

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**SIMULACE MATERIÁLOVÝCH TOKŮ V PLÁNOVANÉM VÝROBNÍM
SYSTÉMU**

**SIMULATION OF MATERIAL FLOWS IN A PLANNED
PRODUCTION SYSTEM**

AUTOR: Bc. Bouda Tomáš

STUDIJNÍ PROGRAM: Řízení a ekonomika podniku

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Pavel Scholz

PRAHA 2020



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Bouda** Jméno: **Tomáš** Osobní číslo: **457613**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Řízení a ekonomika podniku**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Simulace materiálových toků v plánovaném výrobním systému

Název diplomové práce anglicky:

Simulation of Material Flows in a Planned Production System

Pokyny pro vypracování:

1. Úvod, cíle a úkoly práce
2. Teoretická část – výrobní logistika, materiálové toky, simulace a její využití, simulační nástroje, postup řešení simulační studie
3. Praktická část – popis plánovaného výrobního systému, tvorba koncepčního a simulačního modelu, simulace a případná optimalizace materiálových toků, zhodnocení výsledků
4. Závěry a doporučení

Seznam doporučené literatury:

1. GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Vydání: první. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. 507 stran. ISBN 978-80-7080-952-5.
2. MANLIG, František. Využití počítačové simulace výrobních systémů. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. 99 s. ISBN 978-80-7494-162-7.
3. CHOI, Byoung Kyu a KANG, Donghun. Modeling and simulation of discrete-event systems. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, 2013. xix, 405 stran. ISBN 978-1-118-38699-6.
4. LAW, Averill M. Simulation modeling and analysis. Fifth edition. New York: McGraw-Hill Education, [2015], ©2015. xviii, 776 stran. ISBN 978-0-07-340132-4.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Pavel Scholz, ústav řízení a ekonomiky podniku FS

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

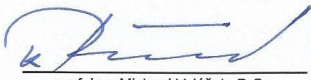
Datum zadání diplomové práce: **12.04.2020**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2020**

Platnost zadání diplomové práce: **28.02.2021**

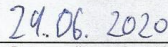

Ing. Pavel Scholz
podpis vedoucí(ho) práce



prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry


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

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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


24.06.2020
Datum převzetí zadání


Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury, uvedených v seznamu citovaných zdrojů.

V Praze dne:

.....

Podpis

Anotace

Diplomová práce se zaměřuje na vytížení logistického systému výrobního úseku v průmyslovém podniku, které je ověřováno v simulačním softwaru. Práce je dělena na sekce. První část – analytická, tvoří úvodní představení podniku, pro který byla tato závěrečná práce vytvořena. Druhá sekce – teoretická, cílí na přiblížení otázky simulací a logistiky. Poslední část – praktická, je věnována řešení problému tvorby simulačního modelu výrobní haly za pomoci softwarové podpory a určování vytížení jednotlivých navážeců. Výsledkem praktické části je odpověď na otázku, zda je možné logistický systém v nově vytvořeném layoutu haly přetížit a zároveň návrh řešení, které naskytnutý problém vyřeší.

Klíčová slova

Simulace, výrobní linka, modul

Annotation

This thesis focuses on the full utilization of the production sector's logistics system in the industrial enterprise, which is verified in the simulation software. The thesis has been divided into three sections. The first section is dedicated to analytics. It provides the preliminary introduction to the enterprise for which this thesis was created. The second section is strictly theoretical, aiming to answer questions in relation to simulations and logistics. Practicality is the focus of the third and final section. This section is dedicated to finding solutions for the problem of creating a simulation model of the production hall with the help of software support and determining the load of individual weights. The result of this practical section is the answer to the question, whether it is possible to overload the logistics system in the newly created layout of the hall, while simultaneously proposing a solution that will solve that problem.

Keywords

Simulation, assembly line, module

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval mému vedoucímu diplomové práce Ing. Pavlu Scholzovi za odbornou pomoc, konzultace a ochotu kontinuální spolupráce při psaní této závěrečné práce. Dále bych chtěl poděkovat firmě Marelli Automotive Lighting Jihlava s.r.o. a jejímu zástupci inženýrovi Martinu Hlaváčkovi za spolupráci a poskytnutí dat.

Obsah

1	Analytická část.....	12
1.1	Charakteristika podniku	12
1.1.1	Základní informace o podniku	12
1.1.2	Předmět podnikání	12
1.2	Popis podstatného okolí firmy	13
1.2.1	Zákazníci.....	13
1.2.2	Dodavatelé	14
1.2.3	Konkurence	14
1.2.4	Koito Manufacturing Co. Ltd.	14
1.2.5	HELLA GmbH & Co. KGaA	14
1.2.6	Varroc Group	14
1.2.7	Valeo.....	14
1.3	Popis výrobního programu	15
1.3.1	Oddělení.....	15
1.3.2	Produkty a technologie	18
1.4	Tvorba nabídky a ceny světla v ALCZ	19
1.4.1	Podklady	19
1.4.2	Kapacitní studie	21
1.4.3	Kalkulace investic na linku	22
1.4.4	Cena produktu	23
2	Teoretická část	24
2.1	Technologické projektování.....	24
2.1.1	Proces.....	24
2.1.2	Výrobní proces.....	26
2.1.3	Etapy technologického projektování	27
2.2	Technická příprava výroby	28
2.2.1	Konstrukční příprava výroby	28
2.2.2	Technologická příprava výroby	31
2.2.3	Projektová příprava výroby	32
2.3	Optimalizace	33
2.4	Hodnotový řetězec podniků	33
2.4.1	Primární sektory činností podniku	33
2.4.2	Sekundární sektory činností podniku.....	34
2.5	Vybrané nástroje pro řízení podnikání.....	35
2.5.1	Komplexní řízení kvality	35
2.6	Cesty k odstranění plýtvání.....	36

2.6.1	Plýtvání ve výrobních procesech	36
2.6.2	Plýtvání v administrativních procesech	37
2.7	Logistika.....	37
2.7.1	Základní pojmy logistiky	38
2.7.2	Logistická typologie výroby	43
2.7.3	Uspořádání pracovišť ve výrobě.....	44
2.7.4	Nový přístup logistického systému podniku.....	45
2.7.5	Zrychlování toků zboží, informací a peněz	46
2.7.6	Manipulace s materiálem	47
2.7.7	Skladování	49
2.7.8	Řízení zásob	51
2.8	Materiálový tok a jeho analýza	51
2.8.1	Sankeyův diagram.....	51
2.8.2	Spaghetti diagram	51
2.8.3	Postupový diagram	51
2.8.4	Value Stream Mapping	52
2.9	Zdvhací a přemísťovací zařízení	52
2.9.1	Zařízení s přetržitým pohybem.....	52
2.9.2	Zařízení s plynulým pohybem	54
2.9.3	Přehled nepoužívanějších systémů	56
2.10	Systém.....	58
2.10.1	Definice systému a okolí systému	58
2.10.2	Systémové hranice a hierarchická struktura	58
2.11	Model, matematický model, modelování.....	58
2.11.1	Model.....	58
2.11.2	Modelování	61
2.12	Počítačová simulace	61
2.12.1	Co je počítačová simulace, simulační model.....	61
2.12.2	Proč bychom měli využívat simulace	62
2.12.3	Omezení simulace	64
2.12.4	V jakých případech je vhodné simulaci využít?	65
2.12.5	V jakých případech není vhodné simulaci využít?	66
2.12.6	Budování simulačního projektu	67
2.12.7	Přínosy, nákladová stránka simulací a potenciální risk	71
2.12.8	Další důležité pojmy spojené se simulacemi	72
2.12.9	Atribut.....	73
2.13	Tecnomatix Plant Simulation.....	73
3	Praktická část	74

3.1	Situace ve výrobní hale F v roce 2019	74
3.2	Zjednodušené schéma výrobní haly na konci roku 2019/ v roce 2020	76
3.3	Zjednodušené schéma logistického toku výrobní haly F	77
3.4	Automatický sklad drobných dílců	77
3.4.1	Technická data AKL	78
3.4.2	Logistický proces AKL	79
3.5	Logika sériové výroby z hlediska logistiky	80
3.5.1	První krok	80
3.5.2	Druhý krok	80
3.5.3	Třetí krok	81
3.6	Příprava modelu	81
3.6.1	Konceptuální model	81
3.6.2	Sběr a analýza dat	82
3.7	Tvorba modelu	83
3.7.1	Snímky vytvořeného modelu	85
3.8	Výstupy ze simulace	87
3.8.1	Vytížení navážeců	88
3.8.2	Porovnání vytížení navážeců	89
3.8.3	Finální report ze simulace	89
3.8.4	Zhodnocení výstupů ze simulace	91
3.9	Doporučení pro zlepšení	92
3.9.1	Přetvoření layoutu	92
3.9.2	Vertikální cesty pro navážedce	93
3.9.3	Vizualizace pro navážedce	93
3.9.4	Tablet pro správné nakládání	93
3.9.5	Rozšířená realita	95
3.9.6	Automatické vozíky	96

Úvod

Diplomová práce se zabývá řešením simulací materiálového toku ve výrobním úseku průmyslového podniku. Tyto simulace odpovídají na otázku, co kdyby v jednu směnu probíhala na všech linkách výroba těch nejvíce náročných projektů. Diplomová práce vznikala v reálných podmínkách průmyslového podniku Automotive Lighting Jihlava, na oddělení MFE, což je akronym pro anglická slova Manufacturing Engineering. Zaměstnanci podniku Automotive Lighting mi byli nápomocni při sběru potřebných dat pro tvorbu simulačního modelu. Byla mi také poskytnuta potřebná data, která jsou zmiňována jak při analytické, tak při praktické části.

Cílem závěrečné práce je vyhodnocení stavu zatížení pracovníků při potenciálním maximálním zatížení logistického systému. Stejně významným cílem je i stanovení doporučení, které by případný problém přetížení logistického systému vyřešila. Stanovení těchto cílů vycházelo z narůstajících objemů zakázek, které má podnik v plánu do budoucna vyrábět. Automotive Lighting se snaží investovat úsilí do zvyšování efektivity výroby, a právě simulace jsou k tomu dobrým nástrojem.

Závěrečná práce je dělena do tří racionálně napojujících se oddílů. Úvodní částí je analytický oddíl, kde velmi podrobně představuji průmyslový podnik Automotive Lighting Jihlava. Je zde představen obor podnikání, výsledky činnosti procesu výroby nebo technologie, na kterých jsou výrobky založeny.

Druhá část diplomové práce je věnována teoretické rešerši. Tato část přibližuje nejdříve technologické projektování a technickou přípravu výroby. Na technickou přípravu navazuje přiblížení pojmu optimalizace. Další část této rešerše se zabývá hodnotovým řetězcem podniku s navazující kapitolou vybraných nástrojů pro řízení podnikání a cest k odstranění plýtvání. Následujícím velkým oddílem této části je kapitola zabývající se logistikou, na ní navazující materiálový tok a jeho analýza, dále zdvihací a přemísťovací zařízení. Poslední části kapitoly jsou věnovány představení počítačové simulace.

Praktická část diplomové práce se na počátku zaobírá ve dvou kapitolách představením situace ohledně layoutu výrobní haly, a proč bylo potřeba provést změny v rozložení výrobních linek. Další částí je představení logistického schématu celé výrobní haly F. Ve třetím kroku je představen automatický sklad. V následující kapitole je přiblížena logika logistického procesu ve vybraném výrobním segmentu, pro který byl vytvořen simulační model. Další část tohoto oddílu popisuje přípravný úsek před tvorbou

simulačního modelu. Navazující část je pak už samotná tvorba modelu v prostředí Plant Simulation. Předposlední oddíl praktické části jsou výstupy, které jsem vytvořil dle požadavků výrobního podniku ze simulačního modelu. Závěr praktické části se věnuje návrhům, které jsem výrobnímu podniku představil, a které by mohly situaci ve výrobním úseku zlepšit.

1 Analytická část

Analytická část je zpracována výhradně z interních podkladů, které byly získány od podniku Automotive Lighting nebo z internetových stránek podniku, které jsou uvedeny ve zdrojích. [1] [37]

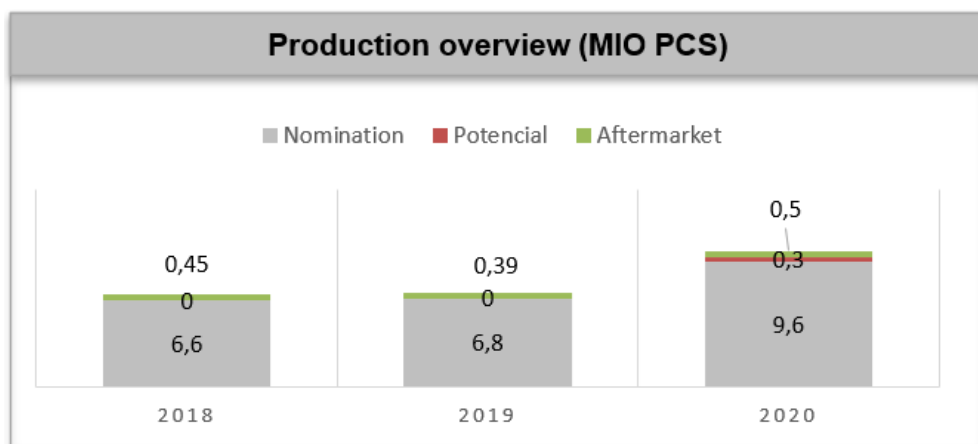
1.1 Charakteristika podniku

1.1.1 Základní informace o podniku

Společnost Automotive Lighting s.r.o., v České republice se sídlem v jihlavské průmyslové zóně Pávova a Stříteže, byla založena v roce 1999, původně pod firmou Robert Bosch GmbH a Magneti Marelli, která je součástí koncernu Fiat Chrysler Automobiles (FCA), a od roku 2003 byla jejím výhradním vlastníkem. Toto se změnilo v roce 2019, kdy společnost Automotive Lighting, která je součástí holdingu Magneti Marelli, byla sloučena se společností Calsonic Kansei. V současné době je tedy AL součástí Marelli group a oficiální název je Marelli Automotive Lighting. Společnost vytváří výkony ve dvaceti čtyřech městech na čtyřech kontinentech. V podniku působí okolo osmnácti tisíc zaměstnanců. Jihlavské středisko s dvěma tisíci zaměstnanci představuje druhé největší výrobní středisko mezi všemi závody Automotive Lighting, a tak hraje v koncernu význačnou roli. Právní forma tohoto podniku je společnost s ručením omezeným.

1.1.2 Předmět podnikání

V Jihlavě jsou navrhovány a konstruovány pokrokové a módní přední reflektory. Výsledkem jsou hodnotná systémová řešení a kvalitní sériové produkty, jež jsou uznávány na světovém trhu. Ve spolupráci se zákazníky jsou vyvíjeny světlomety, které dodávají charakter a elegantnost konkrétní značce a exempláři.



Obrázek 1: Přehled výše vyprodukovaných produktů ALCZ, zdroj: Automotive Lighting

1.2 Popis podstatného okolí firmy

1.2.1 Zákazníci

1.2.1.1 BMW

BMW patří mezi největší odběratele. S touto automobilkou kooperuje firma Automotive Lighting více než deset let (od roku 2006). Mezi novější modely, které mají světla vyráběná právě v AL, patří: BMW 4, BMW 6, BMW X3, BMW X5, BMW Mini.

1.2.1.2 Daimler

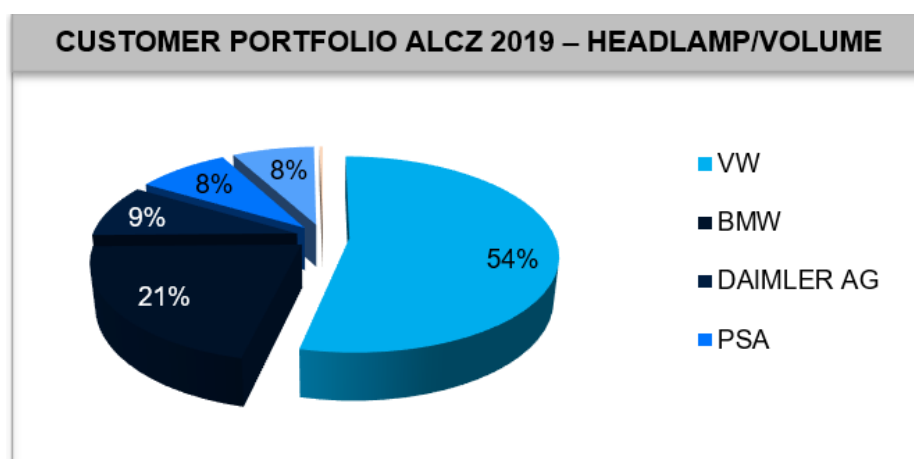
Daimler obohacuje portfolio klientů s devíti produkovanými druhy předních reflektorů: Mercedes B-Class, Mercedes CLA-Class, Mercedes GL-Class, Mercedes GLA-Class, Mercedes M-Class.

1.2.1.3 VW a Škoda

Desetiletou spoluprací firma udržuje taktéž s Volkswagenem a Škodou. Mezi nynější modely můžeme zařadit: Škoda Octavia A7, Škoda Yeti, VW Touran, VW Transporter a VW Multivan.

1.2.1.4 Renault, Honda, Peugeot, Porsche

Stacionární spolupráce trvá několik let. Mezi modernější modely bychom mohli začlenit například: Honda Civic, Peugeot 308 nebo Renault Captur.



Obrázek 2: Zákaznické portfolio, zdroj: Automotive Lighting

1.2.2 Dodavatelé

Mezi softwarové dodavatele pro vyhodnocení světelného obrazu, ale i snímacích kamer uvnitř jednotlivých strojů, patří například Elcom a Atesystem.

Dodavatelé v oblasti samotných strojů, montážních linek, automatizačních robotů a komponentů jsou Nuvia, CBG Impex, VSP Kovo, Krofian, Blumenbecker, Elvac, Hoyer, M-tech. Ve firmě se nejčastěji setkávám s řešeními a zařízeními od CBG, Elvac a Blumenbecker.

1.2.3 Konkurence

1.2.4 Koito Manufacturing Co. Ltd.

Největším konkurentem ve světovém měřítku a zároveň i celosvětovým leaderem je společnost Koito Manufacturing Co. Ltd. se sídlem v Japonsku a její dceřiná firma Koito Czech s.r.o., která má v ČR okolo osm set zaměstnanců. Je největším dodavatelem pro firmy, jako jsou Toyota, Nissan a Suzuki. [35]

1.2.5 HELLA GmbH & Co. KGaA

Třetím největším světovým konkurentem je Hella GmbH & Co. KGaA se svojí českou dceřinou firmou HELLA AUTOTECHNIK NOVA, s.r.o., jež má v ČR okolo tři tisíc šest set zaměstnanců a svou velikostí a působením je tedy největším konkurentem AL v ČR. V České republice se dceřiná firma zaměřuje na spolupráci s firmou VW a Škoda. [34]

1.2.6 Varroc Group

Tento podnik je jedním z posledních velkých konkurentů srovnatelných s Automotive Lighting. Součástí této skupiny je i konkurent jihlavského Automotive Lighting, a to Varroc Lighting Systems. Nejvýznamnějším zákazníkem tohoto podniku je Ford, který odebírá až 30 % z celkové produkce. [33]

1.2.7 Valeo

V České republice působí skupina Valeo od roku 1995 a zaměstnává přes čtyři tisíce zaměstnanců. Má zde tři výrobní závody a jedno výzkumné a vývojové centrum. I když nejsou světlomety hlavní doménou této firmy, řadí se v této oblasti na třetí místo celosvětové produkce, v Evropě dokonce na místo druhé, hned za AL. [32]

1.3 Popis výrobního programu

1.3.1 Oddělení

1.3.1.1 Vývoj

Vývojové oddělení je podnikovou hlavní devizou. Vývojáři stojí u každého jednotlivého kroku. Od prvního náčrtu světlometu až po vznik finálního výrobku, který odjíždí z hal, aby se stal jedním z nosných designových prvků vozů celého světa.

Na efektivním průběhu zpracování zakázky se podílí šest oddělení, sdružujících dohromady okolo dvou set zaměstnanců.

a) Mechanický design

Toto pododdělení zaopatřuje celkový mechanický koncept řešení světlometů a ostříkovačů za uplatnění moderních SW nástrojů pro konstrukci i pro modelové analýzy. V počáteční etapě je zde navrhována funkce budoucích reflektorů a jejich rozvrhnutí dle požadavků zákazníka. Druhá návrhová fáze se zabývá funkční částí světlometu a jeho verzí, včetně nutných komponent pro zástavbu do karosérie automobilu, a zároveň i zpracováním designových požadavků partnera. Informační segment vývoje reflektoru je završen finalizací dat a odesláním výrobních materiálů. Poté je zahájena první produkce lisovacích forem pro samostatné dílce. Dále se začínají budovat výrobní linky a montážní pracoviště. Důležité je, že toto pododdělení je v úzké spolupráci se všemi odděleními v následujících etapách, tedy spolupracuje po dobu celého výrobního koloběhu.

b) Testování a validace

Tato část vývoje zprostředkovává celkové prověření a testování světlometů dle homologačních a zákaznických požadavků. Mezi nejčastější testy, vyžadované všemi partnery, patří testy teplotní odolnosti, testy odolnosti vůči klimatu, testy mechanické odolnosti, materiálové testy a analýzy, testy kombinující teplotní a mechanickou odolnost, testy zaměřené na škodlivé vlivy průmyslového prostředí, testy zaměřené na kondenzaci a dekonduzaci světlometu nebo testy odolnosti vůči průniku vody či prachu.

Vývojová laboratoř disponuje nejmodernějšími testovacími zařízeními, díky kterým je podnik schopen testovat v teplotním rozsahu od -70 °C do 190 °C, a to i v kombinaci s vibrační zkouškou.

c) Elektronika

Oddělení elektroniky se zabývá především aplikací LED technologií do moderních předních světlometů automobilů. Díky možnosti rozložení více světelných zdrojů (LED diod) dává designerům příležitost navrhovat nejen funkční, ale i vzhledově specifické světlometry. LED technologie také umožňuje efektivně tvarovat vyzařovaný kužel. Oproti xenonovým výbojkám je možné selektivním vypínáním jednotlivých diod adaptovat světelnou distribuci tak, aby osvětlení vozovky bylo maximální a zároveň nedocházelo k oslnění ostatních účastníků silničního provozu.

d) Výroba prototypů

Toto oddělení vyrábí vzorky a prototypy světlometů z prvních dílců sériových forem. Pro prototypy využívá AL různých materiálů a technologií, jako je rapid prototyping či dílce z hliníkových nebo silikonových forem. Vzorky světlometů nebo jejich částí vyrábí v nesériových podmínkách s velkým podílem ruční práce. V současné době jsou aktivity prototypové dílny kromě vývoje plastových dílců a s tím spojených technologií rozšířeny také o montáže a předmontáže elektronických komponent.

e) Technická dokumentace

Zajišťuje především správu základních dat v systému SAP, ale také technických norem pro výrobu a archivaci technické dokumentace sériové výroby dle ISO 16 494.

f) IT oddělení pro vývoj

Spravuje síťovou infrastrukturu, hardwarovou základnu, virtuální a licenční file servery a taktéž kompletní softwarové vybavení R&D. Správa hardwarové základny spočívá ve výběru a údržbě serverů a pracovních stanic i ostatní výpočetní techniky v rámci všech R&D oddělení. Zajišťuje také uživatelskou podporu, vyvíjí intranetové aplikace a rozvíjí PDM systém včetně podpory dalších vývojových center v rámci AL. V neposlední řadě se zabývá údržbou, nastavením a instalací CAD systémů (Catia, Autocad, Maya, FlowCAD, Cadence) včetně standardních instalací dalších programů nutných pro běžný chod R&D (Office, Exchange atd.).

1.3.1.2 Předvýroba

Zde se vyrábí jednotlivé části budoucího světlometu – duroplasty, termoplasty i 3K čočky. Zaměstnanci se pravidelně účastní speciálních školení, aby AL s jejich pomocí mohl zahájit sériovou výrobu kompletních světlometů každého nového typu. V rámci této fáze jsou specifikovány lisovací formy a montážní zařízení nutné pro výrobu jednotlivých dílů světlometů. Některé z nich jsou pak také doplňovány o vzhledovou úpravu – nanášení ozdobných vrstev nebo ochranných laků.

Dle používaných technologií se oddělení předvýroby dělí na čtyři základní části:

- Oddělení nových projektů
- Výroba krycích skel
- Výroba termoplastových dílců
- Výroba duroplastových reflektorů

1.3.1.3 Montáž

Zaměstnanci tohoto oddělení montují dohromady jednotlivé části světlometů vyrobené v sekci předvýroby a externě nakupovaných dílů.

1.3.1.4 Logistika

Oddělení logistiky je zodpovědné za hladký a propracovaný průběh obchodní komunikace se zákazníky. Zajišťuje přímý tok informací mezi výrobou jednotlivých komponentů a místem jejich spotřeby. Díky oddělení logistiky je podnik schopen zajišťovat přísun dostatečného množství zásob přímo v montážních linkách. Flexibilita celého logistického schématu je umožněna krátkými dopravními trasami a vysokou přizpůsobivostí na montážních linkách i v procesu předvýroby plastových komponentů. Jsou využívány plně automatizované sklady, na které navazuje dopravníkový systém distribuce materiálu přímo k výrobním linkám.

1.3.1.5 Aftermarket

Na výrobní ploše pět tisíc m² jsou vyráběny a přepracovávány světlometry do již vyrobených a zavedených vozů. Ty jsou součástí takzvaného sekundárního trhu (aftermarket). Světlometry a jejich součástky míří z hal ve Stříteži u Jihlavy na trh s již vyrobenými a zavedenými typy vozů, jejichž produkce byla již ukončena.

Zákazníky v rámci oddělení aftermarket jsou například BMW, Mercedes, Porsche, Audi, Volvo, Volkswagen.

1.3.1.6 Bezpečnost a životní prostředí

Společnost Automotive Lighting s.r.o. se ve shodě s environmentálními principy zavazuje splňovat následující politiky: Environmentální a energetická politika, Politika BOZP.

1.3.2 Produkty a technologie

1.3.2.1 Advance LED

Tato technologie stojí na součinnosti modulů BiGI a LFX, které sdružením tvoří čtrnáct hlavních světelných režimů. Ty jsou nastavovány automaticky, například podle rychlosti automobilu nebo detekce míjejících vozidel, a formují percepci kontinuálně se transformujícího světelného toku.

a) BiGI

Je statický projekční modul. Jedná se o základové světlo, které tvoří spodní část světelného obrazu světlometu. Tento modul je pro světlomet nutný, bez něj by neměl reflektor dostatečný výkon.

b) LFX

Jedná se o projekční modul dynamický, jehož funkcí je tlumené a dálkové světlo. Tento modul obsahuje rotační clonku, pomocí níž je dosahováno čtrnáct základních módů světla a taktéž funkce stranového natáčení.

1.3.2.2 Basic LED

Tato technologie přináší:

- výrazně sníženou spotřebu energie, tedy redukci průměrné spotřeby o 0,2 l/100 km
- světelný kužel s teplotou podobající se jakosti denního světla
- větší potenciál integrace komponent uvnitř světlometu
- volnost a pestrost při stylingu reflektorů

LED je založena na polovodičové technologii. Její aplikace v zevním osvětlení automobilu je stále v počátcích – možnost zlepšení do budoucna tkví v uplatnění v přizpůsobivých světelných soustavách a pokračující redukci spotřeby energie. LED technologie se využívají na zadní světlometry už přes dvanáct let, přesun na přední světlometry začal teprve před sedmi roky. Firmy OSRAM a PHILIPS vyvinuly vysoce výkonné LED, které lze využívat jako tlumená světla.

1.3.2.3 AFX/Xenon

Principem této technologie je výbojka. Světlo je produkováno díky vytvářejícím se výbojům mezi dvěma elektrodami. Tyto elektrody jsou situovány v baňce napuštěné neaktivním plynem. Na zbarvení vytvářejícího se elektrického oblouku má vliv obsah užitého netečného plynu. Již z názvu reflektorů vyplývá, že je zde využíván plyn xenon.

Jako první přinesla na trh světlometry na bázi xenonových výbojek právě firma AL, a to v roce 1991. Výhodou xenonových světlometů je, že přinášejí dvakrát více světla, než je schopen dodat halogenový reflektor, a současně vyžadují o třetinu menší spotřebu energie. Významnou vlastností je i jejich dlouhá životnost, která se často rovná životnosti vozidla.

1.3.2.4 Halogen

Halogenové světlometry zahrnují žárovky obsahující plyn, sestávající se z halogenů nebo jejich sloučenin. Tato technologie byla vyvinuta a následně užívána od poloviny šedesátých let dvacátého století. Vývoj této technologie se dožadoval intenzivní péle výzkumníků. Důsledkem tohoto vývoje byly značné změny v konstrukci žárovek. Především bylo třeba začít užívat mechanicky i teplotně houževnatější materiály aplikované při výrobě baňky, a to především z důvodu zabezpečení její činné teploty 250 °C. Náhradou měkkého skla se stalo křemenné nebo tvrdé sklo, což vedlo k výrazné redukci rozměrů žárovky. Dalším důsledkem užití odolnějšího skla je možnost zvýšení pracovního tlaku plynného obsahu, což má za následek pokles rychlosti vypařování wolframového vlákna. Ve srovnání s technologiemi aplikovanými v minulosti přinesly halogenové světlometry více světla i delší životnost. V nynější době jsou halogenové reflektory využívány pro veškeré světelné funkce předních světel vozidel, tedy potkávací, dálková, mlhová i parkovací světla.

1.3.2.5 Laser

Tato metoda je stále ve vývoji, ale její potenciál je už teď využíván v předních světlometech automobilů. Zatím laser zajišťuje pouze funkci pro dálkové svícení. Oblastí, ve které vědci a firmy vidí budoucnost této technologie, je rozměrově malá dioda schopná vysoké svítivosti. To je i důvodem pro další výzkum. [31]

1.4 Tvorba nabídky a ceny světla v ALCZ

1.4.1 Podklady

Tato část tvoří základní kámen celého projektu. Vychází především z požadavků zákazníka, tedy automobilových společností. Ty také vychází z požadavků zákazníka, tedy uživatelů vozů. Automobilky přesně definují, co má daný model světla splňovat, a co od výsledku snažení AL očekávají.

