

Návrh zavedení metod štihlé výroby do výrobního procesu ve vybrané společnosti

Bc. Michal Krajíček

Diplomová práce
2016

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal KRAJÍČEK**
Osobní číslo: **M14446**
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Návrh zavedení metod štihlé výroby do výrobního procesu ve vybrané společnosti.**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši se zaměřením na štihlou výrobu.
- Formulujte teoretická východiska pro zpracování praktické části.

II. Praktická část

- Provedte analýzu současného stavu výrobního procesu ve vybrané společnosti.
- Na základě analýzy navrhnete řešení vedoucí ke zeštíhlení výrobního procesu.
- Navrhnete projekt aplikace štihlé výroby pro vybraný výrobní proces.
- Zhodnotte předložený návrh.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

KOŠTURIAK, Ján. Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2010, v, 234 s. ISBN 978-80-251-2349-2.

KOŠTURIAK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s. ISBN 80-86851-38-9.

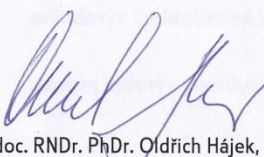
LIKER, Jeffrey, K. The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer. New York: McGraw-Hill, c2004, 330s. ISBN 0-07-139231-9.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL. Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000, 311 s. ISBN 80-902235-6-7.

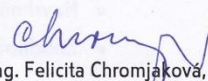
WILSON, Lonnie. How to implement lean manufacturing. New York: McGraw-Hill, c2010, xv, 316 s. ISBN 978-0-07-162507-4.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Pavlína Pivodová, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů
Datum zadání diplomové práce: **15. února 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **18. dubna 2016**

Ve Zlíně dne 15. února 2016


doc. RNDr. PhDr. Oldřich Hájek, Ph.D.
děkan




prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

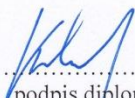
Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně 15. 4. 2016


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem zavedení metod štíhlé výroby do výrobního procesu ve vybrané firmě. Cílem práce je navržení metod štíhlé výroby za účelem zkrácení průběžné doby výroby. V teoretické části je z odborné literatury vypracována rešerše, která je uplatněna pro praktickou část diplomové práce. V analytické části je zkoumán a zhodnocen současný stav s identifikací závažných nedostatků. V projektové části je vytvořen návrh štíhlého pracoviště s one-piece-flow výrobou a prvky štíhlé výroby. Návrh je ověřen počítačovou simulací výrobního procesu.

Klíčová slova: štíhlá výroba, úzké místo, tok jednoho kusu, poka-yoke, materiálový tok, U-buňka

ABSTRACT

This master's thesis undertakes to deal with the design and implementation of lean manufacturing in the production process of a selected company. The objective is the design of lean manufacturing in order to reduce production lead time. The theoretical part presents topics that were used for the practical parts of the thesis. The analytical part is examined and evaluates the current situation with the identification of compelling deficiencies. The project part composes the design of a lean workplace with one-piece-flow production and elements of lean manufacturing. The design is confirmed by a computer simulation of the production process.

Keywords: lean manufacturing, bottle neck, one-piece-flow, poka-yoke, material flow, cellular manufacturing

Touto cestou bych chtěl upřímně poděkovat vedoucí mé diplomové práce Ing. Pavlíně Pivodové, Ph.D., za cenné rady a trpělivost při konzultacích práce. Dále patří velké díky zvolené společnosti a celému projektovému týmu, kteří mi umožnili práci na dané téma zpracovat. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině a přátelům za podporu a energii během celého studia.

OBSAH

ÚVOD	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA	13
1.1 MUDA.....	14
1.2 METODY MĚŘENÍ PRÁCE.....	15
1.2.1 Přímě měření	16
1.2.2 Chronometráž.....	17
1.2.3 MOST.....	17
1.3 MAPOVÁNÍ HODNOTOVÉHO TOKU	18
1.4 PROCESNÍ ANALÝZA PRODUKTU	19
1.5 SPAGHETTI DIAGRAM	20
1.6 PARETOVA ANALÝZA	21
2 METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY	22
2.1 METODA 6S.....	22
2.1.1 Sort.....	22
2.1.2 Set in order	23
2.1.3 Shine.....	24
2.1.4 Standardize.....	24
2.1.5 Sustain	24
2.1.6 Safety.....	25
2.2 POKA-YOKE.....	25
3 VÝROBNÍ PROCES	27
3.1 ÚZKÉ MÍSTO	27
3.1.1 DBR.....	27
3.2 DRUH VÝROBY	28
3.2.1 Dávková výroba	28
3.2.2 One-piece-flow.....	29
3.3 USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ.....	30
3.3.1 Technologické uspořádání	30
3.3.2 Předmětné uspořádání	31
3.3.3 Buňkové uspořádání.....	32
4 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	34
II PRAKTICKÁ ČÁST	35
5 POPIS VYBRANÉ SPOLEČNOSTI	36
5.1 NÁSTROJÁRNA	36
5.2 VSTŘIKOVNA.....	37
5.2.1 Certifikáty	37
5.2.2 Počet zaměstnanců	38
5.2.3 Filozofie a cíle.....	38
6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	39

6.1	VÝBĚR PRACOVÍŠTĚ	39
6.1.1	Paretova analýza.....	39
6.1.2	Zisk z prodaných výrobků.....	40
6.1.3	Aktuální stav pracoviště.....	41
6.1.4	Popis produktu AW.....	41
6.2	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU	43
6.2.1	Vstřikování	44
6.2.2	Ořez	45
6.2.3	Montáž kovových kroužků.....	46
6.2.4	Leak test	47
6.2.5	100% kontrola	48
6.3	ZÁKAZNICKÝ POŽADAVEK NA VÝROBU DÍLU AW	49
6.4	ANALÝZA PROCESNÍCH ČASŮ VÝROBY	49
6.4.1	Vstřikování	49
6.4.2	Proces ořezávání.....	50
6.4.3	Montáž kovových kroužků.....	51
6.4.4	Leak test	51
6.4.5	Výstupní kontrola.....	51
6.4.6	Balení	52
6.5	PROCESNÍ ANALÝZA TOKU PRODUKTU	52
6.6	SPAGHETTI DIAGRAM	54
6.7	VALUE STREAM MAPPING.....	54
6.7.1	Zmapování současného stavu.....	54
6.7.2	Informační toky	54
6.7.3	Materiálové toky	55
6.7.4	Index přidané hodnoty.....	57
6.7.4.1	Průběžná doba výroby	58
6.7.4.2	Index přidané hodnoty	58
6.8	VALUE STREAM DESIGN	59
6.8.1	Návrh mapy hodnot.....	59
6.9	ZJIŠTĚNÉ NEDOSTATKY ZÁKAZNICKÝM AUDITEM	60
6.10	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI.....	61
7	PROJEKTOVÁ ČÁST.....	63
7.1	POPIS PROJEKTU	63
7.1.1	Cíle projektu.....	64
7.1.2	Projektový tým	64
7.2	RIZIKOVÁ ANALÝZA	65
7.3	HARMONOGRAM PROJEKTU	67
7.4	LOGICKÝ RÁMEC	67
7.5	SWOT ANALÝZA	67
7.6	NÁVRH APLIKACE METOD ŠTÍHLÉ VÝROBY	68
7.6.1	Zvýšení průtoku testem těsnosti.....	68
7.6.2	Dopravník s poka-yoke a red box	70
7.6.3	Návrh layoutu štíhlé výroby dílu AW	72
7.6.4	Pojistná zásoba	73

7.6.5	6S.....	74
7.6.5.1	Sort.....	74
7.6.5.2	Set in order.....	75
7.6.5.3	Shine.....	75
7.6.5.4	Standardize.....	76
7.6.5.5	Sustain.....	76
7.6.5.6	Safety.....	76
7.6.6	Stanovení výkonových norem.....	77
7.6.6.1	BasicMOST.....	77
7.6.6.2	Chronometráž.....	78
7.7	SIMULACE.....	78
7.7.1	Denní i noční směna.....	79
7.7.2	Denní směna.....	80
7.8	NÁVRATNOST INVESTICE.....	81
7.9	DOPORUČENÁ OPATŘENÍ DO BUDOUCNA.....	82
	ZÁVĚR.....	84
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	86
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	89
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	90
	SEZNAM GRAFŮ.....	92
	SEZNAM PŘÍLOH.....	93

ÚVOD

V současné době je ve světě stále větší počet automobilových závodů, které produkují velké množství automobilů. Proto roste i poptávka po výrobě automobilových komponentů. Automobilky si především vybírají spolehlivé a flexibilní dodavatele, kteří nabízejí kvalitní produkty. V této oblasti je značná konkurence a prosadit se je velmi obtížné. Tudíž se musí každý dodavatel v automotive neustále zdokonalovat, aby byl schopný prosadit se na domácím i světovém trhu. Dodavatelé jsou nuceni stále zlepšovat vlastnosti nejen samotných výrobků, ale i výrobních procesů.

Moje vybraná společnost je jednou z menších firem, specializujících se pouze na výrobu komponentů pro automotive. Dobře si uvědomuje neustále rostoucí konkurenci, ve které uspěje pouze tehdy, bude-li nabízet levné, ale přitom vysoce kvalitní výrobky, zároveň musí být spolehlivým dodavatelem a pružně reagovat na požadavky zákazníků.

Z toho důvodu se v mé diplomové práci zabývám návrhem zavedení metod štíhlé výroby ve výrobním procesu. Cílem práce je navržení metod štíhlé výroby za účelem zkrácení průběžné doby výroby.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou, analytickou a projektovou část. Teoretická část spočívá ve vyhledávání odborné literatury a vypracování rešerše uplatnitelné v analytické a projektové části.

V analytické části je nejprve pomocí paretovy analýzy vybráno nejvhodnější pracoviště pro aplikaci metod štíhlé výroby. Z procesní analýzy, spaghetti diagramu a mapy hodnotového toku je zjištěn současný stav výrobního procesu. Z analýz je dále odhaleno plýtvání, identifikováno úzké místo, délka průběžné doby výroby a materiálových toků. Zásadou provedených analýz bylo umožněno zpracování projektové části diplomové práce.

V projektové části je vytvořen návrh layoutu štíhlého pracoviště formou U-buňky, která disponuje one-piece-flow výrobou. Dále je eliminováno úzké místo identifikované z analytické části, vytvořen standard čistého pracoviště 6S, stanoveny výkonové normy, navržen systém poka-yoke s dalšími metodami štíhlé výroby. Návrh štíhlé výroby na U-buňce je následně ověřen počítačovou simulací výrobního procesu. Nakonec je vypočítána doba návratnosti investice.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Zvolené téma diplomové práce je velmi přínosné pro vybranou firmu, která mě oslovila. Ta je jednou z mnoha dodavatelů komponent pro automobilové závody. V automobilovém průmyslu jsou na dodavatele kladeny vysoké požadavky na kvalitu, spolehlivost, flexibilitu a efektivitu výrobního procesu. Proto je zavedení metod štíhlé výroby pro vybranou společnost velmi důležité.

Metody štíhlé výroby jsou navrženy pro výrobní proces vybraného produktu AW. Práce se především týká pracoviště v montážní hale firmy, kde je prováděna série procesů potřebných k výrobě finálního produktu.

Cílem projektu je vypracování návrhu pro zavedení metod štíhlé výroby, jako je tok jednoho kusu, štíhlé pracoviště ve formě U-buňky, standard čistého pracoviště či systém prevence vad poka-yoke. Dle SMART je definováno, že cíl bude naplněn v případě, dojde-li ke zkrácení průběžné doby výroby o 50 % a materiálového toku o 40 %.

Vypracování návrhu metod štíhlé výroby je naplánováno do konce února 2016. Časový harmonogram návrhu a realizace metod štíhlé výroby je rozvržen v délce 13 měsíců. Projekt začal již v červenci roku 2015 zadáním projektu, přičemž ukončení je naplánováno do července 2016, kdy mají být kompletně zavedeny navržené metody štíhlé výroby.

K teoretické části je přístupováno formou studia odborné literatury, zahraničních zdrojů i odborných webových portálů. Z toho je následně vypracována rešerše, ve které jsou umístěny odkazy na jednotlivé zdroje

V analytické části jsou vypracovány:

- Paretova analýza – identifikace výrobku, který je pro podnik z hlediska objemu výroby nejdůležitější.
- Vývojový diagram – vizualizace procesů výroby dílu.
- Přímé měření – stanovení spotřeby času jednotlivých operací.
- Procesní analýza – analýza procesů při tvorbě výrobku, identifikace úzkého místa.
- Spaghetti diagram – znázornění pohybu pracovníka po montážní hale.
- Value Stream Mapping – zmapování současného stavu hodnotového toku.
- Value Stream Design – návrh hodnotového toku s použitím kaizen blitz.

V projektové části je obsažen projektový list, riziková analýza, harmonogram projektu, logický rámec a SWOT analýza

I. TEORETICKÁ ČÁST

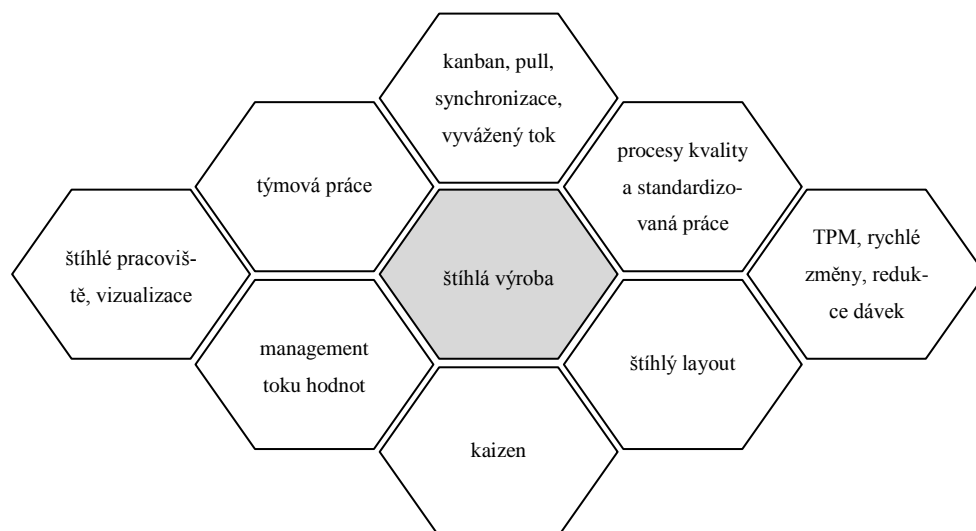
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA

„Koncepce štíhlé výroby spočívá ve flexibilní výrobě reagující na potřeby zákazníka i požadavek. Je řízena decentralizovaně prostřednictvím pružných pracovních týmů při nízkém množství navazujících výrobních úrovní. Od každého zaměstnance je vyžadována velká odpovědnost na kvalitu a průběh výroby.“ Jelikož je pravomoc pro rozhodování ve štíhlé výrobě decentralizována, má každý pracovník právo při zjištění vady produkci pozastavit. (Tuček a Bobák, 2006, s. 227)

Dalším zaměřením štíhlé výroby je identifikace a eliminace plýtvání ve všech oblastech výroby, včetně dodavatelské sítě, vztahů se zákazníky, či podnikové strategie s cílem zavedení minimálních zásob, snížení lidské námahy a zmenšení potřebného prostoru pro výrobu kvalitních produktů. V konceptu je tak maximální snaha o redukci procesů, které nepřidávají výrobku hodnotu, protože takové procesy není zákazník ochoten zaplatit. (Tuček a Bobák, 2006, s. 227-228)

„Podle Wincela (2013, s. 108) je štíhlá výroba definována jako soubor vzájemně propojených složek, které se zaměřují na dosažení nepřetržitého toku výroby s totálně produktivní údržbou, umožňující zapojení všech zaměstnanců za použití tažného výrobního systému, snížení času na přípravu a využití statistického řízení procesu.“

Podle Košturiaka a Frolíka (2006, s. 23) jsou definovány všechny prvky štíhlé výroby na Obr. 1.



Obr. 1 Prvky štíhlé výroby (vlastní zpracování dle Košturiaka a Frolíka, 2006, s. 23)

Koncept štlhlé výroby byl vyvinut v japonské automobilce Toyota. Autory celého konceptu byli Taichii Ohno a Shingeo Shingo. Toyota je známa vytrvalým a systematickým přístupem k odstraňování plýtvání a ztrát ve výrobě. Výrobní systém Toyota následují snad všechny výrobní podniky na světě. Toyota je v dnešní době považována za světové měřítko v oblasti štlhlé výroby, technik odstraňování plýtvání a ztrát ve výrobě. (Tuček a Bobák, 2006, s. 227; Kucharčíková, 2011, s. 249)

1.1 MUDA

Muda pochází z japonského slova, které znamená nulovou přidanou hodnotu. Tento pojem byl poprvé použit ve firmě Toyota v konceptu zvaném TPS (Toyota Production System) Muda zahrnuje osm typů plýtvání. Obecně platí, že plýtvání může být definováno jako cokoli, co nepřidává výrobku hodnotu. Jestliže je výrobek skladován, kontrolován, zpožděn, čekající na opravování nebo se z něj stal zmetek, není zde žádná přidaná hodnota a jedná se o 100% plýtvání. (Mayerson, 2012, s. 19)

Podle Likera (2004, s. 114) plýtvání prodlužuje průběžnou dobu výroby, vyvolává nutnost přílišného množství pohybů, vytváří nadměrné zásoby nebo způsobuje jakékoliv čekání.

