

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2301T007 Průmyslové inženýrství a management

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Racionalizace zásobování montážních linek

Autor: **Martin Rödl**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jana Kleinová, CSc.**

Akademický rok 2013/2014





## **Poděkování**

Děkuji vedoucí mé diplomové práce Doc. Ing. Janě Kleinové, CSc. za odborné vedení při psaní diplomové práce. Dále bych rád poděkoval konzultantce paní Ing. Kunové, Ph.D. za velmi vstřícný přístup a cenné rady, které mi poskytla při psaní diplomové práce.

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou/diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou/diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské/diplomové práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Rödl	Martin	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	2301T007 / Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Doc. Ing. Kleinová, CSc.	Jana	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	<b>Nehodící se škrtněte</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Racionalizace zásobování montážních linek		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2014
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	75	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	59	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	16
---------------	----	---------------------	----	----------------------	----

<p><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Diplomová práce obsahuje návrh trasování zásobovacích vláčků montážních linek. Jednotlivé trasy jsou simulovány pomocí simulačního programu Arena a z výsledku simulace bylo navrženo optimální řešení.</p>
<p><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>Logistika, zásobování výroby, simulace, výroba, Grammer CZ s. r. o.</p>

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Rödl	Martin	
<b>FIELD OF STUDY</b>	2301T007 / Industrial Engineering and Management		
<b>SUPERVISOR</b>	Doc. Ing. Kleinová, CSc.	Jana	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<del><b>BACHELOR</b></del>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Rationalization of supplying assembly lines		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2014
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	75	<b>TEXT PART</b>	59	<b>GRAPHICAL PART</b>	16
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The thesis contains designing of lines supply trains of assembly lines. The individual lines are simulated by the Arena simulation software and simulation results led to an optimal solution.
<b>KEY WORDS</b>	Logistics, production supply, simulation, production, Grammer CZ s. r. o.

## Obsah

Úvod.....	11
1 Výroba v průmyslových podnicích .....	12
1.1 Výroba .....	12
1.2 Výrobní proces .....	13
1.3 Technické prostředky výroby .....	14
1.4 Typologie výroby .....	14
1.4.1 Typologie výroby v závislosti na vyráběném množství .....	15
1.4.2 Typologie prostorového a organizačního uspořádání .....	15
1.5 Základní typy uspořádání .....	15
1.5.1 Rozlišení předmětné struktury .....	17
1.6 Výrobní systém.....	18
2 Logistika.....	20
2.1 Výrobní logistika .....	20
2.2 Zásoby v podniku .....	21
2.3 Řízení výroby metodou Kanban .....	23
3 Metody racionalizace výroby.....	25
3.1 Optimalizace systémů materiálových a informačních toků.....	25
3.2 Kaizen.....	27
3.3 Normování spotřeby práce.....	28
3.3.1 Zásady měření spotřeby času .....	28
4 Simulace .....	29
4.1 Definice simulace .....	29
4.2 Základní druhy simulací .....	29
4.3 Proces hromadné obsluhy.....	30



4.4	Základní pojmy z oblasti simulací.....	30
5	Analýza současného stavu firmy.....	32
5.1	Představení společnosti.....	32
5.2	GRAMMER CZ .....	34
5.3	Výroba v GRAMMER CZ .....	35
5.4	Příklad montážní linky.....	36
5.5	Výrobní kapacita montážních linek.....	38
5.6	Popis layoutu závodu GRAMMER v Žatci.....	40
5.7	Popis důležitých částí závodu Žatec.....	40
5.7.1	Přípravna obalů .....	40
5.7.2	Sklad hotové výroby.....	41
5.7.3	Supermarket .....	42
5.8	Manipulační technika .....	42
5.8.1	Tahače .....	42
5.8.2	Tažné vozíky .....	43
5.9	Zásobování montážních linek.....	44
5.10	Současný stav zásobování.....	44
6	Simulační studie .....	46
6.1	Popis simulovaného stavu .....	46
6.2	Vstupní data simulace.....	46
6.3	Simulační software .....	48
6.4	Simulační model.....	49
6.4.1	Simulační model montážní linky.....	49
6.4.2	Vytvoření zakázky v simulačním modelu.....	50
6.4.3	Přeprava v simulačním modelu.....	51
6.5	Simulační experiment 1 .....	53

6.5.1	Simulační výpočet .....	54
6.5.2	Výsledky simulace dle experimentu 1 .....	54
6.6	Simulační experiment 2 .....	57
6.6.1	Rozhodovací proces zavážení .....	58
6.6.2	Simulační výpočet experimentu 2 .....	59
6.6.3	Výsledky simulace dle experimentu 2 .....	60
6.7	Simulační experiment 3 .....	62
6.7.1	Simulační výpočet experimentu 3 .....	63
6.7.2	Výsledky simulace .....	64
7	Zhodnocení .....	67
8	Závěr .....	68
	Seznam použité literatury .....	70
	Seznam obrázků .....	72
	Seznam tabulek .....	75
	Přílohy .....	76

## Úvod

Racionalizace výroby se stala součástí každodenního uvažování firem. Řada společností pro tento úkol zavedla vlastní oddělení, která se zabývají problémy moderního průmyslového inženýrství. Firmy si uvědomují, že neinovování by vedlo k jejich zániku. Proto u sebe nastavují takové procesy, které vedou k neustálému zlepšování. Právě těmi se zabývá obor Průmyslového inženýrství, který obsahuje nástroje a filosofie, jak se těmito problémy zabývat.

Zajištění optimálních materiálových toků je jednou z nejdůležitějších oblastí nastavení výroby tzn. mít materiál ve správném množství, na správném místě, ve stanoveném čase a za co možná nejnižších nákladů. Cílem této práce bude nastavit budoucí stav zásobování montážních linek, navrhnout zlepšení a pomocí simulace ověřit navržená řešení zásobování nově postavené výrobní haly firmy Grammer CZ s. r. o..

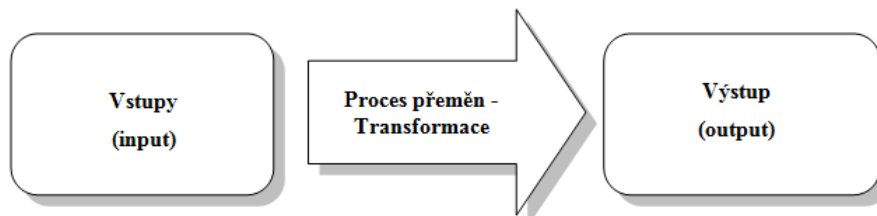
První část práce se věnovala teoretické rovině výroby, logistiky, racionalizace a simulace. Tyto disciplíny a jejich metody jsou základem pro řešení praktické části.

Na začátku druhé části této práce je představena společnost Grammer CZ s. r. o. Jsou popsány jednotlivé části výroby, vnitřní systém zásobování a manipulační technika. Je navržen systém tras a zavážení. Tento navržený systém je nasimulován v programu Arena. Na konci této části jsou zhodnoceny výsledky simulace.

# 1 Výroba v průmyslových podnicích

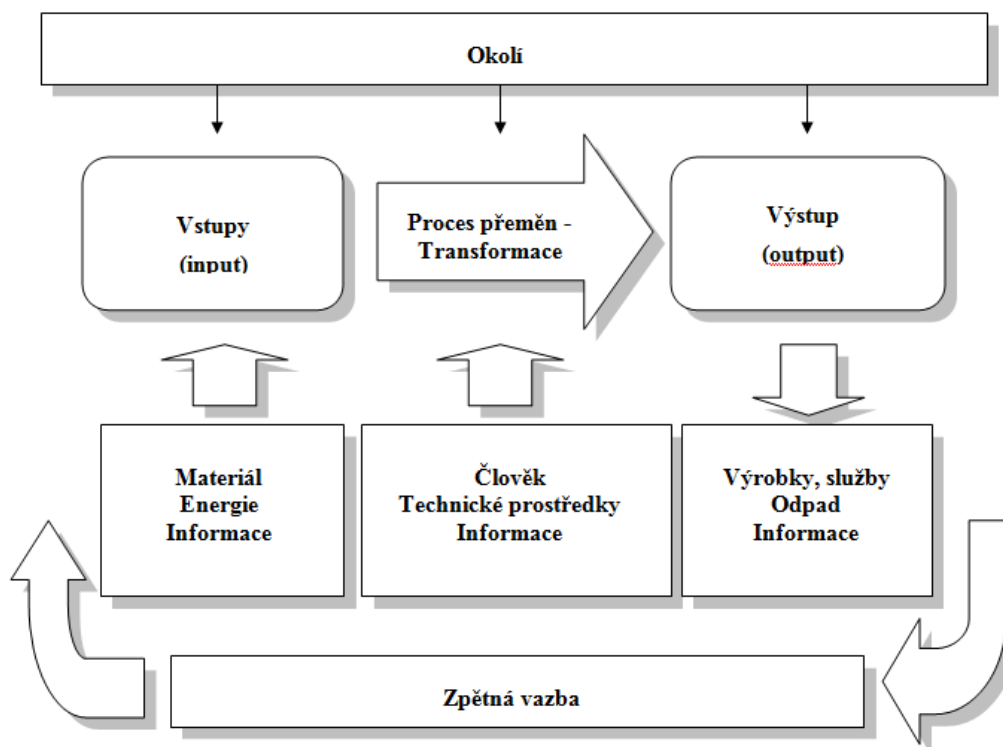
## 1.1 Výroba

Výrobu je možné definovat jako přeměnu výrobních faktorů ve výrobky/služby, jinými slovy se jedná o materiální transformaci vstupů na výstupy viz obrázek 1.



Obrázek 1: Základní schéma výroby [1]

Má-li transformační proces vést k žádoucí přeměně materiálu (v širším slova smyslu jsou za materiál považovány i suroviny, energie, polotovary) je potřeba použít lidských výkonů (pracovní síly), podnikových prostředků (výrobní zařízení, nástroje, nářadí a speciální přípravky, počítače, apod.) a informací, viz obrázek 2 [1]



Obrázek 2: Schéma výroby - s vymezením vstupů, přeměn a výstupů [1]

## 1.2 Výrobní proces

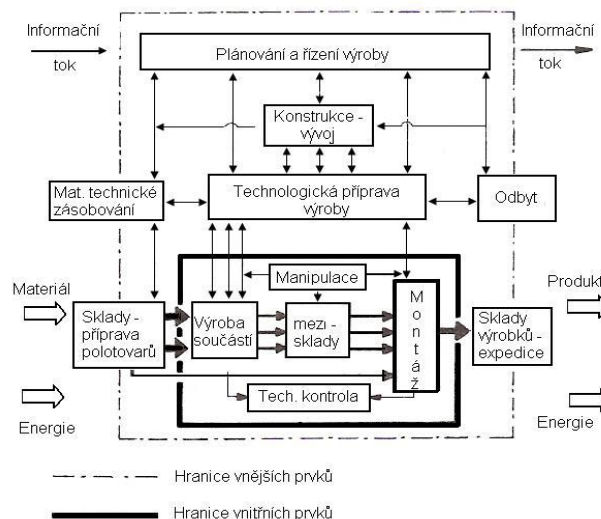
Výrobní proces je charakterizován jako souhrn technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, jejichž účelem je měnit tvar, rozměry, složení, jakost a spojení výchozích materiálů a polotovarů z hlediska požadovaných technicko-ekonomických podmínek vyráběného výrobku. [2]

Výrobní proces je realizován prostřednictvím výrobních systémů. Ty lze v obecném pojetí charakterizovat jako věcné, technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné seskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií, výrobních a pracovních prostředků) a pracovních sil využívaných pro výrobu vybraného sortimentu výrobků. [2]

Technologicko-organizační úroveň výrobních systémů, jejich specializační struktura, stupeň mechanizace, kooperace a integrace jsou závislé na vzájemném působení řady faktorů (prvků a požadavků). Nejdůležitějšími faktory jsou:

- výrobek - jeho konstrukčně technologická koncepce a frekvenční požadavky,
- materiál a polotovary,
- výrobní stroje, dopravní a kontrolní zařízení,
- technologie - tváření, slévání, obrábění, montáže apod.,
- pracovníci – jejich kvalifikace, odbornost, pracovní prostředí apod.,
- energie - druh, způsob předávání, množství atd.,
- organizace - časová a prostorová struktura. [2]

Na obrázku 3 je zobrazeno zjednodušené schéma struktury výrobně-montážního systému, ze kterého jsou patrné prvky jak vnější, tak i vnitřní struktury. Členění struktury na vnitřní a vnější je nezbytné nejen z hlediska časové, obsahové a prostorové návaznosti toku informací, materiálu, rozmístění a využití výrobních prostředků, činnosti pracovních sil, ale také z hlediska pravomocí a odpovědnosti prvků systému tj. v podstatě vymezení jejich rozhodovací, obsahové a časové náplně. [2]



Obrázek 3: Zjednodušené schéma výrobně-montážního systému [2]

Nezbytným předpokladem efektivního výrobního procesu je technicko-ekonomická vyváženost (proporcionalita) nejdůležitějších prvků a provozních podmínek výrobního systému, kte-

rá je závislá především na tvůrčí aktivitě člověka. Tato aktivita způsobuje určité změny, inovace, které se projeví různými efekty, např. v produktivitě, objemu výroby, výrobních nákladech. [2]

### 1.3 Technické prostředky výroby

Za technické prostředky se označují výrobní faktory, které vznikají v průběhu výroby a jsou dále uplatňovány v další výrobě jako vstupy (budovy, stroje, výrobní zařízení). Tímto znakem se technické prostředky podstatně liší od ostatních zdrojů. Postavení lidské práce se ve výrobním procesu radikálně mění (dochází k nahrazování manuální práce zejména prací řídicí a intelektuální). Na kvalitě lidské práce závisí využívání všech ostatních faktorů.

V současné době jsou nejdynamičtějším faktorem výroby informace. Pro vlastní výrobní proces představují informace o technologii (způsobu přeměny výchozího materiálu) nezastupitelnou roli. Použitá technologie do jisté míry předurčuje rychlost, efektivnost, kvalitu a ekologičnost výroby. Pro úspěšný rozvoj výrobního procesu jsou zároveň nepostradatelné informace o okolí (makrookolí, mikrookolí) a o vlastním průběhu výrobního procesu. [1]

Výstupy výrobního procesu představují především produkty - výrobky nebo služby, které výrobním procesem prošly, informace a vedlejší produkty. Základním výstupem charakteristickým pro výrobu je produkt. Může se jednat o hmotný produkt (výrobek) nebo i nehmotný produkt (služba). V případě poskytování služeb nemusí nutně dojít k vlastní materiálové přeměně (např. poradenské služby) [1]

V rámci průmyslové výroby jsou klasickým vstupem všechny druhy základního i pomocného materiálu včetně surovin, nakupovaných polotovarů a energie. Pro proces přeměny jsou nezbytné budovy, výrobní zařízení a stroje včetně speciálních přípravků, nářadí a pracovníci. Za přímý výstup výroby je považováno zboží určené k prodeji a vedlejšími produkty jsou odpady, popř. i další znečištění životního prostředí. [1]

Výsledkem výroby jsou hmotné výrobky nebo služby, které prošly ve výrobě procesem transformace. V užším pojetí je výroba chápána jako zpracování surovin a materiálů do finálních produktů. Naopak v jejím nejširším pojetí je do výroby zahrnováno vše, co tvoří hodnotu, jako např. financování, správa nebo audit. Přidaná hodnota představuje termín, který popisuje rozdíl mezi náklady pořízených vstupů a hodnotou transformovaných výstupů. [3]

### 1.4 Typologie výroby

Každá konkrétní výroba nese řadu znaků odlišujících se od ostatních. Některé znaky jsou pro různé výroby společné a umožňují třídění výrobních procesů podle různých hledisek. Tyto znaky nám pomáhají při projektování a řízení dané výroby. Pro řízení výroby jsou nejdůležitějšími charakteristikami:

- typ výroby,
- plynulost výrobního procesu,
- charakter technologie,
- forma organizace. [4]

### 1.4.1 Typologie výroby v závislosti na vyráběném množství

Míra odlišnosti sortimentu a vyráběného množství dává informaci o míře standardizace. Proto z hlediska počtu vyráběných druhů, počtu kusů produktů vyráběných od jednoho druhu, opakovanosti výrobního procesu je možné výrobu členit na následující typy:

**Hromadná výroba** - vyrábí se velké množství jednoho druhu výrobku nebo pouze malý počet druhů. Výrobní proces se opakuje a je zde relativně dlouhá ustálenost výroby. Existuje ještě i tzv. druhová výroba, která představuje speciální případ hromadné výroby, kdy je vyráběno více variant jednoho hromadně vyráběného produktu (např. výroba piva).

**Sériová výroba** - výroba stejného druhu výrobku se opakuje v sériích (podle velikosti série se rozděluje na malosériovou, středně sériovou, velkosériovou). Výroba série se opakuje s větší či menší pravidelností.

**Kusová výroba** - vyrábí se jeden výrobek nebo omezené množství výrobků od jednoho druhu. Průběh výroby se opakuje nepravidelně nebo vůbec. V závislosti na velikosti podniku a velikosti zakázky je nutno vyrábět větší počet druhů. [1]

Typologie výroby ovlivní:

- požadavky na výrobní zařízení,
- požadavky na kvalifikaci pracovní síly,
- prostorové rozmístění výrobního zařízení,
- podrobnost zpracování výrobní dokumentace,
- formu organizace procesů a uplatňovaný systém řízení. [1]

### 1.4.2 Typologie prostorového a organizačního uspořádání

Prostorové uspořádání výrobního systému vymezuje proporcionální vztahy mezi jednotlivými prvky systémů především z hlediska:

- forem a uspořádání výrobních zařízení,
- relativního rozdělení výrobních, pomocných, obslužných a ostatních ploch pro racionální výrobní proces.

Při návrhu struktury se v podstatě zabýváme technologicko-organizačním řešením výrobního systému ve vymezeném prostoru s ohledem k vybranému sortimentu a objemu výroby. [1]

## 1.5 Základní typy uspořádání

### a) Pevné uspořádání

Pevné uspořádání je takové, kdy je produkt vyráběn na jenom místě a prostředky nutné k jeho výrobě jsou k němu dopravovány. Jedná se převážně o rozměrné produkty, se kterými by byla manipulace nákladnější než doprava výrobních prostředků k výrobku.

### b) Technologické uspořádání

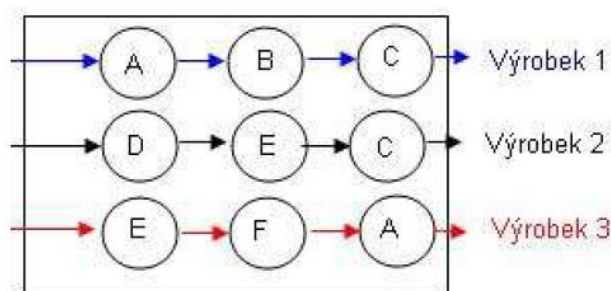
Při technologickém uspořádání jsou pracoviště rozděleny dle vykonávaného procesu. Výrobek prochází jednotlivými pracovišti dle technologického postupu, kde jsou prováděny dané procesy. Každý produkt může mít jiný materiálový tok a zařízení na jednom pracovišti je většinou možné vzájemně nahradit, což pomáhá zejména při nenadálých poruchách výrobního zařízení. Technologické uspořádání zároveň klade větší nároky na pracovníky a na správné

řízení a plánování využití strojů a lidí. Je vhodné, pokud existuje více odlišných výrobků, které se vyrábí v menších objemech.

### c) Předmětné uspořádání

U předmětného uspořádání pracovišť jsou pracoviště uspořádána s technologickým postupem tak, aby mezioperační přeprava výrobků (resp. součástí, materiálu atd.) byla minimální a co nejvíce plynulá, viz obrázek 4. Těmto požadavkům je přizpůsobeno fyzické rozmístění strojů v dílně tak, aby přeprava výrobků byla co nejjednodušší. Předmětně uspořádaná výroba ve srovnání

s logicky uspořádanou výrobou vyžaduje poněkud užší okruh výrobků vyráběných ve větších objemech s limitovanými možnostmi přizpůsobování výrobků požadavkům. [5]



Obrázek 4: Předmětné uspořádání výroby [5]

V následující tabulce je možné vidět srovnání výhod a nevýhod pevného, technologického a předmětného uspořádání.

	<b>Pevné uspořádání</b>	<b>Technologické uspořádání</b>	<b>Předmětné uspořádání</b>
<b>Výhody</b>	velmi vysoká výrobová flexibilita	vysoká výrobová flexibilita	výrobová flexibilita
	odpadá manipulace s výrobkem (zákazníkem)	snadná výroba	kontrola výroby
			speciální zařízení a personál
			vysoká produktivita
<b>Nevýhody</b>	vysoké jednotkové náklady	nižší výrobní (rozprac. výroba)	využití zdrojů
	plánování operací může být obtížné	komplikované materiálu	toky materiálu
			nepružnost
			malá odolnost proti poruchám
			neatraktivní charakter práce

Tabulka 1: Porovnání výhod a nevýhod uspořádání [5]



### 1.5.1 Rozlišení předmětné struktury

Dle [2] se rozlišují v rámci předmětné struktury tyto dva druhy předmětné výroby:

#### Struktura hnízdová

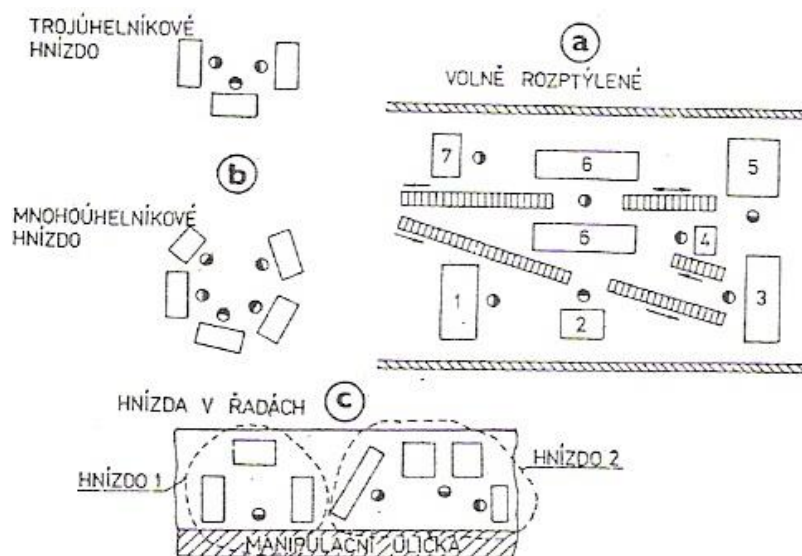
Výrobní zařízení je prostorově uspořádáno v závislosti na požadavcích zpravidla předem vybraného sortimentu součástí. V hnízdové struktuře se realizuje především dílčí výrobní proces pro konstrukčně a technologicky podobné skupiny součástí (např. na principu skupinové technologie).

Výroba u tohoto typu předmětné struktury probíhá zejména ve volné časové návaznosti jednotlivých prvků. Proto hnízdové uspořádání obsahuje kromě výrobních strojů také vstupní a výstupní místa s výměnou obrobků, resp. se zásobníkem obrobků, které současně řeší problematiku mezioperačních skladů.

