

Analýza výroby za využití simulačního programu Plant Simulation ve vybrané společnosti

Petr Grossmann

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Petr Grossmann
Osobní číslo: M17937
Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Řízení výroby a kvality
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Analýza výroby za využití simulačního programu Plant Simulation ve vybrané společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Vypracujte literární rešerši k danému tématu.

II. Praktická část

- Analyzujte výchozí stav vybrané linkové výroby.
- Na základě provedené analýzy navrhnete zlepšení.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BANGSOW, Steffen. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Cham: Springer, 2015, 713 s. ISBN 9783319195025.
CHROMJAKOVÁ, Felicitá. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 9788081540585.
YOO, Min-Jung a Rémy GLARDON. *Manufacturing operations management*. New Jersey: World Scientific, 2018, 259 s. ISBN 9781786345332.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Michal Pivnička, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2020**

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 6. ledna 2020

**PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s přípuštěním tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 17.8.2020

Jméno a příjmení: Petr Grossmann

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je analyzovat výrobu ve vybrané společnosti za využití simulačního softwaru Plant Simulation a na základě takto získaných dat navrhnout alespoň dva zlepšovací návrhy. První část práce je teoretická a zabývá se charakteristikami výroby, řízením výroby a počítačovým simulováním. V praktické části je popsána firma a její výroba, která je následně analyzována pomocí simulačního softwaru. Na základě výsledků simulace jsou vytvořeny návrhy na zlepšení, které jsou následně zhodnoceny.

Klíčová slova: počítačová simulace, Plant Simulation, řízení výroby, racionalizace výroby, sériová výroba

ABSTRACT

The aim of this bachelor thesis is to analyze production in a chosen company using the simulation software Plant Simulation and on the basis of the data thus obtained propose at least two suggestions for improvement. The first part of this thesis is theoretical and deals with the characteristics of production, manufacturing management and computer simulation. The practical part describes the company and its production, which is then analyzed using simulation software. Based on the results of the simulation, suggestions for improvement are proposed, which are then evaluated.

Keywords: computer simulation, Plant Simulation, manufacturing management, production rationalization, serial production

Velké poděkování za všechnen jeho čas a úsilí dlužím svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Michalu Pivničkovi Ph.D., který mi velice pomohl nejen vypracovat tuto práci, ale i značně prohloubit své znalosti v oblasti počítačového modelování.

Další poděkování směřuje k vedoucímu oddělení REFA a jeho kolegů z oddělení ve vybrané společnosti. Bez jejich pomoci a spolupráce i v nelehké době epidemie bych tuto práci nedokázal vytvořit.

Závěrečné díky patří mojí rodině. Jejich podpora nejen při vytváření této bakalářské práce a studiu, ale i v celém životě mi byla nedocenitelnou oporou.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝROBA A JEJÍ CHARAKTERISTIKY	12
1.1 DĚLENÍ VÝROBY DLE ČETNOSTI OPAKOVÁNÍ.....	12
1.1.1 Kusová výroba	12
1.1.2 Sériová výroba	13
1.1.3 Hromadná výroba.....	13
1.2 DĚLENÍ VÝROBY NA ZÁKLADĚ VSTUPŮ A VÝSTUPŮ	13
1.2.1 Typ výroby T.....	13
1.2.2 Typ výroby A	13
1.2.3 Typ výroby V	13
1.3 DĚLENÍ DLE ŘÍZENÍ VÝROBNÍHO PROCESU	14
1.3.1 Hlavní výroba.....	14
1.3.2 Vedlejší výroba	14
1.3.3 Doplnková výroba	14
1.3.4 Přidružená výroba	14
2 ŘÍZENÍ VÝROBY	15
2.1 KONKURENCESCHOPNOST	15
2.2 METODIKY ŘÍZENÍ VÝROBY	16
2.2.1 Lean.....	16
2.2.2 Just In Time	17
2.2.3 Six Sigma	18
2.2.4 Kaizen	18
2.2.5 Kanban	19
3 PRŮMYSL 4.0	21
3.1 CHARAKTERISTIKY INTELIGENTNÍCH TOVÁREN	21
3.2 POSOUZENÍ ÚROVNĚ PODNIKU V RÁMCI PRŮMYSLU 4.0	22
4 POČÍTAČOVÉ MODELY A JEJICH VYUŽITÍ	24
4.1 POČÍTAČOVÉ SIMULACE	24
4.1.1 Výhody počítačových simulací	25
4.1.2 Nevýhody počítačových simulací	25
4.1.3 Požadované charakteristiky simulačního softwaru	25
4.2 PRÁCE S DATY	26
5 SOFTWARE PLANT SIMULATION	27
5.1 MODELOVÁNÍ.....	27
5.2 SIMTALK.....	27

6	SHRNUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI.....	28
II	PRAKTICKÁ ČÁST	29
7	PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI	30
7.1	VÝROBKY.....	30
7.2	ÚROVEŇ SPOLEČNOSTI DLE PRŮMYSLU 4.0	30
7.3	EKONOMICKÁ SITUACE.....	30
7.3.1	Aktuální ekonomická situace	31
7.3.2	Predikce ekonomická situace	31
7.3.3	Dlouhodobá predikce ekonomické situace.....	31
8	POPIS VÝROBNÍ LINKY	32
8.1	ZAŘAZENÍ VÝROBY DLE CHARAKTERISTIK	32
8.2	LAYOUT VÝROBNÍ LINKY	33
8.2.1	Tepelné tváření konců	33
8.2.2	Vnější tryskání	34
8.2.3	Povrchová úprava.....	34
9	PODKLADY PRO SIMULACI	35
9.1	SBĚR DAT	35
9.1.1	Tepelné tváření konců	35
9.1.2	Externí vstupy	37
9.1.3	Vnější tryskání	37
9.1.4	Povrchová úprava.....	38
9.1.5	Směny a prostoje	39
9.2	PRÁCE S DATY	39
10	POČÍTAČOVÝ MODEL.....	40
10.1	VÝSLEDEK SIMULACE.....	41
11	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....	43
11.1	NAVÝŠENÍ POČTU KOŠŮ.....	43
11.2	NAVÝŠENÍ POČTU BEDEN.....	44
11.3	ZHODNOCENÍ NÁVRHŮ NA ZLEPŠENÍ.....	45
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK.....	51

ÚVOD

Na současném vysoce konkurenčním trhu je kladen velký důraz na zvyšování produktivity, výkonnosti a efektivity výrobních procesů. Vedoucí pracovníci firem jsou tudíž pod velkým tlakem na konání rozhodnutí a změn za účelem navýšení zmíněných atributů, pokud si chce společnost udržet svoji konkurenceschopnost.

Tito pracovníci se musejí potýkat s velkými objemy dat a při rozhodování se museli spoléhat na svůj úsudek a instinkt. Moderní technologie však umožňují modelování výroby a vizualizaci nejen layoutu, ale i materiálového toku ve výrobě. Je tudíž možné získat komplexní pohled na aktuální stav výroby, ale i jeho proměnu, kterou přinese změna jednotlivých faktorů. Při rozhodování lze tedy brát v potaz měřitelné dopady rozhodnutí a dosahovat větší efektivity.

Program Plant Simulation vyvinutý firmou Siemens PLM Software se věnuje této problematice. S jeho pomocí je možné modelovat, simulovat i analyzovat výrobu a její materiálové toky za účelem zamezení vzniku problémů před jejich vytvořením a celkové racionalizace výroby.

CÍLE A METODY PRÁCE

Cílem této bakalářské práce je analýza vybraného segmentu výroby za využití počítačového modelování v programu Plant Simulation na základě výrobního plánu společnosti. Na základě této analýzy budou navrženy a zhodnoceny alespoň dva návrhy na racionalizaci materiálového toku ve výrobě.

Teoretická část bude věnována studiu literárních a internetových zdrojů souvisejících s tématem, které poslouží jako uvedení do problematiky výroby a modelování. Takto získané poznatky budou využity při zpracování praktické části bakalářské práce.

Praktická část bude spočívat v získání dat ze zvolené společnosti a jejich následném zpracování. Tato data pak poslouží k vypracování modelu výrobní linky, který nám umožní vizualizovat materiálový tok v této oblasti a jeho úzká místa. Získáme tak také analýzu vytiženosti jednotlivých strojů, které se zapojí do výrobního procesu.