Data, která jsou získána od zákazníka, jsou zobrazena v následujících dvou tabulkách. Dalším z důležitých podkladů je předpokládaný objem výroby daného výrobku. Tento bod se dále dělí do jednotlivých roků života daného produktu

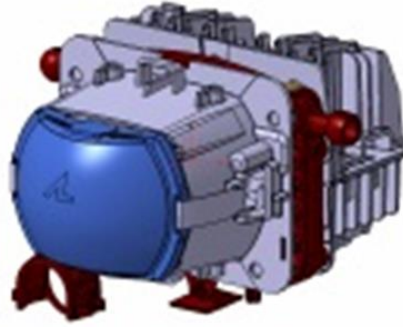
Project name	Skoda SK 38x Octavia HL
AL Quota [%]	
OES [%]	5%
Flex [%]	15%
Customer plants	31 Mlada Boleslav, CZ
SOP (date)	xxxxxx
EOP (date)	xxxxxx
SOP customer (Job No. 1)	
Life time (years)	4,5
First significant spending	
First parts (date)	
Tool start (date of STATUS2)	
Line order	
Line installation	
HL - owner of tools	xxxxxx
Modules - owner of tools	xxxxxx
Assy line owner	xxxxxx
Jigs owner	xxxxxx
Modification owner	xxxxxx
Delivery terms	xxxxxx
Packaging of HL paid by	xxxxxx
Sort of the package	
ESD packaging	
Headlamp size	
Destination	
Post code	

Obrázek 3: Základní údaje o projektu, Zdroj: Automotive Lighting

		Volume (Headlamps without OES)									
Version		2100	2101	2102	2103	2104					
BASIS	ECE RHT	11 111	11 111	11 111	11 111	11 111					
	ECE LHT	11 111	11 111	11 111	11 111	11 111					
	SAE										
	Sum	22 222	22 222	22 222	22 222	22 222	0	0	0	0	0
HIGH	ECE RHT	11 111	11 111	11 111	11 111	11 111					
	ECE LHT	11 111	11 111	11 111	11 111	11 111					
	SAE										
	Sum	22 222	22 222	22 222	22 222	22 222	0	0	0	0	0
	ECE RHT										
	ECE LHT										
	SAE										
	Sum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ECE RHT										
	ECE LHT										
	SAE										
	Sum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ECE RHT										
	ECE LHT										
	SAE										
	Sum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		44 444	44 444	44 444	44 444	44 444	0	0	0	0	0

Obrázek 4: Ilustrační přehled plánovaných objemů výroby rozvržený po dobu projektu, Zdroj: Automotive Lighting

Data, která vznikají na oddělení vývoje, vyústí v 3D model konceptu řešení. Ten je nadále využíván v dalších odděleních. Důležitou součástí podkladů je konstrukční kusovník výrobku (BOM). Ten udává informace o tom, zda se jedná o nový, standardizovaný, podobný nebo převzatý dílec. Podává také představu o váze a orientačních rozměrech modelu. Pozitivním přínosem konstrukčního kusovníku je také rozpad modelu na dílce, který podává podrobné informace o součástech obsažených ve výrobku. Tato metoda je využívána při řešení nejrůznějších problémů, neboť podává detailní a přesný obraz.



Obrázek 5: 3D model konceptu řešení, Zdroj: Automotive Lighting

1.4.2 Kapacitní studie

Tato studie má za úkol definovat, zda je podnik schopen daný projekt vzhledem k jeho stanovenému objemu výroby pojmout do své celkové kapacity výroby. Důležité je stanovit jak celkovou kapacitu, tak i kapacitu jednotlivých oddělení (výrobní oblast, předvýrobní oblast). Výrobní kapacita jednotlivých pracovišť je v rámci Automotive Lighting považována za akceptovatelnou, pokud nepřesahuje cca 90 % využití. Jestliže dojde ke zjištění, že by byla kapacita využita málo, tedy třeba na 5-50 %, hledá se takové řešení, aby nemusela být pořizována nová linka, která by vyráběla pouze několik hodin denně. Řešením pro malé využití kapacity bývá v rámci AL integrace projektu do dalších méně využitých linek. Pokud při zjišťování využití kapacity dojde k překročení 100 %, nabízejí se zpravidla dvě řešení. Prvním řešením je pořízení další linky, druhým je hledání způsobu, jak zkrátit výrobní cyklus dílce. Toto druhé řešení také vede ke snížení využití kapacity, ale za cenu vyšších nákladů na provoz linky, neboť budou například místo dvou operátorů u linky potřeba tři. Je tedy potřeba zjistit, která z variant je pro daný projekt vhodnější.

V posledním kroku se stanovuje strategie k dosažení efektivního procesu a kvalitního výstupu. V AL existují dva způsoby, jak určit délku výrobního cyklu. Prvním způsobem je určení délky jednotlivých cyklů až následně po stanovení ročního množství vyrobených kusů, ze kterého délka cyklů vyplyne. Dále se určí počet výrobních linek a zařízení. Druhým způsobem je projití výrobních pracovišť a jednotlivých postupů. Následuje snaha najít nejvýhodnější řešení, které povede k nejnižšímu cyklu výroby. Mezi další problémy, které jsou řešeny, se řadí otázka, zda se bude vše vyrábět uvnitř AL, nebo zda bude část projektu vyráběna externě, tedy že určitou část reflektoru bude zpracovávat a dodávat jiná firma.

1.4.3 Kalkulace investic na linku

Tato část tvorby nabídky vychází z předešlého bodu, tedy z kapacitní studie. Jedná se o to, zda bude pořizováno nové pracoviště, nebo jestli dojde k integraci k již zaběhlým pracovištím. Dle této skutečnosti se vytvoří strategie pro montáž výrobku. Výhodným řešením kalkulací investic na linku je jejich rozložení na menší celky, a tedy jejich zprůhlednění. Řešení těchto investic můžeme dosáhnout například stanovením ceny pomocí podobných již dodaných zařízení, například podle cenového katalogu.

Investice na linku zahrnují:

- Investice do montážních zařízení – stoly, přípravky, řízení, regály
- Investice do automatizovaných celků – EOL, robotika, svařování
- Investice do logistického toku – pouze část pro danou linku
- Investice do obalového materiálu – dílce, hotové výrobky
- Investice do přípravků podporující výrobu – světelná laboratoř, 3D scan, rozměrová laboratoř, speciální přípravky

			Generické	Specific.	suma CZK	suma EUR
WP2	laser	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP2	dosing station (thermal glue, check PCB)	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP2	2k applicator	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
			1 000	1 000	2 000	74 €
Wp2	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp4	racks	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp4	workplace+2x jigs	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp4	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp6	workplace+2x jigs	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp6	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP6	rack	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP10	workplace+2x jigs	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP10	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP10	rack	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp12	racks	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp12	workplace+2x jigs	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp12	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp14	workplace+2x jigs	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp14	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP14	rack	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP16	workplace+ jig	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP16	screwdriver+feeder	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP16	rack	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
WP50	workplace+1x jigs	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
		MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
Wp50	rack	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
	EOL - with sw.control	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
	line control+data collection	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
	area preparation	MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
		MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
		MFE	1 000	1 000	2 000	74 €
		MFE			0	0 €
		MFE			0	0 €
		MFE			0	0 €
		LOG		0	0	0 €
	SUMA		31 000 Kč	31 000 Kč	56 000 Kč	2 074 €
	SUMA CAPEX			0 Kč	0 Kč	0 €
	DELTA		31 000 Kč	31 000 Kč	56 000 Kč	2 074 €

Obrázek 6: Ukázka kalkulací investic na linku, Zdroj: Automotive Lighting

1.4.4 Cena produktu

Cena produktu je komplexní zhodnocení celkového vynaloženého úsilí na projekt. Skládá se z více položek, například z vývojových nákladů, jako jsou hodiny potřebné pro konstrukci výrobku; ceny za montáž, složené z ceny linky, počtu pracovníků a času cyklu montáže; ceny za interně vyrobené dílce zahrnující materiál, pracovníky a čas cyklu; ceny za externě vyrobené dílce, která je kalkulovaná samostatně externím dodavatelem nebo ceny za nástroje, jako jsou například formy na vstřikolisy, pokud jsou vlastnictvím výrobního závodu. V neposlední řadě cena produktu zahrnuje stanovenou marži výrobního závodu a celé společnosti.

2 Teoretická část

2.1 Technologické projektování

Dle pana Miroslava Vignera můžeme chápat technologické projektování jako: *„Kontinuální tvůrčí činnost technicko-ekonomického charakteru, která především spočívá v analyzování, plánování, navrhování a zpracování podmínek pro optimální využití všech hmotných zdrojů materiálu, energie, prostoru, prostředků (výrobních, kontrolních, manipulačních), pracovních sil atd., které ovlivní efektivnost výrobního procesu.“*

2.1.1 Proces

S tímto pojmem se někteří z nás potýkají téměř každý den v pracovním životě, zároveň každý z nás se denně setkává se stovkami předmětů, jež jsou výsledkem určitého procesu. Proces je velmi důležitý pojem a je tedy dobré si zde uvést definici. Dle Aleny Svozilové by se dala definice tohoto pojmu vyslovit takto: *„Proces je série logicky souvisejících činností nebo úkolů, jejichž prostřednictvím – jsou-li postupně vykonávány – má být vytvořen předem definovaný soubor výsledků.“*

V souvislosti se simulacemi jsou právě procesy častým předmětem zkoumání. Abychom byli schopni pro určitý proces vytvořit simulaci, musíme jej nejdříve detailně poznat a popsat. Při poznávání procesu provádíme sběr a zaznamenávání informací například o sledech pracovních činností a jejich vzájemných vazbách, zjišťujeme výkonnostní a kvalitativní parametry, které mají vliv na celkový výstup procesu atd. Při zkoumání procesu je třeba užívat popisné a analytické nástroje, aby bylo dosaženo maximální efektivnosti sběru dat, a především přehlednosti sbíraných dat. Mezi tyto nástroje bychom mohli uvést například vývojové diagramy nebo statistické nástroje. Na základě všech sumarizovaných dat jsme teprve schopni vytvořit cíle simulace a přistoupit na tvorbu simulace určitého procesu.

2.1.1.1 Procesní tok

Dalším důležitým pojmem, který je velmi úzce spjat s procesem, je procesní tok. Toto pojetí nám dává možnost se na proces jako takový podívat z jiného úhlu pohledu, a to z pohledu časové plynulosti procesu.

Alena Svozilová tento pojem definuje následovně: „*Procesní tok je sled kroků (činností, událostí nebo interakcí), který představuje postupně rozvíjející se proces, zapojuje do spolupráce alespoň dvě osoby a vytváří určitou hodnotu pro zákazníka, jemuž má sloužit, nebo příspěvek pro podnik, v němž se uskutečňuje.*“. Důležité je u tohoto pojmu říct, že procesní toky mohou probíhat jak v přímé návaznosti – jednotlivé kroky jsou závislé na dokončení kroku předchozího, bez jeho dokončení není možné pokračovat v řetězci, tak mohou probíhat i paralelně – tedy v jednom časovém okamžiku bude probíhat více procesních toků.

2.1.1.2 Činnost

Tento pojem se vyskytuje v definici slova proces, jedná se tedy o velmi blízký pojem, který by neměl být ponechán stranou. K definování tohoto pojmu opět využijeme jednoduchou definici od Aleny Svozilové. „*Činnost, úkol nebo aktivita je měřitelná jednotka práce, jejímž úkolem je transformace vstupního prvku do předem definovaného výstupu.*“. S každou činností se pojí základní tři znaky. Každá činnost tedy má dané trvání, logické souvislosti s jinými činnostmi určitého procesu a třetím znakem jsou přiřazené zdroje k dané činnosti. Tyto zdroje jsou v průběhu vykonávání určité činnosti spotřebovávány a přeměňovány na výstupy dané činnosti.

2.1.1.3 Produkt procesu

Pokud budeme vycházet z definice pojmu proces, jež je uvedena na začátku kapitoly 2.1.1, je smyslem procesu tvorba souboru výsledků. Protože je každý proces tvořen činnostmi, které spotřebovávají zdroje, je naším předním zájmem, aby ve výsledku přinášel užitnou hodnotu. Tuto hodnotu nazýváme produkt procesu. Definice tohoto pojmu od stejné autorky zní následovně: „*Produkt procesu je hmotným nebo nehmotným výstupem, který je vytvořen za účelem toho, aby sloužil pokrytí potřeb nebo přání zákazníka procesu.*“. Tímto zákazníkem nemusí být vždy konečný uživatel určitého produktu. Zákazníkem procesu může být například i návazný proces. Pro jeden proces může být daný výstup produktem procesu a zároveň pro další proces může být vstupním článkem potřebným pro spotřebu v průběhu provádění vnitřních činností procesu. [9]

2.1.2 Výrobní proces

Výrobní proces bychom mohli definovat jako sumarizaci všech technologických, pracovních a dalších procesů, přičemž jejich smyslem je měnit tvar, složení nebo jakost určitých předmětů za účelem tvorby užitné hodnoty. Například v určitém strojírenském závodě by to byl souhrn všech činností vedoucích ke vzniku hotového produktu.

2.1.2.1 Členění výrobního procesu

a) Dle charakteru složek výrobního procesu

Technologický proces

Takto nazýváme soubor všech činností, které jsou v časovém sledu, a jejich hlavním účelem je postupně měnit tvar, nebo chemické a fyzikální vlastnosti vstupního materiálu. Mezi tyto procesy bychom mohli zahrnout například frézování či svařování.

Pracovní proces

Toto sousloví vyjadřuje soubor všech činností, které většinou vykonávají manipulátoři a operátoři pomocí technických přípravků a nástrojů ve výrobním středisku. Do této kategorie spadá například kontrola jakosti výrobků pomocí drsnoměru nebo třeba manipulace s materiálem pomocí vysokozdvizného vozíku.

b) Dle vztahu k výrobku

Hlavní výrobní proces

Takto nazýváme soubor všech technologických činností, které se soustředí na tvorbu hodnoty přeměnou materiálu na hotový výrobek, který je určen pro prodej mimo daný výrobní závod.

Pomocný výrobní proces

Obdobně jako hlavní výrobní proces je i tento proces souborem všech technologických činností, ale soustředí se na přeměnu materiálu v jiné jinak užitné věci, které nejsou určeny pro prodej mimo daný výrobní závod. Do tohoto procesu bychom mohli například zahrnout výrobu nástrojů pro vlastní potřebu podniku.

Vedlejší výrobní proces

Do vedlejšího výrobního procesu spadají všechny podpůrné činnosti podniku jako například manipulace s materiálem, skladování výrobků nebo dodávky energií.

c) Dle vztahu k výrobnímu programu

Hlavní výroba

Hlavní výroba definuje oblastní zaměření podniku. Je to tedy pro podnik vitální výroba, dle které je počítána například kapacita výrobních strojů. Hlavní výroba je tvořena základním výrobním profilem podniku.

Doplňková výroba

Takto nazýváme oblast výroby, která určitým způsobem napomáhá hlavní výrobě. Hlavním přínosem bývá zlepšování využití kapacity strojů, lepší vytížení výrobních ploch a další.

Přidružená výroba

Tady výroba není vždy v každém výrobním podniku. Některé podniky tento druh výroby zavádí, aby byly například schopni nakládat s odpadovým materiálem. Je to tedy minoritní součást podniku sloužící pro lepší využití volných kapacit podniku.

2.1.3 Etapy technologického projektování

2.1.3.1 1. Fáze – předprojektová fáze

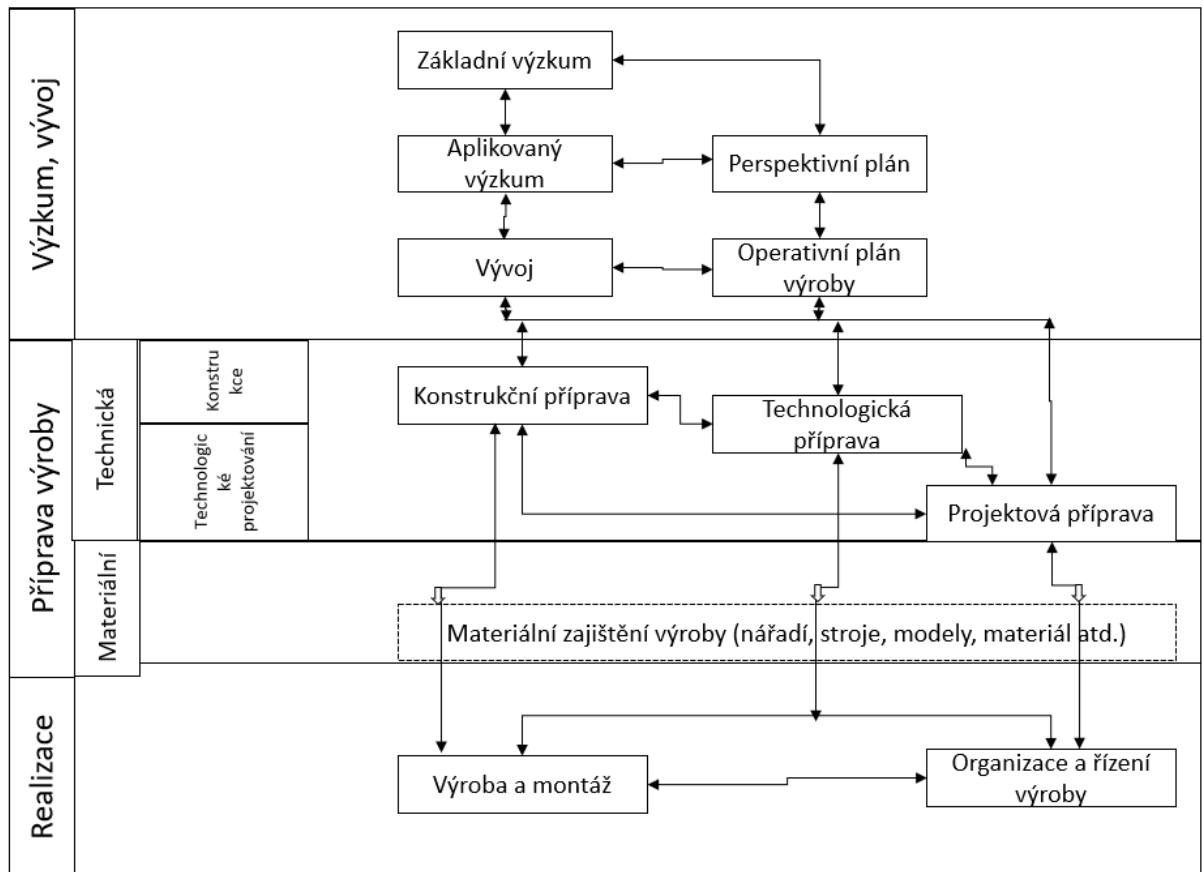
Tato fáze technologického projektování se věnuje především konstrukčně technologickým koncepcím výrobků. Pod tím si můžeme představit hledání nejlepší cesty z hlediska materiálové spotřeby nebo energetické náročnosti procesu výroby daného produktu. Tato fáze se dále zabývá otázkou perspektivy a stability plánovaného výrobního programu a také jeho vhodnosti pro začlenění do hlavního výrobního programu. Dalším bodem, který by bylo dobré uvést, je snaha o uplatňování progresivních technologií, aby bylo dosaženo co nejnižší pracnosti a zároveň se podařilo co nejvíce omezit materiálovou a energetickou náročnost procesu. Podstatnou součástí této fáze je také plánování časového rámce pro realizaci stavby nového výrobního sektoru. V konečném důsledku musí tato fáze jasně definovat parametry a jakými způsoby bude nová výroba prováděna, zároveň musí určit v jakém množství, čase a v jaké kvalitě má být na daném pracovišti vyráběno.

2.1.3.2 2. Fáze – projektová, realizační přípravy

Druhá fáze blíže specifikuje rozvoj výrobně technické základny. V této fázi se zaměřujeme na zpracování přípravné dokumentace, tedy na návrh variant techniko-organizačního uspořádání výrobních a montážních systémů. V těchto dokumentech musí být odůvodněno, proč jsou návrhy takto udělány vzhledem k jejich ekonomické efektivnosti. Tato fáze musí ve výsledku přinést technickou, projektovou a realizační dokumentaci. Dokumenty specifikují realizaci stavby nového střediska či úseku a také specifikují datum zahájení výroby.

2.2 Technická příprava výroby

Do této oblasti můžeme zahrnout činnosti, které se zaměřují na zpracování konstrukční, technologické a projektové dokumentace. Důležitým úkolem při tvorbě těchto dokumentací je dodržování zásady, že daná řešení budou prováděna pomocí výrobních systémů tak, aby bylo dosaženo maximální možné produktivity práce. Vždy musí platit ale i další podmínka, a to je naopak minimalizace spotřeby materiálu, energií a pracovních sil. [12]



Obrázek 7: Rámcové schéma začlenění technické přípravy výroby do cyklu věda-technika-výroba, Zdroj: Vigner 1984

2.2.1 Konstrukční příprava výroby

2.2.1.1 Zásady konstruování

Role konstruktéra v rámci výrobního procesu je velmi významná. Konstruktor ve své podstatě pokládá první stavební kámen, který by měl následně vést k úspěšnému produktu. Nápad na produkt vychází samozřejmě většinou z marketingového střediska daného výrobního podniku, který si vypracuje průzkum trhu a vyhodnotí jaký výrobek je vhodný zařadit do svého sortimentu.

Nicméně konstruktér dostává pouze poměrně abstraktní zadání daného produktu a je právě jeho rolí onen produkt navrhnout a přeměnit ho v realitu. Pozice konstruktéra tedy vyžaduje velmi bohaté znalosti nejen v primární oblasti, tedy konstrukce výrobků, ale i znalosti v následných etapách výrobku. Musí proto ovládat znalosti materiálové, technologické nebo ekonomické. Pouze za předpokladu zvažování všech faktorů může být výsledkem konstruování výrobek, který bude schopen být konkurenceschopný. [14]

2.2.1.2 Technologičnost konstrukce

Tento pojem bychom mohli vysvětlit jako určité parametry, nad kterými je třeba přemýšlet, aby při navrhování došlo k vytvoření vhodné konstrukce z hlediska výroby a dalších dílčích částí procesu. Tyto parametry jsou různého rázu, a ne vždy je jednoduché jednoznačně určit, jaká kombinace je správná. Je třeba postupovat velmi obezřetně a ve výsledku dojít k určité střední variantě, která balancuje všechny parametry podobným způsobem. Není například možné dojít k výsledku, kdy je největší zřetel brán pouze na výrobní náklady a ponechat otázku materiálu součástí jako nevýznamnou. V tomto případě se může stát, že se podaří ušetřit v položce výrobní náklady, ale ve výsledku může dojít k problému v oblasti splňování jakosti výrobku nebo očekávání zákazníků, což vede k nižším tržbám. [15]

2.2.1.3 Unifikované a normalizované díly

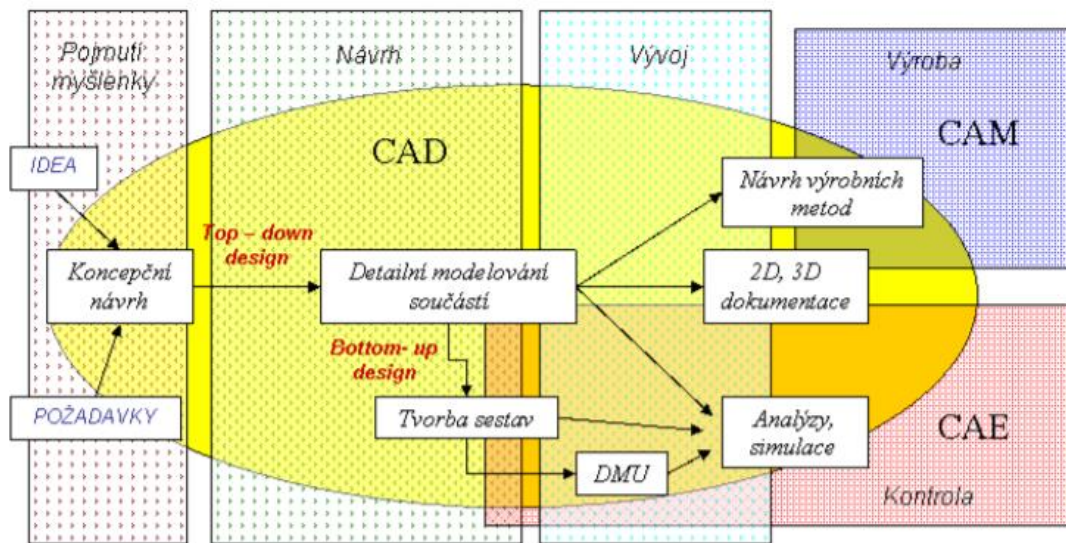
S konstrukční přípravou nesporně souvisí i fakt, že je třeba při navrhování konstrukce vždy uvažovat primárně nad užíváním unifikovaných a normalizovaných dílů. Takovéto uvažování totiž díky unifikaci vede celkově k nižším nákladům, neboť usiluje o odstranění mnohotvárnosti součástí, ve smyslu odstranění zbytečných variant a verzí součástí, což vede k celkovému snížení nákladů. Úkolem normalizace je pak schopnost užívání již zhotovených a normalizovaných dílů při tvorbě nového řešení. [14]

2.2.1.4 Konstrukční dokumentace

Do této kategorie bychom mohli zahrnout veškerou dokumentaci, kterou by bylo třeba mít k dispozici pro provedení výroby určitého výkonu. Zahrnout bychom sem mohli výkres součástí, výkres podsestav a sestav, kusovník, technickou zprávu, provozní dokumenty a další. [14] [16]

2.2.1.5 Podpora konstrukce výpočetní technikou

Téma počítačové podpory se váže s prací konstruktérů již několik let. Tvoření prvních návrhů konstrukce na papíře se postupně přeměnila do báze modelování v různých softwarech. Tato transformace způsobila, že je možné návrhy sdílet mezi více lidmi například pomocí firemních úložišť, což velice urychlilo provádění úprav návrhů a mnoho dalšího. V konečném důsledku využívání modelovacích softwarů vedlo ke zkrácení času potřebného k vytvoření konstrukčních návrhů a výkresů. V následujícím schématu je možno vidět využití různých modelovacích a dalších softwarů v průběhu fází výroby.



Obrázek 8: Schéma využití výpočetní techniky v různých fázích výroby [14]

- **CAD**

Slovo CAD je akronym, který když rozložíme do jednotlivých slov, dostáváme tři anglická slova Computer Aided Design. V obecném pojetí se jedná o počítačovou podporu při tvorbě 2D i 3D návrhů. Hlavním smyslem je tedy tvorba digitálních modelů součástí a sestav. Mezi největší výhody využívání CAD programů je přizpůsobivost práce s vymodelovanou součástí. Je možné provádět úpravy jednotlivých parametrů součástí v rámci sekund.

- **CAE**

Podobně jako předchozí dva příklady je i CAE akronym pro tři anglická slova, tedy Computer Aided Engineering. Tyto nástroje jsou využívány pro provádění různých analýz, simulací, a tedy pro provádění kontroly. Jsme schopni pomocí CAE nástrojů ověřovat funkčnost dané vymodelované konstrukce.

Díky kontrole pomocí CAE u prototypů jsme schopni ušetřit značné náklady, neboť je kontrola prováděna před zavedením do výroby, a tak je možné provádět úpravy bez vynakládání nadbytečných útrat. [14]

2.2.2 Technologická příprava výroby

2.2.2.1 Technologická dokumentace

Stejně jak tomu bylo u konstrukční dokumentace, tak do určité míry platí jistá pravidla i pro technologickou dokumentaci. Nižší úroveň unifikace a pravidel je způsobena především tím faktorem, že se jedná o interní dokumentaci, která je zpravidla know-how daného podniku. Každý podnik má tak technologickou dokumentaci do značné míry přizpůsobenou svým podmínkám a svému odvětví. [14] [16]

- **Technologické postupy**

Technologický postup můžeme zjednodušeně definovat jako sled technologických operací, který zaručí transformaci vstupů na výrobek. Tento postup zároveň obsahuje i časovou dotaci jednotlivých operací, nástroje, kterými bude operace prováděna či upnutí například obrobku ve stroji a další.

- **Standardní pracovní postup, návodky**

Definice tohoto pojmu vychází z názvu, jedná se tedy o standardizovaný postup činností, které se mají vykonávat například na určitém pracovišti. Tento typ dokumentace slouží především pro operátory jednotlivých operací. Forma dokumentů bývá většinou papírová, kde obsahem těchto listů je názorný postup operací, jež je třeba na daném pracovním místě vykonávat. Často tento postup bývá doplněn fotografiemi, které znázorňují danou operaci. V dnešní době už se ale začínají objevovat i návodky, které nejsou pouze papírové podoby. Některé podniky, které využívají moderních technologií a jdou ruku v ruce se čtvrtou průmyslovou revolucí, jsou schopny mít tyto postupy například ve formě rozšířené reality. Ty jsou pak pomocí brýlí, které mají pracovníci na sobě přenášeny operátorům. Ještě vyšší úrovní je pak přenášení obrazu pomocí virtuální reality. Tyto návodky, které jsou ve virtuální realitě, pak mohou zároveň sloužit jako tréninkové pole pro nové zaměstnance, aby se mohli zaučit.

- **Technologické normy**

Technologické normy jsou zahrnuty z majoritní části v obecně platných normách ISO a dalších. Nicméně pro potřeby daného podniku vznikají zpravidla technologické normy specifické pro daný podnik, projekt či výrobek. Na tyto na míru šité, v podniku vytvořené normy, již samozřejmě není nutné ze zákona dbát, ale je jich třeba dbát z důvodu platnosti v daném podniku.

2.2.2.2 Výpočetní technika v technologické přípravě výroby

Obdobně jak tomu bylo v oblasti konstrukční přípravy, i zde využití výpočetní techniky a softwarů může přinést značné zlepšení procesu. Jsou zde opět využívány CAD a CAE programy. [14]

- **CAM**

Slovo CAM je opět akronym pro tři anglická slova Computed Aided Manufacturing. Ve své podstatě tyto softwary slouží pro programování NC a CNC strojů. Systém CAM je například schopen navrhovat vhodné dráhy pojezdů nástrojů při obrábění a další. Velkou výhodou je, že umožňuje simultánní práci několika konstruktérů na stejném konstrukčním návrhu. [17]

2.2.3 Projektová příprava výroby

Tato část technické přípravy výroby by měla dát odpověď na otázku, kdy se bude daný výrobek vyrábět a kolik je ho třeba vyrobit. Z hlediska vývoje nového výrobku je často přistupováno jako k projektovému řízení. Tedy by měl vzniknout rozsah daného projektu, jasné časové ohraničení projektu finanční rozpočet projektu, kvalitativní parametry, a především cíl daného projektu. V této části se například pracovníci zabývají i zkoumáním vlivů konkurenčních výrobků, nebo vlivů ekologických a právních předpisů.