Hnízdové struktury v podstatě tvoří dílčí výrobní systémy s nižším stupněm komplexnosti výroby, tj. s neukončeným cyklem výroby. Nejčastěji se tento typ prostorové struktury realizuje v malosériové, eventuálně středně sériové výrobě.

V závislosti na sortimentu, sériovosti výroby, opakovatelnosti výroby, stupni mechanizace, komplexnosti výroby a stupni integrace technologických, kontrolních a manipulačních činností může být hnízdové uspořádání realizováno jako:

- volně rozptýlené,
- buňkové (trojúhelníkové, mnohoúhelníkové),
- řadové. [2], [5]



Obrázek 5: Schémata hnízdových struktur [2]

#### Struktura linková

Druhou předmětnou strukturu, kterou dle Zelenky rozlišujeme, je struktura linková, která je vhodná pro výrobu užšího sortimentu a vyššího výrobního množství technologicky podobných produktů. Podle rozsahu sortimentu součástí se linkové uspořádání realizuje jako pružné nebo proudové. [2]

### ***Pružné linky***

Pružné linky představují více předmětné linky určené pro výrobu vybrané skupiny součástí, vymezené tvarem, rozměry, technologií výroby, velikostí výrobní dávky apod. Charakteristické je zde volné spojení mezi jednotlivými pracovišti linky a tok materiálu se může měnit podle potřeby jak v počtu, tak v pořadí prováděných operací. Výsledkem je technologická pružnost v rámci daného sortimentu produktů. Pružné linky se uplatňují především ve středně sériové, příp. malosériové opakované výrobě. [2]

### ***Proudové linky***

Jsou nejčastěji jedno předmětné linky, charakterizované jednosměrným pevným dopravním spojením jednotlivých pracovišť, které jsou určeny k provedení uzavřeného souboru operací s předem danou posloupností a dobou trvání všech činností (technologických i manipulačních).

Proudové linky rozlišujeme zpravidla podle časové návaznosti jednotlivých pracovních míst na linky:

- *synchronizované*, u nichž je objem práce v jednotlivých pracovních místech časově vyvážen, takže tempo předávání je ve všech místech stejné a pracoviště i linka pracují ve stejném taktu. Pokud se stane, že některá operace je delší než takt linky, řeší se taková situace zařazením paralelních pracovišť,
- *nesynchronizované*, kde jednotlivá pracovní místa pracují v individuálním taktu. Plynulá vzájemná návaznost pracovních míst je umožněna pomocí transformačních zásob, tj. rozpracovanými produkty mezi sousedními pracovními místy, které se cyklicky vytvářejí a spotřebovávají.

Proudové linky se využívají zejména ve velkosériové a hromadné výrobě. Používané stroje mají vysoký stupeň pracovní specializace - obrábí se většinou jedna součást, používá se speciálních stavebnicových strojů a realizace těchto linek vyžaduje značné investiční prostředky. [2]

## **1.6 Výrobní systém**

Úlohou výrobního systému je racionální vykonávání předepsaného technologického procesu tak, aby z polotovaru vznikl výrobek geometricky definovaného tvaru, většinou daného technickým výkresem, splňující kvalitativní ukazatele požadované technickými podmínkami.

S ohledem na různé možnosti ohraničení můžeme pod pojmem výrobní systém chápat útvary s jedním strojem nebo skupinu strojů až k celému podniku, včetně konstrukce a montáže. Lze tedy říci, že výrobní systém je organizmus, ve kterém probíhá výrobní proces, tzn. sled technologických a netechnologických operací vytvářející relativně uzavřený výrobní cyklus.

Tento systém je možné rozdělit do dvou subsystémů - vnitřního a vnějšího. Vnější systém obsahuje pracoviště, které tvoří základní vybavení výrobního systému.

Vnitřní systém vykonává následující činnosti:

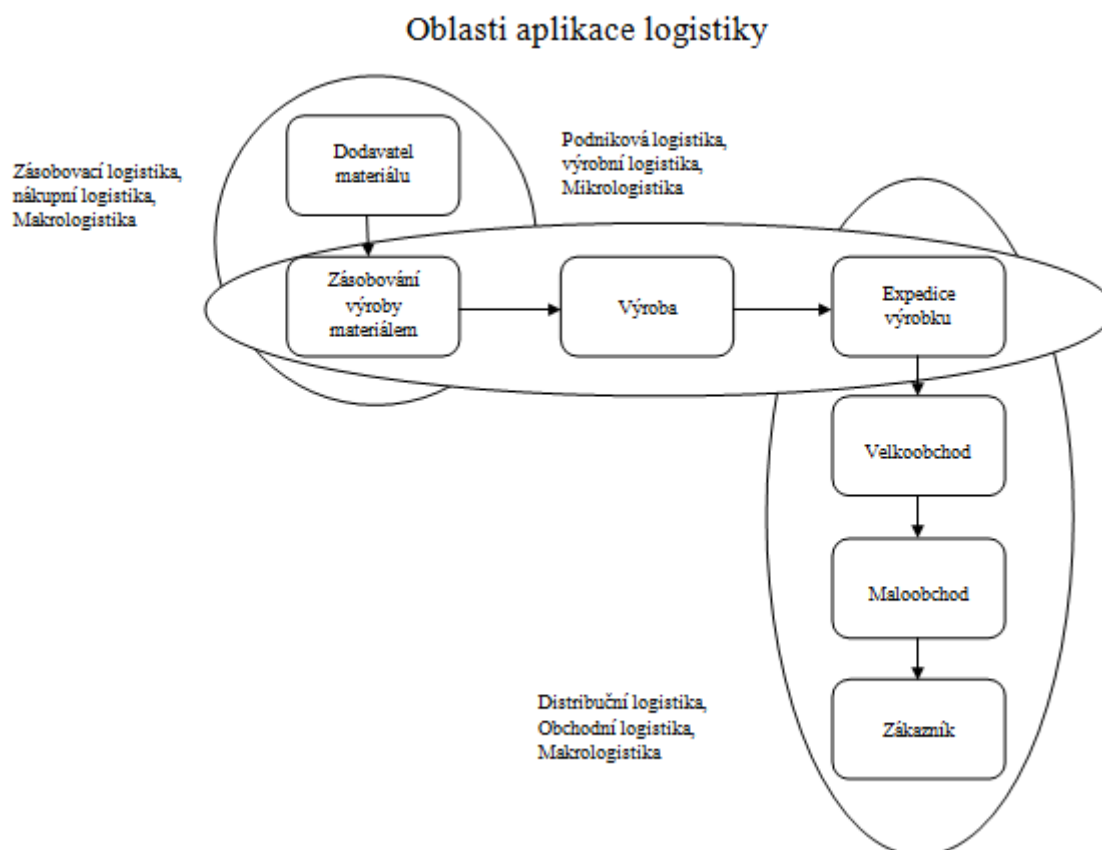
- a. technickou přípravu výroby,
- b. přípravu materiálu,
- c. přípravu výrobních pomůcek,
- d. řízení výrobní jednotky,
- e. technickou obsluhu výroby.

Vnější subsystém obsahuje procesy technologické povahy:

- a. výrobu na technologickém pracovišti,
- b. kontrolu výrobků,
- c. dopravu a manipulaci vnitřního subsystému, okruhy pro součástky, výrobní pomůcky a odpad,
- d. řízení výrobního procesu. [7]

## 2 Logistika

V hospodářské oblasti je nejčastějším objektem logistiky zboží (surovina, materiál, polotovar, komponent, nedokončený výrobek, hotový produkt) určené k přímému užití u spotřebitele. Logistické vnímání reality se snaží o celostní chápání zkoumaného systému a je snaha o vymezování hranic v rozporu s logistikou. Na obrázku 6 jsou zobrazeny oblasti použití logistiky. [15]



Obrázek 6: Některé oblasti aplikace logistiky [15]

### 2.1 Výrobní logistika

Pod pojmem výrobní logistika lze chápat použití logistiky a logistickou praxi spojenou s podnikem, především s průmyslovým podnikem. Logistika může být úspěšně využita jako metodologie v procesu tvorby strategie společnosti. V této úloze vede logistika k tomu, aby se společnosti zabývaly skupinami navzájem souvisejících problémů, zahrnujících nejen problémy toku materiálu (zboží) a informací nebo peněžních prostředků, ale také problémy konstrukce výrobků ve vztahu k rozsahu technologických a netechnologických operací ve výrobě, k potřebě náhradních dílů a servisních služeb včetně distribuce těchto dílů a k potřebě kapacit poskytujících služby. [15]

Výrobní logistika řídí a kontroluje toky materiálu od skladu nakoupených surovin a polotovarů, přes jednotlivé fáze výrobního procesu, až na úroveň skladu hotových produktů. Při své

činnosti se zaměřuje na cíl dodat zboží ve správném množství, složení a kvalitě ve stanovený časový okamžik na místo potřeby při minimálních nákladech a s optimálními dodavatelskými službami. Jestliže vycházíme i ve výrobní logistice z definice logistického přepravního řetězce (tzn. optimalizovat sled a rozsah výkonů, minimalizovat náklady), můžeme v jednotlivých fázích výroby zboží vymežit následující oblasti:

- předvýrobní skladování materiálu a polotovarů, které je úzce provázáno se zásobováním,
- manipulace s materiály a jejich vychystávání na různých stupních jednotlivých fází výroby,
- mezioperační a operační (technologická) doprava,
- mezioperační skladování (mezisklady, vyrovnávací sklady) a zásoby,
- manipulace při montáži celků (podskupin, skupin, hlavních skupin) a výrobků,
- manipulace s hotovými výrobky, jejich balení a expedice (úzce souvisí s distribucí),
- distribuční skladování produktů (distribuční logistika), doprava mezi výrobní firmou a obchodem, jako součást distribuční logistiky. [8]

Podobné fáze a oblasti lze vymežit při vlastní výrobě polotovarů (výkovek, odlitků, výstřižků, výlisků, svarků) a dokonce i při zpracování výchozích surovin (v předvýrobní etapě), kde je členění fází následující:

- skladování surovin v předvýrobní etapě (propojeno se zásobováním, nákupem surovin),
- manipulace s materiály (přemísťování a doprava před, po a v průběhu technologického zpracování surovin),
- distribuční skladování materiálů (distribuční logistika),
- přemístění materiálů do výroby se jedná o vztah distribuce - prodej, z hlediska výroby je to zásobování - nákup).

Kromě integrující funkce dopravy fungující v rámci logistického řetězce je možné i v oblasti výrobní logistiky podrobněji prozkoumat i vlastní oblast projektování výroby integrovaného optimálním systémem hmotných toků, sféru projektování výrobních procesů (paralelních, alternativních technologií apod.) a systémů a nedílnou součástí výrobní logistiky, plánování a řízení výroby v oblasti počítačové integrace. [8]

## 2.2 Zásoby v podniku

Pod pojmem zásoby jsou chápány především pracovní předměty, které byly pořízeny výrobním podnikem za účelem jejich budoucího zpracování na výrobek. Pokud v časovém okamžiku sledování na nich nebyla ještě vůbec vykonána žádná technologická operace, pak se hovoří o zásobách materiálu a nakupovaných dílů. Jestliže však byla na zásobách vykonána určitá část technologických operací, ale zatím se nejedná o hotový výrobek, pak se dá hovořit o zásobách rozpracované výroby. Pokud již byly vykonány všechny potřebné technologické operace a vznikl nový výrobek, který ovšem zatím nebyl prodán zákazníkovi, pak se zásoby označují jako hotové výrobky. [15]

Zásoby vznikají, jestliže podnik ve sledovaném časovém období nakupuje materiál a díly pro výrobu více výrobků, než kolik jich za dané časové období skutečně vyrobí. Pokud společnost ve sledovaném časovém intervalu uvolňuje do výroby více zakázek, než kolik jich ve stejném časovém intervalu dokončí, vznikají zásoby hotových výrobků. Do zásob se zahrnují také

nositelé energie a pomocné materiály (plyny, pevná paliva atd.). Dále se sem také zahrnují pracovní předměty, které se opotřebovávají. [15]

Výhody plynoucí ze zásob materiálu a nakupovaných dílů:

- možnost plynulé výroby bez přerušení z důvodu nedostatku materiálu a nakupovaných dílů,
- možnost variability v dodávkách,
- využívání množstevních slev z cen materiálů a nakupovaných dílů poskytovaných dodavateli odběratelům při větších množstvích.

Výhody vycházející ze zásob rozpracované výroby:

- odstranění problémů nerovnoměrnosti v plnění plánovaných výrobních úloh, které vznikají v důsledku nedostatku kapacit na úzkých místech výrobního systému,
- vyšší pružnost v rozvrhování výroby,
- lepší využití kapacit, hospodárná výroba (podle klasického chápání hospodárnosti výroby),
- možnost překlenutí poruch pracovních prostředků,
- konstantní zatížení kapacit dílčích pracovišť,
- schopnost okamžitých dodávek zákazníkům ze zásob hotových výrobků.

Logistický přístup k uspořádání výroby a jejího řízení vidí v zásobách především nevýhody jako:

- zásoby váží provozní prostředky, které podnik dříve vynaložil na jejich pořízení a které se v současnosti nepodílí na tvorbě nových hodnot a na produkci zisku,
- zásoby zakrývají problémy, ke kterým dochází ve výrobním procesu,
- zásoby způsobují, ale také zakrývají další příčiny nedostatečné pružnosti společnosti v reakcích na požadavky svých zákazníků,
- zásoby zakrývají příčiny vzniku zmetků,
- zásoby zakrývají nepřesnosti v plnění termínů,
- zásoby vyžadují rozsáhlý a drahý systém pro jejich řízení. [15]

Mezi další nevýhodu navyšování zásob patří to, že skrývají problémy ve výrobě. Pokud se zásoby sníží a dojde k problému ve výrobě, vzniká zvýšená snaha tento problém vyřešit a zároveň zavést takový standard, aby se porucha ve výrobě již neopakovala. Navíc samotný vznik zásob, je pravým opakem požadavku plynulosti materiálového toku v podniku.

Je třeba vždy kriticky porovnat u jednotlivých druhů zásob náklady, které podnik musí vynaložit na udržování příslušných zásob s náklady, které by podniku vznikly z negativních důsledků při nedostatku zásob. Pokud se vedení společnosti rozhodne, že existují důvody k držení určitých zásob, musí se současně zodpovědět otázka, jaká má být výše těchto zásob a jaký systém jejich řízení bude podnik používat. V každém případě by ovšem mělo platit pravidlo: Nejdříve zásoby a problémy, které jsou důvodem jejich vzniku v maximální možné míře redukovat, a teprve poté řešit otázku výše a způsobu řízení zásob. [15]

Podnik s nulovou hodnotou zásob je jedním z limitních cílů logistické koncepce Just in Time. Logistické hodnocení zásob jako negativního jevu ve výrobní společnosti by mělo být v reálném podniku interpretováno jako jedna z transformačních tendencí při přeměně podniku na strategický, tržně orientovaný logistický systém. Prakticky se jedná o trvalou snahu o postupné snižování hodnoty zásob ve výrobním podniku. [15]

## 2.3 Řízení výroby metodou Kanban

Metoda řízení výroby Kanban je založená na samořídících regulačních okruzích tvořených dodávajícím a odebírajícím článkem, jejichž vztahy se řídí tažným principem. Vyrábí se jen to, co skutečně zákazník požaduje, v množství a v čase, ve kterém je výrobek požadován. Objednáno a dodáváno je množství striktně odpovídající kapacitě přepravní jednotky (přepravního prostředku - palety, přepravek atd.) nebo jejího násobku. Dodávající článek se zaručuje za kvalitu dodávek. Tuto metodu řízení výroby je vhodné použít v podmínkách rovnoměrné spotřeby produktů, bez větších výkyvů a sortimentních změn. [15]

Pro klasický způsob řízení výroby je charakteristický souběžný směr materiálového a informačního toku, kdy informační tok v klasicky řízeném výrobním systému začíná u zákazníka, který projeví zájem o produkt. Tato informace je dále zpracovávána v obchodním útvaru společnosti, který na jejím základě vypracuje zakázkový list - nosič informací pro další podnikové útvary. Z obchodního útvaru se informace dále předává útvaru projektů nebo konstrukce. Po zapracování a doplnění se informace dostává do útvaru technologie, dále do útvaru materiálového zásobování a následně do výrobního útvaru. Zde se nejdříve informace a materiál dostává na pracoviště, které vyrábí součásti a pak na montážní pracoviště, kde je výrobek kompletován. Z montáže se informace a kompletní výrobek předává na pracoviště expedice, které výrobek expeduje zákazníkovi. Pro tento systém se někdy používá označení tlačný, protože se informace i materiál protlačují ve směru výrobního toku přes jednotlivá pracoviště. [15]

Možný je ovšem i jiný princip, tzv. tahový, který spočívá v tom, že se informace o požadavku zákazníka nechá působit na konci materiálového řetězce, tj. na pracovišti expedice. Toto pracoviště si poté vyžádá, tj. objedná, zákazníkem požadovaný produkt u předešlého (z hlediska směru materiálového toku) montážního pracoviště.

Montážní pracoviště si po obdržení objednávky na kompletní výrobek objedná u příslušných pracovišť jednotlivé díly, které potřebují. Tato pracoviště si u útvaru zásobování na základě požadavku montážního pracoviště objednají potřebný materiál v potřebném množství. Z pohledu směru materiálového toku se chová následující pracoviště (útvary) jako zákazník a předcházející pracoviště jako dodavatel (vnitřní zákazník a vnitřní dodavatel). [15]

Z výše uvedeného stručného popisu tahového principu řízení výroby plyne, že podmínkou úspěšného fungování tohoto principu je mimo jiné i to, že následující pracoviště zná přesně, co potřebuje ke splnění svého úkolu. Název tahový princip vznikl z představy, že výrobky, díly atd., jsou vytahovány z výrobního systému, tzn. z předcházejících pracovišť v množstvích, která jsou nutná pro splnění požadavku zákazníka. Tahový systém řízení výroby poprvé úspěšně aplikovala a poté zdokonalila japonská společnost TOYOTA MOTORS Co, která pro svůj systém použila název Kanban, znamenající v Japonštině karta, štítek, lístek, průvodka. Tímto pojmem je myšlen nosič informací, který vystupuje v roli objednávky, kterou předává následující pracoviště předcházejícímu. [15]

### **Předpoklady realizace principu Kanban:**

1. vyrábí se jen takový počet dílů, který je následujícím, tj. odběratelským pracovištěm požadován,
2. následujícímu pracovišti se předávají pouze díly bez vady. Princip řízení Kanban je aplikovatelný především v sériové výrobě, kde je konečný a relativně malý počet variant výrobku a za podmínky relativně stabilního odběru produktů trhem. Tento princip nemůže

být plně rozvinut a nemůže prokázat své výhody v kusové výrobě se značně kolísajícím odběrem výrobků.

Zavedením a využitím Kanban se řízení výroby dostalo na dílnu, tj. tam, kde se musí co nejrychleji reagovat na změny. Řízení výroby metodou Kanban zvyšuje plynulost výroby, snižuje velikost zásob nedokončené výroby, zvyšuje pružnost reakce výroby na požadavky zákazníků a zvyšuje produktivitu práce. Převážná část finančních nákladů, které souvisí se zaváděním tohoto systému řízení se váže na vzdělávání pracovníků výroby. Pouze malá část je vázána na vytvoření prvků pro zabezpečení funkčnosti systému (Kanban karty, tabule a schránky). V porovnání s jinými systémy dílenského řízení jsou náklady na zavedení metody Kanban nízké. [15]

### **Prvky systému Kanban a jejich funkce**

Výrobním příkazem v tomto systému je kanbanová karta, obsahující předtištěné údaje a místo na vepsání aktuálních údajů. Mezi údaje uvedené na kanbanové kartě patří:

- číslo dílu,
  - číslo pracoviště,
  - název dílu,
  - číslo výkresu,
  - datum - údaj,
  - šarže materiálu ,
  - přepravka - typ balící a manipulační jednotky,
  - materiálové číslo,
  - počet - údaj o celkovém počtu karet (přepravek) tvořící systém Kanban pro tento díl.
- [15]



### 3 Metody racionalizace výroby

Myšlenka racionalizace, jako obecné metody logického myšlení, která je podmíněna rozumovou schopností člověka, není nikterak nová. Dokonce už J. A. Komenský v Didaktice formuloval určitá pravidla pro ruční práci. Jako první formuloval teoretické základy racionalizace práce F. W. Taylor, který je považován za skutečného zakladatele racionalizace práce.

Racionalizace představuje nauku o metodách racionálního řešení úkolů, která zahrnuje cílevědomou a systematickou činnost. Zkoumá, třídí, posuzuje a kriticky hodnotí všechny činnosti ve výrobním procesu a jeho podstatném okolí, a to jak jednotlivě, tak ve vzájemných vztazích, a na jejich podkladě navrhuje řešení, která umožňují zvýšit technicko-organizační úroveň všech činností potřebných pro produktivní a efektivní realizaci řešeného úkolu. [6]

Hlavním cílem racionalizačních projektů je zamezit plýtvání všech druhů výrobních zdrojů, a to od samotného nákupu materiálu a surovin, až po expedici hotových výrobků na všech pracovištích jak v přípravě výroby, tak ve vlastní výrobě. Tento princip systémového uplatňování logického myšlení při řešení složitých otázek ve výrobě s plnou orientací na zákazníka a požadovaný výrobek, byl v letech 1985-1990 zpracován institutem MTI. Později byl dokončen společností TOYOTA pod názvem Štíhlá výroba. Systém Štíhlé výroby se, při systematickém a komplexním odstraňování ztrát a plýtvání ve výrobním procesu, aplikuje především ve 4 základních oblastech:

- neustálé zlepšování činností logistického řetězce,
- koncentrace pozornosti na nejdůležitější místa, která ovlivňují kvalitu,
- optimalizace systémů materiálových a informačních toků,
- minimalizace velikosti skladů a zásob.

#### 3.1 Optimalizace systémů materiálových a informačních toků

Optimalizace systému materiálových a informačních toků napomáhá zabránit ztrátám způsobeným nerovnoměrností nebo přetěžováním výroby, složitostí materiálových toků, prostojů z organizačních nedostatků apod. Pro správnou optimalizaci je potřeba nejdříve rozeznat plýtvání v systému.

##### Druhy plýtvání dle [6] - Muda

Slovo Muda v japonštině znamená plýtvání. Zároveň je možné ji považovat za technologii zaměřenou na odstranění plýtvání v podniku. Základem je identifikace činností nepřidávající žádnou hodnotu v procesu výroby - identifikace a eliminace plýtvání. Zakladatelem této technologie je Taiichi Ohno, který rozlišil sedm kategorií plýtvání.

Jedním ze základních úkolů racionalizace je tedy rozeznat plýtvání ve výrobním procesu, které může být buď skryté, nebo zjevné. Skryté plýtvání představuje činnost, která je nutná pro realizaci produktu, ale nepřináší produktu přidanou hodnotu. Zjevné plýtvání je taková činnost, která zjevně není nutná pro realizaci přidané hodnoty. Dále se rozlišuje 7 druhů plýtvání, které jsou znázorněny na obrázku 7.



Obrázek 7: Muda [14]

### Nadprodukce (Over-Production)

Tento druh plýtvání vzniká nadvýrobou produktů, které zákazník skutečně požaduje. Může vyplývat ze snahy o vyšší využití výrobních kapacit (a tudíž dosažení vyšší produktivity práce dělníků) nebo za účelem výroby určitého množství dokončených produktů navíc pro „případ nouze“.