Každá z 8 druhů plýtvání je popsána zde:

- **Nadvýroba** – je výroba produktů v předstihu, na které prozatím nejsou objednávky. To vyžaduje potřebu dodatečných ploch pro výrobu a skladování, větší množství rozpracované výroby a tím i nadměrné zásoby. Nadprodukce je považována za nejhorší plýtvání ze všech osmi. (Imai, 2004, s. 102; Váchal a Vochozka, 2000, s. 472)
- **Čekání** – k čekání dochází vždy, když není čas práce efektivně využit. Čekání operátorů nejčastěji nastává při přetypování stroje, čekání na materiál či opravě poruchy stroje aj. (Harrison a Hoek, 2011, s. 229; Váchal a Vochozka, 2000, s. 473)
- **Přeprava** – plýtvání při přepravě či přemístování nastává tam, kde není nezbytně potřebná. Mohou jimi být zdvojené manipulace při přesunu materiálu i výrobků, přeprava na velkou vzdálenost či jakákoli neefektivní přeprava mezi sklady. (Harrison a Hoek, 2011, s. 229; Liker, 2004, s. 28)
- **Nadměrné opracování** – jde o plýtvání způsobené nepotřebnými či nadbytečnými kroky ke zpracování a výrobě produktu. Může to být zapříčiněno užitím nespráv-

ných nástrojů, špatného konstrukčního řešení či poskytování vyšší kvality výrobku, než je zákazník ochoten zaplatit. (Liker, 2004, s. 29)

- **Nadměrné zásoby** – jedná se o nadbytečné zásoby materiálu, rozpracované výroby či vyhotoveného produktu. Tyto zásoby vyžadují dodatečné náklady na skladování i dopravu, navyšují průběžnou dobu výroby, vážou nadbytečné finanční prostředky a mohou skrývat další problémy ve výrobním procesu. (Harrison a Hoek, 2011, s. 229; Liker, 2004, s. 29)
- **Zbytečné pohyby** – jsou to pohyby lidí, které nejsou bezprostředně spjaty s přidáváním hodnoty. Mohou jimi být hledání, skládání či urovnávání dílů operátorem, ohýbání a natahování se pro díl nebo zbytečná chůze. (Liker, 2004, s. 29; Váchal a Vochozka, 2000, s. 473)
- **Vady** – jsou dodatečnými finančními i časovými výdaji pro společnost. Kupříkladu výroba nekvalitních produktů, opravy, zmetky či nákladná kontrola vadných produktů. (Harrison a Hoek, 2011, s. 229; Liker, 2004, s. 29)
- **Nevyužitý potenciál** – vzniká z důvodu ignorování zaměstnanců vedoucími pracovníky, čímž dochází ke ztrátě tvořivosti, nápadů, dovedností a nevyužití schopností lidí. Lidé nedovedou plně využít a maximalizovat potenciál svých zaměstnanců. (Liker, 2004, s. 29)

1.2 Metody měření práce

„Čas byl vždy jednou z nejdůležitějších veličin v inženýrských metodách, vědě i výrobě.“

Měření lidské práce nebylo nikdy z pohledu řízení jednoduché, neboť plánování nákladů i dosahování uspokojivých hospodářských výsledků je většinou založeno na správném určení množství a typu práce. Měřením práce jsou nazývány techniky, které byly vytvořeny pro definování času nezbytného na provedení práce způsobilým operátorem na určeném stupni výkonu. Pro určení spotřeby času práce je využíváno technik měření práce uvedeném na Obr. 2. (Vytlačil, 1997, s. 97)



Obr. 2 Techniky měření práce (vlastní zpracování dle Vytlačila, 1997, s.

Měření práce je efektivním nástrojem pro zvyšování produktivity v podniku a výrazného snižování nákladů.

Zásadní vliv na přesnost a správnost měření práce má zvolený postup měření práce. Z historického vývoje jsou známy tyto postupy:

- Hrubé odhady.
- Kvalifikované odhady.
- Využití historických údajů.
- Časové studie pomocí přímého měření.
- Systémy předem určených časů.

Všechny uvedené postupy se v různých modifikacích používají i v dnešní době. Pro moderní průmyslové inženýrství jsou nejdůležitější především časové studie pomocí přímého měření a systémy předem určených časů, které se ještě stále zdokonalují. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 92)

1.2.1 Přímé měření

Přímé měření je založeno na stanovení spotřeby času pouze za pomoci stopek a vypracovaných formulářů. U přímého měření velmi záleží především na správnosti naměřených výsledků a počtu provedených měření. (Dlabač, 2015)

Jako první začal se stopkami v ruce rozvíjet časové studie F. W. Taylor v USA již ke konci devatenáctého století. Jeho zásluhou se v dnešní době měří spotřeba pracovních časů po celém světě. Metoda přímého měření nejvíce vyhovuje krátkým a opakovaným pracovním úkonům. Základními kroky přímých měření jsou:

- Definování operace, která má být sledována.
- Stanovení provedení operace.
- Sledování, měření a kontrola operace.
- Výpočet časové normy (Kavan, 2002, s. 199)

1.2.2 Chronometráž

Chronometráž, která patří mezi nejpoužívanější metodu ke stanovení norem, je vhodná především pro cyklické operace. Chronometráž má jedinečný význam u proudové výroby, kde je nezbytná velmi přesná synchronizace rytmu jednotlivých pracovišť. Lze ji dělit na plynulou, výběrovou a obkročnou. (Vejdělek, 1998, s. 45)

Metoda chronometráže je založena na principu rozložení měřené operace na množství dílčích úkonů, které jsou pak zaneseny do vypracovaného formuláře. Velkou výhodou chronometráže, která vyplývá z takto rozdělených úkonů, je především možnost vyloučení extrémních hodnot jednotlivých úseků a možnost jednoduchého balancování operací. (Dlabáč, 2015)

1.2.3 MOST

MOST je zkratkou pro celý název „maynard operation sequence technique“. Tvůrce tohoto systému K. Zandin zjistil, že u přemísťování objektů jsou specifické opakující se vzorce, jako sáhnout, uchopit, přemístit a umístit objekt. Opakující se vzorce byly identifikovány a seřazeny do sekvencí pohybových prvků, použité u přemísťování objektů. Takto definovaná koncepce je podstatou pro sekvenční modely MOST. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 108)

K popisu manuální práce jsou potřeba tři základní sekvence Basic MOST. Čtvrtá sekvence se užívá k přemísťování objektů pomocí ručního jeřábu.

- Obecné přemístění – prostorové přemísťování objektu volně vzduchem.
- Řízené přemístění – přemísťování objektu při kontaktu s povrchem či připojenému k jinému objektu.
- Použití nástroje – použití běžných ručních nástrojů.
- Použití ručního jeřábu – pohyb objektu pomocí ručního jeřábu. (Zandin, 2003, s. 10)

V každém sekvenčním modelu jsou pak definovány subaktivity, které detailně analyzují každý pohyb pomocí indexování z hlediska velikosti vzdálenosti, pohybu těla, získání kontroly, umístění, procesního času aj. Každá subaktivita v sekvenci má podle MOST data karty stanovený počet TMU. Jedné jednotce TMU odpovídá čas o velikosti 0,036 vteřin, což je konstantou stanovenou tvůrcem systému p. Zandinem. (Vytlačil, 1997, s. 98-101)

Rodina systému MOST je dělena na 3 varianty:

- MiniMOST – nejpodrobnější a nejpřesnější analýza pracovních metod, která má cyklový čas menší než 1,6 minuty, obvykle jen 10 vteřin.
- BasicMOST – nejčastější způsob analýzy, rozsah od několika vteřin do 10 minut, obvykle 30 vteřin - 3 minuty.
- MaxiMOST – varianta určená pro nejdelsí operace, které mohou trvat od 2 minut po několik hodin. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 117-118)

Největší výhodou metody MOST je odstranění problému subjektivity při vymezení úrovně výkonnosti, poněvadž předem určené časy počítají s průměrným výkonem u průměrného operátora. Výhodou je také možnost velmi přesného určení budoucích časů, potřebných pro vykonání operací v dosud nezrealizovaných projektech. (Kavan, 2002, s. 200)

1.3 Mapování hodnotového toku

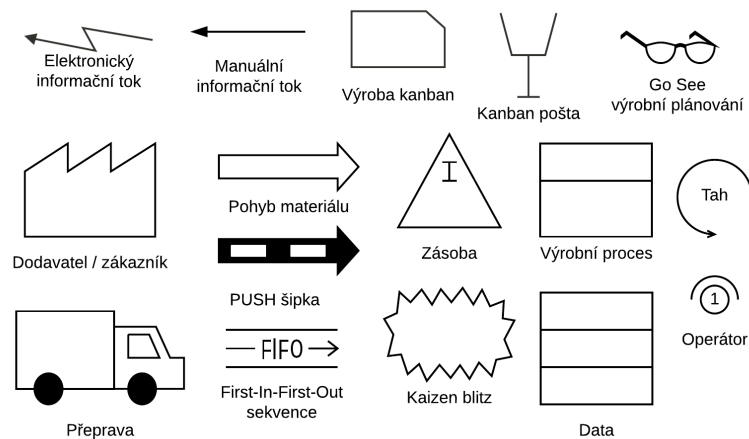
Mapování toku hodnot je jednou z analytických nástrojů konceptu štíhlé výroby. Metoda je používána pro zobrazení skutečného stavu procesních toků. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 51)

Dle George (2002, s. 52) je nejlepší začít mapovat hodnotový tok s tužkou a papírem. Tou se načrtne tok materiálu a informací přímo ve výrobním procesu. Nakreslený diagram vizuálně představuje tok produktu od zákazníka k dodavateli.

Hodnotový tok představují všechny procesy, které postupují od materiálu k hotovému produktu. Mapování toku hodnot je velmi důležitý nástroj pro analýzu plýtvání ve výrobních procesech. Na základě hodnotového toku lze plánovat změny a modelovat návrh budoucího stavu. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 43)

Mapování je vytvářeno přímo ve výrobním procesu, kde zobrazuje tok materiálu a informací, řízení a čas výroby, kdy se hodnota přidává a kdy ne. Poměrem časů přidávající a nepřidávající hodnoty se udává míra plýtvání a možné zlepšení v celém hodnotovém toku. Zásadou hodnotového toku lze identifikovat podíly času průběžné doby výroby, jako je doba uskladněného materiálu, čas čekání, velikost zásob, rozpracovanost výroby aj. (Košturiak, 2010, s. 196)

Při tvorbě diagramu znázorňující mapu toku hodnot jsou používány symboly uvedené na Obr. 3.



Obr. 3 Symboly používané pro mapování toku hodnot
(vlastní zpracování)

Podle Chromjakové a Rajnohy (2011, s. 50) je správná identifikace přidávající a nepřidávající hodnoty klíčová. Operace přidávající hodnotu (VA) jsou zpravidla ty, co přidávají výrobku hodnotu (výroba a zpracování materiálu) nebo operace, které zákazník vyžaduje a je ochotný za ni zaplatit.

Operace nepřidávající hodnotu (NVA) mohou např. být přetypování zařízení, manipulace, kontrola, transport, přenášení, čekání, přepracování, skladování aj. (George, 2002, s. 53)

Výstupem z mapy hodnotového toku je výpočet indexu přidané hodnoty, který je poměrem mezi časem, kdy je výrobku přidávána hodnota a celkovou průběžnou dobou výroby. Zeštíhlení je pak dosaženo při zvýšení indexu přidané hodnoty v mapě budoucího stavu oproti mapě současného stavu. Návrh budoucího stavu je prováděn formou tzv. kaizen blitz, tedy návrhu změny v hodnotovém toku. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 50-52)

1.4 Procesní analýza produktu

Procesní analýza patří mezi základní metody mapování procesů ve firmě. Tento univerzální analytický nástroj je vhodný jak do výrobního procesu, tak i pro administrativu. (Api, ©2014)

Jedná se o analytickou metodu, která grafickými symboly znázorňuje vykonané činnosti při výrobě produktu. Tím je možná identifikace množství čekání, transportu, skladování či kontroly. Výstupem analýzy je procesní diagram, jenž graficky zobrazuje posloupnost vykonaných aktivit pomocí symbolů. (Aft, 2000, s. 42-43)

V procesní analýze jsou používány standardizované symboly viz Obr. 4.

	OPERACE
	TRANSPORT
	SKLADOVÁNÍ
	ČEKÁNÍ
	KONTROLA MNOŽSTVÍ
	KONTROLA KVALITY

Obr. 4 Standardizované symboly (vlastní zpracování dle Darntona, 2012, s. 107)

1.5 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram slouží k zaznamenávání pohybu pracovníka ve vymezeném časovém období. Do nákresu pracoviště jsou detailně zakresleny pracovníkovi veškeré pohyby, které vykonal. Přitom je kladen důraz na zaznamenání skutečného pohybu pracovníka. Z nákresu jsou následně na pracovišti naměřeny reálné vzdálenosti. Zásadou spaghetti diagramu je odhaleno množství pohybů mimo pracoviště a je tak dobrým podkladem na návrh nového layoutu. (Pavelka, 2009, s. 16)

Podle Svozilové (2011, s. 133) jsou tyto diagramy vhodné zejména pro zjednodušení a snížení nadměrného pohybu materiálu, lidí či informací na pracovišti. Uplatnění spaghetti diagramu je velmi široké. Využívá se jak při sériové a hromadné výrobě, tak i při malosériové a kusové výrobě. To je způsobeno především jednoduchostí metody a přehlednou vizualizací pohybů pracovníka, materiálu či informací. (NHS, ©2008)

Jednou z největších výhod spaghetti diagramu je identifikace plýtvání z důvodu chybného rozestavení pracoviště. To nutí pracovníka vykonávat nadbytečné pohyby, přesuny či kroky k vykonání procesu. Identifikace tohoto plýtvání je zásadní v návrhu nového, štíhlého layoutu s minimem vyžadovaných přesunů či kroků. (CIE, ©2013)

1.6 Paretova analýza

Paretova analýza patří mezi jeden ze 7 klasických nástrojů pro zlepšování procesů. Jedná se o nástroj, s jehož pomocí je možné identifikovat a stanovit prioritní problémy, na které je nutné soustředit své úsilí. Paretův zákon říká, že 80 % výskytu jakéhokoli jevu je spojeno s 20 % souvisejících příčin. (Vytlačil a Mašín, 1999, s. 111)

„Malá skupina faktorů má za následek většinu problémů.“ Pomocí paratovy analýzy je možné zaměřit se na ty faktory, které mají největší podíl na analyzovaném problému. (Košturiak, 2010, s. 189)

George (2002, s. 51) tvrdí, že paretův zákon není jen teorií, ale spíše empirickým pozorováním velkého množství analyzovaných dat v reálných podnicích. Paretův zákon definuje, že 80 % procent prodlev průběžné doby výroby je způsoben na méně než 20% pracovních stanicích. Je tudíž nutné zlepšit jen 20 % pracovních stanic pro 80% efekt redukce průběžné doby výroby.

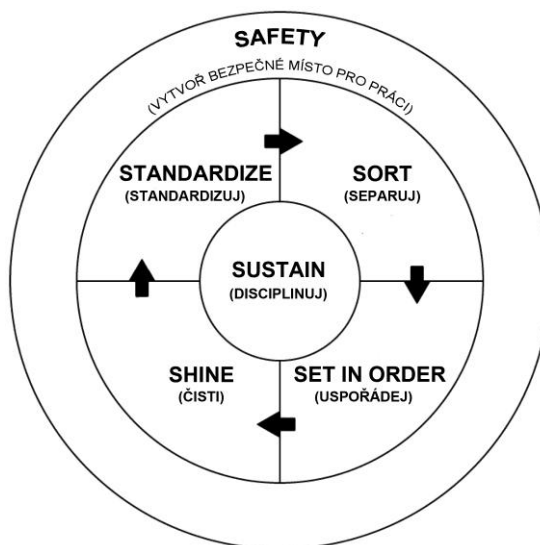
2 METODY ŠTÍHLÉ VÝROBY

2.1 Metoda 6S

Metoda 6S, která vznikla v Japonsku, vychází ze šesti základních principů:

- Seiri (sort) – třídění, separace.
- Seiton (set in order) – uspořádání, nastavení pořádku.
- Seiso (shine) – čištění, lesk.
- Seiketsu (standardize) – standardizace.
- Shitsuke (sustain) – zachování, disciplína.
- Safety – bezpečnost. (Tuček a Bobák, 2006, s. 117)

Dodržování metody 6S vytváří nepřetržitý proces zlepšování pracovního prostředí, jak je znázorněno na Obr. 5. (Liker, 2004, s. 150)



Obr. 5 6S (vlastní zpracování dle 6S, ©2014)

Liker (2004, s. 150) ve své publikaci uvádí, že metoda 6S zahrnuje činnosti zaměřené na eliminaci plýtvání a zbytečných ztrát, jejichž důsledkem bývají chyby, vady a pracovní úrazy.