Vyhodnocením získaných poznatků bude zjištěno, kde je vhodné dělat změny ve výrobních procesech a jak by měly vypadat. Návrhy změn výrobních procesů budou následně vyhodnoceny po výrobní i ekonomické stránce.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBA A JEJÍ CHARAKTERISTIKY

Výroba se dá jednoduše popsat jako schopnost vyrobit a dodat požadované výrobky a služby. Dá se na ni však pohlížet i jako na využití znalostí a dovedností za účelem uspokojení pracovního cíle. Systémový pohled na průmyslové inženýrství se tedy snaží zahrnout všechny aspekty a detaily důležité pro zužitkování znalostí i dovedností k dosažení co možná nejefektivnější práce. (Badiru, 2014, s. 5)

Nejzákladnější vstupy pro výrobu jsou výrobní faktory, které ukazují, že výroba není ovlivněna pouze technologií a technologickou úrovní, ale i geografii, historií, ekonomickým a politickým vývojem. (Kucharčíková, 2011, s. 17)

V současnosti se v literatuře uvádějí čtyři primární výrobní faktory. Práce, kterou je zde myšleno ekonomicky zaměřenou duševní či manuální činnost, jež ústí ve výrobu potřebných služeb i statků a zisk zdroje příjmu. Půda, která je brána jako souhrn veškerých součástí přírodního prostředí. Kapitál tvořený kapitálovými statky, jež byl získán předchozí výrobní aktivitou a je určen k zachování provozu či rozšíření výroby. A nakonec lidský kapitál, který je charakterizován schopnostmi, vědomostmi, zkušenostmi, talentem i kreativitou jedinců. (Kucharčíková, 2011, s. 24-34)

1.1 Dělení výroby dle četnosti opakování

Na základě četnosti opakování výrobku ve výrobní dávce lze rozdělit výrobu na tři základní druhy. Se řazením od nejmenší velikosti dávky se jedná o kusovou, sériovou a hromadnou výrobu. (Managementmania, 2019)

1.1.1 Kusová výroba

Kusová výroba je výroba jednotlivých, unikátních kusů výrobků na základě specifických požadavků. Jedná se o velmi malé výrobní dávky čítající i pouhé jednotky kusů. Tento druh výroby se vyznačuje absolutní flexibilitou přizpůsobení požadavkům objednávky na úkor vyšších jednotkových nákladů než u výroby pro větší výrobní dávky. (Managementmania, 2019)

1.1.2 Sériová výroba

Sériová výroba pracuje s řádově většími výrobními dávkami, které už se řadí ve stovkách či tisících. Díky větší výrobní dávce jsou jednotkové náklady produktu nižší nejen díky lepšímu rozložení fixních nákladů výroby, ale i díky možnosti využití většího množství stejného materiálu, který může být nakupován ve větším množství, ale ztěžuje se zde přizpůsobení jednotlivým požadavkům zákazníka. Sériová výroba se oproti kusové vyznačuje také vyšším stupněm automatizace. (Managementmania, 2019)

1.1.3 Hromadná výroba

Hromadná výroba zase oproti výrobě sériové pracuje s řádově většími výrobními dávkami, které ještě více snižují jednotkové náklady výrobku na úkor přizpůsobení se zákazníkovi. Typický pro hromadnou výrobu je vysoký stupeň automatizace s vysokým důrazem na optimalizaci materiálového toku. (Managementmania, 2019)

1.2 Dělení výroby na základě vstupů a výstupů

Na základě vazeb mezi vstupy a výstupy lze výrobu společnosti rozlišovat na tři typy výroby. (Loffelmann, 2010)

1.2.1 Typ výroby T

U typu T dochází ke zpracování několika komponentů různými technologickými postupy, čímž vzniká několik variant produktů. Příkladem tohoto typu výroby může být výroba elektroniky. (Loffelmann, 2010)

1.2.2 Typ výroby A

Při výrobě typu A převyšuje počet druhů vstupních materiálů množství výchozích výrobků po zpracování různými technologickými postupy. Zde je příkladem těžké strojírenství. (Loffelmann, 2010)

1.2.3 Typ výroby V

Výroba typu V popisuje výrobní proces, při kterém se z menšího množství druhů vstupních materiálů vyrábí větší množství zpracovaných produktů. Tento druh výroby lze nalézt ve farmaceutickém průmyslu. (Loffelmann, 2010)

1.3 Dělení dle řízení výrobního procesu

Na základě řízení výrobního procesu lze rozlišit výrobu na čtyři kategorie, a to na hlavní, vedlejší, doplňkovou a přidruženou výrobu. (Oudová, 2016, s. 29)

1.3.1 Hlavní výroba

Hlavní výroba činí největší díl výroby společnosti a zahrnuje produkty s nejvyšší přidanou hodnotou. (Oudová, 2016, s. 29)

1.3.2 Vedlejší výroba

Do vedlejší výroby spadá převážně výroba náhradních součástí pro produkty hlavní výroby a výroba polotovarů, které následně putují k dalšímu zpracování. (Oudová, 2016, s. 29)

1.3.3 Doplňková výroba

Doplňková výroba se zabývá zpracováním a opětovným využitím odpadů z hlavní i vedlejší výroby. Tato kategorie obvykle nemá velký podíl na zisku, ale plní důležitou funkci v otázce efektivního využití materiálu a dalších vstupů výroby. (Oudová, 2016, s. 29)

1.3.4 Přidružená výroba

Do této kategorie spadá jiná produkce než ve zbylých částech podniku. Nejsou zde tvořeny značné zisky, neváže se na výrobní plán a jde v ní spíše o zlepšení služeb poskytovaných zákazníkovi. (Oudová, 2016, s. 29)

2 ŘÍZENÍ VÝROBY

Obsah a funkce managementu výrobních procesů nejsou jednoznačně určené pro jakýkoliv podnik a na základě druhu výroby může zahrnovat rozsáhlý výčet charakteristik. I tak lze však vycházet ze základních cílů a nástrojů výrobního managementu, které jsou dány podstatou a cíli ekonomické stránky produkčního procesu. (Jurová, 2013, s.12)

Pokud je přijato moderního pojetí podnikání spojeného s principy marketingu, tak lze dojít k závěru, že moderní podnik se maximálně snaží vyhovět požadavkům zákazníků, trhu a nabídnout uživatelům jeho výrobků konkurenčně schopný výrobek. Takovýto podnik musí disponovat moderním výrobním úsekem, který se vyznačuje vysokou mírou flexibility přizpůsobení požadavkům na kvalitu, čas i náklady. (Jurová, 2013, s.12)

Moderně řízený podnik tudíž podle Jurové (2013, s.12) vyžaduje výrobu:

- s kapacitou vyhovující výrobním požadavkům;
- s kvalitní logistikou, která zajistí realizaci požadavků v logistickém řetězu;
- technologicky dobře vybavenou;
- schopnou dosažení požadované kvality;
- neustále hledající možnosti snížení nákladů;
- organizovanou s ohledem na možnosti jejího přizpůsobení;
- zajištěnou výrobními faktory požadovanými k výrobě;
- vybavenou pracovníky s náležitou kvalifikací;
- dosahující požadovaného stupně produktivity;
- komplexně inovativní, hledající nová řešení problémů.

2.1 Konkurenceschopnost

Konkurenceschopnost lze popsat jako schopnost pronikat s výrobky a službami na trh, prosadit se na něm, získávat z něj výhody a vytvářet takto předpoklady pro dlouhodobý růst. Je také možné mluvit o souboru nástrojů podporujících růst produktivity a dlouhodobě udržitelný ekonomický růst. (Kucharčíková, 2011, s. 12)

Konkurenceschopnost se tedy stává nejen prostředkem, ale zároveň částečně i cílem při dosahování primárních ekonomických cílů. (Kucharčíková, 2011, s. 12)

2.2 Metodiky řízení výroby

Současné ekonomické prostředí se vyznačuje neustále se zvyšujícím konkurenčním tlakem a kladením důrazu na řízení procesů při dosažení největší efektivity výroby a udržitelnosti rozvoje. Hlavní otázkou tedy zůstává, jak dosáhnout těchto hodnot a začlenit je do hlavní činnosti průmyslového podniku. (Chromjaková, 2013, s. 11-13)

2.2.1 Lean

Koncept štíhlosti se zakládá na předpokladu, že veškeré firemní aktivity, které neústí v přidanou hodnotu pro zákazníka, jsou vlastně plýtváním, jež je nutné eliminovat. Při řízení se touto myšlenkou je tedy nutné zbavit se veškerých nákladů podniku, které nejsou zákazníci ochotni zaplatit. (Chromjaková, 2013, s. 33)

Zákazníci dnes vyjednávají a definují cenu, tudíž je podle Chromjakové (2013, s. 33) nutné řešit tři klíčové parametry výroby:

- čas výroby;
- náklady výroby;
- kvalitu výroby.

Klíčové principy filosofie lean popisuje Chromjaková (2013, s. 33) jako:

- otevřenost – problémy jsou vlastně příležitosti;
- problém je řešen a zkoumán tam, kde vzniká;
- snaha o dokonalost – zlepšování nemá konce;
- důvěra a spolupráce tvoří synergii;
- minimalizace plýtvání a maximalizace přidané hodnoty;
- definování hodnot pro zákazníka;
- budování maximálně plynulých toků;
- zavedení tahového řízení;
- dovedení všeho k dokonalosti.

Koncept lean se zaměřuje do oblasti zeštíhlování formou cíleného eliminování neproduktivních činností a regulací činností produktivních i jejich vlivu na celkovou velikost přidané hodnoty produktu. (Chromjaková, 2013, s. 33)

2.2.2 Just In Time

Metoda Just In Time se může být popsána jako přesný pohyb správného materiálu a produktů ve správnou dobu na správné místo, jež cílí na redukci materiálu v zásobovacím řetězci. Tímto způsobem následně při správné implementaci dosahuje snížení nákladů.

Dle Keřkovského (2012, s. 83) se koncept JIT zakládá na výrobě minimálního množství produktů, v minimální potřebné kvalitě, v přesném množství a v nejpozdějším přípustném čase.

Keřkovský (2012, s. 83) považuje za hlavní cíl metody JIT eliminaci pěti druhů plýtvání:

- nadprodukce;
- nekvalitní produkce;
- udržování zásob;
- čekání;
- přeprava.

Úspěšné zavedení metodiky JIT přináší podle Keřkovského (2012, s. 85):

- redukci zásob a rozpracované výroby;
- efektivnější nakládání s výrobními faktory;
- úsporu výrobních i skladových kapacit;
- zkrácený výrobní čas.