V tomto případě vzniká plýtvání nejenom nadvýrobou produktů, které se nemusí podařit prodat, ale vzniká také zbytečná potřeba skladovacích prostor a zvyšují se dopravní i administrativní náklady.

### Ztráta ze zásob (Over-stocking)

Tento druh plýtvání vzniká skladováním náhradních dílů, materiálů, nedokončených výrobků, hotových produktů atd. Pro udržení nadměrně vysokého pracovního kapitálu se v zásobách zbytečně váží finanční prostředky, které by bylo možné účelně vynaložit jinde. Ve filosofii štíhlé výroby patří tento druh plýtvání mezi jeden z největších „prohřešků“.

### Ztráta manipulací (Transportation)

Výrobní proces bývá často rozdělen do několika úseků, které jsou od sebe vzdáleny. Proto je třeba materiálový tok zajistit vnitropodnikovou dopravou, např. vysokozdviznými vozíky, dopravními pásy, paletovými vozíky apod. Ztráta manipulací představuje tedy nadbytečnou manipulaci s výrobkem. Navíc se zde také zvyšuje riziko poškození, ztráty či zpoždění.

### Ztráta ze zbytečného pohybu (Useless motion)

Za ztrátu ze zbytečného pohybu se považuje jakýkoliv pohyb obsluhy navíc při výkonu pracovních úkonů (nadměrné či opakované pohyby rovněž zvyšují ergonomická rizika). Výše zmíněná ztráta manipulací má vliv na produkt, kdežto ztráta ze zbytečného pohybu ovlivňuje entitu, která se podílí na manipulaci – člověk (přetížení nebo úraz) a nástroj (opotřebení, poškození)

### Ztráta čekáním (Waiting)

K tomuto typu plýtvání dochází, pokud kvůli čekání nelze pokračovat ve výrobním procesu.

### **Ztráta z oprav (Defects, rework, scrap)**

Za ztrátu z oprav můžeme považovat vše, co vyžaduje následnou opravu, kontrolu či úpravu. Oprava zmetků vyžaduje čas, práci zaměstnanců i finanční prostředky navíc. Pokud se navíc zmetky dostanou k zákazníkovi, následky mohou být fatální a znamenat i ztrátu zákazníka.

### **Ztráta z nadměrného zpracování (Useless processing)**

Nadměrné zpracování výrobku je opracování výrobku více než zákazník požadoval a zákazníkovi práce navíc nepřináší žádnou hodnotu. [6]

## **3.2 Kaizen**

Za vzestup kontinuálního zlepšování lze považovat začátek 2. světové války. V té době Evropa naléhala na Spojené státy americké v souvislosti s materiálním zabezpečením během válečného konfliktu. Kapacity amerických podniků se dostaly pod narůstající tlak na množství a kvalitu. Cesta, kterou se vydali, nebyla cesta inovací, ale cesta kontinuálního zlepšování. Ta využívala znalosti, schopnosti zaměstnanců a aktivně je zapojovala do procesů zlepšování. Po skončení války měly Spojené státy americké velký zájem z geopolitického hlediska o hospodářsky silné Japonsko. Na tomto základě Generál Mc Arthur mimo jiné angažoval americké specialisty, pány Jurana a Deminga, kteří rozvíjeli manažerské nástroje kvality, aby pomohli znovu obnovit japonské hospodářství. To se jim s úspěchem nakonec povedlo. Japonským inženýrům neunikl rozvoj Spojených států amerických během války a zkoumali, co je jeho základní podstatou. Jejich zjištění bylo velmi jednoduché. Jednalo se o kontinuální, systematickou aplikaci námětů na zlepšování procesů podaných vlastními zaměstnanci společností. [9]

Odborné studie a knihy o úspěchu kontinuálního zlepšování začaly vycházet až později a u jejich zrodu stáli např. Shingeo Shingo, Seiichi Nakajima nebo Masaaki Imai. Pan Masaaki Imai působil řadu let v Americkém centru produktivity a později založil společnost Kaizen Institute (dnes již s více než dvacetiletou historií), která pomáhá implementovat „Toyota production system“ podnikům po celém světě. Mezinárodní společnost Kaizen Institute byla založena v roce 1985 a v současnosti působí na celém světě, tedy v Evropě, Asii, Americe, Austrálii a Africe. Jejich klienty jsou privátní i státní subjekty všech velikostí, společnosti z nejrůznějších odvětví průmyslu a služeb, které vnímají nutnost kontinuálního zlepšování. [9]

Podstata pojmu Kaizen je jednoduchá a jasná. Znamená neustále probíhající zlepšování a zdokonalování, které se týká všech, včetně manažerů a dělníků. Filozofie Kaizen předpokládá, že náš způsob života, ať už pracovní, společenský nebo domácí, si zaslouží neustálé zdokonalování. [9]

Důležitým bodem strategie je kladení důrazu na výrobní proces. Tato metoda vede ke způsobu myšlení zaměřenému na výrobní proces a k systému řízení, jenž podporuje a uznává lidské úsilí vztažené na zdokonalování výrobních procesů. Ať už jde o produktivitu práce, absolutní kontrolu kvality, kroužky kontroly kvality nebo pracovní vztahy, lze toto shrnout do jednoho slova, kterým je Kaizen. Pokud budeme tento termín používat namísto produktivity, absolutní kontroly kvality, žádného kazového zboží, kanbanu a systému zlepšovacích návrhů, poskytneme nám Kaizen přesnější obraz o dění v japonském průmyslu. V současnosti konkurenční prostředí motivuje společnosti, aby si zajistily prosperitu a udržely se na vysoké pozici. Je potřeba sledovat okolí podniku, být pružný k požadavkům trhu a udržovat, nejlépe převyšovat, krok s konkurencí. V tomto konkurenčním světě je velice těžké si udržet rychlé životní tempo

vyvíjející tlak na celou společnost včetně podniků. Neustále dochází k růstu cen materiálu, energie a pracovních sil. Trhy jsou nasyceny a vyžadují systematický přístup, kterému se právě nabízí metoda Kaizen. Kaizen je nekončící koloběh známých postupů, které jsou mezi sebou vzájemně propojeny do živého celku a jehož podstatou je neustálé zlepšování a zdokonalování všeho kolem nás. Prvotním vyjádřením strategie Kaizen je, že by žádný den neměl proběhnout bez toho, aby kdekoliv ve společnosti nedošlo třeba jen k sebemenšímu zdokonalení. [10]

### 3.3 Normování spotřeby práce

Úkolem normování spotřeby práce je určování množství spotřeby času při práci v návaznosti na studium a zdokonalování způsobů práce s cílem podílet se na zajištění efektivnosti výroby a soustavném zvyšování produktivity. Výsledkem jsou normativní podklady pro objektivní plánování a řízení výroby, měření výkonnosti, odměňování a ekonomické výpočty. Používání norem má odpovídat druhu a konkrétním podmínkám vykonávané pracovní činnosti. [11]

Zkoumání spotřeby času práce napomáhá k odhalování ztráty ve výrobě, rezervy a dává zpětnou vazbu při změně pracovního procesu. Normy času navíc dávají podklad pro vytvoření simulační studie a správné zajištění hodnot dává hodnotu simulační studii. Normování času vyžaduje velice přesné třídění spotřeby času do přesně popsáných skupin, které jsou vhodně označené symboly pro praktickou potřebu. Označení klasifikace času je různé pro každou metodu, ale vytvořené skupiny jsou většinou navzájem srovnatelné a převoditelné. [11]

#### 3.3.1 Zásady měření spotřeby času

Mají-li normy spotřeby práce plnit svoji úlohu při organizaci a řízení výroby, měření výkonnosti, odměňování a při ekonomických výpočtech, musí mít potřebnou kvalitu a přesnost. Tyto požadavky jsou zajištěny použitím vhodných, požadavkům a očekávaným přínosům přiměřených metod rozborů pracovních činností a měření spotřeby času.

Potřebné úrovně norem se dosáhne dodržáním následně zmíněných hlavních zásad:

- pracovní výkon, který je určený normou má odpovídat plnému využití stanovené pracovní doby, potřebné kvalifikaci a zapracovanosti pracovníků, přiměřené intenzitě práce, vlivům pracovního prostředí a ostatním podmínkám při dodržování zásad bezpečnosti a ochrany zdraví při práci a hygieny práce,
- normy se vypracují pro uskutečnitelné, racionální pracovní a technologické postupy a obsahují pouze ty pracovní úkony, které jsou nutné pro účelný průběh technologického a pracovního postupu bez zbytečných úkonů a časových ztrát,
- normy spotřeby práce je možné použít podle podmínek vykonávané práce pouze tam, kde je prakticky možné, prospěšné a ekonomicky účelné určit vztah mezi množstvím vynaložené práce, spotřebou času a počtem jednotek produkce za jednotku času a potřebné údaje je možné spolehlivě a snadno evidovat. Použití norem nepříznivě ovlivňuje administrativní náročnost a nespolehlivost evidence, které mohou vést i ke zkreslování výkonů a dosahování nezasloužených výdělků,
- volit metody a techniky zjišťování a stanovení spotřeby práce a času, které jsou vhodné pro předpokládaný druh normy. Je třeba, aby zvolené metody a techniky zajistily požadovanou věrohodnost zjištěné spotřeby času, a aby jejich pracnost byla přiměřená sledovanému cíli a očekávaným přínosům. V praxi se uplatňuje zásada nepoužívat lékárnické váhy tam, kde stačí decimální váha. [11]

## 4 Simulace

V automobilovém průmyslu je pro dosažení úspěšného postavení na trhu důležité realizovat inovace. Implementace inovace zároveň představuje riziko jejího neúspěchu. Zmenšit riziko zaváděných změn a zároveň zjistit, zda tyto změny vedou k žádoucím efektům před jejich samotnou realizací, lze pomocí simulace. Simulace představuje nástroj, kterým je možné částečně předpovědět dopady realizovaných inovací.

### 4.1 Definice simulace

**„Simulace je výzkumná metoda, jejíž podstata spočívá v tom, že zkoumaný systém nahradíme jeho simulátorem a s ním provádíme pokusy s cílem získat informace o původním zkoumaném systému. Simulační model je dynamický systém, v němž nastávají události a stavy jako ve zkoumaném (simulovaném) systému, a to ve stejném pořadí, avšak obecně v jiných časových okamžicích. Prvky modelu nemusí být trvale v modelu, mohou se dynamicky měnit“.** [12]

Chování systému je analyzováno pomocí simulačního modelu, který je tvořen zpravidla s ohledem na chování reálného systému popsaného pomocí logických a matematických vazeb. Po vytvoření modelu a jeho validaci (ověření) je možné model využít ke zkoumání potřebných otázek o reálném systému. Zamýšlené dílčí změny reálného systému je možné nejdříve nasimulovat s cílem predikovat jejich důsledek na celkové chování a výkonnost systému. [12]

Z výše zmíněného je tedy možné konstatovat, že simulaci lze použít jako analytický nástroj pro předvídání vlivu změn na existující reálný systém i jako projekční nástroj pro predikci chování a výkonnosti nových systémů v různém prostředí a za různých podmínek. [12]

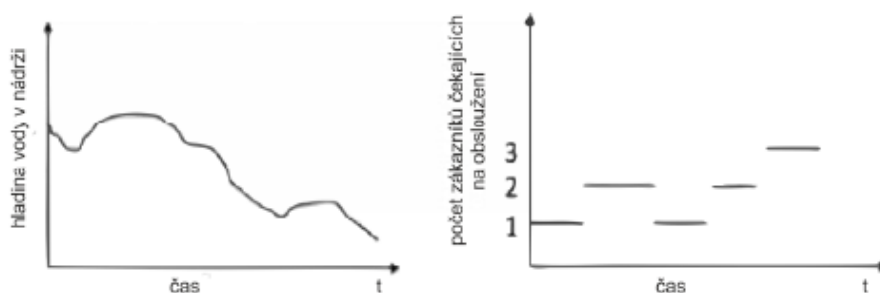
Simulace se využívá především k:

- rozhodování o investicích,
- prověřování vlivu zamýšlených inovací,
- hledání a prověřování vhodných pravidel řízení,
- posuzování a nalézání vhodné struktury sortimentu výrobků, prověřování splnitelnosti výrobních plánů,
- zvýšení průchodnosti (např. obrobků) výrobním systémem s minimálním stavem zásob a minimálními provozními náklady,
- modelování informačních toků a sítí,
- plánování reorganizací, odstávek, údržby, výměn agregátů a využití pracovních sil,
- spolehlivostní analýze složitých systémů,
- důkladnému poznávání složitých systémů. [12]

### 4.2 Základní druhy simulací

Z hlediska simulačního kroku se rozeznávají dva základní druhy simulací - diskrétní a spojitá simulace. Rozdíl mezi nimi je zobrazen na obrázku 8., kdy se spojitá simulace vyznačuje stejnoměrnou hodnotou časového skoku a naopak diskrétní simulace se vyznačuje nestejnou hodnotou časového skoku. Pomocí spojitě simulace se řeší především spojitě systémy (viz. hladina vody v nádrži). V případě diskrétní simulace nastávají časové události v takovém sledu, v jakém jsou naplánovány. Diskrétní simulace se vyskytují častěji a řeší se pomocí nich

problémy typu obsluha čekajících zákazníků, přilet a odlet letadel na letišti, zásobování montážních linek apod. [12]



Obrázek 8: Srovnání spojité a diskrétní simulace [12]

### 4.3 Proces hromadné obsluhy

Proces uspokojování požadavků na obsluhu, náhodně i hromadně vznikajících, se nazývá proces hromadné obsluhy. Jejich předmětem je řešení systémů, které poskytují hromadnou obsluhu nějakých zařízení. Obsluhové zařízení se může skládat z jednoho nebo více míst, kde se poskytuje konkrétní obsluha. Tato místa se nazývají kanály obsluhy. Do obslužného zařízení vstupují zákazníci, kteří požadují obsluhu určitého druhu. Pod pojmem zákazníci jsou zde myšleny objekty, například informace, obrobek atd. Z tohoto důvodu se někdy místo pojmu zákazníci používá termín požadavky. Zákazníci opouštějí systém hromadné obsluhy po obslužení. [12]

Jestliže v momentě příchodu požadavku není volný žádný kanál, řadí se požadavek do fronty. Právě modely front, ať jsou zkoumány analyticky nebo modelovány na počítači, jsou silným prostředkem pro návrh a hodnocení charakteristik komponent typu „fronta“. Mezi typické měřitelné charakteristiky front patří např. využití serveru (doba, po kterou je server zaměstnán), délka samotné fronty (průměrná, maximální), doba čekání zákazníků (průměrná, maximální), atd. [12]

Teorie front a simulační analýza se používají pro předpověď charakteristik systému, které jsou funkcí vstupních parametrů (frekvence příchodu zákazníků, doba obsluhy zákazníka, počet serverů a jejich uspořádání), kdy výsledkem je znalost charakteristik systému v závislosti na vstupních parametrech. Z toho vyplývá možnost kvalitního nastavení hodnot vstupních parametrů manažery (tj. řízení reálného systému manažery na základě dříve získaných - nebo i v reálném čase získaných - výsledků z teorie a modelu). Pro relativně jednoduché systémy se tyto charakteristiky získají přesně a poměrně snadno přímým výpočtem, ale pro reálné složité systémy je většinou nezbytné použít simulaci. [12]

### 4.4 Základní pojmy z oblasti simulací

- **systém** - soubor entit (např. produktů, lidí, strojů), které se vzájemně ovlivňují v čase za účelem dosažení jednoho nebo více cílů,
- **model** - abstraktní reprezentace systému, který obvykle obsahuje strukturní, logické a/nebo matematické vztahy, popisující systém prostřednictvím stavu, entit a jejich atributů, množin, procesů, událostí, aktivit a zpoždění,

- **stav systému** - soubor proměnných, obsahující všechny nezbytné informace pro popis systému v každém časovém okamžiku,
- **entita** – každý objekt nebo komponenta systému, která vyžaduje explicitní reprezentaci v modelu (např. polotovar, server, zákazník, dopravník),
- **atribut** - každá vlastnost entity (např. priorita zákazníka, pracovní rutina),
- **seznam** - soubor zřetězených entit, které jsou uspořádány nějakým logickým způsobem (např. zákazníci ve frontě),
- **událost** - výskyt v čase, který mění stav systému (např. příchod nového zákazníka),
- **záznam události** („event notice“) - zaznamenaný výskyt události v současnosti nebo v budoucnosti, který zahrnuje nutná data pro obsluhu události (minimálně obsluhu události a čas události),
- **seznam událostí** - všechny do budoucna plánované záznamy událostí organizované a seříděné v seznamu podle plánovaného času jejich výskytu (FIFO fronta událostí),
- **aktivita** - doba trvání jednotlivé modelované činnosti (např. doba obsluhy, doba mezi následujícími požadavky),
- **zpoždění** - předem neznámá doba (časový interval), která se zjistí teprve v okamžiku jeho ukončení (např. doba čekání požadavku ve frontě),
- **časová množina systému** - množina časů  $t_i$ , jejichž hodnoty jsou vztaženy k nějakému počátku (začátek simulace), ve kterém chceme znát chování systému,
- **proces** - vhodně definovaná posloupnost událostí nad nějakou podmnožinou časové množiny systému (příchody, odchody požadavků, obsluha apod.). [12]

## 5 Analýza současného stavu firmy

### 5.1 Představení společnosti

#### Základní údaje o společnosti:

<b>Název společnosti:</b>	GRAMMER CZ, s. r. o.
<b>Právní forma:</b>	společnost s ručením omezeným
<b>Datum zápisu:</b>	7. listopadu 1995
<b>Sídlo:</b>	Tachov, Okružní 2042, 347 01
<b>Identifikační číslo:</b>	64361462
<b>Počet zaměstnanců:</b>	1 466
<b>Základní kapitál:</b>	140 524 000,- Kč
<b>Jednatelé:</b>	Mgr. Martin Kořínek, Ph. D. (Tachov) Manfred Pretscher (Spolková republika Německo)

#### Předmět podnikání:

Výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona

Mateřskou společností k 31. 12. 2012 je GRAMMER Aktiengesellschaft, Amberg, 92224, Georg-Grammer-Strasse 2, která vlastní 100% podíl na základním kapitálu, který je zcela splacen.

Společnost GRAMMER CZ, s. r. o. v roce 2012 oproti roku 2011 vykázala **nárůst tržeb** z prodeje vlastních výrobků a služeb na částku 5 684 848 tis. Kč, tzn. nárůst o 8 %.

V roce 2012 společnost vykázala **zisk** 9 703 000 Kč.

Společnost splňuje povinnou výši podílu zaměstnaných **osob se zdravotním postižením** na celkový počet zaměstnanců. Dále odebírá výrobky a služby od zaměstnavatelů, kteří zaměstnávají více než 50 % zaměstnanců se zdravotním postižením. V případě odebírání výrobků a služeb od takovýchto subjektů, společnost výrazně přesáhla stanovenou výši nad její zákonnou povinnosti.

**Kvalifikační růst** pracovníků společnosti je zabezpečen mnoha formami vzdělávání a odborné přípravy. Je tomu tak činěno na základě kvalifikačních matic a plánů školení. Vzdělávací programy byly v roce 2012 realizovány především prostřednictvím projektu „Vzdělávejte se pro růst“, který byl financován z fondů Evropské Unie (EU).

#### Výrobně obchodní oblast společnosti

Společnost GRAMMER CZ, s. r. o. se specializuje na vývoj a výrobu komponentů a systémů pro interiéry automobilů a dále na vývoj a výrobu sedadel pro terénní vozidla, nákladní vozidla, autobusy a vlaky.

Společnost GRAMMER CZ, s. r. o. má tři **závody** na území České republiky:

- závod Tachov,



- závod Most,
- závod Dolní Kralovice,

Ve výrobně obchodní oblasti jsou služby společnosti směřovány zejména k několika **klíčovými zákazníkům**, mezi které patří:

- BMW,
- Seat,
- Fiat,
- Ford,
- Škoda,
- Land-Rover,
- DAF,
- Mercedes-Benz.

**Hlavními výrobky**, které jsou předmětem obchodních vztahů společnosti, jsou:

- hlavové opěrky,
- loketní opěrky,
- loketní opěrky ve dveřních výplních,
- boční části zadních sklopných sedaček,
- integrované dětské sedačky KISI,
- kompletní sedadla pro nákladní automobily.

### **Historie společnosti**

Více než před 100 lety, v roce 1980 začal úspěšný příběh společnosti GRAMMER otevřením sedlářství Willibaldem Grammerem v Ambergu. Od té doby se společnost vyvíjela až ke globální společnosti zaměřenou na automobilový průmysl.

1954 - Georg Grammer, vnuk Willibalda Grammera, zakládá firmu na výrobu polstrování do traktorů

1970 - Zahájení sériové výroby automobilových interiérů a závěsných křesel a prvních exportních objednávek z Evropy a Spojených států.

1976 - GRAMMER vyvíjí inovativní technologie pro výrobu vycpávek. Technologie se nazývá FOAM IN PLACE.

1980 - GRAMMER rozšiřuje své produktové portfolio o vývoj a výrobu kancelářských židlí.

1989 - Založení GRAMMER AG

1990 - Začátek sériové výroby automobilových interiérů a vstupu na trh vlakových sedadel pro cestující.

1992 - Technologie FOAM IN PLACE je dále rozvíjena v technologii potahů.

1996 - IPO GRAMMER AG vstupuje na německý akciový trh.

2005 - Obchodní expanze v Asii s otevřením dvou továren v Číně.

2008 - Vstup na ruský trh kamionů.

2009 - Dokončení nového výrobního závodu v Šanghaji, Čína.

## 5.2 GRAMMER CZ

GRAMMER CZ, s.r.o. (dále jen „GRAMMER CZ“) vznikla v roce 1995, se sídlem v Mostě. Postupem času sloučením, do té doby samostatných dceřiných společností v rámci GRAMMER AG, vznikla jedna společnost se čtyřmi výrobními závody - v Mostě, v Tachově, v Dolních Kralovicích a v Horažďovicích. Závod v Horažďovicích byl v roce 2008 uzavřen z důvodu nerentability tohoto provozu a sídlo společnosti GRAMMER CZ bylo přesunuto do Tachova. Úspěch společnosti je výsledkem dlouholetého individuálního přístupu k zákazníkům s důrazem na inovaci a nejvyšší kvalitu nabízených výrobků.

### Výrobní závod Žatec

Firma Grammer CZ v Mostě pro nedostatečnou možnost rozšíření svých výrobních kapacit se rozhodla stěhovat do nových prostor. Pro tuto potřebu vznikl nový závod v průmyslové zóně Triangle u Žatce, kam se kromě výroby ze závodu Most bude stěhovat i závod z Dolních Kralovic a část výroby z německých závodů. Společnost bude v novém závodě vyrábět především loketní opěrky, středové panely, dětské integrované sedačky, hlavové opěrky a další vnitřní vybavení do osobních automobilů. Součástí výroby bude také pěnící linka pro výrobu pěnových dílů do hlavových a loketních opěrek. Konečná plánovaná kapacita závodů je projektována až na 13 550 000 ks opěrek za rok. Celkovou kapacitu projektovanou kapacitu závodu zobrazuje tabulka 2. a celkovou potřebu surovin ukazuje tabulka 3. Závod předpokládá, že až se výroba rozběhne na plnou kapacitu, bude zaměstnávat přibližně 900 lidí (dělnické profese, THP, management).

