

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

ÚSTAV ŘÍZENÍ A EKONOMIKY PODNIKU



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Návrh optimalizace výrobního procesu ve výrobní společnosti

AUTOR:

STUDIJNÍ PROGRAM:

VEDOUCÍ PRÁCE:

Bc. František Truhlář

Řízení průmyslových systémů

prof. Ing. František Freiberg CSc.

PRAHA 2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Truhlář** Jméno: **František** Osobní číslo: **483345**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav řízení a ekonomiky podniku**
Studijní program: **Řízení průmyslových systémů**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh optimalizace výrobního procesu ve výrobní společnosti

Název diplomové práce anglicky:

Design of Optimization of the Production Process in a Manufacturing Company

Pokyny pro vypracování:

- 1) Úvod - zdůvodnění a stanovení cílů diplomové práce
- 2) Teoretická část - počátky sériové výroby, racionalizace výrobních procesů, simulace a automatizace
- 3) Praktická část - představení společnosti, analýza výrobní linky, návrh optimalizace procesu
- 4) Závěr - vyhodnocení dosažených výsledků

Seznam doporučené literatury:

MONDEN, Yasuhiro. TOYOTA Production System An Integrated Approach to Just-In-Time
OHNO, Taiichi. Toyota Production System Beyond Large-Scale Production

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

prof. Ing. František Freiberg, CSc. ústav řízení a ekonomiky podniku FS

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

Ing. Václav Michalec ústav řízení a ekonomiky podniku FS

Datum zadání diplomové práce: **04.04.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **21.07.2023**

Platnost zadání diplomové práce: **29.02.2024**

prof. Ing. František Freiberg, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Miroslav Žilka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, a to výhradně s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citovaných zdrojů. Souhlasím také s případnou publikací výsledků diplomové práce nebo její podstatné části, pokud budu uveden jako její spoluautor.

V Praze dne:

.....

Podpis

Poděkování

Rád bych poděkoval všem, kteří přispěli k tvorbě této diplomové práce. V první řadě vedoucímu práce panu prof. Ing. Františku Freibergovi, CSc a panu Ing. Václavu Michalcovi za cenné a odborné rady při tvorbě práce. Dále bych rád poděkoval společnosti Meva a.s. za možnost spolupráce a vstřícnou komunikaci. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své rodině, která mě podporovala po celou dobu studia.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá návrhem optimalizace výrobního procesu ve společnosti Meva a.s. Hlavním cílem této práce je zanalyzovat současný stav a poskytnout podniku odhad potencionálních výrobních kapacit a časových úspor, pokud by se rozhodli investovat do plně automatizované ohraňovací buňky.

Klíčová slova

Optimalizace, automatizace, simulace, investice, sériová výroba

Annotation

This thesis deals with the design of optimization of the production process in Meva a.s. The main objective of this thesis is to analyse the current state of the art and to provide the company with an estimate of potential production capacity and time savings if they decide to invest in a fully automated bending cell.

Keywords

Optimization, automation, simulation, investment, mass production

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Sériová výroba	11
2.1	Přínos společnosti Ford k metodě Just-in-time	13
2.2	Fordova vertikální integrace	13
3	Toyota production system.....	14
3.1	Historie	14
3.2	Principy výrobního systému Toyota.....	15
3.2.1	Just-in-time	16
3.2.2	Jidoka	17
3.2.3	Heijunka	17
3.2.4	Standardizace.....	18
3.2.5	Kaizen.....	18
4	Six Sigma	19
4.1	DMAIC	20
4.1.1	Krok Define	20
4.1.2	Krok Measure.....	20
4.1.3	Krok Analyze.....	23
4.1.4	Krok Improve.....	24
4.1.5	Krok Control	24
5	Lean Six Sigma	25
6	Automatizace.....	25
6.1	Historie automatizace	26
6.1.1	První průmyslová revoluce (1760 až 1840).....	26
6.1.2	Druhá průmyslová revoluce (1871 a 1914)	27
6.1.3	Digitální revoluce (1947 - současnost).....	27
6.1.4	Průmysl 4.0	28
6.1.5	Průmysl 5.0	28
7	Simulace.....	29

7.1	Výhody simulace	29
7.2	Nevýhody	30
7.3	FlexSim	32
8	Hodnocení investic	33
8.1	Dynamické metody hodnocení investic	34
8.1.1	Čistá současná hodnota	34
8.1.2	Index ziskovosti	35
8.1.3	Vnitřní výnosové procento	35
8.2	Statické metody hodnocení investic	36
8.2.1	Doba návratnosti	36
8.2.2	Účetní míra návratnosti	37
9	Praktická část	38
9.1	Historie podniku MEVA a. s.	38
9.2	Současná podoba podniku	39
9.3	Produktové portfolio	40
9.4	Výroba	42
9.5	Definování	42
9.6	Měření	44
9.6.1	Určení skupin výrobků	44
9.6.2	Vytížení pracovišť	45
9.7	Analýza	47
9.7.1	Hala N	47
9.7.2	Modelování současného stavu	52
9.8	Zlepšení	56
9.9	Kontrola	59
9.9.1	Provozní náklady stroje TruBend 5170 s ToolMasterem	59
9.9.2	Provozní náklady stroje TruBend Cell 5000	61
9.9.3	ČSH TruBend Cell 5000	62
9.9.4	Doba návratnosti	63
10	Závěr	64
11	Citovaná literatura	66
12	Seznam obrázků	69

13	Seznam tabulek	70
----	----------------------	----

1 Úvod

Téma diplomové práce se zaměřuje na analýzu současného stavu a návrh optimalizace výrobního procesu ve výrobním podniku. S ohledem na stále se vyvíjející průmyslové prostředí a rostoucí konkurenci je nezbytné, aby podniky využívaly moderní technologie a efektivní procesy s cílem zvýšit produktivitu a snížit náklady.

Tato práce se zabývá historií sériové výroby a automatizace, seznámíme se základními principy výrobního systému Toyota, Six Sigma a Lean Six Sigma. V poslední části teoretické části jsou popsány výhody a nedostatky počítačového modelování ve výrobě, které v posledních letech získávají na oblíbenosti a dále jsou uvedeny metody hodnocení investic. Pomocí principu DMAIC je praktická část rozdělena na jednotlivé části, kde v části definování se práce zaměřuje na seznámení se se společností Meva a.s., jejich produktovým portfoliem a konkrétním pracovištěm, na které se společnost v současné době zaměřuje. V neposlední řadě je zde stanoven cíl práce, kterým je provedení analýzy stávajícího výrobního procesu, identifikování jeho klíčových nedostatků a navržení optimálního automatizovaného řešení. V následujících fázích, tedy měření a analyzování, se práce zaměřuje na pracoviště laseru, vysekávacího lisu a ohraňovacího lisu, kde se práce věnuje toku jednotlivých výrobků a hledá potencionální úzká místa vhodná pro následnou optimalizaci. V části improve, tedy zlepšení, práce popisuje možnost optimalizace pracoviště a přínos skrze možnou optimalizaci a v poslední fázi kontroly je práce zaměřena na vyhodnocené investice pomocí metody čisté současné hodnoty a doby návratnosti.

Cílem této práce je provést analýzu stávajícího výrobního procesu, identifikovat jeho klíčové nedostatky a navrhnout optimální automatizované řešení. V rámci této práce je také využita simulace výrobního procesu pomocí programu FlexSim. Simulace poskytuje možnost virtuálního testování a optimalizace navrhovaných změn před jejich fyzickou implementací. Tímto způsobem lze minimalizovat rizika spojená s neefektivními změnami a maximalizovat úspěch při jejich realizaci.

2 Sériová výroba

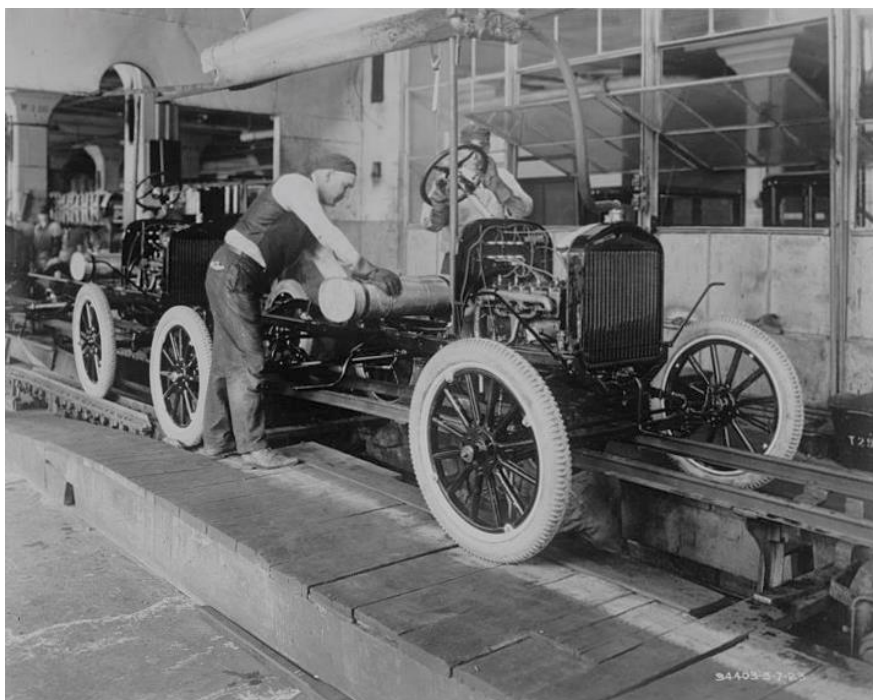
První dramatické známky sériové výroby se začaly objevovat před první světovou válkou, kdy bylo zřejmé, že automobily jsou konstruovány pomocí modernějších výrobních metod. Kromě toho, že tyto nové metody zkrátily dobu potřebnou k výrobě, otevřely cestu novým konstrukčním podobám. [1]

V roce 1908 zahájil Ford výrobu modelu T s myšlenkou, že automobil budoucnosti by měl být cenově dostupný pro široké masy lidí. První model T se prodával za 850 dolarů – za stejnou cenu jakou dvoumístný dvouválcový Ford mobil o výkonu čtyř koní z roku 1903. V roce 1915, kdy byla Fordova montážní linka poprvé představena veřejnosti na Panamsko-pacifické výstavě v San Francisku, přešel Ford ve své výrobě na automatické stroje a pohyblivé výrobní linky. Dokázal přesvědčivě demonstrovat, že jeho nové metody sníží ceny na úroveň, díky čemuž by se automobil stal dostupným pro každého. [1]

Podoba automobilu sestaveného z dílů vyrobených na jiném místě, která je základem sériové výroby, byla poprvé představena Ransomem E. Oldsem již v roce 1899. Tento postup byl však zdokonalen v letech 1913–1914 v továrně Ford Motor v Highland Parku v Michiganu. Zavedením standardizace dílů a specializace práce mělo za následek zkrácení doby konečné montáže modelu T z 12,5 hodin na 1,5 hodin. Mezi nové zásady patřily například:

- V továrně probíhal plánovaný, uspořádaný a nepřetržitý výrobní postup (automobily se stále pohybovaly po montážní lince rychlostí zhruba tři kilometry za hodinu). [1]
- Pracovníci zůstali na svých pracovištích, zatímco se výrobek pohyboval kolem nich. Absolvovali zaškolení v daném úkolu a byli vybaveni specializovaným nářadím. Příslušenství, které potřebovali, jim bylo dodáno přímo na pracoviště. [1]
- Všechny operace byly analyzovány tak, aby pracovníci mohli vykonávat svou práci v co nejkratší době a s minimální námahou. Díly, za které byli zodpovědní, byly navrženy tak, aby mohly být efektivně a přesně instalovány. [1]
- Systém sériové výroby byl navržen tak, aby fungoval 24 hodin denně a umožňoval plné využití výrobního zařízení. [1]

Protože model T vyjížděl z továrny mnohem rychleji, pomohlo to snížit náklady a byl v té době považován za jeden z nejdostupnějších automobilů pro střední třídu. Vlastnictví automobilu již nebylo považováno za luxusní produkt určený výhradně pro bohatou vrstvu. Cena nového modelu T v roce 1924 klesla na 260 dolarů, což bylo téměř o 600 dolarů méně než o 15 let dříve. Od uvedení na trh po ukončení výroby s roce 1927 bylo vyrobeno více než 15 milionů vozů Model T. [2]



Obrázek 1 - Montážní linka modelu T [3]

Montážní linka se Fordovi ne vždy vyplácela. Stála ho dělníky, neboť pro mnohé byla práce nudná, protože se opakovaně soustředili na jeden nebo dva úkoly, a tak mnoho dělníků odešlo pracovat ke konkurenci. V reakci na to Ford vymyslel plán, jak zvýšit mzdy svých dělníků na pět dolarů denně. Toto zvýšení bylo téměř dvojnásobkem toho, co dělníci vydělali předtím a na základě toho si tisíce dělníků podaly žádost o práci ve Ford Motor Company. Spolu se zvýšením platu zavedl Ford také nový osmihodinový pracovní den. Jeho mzdy a pracovní doba se vymykaly všemu, co nabízeli ostatní výrobci. [2]

2.1 Přínos společnosti Ford k metodě Just-in-time

Výroba Just-in-time (JIT), známá také jako Toyota výrobní systém, se snaží snížit náklady a zlepšit kvalitu výrobních procesů pečlivým plánováním materiálu, dodávaných dílů a vlastních hotových výrobků se zásadou "jen to, co je potřeba, kdy je potřeba a v potřebném množství". Podle této výrobní filozofie plýtvání, nedostatky a nepromyšlené požadavky jsou eliminovány, což vede ke zvýšení produktivity. Je obecně známo, že průmyslový inženýr společnosti Toyota Taichi Ohno vyvinul systém JIT a vybudoval impozantní růst Toyoty na světově významnou společnost. Co však není příliš známo je Fordův přínos k metodě JIT. Vedoucí představitelé Toyoty navštívili Fordovi továrny ve 30. a 50. letech minulého století, aby se seznámili s jejich výrobním systémem. Ohno opakovaně zdůrazňoval, že se vše naučil z Fordovy knihy "Today and Tomorrow". Pokud analyzujeme všechny faktory, které tvoří výrobu JIT, můžeme dojít k závěru, že Ford je aplikoval téměř šedesát let před Toyotou Motor Company. [4]

V prosinci 1920 měla společnost Ford Motor Company velké finanční problémy. V období od 1. ledna do 18. dubna 1921 musela společnost zaplatit různé závazky ve výši 58 milionů dolarů, přičemž v bance měla pouze 20 milionů a dalších 38 milionů by musela dodatečně sehnat. Místo aby si půjčili peníze od bank, rozhodli se provést reorganizaci společnosti, aby snížili náklady a zvýšili příjmy. Veškeré náklady, které nepřispívaly k celkové výrobě a všechny nadbytečné zásoby byly eliminovány. Ford zaměstnával patnáct lidí na jeden vůz denně. Poté, co zavedl nová opatření se počet zaměstnanců snížil na devět lidí na jeden vůz denně. Počet zaměstnanců v kancelářích byl snížen na polovinu a byla jim nabídnuta práce ve výrobě. Režijní náklady se snížily ze 146 dolarů na vůz na 93 dolarů. [4]

2.2 Fordova vertikální integrace

V prvních letech výroby modelu T byly téměř všechny díly nakupovány od externích dodavatelů a byly velmi drahé. Když Ford přesunul výrobu na Highland Park, byla většina komponentů modelu T vyráběna ve vlastní režii. V letech 1909 až 1916 se náklady na materiál a součástky nakupovaných jinde snížili na polovinu za vůz. Zbývající dodavatelé byli nuceni snížit ceny, jinak by riskovali ztrátu kontraktů s Fordem. [4]

Ve dvacátých letech 20. století Ford koupil doly na železnou rudu, uhelné doly,

hektary lesní půdy, kaučukovou plantáž v Brazílii, flotilu lodí a železnice spojující Detroit, Toledo a Ironton. Tyto úspěchy v oblasti vertikální integraci zajistili Fordovi, že bude mít k dispozici suroviny a díly kdykoliv bude potřeba, což zaručovalo nepřetržitou výrobu a vyšší zisky. [4]

3 Toyota production system

3.1 Historie

Toyota production system (TPS) se stala všeobecně uznávanou metodou a postupně se rozšířila na pracoviště po celém světě, bez ohledu na odvětví, velikost nebo státní hranice. Vychází jak z Taylorova vědeckého systému řízení, tak z Fordova systému sériové výroby. Původně byl TPS vyvinut z nutnosti způsobené ropnou krizí. Omezení trhu vyžadovala výrobu malých množství v mnoha variantách kvůli nízké poptávce, které čelilo poválečné Japonsko. Tato omezení sloužila k ověření, zda jsou japonské automobilky schopny upevnit své postavení na trhu a obstát v konkurenci, kde již byla zavedena sériová výroba automobilů v Evropě a Severní Americe. [5]

Cílem TPS bylo především zvýšit efektivitu výroby a minimalizovat plýtvání. Tento koncept zavedl zakladatel společnosti Toyota, Sakichi Toyoda. TPS byl navržen a brzy po druhé světové válce implementován, ale pozornost japonského průmyslu na sebe upoutal až v roce 1973, kdy Toyota díky své neúnavné snaze o minimalizaci odpadu dosahovala významných úspěchů během ekonomické krize. Svět se v té době změnil od doby Henryho Forda a jeho sériové výroby, kdy bylo možné prodat vše, co bylo vyrobeno, vyšším společenským vrstvám. V sedmdesátých letech už nebylo možné všem zákazníkům nabízet stejné produkty. Lidé chtěli uplatnit svůj vkus a požadovali odlišné produkty, a průmysl se musel přizpůsobit. Pokud by společnosti stále produkovaly stejné produkty ve velkých množstvích, docházelo by k mnoha druhům plýtvání, což by zvyšovalo náklady. [5]

Před rokem 1973 nebyl velký zájem o opatření a způsoby, které přineslo TPS. Větší zájem o tento systém však přišel až v tomto roce. Na podzim roku 1973 došlo k ropné krizi, která způsobila recesi, jež postihla vládu, obchod i společnost po celém světě. Většina japonských společností trpěla. Toyota sice nebyla výjimkou, ale díky zavedení TPS si udržovala vyšší zisky v následujících letech než jiné společnosti. [5]

3.2 Principy výrobního systému Toyota

Hlavním cílem TPS je snižování nákladů a zvyšování produktivity s cílem dosáhnout co nejvyššího zisku. Toho lze docílit eliminací plýtvání, jako je například přebytečná skladová zásoba nebo přebytečná pracovní síla. V TPS jsou náklady chápány jako veškeré náklady, nikoliv pouze provozní, zahrnující i prodejní nebo administrativní náklady.

