

Návrh layoutu pracoviště s ověřením funkčnosti podle digitálního reálného modelu

Monika Vargová



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická
Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Monika Vargová**
Osobní číslo: **T23523**
Studijní program: **B0788A270001 Procesní inženýrství**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Návrh layoutu pracoviště s ověřením funkčnosti podle digitálního reálného modelu**

Zásady pro vypracování

- Vypracování literární studie na dané téma.
- Vytvoření návrhu nového layoutu pracoviště s využitím digitálního modelování a simulací.
- Implementace digitálního modelu na reálný prostor výrobní haly.
- Porovnání výsledků digitálního modelu s reálným provozem, identifikace možných příčin odchylek a na základě získaných dat provedení návrhu doporučení pro optimalizaci layoutu pracoviště a samotné výroby.

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

Seznam doporučené literatury:

MORAN, Sean. *Process plant layout*. Second edition. Amsterdam: Elsevier, BH, [2017]. ISBN 9780128033555.

ELSHENNAWY, Ahmad K. a WEHEBA, Gamal S. *Manufacturing processes & materials*. Fifth edition. Dearbon: SME, [2015]. ISBN 0872638715.

RAJPUT, R. K. *A textbook of manufacturing technology: (manufacturing processes) : for B.E./B. Tech., A.M.I.E.-Section B, and competitive examinations*. Second edition. Bengaluru: Laxmi Publications (P), 2015. ISBN 9788131802441.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2025**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2025**

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D. v.r.
děkan

L.S.

doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení bakalářské práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na bakalářské práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem efektivního layoutu pracoviště s důrazem na jeho optimalizaci pomocí moderních metod a nástrojů. Cílem práce je vyvinout nový layout, který zohledňuje principy Lean managementu a metodu 5S, a ověřit jeho funkčnost prostřednictvím digitálního dvojčete. V teoretické části jsou nejprve definovány klíčové pojmy, jako je Lean management, 5S a digitální dvojče, a je představen software Solidworks jako nástroj pro modelování. V praktické části je analyzováno stávající uspořádání pracoviště, identifikovány nedostatky a navržen nový layout, který je následně vytvořen v Solidworks. Simulace digitálního dvojčete umožňuje ověření funkčnosti navrženého layoutu, a to z pohledu produktivity, ergonomie a celkové efektivity. Výsledky práce ukazují na významné zlepšení v oblasti organizace a provozních procesů, což podtrhuje relevanci a praktické uplatnění navrženého řešení v reálném prostředí.

Klíčová slova: lean, layout, 5S, digitální dvojče, solidworks

ABSTRACT

This bachelor's thesis focuses on designing an efficient workplace layout with an emphasis on optimization using modern methods and tools. The goal of the work is to develop a new layout that takes into account the principles of Lean management and the 5S method and to verify its functionality through a digital twin. The theoretical part first defines key concepts such as Lean management, 5S, and digital twin, and presents SolidWorks software as a modeling tool. In the practical part, the existing workplace arrangement is analyzed, shortcomings are identified, and a new layout is proposed, which is subsequently created in SolidWorks. The digital twin simulation allows for the verification of the functionality of the proposed layout from the perspectives of productivity, ergonomics, and overall efficiency. The results of the work indicate significant improvements in organization and operational processes, underscoring the relevance and practical application of the proposed solution in a real-world environment.

Keywords: lean, layout, 5S, digital twins, solidworks

Tímto bych ráda poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Martin Bednařík, Ph.D., za jeho ochotu, odborné vedení a neustálou podporu při psaní této práce. Jeho cenné rady, trpělivost a vstřícnost mi výrazně pomohly při formování a dokončení mé práce. Velmi si vážím jeho času a úsilí, které mi věnoval, a za to mu patří můj upřímný dík. Dále bych ráda poděkovala všem pracovníkům společnosti ABB s.r.o. za jejich ochotu a čas, který mi věnovali.

OBSAH

ÚVOD.....	11
I TEORETICKÁ ČÁST.....	12
1 LEAN MANAGEMENT.....	13
1.1 ZÁKLADY LEAN MANAGEMENTU.....	13
1.2 PRINCIPY LEAN A JEJICH VÝZNAM PŘI NÁVRHU LAYOUTU PRACOVISTĚ	13
2 METODA 5S.....	15
2.1 DEFINICE A CÍLE METODY 5S.....	15
2.2 VYUŽITÍ 5S PRO OPTIMALIZACI USPOŘÁDÁNÍ PRACOVISTĚ.....	15
3 NÁVRH LAYOUTU PRACOVISTĚ	17
3.1 ZÁKLADNÍ PRINCIPY TVORBY EFEKTIVNÍHO LAYOUTU	17
3.2 TOK MATERIÁLU	17
3.3 TRENDY VE TVORBĚ LAYOUTU	19
4 DIGITÁLNÍ DVOJČE.....	20
4.1 DEFINICE A VÝVOJ DIGITÁLNÍHO DVOJČETE	20
4.2 VYUŽITÍ DIGITÁLNÍHO DVOJČETE PŘI NÁVRHU A SIMULACI LAYOUTŮ	21
4.3 FLEXSIM	22
4.4 VÝHODY A OMEZENÍ TĚTO TECHNOLOGIE	22
5 SOFTWARE SOLIDWORKS	24
5.1 PŘEHLED SOFTWARE SOLIDWORKS	24
6 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ	26
6.1 SIX SIGMA.....	26
6.2 KAIZEN	27
6.3 TEORIE OMEZENÍ (TOC).....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	29
7 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	30
8 NÁVRH A SIMULACE LAYOUTU VÝROBY POMOCÍ DIGITÁLNÍHO DVOJČETE	31
8.1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU.....	31
8.2 POPIS SOUČASNÉHO STAVU	31
8.3 TOK MATERIÁLŮ	32
8.3.1 Tok materiálu CT + VT.....	33
8.3.2 Tok materiálu HV	34
8.3.3 Tok materiálu senzorů.....	34
8.3.4 Tok produktu pokovenci	35
8.3.5 Tok produktu RCCT/RÁMY a KOLA	35

8.3.6	Tok materiálu RMU	36
8.4	NÁVRH NOVÉHO MODELU	36
8.4.1	Optimalizace pracovního prostředí	37
8.4.2	Změny a přínosy	37
8.4.3	Analýza skladového layoutu	38
8.4.4	Celkové přínosy a doporučení	41
ZÁVĚR.....		42
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		43
SEZNAM OBRÁZKŮ		46
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK		47

ÚVOD

V současné dynamické době se podniky potýkají s rostoucími požadavky na efektivitu a produktivitu svých pracovních procesů. Optimalizace layoutu pracoviště představuje klíčový faktor, který může významně přispět k naplnění těchto požadavků. Efektivní uspořádání pracovních prostorů nejenže zvyšuje produktivitu, ale také přispívá k bezpečnosti a spokojenosti zaměstnanců. V rámci tohoto kontextu se stává návrh a implementace vhodného layoutu čím dál tím důležitějším tématem pro manažery a odborníky v oblasti průmyslového inženýrství.

Tato bakalářská práce se zaměřuje na návrh layoutu pracoviště s využitím principů Lean managementu a metody 5S, které mají za cíl eliminovat plýtvání a optimalizovat pracovní procesy. K ověření navrženého řešení bude využito digitální dvojče, které umožňuje simulaci a analýzu nového layoutu v reálném čase. Software SolidWorks bude použit k vytvoření 3D modelu pracoviště, což usnadní vizualizaci a posouzení efektivity návrhu.

Práce je rozdělena do několika částí. V teoretické části budou definovány klíčové pojmy a metody, které tvoří základ pro praktickou část. V této části bude analyzováno stávající uspořádání pracoviště, navržen nový layout a ověřena jeho funkčnost pomocí digitálního dvojčete. Na závěr budou shrnuty výsledky a přínosy navrženého řešení pro zlepšení pracovních procesů.

Cílem této práce je nejen navrhnout efektivní layout pracoviště, ale také prokázat, že použití moderních technologií a metod může vést k významným zlepšením v oblasti produktivity a spokojenosti zaměstnanců.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 LEAN MANAGEMENT

Lean management je koncept zaměřený na zlepšení efektivity a eliminaci plýtvání v organizacích. Různí autoři ho definují různými způsoby:

- Lean management je definován jako používání méně organizačních zdrojů ve srovnání s masovou výrobou. (Krafcik, 1988)
- Lean management spojuje prvky masové a řemeslné výroby a zaměřuje se na neustálé zlepšování procesů. (James et al., 1990)
- Lean management je integrovaný systém složený z propojených prvků a manažerských praktik, které jsou zaměřeny na dodávání hodnoty zákazníkům. (Shah a Ward, 2003)
- Lean management je socio-technický systém, který se zaměřuje na eliminaci plýtvání v celé organizaci a jejím dodavatelském řetězci. (Shah a Ward, 2007)

1.1 Základy Lean Managementu

Lean Management je interdisciplinární přístup propojující řízení provozu, organizační chování a strategické řízení. Jeho cílem je zlepšování kvality, flexibility a dodávek při současném snižování nákladů. Tento koncept vznikl v Japonsku a postupně se rozšířil po celém světě, včetně rozvojových ekonomik. Lean management se zaměřuje na odstraňování plýtvání a neustálé zlepšování procesů, což vede k optimalizaci provozu a zvýšení konkurenceschopnosti organizací. (Sinha a Matharu, 2019)

1.2 Principy Lean a jejich význam při návrhu layoutu pracoviště

Principy Lean jsou klíčové pro optimalizaci pracovního prostředí a zvýšení efektivity. Zde jsou některé z hlavních principů a jejich význam při návrhu layoutu pracoviště:

- **Eliminace plýtvání (Muda)** – Identifikace a odstranění všech forem plýtvání, jako jsou nadbytečné pohyby, čekání, nadprodukce, zbytečné zásoby, chyby a neefektivní procesy. To vede k hladšímu toku práce a snížení nákladů.
- **Kontinuální zlepšování (Kaizen)** – Neustálé hledání způsobů, jak zlepšit procesy a pracovní prostředí. To zahrnuje malé, postupné změny, které se časem kumulují a vedou k významným zlepšením.

- **Standardizace práce** – Vytvoření a dodržování standardních postupů pro všechny pracovní činnosti. To zajišťuje konzistenci, kvalitu a efektivitu, a zároveň usnadňuje školení nových zaměstnanců.
- **Just-In-Time (JIT)** – Výroba a dodávka produktů přesně v okamžiku, kdy jsou potřeba, což minimalizuje zásoby a snižuje náklady na skladování.
- **Ergonomie** – Návrh pracovního prostředí tak, aby bylo pohodlné a bezpečné pro zaměstnance. To zahrnuje správné uspořádání nástrojů a vybavení, aby se minimalizovala fyzická námaha a riziko zranění.