2.1.1 Sort

První princip z 6S znamená vytřídit z pracoviště vše, co není k výrobní operaci zapotřebí. Přičemž je velmi důležité rozlišit, co je zapotřebí a co naopak ne. (Dennis, 2002, s. 29-30)

Problém nastává v identifikaci potřebných a nepotřebných věcí. Proto je používána strategie značení červenými visačkami. Ty slouží pro identifikaci potenciálně nepotřebných předmětů v podniku. Na každý předmět s červenou visačkou jsou kladeny 3 otázky:

- Je tento předmět zapotřebí?
- Pokud ano, je zapotřebí v tomto množství?
- Pokud ano, musí být umístěn zde? (*5S pro operátory*, 2009, s. 28)

Jakmile je odpovězeno na kladené otázky u každého předmětu opatřeného červenou visačkou, lze s nimi provést následující:

- Ponechat na místě.
- Vyhodit.
- Přemístit.
- Po určitou dobu předmět s visačkou nechat na místě pro zjištění potřeby. (*5S pro operátory*, 2009, s. 28)

2.1.2 Set in order

Druhý princip má název nastavení pořádku. Jde o uspořádání potřebných předmětů tak, aby byly snadno dosažitelné a lehce použitelné. Jsou označeny různými barvami, obrysy či nápisy pro co nejsnadnější identifikaci. Je důležité, aby mohl kdokoli nástroj či součástku nalézt bez dlouhého hledání, nebo ji snadno uložit zpět na místo viz Obr. 6. Nastavení pořádku je velmi důležité, protože eliminuje množství plýtvání ve výrobě. (*5S pro operátory*, 2009, s. 40)



Obr. 6 Příklad uspořádaného nářadí

(*5S Best Practices*, ©2016)

2.1.3 Shine

Dennis (2002, s. 33) tvrdí, že nic nezvýší týmového ducha víc, než čisté a uspořádané pracoviště. Proto je třetí princip uváděn jako lesk, tento princip zdůrazňuje odstranění špíny a prachu z pracoviště. Leskem je také myšleno udržovat vše zametené a čisté. (*5S pro operátory*, 2009, s. 58)

Hlavní otázky v principu čištění jsou:

- Co čistit – jaké prostory mají být čisté.
- Jak čistit – jakými prostředky a metodou čistit.
- Kdo bude čistit – kdo má zodpovědnost za čištění, frekvence čištění.
- Jak vypadá čistota – definovat čistotu, ukázka čistého pracoviště (foto). (Dennis, 2002, s. 33)

2.1.4 Standardize

Standardizace je metoda, která je použita pro udržení prvních tří principů, tedy třídění, nastavení pořádku a lesku. Vztahuje se ke všem těmto principům, nejvíce však k lesku (čištění). Čištění přináší výsledky jen tehdy, pokud jsou stroje a jejich okolí udržovány. (*5S pro operátory*, 2009, s. 15-16)

Podle Dennise (2002, s. 34) je nezbytné vytvořit standardy, které musí být srozumitelné, jednoduché a vizualizované. Je důležité vypracovat takový standard, kde každá reálná odchylka od standardu bude zřetelná na první pohled.

2.1.5 Sustain

„Jak si můžeme být jisti, že se uvedené principy zakoření v naší společnosti a stanou se naší každodenní prací?“ (Dennis, 2002, s. 35)

Řešením je pátý princip přeložený jako zachování či disciplína. Jde o závazek dodržovat uvedené principy a pravidla, ze kterých se postupně vytvoří návyk.

Nástroje pro podporu vytvoření návyku:

- školení, workshopy, vzdělávání,
- příručky,
- fotografie a příklady,
- slogan či logo,

- plakáty. (*5S pro operátory*, 2009, s. 95)

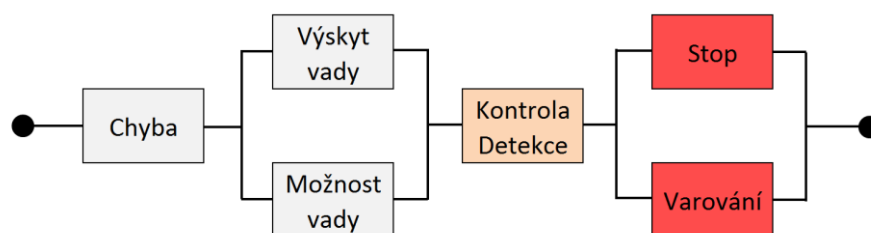
2.1.6 Safety

Nejnovější šestý princip je zaměřený na vytvoření bezpečného pracovního prostředí pro zaměstnance. Pracovníci mohou být vystaveni množství nebezpečných rizik, o kterých ani neví. Posouzení rizik na pracovišti je základem bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců v jakékoli organizaci. Pracovním úrazům lze do značné míry předcházet průběžným hodnocením pracovních rizik. (Aqlan et al., 2014)

Ve výrobním prostředí je také velké riziko ergonomických úrazů, jako karpální tunely či muskuloskeletární poruchy. Proto je důležité zjištění ergonomických rizik vzhledem k povaze postupů, výrobků, nástrojů a zařízení. Posouzení rizik na pracovišti by mělo být nedílnou součástí procesu a kultury organizace. Minimalizace pracovních rizik a zranění zvyšuje produktivitu, kvalitu, morálku zaměstnanců a image firmy. (Aqlan et al., 2014)

2.2 Poka-yoke

Poka je japonské slovo pro chybu z nedbalosti a yoke představuje prevenci. Poka-yoke znamená implementace zařízení, které identifikuje chyby v místě jejich vzniku. Tak je možné odstranění chyb dříve, než se přemění ve vady viz Obr. 7. Hlavním účelem poka-yoke je znemožnění postupu nekvalitního výrobku (defektu) na další pracoviště. Poka-yoke také razantně snižuje pracovníkovu psychickou zátěž eliminací nepřetržité kontroly častých chyb pramenících v defekty. (Dennis, 2002, s. 91; Mašín a Vytlačil, 2000, s. 60)



Obr. 7 Funkce systému poka-yoke (vlastní zpracování dle Mašína a Vytlačila, 2000, s. 258)

Tři základní funkce poka-yoke jsou:

- zastavení stroje či výroby,
- kontrola,
- varovné signály. (Vytlačil, 1997, s. 127)

Prostředky poka-yoke pomáhají vyvarovat se defektům a vadám. Proto je nezbytné chápat je jako nástroj pro implementaci kvality do procesů. Mezi nejrozšířenější nástroje poka-yoke se řadí:

- vodící kolíky různých průměrů,
- chybová světla,
- spínače, senzory,
- počítačidla,
- checklisty. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 259)

System poka-yoke je založen na mechanickém řešení i prostředcích průmyslové automatizace. Ze strategie nulových vad vyplývá, že je efektivnější odstranit dopady vzniklých vad ihned v místě vzniku, než následky vad eliminovat se zpožděním. Strategie nulových vad vychází z myšlenky, že nelze přistoupit ani na minimální objem nekvalitních výrobků. (Vytlačil, 1997, s. 127)

3 VÝROBNÍ PROCES

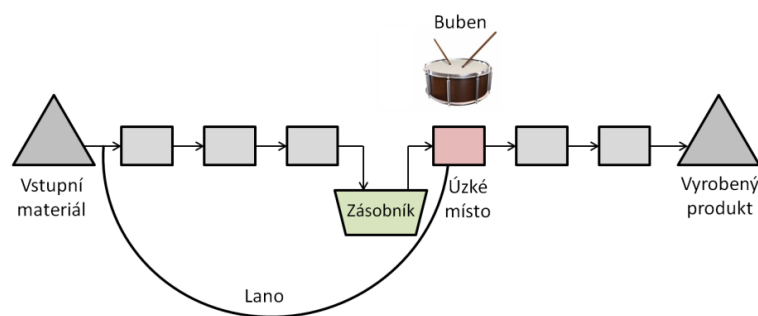
3.1 Úzké místo

Úzká místa jsou limitujícím faktorem v propustnosti výrobního procesu. Úzké místo se nachází v každém výrobním procesu, obvykle je to proces s nejdelším cyklovým časem. Proto je snaha vybalancovat linku tak, aby všechny procesy měly v ideálním případě shodný cyklový čas. Po eliminaci identifikovaného úzkého místa ve sledovaném procesu se úzké místo přesune k jinému procesu. V reálné výrobě tedy nelze úzké místa zcela odstranit, pouze je pomocí optimalizací a zeštíhlování minimalizovat. (Wilson, 2010, s. 189)

3.1.1 DBR

Tuček a Bobák (2006, s. 72) ve své publikaci uvádí, že DBR je zkratkou pro anglický výraz Drum-Buffer-Rope, který prezentuje postoj k řízení výroby s důrazem kladeným na maximální využití úzkého místa ve výrobním procesu.

Principem je regulace vstupů do výrobního procesu, jež jsou podřízeny úzkému místu ve výrobním procesu. Úzké místo tedy „bubnuje“, čímž určuje rychlost celého výrobního procesu. Pomocí „lana“ je úzké místo spojeno s materiálem vstupujícím do výrobního procesu. V případě, že by byl některý z procesů před úzkým místem přerušen, vzniklo by nebezpečí, že úzké místo nebude plně vytíženo. Právě proto je úzké místo chráněno prostřednictvím časového zásobníku viz Obr. 8. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 55)



Obr. 8 Drum-Buffer-Rope (vlastní zpracování dle

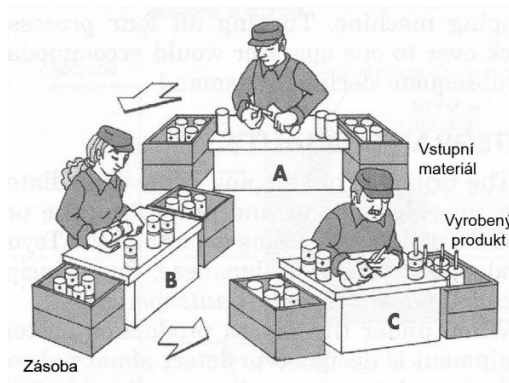
Tučka a Bobáka, 2006, s. 99)

Úkolem časového zásobníku je dodržení plánovaného termínu dokončení výrobního procesu. Celá koncepce DBR tedy zajišťuje úzkému místu 100% využitost i v případě přerušení výroby na předchozím pracovišti. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 55)

3.2 Druh výroby

3.2.1 Dávková výroba

Dávková výroba podle Likera (2004, s. 92) znamená, že výrobek nevzniká pouze na jednom oddělení (pracovišti), ale prochází v procesu výroby více odděleními, dokud není dosaženo finální podoby produktu. Při výrobě tedy dochází k transportu polotovarů a tvorbě zásob mezi jednotlivými odděleními viz Obr. 9.



Obr. 9 Dávková výroba (Black a Hunter, 2003, s. 319)

Na obrázku Obr. 10 je znázorněna dávková výroba na třech pracovištích vykonávající různé procesy. Dávky jsou stanoveny na 10 kusů a čas nezbytný k opracování jednoho polotovaru činí 1 minutu, tudíž se každá dávka na pracovišti zdrží 10 minut. Jestliže je zanedbán nezbytný čas k přesunu polotovarů mezi pracovišti, výroba 10 kusů bude trvat 30 minut a 1. vyrobený kus bude možné odeslat zákazníkovi až za 21 minut. (Liker, 2004, s. 92)



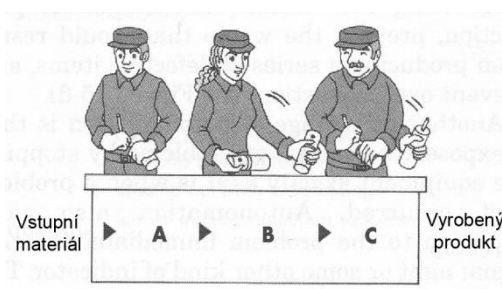
Obr. 10 Dávková výroba 10 kusů (vlastní zpracování dle Likera, 2004, s. 92)

Mezi největší nevýhody dávkové výroby patří nemožnost okamžitého rozpoznání vad, dlouhá průběžná doba výroby, nízká flexibilita výroby, vysoké skladovací náklady, plýtvání v podobě transportu a čekání na dávku. (Mascitelli, 2004, s. 193)

3.2.2 One-piece-flow

Tok jednoho kusu je ideálním případem výroby, kdy velikost výrobní dávky tvoří právě jeden kus procházející mezi jednotlivými operacemi bez nutnosti meziskladů. (Váchal a Vochozka, 2000, s. 477)

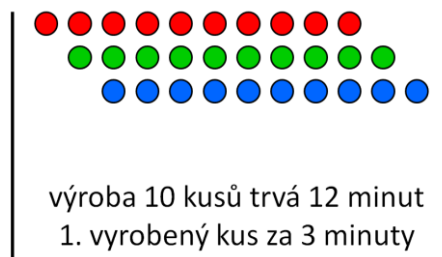
Podle Wilsona (2010, s. 13) je základní podmínkou pro docílení toku jednoho kusu umístění všech procesů v těsné blízkosti viz Obr. 11. Nejčastěji je pro jednokusový tok používáno buňkové rozmístění jednotlivých procesů. Pro štíhlou výrobu (buňku) je pak doporučeno rozmístění jednotlivých procesů do tvaru U nebo C.



Obr. 11 Tok jednoho kusu (Black a Hunter, 2003, s. 319)

V jednokusovém toku je vždy snaha vybalancovat procesy tak, aby měli v ideálním případě shodnou dobu výrobního cyklu, což umožňuje synchronizaci výroby. Výhodné je pak sladění doby výrobního cyklu se zákaznickým taktem. Produkt je pak vyroben takovou rychlostí, jak požaduje zákazník výrobky odebírat. To umožňuje minimalizaci skladových zásob, tedy i snížení nákladů na skladování. (Wilson, 2010, s. 13)

Na Obr. 12 lze vidět jednokusový tok, kde probíhají všechny procesy v rámci buňky. Nejsou zde tvořeny žádné mezioperační zásoby, opracovaný polotovár je ihned předán na další pracoviště. V rámci štíhlé výroby pak trvá vyrobení 30 kusů jen 12 minut a první vyrobený kus je vyhotoven již za 3 minuty. (Liker, 2004, s. 93)



Obr. 12 Tok jednoho kusu při 10 kusech (vlastní zpracování dle Likera, 2004, s. 93)

Výhody jednodukového toku jsou především flexibilita výroby, krátká průběžná doba výroby, rychlá detekce vad, možnost podřízení výroby zákaznickému taktu, balancování procesů a nízké skladovací náklady. (Váchal a Vochozka, 2000, s. 477)

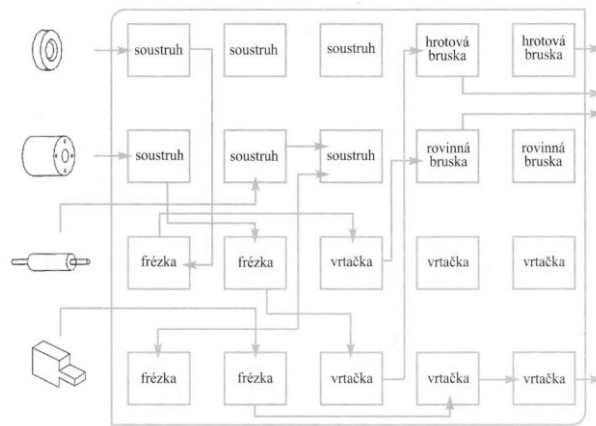
3.3 Uspořádání pracoviště

„Transport, manipulace a skladování zaměstnává až 25 % pracovníků, zabírá 55 % ploch a tvoří až 87 % času, který stráví materiál ve firmě.“ Náklady s tím spojené souvisejí s chybně navrženým pracovištěm, který je ve firmách nejvýznamnější příčinou plýtvání. Řešením uvedeného problému je navržení štíhlého pracoviště, které zároveň uvolňuje potřebnou plochu pro výrobu, kterou lze použít na další výrobní programy. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 135)

Štíhlé uspořádání také významně usnadňuje a zkracuje materiálové toky, zvyšuje produktivitu a flexibilitu výroby, zlepšuje kvalitu produktu, zkracuje průběžnou dobu výroby a současně vytváří velmi dobré předpoklady pro efektivní týmovou práci. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 24-25)

3.3.1 Technologické uspořádání

U technologického uspořádání pracoviště jsou jednotlivé skupiny strojního zařízení rozmístěny podle technologické podobnosti, jako je lisovna, svařovna, soustruhy aj (viz Obr. 13). Při jednotlivých zakázkách musí být přesně určeno pořadí mezi následnými pracovišti. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 136; Tomek a Vávrová, 2000, s. 92)

