vozíků (obr. 34). Při vyndávání vozíků z předávacích pozic je potřeba nejprve vozíky vyvést z kolejnice a následně je mezi sebou zapojit. Naopak při zavážení do FS je potřeba vozíky rozpojit
 - Nevyhovující ergonomie - pracovník se často ohýbá



Obrázek 34: oje vozíku

- **Nepravidelné smyčky**
 - Při analýze vláčkařů bylo zjištěno, že vláčkař není řízen žádnou technologií, proto nedodržuje stanovené trasy, jezdí nepravidelně. Mimo jiné i kvůli tomu jsou díly zaváženy na přeskáčku, někdy se i vrací zpět. To způsobuje rozdílné časy zavážení

Vláčkař hledá materiál, hledá pozice, jezdí prázdný

- Pouze vizuálně hledá, kde co chybí (obr. 35)



Obrázek 35: Prázdná řada ve FS

- **Vláčkař jezdí s více vozíky, než je povoleno**
 - Vlážkař nestíhá zavážet – při analýze bylo vypořorováno, že pokud vláčkař nestíhá zavážet, vozí více vozíků, než je povoleno. Maximální počet tažených vozíků je 8. Při analýze bylo zpozorováno až 12 zapojených vozíků
- **Chybějící informace**
 - Vlážkař neví, co má dovést akutně (chybí na lince)
 - Vlážkař neví, co poveze v další smyčce

5.2 Manipulant AM

- **Manipulace s vozíky**
 - Zdlouhavé vypořádání a zapojování vozíků – manipulant AM, který zaváží materiál přímo k montážním linkám má stejný problém s odpojováním a zapojováním jako vláčkař
 - Chodí do FS a posunuje vozíky
 - Časté ohýbání - nevyhovující ergonomie
- **Velký podíl ruční manipulace - fyzická zátěž**
 - Není pravidelná smyčka - hodně se nachodí
 - Dlouhé vzdálenosti (až 20km za směnu) - často nestíhá zavážet
 - Zavážení zabralo přes 376 minut za směnu
- **Manipulant AM nevidí potřeby zákazníka**
 - Nevidí, kde na lince je potřeba zavést materiál (prázdné místo)
 - Řídí se pouze prázdnými obaly. Žádná technologie mu nesignalizuje nedostatek materiálu u montážních linek. Nevidí dopředu, který typ dílu bude navážet nejvíce
- **Nevidí přes vozíky**
 - Manipulant nevidí co je před ním, za ním – vozíky jsou vysoké
- **Obtížné stanovení zásoby materiálu ve skladu**
 - Není vidět na první pohled jaká je velikost zásoby

6 Návrh komplexního řešení zavážení linek (FS)

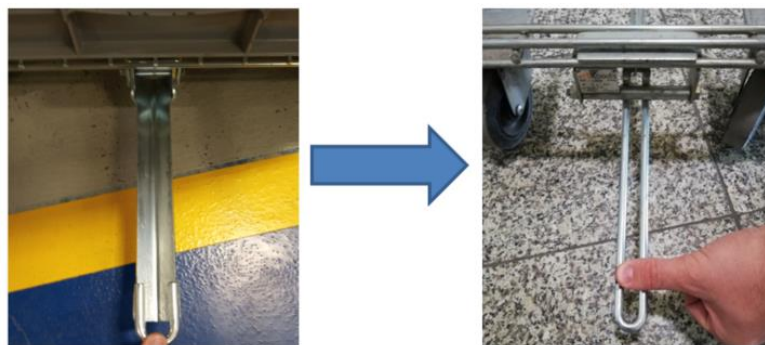
Návrh komplexního řešení zavážení linek je rozdělen do dvou částí. V první části se práce věnuje optimalizaci zavážení komponentů do skladu pomocí vláčkaře a v druhé části optimalizaci zásobování montážních linek pomocí manipulanta AM.

6.1 Koncept vláčkaře

Tato kapitola je zaměřená na optimalizaci procesu zavážení komponentů do skladu vláčkařem. Z analýzy současného stavu vláčkaře bylo zjištěno, že nejvíce času zabere manipulace s vozíky. Nejprve je vysvětlen návrh upravené přípojné části vozíku, vypočítány časy zavážení a porovnány s aktuálním stavem. Dále je vysvětlen návrh, ve kterém je „vláček“ nahrazen tažnou soupravou E – rám. V neposlední řadě jsou shrnuty přínosy těchto navrhovaných variant.

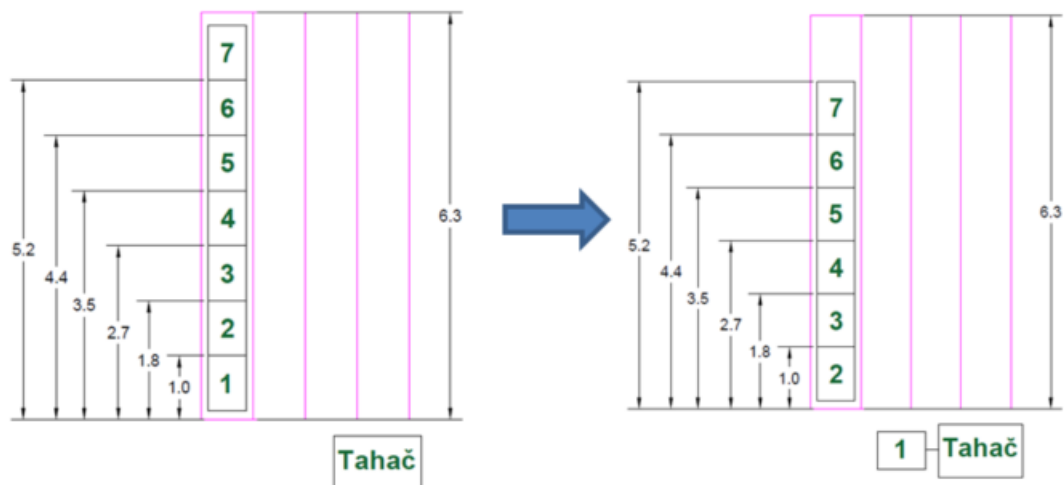
6.1.1 Upravené vozíky s drážkou

Prvním návrhem na zlepšení procesu zavážení materiálu a manipulaci s vozíky je úprava oje vozíku. Manipulant i vláčkař stráví na činnosti zapojování a odpojování vozíků spoustu času. Řešením je změna přípojné části vozíku, která ušetří čas při vyvážení zavážená vozíku z FS řad. Současný proces spočívá v tom, že vláčkař si z FS řady vyveze 8 vozíků po jednom. Vždy musí dojít k vozíku, vyvézt ho z FS řady a zapojit ho za tahač, po zapojení prvního vozíku jde zpět do FS řady a vyveze druhý, třetí a takto pokračuje, dokud nezapojí všech 8 vozíků. Návrh pro řešení tohoto problému je změna přípojné části vozíku, oje, vytvořením drážky, nebo nahrazení ohnutým spojeným drátem. Na obrázku 36 vlevo vidíme současné řešení přípojné části vozíku. Vpravo vidíme řešení s vytvořením drážky.



Obrázek 36: Řešení přípojné části

Se změnou přípojně části se proces vyvážení vozíků z FS odlišuje. Vláčkař již nemusí při vyvážení vozíků z FS řady zacházet tak daleko pro každý zvlášť. Vozíky jsou ojí spojeny a drží při sobě v řadě. Při vyvážení z FS řady vezme první vozík, a tím posune celou řadu dopředu (obr. 37), vozík vyšlápnutím uvolní od ostatních a zaveze ho k tahači. Následující vozík už má připravený přímo u výstupu z FS a u komunikace, nemusí pro něj zacházet do FS, tímto způsobem zapojí 8 vozíků, které potom rozváží dále do FS B.



Obrázek 37: Posun vozíků

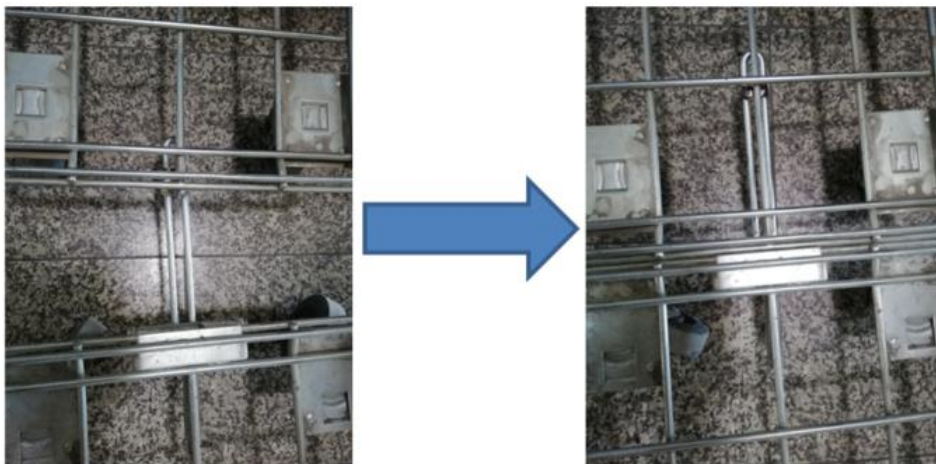
Velkým přínosem této optimalizace je ušetření nachozených metrů a hlavně uspořené času při manipulaci s vozíky. V následující tabulce 14 jsou shrnuty všechny přínosy této optimalizace.

Tabulka 14: Shrnuté přínosy upravené oje

	Starý	Nový	Úspora	%
Čas odpojení a zavezení 1 vozíku [s]	21	17	4	19%
Čas odpojení a zapojení 8 vozíků [s]	168	136	32	19%
Nachozené metry při zapojování 8 vozíků [m]	34,6	18,6	16	46%
Nachozené metry při manipulaci s vozíky ve smyčce [m]	138,4	74,4	64	46%
Čas manipulace vozíků v jedné smyčce [s/smyčka]	672	544	128	19%

V tabulce 14 je vidět, že změnou přípojně části vozíku se ušetří při manipulaci v průměru 4 vteřiny na jeden vozík. Z původních 21 sekund se díky drážce v oji dostane na 17 vteřin. V jedné celé smyčce to pak činí 128 sekund, což je 19% úspora. Větší rozdíl je vidět v nachozených metrech při manipulaci s vozíky. Při zapojování 8 vozíků

za tahač se ušetří přes 16 metrů z původních 35 metrů. V celé jedné smyčce dojde ke zkrácení vzdáleností vláčkaře na 46%. Následující přínosy se promítnou i v procesu zavážení u manipulanta AM.



