

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
FAKULTA STROJNÍ**



**DIPLOMOVÁ PRÁCE
SIMULACE LOGISTICKÝCH
SYSTÉMŮ
2021**



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Folkman** Jméno: **Jan** Osobní číslo: **457620**
 Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
 Zadávací katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
 Studijní program: **Výrobní inženýrství**
 Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Simulace logistických systémů

Název diplomové práce anglicky:

Logistics system simulation

Pokyny pro vypracování:

1. Teorie výrobních systémů
2. Interní logistika
3. Analýza současného stavu logistického systému
4. Návrh optimalizace logistiky
5. Simulace a vyhodnocení nového systému logistiky

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Tomáš Kellner, ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **30.10.2021**

Termín odevzdání diplomové práce: **17.12.2021**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Tomáš Kellner
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, software, ... atd.) uvedené v příloženém seznamu.

V Praze dne 17.12.2021

.....

Podpis

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Tomáši Kellnerovi za jeho odbornou pomoc, cenné rady, poskytnuté materiály a čas, který mé práci věnoval. Dále panu Ing. Michalu Kaňákovi za cenné rady a poskytnuté návody k softwaru PlantSimulation.

Anotace:

Cílem diplomové práce je analýza současného stavu logistiky a její optimalizace v rámci výroby keramických komínových vložek v modelové společnosti.

V první teoretické části je představena výroba a logistika, včetně moderních trendů v tomto odvětví a modelová společnost. V praktické části je pak provedena analýza současného stavu materiálového a logistického toku ve společnosti, její vyhodnocení a navržení optimalizace. Na základě těchto návrhů jsou pak změny simulovány v programu PlantSimulation.

Klíčová slova: Logistika, logistické ukazatele, výrobní proces, výrobní systém, simulace, žáruvzdorný průmysl

Annotation

The master thesis is focused on analyzing of logistics and optimization in production of ceramic chimney pipes in model company

In first theoretical part of the thesis is introduced production and logistics, including modern trends and the company itself. In practical part of the thesis is described current condition of materials and logistics flow in the company, evaluation and optimization. The changes based of these proposals are simulated in software PlantSimulation.

Key words: Logistics, logistics indicators, manufacturing, process system, simulations, refractory industry

Obsah

Seznam zkratk:	7
1. Úvod	9
2. Výroba	10
2.1 Výrobní systém	10
2.1.1 Rozdělení výrobních systémů	10
2.2 Výrobní proces	11
2.2.1 Věcná struktura výrobního procesu	11
2.2.2 Časová struktura výrobního procesu	12
2.2.3 Prostorová a organizační struktura výrobního procesu	13
3. Logistika a manipulace	14
3.1 Logistika	14
3.1.1 Členění logistiky	15
3.1.2 Obsah výrobní logistiky	16
3.1.3 Základní pojmy v logistice	17
3.1.4 Logistická řešení v průmyslové výrobě	18
3.1.5 Logistické ukazatele pro výrobní podnik	19
Skladování	22
Řízení a plánování výroby	24
3.1.6 Moderní trendy v logistice	26
3.2 Manipulace s materiálem	28
3.2.1 Jednotka 1. řádu	31
3.2.2 Jednotka 2. řádu	31
3.2.3 Jednotka 3. řádu	32
3.2.4 Jednotka 4. řádu	32
3.3 Sklady	32

4.	Analýza současného stavu	35
4.1	Modelová společnost.....	35
4.1.1	Výroba komínové vložky.....	35
4.1.2	Analýza současného stavu logistiky v modelové společnosti	39
5.	Návrh optimalizace.....	46
5.1	Návrh optimalizace celého materiálového toku	46
5.2	Návrh optimalizace ve středisku expedice	47
5.2.1	Ekonomické zhodnocení návrhu optimalizace na středisku expedice.....	51
6.	Simulace	54
6.1	Simulace kompletního materiálového toku.....	54
6.1.1	Simulace drcení a míšení	55
6.1.2	Simulace surové výroby.....	55
6.1.3	Simulace tepelného zpracování	56
6.1.4	Simulace kontroly	57
6.1.5	Simulace uskladnění a expedice	59
6.2	Simulace optimalizace na středisku třídění a expedice.....	59
6.2.1	Původní stav.....	60
6.2.2	Optimalizovaný stav	60
6.2.3	Zhodnocení simulace návrhu optimalizace.....	63
7.	Závěr.....	66
	Seznam literatury	68
	Seznam obrázků.....	69
	Seznam grafů	71
	Seznam tabulek	71
	Seznam použitého softwaru	71

Seznam zkratk:

7S – Seven rights

AGV – Automatic Guided Vehicle

BOA – Belastungsorientierte auftragsfreugabe

CNG – Compressed Natural Gas

DBR – Drum-buffer-rope

ERP – Enterprise resource planning

FZ – Fortschrittzahlen

JIT – Just in time

Kg – Kilogram

KKV – Keramické komínové vložky

LPG – Liquefied Petroleum Gas

MRP – Material requirement planning

Mth – Motohodiny

Obr. - Obrázek

OPT – Optimized production technology

SW – Software

TOC – Theory of constraints

TPS – Toyota production system

VZV – Vysokozdvihný vozík

1. Úvod

Téma této diplomové práce nese název „Simulace logistických systémů“ Práce se zabývá problematikou vnitropodnikové logistiky. V modelové společnosti se vyrábějí žáruvzdorné výrobky, konkrétně keramické komínové vložky (KKV). Ve společnosti bude provedena analýza logistiky, na jejímž základě dojde k návrhu optimalizace a následná simulace nového návrhu v softwaru PlantSimulation. Cílem práce je navrhnout optimalizaci a odsimulovat dílčí část logistického řetězce s danou optimalizací.

První část diplomové práce se zabývá teorií. Zde se věnuje nejdříve výrobnímu systému a výrobnímu procesu. Dále je zde popsána logistika, logistická řešení v průmyslové výrobě a logistické ukazatele. V neposlední řadě pojednává také o moderních trendech v logistice, manipulaci s materiálem a skladech.

Druhá část je již věnovaná praktické části diplomové práce. Zde je na úvod stručně popsána modelová společnost a podrobněji celý proces žáruvzdorné výroby v této společnosti, konkrétně keramických komínových vložek. A to od dopravy vstupních surovin do podniku, jejich uskladnění, přípravu směsi, extruzi, sušení, tepelné zpracování, výstupní kontrolu až po jejich balení, uskladnění a expedici. Celý materiálový tok je následně analyzován a nalezení kritických míst v materiálovém a logistickém toku.

V návaznosti na provedenou analýzu výroby je navrhnout návrh optimalizace, který by měl největší problémy odstranit. Návrh optimalizace se opírá o nové trendy v logistice jako je užití automatizace a efektivní využívání skladových prostor. Cílem návrhu je zejména zvýšit skladové schopnosti podniku. Tento návrh optimalizace je následně odsimulován v softwaru PlantSimulation. Součástí je pak zhodnocení celého návrhu simulace, a to jak z technického pohledu, tak z pohledu ekonomického.

2. Výroba

Výrobu můžeme zjednodušeně popsat jako činnost, při které se přeměňují vstupy na výstupy. Díky tomu jsme schopni naplnit vize a strategie podniku. [1]

2.1 Výrobní systém

Výrobní systém je soubor technických prostředků obsluhovaných lidmi a řízený na základě metod, postupů a principů [1]

Každý systém má ovšem také okolí, se kterým dochází obvykle k interakci. Jedná se o zákonodárce, úředníky, konkurenční podniky, dodavatele, zákazníky, ekology. Obecně se dá říct, že výrobní systém je vše, co přeměňuje vstupy na výstupy s přidanou hodnotou. Systém je možné také rozdělit na produkující výrobky (s fyzikální podstatou) a na poskytující služby (bez fyzikální podstaty). Z pohledu strojírenské výroby se jedná obvykle o cíl vyrobit a dodat produkt cílovému zákazníkovi při zohlednění kvality, času a nákladů. [1] [2]

2.1.1 Rozdělení výrobních systémů

Výrobní systém můžeme rozdělit podle objemu na dva základní výrobní druhy (viz. Obr.1):

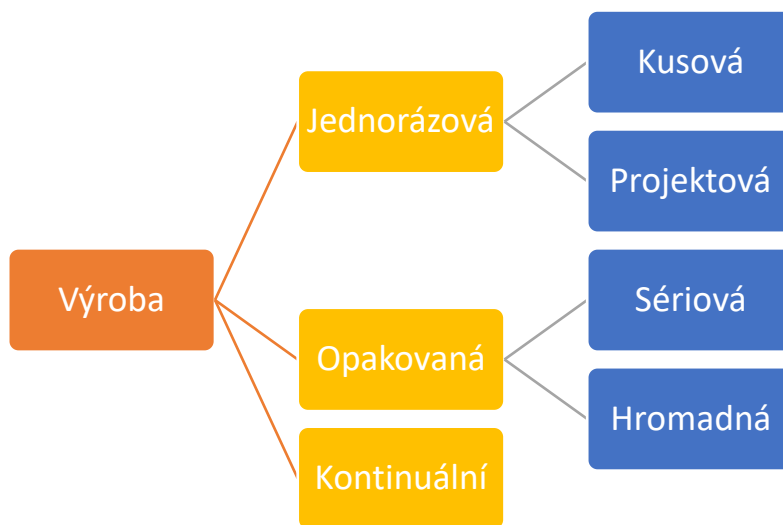
Kusová výroba – obvykle se jedná o neopakovanou zakázkovou výrobu v počtu jednotek či několika desítek kusů výrobků, které jsou tvarově velmi složité či jiným způsobem unikátní. Tato výroba probíhá na základě zakázky a je velmi náročná na kvalifikaci pracovníků

Opakovatelná výroba – jedná se o takovou výrobu, kdy se v určitém čase a množství výroba opakuje. Opakovatelnou výrobu můžeme dále rozdělit na:

Sériová (dávková) výroba – jedná se o takovou výrobu, kdy se daný produkt vyrábí v určitých dávkách (sériích) v určitém čase. Tuto výrobu lze podle velikosti dále rozdělit na malosériovou, středně sériovou a velkosériovou výrobu. Tento typ výroby se realizuje jak jako zakázková výroba, tak i na sklad. S rostoucím počtem a velikostí sériovosti roste podíl jednoúčelových strojů oproti univerzálním výrobním strojům.

Hromadná výroba – jedná se o extrémní příklad opakované výroby, kdy se uplatňuje výhoda velkého vyráběného objemu výrobku. Jedná se o kontinuální výrobu velkých objemů standardních výrobků na sklad. Nemá vysoké nároky na kvalifikaci pracovníků.

Procesní výroba – jedná se o druh výroby, kdy se komplexně zpracovává vstupní surovina na výsledný produkt v rámci jednoho podniku. [1] [2] [3]



Obr. 1: Rozdělení výrobních systémů [1]

2.2 Výrobní proces

Výrobní proces výrobního (strojírenského) podniku je daný souhrnem technologických, pracovních, manipulačních, kontrolních a řídicích činností. Všechny tyto činnosti mají za cíl měnit tvar, rozměry, složení, jakost a spojení vstupních materiálů a polotovarů podle požadavků technicko-organizačních podmínek výrobků. Struktura výrobního procesu má tři složky: věcnou, časovou a prostorovou. [1] [2] [3]

2.2.1 Věcná struktura výrobního procesu

Dle charakteru složek můžeme výrobní proces rozdělit na dva procesy:

Technologický proces – jedná se o souhrn činností (tváření, obrábění, montáž), které jsou za sebou uspořádány v časovém sledu na sebe navzájem navazujících operací, které mají za cíl záměrně měnit tvar, rozměry, fyzikální vlastnosti a jakost výrobků. Tento děj probíhá nezávisle na pracovním procesu.

Pracovní proces – jedná se o souhrn činností, které jsou vykonávány ve výrobním procesu pracovní silou pomocí pracovních prostředků (manipulace, kontrola)

Technologická a pracovní činnost jsou charakteristikou struktury výrobního procesu a jsou závislé zejména na druhu a množství výrobků a typu organizace. Celková pracnost strojírenské výroby je charakterizována strukturou technologických a pracovních

činností. Zvýšení produktivity práce a celkové efektivity výrobního procesu je dáno stanovením optimální struktury technologických a pracovních činností, podílu používání nových technologií a zařízení, mechanizací či automatizací výrobního procesu.

Ve vztahu k výrobku můžeme výrobní proces rozdělit na:

Hlavní výrobní proces – výroba finálních výrobků

Pomocný výrobní proces – výroba pomocných výrobků, které nejsou součástí finálních výrobků (např.: přípravky, speciální nástroje)

Obslužný (vedlejší) výrobní proces – zajišťuje pro výrobní proces veškerou potřebnou energii, služby (např.: skladování materiálu, manipulace s materiálem, expedice,)

Dále je možné strojírenský výrobní systém rozdělit na:

Hlavní – zajišťuje výrobu základního výrobního programu

Doplňkový – zajišťuje lepší kapacitní vytížení výrobních zařízení a ploch nebo materiálu.

Ve vztahu k časovému průběhu strojírenského výrobního procesu můžeme rozlišit tyto etapy:

Předvýrobní – jedná se o etapu, která zahrnuje veškeré činnosti nevýrobních útvarů podniku s celkovou problematikou výzkumu a vývoje, projekce, konstrukce, technologické přípravy výroby včetně zabezpečení materiálu, nástrojů, měřidel, přípravků a výrobních zařízení, ... atd. a to až po okamžik samotného výrobního procesu.

Výrobní – jedná se o etapu od zahájení vlastní výroby až po převzetí finálního výrobku ke kontrole kvality a předání na sklad na expedici.

Povýrobní – tato etapa zahrnuje skladování finálního výrobku, jeho konzervaci, balení, expedici až po uvedení do provozu koncového uživatele. [1] [2] [3]

2.2.2 Časová struktura výrobního procesu

Pro potřeby plánování, řízení a koordinace výroby je třeba brát v úvahu:

Časové hledisko uspořádání – jedná se o stanovení posloupnosti sledu operací a stanovení termínů realizace zakázek v jednotlivých fázích výroby.

Průběžné doby výroby – jedná se o plánovaný čas k uskutečnění určité části výrobního procesu.

Směnnosti – označuje počet pracovních směn v rámci jednoho pracovního dne.

Prostoje na pracovišti – jedná se o intervaly, kdy není z nějakého důvodu výrobní činnost v chodu. Mohou vznikat jak z organizačního důvodu, tak z důsledku špatného plánování pracovní činnosti na pracovišti. Cílem je tyto prostoje minimalizovat či úplně odstranit. [1] [2] [3]

2.2.3 Prostorová a organizační struktura výrobního procesu

Z pohledu prostorového vymezení sledujeme zejména:

Materiálové toky – nejpodstatnější je řešení jejich uspořádání z pohledu rychlosti, vzdálenosti a plynulosti přepravy

Využití výrobních kapacit – ovlivňuje ekonomické hledisko strojírenského výrobního procesu a jeho efektivitu.

Objem nedokončené výroby – jedná se o podíl vázaných výrobních zdrojů na celkových zdrojích podniku.

Výrobní a dopravní dávky – jedná se o skupinu dílů nebo výrobků, které jsou zpracovávány a expedovány společně.

Uspořádání pracovišť dle principů:

- **Pevné pozice výrobku (fixed position)** – přemísťují se pracovníci a výrobní zařízení
- **Technologického uspořádání (process layout)** – soustředění technologicky stejných strojů
- **Buňkového uspořádání (cell layout)** – soustředění strojů na nichž uceleně probíhá část výrobního procesu na jednom místě.
- **Předmětného uspořádání (product layout)** – účelově soustředěné stroje pro výrobu určitého produktu. [1] [2] [3]

3. Logistika a manipulace

Logistická činnost je známa tisíce let. Nicméně samostatný pojem „logistika“ byl prokazatelně používán nejprve ve vojenské oblasti, odkud se přesunul do civilní sféry. Nicméně logistika, tak jak ji známe z dnešního pohledu se formuje během a po druhé světové válce, a to zejména z toho důvodu, že je jí přisuzován nemalý podíl na vítězství spojeneckých vojsk. V civilní sféře se akorát místo plánování rozmístění a přepravy bojového materiálu řeší toky výrobků ve všech jejich možných formách, kdy je cílem zajistit nejlepší ožnou konkurenci firmy na trhu. Z pohledu ekonomického se začíná více psát o logistice v 60. letech 20. století. Zároveň Peter Drucker formuluje svou teorii o logistice jako poslední možnosti zvýšení efektivity výrobního podniku. [1] [2] [4] [5] [6]

3.1 Logistika

V současné době je logistika obvykle definována jako skupina tří aspektů. Prvním z nich je **konceptně-funkcionální hledisko**. Z tohoto pohledu je logistika chápána jako koncepce řízení toku výrobků a informací. Druhým je pak **předmětově-strukturální hledisko**. To pohlíží na logistiku jako na proces integrovaných toků výrobků a informací, ale taky jako strukturální řešení spojené s integrací a realizací těchto toků. A poslední z nich je pak **hledisko efektivnosti**, které pohlíží na logistiku jako na determinant růstu efektivnosti, zaměřuje se zejména na nabídku požadované úrovně služeb zákazníkům a zároveň racionalizaci strukturalizaci nákladů, které jsou s spojeny s logistikou a celkovým růstem hospodaření v podniku. [4] [6] [7]

Logistické řízení můžeme tedy chápat jako proces plánování, realizace a kontroly efektivního a výkonného toku a skladování zboží, služeb a informací z místa vzniku do místa spotřeby s cílem uspokojení potřeb zákazníka. Logistika se tedy dnes zabývá celým dodavatelským řetězcem a jeho řízením. Tedy od prvotního dodavatele surového materiálu až po dodání hotového výrobku koncovým uživatelům. V rámci dalšího přirovnání logistického řízení můžeme uvést definici nazývanou jako „7S“ („7Rs“ = seven rights):

Podle této definice se logistika zabývá dodáním:

- Správného výrobku
- Správného množství výrobku

- Ve správný (stanovený) čas
- Ve správné kvalitě (jakosti)
- Na správnou lokaci
- Správnému zákazníkovi
- Za správné náklady

[5] [6] [8]

3.1.1 Členění logistiky

Teoretická podstata logistiky je v zásadě jen jedna, nicméně neustále vynikají její nejrůznější dílčí aplikace. Základní dělení logistiky tedy můžeme mít podle dosahu v národním hospodářství, anebo podle toku materiálu (viz. Obr. 2). [5]

Podle dosahu logistiky v národním hospodářství:

Makrologistika – může být vyčleněna na podle úrovně jednotlivých odvětví, celého národního hospodářství nebo na úrovni mezinárodního hospodářství. Jedná se o logistické řetězce od těžby surovin pro výrobu nezbytných výrobků až po jejich prodej a dodání konkrétnímu zákazníkovi. Tento pohled překračuje nejen hranice jednotlivých podniků, ale i států.

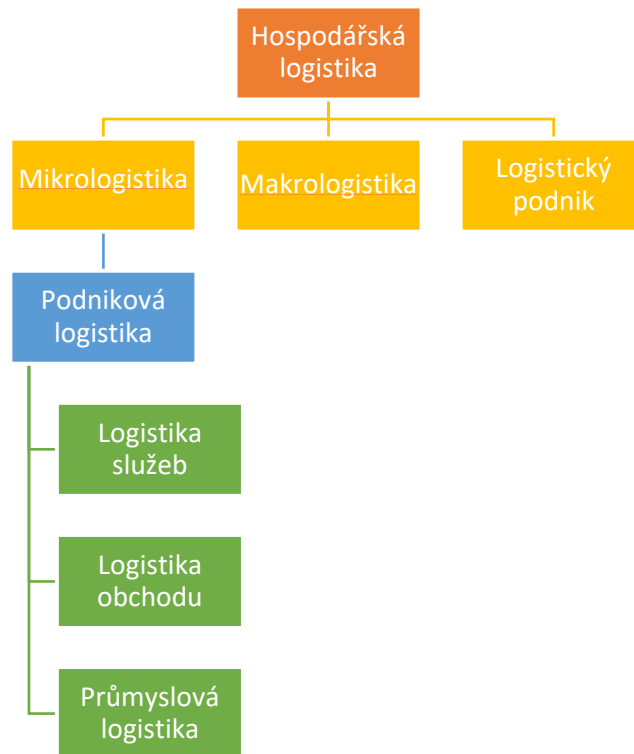
Mikrologistika – někdy označována jako tzv. výrobní logistika. Zabývá se logistickými řetězci uvnitř určité firmy či organizace nebo jejími částmi. Jedná se o neúplné, respektive dílčí pojetí, kdy jednotlivé logistické řetězce nevedou až k zákazníkovi.