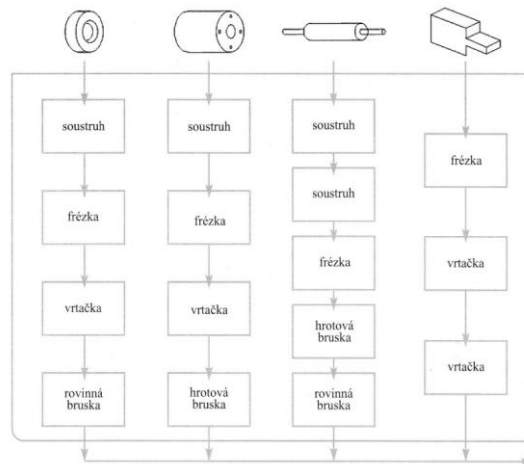


Obr. 13 Technologické uspořádání
(Košturiak a Frolík, 2006, s. 136)

Při výrobě v technologickém uspořádání pracoviště je vyžadována velká četnost mezioperační dopravy zprostředkovaná transportními vozíky, které přepravují dávky dílů k dalšímu zpracování. Proto jsou mezi pracovišti nezbytné příruční sklady nebo mezisklady. Důležitým faktorem je tedy frekvence zakázek a náklady na skladování. Velmi často je technologické uspořádání zvoleno především u výroby v elektrotechnické a strojírenské výrobě. (Tomek a Vávrová, 2000, s. 92; Kavan, 2002, s. 187)

3.3.2 Předmětné uspořádání

U předmětného uspořádání jsou pracoviště sdružovány podle technologického postupu vyráběného produktu. Postupně za sebou jsou tedy prováděny technologicky odlišné operace, vyráběný produkt během výrobního procesu pokračuje nejkratší cestou z jednoho pracoviště na další viz Obr. 14. Jedná se o výrobní linky, u které bývá materiálový tok většinou pevný. Základem předmětného uspořádání je standardizace produktů a pracovních operací. (Tuček a Bobák, 2006, s. 238; Kavan, 2002, s. 187)

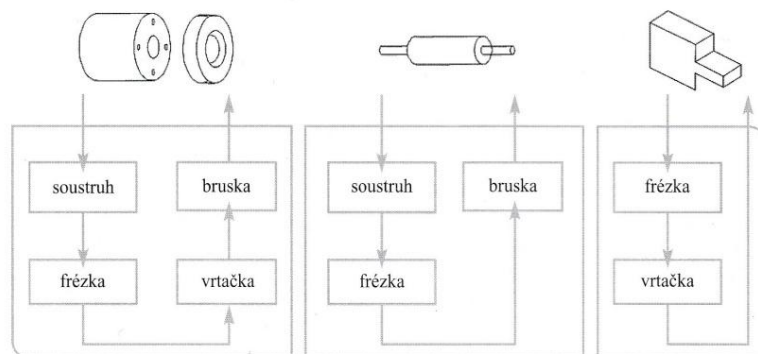


Obr. 14 předmětné uspořádání
(Košturiak a Frolík, 2006, s. 137)

Účelem předmětného layoutu je získání rychlého, bezproblémového a velkého toku výrobků. Oproti technologickému uspořádání jsou výhodou především nižší výrobní náklady, plynulý materiálový tok, efektivní výroba aj. (Kavan, 2002, s. 187)

3.3.3 Buňkové uspořádání

Firmy v dnešní době vyrábějí široký sortiment produktů. Není však možné pro každý produkt postavit samostatnou linku. Řešením je návrh výrobních buněk, ve kterých se produkuje skupiny výrobků, mající shodné charakteristiky viz Obr. 15. Výrobní buňky umožňují především zjednodušení materiálového toku, který je způsoben ustoupení od výroby ve velkých dávkách zásluhou umístění pracovišť v těsné blízkosti. Tím je také zásadně snížen podíl času nepřidávající hodnoty v průběžné době výroby. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 135)



Obr. 15 Výrobní buňky (Košturiak a Frolík, 2006, s. 137)

Podle Wilsona (2010, s. 195-196) je buňková výroba klíčový element štlé výroby. Význam výrobní buňky spočívá především v tom, že disponuje tokem jednoho kusu produktu, výroba je proto velmi flexibilní, redukuje průběžný čas výroby a všechny druhy plýtvání ve výrobním procesu. Eliminovány jsou nejčastěji zásoby, čekání a přesuny výrobku. Výroba v buňce také snižuje transport z důvodu těsného spojení pracovišť. To spolu s autonomií, kterými buňky disponují, dovoluje operátorovi pracovat v buňce na více strojích. Při změně počtu operátorů je tedy možné flexibilně přizpůsobit výrobu v buňce potřebám zákazníka. (Košturiak a Frolík, 2006, s. 136)

Buňky jsou obyčejně projektovány do tvaru C nebo U, kde je umožněno snadnější monitorování přichozího materiálu a odchozího hotového výrobku. Návrh výrobních buněk je zpravidla propojený s metodou 5S a vizualizací pracoviště. Buňky lze také vybalancovat snadněji než výrobní linky. (Wilson, 2010, s. 195-196; Košturiak a Frolík, 2006, s. 140)

4 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Teoretická východiska pro zpracování praktické části byla definována formou řešerše z teoretické části diplomové práce.

Nejprve byl objasněn pojem štíhlé výroby včetně všech druhů plýtvání při výrobním procesu. Byly definovány metody měření práce včetně jednotlivých druhů měření. Dále byly detailně popsány analýzy, jako mapování hodnotového toku, procesní analýza, spaghetti diagram či paretova analýza.

Byly vymezeny metody štíhlé výroby jako je standard čistého pracoviště 6S či systém prevence vad poka-yoke. Dále byla objasněna problematika úzkého místa ve výrobním procesu včetně řešení v podobě DBR výroby. Byl popsán rozdíl mezi jednokusovým tokem a dávkovou výrobou. Nakonec byl vysvětlen způsob technologického, předmětného a buňkového uspořádání štíhlého pracoviště.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 POPIS VYBRANÉ SPOLEČNOSTI

Vybraná společnost je soukromou firmou s českým vlastníkem, který společnost založil již roku 1990. Firma má tedy dlouholetou tradici. Společnost se zaměřuje na výrobu vstřikovacích forem, vstřikování a montáž plastových dílů pro automobilový průmysl. (interní materiály firmy)

Výrobky zhotovené vybranou společností se objevují u všech značek vozů, jako jsou BMW, Audi, VW, Škoda, Volvo, Mercedes-Benz aj. (interní materiály firmy)

Většina zákazníků jsou však subdodavatelé. Což znamená, že zákazníci nejsou přímo zmíněné automobilky, ale firmy, které do automobilek dodávají sestavy. Tyto sestavy obsahují právě díly a komponenty vyrobené ve vybrané společnosti. (interní materiály firmy)

Společnost dodává své výrobky do celé střední Evropy, Jižní a Severní Ameriky. Největší podíl výrobků je dodáván do České republiky (48 %), Německa (19 %) a Polska (11 %) (interní materiály firmy)

Společnost má 2 hlavní výrobní závody:

- Nástrojárna – výroba forem pro vstřikování.
- Vstřikovna – vstřikování na vstřikovacích strojích.

5.1 Nástrojárna

Nástrojárna vybrané firmy patří mezi velké nástrojárny v České republice, kde se vyrobí okolo 120 sériových forem a kolem 50 prototypových forem ročně. Jedná se o high-tech nástrojárnu s moderní výbavou, ve které se vyrábějí zejména složité formy na vstřikování. (interní materiály firmy)

Hlavní specializací nástrojárny jsou formy pro technicky i vzhledově složité díly, jako jsou formy pro díly s obstřikovanými komponenty (overmolding), vertikální stroje, svařované díly (ultrazvukové i vibrační svařování), formy pro technologii vstřikování plynem aj. Velkou výhodou nástrojárny jsou také vlastní vstřikovací stroje, na kterých lze vyrobené formy vyzkoušet a dodat zákazníkovi vzorky vystříknutých výrobků. (interní materiály firmy)

5.2 Vstřikovna

Vstřikovací stroje se nachází ve dvou halách, které leží v areálu o velikosti 28000 m². V halách je umístěno 25 vstřikovacích strojů, jejichž výroba za rok 2015 činila přes 15 milionů vystříknutých dílů. (interní materiály firmy)

V halách se nacházejí vstřikovací stroje o uzavírací síle od 50 do 800 tun, vertikální stroje s otočným stolem a speciální rychloběžný lis Bruderer. Všechny stroje jsou plně automatické s robotickou manipulací dílů. Součástí deseti vstřikovacích strojů je i nejmodernější 6osý robot Kuka. (interní materiály firmy)



Obr. 16 Vstřikovací stroje (*International Trade News*, ©2015)

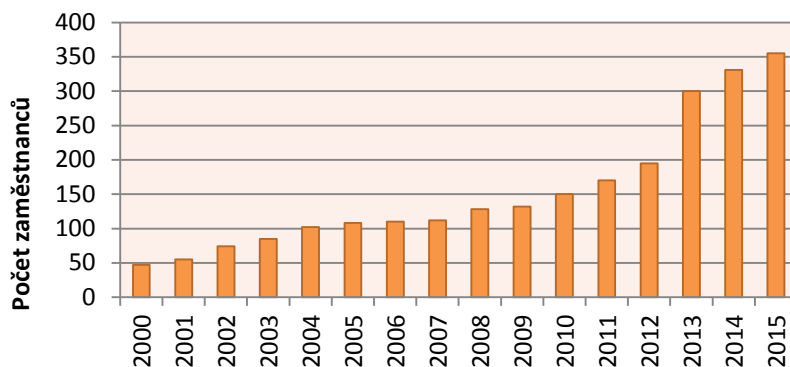
5.2.1 Certifikáty

Společnost vlastní řadu certifikátů. Těmi jsou:

- ISO 9001:2009 – jedná se o systém managementu kvality, který je zaměřen na kvalitu realizovaného produktu, výrobku či služby. Tato norma je určena pro nástrojárnu vybrané firmy. Systém je zaveden pro vývoj a výrobu vstřikovacích forem a lisovacích nástrojů, lisování dílů a dodávek pro automobilový průmysl.
- ISO/TS 16949:2009 – definuje požadavky na systém managementu kvality v podnicích zajišťující sériovou výrobu a výrobu náhradních dílů v automobilovém průmyslu. Norma je určena pro vstřikovnu vybrané firmy. Systém je zaveden pro výrobu plastových a kovových dílů, montáž sestav a komponentů pro automobilový průmysl.
- ISO 14001:2005 – je systém managementu environmentu, jež se zaměřuje na snižování dopadu činností, výrobků či služeb na životní prostředí. Norma je určena pro vstřikovnu. Ve vybrané firmě je systém managementu environmentu zaveden pro vývoj a výrobu vstřikovacích forem a lisovacích nástrojů, dílů a dodávek pro automobilový průmysl.

5.2.2 Počet zaměstnanců

Na konci roku 2015 bylo ve firmě 355 zaměstnanců. Počet lidí vzrostl v posledních letech velmi rychle. Oproti konci roku 2011, kdy společnost zaměstnávala pouze 170 lidí, vzrostl počet zaměstnanců o 185, což je navýšení o více než 100 % (interní materiály firmy)



Graf 1 Vývoj počtu zaměstnanců (vlastní zpracování)

5.2.3 Filozofie a cíle

Filozofií firmy je být dostatečně inovativní pro získání konkurenčních výhod. Cílem firmy je být konkurenceschopní v tvrdém prostředí automobilového průmyslu a dlouhodobě se prosazovat a posilovat své pozice na světových trzích. Společnost využívá svých dlouholetých zkušeností, tradic a svého know-how k tomu, aby se stala stálým, spolehlivým a strategickým partnerem automobilových společností. (interní materiály firmy)

6 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Pro analýzu současného stavu byly použity metody:

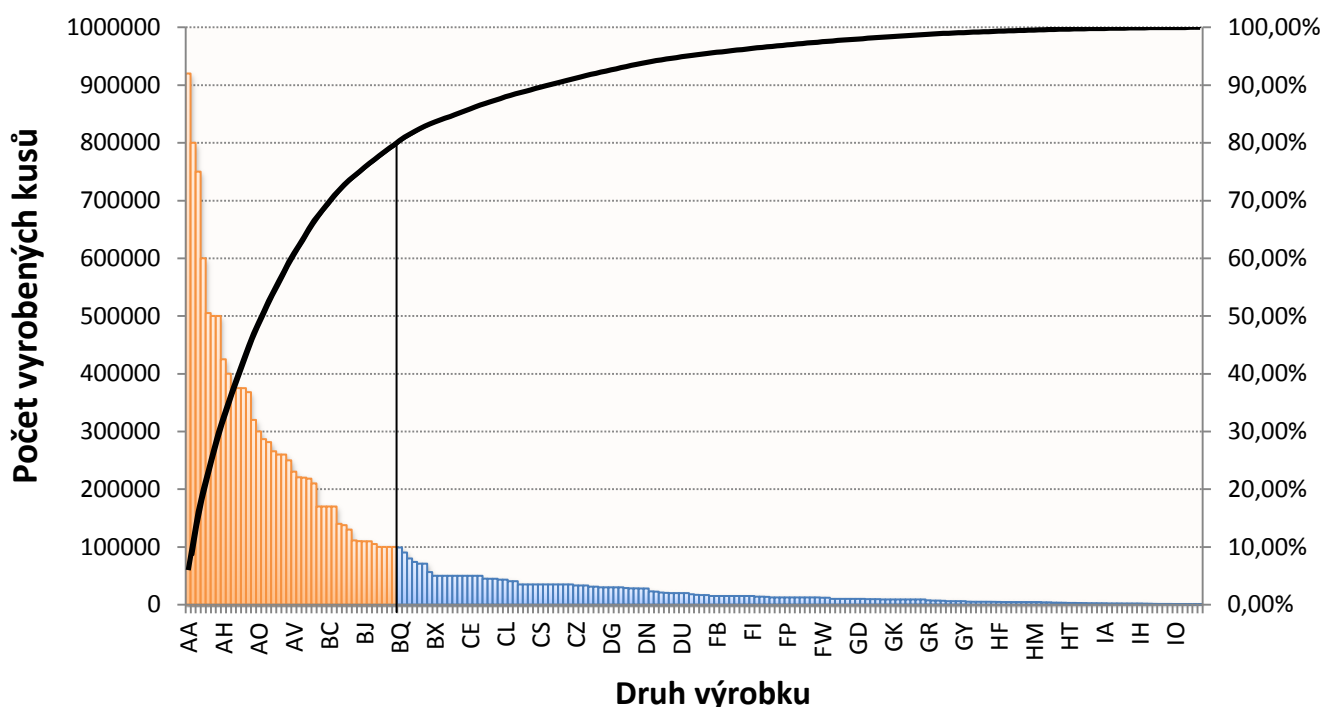
- Paretova analýza – identifikace výrobku, který je pro podnik z hlediska objemu výroby nejdůležitější.
- Vývojový diagram – vizualizace procesů výroby dílu.
- Přímé měření – stanovení spotřeby času jednotlivých operací.
- Procesní analýza – analýza procesů při tvorbě výrobku, identifikace úzkého místa.
- Spaghetti diagram – znázornění pohybu pracovníka po montážní hale.
- Value Stream Mapping – zmapování současného stavu hodnotového toku.
- Value Stream Design – návrh hodnotového toku s použitím kaizen blitz.

6.1 Výběr pracoviště

K určení vhodného pracoviště pro návrh zavedení štíhlých metod bylo nutné analytickou metodou určit, které výrobky z produktového portfolia byly vyráběny v největším objemu, jaký druh výrobku přináší podniku nejvíce peněžních prostředků a v neposlední řadě aktuální stav pracoviště, požadavky zákazníka a výsledky zákaznického auditu.

6.1.1 Paretova analýza

Nejprve bylo nezbytné určit, na jaký druh dílu z výrobního portfolia se zaměřit. K tomu posloužila Paretova analýza, která určila nejvýznamnější druhy výrobků, kterých se vyprodukuje 80 % z celkového počtu vyrobených kusů za rok 2015. Díky této analýze byla poskytnuta cenná informace, na které produkty a jejich pracoviště se zaměřit z hlediska objemu výroby.