Implementace těchto principů při návrhu layoutu pracoviště může vést k výraznému zlepšení efektivity, snížení nákladů a zvýšení spokojenosti zaměstnanců. (Kovács, 2019)

2 METODA 5S

5S je japonská technika pro organizaci a údržbu efektivního, čistého a bezpečného pracoviště. Byla vytvořena Takashi Osadou v roce 1970 a později komerčně implementována inženýry Toyoty. (Gupta, 2022)

2.1 Definice a cíle metody 5S

5S je japonská metoda zaměřená na organizaci a údržbu efektivního, čistého a bezpečného pracoviště. Tato technika zahrnuje pět kroků: Seiri (Sort - Třídění), Seiton (Set in Order - Uspořádání), Seiso (Shine - Čištění), Seiketsu (Standardize - Standardizace) a Shitsuke (Sustain - Udržování).

Cíle 5S:

- **Zlepšení efektivity a produktivity** – Implementace 5S vede k lepší organizaci pracoviště, což zkracuje čas potřebný na hledání nástrojů a materiálů.
- **Snížení odpadu a nečinného času** – Třídění a uspořádání pomáhá eliminovat nepotřebné položky a optimalizovat pracovní procesy.
- **Zvýšení bezpečnosti** – Čisté a dobře organizované pracoviště snižuje riziko nehod a zranění.
- **Standardizace procesů** – Zavedení standardů pro údržbu a organizaci zajišťuje konzistenci a kvalitu pracovního prostředí.
- **Udržitelnost** – Pravidelné hodnocení a školení zaměstnanců pomáhá udržovat dosažené zlepšení a podporuje dlouhodobou disciplínu. (Gupta, 2022)

2.2 Využití 5S pro optimalizaci uspořádání pracoviště

Implementace metodologie 5S zahrnuje pět kroků: Seiri (Sort), Seiton (Set in order), Seisō (Shine), Seiketsu (Standardize) a Shitsuke (Sustain). Prvním krokem je Seiri, který se zaměřuje na třídění a odstranění nepotřebných položek, což zvyšuje efektivitu a snižuje plýtvání. Následuje Seiton, kde se vše potřebné uspořádá na logická a snadno dostupná místa, což usnadňuje práci a zvyšuje produktivitu. Třetí krok, Seisō, zahrnuje pravidelné čištění a údržbu pracovního prostoru, což přispívá k bezpečnosti a kvalitě produkce. Seiketsu standardizuje procesy a zajišťuje, že první tři kroky jsou udržovány a stávají se součástí každodenní rutiny. Posledním krokem je Shitsuke, který se zaměřuje na dlouhodobé udržení

a zlepšování 5S metodologie prostřednictvím disciplíny a zapojení všech zaměstnanců. Tímto způsobem 5S metodologie pomáhá organizacím zlepšit efektivitu, snížit náklady a zvýšit konkurenceschopnost. (Ovidijus Jureviciu, 2024)

3 NÁVRH LAYOUTU PRACOVIŠTĚ

Návrh efektivního layoutu pracoviště je zásadní pro zlepšení produktivity a bezpečnosti zaměstnanců. Tento proces zahrnuje optimalizaci toku materiálů a pracovníků, dodržování bezpečnostních standardů, a zohlednění ergonomických aspektů. Implementace těchto principů může vést k výraznému zlepšení efektivity, snížení nákladů a zvýšení spokojenosti zaměstnanců.

3.1 Základní principy tvorby efektivního layoutu

Základní principy tvorby efektivního layoutu zahrnují:

- **Plynulý a efektivní pohyb lidí a materiálů:**

Zajistit hladký tok materiálů a pracovníků bez překážek.

- **Bezpečnost a zabezpečení:**

Dodržovat bezpečnostní standardy, umístění hasicích přístrojů a hydrantů na přístupná místa.

- **Optimalizace výrobního toku:**

Navrhnout rozložení tak, aby podporovalo efektivní výrobní procesy a minimalizovalo zbytečné pohyby.

- **Přidělení potřebných zdrojů:**

Poskytnout optimální počet pracovních stanic a zařízení podle požadavků Výroby.

- **Ergonomie a pohodlí pracovníků:**

Zohlednit ergonomické aspekty, jako je umístění pracovních stanic a skladovacích prostorů, aby se zlepšilo pohodlí a efektivita pracovníků.

Tyto principy jsou klíčové pro vytvoření efektivního a bezpečného layoutu továrny.
(Udayravichandra, 2021)

3.2 Tok materiálu

Materialový tok popisuje cestu, kterou materiály nebo výrobky urazí od nákupu k prodeji v rámci firmy nebo mezi firmami. Zahrnuje všechny procesy a stanice, kterými materiál nebo výrobek prochází, jako je výroba, skladování, vychystávání a distribuce.

3.2.1 Typy materiálového toku

Existují dva hlavní typy materiálového toku: vnitropodnikový tok, který zahrnuje přepravu zboží v rámci podniku, například mezi výrobními závody nebo z výroby do skladu, a mezipodnikový tok, který zahrnuje přepravu zboží mezi různými společnostmi, například od dodavatele k zákazníkovi. (Weiss, 2024)

3.2.2 Kroky pro optimalizaci materiálového toku

- **Záznam skutečného stavu** – Zaznamenání všech relevantních údajů a aktuálních informací.
- **Vizualizace materiálového toku** – Grafické zobrazení materiálového toku pro identifikaci překážek a neefektivních procesů.
- **Vyhodnocení a analýza** – Kritické prozkoumání materiálového toku pro zjištění slabých stránek a potenciálu ke zlepšení.
- **Vyhodnocení možností optimalizace** – Návrh zlepšení na základě analýzy.
- **Realizace a monitorování** – Implementace a pravidelné monitorování zlepšení.
- **Výběr dopravních a skladovacích prostředků** – Například průmyslové vozíky, nákladní automobily, vlaky nebo lodě.
- **Systémy skladování** – Regálové skladování, blokové skladování nebo spádové regály.
- **Technologie a automatizace** – Použití autonomních mobilních robotů (AMR) a dalších technologií pro optimalizaci toku materiálu.
- **Lidský faktor** – Kvalifikace zaměstnanců a jejich školení v používání technologií.

Optimalizace materiálového toku může vést ke zvýšení efektivity, snížení nákladů a zlepšení výkonnosti dodávek. Společnosti, které průběžně optimalizují své procesy, mají konkurenční výhodu. (Weiss, 2024)

3.3 Trendy ve tvorbě layoutu

V roce 2024 a dále se očekává, že inženýři budou muset sledovat několik klíčových trendů, které ovlivní tvorbu layoutů. Mezi hlavní patří:

- **Umělá inteligence (AI)** - AI bude hrát zásadní roli při optimalizaci procesů a automatizaci, což umožní vytvářet efektivnější a inovativnější layouty.
- **Autonomní vozidla** – Pokroky v autonomních vozidlech budou vyžadovat nové přístupy k designu a bezpečnosti layoutů, včetně integrace senzorů a AI.
- **Průmyslový IoT (IIoT)** - propojení a chytré technologie budou klíčové pro monitorování a optimalizaci průmyslových procesů, což ovlivní návrh layoutů pro lepší efektivitu.
- **Robotika** – Vývoj v robotice, včetně AI a strojového učení, bude vyžadovat nové layouty, které umožní spolupráci mezi lidmi a robory.
- **Chytré měření** – Chytré měřiče a pokročilá analytika budou hrát důležitou roli při optimalizaci využití zdrojů, což ovlivní návrh layoutů pro energetickou efektivitu.

Tyto trendy ukazují, jak se technologie a inovace budou prolínat s tvorbou layoutů, což povede k efektivnějším a inteligentnějším řešením. (Haiston, 2023)

4 DIGITÁLNÍ DVOJČE

Digitální dvojče je virtuální model reálného objektu, tento model simuluje jeho chování na základě provozních dat. Tento model umožňuje sledovat a analyzovat stav objektu, předpovídat jeho opotřebení a optimalizovat jeho výkon. Digitální dvojčata se často používají v inteligentní výrobě k monitorování strojů, predikci chyb a zlepšení efektivity výroby. Integrace s technologiemi jako umělá inteligence a internet věcí dále podporuje jejich rozvoj a využití. (Hu et al., 2024)

4.1 Definice a vývoj digitálního dvojčete

Digitální dvojče je digitální replikou fyzického objektu, osoby, systému nebo procesu, která je zasazena do digitální verze svého prostředí. Tato technologie umožňuje organizacím simulovat reálné situace a jejich výsledky, což jim pomáhá činit lepší rozhodnutí. Digitální dvojčata jsou propojena s reálnými datovými zdroji, což znamená, že se aktualizují v reálném čase, aby odrážela původní verzi. Obsahují také vrstvu behaviorálních poznatků a vizualizací odvozených z dat.

Existuje několik typů digitálních dvojčat, včetně produktových dvojčat, která reprezentují produkty v různých fázích životního cyklu, a datových dvojčat, jako je například Google Maps, která propojují reálná data s digitálními modely. Dalšími typy jsou systémová dvojčata, která modelují interakce mezi fyzickými a digitálními procesy, a infrastrukturní dvojčata, která reprezentují fyzickou infrastrukturu, jako jsou dálnice nebo budovy.

Digitální dvojčata mohou přinést hodnotu napříč organizací tím, že zvyšují viditelnost reálného a předpokládaného výkonu, optimalizují vývoj produktů, operace a vztahy se zákazníky. Například datová dvojčata poskytují viditelnost jednotlivých operací a ziskovosti, zatímco systémová dvojčata pomáhají optimalizovat náklady a zvyšovat odolnost vůči šokům v nabídce a poptávce.

Mezi odvětví, které již používají digitální dvojčata, patří automobilový průmysl, letectví, obrana, technologie, maloobchod a spotřební zboží. Digitální dvojčata jsou také využívána v logistice, infrastruktuře a energetice. Kombinace digitálních dvojčat s generativní AI může přinést ještě větší hodnotu, například tím, že AI pomáhá strukturovat vstupy a syntetizovat výstupy digitálních dvojčat.

Digitální dvojčata mohou také přispět k udržitelnosti tím, že pomáhají snižovat množství materiál použitý při návrhu produktů a zlepšují sledovatelnost produktů, což vede

ke snížení environmentálního odpadu. Výzvy při vývoji digitálních dvojčat zahrnují potřebu kvalitní datové infrastruktury a talentu pro její údržbu, stejně jako podporu vrcholového managementu a silný projektový tým.