Oblast služeb poskytovaných specializovanými logistickými organizacemi.

Podle toku materiálu:

Průmyslová logistika neboli výrobní logistika – do této skupiny řadíme všechny procesy v oblasti výroby jako je např.: zásobování surovinami, výrobní prostředky, doprava, vlastní výroba, přesun materiálu v rámci výrob, výstup zboží z výrobního procesu.

Obchodní logistika nebo také oběhová logistika – zabývá se pohybem zboží od výroby až po dodání zboží konkrétnímu zákazníkovi. Jde tedy převážně o odbyt, dopravu, činnost velkoobchodu i maloobchodu. [5]



Obr. 2: členění logistiky [4]

3.1.2 Obsah výrobní logistiky

Výrobní logistika se zabývá jednak problematikou organizování a řízení toků ve výrobě, a to jak fyzických toků (materiál, polotovary, výrobky), tak i toků informačních a peněžních. Z moderního pohledu výrobní logistika je úzce spjata s oblastí výroby, byť dříve bývala striktně oddělována. Nicméně aktuální potřeby firem a celých logistických sítí tento názor nepotvrzují. [4] [9]

Výrobní logistika tedy zahrnuje nejen úseky toku, kde dochází k manipulaci, doprav a skladování ve výrobě, ale i technologickými pohyby. Na tyto pohyby nahlíží z pohledu doby jejich trvání, zaplňování a využívání jejich kapacit a usměrňování veškerého toku podnikem. Z toho plyne nutnost propojení logistiky s řízením technologických procesů. [4] [9]

Přesné rozdělení logistiky není možné, neboť se jednotlivé oblasti působení překrývají. Z toho důvodu není možné přesně určit, kde se jedná o výrobní logistiku a kde už o nákupní logistikou či technickou přípravou výroby nebo skladováním. Nebo na výstupní straně pak s expediční a výstupní logistikou. Všechny tyto oblasti spolu úzce souvisí a není možné je striktně oddělit. Nicméně je třeba toky ve výrobě zorganizovat tak, aby byly zejména naplněny obě skupiny logistických cílů:

- Požadovaná úroveň logistických služeb
- Přijatelné celkové náklady [4] [9]

3.1.3 Základní pojmy v logistice

V této podkapitole bude uveden stručný přehled základních logistických pojmů, aby bylo možné pochopit problematiku průmyslové logistiky. [1]

Logistické toky

Moderní pojetí logistiky se na rozdíl od jejího původního zaměření zabývá toky celém jejich průřezu. Tedy od prvotního vzniku požadavku na výsledný produkt ze stran zákazníka přes projektování žádaného produktu včetně příslušných výrobních a doprovodných procesů, zajištění potřebných vstupů do výroby, plánování výroby a vlastní výroby či poskytování služby, distribuci, zákaznický servis a případnou likvidaci produktu po skončení jeho životnosti. Toky mohou mít různou podobu, jedná se o:

- Hmotnou (fyzickou)
- Informační
- Peněžní

Všechny tyto výše zmíněné toky jsou spolu úzce spojeny, z toho důvodu je potřeba předcházet přerušení hmotných toků z důvodu chybějících finančních (peněžních) prostředků nebo chybějících informací.

Hmotné toky mohou mít následující podobu:

- Suroviny
- Materiály
- Rozpracované výrobky/polotovary
- Hotové výrobky
- Obaly
- Odpady

Obecně tedy můžeme hmotný toky převést na systém zásob, které se mohou nalézat ve dvou stavech:

- V pohybu – zpracování surovin/polotovarů, doprava
- V klidu – ve skladěch

V současné době jsou informační toky nedílnou součástí logistiky, jelikož dokumentují a popisují průběh hmotných toků. Jedná se zejména o:

- Informace o požadavcích zákazníků
- Řídící informace
- Informace o průběhu a ukončení fyzického toku

Peněžní toky mají charakter peněžních příjmů a výdajů, které jsou přímo spojeny s hmotnými toky, ale i informačními. Bez dostatečného zajištění peněžního toku není možné zahájit výrobní proces, neboť je potřeba nakoupit vstupné materiály, výrobní zařízení, ... apod. [1] [4] [5] [9]

3.1.4 Logistická řešení v průmyslové výrobě

Od 70. let se v praxi používají různé systémy logistiky ve výrobních podnicích. Vzhledem k přímému napojení těchto systémů na výrobu jsou tyto systémy označovány jako systémy pro plánování a řízení výroby (production planning and control – PPC systems). Mezi nejpoužívanější a nejvýznamnější patří zejména tyto:

- **Systémy MRP (material requirement planning)**
- **Systém OPT (optimized production technology)**
- Systém DBR (drum-buffer- rope)
- **Koncept JIT (just in time)**
- Systém Kanban
- Systém BOA (belastungsorientierte auftragsfreigabe)
- Systém FZ (fortschrittzahlen)

Nejvýznamnější z těchto systémů jsou pak zejména systém MRP, OPT a JIT. [5] [10]

Systém MRP

Cílem bylo vytvořit plán materiálových požadavků – objednání materiálu a jeho dodání do výroby, tak aby korespondoval s plánem výroby a minimalizoval vznik zásob. V průběhu let vedl vývoj tohoto systému až k dnešní podobě komplexních systémů plánování podnikových zdrojů podnikových zdrojů – ERP (enterprise resource planning). [5] [10]

Systém OPT

Na začátku vývoje systému OPT stál softwarový produkt, který plánoval řídil výrobu a zohledňoval kapacitní omezení výroby. Z těchto myšlenek se pak staly základy systému DBR a komplexní koncepce nazývajících se teorie omezení (theory of constraints – TOC). [5] [10]

Koncept JIT

Koncepce just in time a kanban jsou dnes úzce spojeny s cílenou výrobní koncepcí japonské firmy Toyota (Toyota production system – TPS). Hlavním úkolem těchto koncepcí je snaha o maximální snížení průběžných časů výroby a zejména omezení časových ztrát ve výrobním systému. Budování těchto koncepcí vedlo k dnes známým systémům Just-in-time, kanban a štíhlé výroby. [5] [10]

3.1.5 Logistické ukazatele pro výrobní podnik

Ukazatele logistiky se využívají v rámci controllingu výrobní logistiky. Logistické ukazatele je možné rozdělit do čtyř skupin (viz. Obr 3):

- **Rámcové a strukturní ukazatele (A)** – rozsah úkolů, kapacita logistických prvků, časové období sledování nákladů.
- **Ukazatele produktivity (B)** – měří výkonnost výrobních a logistických zařízení a pracovních sil.
- **Ukazatele hospodárnosti (C)** – udávají poměr logistických nákladů k jednotce výkonu.
- **Ukazatele jakosti (D)** – posouzení stupně dosaženého zadání.

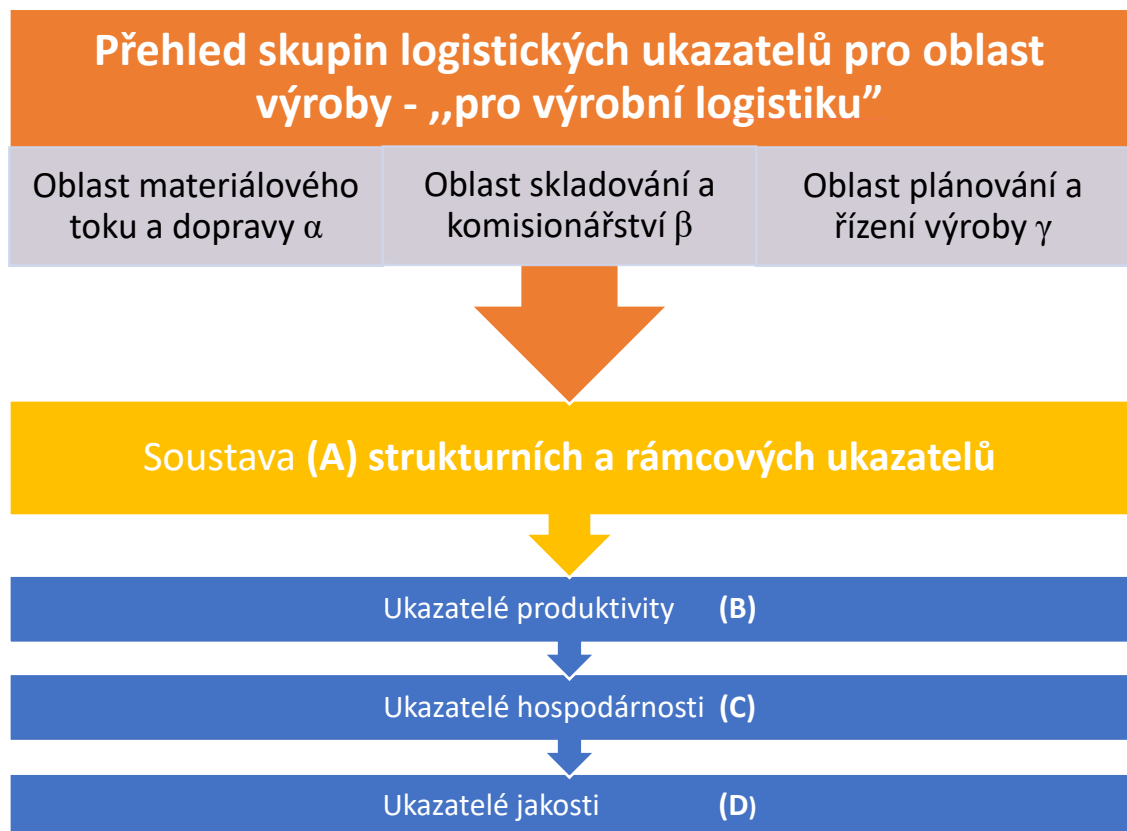
Tyto logistické ukazatele jsou přímo navázány na ukazatele zásobující (nákupní logistiky), které se zabývají třemi oblastmi:

- **Dopravou a materiálový tokem (α)**
- **Skladováním (β)**
- **Řízením a plánováním výroby (γ)**

Návazností těchto dvou skupin logistických ukazatelů ze vzájemně se prolínajícími body zájmu (ukazatele pro skladování, expedici, ...apod.) sledujeme několik hlavních cílů:

- Řešení vzájemných kolizí mezi úkoly logistiky

- Charakterizaci cílů daných oblastí
- Včasné diagnostikování neshod, příležitostí a rizik
- Soustavné vyhledávání slabých míst
- Identifikování zdrojů racionalizace systému
- Posouzení výsledků logistiky
- Zhodnocení výkonnosti pracovních sil
- Soustavné poskytování pomoci s cílem naplnit logistické cíle
- Ukazatel dopravy a materiálového toku [4]



Obr. 3: Přehled ukazatelů logistiky [4]

Doprava a materiálový tok

Rámcové strukturní ukazatele:

Stupeň automatizace a mechanizace – STA

$$STA = \frac{\text{Počet mechanizovaných nebo automatizovaných přeprav}}{\text{Počet všech přeprav}} \cdot 100 \%$$

(3.1) [4]

Podíl ploch na dopravní cesty – UPL, UPC

$$UPL = \frac{\text{Plochy dopravních cest}}{\text{výrobní plochy}} \cdot 100 \%$$

(3.2) [4]

Ukazatele produktivity:

Čas přepravy jedné zakázky v dopravě (hodiny/zakázka)

$$DP = \frac{\text{celková doba přepravy}}{\text{počet dopravních zakázek}} \left(\frac{\text{hodin}}{\text{zakázka}} \right)$$

(3.3) [4]

Stupeň vytižení transportních prostředků – SVP

$$SVP1 = \frac{\text{skutečný počet hodin nasazení DOP}}{\text{možný počet hodin nasazení DOP}} \cdot 100 \%$$

(3.4) [4]

Produktivita dopravy (palety/hodiny) – VD

$$VD = \frac{\text{vybrané dopravní jednotky}}{\text{časová jednotka}} \left(\frac{\text{paleta}}{\text{hodina}} \right)$$

(3.5) [4]

Počet tras na jeden dopravní prostředek – PT (kilometry/prostředek)

$$PT = \frac{\text{ujetá vzdálenost (kilometry)}}{\text{počet dopravních prostředků}} \left(\frac{\text{km}}{\text{dopravní prostředek}} \right)$$

(3.6) [4]

Ukazatele hospodárnosti:

Náklady na dopravu jedné zakázky – DN (Kč/zakázka)

$$DN = \frac{\text{celkové opravní náklady}}{\text{počet dopravních zakázek}} \left(\frac{\text{Kč}}{\text{zakázka}} \right)$$

(3.7) [4]

Průměrné náklady na provoz dopravního prostředku – PPN (Kč/1DOP)

$$PPN = \frac{\text{provozní náklady DOP celkem v Kč}}{\text{Počet DOP}} \left(\frac{\text{kč}}{1\text{DOP}} \right)$$

(3.8) [4]

Ukazatel jakosti:

Úroveň servisu – SSZ

$$SSZ = \frac{\text{počet provedených nasazení DOP}}{\text{počet požadovaných nasazení DOP}} \cdot 100 \%$$

(3.9) [4]

Dodržení lhůt a termínů (v %) – DL

$$DL = \frac{\text{počet přeprav s nedodržením termínu}}{\text{celkový počet přeprav}} \cdot 100 \%$$

(3.10) [4]

Skladování**Rámcové a strukturální ukazatele:**

- Rozdělení skladového sortimentu dle druhů a stanovišť
- Určení počtu obalových jednotek
- Průměrné množství skladovaných součástí dle druhu výrobku a stanoviště skladu

Plošný podíl skladů – PPSK

$$PPSK1 = \frac{\text{skladovací plocha } m^2}{\text{výrobní plocha } m^2} \cdot 100 \%$$

(3.11) [4]

Ukazatele produktivity:

Stupeň vytížení ploch – STPV

$$STPV = \frac{\text{obsazené regálové plochy } m^2}{\text{celková skladovací plocha skladu } m^2} \cdot 100 \%$$

(3.12) [4]

Stupeň výškového využití skladu – SVV

$$SVV = \frac{\text{využitá skladová výše (m)}}{\text{využitelná skladovací výška (m)}} \cdot 100 \%$$

(3.13) [4]

Stupeň využití prostoru skladu – SVPS

$$SVPS = \frac{\text{objem skladovaného zboží}}{\text{objem regálů}} \cdot 100 \%$$

(3.14) [4]

Vytížení skladovacích prostředků – VKS

$$VKS = \frac{\text{průměrný kapacitní nárok}}{\text{stávající kapacita}} \cdot 100 \%$$

(3.15) [4]

Ukazatele hospodárnosti:

Průměrné náklady skladových míst – PNSM

$$PNSM = \frac{\text{Celkové náklady skladových zařízení}}{\text{Počet skladových míst}} \left(\frac{\text{kč}}{\text{skladové místo}} \right)$$

(3.16) [4]

Náklady na skladový pohyb – N1S

$$N1S = \frac{\text{osobní a věcné náklady skladování}}{\text{počet přísunů a odsunů ve skladech}} \left(\frac{\text{kč}}{\text{skladový pohyb}} \right)$$

(3.17) [4]

Sazba skladových nákladů – SKLN

$$SKLN = \frac{\text{skladovací náklady}}{\text{průměrný stav zásob ve skladu}} \cdot 100\%$$

(3.18) [4]

Ukazatele jakosti:

Počet chyb – CCH

$$CCH = \frac{\text{komisionářské chyby}}{\text{počet komisionářských zakázek celkem}} \cdot 100 \%$$

(3.19) [4]

Dodržování termínů – DODL

$$DODL = \frac{\text{počet zakázek expedovaných v termínu}}{\text{počet všech expedovaných zakázek}} \cdot 100 \% \quad (3.20) [4]$$

Stupněm obsluhy skladu – SOS

$$SOS = \frac{\text{splněné požadavky skladem}}{\text{došlé požadavky}} \cdot 100 \% \quad (3.21) [4]$$

Řízení a plánování výroby

Rámcové a strukturální ukazatele:

Počet použitelných materiálů a výrobků (včetně polotovarů, dílčí výroby)

Jejich dělení dle:

- Významnosti pro podnik
- Spolehlivosti a přesnosti
- Orientované spotřebě
- Stupně standardizace
- Způsobu vnitropodnikové přípravy
- Celkový počet zakázkových dokladů (dokumentů)

Průměrný počet položek na jednu objednávku – PP10

$$PP10 = \frac{\text{počet vstupních položek objednávek}}{\text{počet objednávek}} \left(\frac{\text{položka}}{\text{objednávka}} \right) \quad (3.22) [4]$$

Hloubka výrobního sortimentu (podíl vlastní výroby na obratu) – HVS

$$HVS = \frac{\text{vytvořená hodnota}}{\text{obrat}} \cdot 100 \% \quad (3.23) [4]$$

Ukazatele produktivity:

Počet došlých zakázek na jednoho pracovníka – DZP1

$$DZP1 = \frac{\text{počet zpracovaných položek došlých zakázek}}{\text{kapacita pracovníků k vyřízení zakázek}} \left(\frac{\text{ks}}{\text{rok}}, 1 \text{ prac.} \right) \quad (3.24) [4]$$

Ukazatele hospodárnosti:

Náklady zpracování připadající na jednu výrobní zakázku – N1VZ

$$N1VZ = \frac{\text{celkové náklady zpracování}}{\text{počet výrobních objednávek}} \left(\frac{\text{kč}}{\text{výrob. objednávka}} \right) \quad (3.25) [4]$$

Náklady řízení na jednu zakázku – N1RZ

$$N1RZ = \frac{\text{celkové náklady řízení výroby}}{\text{počet řízených zakázek}} \left(\frac{\text{kč}}{\text{zakázka}} \right) \quad (3.26) [4]$$

Ukazatele jakosti:

Intenzita zásob – IZ (možné rozdělovat na podíl hotových výrobků, montážních celků, surovin a polotovarů)

$$IZ = \frac{\text{hodnota zásob}}{\text{obrat}} \cdot 100 \% \quad (3.27) [4]$$

Průměrný stav zásob (dle časových období)

$$1SZ = \frac{\text{stav zásob na počátku} + \text{stav zásob na konci}}{2} \text{ (kč)} \quad (3.28) [4]$$

Ukazatel stavu zásob – SZC

$$SZC = \frac{\text{stav zásob ve skladu}}{\text{potřeba za časovou jednotku}} \text{ (dny)} \quad (3.29) [4]$$

3.1.6 Moderní trendy v logistice

Moderní trendy v podobě automatizace a „smart“ transformace se uplatňují i v logistice. Nové technologické řešení pomocí umělé inteligence proniká do všech odvětví, kdy největšími průkopníky je průmysl a logistika. [11]

Digitální dvojčte

Technologie digitálního dvojčete zaznamenává čím dál větší rozmach. Modernizace řešení stojí na rozvoji 5G sítí, principu internetu věcí, využívání analýzy velkých dat a cloudových platforem. Digitální dvojčata se využívají zejména jako analytický a simulační nástroj v průmyslovém prostředí. Využívají se pro monitoring výroby a pohybu zboží v reálném čase, díky schopnosti vytvořit spolehlivé digitální kopie výrobních provozů a materiálových toků. Toho se využívá i ve stále žádanější poptávce po autonomním řízení ve výrobních a zásobovacích procesech. Dnes již v rámci Smart Industry se ve velké míře automatizují procesy vychystávání zboží pomocí dopravníkového pásu. Díky technologii digitálního dvojčete tak každá přepravka na pásu ví, jaké zboží obsahuje, co je do ní potřeba ještě vychystat a kam směřuje. Díky tomu je celý proces vychystávání zboží výrazně efektivnější a je možné uspokojit zákazníka v kratším čase. [11]