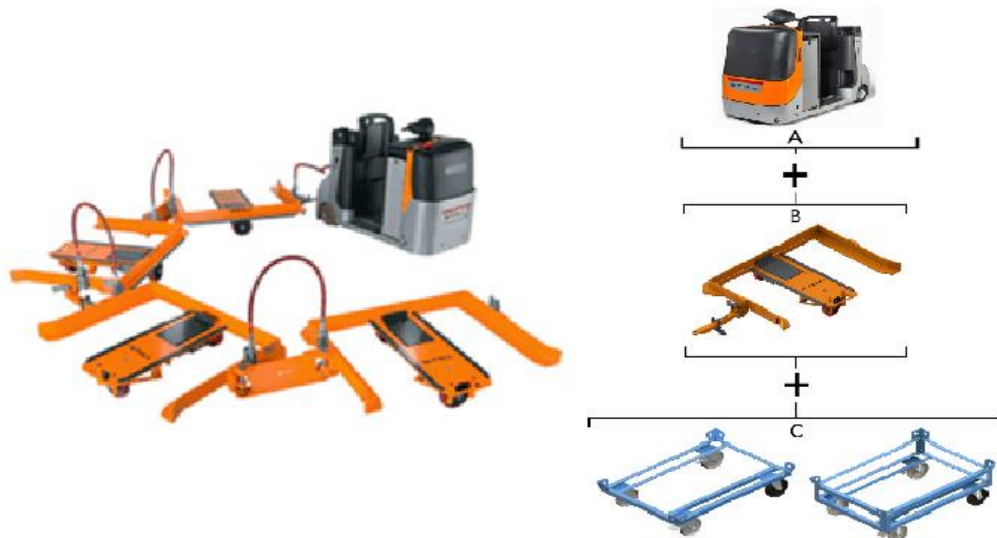
Obrázek 38: Soudržnost vozíků

Shrnutí přínosů návrhu upravených vozíků:

- Zkrácení vzdáleností o **46%** při vyvážení vozíků z FS řady.
- Redukce času manipulace při odpojování a zapojování o **19%**.
- Jednodušší manipulace při vyvážení vozíků z FS.

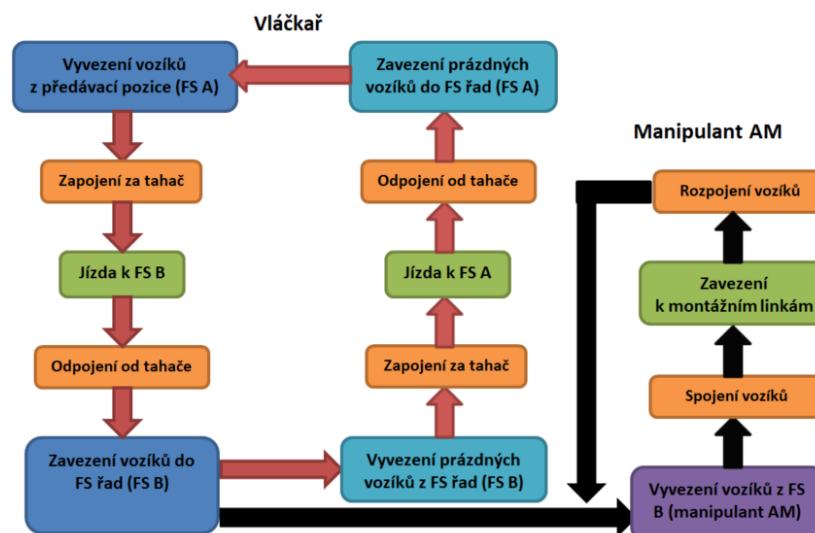
6.1.2 Zavedení tažné soupravy E – rám.

V následující kapitole dojde k výměně celého vláčku s vozíky za novou tažnou soupravu E – rám (obr. 39). Tato souprava obsahuje 4 E - rámy, z toho kapacita každého rámu je 2 vozíky s komponenty.



Obrázek 39 : Tažná souprava E – rám [2]

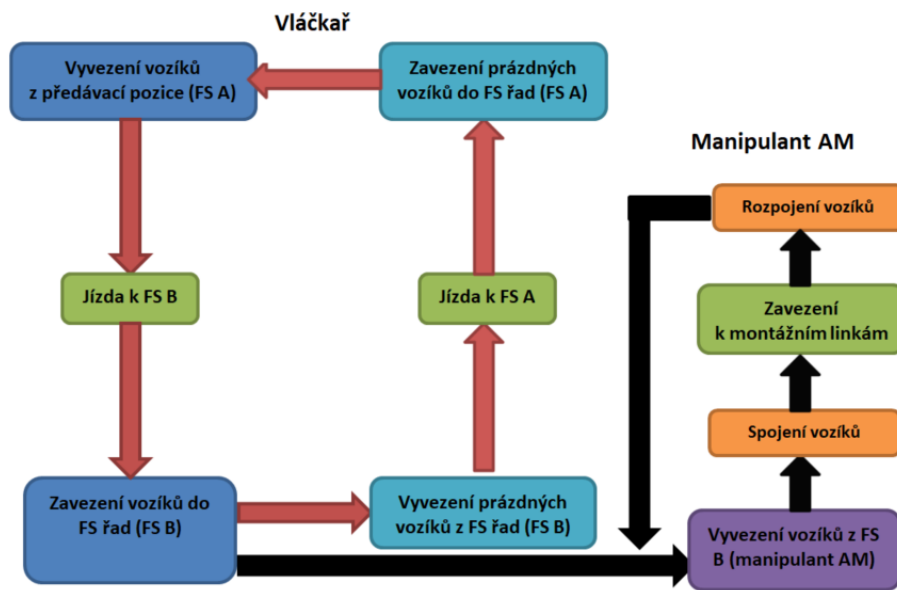
Původní proces zavážení je znázorněn na obrázku 40. Na tomto obrázku je vidět, že při každém zavezení, nebo vyvezení vozíků z FS řad musí vláčkař vozíky zapojovat nebo rozpojovat. Z časových analýz vyplynulo, že manipulace s vozíky je až trojnásobek času samotné jízdy a je potřeba se na tuto činnost zaměřit.



Obrázek 40: Schéma současného procesu zavážení vláčkaře

Popis nového procesu:

Vláčkař má k dispozici tahač a tažnou soupravu E – rám. Před nakládkou na rámy nejprve vyveze jednotlivé vozíky ven z FS řady. Vozíky již nemusí zapojovat za sebe a k tahači, jako to dělal v původním způsobu zavážení. Vysunuté vozíky naloží na rám, zvedne rámy a jede s nimi do FS B. Poté, co dojde k FS, rámy zase spustí dolů a vozíky zaveze do řad FS B. Následně takto pokračuje i s prázdnými obaly. Díky tažné soupravě E- rám bude eliminován proces zapojování a odpojování vozíků za tahač ve všech třech tocích. Schéma nového procesu zavážení je znázorněné na obrázku 41.



Obrázek 41: Schéma nového procesu zavážení vláčkaře

Délka tras se neměnila, rychlost tahače a počet podvalů s díly zůstal stejný. Hlavní změna byla v časové manipulaci s vozíky. Vláčkař v průměru nachodil 5 metrů s vozíkem k tažné soupravě, pohybuje se podle normy 0,9 m/s. Čas, který strávil vyvážení vozíku z FS a následným zavezením k tažné soupravě je $5 \times 0,9 = 4,5$ sekund + následná manipulace na rámu byla 5 sekund. Celková manipulace s vozíkem byla **10 sekund**. V následující tabulce 15 jsou shrnuty důležité informace z analýzy tras po zavedení tažné soupravy E – rám.

Tabulka 15: Analýza tras po zavedení tažné soupravy E - rám

	Plastové díly	Výparníky	Nakupované
Převezené vozíky za směnu	180	117	78
Délka smyčky [m]	480	600	595
Počet vozíků [ks]	8	8	8
počet zastávek za 1 smyčku [-]	5	4	4
Vyndání a zandání vozíků [s/ks]	10	10	10
Odpojení a zandání vozíků [s/ks]	10	10	10
Čas manipulace za 1 smyčku [s]	320	320	320
Čas jízdy 1 smyčky [s]	218	270	420

Hlavním přínosem po zavedení tažné soupravy E – rám je zkrácení doby manipulace s vozíky, snadnější manipulace – odstranění činnosti zapojování a odpojování. Dále zlepšení ergonomie. V následující tabulce 16 je shrnuta časová úspora manipulace s vozíky v jedné smyčce, která činila 62%, z původních 672 sekund na **320 sekund**.

Tabulka 16: Porovnání úspor při manipulaci s vozíky

	Starý	Nový	Úspora	%
Čas manipulace s vozíky v jedné smyčce [s]	672	320	352	52%

Plastové díly

Čas potřebný k zavezení 23 smyček v novém návrhu je:

$$\text{Potřebný čas k zavezení} = \text{počet smyček} \times \text{čas smyčky}$$

$$\text{Potřebný čas k zavezení} = 23 \times 538 = \mathbf{12\ 374\ sekund}$$

Výparníky

Čas potřebný k zavezení 15 smyček v novém návrhu je:

$$\text{Potřebný čas k zavezení} = \text{počet smyček} \times \text{čas smyčky}$$

$$\text{Potřebný čas k zavezení} = 15 \times 590 = \mathbf{8\ 850\ sekund}$$

Nakupované díly

Čas potřebný k zavezení 10 smyček v novém návrhu je:

$$\text{Potřebný čas k zavezení} = \text{počet smyček} \times \text{čas smyčky}$$

$$\text{Potřebný čas k zavezení} = 10 \times 740 = \mathbf{7\ 400\ sekund}$$

Tabulka 17: Porovnání časů potřebných ke splnění normy za směnu

	Starý	Nový	Úspora	%
Plastové díly – čas 23 smyček [s]	20 470	12 374	8 096	40
Výparníky – čas 15 smyček [s]	14 130	8 850	5 280	37
Nakupované díly – čas 10 smyček [s]	10 920	7 400	3 520	33

Shrnutí přínosů návrhu tažné soupravy E - rám:

- Redukce času při nakládce a vykládce vozíků o **52%**.
- Celková uvolněná kapacita **37%** - lze využít pro zavážení jiných projektů
 - **8 096 sekund (135 minut)** – uvolněná kapacita pro plastové díly
 - **5 280 sekund (88 minut)** – uvolněná kapacita pro výparníky
 - **7 400 sekund (123 minut)** – uvolněná kapacita pro nakupované díly
- Zlepšení ergonomie pracovníka – odstranění ohýbání k oji
- Jednodušší manipulace s vozíky