Celkově lze říci, že digitální dvojčata představují významný krok vpřed v oblasti simulace a optimalizace reálných procesů a systémů, což umožňuje organizacím dosahovat lepších výsledků a zvyšovat svou efektivitu. (Rowshankish et al., 2024)

4.2 Využití digitálního dvojčete při návrhu a simulaci layoutů

Inteligentní rámec pro návrh layoutu továrny využívá digitální dvojče, optimalizaci a simulaci k dosažení co nejefektivnějšího uspořádání výrobních linek. Tento rámec je navržen tak, aby automaticky generoval optimální layout na základě specifických požadavků výrobní linky, což zahrnuje několik klíčových kroků.

- **Vyvážení pracovníků na montážní lince** – Tento krok zahrnuje použití smíšeného celočíselného lineárního programování (MILP) k optimalizaci přiřazení úkolů a pracovníků na jednotlivé stanice. Cílem je zajistit, aby každý pracovník měl přiměřené množství práce a aby byly minimalizovány prostoje a neefektivnosti.
- **Optimalizace buněk a bufferů** – V této fázi se provádí simulace a optimalizace různých typů buněk a kapacit bufferů mezi stanicemi. Cílem je zvýšit produktivitu a efektivitu výrobního procesu tím, že se minimalizují zpoždění a maximalizuje průtok materiálu.
- **Plánování layoutu** – Tento krok zahrnuje fyzické umístění optimalizovaných linek v továrně s ohledem na překážky a logistické toky. Digitální dvojče umožňuje simulovat různé návrhy layoutu a validovat je před jejich implementací, což vede k efektivnějšímu a flexibilnějšímu výrobnímu procesu.

Digitální dvojče hraje klíčovou roli v celém procesu, protože umožňuje simulovat a testovat různé návrhy layoutu ve virtuálním prostředí. To znamená, že je možné identifikovat a řešit potenciální problémy ještě před tím, než dojde k fyzické implementaci změn. Díky tomu je možné dosáhnout vyšší efektivity, snížit náklady a zkrátit dobu potřebnou k implementaci nových layoutů.

Celkově vzato, využití digitálního dvojčete při návrhu a simulaci layoutu přináší řadu výhod, včetně zvýšené flexibility, lepší optimalizace výrobních procesů a snížení rizika

chyb. Tento přístup umožňuje firmám rychleji reagovat na změny v poptávce a přizpůsobit své výrobní linky tak, aby byly co nejefektivnější a nejproduktivnější. (Choi a Kim, 2022)

4.3 FlexSim

FlexSim je 3D simulační software, který se vyvíjí od roku 2000 a jeho první verze byla vydána v roce 2003. Tento software je široce uznávaný pro simulaci diskrétních událostí v různých oblastech, jako je výroba, manipulace s materiálem, zdravotnictví, logistika a dodavatelský řetězec. (Nepor, 2021)

4.4 Výhody a omezení této technologie

Tato kapitola se zaměřuje na přínosy a výzvy spojené s technologií digitálního dvojčete. Digitální dvojče nabízí prediktivní údržbu, optimalizaci procesů, zlepšení školení a monitorování v reálném čase. Na druhé straně jsou zde vysoké počáteční investice, obavy o bezpečnost dat a složitost integrace. Kapitola poskytuje přehled o tom, jak digitální dvojče může zvýšit efektivitu, ale zároveň upozorňuje na jeho omezení. Mezi hlavní body patří:

- **Prediktivní údržba a optimalizace** – Umožňuje předvídat poruchy a plánovat údržbu na základě skutečného opotřebení, což snižuje náklady a zvyšuje efektivitu.
- **Inovace a vývoj produktů** – Umožňuje rychlé iterace a testování produktů ve virtuálním prostoru, což zkracuje čas a náklady na vývoj.
- **Zlepšení školení a rozvoje dovedností** – Poskytuje realistické simulace pro školení, což zvyšuje bezpečnost a snižuje riziko chyb.
- **Zlepšení zákaznické zkušenosti** – Umožňuje personalizaci produktů a služeb na základě individuálních potřeb zákazníků.
- **Monitorování v reálném čase** – Umožňuje sledovat operace a přijímat informovaná rozhodnutí na základě aktuálních dat.
- **Udržitelnost a environmentální shoda** – Optimalizuje využití zdrojů a energie, což podporuje ekologické postupy.
- **Zlepšení řízení dodavatelského řetězce** – Umožňuje modelovat a optimalizovat operace v celém dodavatelském řetězci.
- **Vysoké počáteční investice a složitost** – Implementace vyžaduje značné finanční prostředky a modernizaci infrastruktury.

- **Obavy o soukromí a bezpečnost dat** – Zvýšený tok dat zvyšuje riziko kybernetických útoků a úniků dat.
- **Problémy s integrací a škálovatelností** – Integrace s existujícími systémy může být náročná a škálování technologie může být složité.
- **Složitost správy a analýzy dat** – Úspěch závisí na přesném sběru a analýze dat, což vyžaduje pokročilé analytické schopnosti.
- **Regulační a etické otázky** – Použití digitálních dvojčat může vyvolávat otázky ohledně vlastnictví dat a etiky.
- **Závislost na neustálých aktualizacích a údržbě** – Technologie vyžaduje průběžné aktualizace, aby zůstala efektivní a přesná.
- **Rizika technologické závislosti a selhání systému** – Závislost na technologii může vést k problémům při selhání systému, což může mít vážné důsledky. (DigitalDefynd Team, 2025)

Technologie digitálního dvojčete představuje významný krok vpřed v oblasti průmyslové digitalizace, avšak její úspěšná implementace vyžaduje pečlivé zvážení výzev a omezení. Firmy musí být připraveny na neustálé inovace a adaptaci, aby plně využily potenciál této technologie a dosáhly dlouhodobé udržitelnosti a konkurenceschopnosti.

5 SOFTWARE SOLIDWORKS

SOLIDWORKS je vedoucí software pro mechanické CAD, který umožňuje inženýrům a designérům vytvářet 3D modely. Tento software byl představen v roce 1995 a byl prvním 3D CAD softwarem, který běžel na operačním systému Microsoft Windows. SOLIDWORKS je známý svými pokročilými funkcemi a širokou škálou nástrojů, které usnadňují návrh a modelování složitých mechanických systémů. (Petrock,2023)

5.1 Přehled softwaru SOLIDWORKS

Jedním z klíčových konceptů SOLIDWORKS je 3D design, který umožňuje navrhování ve virtuálním 3D prostoru místo plochého 2D kreslení. Tento přístup poskytuje realističtější a přesnější pohled na návrhy, což usnadňuje identifikaci a řešení potenciálních problémů již v rané fázi návrhu. Dalším důležitým aspektem je solid modeling, což je realistický přístup k počítačovému modelování, kde návrhy mají 3D geometrie. Tento přístup umožňuje vytvářet modely, které jsou nejen vizuálně atraktivní, ale také funkčně přesné.

Parametrické funkce jsou dalším klíčovým prvkem SOLIDWORKS. Modely jsou vytvářeny s parametry, což znamená, že mají skutečné rozměry a definice. To umožňuje snadnou úpravu a aktualizaci modelů, aniž by bylo nutné je znovu vytvářet od začátku. Parametrické modelování také usnadňuje spolupráci mezi různými členy týmu, protože změny provedené jedním členem se automaticky projeví ve všech souvisejících částech modelu.

SOLIDWORKS používá tři hlavní typy souborů: část (.SLDPRT), sestava (.SLDASM) a výkres (.SLDDRW). Každý z těchto typů souborů má specifické použití a funkce. Části jsou základní stavební bloky modelů, sestavy umožňují kombinovat více částí do jednoho celku a výkresy poskytují detailní pohled na jednotlivé části a sestavy, včetně rozměrů a dalších důležitých informací.

Prostředí SOLIDWORKS je rozděleno do čtyř hlavních typů: skici, části, sestavy a výkresy. Skici jsou základem pro vytváření částí a sestav, části jsou jednotlivé komponenty modelu, sestavy kombinují více částí do jednoho celku a výkresy poskytují detailní pohled na jednotlivé části a sestavy. Každé z těchto prostředí má specifické nástroje a funkce, které usnadňují práci s modely a návrhy.

SOLIDWORKS běží na Windows a vyžaduje specifické grafické karty pro optimální výkon. Požadavky na hardware se mohou lišit v závislosti na složitosti modelů a náročnosti úloh, které jsou prováděny. Doporučuje se používat výkonné počítače s dostatečnou pamětí a grafickým výkonem, aby bylo možné plně využít všechny funkce a nástroje SOLIDWORKS.

SOLIDWORKS má rozsáhlou a aktivní komunitu uživatelů, která poskytuje podporu a sdílení znalostí. Tato komunita zahrnuje profesionály z různých oborů, kteří používají SOLIDWORKS pro různé aplikace, od strojírenství a výroby až po architekturu a design. Uživatelé mohou sdílet své zkušenosti, tipy a triky, a také se účastnit diskusí a školení, které jim pomáhají zlepšovat své dovednosti a efektivitu práce se SOLIDWORKS. (Petrock,2023)

6 OPTIMALIZACE VÝROBNÍCH PROCESŮ

Tato kapitola se zaměřuje na různé metody optimalizace výrobních procesů, jako jsou Six Sigma, Kaizen a Teorie omezení (TOC). Popisuje, jak tyto metodiky přispívají ke zlepšení kvality, efektivity a produktivity ve výrobních prostředích. Kapitola také zkoumá, jak implementace těchto metod může vést k dlouhodobým konkurenčním výhodám a zvýšení spokojenosti zákazníků.