Umělá inteligence

Umělá inteligence se postupně stává standardní výbavou ve výrobním a logistickém prostředí. Předpokládá se, že bude podobně jako předtím Internet věcí, iniciátorem další průmyslové revoluce. V kombinaci s internet věcí a digitálními dvojčaty integrovanými do platforem Smart Industry dává vzniknout umělé inteligenci věcí. Cílem je síť věcí (holarchie) disponující inteligentními subsystemy – holony. Centralizované systémy jsou nahrazeny decentralizovanými. Díky této technologii je možné řešit optimální rozložení různorodého zboží uvnitř skladů, navržení optimální trasy pro vychystání konkrétní zakázky, čímž se eliminují zbytečné prostoje a zbytečné pohyby. Díky tomu umělá inteligence zvyšuje výkonnost skladníků. [11]

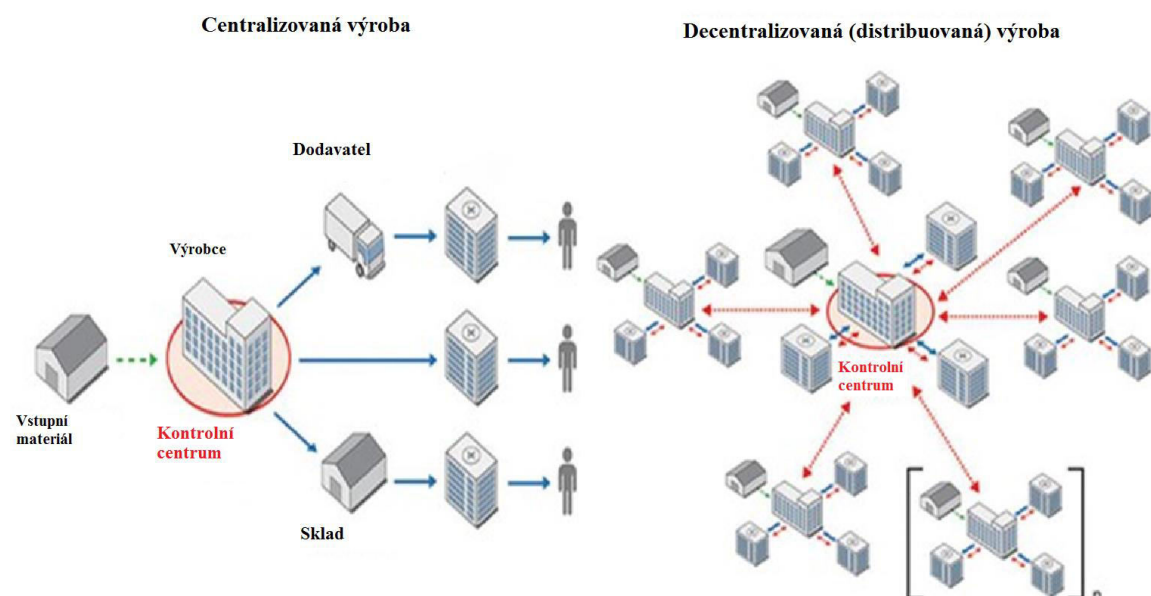
EKO – logistika

Trend zelené či ekologické technologie dorazil i do průmyslu a logistiky. Čím dál větší procento podniků se snaží minimalizovat svoji uhlíkovou stopu a produkci odpadu, tzv. zero-waste provoz. V posledních letech je stále více zařazeno v logistice používání

recyklovatelných a opětovně použitelných obalů. Další možností je optimalizace přepravní trasy a minimalizace přepravování „vzduchu“ - prázdných obalů. Díky tomu je tedy dochází ke snížení množství spotřebované energie na přepravu. Současně dochází k vzestupu ekologických skladů, kdy kromě eliminace odpadů a zbytečných obalů dochází ke kompletní digitalizaci papírové agendy. Dalším trendem v oblasti ekologické logistiky je pak koncept „net-zero“, kdy budova skladu vyprodukuje jen tolik energie, kolik sama spotřebuje. [11] [12]

Distribuování (decentralizování) výroby

Narůstající trend poskytování produktů podobným stylem jako je poskytování služeb, tzv. „uberizace“ nebo „servitization“ má čím dál větší vliv na výrobu a výrobní podniky. Postupně se výroba přeměňuje na výrobu tahem. Jedná se tedy v čím dál větší míře o výrobu na zakázku. To je umožněno díky efektivnějšímu řízení zdrojů v reálném čase, kratšími výrobními cykly a Just-in-Time zásobováním. Tento princip tvoří základ distribuované (decentralizované) výroby (obr. 4). Předpokládá se, že tento koncept se bude v následujících letech čím dál více rozšiřovat. Sítě mini (mikro) podniků budou nabízet výrobu již jen jako službu. Cílem decentralizované sítě je vyrábět produkt, co nejlépe zákazníkovi s cílem minimalizovat logistické přesuny. Vše bude řízeno na platformách Smart Industry, které předznamenávají nový výrobní koncept – Inteligentní výroba. Ta by se měla definovat jako decentralizovaný ekologický provoz, který bude fungovat jako služba na vyžádání („Manufacturing-on-Demand“). [11]



Obr.4: Centralizovaná vs. decentralizovaná výroba [11]

Proaktivní kyberbezpečnost

S rozvojem Smart Industry a postupným přechodem veškerého řízení a dokumentace do digitalizované podoby vzniká potřeba vyšší kybernetické bezpečnosti. Jedná se nejenom o průmyslovou špionáž, ale i o možný únik dat přímo ohrožující výrobní a logistické společnosti. Zároveň se ukazuje, že běžné firewally neposkytují již dostatečnou ochranu. S rozšířením nových technologií se rozšiřují i technologie, jak je napadnout. Kybernetické útoky jsou dnes již také automatizovány a jsou poskytovány také jako služba. Z těchto důvodů se dává čím dál větší důraz na vývoj a poskytnutí kvalitní kybernetické ochrany pro výrobní či logistický podnik. [11] [12]

3.2 Manipulace s materiálem

Manipulace s materiálem je možné chápat jako souhrn operací v přepravě, nakládce, vykládce, překládce, skladování, balení, měření a počítání kvantity. Pro tento souhrn je možné stanovit tyto pravidla:

- Přímé a nejkratší dopravní cesty bez zbytečného křížování a zpětných pohybů
- Absence zbytečných manipulací s materiálem
- Rytmičnost, nepřetržitost a plynulost materiálového toku
- Snaha o zvýšení mechanizace s cílem omezit zdraví škodlivé, nebezpečné a namáhavé práce a zvýšení produktivity
- Zajistit bezpečnost práce a vhodné pracovní podmínky. [1] [11]

V rámci rozboru materiálových toků ve strojírenských závodech využíváme řadu metod. Tyto metody využíváme postupně a do různých hloubek, abychom naplnili požadovaný cíl a účel daného rozboru. Většinou se upřednostňují různé tabulky a jiné grafické řešení, které zaručují přehlednost a názornost. V rámci rozboru se sledují zejména následující činnosti:

Výrobní – změna tvaru nebo spojení či jiná úprava

Manipulační – doprava, skladování

Kontrolní – kontrola kvality a kvantity výroby

Organizační – čekání, nepředvídatelné zdržení, hromadění [1] [11]

Během rozboru manipulace s materiálem se zaměřujeme zejména na těchto šest základních charakteristik:

P – Produktu (výrobku) – co se bude manipulovat

Q – množství – opakovatelnost a sériovost manipulovaného materiálu

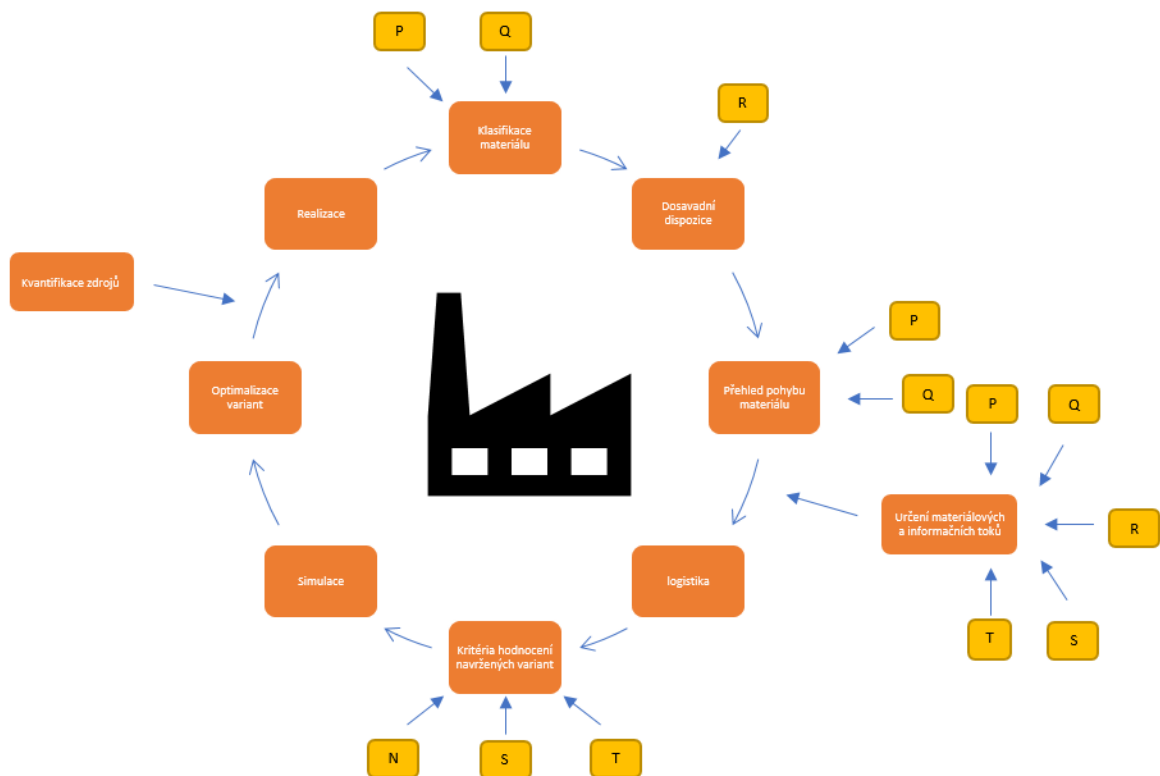
R – technologie – odkud kam se bude materiál přemísťovat

T – termíny, čas – kdy a na jak dlouho bude materiál rozmístěn

S – služby – jakými manipulačními prostředky se bude materiál rozmísťovat

N – náklady – finanční náklady na manipulaci

Tento rozbor má za cíl zejména koordinace a integrace manipulační činnosti z pohledu prostoru, času a funkčních vztahů. [1] [11]



Obr. 5: Zjednodušené schéma rozboru informačních a materiálových toků [1]

Materiálový tok (obr. 5) je v rámci strojírenského podniku závislý zejména na:

- Technologické složitosti výrobků, jejich rozměrů a hmotnosti
- Rozsahem sortimentu vyráběných součástí a jejich sériovostí a opakovatelností

Samotnou manipulaci pak můžeme rozdělit v rámci výrobního závodu na několik druhů z různých pohledů:

Meziobjektovou – mezi budovou s obrobnou, lakovnou, montáží

Objektovou – kterou dále dělíme na:

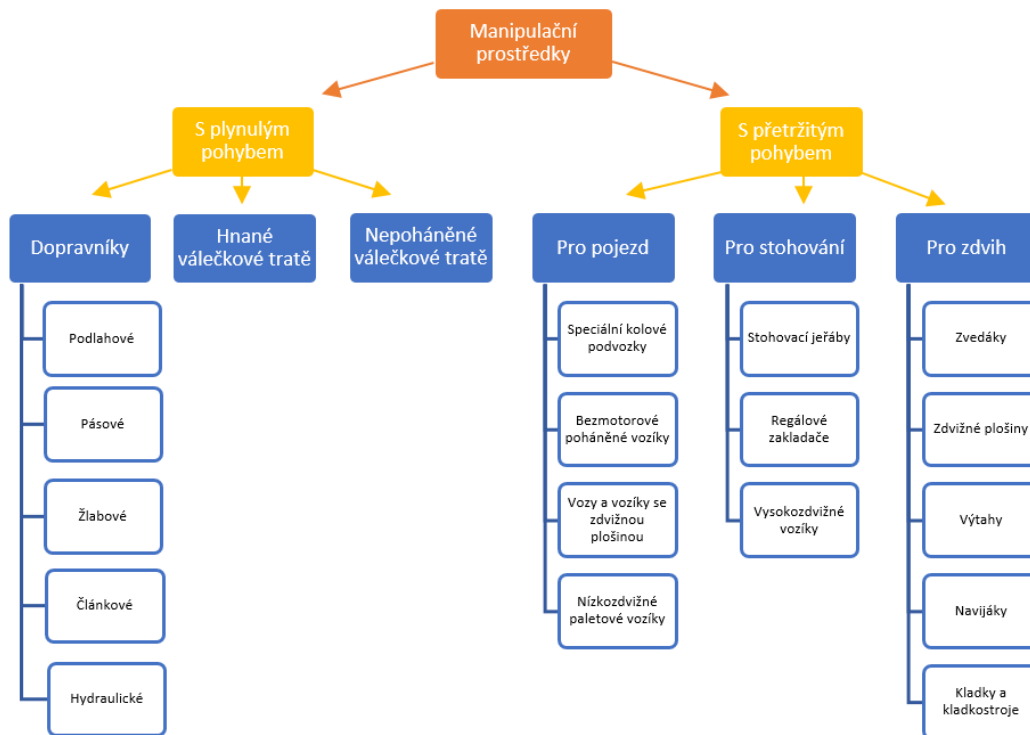
Mezioperační – přesun v rámci výrobního procesu pouze mezi jednotlivými pracovišti

Operační (technologická) – zabývá se manipulací v rámci jedné operace tedy mezi vstupem a výstupem z něj.

Skladování a manipulace materiálu nabývá v poslední době na čím dál větším významu a řešení problémů s ní spojených vyžaduje komplexní pohled nejen z hlediska prostoru, ale zejména času a funkčních vazeb. [13]

Nejběžnějším způsobem manipulace s jednotkami 1. a 2. řádu jsou různé druhy nízkozdvíhových vozíků. Jedná se zejména o ruční paletové vozíky, které umožňují transport palet do hmotnosti cca 2500 kg. Další alternativou jsou pak nízkozdvíhové elektrické vozíky, které umožňují vyšší nosnost, a to až do 3000 kg. Pro manipulaci s těžšími jednotkami či potřebou manipulovat s ním ve větší výšce se pak využívají vysokozdvíhové vozíky. Těch existuje celá řada. Standartně mívají elektrický či spalovací motor (nafta, LPG, benzín či vodík). A mohou být vybaveni různým příslušenstvím dle požadavků na manipulaci. Nosnost u největších vozíků pak dosahuje až 18 000 kg. [13] [14] [15]

Další variantou, jak manipulovat s manipulačními jednotkami v rámci strojírenského podniku jsou jeřáby. Ty umožňují spolehlivý a bezpečný zdvih břemen a případně jejich přesun na kratší vzdálenost. Největší portálové jeřáby mohou mít nosnost až 18 000 kg. Na trhu je celá řada jeřábů s různou nosností a konstrukcí. Na obrázku 6 můžeme vidět přehled dělení manipulačních prostředků. [2] [13] [16]



Obr. 6: Přehled manipulačních prostředků [13]

3.2.1 Jednotka 1.řádu

Jednotka 1. řádu je základní manipulační jednotka, která je přizpůsobena zejména pro ruční manipulaci. Měla by se tedy pohybovat z místa svého vzniku až ke spotřebiteli nebo maloobchodní síti bez rozdělení. Jedná se o minimální objednávací, odběrné či dodací množství výrobku. Mezi tuto skupinu manipulačních jednotek patří zejména různě velké kartonové krabice, bedny (plastové, kovové) nebo přepravky. Hmotnost bývá standardně do 15 kg. [13]

3.2.2 Jednotka 2. řádu

Jednotka 2. řádu je již manipulační jednotka odvozená. Jedná se o uzpůsobenou jednotku k mechanizované nebo automatizované manipulaci, skladování nebo přemísťování v rámci výrobního procesu. Tato jednotka bývá také součástí vnější přepravy. Hmotnost se zpravidla pohybuje do 1000 kg a jednotka je tvořena 16-64 kusy jednotek prvního řádu. Způsob manipulace záleží na charakteru dané jednotky. Nejčastěji bude v podobě europalet či přepravních skříní. Jako manipulační zařízení se

nejčastěji využívají nejrůznější vysokozdvizné vozíky nebo stohovací jeřáby či regálové zakladače. [13]

3.2.3 Jednotka 3. řádu

Manipulační či přepravní jednotkou 3. řádu rozumíme specifický druh obalu, který obsahuje jednotky druhého řádu. Tato jednotka nejen, že chrání před poškozením a ztrátou, ale zároveň usnadňuje jeho rychlou nakládku a vykládku. Tato jednotka slouží zejména pro přepravu vnější na dlouhé vzdálenosti. Obal většinou zůstává přepravní jednotkou, i když je prázdný. Jedná se zejména o různé druhy kontejnerů (ACTS, AWILOG), jízdní soupravy, letecké či lodní kontejnery. [13]

3.2.4 Jednotka 4. řádu

Jedná se o přepravní jednotku pro kombinovanou vnitrozemskou a námořní přepravu. Velikost se pohybuje v rozmezí 400–2000 tun. Manipulace probíhá pomocí portálových jeřábů. [13]

3.3 Sklady

Skladem nazýváme obecně prostor, který slouží k dočasnému uložení materiálu (polotovarů, dílů, hotových výrobků) ve formě zásob. Sklad z pohledu výrobního procesu plní tři funkce (obr. 7):

Jistící – drží zásoby pro případ výpadku pravidelných dodávek materiálů, polotovarů, ... apod.

Transformační – vyrovnává disproporce ve výrobním procesu

Kompletační – dovoluje ze zásob montáží kompletovat finální výrobky či zakázky pro expedici [1]



Obr. 7: Funkce skladování [1]

Velikost samotných skladových zásob je ovlivněna řadou parametrů, které se často vzájemně rozporují. Zvyšování skladových zásob podniku přináší:

- Vysokou možnost uspokojování potřeby materiálu na pracovišti či dodávek odběratelům
- Rostoucí požadavky po variantnosti finálních výrobků
- Plně vytěžovat výrobní pracoviště
- Na druhou stranu zvyšování zásob ovlivňuje podniky zejména:
 - Finančními prostředky, které jsou vázány ve formě zásob
 - Náklady na provoz a údržbu skladů [1]

Na základě těchto parametrů je trend neustále hledat možnosti, jak snížit skladové zásoby, zvýšit předvýrobní připravenost (nákup dílů či montážních celků od subdodavatelů), omezit počet variant součástí (snaha o co největší možnou unifikaci a normalizaci), snížení doby výroby (co nejméně výrobních operací), využívání principů Just-in-time. Přičemž snižování zásob by mělo vycházet zejména od původců potřeby nikoliv od zásob samotných. [1]

Samotný provoz skladu by se měl zaměřovat zejména na tyto operace jako je přijetí, identifikaci, kontrolu přijatých položek (kvantita, kvalita) a jeho uložení. Dále zajišťuje přípravu materiálu pro vyskladnění, jeho kvantifikaci odběru a zabalení zboží, vychystání materiálu na předávací místo a jeho následný výdej. Rozdělení funkcí skladu pak můžeme vidět na obrázku číslo 8. [1]

Jednotlivé sklady pak můžeme dělit na několik druhů a z různých úhlů pohledu:

Fáze procesu:

Vstupní sklady – zásoby materiálu pro výrobu či montáž

Mezisklady – zajišťují předzásobení výroby

Odbytové sklady – slouží k expedici materiálu a zboží

Stupeň centralizace:

Centralizované – jeden velký sklad uvnitř strojírenského závodu, uvnitř veškerý materiál, polotovary i finální výrobky, ale i obalový materiál.

Decentralizované – více menších skladů v prostoru celého závodu.