Název výrobku		Vyráběné množství fáze 1 (stávající) [ks/rok]	Vyráběné množství fáze 2 (záměr) [ks/rok]
1.	Opěrka hlavy	3 000 000	13 550 000
2.	Loketní opěrky	300 000	3 180 000
3.	Vodící lišty pro opěrky hlav	6 000 000	17 000 000
4.	Středové panely	-	70 000
5.	Dětské sedačky	-	275 000

Tabulka 2: Projektovaná kapacita závodu

Název popis	Roční spotřeba	Skladované množství	Způsob uložení
Potahy opěrek	7 400 t	125 t	plastové boxy, europalety v regálovém skladu nebo vozíky v kanbanových regálech ve výrobě
Kovové části	9 600 t	160 t	kovové boxy, europalety v regálovém skladu nebo vozíky v kanbanových regálech ve výrobě
PUR části opěrek	9 100 t	60 t	plastové boxy, europalety v regálovém skladu nebo vozíky v kanbanových regálech ve výrobě
Plastové komponenty	23 300 t	280 t	plastové boxy, europalety v regálovém skladu nebo vozíky v kanbanových regálech ve výrobě
Kartonové proklady	430 t	4 t	europalety v regálovém skladu
PE fólie a sáčky na obaly	10 t	2 t	role, krabice, europalety v regálovém skladu
Čistící a odmašťovací přípravky	150 kg	50 kg	v obchodních obalech v kovových skříních na pracovištích spotřeby těchto látek
Mazací oleje a tuky pro údržbu	50 l	100 l	v kanystrech nebo plechovkách 2/5/10/20 litrů, v kovových skříních na pracovištích se spotřebou těchto látek

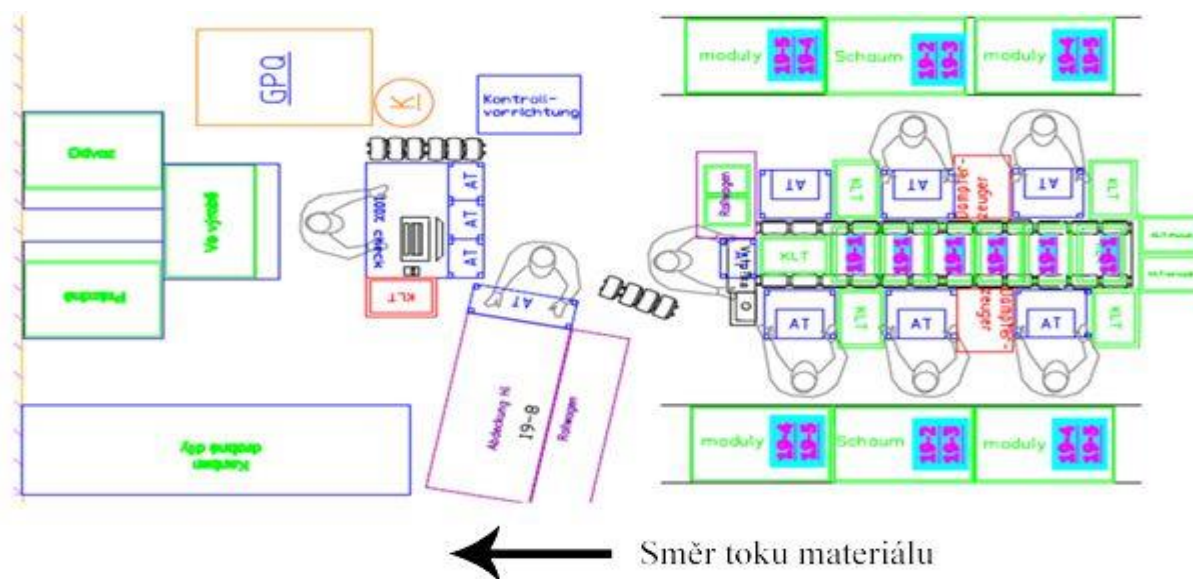
Tabulka 3: Projektovaná spotřeba surovin

### 5.3 Výroba v GRAMMER CZ

Hlavní podstata technologického procesu většinou leží na kompletování a montáži produktů převážně prostřednictvím pomocného elektrického nebo pneumatického nářadí. Část technologického postupu se může provádět na poloautomatických strojích či jednoduše na zařízeních. Většina komponentů je nakupována přímo od dodavatelů, ale některé pěnové díly se budou produkovat přímo ve výrobním závodu na pěnící lince.

Na obr. 9 je zobrazen příklad montážního pracoviště. Na layoutu je vidět, že při navrhování montážního procesu je kladen důraz i na snadné zásobování. Na tomto konkrétním dispozičním řešení je materiálový tok zprava doleva. Na pravé straně jsou definované plochy, kam se umísťují zásoby k potřebné lince. Jsou zde navrženy i plochy, kde jsou umístěny prázdné přepravky. Protože zásobování ve firmě Grammer CZ funguje na KANBAN principu, prázdné přepravky jsou odvezeny zpět do supermarketu, kde jsou naplněny. Tím je zajištěno, že v oběhu je jen určitý počet dílů (přepravek). Snížením počtu dílů se zvyšuje dynamika procesu, ale zároveň je kladen větší důraz na správné načasování zásobování.

Postupem montáže zprava doleva se postupně zvyšuje přidaná hodnota výrobku a transformuje se do finální podoby. Posledním bodem montáže je balení a kontrola. Po kontrole je výrobek uložen do přepravky. Když je přepravka plná, je odsunuta na místo pro odvoz. Pracovník si vezme prázdný obal a položí ho na místo výroby a začíná se plnit další přepravka. Pro pracovníka, který zásobuje linky vláčkem, je to signál odvézt hotové výrobky do skladu a přivést prázdný obal.



Obrázek 9: Layout montážní linky

## 5.4 Příklad montážní linky

Popis všech montážních linek v Závodu Žatec by překračoval rozsah této práce. Proto je uveden pouze jeden příklad montážní linky na hlavové opěrky osobního automobilu. Proces sám není technologicky náročný a složitý, ale je zde kladen veliký důraz na jeho efektivitu. Pro správné vykonání, je třeba manuálně zručných operátorů, kteří provádí úkony správně a přitom dostatečně rychle.

Všechny díly potřebné pro montáž u uvedené linky jsou nakupovány od smluvních dodavatelů. Samotná opěrka se skládá z několika modulů, které se montují dohromady. Montáž hlavové opěrky uvedené v příkladu má 5 hlavních procesních kroků. V prvním kroku se do potahu z textilu nebo koženky vloží polyuretanová pěna, která tvoří polstrování a zajišťuje pohodlnost při opření hlavy o opěrku, viz obrázek 10. Ve stejném kroku se potahuje plastový modul s tyčemi, který tvoří hlavní tělo opěrky, potahem s polyuretanovou pěnou uvnitř, tento krok je zobrazen na obrázku 11. Tím je vytvořena jedna část opěrky.



Obrázek 10: Vkládání pěny do obalu



Obrázek 11: Vkládání modulu

V dalším kroku, který je vidět na obrázku 12, se montuje tlačítko na ovládání polohy opěrky, které se zasune ze strany opěrky. Tlačítko umožňuje nastavení opěrky v automobilu dle požadavku cestujícího.



Obrázek 12: Montáž bočního tlačítka

Dále se na opěrku namontuje spodní a zadní kryt, který může být potažený kůží a opěrka se uzavře.



Obrázek 13: Uzavření opěrky

Ve čtvrtém kroku se provádí funkční kontrola opěrky, která je testována na speciálních strojích, které vyzkouší požadované vlastnosti opěrky a přítomnost některých dílů. V případě zjištění funkční odchylky, anebo nepřítomnosti některého z komponentů je kus označen jako zmetek.



Obrázek 14: Funkční kontrola

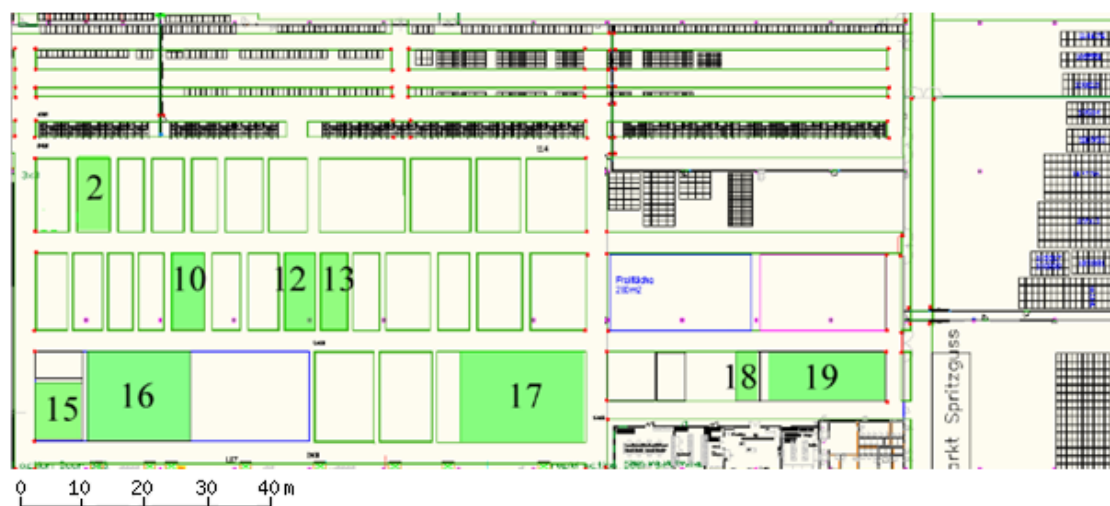
V posledním kroku před zabalením do zákaznického balení se ještě provádí vizuální 100%ní kontrola zkušeným pracovníkem. Pokud je kus bez vady, dochází k jeho zabalení do igelitového pytlíku a načtení kusu do informačního systému čtečkou čárového kódu, která je spojená s terminálem umístěným na pracovišti. Poté je kus uložen do speciálně upraveného kartónového boxu umístěného na vozíku. Pokud je box celý zaplněný, je odtlačen i s vozíkem na místo s označením hotová výroba, kde si ho převezme pracovník logistiky a odveze do skladu hotových výrobků.



Obrázek 15: Balení opěrky

## 5.5 Výrobní kapacita montážních linek

U linek, které jsou v současnosti v závodě, viz obrázek 16, je známa norma počtu vyrobených kusů za směnu. Pomocí normy je možno zjistit spotřeby jednotlivých dílů, které jsou ukázány v tabulce 4. Pro každý díl je definované přepravné balení s určitým počtem pozic, což udává počet přepravek daného dílu na směnu.



Obrázek 16: Layout současné výroby s označením výrobních linek

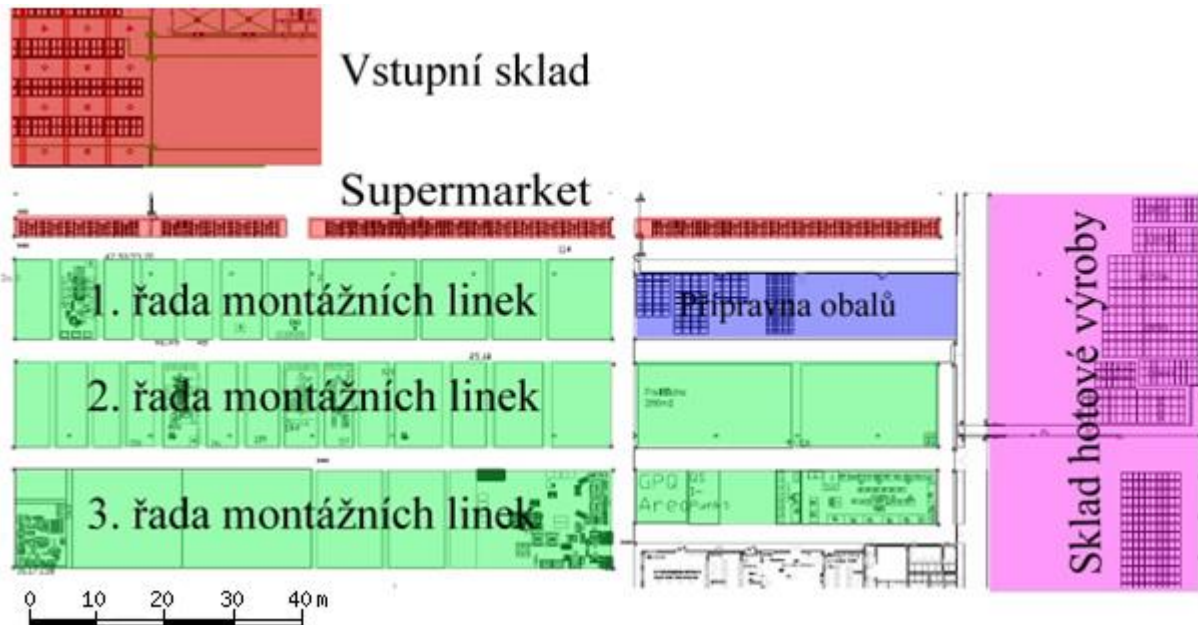
Z pohledu přepravy se používají především dvě skupiny balení. Jedno balení jsou plastové nebo kartónové boxy. Jeden takovýto box se přepravuje na jednom tažném vozíku. Druhé možné balení jsou přepravky typu KLT. Přepravky typu KLT se může přepravovat na jednom tažném vozíku až osm. Firma Grammer má stanovenou pojistnou zásobu přibližně na 2.5 okruhu vláčku. Maximální hodnota zásob některých drobných dílů není stanovena, protože velikost jejich balení pokryje zásobu na lince na celou směnu. Snahou je vytvořit takový systém zásobování, aby velikost zásob byla co možno účelně nejmenší.

Označení procesu (linky)	Hotové výrobky	Díl 1	Díl 2	Díl 3	Díl 4	Počet vyrobených kusů za směnu	Takt linky za minutu
Proces 2	45	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		807	1.8
Proces 10	80	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		519	1.15
Proces 11	80	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		519	1.15
Proces 12	80	Box - 252	KLT - 20	Box - 152		829	1.85
Proces 15	20	KLT - 1000	KLT - 204	KLT - 204	KLT - 30	48	0.1
Proces 16	20	KLT - 1000	KLT - 204	KLT - 204	KLT - 30	78	0.17
Proces 17	24	KLT - 14	KLT - 150	Box - 104	KLT - 205	173	0.38
Proces 18	36	Box - 36				336	0.75
Proces 19	36	Box - 12	Box - 18	KLT - 300	KLT - 30	66/66	0.15

Tabulka 4: Kapacita současné výroby

## 5.6 Popis layoutu závodu GRAMMER v Žatci

Obrázek 17 zobrazuje dispoziční řešení těch částí haly Grammer CZ, které jsou nutné pro řešení této práce. Ve vstupním skladu je vykládán materiál pro výrobu. Světle zelená část na obrázku zobrazuje montážní pracoviště. Modrá část layoutu reprezentuje přípravnu obalů, kde jsou připravovány obaly pro výstupní balení hotových výrobků montážní linky. Ve fialové části se nachází sklad hotové výroby, kam se odváží hotové výrobky před jejich expedicí k zákazníkovi. Poslední barva na obrázku je červená a značí tzv. supermarket, kam se naskladňují zásoby pro jednotlivé linky před jejich zavážením k linkám.



Obrázek 17: Základní schéma layoutu

## 5.7 Popis důležitých částí závodu Žatec

### 5.7.1 Přípravna obalů

Na základě požadavků zákazníků může být každý obal specifický z hlediska materiálu, ze kterého je vyroben, počtu uložených kusů v balení, velikosti i vnitřního prostoru přepravce. Tím firma Grammer přistupuje na sestavu obalů na míru, a za tím účelem si vybudovala vlastní přípravnu obalů.





Obrázek 18: Přípravna obalů

### 5.7.2 Sklad hotové výroby

Poté, co se smontovaný výrobek uloží do přepravky a balení je naplněné, přesune se přepravka na místo hotové výroby. Zásobovací vláček převezde naplněné balení do skladu hotových výrobků a umístí ho na místo s označením "čeká na zaskladnění do SAP". V této fázi už se o hotové výrobky stará pracovník, který obsluhuje sklad hotových výrobků. Nejprve musí pracovník skladu zavést hotové výrobky do systému, a poté jsou odvezeny na místo, kde budou připraveny k naložení do kamionu.



Obrázek 19: Sklad hotové výroby

### 5.7.3 Supermarket

Supermarket je část vstupního skladu, kam se vyskladňují díly potřebné pro výrobu součástí. Díly jsou skladovány v KLT přepravech, které jsou umístěny v regálech, nebo boxech přímo na tažném vozíku. Objemné boxy mohou být lehkou silou tlačeny za vláček nebo zpět na místo. Boxy jsou na vozíky umísťovány pomocí vysokozdvížných vozíků. Všechny díly jsou do supermarketu naváženy ze vstupního skladu. Díly jsou přebalovány nebo je použito balení přímo od dodavatele. Každý díl pro montážní linku má přesně svoje definované místo, které je popsáno pozičním číslem, jak je vidět na obrázku 20. Číslo dílu je uvedeno vedle čísla pozice. Pro určení dílů v přepravech slouží kanbanová karta, která popisuje základní údaje o balení jako např. číslo dílu, dodavatel, počet dílů v balení atd. Po uložení přepravky do regálu se číslo na kanbanové kartě musí shodovat s číslem, které je umístěno vpravo od čísla pozice regálů.



Obrázek 20: Supermarket

## 5.8 Manipulační technika

### 5.8.1 Tahače

Společnost Grammer CZ používá tahače BT Movit, viz. obrázek 21, které mohou táhnout náklad až 3 tuny. Další parametry tahače jsou v tabulce 5. Pro způsob vláčkového zásobování je tento tahač vhodný především díky nízké nastupovací plošině, která usnadňuje rychlé nastupování a vystupování, které je u tohoto typu zavážení časté. Ovládání tahače je možné pomocí jedné ruky a důležité je především to, že řidič vidí před sebe z místa, odkud řídí. Položka otáčení tahače s maximálním počtem závěsných vozíků jsou 3 metry. Maximální počet vozíků za tahačem je 5.

Vlastnosti tahače BT Movit - TSE	
Rychlost	5 km/h
Poloměr otáčení	3050 mm
Maximální váha nákladu	3000 kg
Maximální počet vozíků	5

Tabulka 5: Parametry tahače



Obrázek 21: Tahač BT Movit

### 5.8.2 Tažné vozíky

Jako vozíky za tahače se používají plošinové vozíky, viz. obrázek 22. Řadí se za tahač pomocí oje, která se zavěsí za čep. Ložná kapacita tohoto vozíku je 500kg. Vozík má rozměry 1250x900 mm. To znamená, že na něj lze pohodlně naložit paletu, gitterbox nebo poskládat na sebe přepravky typu KLT.



Obrázek 22: Tažný vozík

## 5.9 Zásobování montážních linek

Hlavním tématem této diplomové práce je řešení materiálového toku zásobování výrobních linek. Zásobování linek je řešeno pomocí systému Kanban. Linky jsou zaváženy prostřednictvím vláček, které táhnou za sebou připojené lafety, na kterých je umístěný materiál určen k zásobování linek.

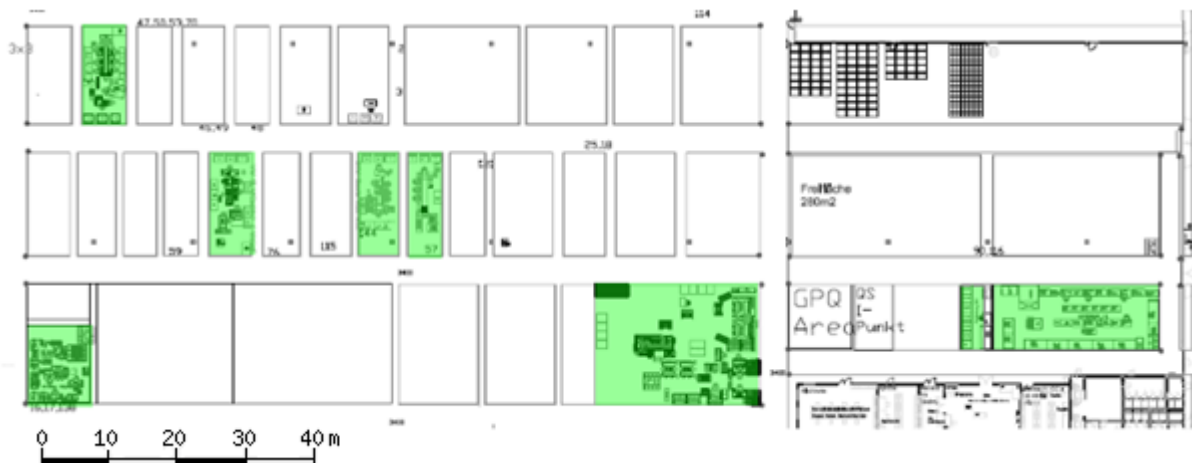
Společnost GRAMMER CZ, jak již bylo výše uvedeno, stěhuje výrobní linky do nové haly v průmyslové zóně u Žatce. V současné době je v nové hale funkčních 7 linek a jsou zároveň připravovány nové projekty na přesun dalších.

Hlavním úkolem této diplomové práce je vytvoření systému, který by umožnil zásobovat linky tak, aby nedocházelo k zastavení výroby z nedostatku zásob dílů na lince nebo naopak, aby nebyl nadbytek zásob na výrobní lince, který je pravým opakem principu štíhlé výroby.

Firma GRAMMER CZ implementuje principy štíhlé výroby od roku 2007. Základem, ze kterého tato práce vychází, jsou především JIT a KANBAN. Vhodná metoda, která se drží principu štíhlé výroby a zároveň by jednoduše řešila zásobování, se zdá být zásobování tažnými vláčky. Tažné vláčky jsou vhodné především z toho důvodu, že budou přibývat montážní linky, nebude potřeba předělávat celou charakteristiku zásobování, ale bude stačit jen upravit časový plán zavážení. Zavedení zásobování pomocí tažných vláček bude řešeno pomocí simulačního programu.

## 5.10 Současný stav zásobování

Současný stav je zobrazen na obr. 23. Obrázek zobrazuje layout, kde zelená barva značí zprovozněné linky.