2.2.3.1 FMEA

Název FMEA je akronym pro anglický název Failure mode and Effect Analysis. Jedná se o týmovou metodu, jejíž podstatou je systematická identifikace veškerých potenciálních chyb. A to buďto výrobků, nebo procesů. Tato metoda je normalizována metodikou německého automobilového sdružení VDA a americkým sdružením QS_9000. Principem této metody je analýza možnosti vzniku vad, stanovení jejich rizika a připravení preventivních opatření, které by měly tyto vady odstranit. Proces této metody by se dal zjednodušeně popsat v pěti krátkých krocích:

1. Sestavení pracovního týmu
2. Seskupení všech potřebných podkladů a seznámení všech účastníků s těmito podklady
3. Stanovení všech možných selhání
4. Analýza a návrh nápravných opatření
5. Hodnocení stavu po realizaci opatření

Při hodnocení jednotlivých vad se stanovují následující parametry. Význam vady, tedy jak velký dopad by mohla daná vada mít, pokud by k ní došlo. Pravděpodobnost výskytu, tedy pravděpodobnost, s jakou může daná chyba nastat. A posledním parametrem je odhalitelnost, tedy pravděpodobnost, že daný podnik, oddělení nebo pracovník konkrétní chybu odhalí. Po zjištění všech tří parametrů je proveden výpočet rizikového čísla, které je vypočteno jako součin jednotlivých parametrů. V konečném kroku se podle výše rizikového čísla vyhodnocuje nutnost přijímat opatření pro zamezení vzniku vady. [18] [19]

2.3 Optimalizace

Jelikož jsou simulace jako takové poměrně často spojovány právě s tímto pojmem, je na místě tento pojem více přiblížit. Jako nejjednodušší definice se jeví, že optimalizace je výběr nejlepší varianty z množiny možných variant. Z této definice vyplývá, že se jedná o superlativ, a tak slova jako neoptimalnější nelze používat. Dost často ale do výběru z variant vstupují i určité omezující podmínky, které bychom také měli do definice zohlednit. Následně bychom mohli říct, že optimalizace je hledání nejvhodnější z možných variant za přihlédnutí k celkovému omezení systému. Důležité je i přiblížit, jaké mohou být omezující podmínky. V obecné rovině bychom je mohli dělit do dvou druhů. Na maximalizační – snažíme se maximalizovat zisk nebo výkon určitého stroje, nebo minimalizační – snažíme se například dosáhnout minima výše nákladů určitého výrobního střediska. Úlohy, které tyto problémy řeší, se nazývají optimalizační. Velmi vhodným příkladem se jeví například lineární programování, které přesně tyto optimalizační úlohy řeší. [5]

2.4 Hodnotový řetězec podniků

Výrobní podniky jako takové nelze brát pouze jako kumulaci všech interních zdrojů nebo výrobních procesů. Podnik je systém, za kterým je ukryta vysoká komplexnost. Důležitým pojmem je pak hodnotový řetězec daného podniku, který se skládá z pěti primárních a několika sekundárních sektorů činností podniku.

2.4.1 Primární sektory činností podniku

2.4.1.1 Vnitřní logistika

Vnitřní logistikou rozumíme kumulaci všech aktivit spojených s absorpcí, uložením a distribucí veškerých příchozích vstupů, potřebných v procesu tvorby konečného výrobku.

2.4.1.2 Operace

Operace lze chápat jako transformační prvek, který přiblíží přeměnu vstupu na konečný výrobek o jeden krok blíže, jedná se tedy o montáž, manipulaci, testování a další.

2.4.1.3 Vnější logistika

Pojem obdobný vnitřní logistice, akorát v tomto případě se jedná o uskladnění a distribuci již finálních výkonů směrem k jejich kupci.

2.4.1.4 Marketing a trh

Hlavním smyslem marketingu je obeznámit široké okolí či vybraný segment s produkovaným výrobkem a přesvědčit potenciální zákazníky, že je tento produkt lepší než ten, který vyrábí konkurence.

2.4.1.5 Služby

Pod služby bychom mohli zahrnout veškeré služby spojené s dalším zvyšováním hodnoty pro zákazníka. Řadíme sem například instalaci, opravy nebo poskytování náhradních dílů.

2.4.2 Sekundární sektory činností podniku

2.4.2.1 Zprostředkování

Tyto činnosti slouží k propojení primárních aktivit.

2.4.2.2 Vývoj technologie

Takto nazvané aktivity se zabývají, jak z názvu vyplývá, vývojem či výzkumem. Věcí zkoumání mohou být jak samotné výrobky, tak například jednotlivé výrobní procesy.

2.4.2.3 Řízení lidských zdrojů

Aktivity spjaté s optimálním řízením a vedením pracovníků, kteří jsou klíčem k úspěchu podnikatelské činnosti daného výrobního podniku. Řízení lidských zdrojů se například zabývá i propočtem optimálních stavů zaměstnanců, náborem či školením nových zaměstnanců.

2.4.2.4 Firemní infrastruktura

Do firemní infrastruktury bychom mohli zařadit veškeré systémy, které napomáhají kýženým způsobem řídit podnikové procesy. Spadají sem plánovací systémy, finanční systémy, organizační struktura nebo podniková kultura.

2.5 Vybrané nástroje pro řízení podnikání

2.5.1 Komplexní řízení kvality

V dnešní době známější spíše jako Total Quality Management. Jedná se o ideologii řízení podnikových procesů. Hlavním cílem tohoto smýšlení je zajišťování kontinuální spokojenosti zákazníka. Tento způsob řízení podnikových procesů má potenciál být úspěšný pouze v případě, že je toto smýšlení uplatněno skrze celý podnik, a zároveň se všichni participují v jeho naplňování. Pokud bychom měli představit některé ze základních principů tohoto uvažování, můžeme uvést: účast všech pracovníků, procesně orientované řízení, neustálé zlepšování nebo strategický a systematický přístup.

2.5.1.1 Světová třída

Tento pojem je opět známější pod anglickým názvem World Class. Opět se jedná o filozofii a jde o integraci dvou podsložek. Pod World Class spadá World Class Manufacturing a World Class Business

2.5.1.2 World Class Manufacturing (WCM)

Tento název se užívá pro pojmenování neefektivnějších metodik a nástrojů. Ty mají tři bazální cíle: produkovat výrobky vysoké kvality, poskytovat dodávky v požadovaném množství a čase, vyrábět výrobky s nejnižšími možnými náklady. Do těchto metodik bychom mohli zahrnout známé postupy jako: Total Quality Management, Kaizen, Six Sigma. Základními principy tohoto smýšlení je: naučit se nepřijímat ztráty, stimulovat pracovníky takovým způsobem, aby cítili částečnou odpovědnost za funkčnost daného procesu.

2.5.1.3 World Class Business (WCB)

Do českého překladu bychom mohli tento pojem přeložit jako podnik na světové úrovni. Jedná se o smýšlení, které se soustředí na rychlý vývoj nových výrobků, efektivní řízení nákladů nebo strukturovaný manažerský přístup. Hlavní cíle této ideologie jsou: odstraňovat plýtvání ve všech oblastech, uplatňovat a rozvíjet metodu Total Quality Management, využívat potenciálu týmové práce a mnoho dalšího. [24]

2.6 Cesty k odstranění plýtvání

2.6.1 Plýtvání ve výrobních procesech

2.6.1.1 Plýtvání způsobené nadprodukcí

Jak z názvu vyplývá, tak v tomto případně podnik produkuje výrobky ve větším množství, než je schopen zákazníkům prodat. S nadbytečnou produkcí souvisí i zvýšení nákladů na administrativu, a především na manipulaci a skladování. V některých případech je nadprodukce vhodná, například když počítáme s poklesem výroby v příštím měsíci, a tak vyrábíme měsíc více, abychom tak vyrovnali příští měsíc. Ve většině případů se ovšem jedná o plýtvání a je třeba se ho zbavit.

2.6.1.2 Plýtvání způsobené nadbytečnými zásobami

Jelikož skladování materiálu, hotových výrobků i všech komponent zabírá místo, a hlavně stojí peníze, je žádoucí, aby podnik udržoval zásoby v co možná nejnižší míře. Zároveň musí ale kalkulovat s určitými minimálními zásobami pro případ poruch dodávek a v dalších ojedinělých případech.

2.6.1.3 Plýtvání způsobené defekty

V tomto případě jsou myšleny defekty na produkováných výrobcích. Je zcela očividné, že produkce zmetků či opravitelných kusů je nutné odstranit. Opravování nedokonalých výrobků vyžaduje nadbytečné náklady a zabírá zaměstnancům čas, který by jinak trávili produktivně. Největší problém nastává v případě, že se nedokonalý kus dostane až k zákazníkovi. Zpravidla to znamená velké finanční ztráty a zhoršení pověsti daného výrobního podniku.

2.6.1.4 Plýtvání způsobené zbytečnými pohyby

Při tvorbě pracovních postupů je třeba zvažovat i jednotlivé pohyby, které bude operátor při vykonávání daného procesu vykonávat. Cílem je nastavit pracovní postupy tak, aby pouze minimum z vykonávaných pohybů operátora tvořily přesuny mezi pracovišti či přenášení dílců. Jinými slovy cílem je, aby co největší množství pohybů operátora přinášelo zvýšenou hodnotu výrobku.

2.6.1.5 Plýtvání způsobené špatným zpracováním

Nezáleží jen na práci operátora, ztráty vznikají i při špatném nastavení procesu či technologické operace. V tomto případě je cílem, aby například výrobní technologie přinášela maximální možnou efektivitu a kvalitu. Tedy například aby určitý proces netvořil na výrobku zbytečné otřepy, které je třeba pak ručně odstranit.

2.6.1.6 Plýtvání způsobené prostoji

Toto plýtvání je na výrobním procesu asi nejviditelnější při pouhém pohledu pozorovatele. Prostoje vznikají například špatně vypočítanými kapacitami výrobních procesů. Veškeré prostoje ve výrobním procesu je třeba odstranit, neboť přerušení procesu znamená velké ztráty pro podnik.

2.6.1.7 Plýtvání v oblasti dopravy

Plýtvání v oblasti dopravy může nastat například špatně nastavenými logistickými toky. Například pokud navážecí materiál využívá trasu, která je neefektivní. Všechny logistické toky, jak interní, tak externí, je třeba nastavit velmi pečlivě, aby k plýtvání nedocházelo.

2.6.2 Plýtvání v administrativních procesech

K plýtvání ovšem nedochází jen ve výrobním procesu, ale i při vykonávání administrativních procesů. Zcela očividný případ plýtvání, se kterým se potýká většina větších společností, je přehnaná byrokratizace. V některých případech je vyžadováno příliš mnoho dokumentů a ověření. V zásadě to problém není, potíž ovšem nastává, pokud jednotlivý dokument musí schválit více dalších osob. Další způsob plýtvání je například bazírování na papírové podobě různých dokumentů. Nejen, že dochází ke zbytečnému tisku, ale vytištěný dokument není možné již dále upravovat, sdílet a spravovat. [24]

2.7 Logistika

V oblasti logistiky je hlavním smyslem naplňování logistických potřeb. Tyto potřeby se dají popsat jako požadavky související s umístěním zdrojů, a především jejich řízením tak, aby byly přítomné na místě a v čase, který je vyžadován. Logistika pracuje s dodržováním hospodářských zásad. Tedy snaží se zdroje řídit tak, aby přinášely maximální možný užitek danému podniku.

Všichni činitelé, kteří se jakýmkoliv způsobem podílí na tvorbě či plnění logistických potřeb jsou subjekty logistiky. Mezi tyto subjekty logistiky bychom mohli zahrnout výrobce a poskytovatele finálních produktů a služeb, poskytovatele logistických služeb, dodavatele a další. Dle Pernici jsou subjekty definovány jako: „*tvůrce logistické strategie a účastníky procesních logistických řetězců včetně poskytovatelů logistických služeb, spolu s poradenskými a projektovými firmami a s dodavateli aktivních a pasivních prvků a jejich systémů pro logistické řetězce.*“.

- **Česká logistická asociace**

Založena v roce 1993 jako nezávislá a apolitická organizace. Jejím původním hlavním cílem bylo osvěta českého prostředí v oblasti logistiky, zaměřená především na manažerskou sféru. Tato organizace v současnosti udržuje kontakt s vysokými školami nejen v České republice, ale i v zahraničí, poradenskými společnostmi a vzdělávacími společnostmi. Tato česká organizace je zároveň členem Evropské logistické asociace.

- **Evropská logistická asociace**

Tato asociace je sjednocením třiceti šesti národních logistických asociací s hlavním centrem v Bruselu. Vznikla v roce 1984 z důvodu snahy o lepší spolupráci národních logistických organizací a zároveň zajišťovat vzdělávání a certifikaci. Hlavním cílem v současné době je poskytování dostupných informací pro jednotlivce i asociace z oblasti logistiky. Posláním této evropské organizace je tedy velmi podobné jako české asociace. Snaží se vytvořit určitý informační „hub“. Zároveň se zasazuje o formulaci norem, jejich přijetí a dodržování.

- **Svaz spedice a logistiky České republiky**

Tento svaz, který vznikl v roce 1991, sjednocuje právnické i fyzické osoby, které působí v oblasti vnitrostátní či mezinárodního zasílatelství, skladování výkonů a logistiky. Hlavním smyslem tohoto svazu je ochrana práv a opatrování zájmů podnikatelů v oborech, které byly výše zmíněny. Zároveň se snaží vytvářet vhodné podnikatelské prostředí a rozvíjet moderní přepravní systémy.

2.7.1 Základní pojmy logistiky

2.7.1.1 Logistický řetězec

Logistický řetězec je souhrn dvou stránek, a to stránky hmotné a nehmotné. Spočívá v řízení toků věcí, informací a peněz. Definici logistického řetězce vystihuje Pernica jako: „*Provázané posloupnosti všech činností (aktivit), jejichž uskutečnění je nutnou podmínkou k dosažení daného konečného efektu, který má synergickou povahu.*“.

2.7.1.2 Logistický systém

Tento pojem bychom mohli popsat jako důvodnou organizaci všech prvků, mezi kterými jsou vazby uvnitř a vně podniku, podílejících se na uskutečňování logistických řetězců.

2.7.1.3 Struktura logistického systému

Struktura souvisí se složitostí a rozmanitostí prvků a vazbami mezi nimi.

2.7.1.4 Chování logistického systému

Způsob odezvy na podněty vstupujících do logistického systému či způsob provádění cílů logistického systému popisuje chování logistického systému.

2.7.1.5 Logistický objekt

Logistický objekt může být jakýkoliv objekt, na který lze aplikovat logistické činnosti prostřednictvím logistického systému.

2.7.1.6 Materiálový tok

Pojem, který popisuje pohyb materiálu ve výrobním procesu z místa na místo, kde je ho třeba v čase, kdy je ho třeba a v nepoškozeném stavu, se nazývá materiálový tok.

2.7.1.7 Bod rozpojení

Bod rozpojení je místem v logistickém řetězci, kde dochází k průsečíku dvou oblastí. První oblastí je výroba a druhou oblastí je zásobovací okruh. Dalo by se říct, že jde o rozhraní mezi sférou spravovanou na bázi příchozích objednávek a sférou řízenou na bázi předpovědí a návrhů. Pernica uvádí definici takto: „*Bod rozpojení je místem, kde nezávislá poptávka se přeměňuje na poptávku závislou.*“. Touto definicí se tedy velmi přibližuje k původně vyřčené myšlence, že bod rozpojení je místem mezi okruhem řízeným objednávkami (závislá poptávka deterministického charakteru) a predikcemi (nezávislá poptávka stochastického charakteru).

- **Umístění bodu rozpojení**

Umístění tohoto bodu je velmi důležitým faktorem, který je třeba dopředu promyslet. Nabízí se několik možností umístění bodu rozpojení.

První možností je bod rozpojení v distribučním skladu, skladu hotových výrobků. Tímto umístěním dospějeme k výrobě, která vyrábí na sklad. Co toto umístění znamená? Daný výrobní podnik udržuje poměrně vysoké stavy zásob, je schopný rychle reagovat a vyskladňovat hotové výrobky dle příchozích objednávek, ale daný výrobní podnik vyrábí výkon s velmi malým procentem diferenciací a přizpůsobením výrobku potřebám zákazníka. Tento způsob umístění bodu rozpojení je poměrně riskantní, neboť výrobní podnik není schopen rychle reagovat na změnu chování poptávky a také riskuje, že uskladňované výrobky budou postupem času ztrácet na hodnotě.

Druhou možností je umístit bod rozpojení ve výrobním (montážním) meziskladu, tedy jedná se o zakázkovou montáž. Nebo ve skladu materiálů, surovin a nakupovaných dílů kdy se jedná o zakázkovou výrobu. Tento druhý způsob výrazným způsobem eliminuje slabé stránky první možnosti umístění bodu rozpojení. Takto zvolené umístění totiž nabízí poměrně agilní způsob reakce na individualizaci výrobků a možnosti přizpůsobení. Zároveň tento druh umístění téměř eliminuje riziko neprodejnosti zásob hotových výrobků. Dalším aspektem této formy umístění bodu rozpojení je udržování zásob v nízké míře.

Další možností umístění bodu rozpojení je v dodavatelských člancích. Tento typ se vyznačuje jak nákupem, tak výrobou na zakázku. V tomto případě tedy riziko neprodejnosti zásob hotových výrobků neexistuje. Největším rizikem této metody je špatně predikovaný stav kapacit výroby nebo potenciální zrušené objednávky.

2.7.1.8 Pružnost

Vlastnost logistického systému, která pravděpodobně nejvíce definuje jeho dopad na konkurenceschopnost, kterou daný logistický řetězec přináší, je pružnost. Pružnost logistického řetězce je tedy strategickým prvkem, který je pro optimální řízení podniku velmi důležitý. Pernica definuje pružnost jako: *„Nejdůležitější současnou vlastností logistických řetězců je pružnost. Dosahuje se sladěním prvků po odstranění nadbytečných článků a operací z řetězce.“*

2.7.1.9 Princip tlaku

Tento princip mezi dodavatelem a odběratelem je založen na faktu, že dodávající článek distribuuje dodávky na základě svých potřeb, tedy pouze na základě schopnosti a rychlosti procesu. Důsledkem tohoto principu tedy mohou být vznikající nadbytečné zásoby materiálu nebo výrobků, které není odběratel schopen zpracovat či prodat.

2.7.1.10 Princip tahu

Tento princip na rozdíl od tlačného principu se nepotýká s nadbytečnou zásobou. Je založen na odesílání dávek odběrateli až teprve v časovém okamžiku, kdy odběratel odešle požadavek k odeslání dávky. Tento princip tedy slouží pro udržování nízkého stavu zásob ve skladu a jde ruku v ruce s metodou Just In Time, která se dá v jednoduchosti popsat jako metoda, kdy například materiál dochází na dané pracoviště v okamžiku, kdy je potřeba pro další postup procesu.

2.7.1.11 Štíhlá výroba (lean production)

Tato koncepce, jako mnoho dalších, vzešla díky obrovskému rozmachu automobilového průmyslu. Hlavní myšlenkou tohoto pojetí je zaměření na posilování potenciálu růstu výkonnosti, odstranění veškerého plýtvání. Aby tento koncept mohl být funkční, je vyžadován naprostý soulad všech podnikových činností podílejících se na procesních řetězcích daného výrobního podniku. Myšlenka štíhlé výroby přenáší odpovědnost vertikálně do spodních pater organizační struktury. Hlavním cílem této metody je zajištění pružné reakce na tužby, potřeby zákazníků, úspora nákladů a také podpora cenové konkurenceschopnosti podniku.

2.7.1.12 Štíhlý podnik (lean enterprise)

Tato myšlenka bere koncepci štíhlé výroby a rozšiřuje ji na všechny podnikové útvary.

2.7.1.13 Hbitá výroba (agile production)

Jedná se o jinak pojatou koncepci podniku, než je štíhlá výroba. Hlavním bodem tohoto smýšlení je maximalizace rychlosti reakce daného výrobního podniku na obdrženou objednávku od zákazníků a zároveň snaha o odstranění všech možných příčin zpoždění této reakce.

2.7.1.14 Zpětné toky

Jelikož v logistickém řetězci koluje velké množství přepravních prostředků, obalů a odpadů, je třeba zajistit jejich zpětné toky, a to jak po organizační, informační komunikační a fyzicky po manipulační stránce. Včetně rozebrání, přetřídění, přepracování k opětovnému prodeji, recyklace nebo dokonce likvidace. Do těchto zpětných toků bychom mohli ale například zahrnout i odmítnuté dodané výrobky nebo reklamované výrobky.

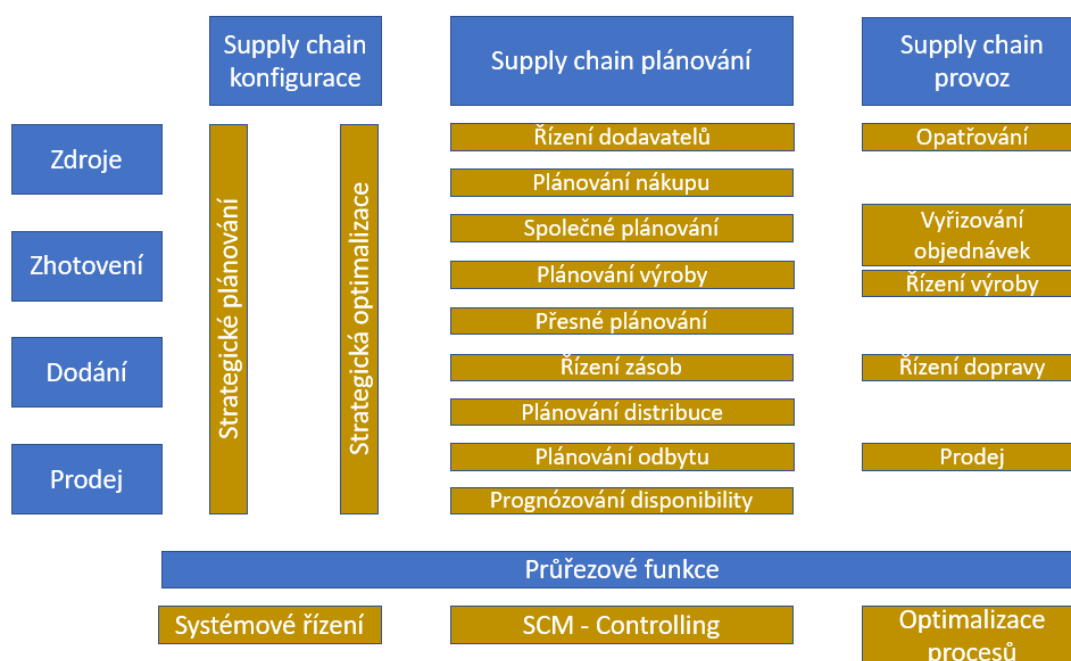
Náklady na zpětné toky se v některých případech mohou podnikům velmi prodražit. Tyto náklady totiž mohou dosáhnout až devítinásobku výše, jakou bychom spotřebovali při toku směrem k zákazníkovi. Důležité je zde zmínit, že legislativa směřuje k rozšiřování odpovědnosti výrobců výkonů a obalů až za rámec spotřeby.

2.7.1.15 Zpětná logistika

Tomuto pojmu můžeme jinak rozumět jako konečnou fázi plně propojeného logistického řetězce. Tento pojem definuje Pernica jako: „*Zpětná logistika organizuje a uskutečňuje zpětné toky z místa spotřeby do míst opětovného zhodnocení anebo likvidace.*“. Blíže se tímto pojmem zabývá zpětný management, který se snaží řídit zpětnou logistiku komplexně, aby došlo k minimalizaci nákladů na jeho provádění.

2.7.1.16 Supply chain management (SCM)

Do českého překladu bychom Supply chain management mohli přeložit jako řízení integrovaných logistických řetězců. Tento pojem se v průběhu času od jeho vzniku vyvíjel v podobné míře a korelaci s automobilových průmyslem. V současné době existuje několik verzí definic tohoto pojmu. Poměrně vypovídající a jednoduchá definice od Pernici zní: „*Supply chain management je integrací podnikových procesů přidávající hodnotu od konečného uživatele k prvnímu dodavateli.*“. Z definice je patrné, že SCM souvisí s hodnotovým řetězcem, který je souborem všech aktivit daného podniku, které přidávají hodnotu službě či výrobku, jenž je poskytován zákazníkovi. [23]



Obrázek 9: Supply chain management [23]

2.7.1.17 Logistika výrobního procesu

Pod tímto pojmem se ukrývá organizování interních materiálových toků. Tyto toky musí splňovat následující požadavky: musí být přímočaré, přehledné, bez vracení, bez problémového protínání a pokud možno co nejkratší. Materiálové toky jsou popisovány třemi charakteristickými vlastnostmi. Prvním je směr, další je intenzita a poslední je frekvence.

2.7.1.18 Výrobní dávka

Tento pojem bychom mohli popsat jako kvantitu dílů, které jsou ve velmi malém časovém okamžiku odesílány do výroby. Na tuto skupinu je pak počítána materiálová náročnost. Ve své podstatě se s touto skupinou počítá jako s jednotkou, kdy je například šest jednotek (výrobních dávek o x kusech) odesláno do skladu.

2.7.1.19 Výrobní kapacita

Jourová tento pojem definuje jako: „*Maximální objem produkce, který může výrobní jednotka (podnik, závod, dílna, stroj) vyrobit za určitou dobu (obvykle rok, den, hodina).*“. [24]

2.7.2 Logistická typologie výroby

Dříve než přiblížíme logistické typologie výroby, je důležité uvést nejdříve typologie z hlediska řízení výroby. Z hlediska plánování a řízení výroby dělíme výrobu dle škály výrobního programu na hromadnou, sériovou a kusovou. Z hlediska logistiky dělíme výrobu na následující.

- **Kontinuální výroba**

Tato výroba se vyznačuje produkcí malé rozmanitosti výrobků ve větších objemech. Mezi výrobou jednotlivých příbuzných či podobných typů výrobků dochází kontinuálně bez skladování.

- **Linková výroba**

V tomto případě je vyráběno na určitých zařízeních uspořádaných dle výrobního programu výrobního podniku. Dané výrobní zařízení jsou z pravidla schopny produkovat více druhů výrobků. Dá se říct, že výrobky prochází více méně stejnou trasou při svém toku výrobou.

- **Zakázková výroba**

Tato výroba je charakteristická vysokou úrovní individualizace výrobků dle tužeb a požadavků zákazníků. V naprosté většině případů zakázkové výroby platí, že každý výrobek prochází svou vlastní trasou během fáze výroby.

2.7.3 Uspořádání pracovišť ve výrobě

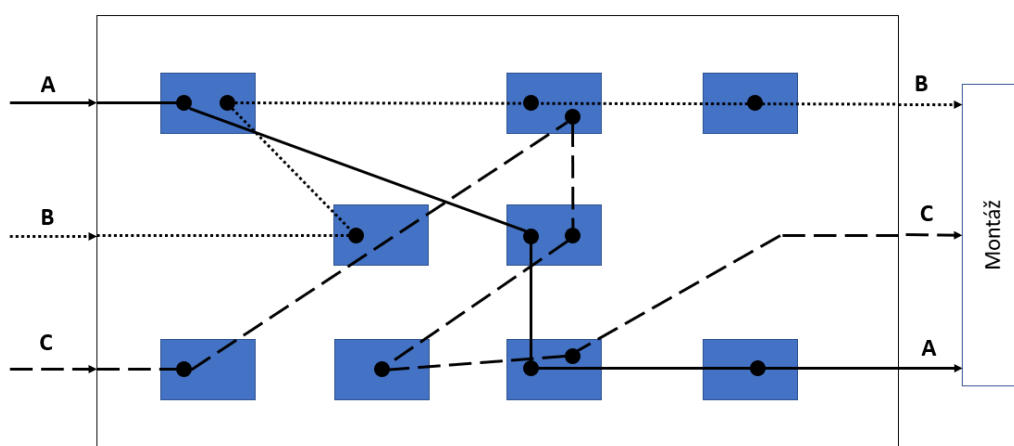
- **Technologické uspořádání**

Takto provedené uspořádání výrobního procesu se vyznačuje shlukováním výrobních pracovišť se stejnou nebo obdobnou technologií blízko sebe. Takto realizované uspořádání má tu výhodu, že při změnách výrobního programu se změny dotýkají především mezioperační manipulace. Stroje či pracoviště v tomto uspořádání příliš netrpí na poruchy a nabízí vhodné podmínky pro údržbu a opravy. Toto uspořádání je spjato i určitými nevýhodami, mezi které bychom mohli zařadit náročnou přípravu výroby, vysokou průběžnou dobu výroby nebo značné vzdálenosti mezi pracovišti.

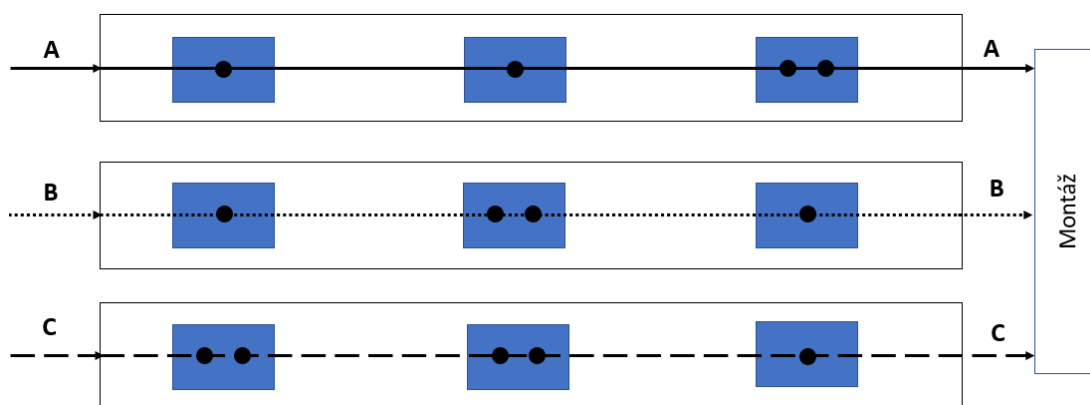
- **Předmětné uspořádání**

Předmětné uspořádání se značí uskupením všech výrobních zařízení potřebných pro tvorbu určitého výkonu. Při tomto uspořádání tak často dochází k šetření výrobní plochy, dochází k redukci potřeby skladování mezi jednotlivými operacemi a zároveň i příprava výroby je jednodušší než v případě technologického uspořádání. Velkou slabinou tohoto uspořádání je značná tuhost a složitost v případě změn ve výrobním programu. Při změně výrobního programu je nutno provést nové uspořádání pracovišť a zároveň jsou i stroje a zařízení často velmi specifická pro daný výrobek. Je tedy třeba zakomponovat nová výrobní zařízení, která budou schopna vyrábět nově požadované výkony. [23]

Na následujících dvou obrázcích je schematicky znázorněno technologické i předmětné uspořádání pracovišť ve výrobě.