Stanoviště:

Vnitřní (interní) sklady – umístěny uvnitř podniku

Vnější (externí) sklady – umístěny mimo podnik z důvodu nedostatku plochy či zkrácení vzdálenosti mezi podniky a jejich dodavateli [1]



Obr. 8: Funkce skladu [1]

Samotné uložení či skladování materiálu může probíhat několika způsoby, podle druhu a množství skladovaného materiálu:

- Volně na zemi – jednotlivé kusy, palety, svazky
- Volně v regálech nebo v zásobnících
- V manipulačních jednotkách – palety, bedny
- V manipulačních jednotkách v regálech či dopravnících – ty mohou být dvojího druhu:

- Pohyblivé (spádové, podlažní) či podvěsné)
- Nepohyblivé (jednořadé, dvouřadé) [1]

Regály jsou nejrozšířenější a nejpraktičtější variantou skladování materiálu, a to zejména pro svoji variabilitu a univerzálnost. Je v nich možné materiál skladovat volně nebo v manipulačních jednotkách. Regály se vyrábějí v různých velikostech a nosnostech, ale i s různou konstrukcí. Můžeme je rozdělit dle konstrukce na:

- Příhradový regál
- Stromečkový regál
- Konzolový regál

. [2] [13] [15]

4. Analýza současného stavu

V této kapitole bude představena modelová společnost, která se zabývá výrobou keramických komínových vložek. Dále bude provedena analýza současného logistického a materiálového toku.

4.1 Modelová společnost

Pro potřeby této diplomové práce byla zvolena fiktivní modelová společnost, která se specializuje v odvětví keramického průmyslu. Výrobní portfolio této modelové společnosti se skládá zejména z nejrůznějších výrobků pro částečnou nebo úplnou vyzdívku tepelných zařízení jako jsou například koksová pece, vysoké pece, sklářské pece, elektrolyzéry určené k primární výrobě hliníku a mnohé další. Tato práce je zaměřena zejména na výrobu a materiálový tok keramických komínových vložek.

4.1.1 Výroba komínové vložky

Výroba komínové vložky (obr. 9) je komplexní a poměrně složitá záležitost. Celé schéma výroby můžeme vidět na obr. 10. Výchozí suroviny výrobní směsi jsou do areálu závodu dopravovány pomocí nákladních aut nebo vlakové dopravy. Tyto suroviny jsou uloženy v centrálním skladu. Jedná se zejména o jíl, ostřivo (dopravováno v pytlích) a recyklát. Centrální sklad je rozdělen na několik částí podle skladovaného materiálu. Samotný sklad je zastřešen, nicméně celá budova nemá pevné stěny z důvodu jednodušší manipulace s uskladněnými surovinami. Samotné skladování ovlivňuje proces výroby a v konečném důsledku koncovou kvalitu výrobku, protože výsledný

produkt je závislý na vlhkosti směsi. Tyto materiály jsou poté manipulovány pomocí jeřábu a pásového dopravníku do přípravné výroby. Následuje rozmělnění složek ve dvou drtičích na potřebnou velikost frakce. Odsud jde pak vstupní materiál přímo do mísiče. Celý proces je řízen z velína, kde technolog určuje recepturu směsi. Receptura směsi se skládá z žárovzdorného jílu, ostřiva a vody. Jednotlivé dávky se určují pomocí vážení. Jednotlivé vstupní materiály o správné hmotnosti se dají do mísiče, kde dojde k výrobě výrobní směsi. Odsud se pak pomocí pásového dopravníku přesouvá do zakladače. Zde je směs uložena zhruba 24 hodin kvůli homogenizaci. Ze zakladače se odebírá postupně nejstarší směs a nová se do něj přidává. Poté je směs vytlačena ze zakladače na dopravník, který míří k extruzi.

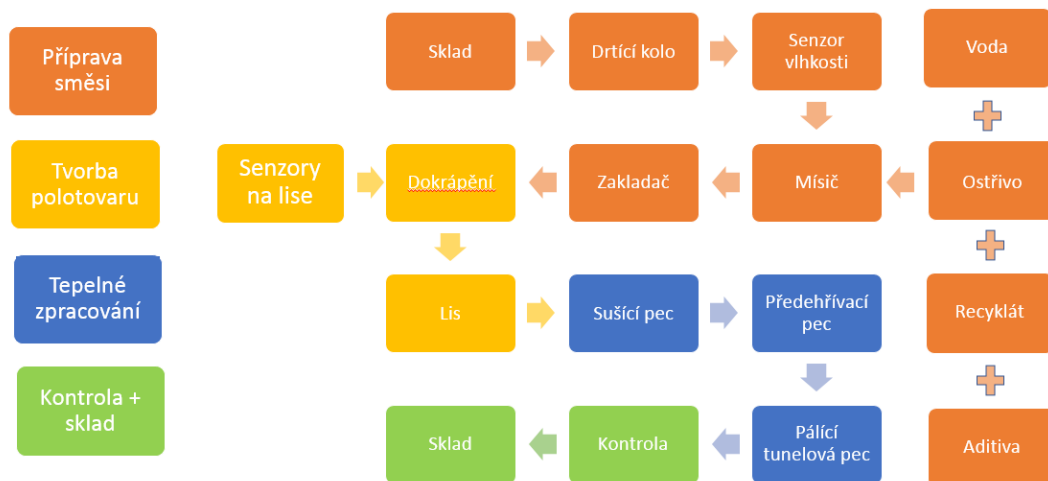


Obr. 9: Komínová keramická vložka (KKV) [17]

Směs putuje ze zásobníku k lisu. Zde je možné ještě dovlhčit směs pomocí dokrápění. Zde se také případně nachází poslední místo, kdy je možné výrobní směs stáhnout z výroby či upravit. Než se směs vylisuje je předlisována v předlisovací komoře. Zde se nachází horizontální šnekový lis, který vakuově odvzdušní výrobní směs. To napomáhá ztuhnutí směsi a celkové kvalitě výsledných výrobků. Z lisu se extruduje nekonečné pásmo výrobků. Ty se nacházejí na vnitřním trnu. Vnější tvar je definován pomocí ústí lisu, vnitřní tvar pak za pomoci již zmiňovaného trnu. Na konci lisu jsou pak děleny na požadovanou délku.

Data z lisu jsou monitorována a snímána senzory, díky kterým obsluha sleduje parametry jako tlak lisu, otáčky motoru, zatížení lisu či hodnotu vakua v předlisovací komoře. Z pohledu kvality extrudované vložky je nejdůležitějším parametrem hodnota tlaku v lisu, která udává, při jakém tlaku byla vložka vyextrudována. Další důležitý údaj

je hodnota vakua v předlisovací komoře, aby proběhl proces odvodušnění výrobní směsi. Jednou za směnu je v papírové podobě pak zaznamenávána hodnota tlaku a rozměry vybrané vložky.



Obr. 10: Blokové schéma výroby [18]

Samotné dělení momentálně funguje dvojím způsobem. Starší způsob probíhá pomocí drátové pily. Jeli při dělení potřeba je možné výrobek podepřít přípravkem, aby nedocházelo k deformaci vyextrudované komínové vložky. Druhý, novější způsob je pomocí planetárních řezných kotoučů. Po dělení je komínová vložka transportována pomocí dopravníku, kam je umístěna manipulátorem. Pásový dopravník doveze výrobek ke kalibrovací stoličce, kde je výrobek zkalibrován na požadovaný rozměr. Poté je manipulátorem s podtlakovými přísavkami přesunut na další pracoviště. Tím je stanoviště očištěno po dělení, to je velmi důležité, protože po tepelném zpracování by to již nebylo možné. K samotnému čištění se používá tlak vzduchu. Tím je docíleno osazení komínových vložek tak, aby na sebe navzájem pasovaly. Po tomto úkonu je přesunut na cílovou pozici dopravníku, kde je s komínovou vložkou již manipulováno pracovníkem. Zde je lidským operátorem vložka skládána do sušárenských vozů (obr. 11), které jsou umístěny na kolejích. Na sušárenský vozík je potřeba vložku skládat systematicky od spodu nahoru a vejde se na něj 48 komínových vložek. Po kolejích jsou za pomoci lidské síly transportovány před sušárenské pece.



Obr. 11: Sušárenské vozíky [18]

K prvnímu tepelnému zpracování komínových vložek dochází v sušárenských pecích. Proces sušení má za úkol odpařit přebytečnou vlhkost z výrobní směsi. Správná vlhkost je důležitá v každém okamžiku výroby. Zatímco na začátku výrobního procesu je žádoucí vyšší vlhkost pro lepší extruzi směsi v lisu, tak nyní je potřeba výroby zbavit přebytečné vlhkosti, aby nedocházelo k destrukci výrobků během výpalu. Proces sušení je realizován pomocí vícekomorové pece, kde jsou komínové vložky sušeny při teplotě 1000 °C po dobu 24 hodin. Konkrétní doba a parametry sušení závisí na konkrétním výrobku (jeho velikosti a výrobní směsi). Na druhé straně sušící pece probíhá překládka ze sušárenského vozíku na speciální vozíky pecní (obr. 12). Tato překládka probíhá opět pomocí lidské síly. Konstrukce pecních vozíků se skládá z několika odlišných materiálů, aby se co nejvíce kompenzovala teplotní roztažnost materiálů, ze kterých jsou vyrobeny, a tím co nejméně ovlivnili výpal komínových vložek. Samotné vložky jsou skládány na sebe v přesném rozložení, které kopíruje tvar pece. Mezi komínové vložky a pecní vozík se ještě umísťují podkladové válečky ze stejného materiálu jako jsou komínové vložky. To slouží k zamezení výměny tepla a tím i deformací mezi vozíkem a vypalovanými komínovými vložkami. Pecní vůz má kapacitu 240 výrobků, tedy 5 sušárenských vozů. Celá pec měří zhruba 200 metrů na délku a nachází se zde několik žárových pásem. V průběhu vypalování nejdříve teplota stoupá a poté klesá. Přesné údaje o teplotě a době jsou však výrobním tajemstvím. Postupný nárůst i pokles teploty je velmi důležitým pro správné vypálení. Pokud by tomu tak nebylo, mohly by výrobky praskat.

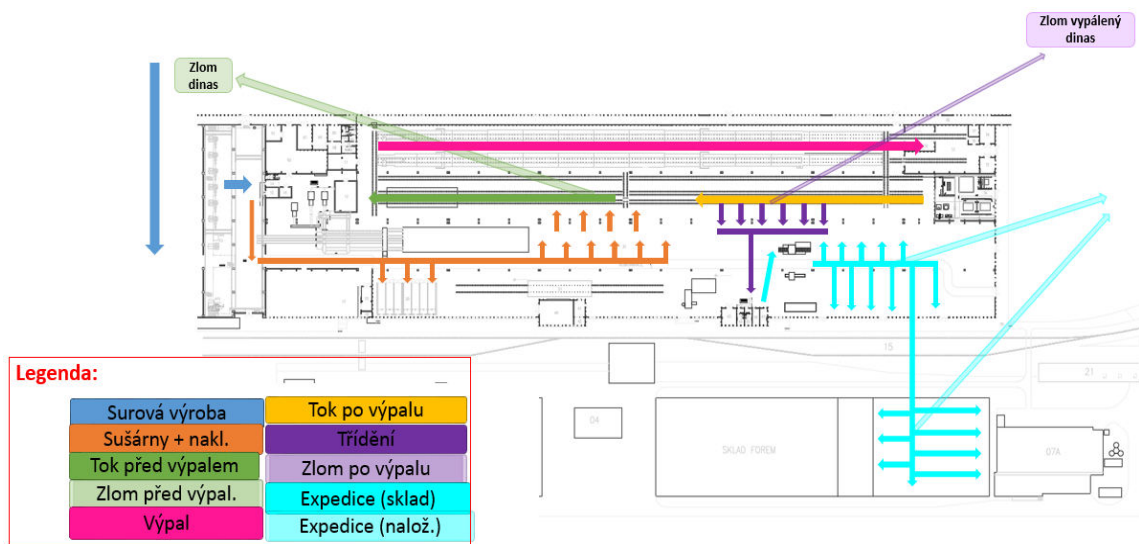


Obr. 12: Naložený pecní vozík [18]

Po ukončeném vypálení vyjede pecní vozík z pece na místo, kde po vychladnutí dochází k ručnímu třídění komínových vložek. Rukou kontrolorů projde každá vložka. Dochází zde k vizuální kontrole prasklin a trhlin. Dále probíhá akustická kontrola, která může odhalit vnitřní praskliny či jiné defekty. Poté dochází pomocí kalibru ke kontrole výsledných rozměrů a pokud výrobky projdou, tak jsou skládány na europalety. Komínové vložky, které výstupní kontrolou neprošly jsou umístěny do vymezeného kontejneru, který po naplnění jde na recyklaci a jsou znovu použity pro výrobu výrobní směsi. Vyhovující výrobky jsou na paletách následně zapáskovány a míří pomocí VZV na automatickou balicí linku. Zde dochází k obalení palety folií a olepený identifikačními štítky. Po výstupu z automatické balicí linky dochází k transportu zabalené palety pomocí VZV do skladu.

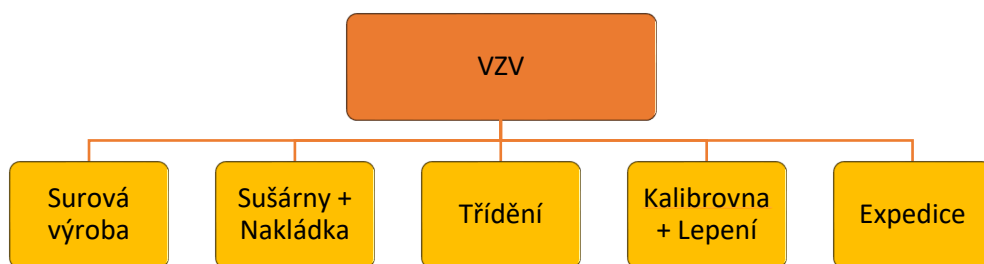
4.1.2 Analýza současného stavu logistiky v modelové společnosti

V rámci logistiky v modelové společnosti se využívá několik manipulačních prostředků. Schéma materiálových toků v podniku je vidět na obrázku číslo 13. Jedná se o jeřáb, pásové dopravníky, robotické pracoviště a v největší míře vysokozdvizné vozíky (VZV). V nemalé míře je také zastoupena manipulace operátory výroby. Na obrázku číslo 14 můžeme vidět základní schéma materiálového toku celou výrobou. Kdy materiál přichází do výroby v surovém stavu, zde je později extrudován a vysušen. Následuje výpal a třídění a poté již výstupní kontrola, balení a expedice do skladu. Z něj pak dle objednávek expedice ke koncovému zákazníkovi.



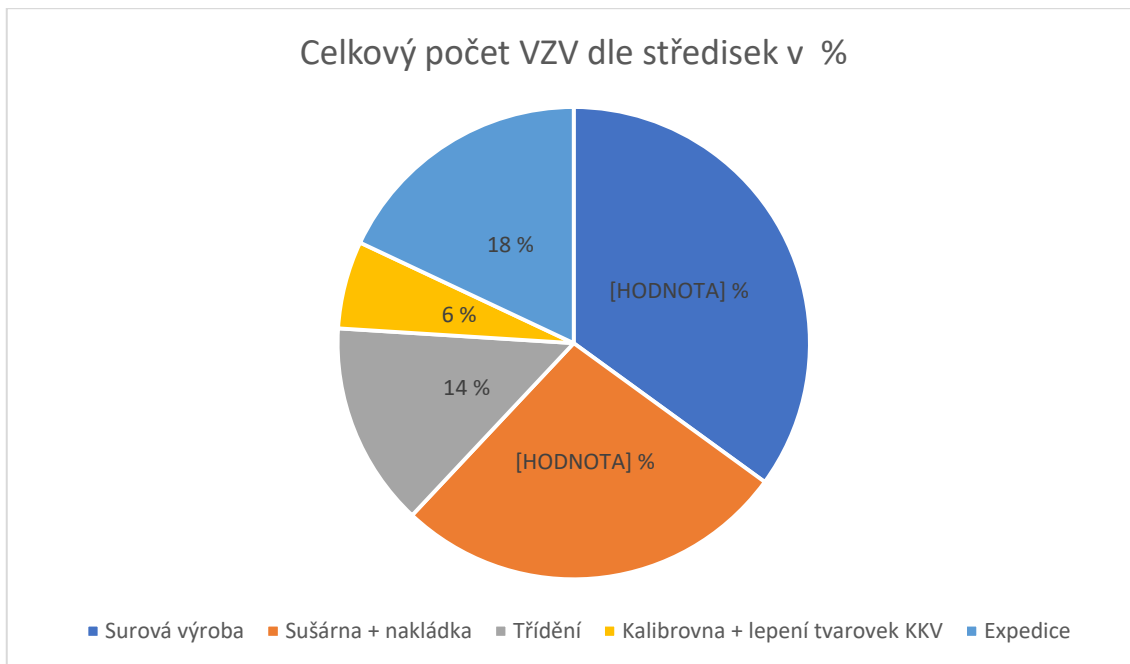
Obr. 13: Základní schéma materiálového toku

Celkový počet vysokozdvížných vozíků je pro účely této práce stanoven na 38 kusů. Tento počet neodpovídá realitě v podniku, nicméně správný počet je citlivý údaj firmy a není tedy možné jej publikovat. VZV se využívají ve většině středisek modelové společnosti. Jedná se o: surovou výrobu, sušárnu + nakládku, třídění, kalibrování + lepení a expedice (viz. obr. 14). Ve všech střediscích se využívá podobných typů VZV. Jedná se o vozíky do 2 tun nosnosti s věží duplex či triplex. Co se pohonu týče tak se využívají dvě varianty, a to na LPG a na CNG. Poměrné zastoupení VZV v jednotlivých střediscích můžeme vidět na grafu číslo 1.



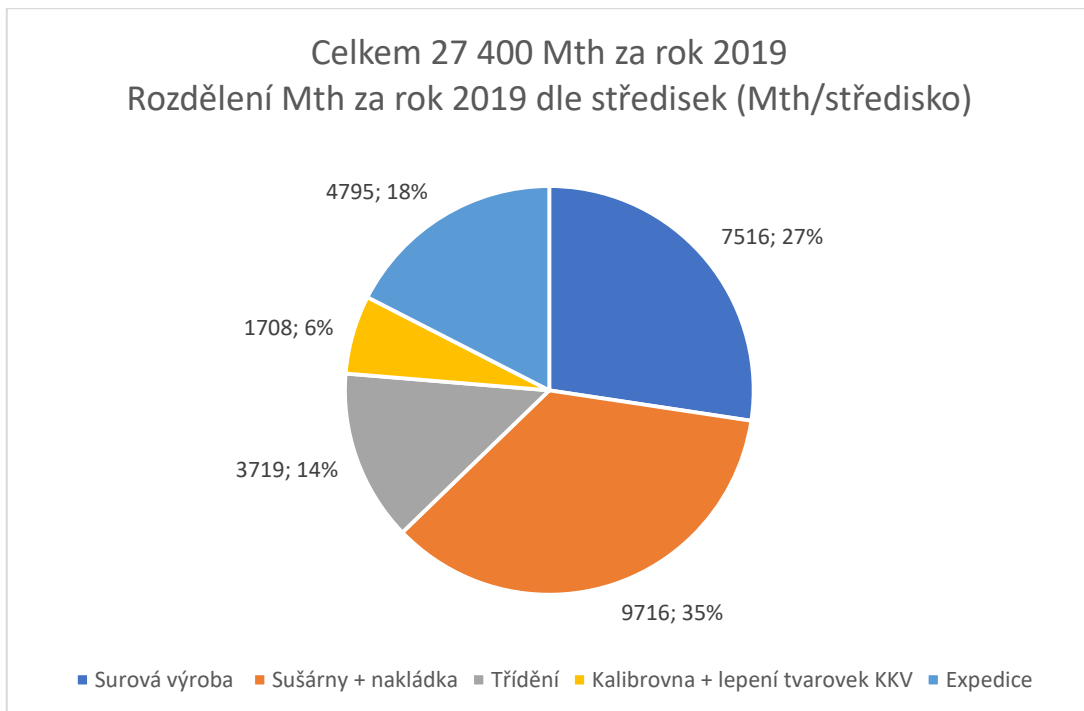
Obr. 14: Schéma středisek využívajících VZV

Celkové vytížení vysokozdvížných vozíků vychází na 27 400 motohodin (Mth) za rok. Největší vytížení má středisko sušárny + nakládky, na které ročně najedou přes 1000 motohodin (Mth). Druhým nejvytíženějším střediskem je středisko surové výroby, kde dochází k vykládce vstupních surovin v pytlích na paletách a následný transport do směšovače. Na toto středisko připadá něco přes 800 motohodin.