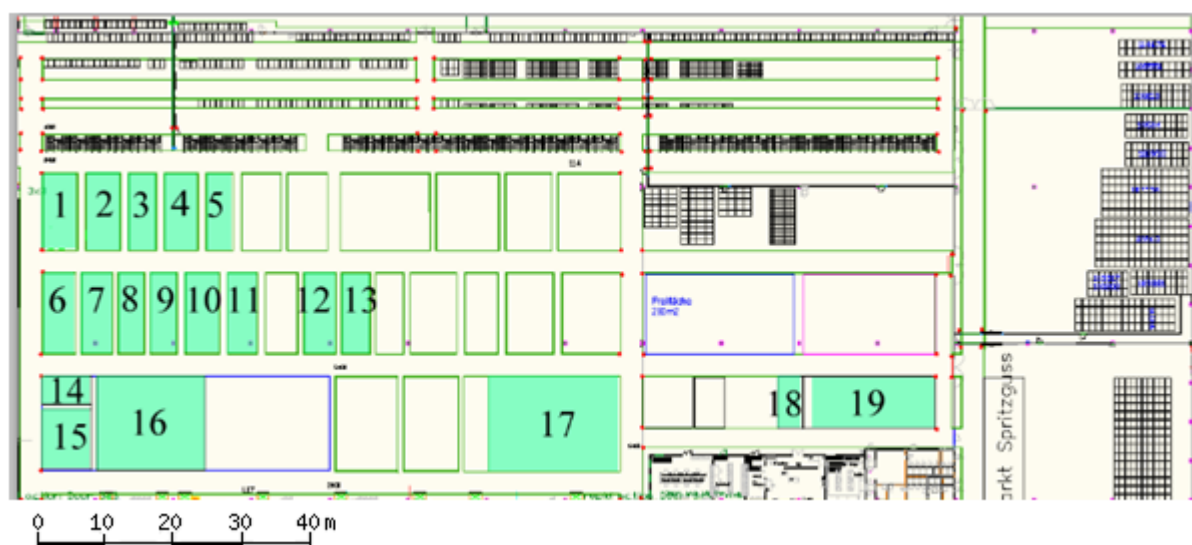
Obrázek 23: Současný layout výroby

Těchto linek je pouze 7, proto není potřeba hlubokého plánování pro jejich zavážení. Linky jsou v současné době zaváženy jedním vláčkem, který často jede pouze s jedním nebo se dvěma tažnými vozíky. Linky jsou zásobovány tak, že materiálový plánovač vytvoří poprávku na zavezení linky. Materiál je následně převezen ze vstupního skladu do supermarketu. Pracovník naloží zásoby na vozík a rozveze je po montážních linkách. Zavážení probíhá přibližně jednou za 25 minut přitom samotné objetí celého okruhu i s vykládkou trvá přibližně 8 minut. S plánovaným rozšiřováním závodu vzniká požadavek na optimalizaci tras, aby bylo zásobování efektivní. Řešení, které se nabízí, je simulace celého procesu, která pomůže stanovit časy, využití vláčků a navrhnutí jejich tras a zároveň navržené řešení ověřit.

## 6 Simulační studie

### 6.1 Popis simulovaného stavu

Simulovaný stav je zobrazený na obrázku 24. Layout výrobní haly obsahuje 19 montážních linek, což odpovídá přibližně 60 % obsazenosti výrobní haly. Simulace zavážení linek zahrnuje zásobování potřebnými díly pro montáž a odvoz hotové výroby z linek. Zavážení linek v simulaci je navrženo dle pevně daných tras. Navržené trasy jsou popsány u jednotlivých experimentů.



Obrázek 24: Layout simulovaného stavu s označením linek

### 6.2 Vstupní data simulace

Vstupní data jsou základem každé simulace a výstupy z ní mohou být jen tak kvalitní, jak jsou odpovídající vstupní data. Pro simulaci zavážení jsou důležitá data o velikostech balení a taktu jednotlivých linek. Tato data jsou uvedena v tabulce 6 a 7. V tabulce 6 jsou v prvním sloupci očíslovány montážní linky. Čísla linek odpovídají výše uvedenému obrázku 24. Další sloupce v tabulce obsahují informace o počtech kusů, které se nacházejí v přepravních balech a druh přepravy. Všechny hotové výrobky jsou ukládány do boxů. Údaje o balení byly známy jen u všech hotových výrobků a u zásob dílů linek, které se v současnosti nacházejí v závodě. U linek, u kterých nebyl znám počet dílů v balení, byla tato data odvozena od podobnosti výroby současných linek. Dále je tabulce uveden plánovaný počet vyrobených kusů za směnu, která trvá 450 minut. Z údajů vyrobených počtu kusů za směnu je odvozen takt linky za minutu. Aby simulace více odpovídala skutečnosti, že takt linky není po celou dobu směny stejný, je takt linky v simulaci zadán pomocí triangulárního rozdělení. Střední hodnota se rovná taktu linky, minimální hodnota je o 10% menší než takt linky a maximální hodnota je o 10% vyšší než střední hodnota.

Data o linkách a balení jednotlivých dílů							
Linka	Hotové výrobky	Díl 1	Díl 2	Díl 3	Díl 4	Počet kusů za směnu	Takt linky [min]
Linka 1	45	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		807	1,8
Linka 2	45	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		807	1,8
Linka 3	80	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		430	0,96
Linka 4	60	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		582	1,3
Linka 5	72	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		658	1,5
Linka 6	108	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		164	0,36
Linka 7	108	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		710	1,6
Linka 8	72	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		380	0,85
Linka 9	60	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		380	0,85
Linka 10	80	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		519	1,15
Linka 11	72	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		519	1,15
Linka 12	72	Box - 252	KLT - 20	Box - 18	KLT - 150	1215	2,7
Linka 13	100	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		829	1,85
Linka 14	72	Box - 98	KLT - 20	Box - 152		1000	2,23
Linka 15	72	KLT - 1000	KLT - 204	KLT - 204	KLT - 30	48	0,1
Linka 16	20	KLT - 1000	KLT - 204	KLT - 204	KLT - 30	78	0,17
Linka 17	24	KLT - 14	KLT - 150	Box - 104	KLT - 205	173	0,38
Linka 18	36	Box - 36				336	0,75
Linka 19	36	Box - 12	Box - 18	KLT - 300	KLT - 30	66	0,15

Tabulka 6: Spotřeba a balení u jednotlivých linek

Aby byl zachován systém Kanban, je nadefinován na začátku simulace určitý počet přepravek od každého dílu, který je zobrazen v tabulce 7. Počet přepravek byl nadefinován tak, aby počet dílů v přepravce stačil na 1,5 h spotřebu u každé linky. Případně, pokud počet dílů v jedné přepravce pokrývá 1,5 h spotřebu linky, jsou vytvořeny dvě přepravky. V tabulce je ještě uvedena zásoba dílů na 30 minut. Tato hodnota je použita jako podmínka. Pokud klesne počet zásob na lince pod tuto hodnotu, vyjede vláček i pokud není plně naložen.

	Počet jednotlivých balení v simulaci				Zásoba dílů na 30 minut
	Díl 1	Díl 2	Díl 3	Díl 4	
Linka 1	2	9	2		54
Linka 2	2	9	2		54
Linka 3	2	2	2		29
Linka 4	2	6	2		39
Linka 5	2	7	2		45
Linka 6	2	2	2		11
Linka 7	2	8	2		48
Linka 8	2	4	2		26
Linka 9	2	4	2		26
Linka 10	2	6	2		35
Linka 11	2	6	2		35
Linka 12	2	13	14	2	81
Linka 13	2	9	2		56
Linka 14	3	11	2		67
Linka 15	2	2	2	2	3
Linka 16	2	2	2	2	6
Linka 17	2	2	2	2	12
Linka 18	2				23
Linka 19	2	2	2	2	5

Tabulka 7: Počet přepravek v simulaci u jednotlivých dílů

Další údaje charakterizující simulaci jsou data o transportu. Rychlost transportu v simulaci odpovídá rychlosti tahače, který používá společnost Grammer CZ, tedy 5 km/h. Tahač může vést maximálně 5 vozíků. Na jednom vozíku může být jeden box nebo šest přepravek typu KLT. V simulaci je nastavena maximální přepravní kapacita transportu na 30 míst. Boxy zaujímají 6 dílů a KLT jeden díl. Přepravní vzdálenosti jsou odměřeny z layoutu výrobní haly. Jednotlivá vykládací a nakládací místa jsou zobrazena u popisu příslušných tras. Čas vykládky a nakládky je u boxů 40 sekund a u přepravek typu KLT 20 sekund. Časy jsou opět zadány pomocí triangulárního rozdělení, kdy maximální a minimální hodnota se liší o 10 % od střední hodnoty.

### 6.3 Simulační software

Simulace je zpracována v programu Arena od firmy Rockwell Automation. Arena je diskretní simulační software s asynchroním skokem, to znamená, že vyhodnotí v daném čase jednu událost a časově přeskočí na další plánovanou událost. Software Arena je využíván řadou největších firem jako IBM, UPS, Nike, Lufthansa. Její výhodou je, že se dá propojit s produkty Microsoft např. Microsoft Excel, Microsoft Access, Microsoft Visio a v případě potřeby specifických algoritmů je možnost programovat ve Visual Basic.



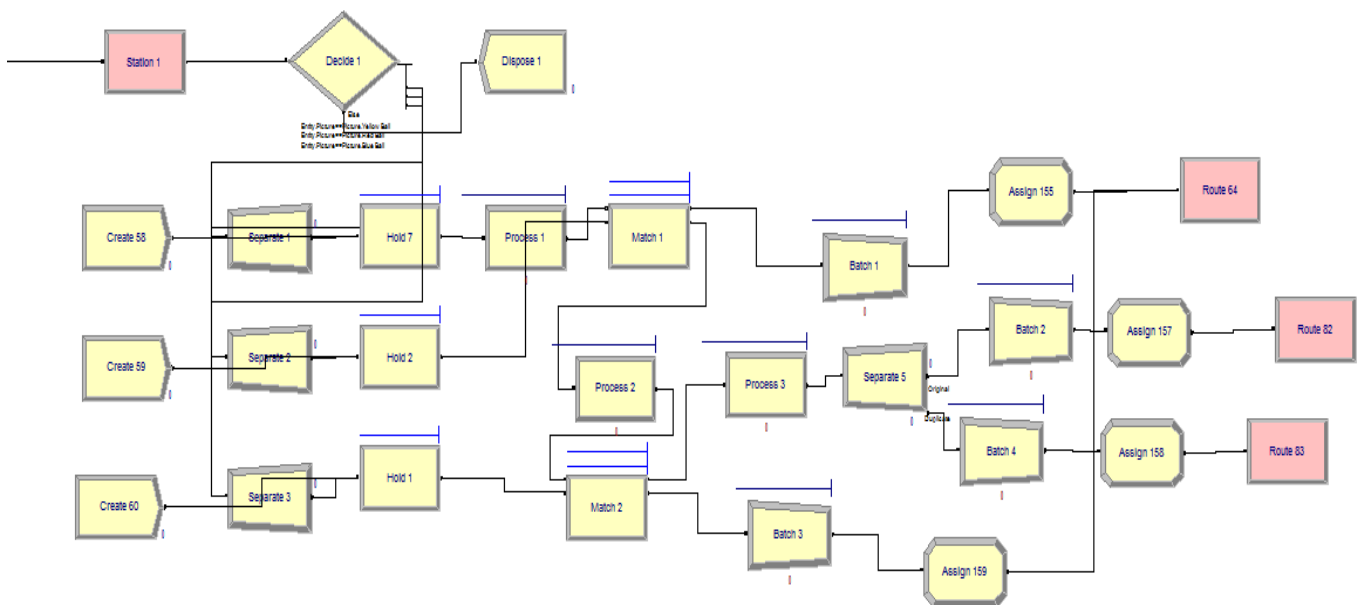
## 6.4 Simulační model

Tvorba simulačního modelu byla rozložena do tří částí. První část popisu simulace představuje montážní linku. Druhá část popisuje transport dílů a třetí část reprezentuje proces rozhodování o vyjetí vláčku. Jednotlivé části jsou následně popsány podrobněji. Každá trasa má navíc určitá specifika, která jsou vysvětlena u příslušných kapitol.

### 6.4.1 Simulační model montážní linky

Základ simulace tvoří simulace montážního procesu. Simulační model obsahuje 19 simulačních linek. Pro popsání tvorby simulačního modelu je vybrána první linka, avšak ostatní linky jsou vytvořeny na stejném principu.

Příklad nasimulovaného montážního procesu je zobrazen na obr. 25. Na začátku modelu linky se nachází modul Create, který vytvoří určitý počet definovaných dílů, aby odpovídaly počtu balení dle tabulky 7. Vytvořené díly se zařadí do fronty v modulu Hold. Dále jsou zpracovány ve frontě pomocí metody FIFO. Modul Hold pustí díl k dalšímu zpracování, jen pokud je volný následující proces.



Obrázek 25: Schéma simulace montážní linky

Na obrázku 25 následuje Modul Proces. Jak je modul Proces nadefinován, lze vidět na obrázku 26. Čas zpracování dílu je definován pomocí triangulárního rozdělení. Střední hodnota se rovná době zpracování času. Zadaná hodnota se musí převést do desítkové soustavy. Pokud se tedy takt linky rovná 1,8 kusu za minutu. Tzn., že jeden kus se zpracuje za 33 sekund. Zadaná hodnota se bude rovnat  $33/60$ . Minimální hodnota a maximální hodnota se liší přibližně o 10 % od střední hodnoty. Dále je k procesu určený zdroj, který zpracovává konkrétní proces. Počet modulů Proces odpovídá počtu operací na dané lince.

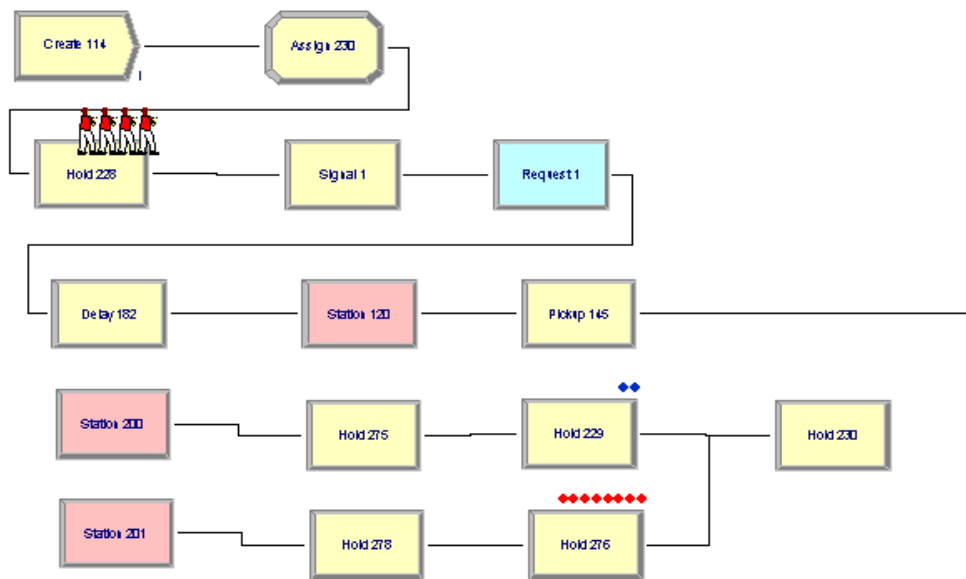
Obrázek 26: Nastavení modulu Proces

Po modulu Proces následuje Match, který reprezentuje smontování dvou dílů dohromady. Jeden díl pokračuje k dalšímu zpracování a druhý jde do modulu Batch, který představuje přepravku. V tomto případě prázdnou přepravku, kdy po zpracování určitého počtu dílů, se vytvoří jedna entita představující prázdnou představku. Entita z modulu Batch pokračuje do modulu Assign, který přiřazuje jednotlivé vlastnosti entitě, například prostor, jaký zabírá přepravka na vozíku, číslo linky, aby přepravka dorazila zpět. Z modulu Assign putuje entita do modulu Route, kde se vrací na místo, kde bude naložena na transportér.

Hotový výrobek se vytvoří na konci procesu z modulu Separate a hromadí se v modulu Batch, dokud není naplněno přepravní balení, kterému jsou přiřazeny vlastnosti v modulu Assign. Všechny díly a výrobky putují na začátek simulace, kde se vytvoří přepravní zakázka. Podrobněji tento proces bude popsán v následující kapitole.

#### 6.4.2 Vytvoření zakázky v simulačním modelu

Další částí modelu je vytvoření zakázky na dopravu a vyjetí transportéru. Logika sestavení této části je zobrazená na obrázku 27. Na počátku se vytvoří počet entit, které odpovídají počtu transportérů. Tuto entitu lze přirovnat k řidičovi tažného vozíku. Entita ovládá transportér a pomocí logiky řídí transportér. Po vytvoření se přiřadí této entitě obrázek a poté čeká v modulu Hold na expedici. Nastavení modulu Hold je zobrazeno na obrázku 28. Modul Hold je řízen na základě podmínky, která pokud je splněna, vypustí entitu k zavezení materiálu k linkám. Podmínka je definována, tak že kontroluje, zda příchozí balení obsadí plně vláček a také sleduje počet zásob u jednotlivých linek. Pokud zásoba na lince klesne pod 20 minut nebo kapacita zakázky se rovná přepravní kapacitě transportéru je podmínka splněna.



Obrázek 27: Proces vytvoření zakázky k expedici v simulaci

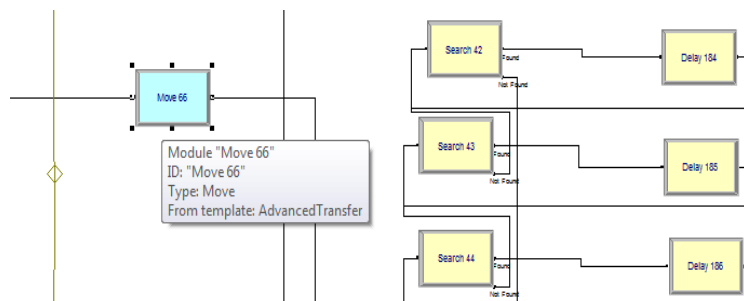
Obrázek 28: Nastavení rozhodovací podmínky

Po opuštění Hold jde entita do modulu Signal, který pošle signál do front, které připravují zakázku. Díly, které budou připraveny k linkám, se přesunou do jedné fronty. Z modulu Signal putuje dále entita do modulu Request. Ten vytvoří požadavek na transportér. Pokud není transportér volný, tvoří se v tomto modulu fronta, jakmile se uvolní, je ihned obsazen. Z modulu Request jde entita do modulu Delay, který zpozdí entitu na dobu 0,01 s. Tento modul je zde z funkčního hlediska, protože po tomto zdržení se posune fronta v modulu Request a může být připravena další zakázka. Po Delay následuje Station, který definuje vzdálenosti a poté modul Pickup, ve kterém se naloží na transportér připravená zakázka.

### 6.4.3 Přeprava v simulačním modelu

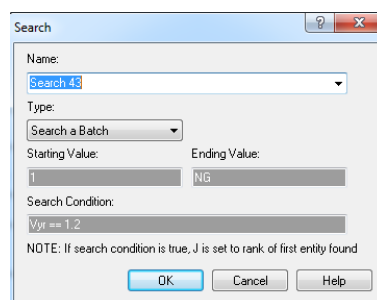
Poslední částí simulace je přeprava, nakládka a vykládka jednotlivých dílů. Jednotlivé trasy a místa nakládky a vykládky jsou popsány u příslušných simulačních tras. Princip vedení tras je tvořen pomocí modulu Move, který ovládá transportér. Mezi dvěma moduly Move je umís-

těna logika, která představuje naložení či vyložení. Na obrázku 29 je zobrazena logika představující naložení ze supermarketu. Protože transportér v té době už je naložený, je třeba simulovat pouze zpoždění trvající naložením. Transportér projíždí supermarketem a zastaví se jen u těch míst, kde by se měl nacházet už naložený díl a zpozdí se o dobu naložení.



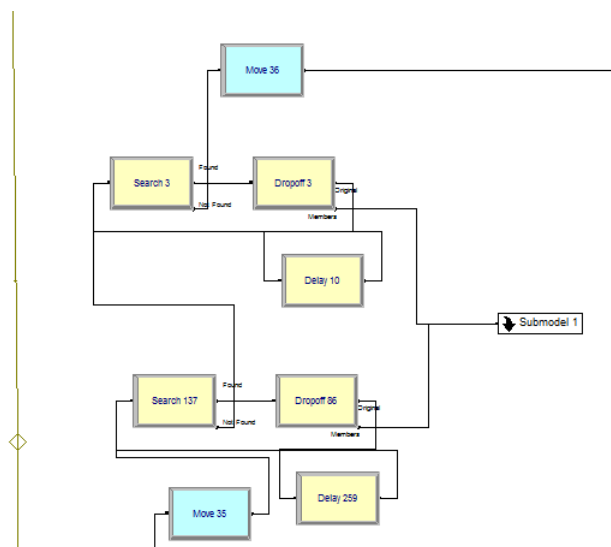
Obrázek 29: Trasování transportérů

Obrázek 30 zobrazuje nastavení Search, který prohledá transportér, zda obsahuje daný díl. Pokud ano, pošle transportér do modulu Delay, kde se zpozdí o definovaný čas. Pokud tento díl neobsahuje, pošle transportér dál. Tímto procesem se transportér zpozdí o dobu, kterou by trvala nakládka v supermarketu nebo nakládka hotových dílů u jednotlivých linek, ačkoli transportér tyto díly už má naloženy.



Obrázek 30: Nastavení Search

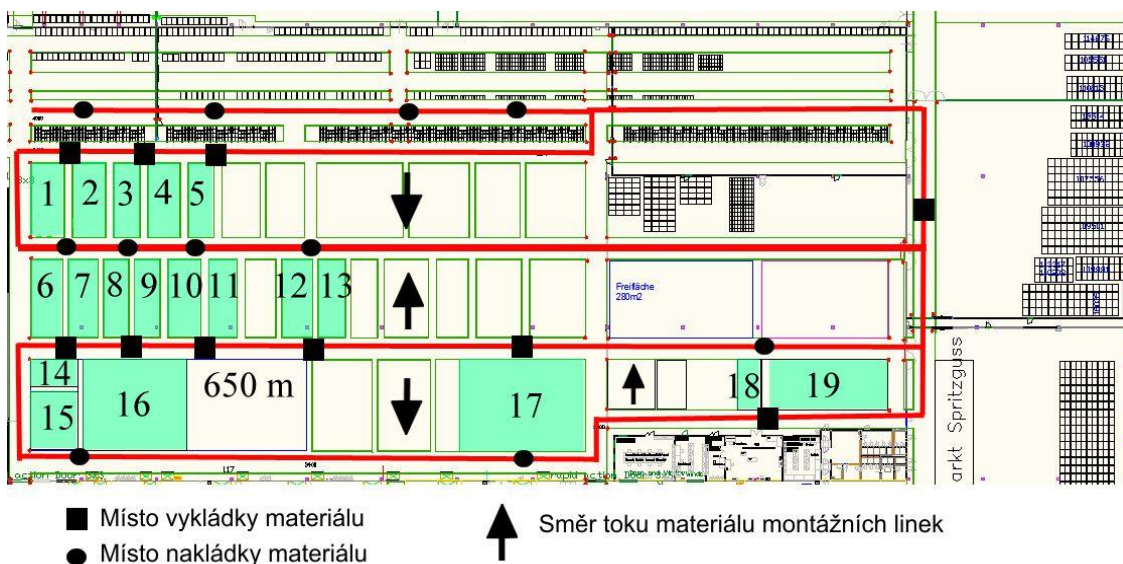
Poslední důležitý aspekt dopravy je vykládka. Logika vyložení dílů, zobrazena na obrázku 31, se skládá ze tří modulů Search, Dropoff a Delay. První jmenovaný modul prohledá transportér, zda obsahuje díl k lince, u které se právě nachází. Pokud tento díl transportér obsahuje, pošle modul transportér do Dropoff, kde se vyloží požadovaný díl a poté jde do Delay, kde se zpozdí o dobu nakládky. Poté se transportér pomocí Move přesune k další lince.