Výběr z návrhů

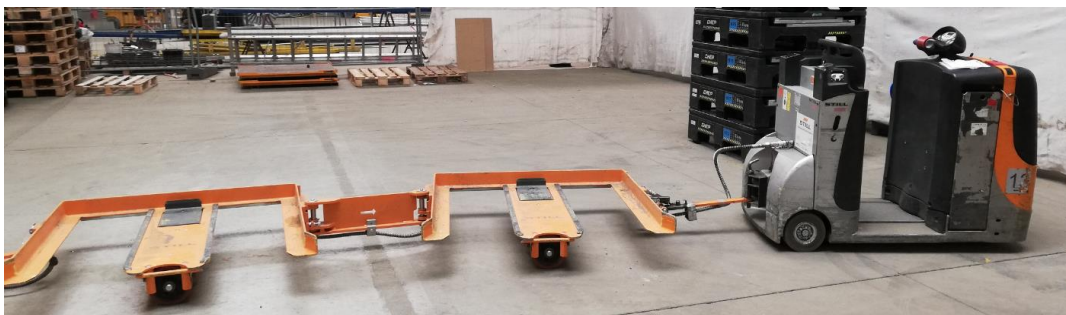
Z hlediska porovnání časů manipulace s vozíky vychází lépe návrh s E – rámy, který přinese až 40% uvolnění časové kapacity vláčkaře. Tato uvolněná časová kapacita je využita pro zavážení jiných projektů (nakupované díly).

6.2 Koncept manipulanta

Kapitola koncept manipulanta se zabývá optimalizací procesu zavážení materiálu manipulantem AM k montážním linkám. Z předchozí analýzy viz kapitola 4.4, bylo zjištěné, že hlavním potenciálem ke zlepšení je vzdálenost, kterou musí pracovník překonat při zavážení linek. Při zavážení komponentů k linkám urazí vzdálenost 20 a více km za jednu směnu. Za směnu převeze 372 vozíků, táhne je před sebou po 1, nebo 2 vozíčkách, podle toho jak stíhá zavážet (velký podíl ruční manipulace – fyzická zátěž). Proto byl hlavní důraz kladen na eliminaci vzdáleností a zlehčení manipulace s vozíky.

6.2.1 Manipulant s tahačem a E - rámy

Z předchozí analýzy vyšlo, že čas strávený zavážením činí přes 377 minut za směnu a vzdálenosti, které musí překonat přes 20km. Návrhem na redukci velkých vzdáleností při zavážení je implementace tahače s 2 tažnými rámy (obr. 42) manipulantovi AM. Z důvodu omezení prostoru a pohybování se mezi linkami je maximální počet zapojených ráků 2, tak aby se s tažnou soupravou všude vytočil. Manipulant s tahačem zaváží v přesně definovaných smyčkách, ve kterých probíhá zásobování montážních linek.



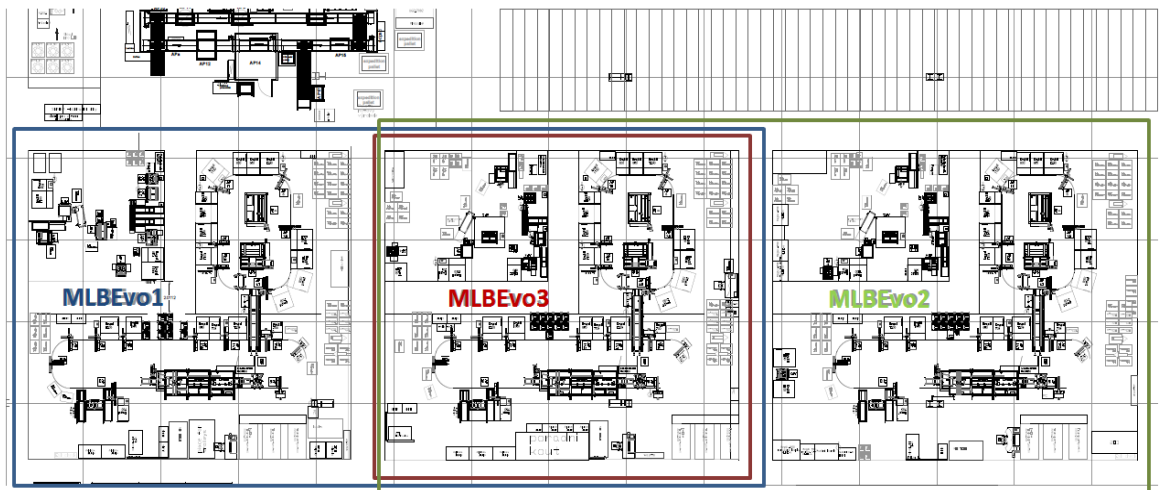
Obrázek 42: Tahač s 2 E- rámy pro manipulanta AM [2]

Princip zavážení ve smyčkách:

Nový způsob zavážení montážních linek probíhá v definovaných smyčkách. Manipulant s tahačem a 2 E – rámy nejprve zaváží montážní linku 1, modrá smyčka na obrázku 43, její vzdálenost od FS B, přes předávací pozice u linek a zpět je 120 metrů. Princip zásobování bude probíhat následně: Manipulant naloží 2 vozíky od jednoho dílu a 2 vozíky od druhého dílu, zaveze je k lince a jede zpět k FS B, takto zaveze další zbylé díly, po zavezení veškerého potřebného materiálu k lince 1 začne stejným

způsobem zásobovat linku 3, červená smyčka, která měří 100 metrů. Poslední smyčkou je zelená smyčka, která znázorňuje zásobování linky 2. Zelená smyčka měří 120 metrů.

Po zavezení všech linek postupně odebírá prázdné obaly z předávacích pozic a zaváží je zpět do FS B, kde je vymění za plné obaly a takto doplní spotřebovaný materiál u linky.



Obrázek 43: Zavážení ve smyčkách

V následujících tabulkách 18, 19, 20 jsou vypočtené vzdálenosti, které musí s vláčkem najezdit a čas, který stráví tímto zavážením v jedné směně.

Tabulka 18: Zásobování linky 1 tahačem s dvěma E – rámy

Linka 1							
Díl	Kapacita manipulanta [ks]	Vozíky za směnu [ks]	Vzdálenost k lince a zpět [m]	Celkem [m]	Čas [s]	Manipulace s vozíky [s]	Celkový čas [s]
EW754	4	15	120	450	205	480	685
EW746	4	15	120	450	205	480	685
LM427	4	15	120	450	205	480	685
EW756	4	15	120	450	205	480	685
HH017	4	19	120	570	259	608	867
HH018	4	19	120	570	259	608	867
CZ997	4	13	120	390	177	416	593
CZ998	4	13	120	390	177	416	593
				3 720	1 691	3 968	5 659

V tabulce 18 vidíme, že vypočtená vzdálenost zavážení s tahačem a tažnou soupravou E – rám k lince 1 činí za jednu směnu **3 720 metrů** a potřebný čas pro zavážení a manipulaci je **5 659** sekund, což je přes **94 minut**.

Tabulka 19: Zásobování linky 2 tahačem s dvěma E – rámy

Linka 2							
Díl	Kapacita manipulanta [ks]	vozíky za směnu [ks]	Vzdálenost k lince a zpět [m]	Celkem [m]	Čas [s]	Manipulace s vozíky [s]	Celkový čas [s]
EW754	4	15	120	450	205	480	685
EW746	4	15	120	450	205	480	685
LM427	4	15	120	450	205	480	685
EW756	4	15	120	450	205	480	685
HH017	4	19	120	570	259	608	867
HH018	4	19	120	570	259	608	867
CZ997	4	13	120	390	177	416	593
CZ998	4	13	120	390	217	416	633
				3 720	1 730	3 968	5 698

V tabulce 19 vidíme, že vypočtená vzdálenost zavážení s tahačem a tažnou soupravou E – rám k lince 2 činí za jednu směnu **3 720 metrů** a potřebný čas pro zavážení a manipulaci je **5 698** sekund, což je přes **95 minut**.

Tabulka 20: Zásobování linky 3 tahačem s dvěma E – rámy

Linka 3							
Díl	Kapacita manipulanta [ks]	Vozíky za směnu [ks]	Vzdálenost k lince a zpět [m]	Celkem [m]	Čas [s]	Manipulace s vozíky [s]	Celkový čas [s]
EW754	4	15	100	375	170	480	650
EW746	4	15	100	375	170	480	650
LM427	4	15	100	375	170	480	650
EW756	4	15	100	375	170	480	650
HH017	4	19	100	475	216	608	824
HH018	4	19	100	475	216	608	824
CZ997	4	13	100	325	148	416	564
CZ998	4	13	100	325	148	416	564
				3 100	1 409	3 968	5 377

V tabulce 20 vidíme, že vypočtená vzdálenost zavážení s tahačem a tažnou soupravou E – rám k lince 3 činní za jednu směnu **3 100 metrů** a potřebný čas pro zavážení a manipulaci je **5 377** sekund, což je přes **89 minut**.

Tabulka 21: Shrnutí úspor návrhu manipulanta s E - rámy

	Starý	Nový	Úspora	%
Čas zavážení třech linek za jednu směnu [s]	22 600	16 734	5 866	26
Vzdálenost zavážení [m]	20 340	10 540	9 800	48

Celkový potřebný čas k zavezení 372 vozíků s díly je v návrhu s E – rámy 16 734 sekund. Z původních 22 600 sekund se čas zavážení zkrátí o 26% a tím se se uvolní kapacita pro zavážení jiných projektů. Vzdálenosti potřebné k převezení všech dílů se zkrátí z 20 340 metrů na 10 540 metrů. Díky tahači se manipulant pohybuje rychleji (2 m/s), zvětší se kapacita převezených vozíků ve smyčce. Nevýhodou je, že přibude manipulace s vozíky (nakládka + vykládka na rám).