TPS se zaměřuje na úplnou eliminaci plýtvání za účelem snížení nákladů. V rámci výrobního procesu TPS identifikuje čtyři hlavní typy plýtvání: [6]

- 1) Nadbytečné zdroje
- 2) Nadprodukce
- 3) Přebytečné skladování zásob
- 4) Zbytečné kapitálové investice

Hlavním zdrojem plýtvání jsou nadbytečné zdroje na výrobu, jako je například přebytečná pracovní síla, nevyužívané budovy, zařízení a zásoby. Pokud společnost vlastní více těchto prvků, než potřebuje, ať už jde o lidi, vybavení, materiály nebo produkty, zvyšují se jí náklady, aniž by získávala přidanou hodnotu. Například v případě přebytečné pracovní síly vznikají nadbytečné náklady na personál, a v případě nadbytku vybavení vznikají nadbytečné náklady na odpisy. [6]

Nadbytečné zásoby způsobují druhý ze způsobů plýtvání, a to nadprodukcí, kterou Toyota považuje za nejhorší druh plýtvání. Nadprodukce znamená pokračování v práci, i když klíčové operace by měly být zastaveny. Nadprodukce také způsobuje třetí ze způsobů plýtvání, a to přílišný inventář. Příliš mnoho zásob zvyšuje potřebný personál a současně vyžaduje více vybavení a prostoru pro transport a skladování zásob. Všechny tyto náklady jsou skryté v nadprodukcí. [6]

Díky těmto prvním třem druhům plýtvání vzniká čtvrtý druh plýtvání, a to zbytečné kapitálové investice. Do této kategorie bychom zařadili například výstavbu nových skladů na uskladnění zásob, přijímání nových pracovníků pro nově postavený sklad, nákup vysokozdvizného vozíku pro každého operátora v novém skladu a najímání dalšího personálu, jako jsou opraváři, úředníci a IT specialisté, pro nový sklad. [6]

Protože nadbytečná pracovní síla je prvním druhem plýtvání, který se v cyklu objeví a způsobuje další cykly, je velmi důležité ji zredukovat nebo nejlépe se jí úplně zbavit. Díky faktu, že nadbytečná pracovní síla způsobuje čekací doby, mohou být pracovní operace přerozděleny a snížen počet pracovníků. Díky tomu jsou sníženy mzdové náklady a nepřímo také náklady spojené s druhou, třetí a čtvrtou vlnou plýtvání, které byly již dříve zmíněny. Z toho vyplývá, že klíčovým cílem TPS je kontrolovat nadprodukcí, aby bylo zajištěno, že všechny procesy vyrábí produkty podle požadavků trhu. [6]

Ačkoliv hlavním cílem systému je snížení nákladů, měly by být brány v úvahu i další podcíle, jako jsou kontrola a záruka kvality a respekt k lidskosti. Tyto cíle však nemohou existovat samostatně a musí být vzájemně propojeny a ovlivňovat se navzájem, aniž by byl ztracen hlavní cíl snížení nákladů. Jedná se o specifickou charakteristiku TPS, kde dosažení primárního cíle je závislé na splnění dílčích cílů a naopak. TPS se snaží splnit každý z těchto cílů, které byly pro tento systém navrženy. [6]

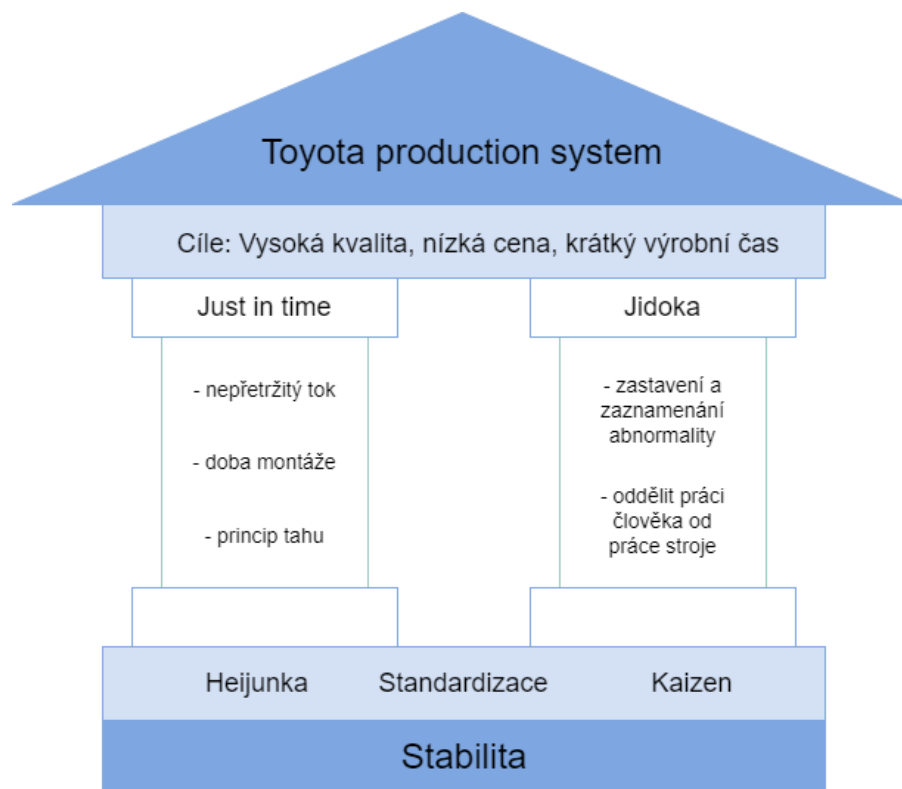
Kontinuální výroba v rámci celého podniku a dodavatelského řetězce, stejně jako přizpůsobení se měnícím se požadavkům, jsou zajištěny dodržováním dvou hlavních koncepcí: Just-in-Time a Jidoka, které jsou pilíři TPS. [6]

3.2.1 Just-in-time

Just-in-time (zkráceně JIT) znamená vyrábět požadované produkty v požadovaném množství a čase. Například při montáži automobilů je důležité, aby součástky dorazily na montážní linku ve správném čase a požadovaném množství. Pokud je tento koncept aplikován v celé firmě, mohou být zbytečné zásoby a sklady eliminovány. Díky JIT se snižují náklady na zásoby a zvyšuje se obrát kapitálu. V praxi je JIT velmi obtížné realizovat pro produkty jako je automobil, pokud se používá centrální plánování (např. systém tlaku technikou MRP), který určuje výrobní plány a rozesílá je do všech procesů současně. Lidé v jednotlivých procesech si sami odeberou potřebné součástky od předchozího procesu v požadovaném množství a v nezbytné době. Předchozí proces pak produkuje pouze dostatek jednotek na nahrazení odebraných součástí. Tento systém je založen na decentralizovaném řízení a staví na principu tahu. [6]

3.2.2 Jidoka

Pojetí Jidoka se vztahuje k schopnosti operátora zastavit výrobní linku nebo stroj v okamžiku, kdy se objeví porucha nebo problém během výroby. Problémy mohou souviset s kvalitou výrobků nebo s prodlevou výrobního procesu z důvodu nedostatku materiálu nebo informací o nástrojích. Schopnost operátorů detekovat vznikající anomálie a okamžitě zastavit provoz umožňuje efektivnější výrobní proces. Nástroje umožňující implementaci pravidel Jidoka jsou: Poka-Yoke a Andon. Podporuje princip just-in-time tím, že nedovolí, aby vadné kusy z předchozích procesů postoupily dále a narušily tak následující procesy. [7]



Obrázek 2 - Výrobní dům Toyota production system

3.2.3 Heijunka

Samotné slovo Heijunka znamená v japonštině vyrovnání. Poprvé byla použita v rámci výrobního systému TPS k rozvoji efektivity výroby. Spolu s koncepty standardizace práce a Kaizen tvoří základ TPS. [8]

Heijunka, neboli vyrovnaní výroby, je především zaměřeno na eliminaci skoků ve výrobě. Vyrovnaní výroby je známo jako metoda sekvencování produktů s cílem vyvážit produkci, zvýšit produktivitu a flexibilitu eliminací odpadu a minimalizací rozdílů v zatížení pracovišť. Vyvážení výroby znamená, že se snažíme zabránit náhlým skokům v množství vyráběných produktů v harmonogramu. Vyrovnaná výroba spočívá v určení pořadí a množství toku z procesu tak, aby aktuální poptávka byla uspokojena ze skladu a nezpůsobila náhlé změny v harmonogramu výroby. Harmonogram výroby by měl být v daném časovém období konstantní (čas výrazně závisí na sezónnosti produktů). Cílem je zajistit, aby byly výrobky vyráběny v určitém pořadí v dávkách co nejméně kusů. Jinými slovy, vyrovnaní výroby je způsob, jak zajistit dostupnost produktů pro zákazníky prostřednictvím opakovatelného a jednotného toku produktů a zásob na skladě. Opakovatelný tok produktů z výroby také přispívá k vyvážení zatížení pracovišť. [7]

3.2.4 Standardizace

Standardizace práce je nástroj používaný v rámci Lean Manufacturing pro zlepšení práce a zvyšování udržitelnosti výrobních procesů. Standardizace znamená jednotně provádět operace nebo úkoly všemi operátory. Standardizovaná práce je nejlepší metoda provádění operací. Tímto způsobem lze všechny kroky provádět stejným způsobem, v téže pořadí a čase a za pevně stanovenou cenu. Standardizace také předpokládá neustálý vývoj nových a lepších standardů, aby se přizpůsobily neustále se měnícím požadavkům zákazníků. [7]

3.2.5 Kaizen

Filozofií Kaizen je koncept neustálého zlepšování, který předpokládá neustálé hledání nápadů na zlepšení ve všech oblastech organizace. Vyžaduje zapojení všech zaměstnanců firmy, od operátorů až po nejvyšší úroveň vedení. Cílem Kaizenu je trvale nahrazovat neefektivní aktivity přidávající hodnotu. V praxi se Kaizen skládá z hromadění a realizace nápadů zaměstnanců, které slouží k zlepšení organizace práce nebo zlepšení výrobního procesu. [7]

4 Six Sigma

Bill Smith, inženýr společnosti Motorola, vyvinul program Six Sigma v roce 1986 jako reakci na vývoj v oblasti na nutnost zlepšit kvalitu a snížit počet vad ve svých výrobcích. Někdejší generální ředitel Bob Galvin, byl ohromen prvními úspěchy a pod jeho vedením začala společnost Motorola aplikovat tento program na v rámci celého podniku. V letech 1987 až 1993 se odhaduje, že počet vad polovodičových zařízení byl snížen o 94 %. V současnosti se Six Sigma stala programem pro zlepšování výkonnosti podniků prostřednictvím zlepšování kvality, snižování nákladů a rozšiřování trhů pro výroby a služby. Tisíce velkých i malých společností přijaly Six Sigma v určité podobě. [9]

Six Sigma se zaměřuje na snižování variability klíčových kvalitativních charakteristik výrobků kolem určených cílových hodnot na úroveň, při níž jsou selhání nebo vady velmi nepravděpodobné. Koncept Six Sigma firmy Motorola spočívá ve snížení variability procesu tak, aby se meze specifikace nacházely alespoň v šesti směrodatných odchylkách od cílové hodnoty. To je úroveň kvality Six Sigma, která vede k tomu, že zhruba dva díly na miliardu neodpovídají specifikacím. [9]

Six Sigma prošla od svého vzniku třemi generacemi implementace. První generace Six Sigma se zaměřila na odstraňování vad a snižování variability, především ve výrobě. Motorola je klasickým příkladem Six Sigma I. generace. Druhá generace Six Sigma zůstala zaměřena na snižování variability a odstraňování vad, ale nově byla snaha spojit toto úsilí s projekty a činnostmi, které zlepšují obchodní výkonnost prostřednictvím zlepšeného návrhu výrobku a snižování nákladů. General Electric bývá často označován jako lídr fáze Six Sigma II. generace. Třetí generace Six Sigma se zaměřuje na vytváření hodnoty v rámci celé organizace a pro zainteresované strany, jako jsou vlastníci, zaměstnanci, zákazníci, dodavatelé a společnost jako celek. Vytváření hodnoty může zahrnovat zvýšení ceny akcií a dividend, udržení nebo rozšíření pracovních míst, rozšíření trhů pro výroby/služby společnosti, vývoj nových výrobků/služeb, které osloví nové a širší trhy a zvýšení úrovně spokojenosti zákazníků (např. zkrácením doby cyklu nebo zkrácením času potřebného pro výrobu), zvýšení průchodnosti v celé škále nabízených výrobků a služeb. [9]

4.1 DMAIC

DMAIC (zkratka pro Define, Measure, Analyze, Improve a Control), je strukturovaný postup řešení problémů, který se hojně používá v oblasti kvality a zlepšování procesů. Téměř všechny implementace Six Sigma využívají DMAIC pro řízení a zlepšování procesů. DMAIC však nemusí být nutně formálně spojen se Six Sigma, a lze jej používat bez ohledu na to, zda metodiku Six Sigma používáme nebo ne. DMAIC je zobecněním metody Waltera Shewhartova cyklu Plan-Do-Check-Act, který poskytuje plán, jenž lidem pomáhá pochopit, jak se mají chovat a jak integrovat různé nástroje do celkového přístupu ke zlepšování kvality. [9]

4.1.1 Krok Define

Cílem kroku Definice (definování) je identifikovat příležitosti k zlepšení a ověřit, že v daném směru je potenciál pro průlomové zlepšení. Projekt by měl být důležitý jak pro zákazníky, tak pro podnik. Nejdříve se v kroku Define vypracuje projektová dokumentace. Tento krátký dokument popisuje projekt a jeho rozsah, datum zahájení a předpokládané datum dokončení, primární a sekundární metriky, které budou použity k měření úspěchu a jak tyto metriky souvisí s cíli společnosti, potenciální přínosy pro zákazníka a společnost, milníky projektu, týmové úkoly, členy týmu a jejich role a další zdroje, které budou pravděpodobně potřeba k dokončení projektu. Obecně platí, že tým by měl být schopen dokončit projektovou chartu za 2-4 pracovní dny; pokud to trvá déle, může být rozsah projektu příliš velký. V kroku definování jsou užitečné také grafické pomůcky; mezi nejčastěji používané patří procesní mapy, vývojové diagramy a value stream mapy (VSM). Tyto nástroje poskytují mnoho vizuálních detailů a usnadňují pochopení toho, co je třeba v procesu změnit nebo zlepšit. [9]

4.1.2 Krok Measure

Účelem kroku Measure (měření) je vyhodnotit a pochopit současný stav procesu. To zahrnuje shromažďování údajů o ukazatelích kvality, nákladů a průchodnosti/doby výrobního cyklu. Důležité je vypracovat seznam všech klíčových vstupních proměnných procesu (key process input variables - zkráceně KPIV) a klíčových výstupních

proměnných procesu (key process output variables – zkráceně KPOV). KPIV a KPOV mohou být alespoň předběžně identifikovány během kroku Definice, ale musí být pečlivě definovány a změřeny během kroku Measure. Důležitými faktory mohou být: čas strávený prováděním různých pracovních činností a čas, který práce stráví čekáním na další zpracování. Při rozhodování musí být k dispozici dostatek údajů, aby bylo možné provést důkladnou analýzu pro pochopení aktuální výkonnosti procesu s ohledem na klíčové faktory. Údaje shromážděné v kroku Měření lze zobrazit různými způsoby, např. histogramy, kmenové a listové diagramy, průběhové diagramy, rozptylové diagramy a Paretův diagram. [9]

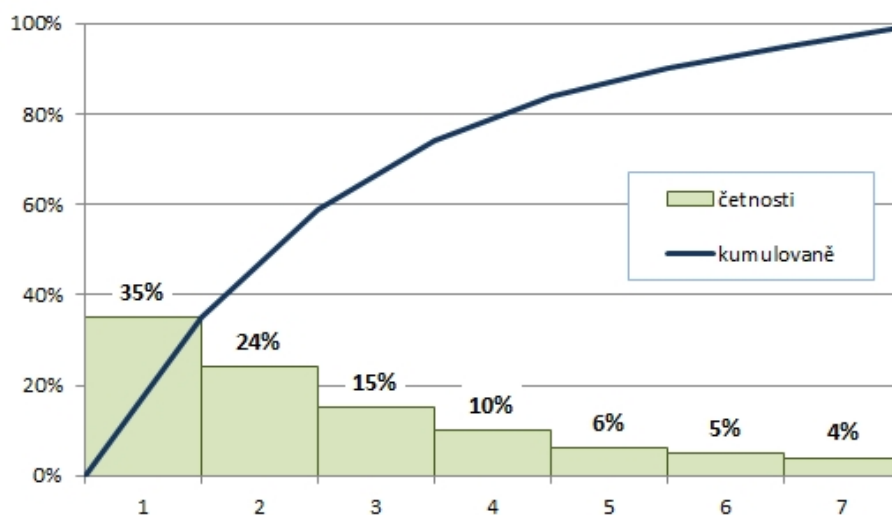
Údaje lze shromažďovat zkoumáním historických záznamů, což však nemusí být vždy uspokojivé, protože historie může být neúplná, metody vedení záznamů se mohly v průběhu času měnit a v mnoha případech se požadované informace nemusely zachovat. V důsledku toho je často nutné shromáždit aktuální údaje prostřednictvím pozorovací studie nebo je lze získat výběrem vzorků z příslušných datových toků. [9]

Na konci kroku měření by měl tým aktualizovat chartu projektu, přehodnotit cíle a rozsah projektu a přehodnotit složení týmu. Tým může zvážit přijetí nových členů, kteří by mohli v následujících krocích DMAIC přispět svými zkušenostmi. Veškeré problémy, které mohou mít vliv na úspěch projektu, je třeba zdokumentovat a sdílet s účastníky procesu, vlastníkem nebo sponzorem projektu. V některých případech může být tým schopen provést rychlé doporučení ke zlepšení, například odstranění zjevného kroku, který nepřináší přidanou hodnotu. [9]

4.1.2.1 Paretův diagram

V 19. století ekonom Vilfredo Pareto vytvořil koncept Paretova principu, který je známý také jako pravidlo 20/80. Pareto si všiml, že ve společnosti platí nerovnováha, kde 80 % majetku je v držení pouze 20 % obyvatel a že 80 % produkce pochází z pouhých 20 % podniků. Tento princip vychází z obecné hypotézy, že 80 % důsledků je způsobeno pouze 20 % příčin. [10]

Paretův princip se stal významným nástrojem v oblasti kvality a byl uznán Americkou společností pro kvalitu (ASQ) jako jeden ze sedmi základních nástrojů kvality pro zlepšování procesů. Princip pomáhá identifikovat klíčové příčiny a důsledky ve sledovaném systému lze se tak soustředit na důsledky, které mají největší vliv na dosažení požadovaných výsledků. [10]