Obrázek 10: Technologické uspořádání pracovišť ve výrobě [23]



Obrázek 11: Předmětné uspořádání pracovišť ve výrobě [23]

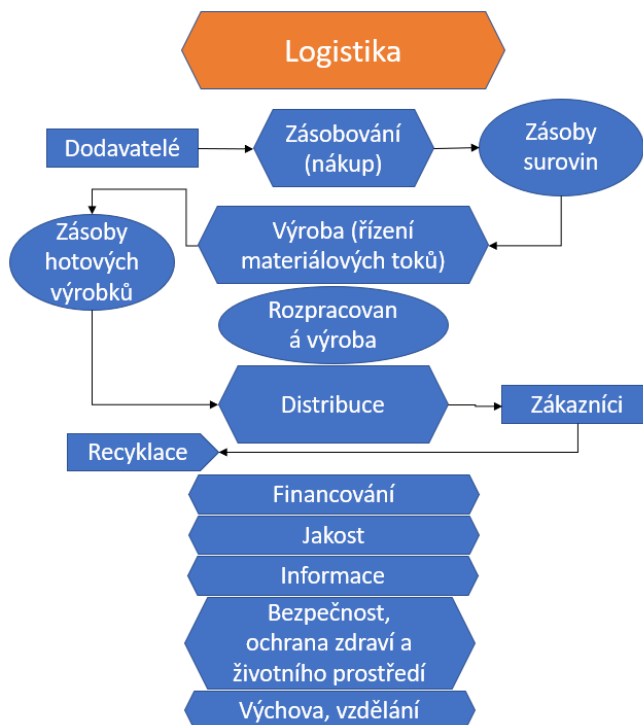
- **Buňkové uspořádání**

Toto uspořádání využívá kladných vlastností technologického a předmětného uspořádání. Dalo by se popsat jako třídídimenzionální uspořádání technologicky rozdílných strojů, což umožňuje výrobu technologicky podobných částí. V tomto uskupení se užívá termínu výrobková rodina, což je soubor komponent, které je možno právě pomocí buňkového uspořádání vyrábět. [24]

2.7.4 Nový přístup logistického systému podniku

V průběhu posledních několika let se do značné míry transformovalo řízení podniků. Rychlost reakcí na okolní i vnitřní změny se muselo zrychlit. A logistika se musela také transformovat od čistého plánování v excelovských tabulkách na úroveň, kdy jsme schopni říct, že se jedná o součást strategického řízení podniku.

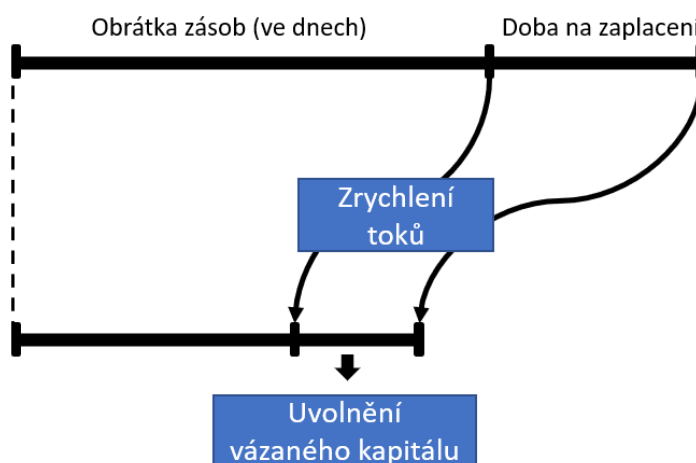
Došlo ke změně, kdy si nekonkurují pouze výrobci, ale celé logistické řetězce. Zároveň poskytování logistických služeb je komplexnější a je nutné nabízet logistické služby, které byly dříve nemyslitelné. Jsou formovány procesní řetězce, které jsou řízeny velmi účinně, jsou rozšířeny o zpětné toky a tvoří průběžně strategii, kterou neustále přizpůsobují danému časovému období a potřebám. [23]



Obrázek 12: Logistický řetězec v pojetí integrované logistiky – The Total Supply-Chain [23]

2.7.5 Zrychlování toků zboží, informací a peněz

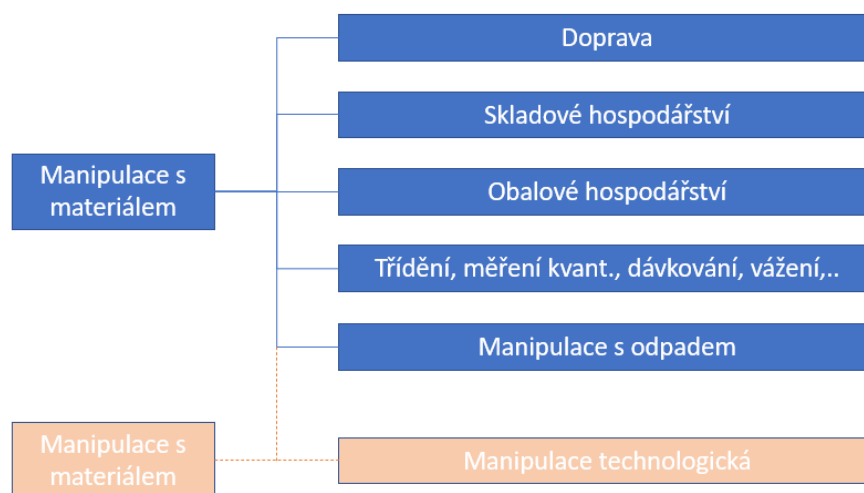
Z logistického pohledu přináší kýžený efekt zrychlování toků pouze za předpokladu, že společně se zrychlováním toků se stejnou mírou zrychlí i platba zákazníků za odebírané výrobky či služby. Především podmínka vyjadřuje vazbu zrychlení toků na cash flow.



Obrázek 13: Souvislost zrychlování toků zboží a cash-flow [23]

2.7.6 Manipulace s materiálem

Tento ustálený pojem bychom mohli v jednoduchosti definovat jako organizovanou změnu polohy těžiště hmoty. I když tento proces jako takový nepřidává žádná hodnotu vyráběnému výrobku, je naprosto nedílnou součástí každého výrobního procesu. Při zkoumání procesů v současných výrobních podnicích bylo zjištěno, že minimálně 20–90 % času procesu zabírá právě manipulace s materiálem. Současně je uváděno, že až 20 % nákladů výrobních procesů je tvořeno z nákladů na přepravu materiálu. Z těchto dvou poznatků vyplývá, že je žádoucí, aby výrobní podniky manipulaci s materiálem efektivně řídily a zvyšovaly tak produktivitu celkového výrobního procesu. Na následujícím jednoduchém schématu je možné vidět, z jakých částí se manipulace s materiálem skládá.



Obrázek 14: Obecné členění manipulace [36]

2.7.6.1 Základní pojmy

- **Materiál**

Označení, které je užíváno pro suroviny, polotovary, dokončené i nedokončené výrobky a odpad. Tento pojem se dá dále dělit. Prvním dělením je dle skupenství na tuhé, kapalné, plynné. Dále bychom mohli materiál dělit podle snadnosti přepravy na jednotlivé kusy, manipulační jednotky (palety, boxy), volně ložený materiál. Materiál lze dělit dle mnoha dalších hledisek, jako je například rozměr, hmotnost, množství, tvar, stav nebo poškoditelnost. [20]

- **Materiálový tok**

Tento pojem bychom definovali jako organizovaný pohyb materiálu v určitém procesu

- **Ložné operace**

Mezi tyto operace bychom zařadili nakládku, překládku a vykládku materiálu. Jedná se o operace prováděné s materiálem během jeho toku v procesu.

- **Nakládka**

Při této operaci dochází k prvnímu naložení materiálu na dopravník nebo do dopravního prostředku

- **Překládka**

Tato operace je velmi obdobná nakládce. Nicméně při této operaci probíhá přeložení z jednoho dopravníku na druhý, nebo z jednoho dopravního prostředku na druhý.

- **Vykládka**

K této operaci dochází ve chvíli, kdy například dopravní prostředek přepravil materiál na dané pracoviště, a tak dochází k jeho odebrání z dopravního prostředku. Analogicky tento popis platí i pro dopravník.

- **Manipulační jednotka**

Jedná se o materiál, který je určitým způsobem sjednocen (svázan) a uložen například na paletě či uložen v bedně tak, aby s ním bylo možno manipulovat jako s jediným kusem.

- **Manipulační soustava**

Manipulační soustava se sestává z několika manipulačních prostředků, které jsou zkombinovány tak, aby bylo dosaženo efektivního materiálového toku.

- **Technologická manipulace**

Tato manipulace je specifická tím, že v průběhu této manipulace je provedena navíc technologická či kontrolní operace.

- **Balení**

Balení je ochranný obal, který chrání materiál například před rozsypaním či před jeho degradací na vzduchu.

- **Skladování**

Tato operace zahrnuje ukládání materiálu v prostorách, které jsou určeny pro jeho akumulaci.

- **Zásoba**

Zásobou se označuje materiál již uskladněný v určených prostorech. [21]

2.7.7 Skladování

Skladování jako takové je zcela zásadním prvkem každého logistického systému. V případě, že daný podnik nevyrábí výrobky a rovnou je neodesílá zákazníkům, což již dnes není zcela neobvyklé, vyrábí podnik výrobky a uskladňuje hotové výrobky ve skladu. Skladování se pak stává mezičlánkem mezi výrobním podnikem a zákazníkem. Skladování ale neslouží pouze pro hotové výrobky. Jak již bylo zmíněno v předchozí části, dochází i ke skladování materiálu, polotovarů a dalších entit. Definicí skladování bychom mohli uvést jako segment logistického systému, který slouží k uchování výrobků a dalších entit mezi místem vzniku a místem jejich spotřeby. Mezi nejčastější způsoby skladování, které jsou běžně uplatňovány ve výrobních podnicích, patří následující tři příklady.

- **Uskladnění v regálu**

Tento způsob je pravděpodobně nejfrekventovanější. Velmi často je při tomto způsobu skladování užíváno palet, boxů nebo polic. Samotné regály mohou být pak ve větších skladech stavěny na sebe, čímž se dá ušetřit skladovací místo. Samozřejmě ne vždy je možné stavění do výšky uskutečnit. S tímto způsobem musí být již od začátku plánováno a zároveň prostory, ve kterých probíhá skladování, musí mít proporční dispozice. Ukládání do polic, boxů může probíhat ručně, pomocí manipulační techniky či k němu dokonce může probíhat automaticky.

- **Volné uskladnění**

Tento způsob je hojně užíván například u stavebních materiálů, které není možné mít v obalu. Volného uskladnění je tedy využíváno například pro skladování písku, uhlí apod. Jedná se o uskladnění na určeném místě, které je například ohraničeno pouze stěnou.

- **Stohování**

Tento způsob je často využíván při skladování materiálu na paletách. Palety jsou následně stohovány do výšky, čímž opět dochází k šetření skladovacího místa. Tento způsob má ale jedno velkou nevýhodu. Pokud se palety začnou stohovat na sebe a dostaneme se například do čtvrtého patra palet a budeme potřebovat paletu, která je úplně na spodu, dochází k velkému problému. V tomto případě musíme nejprve odstranit horní vrstvy a pak teprve dostáváme kýženou spodní paletu. Tento způsob je tedy vhodný pouze tam, kde je možné odebírat vrchní palety jako první a nezáleží tedy na pořadí uskladňování.

2.7.7.1 Funkce skladů

Sklad může mít mnoho funkcí a několik nejdůležitějších z nich bude přiblíženo v následujících řádcích.

- **Informační funkce**

Sklad, nebo oddělení spravující sklad vyřizuje příchozí objednávky materiálu a má kontrolu nad doplňováním chybějících zásob. O tomto stavu dále reportuje vedení a také vymýšlí strategie pro zvyšování konkurenceschopnosti díky efektivnímu řízení skladovacích prostorů a obecně skladovaného materiálu a výrobků.

- **Racionalizační funkce**

Racionalizační funkce vyjadřuje, že například pomocí nákupu většího množství od dodavatele a tím získání množstevní slevy, je možné ušetřit náklady na výrobu jednoho výkonu.

- **Zušlechťovací funkce**

Touto funkcí je myšleno, že sklad může napomáhat určitým způsobem vlastnostem uchovávaného materiálu a výrobků. Například některé materiály jako jíl je nutné nechat odležet. Dalším poměrně vypovídajícím příkladem je zrání vína nebo sýrů ve sklepech.

- **Kompletační funkce**

Sklad zajišťuje požadavky jednotlivých částí podniku.

- **Spekulační funkce**

Pod touto funkcí se skrývá hledání potenciálních rozdílů v cenách materiálů do budoucna. Tedy například pokud podnik očekává, že určitá komodita, která je potřeba pro chod výroby, bude v budoucnu růst na ceně, podnik se předzásobí za stávající cenu, a tak ušetří náklady.

- **Vyrovňovací funkce**

Pod touto funkcí si lze představit udržování rozumné hladiny materiálu v oběhu dle materiálových potřeb podniku, kvality nebo hlediska času.

- **Zabezpečovací funkce**

Tato funkce v jednoduchosti znamená, že sklad například zajišťuje určitou úroveň zásob, kdyby došlo k určitým problémům. Pod těmito problémy si můžeme představit například zpoždění dodávky od dodavatele materiálu či případ, kdy dodávka materiálu nedorazila v požadované kvalitě a je třeba ji reklamovat. [22]

2.7.8 Řízení zásob

Pojem zásoby definuje Jourová jako: „*Pojem zásoby (inventory) může být chápán jako neoddělitelná součást výrobních, obchodních či distribučních subjektů, které takto označují materiál, suroviny, paliva, nářadí, obaly, náhradní díly, polotovary a hotové výrobky.*“. Zásoby jsou tedy ještě nespotřebované prvky, které jsou v daném procesu potřeba. Dle Horákové a Kubáta (1999) mají zásoby jak negativní, tak pozitivní vliv. Pozitivní vliv se skrývá pod krytím nepředvídatelných výkyvů a poruch, napomáhají, aby se dané procesy mohly realizovat v požadovaném rozsahu. Mezi negativní dopady bychom mohli zařadit poutání kapitálu, riziko ztráty hodnoty, neprodejnosti či neužitečnosti a v poslední řadě představují zásoby riziko pro udržení likvidity podniku.

2.8 Materiálový tok a jeho analýza

Realizaci a průběh materiálového toku ovlivňuje objem výroby a typ výrobního procesu, technologická složitost a členitost výrobního procesu, způsob řešení dopravy, tvar a členitost výrobního prostoru.

2.8.1 Sankeyův diagram

Tento diagram je velmi známý a ve výrobních podnicích i velmi využívaný pro vizualizaci materiálových toků. Jedná se o grafické znázornění struktury a časového průběhu dané veličiny v určitém systému. Pro jeho snadné užití dnes slouží i softwary, které jsou vytvářeny pro jeho aplikaci.

2.8.2 Spaghetti diagram

Tato metoda je velmi jednoduchá a je užívána pro analýzu současného i budoucího stavu interního materiálového toku. Jejím cílem je nalezení optimální cesty přepravy. Provádí se pomocí mapování každého toku, který je uvnitř systému a jeho zakreslení do mapy. Pro přehlednost se užívá různá šířka "špaget" a také se užívá různých barev pro názornost. Díky barevnosti je na první pohled zřejmé, které cesty pracovníků jsou plýtváním, neboť mají například černou barvu.

2.8.3 Postupový diagram

Jiným názvem procesní analýza slouží pro vyobrazení a analýzu věcné, časové i prostorové stránky logistických a výrobních procesů. Cílem tohoto diagramu je zobrazit pořadí všech manipulačních či výrobních operací, které jsou při určitém procesu vykonávány. Tento diagram využívá speciální symboly, aby byl výsledek přehledný a jednoznačný. Často se tento diagram využívá při racionalizaci procesů.

2.8.4 Value Stream Mapping

Pokud bychom měli tuto metodu přeložit do českého jazyka, použili bychom nejspíše název mapování hodnotových toků. Tato metoda je součástí filozofie Lean Manufacturing a byla vyvinuta společností Toyota. V této metodě je opět využíváno velkého množství symbolů. Slouží pro popis jednotlivých částí procesů a rozdělují je na procesy, které hodnotu přidávají a na ty, které hodnotu danému výrobku nepřidávají. Výsledkem aplikování této metody je zmapovaná logistická a informační cesta od dodavatele, výrobce až po zákazníka výrobku. [24]

2.9 Zdvihací a přemísťovací zařízení

2.9.1 Zařízení s přetržitým pohybem

2.9.1.1 Prostředky a zařízení pro zdvih

- **Zvedáky**

Velmi primitivní zařízení pro zdvih břemen. Existují tři typy zvedáků: mechanické, hydraulické a pneumatické.

- **Zvedací plošiny**

Tyto plošiny jsou aplikovány pro překlenutí rozdílných výšek při nakládce či vykládce.

- **Výtahy**

Výtahy jsou využívány pro manipulaci s veškerým typem materiálu ve vertikálním směru.

- **Navijáky**

Poměrně jednoduchý komplementární manipulační prostředek, který pracuje na principu navíjení lana na buben.

- **Kladky a kladkostroje**

Tyto jednoduché nástroje bývají užívány v případech, kdy je nutné zvedat břímě různých hmotností bez potřeby přesunu na jinou pozici.

- **Mostové jeřáby**

Právě mostové jeřáby bývají ve strojírenských podnicích nejvíce využívané, neboť jsou vhodné pro manipulaci břemen různých hmotností jak ve vodorovném, tak ve svislém směru. Nevyvratitelnou výhodou tohoto provedení jeřábů je malá potřebná podlahová plocha pro jeho funkčnost.

- **Konzolového jeřáby**

Tento typ jeřábu pojíždí na kolejích, které bývají z pravidla zavěšené na boční stěně výrobní haly.

- **Portálové jeřáby**

Tento typ jeřábu pojíždí na kolejnicích, které jsou zabudovány do podlahy. Což je výhodné z hlediska složitosti počáteční výstavby jeřábu, ale nevýhodné z hlediska prostoru, který je třeba zastavět.

- **Manipulátory**

Souží pro přesun materiálu či dílů. Skládají se z ramen, která bývají mechanická, elektromagnetická či vakuová.

- **Sloupové jeřáby**

Sloupové jeřáby mívají nehybný či otáčivý sloup a pohybuje se pouze výložník. Využíván je především tam, kde se nevyplatí pořizovat mostový jeřáb.

- **Věžové jeřáby**

Věžové jeřáby mají tu výhodu, že je možné je na místě rozmontovat, přesunout a smontovat na místě, kde jich je potřeba. Často je věžových jeřábů využíváno v prostorech, kde je třeba manipulovat se stavebním materiálem.

- **Roboty**

Toto zařízení je pravděpodobně nejvíce versatilní. Dá se programovat na různé úkoly. Jsou zpravidla vybaveny mechanickým zařízením, které do značné míry nahrazuje lidskou ruku. Roboty se dělí do tří generací. První generace slouží pro podávání a odebírání předmětů z určitého místa. Druhá generace robotů navíc obsahuje velké množství senzorů a snímačů, které získávají informace ze svého okolí. Poslední generace je nejvyspělejší a je tak již v podstatě schopna bez pomoci řešit problémy.

2.9.1.2 Prostředky a zařízení pro pojezd

- **Speciální kolové podvozky**

Tyto podvozky slouží k ručnímu pojezdu palet a dalších břemen po pojízdné plošině.

- **Bezmotorové a poháněné vozíky**

Toto provedení je hojně užívané ve strojírenských podnicích. Nejčastěji využívané provedení jsou vlečné vozíky, které se následně připojí za určitý tahač nebo poháněné akumulátorové vozíky, které jsou řízeny řidičem pomocí volantu.

- **Tahače a traktory**

Tyto zařízení slouží, jak jméno napovídá, k tahání určitých břemen. Často jsou těmito břemeny vozíky.

- **Vozy a vozíky se zdvižnou plošinou**

Toto jsou vozíky, které navíc obsahují pákové soustrojí, pomocí kterého je vykonáván zdvih.

- **Paletové vozíky nízkozdvížené**

Jedná se o nejčastěji se vyskytující manipulační prostředek, kterým se operuje pomocí vidlice s paletami.

2.9.1.3 Prostředky a zařízení pro stohování

- **Stohovací jeřáby**

Tyto jeřáby jsou využívány především ve skladovacích prostorech. Jejich funkcí je zakládání palet, boxů do regálů, které jsou v určité výšce.

- **Regálové zakladače**

Tyto zakladače jsou užívány především proto, že jsou levnějším provedením stohovacích jeřábů. Jsou vhodné do úzkých uliček skladů. Pracují s vysokou rychlostí a přesností a mohou zakládat do výšky až téměř čtyřicet metrů.

- **Vysokozdvížené vozíky a vozy**

Tyto vozíky slouží k přepravě kontejnerů mezi určitými místy.

2.9.2 Zařízení s plynulým pohybem

- **Podvěsné dopravníky s vlečnými vozíky**

Tyto dopravníky jsou připnuty k řetězu, díky němuž se samotné vozíky pohybují většinou po určitém okruhu.

- **Podlahové vozíkové dopravníky**

Tyto vozíky jsou velmi podobné podvěsným dopravníkům s vlečnými vozíky. Podlahová metoda má ale řetězy zabudované v dráze v podlaze.

- **Pásové a lanopásové dopravníky**

Tato metoda dopravníků je často užívána, a to především proto, že je možné dané dopravníky posunovat po dráze jak ve vodorovném, svislém tak i šikmém směru.

- **Žlabové dopravníky**

Tyto dopravníky přemísťují především materiál v otevřeném žlabu.

- **Článekové dopravníky**

Tento dopravník je tvořen nekonečným pásem, který je dělen na jednotlivé články.

- **Pneumatické dopravníky**

Zde se jedná o dopravu materiálu pomocí potrubí, kde je díky vzduchu materiál přesouvám z místa na místo. S tímto dopravníkem se pojí poměrně vysoká spotřeba energie.

- **Hydraulické dopravníky**

Tyto dopravníky využívají k přenosu břemen vodu. Takto je možné přenášet břímě až do vzdálenosti sta kilometrů.

- **Hnané válečkové tratě**

Tyto tratě jsou využívány pro přesun kusového materiálu.

- **Nepoháněné válečkové, kladičkové a kuličkové tratě**

Tyto tratě slouží pro ruční přesun ve vodorovné poloze nebo mohou být provedeny se spádem a pak slouží jako gravitační přesun materiálu.

- **Skluzy**

Skluzy jako takové slouží k překlenutí dílčích rozdílů ve výšce na trase. Jedná se o nejlevnější a bezporuchové zařízení, které využívá gravitace a vlastní váhy k přemísťování.

- **Korečkové a záchytové elevátory**

Korečky bychom mohli definovat jako otevřené nádržky, které slouží pro přesun sypkého materiálu. Záchytové provedení pak slouží k přemísťování kusového materiálu.

- **Šroubové dopravníky a elevátory**

Tyto dopravníky využívají pohybu šneků ve žlabu a jejich výhodou je, že zabírají malý prostor.

- **Vibrační dopravníky a elevátory**

Vibrační dopravníky vytváří oscilující pohyb, a tak dochází k přesunu kyprého materiálu pomocí setrvačné síly.

- **Mechanické lopaty a vyhrabovače a šnekové a hřeblové vykladače**

Tato zařízení slouží k manipulaci s kyprým materiálem na jejich skládkách. [24]

Zdvihací a přemísťovací zařízení						
Jeřáby	Kladkostroje	Zvedáky	Navijáky	Zvedací plošiny	Nákladní výtahy	Manipulační pomůcky
mostové	ruční	mechanické	navijecí	pevné	S přímočarým pohybem	svěrky
portálové	elektrické	hydraulické	třecí	přemístitelné	oběžné	Magnetické pomůcky
sloupové	pneumatické	pneumatické		pojízdné	výsypné	sochory
konzolové						posunováky
lanové	Kladkostrojové vozíky					Přesuvné válečky
mobilní						Valivé podvozky
stohovací						Zdvíhací kolečka
speciální						vznášedla
Vázací a závěsné prostředky						Podložky pro paletizaci
						stojany
						schůdky

Obrázek 15: Zdvihací a přemísťovací zařízení [24]

2.9.3 Přehled nepoužívanějších systémů

V následující tabulce je možné vidět, jak jsou děleny hojně užívané systémy dle Pernici. Tyto systémy jsou často uplatňovány například v automobilovém průmyslu.

MRP II	
Hlavní cíle	-maximální využití kapacit a zdrojů -plnění dodávek
Oblast nasazení	-složitě struktury výrobků -kusová, malosériová i sériová výroba -výroba orientovaná na zakázku -strategická a taktická složka plánování a řízení výroby
Zabezpečení dobré komunikace	-zabezpečení dobré komunikace se sběrem výrobních údajů a řízením výroby
Použití	-počítačová podpora -informační systém
JIT	
Hlavní cíle	-vyrábět v požadovaném čase požadované výrobky v požadovaném množství a jakosti
Oblast nasazení	-změna v rámci celého podniku
Předpoklady	-jednosměrné materiálové toky, případně buňkově organizovaná výroba
Použití	-dokonalá součinnost vnitropodnikových činností a kooperace s dodavateli
JIT II	
Hlavní cíle	-nakupovat a dodávat v požadovaném čase požadovaný materiál v požadovaném množství a jakosti do výroby
Oblast nasazení	-nákup, změna v mezipodnikových vztazích
Předpoklady	-vytvoření aliance mezi nakupujícím podnikem a dodavatelem
Použití	-působení pracovníka dodavatele uvnitř nakupujícího podniku včetně přístupu k informačnímu systému podniku

KANBAN	
Hlavní cíle	-maximalizace zásob ve výrobě -zjednodušení řízení -plnění termínů
Oblast nasazení	-sériová a velkosériová výroba -díleňská nebo linková výroba -výroba s poměrně jednoduchou strukturou výrobků
Předpoklady	-opakovatelnost
Použití	-synchronizace a vyvážené kapacity -nízké časy na přetypování strojů -vysoká jakost výroby -uspořádání pracovišť směřující k jednosměrnému materiálovému toku -předpoklady pro rychlé odstranění poruch ve výrobě -motivace pracovníků -decentralizace kompetencí
Řízení s využitím úzkých míst – OPT, DBR	
Hlavní cíle	-maximalizace zisku a průtoků -minimalizace zásob a provozních nákladů
Oblast nasazení	-kusová, sériová a velkosériová výroba
Předpoklady	-synchronizace ve výrobě
Použití	-zásobníky u úzkých míst ve výrobě -kontrola jakosti před úzkými místy -systém kontinuálního vyhodnocování úzkých míst a „normálních“ pracovišť
Vytěžovací řízení – BOA	
Hlavní cíle	-minimalizace průběžných časů -minimalizace zásob -plnění termínů -zjednodušení řízení
Oblast nasazení	-kusová, malosériová a sériová výroba -díleňská výroba -složitější výrobky
Předpoklady	-hrubé kapacitní vyrovnání mezi výrobním plánem a kapacitami
Použití	-spolehlivé termínové plánování a sběr výrobních údajů -dokonalý sběr výrobních údajů
Diagramy průběhu výroby	
Hlavní cíle	-přehlednost ve výrobě -plnění termínů -nízké zásoby
Oblast nasazení	-jednoduché výrobky -sériová a velkosériová výroba -linkové uspořádání ve výrobě
Předpoklady	-opakovatelnost
Použití	-dobrá kooperace s dodavateli -standardizace v informačních tocích

Tabulka 1: Přehled nejpoužívanějších logistických systémů [23]

2.10 Systém

2.10.1 Definice systému a okolí systému

I když je každý systém z větší části specifický, můžeme ovšem u každého nalézt obecné znaky, které by měly obsahovat všechny systémy. Systém bychom mohli definovat jako množinu libovolných prvků, mezi kterými existují vztahy/vazby a jako celek směřuje k logickému a záměrnému konci. Tyto vazby mohou být hmotné, energetické, informační. Jako celek má systém vztah ke svému okolí. Okolí systému by se zcela jednoduše dalo definovat jako množina prvků odlišných od prvků systému. Chování uvnitř určitého systému můžeme formulovat jako závislost vztahu výstupů na současných i minulých vztahů vstupů. [2]

2.10.2 Systémové hranice a hierarchická struktura

Abychom mohli vytvořit systém, je nejprve zapotřebí separovat kýžené prvky budoucího systému od zbytku prvků, které v systému mít již nechceme. Cílem je vytvořit okolo množiny chtěných prvků systémovou hranici. Množina prvků, která je pro určité potřeby primární, je nazývána cílový systém. Tento cílový systém může být vrstvený na různé subsystemy. Zároveň ale cílový systém může být subsystemem jiného systému, tzv. širšího systému. Právě širší systém je největší stavební jednotka a okolo tohoto systému jsou pomyslné hranice systému, které dělí širší systém od okolí systému. [4]

2.11 Model, matematický model, modelování

2.11.1 Model

Je obrazem nějakého systému a je tvořený za účelem poznání vlastností daného systému. Jako jednoduchý příklad by se dal uvést plastový zmenšený model letadla. [2]

Obecně se dá říct, že model zobrazuje jen určité vlastnosti originálu v závislosti na potřebě při daném řešení. Dalším obecně platným tvrzením by mohlo být, že pro různé cíle vznikají různé modely. A to i za předpokladu, že se bude jednat o stejný objekt. Model je tedy vždy třeba přizpůsobit potřebnému cíli, ke kterému chceme v závěru dojít.