Shrnutí přínosů návrhu manipulanta s tahačem a 2 E - rámy:

- Zkrácení potřebného času pro zavážení linek o **26%**
- Zkrácení vzdáleností o **48%**
- Snížení ergonomické zátěže – jednodušší manipulace s vozíky
- Uvolněná kapacita pro další smyčky (zavážení jiných projektů)

- Přibude manipulace s vozíky

- Potřebná finanční investice

6.2.2 Koncept dle filozofie průmyslu 4.0 – AGV vozíky

Dalším návrhem na optimalizaci zavážení montážních linek dle filozofie průmyslu 4.0 je nahrazení manipulanta za automaticky řízené vozíky (obr 44.). Zavážení dílů k předávacím pozicím by již nedělal manipulanta, ale automatické vozíky. K realizaci tohoto návrhu je potřeba nakoupit nové podvaly, nebo upravit stávající podvaly do takové podoby, aby byl AGV vozík schopen vjet pod podval s materiálem a následně ho odvést k předávací pozici, kde ho spustí na přesně danou pozici.

K zásobování třech montážních linek jsou potřeba nakoupit 2 AGV vozíky, tak aby byly schopny zásobovat všechny linky v taktu, což přináší velkou investici pro pořízení vozíků, upravení podvalů s materiálem a naprogramování celého systému. Realizace toho návrhu přinese kontinuální zásobování linek, dynamické řízení procesů, dále ušetří manipulanta na každou směnu a odbourá zdlouhavou manipulaci s vozíky (odpojování + zapojování).

Automatické vozíky slouží pro transport nákladních vozíků, pohybují se automaticky a bez pomoci člověka následují trasu vyznačenou na podlaze. Maximální rychlost, kterou se AGV vozíky pohybuje je 1,5 m/s.



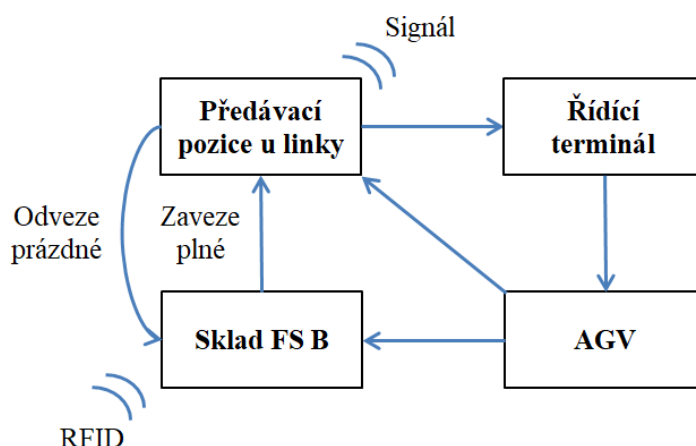
Obrázek 44: Ukázka automatického vozíku [11]

Proces nového zavážení materiálu na principu TAHU:

Požadavek na doplnění spotřebovaného materiálu je vyvolán umístěním prázdného podvalu na předávací pozici u linky. Předávací pozice u montážní linky vyše signál, že je na pozici prázdný podval, který generuje signál pro AGV vozík. Tento prázdný podval je vozíkem zavezen do FS B. Dále je požadavek na doplnění materiálu řízen pomocí řídicí jednotky, která vyše signál, aby AGV vozík zavezl daný materiál k lince.

Následně podjede pod podval s materiálem, nadzvedne ho a zaveze ho na přesně danou pozici u montážní linky. Pozice pro podval s materiálem jsou snímány senzorem, který řídicí jednotce řekne, zda je na pozici materiál, nebo není.

Díky doplnění předávacích pozic o systém snímačů byl nově implementován princip tahu (požadavek vzniká přímo v montáži), který eliminoval ztráty hledáním. Chůze manipulanta je na úrovni 1m/s, v případě AGV vozíku se vozík pohybuje rychleji až 1,5 m/s. Nahrazením manipulanta AGV vozíkem eliminuje čas pro manipulaci s materiálem. Schéma celého procesu je znázorněné na obrázku 45.



Obrázek 45: Schéma procesu zavážení pomocí AGV

Teoretické výpočty pro zásobování montážních linek pomocí AGV vozíků byly provedeny pro 3 linky. Byla změněna kapacita vozíku na 1, protože AGV vozík je schopný převést pouze jeden 1 podval s materiálem a pohybuje se rychlostí 1 m/s.

Tabulka 22: Porovnání manipulanta s AGV vozíkem

	Vzdálenost [m/směna]	Čas [s]	Čas [min]
Manipulant	20 340	22 600	377
AGV vozík	30 510	30 510	509

Z tabulky 22 je vidět, že 1 AGV vozík stihne zavést stejný počet podvalů s materiálem za delší čas než samotný manipulanta. Vzdálenosti budou delší než u manipulanta a to z důvodu, že manipulanta tahá více podvalů než AGV vozík, který je schopný během jedné smyčky převést pouze 1 podval s materiálem.

Z analýzy vyplývá, že 1 vozík pro zásobování třech montážních linek nebude stačit, proto budou potřeba dva vozíky na zavážení.

Finanční vyhodnocení:

Pro realizaci tohoto návrhu je potřeba nakoupit dva AGV vozíky se softwarem a upravit podvaly. Zavedením AGV vozíků se ušetří 3 manipulanti za den. 1 manipulant vyjde firmu na 516 000 Kč za rok. Podmínka pro realizaci tohoto návrhu je finanční návratnost do 2 let. Pro nahrazení manipulanta AGV vozíky je potřeba upravit podvaly do takové podoby, aby s nimi bylo reálné manipulovat. V tomto projektu se během jednoho dne protočí 372 podvalů s materiálem. Průměrná doba zásob ve firmě je dva dny, než se materiál vymění, proto je potřeba předělat počet vozíků na dva dny. Cena jednoho nového podvalu je 1 300 Kč, pro tento projekt je potřeba upravit/nakoupit 750 podvalů. Na dotaz firmy SSI SCHAFER, která AGV vozíky vyrábí a instaluje, nám bylo sděleno, že jeden AGV vozík se cenově pohybuje okolo 15 000 Euro (400 000 Kč), včetně základního vybavení (baterie, ovladač, ...) viz tabulka 23.

Tabulka 23: Náklady a úspory zavedení AGV vozíků

	Náklady [Kč]
2 AGV vozík	800 000
Úprava podvalů	975 000
Práce	300 000
Celkem	2 075 000

	Úspory [Kč]
3x manipulant	1 540 170
Celkem	1 540 170

Návratnost investic:

$$\text{Návratnost} = \frac{\text{Náklady}}{\text{Úspory}} = \frac{2\,075\,000}{1\,540\,170} = \mathbf{1,3 \text{ let}}$$

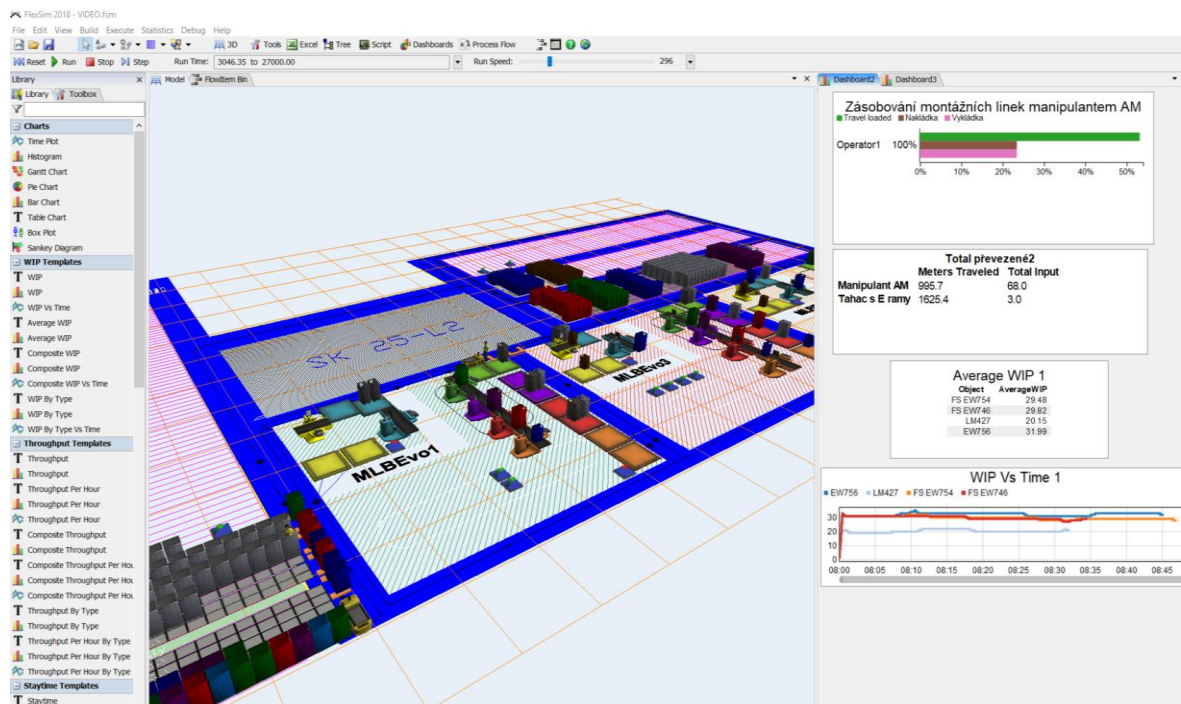
Podmínka pro realizaci tohoto návrhu je finanční návratnost do dvou let. Po zjištění nákladů na realizaci a úspory byla vypočtena finanční návratnost do **1,3 let**.

Shrnutí přínosů návrhu AGV vozíků:

- Redukce 3 operátorů za den
- Eliminace zapojování a odpojování vozíků
- Eliminace ztráty hledáním
- Návratnost za 1,3 let

7 Koncept - FlexSim (simulace)

V poslední kapitole jsou zpracovány návrhy nového způsobu zavážení v programu FlexSim. První model se zaměřuje na zavážení plastových dílů do FS B pomocí **vláčkaře**. Druhý model se zaměřuje na samotné zásobování montážních linek **manipulantem AM**. Jak u vláčkaře, tak u manipulanta je nejprve vytvořen model současného stavu a následně model s návrhem na zlepšení. Všechny simulační modely jsou vytvořené v programu FlexSimu (obr. 46). Veškeré výstupy z modelů jsou zpracovány za jednu směnu (**450 min = 27 000 sekund**).