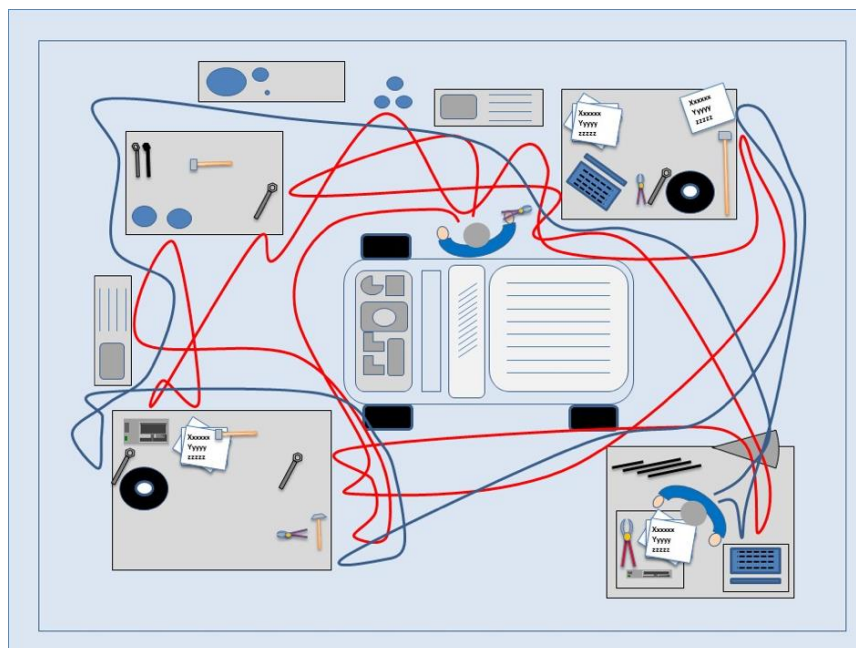


Obrázek 3 - Ukázka Paretova diagramu [11]

4.1.2.2 Špagetový diagram

Špagetové diagramy jsou zaměřené na reorganizaci lidských činností s cílem odstranit plýtvání a přinést větší užitek pracovníkům, a nakonec i zákazníkům. [12]

Pomocí diagramu lze vizualizovat tok pracovníků a produktů v procesu, aby bylo možné identifikovat potenciální oblasti pro zlepšení. Pomáhá společnostem zjistit, jak se jejich pracovníci fyzicky pohybují v pracovním prostoru. Lze jej také použít ke znázornění toku dat mezi systémy. Pomocí špagetového diagramu mohou týmy optimalizovat své pohyby a zvýšit tak produktivitu a zlepšit dobu přípravy a dodání. [12]



Obrázek 4 - Ukázka Špagetového diagramu [12]

4.1.3 Krok Analýze

V kroku Analýze (analýzy) se používají data z kroku Měření k jejich vyhodnocení, identifikaci příčinných vztahů v procesu a pochopení různých zdrojů variability. Cílem je určit potenciální příčiny problémů s kvalitou, problémů se zákazníky, problémů s dobou cyklu a průchodností, nebo plýtvání a neefektivnosti, které byly motivem projektu. Zdroje variability jsou rozděleny na běžné příčiny a přiřaditelné příčiny, a odstranění každé z nich má svůj vlastní přístup. Běžnou příčinou variability může být nedostatečné školení pracovníků, zatímco přiřaditelnou příčinou může být například selhání nástroje na stroji. Odstranění běžné příčiny obvykle vyžaduje změnu procesu, zatímco odstranění přiřaditelné příčiny zahrnuje řešení konkrétního problému. [9]

Existuje mnoho statistických nástrojů, které jsou potenciálně užitečné v kroku Analýzy. Patří mezi ně grafické zobrazení dat, testování hypotéz a odhad intervalu spolehlivosti, regresní analýza, navržené experimenty a analýza příčin a důsledků poruch. Dalším mocným nástrojem užitečným v kroku Analýzy je počítačová simulace jednotlivých událostí. Je obzvláště užitečná ve službách a transakčních podnicích, i když její použití není omezeno pouze na tyto typy operací. Existuje například mnoho úspěšných aplikací simulace událostí při studiu problémů plánování v továrnách s cílem zlepšit čas výrobního cyklu a výkonnost. [9]

4.1.4 Krok Improve

V kroku Improve (zlepšení) se přechází k tvůrčímu přemýšlení o konkrétních změnách, které lze provést v procesu, a o dalších opatřeních, která lze přijmout, aby se dosáhlo požadovaného výkonu procesu. V této fázi lze použít širokou škálu nástrojů. Při redesignu procesu s cílem zlepšit pracovní postup a snížit počet nedodělků a úzkých míst se často používají vývojové diagramy a/nebo VSM mapy. Navržené experimenty jsou pravděpodobně nejdůležitějším statistickým nástrojem v kroku Zlepšení. Experimenty lze aplikovat na skutečný fyzický proces nebo na počítačový simulační model procesu a lze je použít k určení faktorů ovlivňujících výsledek procesu a optimalizaci nastavení těchto faktorů. Cílem kroku Zlepšení je vyvinout řešení problému a otestovat ho v pilotním testu. Pilotní test je formou experimentu, který hodnotí a dokumentuje řešení a potvrzuje, že dosahuje cílů projektu. Tento krok může být iterativní, kdy se původní řešení postupně upřesňuje, reviduje a vylepšuje v závislosti na výsledku pilotního testu. [9]

4.1.5 Krok Control

Cílem kroku Control (kontroly) je dokončit všechny zbývající práce na projektu a předat zdokonalený proces vlastníkovému procesu spolu s plánem řízení procesu a dalšími nezbytnými postupy, které zajistí institucionalizaci přínosů projektu. To znamená, že cílem je zajistit, aby vylepšení procesu bylo udržitelné a případně implementováno do dalších podobných procesů v podniku. Vlastník procesu by měl obdržet údaje před a po zavedení klíčových metrik procesu, provozní a školicí dokumenty a aktualizované mapy procesů. Finanční přínosy projektu by měly být vyčísleny. Plán řízení procesu by měl obsahovat systém pro monitorování zavedeného řešení, včetně metod a metrik pro pravidelný audit. Není neobvyklé zjistit, že se při přechodu na vylepšený proces něco pokazilo. Schopnost rychle reagovat na neočekávané problémy by měla být zohledněna v plánu. [9]

5 Lean Six Sigma

Lean Six Sigma je disciplinovaná metodologie, která je přísným, na datech založeným a na výsledky orientovaným přístupem ke zlepšování procesů. Kombinuje dvě uznávané průmyslové metodiky, které se vyvinuly ve společnostech Motorola a Toyota. [13]

Zatímco Lean slouží k eliminaci plýtvání, Six Sigma snižuje variabilitu procesů ve snaze o dokonalost. Při jejich kombinaci vzniká metodika, která slouží ke zlepšení procesů, odstranění vad výrobků nebo procesů a ke zkrácení doby cyklu a zrychlení procesů. [13]

6 Automatizace

Pojem "automatizace" označuje širokou škálu technologií, metod a nástrojů, které se používají k omezení lidských zásahů do procesů, a tím k jejich zefektivnění, zrychlení, zvýšení produktivity a bezchybnosti. S automatizací se setkáváme prakticky ve všech oblastech našeho života a zahrnuje širokou škálu aplikací, od spotřebních nástrojů a domácích spotřebičů až po pokročilé a složité systémy, pohánějící moderní dopravní prostředky, jako jsou letadla a lodě, továrny a dokonce i bankovní řešení. [14]

Automatizace lze dosáhnout pomocí řady vědeckých technik a přístupů – především mechanických, hydraulických, elektrických a elektronických, pneumatických a počítačových – které se obvykle používají v kombinaci. [14]

Průmyslová automatizace jako obor se zabývá především automatizací průmyslových procesů a strojů. K tomu se využívá kombinace informačních technologií, specializovaných zařízení (logických řadičů, modulů různých druhů atd.) a robotů, které zlepšují výrobní procesy, kontrolu kvality a manipulaci s materiálem. [14]

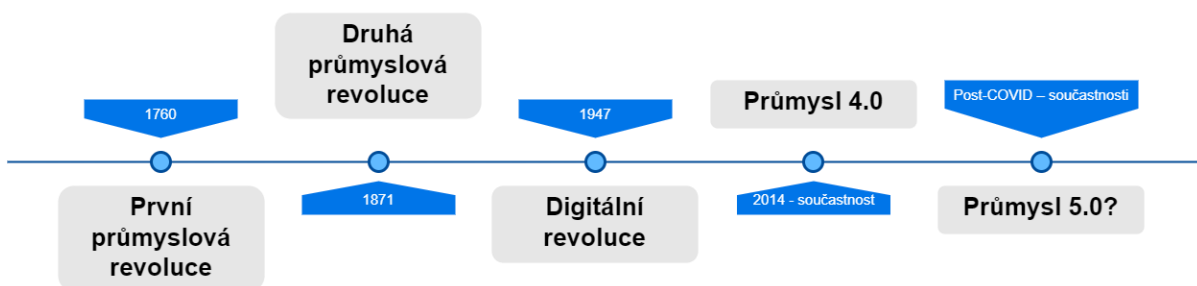
Dá se říci, že automatizace je dnes všudypřítomná napříč průmyslovými odvětvími a dodavatelskými řetězci. Těžko si lze představit továrnu nebo výrobní linku jakéhokoli druhu, která by nevyužívala některou z technologií a nástrojů průmyslové automatizace.

Rozsah použití řešení průmyslové automatizace rychle roste spolu s rozvíjejícími se možnostmi nových technologií. Softwarové nástroje, stroje a roboty se dnes používají

k provádění stále většího počtu úkolů, které se v minulosti prováděly ručně nebo vyžadovaly lidský dohled a zásah. [14]

6.1 Historie automatizace

Přestože automatizace jako samostatný technologický obor vznikla až ve dvacátém století, lze říci, že existovala již dávno předtím, neboť byla základem snahy o zvýšení efektivity výroby již od počátku lidské civilizace. Největší výrobci vytvářeli specializované stroje, které zvyšovaly produktivitu a přesnost práce nad rámec lidských možností, již po staletí před průmyslovou revolucí. A moderní technologie průmyslové automatizace, navržené tak, aby pracovaly bez prostojů a s minimálním zásahem člověka pro dosažení maximální efektivity, jsou završením této snahy o automatizaci. [14]



Obrázek 5 - Časová osa historie automatizace podle vzoru [14]

6.1.1 První průmyslová revoluce (1760 až 1840)

Vznik parního stroje a prvních samočinných strojů v 17. století vedl k potřebě vynalézt první automatické řídicí systémy, jako jsou zařízení pro regulaci otáček, regulátory teploty a tlaku atd. [14]

Během historického období známého jako průmyslová revoluce (nebo první průmyslová revoluce), které trvalo přibližně od roku 1760 do roku 1840, vznikla řada převratných systémů a zařízení průmyslové automatizace. Plně automatizovaná přádelna poháněná vodní silou (vynalezena v roce 1771), automatizovaný tkalcovský stav (1745) a systém děrných štítků (1800), automatický mlýn na mouku (1785) jsou některé z nejvýznamnějších příkladů nejstarší automatizace v průmyslovém prostředí. [14]

Průmyslová automatizace dostala silný impuls k rozvoji s vynálezem a rychlým zavedením elektrifikace továren na počátku dvacátého století. Elektrifikace dala vzniknout nové generaci automatizačních řešení. Jako jsou řídicí a monitorovací systémy různého druhu, stejně jako nové komunikační prostředky a zpracování signálů. [14]

6.1.2 Druhá průmyslová revoluce (1871 a 1914)

Období mezi lety 1871 a 1914 vstoupilo do dějin jako druhá průmyslová revoluce, která se vyznačovala širokým rozšířením elektřiny, telegrafních sítí a železnic po celém světě. Jejich kombinace umožnila dosáhnout nové úrovně produktivity a hospodářského růstu. [14]

Jelikož se jedná o druhý vývojový krok následující po mechanizaci, samotný termín "automatizace" byl vytvořen a zpočátku zpopularizován americkým automobilovým průmyslem. Ve 30. letech 20. století byla představena řada inovativních produktů a nástrojů průmyslové automatizace, jako jsou například zpětnovazební regulátory, které si začaly získávat oblibu především u výrobců automobilů. Jedním z průkopníků v této oblasti byla společnost Ford, která v roce 1947 založila v rámci svého provozu oddělení automatizace. [14]

6.1.3 Digitální revoluce (1947 - současnost)

Dalším významným obdobím, kdy oblast průmyslové automatizace prošla další velkou vývojovou spirálou, byla třetí průmyslová revoluce, obecně známá také jako digitální revoluce. Začala ve druhé polovině 20. století po skončení obou světových válek a vyznačovala se přechodem od mechanických a analogových elektronických systémů k digitálním technologiím, které se rychle rozvíjely díky rozvoji výpočetní techniky a komunikací. [14]

Třetí průmyslová revoluce je obdobím, které stále prožíváme. V naší době přirozeně vzkvétá průmyslová automatizace, poháněná zaváděním mikroprocesorů, čipů integrovaných obvodů a dalších prvků pokročilých výpočetních systémů. Komunikační technologie, jako je mobilní telefonie a internet, jsou rovněž nezbytnou součástí moderního automatizačního průmyslu. [14]

6.1.4 Průmysl 4.0

Pojem Průmysl 4.0, který údajně vymyslel Klaus Schwab, německý inženýr a ekonom, zakladatel Světového ekonomického fóra, popisuje rychlé změny v průmyslových odvětvích, technologiích a procesech, poháněné integrací nejnovějších technologických inovací. [14]

Přechod na Průmysl 4.0, který Schwab považuje za podstatnou změnu v průmyslovém kapitalismu, se vyznačuje širokým přijetím mnoha technologií, které jsou součástí oblasti automatizace. Nejvýznamnějšími a nejdůležitějšími technologickými oblastmi pohánějícími průmyslovou automatizaci jsou umělá inteligence (AI), robotika, rozsáhlá komunikace mezi stroji (M2M), internet věcí (IoT), inteligentní automatizační a propojovací techniky a některé další. [14]

Tyto technologické inovace spolu s dalšími specifitějšími řešeními a přístupy měly dramatický vliv na průmyslovou automatizaci a výrazně zvýšily celkovou efektivitu a produktivitu na nebývale vysokou úroveň. [14]

6.1.5 Průmysl 5.0

Průmysl 5.0 je dalším významným souborem průmyslových koncepcí, který existuje společně s Průmyslem 4.0. [14]

Vize Průmyslu 5.0 se objevila a získala na síle jako post-COVID pohled na budoucnost průmyslové automatizace. V této vizi jsou roboti, chytré stroje, IoT, AI a Big Data stále klíčem k obchodnímu úspěchu, ale technologická stránka je vyvážena větším důrazem na udržitelnost, odolnost a posílení lidského talentu, podporovaného stále inteligentnějšími a efektivnějšími zařízeními. [14]

Stručně řečeno, koncept Průmyslu 5.0 se zaměřuje především na integraci lidí pracujících společně s roboty a zařízeními IoT v automatizovaných průmyslových prostředích budoucnosti. Na rozdíl od Průmyslu 4.0, který byl převážně o využití robotů a inteligentních strojů pro maximální efektivitu a vysoký výkon ve výrobě, se Průmysl 5.0 soustředí na vliv člověka a na to, jak lze využít nejnovější technologie k posílení lidské práce a schopností. [14]

Průmyslová automatizace je nezbytná pro fungování moderního světa tak, jak ho známe. Používání počítačů, softwaru, robotů, moderních strojů a řídicích systémů nám umožňuje provádět všechny procesy s minimem času a úsilí, což vede k neustálému zvyšování produktivity veškeré práce obecně. Automatizace pohání ekonomiku, umožňuje jí růst a udržet si konkurenceschopnost a zároveň poskytuje společně všem velikostí neocenitelné výhody. [14]

7 Simulace

"Simulace je napodobení provozu reálného procesu nebo systému v průběhu času. Simulace zahrnuje generování umělé historie systému a pozorování této umělé historie za účelem odvození závěrů o provozních charakteristikách reálného systému, který je zastoupen". [15]

Simulace představuje nepostradatelný soubor technologických nástrojů a metod pro úspěšnou implementaci digitální výroby, protože umožňuje experimentovat a ověřovat návrh a konfiguraci výrobků, procesů a systémů. Zejména v dnešním turbulentním výrobním prostředí, které je ovlivněno megatrendy, jako je globalizace a stále rostoucí požadavky na vyšší míru přizpůsobení a personalizace výrobků, je hodnota simulace zřejmá. [15]

7.1 Výhody simulace

Snížení investičního rizika

Simulační řešení v průmyslu umožňují výrobcům získat lepší náhled na to, co jejich provoz potřebuje. Tento náhled by jim nejen pomohl ušetřit čas, ale také používat správné zdroje ve správný čas. [16]

Minimalizace odpadů

Simulace umožňují výrobcům lépe pochopit výrobní systém. Díky tomu se výrobci naučí účinněji využívat zdroje ve výrobním zařízení. To pomáhá nejen snižovat množství produkovaného odpadu, ale také zvyšovat celkovou efektivitu výroby. [16]

Zlepšení efektivity

Simulační řešení umožňují výrobcům proniknout do detailů výrobního procesu, identifikovat problémy a navrhnout pro ně řešení. [16]

Snížení spotřeby energie a úspora zdrojů

Průmyslová simulace umožňuje vytvořit účinný systém, ve kterém jsou všechny komponenty navzájem perfektně naladěny. Každá z těchto komponent přispívá k bezproblémovému chodu celého systému. Spotřeba energie se snižuje, pokud se vyhneme nadměrnému navrhování a cenné zdroje mohou být ušetřeny. Simulace spojená s modelováním umožňuje rychlou srovnávací analýzu různých možných uspořádání, což výrobcům pomáhá najít nejvhodnější konfiguraci. [16]

Detekce rizik a ochrana lidských životů

Simulační řešení pomáhají výrobcům pochopit fungování strojů v jejich provozu za extrémních podmínek. To jim umožňuje přijímat preventivní opatření pro zajištění bezpečnosti lidských životů i strojů. Virtuální simulace umožňují výrobcům provádět testy i v nejextrémnějších situacích, aniž by riskovali zdraví a bezpečnost lidských životů. [16]

7.2 Nevýhody

Drahé a časově náročné

Simulace mohou být nákladné a časově náročné. Pro vytvoření a konstrukci simulačního modelu, nastavení simulačního prostředí a provedení simulace jsou potřeba značné zdroje, včetně hardwaru, softwaru a lidských zdrojů. Kvůli složitosti simulace a různým proměnným, které mohou mít vliv na výsledky, může být analýza a interpretace dat časově náročná. Navíc simulace mohou vyžadovat významné množství zkoušení a chyb, protože může být obtížné předvídat a upravovat mnoho parametrů, aby se získal spolehlivý a přesný výsledek. Dlouhodobě to může stát jak čas, tak peníze. [16]

Omezená flexibilita

Simulace je užitečným nástrojem pro modelování a testování složitých systémů, ale má významné nevýhody, přičemž jednou z největších nevýhod simulace je její nedostatek flexibility. I s nejpokročilejšími simulacemi jsou vždy limity toho, co lze simulovat a jak přesně to lze udělat. To znamená, že parametry použité k vytvoření modelu musí být známy a stanoveny předem, takže kapacita modelu adaptovat se na změny v systému je omezena. Pokud například je model postaven na jednom souboru předpokladů, je obtížné odrazit chování systému, když se tyto předpoklady změní. Navíc protože model je konceptuální reprezentací skutečného systému, některé jeho vlastnosti, jako je například jeho složitost, nemusí být správně reflektovány. [16]

Omezená přesnost

Simulace je cenným nástrojem pro analýzu systémů, protože vytváří virtuální model systému pro testování a experimentování. Nicméně, jedním významným nedostatkem simulace je její nedostatek přesnosti. Simulace nikdy nemůže dokonale reprezentovat chování systému a výsledky simulace jsou přesné pouze tak, jak přesný je model použitý k vytvoření simulace. Přesnost simulace může být ovlivněna faktory jako je složitost systému, věrnost modelu a správnost dat použitých k vytvoření modelu. To znamená, že nelze spoléhat na výsledky simulace jako na přesné zobrazení reality. [16]

Další faktory, které mohou ovlivnit přesnost simulace, zahrnují dobu, po kterou je simulace prováděna, počet vstupních parametrů použitých a úroveň informací zahrnutých v simulaci. Je proto zásadní zkoumat přesnost a spolehlivost simulace, aby se zajistilo, že výsledky jsou přesné a relevantní. [16]

Není vždy užitečná

Simulace nejsou vždy výhodné, protože mohou být časově náročné a nákladné na vytvoření a může být obtížné přesně zachytit všechny složitosti skutečného systému, který se má simulovat. Navíc jsou výsledky simulace pouze tak dobré, jaké jsou informace a předpoklady použité k jejich generování. Pokud jsou data nebo předpoklady nesprávné nebo nedostatečné, výsledky simulace mohou být klamné. Výsledky simulace mohou být citlivé na drobné změny v datech nebo předpokladech, což může ztížit pochopení. Simulace tak není vždy spolehlivým nástrojem pro rozhodování.