2.2.3 Six Sigma

Ve statistickém modelování se sigmou označuje počet vad na určitý objem produkce. Six Sigma v tomto pojetí pojednává o statistickém předpokladu, že v milionu výrobků budou nalezeny 3,4 vady. (Badiru, 2014, s. 47-48)

Zatímco statistická kontrola procesů zůstává v jádru metodiky Six Sigma, byl tento pojem koncepčně rozšířen, aby zahrnoval snižování výskytu i dalších druhů problémů. I když tato metodika specificky nemíří na tvorbu vyšší kvality, dosahuje jí díky redukci závad a technických odchylek výrobku vzniklých ve výrobních procesech. (Badiru, 2014, s. 48)

V metodice Six Sigma je považováno, že kvalita přichází skrz kontinuální snahu redukce odchylek výstupů z firemních procesů. Místo aby se zde spoléhalo na instinkty a hádání při tvoření rozhodnutí, zakládá se metoda na sběru a následné analýze dat pro činění správných kroků. (Badiru, 2014, s. 48)

Badiru (2014, s. 48) popisuje kroky (DMAIC), která metoda využívá ke zlepšení existujících procesů:

- definovat – dochází k definování cíle, jsou získány potřebné informace;
- měřit – důraz je kladen na měření a měřitelné ukazatele;
- analyzovat – analýza příčin problémů a nedostatků;
- zlepšovat – skutečná příčina problémů je odstraněna;
- řídit – po vyřešení problému je třeba změny zavést do standardizovaných procesů.

2.2.4 Kaizen

Pro kaizen, který je založen na japonské kulturní tradici, je specifické neustálé úsilí o zlepšení pomocí zdokonalování by nejmenších detailů. Dá se pojmut i jako způsob života či životní filozofie. Díky postupné optimalizaci dochází k navyšování kvality produktů, snížení zmetkovitosti, materiálovým úsporám a časovým úsporám, které vedou ke snižování nákladů. Dochází zde také ke sníženému množství úrazů na pracovišti a ke zvýšení bezpečnosti práce. (Managementmania, 2019)

Základem metody je zapojení veškerých pracovníků podniku napříč veškerými stupni výroby od vrcholného managementu po jednotlivé pracovníky ve výrobě. Všichni tito lidé mají možnost předložit ostatním své nápady na zlepšení, která jsou následně posouzeny a vyhodnoceny. (Managementmania, 2019)

Kromě již zmíněných benefitů přináší kaizen také další výhody:

- zlepšení komunikace na pracovišti;
- zpříjemnění nálady na pracovišti a firemní kultury;
- motivační efekt na pracovní výkony. (Managementmania, 2019)

2.2.5 Kanban

Kanban, v překladu štítek nebo karta, se zakládá na maximální harmonizaci výrobních procesů s materiálovým tokem. Primárním cílem metody je podpora výroby na objednávku, což redukuje potřebné zásoby pro výrobu a usnadňuje dodržování termínů. Zavedení metody je ideální pro opakovanou výrobu, kde se vyskytuje vysoký počet stejných produktů s velkou mírou odbytu. (Yoo, 2018, s. 216)

Pro systém kanban, který také bývá nazýván supermarketovým principem, je charakteristický materiálový tok směřující dopředu, od producenta ke spotřebiteli, a informační tok mířící dozadu, od spotřebitele k producentovi. Příkladem může být výměna produktů a informací v supermarketu, které taky dodržují dané směry (Bangsow, 2015, s. 228)

Předpoklady pro zavedení systému kanban popisuje Yoo (2018, s. 216-218) jako:

- efektivní kontrola kvality na pracovišti;
- časté opakování výroby bez značných výkyvů;
- dobře proškolený a motivovaný personál;
- harmonizace výroby a materiálového toku;
- rychlé přestavby strojů;
- ochota zaměstnanců pracovat nad míru;
- rychlé odstraňování poruch;
- správná layout linky;
- schopnost managementu delegovat pravomoci.

Dále Yoo (2018, s. 218-220) uvádí pravidla pro správné fungování metody:

- zaměstnanci následujícího stanoviště přijímají výrobky předchozího stanoviště přesně podle plánu kanban;

- zaměstnanci vyrábějí pouze přidělené produkty;
- bez přítomnosti karet kanban nesmí být na pracovišti prováděna žádná činnost;
- karty kanban jsou při přepravě svázané s produkty, jichž se týkají;
- zaměstnanci výroby odpovídají za absolutní kvalitu odeslaných produktů, pokud je zjištěna chyba, systém se zastaví, dokud není odstraněna;
- počet startovních kanban karet musí být postupně snižován a nahrazován zvýšením provázání procesů a snížením zásob.

3 PRŮMYSL 4.0

Průmysl 4.0 přináší do výroby změnu, která znamená transformaci ze samostatných automatizovaných jednotek na plně integrovaná, automatizovaná a neustále optimalizovaná výrobní prostředí. Dojde tedy ke vzniku nové globální sítě založené na integraci výrobních jednotek do kyberneticko-fyzických systémů. (Mařík, 2016, s. 26)

Tyto systémy se mají stát základním stavebním kamenem inteligentních továren, kde bude docházet k autonomní výměně informací, vyvolání nutných akcí v reakci na aktuální podmínky ve výrobě a nezávislé kontrole. Díky propojení všech senzorů, strojů a IT systémů se zajistí neustálá analýza a reakce na přijatá data, které poslouží k předvídání i nápravě chyb, konfiguraci zařízení a vhodnou reakci na aktuální pracovní podmínky. (Mařík, 2016, s. 26)

V těchto výrobních podnicích budou vznikat inteligentní produkty, které budou jednoznačně identifikovatelné i lokalizovatelné a u kterých bude známa vedle jejich historie a aktuálního stavu i jejich alternativní cesty k finálnímu produktu. (Mařík, 2016, s. 26)

U takovýchto podniků se dá také očekávat horizontální propojení vertikálních výrobních procesů v rámci firemních systémů, jež budou schopny okamžité pružné reakce na změny požadavků zákazníků a trvalé optimalizace výrobních procesů. (Mařík, 2016, s. 26)

3.1 Charakteristiky inteligentních továren

Mařík (2016, s. 26-27) dále shrnuje charakteristiky inteligentních továren do bodů odpovídajících konceptu Průmyslu 4.0:

- optimalizace výrobních procesů za využití vertikálně i horizontálně integrovaných IT systémů;
- nahrazení izolovaných výrobních jednotek vzájemně propojenými plně automatizovanými výrobními linkami;
- nahrazení fyzických prototypů virtuálními návrhy výrobků, výrobních prostředků i procesů, jejichž integrované zapojení do provozu zahrnuje spolupráci výrobce i dodavatele;
- flexibilita procesů ve výrobě umožňuje efektivní výrobu rozličných výrobních dávek při respektování požadavků zákazníka;

- vzájemně komunikující výrobní zařízení, roboti i výrobky jsou schopny limitovaného autonomního rozhodování v reálném čase za účelem zvýšení flexibility a efektivity výroby;
- výrobní zařízení je schopno autonomní konfigurace a optimalizace v závislosti na parametrech zpracovaného produktu;
- logistické zázemí je automatizované a za využití autonomních vozíků i robotů se automaticky přizpůsobuje uspokojení potřeb výrobní linky.

3.2 Posouzení úrovně podniku v rámci Průmyslu 4.0

Pohled na Průmysl 4.0 staví na předpokladu nadřazenosti digitálního přístupu k podnikání, využití virtuálních predikcí, modelování, flexibilního přizpůsobení zákaznickým požadavkům řízení výroby i logistiky vedoucí k razantnímu zvyšování tržního potenciálu podniku a navyšování efektivity práce. (Mařík, 2016, s. 37)

Z hlediska připravenosti podniku na Průmysl 4.0 uvádí Mařík (2016, s. 38) pět úrovní digitální vyzrálости firmy či organizace.

První úroveň

Společnost vlastní informační systém pro řízení výroby, ale její přítomnost na internetu je pasivní. Začíná se zde uvažovat o digitalizaci výroby, výrobních procesů návrhů produktů i údržby. I když nemá definovanou digitální strategii je schopná částečného zapojení do informačních toků dodavatelsko-odběratelských vztahů. Existuje zde základní ekonomický software pro komunikaci s institucemi státní správy. (Mařík, 2016, s. 38)

Druhá úroveň

Zde se již dá očekávat interaktivní webová přítomnost společnosti, softwarové řízení a pochopení významu dat společností. Jsou realizovány základní integrační projekty, dílčí automatizace a uvažuje se o nastavení digitalizační strategie i zapojení do informačních toků dodavatelsko-odběratelských vztahů. (Mařík, 2016, s. 38)

Třetí úroveň

Společnost je přítomná na více kanálech, čímž jsou myšleny mobily, tablety, sociální sítě a web. Digitální strategie je již definována a jsou přítomny projekty integrace datové architektury, integrovaná automatizace řízená v reálném čase i personalizované produkty s virtuálním komponentem. (Mařík, 2016, s. 38)

Čtvrtá úroveň

Společnost je přítomna na více kanálech v digitálním světě a existuje v ní personalizovaná digitální strategie. Celý produkční řetězec od sdílení dat se zákazníkem až po subdodavatele je integrován v datové architektuře. Za využití digitální diagnostiky zde dochází k predikci neshod v systému a poruch. (Mařík, 2016, s. 38)

Pátá úroveň

Firmy se stala digitální platformou spojující svět on-line a off-line v jeden integrovaný ekonomický celek. Zákaznická zkušenost je jedinečně personalizovaná v průběhu celého společného partnerského vztahu. Díky nejnovějším a nejefektivnějším přístupům realizuje kyberfyzický systém individuálně fyzické části produktů. Společnost také poskytuje digitalizační služby svým partnerům i subdodavatelům a dosahuje tak globálního řízení produkčního doménového prostoru. (Mařík, 2016, s. 38)

4 POČÍTAČOVÉ MODELY A JEJICH VYUŽITÍ

Při uvědomění, jak velmi efektivní dokážou dobře navržené počítače být, je zřejmé, že jejich využití v podnicích je ideálním krokem vpřed. Sice ve společnosti stále místy existují předsudky o nízké účinnosti a drahosti těchto zařízení, ale tato představa se čím dál rychleji vytrácí. (Deis, 2012, s. 6)