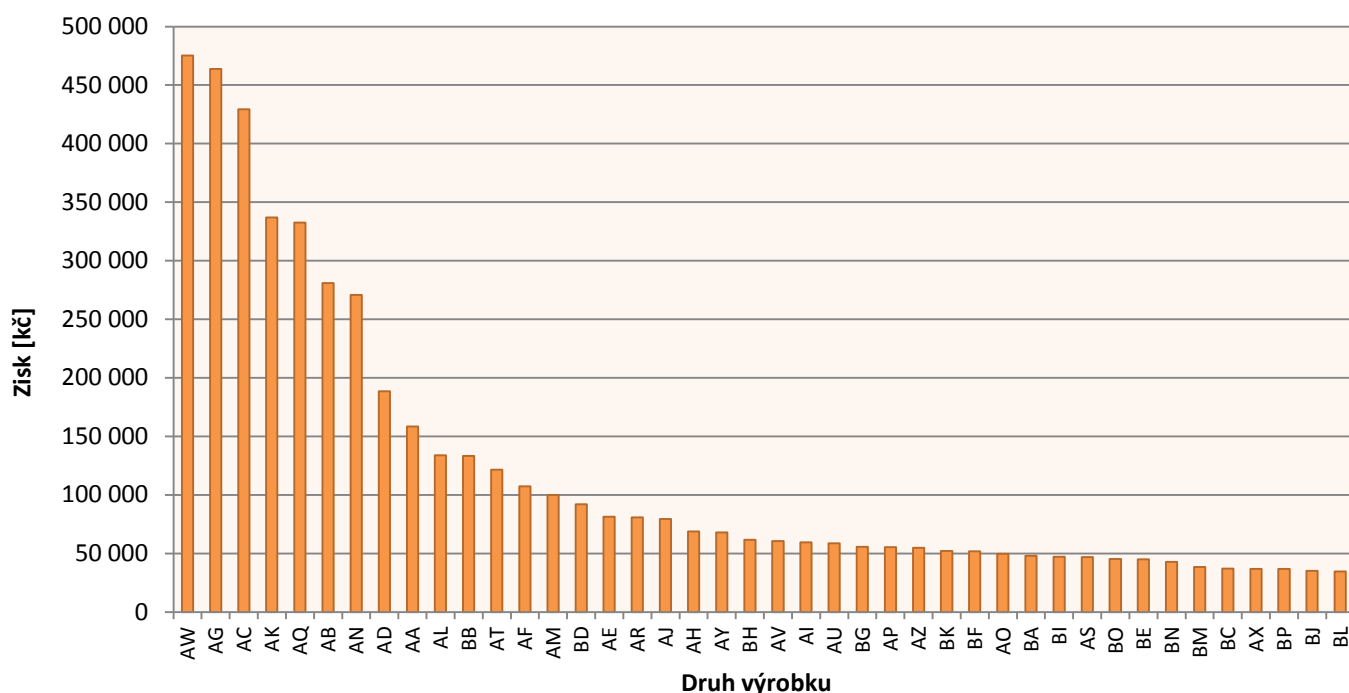


Graf 2 Paretův diagram objemu výroby (vlastní zpracování)

Paretovo pravidlo bylo potvrzeno. Z paretova diagramu (Graf 2) vyplynulo, že 79,8 % z celkového počtu vyrobených produktů za rok 2015 spadalo pouze do 20,8 % výrobního portfolia. Z toho plyne, že 20,8 % druhů produktů je pro podnik z hlediska objemu nedůležitějších. Celková tabulka s výpočty paretova diagramu byla přidána do přílohy P I.

6.1.2 Zisk z prodaných výrobků

Dále bylo nutné určit, který výrobek byl pro vybranou společnost klíčový z hlediska příjmů pro podnik. Každý výrobek byl prodáván za jinou, předem určenou cenu. Proto bylo nezbytné, aby byla zohledněna prodejní cena jednoho kusu vynásobena počtem kusů. Tento výpočet byl důležitý právě proto, že dílů, kterých je vyrobeno velké množství, se mohou prodat za zlomek ceny výrobků, kterých se vyrobí menší počet. Tento výpočet byl proveden pouze pro 20,8 % výrobního portfolia, které dosahuje téměř 80 % celkového počtu vyrobených kusů (Graf 3).



Graf 3 Zhodnocení zisku z prodaných výrobků (vlastní zpracování)

Z grafu 3 je patrné, že největší zisk podniku plyne z produktu označeného jako „AW“. Tento produkt přinesl firmě za rok 2015 zisk ve výši 475 401 Kč. Proto bylo klíčové, aby se návrh zavedení metod štihlé výroby aplikoval na výrobu výše uvedeného produktu AW.

6.1.3 Aktuální stav pracoviště

Na produkt, nazvaným jako „AW“, byly zákazníkem kladeny vysoké požadavky z hlediska kvality, flexibility a včasných dodávek. Na výše zmíněný výrobek v minulosti proběhly audity, po kterých byla opakovaně vytýkána nízká efektivita výroby, přílišné plýtvání, neuspořádané pracoviště a chybně nastavené materiálové toky. Na tento díl bylo také v minulosti velké množství reklamací a byl projeven požadavek na nápravné opatření.

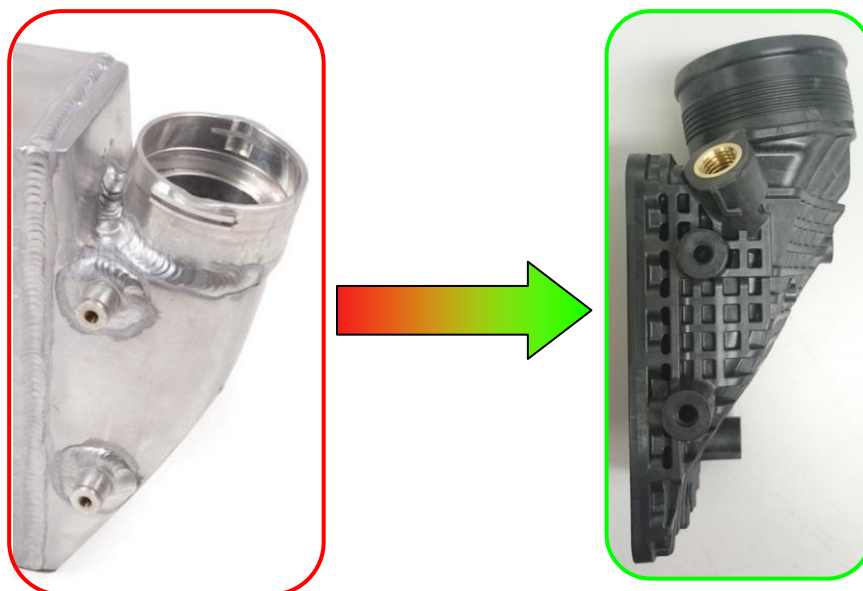
6.1.4 Popis produktu AW

Výrobek AW je používán známou automobilkou Volkswagen jako jedna z klíčových komponent tzv. intercooleru, tedy mezichladiče. Účel mezichladiče je ochlazovat vycházející vzduch z dmyhadla, což umožňuje zvýšení výkonu motoru. Tento tepelný výměník je nejčastěji používán pro kompresory či turbodmyhadla v motorech aut.



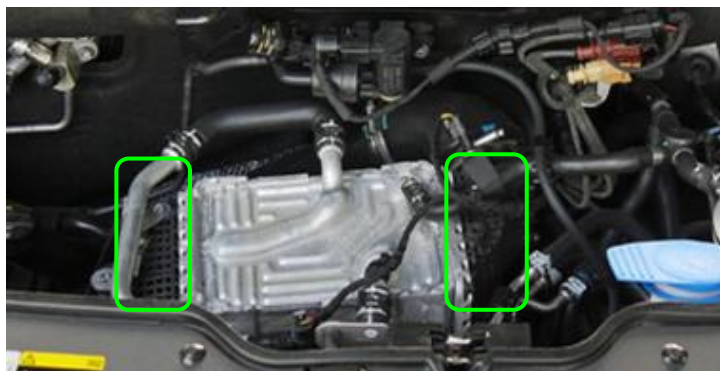
Obr. 17 Intercooler s dílem AW
(vlastní zpracování)

Tento díl byl dříve vyráběn z kovu, ale neustálá inovace dovedla automobilové inženýry k nahrazení kovového dílu speciálním tvrzeným plastem, který plně substituuje drahé, příliš těžké, zastaralejší kovové řešení.



Obr. 18 Kovový a plastový díl (vlastní zpracování dle
Forge Motorsport, ©2016)

Na obrázku (Obr. 18) je v červeném obdélníku vidět zastaralé kovové řešení. Naopak v zeleném obdélníku lze zahlédnout již nové, inovativní řešení z tvrzeného plastu, který vybraná firma vyrábí.



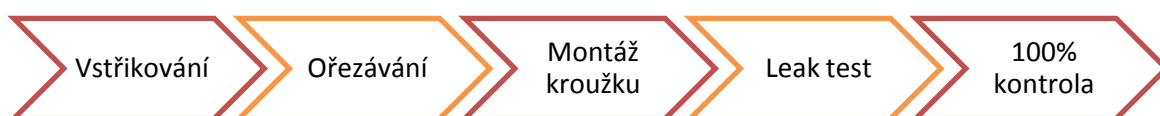
Obr. 19 Intercooler v motoru (*Test Drive Review*, ©2016)

Na obrázku (Obr. 19) lze vidět intercooler s namontovaným dílem AW přímo v motoru auta.

6.2 Popis výrobního procesu

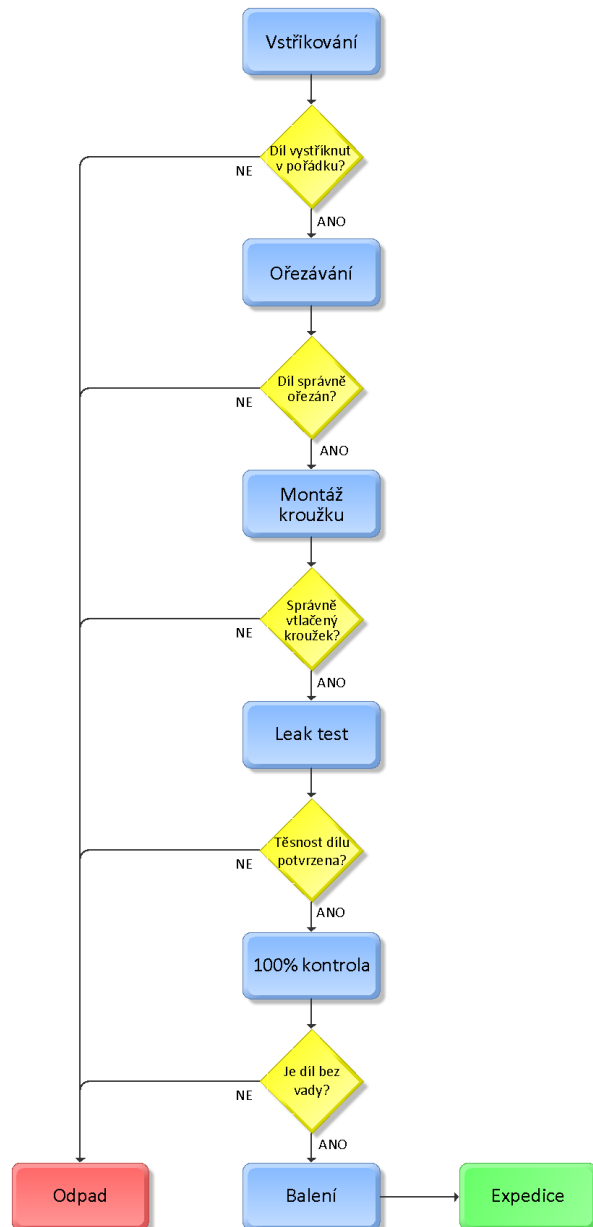
Díl AW je kompletně vyráběn na vstříkovně. Ta je rozdělena na 3 haly. Dvě haly jsou používány pouze k vstříkovaní na vstříkovacích strojích a jen jedna hala je tzv. montážní. Zde se díly osazují pouzdry, zalisují se do nich zálsky, testuje se těsnost či se dohromady svařují plastové komponenty.

Při výrobě dílu AW proces nejdříve začíná v jedné ze vstříkovacích hal, kde se díl vystříkne. Následně se díl přemístí do montážní haly, tam se vykonají všechny další procesy (Obr. 20), kterými jsou ořezávání dílu, montáž kovového kroužku, leak testu a výstupní 100% kontrola.



Obr. 20 Výrobní proces dílu AW (vlastní zpracování)

Pro vizuální znázornění byl vytvořen i vývojový diagram procesu výroby dílu AW (Obr. 21), kde je znázorněný postup při zjištění vadě na dílu.



Obr. 21 Vývojový diagram procesu výroby dílu (vlastní zpracování)

Z vývojového diagramu je patrné, že při vzniku nekvality ve kterékoliv části procesu je výrobek vyhodnocen jako zmetek a vhozen do odpadu. Oprava dílu není z technologického hlediska možná. Jestliže se vada neobjeví v žádné operaci, díl je možné expedovat k zákazníkovi.

6.2.1 Vstřikování

Proces výroby dílu AW nejprve začíná vstřikováním. Do sušičky se nasaje granulát, který je nejprve nutno zbavit přebytečné vlhkosti. Ta nesmí přesáhnout technologicky deklarovanou hodnotu.

vanou hodnotu 0,02 %, aby mohly být garantovány vlastnosti zpracovávaného polymeru. To je docíleno teplotou okolo 100-120 °C.

Dále se do vstřikovacího stroje od firmy Engel, který má uzavírací sílu 300 tun, naplní ze sušičky přesně definované množství granulátu. Tento granulát je plastifikován při 300 stupních v plastifikační jednotce, ten je následně vstříknut do uzavřené dutiny formy. Forma slouží pro výrobu vždy dvou dílů najednou. Poté se forma otevře, rameno robota vyrobené díly z formy vyjme a položí je na pohyblivý pás, kde zabudované větráky díly dochlazují. Po vychladnutí pracovník díly z pásu vyjme, zkontroluje, zda odpovídají požadované kvalitě a vloží je do tzv. KLT bedny. Díly se skládají dle balícího předpisu pro mezipodnikovou manipulaci.



Obr. 22 Vstřikovací stroj (vlastní zpracování)

Jestliže se na dílu objeví některý z druhů vad, díl je vyhozen. Pokud je vyhozeno více dílů po sobě, problém řeší mistr a údržba dle reakčního plánu. Technolog společně s mistrem na základě povahy vady rozhodne o dalším postupu řešení daného problému.

6.2.2 Ořez

Díl je dále transportován v KLT bednách až k pracovišti určenému k ručnímu ořezávání přetoků na místech, které jsou velmi náchylné k těsnosti, jako je nátrubek a spodní část dílu. Ořez je prováděn proto, že v těchto místech musí být hladký povrch bez přetoků (viz Obr. 23). Čištění se provádí jemným smirkovým papírem a ořezovým nožikem, kterým se „škrábe“ po povrchu dílu, čímž se docílí hladkosti předem definovaných částí dílu dle refe-

renčního kusu. Tyto části jsou vymezeny v dokumentaci, kde jsou přesné instrukce, kterými se pracovníci musejí řídit.



Obr. 23 Ořezávání dílu (vlastní zpracování)

Přetoky vznikají při vstřikování, kde obě půlky formy nejsou dokonale slícovány. Z technologického hlediska vstřikování nelze těmto přetokům zcela zabránit. Lze je však minimalizovat optimálním nastavením parametrů nebo úpravou formy. Při zpracování tohoto materiálu je to velmi obtížné až nereálné, protože to vede ke vzniku jiných defektů, jako jsou zapáleniny (diesel effect).

6.2.3 Montáž kovových kroužků

Po ořezu se díly přepravují k montážnímu zařízení, které slouží k mechanickému vložení kovového kroužku do místa pro nátrubek (Obr. 24). Pracovník nejprve umístí díl do upevňovacího zařízení, který jej přichytí. Dále vloží kovový kroužek do přípravku, který po stisknutí tlačítek vtlačí kroužek do přesně vymezeného prostoru nátrubku. To je prováděno strojovou přesností pod správným úhlem a silou. Jestliže je proces proveden správně, jedná se o OK kus, který následně pracovník vyjme z úchytu a označí jej barevnou tečkou. Když stroj vyhodnotí díl jako NOK kus, tak je bez výjimky vyhozen. Nakonec pracovník vloží díl podle mezioperačního balícího předpisu do KLT bedny.

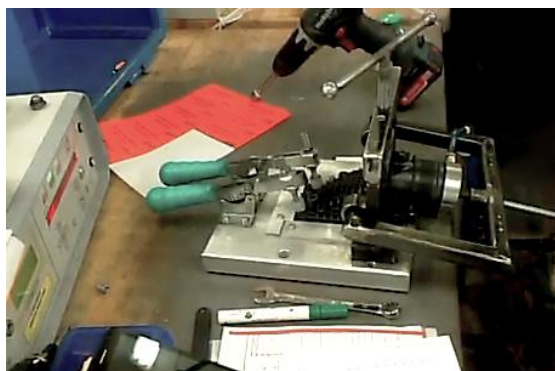


Obr. 24 Montážní zařízení (vlastní zpracování)

6.2.4 Leak test

Posledním mechanicky prováděným procesem je leak test, neboli test těsnosti (Obr. 25). Po prvních produkčních testech byl zaveden leak test kvůli netěsnosti dílu. Díky úspěšnosti výroby dílu AW a spokojenosti zákazníka byl navýšen požadavek na výrobu daného výrobku. Jelikož však netěsnosti dílu nadále přetrvávaly, stal se test těsnosti každého dílu nezbytností.

Pracovník nejprve vloží těsnící šroub do závitu a akumulátorovou vrtačkou jej zašroubuje. Následně vloží díl do přípravku, který přitáhne upínacím zařízením. Dále nasadí přípravek na nátrubek dílu a přitážením jej utěsní. Teprve poté co jsou všechny otvory utěsněny, může pracovník spustit test. Test se skládá z 3 fází. V první fázi je do dílu napuštěn vzduch na tlak 3,5 BAR, druhou fází je stabilizace a udržení předepsaného tlaku. U třetí a nejdůležitější fáze je přísun tlaku vypnut a měří se úbytek tlaku v dílu pomocí digitálního tlakového ventilu s optickou kontrolou, kterou zajišťuje operátor. Jestliže je úbytek tlaku v toleranci, díl splnil test těsnosti. Je označen barevnou značkou a může být podstoupen poslednímu procesu, kterým je kontrola.