6.1 Six Sigma

Six Sigma je metodika zaměřená na zlepšování procesů a zvyšování efektivity. Byla založena v roce 1986 inženýrem B. Smith ve společnosti Motorola. Six Sigma využívá statistické metody a kontroly kvality k identifikaci a odstranění vadných procesů. Metodika byla postupně vylepšena o model Plan Do Check Act (PDCA). Six Sigma se používá napříč různými odvětvími, včetně výroby, služeb a vývoje. Velké společnosti mají často speciální oddělení Six Sigma, které se věnuje analytice a optimalizaci procesů. Certifikace Six Sigma je mezinárodně uznávaná a má několik úrovní, které se liší náročností a rozsahem znalosti a kompetencí. Držitelé certifikace Six Sigma jsou často vysoce ceněni na trhu práce díky svým znalostem a dovednostem v oblasti zlepšování kvality a efektivity. (Nedvěd, 2019)

Implementace metodiky Lean Six Sigma (LSS) má několik významných přínosů:

- **Zlepšení kvality a efektivity procesů** – Optimalizace interních procesů vedla ke snížení variabilit a plýtvání, což zvýšilo celkovou efektivitu výroby.
- **Zvýšení spokojenosti zákazníků** – Díky zlepšeným procesům a rychlejším dodacím lhůtám se zvýšila spokojenost zákazníků.
- **Dlouhodobá konkurenční výhoda** – Implementace LSS pomohla společnosti dosáhnout dlouhodobé konkurenční výhody na trhu.
- **Organizační učení** – Spolupráce a zapojení všech zaměstnanců do procesu neustálého zlepšování vedlo k významným organizačním změnám a učení. (Murmura et al., 2021)

Umělá inteligence (AI) může výrazně zlepšit procesy v rámci Lean Six Sigma tým, že automatizuje a zrychluje jednotlivé fáze zlepšování. Zde je stručný přehled, jak AI může pomoci:

- **Definování** – AI může mapovat a definovat procesy pomocí digitálních záznamů a technologie těžby procesů, což umožňuje identifikovat opakující se vzory v datech.
- **Měření** – AI může měřit výkon procesů pomocí IoT zařízení, kamer a dalších technologií, což umožňuje přesnější a rychlejší identifikaci vad.
- **Analýza** – AI dokáže efektivněji než lidé zpracovávat velké množství dat, což umožňuje rychlejší identifikaci vzorů a příčin problémů.
- **Zlepšování** – AI může navrhnout nejlepší konfigurace procesů na základě výkonových dat, což umožňuje přizpůsobení procesů konkrétním produktům a kontextům.
- **Kontrola** – AI může monitorovat procesy v reálném čase a identifikovat odchylky, což zajišťuje, že procesy zůstávají v očekávaných mezích. (Holweg et al., 2023)

6.2 Kaizen

Kaizen je japonská filozofie zaměřená na neustálé zlepšování. V rámci výrobního sektoru se KAIZEN soustředí na postupné změny, které zvyšují efektivitu, snižují plýtvání a zlepšují celkovou kvalitu. (Kareska, 2023)

Princip Kaizen je založen na neustálém zlepšování prostřednictvím malých, postupných změn. Klíčové aspekty zahrnují:

- **Malé kroky** – Pravidelné malé úpravy.
- **Účast všech** – Zapojení všech zaměstnanců.
- **Orientace na procesy** – Optimalizace podnikových procesů.
- **Orientace na zákazníka** – Zlepšování kvality a hodnoty pro zákazníky.

Tento přístup pomáhá firmám zvyšovat efektivitu a spokojenost zákazníků. (Walter, 2024)

Princip Kaizen přináší několik klíčových benefitů:

- **Budování týmové spolupráce** – Kaizen podporuje spolupráci mezi zaměstnanci, což posiluje týmového ducha a zlepšuje komunikaci mezi odděleními.
- **Zvyšování efektivity** – Neustálé hledání způsobů, jak snížit plýtvání a zjednodušit procesy, vede k vyšší efektivitě ve všech odděleních.
- **Zlepšení spokojenosti zaměstnanců** – Zapojení zaměstnanců do procesu zlepšování zvyšuje jejich pocit hodnoty a spokojenosti, což pozitivně ovlivňuje jejich výkon a loajalitu.
- **Zlepšení bezpečnosti** – Eliminace plýtvání a organizace pracovních prostorů přispívá k bezpečnějšímu pracovnímu prostředí, což snižuje riziko úrazů a nehod (Imai, 2023)

6.3 Teorie omezení (TOC)

Teorie omezení (TOC) je manažerský přístup, který pomáhá organizacím zlepšit jejich výkonnost identifikací problémů, které je zpomalují. Eliyahu M. Goldratt, autor této teorie, navrhuje, aby organizace identifikovaly úzká místa, seřadily je podle důležitosti a postupně je řešily.

Hlavním cílem TOC je zvýšit produktivitu a efektivitu organizací. TOC sleduje systematický přístup ke zvýšení výkonnosti organizace prostřednictvím pěti kroků:

- **Identifikace omezení** – Nalezení úzkých míst v systému.
- **Maximální využití omezení** – Optimalizace omezených zdrojů.
- **Podřízení všeho ostatního** – Sladění podpůrných procesů s omezeními.
- **Zvýšení kapacity omezení** – Investice do dodatečných zdrojů.
- **Opakování procesu** – Neustálé zlepšování.

Výhody TOC zahrnují zvýšenou produktivitu, účinnost, optimalizované využití zdrojů a vylepšené rozhodování. TOC lze aplikovat v různých odvětvích, jako je řízení dodavatelského řetězce, řízení provozu, projektové řízení a účetnictví. (Ng, 2025)

II PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a ověřit efektivní uspořádání haly expedice s využitím digitálních nástrojů a principů moderního průmyslového inženýrství. Práce se zaměřuje na identifikaci klíčových problémů v současném provozu, návrh optimalizovaného layoutu a jeho validaci prostřednictvím simulačního modelu. Důraz je kladen na zvýšení efektivity, zlepšení ergonomie a bezpečnosti, a zároveň na podporu digitalizace procesů.

Součástí cíle je rovněž vytvoření 3D modelu nového uspořádání v prostředí SolidWorks a jeho následné využití při simulaci toku materiálu v programu FlexSim. Výsledkem je návrh, který bude nejen technicky proveditelný, ale také přínosný z hlediska provozních nákladů a pracovních podmínek. Práce si klade za cíl poskytnout podniku konkrétní doporučení pro implementaci změn, které povedou k dlouhodobému zlepšení výkonnosti na hale expedice.

8 NÁVRH A SIMULACE LAYOUTU VÝROBY POMOCÍ DIGITÁLNÍHO DVOJČETE

Tato kapitola se zaměřuje na návrh a simulaci nového layoutu výroby pomocí digitálního dvojčete. Cílem je optimalizovat pracovní procesy, zvýšit efektivitu a snížit náklady. Na základě analýzy současného stavu oddělení expedice byly identifikovány hlavní problémy a navržen nový model, který tyto problémy řeší a přináší zlepšení v oblasti efektivity, nákladů a času. Hala expedice se potýká s rostoucími bezpečnostními a prostorovými problémy a z tohoto důvodu byla vybrána k optimalizaci.

8.1 Přehled současného stavu

Cílem praktické části této bakalářské práce je optimalizace procesu expedice ve vybraném podniku. Konkrétně se jedná o halu K společnosti ABB s.r.o. v Brně, kde probíhá výroba proudových a napěťových transformátorů a senzorů pro měření elektrických veličin. Tyto produkty tvoří důležitou součást portfolia ABB v oblasti středního napětí a jsou určeny pro aplikace v energetice a průmyslu. Efektivní řízení expedičních procesů je v tomto kontextu klíčové pro zajištění plynulosti výroby a dodávek.

Na základě podrobné analýzy současného stavu expedice byly identifikovány klíčové problémy, které negativně ovlivňují efektivitu a plynulost toku materiálu. V rámci této části práce bude navržen nový model pracoviště, který by měl tyto problémy řešit a přinést zlepšení v oblasti efektivity, nákladů a času.

Pro analýzu a modelování procesu expedice byla použita metoda workshopů, během kterých byly diskutovány všechny identifikované problémy. Na základě těchto diskusí byl vytvořen detailní popis současného stavu expedice, který slouží jako výchozí bod pro návrh nového modelu. Nový model byl následně ověřen pomocí simulačního programu FlexSim, který umožňuje simulaci a hodnocení navržených změn.

8.2 Popis současného stavu

V rámci analýzy současného stavu expedice byly identifikovány následující problémy:

- **Prostor pro skladování** – Nedostatečný prostor pro skladování materiálů a hotových výrobků.
- **Rampa** – Kapacita rampy je omezená na 50 palet. Velká nákladová rampa není uzavřená, což způsobuje nepříjemné podmínky pro pracovníky.

- **Balící zařízení** – Potřeba baličky palet pro efektivnější balení.
- **Silo uprostřed haly** – Silo umístěné uprostřed haly může způsobovat problémy s tokem materiálu.
- **Zajištění traf na paletě** – Transformátory musí být zajištěny na paletě dřevem různých nedefinovaných rozměrů, což vyžaduje pilu, která není bezpečná.
- **Problém s Evropským obalovým materiálem** – Evropské balení musí být skladováno uvnitř.
- **Přebírání palet venku** – Palety jsou přebírány venku, což může být neefektivní i z hlediska vlivu povětrnostních podmínek.
- **Papírování** – Potřeba automatizace papírování pro zvýšení efektivity.
- **Obalový materiál** – Obalový materiál nesmí stát venku. Je objednáván nepravidelně, což způsobuje problémy.
- **Systém předobalů** – Potřeba efektivního systému předobalů a evidence.
- **Vadné výrobky** – Vadné kusy se shromažďují na expedici odkud putují z areálu.
- **Odpady** – Veškerý odpad z hal míří na expedici odkud se vyváží z areálu.
- **Časový management nákladky** – Potřeba lepšího časového managementu nákladky.
- **Evidence palet** – Potřeba efektivní evidence palet.

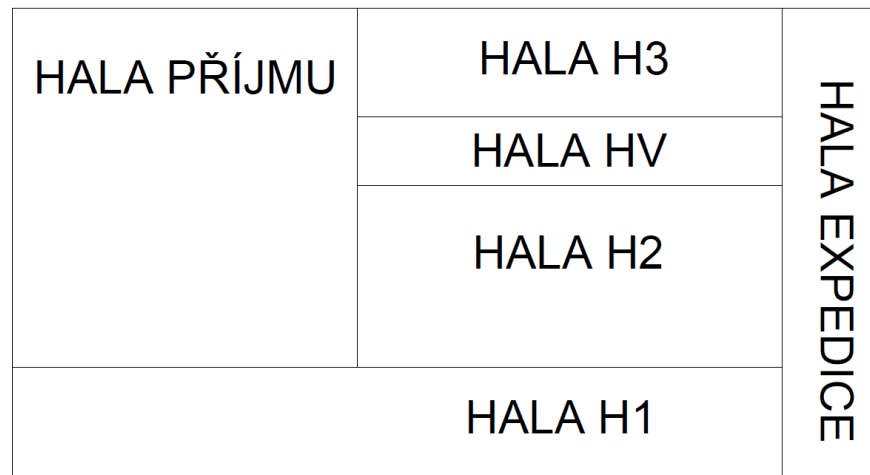
Tento popis současného stavu expedice poskytuje základ pro návrh nového modelu, který by měl řešit identifikované problémy a přinést zlepšení v oblasti efektivity, nákladů a času.