Obrázek 31: Proces vyložení dílů k montážní lince

### 6.5 Simulační experiment 1

První simulace představuje zavážení všech linek na jedné trase i s hotovou výrobou. Trasa vláčku je nakreslena na obrázku 32. Vláček vyjíždí ze supermarketu, ve kterém jsou čtyři zastávky a u každé zastávky se zdrží o dobu naložení dílů, pak rozveze díly a nakládá hotovou výrobu. Poslední zastávka je ve skladu hotové výroby. Odtud zajede na začátek supermarketu a čeká ve frontě na další zakázku.



Obrázek 32: Trasa zavážení experimentu 1

### 6.5.1 Simulační výpočet

Před samotnou simulací je proveden simulační výpočet, při kterém není použit transportér, ale jen entita, která vyjede se stejnou podmínkou jako transportér. Ale po dojetí celé trasy entita zanikne. Pomocí propojení s databází Access je zaznamenán čas jejího vzniku a zániku. Entita není bržděna entitou před ní a vzniká přesně v dobu vzniku zakázky. Takovýto výpočet představuje dokonalý průběh systému a je použit pouze k ověření simulace. Výsledky simulačního výpočtu k trase na obrázku 32 jsou v příloze 1.

V prvním sloupci přílohy je číslo entity unikátně přiřazeno systémem. Druhý sloupec je číslo pořadí entity nadefinovaný uživatelsky a po zahřívací době je číslování znovu od začátku. Třetí sloupec zaznamená naložení vláčku, kdy 30 je maximální kapacita naložení. Čtvrtý a pátý sloupec představuje čas vzniku a zániku entity. Při simulačním výpočtu byla zahřívací doba 60 minut, výsledky z této doby se k výpočtu nepoužívají.

Výsledky z přílohy 1 byly zpracovány v Excelu. Časy ze sloupce T2 byly odečteny od T1 a převedeny do šedesátkové soustavy. Tím je zjištěna doba entity v systému. Po zprůměrování časů, je vypočítána průměrná délka cesty a průměrné časového vytížení vláčku za směnu. Výsledky výpočtu jsou v tabulce 8.

Počet cest	Průměr délky cesty	Průměrné časové využití vláčku
97	15,91 minut	86%

Tabulka 8: Simulační výpočet experimentu 1

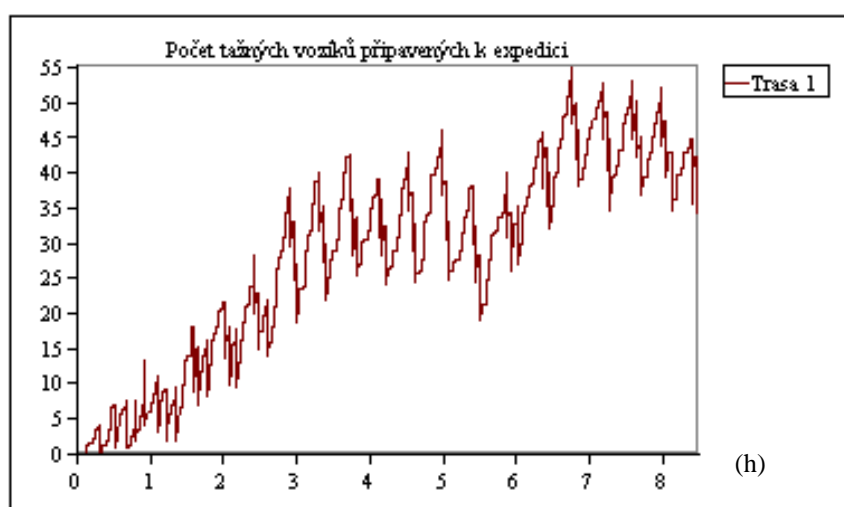
Z této tabulky lze vidět, že k řádnému zásobení výroby bylo třeba 97 cest. Průměrný čas cesty je 15,9 minuty a průměrná přepravní kapacita je 93%. Vynásobením počtu cest a průměrné časové délky cesty dostaneme hodnotu 1543 minut. Pokud je tento čas vydělen délkou směny, vychází řádná potřeba vláčků, která je v tomto případě 4. Tzn., že k řádnému zásobování dle navržené cesty z obrázku 34 by bylo třeba 4 vláčků a jejich časové vytížení by bylo 86 %.

### 6.5.2 Výsledky simulace dle experimentu 1

Nejprve byl nasimulován stav se třemi transportéry. Časové využití transportéru lze vidět na obrázku 33. Časové využití vyšlo na 99 %. Další údaj, který byl sledován, byl počet vozíků připravených k expedici. Na obrázku 35 je možno vysledovat, že stav se třemi transportéry by byl neudržitelný. Z výsledků simulace, také vyplynulo, že využití některých linek nebylo na 100 %. Došlo k zastavení výroby na lince z nedostatku zásob. Lze tedy říci, že tři vláčky pro zavážení podle schématu na obrázku 32 jsou nedostatečné.

Transporter				
Usage				
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	2.9877	(Insufficient)	2.0000	3.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.0000	(Insufficient)	3.0000	3.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.9959	(Insufficient)	0.6667	1.0000

Obrázek 33: Výsledek experimentu 1 se 3 vláčky

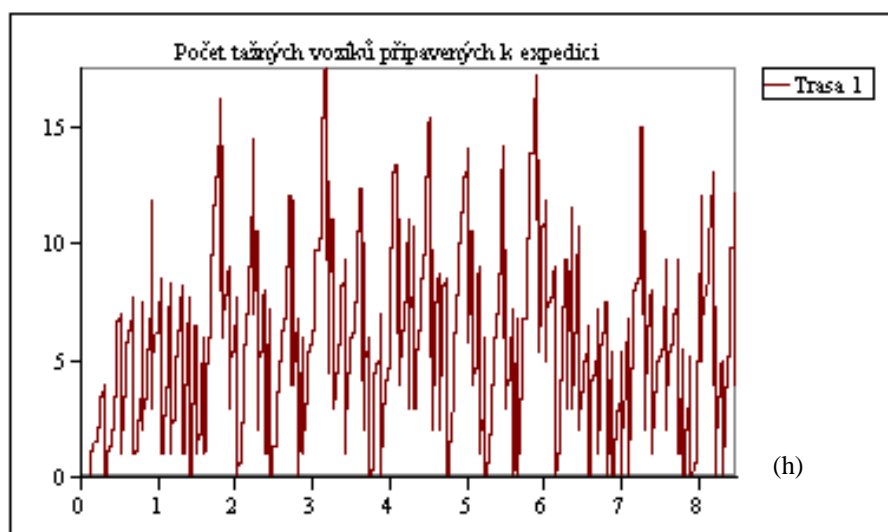


Obrázek 34: Počet vozíků k expedici

Výsledky simulace dle experimentu 1 se čtyřmi transportéry lze pozorovat na obrázku 35. Průměrné časové využití jednoho transportéru je 96 %. Na obrázku 36 lze pozorovat, že počet vozíků k expedici je rovnoměrný a je možno konstatovat, že tento stav je udržitelný. Využití všech linek bylo 100%, tedy nedošlo k zastavení výroby z nedostatku zásob.

Transporter				
Usage				
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.8418	(Insufficient)	3.0000	4.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	4.0000	(Insufficient)	4.0000	4.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.9605	(Insufficient)	0.7500	1.0000

Obrázek 35: Výsledek simulace experimentu 1 se 4 vláčky



Obrázek 36: Počet vozíků k expedici

Výsledky simulace zásobování s 5 vláčky podle trasy z obrázku 32 jsou na obrázku 37. Průměrný čas využití jednoho transportéru je 83 %. Z grafu na obrázku 39 je vidět, že počet vozíků k expedici v čase neroste. Oproti předchozímu stavu pokleslo využití vláčků a mírně se snížil maximální nárazový počet vozíků potřebných k expedici. Z toho lze vyvodit, že vhodný počet vláčků pro zavážení je v předchozím řešení, tj. se jedná o čtyři vláčky.

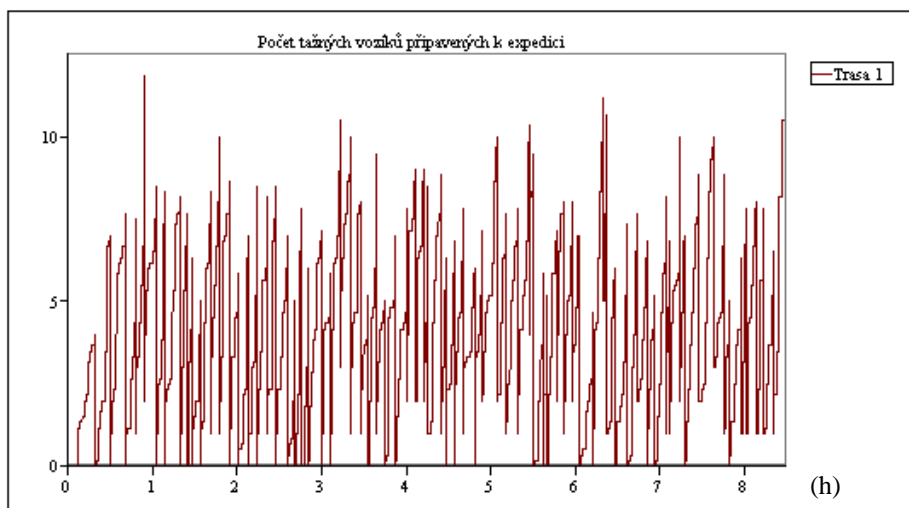
### Transporter

#### Usage

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Transporter 1	4.1742	(Insufficient)	4.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Transporter 1	5.0000	(Insufficient)	5.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
	Transporter 1	0.8348	(Insufficient)	0.8000

Obrázek 37: Výsledek simulace experimentu 1 s 5 vláčky

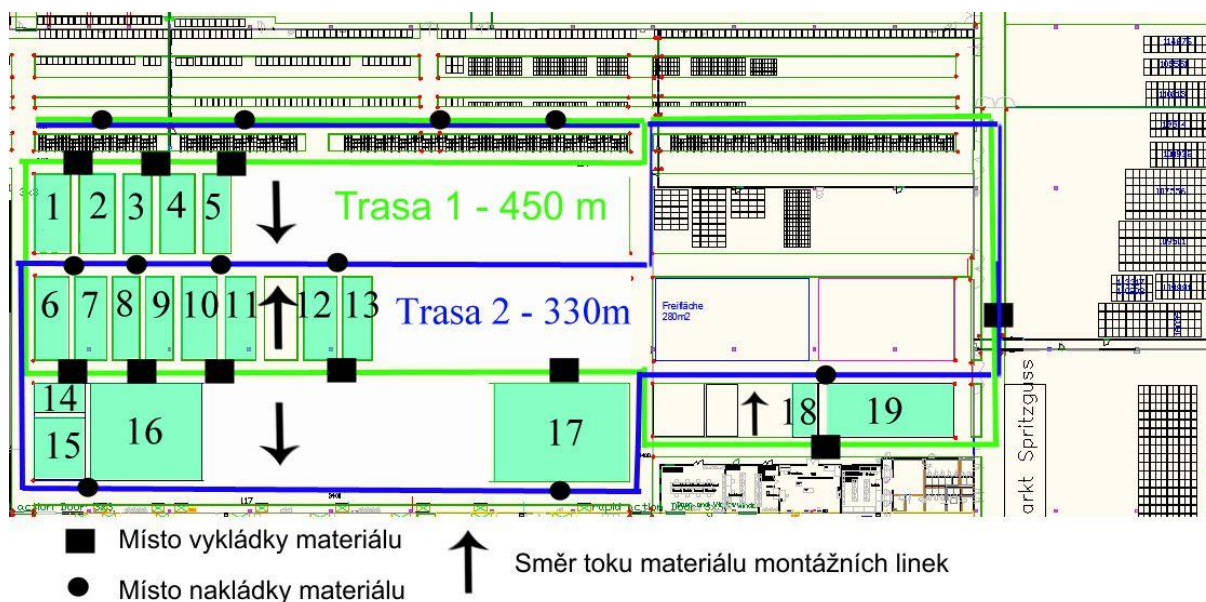




Obrázek 38: Počet vozků k expedici

## 6.6 Simulační experiment 2

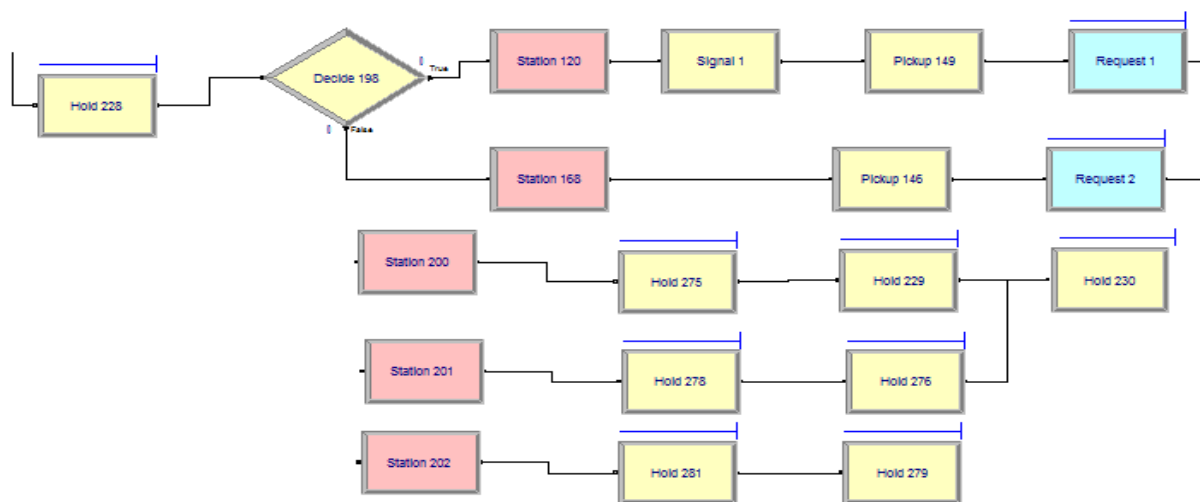
V simulačním experimentu 2 je rozděleno na odvoz hotové výroby a zavážení zásob k linkám. Trasy zavážení jsou znázorněny na obrázku 39. Po trase 1 zaváží vlaček zásoby k linkám a po trase 2 odváží hotovou výrobu od linek do skladu. Trasa 1 vede od supermarketu, projíždí u té strany linek, kde se naváží zásoby a poté se vrací zpět do supermarketu. Trasa 2 je vedena od supermarketu k linkám tak, aby šlo odebrat balení s hotovými výrobky.



Obrázek 39: Zavážecí trasy experimentu 2

### 6.6.1 Rozhodovací proces zavážení

Protože experiment 1 měl jen jednu trasu a v experimentu 2 vláček vozí zvlášť hotovou výrobu a zásoby k linkám (2 trasy), proto je třeba nastavit rozhodovací logiku tak, aby vláček zajel na správnou trasu a odvezl správnou zakázku. Částečná změna oproti experimentu 1 je zobrazena na obrázku 40. Navíc je ještě v modelu změněno trasování vláčku dle tras na obrázku 39. Na obrázku 40 si lze všimnout, že vznikla oproti experimentu 1 navíc jedna fronta. Do této fronty se řadí zvlášť hotová výroba.



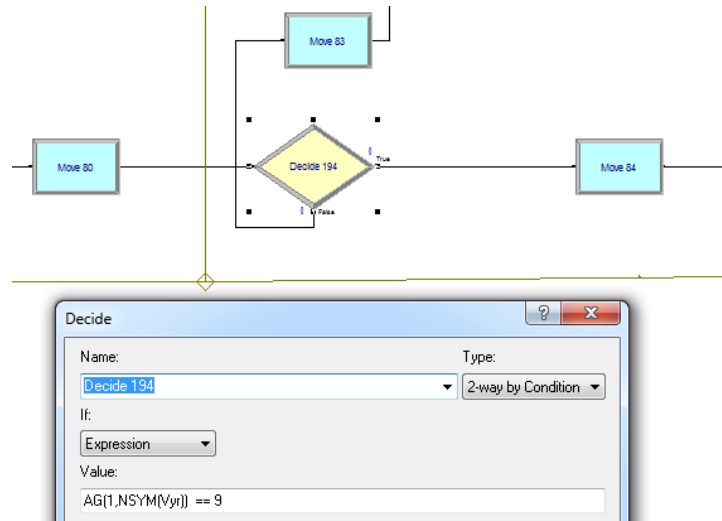
Obrázek 40: Schéma rozdělení zakázky na různé trasy

Logika rozhodování, kterou zakázku má transportér naložit, je vložena do modulu Decide. Na obrázku 41 je ukázka rozhodovacího výrazu. V prvních dvou řádkách se porovnává hodnota velikosti přepravní kapacity zakázky mezi jednotlivými trasami. V dalším řádku je podmínka, která kontroluje naloženost vláčku. Dále jsou pak uvedeny hodnoty zásob, které pokud klesnou pod určitou hodnotu, je rovněž splněna podmínka. Všechny tyto podmínky jsou od sebe odděleny logickým výrazem "||" neboli OR. Tzn., že pokud jediná podmínka z těch, které jsou ve výrazu vyjmenované je pravdivá, je celý výraz pravdivý. Transportér tedy zaveze zásoby k linkám. Pokud výraz není pravdivý, pojedí transportér trasu hotové výroby.

```
SAQUE(Hold 229.Queue,NSYM[size]) + SAQUE(Hold 276.Queue,NSYM[size])
>= SAQUE(Hold 279.Queue,NSYM[size]) ||
SAQUE(Hold 276.Queue,NSYM[size]) + SAQUE(Hold 229.Queue,NSYM[size])
>= 30 ||
Hold 1.Queue >
54 ||
Hold 2.Queue >
54 ||
```

Obrázek 41: Ukázka rozhodovací podmínky

V experimentu 2 se navíc kříží některé trasy, proto je nutné nasměrovat vláček na správné místo. Tento problém je zobrazen na obrázku 42. Rozhodování je řešeno jednoduše opět pomocí Decide, který prohledá obsah vláčku a rozhodne, na kterou trasou se má vydat.



Obrázek 42: Rozhodovací logika pro navádění trasy vláčku

Ve druhém experimentu je rozděleno zavázení na hotovou výrobu a zásobování montážních linek. Z hlediska plánování to není náročný úkol. Disponent vydá zakázku na zásobování či odvezení hotové výroby. Odvázení hotových výrobků má tu výhodu, že pokud nedojede vláček včas z nějakého náhlého důvodu, nedojde k zastavení výroby. Negativním jevem je ale hromadění hotové výroby u montážních linek. Přesto větší prioritu má zásobování linek.

### 6.6.2 Simulační výpočet experimentu 2

Simulační výpočet byl proveden podobně jako u experimentu 1 s tím rozdílem, že byl vypočítán proveden u každé trasy zvlášť. Výsledky výpočtu jsou v přílohách 2 a 3. Příloha 2 patří k trase 1 a příloha 3 k výsledkům trasy 2.

Zpracování výsledků probíhalo stejně jako v předešlém případě. Výsledky jsou zobrazeny v tabulce 9. Pro samotné zavázení trasy 1 by bylo třeba 74 cest a průměrná délka cesty by činila 14,45 minuty. Počet cest u trasy 2 vychází na 24 a průměrná délka cesty na 10,49 minuty. Naložení vláčku u trasy 2 je vždy na 100 %, což je dáno tím, že u hotové výroby nebyla podmínka kritické hodnoty. Porovnatelný údaj s předchozím výpočtem je celková doba přepravy obou tras a ta vyšla na 1321 minut. To znamená, že na jednu směnu, která má 450 minut, je potřeba minimálně tři vláčků a jejich časová vytíženost by byla 97 %.

	Počet cest vláčků	Průměr délky cesty [min]	Průměrné časové využití vláčku
Trasa 1	74	14,45	97%
Trasa 2	24	10,49	97%

Tabulka 9: Simulační výpočet experimentu 2

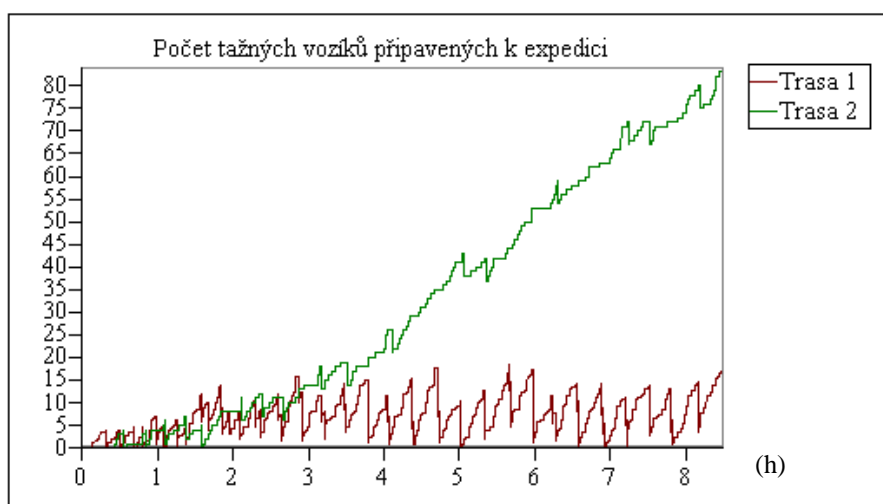
### 6.6.3 Výsledky simulace dle experimentu 2

Nejprve byl simulován stav se třemi transportéry dle trasování podle obrázku 39. Časové využití transportéru lze vidět na obrázku 43 a vychází, že všechny transportéry byly využívány na 100% po celou dobu simulace. Z grafu na obrázku 44 lze pozorovat, že počet vozíků potřebných k expedici v čase neustále rostl a to jen na trase 2. Protože zásobování linek mělo prioritu před odvozem hotových výrobků, hromadila se tak hotová výroba u linek za cenu udržení výroby. Výsledky simulace ukázaly, že využití linek bylo 100 %. Přesto lze z výsledků simulace konstatovat, že 3 vláčky jsou při navrženém způsobu dopravy nedostatečné.

#### Usage

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.0000	(Insufficient)	2.0000	3.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.0000	(Insufficient)	3.0000	3.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

Obrázek 43: Výsledek simulace experimentu 2 s 3 vláčky



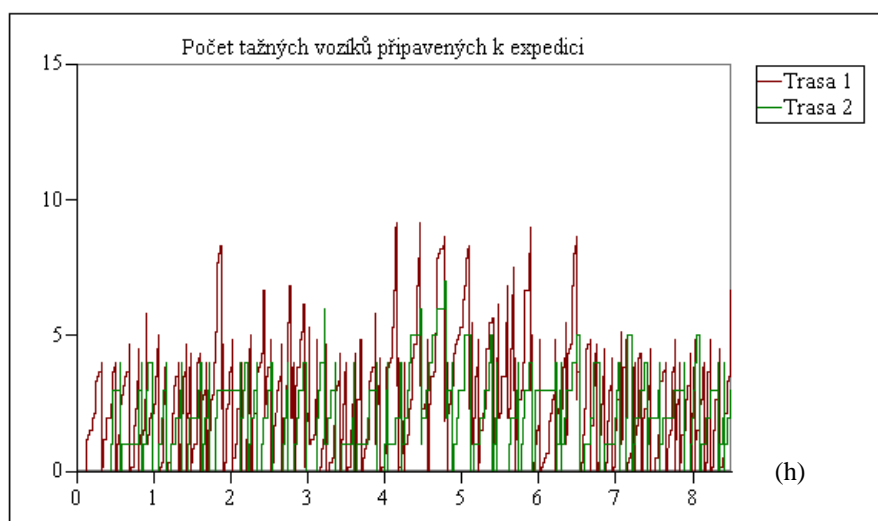
Obrázek 44: Počet vozíků k expedici

Dále byl nasimulován stav se čtyřmi transportéry. Výsledky ukazuje obrázek 45. Průměrné časové využití jednoho transportéru vyšlo na 92 %. Vozíky potřebné k expedici v čase zobrazuje na obrázku 46 graf. V průběhu času byl stav poměrně vyrovnaný a nedocházelo k větším výkyvům. Z výsledků tedy plyne, že takto nastavený systém je dlouhodobě udržitelný.