Obr. 25 Test těsnosti (vlastní zpracování)

Jestliže díl nesplnil test, tak pravděpodobně obsahuje mikrotrhliny či zapáleniny, přes které vzduch z dílu uchází. Takový díl je vhozen do červené NOK bedny a následně vyhozen. Jestliže jsou 3 díly za sebou nevyhovující kusy, měl by pracovník vložit do stroje kus, který je OK etalonem a provést na něm kontrolní měření. Když stroj vyhodnotí díl i nyní jako NOK, měl by operátor zavolat údržbu pro kalibraci přístroje. V případě, že stroj vyhodnotil OK etalon jako OK kus, pracovník by měl zavolat kontrolu nebo mistra, který vyhodnotí další postup. Ten může vyústit až k přerušení procesu vstřikování či kontrolou všech dílů.

6.2.5 100% kontrola

Jako poslední proces se provádí kontrola každého kusu. To se nazývá 100% kontrola, kde pracovník pod světlem kontroluje, zda je díl správně vyroben. Tedy jestli na dílu není žádná deformace, zda díl neobsahuje pohledové vady, jako jsou např. zapáleniny, studené spoje nebo praskliny, je-li díl správně ořezán a nevyskytují se u něj přetoky. Díl, jež byl opatřen dvěma barevnými tečkami, které zaručují, že díl prošel procesy montáží kovových kroužků a leak testem, se označí finální tečkou, která značí, že díl prošel i výstupní kontrolou (Obr. 26).



Obr. 26 Tečky na dílu
(vlastní zpracování)

Před tím než je díl uložen do KLT bedny, je ofoukán ionizovaným vzduchem, aby byl zbaven zbytkových jemných hoblinek a nečistot. Nakonec se díl umístí do KLT bedny dle zákaznického balicího předpisu.



Obr. 27 Pracoviště výstupní kontroly
(vlastní zpracování)

6.3 Zákaznický požadavek na výrobu dílu AW

Nejdříve bylo nutné zjistit, jaké množství dílů vyžaduje zákazník za týden. Zákazník požávající díly AW má variabilní týdenní požadavky na množství. Počet požadovaných kusů se pohyboval v intervalu 5500 až 7500 kusů týdně. Důležité bylo vypočítat kapacitu výroby pro maximální možnou velikost objednávky, tj. 7500 kusů týdně. Bylo nutno počítat i s celkovou zmetkovitostí, která po vykonání všech procesů dosahovala hodnoty 29 %.

6.4 Analýza procesních časů výroby

6.4.1 Vstříkování

U procesu vstříkování byl procesní čas výstřiku vždy rozdílný. Cyklový čas se obvykle pohyboval v rozpětí mezi 74 až 77 vteřinami v závislosti na aktuálním znečištění formy. Časy byly získány přímým náměrem, kdy bylo každé 3 hodiny uskutečněno 5 měření časů, viz příloha P II. Průměrná hodnota byla vypočítána na 75,4 vteřin.

Jelikož se však v každém vstříkovacím procesu, z důvodu dvou kavit ve formě, vystříknou současně dva totožné kusy, byl stanoven procesní čas jednoho vystříknutého kusu na 37,7 vteřin.



Obr. 28 Robot Kuka vyndávající díly z formy na pohyblivý pás (vlastní zpracování)

Největším problémem vstříkování byl vysoký počet vyprodukovaných zmetků, který činil v průměru 18 %. Dalším velkým problémem vstříkování byla poruchovost vstříkovacího stroje, která byla 26 %. Každá porucha navíc zaměstnávala velký počet údržbářů, kteří nebyli tak flexibilní, jak by si situace vyžadovala.

Byl vytvořen vzorec pro výpočet, který udává, za jakou dobu je vstříkovací stroj schopen vyrobit maximální požadované množství 7500 kusů. Ve vzorci je obsažena nejvyšší možná objednávka a navýšení výroby o 29 % z důvodu celkového předvídaného počtu zmetků. Dále je ve vzorci zohledněno 26 % času pro neplánované poruchy stroje. Každých 8 hodin je také nezbytná 40 minutová plánovaná údržba formy, která je zakomponována do vzorce (6.3).

$$(C/T[\text{hod}] \times (\text{max počet dílů} \times 29\% \text{ odpad})) \times 26\% \text{ poruchovost} \quad (6.1)$$

Ze vzorce (6.1) je pro lepší porozumění ukázáno, co je počítáno v rovnici (6.2).

$$\left(\frac{75,4}{(60 \times 60 \times 2)} \times (7500 \times 1,29) \right) \times 1,26 = 127,67 \text{ hod} \cong 5,32 \text{ dní} \quad (6.2)$$

Z rovnice (6.2) lze vyvodit, že při potřebě 7500 kvalitních dílů bylo nezbytné navýšit počet dílů o 2175 na celkové množství 9675 kusů. Výroba takového počtu kusů by dle výpočtu zabrala 5,32 dní. Ve výpočtu (6.3) lze již započítat 40 minutovou údržbu každých 8 hodin ze 127,67 hodin. Což odpovídá 15 plánovaným údržbám formy.

$$127,67 + \left(15 \times \frac{40}{60} \right) = 137,66 \text{ hod} \cong 5,74 \text{ dní} \quad (6.3)$$

Z výpočtu (6.3) vyplývá, že pro dosažení maximální týdenní zakázky 7500 kusů je po započítání zmetků, poruchovosti i plánované údržby nutných 5,74 dní k uspokojení zákazníkovi objednávky. Jelikož je pracovní doba ve vybrané společnosti 7 dní v týdnu, 24 hodin denně ve 4 směnném provozu, měla by se stihnout nejvyšší možná objednávka vystříknout.

Pro určení doby trvání vystříknutí jediné plné palety s 288 díly, byl vytvořen vzorec (6.4).

$$\left(\frac{75,4}{(60 \times 60 \times 2)} \times (288 \times 1,18) \right) \times 1,26 = 4,48 \text{ hod} \quad (6.4)$$

Ze vzorce (6.4) bylo vypočítáno, že vystříknutí jedné palety s díly trvá 4 hodiny a 29 minut.

6.4.2 Proces ořezávání

Ořezávání je velmi individuální proces, jelikož díl může mít v šarži buď enormní množství přetoků, nebo naopak velmi málo přetoků. To velmi sťažuje stanovení procesního času ořezu. V rámci přímého měření byly vybrány různé šarže, které byly měřeny (viz Obr. 29).

Šarže	Průměr časů [s]
1	32,4
2	39,2
3	28,3
4	29,7
5	26,4
6	35,7
7	50,1
8	46,2
9	30,4
10	33,6
Průměr	35,2

Obr. 29 Naměřené časy
z různých šarží (vlastní
zpracování)

Nejkratší čas ořezu byl zaznamenán u šarže, která byla vystříknuta téměř bez přetoků. U té byl průměrný čas ořezu 26,4 vteřiny. Naopak u šarže s enormními přetoky byl naměřen čas ořezu jednoho dílu takřka dvojnásobný, než u šarže s minimálními přetoky. Celková průměrná doba potřebná k odstranění přetoků byla vypočítána na 35,2 vteřiny.

6.4.3 Montáž kovových kroužků

Osazení dílu kovovým kroužkem je nejrychlejším procesem ze všech uvedených. Časy byly získány přímým měřením s průměrnou hodnotou 21,6 vteřin (příloha P III). Z toho strojový čas, kde pracovník zmáčkl tlačítka a stroj vykonal vložení kroužku do otvoru, trval 6 vteřin. Zmetkovitost na tomto pracovišti byla zaznamenána 1%.

6.4.4 Leak test

Procesní čas testu těsnosti, jenž byl popsán v kapitole 6.2.4, se skládá ze strojového času, kdy přístroj kontroluje těsnost, a času práce operátora. Průměrný čas testu těsnosti na jeden díl byl z přímého měření zprůměrován na 73,8 vteřin (příloha P IV). Z toho byl strojový čas testeru roven 28 vteřinám. Zmetkovitost u testu těsnosti byla zaznamenána ve výši 8 %.

6.4.5 Výstupní kontrola

Proces výstupní 100% kontroly je velmi časově náročný, protože je nutné zkontrolovat, zda je díl zcela v pořádku, připraven k expedici zákazníkovi. Jestliže kontrola zjistí jakékoliv přetoky, musí je sama nožikem ořezat a zabrousit. To dělá z procesu kontroly z hlediska časové náročnosti velmi variabilní proces. Jestliže se na dílu nevyskytovaly žádné přetoky

a díl byl pouze zkontrolován, časová náročnost nebyla delší než 28 vteřin. Byly však případy, kdy byla kontrola nucena provádět delší ořezávání a smirkování dílu. Pak se kontrola jednoho dílu pohybovala kolem 35 vteřin. Průměr času kontroly dílu výstupní kontrolou byl z přímého měření vypočítán na 30,4 vteřin viz příloha P V. Zmetkovitost u procesu výstupní kontroly byla stanovena na 2 %.

6.4.6 Balení

Finálním procesem je balení, kdy pracovník ovine celou paletu dílů smršťovací fólií. Balícím předpisem bylo určeno, že bude v paletě vždy 288 dílů. Proto bylo nutné naměřený čas 5,2 minut vydělit počtem kusů v paletě.

$$\frac{5,2 \times 60}{288} = 1,08 \text{ sec} \quad (6.5)$$

Zabalení 1 kusu dílu tedy zabralo teoreticky jen 1,08 vteřiny.

6.5 Procesní analýza toku produktu

Jak bylo popsáno v kapitole 1.4, procesní analýza slouží k zanalyzování vykonaných procesů při tvorbě výrobku. U dílu AW byla zásluhou procesní analýzy zjištěna doba trvání výroby jednoho dílu v celkové výši 199,8 vteřin. Celková doba čekání, kdy díly čekaly na naplnění palety a převoz na následující pracoviště či doba dílu stráveného ve skladu, byla naměřena 1161,6 minut, což odpovídá 19,36 hodinám. Čekání bylo primárně způsobeno tím, že podle mezioperačního balícího předpisu se na jedné převážené paletě nachází vždy 12 beden s díly. Bedny obsahují celkem 288 dílů. Proto paleta čeká dlouhou dobu na naplnění a následné převezení na další pracoviště.

Vzdálenost, kterou díl urazil mezi všemi operacemi, byla téměř 180 metrů. To především z důvodu dlouhých vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti a neefektivním rozmístěním po sobě jdoucích stanovišť. Celkově docházelo mezi procesy k šesti manipulacím. Počet operátorů, jenž vykonávali jednotlivé operace byl 6 pracovníků, což odpovídá 5 operacím a jedné výstupní 100% kontrole.

Proces	operace	transport	kontrola	skladování	čekání	doba trvání (s/ks)	doba čekání (min)	vzdálenost (m)	počet operátorů
Lisování	○					37,7			1
Naplnění palety					⊂		269,1		x
Manipulace		➡						39,5	x
Ořezávání	○					35,2			1
Naplnění palety					⊂		168,4		x
Manipulace		➡						17,0	x
Montáž kroužku	○					21,6			1
Naplnění palety					⊂		104,4		x
Manipulace		➡						43,0	x
Leak test	○					73,8			1
Naplnění palety					⊂		381,3		x
Manipulace		➡						28,5	x
100% kontrola			◇			30,4			1
Naplnění palety					⊂		148,5		x
Manipulace		➡						30,5	x
Balení	○					1,1			1
Manipulace		➡						21,0	x
Skladování				△			90,0		x
Celkem	5	6	1	1	5	199,8	1161,6	179,5	6

Obr. 30 Procesní analýza (vlastní zpracování)

Z procesní analýzy bylo identifikováno, že úzké místo celého procesu výroby dílu byl test těsnosti. Ten trval celých 73,8 vteřin, což byl skoro dvojnásobný čas, než u procesu vstříkování. Proto bylo vypočítáno maximální množství dílů, jež mohlo být otestováno na těsnost za jeden týden.

$$\left(\frac{\text{časový fond [s]}}{C/T [s]} \right) \times 8\% \text{ scrap} \quad (6.6)$$

Po dosazení:

$$\left(\frac{7 \times 24 \times 60 \times 60}{73,8} \right) \times 0,92 = 7\,539 \text{ ks} \quad (6.7)$$

Z rovnice (6.7) vyplývá, že maximální počet kusů, jenž byl schopen test těsnosti za týden otestovat, se rovnal 7539 kusům. To znamená, že větší objednávku jak 7539 dílů nemohla vybraná společnost přijmout.

6.6 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram je v českém výrazu Špagetový diagram, jenž se primárně zabývá pohybem operátora po svém pracovišti, hale či montáži. V příloze P VI byl zvolen diagram zabývající se pohybem manipulanta, jenž převážel polotovary výrobku po montáži. V diagramu byl zaznačen manipulantův pohyb pouze s polotovary AW.

Jak lze ze špagetového diagramu vyvodit, manipulant se pohyboval s paletovým vozíkem po celé montážní hale, přičemž rozmístění pracovišť po hale bylo daleko od sebe. Z toho plyne, že operace nutné k vytvoření dílu AW nebyly optimálně uspořádány pro flexibilní výrobu.

Z diagramu lze jasně vidět, kde se nacházelo úzké místo celého procesu výroby dílu AW. Zatímco ze vstřikovacího stroje na ořez i montáž kroužků bylo za 24 hodin převezeno 5 plných palet dílů, po leak testu byly na výstupní kontrolu převezeny palety pouze 3. Bylo to způsobeno takřka dvojnásobným procesním časem testu těsnosti, než u všech ostatních procesů, viz Obr. 30 procesní analýza. Proto byl manipulant nucen přebytečné 2 palety s díly vozit do skladu, jak je v diagramu naznačeno růžovou barvou. Problém by mohl nastat v případě, že se ve skladě nahromadí příliš mnoho palet s výrobky a zákazník bude požadovat změnu dílu. To by mělo za následek vyvolané jednání o odkupu předvyrobeného množství.

6.7 Value Stream Mapping

Mapa hodnotového toku slouží ke zjištění indexu přidané hodnoty, rozdělení procesů na přidávající, nebo nepřidávající hodnotu a redukci plýtvání v procesech.

6.7.1 Zmapování současného stavu

Cílem bylo zmapovat tok výroby od vstřikování, až po distribuci hotových dílů zákazníkovi. U tvorby diagramu bylo postupováno proti směru toku hodnot, kde byly zaznamenány materiálové a informační toky, časy jednotlivých operací či velikost zásob mezi oddělenými pracovišti. Dále byly analyzovány všechny druhy plýtvání, které v procesech nastaly. Vypracovaná mapa hodnotového toku je uvedena v příloze P VII.

6.7.2 Informační toky

Tok informací je bezesporu velmi důležitou součástí výroby v každé firmě. Data s týdenními požadavky zákazníků jsou prostřednictvím EDI zaslány dodavatelům. Dodava-

telé mohou data automaticky překlopit do svých ERP systémů nebo s nimi dále pracovat v EDI. Ve vybrané společnosti jsou data automaticky překlopeny do firemního ERP systému s názvem Dialog, ve kterém je plánována veškerá výroba.

Na jednotlivé procesy dohlíží mistři. Proto jsou v diagramu naznačeny brýle, značící Go See, neboli dohlížení na proces skrz fyzickou osobu, tedy mistry. Ti mají k dispozici informace o denním plánu, který je nutno plnit. Proto mohou dohlížet a operativně upravovat operace tak, aby byl plán splněn.

6.7.3 Materiálové toky

Požadavek zákazníka činil maximální možnou objednávku 7500 kusů. Ve firmě je pracovní doba 7 dní v týdnu, 24 hodin denně ve 4 směnném provozu. Denní požadavek byl tedy vyčíslen na výrobu 1072 kusů denně. Z údajů lze tedy vypočítat zákaznický takt.

$$\frac{24 \times 60 \times 60}{1072} = 80,6 \text{ sec} \cong 1,34 \text{ min} \quad (6.8)$$

Ve vzorci výše byl vypočítán zákaznický takt 80,6 vteřin, tedy 1,34 min. Z toho vyplývá, že jestliže by kterýkoliv čas procesu přesáhl hodnotu 80,6 vteřin, nebylo by již možné díly vyrobit a dodat zákazníkovi včas.

Týdenní požadavek: 7500 ks
Počet dní v týdnu: 7
Denní požadavek: 1072 ks
Takt zákazníka: 1,34 min

Obr. 31 Zákaznický takt
(vlastní zpracování)

Vytvořená mapa současného stavu poskytovala informace o každém procesu, které byly:

- Cyklový čas (C/T).
- Čas přetypování (C/O).
- Procentuální dostupnost přístroje (uptime).
- Časová dostupnost operátora za den (availability).
- Počet směn (shifts).

Jednou z nejdůležitějších informací je cyklový čas, což je standardizovaný čas potřebný pro vykonání operací. Z něj lze vypočítat maximální průtok v jednotlivých operacích. Cyklový čas u vstřikování byl určen na 75,4 vteřin, což byl nejdelší cyklový čas ze všech operací. Avšak díky formě s dvěma kavitami byly zároveň vyrobeny dva totožné díly. Nejdelší cyklový čas na montážní hale byl naměřen na pracovišti testu těsnosti, a to 73,8 vteřin.