8.3 Tok materiálů

Tok materiálů je klíčovým aspektem optimalizace výrobních procesů. Efektivní tok materiálů zajišťuje, že suroviny, polotovary a hotové výrobky se pohybují plynule a bez zbytečných zdržení mezi jednotlivými fázemi výroby. Tento proces zahrnuje přepravu materiálů mezi různými pracovními stanicemi, skladovacími prostory a expedičními místy. Optimalizace toku materiálů může vést ke zvýšení produktivity, snížení nákladů a zlepšení celkové efektivity výrobního procesu. Důkladná analýza a správné plánování toku materiálů jsou nezbytné pro dosažení těchto cílů.

Pro lepší orientaci je zde uveden layout výrobních hal.

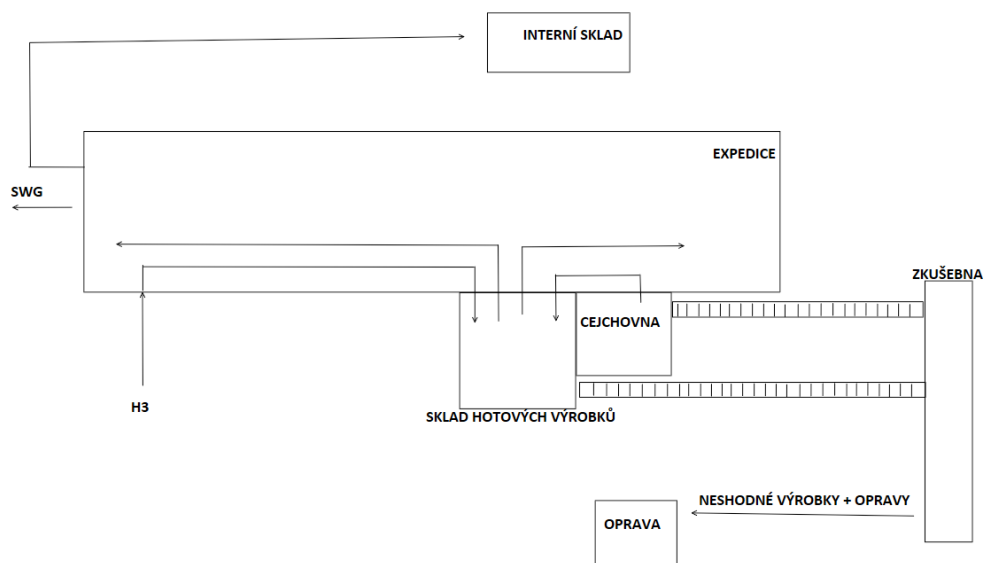
Layout výrobní haly



Obrázek 1 Layout výrobních hal (vlastní zpracování)

8.3.1 Tok materiálu CT + VT

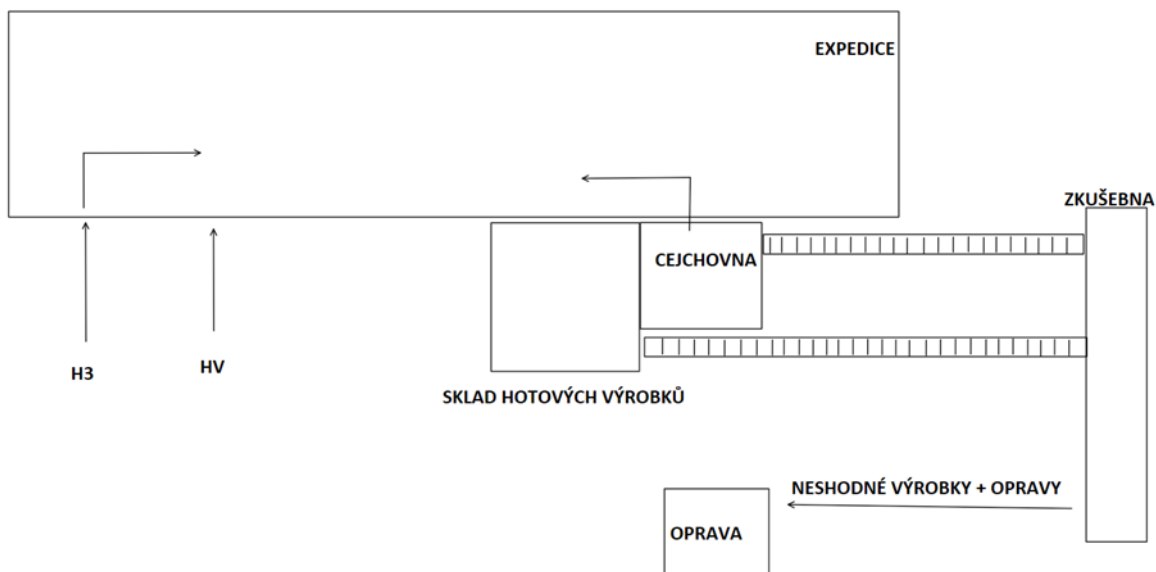
Materiál ze zkušebny je následně distribuován buď na cejchovnu, na opravy v případě poškození, nebo do skladu hotových výrobků. Ze skladu hotových výrobků je materiál dále odeslán na balení a následně expedován. Materiál z H3 je přepravován do skladu hotových výrobků, odkud je následně expedován na balení a poté expedován. Případně může být materiál uložen na interní sklad.



Obrázek 2 Tok materiálu CT + VT (vlastní zpracování)

8.3.2 Tok materiálu HV

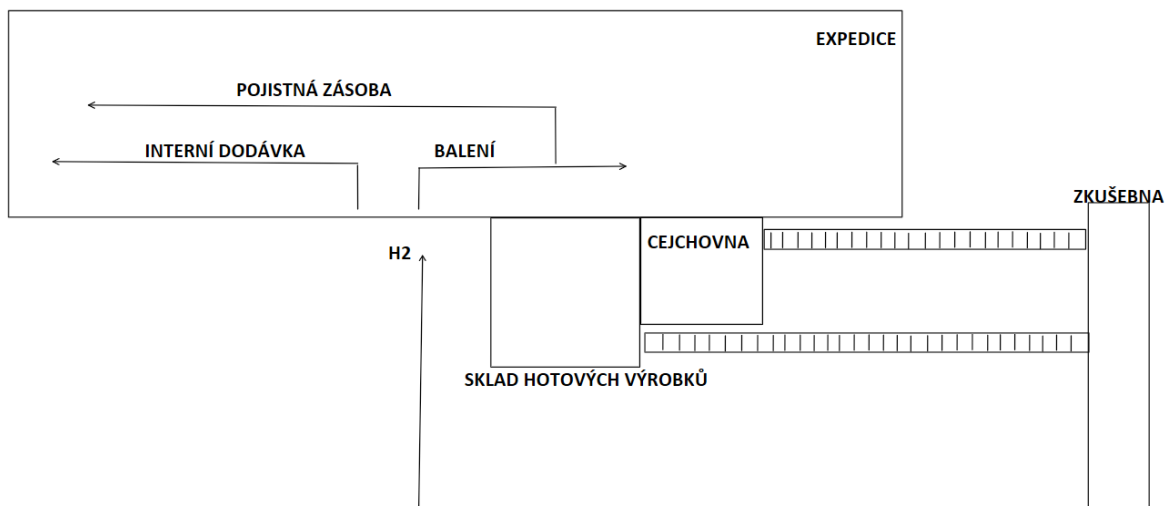
Produkty HV procházejí zkušebnou a cejchovnou, odkud jsou odesílány buď do expedice, nebo do skladu hotových výrobků a následně do expedice. Z haly HV putují produkty přímo do expedice a následně ke klientovi. Produkty z haly H3 putují rovněž do expedice a ke klientovi.



Obrázek 3 Tok materiálu HV (vlastní zpracování)

8.3.3 Tok materiálu senzorů

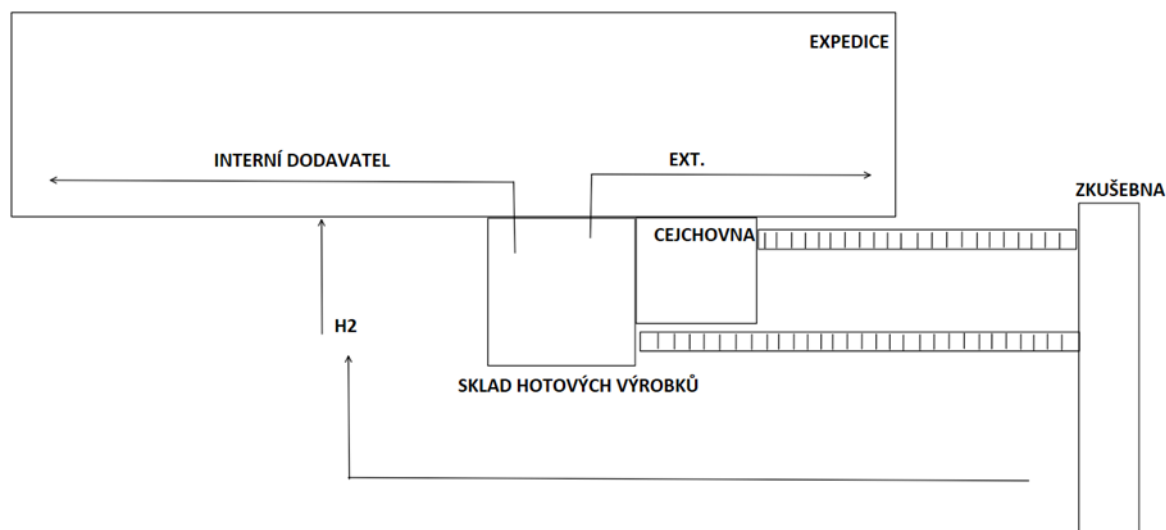
Materiál ze zkušebny je přepravován pracovníkem pomocí vozíku přes H2 do expedice, kde probíhá balení. Následně je materiál buď uložen do zásob na H3, nebo odeslán ke klientovi.