**Usage**

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.6820	(Insufficient)	3.0000	4.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	4.0000	(Insufficient)	4.0000	4.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.9205	(Insufficient)	0.7500	1.0000

Obrázek 45: Výsledek simulace experimentu 2 s 4 vláčky



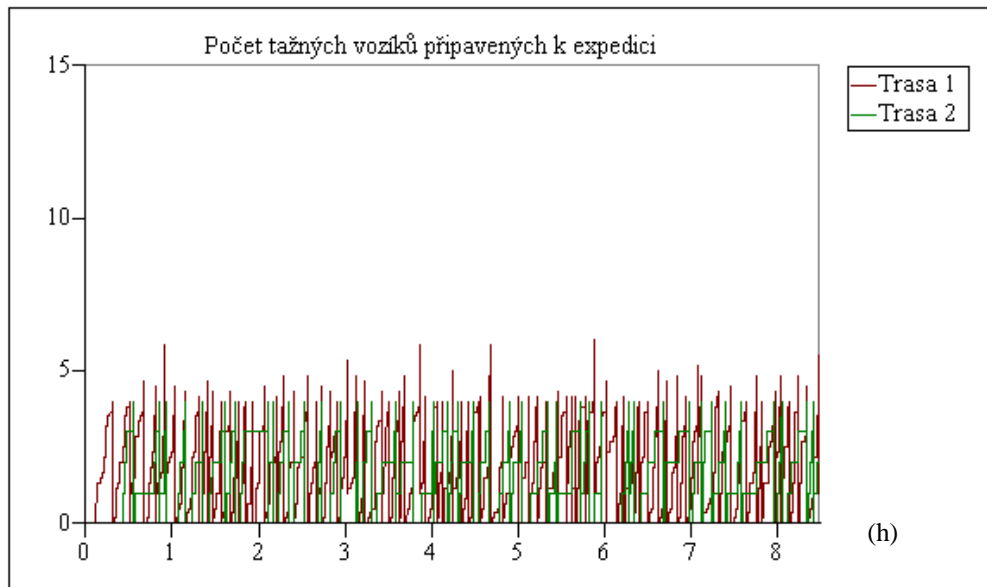
Obrázek 46: Počet vozíků k expedici

Poslední simulací je model s pěti vláčky. Využití vláčků zobrazuje obrázek 47. Počet vozíků k expedici zobrazuje graf na obrázku 48. Časové využití vláčku je 83 % a stav potřebných zakázek se v čase mírně rozprostřel. I tak by tento stav byl oproti předchozímu neefektivní.

**Transporter****Usage**

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	4.1625	(Insufficient)	4.0000	5.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	5.0000	(Insufficient)	5.0000	5.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.8325	(Insufficient)	0.8000	1.0000

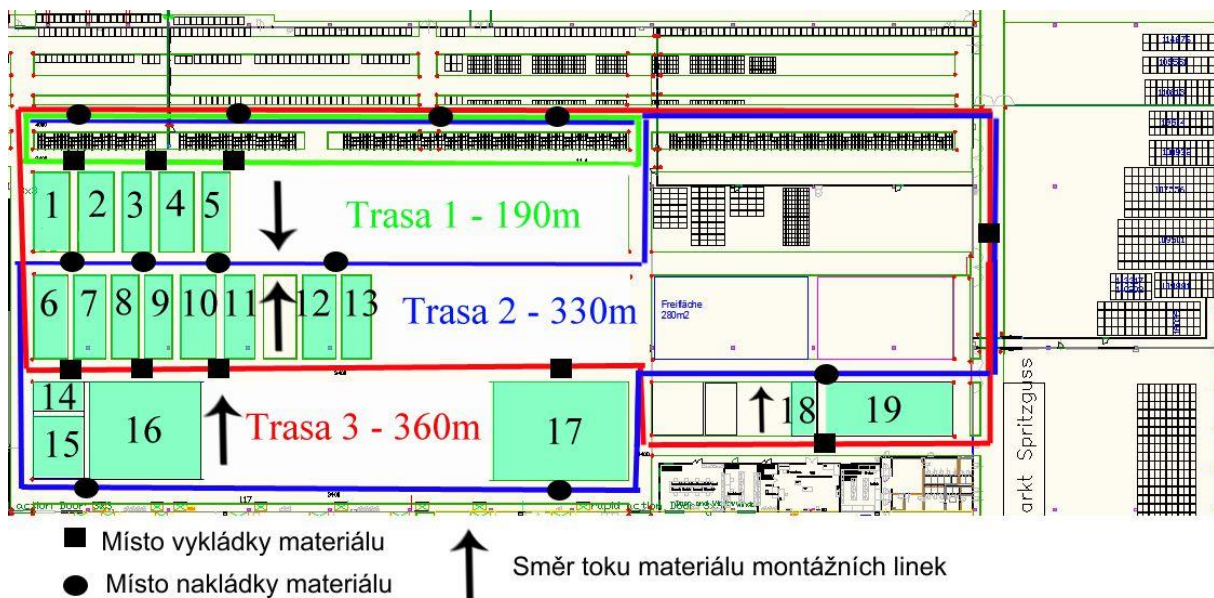
Obrázek 47: Výsledek simulace experimentu 2 s 5 vláčky



Obrázek 48: Počet vozíků k expedici

### 6.7 Simulační experiment 3

U simulačního experimentu jsou tři trasy vláček. Zobrazeny jsou na obrázku 49. Trasa 1 vede jen v první řadě montážních linek a zpět do supermarketu. Trasa 2 vede stejně jako v experimentu 2, tedy odváží hotovou výrobu od linek do skladu. Trasa 3 zaváží montážní linky ve druhé a třetí řadě.

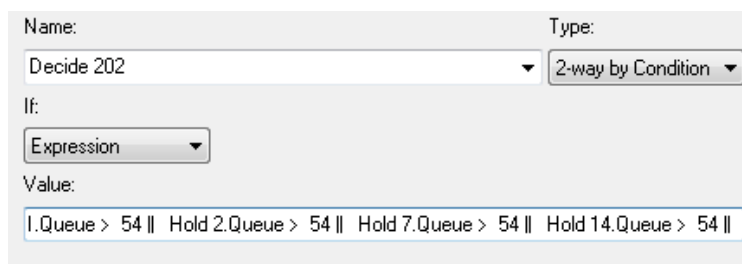


Obrázek 49: Zavážecí trasy experimentu 3

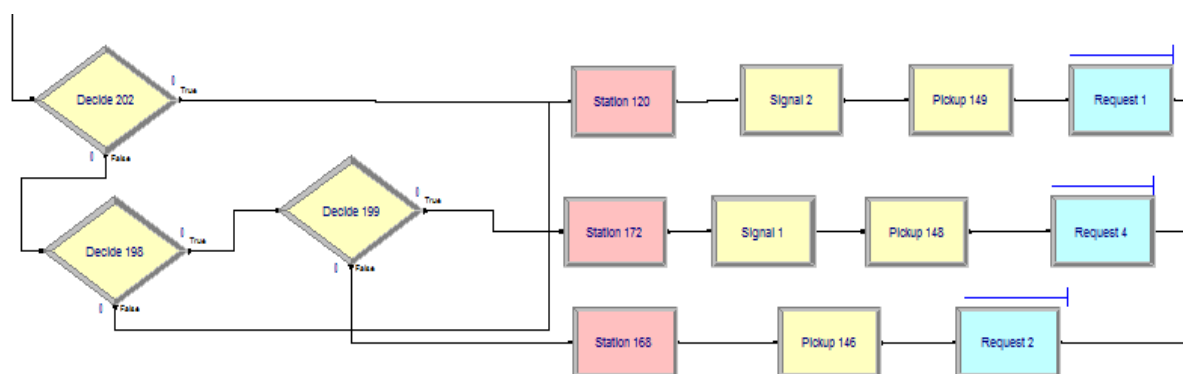
I zde stejně jako v experimentu 2 je rozhodovací logika, která je zobrazena na obrázku 51. Princip je stejný jako u experimentu 2, kdy se nejprve porovnávají zakázky k vypravení mezi trasou 1 a 3. Nejprve dojde k vyhodnocení podmínky, viz. obrázek 50. Podmínka zkontroluje,

zda neklesly zásoby u linek v řadě 1 pod mez 30 minut. Pokud ano, je vyslána doprava na trasu 1. Pokud ne, dochází k dalšímu rozhodování, kde se porovnává přepravní kapacita na trasy 3 a 1, a zároveň se kontroluje, zda neklesly zásoby pod mez 30 minut u linek v řadě 2 a 3. Když je vyšší přepravní kapacita na trase 1 a neklesly zásoby pod mez na trase 3, vyšle se na trasu 1 transportér.

Pokud ne, dojde k dalšímu rozhodování mezi trasou 2 a 3. Zde je stejný algoritmus jako v předchozích případech.



Obrázek 50: Ukázka rozhodovací podmínky k určení priority zavážecí trasy



Obrázek 51: Rozhodovací logika k vybrání zavážecí trasy

### 6.7.1 Simulační výpočet experimentu 3

Simulační výpočet je i zde k porovnání. Výsledky výpočtu jsou uvedeny v přílohách 3, 4 a 5. K trase 1 patří příloha 4, k trase 2 příloha 3, protože je stejná jako u předchozího experimentu. K trase 3 patří příloha 5. Zpracované výsledky jsou v tabulce 10.

	Počet cest vláčků	Průměr délky cesty [min]	Průměrné časové využití vláčku
Trasa 1	18	10,79	85%
Trasa 2	24	10,49	85%
Trasa 3	55	12,79	85%

Tabulka 10: Simulační výpočet experimentu 3

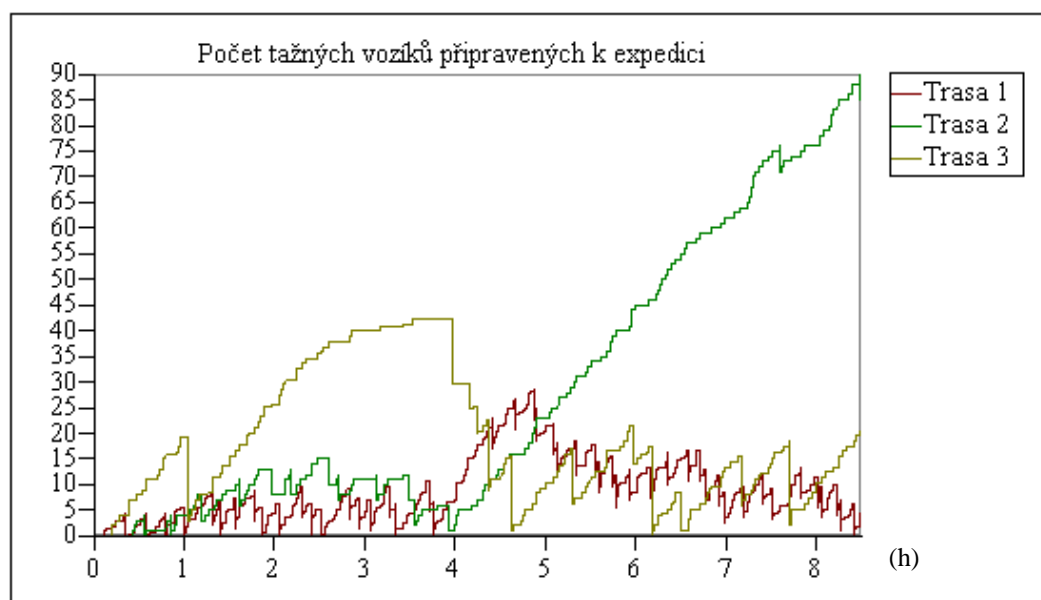
Pomocí výpočtu je zjištěno, že na trase 1 je potřeba 18 cest s průměrnou dobou přes 10,79 minut. Trasa 2 je stejná jako v experimentu 2, proto výsledky zůstaly stejné. Na trase 3 je potřeba 55 cest s průměrnou dobou 12,79 minut. Celková doba zavážení vláčků je 1150 minut. Na směnu trvajících 450 minut by bylo třeba 3 vláčků a jejich časové využití by bylo 85 %.

## 6.7.2 Výsledky simulace

Výsledek simulace se dvěma vláčky dle trasování podle obrázku 49 je zobrazen na obrázku 52. Časové využití vláčku je 100 % a z grafu na obrázku 53 lze vyčíst, že počet potřebných zakázek v čase stoupá. Lze říci, že pomocí dvou vláčků nejde dostatečně zásobovat výrobu dle způsobu na obrázku 49.

Usage				
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	2.0000	(Insufficient)	1.0000	2.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	2.0000	(Insufficient)	2.0000	2.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	1.0000	(Insufficient)	1.0000	1.0000

Obrázek 52: Výsledek simulace experimentu 3 s 2 vláčky



Obrázek 53: Počet vozíků k expedici

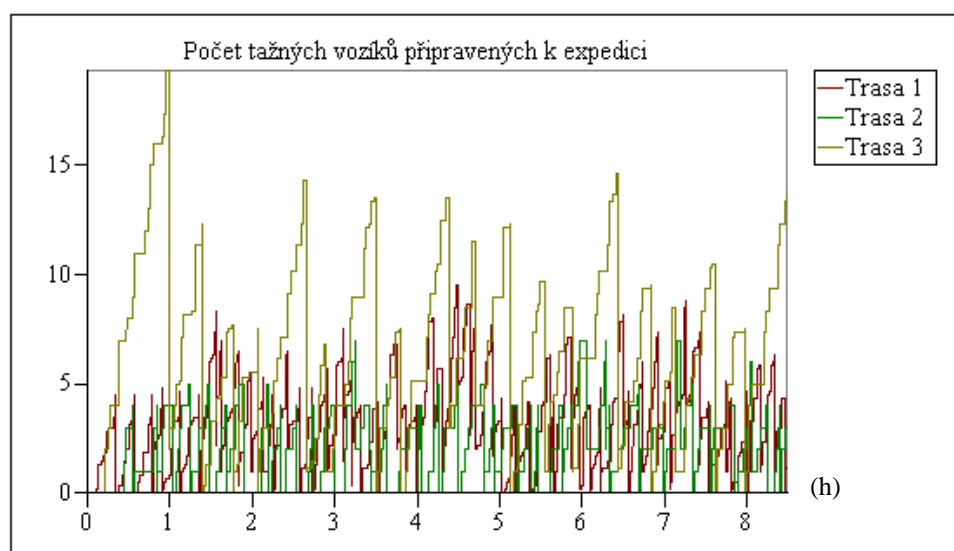
Dále byla zkoumána stejná trasa jako v předchozím v případě, ale se třemi vláčky. Výsledek simulace je vidět na obrázku 54. Průměrné využití vláčku je 96 %. Z grafu na obrázku 55



Lze vyčíst, že nárazově počet vozíků potřebných k expedici náhle stoupne, ale poté se vyrovná. Tento stav je možné označit za udržitelný a lze říci, že zavážení dle obrázku 49 je možné se třemi vláčky.

Usage				
Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	2.9052	(Insufficient)	2.0000	3.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.0000	(Insufficient)	3.0000	3.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.9684	(Insufficient)	0.6667	1.0000

Obrázek 54: Výsledek simulace experimentu 3 se 3 vláčky



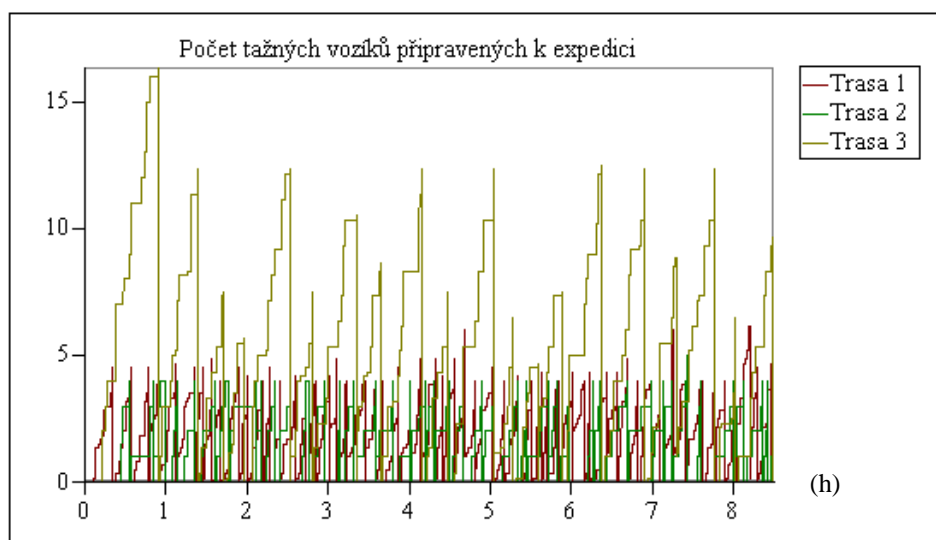
Obrázek 55: Počet vozíků k expedici

Zavážení dle obrázku 49 bylo simulováno ještě se 4 vláčky. Využití vláčku se oproti předchozím výsledkům zmenšilo a průměr využití jednoho vláčku vychází na 82 %. Graf na obrázku 57 ukazuje, že potřebné zakázky k expedici se náhle nahromadí jako v předchozím případě, jen jsou rychleji odstraněny. Přesto lze říci, že předchozí stav byl efektivnější.

**Usage**

Number Busy	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	3.3067	(Insufficient)	3.0000	4.0000
Number Scheduled	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	4.0000	(Insufficient)	4.0000	4.0000
Utilization	Average	Half Width	Minimum Value	Maximum Value
Transporter 1	0.8267	(Insufficient)	0.7500	1.0000

Obrázek 56: Výsledek simulace experimentu 3 se 4 vláčky



Obrázek 57: Počet vozíků k expedici

## 7 Zhodnocení

Pro konečné porovnání byly vybrány ty výsledky ze simulací, které prokazovali, že jsou udržitelné po celou dobu a ty které byly efektivní. Konečné výsledky jsou zobrazeny v tabulce 11 a pro porovnání jsou uvedeny výsledky simulačního výpočtu. Tyto výsledky nejsou tolik vypovídající, přesto ukazují ideální průchod systémem a jsou vhodné spíše pro porovnání a kontrolu výsledků simulace.

Pokud porovnáme výsledky samotné simulace, lze vidět, že pouhým trasováním se zlepšila efektivnost použití vláčků a dokonce případně lze snížit jejich potřebný počet a tím se sníží investiční a provozní náklady. Protože, když porovnáme trasování podle experimentu 3 s experimenty 1 a 2 dochází k úspoře jednoho tažného vláčku a zároveň nákladů na obsluhu vláčku. Zajímavé je i porovnání trasování dle experimentu 1 a 2, kde u experimentu 2 dochází ke snížení časového využití vláčku a při případném nárůstu dalších linek existuje časová rezerva pro jejich zavážení.

Rozdělení tras	Způsob zjištění	Počet potřebných vláčků	Časové využití vláčků
Experiment 1	Výpočet	4	86%
	Simulace	4	96%
Experiment 2	Výpočet	3	97%
	Simulace	4	92%
Experiment 3	Výpočet	3	85%
	Simulace	3	96%

Tabulka 11: Využití vláčků

Při současném vytížení se, ale stále jeví logická varianta trasování dle experimentu 2, tedy rozdělení na zavážení zvlášť hotových výrobků a potřebných dílů na montážní linky. Trasování dle experimentu 3 přichází v úvahu, pokud obsahuje 1. řada alespoň tři nebo čtyři montážní linky a pokud mají vyšší požadavky na zásobení. Jinak by zkrácení přepravní doby bylo na úkor nevyužití přepravní kapacity vláčku a vláček by musel absolvovat zbytečně více cest zpět do supermarketu. S dalším postupným rozšiřováním výroby trasování nabírá více na významu a při dalším rozšíření nad rámec simulovaného stavu, je možné zvýšit efektivitu opět pomocí lepšího rozvržení tras.

Nevýhodou trasování je, že klade větší nároky na plánování a řízení zásobování. Vzniká potřeba více cest a plánování správného času výjezdu vláčku. S postupným rozšiřováním výroby se zvyšuje potřeba sledování zásob. Zde se nabízí otázka informačního systému, který sebou ale přináší další náklady.

## 8 Závěr

V této diplomové práci byly shrnuty teoretické poznatky týkající se výroby, zásobování výroby, racionalizace a simulace.

Praktická část práce se zabývala poznáním zásobovacího procesu montážních linek. Byly popsány zařízení, části výrobní haly a způsob, jakým zásobování probíhá. Byly připraveny podklady pro vytvoření simulace.

Hlavní část práce tvořila simulace, která se týkala zásobování budoucího stavu výroby. Simulace měla hlavní úkol ověřit výhody v navrženém řešení a číselně vyjádřit rozdílnou efektivnost navržených řešení. Byly navrženy tři varianty tras vláčků. Pomocí simulačního výpočtu byla zjištěna potřeba počtu vláčků a jejich časové vytížení u jednotlivých tras. Tento výpočet byl pouze orientační a sloužil ke stanovení počtu vláčků v simulaci.

Pomocí simulace byl zjištěn počet vláčků, který by udržitelně stačil na zavlážení jednotlivých tras. Ukázalo se, že správné trasování dokáže zlepšit využití vláčků a lze dokonce snížit jejich počet a s tím, jak se bude výroba ve firmě Grammer CZ rozšiřovat, bude nabývat na významu racionalizace zásobování podle navrženého modelu v této práci.



## Seznam použité literatury

- [1] SVOBODOVÁ, Hana a Jaromír VEBER. *Produktový a provozní management: Product and operation management*. Vyd. 1. Praha: Oeconomica, 2003, ISBN 80-245-0611-4.
- [2] ZELENKA, A. -KRÁL, M. *Projektování výrobních systémů*. Praha: ČVUT Praha, 1995. ISSN 0039-2456
- [3] KAVAN, Michal a Jaromír VEBER. *Výrobní a provozní management: Product and operation management*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, ISBN 80-247-0199-5.
- [4] JUROVÁ, Marie a Jaromír VEBER. *Řízení výroby: Product and operation management*. Vyd. 1. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta podnikatelská v nakl. Zdeněk Novotný, 2001, ISBN 80-214-2031-6.
- [5] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Jaromír VEBER. *Moderní přístupy k řízení výroby: Product and operation management*. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2009, xiii, 137 s. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7400-119-2.
- [6] Ing. Marek Bureš, Ph.D., *Tvorba a optimalizace pracoviště*, ebook verze 1., Smartmotion, Plzeň, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3
- [7] HLAVENKA, Pavel Božek, František MIKSA. SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA. *Projektovanie výrobných systémov*. Vyd. 1. Bratislava: Slovenská technická univerzita, 2000 Edícia skríp. ISBN 8022713236.
- [8] PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 164 s. ISBN 80-010-2556-X.
- [9] MASA AKI, I. *Kaizen*. 1. vydání. Brno: Computer Press, a.s. 2007. ISBN 978-80-251-1621-0
- [10] KOŠTURI AK, J; BOLEDOVIČ, L; KRIŠŤ AK, J; MAREK, M. *Kaizen: Osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. 1. vydání. Brno: Computer Press, a. s. 2010. 243 s. ISBN 978-80-251-2349-2
- [11] LHOTSKÝ, Oldřich. *Organizace a normování práce v podniku*. Vyd. 1. Praha: ASPI, 2005, 104 s. Lidské zdroje. ISBN 80-735-7095-5.