V některých případech mohou být jednodušší řešení účinnější nebo nákladově efektivnější. [16]

Obtížnost interpretace výsledků

I když je simulace účinným nástrojem pro analýzu složitých systémů, může být někdy obtížné porozumět výsledkům. To je způsobeno skutečností, že data získaná ze simulace mohou být velmi složitá a obsahovat širokou škálu proměnných, které mohou mít vliv na výsledky. Navíc mohou být data prezentována různými způsoby, což může ztížit rozhodování, které jsou užitečné. V důsledku toho může být obtížné porozumět, jak se výsledky simulace vztahují k systému nebo okolnostem, které jsou ve skutečnosti zkoumány. To může vést k nesprávným interpretacím a závěrům, které mohou vést ke špatným rozhodnutím. Navíc může být obtížné dokonale reprodukovat výsledky simulace, což znemožňuje ověřit přesnost a spolehlivost výsledků. [16]

Na trhu se nachází mnoho simulačních systémů jako například FlexSim, Plant Simulation, Anylogic, Simio a další. Tyto programy nacházejí uplatnění nejen v průmyslovém odvětví, ale také ve zdravotnictví a službách obecně. Pomáhají tak s analýzou například bezpečnostních bran a zavazadlových služeb na letištích, aby se co nejlépe využil potenciál zdrojů aniž by došlo k ohrožení bezpečnosti.

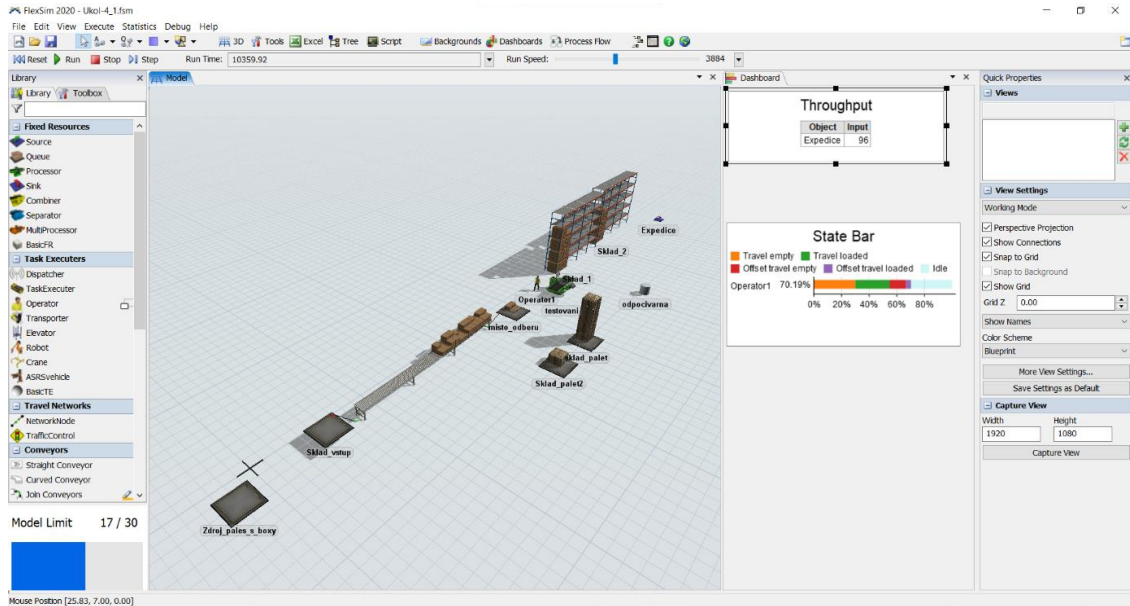
V následující části si stručně ukážeme program FlexSim, který následně využijí v praktické části k analýze současného stavu výrobního procesu.

7.3 FlexSim

Flexsim je objektově orientované softwarové prostředí, které se používá k pro vývoj, modelování, simulaci, vizualizaci a monitorování činností a systémů dynamického toku. Flexsim je kompletní sada softwarových nástrojů pro vývoj a kompilaci simulačních aplikací. [17]

FlexSim je software založený na systému Windows vyvinutý americkou společností FlexSim Company, která jako jediná na světě integruje simulační software C++, vývojové prostředí a překladač do grafického modelovacího prostředí. FlexSim nejenže dokáže zobrazit celý proces simulačního modelu výrobní linky prostřednictvím modelového

okna, ale také dokáže pomocí tabulky Excelu číst data a analyzovat výsledky simulace. Simulační model FlexSim využívá výkonný a efektivní simulační engine a vizuální simulační model. [18]



Obrázek 6 - ukázka uživatelského prostředí FlexSim

Jak můžete vidět na obrázku výše, vlevo se nachází sloupec knihovny, ve které se nacházejí všechny dostupné prvky, které program nabízí. Od zdrojů a bufferů až po pracovníky a roboty. Pomocí těchto prvků se snažíme co nejvěrněji přiblížit skutečné podobě zkoumaného systému. Uprostřed se nachází grafické prostředí, díky kterému vidíme jednotlivé pohyby a chování systému v určitém časovém rozmezí. Vpravo od grafického prostředí se nachází nástěnka, na kterou si lze vložit grafy, které nám pomáhají vizualizovat data například vytížení jednotlivých pracovišť, nebo pracovníků.

8 Hodnocení investic

Základním konceptem investičního rozhodování je analýza nákladů a přínosů dané investice. Náklady spojené s každou navrhovanou kapitálovou investicí jsou porovnávány s očekávanými přínosy. Přínosy i náklady projektů jsou vyjádřeny v podobě peněžních toků. Tyto toky jsou následně analyzovány a buď přijaty, zamítnuty nebo seřazeny. Pro provedení takových analýz existuje řada technik. Preferovanými technikami jsou ty, které zahrnují faktory rizika a času. Tyto metody jsou často nazývány dynamické metody hodnocení investic. [19]

8.1 Dynamické metody hodnocení investic

Podle Kolba, A. B., Demonga, R. F. (1988) jsou jedinými teoreticky správnými metodami pro hodnocení investičních záměrů ty, které reflektují časovou hodnotu peněz. Tyto metody také zahrnují faktor rizika očekávaných peněžních toků po celou životnost projektu. Hlavními dynamickými metodami jsou interní výnosové procento a čistá současná hodnota (dále jen ČSH). Index ziskovosti je obdobou ČSH metody a vyjadřuje se jako podíl. [19]

8.1.1 Čistá současná hodnota

Výpočet čisté současné hodnoty zahrnuje odečítání kapitálových výdajů od současné hodnoty očekávaných peněžních toků, které jsou spojeny s budoucí investicí. Současná hodnota budoucích peněžních toků je určena diskontováním těchto toků diskontní mírou, která odpovídá požadované míře zhodnocení kapitálu v dané investici.

ČSH lze zapsat následující rovnicí: [19]

$$\text{ČSH} = \text{Současná hodnota budoucích peněžních toků} - \text{počáteční výdaje}$$

Pomocí vzorce pro současnou hodnotu řady různých peněžních toků lze vyjádřit ČSH následovně:

$$\text{ČSH} = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} - \text{investice}$$

kde t je index času a $t=0$ znamená současnost = rok nula, $t=1$ je rok po roce nula, a $t=n$ je n let od roku nula. $CF_0, CF_1, CF_2, CF_3, \dots, CF_n$ představují peněžní toky, které se objevují v jednotlivých letech, a investice označuje počáteční výdaje spojené se zahájením projektu. [19]

V případě, že očekávané peněžní toky z investice mají charakter anuity, lze použít následující vzorec:

$$\text{ČSH} = CF * \frac{1 - \frac{1}{(1+i)^n}}{i} - \text{investice}$$

kde n je počet let anuity, CF představuje peněžní tok pravidelně se vyskytující v každém období ve stejné výši a i znamená požadovanou míru návratnosti. [19]

8.1.2 Index ziskovosti

Doplňkovým ukazatelem k ukazateli čistá současná hodnota je index ziskovosti (PI), který ve vztahu ke vstupním veličinám, které jsou stejné jako u čisté současné hodnoty, nedává finančnímu manažerovi žádné nové informace.

K nalezení hodnoty indexu ziskovosti je třeba vydělit současnou hodnotu očekávaných peněžních toků počáteční investicí: [19]

$$PI = \text{Současná hodnota budoucích peněžních toků} / \text{počáteční investice}$$

Kritérium pro rozhodování pomocí indexu ziskovosti je takové, že pokud je hodnota indexu větší než 1, projekt může být schválen, zatímco pokud je hodnota menší než 1, projekt by měl být zamítnut. Toto kritérium tedy doporučuje nebo zamítá přesně ty stejné projekty jako metoda čisté současné hodnoty. [19]

8.1.3 Vnitřní výnosové procento

Metoda vnitřního výnosového procenta poskytuje odpověď na otázku: "Jaká je očekávaná míra návratnosti hodnoceného projektu?" Hledá takovou diskontní míru, při které je současná hodnota očekávaných peněžních toků rovna počátečním výdajům na investici. Tuto rovnost lze zapsat následující rovnicí: [19]

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t}$$

kde I_0 představuje počáteční výdaj v roce nula, CF_t představuje očekávaný peněžní tok v roce $t=1,2,3,\dots, n$ a i je hledaná diskontní míra odpovídající vnitřnímu výnosovému procentu. [19]

Matematické vyjádření neznámé proměnné i může být poměrně komplikované a vyžaduje použití metody pokusu a omylu nebo výpočetní techniky podporované metodu interpolace, která využívá následující vzorec: [19]

$$IRR = \frac{i_2 - i_1 * \check{C}SH_1}{\check{C}SH_1 - \check{C}SH_2} + i_1$$

kde

- IRR... vnitřní výnosové procento
- i_1 ... diskontní míra nižší než hledané IRR
- i_2 ... diskontní míra vyšší než hledané IRR
- $\check{C}SH_1$... čistá současná hodnota odpovídající diskontní míře i_1
- $\check{C}SH_2$... čistá současná hodnota odpovídající diskontní míře i_2

Pro nalezení hodnoty vnitřního výnosového procenta pomocí metody interpolace je nejprve třeba nalézt diskontní míru (i_1), která je nižší než hledaná IRR. Diskontování peněžních toků s diskontní mírou (i_1) povede k pozitivní čisté současné hodnotě ($\check{C}SH_1$). Současně je také nutné nalézt diskontní míru (i_2), která je vyšší než hledaná IRR, což znamená, že povede k negativní čisté současné hodnotě ($\check{C}SH_2$). [19]

8.2 Statické metody hodnocení investic

Mezi statické metody, které nezahrnují diskontování peněžních toků, patří doba návratnosti a účetní míra návratnosti. Tyto metody se vyznačují méně složitým výpočtem než předchozí skupina metod, ale mohou poskytovat užitečné informace v některých situacích. [19]

8.2.1 Doba návratnosti

Doba návratnosti měří dobu v letech potřebnou pro znovuzískání investované částky do projektu. [19]

Na základě této metody lze vyřadit projekty, které nedosáhnou návratnosti investice do doby, než skončí jejich životnost. Jednoduchost této metody je její zjevnou výhodou, avšak zároveň i její nevýhodou. Metoda doby návratnosti nedostatečně

zohledňuje časovou hodnotu peněz, přičemž rané peněžní toky mají vyšší současnou hodnotu než pozdější. Dalším nedostatkem je ignorování očekávaných peněžních toků po období splatnosti. Navzdory těmto nedostatkům má metoda doby návratnosti své místo ve finančním rozhodování. Může sloužit jako hrubý nástroj pro první screening investičních projektů a následně posloužit pro sofistikovanější analýzy diskontovaných peněžních toků. Je také vhodná pro firmy s potřebou vysokých peněžních toků v blízké budoucnosti z důvodu likvidity. [19]

8.2.2 Účetní míra návratnosti

Účetní míra návratnosti určuje míru zhodnocení investice vyjádřenou čistými zisky z plánovaného projektu. [19]

$$\text{Účetní míra návratnosti} = \text{Průměrný roční čistý zisk z projektu} / \text{Investice}$$

Hodnota účetního zisku je stanovena na základě rozdílu výnosů a nákladů a zohledňuje nepeněžní operace, jako například odpisy. Tato metoda rozhodování přijímá pouze projekty, jejichž účetní míra návratnosti překračuje stanovený limit vedením společnosti. Tento limit obvykle vychází z průměrné účetní míry návratnosti vloženého kapitálu podniku (ROA). Účetní míra návratnosti má několik výhod, včetně jednoduchosti, souladu s konceptem účetních zisků a snadné dostupnosti dat z účetnictví pro monitorování projektu. Hlavní nedostatky této metody jsou však následující: ignorování časové hodnoty peněz, nedostatečné zohlednění rozložení zisků v čase a nedostatečné zohlednění rizika. Kritérium pro zamítnutí projektu je v případě účetní míry návratnosti stanoveno méně sofistikovaným způsobem než u metody ČSH. Přesto se tato metoda stále poměrně často používá, zejména ve spojení s více sofistikovanými metodami dynamické analýzy. [19]

9 Praktická část

9.1 Historie podniku MEVA a. s.

Historie společnosti Meva sahá až do doby Rakouska-Uherska, kdy byla v roce 1898 firma založena v Praze. Během té dlouhé doby firma vyráběla mnoho různých produktů. V roce 1901 získala firma S. Mestitz povolení k tovární výrobě a postavila si továrnu na Urbanci. Začali výrobou železných koleček a příslušenství pro dětské kočárky, dvířka pro kamna, plechové rámy pro střešní okna a žaluziové ventilační systémy.

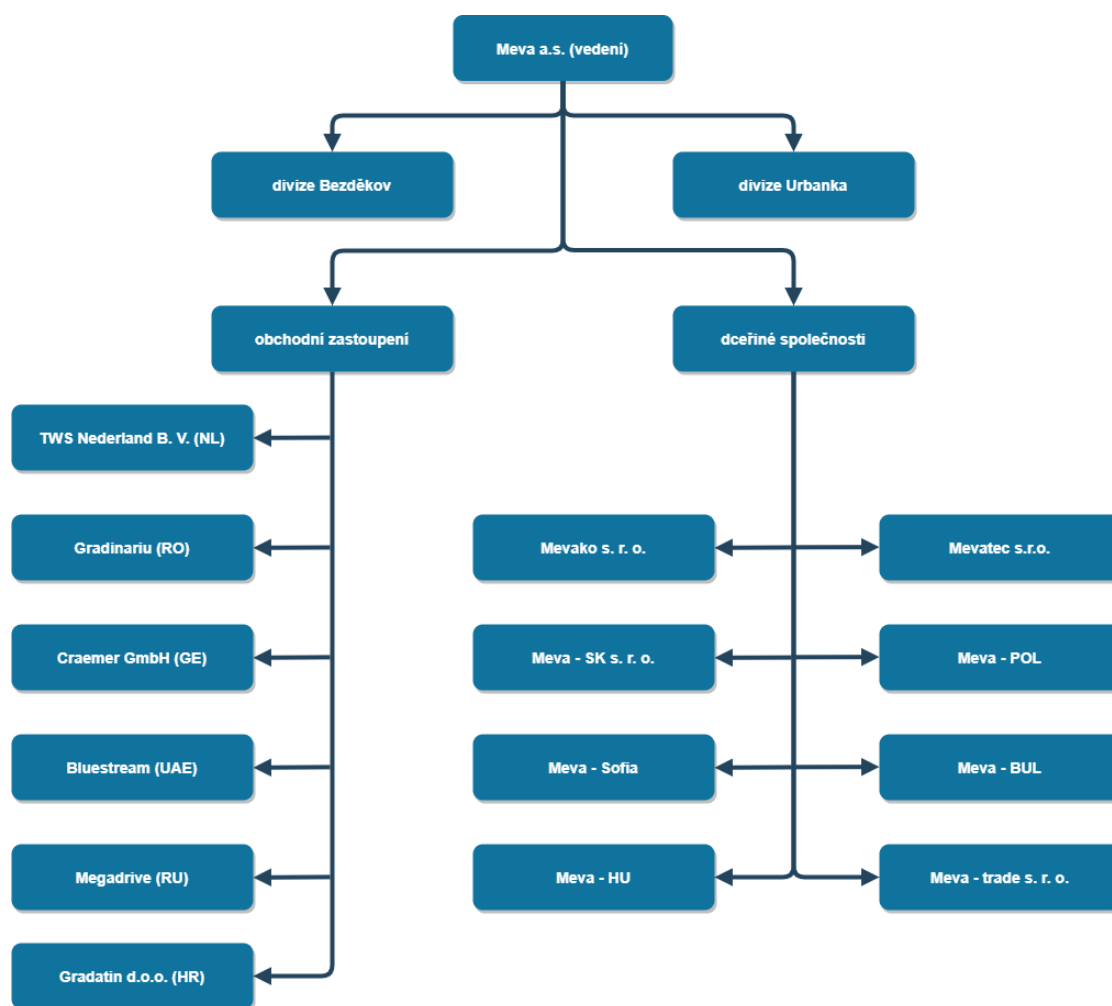
V roce 1916 byla firma Mestitz a syn začleněna do Akciové společnosti pro průmysl se zbožím kovovým. Během první světové války se firma zaměřovala především na výrobu sudů pro vojenské účely. Kvůli nepohodlnému dlouhému německému názvu firmy byla zavedena zkratka firmy MEWA (MEtal WAreN). Po vzniku Československa bylo německé "W" změněno na "V" (z francouzštiny MEtaux VArieux).