Model M určitého systému $S_p \rightarrow M = (S_M, R_p)$, kde

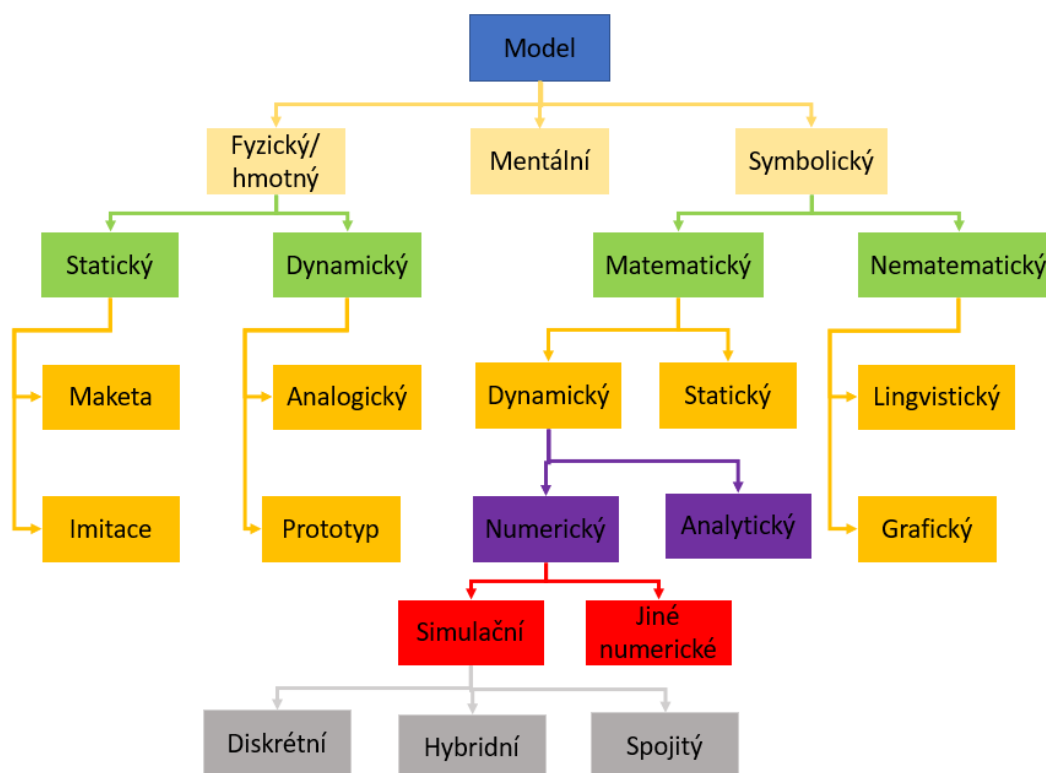
S_p – objekt modelování (originál)

S_M – vytvořený modelový systém (podobný v určitých mezích S_p)

R_p – relace podobnosti S_M a S_p

Podle uvedeného obecného vztahu platí, že při určování podstatných vlastností, které má model zahrnovat, se řídíme dle vlivu těchto vlastností na R_p mezi modelem a originálem.

Volba vhodného modelu vždy záleží na několika faktorech. Mezi tyto faktory bychom mohli uvést například účel použití daného modelu, složitost modelovaného objektu nebo omezení zadavatele či tvůrce. Na následujícím obrázku můžeme vidět schéma rozdělení modelů dle Daňka. [13]



Obrázek 16: Klasifikace modelů [27]

2.11.1.1 Stochastický model

U tohoto modelu není dopředu zcela jasné, jak bude vypadat průběh nebo jaké budou následky modelování. Zkoumaný jev či problém mají náhodný charakter a vztahy mezi veličinami jsou většinou vyjadřovány pomocí parametrů. Tyto parametry mohou být určovány například za pomoci užívání dat z předchozích zkoumání, které podnik nebo řešitel v minulosti prováděl, a jsou relevantní pro daný řešený případ. [6]

2.11.1.2 Deterministický model

V tomto modelu nejsou naopak zahrnuty žádné prvky náhodného charakteru, a tak se tento model vyznačuje dopředu jednoznačně určenými příčinami a jejich následky. Obecně by se dalo říct, že pro tento model platí, že výstupní charakter daného modelu je zcela závislý na průběhu vstupních veličin. [5]

2.11.1.3 Diskrétní model

Tento model by se dal blíže popsat jako model, kde všechny stavové proměnné nabývají diskrétních hodnot. Důležitým znakem tohoto modelu je fakt, že při změně hodnoty dochází ke skokové změně. [6]

2.11.1.4 Spojitý model

Aby mohl být model nazýván spojitý, musí se všechny jeho prvky chovat spojitě. Jinými slovy model bude spojitý, pokud se při změně času budou hodnoty všech prvků měnit spojitě. Tyto modely jsou hojně využívány tam, kde je třeba určovat konzistentní změny v čase.

2.11.1.5 Hybridní (kombinovaný) model

Tento model slučuje dohromady vlastnosti diskrétního a spojitého modelu. Příkladem může být určitá výroba, kdy je třeba část produkce spojitá, například míchání ingrediencí při tvorbě limonády a část výrobního procesu je diskrétní, například plnění lahví, které probíhá na základě náhodně příchozích lahví z různých dopravníků. [5] [6]

2.11.1.6 Statický model

Tento model by se dal zjednodušeně popsat jako model, kdy se celkový stav systému za změny času nezmění.

2.11.1.7 Dynamický model

Tento model je protikladný s modelem statickým. Celkový stav systému se v průběhu času mění, je tedy funkcí času. [3]

2.11.1.8 Analytický model

Pro tento případ je poměrně typické, že se snažíme určitý systém, který existuje v realitě, napasovat na určitý řešitelný model. Toto přiřazení není vždy jednoduché a občasně je třeba vycházet ze zjednodušených předpokladů, aby byl celkově model řešitelný. Výsledky, které tento model nabízí, jsou většinou ve formě matematických vztahů, ve kterých jako proměnné vystupují kritéria modelu. Těmito matematickými vztahy chápeme diferenciální rovnice. [5]

2.11.1.9 Matematický model

Tento model zobrazuje pouze podstatné informace a je tvořen pomocí matematických objektů, jako je například průběh funkce, soustava rovnic nebo nerovnice. [2]

2.11.1.10 Simulační model

Posledním a zároveň jeden z nejpodstatnějších z pohledu simulací je simulační model. Jelikož je tento model velmi komplexní, bude mu věnováno několik následujících kapitol, kde bude vysvětlen ve větší úrovni detailu.

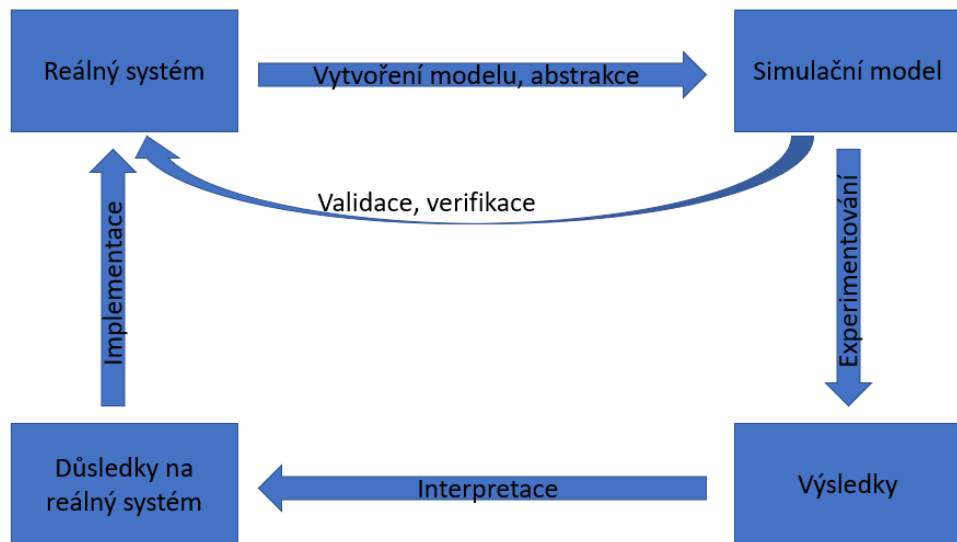
2.11.2 Modelování

Modelování by se dalo popsat jako zjednodušené zobrazení uvažovaného nebo reálného systému za využití dalšího systému. Jelikož se jedná o zjednodušené zobrazení, dochází při aplikaci náhradního systému oproti skutečnému či uvažovanému systému k rámcovým změnám. Maximální velikost změn závisí na konkrétním případě užití. Obecně platí, že se liší model systému od skutečného či uvažovaného systému v rámci předem určených mezí. [3]

2.12 Počítačová simulace

2.12.1 Co je počítačová simulace, simulační model

V kapitole 2.11.1 bylo hovořeno o modelech spíše v obecném pojetí. Tato kapitola bude pojednávat o simulacích nebo modelech v počítačovém prostředí. Při sestavování simulačního modelu se snažíme dosáhnout výsledku, který bude do značné míry korespondovat ve svých vlastnostech se systémem reálným či plánovaným, tedy tím, který chceme zkoumat. Ve chvíli, kdy vytváříme simulační model, provádíme simulaci. Jinými slovy simulace je aktem simulování určitého systému. Počítačová simulace může mít mnoho podob. Asi nejjednodušším případem, který si lze představit je počítačová hra FIFA, která simuluje prostředí fotbalového světa. Pořád ale zůstává platit pravidlo, že simulace či model je pouze věrným zobrazením reálného či plánovaného systému. [7]



Obrázek 17: Základní princip simulace [28]

2.12.2 Proč bychom měli využívat simulace

Aplikace této metody je velmi široká, dá se využít téměř v každé oblasti. Od strojírenství pro sledování stability procesu výroby po simulaci systému přijímání pacientů v rušné nemocnici, nebo již zmíněné počítačové hry.

- Zachycení celého systému

Asi největší výhodou simulací je fakt, že jsme pomocí simulace schopni zachytit celý systém, včetně jeho komplexních vnitřních vazeb.

- Detailnost

Další neméně významnou předností simulací je detail, do jakého jsme schopni daný problém rozpracovat. Pro případ, kdy je to žádoucí, jsme schopni vytvořit zcela komplexní simulaci, která je téměř věrné dvojče daného reálného systému. Naopak, když je třeba získat o daném systému pouze základní vhled, je možné simulovat pouze do té podrobnosti, aby simulace nebyla příliš složitá a nákladná.

- Predikce

Důležitým aspektem simulování je možnost předvídání budoucího stavu systému. Tato predikce může být dosažena za pomoci sledování průběhu chování simulací různých scénářů v průběhu času. Mohli bychom uvést příklad zavádění nové výrobní linky, kdy pomocí simulace je vytvořen obraz výrobní haly, kde zavedeme novou výrobní linku. Pomocí sledování průběhu simulace můžeme zjistit, jaký bude mít nová linka dopad během svého působení na celkový systém, například v rámci prvních pěti měsíců zavádění, kdy je klíčové počítat s náběhem výroby.

- Práce se systémem, který je pouze teoretický
S předchozím příkladem souvisí i tato přednost simulace, tedy, že jsme schopni vytvářet simulace pro systémy, které není v reálném světě ještě možné pozorovat. V našem případě sledujeme průběh výroby na nové lince, která je například teprve na papíře.

- Zjednodušení sledování parametrů
Nesporné zjednodušení přináší simulace i v případě, kdy potřebujeme pozorovat například produktivitu procesu výroby na daném pracovišti. Kdybychom toto sledování měli provádět klasickým sledováním procesu pomocí časosběrného sledování či měření pomocí stopek, bude tento proces velmi zdlouhavý, náročný a do značné míry i nepřesný kvůli velké míře faktoru lidské chyby. Pokud ovšem bude daná společnost disponovat možností vytvořit pro dané výrobní středisko simulační model a zde provést sledování, bude tento proces značně zjednodušen a urychlen. [7]

- Ověřování výsledků jiných metod měření
Simulaci lze například užít jako nástroj, který ověří výsledky šetření pomocí jiných metod, nebo určí přesnost odhadů v plánu. Zároveň pomocí simulace můžeme ověřovat stochastické vlivy na daný systém. Tím může být například sledování poruchovosti dané výrobní jednotky v případě, kdy se zvýší výrobní dávky.

- Zrychlené sledování dlouhých úseků
Významnou výhodou simulace je fakt, že jsme schopni provést sledování jednoho roku výroby na určitém pracovišti pomocí zrychleného sledování během několika sekund či minut. Tento přínos simulace je zaopatřen pomocí možnosti zrychlování či zpomalování času simulace.

- Podklad pro rozhodování
Z obecného hlediska slouží dobře připravená simulace jako důležitý podklad pro rozhodovací procesy. To především proto, že jsme schopni pomocí simulace určit předem například investiční náklady inovací a změn. Simulace nám v důsledku tedy dávají větší přehled o skutečném fungování systémových procesů, vazbách mezi prvky procesu a jejich vlivu na výkonnost systému nebo slouží k určování úzkých míst v systému. Právě určování úzkých míst v systému je hojně využíváno například ve strojírenské výrobě nebo v oblasti logistiky.

- „What if“ predikce
Dalším přínosem simulací je možnost odpovídání na kýženu otázku „Co se stane když.“ Tedy například můžeme simulovat situaci, kdy dojde ke zvýšení výroby o několik procent a sledujeme, zda všechny logistické cesty stíhají zásobovat výrobní oblast. [3]

- Další výhody

Mezi poslední důvody, které by bylo dobré zmínit, patří například, že samotná simulace je v podstatě sled událostí, které jsou chronologicky vykonávány v určeném pořadí jako nekonečná smyčka událostí. Z toho vyplývá, že jsme schopni pomocí jedné vytvořené simulace pozorovat například proces po dobu jednoho měsíce. Pokud ale bude potřeba provést změny, jsme schopni pomocí pár operací prodloužit dobu sledování na jeden rok. Zároveň jestliže je simulační model dobře udělán, můžeme dokonce i měnit parametry, které chceme sledovat. To znamená, že pokud jsme před určitou dobou vytvořili model pro sledování produktivity výrobní linky, můžeme ten samý model nyní užít znovu, pokud potřebujeme například simulovat zmetkovitost stejného procesu. [8]

2.12.3 Omezení simulace

- Přílišná důvěra v simulace

Jeden z častých případů, kdy dochází ke střetu s realitou, je, když začneme na simulaci spoléhat jako na jedinou věc, která má pravdu, nebo na věc, která vyřeší v podniku všechny problémy. S takovýmto přístupem není dobré k simulacím přistupovat. Simulace nemusí být vždy to správné řešení a nemusí vždy ukázat kýžené výsledky.

- Nedostatečné podklady pro tvorbu simulačního projektu

S problémy se tvorbou simulačního modelu bude potýkat téměř vždy, když nebude mít zhotovitel dostatečně širokou základnu s daty. Například pokud by si společnost najala externí firmu pro vytvoření simulace pro určité pracoviště, ale neposkytla ji všechny důležitá data. V tomto případě sice vznikne simulace, která bude ukazovat výsledky, ale zjištěné výsledky budou značně zkreslené a budou jen z malé části odpovídat realitě. V takovéto situaci je dobré od simulace upustit a zkusit najít jiné řešení, nebo by se mohlo stát, že na konci dojdeme ke zcela zkresleným výsledkům.

- Nahlížení na výsledky jako na holá fakta

Vždy je dobré k výsledkům simulace přistupovat obezřetně. Není možné vzít výsledky jedné simulace a ihned je považovat za fakta. Vždy je třeba výsledky porovnat s další metodou či odhadem. Právě nedůsledné spoléhání na výsledky může ve výsledku vést k větším problémům než užitku.

- Využívání simulace v případě, kdy není třeba

Před tvorbou samotné simulace je dobré si určit, zda je právě simulace tím vhodným nástrojem pro řešení problému. V podnicích se stává, že jsou tvořeny simulace pro řešení problému, i když by pro dané řešení stačila jednodušší analytická řešení.

Se samotnou tvorbou simulace se zároveň pojí poměrně značná náročnost na čas a náklady. Pokud podnik nemá k dispozici simulační software a odborníky, kteří v těchto softwarech umí pracovat, znamená to poměrně velké investice. Tyto investice se nemusí vždy vyplatit. Pokud ovšem podnik plánuje využívat potenciál simulací i do budoucna, pak jejich pořízení a zaškolení pracovníků výhodné bude. V případě, kdy podnik plánuje udělat jeden simulační projekt pro ověření určité situace, vhodnější se jeví si buďto simulaci nechat udělat externě, nebo zkusit najít jiný způsob řešení.

- **Nezpracování výsledků simulace**

Po vytvoření určité simulace je vždy potřeba, aby byly výsledky zpracovány. To znamená, aby odborník v dané oblasti vybral ta data, která jsou důležitá, a přepracoval je do pochopitelné formy pro vedení společnosti a zároveň celý simulační model okomentoval. Tyto výsledky simulací totiž často slouží jako podklady pro rozhodování například o investicích. Pokud bychom toto závěrečné zpracování výsledků simulací neprovedli, mohlo by dojít ke značné netransparentnosti modelu. Pokud by například daný zhotovitel opustil firmu, již nikdo další nebude schopen určitý model rozklíčovat, aniž by nad tím strávil několik desítek hodin.

- **Počet zhotovitelů modelu**

Dalším potenciálním úskalím simulací by mohl být přístup lidí, kteří simulace vytváří. Pokud bychom například nechali zpracovat jeden systém třemi různými pracovníky zvlášť, dostaneme tři různé modely. Každý má vlastní způsob zpracování a nemůžeme obecně říct, že pouze jediné řešení je správné.

- **Nekompetentnost zhotovitele modelu**

Poslední nevýhodou, která zde již byla okrajově zmíněna, je náročnost simulací na speciální znalosti a zkušenosti. Tedy pokud bude simulaci provádět člověk, který není odborníkem v dané oblasti, a ještě neumí profesionálně pracovat se softwarem pro tvorbu simulací, výsledkem bude nepřesná simulace, která nemá v podstatě žádný přínos. [3]

2.12.4 V jakých případech je vhodné simulaci využít?

Škála odvětví, kde se dají simulace hodnotně využít je obširná, stejně tak je i velmi široké spektrum, jakým způsobem se dá simulační model v daných odvětvích aplikovat.

- **Ověření výsledků**

Jedním z významných způsobů, jakým lze aplikovat simulace je k ověření výsledků jiných metod. Nejčastěji pro ověření správnosti metod analytických.

- **Vyjednávání se zákazníky**
Jestliže dokáže podnik pracovat se simulacemi na vysoké úrovni, může této výhody využít při jednání se zákazníky. Pokud bude moci zákazník vidět celý proces pomocí dobře připravené simulace, může se tento fakt stát jedním z faktorů, který určí, zda se zákazník rozhodne spolupracovat právě s danou firmou. Takto připravené podklady totiž mohou zákazníkům dodat jistotu, že daný podnik dokáže své procesy profesionálně řídit, a tedy je schopen dostat zákaznickových kvalitativních požadavků a je schopen dodržet termíny zakázky.

- **Vzdělávání zaměstnanců**
Dalším z využití by mohlo být uplatnění pro trénink nových a vzdělávání stávajících zaměstnanců. Pomocí vytvoření digitální kopie je možné provádět nové zaměstnance podnikem bez potřeby si skutečně celý výrobní podnik projít.

- **Propojení s virtuální realitou**
Podnik může například zaujmout svého potenciálního zákazníka nabídkou, že má možnost si své nové auto projít od střechy až po podlahu ve virtuální realitě.

- **Složité přístupy k danému pracovišti**
Nesporně vhodné využití skýtá simulace v případě potřeby ověřit experimentálně určitou situaci tam, kde je velmi obtížné až nemožné měření provést ve skutečnosti. Do tohoto využití můžeme například uvést testování špatně dostupných pracovišť nebo dokonce testování pracoviště na dálku. Tedy například podnik, který má výrobní závody ve dvou zemích. Podnik z jednoho svého místa může testovat výrobní závod jak v místě A tak v místě B bez potřeby reálné cesty tam a zpět.

- **Systém je příliš komplexní**
Poslední případ, který by bylo vhodné uvést je ten, kdy určitý podnik má potřebu zkoumat určitý systém, který je příliš komplexní. Analytické metody, či jiné metody se v těchto případech jeví jako nepoužitelné, a tedy se otevírá možnost pro vytvoření simulace. [3]

2.12.5 V jakých případech není vhodné simulaci využít?

- **Podnik nedisponuje dostatečně kvalitním know-how ohledně simulací**
Jak již bylo zmíněno v předešlých částech, simulaci není nikdy vhodné využít, pokud k ní nemám dostatečné prostředky, nebo odborníky, kteří by ji vytvořili.

- Pokud jsme schopni bez obtíží experimentovat na reálném systému
Další případ, kdy není vhodné simulaci využít je situace, kdy jsme schopni provést jednoduchý experiment na reálném systému. Tuto možnost ale nemá každý podnik. Jsou například situace, kdy výrobní úsek je nastavený na nepřetržitý provoz, a tak není prostor na experimentování.

- Náklady simulace převyšují její potenciál
Bezesporu nevhodné užití simulace nastává v případech, kdy náklady na její vytvoření převyšují úsporu nákladů plynoucí ze simulace. To ovšem není vždy jednoduché odhadnout. Velmi nerozumné se jeví očekávat od simulace, že vyřeší veškeré problémy, které v podniku nastanou. [3]

2.12.6 Budování simulačního projektu

Vytváření modelu určitého systému je velmi náročná a komplexní aktivita, která vyžaduje znalost problematiky daného systému, dokonalou znalost práce v daném simulačním softwaru a v neposlední řadě uměleckého ducha a notnou dávku představivosti.

V prvním kroku je třeba provést analýzu problému a sběr informací o daném problému. Tento první krok je velmi důležitý, neboť podmiňuje úspěch celého simulování. Výsledkem prvního kroku jsou jasně určené vstupní parametry, míra detailu, do jakého je potřeba daný systém napodobit, vztahy mezi proměnnými a parametry daného systému nebo pravidla pro provádění operací uvnitř systému. Zmíněné informace jsou zpracovány do logických vývojových diagramů, hierarchických stromů nebo dalších přehledných výstupů. V tomto kroku nastává analýza problému a načrtávání prvních způsobů řešení.

V druhém kroku přistupujeme ke sbírání dat. Data jsou potřebná k nastavení vstupních parametrů simulačního modelu. Kvalitní a vhodná data jsou základem pro úspěšnou simulaci. Pokud nastane situace, kdy některá data chybějí, dá se nastavit určité rozmezí chybějících dat a doplnit je. Jestliže se ale bude jednat o značnou část dat, znamená to chybu již téměř na počátku celého procesu, a tedy i nepřesnost výsledků celé simulace.

Dalším krokem je konstruování prvních modelů. Tento krok je do značné části ovlivněn charakterem osoby, která daný model konstruuje. Z malé části je tvoření modelu ovlivněno i prostředím, ve kterém je model tvořen. To znamená, že nejen výsledek ale například i vzhled výstupu bude odlišný, pokud budeme užívat jiný simulační software.

Výsledek se bude vždy lišit minimálně, ale vzhled modelu nebo výsledný report bude od sebe diferencován do značné části, pokud například využijeme Plant Simulation, Arena, FlexSim atd.

Ve čtvrtém kroku provádíme ověření modelu. V této fázi probíhá kontrola, zda je model správně zkonstruován. Ověřuje se, zda model odpovídá požadavkům a specifikacím, které byly v předchozích etapách definovány.

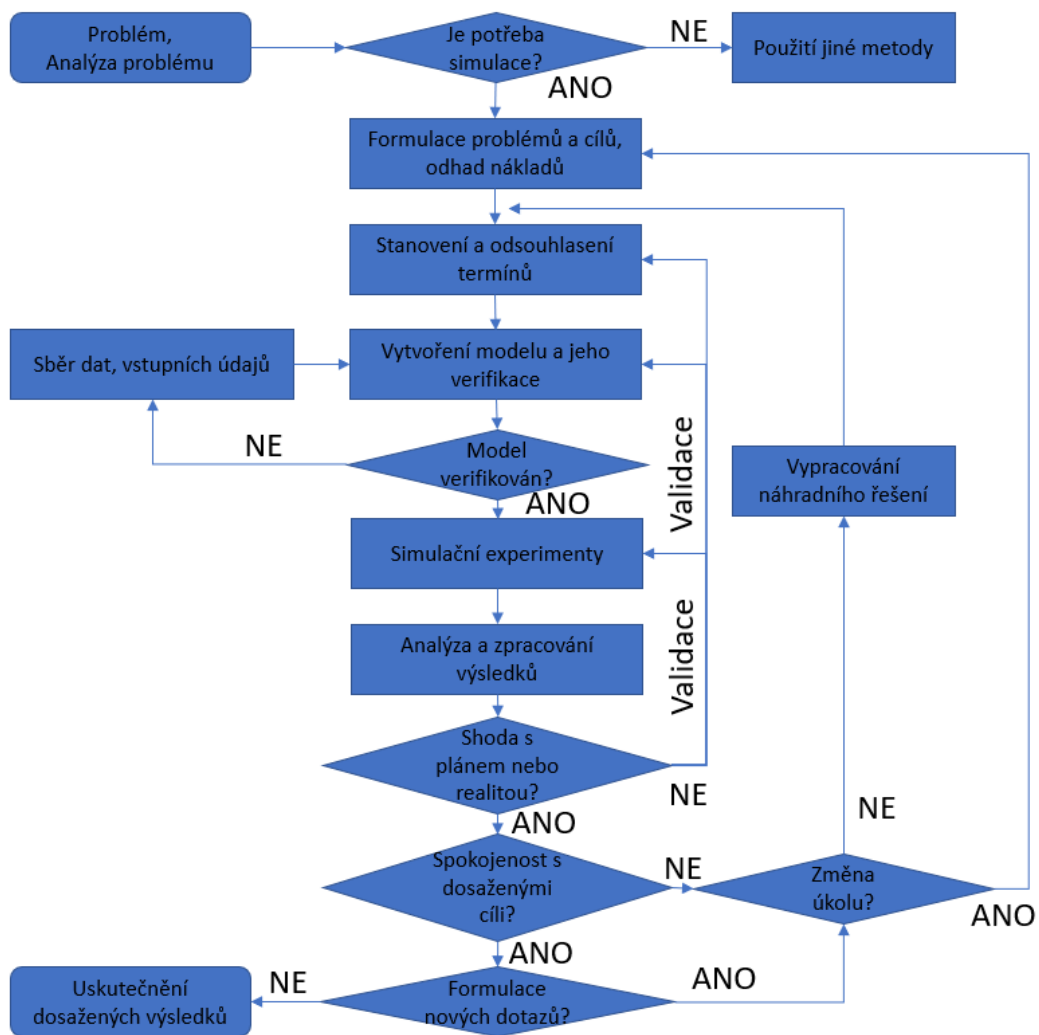
Následujícím krokem je validace modelu. Během tohoto bodu se zkoumá, zda model například reaguje na vstupní data takovým způsobem, jakým bychom očekávali, nebo se tyto reakce porovnávají s reakcí reálného systému, jestliže je k dispozici. V praxi bývá poměrně časté, že kroky tři, čtyři a pět se několikrát opakují, dokud se model nevyładí.

Šestou částí realizace projektu je plánování a provádění simulačních experimentů. Tedy ihned, jak je model verifikován, zhotovitel modelu přistupuje k simulačním běhům modelu. Analyzátor musí vybrat několik různých scénářů, aby byly výsledky testů dostatečné k ověření, zda se dá takto udělaný model využít pro vyřešení zadaného úkolu. Aby bylo pomocí těchto experimentů dosaženo důvěryhodných dat, provádí se pro každý scénář několik běhů, aby se vyloučila nepřesnost měření.

V předposlední části je vyhotovena výstupní analýza. V této fázi jsou podrobeny výkonnostní měření z předešlé části logické a statistické analýze. V podstatě jedním z hlavních úkolů této fáze je určit, který ze scénářů se nejvíce přibližuje optimální hodnotě. Z výsledku statistického šetření je vybrána nejlepší varianta jako varianta konečná.

Posledním krokem jsou závěrečná doporučení. Toto už je samotný závěr ze strany zhotovitele modelu. Na základě všech předešlých kroků vytvoří report, kde doporučuje, jaká jsou nejlepší možná opatření k vyřešení problému. Report je následně předán managementu, který na základě tohoto hlášení vydává rozhodnutí, jakým způsobem se bude podnik k řešení daného problému stavět.[8]

Na následujícím schématu je možné vidět kompletní postup tvorby simulačního projektu dle Asociace německých inženýrů.



Obrázek 18: Kompletní postup tvorby simulačních projektů [29]

2.12.6.1 Vliv počátečních podmínek

Počáteční stav simulace může do značné míry ovlivnit celkové výsledky simulace, je tedy žádoucí s tímto vlivem dopředu počítat. Negativní efekt by mohl nastat například v případě, že pro vytvořený model, kde jsou plněny požadavky ve frontě, bude v čase simulace nula počet požadavků ve frontě taktéž nula. Zmíněný případ ale není vždy pravdou, pokud stav neodpovídá realitě, může tento nízký stav požadavků ve frontě na začátku simulace výrazně ovlivnit výsledná čísla simulace.

Poměrně časté řešení redukce těchto počátečních vlivů je prováděno pomocí nastavení časového okamžiku, kdy simulace začíná brát výsledky v potaz. Tedy pokud bychom potřebovali vytvořit deseti hodinovou simulace určitého procesu, je žádoucí nastavit čas simulace například na jedenáct hodin a nastavit počátek snímání výsledků po uplynutí první hodiny simulace.

Předešlý uvedený příklad je jen velmi zjednodušeným návodem, jak se vyvarovat ovlivnění výsledků počátečními podmínkami. V praxi je poměrně náročné určit, kdy se systém dostane do rovnovážného stavu, tedy okamžik, kdy je již výsledky vhodné brát v potaz. Existují různá doporučení, jak se přiblížit co nejvíce přesným výsledkům simulace, ale vždy určitou roli hraje intuice a zkušenost daného člověka, který model sestavuje.

2.12.6.2 Replikační metoda

Jedná se tedy o metodu, kde provádíme experiment opakovaně v dostatečném počtu, abychom mohli prohlásit, že daná pozorování jsou nezávislá. Tato metoda je značně náročná na dobu počítačového zpracování. Tento fakt je zapříčiněn především tím, že pro každý jednotlivý běh prodlužujeme dobu simulace o několik procent, abychom se vyhnuli nepřesnostem výsledků. Simulace jsou tedy prováděny nejen několikrát za sebou, ale i každá ze simulací je časově delší než potřebná doba sledování. Efekt prodlužování simulace je tudíž násoben počtem prováděných sledování.

2.12.6.3 Metoda skupinových průměrů

Tato metoda se liší od replikační metody tím, že místo několika různých pozorování je provedeno pouze jedno pozorování, ale delší, než je požadováno a určitá část z počátku sledování je brána jako nerelevantní. Pro představu uvedeme následující příklad. V okamžiku, kdy je potřeba sledovat určitý proces pomocí simulace deset hodin, tato simulace by proces sledovala patnáct hodin. V dalším kroku se pak daná simulace rozdělí na ekvivalentně dlouhé úseky a pomocí těchto úseků jsou pak následně generovány výsledky. Výhodou oproti metodě replikační je nižší časová náročnost na zpracování simulace.