Ve starších systémech bylo složitější nakládat s daty a samotná akt vkládání dat býval pracovně velmi náročný. Nyní je však možné od programů očekávat jistou míru uživatelské přátelskosti a jednoduchosti ovládání. (Deis, 2012, s. 6)

Integrací datových sítí dosahují společnosti větší koordinace mezi jednotlivými složkami podniku. Dochází tedy ke značně menšímu počtu nedorozumění mezi útvary řízení výroby, účetnictví, marketingu, nákupu a dalšími firemními odděleními. (Deis, 2012, s. 7)

4.1 Počítačové simulace

Toto však není jediná oblast, kterou změnily počítače k lepšímu. V současnosti neexistuje skoro žádná vědní disciplína, která by nevyužívala modelování k simulaci reálných procesů a událostí. Výrobní sféra není jiná a také těží z možnosti sledovat dopady reálných i teoretických podmínek za využití simulací. (Hubálovský, 2011, s. 74)

Hlavní důvody, proč se dnes simulacím dostává uznání, líčí Hubálovský (2011, s. 74) jako:

- simulace se staly neodmyslitelnou součástí poznávacího procesu díky možnosti studovat modely reality;
- počítačové simulace umožňuje nejen zpracovat velké množství experimentálních dat, ale i získat jejich kvantitativní a kvalitativní zhodnocení;
- počítačové simulace umožňují potvrdit či vyvrátit teoretické modely.

Kvalita designu modelu je velmi důležitý faktor, který ovlivňuje potřebná vstupní data, rychlost vývoje modelu, relevanci modelu, rychlost testování teorii pomocí modelu a váhu výsledků požadované simulace. (Robinson, 2011, s. 3)

4.1.1 Výhody počítačových simulací

Hubálovský (2011, s. 76-77) uvádí primární výhody počítačových simulací, jež podle něj odůvodňují nárůst jejich oblíbenosti:

- testování simulací umožňuje správně zvolit všechny aspekty a změny konceptuálního systému bez využití dalších zdrojů;
- simulace umožňuje zrychlení či zpomalení časových dějů;
- zkoumání procesu pomocí simulace umožňuje optimalizaci řízení a nastavení procesu bez narušení jeho reálného chodu;
- simulace umožňují diagnostiku problémů a hledání jejich původu v komplexních systémech;
- simulace umožňuje specifikaci požadavků na teoretický model za účelem co nejefektivnějšího dosažení cíle.

4.1.2 Nevýhody počítačových simulací

Jako hlavní nevýhody simulací zmiňuje Hubálovský (2011, s. 76-77) tyto body:

- simulace nemusí odpovídat a je chybné automaticky předpokládat, že ano
- tvorba simulace může být časově a nákladově náročnější než jiné řešení problému

4.1.3 Požadované charakteristiky simulačního softwaru

Robinson (2011, s. 485) představuje výčet vlastností simulačního softwaru, které jsou většinou požadované pro správné plnění jeho funkcí:

- jednoduchost použití;
- rychlost naučení ovládání;
- schopnost zachytit všechny požadované aspekty modelu;
- jednoduchost implementace změn;
- možnost srovnání s alternativními modely;
- pochopitelnost dat získaných z modelu;
- dobrá schopnost vizualizace;
- možnost spolupráce online;

- data z modelu jde využít v podnikových přístrojích;
- snadné opětovné použití a interoperabilita

4.2 Práce s daty

Data je možné brát jako fakta o světě od věku a teploty po počet schodů ve schodišti a finanční transakce. V momentu, kdy se s daty začalo pracovat a byla pochopena jejich hodnota, se z dat stávají informace. Znalosti se tvoří v okamžiku, kdy dojde ke změně informací a dat na sadu pravidel, která slouží jako pomoc při rozhodování. (Cuesta, 2015, s. 25)

Před zpracováním dat je třeba zajistit jejich vyčištění, normalizaci a převod na optimální vyžadovanou sadu, kdy se snažíme vyhnout kvalitativním odchylkám. Kvalitativními odchylkami jsou myšleny neplatné, neodpovídající, dvojjazyčné a chybějící hodnoty. (Cuesta, 2015, s. 28)

Analýza nesprávně připravených dat má podle Cuesta (2015, s. 28) za následek vysokou pravděpodobnost nespolehlivosti získaných výsledků. Tudíž je v datech žádoucí sledovat následující rysy:

- jednoznačnost;
- kompletnost;
- správnost;
- koherenci;
- standardizaci;
- počitatelnost;
- nezdvojenost.

5 SOFTWARE PLANT SIMULATION

Simulační software Plant Simulation je důležitým nástrojem při plánování, implementaci a řízení komplexních technických systémů. Jeho výhody se ukazují hlavně v oblastech, kde už nelze využívat jednoduché metody a očekávat užitečné výsledky. (Bangsow, 2015, s. 1)

5.1 Modelování

Na sestavení modelů neexistují pevně daná pravidla nebo návody. Během navrhování modelu teprve dochází k postupnému zjišťování, jak do sebe jednotlivé vazby zapadají. (Hubálovský, 2011, s. 67)

Při modelování v softwaru Plant Simulation je však výhodné zjednodušit model na několik částí, subsystémů, které budou následně spojeny ve vyšší úrovni komplexního modelu. (Bangsow, 2010, s.10)

5.2 SimTalk

Základní chování objektů v softwaru Plant Simulation často nemůže v praxi uspokojit veškeré požadavky, jež jsou nutné pro realistický model situace. Za účelem rozšíření a modifikace základních funkcí nabízí Plant Simulation svůj vlastní programovací jazyk, SimTalk, který umožňuje ovládat základní chování individuálních objektů. (Bangsow, 2015, s. 17)

Bangsow (2015, s. 17) dále uvádí, že je možné na základě jeho vlastností možné rozdělit SimTalk do dvou kategorií:

- kontrolní struktury;
- jazykové konstrukty.

6 SHRUTÍ TEORETICKÉ ČÁSTI

Začátek teoretické části práce byl věnován úvodnímu představení výroby jako takové z odborného hlediska a pokračoval popisem několika možných kritérií dělení různých druhů výroby, pro získání větší orientace v problematice a zajištění správného přístupu k reálným exemplářům výroby.

Následující oddíl práce byl zaměřen na řízení výroby. Byly zde vysvětleny cíle i podstata a potom byly uvedeny vybrané techniky řízení výroby, které jsou při správné implementaci dobrým pomocníkem pro každého průmyslového inženýra.

Po řízení výroby se dostal na řadu Průmysl 4.0, který je aktuálně důležitým trendem vývoje a bývá chápán jako nová průmyslová revoluce. Využití počítačových simulací také úspěšně zapadá do celé této koncepce.

Za představením Průmyslu 4.0 se nacházel výčet možných úrovní podniků, jak by byly rozřazeny s přihlédnutím k této koncepci.

Závěrečná část se věnovala počítačovým simulacím, jejich využití a samotnému softwaru Plant Simulation. Byly zde nastíněny různé pohledy na využití počítačů v průmyslové sféře, probrány výhody i nevýhody a úskalí práce s daty. Nakonec byl představen software Plant Simulation společně se svým programovacím jazykem SimTalk.

Po spojení všech těchto znalostí je následně možné tvořit, upravovat a vyhodnocovat simulace výroby. Bez základních znalostí výrobní problematiky není možné efektivně vytvářet počítačové simulace a správně vyhodnocovat jejich výstupy. Naopak bez schopnosti model vytvořit nedojde ani k získání informačních výstupů ke zkoumání.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

Vybraná společnost, je lokální odnoží globální strojírenské skupiny, která se zaměřuje na využití svého specifického technologického know-how k výrobě odlehčených komponentů vysoce odolných namáhání, které si na trhu dobývají místo s vysokou přidanou hodnotou.

Firma klade důraz nejen na maximální uspokojení i těch nejsložitějších požadavků zákazníků a zajištění udržitelného růstu společnosti, ale i na minimalizaci dopadu výrobní činnosti a s ní spojenými procesy na životní prostředí a profesní rozvoj zaměstnanců.

Po dohodě s vybranou společností byly zatajeny jisté klíčové údaje využité při zhotovení modelu a jméno samotné společnosti, aby byla zajištěna důvěrnost informací. V práci se také nenacházejí žádné fotografie z prostředí společnosti.

7.1 Výrobky

Vybraná výrobní firma se převážně zaměřuje na zásobování automobilového průmyslu vysoce kvalitními komponenty, které jsou následně využity při montáži automobilů.

Portfolio výroby lokálního závodu společnosti se skládá převážně z:

- pružin vinutých za studena;
- trubkových stabilizátorů;
- plných stabilizátorů;
- tvarových výlisků z pryže.

7.2 Úroveň společnosti dle Průmyslu 4.0

Společnost se vyznačuje prvky integrované datové architektury a v současnosti má vypracovanou digitalizační strategii, která však podléhá úpravám. Přítomnost společnosti na několika kanálech je spíše méně výrazná, ale existuje. Tudíž bych jí celkově přiřadil spíše třetí úroveň, co se týče pohledu koncepce Průmyslu 4.0.

7.3 Ekonomická situace

Pro zavádění většiny změn ve výrobních procesech je za potřebí jistého kapitálu a díky této potřebě je důležité znát aktuální i predikovaný ekonomický stav firmy. Implementace změn tudíž může být nežádoucí při nedostatku potřebných prostředků pro její realizaci nebo při nejistotě návratnosti vložené investice.