Z důvodu hospodářské krize se Meva na začátku 30. let 20. století musela vyrovnávat s obtížemi a bojovala o přežití tím, že zavedla výrobu nákladních vozidel na fekálie, koupacích van a nádob na prádlo z pozinkovaného plechu. Kvůli problémům s prodejem musela firma prodat dva ze svých čtyř závodů, konkrétně závod v Novém Strašenci a také hlavní závod na Smíchově. V této práci se věnujeme divizi firmy zvané Bezděkov. Firma získala pozemek pro továrnu v roce 1940 prostřednictvím arizace majetku ústecké firmy Orel bratří Krausů. Nejprve si pozemek pronajímala a poté v roce 1941 na něm dokončila stavbu nové továrny.

V roce 1946 byla továrna znárodněna na základě prezidentských dekretů a v roce 1948 byla vymazána z obchodního rejstříku. Nicméně již v roce 1950 se stala opět samostatnou firmou se sídlem v Roudnici a vlastními závody. Se změnou politického režimu v roce 1989 prošla firma Meva mnoha změnami. Téměř okamžitě po sametové revoluci se stala akciovou společností a postupně rozšířila svou působnost na další, především evropské trhy.

9.2 Současná podoba podniku

V současné době společnost Meva má čtyři divize, z nichž dvě jsou výrobní a nacházejí se v Roudnici nad Labem. Tyto divize vyrábějí odlišné produkty, mají své vlastní zákazníky, dodavatele, umístění a každá divize je řízena vlastním ředitelem. Obě výrobní divize jsou odpovědné za svou vlastní činnost v oblasti zásobování, výroby, obchodu a spolupráce s ostatními divizemi. Další dvě divize jsou nevýrobní. Jednou z nich je divize vedení společnosti, která je vedena generálním ředitelem a zajišťuje účetnictví, finanční řízení, plánování, údržbu informačního systému, personalistiku a další aspekty jako ekologie. Poslední divizí je divize Řízení dceřiných společností, která se zabývá obchodem mezi společnostmi v rámci skupiny MEVA, obchodním vedením a společnou obchodní politikou. Podle webových stránek společnost zaměstnává celkem 350 zaměstnanců.



Obrázek 7 - Schéma struktury podniku

9.3 Produktové portfolio

Během své historie firma nabízela širokou škálu výrobků, v současnosti se divize Bezděkov zaměřuje na výrobu kontejnerů na odpad a sudů. Firma se snaží plně vyhovět požadavkům zákazníků, a proto je její produktové portfolio velmi rozmanité. Pro využití volné kapacity strojů společnost poskytuje také služby lisování, obrábění, kovotlačení, lakování a dělení materiálů.

Z poskytnutých informací o výrobcích jsme zjistili, že výrobky předložené k analýze se vyznačují vyšším počtem objednaných kusů. Na základě podobnosti jejich technologického postupu, tyto výrobky reprezentují určitou skupinu produktů. Konkrétně se jedná o 17 různých typů odpadkových kontejnerů s různým objemem a konstrukcí. Pro další popis jejich charakteristik je rozdělujeme do čtyř skupin.

První skupina produktů zahrnuje kontejnery o objemu až 1100 litrů, které se převážně používají pro sběr komunálního a tříděného odpadu v domácnostech nebo průmyslu. Hlavní výhodou těchto kontejnerů je snadná manipulace díky otočným kolečkům. Typickým zástupcem této skupiny je "Stohovatelný kontejner na odpad, na který Meva a.s. vlastní patent. Běžným standardem tohoto produktu je EN-840.



Obrázek 8 - Kontejner 1100 l (1132)

Druhá skupina zahrnuje kontejnery s objemem přesahujícím 1100 litrů. Tyto kontejnery jsou často využívány pro sběr odpadu v nákupních centrech. Některé výrobky z této skupiny spadají do standardu EN-12574.



Obrázek 9 - Eurokontejner 2,5 m³ – (1273)

Třetí skupina zahrnuje kontejnery pro zpětný odběr elektroodpadu, oděvů nebo kovů. Tato skupina se vyznačuje vyšší úrovní bezpečnosti. Oproti ostatním skupinám jsou tyto kontejnery konstruovány tak, aby odolávaly vniknutí a byly zabezpečeny proti převrácení. Čtvrtá skupina zahrnuje průmyslové záchytné vany a náhradní díly pro výrobky.



Obrázek 10 – (vlevo) Kontejner na textil 2000 lt. - (1629), (vpravo) záchytná vana pro sud

Společnost se zaměřuje jak na trhy B2B (business-to-business), tak i na B2C (business-to-consumer). Produkty divize Bezděkov se distribuují po celé Evropě a Asii. Firma prodává své výrobky prostřednictvím dceřiných společností a zástupců ve více než 25 zemích. V České republice patří mezi hlavní zákazníky města a obce.

9.4 Výroba

Areál divize Bezděkov je složen z větších a menších středisek, která provozují dvě pracovní směny. Střediska umístěná v horní části layoutu se specializují na výrobu velkoobjemových kontejnerů a některých typů kontejnerů s objemem nad 1000 litrů. Tyto kontejnery jsou poté přemístěny do dolní části layoutu, kde probíhají povrchové úpravy, montáž, skladování a expedice. V dolní části layoutu se vyrábějí také stohovatelné kontejnery, které jsou rozšířené v České republice, a další typy sběrných kontejnerů. (viz příloha č. 1 – layout divize Bezděkov)

Technologický proces probíhá následovně: Z nakoupeného materiálu se nejprve vytvářejí díly jako například pláště, trubky, dna kontejnerů nebo kapsy. Tyto díly jsou následně skládány do podsestav (např. tělo kontejneru, víko apod.), které procházejí povrchovou úpravou zinkováním. Tento proces je prováděn u externího dodavatele, který se nachází v jižní části objektu. V případě potřeby lakování jsou produkty přesunuty na lakovací linku v jižní části firemního objektu. Po dokončení povrchových úprav projdou kontejnery procesem čištění a kontroly a jsou následně montovány v jedné z montážních hal (malé kontejnery jsou montovány v jižní části – hala H7 a H8, zatímco velké a speciální kontejnery v severní části – hala H3). Po montáži jsou kontejnery skladovány a následně expedovány.

9.5 Definování

Při setkání s vedoucím technické přípravy výroby proběhlo seznámení s celým areálem divize Bezděkov a následně byl stanoven očekávaný výstup práce. Obecným cílem společnosti byl provést studii střediska 2840, které se specializuje primárně na velkoobjemové kontejnery, a navrhnout automatizaci laseru, vysekávacího lisu a ohraňovacího lisu. Společnost je ochotná investovat do nového ohraňovacího stroje,

a podle potřeby by zde bylo možné upravit layout jednotlivých pracovišť.

Při tvorbě studie a návrhu automatizace je důležité vycházet z aktuálních dat a předpoklady následně ověřovat. Při vytváření studie bylo využito přístupu DMAIC, kde jako vstupy nám posloužili informace poskytnuté společností:

- Strukturované kusovníky, které obsahují výrobní postupy
- Pozorování ve výrobě
- Informace poskytnuté z rozhovorů

Výrobní postupy jsou charakterizovány velkým počtem pracovišť, z nichž každé má své vlastní číslo. Popisy operací prováděných na těchto pracovištích nejsou přesně definovány a liší se v závislosti na druhu výrobku. Z tohoto důvodu je nezbytné provést transformaci dat, aby bylo možné získat požadované výsledky. Pro tento účel byl použit program MS Excel, který umožňuje filtrovat potřebné informace pomocí kontingenčních tabulek.

Při volbě přístupu ke studii přišli v úvahu tři přístupy, které umožňují komplexně porozumět organizační struktuře výroby.

První přístup se zaměřuje na výrobní pracoviště, kterými prochází vybrané výrobky. Pracoviště jsou rozdělena do skupin na základě toho, jaké typy operací se na nich provádí. Poté se zaměřuje na identifikaci nejvíce vytíženého pracoviště a odhalení jeho problematických míst. Cílem je optimalizovat tok materiálu a pohyb uvnitř střediska, což přispěje ke snížení časové náročnosti výrobního procesu.

Druhý přístup se zaměřuje na vybraný výrobek nebo skupinu výrobků. Provedení tohoto přístupu zahrnuje identifikaci nejčastěji vyráběného výrobku a optimalizaci toku výrobku.

Třetí přístup kombinuje dvou předešlých principů, a právě tento přístup nám umožňuje komplexní pohled na výrobní systém. Pro identifikaci nejvytíženějších míst jsem využil Paretovu analýzu.

9.6 Měření

Tato kapitola je zaměřena na celé produktové portfolio podniku a určení skupiny produktů, které podnik vyrábí nejčastěji. Dále určíme vytížení jednotlivých pracovišť ve středisku 2840, kterými prochází nejčastěji vyráběné skupiny výrobků. Tento výsledek vytížení nám v kapitole Analýza následně poslouží jako ověření správnosti modelu, který reprezentuje současný stav výrobního procesu.

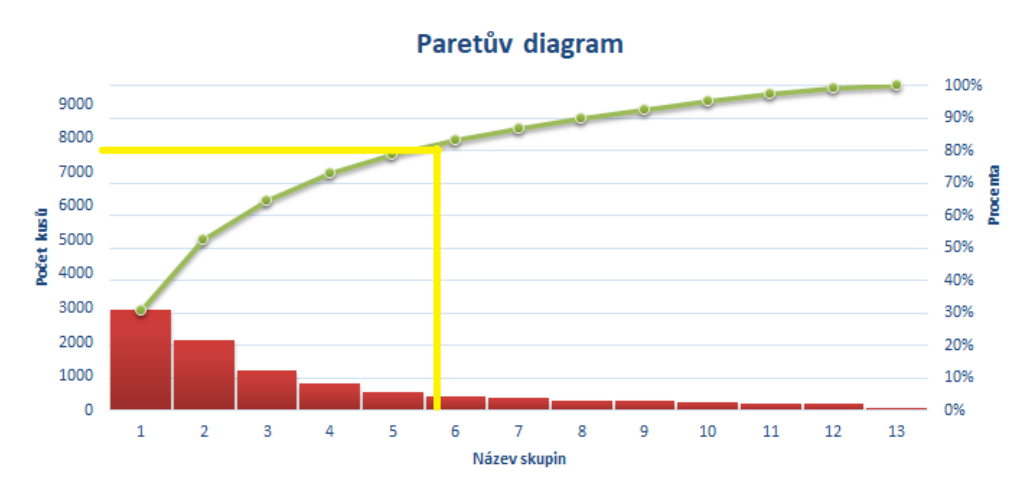
9.6.1 Určení skupin výrobků

Z výrobních postupů nelze přesně určit, do které rodiny výrobků spadá konkrétní výrobek. Pro další postup bylo nezbytné seskupit výrobky na základě jejich podobnosti sledu výrobních činností a mezinárodních standardů EN 840 – 2, EN 840 – 3 a EN 12574, EN 12574 – 1.

Tabulka 1 - Rozdělení výrobků do skupin

Označení skupin	Hlavní výrobní středisko	Výrobky ve skupině	Označení skupiny
1	2820	1132E01R1-1; 1136E	EN 840-3
2	2820	1282	1282
3	2840	1332	1332
4	2840	1152	1152
5	2840	1232X	1232X
6	2840	1173KXZ5; 127302	EN 12574-1
7	2840	110132	110132
8	2840	1100 O; 1107H2AVPJ	EN 840-2
9	2820	5200	5200
10	2820	15209	15209
11	2820	1190SAE - 1; 1190	EN 12574-2
12	2840	1380/I	EN 12574-1 - FUB
13	2820	16271 - 1,0	16271-1,0

Dále byly určeny zájmové skupiny výrobků podle stanoveného kritéria, to bylo v našem případě množství kusů v plánu výroby. K tomu byl využit Paretův diagram s příslušnou Lorenzovou křivkou. Jednotlivé sloupce na tomto diagramu zobrazují množství výrobků a kumulativní četnosti těchto množství slouží jako základ pro vytvoření Lorenzovy křivky.



Obrázek 11 - Paretův diagram určení zájmových skupin výrobků

Z Paretova diagramu je zřejmé, že 80 % všech zkoumaných skupin tvoří skupiny 1, 2, 3, 4, 5, 6. Tyto skupiny jsou nejpočetnější a zaměřením na zlepšení výroby v těchto skupinách lze dosáhnout významného celkového zlepšení.

9.6.2 Vytížení pracovišť

Dalším krokem bylo určení vytížení pracovišť, kterými procházejí skupiny výrobků z předchozí analýzy. Zde bylo stanoveno kritérium vytížení podle časové náročnosti.

Tabulka 2- Vytížení pracovišť střediska 2840

Pracoviště	Časové vytížení strojů [min]	Procenta
12752 Svařování 2	1277,34	58%
9539 Montáž	426,47	19%
9993 Čištění	116,63	5%
33823 Haco	116,04	5%
8441 Vrtání, broušení, začištění	64,52	3%
82191 Laser	56,12	3%
12799 Svařování 1	40,00	2%
5967 Řezání	30,00	1%
53191 Vysekávací lis	22,88	1%
3870 Ohýbání 2	22,00	1%
4612 Odjehlení a vrtání	12,51	1%
9990 Expedice	10,28	0%
3880 Ohýbání	10,00	0%
23922 Stříhání 3	6,27	0%
5968 Řezání 3	1,71	0%
9835 Řezání 2	0,99	0%
3990 Vrtání	0,80	0%
23963 Stříhání 2	0,30	0%

23911	Stříhání 1	0,02	0%
9863	Kontrola	0,00	0%
9999	Zinkování	0,00	0%

Shrnutí kapitoly měření

V této kapitole jsem si nejdříve stanovil skupiny produktů na základě podobnosti sledu výrobních činností. Zjistili jsme, že 80 % všech zkoumaných skupin tvoří skupiny 1, 2, 3, 4, 5 a 6. Výrobní proces skupin 1 a 2 nicméně probíhá primárně ve středisku 2820 a jak již bylo zmíněno v kapitole Definování, v této práci se zaměříme na středisko 2840. Tudíž tyto dvě nejpočetnější skupiny nebyly brány v úvahu. Pro další krok v této práci se tudíž budeme zajímat o skupinu 3, ve které se nachází produkt s označením 1332.

V dalším kroku této kapitoly jsme si pomocí strukturovaných kusovníků stanovili časové vytížení jednotlivých pracovišť, kterými prochází všech šest skupin nejpočetnějších výrobků. V rámci této práce je naším úkolem se věnovat částí výroby, kde se nacházejí pracoviště laseru, vysekávacího lisu a ohraňovacích lisů. Pomocí stanovení vytíženosti pracovišť jsme zjistili, že v tomto úseku výroby tráví výrobky zhruba 9 % celkového času výroby. Tento výsledek nám poslouží v následující kapitole pro ověření správného fungování simulačního modelu výrobního procesu.

Tabulka 3 - Vytížení pracovišť pracoviště Haco, Laseru a Vysekávacího lisu

Pracoviště		Časové vytížení strojů [min]	Procenta
33823	Haco	116,04	5 %
82191	Laser	56,12	3 %
53191	Vysekávačka	22,88	1 %

Již z těchto výsledků je patrné, že ohýbání plechů, které probíhá na ohraňovacím lisu Haco, je značně časově náročnější ve srovnání s pracovišti laseru a vysekávacího lisu. Detailnějšímu popisu těchto pracovišť se budeme věnovat v následující části práce.

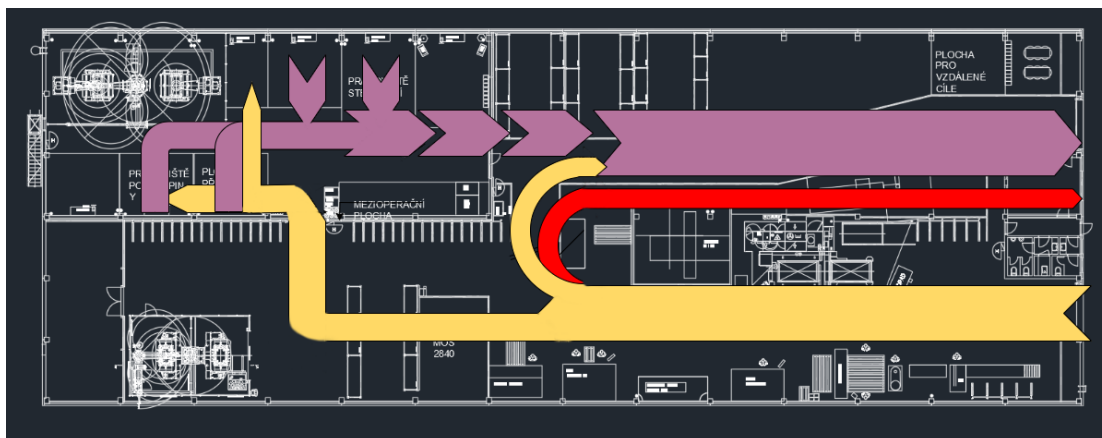
9.7 Analýza

V dalším kroku byla provedena analýza současného stavu střediska 2840, které se nachází v hale N. Blíže se seznámíme s pracovišti laseru, vysekávacího lisu a ohraňovacího lisu. Stěžejní částí této kapitoly je úsek, který se věnuje vytvoření simulačního modelu výrobního procesu, který nám poskytne představu o fungování výroby při plnění zakázek.

9.7.1 Hala N

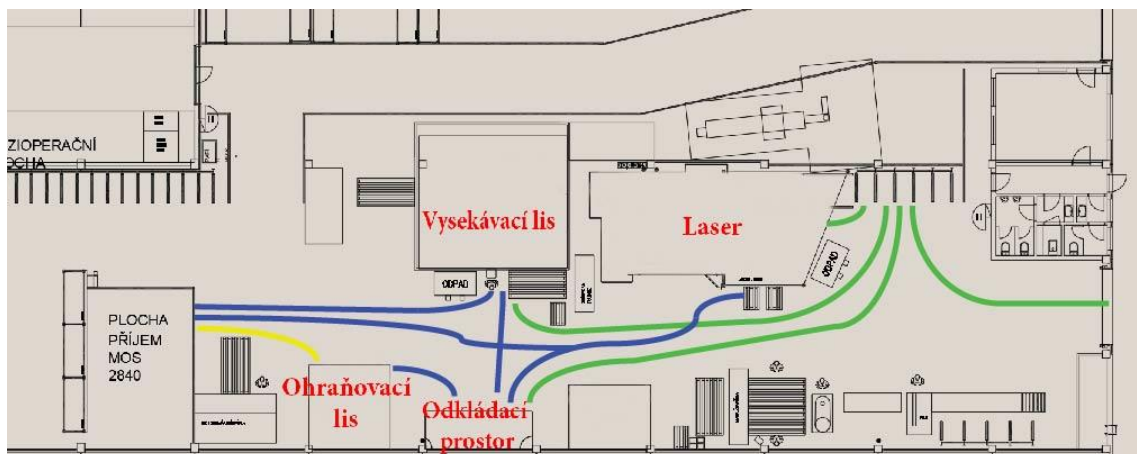
Halou N prochází většina nejpočetnějších skupin definovaných v předchozí části, a to především skupiny 3, 4, 5 a 6. Zařízení v hale jsou umístěna v souladu s pořadím výrobních operací produktů, které touto halou procházejí.