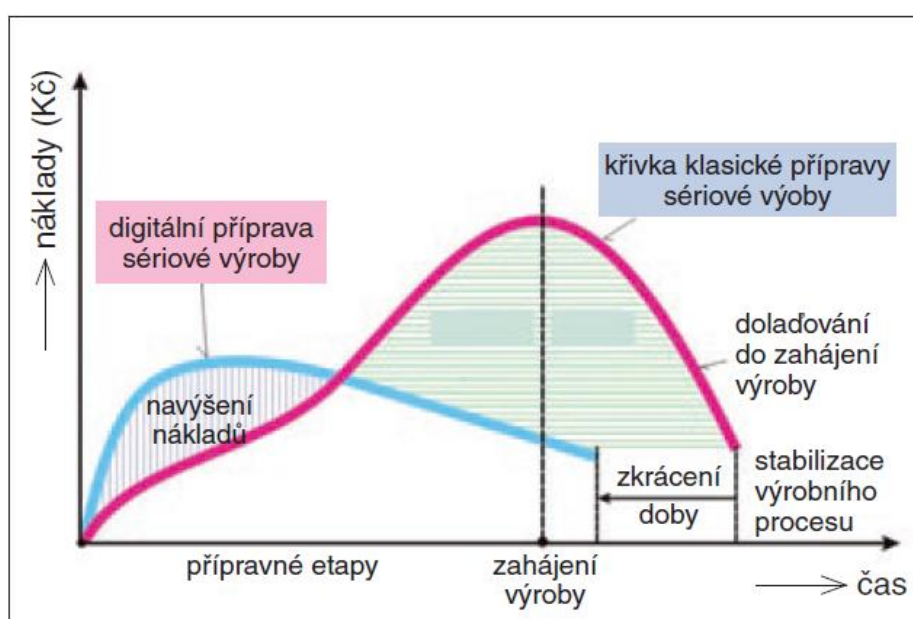
2.12.6.4 Regenerativní metoda

Tato metoda je poměrně blízká svou podobností metodě skupinových průměrů. Je provedeno opět pouze jedno delší pozorování s odstraněním počátečních výsledků. Odlišnost těchto dvou metod nastává v okamžiku dělení na jednotlivé úseky simulace. V této metodě je simulace porcována na úseky vždy v okamžiku, kdy se systém dostane do tzv. regenerativního stavu. Pokud bychom měli tento regenerativní stav popsat na příkladě, asi nejjednodušším případem je prázdná fronta požadavků ve vstupu do systému.

Tento případ je velmi jednoduchý, ale právě v nalézání regenerativních okamžiků systému se skýtá značná složitost, pokud pracujeme s komplexními systémy. Metoda má i další nevýhodu. V případě, kdy dopředu známe čas simulace, neznáme počet regenerativních stavů, a tedy nevíme dopředu, zda počet úseků, které budou vytvořeny, budou dostatečné pro přesnost výsledků. [10]

2.12.7 Přínosy, nákladová stránka simulací a potenciální risk

Řešení problému pomocí simulace, když je provedeno odborně, může být velmi efektivní a problém skutečně může vyřešit. Nikdy však toto řešení není zadarmo. Se samotným prováděním simulace se pojí poměrně značná výše nákladů, které je třeba mít na paměti. Největší částí se na nákladech pro provádění simulace podílí personální náklady. Tato část může tvořit až 80 % celkových nákladů, a to v případě, že určitý podnik již vlastní software a výpočetní techniku, se kterou jsou schopni simulace provádět. V těchto personálních nákladech si můžeme především představit mzdu pracovníků, kteří se podílí na tvorbě daného modelu. Další značnou položkou je pořízení veškerého hardwarového a softwarového vybavení. Právě koupení softwarů a udržování licencí je jedním z důvodů, proč malé podniky nejsou povětšinou schopny samy simulaci realizovat. Částky, do kterých se cena licencí dostává, bývají pro malé podniky příliš vysoké. Jednou z dalších složek nákladové stránky je údržba a provoz daných zařízení, na kterých je simulace prováděna, tato suma nicméně tvoří pouze minoritní podíl na celkových nákladech. V následujícím schématu je možné vidět jeden z důležitých faktorů nákladů spojených se simulacemi. Tímto faktorem je přesun okamžiku vzniku nákladů ilustrovaném na zavádění nové výroby.



Obrázek 19: Přemístění nákladů při využití digitalizace [30]

Nyní již známe nákladovou stránku simulací a bylo by vhodné si říct, jaký užitek obecně simulace mají. Jak již vyplývá z předcházejícího schématu, tak nesporným přínosem je například zkrácení cyklu vývoje a zahájení výroby určitého výrobku.

Mezi obecně platné přínosy, které přináší správně provedená simulace, bychom mohli zařadit například zvýšení produkce určitého výrobního zařízení či výrobního střediska, lepší řízení zásob, a tedy snížení celkové potřeby zásob. Další přínos, který je neméně důležitý, je zvýšení kvality přípravy projektů. Pod tímto si můžeme představit situaci, kdy výrobní podnik bude chtít během dalšího roku zavádět novou výrobní linku a využije pro to simulaci. Tento výrobní podnik bude tedy dobře vědět, kolik bude daná linka schopna vyrábět výrobků, kolik ji bude třeba obsluhovat operátorů a tak dále. Poměrně k zajímavému číslu došel Fraunhoferův institut, který určil obecně platný poměr mezi přínosy a náklady určité simulace jako 6:1. Obecné přínosy je možné vidět v následující tabulce. [3] [8]

Přínosy	Rozsah [%]
Rychlejší náběh výroby	Až o 15
Zkrácení projektových dob	Až o 20
Snížení počtu strojů, nástrojů, pomocného materiálu	Až o 40
Úspora ploch díky optimalizaci layoutů	Až o 25
Úspora nákladů – efektivnější využití zdrojů	Až o 30
Úspora nákladů – optimalizace materiálových toků	Až o 35
Úspora investic do nových zařízení	Až o 20
Celková úspora nákladů	Až o 13
Celková vyšší produktivita	Až o 10
Zvýšení účinnosti komunikace a spolupráce	Až o 35
Zlepšení kvality výroby	Až o 15

Tabulka 2: Přínosy simulací [30]

2.12.8 Další důležité pojmy spojené se simulacemi

2.12.8.1 Událost

Význam tohoto pojmu ve spojení se simulacemi se příliš neliší od běžné definice tohoto pojmu. V obecné rovině bychom mohli definovat tento pojem jako určitý děj ohraničený časem. Ve spojení se simulacemi tento význam musíme trochu pozměnit. Dle Martina Dlouhého je událost vyvolání změny stavu systému. Pokud bychom měli uvést příklad, tak jednou z událostí by mohlo být dokončení operace určitého stroje.

2.12.8.2 Entita

Entitou nebo také prvkem nazýváme každý objekt systému, který si zasluhuje explicitní reprezentaci v modelu. Jednoduchým příkladem entity může být například zákazník, stroj nebo třeba paleta.

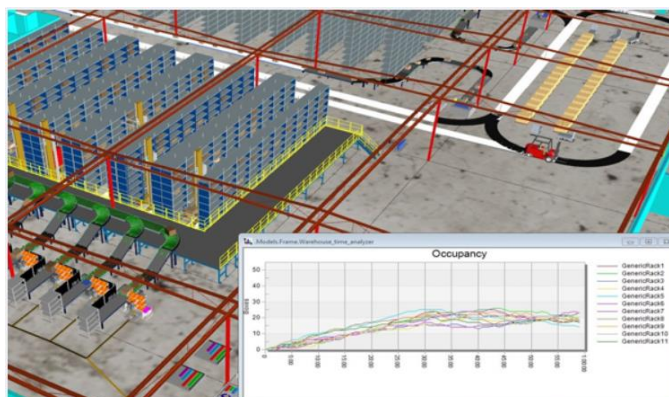
2.12.9 Atribut

Tento pojem je velmi úzce spjatý s entitou. Význam atributu bychom mohli jednoduše vyjádřit jako určitou vlastnost dané entity. Pokud bychom vzali stroj jako entitu, tak atributem pro tento případ bude například výrobní čas nebo kapacita daného stroje. [10]

2.13 Tecnomatix Plant Simulation

Tento software slouží jako nástroj pro tvorbu konfigurací layoutů, tvorbu a simulací výrobních procesů a mnoho dalšího. Velkou výhodou Plant Simulation (dále PS) je elektronický katalog, ze kterého je možné stahovat hotové modely a komponenty. Další předností PS je kompatibilita s různými CAD systémy. Mezi další přínosy tohoto softwaru je možnost modelování jak ve 2D, tak ve 3D, možnost jednoduchého programování pro složitější modely, základní rozhraní pro robotiku a také konektivita k PLC. [25]

Mezi základní výstupy z tohoto softwaru patří řešení optimalizace výkonů výrobních linek, příprava budoucího stavu výrobních hal, provádění experimentů na konkrétních výrobních linkách bez potřeby zasahovat do nich nebo analýza nejrůznějších prvků procesu. Asi nejčastější využití PS nabízí v analýze výkonu a úzkých míst výrobních pracovišť. PS také nabízí možnost řízení logistických procesů. V tomto ohledu je možné zkoumat materiálové toky, využívání zdrojů a plánování logistiky na všech úrovních plánování. [26]



Obrázek 20: Ilustrační obrázek 3D tvorby v prostředí Plant Simulation [38]

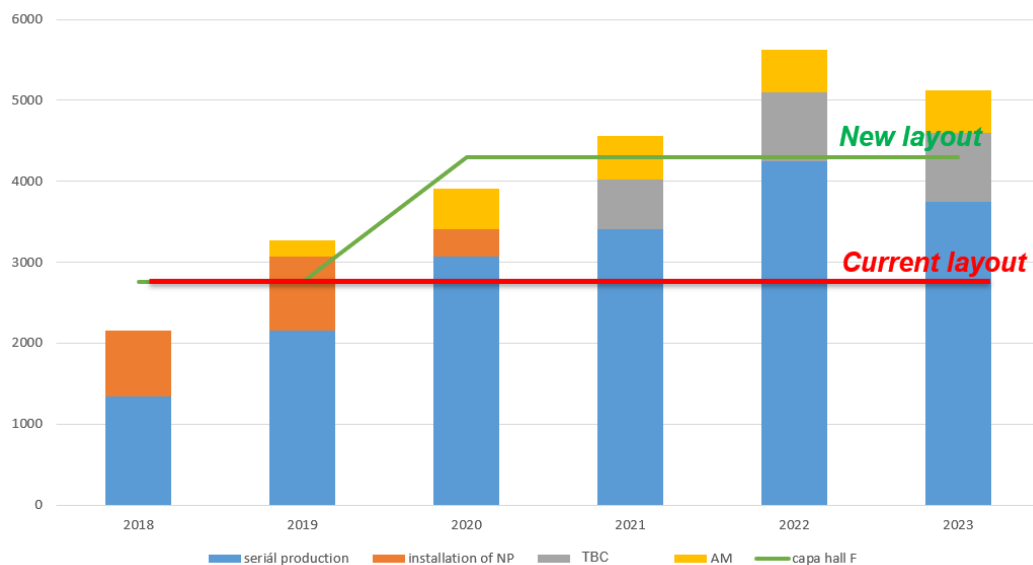
3 Praktická část

Praktická část závěrečné práce řeší reálný problém průmyslového podniku AL. Z důvodu narůstajících objemů vyhraných projektů ve výběrových řízeních, a tedy narůstajících objemů výroby, prošla výrobní hala F proměnou za účelem získání většího prostoru pro výrobní účely. Ve spolupráci s oddělením vedení výroby a oddělení logistiky vznikla myšlenka na vytvoření simulačního modelu, který ověří nové rozložení výrobní haly na vybraném výrobním úseku, a ověří, jak je logistický systém schopný zvládnout situaci, kdy by došlo k maximálnímu možnému vytížení. Cílem modelu je tedy ukázat stav zatížení logistického systému při zmíněném stress testu a zároveň přinést návrhy, které by potenciálnímu přetížení logistického systému ve vybraném výrobním úseku zamezily.

Při tvorbě praktické části jsem vycházel ze schématu tvorby simulačního projektu, které je možné vidět v teoretické části. Praktická část začíná představením situace ve výrobní hale a tím, proč bylo nutné provést změnu rozložení haly. V následném kroku je představen logistický koncept haly F, automatického skladu a logistický systém vybraného výrobního úseku. V dalších krocích je již popsána samotná příprava modelu a jeho tvorba. Po vytvoření modelu jsou představeny výstupy, tedy jaký je stav logistického systému při maximálním výrobním zatížení. Závěrem této části je představení návrhů, které napomáhají k řešení přetížení logistického systému, přičemž některé z návrhů jsou na základě komunikace těchto podkladů s vedením výroby již na počátku realizační fáze.

3.1 Situace ve výrobní hale F v roce 2019

V roce 2019 bylo zjištěno, že díky nově plánovaným projektům na následující roky, nebude výrobní kapacita výrobní haly F stíhat plnit výši vyráběného množství dílů kvůli nedostatečné ploše určené pro výrobní oblast. V tomto okamžiku vznikl plán proměny layoutu výrobní haly F. Fenomén nedostatečné plochy pro výrobní oblast je možné spatřit na následujícím schématu.



Obrázek 21: Schéma zvyšující se potřeby výrobní plochy pro produkci modulů v m², zdroj: Automotive Lighting

Na následujícím schématu je možné vidět původní layout haly v roce 2019.



Obrázek 22: Layout výrobní haly F z roku 2019, zdroj: Automotive Lighting

Na layoutu výrobní haly F z roku 2019 jsou oblasti rozděleny do čtyř barev. Sektor zeleného odstínu je oblast výroby, části žluté barvy prezentují logistický areál, nevybarvená, tedy bílá, je nevýrobní oblast a poslední oranžová část představuje oblast vzorkové výroby. V následující tabulce jsou zachyceny rozlohy jednotlivých oblastí.

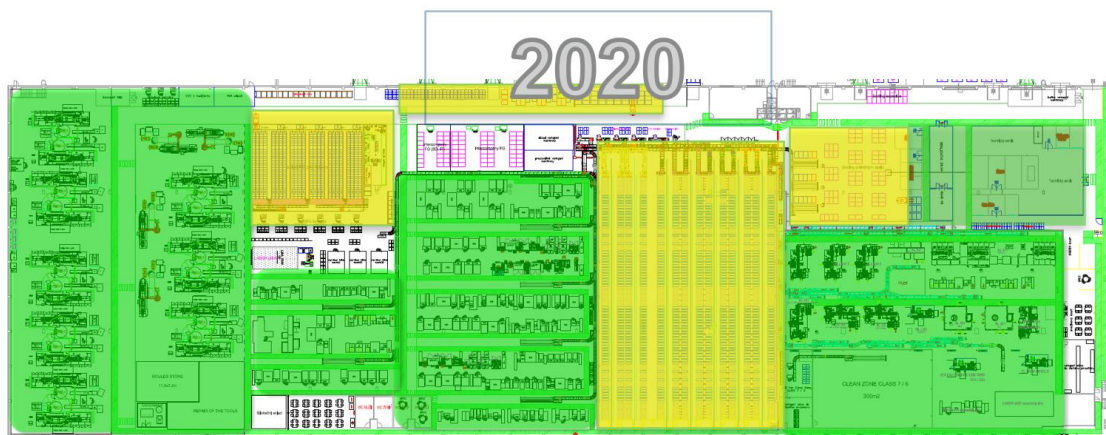
Výrobní oblast (zelená)	3 961 m ²
Logistická oblast (žlutá)	4 563 m ²
Oblast vzorkové výroby (oranžová)	1 142 m ²
Nevýrobní oblast (bílá)	2 444 m ²

Tabulka 3: Rozlohy jednotlivých oblastí výrobní haly F na počátku roku 2019, Zdroj: Automotive Lighting

Z uvedených údajů vyplývá, že logistická oblast tvoří 37,7 % z celkové počítané plochy a výrobní oblast zabírá pouze 32 % z celkové počítané plochy. Jedním z problémů, na který se bylo třeba zaměřit, byla transformace logistické a nevýrobní oblasti do oblasti výrobní.

3.2 Zjednodušené schéma výrobní haly na konci roku 2019/ v roce 2020

Na následujícím zjednodušeném schématu je možné vidět, jak vypadá nový stav rozložení výrobní haly F.



Obrázek 23: Layout výrobní haly F z roku 2020, zdroj: Automotive Lighting

V novém layoutu haly došlo k poměrně rapidním změnám. Asi nejznatelnější změnou, které si lze na první pohled povšimnout, je odstranění oblasti vzorkové výroby, která byla přesunuta do jiné výrobní haly. Další významnou změnou byla transformace části logistické oblasti do oblasti výrobní. Číselně jsou změny zachyceny v následující tabulce.

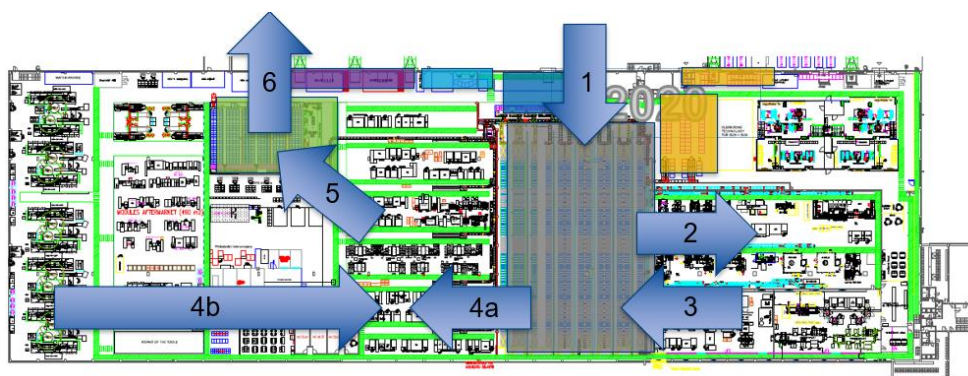
Výrobní oblast (zelená)	6 968 m ²
Logistická oblast (žlutá)	2 860 m ²
Nevýrobní oblast (bílá)	2 372 m ²

Tabulka 4: Rozlohy jednotlivých oblastí výrobní haly F na konci roku 2019, Zdroj: Automotive Lighting

V nově udělaném layoutu je majoritní částí výrobní oblast, která zabírá téměř 57 % celkové haly a logistická oblast v novém layoutu zabírá pouze 23 %. Z uvedených údajů vyplývá, že se podařilo naplnit původní plány transformace plochy výrobní haly v co možné největší využití plochy pro výrobní oblast. Důležité je ovšem říct, že část logistické oblasti byla přesunuta do jiné haly podniku AL.

3.3 Zjednodušené schéma logistického toku výrobní haly F

Na následujícím schématu je možné v jednoduchosti vidět znázornění logistického schématu výrobní haly F. Důležité je zmínit, že na schématu nejsou zobrazeny zpětné toky prázdných boxů. Všechny zpětné toky z výrobních oblastí směřují do oblasti třídění, kde dochází ke kategorizaci boxů. Vše začíná šipkou s číslem jedna, která reprezentuje vstup materiálu do automatického skladu. V kroku dva teče materiál do „čisté“ oblasti, kde probíhá výroba modulů, a v kroku tři se tyto hotové moduly vrací po dopravníku zpět do automatického skladu. Dalším krokem je vyskladnění potřebných dílů pro montáž z automatického skladu, tedy krok čtyři a, souběžně po dopravnících putují i vylisované součásti, což reprezentuje šipka čtyři b. Po smontování celého modulu nastává krok pět, kdy hotový výrobek putuje do oblasti odesílání zákazníkům. Poslední krok, tedy krok šest, už je samotné odeslání výrobků k zákazníkovi.



Obrázek 24: Zjednodušené schéma logistického toku, zdroj: Automotive Lighting

3.4 Automatický sklad drobných dílců

Z hlediska logistiky asi nejimpozantnější část výrobního závodu AL je právě automatický sklad dílů. Pro tento dlouhý název se používá zkratka AKL, což je akronym pro německá slova Automatische Kleinteilelager.



Obrázek 25: Pohled na automatický sklad drobných dílců, zdroj: Automotive Lighting

3.4.1 Technická data AKL

- Výstavba začala v roce 2013, kdy měl automatický sklad tři řady a pět set sedmdesát sedm metrů dlouhé dopravníky. V roce 2015 bylo nutné kapacitu skladu rozšířit, přibyly tedy další dvě stohovací řady a dalších dvacet metrů dopravníků. Konečné rozšíření proběhlo v roce 2019, kdy přibyly další dvě řady v automatickém skladu a cesta dopravníků ve výrobní hale byla prodloužena o pět set metrů.
- AKL je schopno plného provozu v rozmezí teplot od pěti stupňů celsia až do třiceti pěti stupňů celsia. Z hlediska vlhkosti je AKL schopno pracovat na plný výkon od 10 % až do 90 % vlhkosti vzduchu.
- V současné chvíli má AKL sto osmnáct tisíc devět set dvanáct různých pozic pro zakládání. Tyto pozice jsou rozloženy v sedmi ukládacích řadách o výšce osm metrů.
- Maximální možná rychlost vykládání a ukládání jedné řady činí sto padesát šest boxů za hodinu, při sedmi řadách se tedy dostáváme na tisíc devadesát dva boxů za hodinu.
- AKL má celkově dvacet čtyři různých výchozích pozic, přičemž válečkový dopravník disponuje maximální možnou kapacitou tisíc sto devadesát boxů za hodinu.
- Zpětný tok prázdných boxů je realizováno pomocí druhého patra dopravníků
- V automatickém skladu je kooperováno se sedmi různými druhy balicích boxů, které je AKL schopno rozeznat a správně uložit či vyskládat.
- Maximální rychlost zakladače v automatickém skladu dosahuje až pět metrů za sekundu.

V následující tabulce je možné vidět rozměry automatického skladu a dopravníků, které zajišťují přepravu boxů z AKL k pracovním stanicím.

AKL	
Délka	50,4 m
Šířka	31,2 m
Výška	8,0 m

Dopravník	
Délka	1 100 m
Šířka konstrukce	0,55 m
Šířka dopravníku	0,48 m
Výška nižšího dopravníku	0,6 m
Výška vyššího dopravníku	1,15 m

Tabulka 5: Rozměry AKL a dopravníků, zdroj: Automotive Lighting

3.4.2 Logistický proces AKL

Logistický proces automatického skladu je tvořen ze čtyř částí. Počátek procesu začíná ukládáním boxů. V následném kroku jsou uskladněné boxy odesílány na místo jejich potřeby, tedy druhý pilíř je zásobování výrobních linek. Třetí oblastí logistického procesu je odesílání boxů s hotovými díly na místo, odkud jsou pak rozváženy zákazníkům. Poslední oblastí je třídění prázdných obalů. Blíže jsou tyto čtyři oblasti představeny na následujících řádcích.

3.4.2.1 Ukládání boxů (Storing)

Ukládání boxů v AKL je propojeno s ERP (Enterprise resource planning-plánování podnikových zdrojů) systémem SAP. Automatický sklad má tři vstupní místa pro boxy a jedno výstupní místo pro NOK boxy. Na daných vstupních místech pracují lidé, kteří načítají etiketu plných či prázdných boxů. Systém načte data ohledně množství materiálu, šarže, typu balení, označení materiálu a dodavatele. Po načtení se krabice na válečkovém dopravníku sama rozjíždí, aby byla správně uložena. Na místo ukládání boxů přichází boxy z různých míst. Jedno z míst odkud boxy přijíždějí, je hala E, která slouží jako skladiště obalového materiálu. Další místo, odkud přichází boxy, je výrobní hala na Pávově. Poslední místem je výroba čoček na hale F, které jsou zabaleny a pomocí paletových vozíků převezeny na přijímací pracoviště.

3.4.2.2 Zásobování linek (Replenishment)

Asi nejdůležitější funkcí AKL je zásobování výrobních pracovišť kýženým materiálem. Toto zásobování je založeno na základě odesílání prázdných boxů z výroby. Krabice jsou pomocí čteček a čárových kódů automaticky přečteny. Na základě načtení daného čárového kódu AKL odešle následně plný box se stejným materiálem na dané pracoviště.

3.4.2.3 Odesílání hotových produktů (Shipment)

Boxy s finálními výrobky mají svůj vlastní čárový kód, a proto jedou přímo do expediční oblasti. Oblast je rozdělena na koncové zákazníky, jako je Pávov, k přebalu do zámoří, nebo do dalších závodů Marelli group.

3.4.2.4 Třídění (Sorting)

Prázdné obaly z výroby přichází po válečkovém dopravníku na sorting. V oblasti třídění dochází ke kategorizaci prázdných obalů. Obaly a boxy v dobrém stavu jsou pak dále využívány. Boxy, které byly v pořádku, jsou odeslány do AKL a boxy, které jsou zničené nebo již nepoužitelné, jsou, pokud je to možné recyklovány, v jiném případě vyhozeny.

3.5 Logika sériové výroby z hlediska logistiky

3.5.1 První krok

Zásobování linek zajišťuje AKL, který odesílá plné krabice s materiálem k daným pracovištím. AKL ovšem nemá nastavené dráhy tak, aby materiál doputoval přímo k danému pracovišti. Materiál v boxu doputuje na předem definované místo, které by se dalo označit jako výduch. Těchto výduchů je celkově dvacet čtyři a box s materiálem přijede vždy tam, kde je pak nejbližší dané výrobní lince. Ve chvíli, kdy box dorazí do výduchu, přichází na řadu navážec. Navážec pak dopraví pomocí přemísťovacího zařízení boxy k dané výrobní lince a výrobní stanici v případě, kdy v danou chvíli probíhá výroba daného projektu. Každá výrobní stanice obsahuje spádové regály, kam jsou boxy s materiálem vloženy pro výrobní účely. Pokud zrovna neprobíhá montáž daného materiálu, který je v příchozí krabici, navážec uskladňuje box do regálů v meziskladu ve výrobní oblasti. Zásoby v těchto regálech jsou udržovány v takové výši, aby dané zařízení bylo schopno pracovat dvacet minut, než dojde k nedostatku materiálu.

3.5.2 Druhý krok

Tento krok se zabývá doplňováním stavu zásob materiálu ve výrobní oblasti. Jinými slovy to znamená, že každá výrobní stanice má k dispozici několik boxů s určitým materiálem (buďto ve spádových regálech nebo v meziskladu v dané výrobní oblasti) a jakmile jeden box je vyprázdněn, je načten a odeslán, což je impuls pro AKL, aby vyslalo další box.

3.5.3 Třetí krok

V případě, že na dané lince dochází ke změně výroby na jiný projekt, dochází k obměně boxů ve spádových regálech. Tyto původní boxy jsou uskladněny do regálů v meziskladu v dané výrobní oblasti a nově potřebné boxy z těchto regálů jsou přendány do spádových regálů u dané výrobní linky.

3.6 Příprava modelu

Na začátku tvorby simulace byla za spolupráce s vedením výroby haly F a sektorem logistiky určena oblast, která se stala předmětem simulace. Objektem simulace byla určena oblast modulové výroby haly F. Hlavním smyslem tvorby simulace bylo vytvoření kopie výrobní oblasti a simulace materiálového toku. Díky vytvoření tohoto modelu je pak možné především zrevidovat současný stav oblasti z hlediska materiálového toku, nebo ověřování vytížení navážeců beden v případě, který může být kritický, tedy stav, kdy jsou nastaveny maximálně náročné podmínky, aby byl výrobní systém maximálně vytížen.

3.6.1 Konceptuální model

V této kapitole je v jednoduchosti představen konceptuální model, který jsem vytvořil pro pochopení celého fungování systému. Slouží jako první podklad pro tvorbu modelu a zároveň slouží pro ověření, zda vše odpovídá realitě. V příloze I je zobrazen pro ukázkou jednoduchý konceptuální model, který prezentuje logickou funkčnost druhého navážече. Tento konceptuální model je tvořen zprava doleva. Část označena písmenem A znázorňuje všechny možnosti tras navážече při zamýšlení každého boxu. Navážec, který je v příloze znázorněn, má tak díky vyjádření všech kombinatorických možností až patnáct tras, jak se bude mezi výrobními linkami pohybovat. V oblasti označené písmenem B je v prostřední části znázorněno, jak cesty zjednodušeně vypadají. V dolní levé části je pak tabulka, která udává, jak je který úsek dlouhý. Údaje jsou uváděny v metrech. Obdobným způsobem jsem vytvořil konceptuální modely pro všechny výrobní linky.

3.6.2 Sběr a analýza dat

Prvotním zdrojem se základními informacemi o rozložení výrobní haly se stal layout vytvořený dle reálných dat. Z tohoto layoutu tedy bylo možné získat údaje ohledně rozložení výrobních linek, délce dopravníků, které přiváží boxy z automatického skladu, a další. Layout výrobní haly bylo možné využívat díky softwaru AutoCAD, ke kterému mi byl udělen přístup, a zároveň mi byla poskytnuta podpora ze strany procesního designéra, který daný layout spravuje. Na následujícím obrázku je možné vidět ilustrativní měření rozměrů logistických tras navážeců v layoutu haly. Takovéto měření bylo nutné provést pro všechny výrobní linky a všechny navážedce, což vychází z konceptuálního modelu.



Obrázek 26: Ilustrativní měření rozměrů tras jednotlivých navážeců

Následně díky spolupráci s technickoekonomickým plánovačem projektů jsem získal přístup ke všem datům ohledně probíhajících i budoucích projektů v dané oblasti. Z těchto dat jsem byl schopen přiřadit projekty k výrobním linkám a získal jsem přehled o budoucím stavu haly.

Zásadním zdrojem informací bylo oddělení logistiky. Jelikož celá simulace byla brána z pohledu, který je důležitý pro logistiku, bylo nutné dříve získané poznatky upravovat dle zadaných požadavků od vedoucího logistické oblasti. Od oddělení logistiky mi byla poskytnuta data ohledně technických specifikací automatického skladu, druhů boxů, které jsou v oběhu výroby, a také jsem díky získaným datům byl schopen vypočítat cyklus zásobování linek jednotlivými boxy z automatického skladu. Byl mi udělen přístup do systému sběru dat z výroby (Daqis), kde jsem byl schopen porovnávat vypočítaná data s realitou.

Rychlost dopravníků, po kterých se boxy k výrobním linkám pohybují, bylo třeba vypočítat. Důvodem bylo, že údaje, které mi byly poskytnuty, obsahovaly pouze kapacitu, nikoliv rychlost pohybu. Provedl jsem sérii měření času pohybu boxu pomocí stopek na mnou vyměřeném a vyznačeném úseku dopravníku. Po ukončení měření jsem provedl výpočet a došel k výsledné rychlosti dopravníků. V následujícím obrázku je možné vidět sbíraná data včetně výpočtu rychlosti.

Vzdálenost [m]	Naměřený čas [s]	Vypočítaná rychlost [m/s]	Výpočet průměrné rychlosti [m/s]
15	23,5	0,638297872	0,64
15	23,4	0,641025641	
15	23,2	0,646551724	
15	23,1	0,649350649	
15	23,2	0,646551724	
15	23,3	0,643776824	
15	23,5	0,638297872	
15	23,4	0,641025641	
15	23,3	0,643776824	
15	23,4	0,641025641	

Obrázek 27: Údaje k výpočtu rychlosti dopravníku

Díky velmi úzké spolupráci s velkým množstvím zaměstnanců podniku AL se mi podařila všechna sbíraná data ověřovat a zároveň se co nejvěrněji přiblížit realitě.