GRAF 1: Procentuální zastoupení VZV mezi jednotlivými středisky

Celkem se najelo za rok 2019 27 400 motohodin. Níže v Grafu 2 je vidět procentuální rozdělení motohodin dle středisek. Na středisko surový výroby připadá 35 % z celkového počtu motohodin, což dělá cca 9700 motohodin. Na středisko sušárny a nakládky připadá 27 % což dělá cca 7500 motohodin. Na středisko expedice připadá třetí největší počet motohodin a to cca 4800 motohodin., což dělá 18 %. Předposlední je středisko třídění, které najelo cca 3700 motohodin, což odpovídá 14 %. Nejmenší vytížení pak připadá na středisko kalibrování a lepení tvarovek KKV (Keramická Komínová Vložka). Pro toto středisko připadá 6 % z celkového počtu, což dělá cca 1700 motohodin.

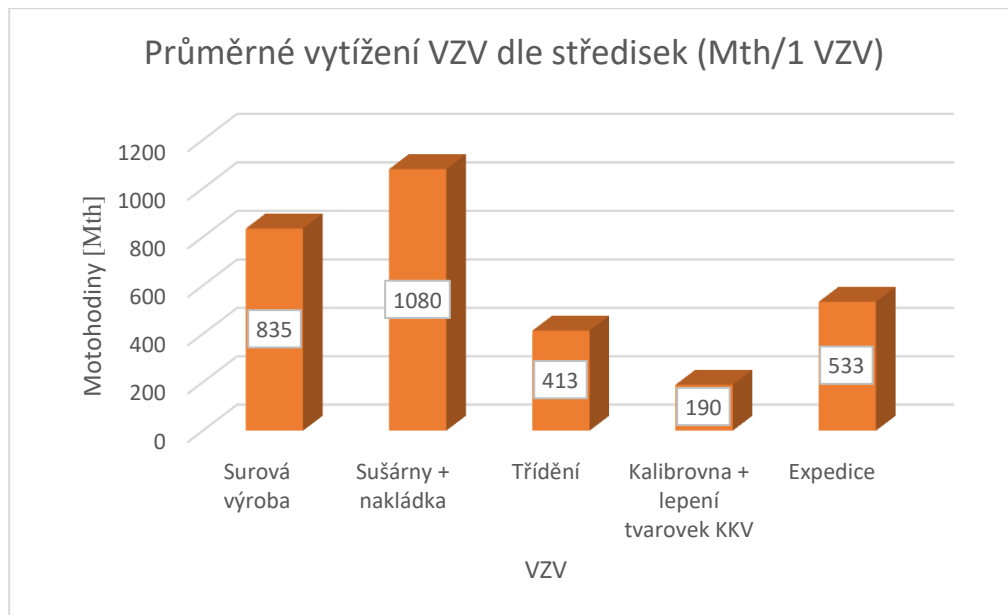


GRAF 2: Graf motohodin a jejich procentuálního rozdělení mezi jednotlivá střediska

Náklady na provoz vysokozdvížných vozíků, respektive na palivo na jednu motohodinu vychází pro VZV na LPG na cca 30kč/Mth a na VZV na CNG na cca 15,5Kč/Mth. Z pohledů nákladů na palivo je nejnákladnějším střediskem středisko surové výroby s 32 % z celkových nákladů na palivo. Na druhé místě je pak středisko sušárny s 28 %, na třetím středisko surové výroby s 18 %. Náklady na střediska třídění a kalibrovny s lepením tvarovek KKV vychází stejně a to na 11 % z celkových nákladů na palivo.

Ve středisku surové výroby se nacházejí VZV v patrech sila. Ostatní VZV pak slouží především na vykládku zásobování výrobního závodu vstupními surovinami. Vyložení a uskladnění 1 big bagu trvá cca 90 s. Nicméně tahle doba je závislá na proměnlivé vzdálenosti přistavení kamionu.

Vysokozdvížné vozíky ve středisku sušárny a nakládky vozí komínové vložky v klecích, kdy jsou nejčastěji dvě klece nad sebou. Občas se vozí ale i po jedné kleci. Dále se pak vozí z komorové sušárny klece do skladu pro překládku na pecní vozy.



GRAF 3: Průměrné vytížení VZV dle středisek

Na středisku třídění se využívá VZV k odvozu a manipulaci se zlomem. Zlom je ze střediska odvážen zhruba 10-15 x za směnu. Jedna cesta se zlomem trvá přibližně 10 minut. Tedy během jedné směny zabere odvoz zlomu jedné obsluze VZV cca 100–150 minut, tedy cca 2,5 hodiny. Keramické komínové vložky se skládají na různé palety. Celkově se jedná o 4 druhy palet. Druh palety, na který se zrovna nakládá je závislý na koncovém odběrateli.

Ve středisku kalibrování a lepení tvarovek KKV se vozí materiál ze skladu přímo obsluhou tohoto střediska. Materiál je poté ukládán do čtyř řad přímo před kalibrovnou. Materiál je pak postupně přeskládán dle aktuální potřeby a požadavků. Neexistuje zde tedy žádný konkrétní systém, jak jednotlivé druhy materiálu skladovat.

Ve středisku expedice jezdí 8 vysokozdvíhových vozíků. Ty jsou rozděleny dle jednotlivých funkcí. Tři z nich mají na starosti nakládku nákladních automobilů (cca 15 kamionů denně). Další tři z nich pak obsluhují automatický balicí stroj a dva slouží k odvozu zlomu. Naložení jednoho kamionů keramickými komínovými vložkami na paletách trvá cca 45 minut. Vysokozdvíhové vozíky, které obsluhují automatickou balicí linku mívají obvykle časovou rezervu – jsou rychlejší než balicí linka. Nicméně záleží, kam keramické komínové vložky (KKV) dále uskladňují. Je-li hlavní sklad plný (nevyhovující kapacita), pak jsou palety s KKV uskladňovány na všechny možná volná místa po výrobním závodu (asfaltové plochy). Z tohoto důvodu dochází k dlouhým

jíždám přes celý areál závody, kdy vysokozdvizný vozík jede zpět zcela nevytížen a tím je provoz VZV značně neefektivní. I standardní cesta do skladu je na poměrně dlouhou vzdálenost, tudíž i při ní není jízda VZV zcela efektivní.

Na středisku expedice dochází k převážení materiálu mezi jednotlivými závody modelové společnosti. Je zde přivážen materiál z jiného závodu společnosti, který je zde vyložen, uskladněn. Některé slouží pouze k doplnění kamionu a nejsou tudíž nutné zbytečné operace k vyložení, uskladnění, vyskladnění a následující opětovné naložení na kamion. Dochází zde k velkým rozdílům v ceně mezi různými dopravci za nákladku stejného zboží. Například cena za převoz materiálu z jiných závodů společnosti je u některých dopravců až dvojnásobná oproti jiným. Průměrné počty aut můžeme vidět na tabulce číslo 1.

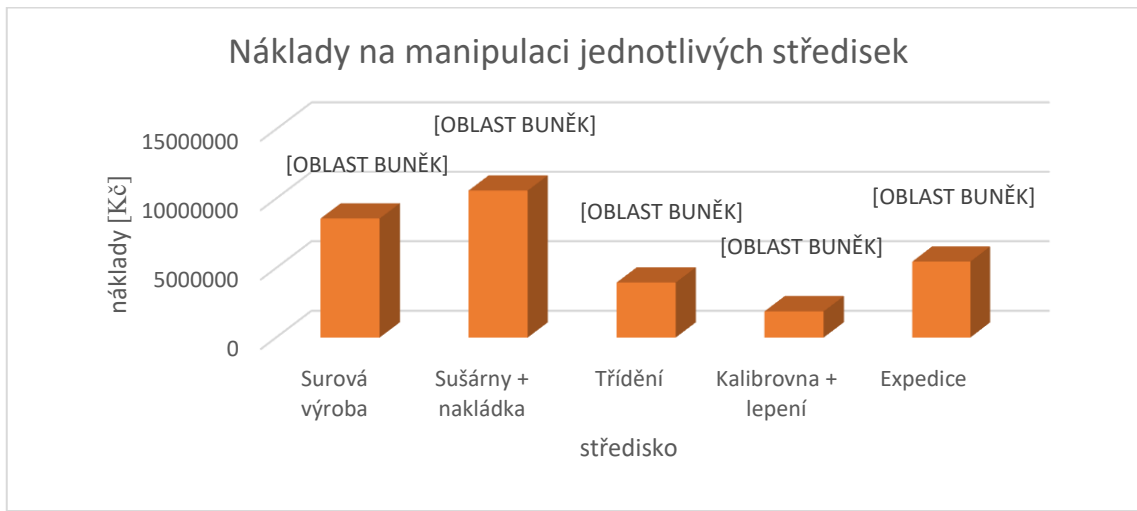
Tabulka 1: Počet nákladních aut za měsíc červen

Dinas + KKV červen	
Křemenec	23 aut
Slévárenský písek	2 auta
ST	10 aut
ŠH	3 auta
Hydrát	2 auta
Jíl	40 aut
Mastek	10aut
Lupek	20 aut
Celkem	110 aut

Co se zásobování výrobního závodu týče, tak časové dotace na vykládku a uskladnění činí cca 500 hodin za rok. Jedná se o více než 100 nákladních automobilů za měsíc.

Níže v tabulce je vidět přehled jednotlivých surovina počtu nákladních aut za měsíc červen. Jedná se jak o Dinas, tak o materiály na keramické komínové vložky.

Podíváme-li se na celkové náklady na manipulaci podle jednotlivých středisek, tak počítáme s celkovou částkou okolo 35 000 000 Kč/Rok (orientační údaj). Největší náklady má středisko sušárny + nakládky, poté surová výroba, expedice, třídění a nejmenší kalibrovna s lepením (viz. Graf 4).



GRAF 4: Procentuální rozložení nákladů na jednotlivá střediska

5. Návrh optimalizace

V této kapitole budou na základě analýzy materiálového a logistického toku v předchozí kapitole provedeny návrhy optimalizace a řešení odhalených problémů ve výrobě. Návrhy budou posuzovány nejen z pohledu technického řešení, ale bude zde provedena rovněž orientační ekonomická kalkulace a odhadnuta doba návratnosti investice do navrhovaných technických řešení.

5.1 Návrh optimalizace celého materiálového toku

Jedním z problémů, na který se narazilo, je potřeba poměrně velkého zastoupení VZV, které se ale následně využívají jen nárazově. V průměru tak vychází využití VZV na 3 hodiny provozu za den na jeden vozík. Tento problém by se možná dal vyřešit včasným plánováním potřeby VZV a jejich sdílení mezi jednotlivými středisky. Díky tomu by mohlo dojít k potřebě nižšího počtu VZV a tím snížení celkových nákladů na manipulaci. Dalším z možných řešení by mohlo být nahrazení velkých VZV za ručně vedené, které mají nižší pořizovací náklady, ale i náklady na provoz.

Asi největší komplikací ve výrobě z pohledu logistiky je nedostatek prostoru. To způsobuje nutnost vícenásobné manipulace ať již s rozpracovanými výrobky, tak s transportními klecemi. Tím vzniká více překládek, než je nutné, zvyšuje se díky tomu nejen riziko možného poškození rozpracované výroby, ale i celkové náklady na manipulaci a potřeba manipulační techniky. Eliminovat tento problém by mohlo přesnější plánování výroby, kdy by bylo předem jasné z interního plánovacího SW, kolik klecí bude pro následující várku potřeba. Zbytek klecí by mohl mít někde poblíž vytvořený dostatečný skladovací prostor, odkud by bylo v případě potřeby možné si je vyzvednout. Nicméně by nezabírali prostor v přímém okolí výrobní linky. Díky tomu by zůstaly volné prostory v okolí a nebylo by nutné s klecemi manipulovat pro uvolnění prostoru v oblasti výroby. S tím souvisí i vytváření zásob surové výroby pro doplňování a ideální sestavování pecních vozů. Díky efektivnějšímu plánování výroby odvozeného od termínu plánované expedice daného zboží a navázaného na výpal a surovou výrobu. To by mohlo být řešeno lepším plánovacím softwarem, který by propojoval interní informace výroby ze všech středisek a umožňoval podle objednávek řídit výrobu. Díky předem známému datu výpalu jednotlivých druhů výrobků by se tak dalo lépe plánovat zaskladnění surové výroby a tím se vyhnout další zbytečné manipulaci. Zároveň by se díky tomu dalo plánovat lisování a sušení a tím snížit počet uskladněné surové výroby.

V budoucnosti by tak bylo možné zavést systém na podkladě digitálních dvojčat, kde již od prvopočátku výroby bude předem jasně dané, kdy bude daný výrobek vyroben, kde bude uskladněn a kdy bude expedován. Díky tomu by bylo možné minimalizovat čas, který výrobek stráví ve skladu a umožňovalo by to přesnější a efektivnější plánování celé výroby.

5.2 Návrh optimalizace ve středisku expedice

Velkým problémem na středisku expedice je velká vzdálenost, kterou musí obsluha VZS urazit při převozu zabalených palet z automatické balicí linky do skladových prostor. Celou cestu zpět jednou VZV nevyužity a tím dochází ke značné ztrátě efektivnosti celé logistiky v rámci střediska.

K optimalizaci celého tohoto procesu by se mohlo využít automatických naváděných vláček (AGV), které by bez obsluhy samy převáželi naložené a zabalené palety s komínovými vložkami až do místa uskladnění. V případě, že by těchto vláček bylo k dispozici více, mohla by současně probíhat jak nakládka, tak vykládka a uskladnění. Díky tomu by byla výrazně zvýšená produktivita logistiky na tomto středisku. Z dlouhodobého hlediska by se také mohlo ušetřit na absenci lidské obsluhy a jejího plného nevyužívání při prázdných přejezdech po areálu výrobního podniku.



Boční skenery pro bezpečné zatáčení v optimální rychlosti



Přední a zadní skenery pro bezpečnou přepravu jmenovitou rychlostí



Čelní detekce překážek nad úrovní podlahy



Boční detekce pro překážky vstupující do dráhy z boku



Horní detekce pro překážky shora



Modré LED světlo upozorňující chodce a řidiče při příjezdu ze skrytého místa

Obr. 15: Bezpečnostní senzory a kamery na Toyota TAE500 [15]

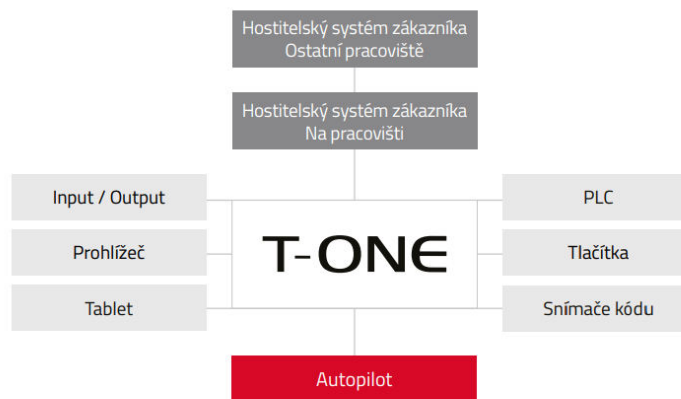
Automatic guided vehicle (AGV) nabízí celá řada výrobců. Pro účely této práce byl vybrán model tahače TAE500 (obr. 16) od firmy Toyota. Tento tahač umožňuje zapřažení až pěti vozíků do celkové hmotnosti 5 tun. Je poháněn elektromotorem s možností plně automatického dobíjení v dobíjecí stanici bez zásahu obsluhy. Vozík taky disponuje kompatibilitou se softwarem T-One (obr. 17). Ten umožňuje propojení vozíku s vnitřním softwarem podniku a díky tomu optimalizovat logistický tok v podniku, správně navigovat vozík a pracovat rychle a bezpečně. K tomu slouží jak

laserová navigace, tak zejména bezpečnostní skenery, snímače nákladu a kamery (viz. Obr. 15). [15]



Obr. 16: Toyota tow train (AGV) [15]

Další variantou, jak by se tento návrh dal vylepšit by bylo zařazení a využití do logistického řetězce automatické regálové zakladače. Takový druh VZV vyrábí například firma Jungheinrich. Její výrobek EKX 516a (obr. 18) nabízí vysokou flexibilitu v automatizovaném procesu a vysokou efektivitu. Díky systému přesného polohování nabízí bezpečné a rychlé umístění palety se zbožím. Velkým benefitem využití regálového zakladače tohoto typu by byla možnost navýšení úložného místa v současném skladu, který svou kapacitou již mnohdy nestačí. Regálový zakladač tohoto typu oproti současně využívanému standardnímu vysokozdvížnému vozíku potřebuje výrazně menší manipulační prostor mezi regály. Díky tomu na stejné ploše nainstalovat více regálů a tím i uložit výrazně více palet. Díky tomu by se zvýšila využitelnost celého skladovacího prostoru. A to zejména díky možnosti nabrat a zakládat paletu se zbožím již ve směru, ve kterém je potřeba ji zaskladnit do regálu. To umožňuje šířku uličky mezi regály 1500 mm.



Obr. 17: Toyota T-ONE systém [15]

Retrak firmy Jungheinrich EKX 516 a (obr. 18) umožňuje flexibilní a efektivní automatické třístranné zakládání materiálu. Vozík umožňuje spojení se systémem WMS (systém řízení skladu), automatické horizontální i vertikální polohování, jízdu a zdvih současně. Vozík je poháněn Li-Ion baterií, která zaručuje na jedno nabití nepřetržitý provoz v délce 8 – 10 hodin.

Tabulka 2: technické specifikace vozíku Jungheindrich EKX 516A [19]

Pohon	Elektrický
Nosnost	1500
Hmotnost	7530 kg
Zdvih	6750 mm
Celková šířka	1450 mm
Rychlost pojezdu	10,5 km/h

Kombinací využití automatických tažných vláčků a automatických regálových zakladačů by mělo dojít k výraznému zefektivnění vnitřní logistiky na tomto výrobním úseku. Zároveň možnost lepšího využití skladových prostor by měla eliminovat či alespoň minimalizovat potřebu ukládání plných palet připravených k expedici po areálu výrobního podniku.