Hmotný tok je v hale uspořádán do tvaru písmene U. Sankeyův diagram je použit pro grafické znázornění tohoto toku. Šířka pruhu na diagramu představuje množství materiálu, který prochází halou. Na diagramu jsou části vstupující do svařování znázorněny žlutou barvou, svařené díly jsou fialové a odpad vzniklý během zpracování je znázorněn červeně.



Obrázek 12 -Sankeyův diagram toku materiálu

Pohyb uvnitř haly je znázorněn na Spaghettiho diagramu, kde je zobrazena pouze zájmová část, tedy od meziskladu před laserem až po mezisklad ohnutých a nařezaných plechů, které se dále svářejí.



Obrázek 13 - Spaghettiho diagram pohybů

Materiál je do haly dopraven na paletách pomocí manipulační techniky a je umístěn do meziskladu. Odtud je materiál odebrán na pracoviště laseru a vysekávacího lisu. Některé palety s materiálem, které nevyžadují operace vysekávání a dělení putují hned do odkládacího prostoru na ohýbání (tyto pohyby materiálu jsou značeny zelenou křivkou). Jakmile je operace na laseru a vysekávacím lisu dokončena, rozpracované díly, které nevyžadují ohýbání jsou přesunuty do mezioperačního prostoru. Pokud je potřeba díly ohýbat, přesunou se do odkládacího prostoru na ohýbání, odkud se díly přesouvají k pracovišti ohraňovacího lisu (značeno modrou křivkou). Po dokončení ohýbání se díly přesunou na mezisklad, kde se následně na dalším pracovišti díly svaří (značeno žlutou křivkou).

Při osobní návštěvě jsem si prohlédl halu N a všiml si následujících nedostatků:

- V prostoru mezi laserem a ohraňovacím lisem je pro manipulační techniku málo prostoru a při otáčení vysokozdvizného vozíku by mohlo dojít ke zranění operátorů nebo poškození stroje.
- V prostorech meziskladů se palety s rozpracovanou výrobou odkládají různě a chybí zde systematické třídění.
- Ve výrobní hale jsou stroje, které nejsou pro výrobu využívány a zabírají tak místo, které by mohlo být využito lépe.



Obrázek 14 - Neorganizovanost meziskladů



Obrázek 15 - Nevyužitý stroj v hale N



Obrázek 16 – Další nevyužitý stroj v hale N

9.7.1.1 Pracoviště laseru

Na pracovišti laseru se nachází CNC laserové centrum Trumpf 3030, které umožňuje řezání plechů o rozměrech 1500x3000 mm a tloušťce 20 mm. Hlavní pohyb vykonává hlava laseru, který pracuje podle předem nadefinovaného postupu. Stroj je vybaven systémem automatického nakládání materiálu, což zvyšuje produktivitu a efektivitu výrobního procesu. Po vypálení operátor přesune výpalek na paletu a zbylý odpad vyhodí. Na tomto pracovišti je jeden operátor.



Obrázek 17 - Pracoviště laseru

9.7.1.2 Pracoviště vysekávacího lisu

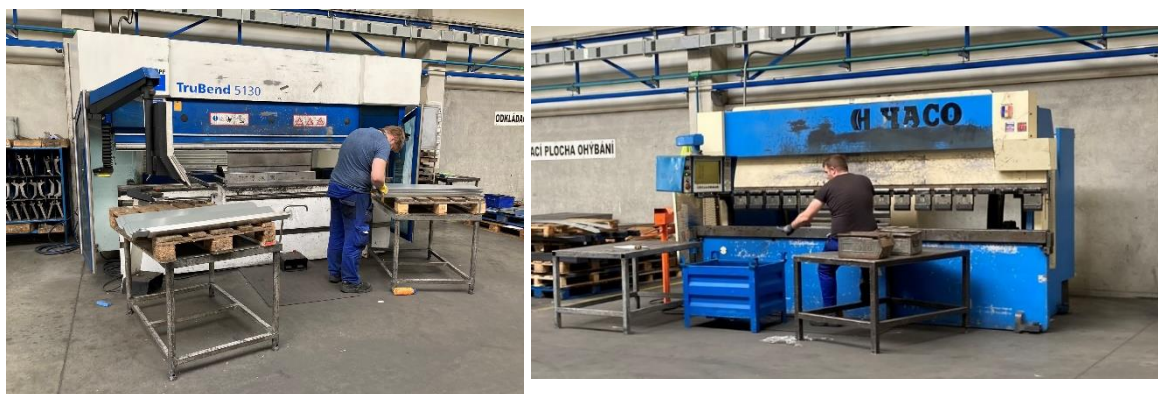
Na tomto pracovišti se nachází Trumatic 300R od značky Trumpf, na kterém probíhá vysekávání plechů podle nadefinovaných programů. Zde hlavní pohyb vykonává stůl stroje, který se hýbe podle potřeby a vysekávací hlava je v klidu. Plechy jsou umístěny do pracovní plochy strojem s přísavkami, který obsluhuje operátor, a po vysekání je hotový kus ročně přesunut na paletu a zbylý odpadní materiál vyhozen. Na tomto pracovišti je jeden operátor.



Obrázek 18 - Pracoviště vysekávacího lisu

9.7.1.3 Pracoviště ohraňovacích lisů

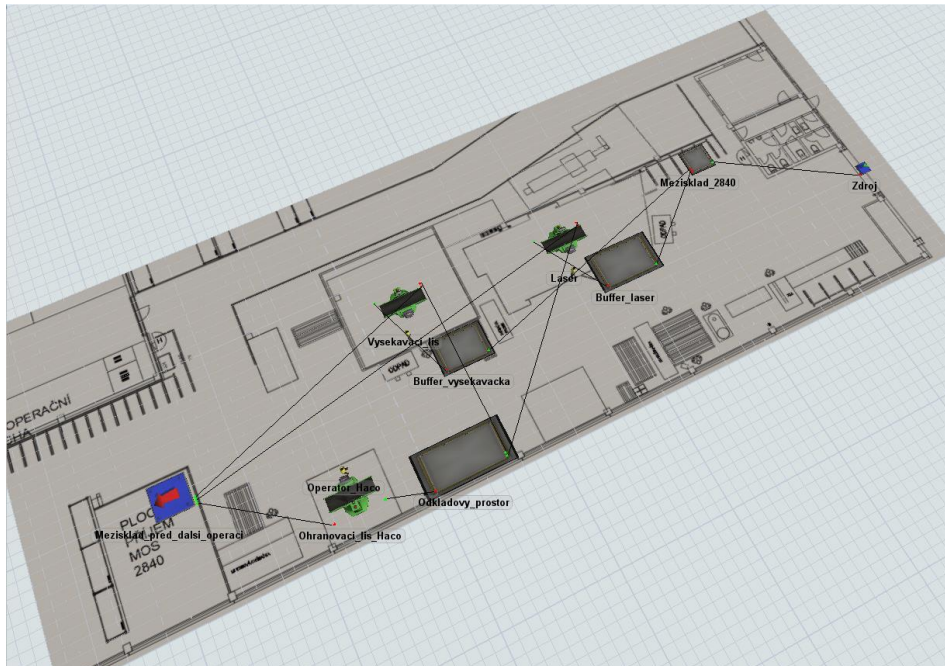
V hale N se nacházejí dva stroje ohraňovacích lisů. Jeden značky Trumpf TruBend 5130 a druhý stroj od značky Haco. Oproti předešlým pracovištím je už na první pohled patrné, že stroj Haco je starší a pro případnou automatizaci by se musel pořídit zcela nový ohraňovací stroj, u kterého by se dále mohlo uvažovat, jestli se pořídí spolu s automatizovanou ohraňovací buňkou, nebo se ke stroji koupí robot na manipulaci s materiálem. U každého stroje je jeden operátor.



Obrázek 19 – (vlevo) ohraňovací lis TruBend; (vpravo) ohraňovací lis Haco

9.7.2 Modelování současného stavu

Podle již zmíněného popisu výrobního postupu jsem vytvořil simulační model v programu FlexSim. Pro realističtější podobu modelu jsem využil výkresu rozložení pracovišť, který mi poskytla firma spolu dalšími daty.



Obrázek 20 - Simulační model výrobního procesu

Nejdříve byla potřeba si stanovit procesní časy jednotlivých pracovišť. Tyto procesní časy byly určeny pomocí strukturovaného kusovníku výrobku 1332.

Název výšší	NÍŽŠÍ	Název nížší	Úroveň	Pozice	Typ Dim	Množství	Mj	ČOp	Popis ČOp	Div	Stř	Pracovní	Čas kus.	Čas příj.
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b1332M		MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNITAR	0	0	F	1.000 ks	110	50	BARVA+montáž koleček.	B	2840	095391	14,948894	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b1332M		MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNITAR	0	0	F	1.000 ks	119	19	montáž smonáž gumového dorazu B5518/1 2ks na vůli b5730	B	2840	09539	1,895	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b1332M		MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNITAR	0	0	F	1.000 ks	120	20	montáž vřk	B	2840	09539	7,4744521	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b1332M		MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNITAR	0	0	F	1.000 ks	125	25	FINÁLNÍ kontrola výrobku die-NAVODKA09863/1	B	2840	09863	0	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b1332M		MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNITAR	0	0	F	1.000 ks	130	30	expedice	B	2840	09990	2,1411841	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b5518/1		gumový doraz typ 1332	1	12	D	4.000 ks	110	10	řezací	B	2840	09835	0,248471	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b5730-Z		2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332	1	10	D	1.000 ks	550	50	zinkování, kooperace	B	2840	09999	0	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b5730-Z		2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332	1	10	D	1.000 ks	560	60	očistit po pozinkování	B	2840	09993	6	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b5730-Z		2-vřko úplné ŽP typ 1332	1	11	D	2.000 ks	130	30	zinkování, kooperace	B	2840	09999	0	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.b5730-Z		2-vřko úplné ŽP typ 1332	1	11	D	2.000 ks	140	40	očistění po pozinkování	B	2840	09993	4	
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.273141009		PRVÝ KRYTÍKA VYL. HRDLA, do sběru	1	6	M	1.000 Ks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.509019002		ŠROUB M 8X20 VŘATOVÝ POZINK.	1	1	M	0,016 Mks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.475901158		KOL B BRZDOU ORORO/MEVA 200G	1	4	M	2.000 Ks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.475901158		KOL BEZ BRZDY ORORO/MEVA 200G	1	5	M	2.000 Ks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.311211700		SPRAY CHROM EFEKT - obj.č. 04060	1	15	M	0,000 Ks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.311211025		PODLOŽKA D 13 - PEVNÁ	1	9	M	0,004 Mks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.311210010		PODLOŽKA D 8 4 PEVNÉ	1	3	M	0,016 Mks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.511100014		MATICE M 12 SAMOJISTNÁ	1	8	M	0,004 Mks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.511100009		MATICE M 8 SAMOJISTNÁ	1	2	M	0,016 Mks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.509019148		ŠROUB M 12X60 IMBUS POZINKOVAN	1	7	M	0,004 Mks								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.28223011		BARVA ZINKOVÁ Ravelor LZ 09	1	14	M	0,000 Kg								
MONT.-kont.na odp. 1000 lt. ŽP-UNIT.735413501		SAMOLEPÁ typový štátek TW5	1	13	M	1,000 Ks								
2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332		nádobá svařená surná (party vřka) 1332	2	16	D	1.000 ks	110	10	střehovat	B	2840	12752	19	
2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332		nádobá svařená surná (party vřka) 1332	2	16	D	1.000 ks	120	20	střehovat pomocník	B	2840	127521	19	
2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332		nádobá svařená surná (party vřka) 1332	2	16	D	1.000 ks	130	30	svařit očiště	B	2840	12752	66	
2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332		nádobá svařená surná (party vřka) 1332	2	16	D	1.000 ks	131	31	kontrola pracovníkem ÚŘJ-kontrola naválení	B	2840	09863	0	
2-nádobá svařená ŽP (party vřka) 1332		nádobá svařená surná (party vřka) 1332	2	16	D	1.000 ks	140	40	brousit svrdly + vřtání 4xD6mm- otvory pro odtok zinku	B	2840	08441	9,8	
2-vřko úplné ŽP typ 1332		vřko úplné surné typ 1332	2	4	D	2.000 ks	110	10	střehovat	B	2840	12752	6,69144	

Obrázek 21 - Ukázka strukturovaného kusovníku

Je možné si povšimnout na Obrázku 21, že strukturovaný kusovník obsahuje mnoho dat a informací. Z toho důvodu bylo nutné si tyto data převést do vhodné kontingenční tabulky. Po převedení dat byl vytvořen filtr pro potřebná data, konkrétně se jednalo o sloupce: Středisko, Pracoviště, Čas na kus a Popis ČOp.

⊕ 33823 Haco
⊕ 338231 Haco pomocník
⊕ 53191 Vysekávačka
⊖ 82191 Laser
⊖ 2
⊖ 0,2261
⊖ vyřezání tvaru -112 kusu z tabule 81x315 deska středová typ 1152
⊖ 0,24225
⊖ vyřezání tvaru 242 kusu z tabule 81x130,4 závěs spodní levý typ 1152 závěs spodní pravý typ 1152
⊖ 0,347225
⊖ vypálit tvar dle výkresu 90x50x80 mm -o-0,28m deska spodní typ 1152
⊖ 0,4204995
⊖ Vysekat tvar dle výkresu pant levý (roh levý) typ:1330 pant pravý (roh pravý) typ:1330
⊖ 0,85216939
⊖ vypálit tvar dle výkresu+očistit ližina (konzole pro kola) typ. 1332

Obrázek 22 - Vyfiltrování potřebných dat

Po vyfiltrování dat byly z uvedených časů jednotlivých operací stanoveny průměrné časy jednotlivých pracovišť (viz červené rámečky v obrázku 22).

Tabulka 4 - Procesní časy pracovišť

Pracoviště	Procesní časy na simulaci na kus [min]
Haco	1,73
Laser	0,42
Vysekávací lis	1,23

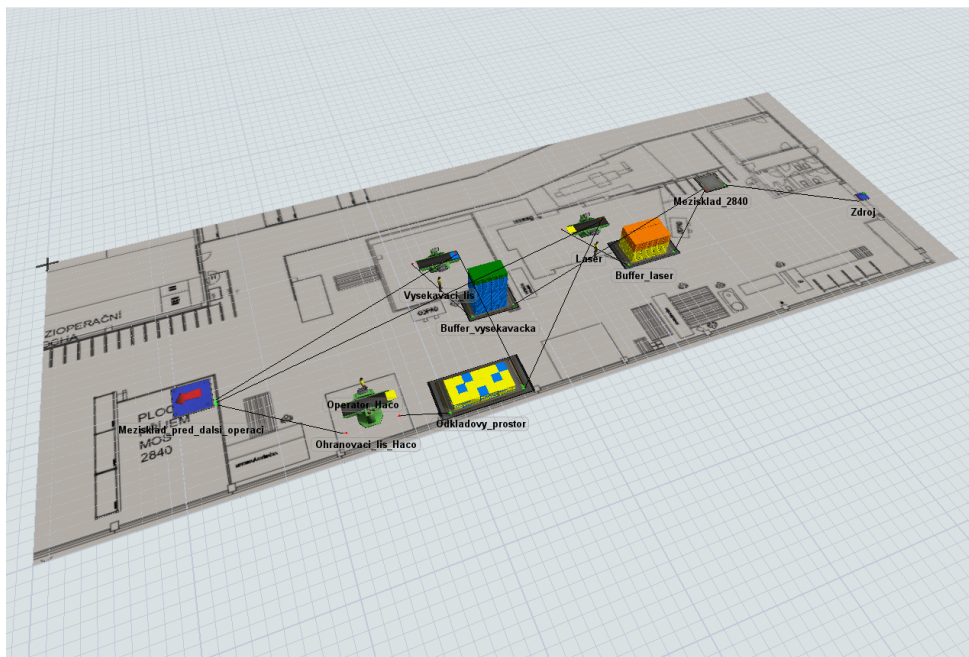
Procesní časy v kusovníku jsou uvedeny jako průměrné časy operací na jeden kus, ve kterých je zohledněn transport materiálu na dané pracoviště nebo mezisklad, nastavení stroje a samotný procesní čas. Proto v modelu není zohledněn přesun materiálu pomocí manipulační techniky do haly a následně k jednotlivým pracovištím

Pro simulaci byla vybrána konkrétní zakázka, kterou v minulosti firma Meva vyráběla. Jedná se o zakázku s označením BF1901689, která obsahovala 50 kusů kontejnerů s označením 1332. Jak jsem již zmiňoval ve shrnutí kapitoly Měření, právě skupina výrobků 3, která obsahuje kontejnery s označením 1332, prochází střediskem 2840 a jen zanedbatelné množství operací se provádí v jiných střediscích.

9.7.2.1 Popis modelu

Na začátku modelu se nachází Zdroj, který představuje dopravení potřebného materiálu na zakázku do meziskladu střediska 2840. Zdroj je nastaven tak, že obsahuje čtyři druhy materiálu. První druh materiálu s označením V_L (Typ = 1, barva = žlutá) představuje výrobky, které putují z meziskladu 2840 k pracovišti Laseru a poté na ohraňovací lis, druhý druh materiálu s označením V_V (Typ = 2, barva = modrá) reprezentuje materiál určený pro pracoviště vysekávacího lisu a ohraňovacího lisu. Materiál označený V_L_F (Typ = 3, barva = oranžová) je materiál, který vyžaduje pouze vypálení na Laseru a poté putuje rovnou na Mezisklad před další operací. Materiál V_V_F (Typ = 4, barva = zelená) je určený pro vysekání na Vysekávacím lisu a následně putuje na Mezisklad před další operací.

Jakmile procesy na pracovištích Laseru a Vysekávacího lisu jsou hotové a vyžadují ohýbání, přesune se materiál na Odkládací prostor u Ohraňovacího lisu Haco. Po dokončení ohýbání se přesune materiál do meziskladu pro další operaci.