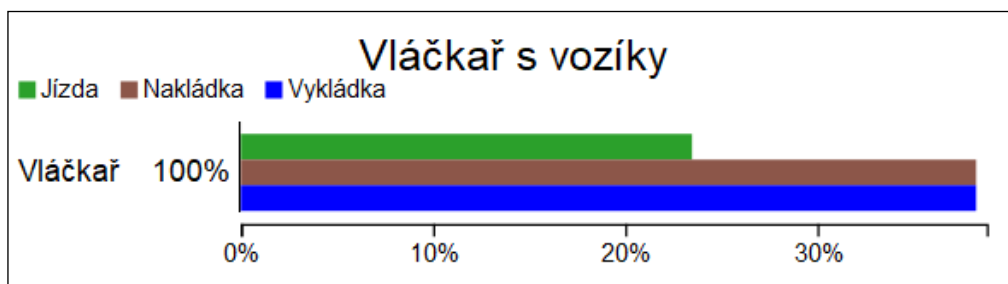
Obrázek 46: FlexSim - 3D prostředí zavážení dílů

Verifikace simulace

Všechny simulační modely byly porovnány s výpočty z kapacitních propočtů. Výsledky se shodují až na časy manipulace s vozíky (z důvodu odlišných vzdáleností od tažné soupravy ke skladovým pozicím).

7.1 Vlážkař – současný stav

Nejprve byl v simulačním programu FlexSim zpracován současný stav zavážení plastových dílu do FS B pomocí vlážkaře s vozíky. Všechny výstupy jsou zpracovány za jednu směnu (450min).



Graf 3: Procentuální rozložení činností vlážkaře - současný stav

V grafu 3 je vidět procentuální rozložení času vlážkaře v současném stavu zavážení plastových dílu. Zelená barva značí čas jízdy tahače s vozíky (24%). Hnědá barva znázorňuje zapojování vozíků za tahač (38%). Modrá barva znázorňuje odpojování od tahače a zavážení do skladu (38%). Časové rozložení je shrnuto v tabulce 24, ve které je také provedena verifikace s kapacitními propočty.

Tabulka 24: Porovnání časů vlážkař – současný stav

	VLÁČKAŘ SOUČASNÝ STAV	
	Kapacitní propočty	Simulace
Jízda [s]	6 566	6 480
Nakládka [s]	10 214	10 260
Vykládka [s]	10 214	10 260
Počet přev. vozíků [ks]	496	496

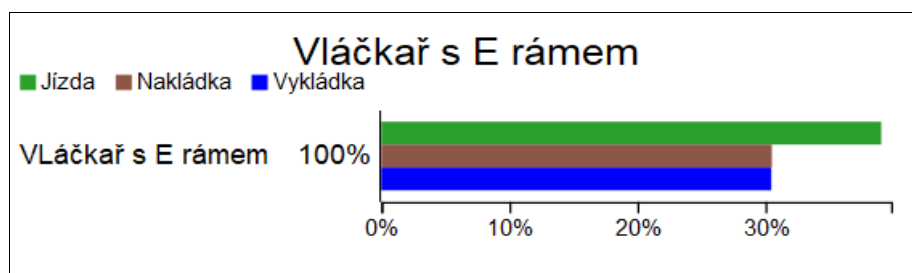
Na následujícím obrázku 47 je vidět vzdálenost, kterou vlážkař s tahačem urazí a celkový počet převezených vozíků za směnu. Za jednu směnu je podle simulace schopný převést **496** vozíků s díly.

Total převezené		
	Meters Traveled	Total Input
Vlážkař	9351.3	496.0

Obrázek 47: Počet převezených dílu a vzdálenost za směnu - současný stav

7.2 Vláškař – návrh s E - rámy

Po vytvoření modelu současného stavu byl zpracován návrh zavážení plastových dílů do FS B pomocí vláčkaře s tažnou soupravou. Výstupy z této simulace jsou vidět v následujících grafech a tabulkách. Všechny výstupy jsou zpracovány za jednu směnu (450min).



Graf 4: Procentuální rozložení činností vláčkaře

V grafu 4 je vidět procentuální rozložení času vláčkaře v novém návrhu zavážení plastových dílů. Na první pohled je vidět, že poměr mezi jízdou a manipulací s vozíky se změnil a to tak, že se čas manipulace s vozíky snížil. Zelená barva značí čas jízdy tahače s tažnou soupravou (39%). Hnědá barva znázorňuje nakládku vozíků na rám (30,5%). Modrá barva vykládku vozíků z rámu (30,5%). Časové rozložení je shrnuto v tabulce 25, ve které je také provedena verifikace s kapacitními propočty.

Tabulka 25: Porovnání časů vláčkař – vláčkař s E-rámy

	NÁVRH VLÁČKAŘE S E - RÁMY	
	Kapacitní propočty	Simulace
Jízda [s]	10 584	10 530
Nakládka [s]	8 064	8 235
Vykládka [s]	8 064	8 235
Počet přev. vozíků [ks]	802	808

Na následujícím obrázku 48 je vidět vzdálenost, kterou vláčkař s tahačem urazí a celkový počet převezených vozíků za směnu. Za jednu směnu je podle simulace schopný převést **808** vozíků s díly.

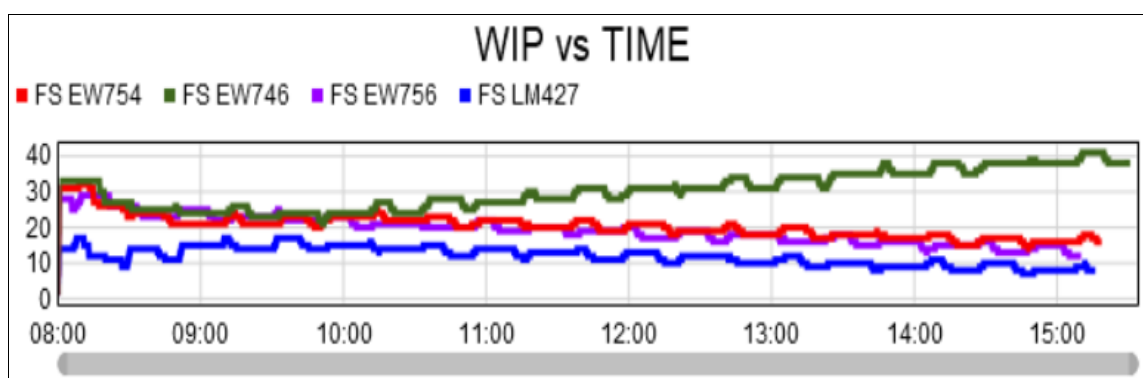
Total převezené2		
	Meters Traveled	Total Input
Vláčkař	16867.1	808.0

Obrázek 48: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu návrh E- rám

Průměrné zásoby FS B	
Object	AverageWIP
FS EW754	20.27
FS EW746	30.46
FS LM427	11.82
FS EW756	19.16

Obrázek 49: Průměrný stav zásob ve FS B.

Na obrázku 49 je vidět, jak se pohybovala průměrná zásoba všech dílů ve FS B. Podle grafického znázornění průběhu zásob v čase (znázorněn v grafu 5) vidíme, jak se pohybovaly stavy zásob ve FS B. Na základě těchto informací je možné redukovat některé řady ve FS B.



Graf 5: Grafické znázornění stavu zásob ve FS B v čase

U dílu EW754 byl maximální stav zásob ve FS B 30 vozíků. U dílu EW746 byl maximální stav zásob ve FS B 42 vozíků. U dílu EW756 byl maximální stav zásob ve FS B 28 vozíků. U dílu LM427 byl maximální stav zásob ve FS B 18 vozíků.

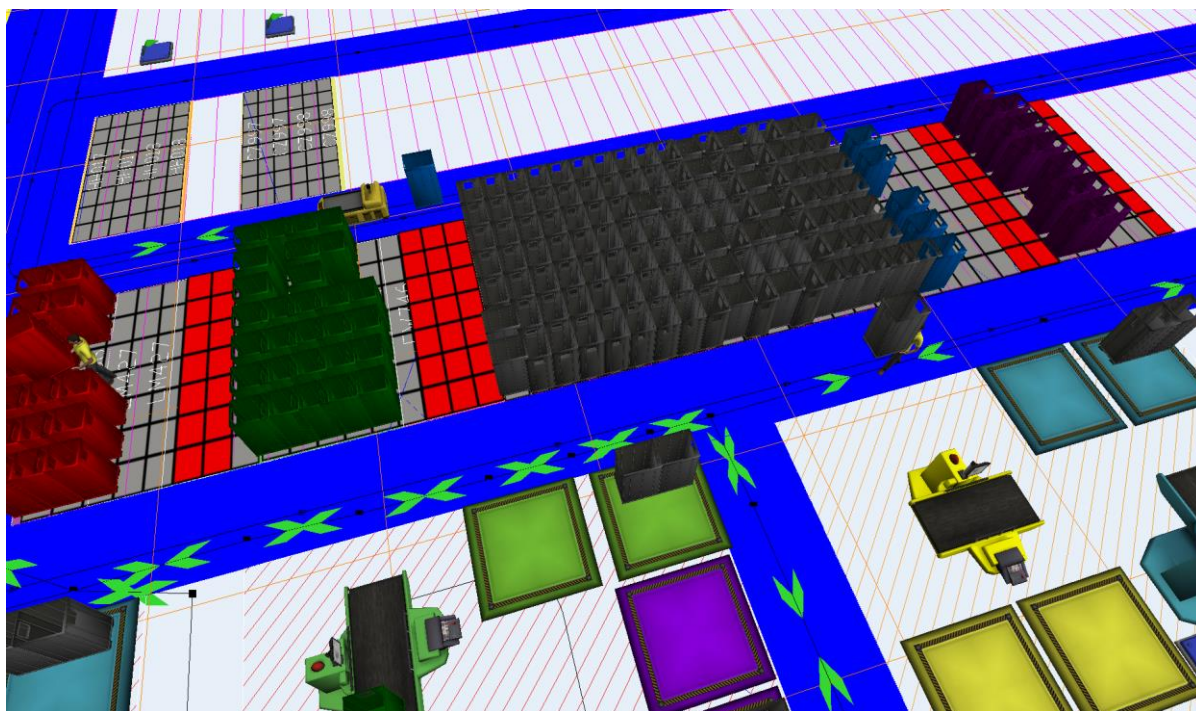
Pro každý z dílů EW756 a LM427 je ve skladu vyhrazeno 42 pozic. Pro díl EW754 je vyhrazeno 56 pozic a pro díl EW746 70 pozic.

V tabulce 26 je vypočteno kolik pozic je možné uvolnit pro nové projekty. 1 řada obsahuje 7 vozíků. Pro výpočet počtu potřebných skladovacích pozic je vycházeno z maximálního stavu zásob v čase + 1 řada do rezervy.