Obr. 18: Automatický regálový zakladač firmy Jungheinrich [19]

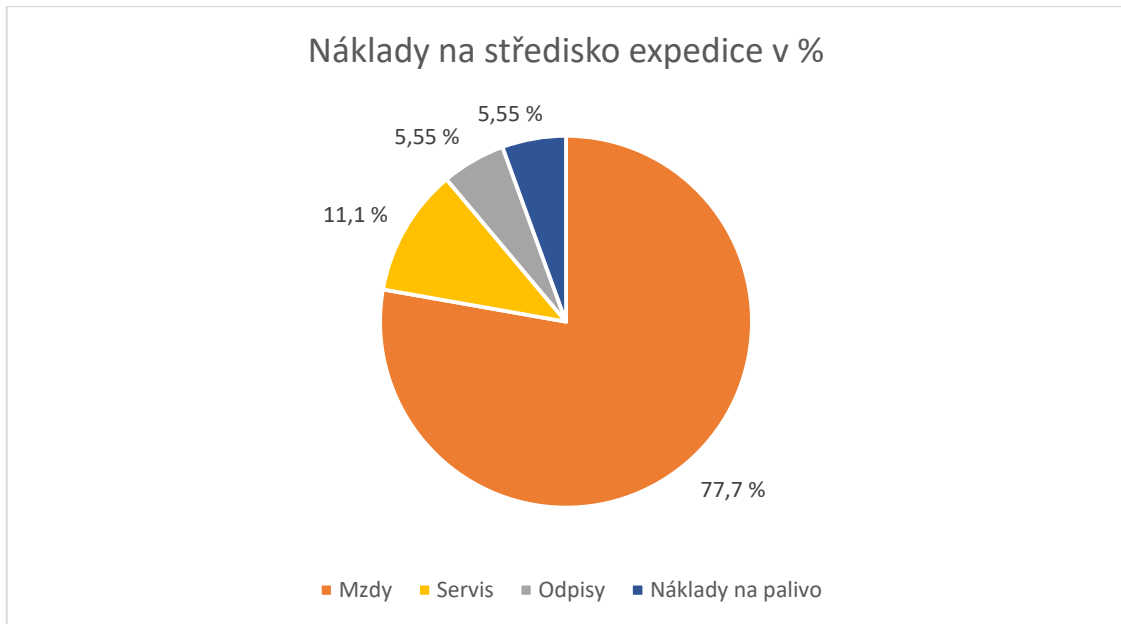
5.2.1 Ekonomické zhodnocení návrhu optimalizace na středisku expedice

Pro realizaci návrhu optimalizace na středisku expedice bude nutné vynaložit modelová společnost vlastní zdroje na pořízení a zprovoznění nových technologií. Nicméně po provedení optimalizace dojde ke zvýšení efektivity na tomto středisku a tím i zvýšení konkurence schopnosti celé společnosti. Díky tomu dojde k návratu investice do těchto nových technologií. Je potřeba si uvědomit, že navrhovaná optimalizace nepřináší přímo zisky, nicméně na zisk je možné pohlížet také jako na zvýšení efektivity a ušetření nákladů. Nicméně i tak je obtížné úsporu exaktně kvantifikovat.

Tabulka 3: Orientační náklady na optimalizaci

Nákladová položka	Částka	Počet	Částka celkem
Automatický retrak	2 000 000 Kč	1	2 000 000 Kč
AGV	500 000 Kč	2	1 000 000 Kč
Vozík za AGV	300 000 Kč	6	1 800 000 Kč
Software	1 500 000 Kč	1	1 500 000 Kč
Regály	750 000 Kč	-	750 000 Kč
Stavební úpravy – podlaha	2 000 000 Kč	-	2 000 000 Kč
Celkem	-	-	9 050 000 Kč

K navrhovaným nákladům na optimalizace ve středisku expedice je potřeba zmínit, že konkrétní výše nákladů je vždy dodavatelem kalkulována až na základě konkrétní poptávky a jedná se o individuální aplikaci technologií, je tudíž velmi obtížné přesně odhadnout celkovou nutnou výši nákladů. Z toho důvodu jsou hodnoty v tabulce 3 odhady na základě obecného ceníku firmy Toyota a Jungheinrich. Celkově se odhadované náklady pohybují okolo 9 050 000 Kč (viz. tabulka 3). Z této částky se počítá s pořízením dvou tahačů AGV a tří vozíčků za ně v cenové relaci 2 800 000 Kč. Dále je počítáno s pořízením automatického retraku pro automatické zakládání do regálů, jeho cena se pohybuje okolo 2 000 000 Kč. Nicméně retrak je náchylný na rovinnost podlahy. V kalkulaci je tedy počítáno i se stavebními úpravami, konkrétně předělání podlahy ve skladovacích prostorech, a to v cenovém horizontu 2 000 000 Kč. V neposlední řadě díky velikosti automatického regálového zakladače – retraku je počítáno s pořízením nových regálů, a to v celkové částce 750 000 Kč.



GRAF 5: Náklady na středisko expedice

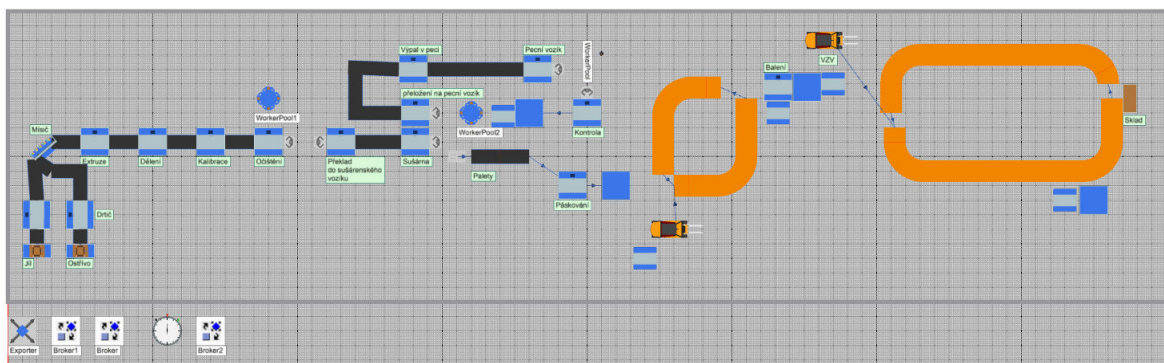
Využijeme-li informací výrobců navrhovaných systémů, tak firma Toyota uvádí návratnost investice do AGV do 2 let, firma Jungheinrich pak do 1,5 roku. Nicméně tyto informace je třeba brát s rezervou jako součást marketingové kampaně obou výrobců. Je potřeba si však uvědomit, že zvýšení automatizace výroby můžeme nejen zefektivnit výrobu jako takovou, ale vyřešit tím stále větší problém s pracovníky na trhu práce. Zároveň náklady mzdy tvoří více jak 75 % celkových nákladů střediska (viz. Graf 5). Díky postupné automatizaci by se tedy mohly vyřešit dva problémy, a to snížení celkových nákladů na provoz střediska a vyřešení nedostatku zaměstnanců.

6. Simulace

Samotná simulace byla provedena za pomoci softwaru Tecnomatix Plant Simulation 16.1 od společnosti Siemens PLM Software. Tento program umožňuje modelování, simulaci analýzu, vizualizaci a optimalizaci nejen výrobních procesů a systémů, ale i logistických a materiálových toků a operací. Díky tomu je možné prozkoumat a simulovat návrhy optimalizací a jejich výkon. Nejprve bude v softwaru provedena zjednodušená simulace celého materiálového toku (KKV) a následně bude provedena simulace optimalizace na středisku třídění a expedice. [20]

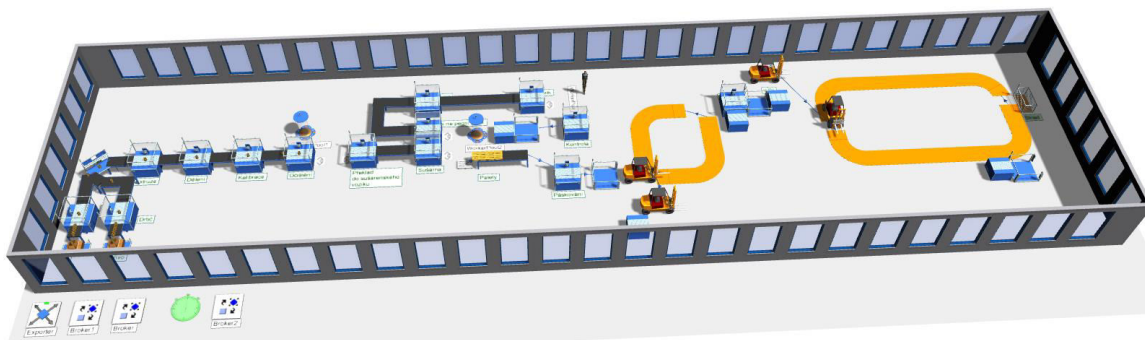
6.1 Simulace kompletního materiálového toku

V této části byla provedena zjednodušená simulace a vizualizace kompletního logistického a materiálového toku keramických komínových vložek (KKV) v rámci modelového podniku (Obr. 19) v SW Plant Simulation. Z důvodu studentské verze s omezeným přístupem do grafických knihoven jsou jednotlivé stroje opatřeny popiskem, neboť není možné v SW změnit jejich podobu odpovídající jejich reálnému designu.



Obr. 19: 2D pohled na zjednodušenou simulaci materiálového toku

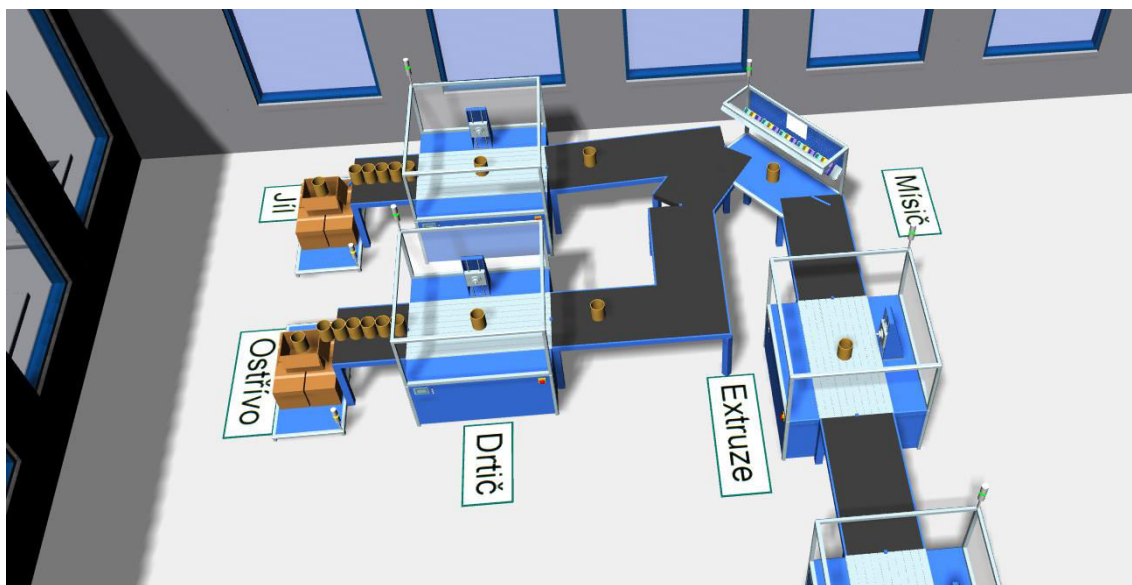
Na obrázku 20 ze simulačního softwaru Plant Simulation můžeme sledovat kompletní materiálový tok již ve 3D s orientační podobou jednotlivých výrobních zařízení a hrubým načrtnutím podoby výrobního závodu.



Obr. 20: 3D pohled na simulaci materiálového toku

6.1.1 Simulace drcení a míšení

První část výroby se týká přípravy směsi. Ta je tvořena několika vstupními materiály. Jedná se jednak o jílu a pak o ostřívo. Tyto materiály jsou nakládány na pás, který je separátně doveze do drtiče, kde jsou zpracovány na požadovanou velikost. Po zpracování jsou již vhodně velké částice transportovány do mísiče, kde jsou dle pokynů vedoucího tohoto střediska smíšeny společně s vodou. Tím je vytvořen základ směsi, ze které se dále vyrábějí polotovary keramických komínových vložek (Obr. 21).

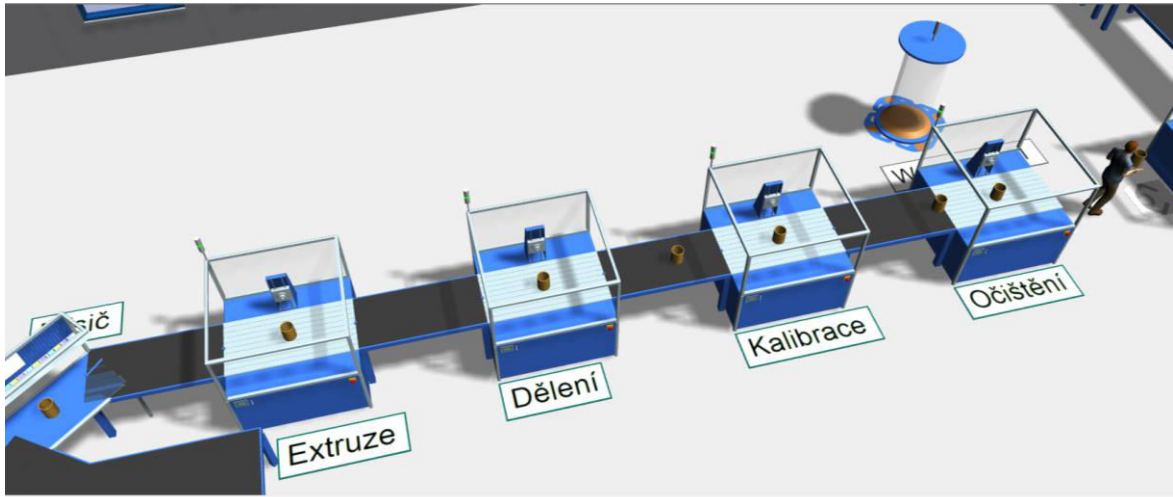


Obr. 21: Simulace drcení a míšení vstupních materiálů

6.1.2 Simulace surové výroby

Po vytvoření výrobní směsi je dalším výrobním krokem extruze, která spadá na středisko surové výroby. Při extruzi dojde již k formování směsi do přibližného tvaru keramických komínových vložek v podobě „nekonečné“ trubky. Ta je následně dělena

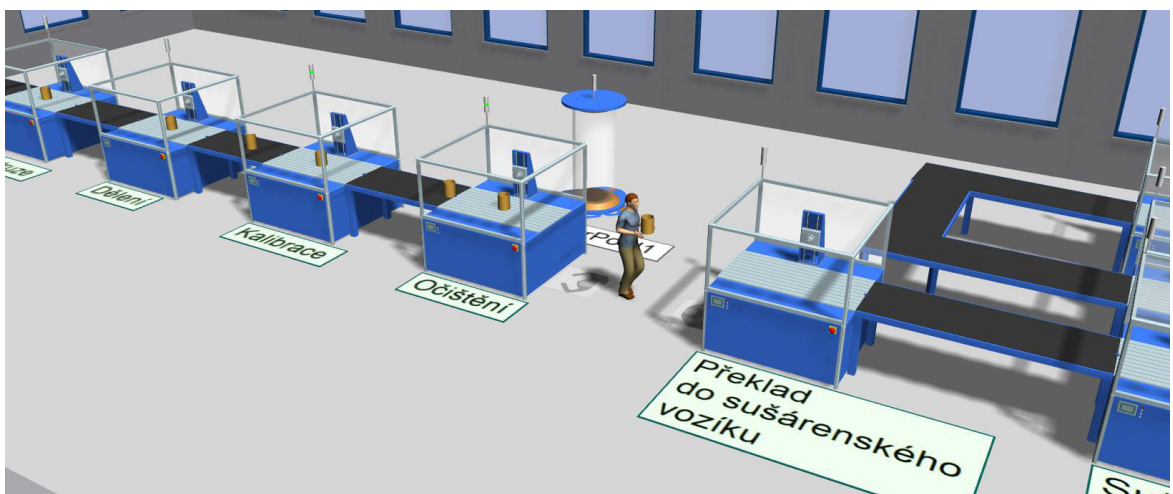
na předem určenou velikost. Dále probíhá výroba osazení a kalibrace a v neposlední řadě čištění. Tato operace má důležité místo před tepelnou úpravou, neboť po ní již není možné dostatečně kvalitně polotovary očistit. Tyto procesy zobrazuje obrázek 22. Výrobní proces na středisku surové výroby pak končí očištěním polotovaru komínové vložky.



Obr. 22: Simulace surové výroby KKV

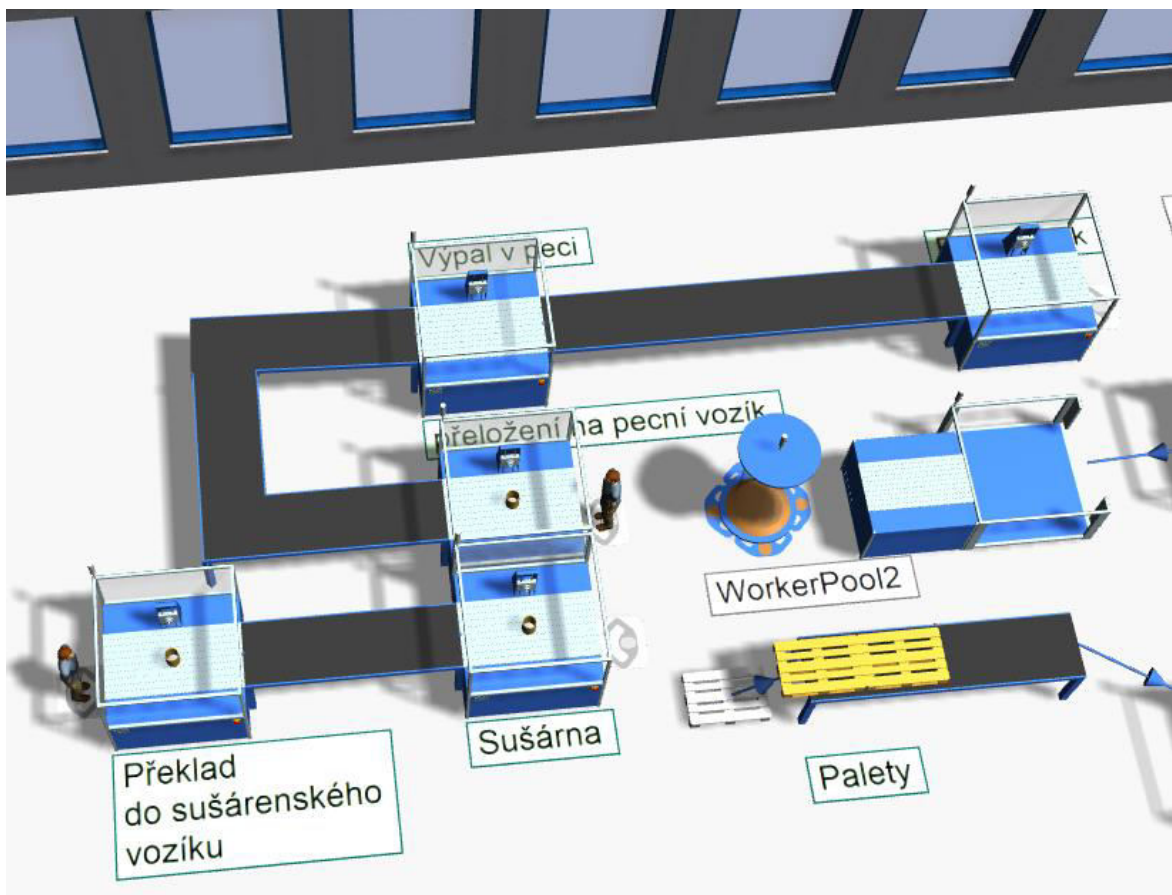
6.1.3 Simulace tepelného zpracování

Po důkladném očištění jsou keramické komínové vložky (KKV) ručně přendány na sušárenské vozy operátory výroby. Tento proces je zobrazen na obrázku 23. Po překladi a naplnění sušárenských vozů jsou vozíky transportovány do sušárenské pece s cílem odstranit z polotovarů KKV přebytečnou vlhkost, která by je následně mohla poškodit při výpalu v peci.