Obrázek 23 - Model v průběhu simulace

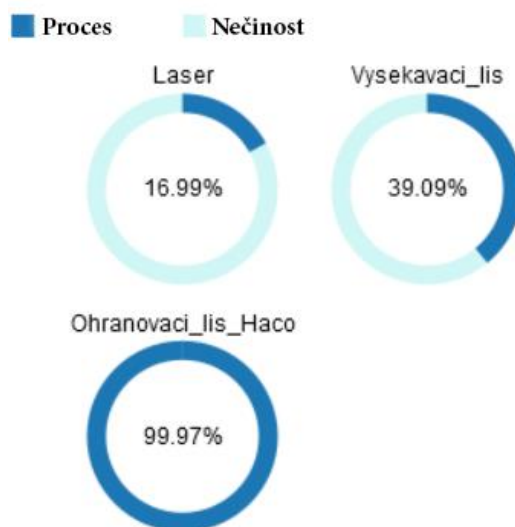
9.7.2.2 Vytížení strojů při současném stavu

Po spuštění simulace trvalo 1730 minut, než došlo k vyrobení všech 1250 součástí potřebných pro výrobu 50 kusů kontejnerů 1332. V kusovníku má podnik stanovený počet normohodin na tuto zakázku. Konkrétně se jedná o 253,49 normohodin.

Tabulka 5 - Porovnání času simulace s normohodinou zakázky

Simulovaný čas [min]	Simulovaný čas [hod]	Procenta [%]
1730	28,83	11,37
Počet normohodin na zakázku	253,49	100

Pro ověření správnosti můžeme využít vytížení, které bylo vypočítáno v kapitole 9.6.2. Zde nám vyšlo vytížení pracovišť 9 %. Jedná se tedy o rozdíl cca 2 %. Výsledek simulace tedy můžeme považovat za správný.

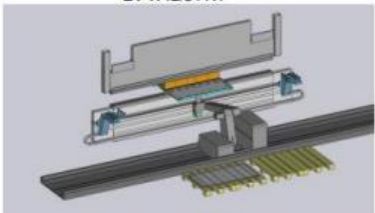
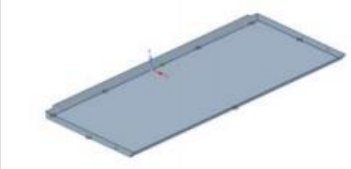
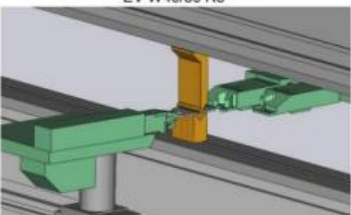



Obrázek 24 - Výsledek vytížení strojů během simulace

Z obrázku 24 je patrné, že nejvíce vytížené je pracoviště Ohraňovacího lisu Haco. Pracoviště Vysekávacího lisu je vytíženo 39 % a Laser necelými 17 %. Nejmenší vytížení pracoviště Laseru již naznačuje fakt, že na tomto pracovišti se nachází nejmodernější stroj při porovnání s pracovišti Vysekávacího lisu a Ohraňovacího lisu Haco.

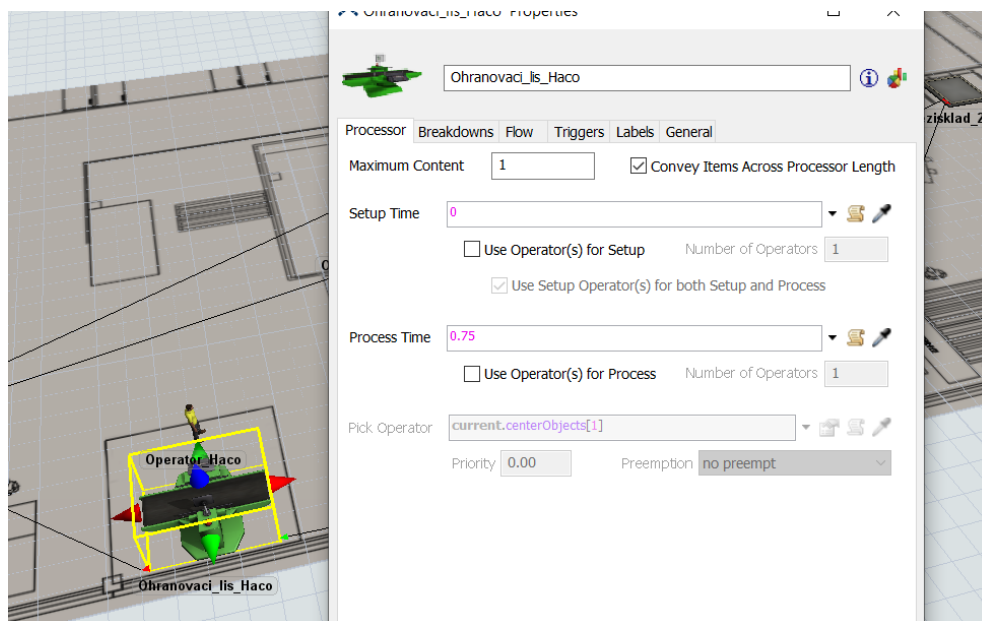
9.8 Zlepšení

V kroku Zlepšení jsou využity data ze studie proveditelnosti, kterou si firma Meva nechala v minulosti udělat u výrobce strojů Trumpf. Konkrétně se jednalo o studii proveditelnosti na automatické ohraňovací buňce TruBend Cell 5000. V této studii je sledována proveditelnost výroby třinácti nejčastěji vyráběných součástí na ohraňovacích lisech podnikem Meva. Součástí této studie je údaj přibližného času výroby (uvedeny v červených rámečcích).

Drawing no.:	531131D027	comments: feasible Tool recommendation: OW201/S R1/86 H220 EV W12/84 R1 
Part name:	P531131D027_Bend1	
Material:	St37	
Size of part:	850.94 x 1550.88 x 2.00 mm	
Weight:	20.50 kg	
No of bends:	4	
Gripper type:	vacuum gripper	
Cycle time*:	62.5 s ± 15%	
Drawing no.:	15209D029	comments: feasible Tool recommendation: OW201/S R1/86 H220 EV W40/80 R5 
Part name:	P15209D029_Bend1	
Material:	St37	
Size of part:	140.19 x 100.00 x 5.00 mm	
Weight:	0.42 kg	
No of bends:	1	
Gripper type:	mech. gripper	
Cycle time*:	23.5 s ± 15%	

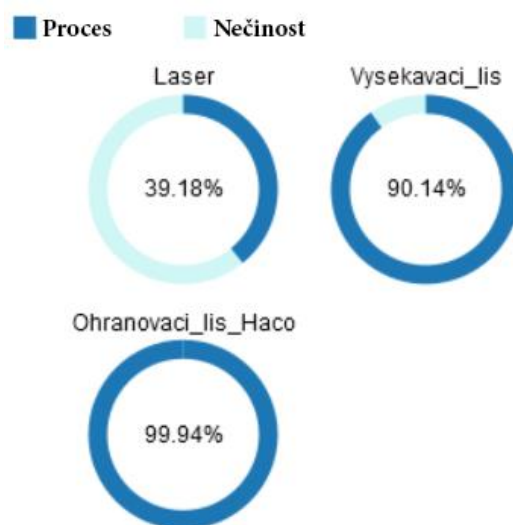
Obrázek 25 - Ukázka ze studie proveditelnosti

Pro další krok jsme stanovili průměrnou hodnotu procesních časů pro automatizaci, aby bylo možné poskytnout podniku odhad, kolik času by ušetřili v případě, že by stejnou zakázku prováděli pomocí plně automatizované ohraňovací buňky TruBend Cell 5000.



Obrázek 26 - Procesní čas po automatizaci pracoviště Haco

Jelikož se procesní časy vyráběných kusů v automatizované buňce TruBend Cell 5000 pohybovali v rozmezí od 0,5 – 1 minuta, byl stanoven nový procesní čas pro pracoviště Haco na hodnotu 0,75 a simulace byla spuštěna s novými hodnotami.



Obrázek 27 - Vytížení strojů po automatizaci

Nová simulace ukázala, že po automatizaci pracoviště Haco by se zvýšilo procentuální vytížení pracovišť Laseru na 39 % a Vysekávacího lisu na 90 % a celkový čas simulace na výrobu všech potřebných kusů na zakázku by zabral 750 minut.

Tabulka 6 - Srovnání časů simulací

	Simulovaný čas [min]	Simulovaný čas [hod]	Procenta [%]
Výrobní čas současný stav	1730	28,83	100
Výrobní čas po automatizaci	750	12,5	43

V porovnání se současným stavem by došlo k 57% časové úspoře na zakázce v tomto úseku výroby. Eventuálním rizikem je v tomto případě následné shromažďování rozpracované výroby v další části výroby. Možným řešením je vypracování dalších studií s návrhem automatizace a postupnými kroky docílit co největšího stupně automatizace v celém výrobním procesu. Další, čím by se měl podnik zabývat je počet zakázek. Pokud by byli schopni vyrábět rychleji, potřebovali by více zakázek, aby využili dostupnou výrobní kapacitu automatizované ohraňovací buňky. Popřípadě zvážit i možnost přidání třetí směny.

Pokud by investice do automatizované ohraňovací buňky představovala pro podnik příliš velký finanční výdaj, je možnost pořídit nový ohraňovací lis TruBend 5170 s ToolMasterem (automatizovanou výměnou nástrojů), který umožňuje dovybavení BendMaster, což je předpříprava stroje na budoucí přestavbu na automatizovanou buňku. Počáteční investice by byla o několik milionů nižší a až by byl podnik finančně připraven na dokončení automatizace.

9.9 Kontrola

Kontrola se zaměřuje na udržení dosažených výsledků a zajištění dlouhodobé udržitelnosti zlepšeného procesu. V tomto kroku je klíčové provádět monitorování a kontrolu, aby bylo zajištěno, že implementovaná změna přináší očekávané výsledky a přínosy. Jelikož k implementaci zlepšení by došlo v delším časové horizontu, je tato část rozvinuta jen částečně.

V rámci tohoto kroku je práce zaměřena na kalkulaci provozních nákladů, výpočet čisté současné hodnoty (dále jen ČSH) a doby návratnosti investice. Tímto způsobem budeme schopni poskytnout podniku konkrétní představu o potencionálních úsporách na provozních nákladech v případě zavedení automatizace do výrobního procesu.

Provedení kalkulace provozních nákladů nám umožní získat podrobný přehled o nákladech spojených s provozem výroby. Na základě tohoto rozboru budeme schopni identifikovat oblasti, ve kterých by automatizace mohla nejvíce přispět ke snížení nákladů.

9.9.1 Provozní náklady stroje TruBend 5170 s ToolMasterem



Obrázek 28 - TruBend série 5000 s ToolMasterem [20]

První varianta se zaměřuje na provozní náklady pro případ, že by firma investovala do stroje TruBend 5170 s ToolMasterem. V tomto případě se jedná pouze o částečnou automatizaci, kde by u stroje docházelo k automatické výměně nástrojů, ale s ohýbaným materiálem by musel manipulovat operátor. A proto v provozních

nákladech bude uvažováno, že u této varianty nedojde k úspoře pracovníků potřebných pro obsluhování stroje v porovnání se současným pracovištěm.

Tabulka 7 – Údaje o stroji TruBend 5170

Stroj		
Stroj TruBend 5170	9 mil.	Kč
Plocha pracoviště	61	m ²

V tabulce 7 je uvedena přibližná hodnota nového stroje TruBend 5170, který je vybaven automatickou výměnou nástrojů a umožňuje dovybavení automatické ohraňovací buňky.

Tabulka 8 - Roční náklady TruBend 5170 (ToolMaster)

Položka	Hodnota	Jednotka
Náhradní díly	33 250	Kč/rok
Údržba	182 400	Kč/rok
El. Energie prac. režim	237 500	Kč/rok
El. Energie režim StandBy	36 741	Kč/rok
Stlačený vzduch	0	Kč/rok
Provozní kapaliny	0	Kč/rok
Mzdy operátorů	1 094 050	Kč/rok
Mzdy pomocníků	233 556	Kč/rok
Mzdy programátorů	272 222	Kč/rok
Celkem za rok	2 089 719	Kč/rok

Roční provozní náklady na tento stroj přesahují částku 2 miliony Kč za rok. Z toho největší položku tvoří mzda operátorů. Náklady na provozní kapaliny jsou zanedbatelné, protože je nutný pouze hydraulický olej, který má dlouhou životnost.

9.9.2 Provozní náklady stroje TruBend Cell 5000



Obrázek 29 - TruBend Cell 5000 [21]

V případě, že by se firma Meva a.s. rozhodla investovat do plně automatizované buňky, došlo by k úspoře pracovníků díky tomu, že by s ohýbaným materiálem pohyboval stroj pomocí mechanických a vakuových chapadel.

Tabulka 9 - Údaje o stroji TruBend Cell 5000

Stroj		
Stroj TruBend Cell 5000	17 mil.	Kč
Plocha pracoviště	105	m ²

V tabulce 9 je uvedena cena automatizované ohraňovací buňky. Jak již bylo zmíněno výše, u této varianty by došlo k úspoře pracovníků, kteří by byli potřeba k obsluze stroje.

Tabulka 10 - Roční provozní náklady TruBend Cell 5000

Položka	Hodnota	Jednotka
Náhradní díly	46 550,00	Kč/rok
Údržba	241 300,00	Kč/rok
El. Energie prac. režim	380 000,00	Kč/rok
El. Energie režim StandBy	56 525,00	Kč/rok
Stlačený vzduch	133 000,00	Kč/rok
Provozní kapaliny	0,00	Kč/rok
Mzdy operátorů	218 810,00	Kč/rok
Mzdy pomocníků	0,00	Kč/rok
Mzdy programátorů	272 222,23	Kč/rok
Celkem za rok	1 348 407	Kč/rok
Náklady celkem Varianty 1	2 089 719	Kč/rok

Celkové roční provozní náklady stroje jsou zhruba 1,35 milionů Kč. Nejdražší položkou v této variantě jsou náklady na elektrickou energii. V případě nákladů na operátora položka klesla o čtvrtinu, což představuje značnou úsporu oproti předchozí variantě s automatizovanou výměnou nástrojů.

Tabulka 11 - Porovnání provozních nákladů variant

Celkové provozní náklady		
TruBend Cell 5000	1 348 407	Kč/rok
TruBend 5170 (ToolMaster)	2 089 719	Kč/rok

Když porovnáme obě tyto varianty provozních nákladů zjistíme, že v případě automatizované ohraňovací buňky by podnik ušetřil zhruba 741 312 Kč ročně (snížení o 35 %).

9.9.3 ČSH TruBend Cell 5000

Tato metoda využívá diskontovaných peněžních toků a životnosti investice k určení celkového finančního výsledku, který konkrétní investiční projekt přinese během své životnosti. Při odhadování peněžních toků je klíčovým faktorem zisk, který podnik díky nové investici očekává dosáhnout (u nepřímé metody výpočtu CF). V našem případě však nemáme dostatečné informace o ziscích ohýbaných produktů a jejich stanovení by bylo velmi obtížné. Ve výpočtu tedy pracujeme s úsporou, kterou by přinesla plně automatizovaná ohraňovací buňka oproti variantě TruBend 5170 s automatizovanou výměnou nástrojů.

Daňové odpisy jsou dány zákonem a strojní zařízení se odepisuje 5 let. Metoda ČSH počítá s diskontovanými peněžními toky, a proto je potřeba tyto hodnoty cash flow následně pomocí diskontního faktoru přepočítat. Diskontní faktor (neboli požadovaný výnos) této investice byl stanoven na 10 %. Dále bylo počítáno s daňovou sazbou 19 %.

V textu jsou komentovány pouze výsledky výpočtu ČSH, tabulka s úplným výpočtem je v příloze 2.

ČSH	- 16 277 238	Kč
-----	--------------	----

Při prvním pohledu na výpočet ČSH nás můžou zarazit záporné daňové dopady na investici. Tato hodnota by znamenala, že by stát podniku platil za špatné hospodaření, to však ve skutečnosti neplatí. Tuto ztrátu generuje pouze samotná investice, celý podnik může být ziskový a investice nám tedy snižuje daňový základ podniku jako celku.

V případě hodnocení investice metodou ČSH by se měla investice realizovat v případě, jestliže hodnota ČSH bude vyšší nebo rovna 0. Jelikož neznáme zisky, které plynou z činnosti na ohraňovacím lisu, a jediným ziskem se kterým je zde počítáno je úspora v provozních nákladech, vychází hodnota ČSH záporně. Je tedy pravděpodobné, že pokud by se do výpočtu zahrnul zisk z ohýbaných dílů, které by byly u automatizované ohraňovací buňky vyšší než u neautomatizované varianty, vyšla by vyšší hodnota ČSH.

9.9.4 Doba návratnosti

Doba návratnosti investice je metoda, která slouží k určení časového okamžiku, kdy se investované peníze vrátí prostřednictvím budoucích peněžních toků.

Prostá doba návratnosti se vypočítá pomocí vzorce:

$$\text{Doba návratnosti} = \text{Investiční výdaj} / \text{roční úspora nákladů}$$

Jak již bylo řečeno výše, nemáme dostatečné informace o ziscích z ohýbaných dílů. Tudíž i v tomto výpočtu budeme pracovat s vypočítanou úsporou, která by nastala v případě automatizované ohraňovací buňky.

$$\text{Doba návratnosti} = 16\,839\,000 / 741\,312$$

$$\text{Doba návratnosti} = 22,7 \text{ let}$$

V našem případě vyšla doba návratnosti 22,7 let. Platí zde to samé jako u výpočtu ČSH. Pokud by se zohlednil i zisk z ohýbaných dílů, tak by doba, za kterou by se podniku vrátila investice, byla kratší.

10 Závěr

Tato diplomová práce analyzovala a navrhla optimalizaci výrobního procesu v podniku Meva a.s., která se nachází v Roudnici nad Labem pomocí automatizace. Cílem této práce bylo analyzovat současný stav výrobního procesu ve středisku 2840 a konkrétně se věnovat úseku výroby, kde se nachází pracoviště laseru, vysekávacího lisu a ohraňovacího lisu. Analýza byla provedena za pomoci metodiky DMAIC a počítačového modelování a simulace.

V analýze produktového portfolia bylo pomocí Paretovy analýzy určeno, kterým nejpočetnějším skupinám výrobků je potřeba se věnovat, aby případným zlepšením výroby těchto skupin bylo dosaženo výrazného celkového zlepšení výrobního procesu. Z analýzy dat se projevilo, že pro další postup práce je nevhodnější zaměřit se na skupinu produktů s označením 1332. Pro potřeby simulace současného stavu byla vybrána konkrétní zakázka s označením BF1901689, kterou podnik v minulosti již vyráběl.

Dále bylo využito studie proveditelnosti, kterou si v minulosti nechal podnik Meva vypracovat u výrobce strojů Trumpf. Z této studie byly použity procesní časy nejčastěji vyráběných dílů podnikem Meva na ohraňovacích lisech. Aktualizovaná simulace výrobního procesu ukázala, že by při výrobě na plně automatizované ohraňovací buňce TruBend Cell 5000 došlo k časové úspoře 57 % v tomto konkrétním úseku.