Tabulka 26: Uvolněná kapacita skladovací plochy

Díl	Počet vyhrazených pozic	Počet potřebných pozic	Uvolněné pozice
EW754	56	42	14
EW746	70	49	21
EW756	42	35	7
LM427	42	28	14
			56

Uvolněná kapacita skladovací plochy pro nové projekty je **56** pozic (8 řad). Uvolněné pozice jsou znázorněné červeně na obrázku 50.



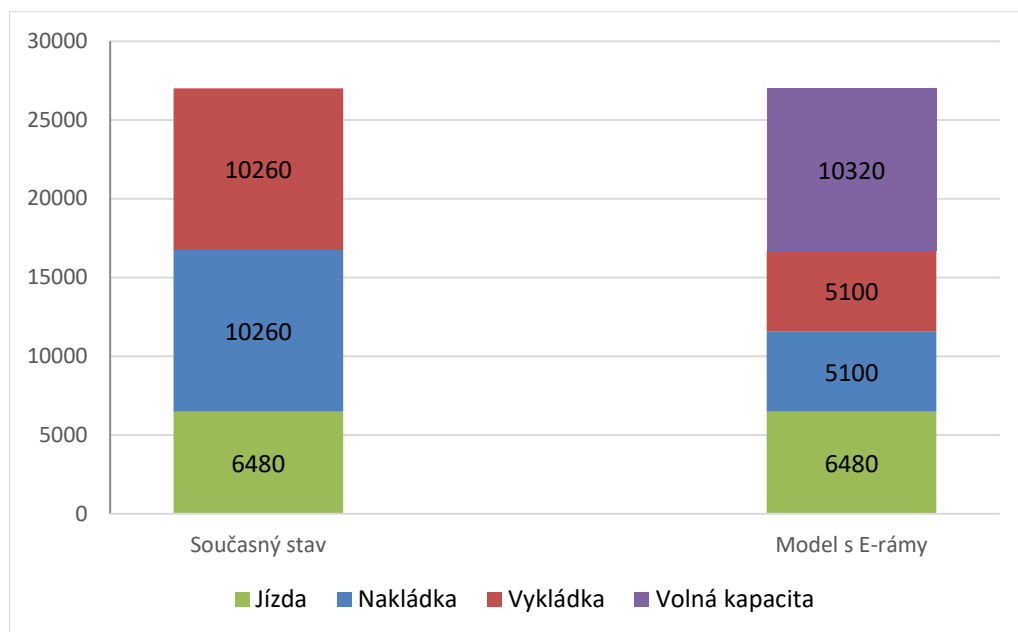
Obrázek 50: Uvolněné pozice ve FS B

Tabulka 27: Porovnání časů modelů vláčkaře

	VLÁČKAŘ SOUČASNÝ STAV	NÁVRH VLÁČKAŘE S E – RÁMY	
Jízda [s]	6 480	6 480	10 530
Nakládka [s]	10 260	5100	8 235
Vykládka [s]	10 260	5100	8 235
Suma [s]	27 000	16 680	27 000
Počet přev. vozíků [ks]	496	496	808

V tabulce 27 je vidět porovnání modelů současného stavu a návrhu s E – rámy. V současném modelu je vláčkař schopný převozit 496 vozíků, v modelu návrhu je vláčkař schopný převozit 808 vozíků. Při porovnání stejného počtu 496 převezených vozíků v současném stavu a návrhu, dojde k uvolnění kapacity vláčkaře. Čas potřebný k převezení 496 vozíků v současném stavu je **27 000** sekund, čas potřebný u nového návrhu je **16 680** sekund.

$$\text{Uvolněná kapacita} = 27\,000 - 16\,680 = \mathbf{10\,320 \text{ (172 minut)}}$$

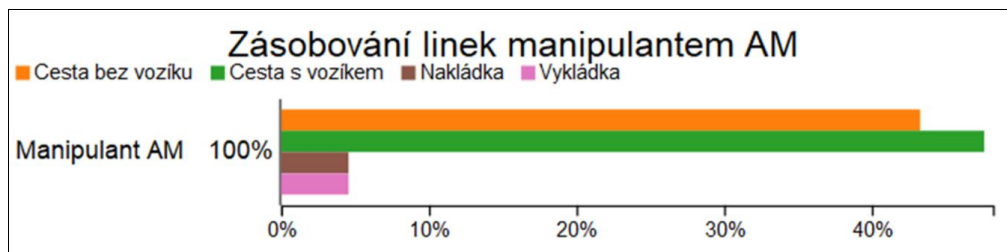


Graf 6: Uvolněná kapacita v toku zavážení plastových dílů

Grafické znázornění časového vytížení vláčkaře je znázorněné v grafu 6. Zelená barva znázorňuje čas jízdy vláčkaře, modrá barva nakládku materiálu, červená barva vykládku materiálu. Fialová barva znázorňuje volnou kapacitu.

7.3 Manipulant AM – současný stav

Druhá část simulace je zaměřena na porovnání současného stavu zásobování montážních linek pomocí manipulanta a návrhu manipulanta s E - rámem.



Graf 7: Procentuální rozložení činností manipulanta AM - současný stav

V následujícím grafu 7 je vidět procentuální rozložení činností manipulanta AM v současné stavu za jednu směnu. Zelená barva značí cestu manipulanta s vozíkem (48%). Oranžová barva znázorňuje cestu bez vozíku (43%), nebo když hledá jaký materiál je potřeba zavést. Hnědá barva znázorňuje vyvezení vozíku z FS B (4,6%). Růžová barva vyložení na předávací pozici. (30,5%). Časové rozložení, vzdálenosti a počet převezených vozíků je shrnuto v tabulce 28, ve které je také provedena verifikace s kapacitními propočty.

Tabulka 28: Porovnání časů manipulanta AM – současný stav

	MANIPULANT SOUČASNÝ STAV	
	Kapacitní propočty	Simulace
Čas [s]	22 600	27 000
Počet přev. vozíků [ks]	372	325
Vzdálenost [m]	20 340	24 710
Kapacita manipulanta [-]	1,5	1

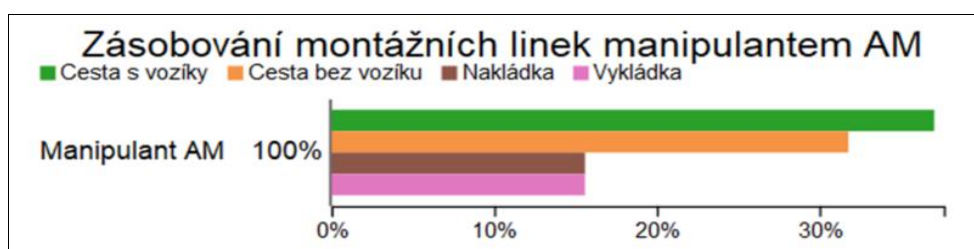
Na následujícím obrázku 51 je vidět vzdálenost, kterou manipulant urazí a celkový počet převezených vozíků za směnu. Za jednu směnu je podle simulace schopný převést 325 vozíků s díly. V simulaci převáží manipulant vozíky po 1, nelze nastavit převážení 1,5 vozíku. Při zavážení vozíku po 1 není schopen manipulant AM splnit požadavek 372 převezených vozíků za směnu.

	Total převezené Meters Traveled	Total Input
Manipulant AM	24710.8	325.0

Obrázek 51: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu - současný stav

7.4 Manipulant AM – návrh s E – rámy

Zpracované výstupy ze simulace pro návrh zásobování montážních linek pomocí tahače s E – rámy.



Graf 8: Procentuální rozložení činností manipulantu AM - návrh

V následujícím grafu 8 vidíme procentuální rozložení činností manipulantu AM v návrhu s E – rámy za jednu směnu. Zelená barva značí cestu manipulantu s vozíkem (37%). Oranžová barva znázorňuje cestu bez vozíku (32%). Hnědá barva znázorňuje nakládku vozíků na E - rám (16%). Růžová barva vykládku z E - rámu na předávací pozici. (16%). Časové rozložení, vzdálenosti a počet převezených vozíků je shrnuto v tabulce 29, ve které je také provedena verifikace s kapacitními propočty.

Tabulka 29: Porovnání časů manipulant AM – návrh s E-rámy

	NÁVRH MANIPULANTA S E – RÁMY	
	Kapacitní propočty	Simulace
Čas [s]	16 734	17 023
Počet přev. vozíků [ks]	372	372
Vzdálenost [m]	10 540	10 764
Kapacita vláčku [-]	4	4

Na následujícím obrázku 52 je vidět celkový počet převezených vozíků za směnu. Za jednu směnu je podle simulace schopný převést 520 vozíků s díly. V druhém obrázku jsou zobrazeny vzdálenosti, které manipulant s tahačem urazí při splnění denního požadavku 372 vozíků.

Total převezené za směnu		
	Meters Traveled	Total Input
Manipulant AM	8488.1	520.0
Tahac s E rámy	15300.9	3.0

Total převezené - norma směny		
	Meters Traveled	Total Input
Manipulant AM	6075.2	372.0
Tahac s E rámy	10763.8	3.0

Obrázek 52: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu - návrh s E - rámy

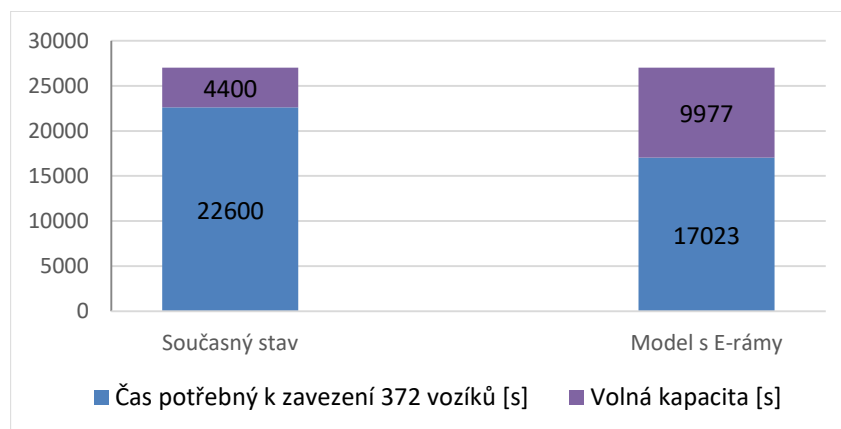
V následující tabulce 30 vidíme porovnání potřebného času k zavezení 372 vozíků v současném modelu a v návrhu modelu s E-rámy. Čas zavezení 372 v novém návrhu byl zredukován na 17023 sekund podle simulačního modelu.