Obr. 23: Ruční překlad do sušárenských vozíků operátorem výroby

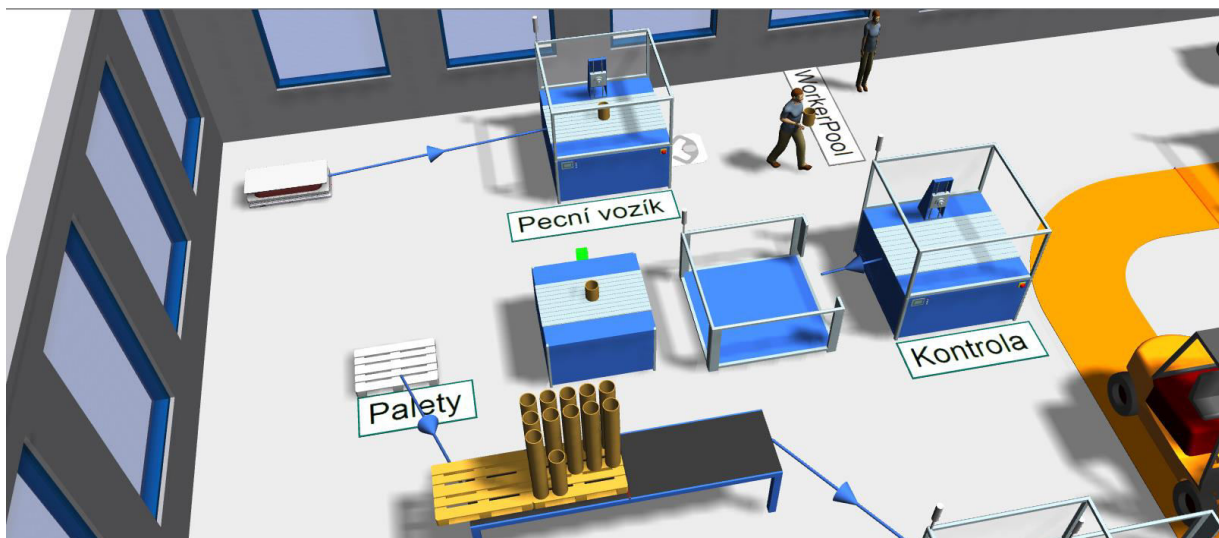
Poté, co sušárenské vozíky projedou sušárenskou pecí a polotovary keramických komínových vložek (KKV) jsou dostatečně vysušeny probíhá překlád na pecní vozíky. Ten je opět prováděn manuálně operátory výroby. První řadu keramických komínových vložek je potřeba podložit pomocnými podložkami pro odvod přebytečného tepla a tím snížení tepelných deformací během výpalu. Po pečlivém narovnání polotovarů komínových vložek na pecní vozík, vjíždí vozík do tunelové pece. Tam dochází k finálnímu tepelnému zpracování keramických komínových vložek. Tento proces zobrazuje obrázek číslo 24.



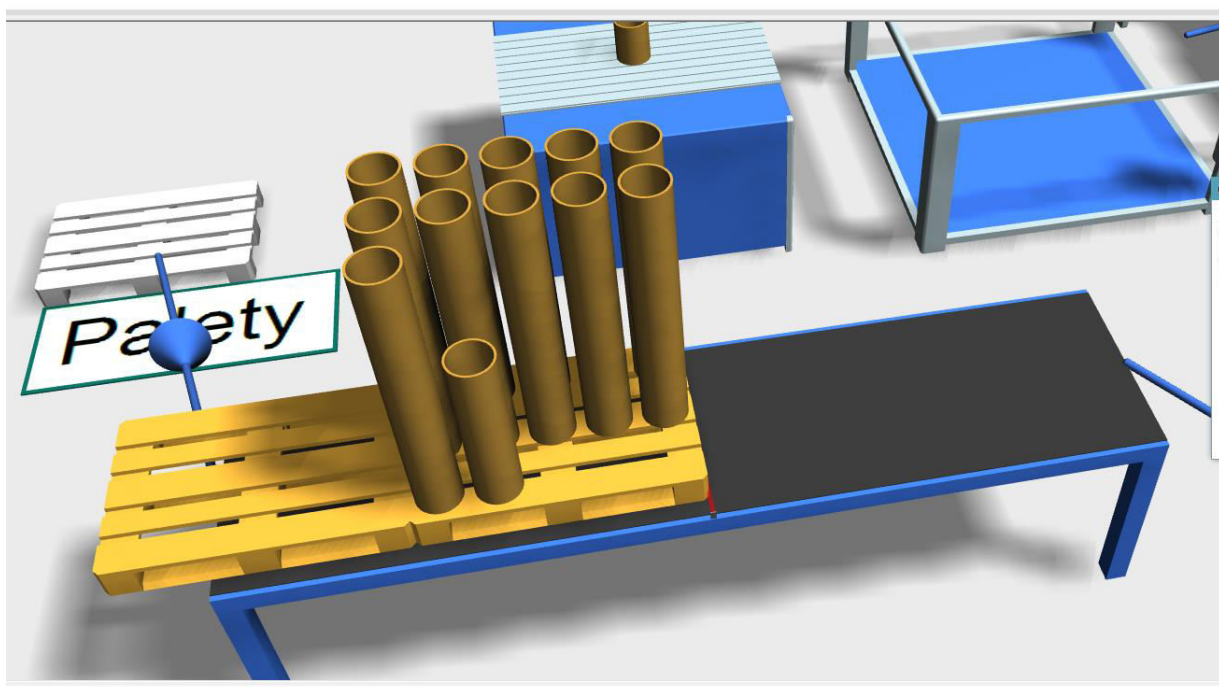
Obr. 24: Simulace procesu sušení, překlád na pecní vozíky a výpal

6.1.4 Simulace kontroly

Po výpalu probíhá výstupní kontrola, kdy jsou jednotlivé keramické komínové vložky vizuálně a akusticky kontrolovány vyškolenými pracovníky modelové společnosti (obr. 25). Tato kontrola probíhá během překládky komínových vložek z pecního vozíku na palety (Obr. 26).



Obr. 25: výstupní kontrola



Obr. 26: rovnání KKV na paletu

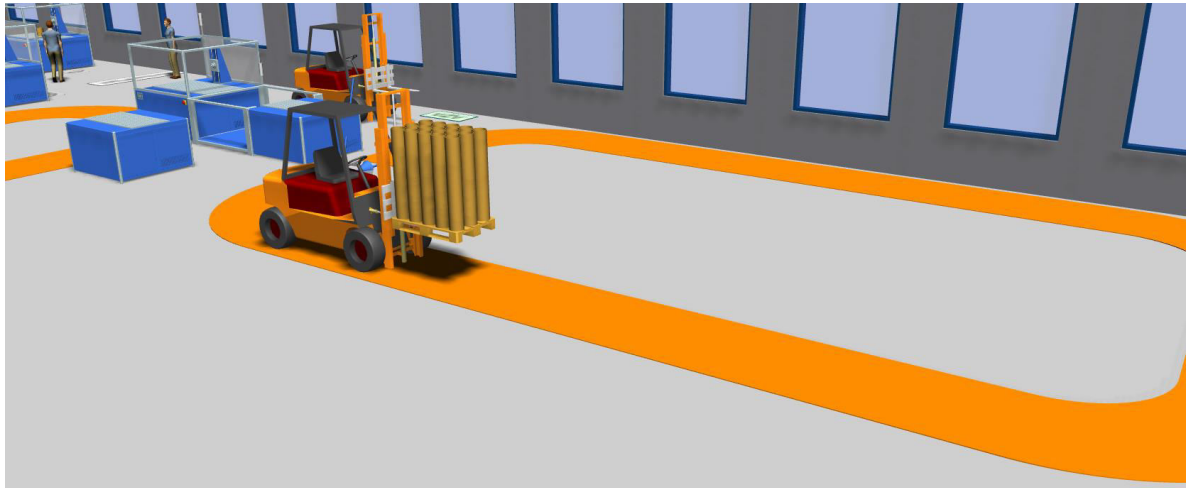
Narovnané keramické komínové vložky na paletě jsou následně zapáskovány a odvezeny obsluhou VZV na automatickou balicí linku, která paletu zabalí a označí štítkem, který charakterizuje druh zboží, počet na paletě a výrobní šarži (Obr. 27).



Obr. 27: Transport zapáskované palety na balící linku

6.1.5 Simulace uskladnění a expedice

Po zabalení palety do folie a její označení je pak odvezena obsluhou VZV do skladu, kde je zaskladněna (obr. 28). Odtud pak probíhá expedice ke koncovému zákazníkovi. Samotný transport probíhá na poměrně velkou vzdálenost, což komplikuje využitelnost VZV zejména při návratech ze skladu.



Obr. 28: Transport zabalené palety s KKV na uskladnění

6.2 Simulace optimalizace na středisku třídění a expedice

V této simulaci byly zahrnuty navrhované možnosti optimalizace na středisku třídění a expedice. Z důvodu přehlednosti a aplikace optimalizace pouze na tomto středisku bude tato simulace jen na tomto středisku. V této simulaci jsou již používáni pracovníci,

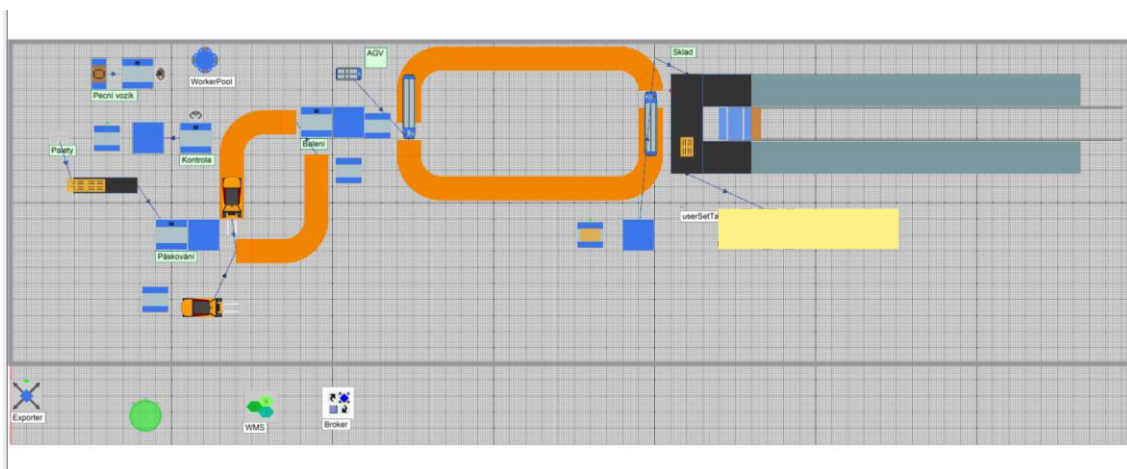
vysokozdvíhací vozíky (VZV) a automaticky naváděné vláčky (AGV) pro přesun keramických komínových vložek (KKV) po tomto středisku.

6.2.1 Původní stav

Při analýze logistického a materiálového toku na středisku třídění a expedice se ukázalo několik míst, vhodných k optimalizaci s využitím prvků průmyslu 4.0 a obecně nových trendů v oblasti logistiky. Jedním ze slabých míst logistického řetězce na tomto úseku byly nedostatečné skladovací prostory. To mnohdy vedlo k nutnosti využívání venkovních ploch okolo areálu výrobního závodu, neboť skaldy nebyly schopné pojmout požadovaný objem výrobků. Dalším slabším místem se ukázaly dlouhé přejezdy vysokozdvíhacími vozíky od automatické balicí linky do skladu. Kdy vozík pobral jednu paletu, tu zaskladnit na požadované volné místo a následně se prázdný vracel zpět. Díky tomu byl provoz vysokozdvíhacími vozíky na tomto středisku značně neefektivní.

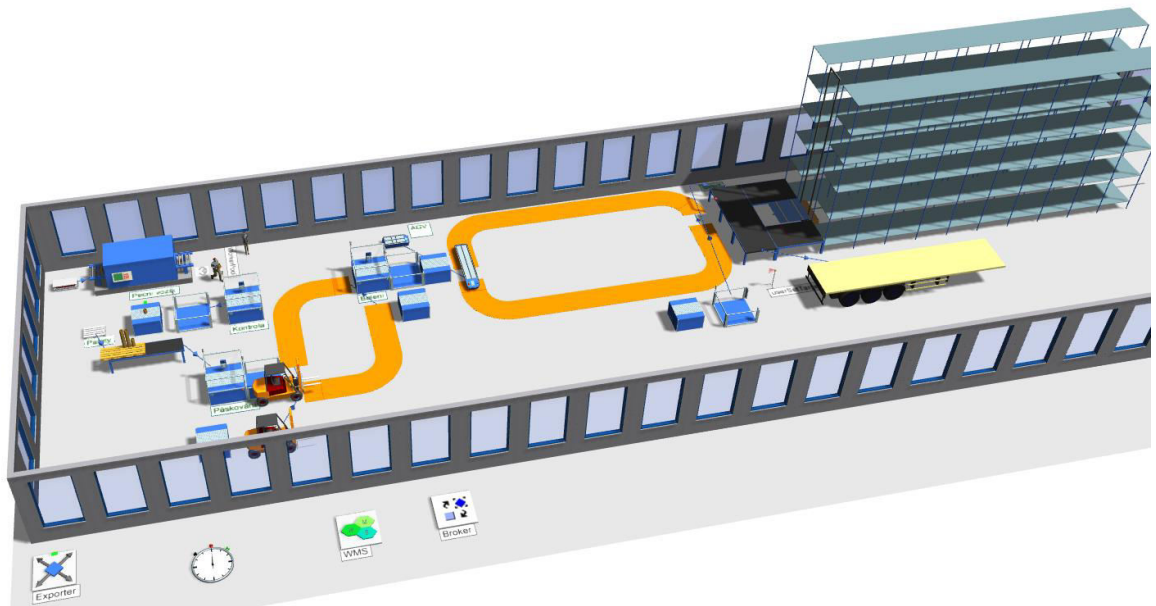
6.2.2 Optimalizovaný stav

Návrh optimalizace na úseku střediska kontroly a expedice zahrnující dva automaticky naváděné vozíky (AGV) a automatický retrak slibují řešení ve výše zmiňovaných slabých místech logistického řešení. Díky AGV se sníží potřeba většího počtu VZV na středisku a jejich neefektivního pohybu po výrobním závodě. Největší potenciál má však zařazení automatického retraku, který svými nižšími nároky na manipulační prostor ve skladovém prostoru umožní zvýšit hustotu regálů a tím i navýšení celkové skladovací kapacity. Základní 2D layout můžeme vidět na obrázku 29, kde jsou již zahrnuty výše popsané návrhy na optimalizaci.



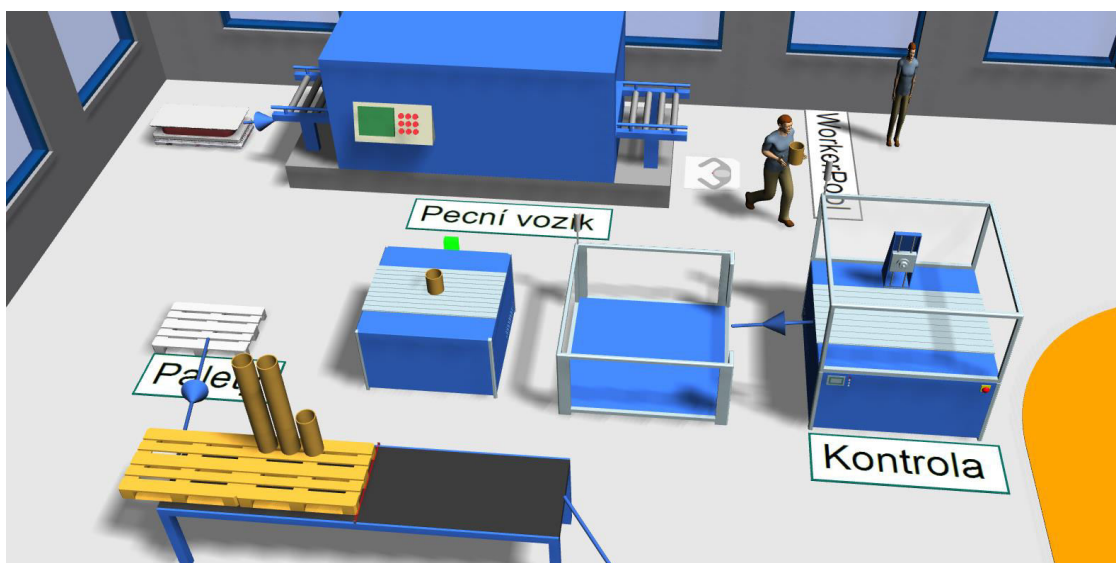
Obr. 29: 2D Layout materiálového toku po optimalizaci

3D zobrazení celého logistického a materiálního toku na tomto středisku po zavedení návrhů optimalizace pak můžeme vidět na obrázku 30.

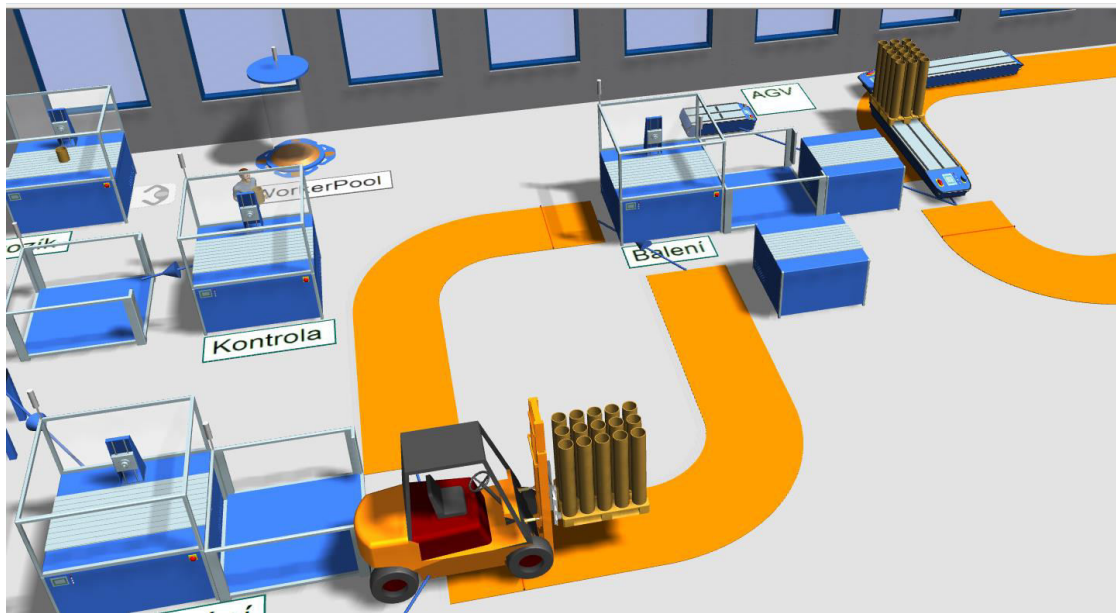


Obr. 30: 3D zobrazení střediska

Na obrázku číslo 31 můžeme vidět ruční třídění keramických komínových vložek (KKV) operátorem výroby. Ten po vyhodnocení a ověření požadované kvality KKV přeloží komínovou vložku ze speciálního pecního vozíku na europaletu. Na paletu jsou vložky stohovány do pěti řad ve třech sloupcích. Jednotlivé úrovně, kterých je celkem šest jsou prokládány. Následně je celá paleta zapáskována ocelovými páskami a vysokozdvížným vozíkem přivezena na pás k automatické balící lince (Obr. 32).