7.3.1 Aktuální ekonomická situace

Společnost byla samozřejmě zasažena neblahou epidemickou situací v České republice a ve světě, jež jí způsobila výpadky výroby nejen ve vlastní továrně, ale i na stranách dodavatelů a odběratelů. Musela tudíž využít nemalé kapitálové zdroje na zachování výroby a zaměstnanosti.

V současnosti se však situace zlepšuje a firma nemá problém s nedostatkem objednávek.

7.3.2 Predikce ekonomická situace

Momentální predikce přisuzují do budoucnosti následky epidemické krize, které by mohly způsobit další propad automobilů, což by mělo špatný vliv na objednávky ze strany odběratelů. Také možné výrazné zhoršení epidemické situace by mělo za následek skokové propady prodejů aut a tím i zájem o jejich součástky.

7.3.3 Dlouhodobá predikce ekonomické situace

V dlouhodobějším měřítku jsou automobilový průmysl a jeho dodavatelské řetězce ohroženy dlouhodobou tendencí zpřísňujících se regulací spojené převážně s přímými emisemi automobilů a opatření, které mají automobilky motivovat k vývoji šetrnějších pohonných jednotek.

V případě markantního rozvoje elektromobility by však neměla společnosti hrozit ztráta odbytu komponentů, protože se výrobní portfolio společnosti koncentruje na prvky řídicí soustavy, které by i v elektromobilech měly s možnými drobnými změnami formy zůstat zachovány.

8 POPIS VÝROBNÍ LINKY

Výrobní linka, která je předmětem této bakalářské práce, se zabývá vysoce přesnou výrobou stabilizátorů, které slouží jako důležitá součást řídicí soustavy automobilů.

8.1 Zařazení výroby dle charakteristik

Tato výrobní linka zpracovává větší série produktů a vyznačuje se vysokým stupněm automatizace, tudíž ji lze označit za sériovou výrobu.

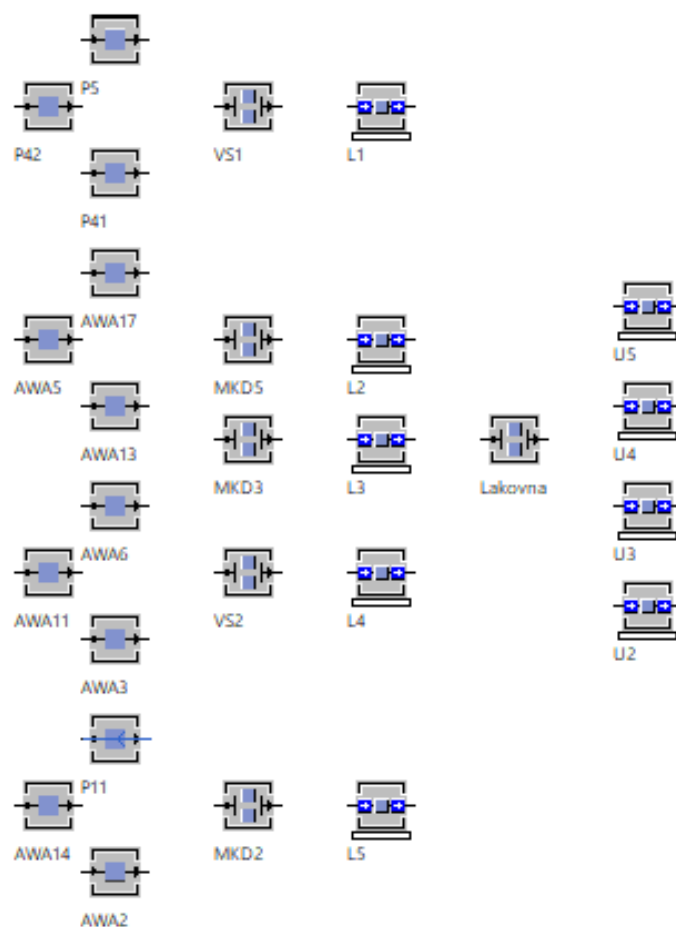
Z linky na konci vystupuje stejný počet kusů jako na začátku vstupuje. Je tedy řeč o výrobě typu T.

Stabilizátory, které jsou na této lince vyráběny, jsou jednou z primárních složek výrobního portfolia podniku. Stává se tedy zřejmým, že zde probíhá hlavní výroba firmy.

8.2 Layout výrobní linky

Layout výrobní linky je zobrazen na obrázku 2 je rozdělená na tři primární úseky, kterými jednotlivé výrobky prochází při zpracování výrobním procesem. Tyto tři části se nazývají:

- tepelné tváření konců;
- vnější tryskání;
- povrchová úprava.



Obrázek 1 Zjednodušený layout výrobní linky (vlastní zpracování)

8.2.1 Tepelné tváření konců

První část linky na obrázku 1 je tváření konců, které se skládá ze strojů pod označením P a AWA. Při vstupu do tohoto úseku výrobní linky jsou konce stabilizátorů rozžhaveny na potřebnou teplotu, při které jsou následně vytvarovány do požadovaného tvaru.

Za písmeny P a AWA se skrývají stroje s mírně odlišnými procesy zpracování produktů, ale v rámci popisu simulace budou společně označovány jako tváření.

Originální názvy strojů musely být pro potřeby simulace zjednodušeny a pozměněny, aby byly přijaty softwarem Plant Simulation ke zpracování.

8.2.2 Vnější tryskání

Druhá část linie (viz obrázek 1 na straně 33) se skládá ze strojů s označením VS a MKD. Zase se zde mezi jednotlivými stroji vyskytují jisté odlišnosti, ale mohou být zastřešeny pod pojmem tryskání.

VS i MKD jsou v layoutu (viz obrázek 1 na straně 33) zobrazeny rozdílnou ikonou od strojů P a AWA, protože na rozdíl od linie tváření, stroje linie tryskání zpracovávají paralelně několik dávek produktů zaráz. Tomuto faktu odpovídá využití ikony paralelních procesů pro jejich znázornění.

8.2.3 Povrchová úprava

Do této třetí a finální části linky (viz obrázek 1 na straně 33) spadají veškeré stroje s označením L a U spolu se samotnou Lakovnou. Stroje L zajišťují navěšování produktů na návěsy pro průchod Lakovnou, která je stále v chodu a opracovává jisté množství návěsů zaráz. Stroje U se starají o svěšování produktů z návěsů, které prošly lakovnou. Stroje L a U mají stejné skupinové takty i když je na straně U o jedno stanoviště méně. Takto je zajištěn plynulý tok produktu přes lakovnu.

9 PODKLADY PRO SIMULACI

Cílem této simulace je vytvořit model reálné výrobní linky ve vybrané společnosti a využít tento model ke sledování procentuální vytíženosti strojů a identifikaci úzkých míst materiálového toku.

9.1 Sběr dat

Sběr dat nutných pro vypracování počítačové simulace probíhal osobně na místě pomocí fyzického pozorování výroby a za využití firemního informačního systému. Veškeré informace byly následně konzultovány s vedoucím oddělení REFA, aby byla zajištěna jejich správnost a úplnost.

Velkou překážkou sběru dat se stalo vypuknutí pandemie koronaviru, která zapříčinila ztrátu fyzického přístupu do firmy a komplikace s celkovou komunikací. Díky spolupráci ze strany zaměstnanců firmy se však podařilo získat veškerá potřebná data a simulaci zhotovit.

9.1.1 Tepelné tváření konců

Každý stroje z kategorie tváření vykonává specifický výrobní proces, a tudíž není možné mezi nimi volně zaměňovat výrobky, jež je nutné opracovat. Před a za každým strojem se nachází kolejnice, po které vstupují a vystupují výrobky ze stroje a která na sobě uskladní 10 kusů výrobků. Tyto výrobky dále postupují na jasně daný specifický tryskač v linii.

Tabulka 1 Výrobní zakázka pro stroje P (vlastní zpracování)

Stroj	Počet kusů	Výrobek	Stroj	Počet kusů	Výrobek
P5	301	z090694	P41	1200	z090616
P42	950	z090543_a1	P41	1100	z090616_a1
P42	1100	z090695_a1	P41	752	z095490
P42	612	z095539_a1	P41	408	z90244026
P42	1194	z090616	P41	267	z090823
P11	235	z90101620	P41	712	z90244026
P11	393	z90033286	P11	598	z43114310

Názvy výrobků i strojů (viz tabulka 1 na straně 35) musely být pro potřeby simulace zjednodušeny, aby byly kompatibilní se simulačním softwarem. Při změně druhu kusů na stroji dochází k přestavbě trvající 4 hodiny.

Tabulka 2 Výrobní zakázka pro stroje AWA (vlastní zpracování)

Stroj	Počet kusů	Výrobek	Stroj	Počet kusů	Výrobek
AWA17	250	z090586_a1	AWA13	506	z090801
AWA17	1236	z090579	AWA13	2010	z90224317
AWA17	409	z90190354_a1	AWA13	2747	z090589_a1
AWA17	596	z090849	AWA6	1928	z090590_a1
AWA17	681	z090578	AWA6	1837	z090591_a1
AWA17	988	z90190354_a1	AWA6	1642	z090850_a1
AWA17	921	z090565_a1	AWA6	1302	z090591_a1
AWA5	1355	z090576_a1	AWA11	800	z090816
AWA5	2224	z090577_a1	AWA11	800	z090747
AWA5	530	z090574_a1	AWA11	800	z090770_a1
AWA5	532	z090575_a1	AWA11	1200	z090755_a1
AWA5	896	z090579_a1	AWA11	800	z090770_a1
AWA5	1228	z090576_a1	AWA11	1256	z090620
AWA3	190	z095588	AWA11	991	z090619
AWA3	1250	z095566	AWA11	104	z090770_a1
AWA3	1800	z095567	AWA14	4420	z090620_a1
AWA3	1364	z090853	AWA14	1695	z43113710
AWA3	320	z095588	AWA2	361	z43113810_a1
AWA2	1321	z43113710_a1	AWA2	1430	z43113910_a1
AWA2	1477	z43114510_a1			

Názvy strojů AWA a jejich výrobků (viz tabulka 2 strana 36) také prošly zjednodušením pro zajištění kompatibility formátu zápisu. Při přechodu na nový typ výrobku dochází na strojích AWA k přestavbě trvající 1 hodinu.