Tabulka 30: Porovnání časů, vzdáleností manipulanta AM

	MANIPULANT SOUČASNÝ STAV	MANIPULANT NÁVRH S E-RÁMY
Čas [s]	22 600	17 023
Počet přev. vozíků [ks]	372	372
Vzdálenost [m]	20 340	10 764
Kapacita manipulanta [-]	1,5	4

Manipulant v novém návrhu s E – rámy již nepřekoná vzdálenost přes 20 km, při zavážení pomocí tahače bude vzdálenost, kterou urazí s tahačem přes 10 km a samotná chůze při vykládce a nakládce činní 6 km. Uvolněná časová kapacita je znázorněna v grafu 9.

Uvolněná kapacita = $9977 - 4400 = 5577$ sekund (**93 minut**)



Graf 9: Porovnání časů manipulanta AM

7.5 Přínosy simulace:

Kvantitativní

- Získání průměrné zásoby ve skladech – průběh stavu zásob v čase, redukce řad, uvolnění prostoru pro nové projekty
- Ověření vzdáleností a počtu převezených vozíků (ověření s KP)
- Časové průběhy – uvolnění kapacity – využití pro nové projekty

Kvalitativní

- Ověření propustnosti systému
- Základ pro virtuální fabriku (E – factory)
- Ukázka dynamických změn modelu – např. křížení vláčkařů
- Je vidět synchronizace výroby na 1 fraktálu se spotřebou na 2 fraktálu
- Po vytvoření modelu rychlá úprava dat – např. změna počtu operátorů, vláčků
- Ukáže potenciál k redukci plýtvání (např. čekání u stroje)
- Získání podložených argumentů pro odbornou diskuzi – v případě dotazů a pochybností možnost měnit vstupní data přímo během diskuze

8 Závěr

Cílem diplomové práce bylo optimalizovat stávající proces zavážení montážních linek z pohledu uvolnění logistických zdrojů pro nové projekty, zkrátit časové vytížení pracovníka a vzdálenosti zavážení. Dále uvolnit logistické techniky a skladovací plochy pro nové projekty. Vybrat vhodné řešení z několika komplexních návrhů zavážení linek a ověřit návrhy pomocí simulačního modelu.

Analýza současného stavu byla rozdělena na dvě části. První část mapovala proces zavážení vyrobených komponentů do skladu pomocí vláčkaře. Druhá část na činnosti manipulanta, který zásobuje montážní linky komponenty ze skladu. Na základě analýzy byly zjištěné dva hlavní potenciály ke zlepšení. Byl objeven potenciál ve zdlouhavé nakládce a vykládce vozíků, která se pohybovala na úrovni 60% směny a např. u manipulanta se vzdálenosti manipulace pohybují kolem 20 a více km za směnu, které musí překonat při zásobování linek.

Při návrhu nového způsobu zavážení se vycházelo z následujících požadavků – redukce zdlouhavé nakládky a vykládky vozíků, zkrácení vzdáleností zavážení a uvolnění logistické kapacity pro další projekty.

V případě procesu navážení komponentů vláčkařem do skladu byly nahrazeny vozíky za tažnou soupravu E – rám. Díky tomuto řešení došlo ke:

- Zkrácení času manipulace s vozíky v rámci 1 smyčky o 52 %
- Celkový čas zavážení komponentů byl zkrácen o 37%
- V případě plastových komponentů činila úspora 40%
- Bylo odstraněno 100% ohýbání k oji, čímž byla zlepšena ergonomie na požadovanou úroveň.

V případě procesu zavážení komponentů k montážním linkám byl implementován tahač s dvěma E – rámy využívaný manipulantom. Zásobování probíhá v přesně definovaných smyčkách. Díky novému způsobu zásobování došlo ke:

- Zkrácení potřebného času pro zavážení linek o 26%
- Zkrátily se vzdálenosti pracovníka zavážení o 48% (z 20km na 10,5km)
- Uvolnila se časová kapacita pro zavážení nových projektů

- Byla nahrazena ruční manipulace tahačem s dvěma E – rámy.

V práci je také zpracován návrh s AGV vozíky, který spočívá v nahrazení pracovníka zavážení komponentů k montážní lince dvěma AGV vozíky. Díky doplnění předávacích pozic o systém snímačů byl nově implementován princip tahu, který eliminoval ztráty hledáním. Nahrazením manipulanta AGV vozíky uspoří firma tři operátory za den. Celkové finanční úspory činní 1 540 170 Kč za rok a náklady na realizaci jsou 2 075 000 Kč. Návrhnost projektu činní 1,3 let. V tuto chvíli nejsou investice pro realizaci tohoto projektu, ale do budoucna je tento návrh pro firmu velkým přínosem.

Návrhy nového způsobu zavážení byly verifikovány pomocí simulace. Na závěr práce je provedena počítačová simulace, jak v oblasti zavážení komponentů do skladu, tak zavážení komponentů k linkám. Výsledkem simulace bylo ověření funkčnosti procesu a získání podložených argumentů pro zvolený návrh zlepšení procesů. Přínosem simulace bylo například:

- Možnost sledování objemu zásob ve skladu v čase
- Uvolnění kapacity skladu pro nové projekty na úrovni 8 řad.

Seznam použité literatury

- [1] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. *Logistika: teorie a praxe*. Brno: CP Books, 2005. Business books (CP Books). ISBN 80-251-0573-3.
- [2] Firemní materiál Mahle Behr Mnichovo Hradiště s.r.o.
- [3] *FIFO* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24886-jednotlive-metody-a-nastroje-a-ch#FIFO>
- [4] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [5] *STILL* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.still.cz/produkty-cz>
- [6] *API – Akademie produktivity a inovací: Metody a nástroje štihlého podniku* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/24882-metody-a-nastroje>
- [7] *ABC analýza* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/abc-analyza>
- [8] *Lean six sigma workbook*. Brno: společnost SC&C Partner, spol. s r.o. 2011, 2011.
- [9] BÍGL, Ondřej. *Optimalizace hodnotového toku vybraného projektu: Bakalářská práce*. TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů, 2017.
- [10] *Milk - run* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/milk-run>
- [11] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [12] *AGV vozík* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <https://www.ssi-schaefer.com/cs-cz/produkty/conveying-transport/automated-guided-vehicles>
- [13] MANLIG, František. *Využití počítačové simulace výrobních systémů*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. Knihovnička Katedry výrobních systémů TU v Liberci. ISBN 978-80-7494-162-7.
- [14] *FlexSim* [online]. [cit. 2019-03-27]. Dostupné z: <http://flexsim.cz/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Sklad na ploše	13
Obrázek 2: Princip FIFO ve vícekanálovém systému skladování	15
Obrázek 3: Vizualizační cedule	15
Obrázek 4: Tahač	16
Obrázek 5: Vozík	17
Obrázek 6: Tažná souprava E – rám	17
Obrázek 7: KLT box	18
Obrázek 8: Ukázka špagetového diagramu	20
Obrázek 9: Ukázka vláčku	21
Obrázek 10: Ukázka AGV vozíku od firmy SCHAFFER	22
Obrázek 11: Princip počítačové simulace výrobních systému	23
Obrázek 12: Struktura simulačního projektu – schématicky	24
Obrázek 13: Rozložení výroby v závodě Mahle Behr Mnichovo Hradiště	26
Obrázek 14: Ukázka klimatizace	27
Obrázek 15: Manipulant s vozíky	27
Obrázek 16: Operátor s vláčkem	27
Obrázek 17: Smyčka vláčkaře	28
Obrázek 18: Typy balných jednotek FS	28
Obrázek 19: Rozložení výrobních fraktálů, skladů a montážních linek	30
Obrázek 20: Ukázka skladu flatstorage	30
Obrázek 21: Rozložení flatstoragů ve firmě	31
Obrázek 22: Tok plastových dílu	33
Obrázek 23: Vybrané plastové díly	34
Obrázek 24: Layout IM, FS A, předávací pozice a pozice dílů	35
Obrázek 25: Trasa navážení plastových dílů	36

Obrázek 26: Tok výparníků	37
Obrázek 27: Ukázka výparníku	38
Obrázek 28: Trasa navážení ventilátorů	38
Obrázek 29: Tok nakupovaných dílů	40
Obrázek 30: Ukázka ventilátoru	41
Obrázek 31: Trasa navážení nakupovaných dílů	42
Obrázek 32: Zavážení manipulantom AM k montážním linkám	43
Obrázek 33: Špagetový diagram manipulanta AM	44
Obrázek 34: oje vozíku	49
Obrázek 35: Prázdná řada ve FS	50
Obrázek 36: Řešení přípojných částí.....	52
Obrázek 37: Posun vozíků	53
Obrázek 38: Soudržnost vozíků	54
Obrázek 39 : Tažná souprava E – rám	55
Obrázek 40: Schéma současného procesu zavážení vláčkaře	55
Obrázek 41: Schéma nového procesu zavážení vláčkaře	56
Obrázek 42: Tahač s 2 E- rámy pro manipulanta AM	59
Obrázek 43: Zavážení ve smyčkách.....	60
Obrázek 44: Ukázka automatického vozíku	63
Obrázek 45: Schéma procesu zavážení pomocí AGV	64
Obrázek 46: FlexSim - 3D prostředí zavážení dílů	66
Obrázek 47: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu - současný stav	67
Obrázek 48: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu návrh E- rám	68
Obrázek 49: Průměrný stav zásob ve FS B.	69
Obrázek 50: Uvolněné pozice ve FS B	70
Obrázek 51: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu - současný stav	73
Obrázek 52: Počet převezených dílů a vzdálenost za směnu - návrh s E - rámy	74

Seznam tabulek

<i>Tabulka 1: Základní informace k analýze procesu</i>	32
<i>Tabulka 2: ABC analýza pro plastové díly</i>	33
<i>Tabulka 3: Naměřená data z trasy 1</i>	36
<i>Tabulka 4: Výběr výparníků</i>	37
<i>Tabulka 5: Naměřená data z trasy 2</i>	39
<i>Tabulka 6: Výběr z nakupovaných dílů</i>	40
<i>Tabulka 7: Naměřená data z trasy 3</i>	42
<i>Tabulka 8: Tabulka s daty pro plastové díly</i>	45
<i>Tabulka 9: Tabulka s daty pro ventilátory</i>	45
<i>Tabulka 10: Tabulka s daty pro nakupované díly</i>	45
<i>Tabulka 11: Analýza časů a vzdáleností pro linku 1</i>	46
<i>Tabulka 12: Analýza časů a vzdáleností pro linku 2</i>	46
<i>Tabulka 13: Analýza časů a vzdáleností pro linku 3</i>	47
<i>Tabulka 14: Shrnuté přínosy upravené oje</i>	53
<i>Tabulka 15: Analýza tras po zavedení tažné soupravy E - rám</i>	57
<i>Tabulka 16: Porovnání úspor při manipulaci s vozíky</i>	57
<i>Tabulka 17: Porovnání časů potřebných ke splnění normy za směnu</i>	58
<i>Tabulka 18: Zásobování linky 1 tahačem s dvěma E – rámy</i>	60
<i>Tabulka 19: Zásobování linky 2 tahačem s dvěma E – rámy</i>	61
<i>Tabulka 20: Zásobování linky 3 tahačem s dvěma E – rámy</i>	61
<i>Tabulka 21: Shrnutí úspor návrhu manipulace s E - rámy</i>	62