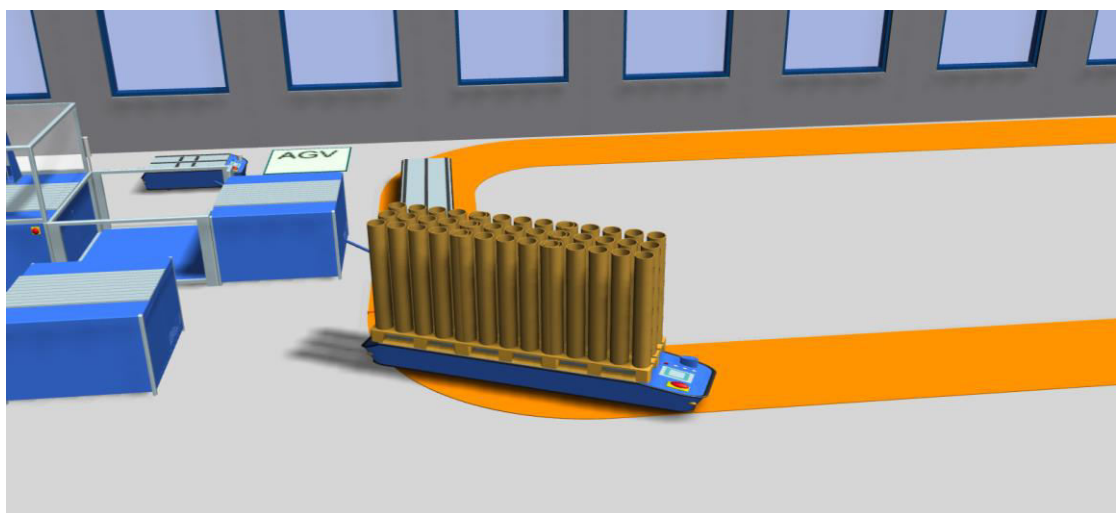


Obr. 31: Výstupní kontrola KKV



Obr. 32: Převoz palety s KKV na automatickou balicí linku

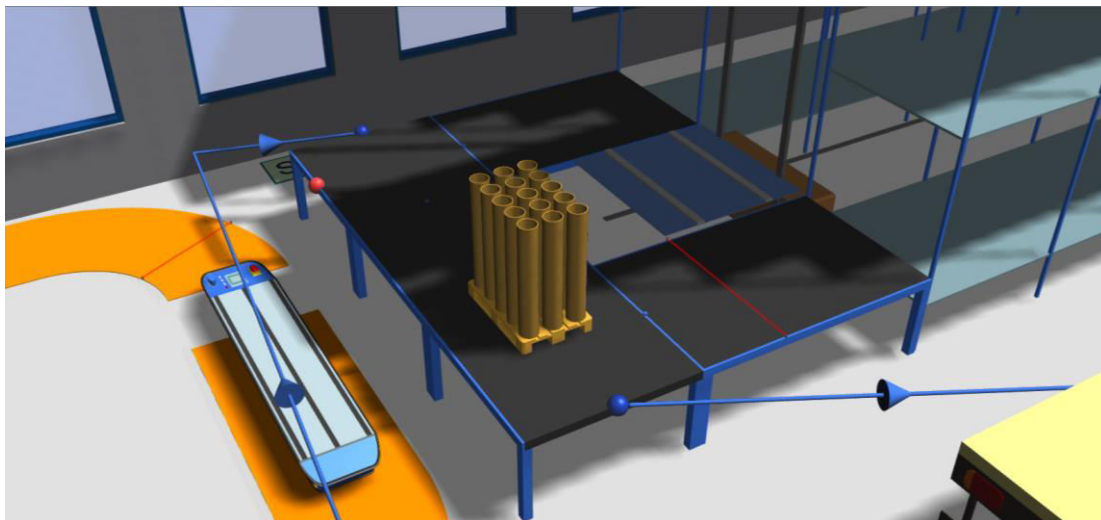
Z automatické balicí linky jsou následně palety naloženy na AGV (Automatic Guide Vehicle), který je schopný odvést tři palety do místa cílového uskladnění (Obr.33). Díky tomu odpadají dlouhé přejezdy VZV na místo skladování a umožňuje to snížit počet VZV na středisku a tím i počet lidských operátorů. To by v dlouhodobém pohledu mělo snížit celkové náklady střediska a vyřešit i personální problém se zaměstnanci.



Obr. 33: AGV vezoucí 3 palety s KKV do prostor skladu

Po vyložení palet s keramickými komínovými vložkami v místě skladování jsou palety zaskladněny na předem určené místo v regálu automatickým regálovým zakladačem. Díky tomu je možné, aby se AGV ihned začal vracet zpět na místo další nakládky

palety s keramickými komínovými vložkami. V mezičase, než dorazí další AGV s dalšími paletami, jsou předchozí palety automaticky zaskladněny (Obr. 34).



Obr. 34: Zaskladnění palet s KKV pomocí automatického retraku

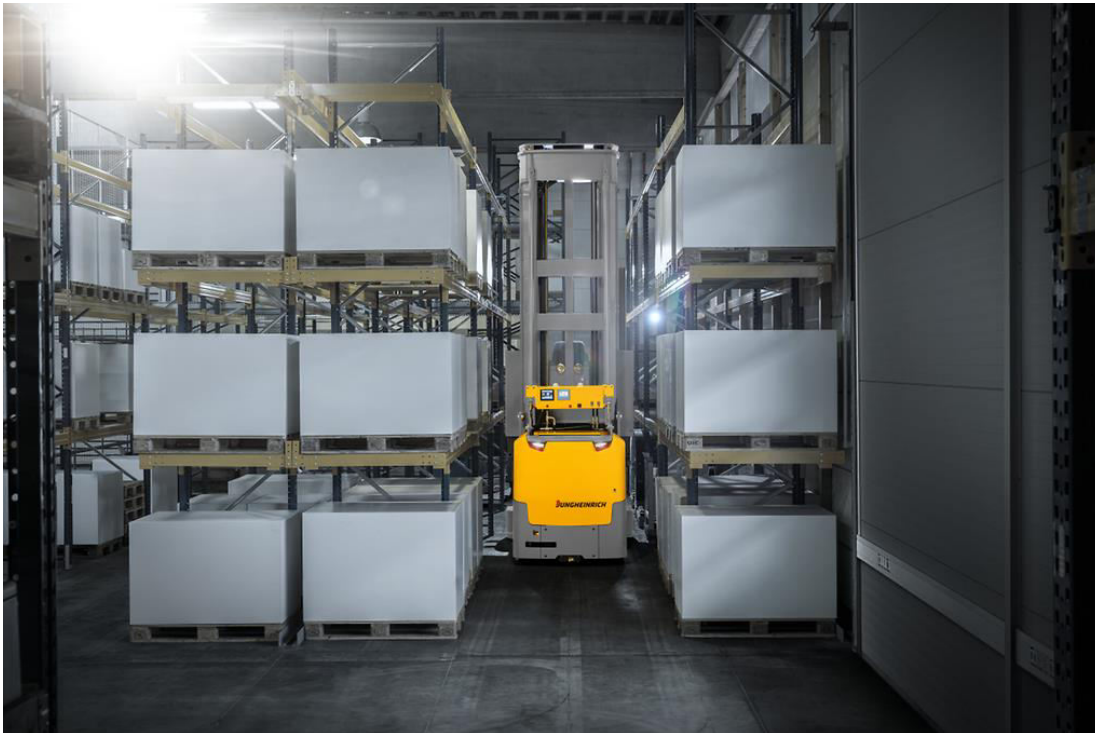
Ze skladu jsou pak v případě expedice automaticky vyskladněny předem určené palety se zbožím (dle interního softwaru). Ty jsou následně nakládány operátory pomocí VZV dle požadavků přepravce. Může se jednat buď o kamionovou/nákladní automobilovou dopravu (nejčastěji) nebo to může být vlaková doprava, neboť do areálu modelové společnosti vedou koleje.

6.2.3 Zhodnocení simulace návrhu optimalizace

Podíváme-li se na simulaci návrhu optimalizace, tak největším přínosem celé optimalizace a zároveň řešením nejvážnějšího problému na tomto středisku, je navýšení kapacity skladovacích prostor. Toho bylo dosaženo využitím automatického retraku, který umožňuje zaskladňovat palety se zbožím kolmo na směr pohybu. To umožňuje výrazně snížit šíři uličky oproti původní variantě, kdy byly palety zaskladňovány klasickým čelním vysokozdvihným vozíkem (viz. tabulka 4) a to o víc jak 1000 mm (obr. 35).

Tabulka 4: Srovnání šířky uličky

	Linde H 20 LPG	Jungheinrich EKX 516 a
Šířka uličky [mm]	2531	1200



Obr. 35: Ukázka šíře uličky u retraku firmy Jungheinrich EKV 516 a [19]

Podíváme-li se na základě dat získaných ze simulace na počty regálů ve skladových prostorách, tak můžeme vidět, že aplikací navrhovaných změn optimalizace je možné získat až o 10 řad regálů. Tím ve výsledku navýšíme celkovou skladovací kapacitu o více než jednu pětinu, konkrétně o 21,7 % (viz. tabulka 5).

Tabulka 5: Srovnání počtu regálů před a po zavedení retraku

	Počet regálů původně	Počet regálů po zavedení retraku
Sklad	46	56
Procento [%]	100 %	21,7 %

Zároveň ušetříme čím dál obtížněji získatelné pracovníky, neboť snížíme počet lidsky obsluhovaných VZV a díky tomu ušetříme i celkové náklady střediska. Předchozí analýza nám ukázala, že 77,7 % z celkových nákladů střediska tvoří náklady na mzdy. Vysokozdvížné vozíky obsluhované lidským operátorem jezdit nevyužívané do vzdáleného skladiště a tím bude i efektivněji využita pracovní doba zaměstnanců.



GRAF 6: Rozdělení skladovací plochy

V neposlední řadě by celkovým zaváděním prvků průmyslu 4.0 mohlo dojít k přesnějšímu plánování výroby. Díky tomu by ze skladů mohlo zmizet vysoké procento „ležáků“ (GRAF 6). Ty nyní zabírají velkou část skladovacích prostor (28,76 % z celkových skladovacích prostor). Zavedením tohoto návrhu optimalizace, by se tedy zvýšila celková kapacita skladovacích prostor o více než 50 % současné kapacity (Tabulka 6). Díky tomu by se zcela eliminovala či alespoň minimalizovala potřeba skladovat výrobky ve venkovních prostorech výrobního závodu, které k tomu nejsou určené. To komplikuje následné zásobování výrobního závodu vstupními surovinami a zejména efektivitu expedice. V neposlední řadě to může mít z dlouhodobého hlediska vliv na kvalitu výrobků, neboť ve venkovních prostorech stoupá riziko poškození již vyrobeného zboží.

Tabulka 6: Přehled uvolnění skladovacích prostor

	Uvolněné procento skladovacích prostor [%]
Zvýšení počtu regálů	21,7 %
Odstranění „ležáků“ ze skladu	28,76 %
Celkem	50,46 %

7. Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout optimalizaci a provést simulaci navržených změn v modelové společnosti zabývající se výrobou žáruvzdorných keramických výrobků, konkrétně keramických komínových vložek.

V první části byla provedena rešerše týkající se výrobního systému a výrobního procesu. Dále také logistiky a manipulací s materiálem včetně jejich ukazatelů, moderních trendů a skladování.

Další část již byla praktická. Jednalo se o analýzu současného stavu logistických systémů v modelové společnosti. Ta odhalila několik slabých míst v celém řetězci, které by bylo možné optimalizovat a tím zvýšit celkovou produktivitu výrobního závodu. Jednalo se zejména o velký počet operací, které provádějí manuálně operátoři výroby, nedostatečné skladovací prostory a dlouhé přejezdy vysokozdvížných vozíků.

Po odhalení slabých míst byla navržena požadovaná optimalizace a řešení logistických problémů. Ty byly nejdříve rozebírány obecněji z pohledu celého logistického řetězce a následně detailněji při zaměření se na středisko kontroly a expedice. Optimalizace na tomto středisku byla detailněji navržena, a to včetně orientační finanční kalkulace. Navržená řešení obsahují prvky moderních trendů v logistice, a to zejména prvky průmyslu 4.0 jako jsou automatické naváděné vozíky (AGV) pro rozvoz materiálu či automatické regálové zakladače. Zejména speciální automatický regálový zakladač vyřeší jeden z největších problémů na tomto středisku, a to nedostatek skladovacích prostor. Při aplikaci tohoto stroje bude umožněna větší hustota regálů ve skladu a tím i výrazně větší využitelnost těchto prostor. To by mělo mít za následek snížení či dokonce eliminaci potřeby skladovat zboží mimo předem určené skladovací prostory uvnitř výrobní haly a v jejím bezprostředním okolí. Zároveň díky lepšímu plánování výroby by mělo být dosaženo snížení počtu „ležáků“ ve skladech. Díky tomu by se měla navýšit celková kapacita skladovacích prostor o zhruba 50 % oproti výchozímu stavu. Aplikací těchto moderních metod do logistického řetězce by se zvýšila nejen efektivita celého střediska, ale tím i celková konkurenční schopnost podniku jako takového.

Tyto návrhy byly následně odsimulovány v softwaru PlantSimulation 16.1. V první části této kapitoly byla provedena zjednodušená simulace celého logistického řetězce ve

výrobním podniku, a to od počátku surové výroby přes výroby až po uskladnění a expedici. Následně pak již probíhala detailnější simulace na středisku kontroly a expedice po zpracování návrhu optimalizace. Jednalo se tedy o zapojení automatických naváděných vozíků (AGV) a automatického retraku pro zakládání do regálů. Ze simulace vyplývá, že by tento systém mohl být v praxi použitelný pro řešení logistických problémů na tomto středisku.

Potřebná investice do navrhovaných technologií je sice značná – přesahuje 9 000 000 Kč. Nicméně řeší aktuální problémy společnosti a zároveň je cílena i do budoucnosti, a to zejména se zhoršující se situací na trhu práce, kdy je stále obtížnější sehnat zaměstnance. Díky zavádění prvků průmyslu 4.0 a alespoň dílčí automatizaci na středisku kontroly a expedice tak klesne potřebný počet pracovníků. Tím se sníží celkové finanční náklady střediska i nedostatek personálního zabezpečení.

Seznam literatury

- [1] ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. 2007. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [2] ZELENKA, Antonín, Luděk VOLF a Antonie POSKOČILOVÁ. *Projektování výrobních systémů: návody na cvičení*. 2009. V Praze: České vysoké učení technické, 2009. ISBN 978-80-01-04394-3.
- [3] DRDOVÁ, Vendula. *Optimalizace výrobní linky ve vybraném podniku*. Praha, 2007. Diplomová práce. VŠE Praha. Vedoucí práce Ing. Vladimír Lukšů, CSc.
- [4] PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. Vyd. 2. přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-010-2556-X.
- [5] MAGNUSKOVÁ, Jana. *Průmyslová logistika: skripta*. 2014. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta, 2014. ISBN 978-80-248-3485-6.
- [6] LENORT, Radim. *Průmyslová logistika*. 2012. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2584-7.
- [7] SIXTA, Josef a Miroslav ŽIŽKA. *Logistika: metody používané pro řešení logistických projektů*. Brno: Computer Press, 2009. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 978-80-251-2563-2.
- [8] MĚRKOVÁ, Romana. *Optimalizace výrobního procesu prostřednictvím CPM* [online]. [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10084/99244>
- [9] TVRDOŇ, Leo a Jaroslav BAZALA. *DiProfi: Logistika v praxi* [online]. Praha: Dashofer, 2018 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.dlprofi.cz/log/onb/33/cile-a-obsah-vyrobní-logistiky-niqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EoSf6RcLfOnlROsXwHtj4Vvk/?query=logistika&serp=1>
- [10] NOVÁK, Josef. *ORGANIZACE A ŘÍZENÍ* [online]. Vysoká škola báňská, , 76 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/414/organizace-a-rizeni.pdf>
- [11] *EMANS: Smart industry solution* [online]. Praha: anasoft.com, 2019 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.anasoft.com/emans/cz/home/Novinky-blog/Blog/Globalni-megatrendy-v-logistice-a-prumyslu-na-rok-2020>
- [12] TROBLOVÁ, Petra. *Trendy v české logistice* [online]. 2020, , 25 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://www.sklad.cz/data/folders/Trendy%20v%20ceske%20logistice%2020-f2.pdf>

- [13] MOŠKOŘ, Jakub. *Manipulace s materiálem ve skladě*. Brno, 2015. Bakalářská práce. VUT Brno. Vedoucí práce Ing. Marek Štroner, Ph.D.
- [14] *AutoSAS* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.autosas.cz/cs/>
- [15] *Toyota: Material handling* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: https://toyota-forklifts.cz/?utm_campaign=Brand_SN_D&utm_source=adwords&utm_term=toyota%20material%20handling&utm_medium=ppc&hsa_ver=3&hsa_tgt=kwd-325054196799&hsa_kw=toyota%20material%20handling&hsa_src=g&hsa_mt=p&hsa_cam=10677149511&hsa_grp=103370838857&hsa_ad=452363334908&hsa_net=adwords&hsa_acc=3532893713&gclid=Cj0KCQjw0oCDBhCPARIsAI3C_G99O8I2a_LWCpW_Ya7LmZJQVw_52njq-jVj0pWr6OQGFzO-HiTDMaAtjaEALw_wcB
- [16] *ITECO* [online]. 2021 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.iteco.cz/sloupove-otocne-jeraby-lsx-s-elektrickym-retezovym-kladkostrojem-abucompact.html>
- [17] *SCHIEDEL* [online]. München, 2021 [cit. 2021-12-13]. Dostupné z: <https://www.schiedel.com/cz/produkty/keramicke-kominove-systemy/keramicke-kominove-vlozky/>
- [18] ZAJÍC, Milan. *Návrh strategické implementace konceptu průmysl 4.0*. PRAHA, 2019. Diplomová práce. ČVUT FS. Vedoucí práce Ing. Tomáš Kellner.
- [19] *Jungheinrich AG* [online]. Praha, 2021 [cit. 2021-11-20]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/systemy/autonomni-voziky/automaticke-voziky/ekx-516a-492422>
- [20] *Siemens: Ingenuity for life* [online]. Munich, 2021 [cit. 2021-12-14]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/store/cz-cz/trial/plant-simulation.html>

Seznam obrázků

Obr. 1: Rozdělení výrobních systémů [1]

Obr. 2: členění logistiky [4]

Obr. 3: Přehled ukazatelů logistiky [4]

Obr.4: Centralizovaná vs. decentralizovaná výroba [11]

Obr. 5: Zjednodušené schéma rozboru informačních a materiálových toků [1]

Obr. 6: Přehled manipulačních prostředků [13]

Obr. 7: Funkce skladování [1]

Obr. 8: Funkce skladu [1]

- Obr. 9: Komínová keramická vložka (KKV) [17]
- Obr. 10: Blokové schéma výroby [18]
- Obr. 11: Sušárenské vozíky [18]
- Obr. 12: Naložený pecní vozík [18]
- Obr. 13: Základní schéma materiálového toku
- Obr. 15: Bezpečnostní senzory a kamery na Toyota TAE500 [15]
- Obr. 16: Toyota tow train (AGV) [15]
- Obr. 17: Toyota T-ONE systém [15]
- Obr. 18: Automatický regálový zakladač firmy Jungheinrich [19]
- Obr. 19: 2D pohled na zjednodušenou simulaci materiálového toku
- Obr. 20: 3D pohled na simulaci materiálového toku
- Obr. 21: Simulace drcení a míšení vstupních materiálů
- Obr. 22: Simulace surové výroby KKV
- Obr. 23: Ruční překlád do sušárenských vozíků operátorem výroby
- Obr. 24: Simulace procesu sušení, překlád na pecní vozíky a výpal
- Obr. 25: výstupní kontrola
- Obr. 26: rovnání KKV na paletu
- Obr. 27: Transport zapáskované palety na balící linku
- Obr. 28: Transport zabalené palety s KKV na uskladnění
- Obr. 29: 2D Layout materiálového toku po optimalizaci
- Obr. 30: 3D zobrazení střediska
- Obr. 31: Výstupní kontrola KKV
- Obr. 32: Převoz palety s KKV na automatickou balící linku
- Obr. 33: AGV vezoucí 3 palety s KKV do prostor skladu
- Obr. 34: Zaskladnění palet s KKV pomocí automatického retraku
- Obr. 35: Ukázka šíře uličky u retraku firmy Jungheinrich EKX 516 a [19]

Seznam grafů

GRAF 1: Procentuální zastoupení VZV mezi jednotlivými středisky

GRAF 2: Graf motohodin a jejich procentuálního rozdělení mezi jednotlivá střediska

GRAF 3: Průměrné vytížení VZV dle středisek

GRAF 4: Procentuální rozložení nákladů na jednotlivá střediska

GRAF 5: Náklady na středisko expedice

Seznam tabulek

Tabulka 1: Počet nákladních aut za měsíc červen

Tabulka 2: technické specifikace vozíku Jungheindrich EKX 516A [19]

Tabulka 3: Orientační náklady na optimalizaci

Tabulka 4: Srovnání šířky uličky

Tabulka 5: Srovnání počtu regálů před a po zavedení retraku

Tabulka 6: Přehled uvolnění skladovacích prostor

Seznam použitého softwaru

Microsoft Word

Microsoft Excell

Microsoft Powerpoint

Siemens Tecnomatix Plant Simulation 16.1