9.1.2 Externí vstupy

Na úrovni tváření vstupují do linie produkty, které nevyžadují opracování v této linii a míří rovnou na zpracování v tryskačích.

Tabulka 3 Výrobní zakázka externích vstupů (vlastní zpracování)

Stroj	Počet kusů	Výrobek	Stroj	Počet kusů	Výrobek
VS1	591	z90212501	VS2	570	z90210161
VS1	240	z090542	VS2	418	z90210155
VS1	135	z90212501	VS2	780	z095549
VS1	90	z90212501	VS2	262	z090600
MKD5	202	z90209559_v	VS2	531	z095423
VS2	270	z095474	VS2	65	z095566_v

Kolona Stroj zde (viz tabulka 3 strana 37) určuje kam výrobky z externího zdroje směřují.

9.1.3 Vnější tryskání

Stroje MKD a VS z úseku tryskání (viz obrázek 1 na straně 33) zpracovávají výrobky navěšené v koších, jejichž kapacita se mění v závislosti na typu výrobku a kterých má každý tryskač přidělených pouze 7 kusů.

Tabulka 4 Vnější tryskání (vlastní zpracování)

Stroj	Procesní čas	Procesní kapacita
VS1	7 min	3 koše
MKD5	7 min	3 koše
MKD3	8 min	5 koše
VS2	7 min	3 koše
MKD2	8 min	3 koše

S výjimkou tryskačů MKD3 a MKD2 (viz tabulka 4 strana 37), jejichž procesní čas činí 8 minut, mají ostatní tryskače stejný procesní čas 7 minut. Tryskače standardně dokážou zpracovat 3 koše záraz s výjimkou tryskače MKD3, který má kapacitu zpracování 5 košů.

9.1.4 Povrchová úprava

Stroje s označením L provádějí navěšení výrobků na návěs, naopak stroje U tyto výrobky pro průchodu Lakovnou svěšují a návěs vracejí zpět do oběhu. Při vykládání koše, který přijel z tryskače, musí koš setrvat na místě, dokud z něj nejsou veškeré výrobky naloženy na návěsy a až potom je možné vrátit koš zpět do fronty pro další naplnění.

Tabulka 5 Takty svěšování a navěšování pro lakovnu (vlastní zpracování)

Stanoviště	Doba navěšování	Stanoviště	Doba navěšování
L1	3 min	U5	3 min
L2	3 min	U4	3 min
L3	3 min	U3	3 min
L4	3 min	U2	1,5 min
L5	3 min		

Stanoviště U2 (viz tabulka 5 strana 38) má oproti ostatním stanovištím poloviční dobu navěšování, tudíž kompenzuje nižší počet stanovišť U a je zachován vyrovnání takt u obou skupin.

9.1.5 Směny a prostoje

Výrobní linka jede ve dvousměnném dvanáctihodinovém provozu. Tváření a tryskání mají stejnou směnu i prostoje, ale úsek povrchové úpravy se liší.

Tabulka 6 Směna a prostoje (vlastní zpracování)

Důvod zastavení	Tváření a tryskání	Povrchová úprava
Přestávky	60 min	60 min
Úklid	30 min	30 min
Předání směny	30 min	-
Technické poruchy	26,4 min	28 min
Osobní prostoje	26,4 min	5,6 min

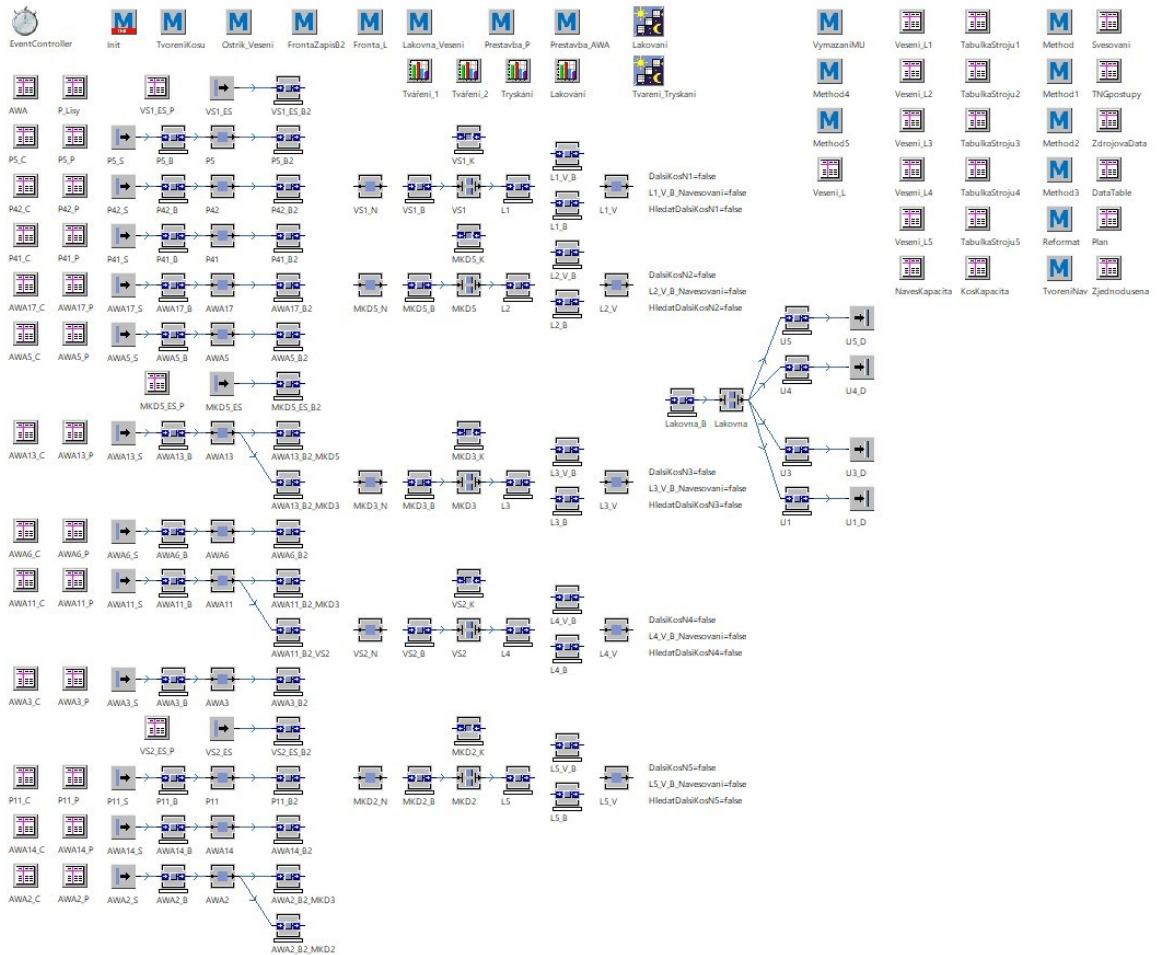
Časy uvedené pod povrchovou úpravou (viz tabulka 6 strana 39) se vztahují nejen na Lakovnu, ale i na stanoviště L a U. Dochází zde také k předání směn, ale tento úkon je vykonáván v průběhu výroby, tudíž není odečten z časového fondu pro tento úsek.

9.2 Práce s daty

Veškerá získaná data byla následně přefiltrována a dle potřeby transformována do formy, která vyhovuje softwaru Plant Simulation. Například výrobní takty některých strojů musely být převedeny na výrobní časy a zpřístupněné databáze byly očištěny od nepotřebných dat.

10 POČÍTAČOVÝ MODEL

Lze vidět, že hotový model (viz obrázek 2 strana 40) se značně liší od zjednodušeného layoutu (viz obrázek 1 strana 33). Samotná výrobní linka je obklopena tabulkami a metodami, které zajišťují její správný chod, ale v reálném layoutu nefigurují.