Obrázek 4 Tok materiálu senzorů (vlastní zpracování)

8.3.4 Tok produktu pokovenci

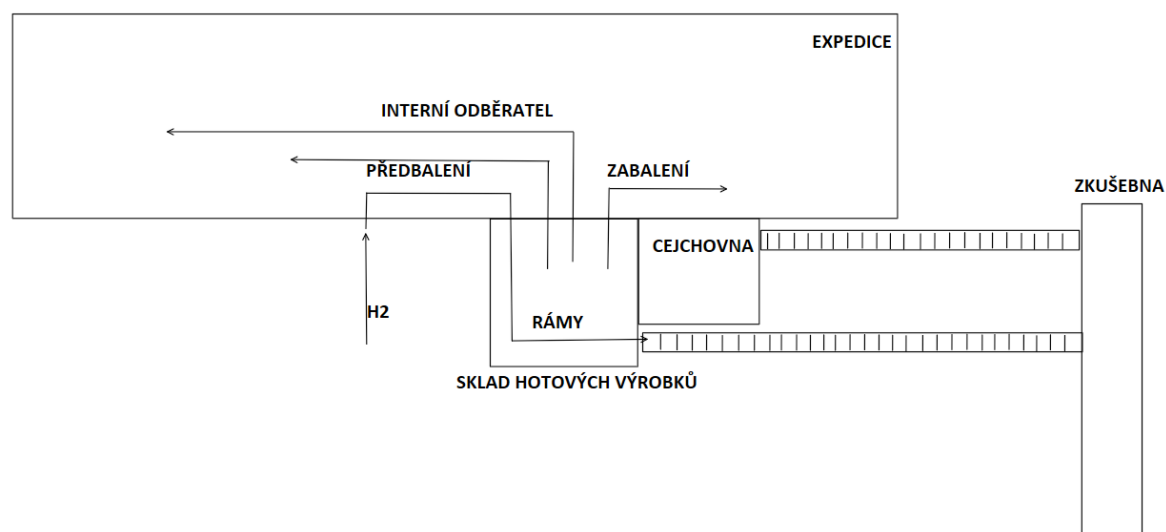
Materiál ze zkušebny je přepravován pomocí vozíků přes H2 do expedice, kde probíhá balení. Následně je materiál odeslán na pokovení.



Obrázek 5 Tok materiálu pokovenci (vlastní zpracování)

8.3.5 Tok produktu RCCT/RÁMY a KOLA

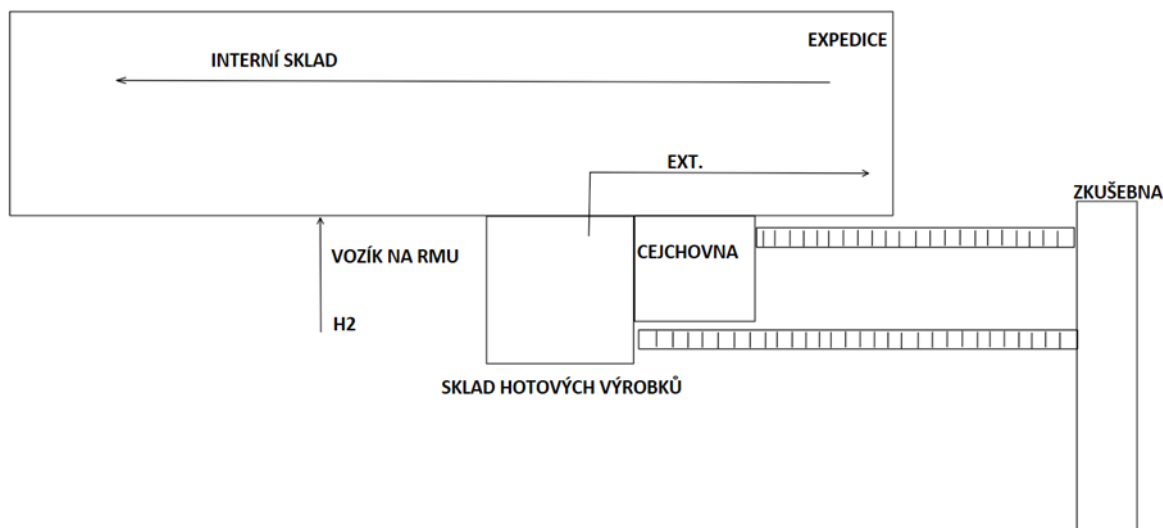
Materiál je přepravován přes H2 do skladu hotových materiálů, odkud pokračuje na zkušebnu. Ze zkušebny je následně přesunut do skladu hotových výrobků. Poté je materiál zabalen a expedován.



Obrázek 6 Tok materiálu RCCT/RÁMY a KOLA (vlastní zpracování)

8.3.6 Tok materiálu RMU

Materiál je přepravován jako sensory přes H2 do skladu hotových materiálů. Odtud pokračuje na expedici, kde je zabalen a následně expedován. RMU mohou být uloženy do automatického skladu na senzory.

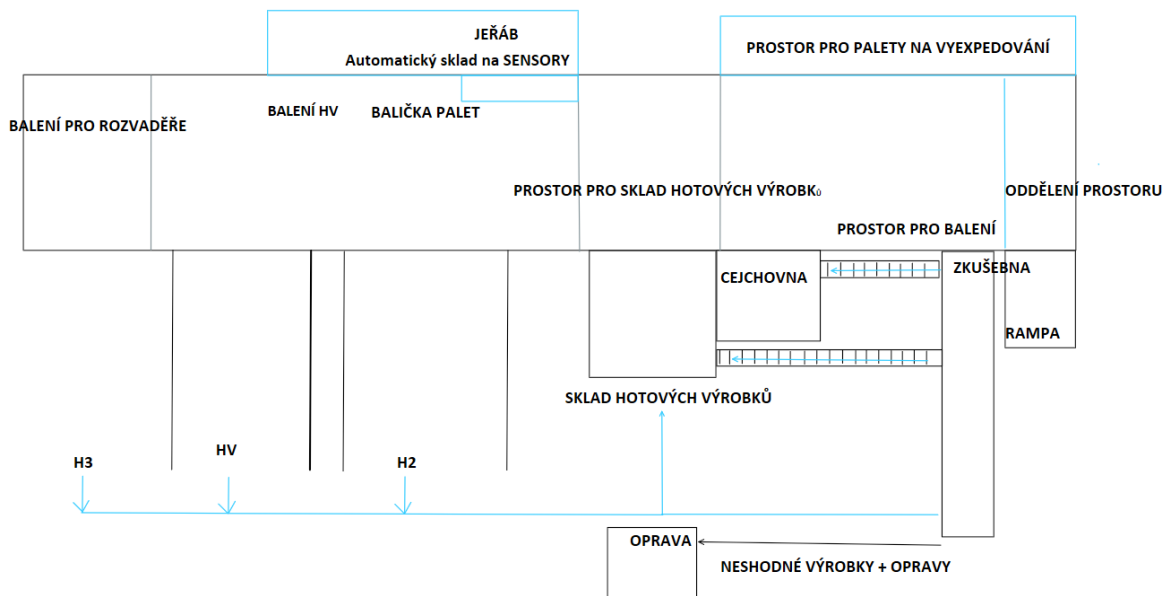


Obrázek 7 Tok materiálu RMU (vlastní zpracování)

8.4 Návrh nového modelu

V současné době se firma potýká s rostoucími požadavky na efektivitu a produktivitu pracovních procesů. Optimalizace procesu expedice je klíčovým faktorem pro dosažení těchto cílů. Současný stav expedice vykazuje několik problémů, jako je nedostatečný prostor pro skladování, omezená kapacita rampy, potřeba baličky palet, problémy s tokem materiálu, bezpečnostní a ergonomické nedostatky. Dále je potřeba automatizace papírování, efektivní evidence palet a řešení problémů se zmetky a odpady.

Nový model expedice znázorněn na obrázku č. 8 modrou barvou, je navržen tak, aby tyto problémy řešil, zvýšil efektivitu, snížil náklady, zlepšil pracovní podmínky a modernizoval celý proces. Tento návrh zahrnuje optimalizaci skladovacích prostorů, úpravy rampy, více míst pro příjem materiálů, zavedení baličky palet, bezpečnější zajištění traf na paletě, automatizaci papírování, efektivní management obalových materiálů, systém předobalů a jeho evidence a lepší časový management nakládky. Veškeré 3D modely byly vytvářeny z důvodu absence těchto modelů ve firemní databázi.



Obrázek 8 Návrh nového toku materiálu (vlastní zpracování)

8.4.1 Optimalizace pracovního prostředí

V rámci optimalizace procesu expedice ve vybraném podniku byly identifikovány klíčové problémy, které negativně ovlivňují efektivitu a plynulost toku materiálu. Na základě podrobné analýzy současného stavu expedice byl navržen nový model, který tyto problémy řeší a přináší zlepšení v oblasti efektivity, nákladů a času.

8.4.2 Změny a přínosy

Nový model expedice přinesl několik významných změn a přínosů:

- **Optimalizace skladovacích prostorů** – Zvýšení kapacity a efektivity skladování materiálů a hotových výrobků. Rozšíření prostoru naproti rampě umožnilo instalaci automatického zakladače na palety, což přineslo nový prostor pro palety a lepší organizaci. Palety jsou nyní organizovány tak, aby se nedávaly nesystematicky, což zlepšuje bezpečnost na pracovišti.
- **Úpravy rampy** – Oddělení prostoru u rampy stěnou, aby průvan nezhoršoval kvalitu produktů. To přispělo k lepším pracovním podmínkám a ochraně produktů.
- **Sjednocení jednoho místa příjmu na expedici** – Produkty jsou nyní dodávány autonomními mobilními roboty (AMR) z H3, H2 a HV. Veškeré produkty putují do

expedice přes sklad hotových výrobků, což zrychluje proces příjmu materiálů a snižuje zdržení.

- **Zavedení baličky palet** – Efektivnější balení palet zvyšuje rychlost a kvalitu balení. Zároveň bylo vytvořeno místo pro menší automatický sklad na senzory a RMU, což zlepšuje organizaci a sledování materiálů.
- **Automatizace papírování** – Zavedení automatizovaných systémů pro správu dokumentace snižuje administrativní zátěž a zvyšuje efektivitu pracovních procesů.
- **Bezpečnostní opatření** – Použití standardizovaných dřevěných rozměrů zarážek pro zajištění traf na paletě zvyšuje bezpečnost. Odstranění nebezpečné pily a vznik nového místa pro regály na palety přispěly k lepší bezpečnosti na pracovišti.
- **Efektivní management obalových materiálů** – Pravidelné a plánované objednávání obalových materiálů zajišťuje jejich dostupnost a snižuje neefektivitu. Zavedení systému pro správu předobalů zlepšuje organizaci a sledování materiálů.
- **Lepší časový management nakládky** – Optimalizace časového plánu nakládky zvyšuje efektivitu procesu a snižuje zdržení.

8.4.3 Analýza skladového layoutu

V rámci této práce byly analyzovány dva různé skladové layouty: aktuální a nový. Cílem bylo zjistit, jaký vliv má nový layout na kapacitu skladu a efektivitu skladování. K simulaci paletového prostoru byl využit program FlexSim, který umožňuje přesné modelování skladových procesů. Postup modelování zahrnoval následující kroky:

- **Přidání objektů do 3D modelu:**

Zdroj (Source) - Vytváří tokové položky, například palety.