Čas přetypování je doba přeměny formy u vstřikovacího stroje či přípravku u montážního zařízení. V případě výroby dílu AW nebylo potřeba přetypovat žádné zařízení, čímž vznikl nulový čas přetypování.

Dostupnost, tzv. uptime, udává procentuální využití stroje. V případě vstřikovacího stroje byla dostupnost vypočítána na pouhých 65,7 % (Obr. 32). Využití bylo snižováno plánovanými údržbami formy a mikrostopy. Tyto krátké poruchy byly nejčastější zapříčiněny:

- V 10 % - při robotickém zakládání mosazné vložky dojde při zavírání stroje k posunu této vložky a jejímu špatnému obstříknutí polymerem. To je způsobeno slabou nebo již opotřebovanou fixací mosazné vložky na trnu.
- V 5 % - změnou polohy jader držící zálisky popřípadě posunem čidel určujících jejich polohu.
- V 85 % - nesplnění tolerančních podmínek jednotlivých parametrů vstřikování jako jsou například doba plastifikace, čas vstřiku aj. Problém je dán špatnými zpracovatelskými podmínkami specifického granulátu.

C/T = 75,4 sec
C/O = 0
Uptime = 65,7%
43 200 sec. avail.
2 shifts

Obr. 32 Informace o vstřikování (vlastní zpracování)

Časová dostupnost operátora udává, kolik vteřin je pracovník schopen za celou směnu pracovat na vstřikovacím či montážním stroji. Je tedy závislá na tom, kolik má operátor přestávek, či kolikrát svou nepřítomností způsobuje prodlevu ve výrobě. Ve firmě byla přítomna vždy denní i noční 12hodinová směna, přičemž byl pracovník při přestávce nahra-

zen operátorem z jiného, méně vytíženého pracoviště. Z toho byla vypočítána časová dostupnost operátora 43200 vteřin.

V mapě bylo dále zaznačeno, že po každé operaci bylo nutné čekat na naplnění palety 288 díly (Obr. 33). Celkové čekání na naplnění palety bylo vyčísleno na 1071,7 minut.



Obr. 33 Paleta s díly
(vlastní zpracování)

6.7.4 Index přidané hodnoty

Přidávající hodnoty (VA) jsou ty činnosti, jež mění či přidávají výrobku hodnotu. Dále jsou to činnosti nezbytné pro dodání produktu dle zákaznickova přání, či úkon, který zákazník přímo vyžaduje.

Z mapy hodnotového toku vyplynulo, že přidaná hodnota v procesu vzniká u operací:

- Vstříkování.
- Montáží kroužku.
- Testu těsnosti (leak test).
- Balení.

Celková přidaná hodnota u uvedených operací nabývá velikosti 134,2 vteřin. Test těsnosti byl zařazen mezi přidanou hodnotu, jelikož zákazník přímo uvedl požadavek na vykonání testu u každého vyexpedovaného dílu. Z čehož vyplývá, že je zákazník ochoten za tento proces i zaplatit.

Naopak u nepřidávající hodnoty (NVA) se nevytváří žádná přidaná hodnota pro produkt. Tím může být například čekání, manipulace či kontrola.

Nepřidávající hodnotu ve sledovaném procesu lze ještě dělit na IWR a IWA. Zkratka IWR značí práci, která přímo nepřidává výrobku hodnotu, ale je nezbytně nutná pro správné vlastnosti či funkci dílu. Naopak zkratka IWA udává činnost, které se lze vyhnout bez vlivu na změnu vlastnosti či funkci dílu.

Nepřidávající hodnota IWR byla identifikována u:

- Ořezávání dílů.
- 100% kontrola.

Ačkoliv ořezávání dílů i 100% kontrola je nezbytnou operací, bez které by nebylo možné díl expedovat zákazníkovi, výrobku není přidávána hodnota, kterou by byl ochotný zákazník zaplatit. Zákazníka nezajímá, že při výrobě dílu vzniká přetok. Očekává kvalitně vyrobený díl bez přetoků.

Nepřidávající hodnota IWA byla identifikována u:

- Čekání na naplnění palet díly.
- Skladování dílů.

Zákazník není ochoten zaplatit za dobu, kdy díly čekají na naplnění a dobu skladování dílů. Jelikož čekání na naplnění palet díly se nachází po každé operaci, je četnost nepřidávajících hodnot velmi vysoká. Celkově dosahuje velikosti 1162,8 minut, což odpovídá 19,38 hodin.

6.7.4.1 Průběžná doba výroby

Průběžná doba výroby je vypočítána sumou přidávající hodnoty (VA) a nepřidávající hodnoty (NVA).

$$PDV = 134,2 + 69\,768 = 69\,902,2 \text{ sec} \quad (6.9)$$

6.7.4.2 Index přidané hodnoty

VA index byl vypočítán jako podíl přidané hodnoty VA a průběžné doby výroby PDV, viz vzorec (6.10).

$$VA \text{ index} = \frac{134,2}{69\,902,2} = 0,0019198 \cong 0,19 \% \quad (6.10)$$

Index přidané hodnoty byl při mapování současného stavu vypočítán na 0,19 % viz Obr. 34

VA = 134,2 sec
NVA = 69 768 sec
PDV = 69 902,2 sec
VA index = 0,19 %

Obr. 34 VA index
(vlastní zpracování)

6.8 Value Stream Design

Po zmapování současného stavu hodnotového toku uvedeného v kapitole 6.7 byl vytvořen návrh mapy hodnot, který je uvedena v příloze P VIII. Byly zde navrženy změny, které by zkrátily materiálové toky, eliminovaly plýtvání a zefektivnily výrobu.

6.8.1 Návrh mapy hodnot

Nejvýznamnější změna byla navržena v montážní hale, kde bylo nutné eliminovat úkony nepřidávající hodnotu. To se nejvíce týkalo čekání na naplnění palety díly. Jestliže by se čekání zcela eliminovalo one-piece-flow řešením, odstranilo by se 654,1 minut nepřidávající hodnoty, což je 39 246 vteřin. To odpovídá 56,25 % celkové doby NVA.

V případě aplikace one-piece-flow by bylo potřeba vytvořit pojistnou zásobu před montážní halou. Důvod by byla hrozba odstávky či poruchy vstřikovacího stroje, tím i zastavení činnosti na všech procesech na montážní hale.

Dále bylo navrženo vytvoření identické vstřikovací formy, která by dvojnásobně navýšila počet vyráběných dílů. Alternativou by bylo navýšení dostupnosti vstřikovacího stroje eliminací odstávek způsobených překročením doby cyklu. To je dáno špatnými zpracovatelskými podmínkami granulátu.

Další tzv. kaizen blitz se týká zmenšení úzkého místa u operace testu těsnosti. Vznikla by potřeba investice do nového, výkonnějšího měřícího zařízení, jenž by zvládl otestovat více dílů, a tím i zmenšit či zcela eliminovat úzké místo leak testu. Odstraněním úzkého místa z testu těsnosti by se mohla, za předpokladu dostatečného množství vyráběných dílů, navýšit celková výrobní kapacita až o 100 %.

Jestliže by veškeré návrhy popsané výše byly uskutečněny, index přidané hodnoty by se zvýšil z 0,19 % na 0,43 %. Tomu odpovídá navýšení o 126 % oproti výchozímu stavu hodnotové mapy.

VA = 97,3 sec
NVA = 22 452 sec
PDV = 22 549,3 sec
VA index = 0,43%

Obr. 35 VA index u VSD
(vlastní zpracování)

Na obrázku (Obr. 35) lze vidět, že v návrhu hodnotové mapy by přidávající hodnota odpovídala 97,3 vteřin a nepřidávající hodnota byla snížena na 22 452 vteřin.

6.9 Zjištěné nedostatky zákaznickým auditem

Zákaznický audit bude pro firmu vždy velmi důležitý jak z hlediska pohledu zákazníka na výrobu, tak i zpětné vazby, kterou zákazník poskytuje. Audit může také pomoci odbourat „slepotu“, kterou firmy obvykle trpí. Jestliže výsledky auditu dopadnou špatně a nenastane náprava, může to vyvrcholit i k nespokojenosti či ztrátě zákazníka. Proto je vždy velmi důležité snažit se o nápravu výtek auditora.

Po několika zákaznických auditech na pracoviště výrobku AW byly vytknuty následující body:

- Dlouhé materiálové toky, kdy se díl po každé operaci přesunuje po hale.
- Neuspořádané a neudržované pracoviště.
- Zastaralá a pomalá kontrola testu těsnosti.
- Neexistence pojistné zásoby.
- Absence výkonových norem.
- Požadavek na snížení reklamací zavedením poka-yoke na montáži a leak testu.

Dále byl zákazníkem vyjádřen požadavek na zvýšení výrobní kapacity, neboť měl v plánu v blízké budoucnosti navýšit poptávku těchto dílů.

Výsledky zákaznického auditu nebyly firmou brány na lehkou váhu. Naopak byly velmi důležitými podněty pro nápravu.

6.10 Shrnutí analytické části

V analytické části bylo vypracováno hned několik analýz, které byly důležité jak pro získání informací o současném stavu výrobního procesu, tak i klíčové pro projektovou část diplomové práce.

Byly použity analýzy:

- Paretova analýza.
- Vývojový diagram.
- Přímé měření.
- Procesní analýza.
- Spaghetti diagram.
- Value Stream Mapping.
- Value Stream Design.

V analytické části byla nejprve provedena paretova analýza. Ta za pomoci analýzy zisku z prodaných výrobků určila, na jaký výrobek a pracoviště je nutno se zaměřit a dále jej analyzovat.

Následně byly za pomoci vývojového diagramu znázorněny jednotlivé procesy a postup při rozhodování o kvalitativní způsobilosti výrobku. Byl detailně popsán postup při výrobě, popis jednotlivých pracovišť a činností, jež se při výrobě vykonávají.

Z procesní analýzy byly nejprve definovány všechny operace potřebné k expedování hotového dílu k zákazníkovi. Byly stanoveny doby trvání operací při výrobě jednoho kusu. Bylo identifikováno úzké místo při výrobě dílu a doby čekání na naplnění palet díly. Dále byla naměřena vzdálenost, kterou byl manipulát nucen absolvovat a počet operátorů nezbytných k vykonávání všech procesů.

Ve Spaghetti diagramu byla zaznačena veškerá trasa manipulanta se sledovaným dílem. Z diagramu bylo odhaleno, že layout montážní haly je zcela nevyhovující z hlediska vzdálenosti pracovišť a frekvencí převážení dílu po hale.

Z mapy hodnotového toku byly zaznačeny informační a materiálové toky. Byly určeny procesy, které přidávají i nepřidávají hodnotu a vypočítán VA index, který byl pouze 0,19 %. Dále bylo zjištěno velké množství čekajících dílů na naplnění palety a malá dostupnost vstřikovacího stroje.

Návrh hodnotového toku ve formě kaizen blitz přinesl množství nápadů na zefektivnění procesů, eliminaci nepřidávající hodnoty, zkrácení průběžné doby výroby a materiálových toků. Návrhem bylo docíleno zvýšení VA indexu z původních 0,19 % na 0,43 %, což odpovídá zvýšení VA indexu o 126 %.

Ze všech analýz a zákaznických auditů byly odhaleny následující problémy, nedostatky, plýtvání či neefektivní výroba:

- Jednotlivé pracoviště jsou vzdáleny daleko od sebe, čímž byl vyžadován vysoký počet manipulací. Z toho plyne i dlouhé čekání na naplnění palety díly, které byly manipulanty převáženy.
- Bylo identifikováno úzké místo u operace testu těsnosti. Test měl cyklový čas o 242 % delší, než předchozí pracoviště. To způsobovalo problém s hromaděním dílů, které byly potřeba dočasně převážet do skladu.
- Bylo zjištěno velmi nízké využití (65,7 %) vstřikovacího stroje, z důvodu údržby formy i neplánovaných odstávek, které vznikaly nejčastěji překročením doby cyklu.
- Zákaznickým auditem byla odhalena neuspořádaná, neudržovaná a neuklizená pracoviště na montážní hale. Dále neexistence pojistné zásoby dílů, jež zákazník vyžaduje a absence časových norem u montážního pracoviště a testu těsnosti.
- Zákazník měl dále požadavek na zavedení poka-yoke u montáže i leak testu. A v neposlední řadě bylo zákazníkem požadováno navýšení maximální výrobní kapacity.

Možná řešení byly již navrženy v kapitole 6.8 s názvem Value Stream Design, u kterého byl návrh mapy hodnot umístěn do přílohy P VIII.

Výše zmíněné výsledky analýz i výtky zákaznických auditů byly poskytnuty top managementu společnosti, který rozhodl o vypracování projektového návrhu zavedení metod štíhlé výroby ve výrobním procesu.

7 PROJEKTOVÁ ČÁST

7.1 Popis projektu

Projekt byl popsán formou projektového listu, který lze vidět na Obr. 36.

Strategická oblast	výroba	
Cíl projektu	návrh zavedení metod štíhlé výroby	
Členové týmu	Bc. Michal Krajíček - autor diplomové práce Ing. Pavlína Pivodová, Ph.D. - vedoucí diplomové práce technolog procesní inženýr průmyslový inženýr údržba	mistr na montážní hale inženýr kvality seřizovač operátor
Časový plán	<i>Začátek</i> 7/2015	<i>Konec</i> 7/2016
Co není předmětem projektu	realizace technologických změn na vstřikovacím stroji zmetkovitost	
Proces	výroba	
Sponzor projektu	výkonný ředitel firmy	
Vlastník projektu	manažer vstřikovny	
Vedoucí projektu	manažer kaizen aktivity	
Dosažitelné přínosy	Vyčíslitelné zkrácení doby výroby o 50 % zkrácení materiálového toku o 40 % zvýšení VA indexu o 100 %	Nevyčíslitelné spokojenost auditorů spokojenost zákazníka
Předpokládané náklady a investice	Vyčíslitelné investice do technologie 350 000 Kč mzdové náklady 100 000 Kč	Nevyčíslitelné
Hlavní a kontrolní metriky	Hlavní doba výroby	Kontrolní

Milníky projektu	11/2015	vyhodnocení analýz
	12/2015	realizace nápravných opatření
	2/2016	schválení návrhu štíhlé výroby
	6/2016	realizace návrhu štíhlé výroby
Nástroje a metody	paretova analýza	přímé měření
	vývojový diagram	procesní analýza
	spaghetti diagram	value stream mapping
	value stream design	

Obr. 36 Projektový list (vlastní zpracování)

7.1.1 Cíle projektu

Cíle projektu byly stanoveny metodikou SMART. Jedná se o metodu stanovení cílů pomocí pěti aspektů. Cíl musí být specifický, měřitelný, akceptovaný, realistický a časově definovatelný.

- **S:** Cílem projektu je návrh zavedení metod štíhlé výroby, jako je tok jednoho kusu, štíhlé pracoviště ve formě U-buňky, standard čistého pracoviště či systém prevence vad poka-yoke. Cíl bude naplněn v případě, dojde-li ke zkrácení průběžné doby výroby.
- **M:** Měřitelnost cíle je vymezena procentuálním zkrácením průběžné doby výroby o 50 % a materiálového toku o 40 %.
- **A:** Cíl byl akceptován managementem společnosti na základě zpracovaných podkladů projektovým týmem.
- **R:** Pomocí návrhu metod štíhlé výroby dojde ke zkrácení průběžné doby výroby a materiálového toku.
- **T:** Doba naplnění cíle projektu byla vymezena na 13 měsíců od zadání projektu. Ukončení projektu je naplánováno na červenec roku 2016.

7.1.2 Projektový tým

Zadavatel projektu:

- manažer vstříkovny

Vedoucí projektu:

- manažer kaizen aktivity

Členové týmu:

- Bc. Michal Krajíček – autor diplomové práce
- Ing. Pavlína Pivodová, Ph.D. – vedoucí diplomové práce
- technolog
- procesní inženýr
- průmyslový inženýr
- mistr na montážní hale
- inženýr kvality
- seřizovač
- údržba
- operátor

7.2 Riziková analýza

Riziková analýza slouží k identifikaci hrozeb při plánování projektu. V rizikové analýze zpracované metodou RIPRAN bylo identifikováno 5 potenciálních hrozeb projektu. Ty byly doplněny o scénáře dopadu projektu. Následně byla určena pravděpodobnost výskytu hrozby a dopad hrozby na projekt viz Obr. 37.