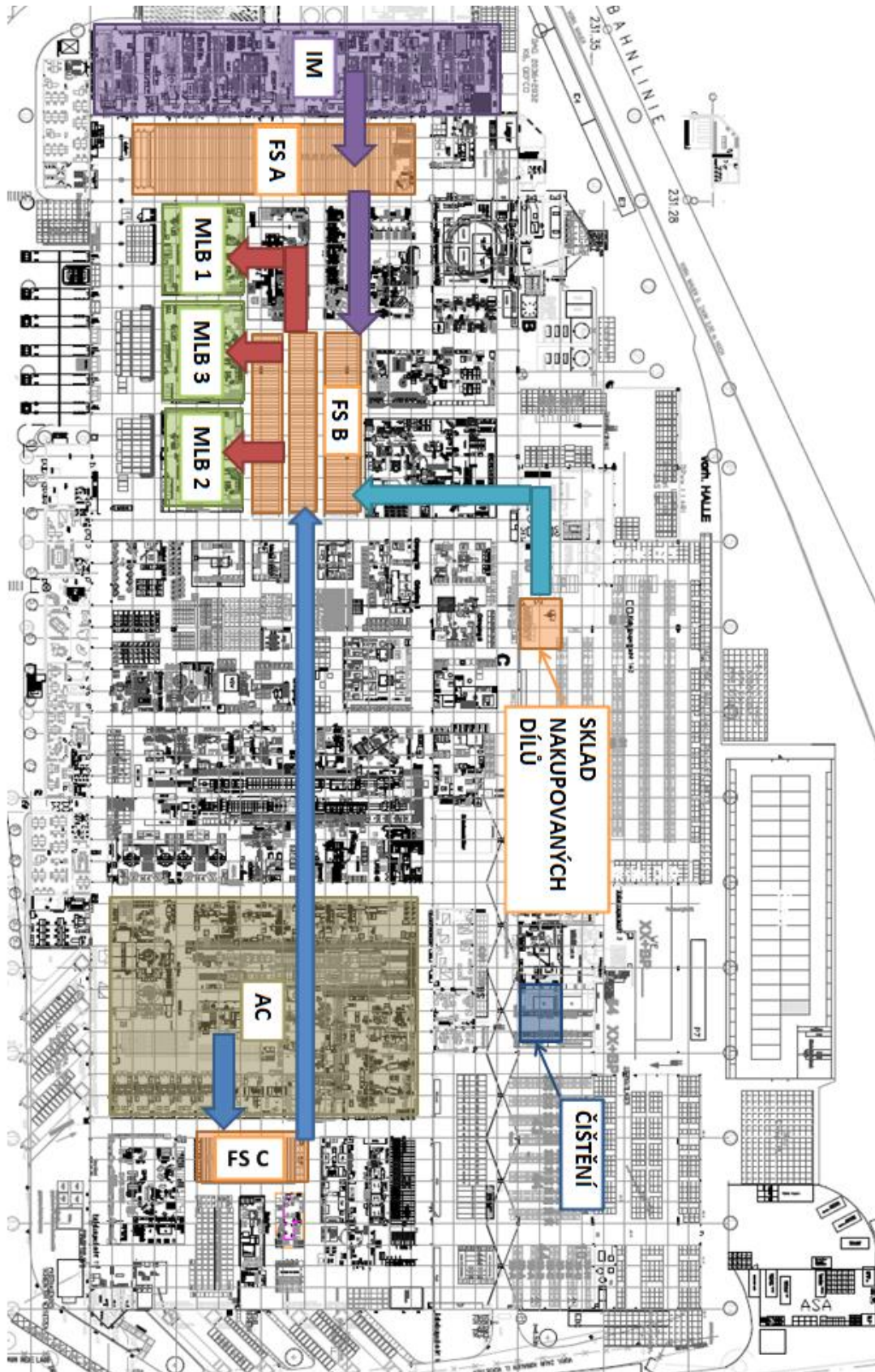
Tabulka 22: Porovnání manipulanta s AGV vozíkem	64
Tabulka 23: Náklady a úspory zavedení AGV vozíků	65
Tabulka 24: Porovnání časů vláčkař – současný stav	67
Tabulka 25: Porovnání časů vláčkař – vláčkař s E-rámy.....	68
Tabulka 26: Uvolněná kapacita skladovací plochy	70
Tabulka 27: Porovnání časů modelů vláčkaře.....	71
Tabulka 28: Porovnání časů manipulant AM – současný stav	72
Tabulka 29: Porovnání časů manipulant AM – návrh s E-rámy	73
Tabulka 30: Porovnání časů, vzdáleností manipulanta AM	74

Seznam grafů

Graf 1: ABC analýza	34
Graf 2: Vzdálenost úložiště k linkám	48
Graf 3: Procentuální rozložení činností vláčkaře - současný stav.....	67
Graf 4: Procentuální rozložení činností vláčkaře	68
Graf 5: Grafické znázornění stavu zásob ve FS B v čase	69
Graf 6: Uvolněná kapacita v toku zavážení plastových dílů	71
Graf 7: Procentuální rozložení činností manipulanta AM - současný stav.....	72
Graf 8: Procentuální rozložení činností manipulanta AM - návrh	73
Graf 9: Porovnání časů manipulanta AM	74

Příloha č. 1

Rozložení výrobních fraktálů, skladů a montážních linií



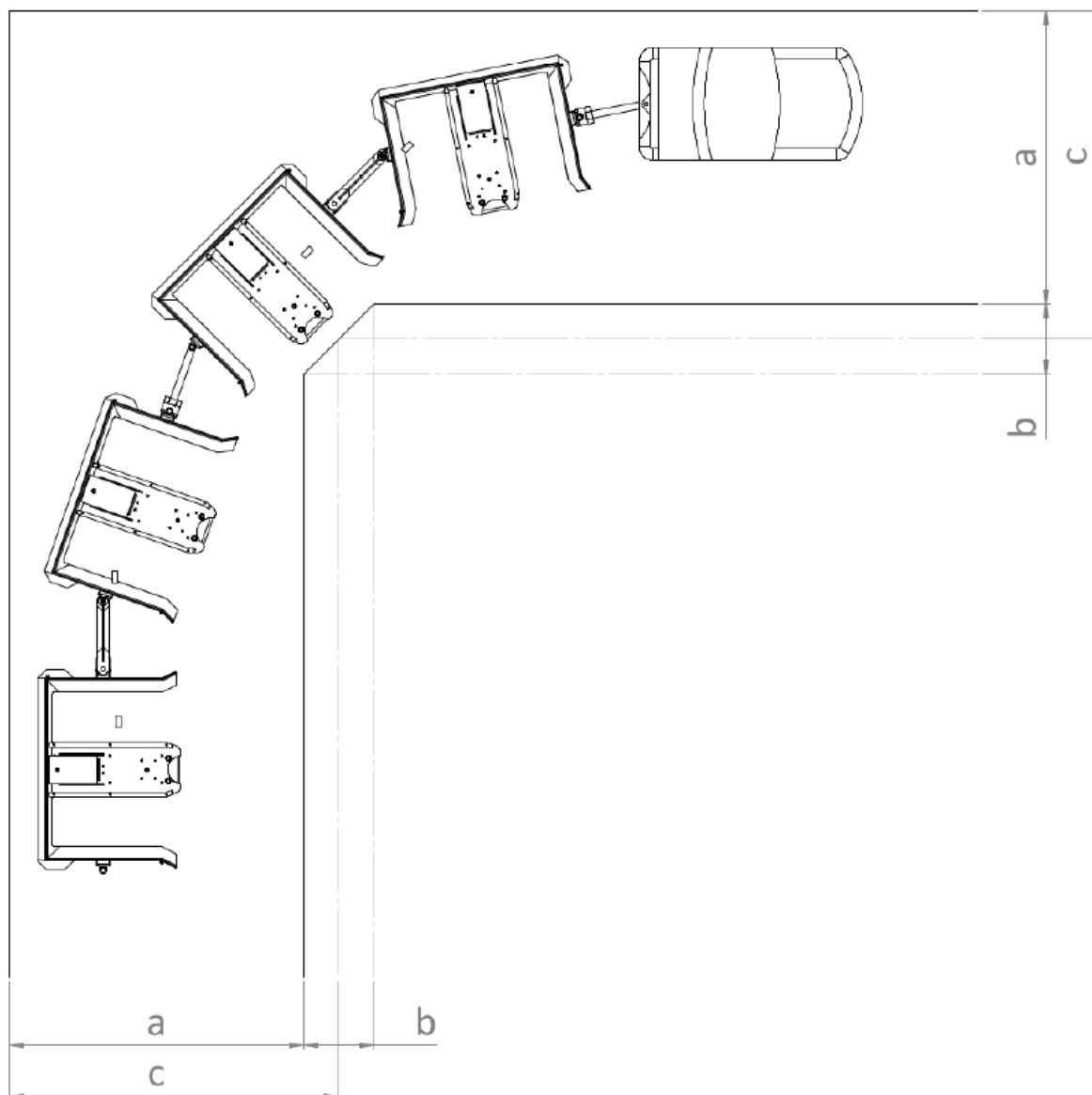
Příloha č. 2

Rozložení skladových pozic ve FS a u montážních linek



Příloha č. 3

Minimální šířka uliček pro rámy E



	Počet rámu E [ks]	Délka jízdní soupravy [mm]	Šířka uličky "a" s roh. zkosením [mm]	Rohové zkosení "b" [mm]	Šířka uličky "c" bez roh. zkosení [mm]
Rám E (1200x1000 mm)	2	3 800	2 010/2 010	0/0	2 010/2 010
	4	7 590	2 010/2 010	500/500	2 260/2 260