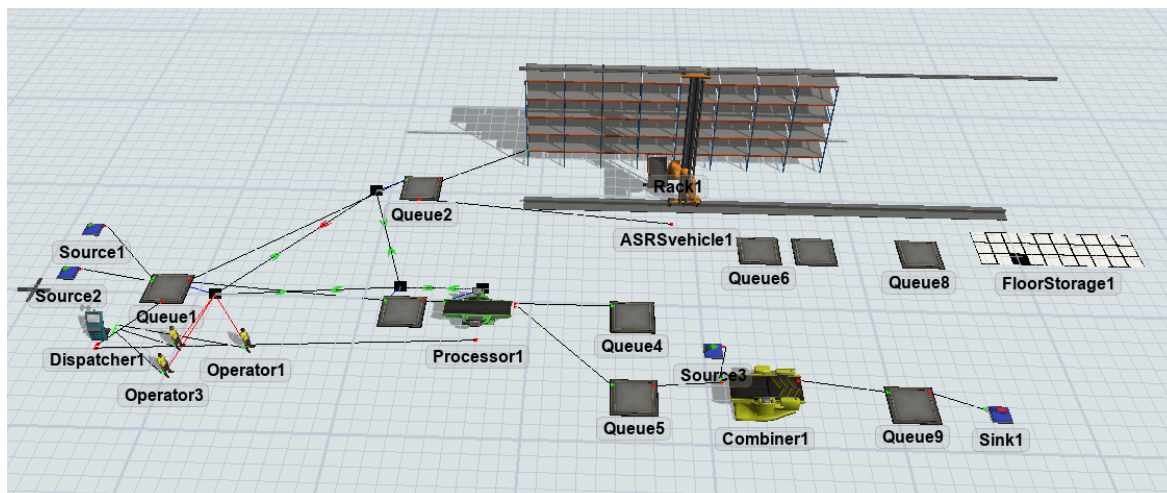
Fronta (Queue) - Uchovává tokové položky, dokud nejsou odeslány do dalšího objektu.

Procesor (Processor) - Zpracovává tokové položky, což je obvykle simulováno jako časová prodleva.

- **Propojení 3D objektů** - Propojení objektů, aby simulovaly tok materiálu mezi různými stanicemi.

- **Nahrání layoutu** – Nahrání 2D layout skladu do programu jako pozadí pro rozmístění 3D objektů.
- **Vytvoření toku materiálu a palet** – Definice toku materiálu a palet mezi různými objekty v modelu.
- **Přiřazení časů operacím** – Přiřazení operacím jejich časy na základě dat z motivačního systému a SAP systému.
- **Spuštění simulace** – Spuštění simulace a sledování výsledků, například zvětšení prostoru pro palety.

Bylo nezbytné zjistit čas balení a toku materiálu a palet, což bylo provedeno na základě dat z motivačního systému pro halu expedice a SAP systému, který je využíván k řízení procesů ve výrobě. Tyto interní materiály nebyly zveřejněny. Operacím byly přiřazeny jejich časy a následně byl spuštěn proces výroby na měsíc. Bylo zkoumáno, o kolik se zvětšil prostor pro palety. Obrázek č. 9 znázorňuje obecné uživatelské prostředí simulačního softwaru FlexSim. Z důvodu ochrany interních dat podniku nebylo možné do práce vložit konkrétní model použitý při simulaci, a proto je uveden pouze ilustrační pohled na prostředí, ve kterém byla simulace realizována.



Obrázek 9 Prostředí programu FlexSim (vlastní zpracování)

Aktuální layout:

- **Kapacita regálů** – Aktuální layout disponuje kapacitou 348 palet v regálech.
- **Místa mimo regály** – K dispozici je 114 míst mimo regály, avšak s nevýhodou špatné organizace kvůli stohování palet na sebe. Palety se mohou vrstvit až po 4 kusech na sebe, což vede k neefektivnímu využití prostoru a komplikacím při manipulaci.
- **Zakázané oblasti** – Existuje 12 míst, kam se palety nesmí umisťovat z důvodu bezpečnosti, ale umisťují.
- **Celková kapacita** – Celková kapacita aktuálního layoutu je 474 míst pro palety a 0 pro produkty.

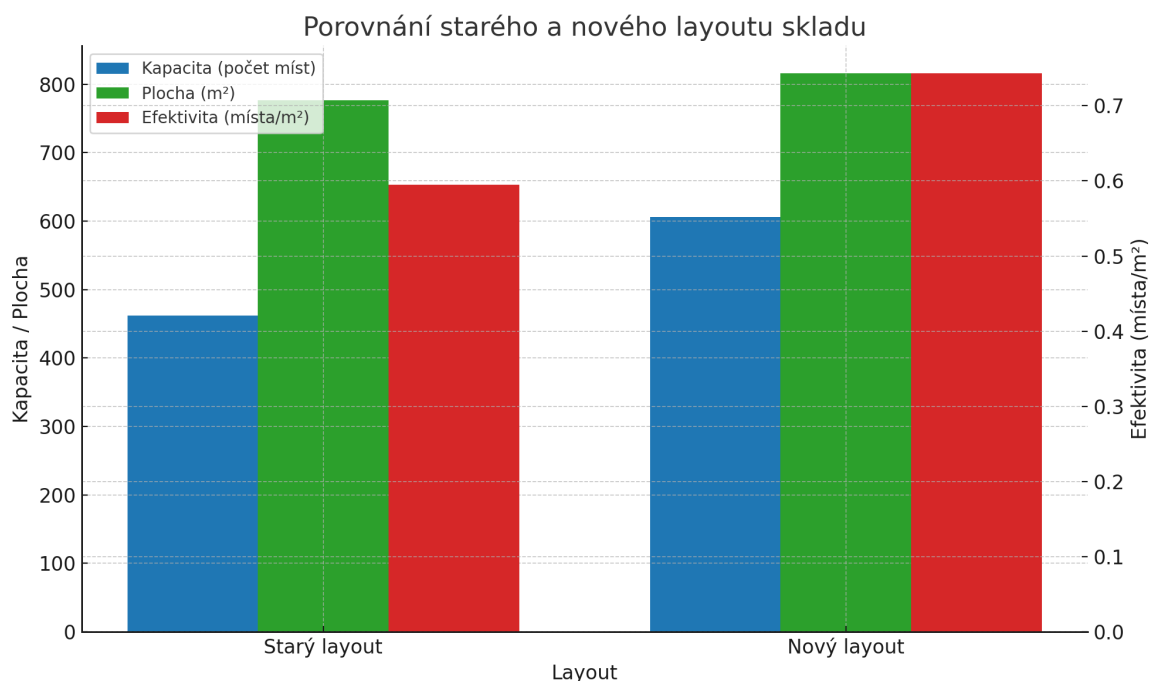
Nový layout:

- **Kapacita regálů** – Nový layout zvyšuje kapacitu regálů na 366 palet.
- **Kapacita zakladačů** – Nově zavedený zakladač na palety umožňuje skladování dalších 210 palet. Nově postavený automatický zakladač na výrobky pak pobere 600 kusů produktů.
- **Místa mimo regály** – K dispozici je 30 míst na zemi pro skladování palet. Palety, které se skladují na zemi, se mohou vrstvit až 4 na sebe nebo se skladují mimo expedici, což je neefektivní.
- **Celková kapacita** – Celková kapacita nového layoutu je 606 míst pro palety a 600 míst pro produkty.

Porovnání a zlepšení:

- **Rozdíl v kapacitě** – Nový layout nabízí o 132 míst pro palety více než aktuální layout a také 600 míst pro produkty, což představuje významné zlepšení v kapacitě skladu.

Pro analýzu efektivity skladovacích prostor byla porovnána stávající a navrhovaná podoba layoutu skladu z hlediska kapacity, využití plochy a hustoty uložení palet.



Obrázek 10 Porovnání starého a nového layoutu z hlediska palet (vlastní zpracování)

8.4.4 Celkové přínosy a doporučení

Implementace nového modelu expedice přinese významné zlepšení v oblasti efektivity, snížení nákladů, zlepšení pracovních podmínek a zvýšení spokojenosti zaměstnanců. Optimalizace pracovního prostředí a zlepšení procesů vedly ke zvýšení produktivity a výkonu zaměstnanců. Lepší organizace palet a zavedení bezpečnostních opatření přispěly k vyšší bezpečnosti na pracovišti.

Jedním z klíčových přínosů nového layoutu skladu je navýšení skladovací kapacity o 132 míst, což představuje nárůst o 27,85 % oproti původnímu stavu (ze 474 na 606 palet). Tento nárůst přispívá k lepší organizaci zásob a snižuje množství palet, které dříve musely být dočasně uloženy mimo regálový systém, bez dodržení systematických a bezpečnostních zásad.

Přestože se celková plocha skladu zvětšila pouze mírně – z 776,40 m² na 815,66 m², tedy o 5,06 % – efektivita využití prostoru se výrazně zlepšila. Zatímco starý layout umožňoval uskladnění přibližně 0,595 palety na m², nový layout dosahuje 0,743 palety na m², což znamená zvýšení efektivity o 24,87 %.

ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zaměřila na návrh optimalizace layoutu pracoviště s cílem zefektivnit tok materiálu, zvýšit skladovou kapacitu a ověřit funkčnost navrženého řešení pomocí digitální simulace v prostředí FlexSim. Hlavním přínosem bylo vytvoření takového návrhu uspořádání, který lépe odpovídá požadavkům provozu, podporuje efektivní logistiku a přispívá k celkové přehlednosti a plynulosti procesů.

Jedním z konkrétních výstupů práce je rozšíření plochy pracoviště ze stávajících 776,40 m² na 815,66 m², což představuje nárůst o 39,26 m². Toto rozšíření bylo využito efektivně, a to zejména pro zvýšení skladovací kapacity. V původním layoutu bylo k dispozici 474 paletových míst, zatímco nový návrh zahrnuje 606 míst. To znamená navýšení o 132 paletových míst, což představuje zvýšení kapacity o 27,85 %.

Kromě samotného nárůstu skladovacích míst bylo možné na základě výpočtů prokázat i výrazné zlepšení v efektivitě využití prostoru. Zatímco původní layout umožňoval uložení přibližně 0,595 palety na jeden metr čtvereční, nový návrh dosahuje hodnoty 0,743 palety/m², což znamená zlepšení efektivitě o téměř 25 %. Tato změna reflektuje nejen vyšší kapacitu, ale také efektivnější uspořádání prostoru s ohledem na ergonomii a bezpečnost manipulace.