[12] Doc.Ing. Václav Votava, CSc., Ing. Zdeněk Ulrych, Ph.D., Ing. Pavel Raška Ing. Petr Hořejší: *Simulace ve strojírenství*, ebook verze 2., Západočeská univerzita Plzeň, 2008. ISBN 978-80-7043-659-2

[13] RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3

[14] Muda [online]. 2010 [cit. 2013-12-07]. Dostupné z: [http://4.bp.blogspot.com/-DVE-wo37S8/UVgaRsGTTI/AAAAAAAAAFA/s\\_rJixRQaA0/s1600/Eliminating+waste+%28MUDA%29.jpg](http://4.bp.blogspot.com/-DVE-wo37S8/UVgaRsGTTI/AAAAAAAAAFA/s_rJixRQaA0/s1600/Eliminating+waste+%28MUDA%29.jpg)

[15] HORVÁTH, Gejza. *Logistika ve výrobním podniku*. 1. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2007, 215 s. ISBN 978-80-7043-634-9.

## Seznam obrázků

Obrázek 1: Základní schéma výroby [1] .....	12
Obrázek 2: Schéma výroby - s vymezením vstupů, přeměn a výstupů [1] .....	12
Obrázek 3: Zjednodušené schéma výrobně-montážního systému [2] .....	13
Obrázek 4: Předmětné uspořádání výroby [5] .....	16
Obrázek 5: Schémata hnízdových struktur [2] .....	17
Obrázek 6: Některé oblasti aplikace logistiky [15] .....	20
Obrázek 7: MUDA [14] .....	26
Obrázek 8: Srovnání spojité a diskrétní simulace [12] .....	30
Obrázek 9: Layout montážní linky .....	36
Obrázek 11: Vkládání modulu .....	36
Obrázek 10: Vkládání pěny do obalu .....	36
Obrázek 12: Montáž bočního tlačítka .....	37
Obrázek 13: Uzavření opěrky .....	37
Obrázek 14: Funkční kontrola .....	38
Obrázek 15: Balení opěrky .....	38
Obrázek 16: Layout současné výroby s označením výrobních linek .....	39
Obrázek 17: Základní schéma layoutu .....	40
Obrázek 18: Přípravna obalů .....	41
Obrázek 19: Sklad hotové výroby .....	41
Obrázek 20: Supermarket .....	42
Obrázek 21: Tahač BT Movit .....	43
Obrázek 22: Tažný vozík .....	44
Obrázek 23: Současný layout výroby .....	45
Obrázek 24: Layout simulovaného stavu s označením linek .....	46



Obrázek 25: Schéma simulace montážní linky .....	49
Obrázek 26: Nastavení modulu Proces .....	50
Obrázek 27: Proces vytvoření zakázky k expedici v simulaci .....	51
Obrázek 28: Nastavení rozhodovací podmínky .....	51
Obrázek 29: Trasování transportérů .....	52
Obrázek 30: Nastavení Search .....	52
Obrázek 31: Proces vyložení dílů k montážní lince .....	53
Obrázek 32: Trasa zavážení experimentu 1 .....	53
Obrázek 33: Výsledek experimentu 1 se 3 vláčky .....	55
Obrázek 34: Počet vozíků k expedici .....	55
Obrázek 35: Výsledek simulace experimentu 1 se 4 vláčky .....	55
Obrázek 36: Počet vozíků k expedici .....	56
Obrázek 37: Výsledek simulace experimentu 1 s 5 vláčky .....	56
Obrázek 38: Počet vozíků k expedici .....	57
Obrázek 39: Zavážecí trasy experimentu 2 .....	57
Obrázek 40: Schéma rozdělení zakázky na různé trasy .....	58
Obrázek 41: Ukázka rozhodovací podmínky .....	58
Obrázek 42: Rozhodovací logika pro navádění trasy vláčku .....	59
Obrázek 43: Výsledek simulace experimentu 2 s 3 vláčky .....	60
Obrázek 44: Počet vozíků k expedici .....	60
Obrázek 45: Výsledek simulace experimentu 2 s 4 vláčky .....	61
Obrázek 46: Počet vozíků k expedici .....	61
Obrázek 47: Výsledek simulace experimentu 2 s 5 vláčky .....	61
Obrázek 48: Počet vozíků k expedici .....	62
Obrázek 49: Zavážecí trasy experimentu 3 .....	62

Obrázek 50: Ukázka rozhodovací podmínky k určení priority zavážecí trasy .....	63
Obrázek 51: Rozhodovací logika k vybrání zavážecí trasy .....	63
Obrázek 52: Výsledek simulace experimentu 3 s 2 vláčky.....	64
Obrázek 53: Počet vozíků k expedici .....	64
Obrázek 54: Výsledek simulace experimentu 3 se 3 vláčky .....	65
Obrázek 55: Počet vozíků k expedici .....	65
Obrázek 56: Výsledek simulace experimentu 3 se 4 vláčky .....	66
Obrázek 57: Počet vozíků k expedici .....	66

## Seznam tabulek

Tabulka 1: Porovnání výhod a nevýhod uspořádání [5] .....	16
Tabulka 2: Projektovaná kapacita závodu.....	34
Tabulka 3: Projektovaná spotřeba surovin .....	35
Tabulka 4: Kapacita současné výroby.....	39
Tabulka 5: Parametry tahače .....	43
Tabulka 6: Spotřeba a balení u jednotlivých linek.....	47
Tabulka 7: Počet přepravek v simulaci u jednotlivých dílů .....	48
Tabulka 8: Simulační výpočet experimentu 1 .....	54
Tabulka 9: Simulační výpočet experimentu 2 .....	59
Tabulka 10: Simulační výpočet experimentu 3 .....	63
Tabulka 11: Využití vláčků .....	67

## PŘÍLOHY

Results				
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2
30021	1	30	0,159259259259259	0,480925925925935
30022	2	30	0,256790123456791	0,578456790123467
30023	3	30	0,352623456790129	0,613179012345684
30024	4	30	0,417901234567907	0,739567901234581
30025	5	30	0,513734567901244	0,788179012345692
30026	6	28	0,590123456790126	0,889567901234577
30027	7	30	0,674845679012352	0,946512345679019
30028	8	30	0,745679012345685	1,02012345679013
30029	1	30	0,81790123456791	1,09234567901236
30030	2	30	0,89012345679013	1,16456790123458
30031	3	30	0,96234567901236	1,2367901234568
30032	4	28	1,03456790123458	1,2867901234568
30033	5	30	1,13636363636364	1,41080808080808
30034	6	30	1,20858585858586	1,48025252525253
30035	7	30	1,2794191919192	1,55386363636364
30036	8	30	1,35164141414142	1,62608585858587
30037	9	28	1,42386363636364	1,67608585858587
30038	10	26	1,48497474747476	1,71497474747475
30039	11	28	1,53497474747476	1,78719696969697
30040	12	30	1,60937499999999	1,89493055555555
30041	13	30	1,68715277777777	1,96159722222221
30042	14	30	1,78094316483348	2,05538760927792
30043	15	30	1,87187499999999	2,14631944444444
30044	16	30	1,94409722222221	2,21854166666666
30045	17	28	2,01631944444444	2,26854166666666
30046	18	27	2,07743055555555	2,31854166666666
30047	19	28	2,14567901234569	2,39790123456791
30048	20	25	2,23494423791822	2,50105534902934
30049	21	30	2,33506687617368	2,60951132061813
30050	22	30	2,46860465116279	2,75138242894058
30051	23	30	2,54499354005168	2,81943798449614
30052	24	30	2,61721576227391	2,89166020671835
30053	25	30	2,68943798449613	2,96388242894058
30054	26	28	2,76166020671836	3,01388242894057
30055	27	29	2,82277131782947	3,0861046511628
30056	28	27	2,9159090909091	3,15702020202021
30057	29	28	2,97146464646465	3,27090909090911

Results					
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2	
30058	30	25	3,05618686868688	3,27507575757577	
30059	31	26	3,10063131313132	3,33063131313132	
30060	32	30	3,17499999999998	3,44944444444443	
30061	33	30	3,2567901234568	3,53123456790126	
30062	34	30	3,36790123456792	3,64234567901236	
30063	35	30	3,44012345679014	3,71456790123459	
30064	36	29	3,51234567901236	3,82290123456793	
30065	37	30	3,60262345679014	3,8770679012346	
30066	38	28	3,67484567901237	3,92706790123459	
30067	39	30	3,73595679012348	4,01040123456793	
30068	40	30	3,81234567901236	4,08679012345681	
30069	41	28	3,88456790123459	4,13679012345681	
30070	42	29	3,9456790123457	4,20901234567904	
30071	43	30	4,01234567901237	4,28679012345682	
30072	44	34	4,0845679012346	4,34790123456793	
30073	45	28	4,15123456790127	4,40345679012349	
30074	46	25	4,21234567901238	4,43123456790127	
30075	47	28	4,25679012345683	4,50901234567905	
30076	48	30	4,3416164053076	4,61606084975205	
30077	49	30	4,41383862752982	4,68828307197428	
30078	50	29	4,48606084975205	4,74939418308539	
30079	51	27	4,55272751641872	4,80217196086317	
30080	52	30	4,675	4,94944444444444	
30081	53	28	4,7921875000001	5,09163194444456	
30082	54	29	4,87690972222233	5,14024305555567	
30083	55	25	4,943576388889	5,16246527777789	
30084	56	30	5,03121387283238	5,30565831727683	
30085	57	30	5,11966224366709	5,39410668811155	
30086	58	30	5,21500000000002	5,48944444444447	
30087	59	28	5,28722222222224	5,53944444444447	
30088	60	26	5,34833333333336	5,57833333333335	
30089	61	28	5,43437500000012	5,73381944444459	
30090	62	27	5,51909722222235	5,76020833333347	
30091	63	28	5,59012345679002	5,84234567901224	
30092	64	28	5,65937500000013	5,91159722222236	
30093	65	30	5,72048611111125	5,96159722222236	
30094	66	30	5,78554808439253	6,05999252883698	
30095	67	25	5,88437500000014	6,16715277777793	
30096	68	30	6,02063388648295	6,30618944203851	

Results					
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2	
30097	69	29	6,09841166426073	6,36174499759407	
30098	70	30	6,1650783309274	6,43952277537185	
30099	71	26	6,23730055314962	6,46730055314963	
30100	72	30	6,28730055314963	6,56174499759407	
30101	73	29	6,36790123456774	6,63123456790109	
30102	74	30	6,46279069767436	6,73723514211881	
30103	75	30	6,55937500000017	6,88104166666685	
30104	76	26	6,65520833333351	6,88520833333351	
30105	77	29	6,70520833333351	6,96854166666685	
30106	78	26	6,77187500000018	7,00187500000018	
30107	79	30	6,82187500000018	7,09631944444463	
30108	80	30	6,89409722222241	7,14354166666685	
30109	81	30	6,95381944444463	7,22826388888908	
30110	82	29	7,03456790123437	7,2979012345677	
30111	83	30	7,11213872832371	7,38658317276816	
30112	84	25	7,18517347570804	7,45128458681916	
30113	85	30	7,30929368029737	7,60596034696406	
30114	86	30	7,39262701363071	7,66707145807517	
30115	87	29	7,46484923585294	7,72818256918628	
30116	88	26	7,53151590251961	7,76151590251961	
30117	89	30	7,58151590251961	7,85596034696406	
30118	90	30	7,65373812474184	7,91707145807517	
30119	91	27	7,72040479140851	7,96151590251962	
30120	92	30	7,80486740066362	8,07931184510809	
30121	93	30	7,90937500000002	8,18381944444466	
30122	94	30	7,98159722222243	8,25604166666689	
30123	95	30	8,05381944444466	8,32826388888912	
30124	96	30	8,1456790123454	8,42012345678986	
30125	97	30	8,21790123456763	8,49234567901209	

Příloha 1: Výsledky experimentu č. 1

Results					
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2	
30021	1	30	0,157919075144509	0,486807964033412	
30022	2	30	0,296790123456791	0,531234567901239	
30023	3	30	0,407901234567903	0,736790123456805	
30024	4	29	0,574999999999999	0,845555555555562	
30025	5	27	0,711960486322191	0,979738264099974	
30026	6	25	0,800849375211083	1,03529381965553	
30027	1	20	0,87307159743331	1,10751604187775	
30028	2	30	0,9671676300578	1,24883429672448	
30029	3	27	1,07456790123457	1,32290123456791	
30030	4	25	1,18567901234568	1,43123456790125	
30031	5	27	1,26345679012346	1,49790123456791	
30032	6	21	1,34557620817844	1,58002065262288	
30033	7	30	1,41779843040066	1,65224287484511	
30034	8	29	1,53144981412639	1,75478314745973	
30035	9	27	1,63012345679013	1,86456790123458	
30036	10	30	1,74123456790124	1,97567901234569	
30037	11	27	1,85234567901235	2,1006790123457	
30038	12	25	1,96345679012346	2,18956790123459	
30039	13	22	2,05098265895954	2,25209377007065	
30040	14	27	2,11272727272727	2,31383838383839	
30041	15	30	2,18567901234569	2,42012345679013	
30042	16	27	2,37042003602498	2,61875336935832	
30043	17	25	2,51901234567902	2,75345679012347	
30044	18	30	2,6228947368421	2,85733918128654	
30045	19	29	2,74123456790125	3,01179012345681	
30046	20	27	2,84986842105262	3,08431286549706	
30047	21	21	2,95111111111112	3,18277777777779	
30048	22	25	3,07456790123458	3,34512345679014	
30049	23	25	3,2209354999425	3,50260216660918	
30050	24	30	3,34589952900818	3,58034397345263	
30051	25	28	3,4181217512304	3,65256619567486	
30052	26	30	3,49289371645299	3,72733816089744	
30053	27	27	3,63012345679014	3,91179012345681	
30054	28	25	3,72595679012348	3,96040123456792	
30055	29	27	3,83879372738237	4,10657150516016	
30056	30	28	3,93567617566927	4,19512062011372	
30057	31	25	4,03442971262487	4,31609637929156	
30058	32	21	4,13026304595822	4,35359637929155	
30059	33	28	4,19692971262489	4,40915193484711	

Results					
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2	
30060	34	25	4,258040823736	4,50359637929156	
30061	35	19	4,33581860151378	4,57026304595824	
30062	36	27	4,40804082373601	4,63137415706935	
30063	37	28	4,47470749040268	4,69526304595823	
30064	38	26	4,53998526818046	4,77720749040269	
30065	39	28	4,67552631578947	4,93497076023392	
30066	40	29	4,7602485380117	4,98358187134503	
30067	41	23	4,91407407407402	5,1957407407407	
30068	42	27	5,07121387283238	5,35288053949906	
30069	43	30	5,17118811355331	5,40563255799777	
30070	44	27	5,2489219330855	5,49725526641885	
30071	45	30	5,32808859975218	5,56253304419662	
30072	46	28	5,40790123456781	5,62012345679004	
30073	47	27	5,4884930770777	5,73682641041104	
30074	48	28	5,56765974374437	5,7798819659666	
30075	49	27	5,64263157894739	5,89096491228074	
30076	50	27	5,73382209788064	5,93493320899175	
30077	51	20	5,84986842105266	6,13153508771934	
30078	52	29	5,96345679012333	6,18679012345667	
30079	53	30	6,04627261761164	6,28905039538942	
30080	54	30	6,16401616552625	6,44568283219294	
30081	55	28	6,2598494988596	6,47207172108182	
30082	56	29	6,32096060997071	6,54429394330405	
30083	57	30	6,45500000000006	6,73666666666675	
30084	58	27	6,57145096386002	6,83089540830447	
30085	59	28	6,65617318608225	6,86839540830447	
30086	60	30	6,730625	6,96506944444445	
30087	61	23	6,85234567901216	7,07845679012328	
30088	62	21	6,92092485549134	7,15536929993579	
30089	63	28	7,00044739229211	7,21266961451434	
30090	64	30	7,10765799256501	7,38932465923169	
30091	65	30	7,20349132589835	7,4379357703428	
30092	66	27	7,34896040344455	7,5972937367779	
30093	67	27	7,42812707011122	7,62923818122234	
30094	68	19	7,51920950592677	7,75365395037123	
30095	69	25	7,61777777777754	7,85222222222199	
30096	70	27	7,75447368421061	8,00280701754395	
30097	71	25	7,85234567901209	8,08679012345655	
30098	72	29	8,02181818181817	8,29237373737375	



Results				
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2
30099	73	30	8,11209595959596	8,34654040404042
30100	74	30	8,2490909090909	8,49464646464647

Příloha 2: Výsledky experimentu č. 2 - Trasa 1

Results				
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2
201	1	30	0,743465045592704	0,920052347180005
202	1	30	0,96936416184971	1,14595146343701
203	2	30	1,17323420074349	1,34982150233079
204	3	30	1,535	1,7115873015873
205	4	30	2,00982658959538	2,18641389118268
206	5	30	2,20281690140846	2,37940420299576
207	6	30	2,61499999999999	2,79158730158729
208	7	30	3,02345679012347	3,20004409171077
209	8	30	3,15499999999998	3,33158730158728
210	9	30	3,5369119420989	3,7134992436862
211	10	30	3,91234567901236	4,08893298059966
212	11	30	4,1485549132948	4,3251422148821
213	12	30	4,4416164053076	4,6182037068949
214	13	30	4,67631578947368	4,85290309106098
215	14	30	5,13121387283238	5,30780117441968
216	15	30	5,34632086851631	5,52290817010361
217	16	30	5,69012345679002	5,86671075837732
218	17	30	6,13456790123443	6,31115520282173
219	18	30	6,39500000000006	6,57158730158736
220	19	30	6,76619718309854	6,94278448468584
221	20	30	7,00348448355751	7,18007178514481
222	21	30	7,21213872832371	7,38872602991101
223	22	30	7,47500000000001	7,6515873015874
224	23	30	7,90704225352106	8,08362955510836
225	24	30	8,228947368421	8,4055346700083

Příloha 3: Výsledky experimentu č. 2 - Trasa 2

Results				
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2
201	1	30	0,934650455927051	1,13353934481595
202	1	30	1,42193308550186	1,62359975216853
203	2	25	1,74392097264438	1,8900320837555
204	3	30	2,2340425531915	2,43570921985817
205	4	25	2,53506687617368	2,6811779872848
206	5	19	2,83457249070633	2,96068360181745
207	6	30	3,3855823400912	3,58724900675788
208	7	21	3,64736842105265	3,78181286549715
209	8	30	4,15877821637986	4,36044488304655
210	9	29	4,6421052631579	4,83266081871346
211	10	28	5,12790697674417	5,30735142118862
212	11	30	5,41578947368418	5,61023391812864
213	12	23	5,89846893802934	6,05013560469602
214	13	29	6,3237266699881	6,51428222554367
215	14	29	6,83720930232552	7,0277648578811
216	15	25	7,08966565349549	7,23577676460661
217	16	29	7,58661326792624	7,77716882348181
218	17	25	7,91052631578935	8,0649707602338
219	18	23	8,01115241635681	8,14837463857905
220	19	30	8,22948328267483	8,38392772711929

Příloha 4: Výsledky experimentu č. 3 - Trasa 1

Results				
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2
201	1	30	0,128395061728396	0,344268077601415
202	2	30	0,295061728395063	0,508156966490302
203	3	26	0,417605633802817	0,680700871898063
204	4	29	0,572839506172842	0,797045855379193
205	5	26	0,683950617283954	0,899823633156972
206	6	25	0,795061728395065	1,01093474426808
207	1	30	0,90617283950618	1,12204585537919
208	2	28	1,01728395061729	1,23315696649031
209	3	26	1,11387283236994	1,37696807046519
210	4	27	1,23950617283951	1,45537918871253
211	5	30	1,34117647058823	1,55704948646125
212	6	28	1,41339869281045	1,60704948646125

Results					
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2	
213	7	27	1,47450980392157	1,65704948646125	
214	8	30	1,60070422535211	1,81657724122513	
215	9	29	1,68395061728396	1,88871252204586	
216	10	30	1,82073170731707	2,03660472319009	
217	11	30	1,90617283950618	2,1220458553792	
218	12	28	2,01728395061728	2,21093474426808	
219	13	29	2,12839506172839	2,33315696649029	
220	14	26	2,19506172839506	2,36649029982362	
221	15	26	2,29506172839504	2,51371252204585	
222	16	25	2,46499999999999	2,68087301587302	
223	17	26	2,65934861278649	2,86411051754839	
224	18	25	2,90986842105262	3,12574143692564	
225	19	26	3,16448313507276	3,427578373168	
226	20	30	3,30882637290836	3,52469938878138	
227	21	28	3,38290044698243	3,57655124063322	
228	22	25	3,49401155809353	3,70988457396656	
229	23	26	3,60512266920464	3,81821790729987	
230	24	30	3,71623378031574	3,93210679618876	
231	25	30	3,78845600253796	4,00432901841099	
232	26	27	3,93845600253795	4,1626623517443	
233	27	28	4,04956711364905	4,29044012952208	
234	28	25	4,1485549132948	4,35331681805671	
235	29	26	4,21818181818182	4,4007215007215	
236	30	27	4,30999999999998	4,525873015873	
237	31	30	4,40173019203495	4,61760320790797	
238	32	29	4,55845070422531	4,76321260898723	
239	33	27	5,04500000000001	5,32198412698415	
240	34	28	5,19225352112671	5,39423764811085	
241	35	26	5,40965018094092	5,61441208570284	
242	36	29	5,70263157894735	5,95461570593148	
243	37	26	5,89618518821145	6,11205820408448	
244	38	25	5,96840741043368	6,17316931519559	
245	39	27	6,10627261761164	6,33047896681799	
246	40	30	6,22947976878613	6,44535278465916	
247	41	26	6,34062963265587	6,55928042630667	
248	42	30	6,45174074376697	6,66761375964	
249	43	27	6,5239629659892	6,70650264852888	
250	44	27	6,57951852154476	6,76205820408444	
251	45	25	6,683254828767	6,89912784464002	

Results					
Unique ID	Product Number	SAG	T1	T2	
252	46	30	6,77676056338022	6,96763357925323	
253	47	29	6,84062963265583	7,05650264852886	
254	48	27	6,95174074376694	7,13428042630662	
255	49	28	7,11500000000008	7,35587301587312	
256	50	27	7,37443129935527	7,60419320411719	
257	51	30	7,6368421052631	7,85271512113613	
258	52	26	7,88750000000011	8,15059523809538	
259	53	25	8,08181818181817	8,27546897546898	
260	54	27	8,16500000000012	8,34753968253982	
261	55	29	8,3090909090909	8,49551948051948	

Příloha 5: Výsledky experimentu č. 3 - Trasa 3