3.7 Tvorba modelu

Na počátku tvorby modelu jsem se musel potýkat s omezující podmínkou studentské licence Plant Simulation, která umožňuje vytvářet pouze osmdesát různých objektů v jednom modelu. Za spolupráce s vedením výroby haly F vznikl návrh vytvoření výrobní oblasti na čtyři různé části.

Model byl od začátku tvořen za kontinuální spolupráce s logistikou. V prvním kroku jsem převedl podobu výrobní haly z layoutu do prostředí PS. Jelikož oblast logistiky řeší zásobování linek jako celku, tedy bez smýšlení jednotlivých pracovních stanic, ze kterých se každá linka skládá, upravil jsem výrobní halu v PS do podoby, kdy jedna výrobní linka je reprezentována jedním procesem.

Byla nastavena reálná kapacita meziskladu a spádových regálů, které jsou ve výrobní hale. Dále byla vypočítána doba generování boxů z AKL pomocí reálných historických a vypočítaných dat pro dané projekty.


Doba dopravování boxů k jednotlivým výduchům byla vyjádřena pomocí dopravníku, který věrně kopíruje realitu. Délka dopravníku byla vyměřena z layoutu haly a rychlost dopravníku byla určena dle mých vypočítaných hodnot, které bylo možné vidět v kapitole Příprava modelu. Boxy byly rozlišeny dle názvu a barev pro jednotlivé linky, aby došlo k větší přehlednosti při simulaci.

Pro jednotlivé výrobní linky byl nastaven procesní čas tak, aby odpovídal periodě, za kterou daná linka spotřebuje jednu bednu materiálu. Tento čas byl vypočítán pro každou linku a projekt vždy tak, aby pojetí co nejvíce vyhovovalo požadavkům logistiky. Jelikož ve výrobní hale existují již zmíněné mezisklady, bylo nutné vytvořit metodu v PS, která na počátku simulačního běhu vygeneruje kýžený počet boxů do daného spádového regálu. Výrobní hala totiž ve skutečnosti má neustále ve svém meziskladu zásobu materiálu, který by měl vystačit na dvacet minut výroby. Tímto krokem je zamezeno výpadkům výroby díky potenciálním poruchám AKL a dalších nežádoucích nepředvídatelných vlivů.

Navážecí byli vytvořeni pomocí transportéru (jinak řečeno AGV, tvorba a práce s transportérem je značně jednodušší než práce s pracovníkem v prostředí PS), který zcela plnil funkci navážecí, který boxy z výduchů AKL nakládá a dopravuje je na místo potřeby. Tímto místem jsou výrobní linky, ke kterým se boxy dostanou pomocí metody, která navážecí říká, že má u výduchu vyčkat do té doby, než bude obsah výduchu větší jak nula a následně naložit maximální možný počet boxů na vozík a dle nastavených parametrů a aktuálního obsahu vozíku navážecí ví, jakou trasou se má na počátku vydat. Cesty k jednotlivým linkám jsou definovány podle jednotlivých metod, aby navážecí věděl, jakou cestou se na konci určité části trasy dále dát. Časový úsek operace naložení a vyložení boxů byl určen z reálných dat sesbíraných ze sledování výrobního procesu.

Na následujícím obrázku je možné vidět jednu z metod pro jednoho konkrétního navážeče při nakládce boxu z výduchu.

```
list_navazec_2.delete
if vyduch_1_b.numMu=0
  waituntil vyduch_1_b.numMu > 0 prio 1
  repeat
    list_navazec_2.append(vyduch_1_b.cont.name)
    vyduch_1_b.cont.move (@)
    wait (10)
  until @.numMu = 9 or vyduch_1_b.numMu=0
else
  repeat
    list_navazec_2.append(vyduch_1_b.cont.name)
    vyduch_1_b.cont.move (@)
    wait (10)
  until @.numMu = 9 or vyduch_1_b.numMu=0
end
list_navazec_2.cursor:=1
if list_navazec_2.find("Part_526")
  @.move (C1)
elseif list_navazec_2.find("Part_533")
  @.move (C2)
elseif list_navazec_2.find("Part_529")
  @.move (C4)
elseif list_navazec_2.find("Part_452")
  @.move (C6)
end
```

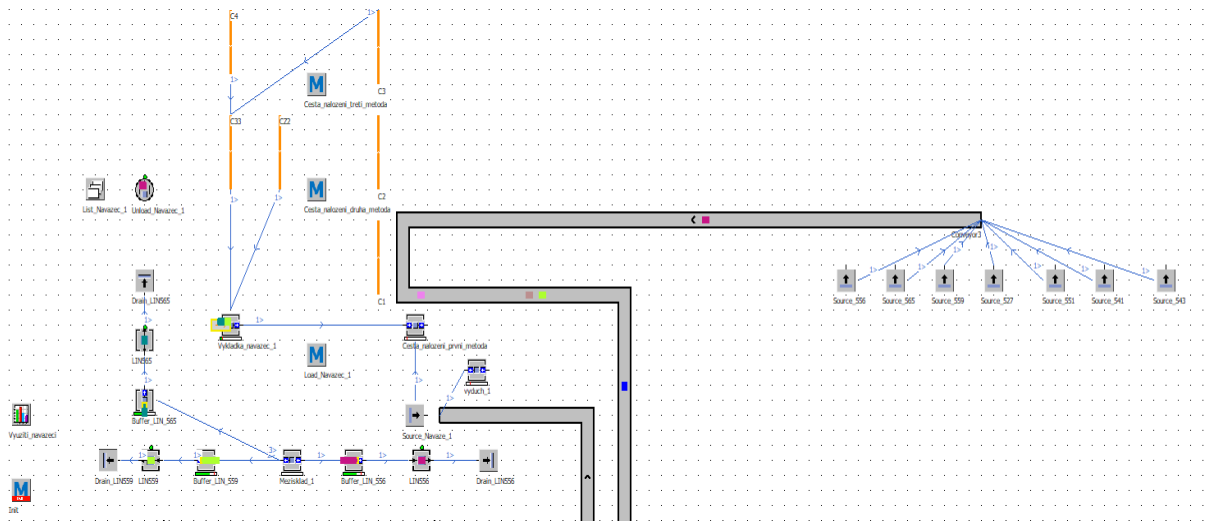


Obrázek 28: Ukázka metody nakládání boxů

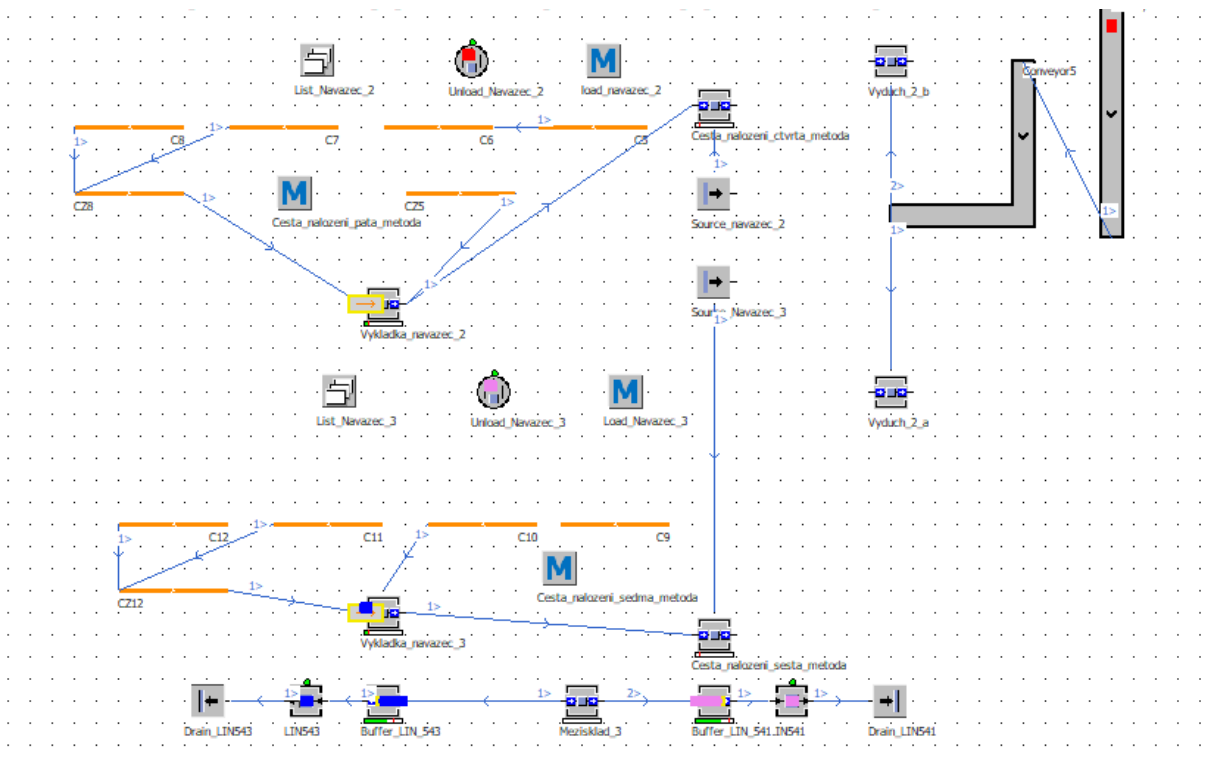
Část A této metody říká navážeči, že musí s nejvyšší prioritou vyčkat, dokud nepřijede nějaký box. Oddíl B říká, že ve chvíli, kdy přijede bedna, navážeč si ji zapíše do seznamu a začne nakládat. Každá nakládká trvá deset sekund, neboť tento čas v sobě zahrnuje i čas vykládání prázdných boxů. Zároveň tento oddíl navážeči říká, že má nakládat do té doby, dokud nebude jeho vozík plný, nebo do té doby, dokud nevyprázdní obsah výduchu. Poslední část C udává, jakým způsobem se má po ukončení nakládání vydat na cestu. Vždy záleží, jaký box má navážeč na vozíku a podle toho má speciálně udanou trasu.

3.7.1 Snímky vytvořeného modelu

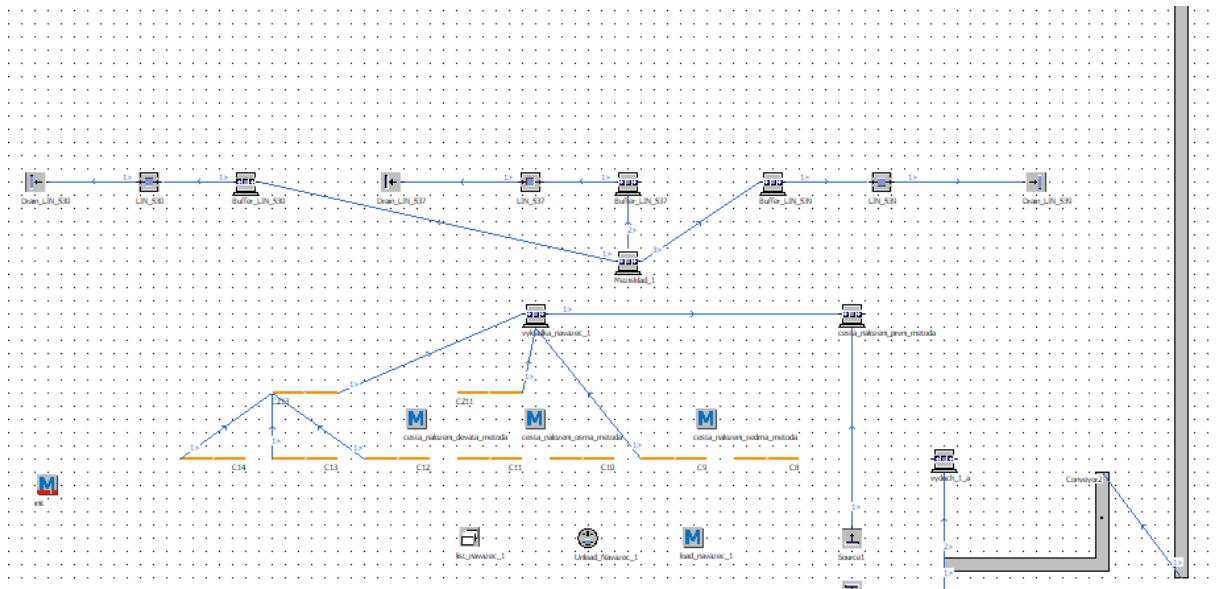
Na následujících několika snímcích je možné vidět dva z celkových čtyř vytvořených modelů.



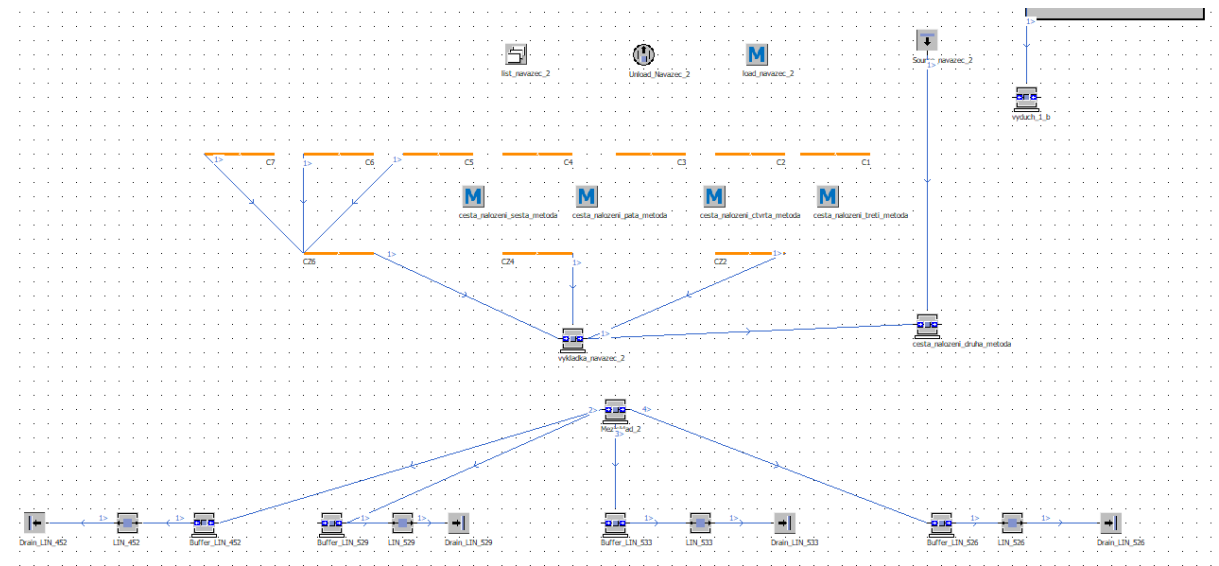
Obrázek 29: Snímek prvního modelu, první část



Obrázek 30: Snímek prvního modelu, druhá část



Obrázek 31: Snímek druhého modelu, první část



Obrázek 32: Snímek druhého modelu, druhá část

Po dokončení každého modelu proběhla ve spolupráci s logistikou validace, která ověřovala, zda každý jednotlivý model odpovídá realitě. Toto ověření probíhalo na základě kontroly počtu zpracovaných boxů na jednotlivých výrobních linkách a také kontroly stavů zůstatku v bufferech.

3.8 Výstupy ze simulace

Na začátku, než dojde k vyřčení závěru ze simulace a vykázní výsledků je důležité říct, že všechny parametry, vstupující do modelu, byly určovány tak, aby odpovídaly maximálnímu teoretickému vytížení.

Celková simulace tedy byla ověřením reálného stavu, který může nastat, pokud by veškeré linky fungovaly na sto procent a fungovaly nepřetržitě a po celou dobu by produkovaly ty produkty, které jsou na dané lince nejvíce náročné. Z předchozích údajů vyplývá, že simulace se snaží přiblížit case study ve formě stress testu.

3.8.1 Vytížení navážeců

V následujícím obrázku je možné vidět vytížení navážeců pro jednotlivé modely. Sloupce Unload, Load a AGV jsou tři operace, které navážec vykonává. Unload představuje dobu vykládání boxů do spádových regálů, Load představuje období nakládání boxů na manipulační techniku a sloupec AGV (navážec) představuje čas strávený manipulací boxů k jednotlivým linkám. Modře zbarvená pole značí vkládaná data z výsledku simulace. Čísla vedle modrého pole, tedy čísla, která mají čtyři až pět desetinných míst, jsou vypočítané hodiny strávené danou operací. Sloupec „Vytížení navážeců“ představuje vypočítanou celkovou dobu práce jednotlivých navážeců, kde maximální hodnota je osm hodin, tedy délka jedné směny. Ve sloupci s procenty je nastavené podmíněné formátování, pokud hodnota přesahuje 90%, pole se zbarví danou barvou.

												Vytížení navážeců		Dopočet minut	Počet ujitých metrů
Unload			Load			AGV			Navazec	Suma	%				
Navazec	8	100	Navazec			Navazec	8	100	Navazec						
1	3,5072	43,84	1	505	1,40278	1	3,064	38,3	1	7,97398	99,67	58,8	11 030		
2	3,1664	39,58	2	456	1,26667	2	3,2272	40,34	2	7,66027	95,75	39,6	11 617		
3	2,9808	37,26	3	430	1,19444	3	3,8	47,5	3	7,97524	99,69	58,8	13 680		

												Vytížení navážeců		Dopočet minut	Počet ujitých metrů
Unload			Load			AGV			Navazec	Suma	%				
Navazec	8	100	Navazec			Navazec	8	100	Navazec						
1	3,2432	40,54	1	468	1,3	1	2,1032	26,29	1	6,6464	83,08	39	7 572		
2	4,8168	60,21	2	694	1,92778	2	1,2072	15,09	2	7,95178	99,40	57	4 345		

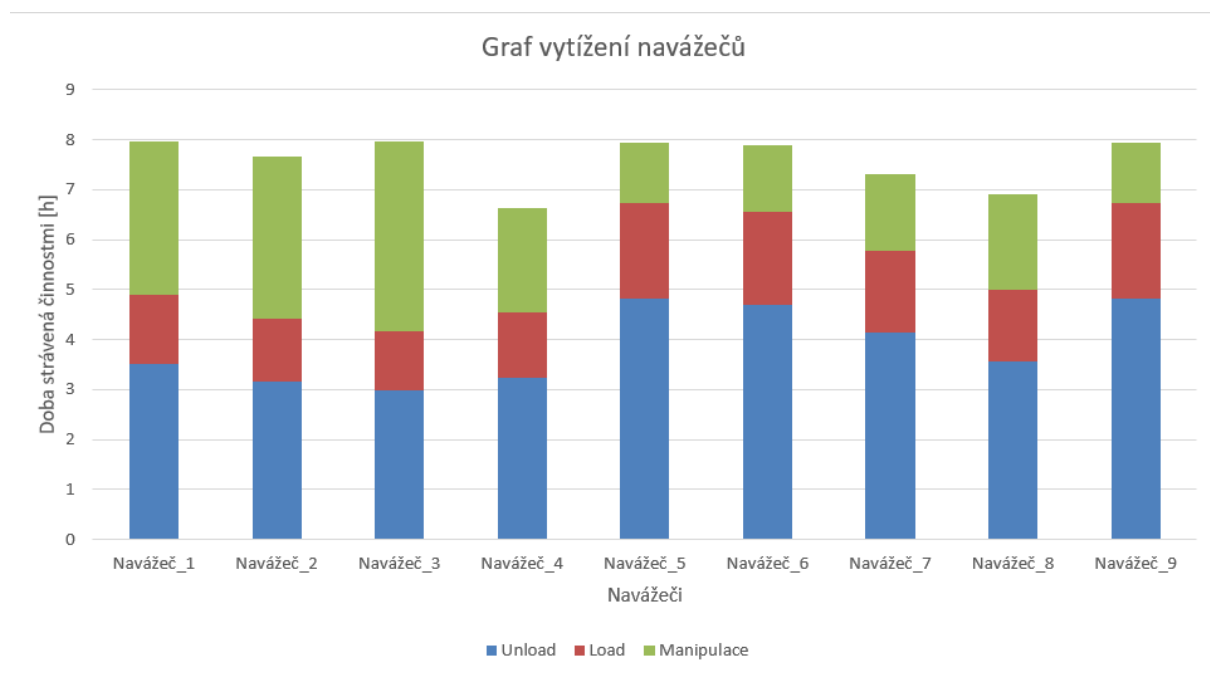
												Vytížení navážeců		Dopočet minut	Počet ujitých metrů
Unload			Load			AGV			Navazec	Suma	%				
Navazec	8	100	Navazec			Navazec	8	100	Navazec						
1	4,6872	58,59	1	675	1,875	1	1,3232	16,54	1	7,8854	98,57	53,4	4 763		
2	4,132	51,65	2	595	1,65278	2	1,5336	19,17	2	7,31838	91,48	19,2	5 522		

												Vytížení navážeců		Dopočet minut	Počet ujitých metrů
Unload			Load			AGV			Navazec	Suma	%				
Navazec	8	100	Navazec			Navazec	8	100	Navazec						
1	3,5624	44,53	1	513	1,425	1	1,9112	23,89	1	6,8986	86,23	54	6 881		
2	4,8128	60,16	2	693	1,925	2	1,2136	15,17	2	7,9514	99,39	57	4 368		

Obrázek 33: Vytížení navážeců

Z předchozího obrázku je možné vyčíst, že pro maximální možné zatížení výrobního procesu jsou také navážeci téměř na sto procent zatíženi.

Důležité je zde zmínit, že výsledky pro tři ze čtyř modelů jsou ovlivněny, neboť při simulaci dochází k přehlcení výduchů. K tomuto přehlcení dochází z důvodu, že jeden či více navážeců nestíhá dostatečně rychle rozvážet boxy ke kýženým pracovištím. Přehledněji je vidět vytížení navážeců na Obrázek 34: Graf vytížení navážeců.



Obrázek 34: Graf vytížení navážeců

3.8.2 Porovnání vytížení navážeců

V předchozím obrázku je vidět, že téměř všichni navážeci by byli v případě takto nastaveného výrobního systému přetížení. Není zde třeba dlouze popisovat, který z navážeců je více vytížený, jelikož se dá říct, že pouze dva navážeci (první zásobuje linku 544, 531 a druhý zásobuje linky 524, 522 a 521) nejsou přetížení.

3.8.3 Finální report ze simulace

V následujících čtyřech obrázcích je možné vidět konečný report, který informuje o počtu spotřebovaných boxů v jednotlivých linkách. Ve sloupci „Object“ jsou výstupní pracoviště linek, sloupec „Name“ značí box, který k dané lince přichází. „Mean Life Time“ představuje průměrnou dobu, kterou daný box tráví v modelu. „Throughput“ značí počet boxů vystupujících za simulační běh, „TPH“ je pak počet vystupujících boxů za hodinu. Sloupce „Production“, „Transport“, „Storage“ rozdělují období simulačního běhu na období konkrétního typu boxu stráveného zpracováním, manipulací a skladováním, vyjádřené v procentech.

Sloupec „Value added“ procentuálně vyjadřuje dobu jednotlivých typů boxů strávenou aktivitou, která přidává hodnotu. Poslední sloupec „Portion“ pak pouze graficky znázorňuje poměr mezi dobou zpracovávání, manipulací a skladováním daných typů boxů.

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain_LIN551	Part_551	17:24.5902	244	31	11.30%	14.11%	74.58%	11.30%	
Drain_LIN556	Part_556	21:25.7600	175	22	12.76%	14.76%	72.49%	12.76%	
Drain_LIN559	Part_559	19:52.1831	213	27	11.32%	15.52%	73.16%	11.32%	
Drain_LIN527	Part_527	17:42.2535	213	27	12.78%	14.11%	73.11%	12.71%	
Drain_LIN541	Part_541	20:52.6931	202	25	11.34%	14.17%	74.50%	11.34%	
Drain_LIN543	Part_543	18:34.1053	228	29	11.32%	16.36%	72.32%	11.31%	
Drain_LIN565	Part_565	16:03.5932	118	15	25.32%	20.70%	53.98%	25.32%	

Obrázek 35: Finální report prvního modelu

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain_LIN531	Part_531	44:20.5708	268	34	5.09%	88.07%	6.84%	2.97%	
Drain_LIN544	Part_544	47:55.2853	223	28	6.22%	87.33%	6.46%	3.90%	
Drain_LIN553	Part_553	47:45.2320	299	37	3.96%	81.90%	14.14%	2.23%	
Drain_LIN536	Part_536	52:54.0213	223	28	5.50%	81.59%	12.91%	3.43%	
Drain_Lin538	Part_538	54:27.1867	206	26	5.72%	80.97%	13.31%	3.83%	

Obrázek 36: Finální report druhého modelu

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain_LIN_526	Part_526	1:08:35.0523	116	15	8.17%	75.43%	16.40%	5.30%	
Drain_LIN_529	Part_529	1:06:28.3558	156	20	6.84%	77.67%	15.49%	4.06%	
Drain_LIN_452	Part_452	59:04.3758	205	26	5.65%	84.89%	9.46%	2.88%	
Drain_LIN_533	Part_533	1:06:58.8232	134	17	7.59%	76.54%	15.87%	4.70%	
Drain_LIN_530	Part_530	53:45.5495	243	30	4.63%	88.09%	7.28%	1.98%	
Drain_LIN_539	Part_539	52:51.4235	243	30	4.72%	88.83%	6.44%	2.02%	
Drain_LIN_537	Part_537	53:19.7855	243	30	4.67%	88.08%	7.25%	2.00%	

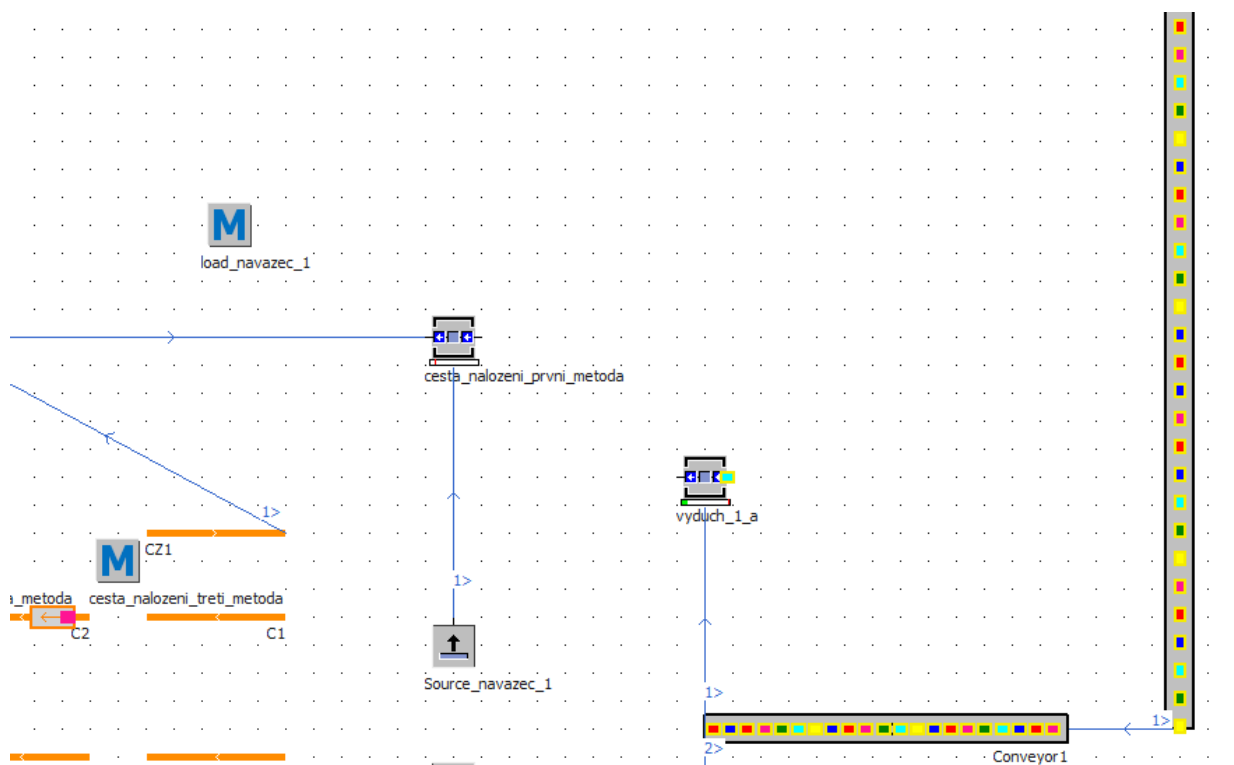
Obrázek 37: Finální report třetího modelu

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain_LIN_521	Part_521	1:04:03.9093	177	22	5.53%	82.90%	11.57%	3.67%	
Drain_LIN_524	Part_524	1:02:24.7750	196	25	5.18%	85.68%	9.14%	3.39%	
Drain_LIN_522	Part_522	1:05:21.2284	147	18	6.28%	81.24%	12.48%	4.34%	
Drain_LIN_511	Part_511	1:04:38.9148	210	26	4.71%	84.19%	11.10%	2.96%	
Drain_LIN_514	Part_514	1:09:35.3600	169	21	5.21%	77.80%	17.00%	3.47%	
Drain_LIN_512	Part_512	55:53.1672	347	43	2.69%	85.44%	11.87%	1.43%	

Obrázek 38: Finální report čtvrtého modelu

Z přechodících obrázků je možné vypočítat, že v případě prvního modelu je majoritní část času jednotlivých boxů trávena skladováním. Tento fakt je způsoben tím, že ve výrobní hale jsou spádové regály s kapacitou na dvacet minut výroby, tedy když navážec přiveze novou bednu, tato nová bedna je na posledním místě a musí čekat, než budou zpracovány všechny bedny předešlé.

Jedná se o systém FIFO, tedy First In First Out, což v jednoduchosti znamená, že první bedna, která do systému vstoupí, z něj také bude první vystupovat. Nicméně výrobní linka má neustále materiál k dispozici a může tak fungovat ze sta procent, pokud je to možné. V případě zbylých tří modelů je situace poměrně odlišná. Největší část zabírá činnost manipulace. Tento jev je způsoben tím, že některý navážec nestíhá zásobovat linky dostatečně rychle a ve výduchu se začne tvořit fronta, která následně zaplňuje celý dopravník a bedny se tak pohybují po dopravníku jen velmi pomalu. Tuto situaci, kdy dojde k přehlcení výrobního systému boxy, je možné pozorovat na následujícím snímku.



Obrázek 39: Situace přehlcení systému boxy

3.8.4 Zhodnocení výstupů ze simulace

Předchozí výstupy mohou působit, že je nutné do dané výrobní oblasti přidat další navážec, aby bylo možné výrobu dostatečně rychle zásobovat. Tento dojem je ale potřeba nyní vyvrátit. Podmínky, které byly do modelu vkládány, byly nastavené tak, aby bylo možné říct, zda když dojde k takto extrémnímu vytížení procesu, budou či nebudou navážeci schopni danou výrobní oblast stíhat zásobovat. Jedná se skutečně o case study formou stress testu.