Simulace v prostředí FlexSim byla využita k ověření funkčnosti návrhu zejména z hlediska toku materiálu a skladových operací. Výsledky ukázaly, že nově navržené rozvržení umožňuje plynulejší tok výrobku a přispívá k přehlednější organizaci skladového prostoru. Na základě těchto výstupů bylo možné objektivně porovnat a kvantifikovat přínosy nového layoutu oproti původnímu stavu. Je však třeba dodat, že simulace byla zaměřena na vybrané klíčové parametry, nikoliv na komplexní provozní toky, a některé provozní detaily tak nebyly součástí této analýzy.

Závěrem lze konstatovat, že cíle práce byly naplněny. Návrh nového layoutu přináší měřitelná zlepšení nejen v oblasti kapacity, ale také ve využití prostoru a celkové efektivitě skladové logistiky. Práce zároveň potvrdila, že využití simulačního softwaru jako je FlexSim představuje efektivní nástroj pro návrh a validaci provozních změn. Na základě těchto poznatků lze doporučit realizaci navrženého řešení, neboť umožňuje dosáhnout konkrétního zlepšení bez potřeby výrazných investičních zásahů. Do budoucna je vhodné layout dále sledovat a případně jej upravit dle provozních dat a aktuálních potřeb výroby.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

DigitalDefynd Team, 2025, 15 Pros & Cons of Digital Twin Technology. DigitalDefynd. Dostupné z: <https://digitaldefynd.com/IQ/digital-twin-technology-pros-cons/>. [cit. 2025-04-06].

GUPTA, Kapil, 2022. A Review on Implementation of 5S for Workplace Management. Online. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*. Vol. 7, no. 2, s. 8. ISSN 2676-6167. Dostupné z: https://www.journal-aprie.com/article_135455_76f539fc03426de4b1f376538f4670cd.pdf. [cit. 2025-04-06].

HAISTON, Jari, 2023. 10 Engineering Trends to Keep Your Eye on in 2024 and Beyond. Online. Symmetry Electronics. Dostupné z: <https://www.symmetryelectronics.com/blog/engineering-trends-of-the-future/>. [cit. 2025-01-12].

HOLWEG, Matthias; DAVENPORT, Thomas a SNYDER, Ken, 2023. How AI Fits into Lean Six Sigma. Online. *Harvard Business Review*. No. 11, s. 4. ISSN 0017-8012. Dostupné z: <https://hbr.org/2023/11/how-ai-fits-into-lean-six-sigma>. [cit. 2025-03-28].

HU, Shuguo; LI, Changhe; LI, Benkai; YANG, Min; XIAOMING, Wang et al., 2024. Digital Twins Enabling Intelligent Manufacturing: From Methodology to Application. Online. *Intelligent and Sustainable Manufacturing*. Vol. 1, no. 1. Dostupné z: <https://doi.org/10.35534/ism.2024.10007>. [cit. 2025-04-06].

CHOI, Seon Han a KIM, Byeong Soo, 2022. Intelligent Factory Layout Design Framework Through Collaboration between Optimization, Simulation, and Digital Twin. Online. S. 21. Dostupné z: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4290604. [cit. 2025-04-06].

IMAI, Masaaki, 2023. Continuous Improvement: What are the Benefits of Kaizen. Online. *LeanSuite Journal*. Vol. 2023, no. 5. ISSN 616-433-6688. Dostupné z: <https://theleansuite.com/what-are-the-benefits-of-kaizen/>. [cit. 2025-03-28].

JAMES, Womack; DANIEL, Jones a DANIEL, Roos, 1990. *The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production – Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Revolutionizing World Industry*. Rawson Associates. ISBN 0892563508.

KARESKA, Katarina, 2023. KAIZEN in Manufacturing: Transforming Productivity and Quality Through Continuous Improvement. Online. *International Journal of Production*

Research. Vol. 2023, no. 11, s. 16. ISSN 0020-7543. Dostupné z: <https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstrac>. [cit. 2025-03-28].

KOVÁCS, G., 2019. Layout design for efficiency improvement and cost reduction. Online. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences: Technical Sciences*. Roč. 67, č. 3, s. 547-555. ISSN 02397528. Dostupné z: <https://doi.org/10.24425/bpasts.2019.129653>.

KRAFCIK, John, ©1998-. *MIT Sloan management review*. 10. Cambridge, Mass.: Sloan Management Review Association. ISBN 1532-9194. ISSN 1532-8937. Dostupné také z: http://sfx.jib.cz/sfxlcl3??url_ver=Z39.88-2004&ctx_ver=Z39.88-2004&ctx_enc=info:ofi/enc:UTF-8&rfr_id=info:sid/sfxit.com:opac_856&url_ctx_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:ctx&sfx.ignore_date_threshold=1&rft.object_id=110985821000953&svc_val_fmt=info:ofi/fmt:kev:mtx:sch_svc&.

MURMURA, Federica; BRAVI, Laura; MUSSO, Fabio a MOSCISZKO, Aleksandra, 2021. Lean Six: Sigma for the improvement of company processes: the Schnell S.p.A. case study. Online. *The TQM Journal*. Vol. 2021, no. 33, s. 26. ISSN 1754-2731. Dostupné z: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/tqm-06-2021-0196/full/pdf?title=lean-six-sigma-for-the-improvement-of-company-processes-the-schnell-spa-case-study>. [cit. 2025-03-28].

NEDVĚD, Radek, 2019. Jak Six Sigma přispívá k lepšímu postavení na trhu práce. Online. 04.11.2019. Dostupné z: <https://www.tx.cz/blog/six-sigma-zvysi-efektivitu-procesu-a-posili-konkurenceschopnost>. [cit. 2025-03-28].

NEPOR, Vladimír. FlexSim - Software pro simulaci, analytiku a optimalizace ve 3D. Online. Dostupné z: <https://www.vrapps.cz/blog/flexsim-simulace-analytika-optimalizace-ve-3d>. [cit. 2025-03-27].

NG, Jane, 2025. Co je teorie omezení? Jednoduchý průvodce zvýšením efektivity. Online. Dostupné z: <https://ahaslides.com/cs/blog/what-is-theory-of-constraints/>. [cit. 2025-04-06].

OVIDIJUS JUREVICIU, Ovidijus, 2024. 5S Methodology: The Ultimate Guide. Online. *Strategic Management Insight*. Roč. 2024, č. 3, s. 11. Dostupné z: <https://strategicmanagementinsight.com/tools/5s-methodology/>. [cit. 2025-01-01].

PETROCK, Stephen, 2023. An Introduction to SOLIDWORKS. Online. Dostupné z: <https://www.engineering.com/an-introduction-to-solidworks/>. [cit. 2025-04-06].

ROWSHANKISH, Kayvaun; ZEMMEL, Rodney W.; LAJOUS, Tomáš a BORDEN, Kimberly, 2024. What is digital-twin technology. Online. Dostupné z: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology>. [cit. 2025-04-06]

SHAH, Rachna a WARD, Peter T, 2003. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance. Online. *Journal of Operations Management*. Roč. 21, č. 2, s. 129-149. ISSN 0272-6963. Dostupné z: [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0). [cit. 2025-05-09].

SHAH, Rachna a WARD, Peter T., 2007. Defining and developing measures of lean production. Online. *Journal of Operations Management*. Roč. 25, č. 4, s. 785-805. ISSN 0272-6963. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>. [cit. 2025-05-09].

UDAYRAVICHANDRA, Guntapudi, 2021. Factory Layout Design. Online. *Know Industrial Engineering*. Roč. 2019-2024, č. 5, article 5, s. 5. Dostupné z: <https://knowindustrialengineering.com/factory-layout-design/>. [cit. 2025-01-01].

WALTER, Jens, 2024. Co je Kaizen? - Princip, metody a význam pro firmy. Online. *Lean / Lean management*. Roč. 2024, č. 4. ISSN 1234-5678. Dostupné z: <https://www.beewatec.com/cs/blog/co-je-kaizen-princip-metody-vyznam-pro-firmy>. [cit. 2025-03-28].

WEISS, Karsten, 2024. Tok materiálu: Optimalizace a efektivita. Online. Dostupné z: <https://www.beewatec.com/cs/blog/tok-materialu-v-prumyslu-optimalizace-procesu>. [cit. 2025-01-12].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Layout výrobních hal (vlastní zpracování).....	33
Obrázek 2 Tok materiálu CT + VT (vlastní zpracování)	33
Obrázek 3 Tok materiálu HV (vlastní zpracování).....	34
Obrázek 4 Tok materiálu senzorů (vlastní zpracování)	34
Obrázek 5 Tok materiálu pokovenci (vlastní zpracování)	35
Obrázek 6 Tok materiálu RCCT/RÁMY a KOLA (vlastní zpracování)	35
Obrázek 7 Tok materiálu RMU (vlastní zpracování).....	36
Obrázek 8 Návrh nového toku materiálu (vlastní zpracování)	37
Obrázek 9 Prostředí programu FlexSim (vlastní zpracování).....	39
Obrázek 10 Porovnání starého a nového layoutu z hlediska palet	41

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

5S – Metoda pro organizaci a údržbu pracoviště

LEAN – metoda zaměřená na zlepšení efektivity a eliminaci plýtvání

JIT – Just-In-Time, metoda výroby a dodávky produktů přesně v okamžiku potřeby

KAIZEN – Kontinuální zlepšování, filozofie zaměřená na neustálé zlepšování procesů

AMR – Autonomní mobilní roboty

SOLIDWORKS – Software pro 3D modelování

FLEXSIM – Software pro simulaci diskrétních událostí

TOC – Teorie omezení (Theory of Constraints)

PDCA – Plan-Do-Check-Act, model pro zlepšování procesů

SIX SIGMA – Metodika zaměřená na zlepšování procesů a zvyšování efektivity

CT – Current Transformer (Proudový transformátor)

VT – Voltage Transformer (Napěťový transformátor)

HV – High Voltage (Vysoké napětí)

RMU – Ring Main Unit (Rozvodná jednotka kruhového napětí)

RCCT – Rogowski Coil Current Transformer (Rogowského cívkový proudový transformátor)

H3 – Hala 3

H2 – Hala 2

HV – Hala vysokého napětí

VT + CT – Tok materiálu proudový a napěťový transformátor

RÁMY – Transformátory s rámovou konstrukcí

KOLA – Dělený transformátor

AI – Umělá inteligence

SWG – Divize rozvaděčů

SAP – Softwaru pro řízení podnikových procesů