Obrázek 2 Výsledný počítačový model (vlastní zpracování)

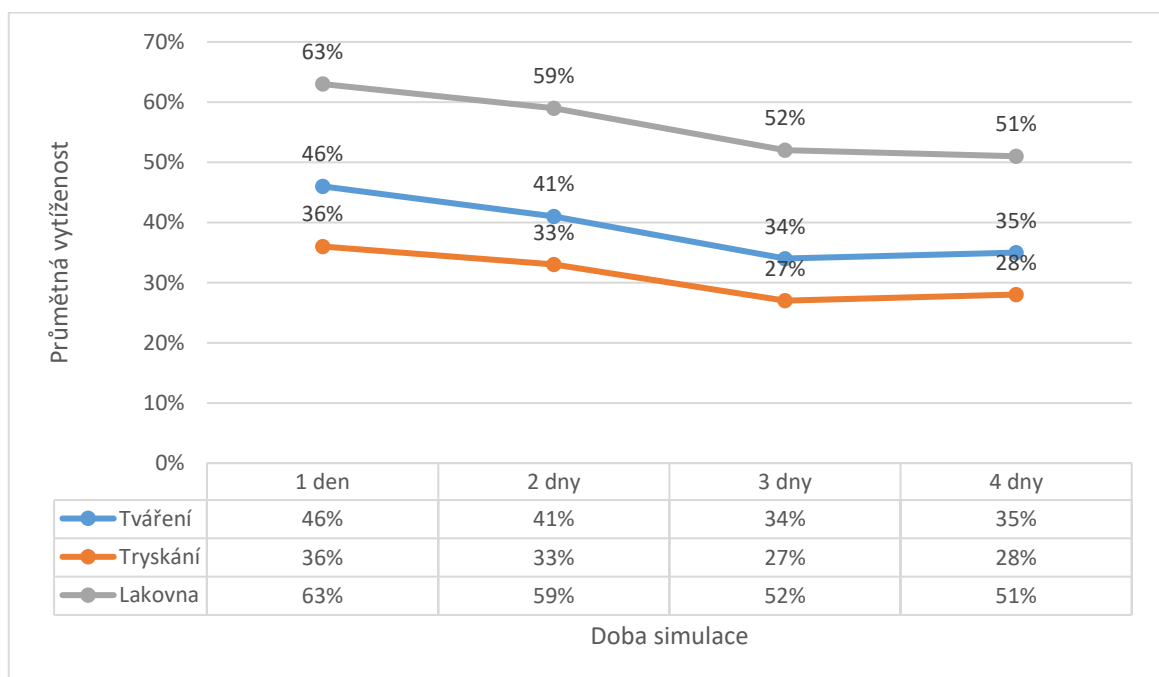
První část výrobní linky (viz obrázek 2 strana 40) je viditelně rozšířená o vstupy označené písmenem S, ze kterých proudí požadované výrobky na zpracování, také sklad před linií tváření a další za linií tváření, které jsou označeny písmeny B a B2. Celé jméno těchto objektů se vždycky ještě skládá ze jména stroje, ke kterému jsou přidružené, aby nebylo pochyb o jejich návaznosti a bylo zajištěno logické pojmenování vhodné při tvoření metod v jazyku SimTalk. V tomto místě vstupují do výroby i externí zdroje produktů pod označením ES.

Druhá část výrobní linky (viz obrázek 2 strana 40) byla hned na začátku této části zleva rozšířena o stroj, který zajišťuje plnění košů, které proudí do tryskače. Tento stroj je označen písmenem N. Po obou stranách tryskače jsou vytvořeny sklady pro zajištění plynulosti provozu v simulaci, ale které neovlivňují chod stroje pro potřeby realističnosti simulace. Nad tryskačem se nachází sklad košů pro daný tryskač, z něhož si metoda bere koše pro navěšení na stroji N. Sklad na prázdné koše je označen písmenem K.

Třetí část výrobní linky (viz obrázek 2 strana 40) začíná dvěma sklady, které zajišťují, že koš, který je momentálně vykládán zůstane stát po celou dobu vykládky a do skladu košů se vrátí až v momentu, kdy je prázdný a může tak udělat. Následuje stanoviště navěšování, na kterém se plní návěs pro lakovnu. Po uplynutí tří minut se návěs ať už plný či ne odeberá do Lakovny, ze které směřuje na dané stanoviště pro svěšení.

10.1 Výsledek simulace

Výsledkem provedené simulace je graf (viz obrázek 3 strana 41) znázorňující vývoj vytíženosti jednotlivých částí výrobní linky. U všech těchto součástí došlo ke značnému poklesu vytíženosti v průběhu tří dnů, ale třetího dne dosáhl propad rovnováhy a v následujícím dnu se držel podobné hladiny.



Obrázek 3 Vývoj průměrné vytíženosti modelu (vlastní zpracování)

Pravděpodobným vysvětlením tohoto jevu (viz obrázek 3 strana 41) je, že výrobní linka ve své původní konfiguraci není schopná odolat entropii bez vnějšího zásahu člověka a ustaluje se ve stavu, který je pro současnou konfiguraci přirozený.

Po dodatečné konzultaci s kontaktem z firmy se hypotéza o snížení efektivity za autonomního chodu výrobní linky jeví jako velmi pravděpodobná. Při standardním chodu linky dochází k zásahům do výroby, které nebyly součástí simulace, tudíž se jejich nepřítomnost projevila úpadkem systému výrobních procesů.

Pro potřeby srovnání s běžným provozem se dají využít hodnoty z prvního dne, které nejvíce odpovídají současné situaci při provozu výrobní linky.

11 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

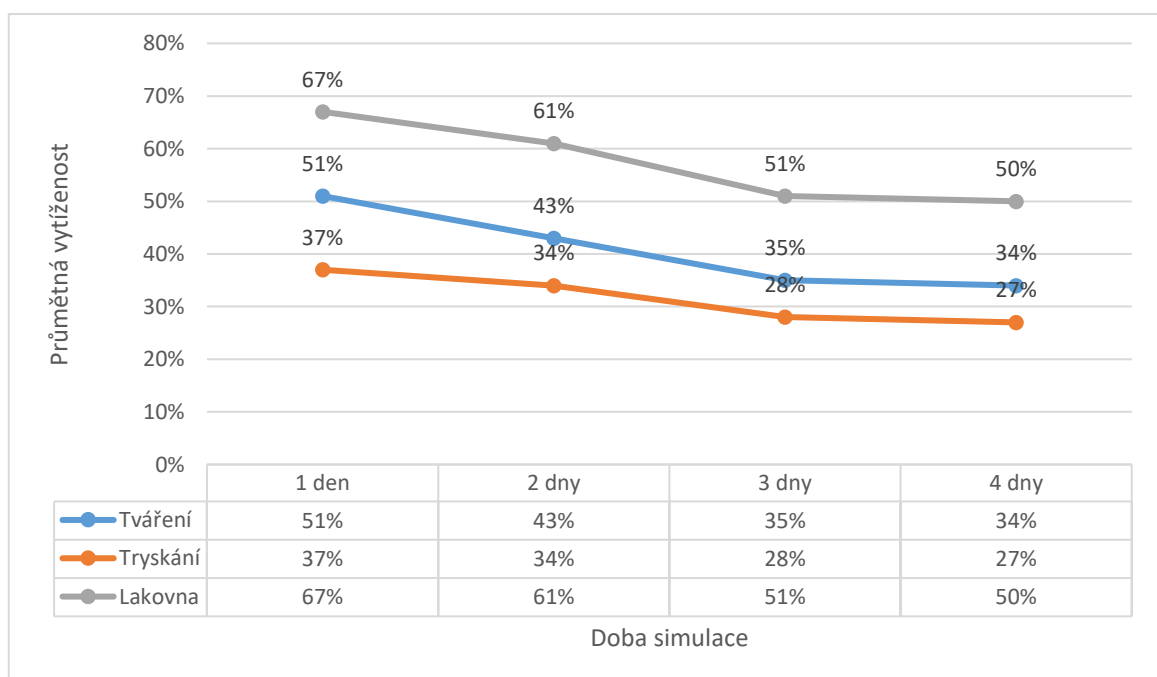
Jedná se o výrobní linku s vysokým stupněm automatizace, tudíž zde nemá navyšování počtu pracovníků na pracovištích své opodstatnění. Nákup nového stroje by sice navýšil možnosti materiálového toku v linii, ale za současného stavu, kdy není plně využívána ani současná výrobní kapacita strojů na lince by nákup nového stroje asi nebyl obhajitelný.

S přihlédnutím na aktuální ekonomickou situaci společnosti a k neexistujícímu nadbytku místa na pracovišti, se také jeví návrhy nákupu nových strojů nereálné, tudíž je nutné soustředit se na menší změny, které přinesou maximální užitek. Cílem takovýchto opatření je navrhnout investice s rychlou návratností, které nebudou pro společnost velkou finanční zátěží.

Jako řešení se tedy nabízí vložit do výrobní linky prostor pro absorpci nesrovnalostí taktů různých strojů a zvýšit tak celkovou efektivitu zkoumaného výrobního procesu.

11.1 Navýšení počtu košů

Při omezeném počtu košů pro tryskání se nabízí zkusit tento počet navýšit za účelem větší plynulosti materiálového toku. Při jednotkové ceně 300 Euro se pořízení dalšího koše pro každý tryskač rovná investici částky 1500 Euro, což není velká částka a v závislosti na zefektivnění výroby se může jednat o rychle návratnou investici, jež se zde hledá.



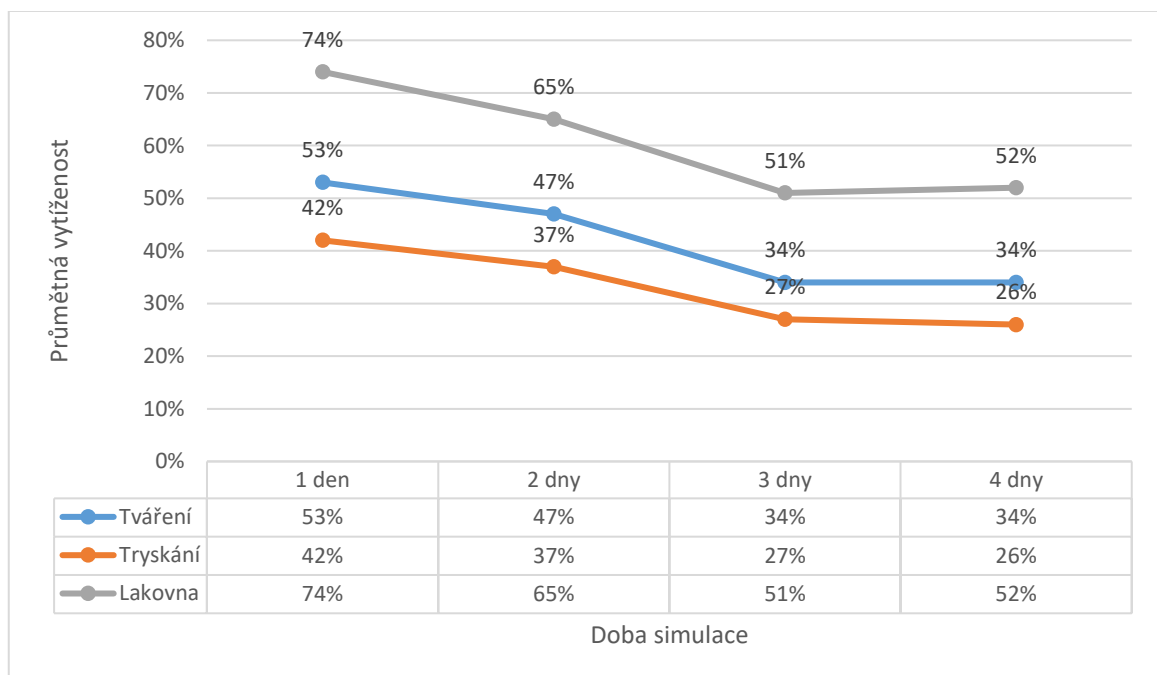
Obrázek 4 Vývoj průměrné vytiženosti návrhu na zlepšení 1 (vlastní zpracování)