Zodpovědnost, aby k takovéto situaci nedošlo, mají plánovači, kteří dobře znají kapacitu výrobního procesu. Tito plánovači pak plánují výrobu jednotlivých modulů dle dostupných kapacit a za kooperace s oblastí logistiky a oblasti plánování lidských zdrojů. Důležité je také říct, že na výrobních linkách se většinou vyrábí více výrobků a daný model prezentuje tu situaci, kdy na všech linkách probíhá výroba těch nejvíce náročných výrobků. Další důležitou poznámkou je i to, že téměř nikdy nenastane okamžik, kdy by probíhala výroba na všech linkách naráz. Daný model ve své podstatě slouží jako odpověď pro známou otázku „co kdyby“ a zároveň částečně odpovídá na otázku, zda je výrobní systém schopný pojmout další projekty se současným nastavením. Modely jsou připraveny tak, aby je podnik AL mohl v budoucnu využít pro ověřování průběhu aktuálního stavu a potenciálního maximálního využití (viz výstupy z této diplomové práce). Podnik k tomuto účelu vlastní komerční licenci. Zároveň po jednoduchých úpravách je v modelech možné predikovat stav vytížení při změnách ve výrobní hale. Tedy například situaci, kdy podnik získá novou zakázku a bude muset vymyslet, jakým způsobem danou zakázku zakomponuje do stávajícího rozložení linek či dokonce vytvářet nové rozložení.

3.9 Doporučení pro zlepšení

Na základě výstupů ze simulace, jejich hodnocení a diskuse s vedoucím logistiky a vedoucím výroby doporučuji následujících šest návrhů na zlepšení.

3.9.1 Přetvoření layoutu

Tento první návrh reaguje na přehlcení navážeců boxy. V mém vyhotoveném modelu jsou výrobní linky rozvržené tak, aby rozložení věrně kopírovalo reálný layout dané části výrobní haly. Logika této změny by spočívala v tom, že by se nejvíce náročné linky umístily tak, aby byly co nejbližší u výduchu a směrem od výduchu by se dále náročnost linek na zásobování snižovala. Dalším logickým krokem je změna rozložení linek ve vertikálním směru. To v jednoduchosti znamená, že po přeskládání linek od nejvíce náročné po nejméně náročné v horizontálním směru, by došlo i k prohození ve vertikálním směru tak, aby došlo k vyšší vyváženosti náročnosti na zásobování. Tuto změnu layoutu je samozřejmě možné provádět rovnou v mnou vytvořených modelech. Tento fakt, že je možné změnu layoutu provádět ve vytvořených modelech, umožňuje připravovat změny layoutu bez potřeby reálných změn na výrobním úseku k ověření výsledků, neboť výsledek potenciálního nového rozložení výrobních linek se dá ověřit v modelu spuštěním simulačního běhu.

Na závěr tohoto návrhu je potřeba říct, že ne každá linka má možnost být přemístěna. Některé linky mají od stropu zavěšený tunel, ve kterém probíhá kontrola svícení. Přínosem tohoto řešení je vybalancování míry vytížení jednotlivých navážeeů.

3.9.2 Vertikální cesty pro navážee

V současném rozložení haly má každý navážee svou cestu, která je vždy v horizontálním směru, tedy chodí zprava od výduchu doleva směrem k poslední výrobní lince a zpět. Takto vytvořený systém navážení je správný ve chvíli, kdy ve výrobním úseku fungují všechny linky naráz v jednu směnu. Pokud by takto nastavené cesty manipulace byly správně vybalancované z hlediska vytížení jednotlivých navážeeů, nebylo by třeba velkých změn. Situace ve výrobním úseku je ale v naprosté většině taková, že v jednu směnu fungují všechny linky zhruba ze 60 % času. To znamená, že někteří navážeei by například zásobovali ze tří původních linek pouze jednu. Pokud by se vytvořila vertikální propojení manipulačních cest, mohl by navážee, který má na starost pouze jednu linku, přecházet do další řady a zde pomáhat druhému navážeei, který tak nebude přetížený. Tento návrh by tak opět vyřešil problém vybalancování vytížení jednotlivých navážeeů, a to bez nutnosti velkých zásahů do rozložení linek.

3.9.3 Vizualizace pro navážee

Vizualizace pro navážee je první z řešení, které vyžaduje malou finanční investici. Myšlenka tohoto řešení spočívá v tom, že by byl pověšen malý displej na vršku spádového regálu ze strany, odkud navážee zakládá plné boxy a vybírá boxy prázdné. Na tomto displeji by bylo zobrazeno, jaký díl do spádového boxu patří, tedy například, že se jedná o chladič. Pod typem dílu by bylo číslo TTNr, což je akronym pro německé slovo *Typtheilenummer*, což v českém překladu znamená číslo typu dílu. Podle těchto dvou parametrů bude navážee schopen v jednoduchosti rozeznat, který box do daného spádového regálu patří, a bude tak téměř zamezeno potenciálním chybám vkládání špatných boxů do spádových regálů.

3.9.4 Tablet pro správné nakládání

Návrh pořízení tabletu k výduchu je další z návrhů, který počítá s investicí finančních prostředků ke zlepšení logistického procesu. Tablet by byl připnutý vždy u každého z jednotlivých výduchů. Funkce tohoto tabletu by spočívala v tom, že software v tabletu by sbíral potřebná data z AKL ohledně přicházejících boxů a následně by vizuálně na displeji vykresloval, jakým způsobem a v jakém pořadí má navážee boxy na manipulační techniku nakládat.

Přínosem tohoto řešení by bylo zkrácení času nutného pro vykládání jednotlivých boxů, a to z toho důvodu, že by boxy na manipulační technice byly naloženy ve správném pořadí. Díky tomu by pak bylo následně jednoduché boxy vyjmout a založit do spádového regálu. Tímto řešením by se tak vyloučila možnost, že když navážec doveze boxy k určité lince, musí několik boxů vyskládat na zem, aby se dostal k jednomu potřebnému boxu, který je zrovna blokován dalšími boxy. Tento návrh počítá se snížením času nutného pro vyložení každého boxu z dvaceti sekund na patnáct sekund. Toto řešení by bylo vhodné propojit s některým z předchozích řešení, nejlépe s vertikálními propojeními manipulačních cest navážeců. Z ekonomického hlediska by se tato investice mohla vyšplhat až na osm set tisíc korun. K hodnotě jsem dospěl díky komunikaci s IT oddělením, které bylo schopné vyčíslit, jak by bylo náročné vytvořit software pro tablety.

Na následujícím obrázku je možné vidět výsledný report z modelu, kam jsem zavedl změny způsobené realizací daného návrhu.

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain_LIN531	Part_531	36:16.4338	320	40	4.93%	83.89%	11.18%	3.63%	
Drain_LIN544	Part_544	38:08.2329	238	30	6.25%	82.98%	10.77%	4.89%	
Drain_LIN553	Part_553	39:00.7610	371	46	3.76%	79.04%	17.21%	2.73%	
Drain_LIN536	Part_536	42:13.1279	240	30	5.50%	77.40%	17.10%	4.30%	
Drain_Lin538	Part_538	42:27.0647	210	26	6.15%	77.41%	16.44%	4.91%	

Obrázek 40: Finální report nového stavu druhého modelu s využitím návrhu s tabletem

Z předchozího obrázku můžeme vidět, že v porovnání s finálním reportem stejného modelu před zavedením tabletu došlo k navýšení počtu zpracovaných beden za směnu téměř na všech linkách krom linky 538. Mimo jiné došlo i k navýšení přidané hodnoty, neboť se snížil čas, kdy jeden z navážeců musí čekat na box kvůli přeplnění výduchu z důvodu přetížení druhého navážecce. Nicméně i při tomto řešení stále dochází k přetěžování navážeců. Řešení tak napomáhá k lepšímu stavu logistického systému, nicméně ne zcela problém přetížení navážeců eliminuje.

Na následujícím snímku je možné vidět, jak vypadá situace ohledně vytížení navážeců při aplikování tohoto návrhu.

Unload		Load		AGV		Vytížení navážecce		Původní vytížení navážecce	
Navážec		Navážec		Navážec		Suma	%	Suma	%
1	2,82	35,22	1,49	1	2,55	6,86	87,69	6,65	83
2	4,06	50,79	2,09	2	1,37	7,53	94,08	7,95	99,40

Obrázek 41: Teoretické vytížení navážeců v druhém modelu po aplikování změn díky instalaci tabletu

3.9.5 Rozšířená realita

Dalším řešením, které rozvíjí předešlý návrh, je zavedení brýlí s rozšířenou realitou pro navážeče. Toto řešení tedy bere v potaz problém předešlého návrhu a posunuje provedení o úroveň výš. Přínosem zavedení brýlí s rozšířenou realitou je nejen vizualizace, jakým způsobem má navážeč při nakládání boxu postupovat, ale brýle by komunikovaly i s jednotlivými linkami. Brýle by tedy navážeči i ukazovaly, jakým způsobem se má ve výrobním úseku pohybovat a v jakém pořadí linky zásobovat, aby byl maximálně efektivní. Brýle by byly taktéž schopné například navážeči říct, že je z hlediska efektivnosti výhodné po naložení vyčkat několik sekund, než přijedou další bedny, které by tak mohly být rozvezeny při jedné cestě. Dalším přínosem je úplná eliminace zaměňování boxů, které navážeči vkládají do spádových regálů. Z hlediska šetření času manipulace by se tedy čas zkrátil z původních dvaceti sekund na jeden box na pouhých deset sekund. Navážeč totiž už nemusí ani kontrolovat, jakou bednu zrovna drží v ruce a jeho cesty jsou efektivní. Toto řešení by taktéž bylo vhodné propojit s některým z předchozích návrhů, nejspíše s kombinací přetvoření layoutu a vytvořením vertikálních průchodů mezi logistickými trasami navážečů. Z hlediska finanční náročnosti jsme tento návrh odhadli společně s technickoekonomickým pracovníkem na minimální částku dvou miliónů korun. Na následujícím obrázku je opět možné vidět, jak vypadá finální report modelu, kam jsem zavedl změny způsobené realizací daného návrhu.

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Drain_LIN531	Part_531	20:37.9560	364	46	6.38%	25.87%	67.75%	6.38%	
Drain_LIN544	Part_544	20:08.0311	257	32	9.27%	26.79%	63.94%	9.27%	
Drain_LIN553	Part_553	19:51.4833	449	56	5.38%	33.36%	61.26%	5.37%	
Drain_LIN536	Part_536	19:36.2917	264	33	9.27%	34.05%	56.68%	9.27%	
Drain_Lin538	Part_538	20:25.5435	230	29	10.20%	32.25%	57.54%	10.20%	

Obrázek 42: Finální report nového stavu druhého modelu s využitím návrhu s rozšířenou realitou

Z předchozího finálního reportu pozorujeme, že v porovnání s finálním reportem stejného modelu před zavedením rozšířené reality došlo k navýšení počtu zpracovaných beden za směnu na každé lince. Stejně jako v minulém návrhu došlo i k nárůstu přidané hodnoty, ke kterému došlo ze stejného důvodu. Tento návrh z hlediska vytížení navážečů situaci s přehlcením výduchu řeší téměř sám o sobě bez nutnosti aplikace dalších návrhů. Nicméně jak je možné vidět v následujícím obrázku, zůstává vytížení navážečů při takto nastavených podmínkách výroby na velmi vysoké úrovni. I v tomto případě je tedy téměř nutné aplikovat i další návrhy. Důležité je mít ale neustále na paměti, že všechny čtyři modely byly vytvořeny, aby odpovídaly na otázku, co kdyby.

Tedy, co kdyby byla výroba tak náročná, jak ještě nikdy nebyla, jak již bylo přibliženo v části výše.

Unload		Load			AGV			Navázeč	Vytížení navázeče		Původní vytížení navázeče	
Navázeč								Suma	%	Suma	%	
8	100	Navázeč			8	100						
1	2,46	30,72	1	570	1,58	2,98	37,23	7,02	87,74	6,65	83,08	
2	3,31	41,37	2	812	2,26	1,59	19,86	7,15	89,42	7,95	99,40	

Obrázek 43: Teoretické vytížení navázečů v druhém modelu po zavedení rozšířené reality pro navázeče

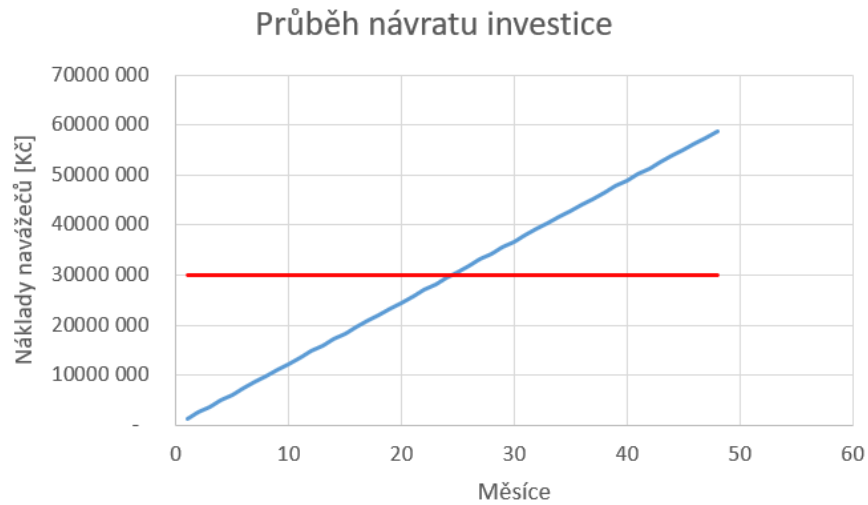
3.9.6 Automatické vozíky

Posledním z návrhů, který je ale nejméně reálný na aplikaci, je pořízení automatických vozíků. Tyto automatické vozíky by obstarávaly rozvážení materiálu od výduchů k linkám a odvážení prázdných boxů zpět k výduchu. S tímto návrhem se pojí několik problémů, které by bylo třeba mít na paměti, a vyřešit je před realizací takto velkého projektu. Automatické vozíky by se potýkaly s problémy při přehazování výroby různých výrobků na linkách. Další potíž by byla s poloprázdnými boxy, které jsou potřeba vrátit do meziskladu při změně výroby. Velký problém, který by bylo třeba velmi pečlivě vyřešit, je bezpečnost. Automatické vozíky potřebují mít optimální podmínky pro pohyb, které manipulační trasy navázečů příliš neposkytují. Rychlost automatických vozíků je dalším faktorem, který není jednoznačné říct, zda bude přínosem. Ať už z důvodu bezpečnosti nebo z důvodu krokového pohybu při vykonávání pohybu při vykládání boxů by mohly automatické vozíky být buďto podobně rychlé, nebo dokonce pomalejší než samotní navázeči. Posledním problémem by bylo vyřešení otázky, zda by byly vozíky schopné zavážet různé typy spádových regálů a také, jak složité by bylo vozíky přeprogramovat při změně výroby či celkové změně layoutu. Přínosem tohoto návrhu by byla eliminace chybovosti, tedy lidského faktoru při zavážení linek. A dalším přínosem by byla finanční stránka této investice, jak je možné vidět na následujících dvou jednoduchých schématech, neboť by nebylo již nutné mít v tomto výrobním úseku devět různých navázečů. Výše investice byla opět hrubě odhadnuta za pomoci technickoekonomického pracovníka. Dané výpočty nepočítají s výrobou o víkendů, ta sice probíhá, ale nepravidelně a pro různé výrobky.

Automatické vozíky					
Investice [Kč]	Výpočet ročních nákladů za navázeče				
	Cena za navázeče/směnu [Kč]	Počet navázečů	Počet směn	Počet pracovních dnů	Roční náklady [Kč]
30 000 000	2160	9	3	251	14 638 320

Obrázek 44: Příklad výpočtu ročních nákladů alokovaných na mzdy navázečů

Na následujícím grafu je možné vidět nejjednodušší zpracování návratu této investice.



Obrázek 45: Jednoduchý graf návratu investice do automatických vozíků

Z předchozího grafu je možné vidět, že tato investice by se finančně vrátila již třetím rokem (konkrétně dvacátý pátý měsíc), neboť by podnik ušetřil za mzdy devíti navážeců, do výpočtu ale nejsou zahrnuty provozní náklady automatických vozíků, které by mohly výpočet ovlivnit.

Závěr

Pro vyhotovení diplomové práce jsem si ve spolupráci s firmou Automotive Lighting Jihlava vybral řešení problému simulace materiálového toku nového stavu rozložení výrobních linek ve vybraném výrobním úseku. Velkou výhodou při tvorbě diplomové práce byl fakt, že v daném podniku působím několikátý rok jako praktikant. Měl jsem tedy neustálý přístup do výrobní haly a získávání dat bylo sice časově náročné, ale možné, neboť jsem získal přístup do různých podnikových systémů. Díky mému působení v daném výrobním podniku jsem tak mohl neustále spolupracovat s velkým množstvím zaměstnanců a upravovat model dle požadavků vedoucích různých oddělení.

Simulace hrají v posledních letech stále větší roli. Tuto důležitost simulací vnímá i vedení oddělení logistiky a vedení výroby podniku Automotive Lighting. Simulace je možné využívat v případech, kdy běžně užívané analytické metody selhávají či v případech, kdy je systém příliš komplexní. Právě díky tomu, že simulační model je schopen zachytit komplexitu systému, snažili se mi zaměstnanci být oporou při tvorbě praktické části, neboť od výsledků této praktické části se bude podnik v dalších obdobích odrážet při konání změn v layoutu výrobní haly F.

Tvorba modelu byla koncipována tak, aby odpovídala na otázku, na kterou chtělo znát odpověď oddělení logistiky a oddělení výrobního inženýrství. Tato otázka zní, jak by vypadala situace vytížení navážeců v případě, kdy ve výrobním úseku probíhá výroba na všech linkách nejvíce náročných projektů. Na tuto otázku byla třeba odpovědět z toho důvodu, že od roku 2019 do roku 2020 docházelo průběžně k aktualizaci rozložení výrobních zařízení ve výrobním úseku, a bylo tak třeba si říct, zda nemůže nastat situace, kdy logistický systém bude přetížen. Simulační model je také koncipován tak, aby umožňoval upravení, pokud by bylo třeba v budoucnu simulační model znovu využít pro ověření zatížení logistického systému při novém rozložení výrobních zařízení.

Výsledkem diplomové práce byl simulační model, který přinesl odpověď na kýžené otázky. Na základě analýzy simulačních běhů bylo zjištěno, že docházelo k přetížení šesti navážeců, které vedlo k přetížení celého logistického systému v daném výrobním úseku. Na dané výstupy praktické části navazovalo zhodnocení, které dané výstupy blíže osvětluje. V samotném závěru diplomové práce jsou rozepsány návrhy pro zlepšení situace při přetížení navážeců, mezi které patří vertikální cesty nebo lepší vizualizace.

Použité zdroje

1. BOUDA, Tomáš. Porovnání kalkulačních metod a potenciálního přínosu softwarové podpory v průmyslovém podniku [online]. Praha, 2018 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: <https://dspace.cvut.cz/handle/10467/80448>. Bakalářská práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE, FAKULTA STROJNÍ, ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU.
2. KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. Management kvality I. 4. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2015. ISBN 978-80-01-05673-8.
3. SCHOLZ, Pavel. Počítačová simulace ve výrobě. Praha, 2019.
4. Kang, DongHun, et al. Modeling and Simulation of Discrete Event Systems, John Wiley & Sons, Incorporated, 2013. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/detail.action?docID=1402564>.
5. ŠILHÁNEK, Jiří. Simulační metody jako nástroj rozhodování: Modelování pomocí programu Witness [online]. Brno, 2007 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/u9xqq/DP_-_Silhanek_Jiri.pdf. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta, Katedra podnikového hospodářství.
6. KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. Statistická a rozhodovací analýza. 2. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014. ISBN 978-80-01-05509-0.
7. Rossetti, Manuel D. Simulation Modelling and Arena, John Wiley & Sons, Incorporated, 2015. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/detail.action?docID=1895506>.
8. Altiok, Tayfur, and Benjamin Melamed. Simulation Modeling and Analysis with Arena, Elsevier Science & Technology, 2007. ProQuest Ebook Central, <https://ebookcentral.proquest.com/lib/cvut/detail.action?docID=305656>.
9. SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
10. DLOUHÝ, Martin, Jan FÁBRY a Martina KUNCOVÁ. Simulace pro ekonomy. 2., upr. vyd. V Praze: Oeconomica, 2005. ISBN isbn80-245-0973-3.
11. MANLIG, František. Využití počítačové simulace výrobních systémů. 1. vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. 99 s. Knihovnička Katedry výrobních systémů TU v Liberci; sv. 1. ISBN 978-80-7494-162-7.

12. VIGNER, Miloslav. Metodika projektování výrobních procesů. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984.
13. ULRYCH, Zdeněk a RAŠKA, Pavel. *Modelování a simulace a DP* [DVD-ROM]. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. Požadavky na systém: internetový prohlížeč, Flash Player v.10. ISBN 978-80-87539-15-6.
14. RAFAJ, Martin. Konstrukční a technologická příprava nového výrobku. Zlín, 2012. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická. Vedoucí práce Prof. Ing. Ivan Letko, CSc.
15. MÁDL, Jan, Antonín ZELENKA a Martin VRABEC. Technologičnost konstrukce: obrábění a montáže. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03288-4.
16. Technická dokumentace: základní pojmy technické dokumentace [online]. In: . Ostrava: Vysoká škola Báňská-technická Univerzita Ostrava, s. 1-14 [cit. 2020-07-28]. Dostupné z: http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/td/01-textyVSB/000_zakladni%20pojmy%20TD.pdf
17. MÁDL, Jan. Technologie obrábění. Vyd. 2., přeprac. V Praze: Nakladatelství ČVUT, 2007, c1999. ISBN 978-80-01-03752-2.
18. Analýza použití metody FMEA a přístupů ke snižování rizik [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/109122/KOP212_FMMI_N3922_3902T041_2015.pdf?sequence=1. Diplomová práce. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, Katedra managementu kvality.
19. STIEBEROVÁ, Barbora. Management kvality: Netradiční nástroje managementu kvality. Praha, 2020.
20. SCHOLZ, Pavel. Moderní nástroje výrobních systémů: Automatizace. Praha, 2020.
21. MOŠKORŮ, Jakub. MANIPULACE S MATERIÁLEM VE SKLADĚ [online]. Brno, 2015 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=105472. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. MAREK ŠTRONER, Ph.D.

22. HLÍDEK, Petr. ANALÝZA MANIPULACE S MATERIÁLEM A SKLADOVÁNÍ VE ZVOLENÉ STROJÍRENSKÉ FIRMS [online]. Brno, 2017 [cit. 2020-06-25]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=148977.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Jan StrejFek, Ph.D., MBA.
23. PERNICA, Petr. Logistika pro 21. století: (Supply chain management). Praha: Radix, 2005. ISBN 80-86031-59-4.
24. JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
25. Tecnomatix: Plant Simulation Basics, Methods, And Strategies Student Guide. Siemens, 2012.
26. PINTÍŘOVÁ, Nikola. Simulace strategií zavážení pracovišť pomocí AGV v Plant Simulation [online]. Plzeň, 2017 [cit. 2020-07-13]. Dostupné z: <https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/26647/1/Pintirova%20DP.pdf>. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra průmyslového inženýrství a managementu. Vedoucí práce Doc. Ing. Zdeněk ULRYCH, Ph.D.
27. DANĚK, Jan. HUMUSOFT S.R.O. Využití simulace jako inženýrského nástroje během životního cyklu výrobků a procesů. Praha, 2007, 70 s.
28. ŠTOČEK, Jiří. Optimalizace materiálového toku ve vybraném průmyslovém závodě. Brno: Vysoké učení technické, 2005. 114 s. ISBN 80-214-2885-6. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky. Vedoucí práce Doc. Ing. Břetislav Mynář, CSc.
29. VDI 3633.Verein Deutscher Ingenieure, Simulation von Logistik-, Materialfluß und Produktionssystemen Grundlagen: Simulation of systems in materials handling, logistics and production Fundamentals. Düsseldorf, 2000.
30. AUTOMA: časopis pro automatizační techniku [online]. 5. 2008 [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/37514.pdf
31. Technický deník: Laserové světlomety-postrach tmy [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: https://www.technickytydenik.cz/rubriky/ekonomika-byznys/laserove-svetlomety-postrach-tmy_32367.html

32. Valeo: Systémy pro zajištění viditelnosti [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://valeo.cz/cs/visibility-systems/>
33. Varroc Lighting: Produkty [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://www.varroclighting.com/product/SitePages/Product.aspx>
34. Hella Autotechnik Nova: O společnosti [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <https://www.hella.com/hella-cz/cs/O-spolecnosti-30.html>
35. Koito Czech: Headlamps [online]. [cit. 2020-07-17]. Dostupné z: <http://www.koito-czech.cz/en/svetlomety.htm>
36. ĎURKOVIČ, Oto. Dopravní a manipulační stroje. 1. vyd. Praha: Vysoká škola zemědělská, Technická fakulta, 1995. ISBN 80-213-0134-1.
37. Al-lighting [online]. Jihlava [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.al-lighting.cz/cs>
38. Siemens Digital Industries Software [online]. Texas: Siemens Industry Software, 2020 [cit. 2020-07-27]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/>

Seznam obrázků

Obrázek 1: Přehled výše vyprodukovaných produktů ALCZ, zdroj: Automotive Lighting	12
Obrázek 2: Zákaznické portfolio, zdroj: Automotive Lighting	13
Obrázek 3: Základní údaje o projektu, Zdroj: Automotive Lighting	20
Obrázek 4: Ilustrační přehled plánovaných objemů výroby rozvržený po dobu projektu, Zdroj: Automotive Lighting	20
Obrázek 5: 3D model konceptu řešení, Zdroj: Automotive Lighting	21
Obrázek 6: Ukázka kalkulací investic na linku, Zdroj: Automotive Lighting	22
Obrázek 7: Rámcové schéma začlenění technické přípravy výroby do cyklu věda-technika-výroba, Zdroj: Vigner 1984	28
Obrázek 8: Schéma využití výpočetní techniky v různých fázích výroby [14]	30
Obrázek 9: Supply chain management [23]	42
Obrázek 10: Technologické uspořádání pracovišť ve výrobě [23]	45
Obrázek 11: Předmětné uspořádání pracovišť ve výrobě [23]	45
Obrázek 12: Logistický řetězec v pojetí integrované logistiky – The Total Supply-Chain [23].....	46
Obrázek 13: Souvislost zrychlování toků zboží a cash-flow [23]	46
Obrázek 14: Obecné členění manipulace [36]	47
Obrázek 15: Zdvihačí a přemísťovací zařízení [24].....	55
Obrázek 16: Klasifikace modelů [27].....	59
Obrázek 17: Základní princip simulace [28]	62
Obrázek 18: Kompletní postup tvorby simulačních projektů [29].....	69
Obrázek 19: Přemístění nákladů při využití digitalizace [30]	71
Obrázek 20: Ilustrační obrázek 3D tvorby v prostředí Plant Simulation [38].....	73
Obrázek 21: Schéma zvyšující se potřeby výrobní plochy pro produkci modulů v m ² , zdroj: Automotive Lighting.....	75
Obrázek 22: Layout výrobní haly F z roku 2019, zdroj: Automotive Lighting.....	75
Obrázek 23: Layout výrobní haly F z roku 2020, zdroj: Automotive Lighting.....	76
Obrázek 24: Zjednodušené schéma logistického toku, zdroj: Automotive Lighting	77
Obrázek 25: Pohled na automatický sklad drobných dílců, zdroj: Automotive Lighting	78
Obrázek 26: Ilustrativní měření rozměrů tras jednotlivých navážeců	82
Obrázek 27: Údaje k výpočtu rychlosti dopravníku.....	83
Obrázek 28: Ukázka metody nakládání boxů	85
Obrázek 29: Snímek prvního modelu, první část	86
Obrázek 30: Snímek prvního modelu, druhá část	86
Obrázek 31: Snímek druhého modelu, první část	87
Obrázek 32: Snímek druhého modelu, druhá část.....	87
Obrázek 33: Vytížení navážeců.....	88
Obrázek 34: Graf vytížení navážeců	89
Obrázek 35: Finální report prvního modelu	90
Obrázek 36: Finální report druhého modelu	90
Obrázek 37: Finální report třetího modelu	90

Obrázek 38: Finální report čtvrtého modelu	90
Obrázek 39: Situace přehlcení systému boxy	91
Obrázek 40: Finální report nového stavu druhého modelu s využitím návrhu s tabletem	94
Obrázek 41: Teoretické vytížení navážeců v druhém modelu po aplikování změn díky instalaci tabletu	94
Obrázek 42: Finální report nového stavu druhého modelu s využitím návrhu s rozšířenou realitou	95
Obrázek 43: Teoretické vytížení navážeců v druhém modelu po zavedení rozšířené reality pro navážecce	96
Obrázek 44: Příklad výpočtu ročních nákladů alokovaných na mzdy navážeců	96
Obrázek 45: Jednoduchý graf návratu investice do automatických vozíků	97

Seznam tabulek

Tabulka 1: Přehled nejpoužívanějších logistických systémů [23]	57
Tabulka 2: Přínosy simulací [30]	72
Tabulka 3: Rozlohy jednotlivých oblastí výrobní haly F na počátku roku 2019, Zdroj: Automotive Lighting	75
Tabulka 4: Rozlohy jednotlivých oblastí výrobní haly F na konci roku 2019, Zdroj: Automotive Lighting	76
Tabulka 5: Rozměry AKL a dopravníků, zdroj: Automotive Lighting	79

Seznam zkratek

MFE	Manufacturing engineering	FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
AL	Automotive Lighting	VDA	Německé automob. sdružení
BOM	Bill of Materials	WCM	World Class Manufacturing
EOL	End of Line Test	WCB	World Class Business
CAD	Computer Aided Design	SCM	Supply Chain Management
CAE	Computer Aided Engineering	PS	Plant Simulation
CAM	Computer Aided Manufacturing	PLC	Programmable Logic Controller
NC	Numerical Control	AKL	Automatische Kleinteilelager
CNC	Computer Numerical Control	ERP	Enterprise Resource Planning
NOK	Not okay	TTNr	Typteilenummer
AGV	Automated Guided Vehicle	FIFO	First In First Out
TPH	Throughput per hour	ISO	International Organization for Standardization
SW	Software	IT	Information Technology
LED	Light Emitting Diode	BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci

Přílohy

Příloha I – Konceptuální model třetího modelu pro navážeče dva daného modelu

Priloha I