Při kalkulaci provozních nákladů byla uvažována i varianta, že by podnik investoval do ohraňovacího stroje TruBend 5170 s automatizovanou výměnou nástrojů, který by v budoucnu mohl být přestavěn na automatizovanou buňku. U této varianty bylo uvažováno, že nedojde k žádné úspoře pracovníků, protože by s ohýbanými díly musel manipulovat operátor na pracovišti. V porovnání této varianty s variantou automatizované ohraňovací buňky se ukázalo, že by podnik s ohraňovací buňkou ušetřil ročně přibližně 740 tis. Kč/rok na provozních nákladech. S tímto předpokladem úspory byla vypočtena ČSH ohraňovací buňky. Ta nezahrnovala zisky ohýbaných dílů (z důvodu nedostatečného množství informací), ale jako zisk zde bylo počítáno pouze s úsporou provozních nákladů. Výsledek ČSH činil - 16 277 238 Kč a doba návratnosti 22,7 let. Pokud se rozhodne podnik tuto investici realizovat, kalkulace by byla v tomto případě přesnější a do výpočtu by se promítly i zisky z ohýbaných dílů.

Nyní záleží na rozhodnutí podniku, zda zvolí méně nákladnou investici do ohraňovacího lisu TruBend 5170 s automatizovanou výměnou nástrojů a až v budoucnu by zvolila přechod na ohraňovací buňku, nebo rovnou zainvestuje do ohraňovací buňky TruBend Cell 5000.

V obou případech musí podnik počítat s náklady, které budou spojeny s reorganizací výroby. Jelikož se jedná o poměrně velké stroje, jež se do současné haly N nevejdou, bude za potřebí najít pro stroje prostory dostatečně velké na to, aby se mezi nimi mohla pohybovat manipulační technika s materiálem.

Dalším rizikem spojeným s touto investicí je nedostatečné využití výrobních kapacit ohraňovací buňky. Je potřeba, aby si podnik sám zanalyzoval, jestli mají dostatečné množství zakázek, aby se tato investice vyplatila je nasnadě zvážit i zavedení třísměnného provozu.

Posledním z řad rizik a doporučení pro podnik je fakt, že urychlením v úseku laser → vysekávací lis → ohraňovací lis může znamenat shromažďování rozpracovaného materiálu na meziskladech před svařováním. Proto bych doporučil, aby se podnik do budoucna zaměřil na studie a návrh automatizace pracovišť svařování a montáže, které jsou časově vytížené ještě více než úsek laser → vysekávací lis → ohraňovací lis.

Tímto jsou cíle práce, které byly uvedeny v úvodu, považovány za splněné. První cíl byl provést analýzu stávajícího výrobního procesu ve středisku 2840 a identifikovat jeho klíčové nedostatky. Druhý cíl byl navrhnout optimální automatizované řešení, přičemž splněním tohoto cíle byl podniku poskytnut odhad časové úspory v případě, že by disponovali plně automatizovanou ohraňovací linkou.

11 Citovaná literatura

- [1] PULOS, Arthur J. Mass Production and Concern for Design. In: MIT Press Open Architecture and Urban Studies • American Design Ethic [online]. [cit. 2023-02-27]. Dostupné z: <https://mitp-arch.mitpress.mit.edu/pub/vw28sicg/release/1>
- [2] HAYES, Amy. Henry Ford's Contribution to the Automobile Industry & Mass Production. In: The Collector [online]. [cit. 2023-02-28]. Dostupné z: <https://www.thecollector.com/henry-ford-contribution-to-automobile-industry-production/>
- [3] Henry Ford: Technology and Innovation in the 1920s. In: Lumen learning [online]. [cit. 2023-04-06]. Dostupné z: <https://courses.lumenlearning.com/suny-esc-introtocollegereadingandwriting/chapter/henry-ford-technology-and-innovation-in-the-1920s/>
- [4] TOMAC, Nikola, Radoslav RADONJA a Jasminka BONATO. Analysis of Henry Ford's contribution to production and management [online]. [cit. 2023-03-02]. Dostupné z: <https://hrcak.srce.hr/file/323216>
- [5] OHNO, Taiichi. Toyota Production System Beyond Large-Scale Production [online]. 1979 [cit. 2023-03-07]. ISBN 0-915299-14-3. Dostupné z: <http://dspace.vnbrims.org:13000/jspui/bitstream/123456789/4694/1/Toyota%20Production%20System%20Beyond%20Large-Scale%20Production.pdf>
- [6] MONDEN, Yasuhiro. TOYOTA Production System An Integrated Approach to Just-In-Time [online]. 4. vydání. CRC Press Taylor & Francis Group, 2012 [cit. 2023-03-13]. ISBN 978-1-4665-0451-6. Dostupné z: <http://dspace.vnbrims.org:13000/jspui/bitstream/123456789/4692/1/Toyota%20Production%20System%20An%20Integrated%20Approach%20to%20Just-In-Time.pdf>

- [7] REWERS, Paulina, Justyna TROJANOWSKA a Przemysław CHABOWSKI. Tools and methods of Lean Manufacturing - a literature review [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/profile/Justyna-Trojanowska-2/publication/308171328_Tools_and_methods_of_Lean_Manufacturing_-_a_literature_review/links/57dc122608ae5292a379a870/Tools-and-methods-of-Lean-Manufacturing-a-literature-review.pdf
- [8] FELDMAN, Ken. Heijunka. In: Isixsigma [online]. [cit. 2023-03-21]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/dictionary/heijunka/>
- [9] WOODALL, William H. An Overview of Six Sigma [online]. [cit. 2023-03-27]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/23961102_An_Overview_of_Six_Sigma
- [10] ALKIAYAT, Mohammad. A Practical Guide to Creating a Pareto Chart as a Quality Improvement Tool. In: JQSH [online]. [cit. 2023-06-21]. Dostupné z: <https://meridian.allenpress.com/innovationsjournals-JQSH/article/4/2/83/464611/A-Practical-Guide-to-Creating-a-Pareto-Chart-as-a>
- [11] LASÁK, Pavel. Paretův diagram (graf) - Excel. In: Jak na Excel [online]. [cit. 2023-04-3]. Dostupné z: <https://office.lasakovi.com/excel/grafy/paretuv-diagram-graf/>
- [12] How to Create a Spaghetti Diagram Used Within Lean. In: Latest Quality [online]. [cit. 2023-04-12]. Dostupné z: <https://www.latestquality.com/spaghetti-diagram/>
- [13] ATMACA, Ediz a S. GIRENES. Lean Six Sigma methodology and application [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: doi:10.1007/s11135-011-9645-4
- [14] BERG, Christian. The Complete Guide to Industrial Automation. In: Clarify [online].

[cit. 2023-04-15].

Dostupné z: <https://www.clarify.io/learn/industrial-automation>

- [15] MOURTZIS, Dimitris, Michael DOUKAS a D. BERNIDAKI. Simulation in Manufacturing: Review and Challenges [online]. 2014 [cit. 2023-04-18].

Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212827114010634>

- [16] Advantages and Disadvantages of Simulation. In: Javatpoint [online]. [cit. 2023-06-21].

Dostupné z: <https://www.javatpoint.com/advantages-and-disadvantages-of-simulation>

- [17] NORDGREN, William B. FLEXSIM SIMULATION ENVIRONMENT [online]. [cit. 2023-06-21].

Dostupné z: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=1761fd8ae1fe814934a58e497259bac41bb76147>

- [18] WU, Geng, Lin YAO a Shaozheng YU. Simulation and optimization of production line based on FlexSim [online]. [cit. 2023-04-18]. ISSN 1948-9447.

Dostupné z: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8407704>

- [19] Dynamické metody pro hodnocení investic [online]. In: . [cit. 2023-06-29].

Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=70618

- [20] TruBend serie 5000: Trumpf [online]. In: . [cit. 2023-07-05].

Dostupné z: https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/ohranovaci-lisy/trubend-serie-5000/

- [21] TruBend Cell 5000: Trumpf [online]. In: . [cit. 2023-07-05]. Dostupné z:

https://www.trumpf.com/cs_CZ/produkty/stroje-systemy/ohranovaci-lisy/trubend-cell-5000/

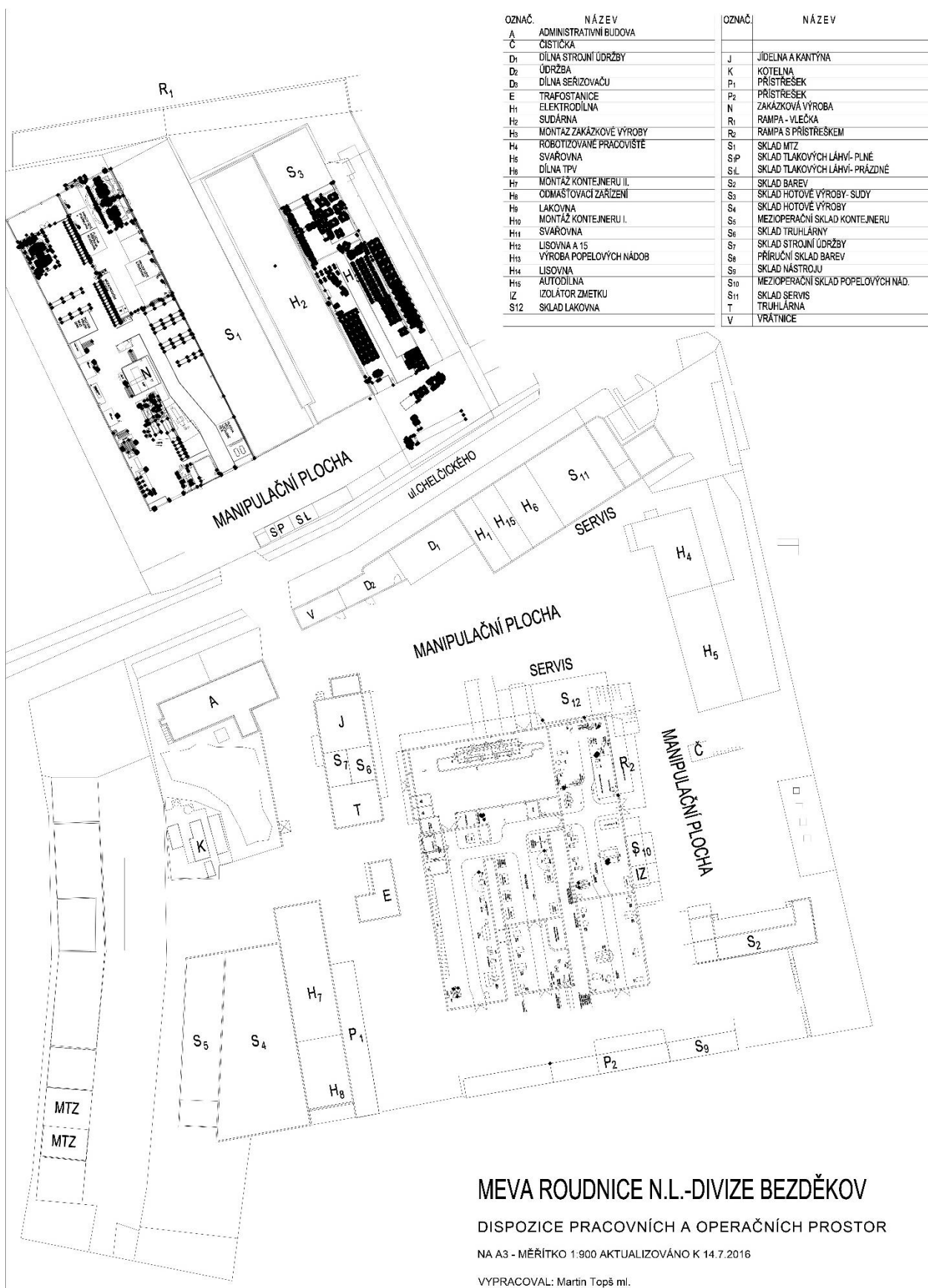
12 Seznam obrázků

Obrázek 1 - Montážní linka modelu T [3].....	12
Obrázek 2 - Výrobní dům Toyota production system.....	17
Obrázek 3 - Ukázka Paretova diagramu [11]	22
Obrázek 4 - Ukázka Špagetového diagramu [12].....	23
Obrázek 5 - Časová osa historie automatizace podle vzoru [14].....	26
Obrázek 6 - ukázka uživatelského prostředí FlexSim.....	33
Obrázek 7 - Schéma struktury podniku	39
Obrázek 8 - Kontejner 1100 l (1132).....	40
Obrázek 9 - Eurokontejner 2,5 m ³ – (1273)	41
Obrázek 10 – (vlevo) Kontejner na textil 2000 lt. - (1629), (vpravo) záchytná vana pro sud	41
Obrázek 11 - Paretův diagram určení zájmových skupin výrobků.....	45
Obrázek 12 -Sankeyův diagram toku materiálu.....	47
Obrázek 13 - Spaghettiho diagram pohybů	48
Obrázek 14 - Neorganizovanost mezikladů.....	49
Obrázek 15 - Nevyužitý stroj v hale N.....	49
Obrázek 16 – Další nevyužitý stroj v hale N.....	49
Obrázek 17 - Pracoviště laseru.....	50
Obrázek 18 - Pracoviště vysekávacího lisu.....	51
Obrázek 19 – (vlevo) ohraňovací lis TruBend; (vpravo) ohraňovací lis Haco	51
Obrázek 20 - Simulační model výrobního procesu	52
Obrázek 21 - Ukázka strukturovaného kusovníku	52
Obrázek 22 - Vyfiltrování potřebných dat	53
Obrázek 23 - Model v průběhu simulace	54
Obrázek 24 - Výsledek vytížení strojů během simulace	55
Obrázek 25 - Ukázka ze studie proveditelnosti	56
Obrázek 26 - Procesní čas po automatizaci pracoviště Haco	57
Obrázek 27 - Vytížení strojů po automatizaci.....	57
Obrázek 28 - TruBend série 5000 s ToolMasterem [20].....	59
Obrázek 29 - TruBend Cell 5000 [21]	61

13 Seznam tabulek

Tabulka 1 - Rozdělení výrobků do skupin	44
Tabulka 2- Vytížení pracovišť střediska 2840.....	45
Tabulka 3 - Vytížení pracovišť pracoviště Haco, Laseru a Vysekávacího lisu.....	46
Tabulka 4 - Procesní časy pracovišť	53
Tabulka 5 - Porovnání času simulace s normohodinou zakázky	55
Tabulka 6 - Srovnání časů simulací	58
Tabulka 7 – Údaje o stroji TruBend 5170.....	60
Tabulka 8 - Roční náklady TruBend 5170 (ToolMaster).....	60
Tabulka 9 - Údaje o stroji TruBend Cell 5000.....	61
Tabulka 10 - Roční provozní náklady TruBend Cell 5000.....	61
Tabulka 11 - Porovnání provozních nákladů variant	62

Příloha č. 1 – layout divize Bezděkov



OZNAČ.	NÁZEV	OZNAČ.	NÁZEV
A	ADMINISTRATIVNÍ BUDOVA	J	JIDELNA A KANTÝNA
C	CISTIČKA	K	KOTELNA
D1	DÍLNA STROJNÍ ÚDRŽBY	P1	PŘÍSTŘEŠEK
D2	ÚDRŽBA	P2	PŘÍSTŘEŠEK
D3	DÍLNA SERÍZOVACÍ	N	ZAKÁZKOVÁ VÝROBA
E	TRAFOSTANICE	R1	RAMPA - VLEČKA
H1	ELEKTRODÍLNA	R2	RAMPA S PŘÍSTŘEŠKEM
H2	SUDÁRNA	S1	SKLAD MTZ
H3	MONTÁŽ ZAKÁZKOVÉ VÝROBY	SP	SKLAD TLAKOVÝCH LÁHVI- PLNÉ
H4	ROBOTIZOVANÉ PRACOVÍŠTĚ	SL	SKLAD TLAKOVÝCH LÁHVI- PRÁZDNÉ
H5	SVAŘOVNA	S2	SKLAD BAREV
H6	DÍLNA TPV	S3	SKLAD HOTOVÉ VÝROBY- SUDY
H7	MONTÁŽ KONTEJNERU II.	S4	SKLAD HOTOVÉ VÝROBY
H8	ODMAŠŤOVACÍ ZAŘÍZENÍ	S5	MEZIOPERAČNÍ SKLAD KONTEJNERU
H9	LAKOVNA	S6	SKLAD TRUHLÁRNÍ
H10	MONTÁŽ KONTEJNERU I.	S7	SKLAD STROJNÍ ÚDRŽBY
H11	SVAŘOVNA	S8	PŘÍRUCNÍ SKLAD BAREV
H12	LISOVNA A 15	S9	SKLAD NÁSTROJŮ
H13	VÝROBA POPELOVÝCH NÁDOB	S10	MEZIOPERAČNÍ SKLAD POPELOVÝCH NAD.
H14	LISOVNA	S11	SKLAD SERVIS
H15	AUTODÍLNA	T	TRUHLÁRNA
IZ	IZOLATOR ZMETKU	V	VRÁTNICE
S12	SKLAD LAKOVNA		

MEVA ROUDNICE N.L.-DIVIZE BEZDĚKOV

DISPOZICE PRACOVNÍCH A OPERAČNÍCH PROSTOR

NA A3 - MĚŘÍTKO 1:900 AKTUALIZOVÁNO K 14.7.2016

VYPRACOVAL: Martin Topš ml.

Příloha č. 2 – Výpočet ČSH

Výpočet ČSH								
Rok		0	1	2	3	4	5	
Úspora	Kč/rok		741 312	741 312	741 312	741 312	741 312	
Provozní náklady	Kč/rok		1 348 407	1 348 407	1 348 407	1 348 407	1 348 407	
Odpisy	Kč/rok		3 367 750	3 367 750	3 367 750	3 367 750	3 367 750	
Hrubý zisk	Kč/rok		- 3 974 845	- 3 974 845	- 3 974 845	- 3 974 845	- 3 974 845	
Daň	Kč/rok		- 755 221	- 755 221	- 755 221	- 755 221	- 755 221	
Čistý zisk	Kč/rok		- 3 219 624	- 3 219 624	- 3 219 624	- 3 219 624	- 3 219 624	
CF	Kč/rok	- 16 838 750	148 126	148 126	148 126	148 126	148 126	
kum. Cfi	Kč/rok	- 16 838 750	- 16 690 624	- 16 542 499	- 16 394 373	- 16 246 248	- 16 098 122	
diskont		1,00	0,91	0,83	0,75	0,68	0,62	
dCFi	Kč/rok	- 16 838 750	134 660	122 418	111 289	101 172	91 974	
kum. dCFi	Kč/rok	- 16 838 750	- 16 704 090	- 16 581 673	- 16 470 384	- 16 369 212	- 16 277 238	