Z obrázku (viz obrázek 4 strana 43) je jasně patrné, že dosazení beden do výroby mělo pozitivní efekt a zapříčinilo počáteční nárůst efektivity, který mluví ve prospěch této investice. Nárůst vytiženosti o 5% u tváření, 1% u tryskání a 4% u lakování sice není závratně vysoký, ale dá se zde předpokládat výhodnost investice.

Tato změna však stále nevyřešila návrat výrobní linky do stejného stabilního stavu jako v originální počítačové simulaci. Tato záležitost by nejspíš vyžadovala celkové sladění výrobní linky od základních procesů.

11.2 Navýšení počtu beden

Změna v podobném stylu by bylo zakoupení standardních plechových beden, které by byly v liniích položeny za tváření konců a dovolily by tak těmto strojům utlmit výkyvy vzniklé střídavým plněním košů. Tato investice by při ceně 277 Euro za jednu bednu a předpokladu nákupu beden pro každý stroj v linii činila 3324 Euro. Stále se jedná o malou částku, ale i tak je vyšší než cena předchozího návrhu.



Obrázek 5 Vývoj průměrné vytiženosti návrhu na zlepšení 2 (vlastní zpracování)

V tomto obrázku (viz obrázek 5 strana 44) se projevil ještě markantnější nárůst vytiženosti strojů, a tudíž i efektivity výroby. Navýšení vytiženosti pro tváření se rovná 7%, pro tryskání je to 6% a v lakovně došlo k navýšení vytižení o 11%.

11.3 Zhodnocení návrhů na zlepšení

Pro zhodnocení návrhů na zlepšení je nutné mít údaje o hodnotě práce jednotlivých strojů. Tyto údaje lze nalézt v následující tabulce (viz tabulka 7 strana 45).

Tabulka 7 Hodinové sazby strojů (vlastní zpracování)

Stroj	Hodinová sazba
AWA	33,32 Euro
P	26,1 Euro
Tryskač	10,94 Euro
Lakovna	208,06 Euro

Z této tabulky sice může na první pohled vypadat zvýšení vytíženosti lakování jako nejvýraznější položka, ale je důležité mít na mysli, že pod položkami AWA, P a Tryskač se schovává několik strojů, které budou tímto zvýšením vytížení ovlivněny.

U tepelného tváření se nachází 8 strojů AWA a 4 stroje P. U tryskače se zase jedná o 5 strojů vykonávajících vnější tryskání. Denní návratností je v tabulce myšleno 24 hodin chodu stroje.

Tabulka 8 Návratnost investic do zlepšovacích návrhů (vlastní zpracování)

	Nákup košů		Nákup beden	
	Vytížení	Denní návratnost	Vytížení	Denní návratnost
AWA	+ 5%	319,9 Euro	+ 7%	447,8 Euro
P	+ 5%	125,3 Euro	+ 7%	175,4 Euro
Tryskač	+ 1%	13,1 Euro	+ 6%	78,8 Euro
Lakovna	+ 4%	199,7 Euro	+ 11%	549,3 Euro
	Celkem	658 Euro	Celkem	1251,3 Euro

Podle dat z tabulky (viz tabulka 8 strana 45) se investice do nákupu košů vrátí během 2,3 dnů a investice do nákupu beden by se vrátila během 2,7 dnů. Lze je tedy prohlásit za obzvlášť výhodné investice s velmi vysokou rychlostí návratu vkladu.

ZÁVĚR

V praktické části práce byly shrnuty základní poznatky o výrobě, jejím řízení a trendech v něm, konceptu Průmyslu 4.0 a také o využití počítačů k simulacím za účelem prozkoumání a zefektivnění výroby.

Za využití poznatků nabytých vypracováním teoretické části práce, byla vypracována část praktická část práce, jejímž cílem bylo vytvoření modelu výroby, jeho vyhodnocení a navržení alespoň dvou zlepšovacích návrhů na základě takto získaných poznatků.

Následně byla vytvořena počítačová simulace, s jejíž pomocí byla modelována výroba vybrané společnosti. Při tomto modelování bylo zjištěno, že reálné nastavení systému výrobní linky má bez externích zásahů tendenci částečného rozpadu a razantního snížení využití kapacit strojů.

Cílem této práce bylo navrhnout alespoň dva návrhy na zlepšení, a to se povedlo. Byly navrženy dvě změny ve výrobě, které za potřeby vkladu jen malé investice dokážou během pár dnů zaplatit vlastní cenu a pak už jen produkovat další zisky.

Do budoucna by určitě bylo zajímavým úkolem doladit provázanost výrobní linky a zajistit zde větší autonomii a snížení nutnosti stálých úprav.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

BADIRU, Adedeji Bodunde, 2014. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed, Boca Raton: CRC Press, 1452 s. ISBN 978-1-4665-1504-8.

BANGSOW, Steffen, 2010. *Manufacturing simulation with Plant Simulation and SimTalk: usage and programming with examples and solutions*. Berlin: Springer, 297 s. ISBN 978-3-642-05073-2.

BANGSOW, Steffen, 2015. *Tecnomatix plant simulation: modeling and programming by means of examples*. Cham: Springer, 713 s. ISBN 978-3-319-19502-5.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.

CUESTA, Hector, 2015. *Analýza dat v praxi*. Brno: Computer Press, 296 s. ISBN 978-80-251-4361-2.

DEIS, Paul, 2012. *Production and inventory management in the technological age*. Lexington, 364 s. ISBN 978-1482717143.

HUBÁLOVSKÝ, Štěpán, 2011. *Teorie systémů, modelování a simulace*. Hradec Králové: Gaudeamus, 154 s. Recenzované monografie. ISBN 978-80-7435-158-7.

JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.

KUCHARČÍKOVÁ, Alžbeta, 2011. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. Brno: Computer Press, 344 s. ISBN 978-80-251-2524-3.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3. vyd. Praha: C.H. Beck, 153 s. ISBN 978-80-7179-319-9.

LOFFELMANN, Jiří, 2010. Plánování podle typů výroby. *System online* [online]. [cit. 2020-06-17]. Dostupné z: <https://m.systemonline.cz/rizeni-vyroby/planovani-podle-typu-vyroby.htm>

MANAGEMENTMANIA, 2019. Kaizen. *MM* [online]. [cit. 2020-06-17]. Dostupné z: www.managementmania.com/cs/kaizen

MANAGEMENTMANIA, 2019. Kusová výroba. *MM* [online]. [cit. 2020-06-17]. Dostupné z: www.managementmania.com/cs/kusova-vyroba-job-production-one-off-production

MANAGEMENTMANIA, 2019. Sériová výroba. *MM* [online]. [cit. 2020-06-17]. Dostupné z: www.managementmania.com/cs/seriova-vyroba.

MAŘÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. Praha: Management Press, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

OUDOVÁ, Alena, 2016. *Logistika: základy logistiky*. 2. vyd. Prostějov: Computer Media, 104 s. ISBN 978-80-7402-238-8.

ROBINSON, Stewart, 2011. *Conceptual modeling for discrete-event simulation*. Boca Raton: CRC Press, 511 s. ISBN 978-1-4398-1037-8.

YOO, Min-Jung a Rémy GLARDON, 2018. *Manufacturing operations management*. New Jersey: World Scientific, 259 s. ISBN 978-178-6345-33-2.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

IT Informační technologie

JIT Just In Time

DMAIC Define, Measure, Analyze, Improve, Control

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Zjednodušený layout výrobní linky (vlastní zpracování).....	33
Obrázek 2 Výsledný počítačový model (vlastní zpracování)	40
Obrázek 3 Vývoj průměrné vytiženosti modelu (vlastní zpracování)	41
Obrázek 4 Vývoj průměrné vytiženosti návrhu na zlepšení 1 (vlastní zpracování)	43
Obrázek 5 Vývoj průměrné vytiženosti návrhu na zlepšení 2 (vlastní zpracování)	44

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výrobní zakázka pro stroje P (vlastní zpracování).....	35
Tabulka 2 Výrobní zakázka pro stroje AWA (vlastní zpracování)	36
Tabulka 3 Výrobní zakázka externích vstupů (vlastní zpracování).....	37
Tabulka 4 Vnější tryskání (vlastní zpracování)	37
Tabulka 5 Takty svěšování a navěšování pro lakovnu (vlastní zpracování)	38
Tabulka 6 Směna a prostoje (vlastní zpracování).....	39
Tabulka 7 Hodinové sazby strojů (vlastní zpracování)	45
Tabulka 8 Návratnost investic do zlepšovacích návrhů.....	45