	Hrozba	P-st hrozby	Scénář	P-st scénáře	Poznámky	Celková p-st	Celková p-st	Dopad na projekt	Hodnota rizika
1	Nedostatek místa na montážní hale.	30 %	Ukončení projektu.	60 %	V hale ve které se díl montuje není dostatek místa pro změnu layoutu.	18 %	NP	VD	SHR
2	Odkládání realizace projektu.	70 %	Zpoždění projektu.	90 %	Z důvodu obrovského vytížení montáže se bude dlouhou dobu čekat na odstávku a realizaci projektu.	63 %	VP	SD	VHR
3	Propuštění klíčového člena projektového týmu.	60 %	Ukončení projektu.	10 %	Projektový tým přijde o klíčového člena s know-how. Proto zbytek týmu nebude moci projekt dokončit.	6 %	NP	SD	NHR
			Odložení projektu.	30 %		18 %	NP	SD	NHR
4	Překročení plánovaného finančního rozpočtu.	40 %	Ukončení projektu.	50 %	V případě překročení schváleného finančního rozpočtu hrozí, že firma nebude ochotna navýšení akceptovat.	20 %	SP	VD	VHR
			Odložení projektu.	80 %		32 %	SP	VD	VHR
5	Ukončení výroby daného výrobku.	20 %	Ukončení projektu.	100 %	Výroba vozu, pro který je díl určen skončí nebo zákazník přejde na konkurenčního dodavatele.	20 %	SP	VD	VHR

Obr. 37 Ripran analýza (vlastní zpracování)

Dále byla vazební tabulkou přiřazena hodnota rizika, buď vysoká, střední či nízká. Vazební tabulka pro přiřazení hodnoty rizika je znázorněna na Obr. 38

Dopad	Malý	Střední	Velký
Pravděpodobnost			
Nízká		3	1
Střední			4 ; 5
Vysoká		2	

Vysoká hodnota rizika (VHR)

Střední hodnota rizika (SHR)

Nízká hodnota rizika (NHR)

Obr. 38 Vazební tabulka pro přiřazení hodnoty rizika (vlastní zpracování)

Na Obr. 38 lze vidět, že vysoká hodnota rizika je u hrozby 2, 4 a 5. Těmi jsou odkládání realizace projektu, překročení plánovaného finančního rozpočtu a ukončení výroby daného výrobku.

Po identifikování hodnot rizika bylo navrženo preventivní opatření ke snížení hrozeb s vysokou hodnotou rizika. U střední hodnoty rizika bylo vypracováno opatření v případě, že se hrozba uskuteční a u nízké hodnoty rizika bylo riziko akceptováno viz Obr. 39.

	Hrozba	Opatření
1	Nedostatek místa na montážní hale.	Změna layoutu na celé montážní hale v případě výskytu hrozby.
2	Odkládání realizace projektu.	Plánovaná předvýroba objednaného počtu dílů.
3	Propuštění klíčového člena projektového týmu.	Akceptace rizika.
4	Překročení plánovaného finančního rozpočtu	Detailní analýza potřebné investice s předběžnou kalkulací ceny plánovaného vybavení.
5	Ukončení výroby daného výrobku.	Vysokou spokojeností zákazníka a kladným hodnocením auditů nedat zákazníkovi záminku ke změně dodavatele.

Obr. 39 Návrh opatření ke snížení hodnoty rizika (vlastní zpracování)

U vysoké hodnoty rizika při odkládání realizace projektu bylo navrženo opatření ve formě plánované předvýroby objednaného počtu dílů. Preventivním opatřením hrozby překročení finančního rozpočtu byla detailní analýza nebytné investice s kalkulací ceny plánovaného vybavení. U vysoké hodnoty rizika ukončení výroby dílu bylo navrženo opatření, které vyplývá ze spokojenosti zákazníka a kladných hodnocení auditů, čímž by se snížila hrozba změny dodavatele.

7.3 Harmonogram projektu

Aktivita	Harmonogram (měsíc/rok)												
	7/15	8/15	9/15	10/15	11/15	12/15	1/16	2/16	3/16	4/16	5/16	6/16	7/16
Zadání projektu	■												
Analýza současného stavu	■	■	■										
Vyhodnocení provedených analýz			■	■	■								
Realizace nápravných opatření vyžadující audit a zákazník					■	■							
Vypracování návrhu štihlé výroby						■	■	■					
Schválení návrhu managementem včetně uvolnění fin. prostředků							■	■					
Příprava pro realizaci štihlé výroby							■	■	■				
Realizace návrhu štihlé výroby									■	■	■		
Proškolení zaměstnanců										■	■		
Prezentace výsledků zavedení štihlé výroby a ukončení projektu													■

Obr. 40 Harmonogram projektu (vlastní zpracování)

Pro zobrazení časového plánu projektu byl vypracován harmonogram, který je zobrazen na Obr. 40. Projekt byl zahájen v červenci roku 2015 zadáním projektu manažerem vstříkovny. Dále byly vypracovány analýzy a realizovány nápravné opatření pro splnění požadavků auditů. V únoru 2016 byl návrh projektu schválen včetně uvolnění finančních prostředků. Od dubna 2016 je naplánována realizace návrhu štihlé výroby.

Ukončení projektu je naplánováno na červenec roku 2016. Délka projektu je tedy rozvrhnutá na 13 měsíců, kdy poslední aktivitou bude prezentace výsledků před managementem.

7.4 Logický rámec

Logický rámec je metodika projektového řízení, která řeší strategické plánování, přípravu, návrh, realizaci a vyhodnocení projektu. Vypracovaný logický rámec je uveden v příloze P IX.

7.5 SWOT analýza

SWOT analýza určuje jak silné i slabé stránky projektu, tak i příležitosti a hrozby. Krite-
riální SWOT analýza byla vypracována na Obr. 41.

		POZITIVNÍ		NEGATIVNÍ	
INTERNÍ PROSTŘEDÍ	Silné stránky	%	Slabé stránky	%	
	Zavedení one-piece-flow a poka-yoke	25	Překročení plánovaného finančního rozpočtu	25	
	Zkrácení materiálových toků	20	Zastavení výroby z důvodu poruchy stroje	20	
	Eliminace úzkého místa	20	Zvyk operátorů na nový layout	15	
	Zefektivnění procesu výroby	10	Špatný návrh materiálových toků	13	
	Spokojenost zákazníka	10	Časová náročnost realizace	10	
	Snižování počtu manipulací	5	Nedostatečné proškolení operátorů	7	
	Standardizované pracoviště	5	Změna politiky ve firmě	5	
	Vytvoření pojistné zásoby	5	Změna postoje managementu ke změnám	5	
EXTERNÍ PROSTŘEDÍ	Příležitosti	%	Hrozby	%	
	Bezproblémové audity	25	Porucha v poli způsobící zastavení projektu	20	
	Zvýšení spokojenosti zákazníka	25	Zákazník odstoupí od smlouvy	20	
	Zlepšení konkurenceschopnosti	22	Přestavba se dlouhodobě neosvědčí	15	
	Získání nového zákazníka	12	Zákazník neakceptuje změny	15	
	Snižování ceny	8	Ukončení výroby	15	
	Zvýšení mezinárodní expanze	5	Nová legislativa	10	
	Zvýšení povědomí lidí o firmě	3	Finanční krize	5	

Obr. 41 SWOT analýza projektu (vlastní zpracování)

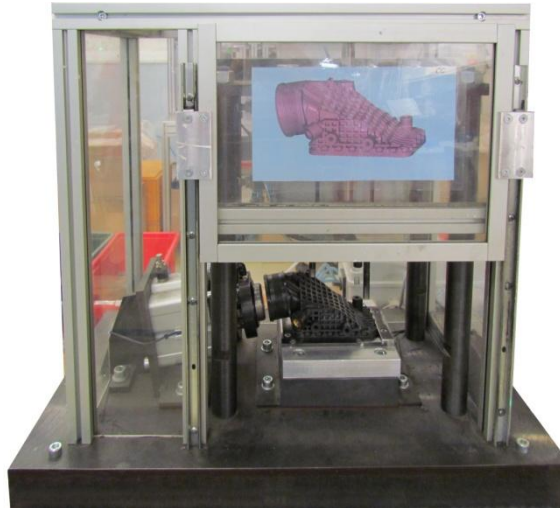
Na Obr. 41 lze vidět, že v interním prostředí bylo nejsilnější stránkou zvoleno zavedení one-piece-flow výroby a realizace poka-yoke. Největší slabou stránkou bylo překročení plánovaného finančního rozpočtu. V externím prostředí byly jako největší příležitosti stanoveny bezproblémové audity a zvýšení spokojenosti zákazníka. Největší hrozbou byla vyhodnocena porucha v poli způsobící zastavení projektu, takovou poruchou může například být opožděné zjištění fatálního konstrukčního či materiálového nedostatku, který způsobí stažení všech vyprodukovaných výrobků.

7.6 Návrh aplikace metod štíhlé výroby

Na základě vyhodnocení všech vytvořených analýz, výsledků zákaznických auditů a požadavků zákazníka, které byly shrnuty v analytické části kapitoly 6, byl vypracován návrh zavedení metod štíhlé výroby.

7.6.1 Zvýšení průtoku testem těsnosti

Z procesní analýzy, uvedené v kapitole 6.5, bylo identifikováno úzké místo na pracovišti testování těsnosti. Proto bylo projektovým týmem navrženo řešení pro zvýšení průtoku úzkým místem zakoupením nového měřicího přístroje a in-house výrobou dvou fixačních zařízení. Fixační zařízení upevňuje a zatěsňuje díl plně automaticky. Pracovník pouze vloží díl do zařízení a zmáčkne tlačítko start. Fixační zařízení automaticky zavře mechanickou závoru, přitiskne díl na gumovou podložku a přiloží do nátrubku tlakovou hubici. Fixační zařízení lze vidět na Obr. 42.



Obr. 42 Fixační zařízení (vlastní zpracování)

K nově vyrobeným fixačním zařízením bylo potřeba zakoupit měřící a vyhodnocovací zařízení „Innomatec LTC 702“, které dokáže měřit řadu ukazatelů, jako jsou velikost tlaku, pokles tlaku v čase, či míru trhlin ve zkoušeném dílu.



Obr. 43 Měřící zařízení (vlastní zpracování)

Na Obr. 43 lze vidět výše zmíněný vyhodnocovací přístroj Innomatec. Na obrázku si lze také povšimnout, že přístroj vyhodnotil jeden z dílů jako nekvalitní. Tento díl nesplnil zkoušku těsnosti, jelikož tlak v dílu poklesl o 247 Pa, přičemž přípustná hodnota poklesu tlaku je pouze 120 Pa. Tímto měřícím přístrojem byla zaručena velmi přesná kontrola těsnosti dílu.

Měřící přístroj bohužel není schopen vyhodnocovat údaje z obou fixačních zařízení najednou. Proto bylo nutné, aby bylo druhé fixační zařízení spuštěno až ve chvíli, kdy měřící přístroj vyhodnotí výsledky testu z prvního zařízení.

V reálné situaci to znamenalo, že byl na pracovišti pouze jeden operátor, který si vždy v době strojového času průběhu testu připravil další díl. Připravený díl operátor vložil do volného fixačního zařízení a čekal na vyhodnocení měřeného dílu přístrojem Innomatec. V okamžiku posouzení těsnosti dílu operátor zmáčkl tlačítko start a tím spustil nový test dílů v druhém fixačním zařízení. Klíčová zde byla plná vytíženost měřícího přístroje Innomatec užitím dvou fixačních zařízení.

Zakoupením nového měřícího zařízení a výrobou dvou fixačních zařízení bylo u procesu testu těsnosti dosaženo snížení cyklového času na pouhých 30,9 vteřin. To je z původních 73,8 vteřin snížení o 42,9 vteřin. V rovnici (7.1) bylo vypočítáno maximální množství otestovaných dílů za týden.

$$\left(\frac{7 \times 24 \times 60 \times 60}{30,9}\right) \times 0,92 = 18\,006 \text{ ks} \quad (7.1)$$

Maximální počet otestovaných dílů byl vypočítán na 18006 kusů. To je navýšení oproti výchozímu stavu o 10467 kusů. To odpovídá zvýšení průtoku úzkým místem o **139 %**.

Snížením cyklového času testu těsnosti došlo na montážní hale k přesunu úzkého místa na proces ořezávání. Na Obr. 29 lze vidět, že 60 % naměřených šarží přesáhlo dobu ořezu 30,9 vteřin. Z toho důvodu bylo ořezávání u polotovarů s velkými přetoky, kde doba ořezu přesáhla 30,9 vteřin, posíleno druhým pracovníkem. Tím byla eliminována hrozba přesunu úzkého místa na pracoviště ořezávání.

7.6.2 Dopravník s poka-yoke a red box

Za pomoci projektového týmu jsem vytvořil návrh dopravníkového systému. Ten je nezbytný k odstranění dávkové výroby pomocí realizace návrhu štihlé výroby se zavedením one-piece-flow, tedy tokem jednoho kusu. Bez existence dopravníků by nebyl tok jednoho kusu uskutečnitelný. Dopravníkový systém byl vytvořen mezi pracovišti:

- ořezávání a montáž kroužku,
- montáž kroužku a testem těsnosti,
- testem těsnosti a 100% kontrolou.

Dopravník byl navržen bez aktivního pohonu. Posun dílu po dopravníku zajišťuje gravitační síla Země. V návrhu je plocha dopravníku pokryta plastovými kolečky, po kterých je díl díky sklonu posouván. Plastový materiál otočných koleček byl zvolen proto, aby nedocházelo k poškození křehkého dílu při pokládání na dopravník. Sklon plochy byl navržen

výškově nastavitelný z důvodu rychlosti přemístění dílu. Je nezbytné vyladit rychlost přemístění dílu tak, aby byla dostatečně vysoká a nezpomalovala následující pracoviště, ale zároveň tak nízká, aby nehrozilo poškození dílu při zastavení o doraz dopravníku.

Zákazník zároveň požaduje aplikaci prvku poka-yoke, který by nepustil nekvalitní výrobek na další pracoviště. Tento prvek by se týkal dvou dopravníků. První by se nacházel mezi pracovištěm montáže kroužku a testem těsnosti, druhý při přesunu dílu z testu těsnosti na pracoviště 100% kontroly.



Obr. 44 Gravitační dopravník (PENTA, ©2016)

Prvku poka-yoke by bylo v návrhu docíleno umístěním světelné závory kontrolující přítomnost dílu. Zároveň byl navržen tzv. red box, tedy místo pro vhození nekvalitního (NOK) dílu. Zamykatelný red box by byl také opatřen světelnou závorou umístěnou v tunelu, jež ústí do red boxu.

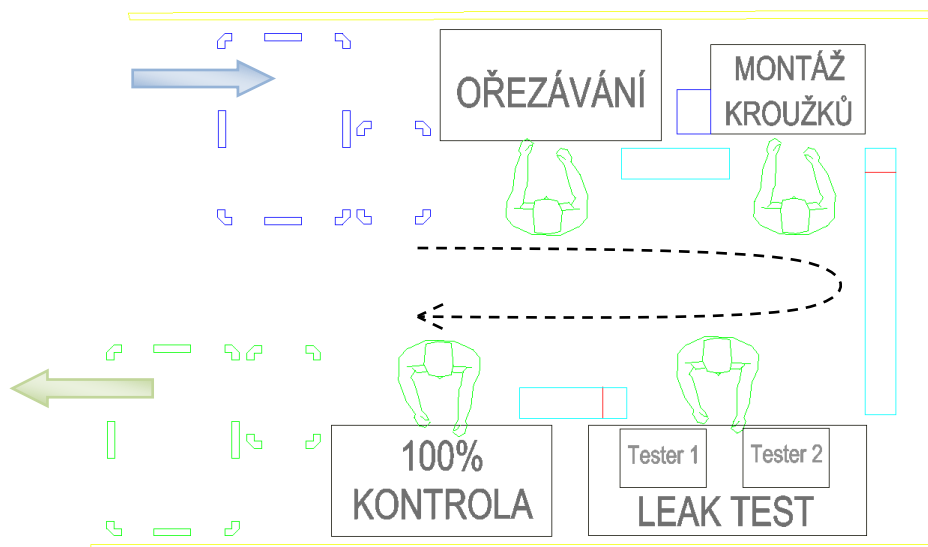
Pokud stroj vyhodnotí kvalitní (OK) kus je světelná závora na dopravníku otevřena. Jakmile však stroj vyhodnotí nekvalitní díl, světelná závora se zavře a zařízení bude zablokováno do té doby, než bude NOK díl vhozen do red boxu přes senzor v tunelu. Jestliže by pracovník i přesto položil nekvalitní díl na dopravník, namísto vhození dílu do red boxu, zavřená světelná závora zaznamená díl na dopravníku a spustí výstražný zvuk. Vypnout výstražný zvuk je možné pouze klíčem, který má mistr na montážní hale.

Použitím poka-yoke a red box opatřením se zcela eliminuje faktor lidské chyby, který již nemůže zapříčinit únik vadného dílu na další pracoviště. Výrazně se tím sníží riziko budoucích reklamací na tento díl, což byl jeden z prioritních požadavků zákazníka.

7.6.3 Návrh layoutu štíhlé výroby dílu AW

S pomocí projektového týmu jsem navrhl layout štíhlé výroby pro výrobu dílu AW. Jednotlivé pracoviště byly rozmístěny do U-buňky. U-buňka byla vybrána především pro redukci rozpracované výroby, redukci manipulačních činností a lepší využití výrobních prostor.

Na Obr. 45 je vypracován návrh layoutu štíhlé výroby. Šipka naznačuje směr toku dílu. Vstupní paleta s vystříknutými díly, kterou manipulant převezle od vstřikovacího stroje, je označena modrou barvou. Pracovník si z palety přesune jednu z KLT beden na místo pro vstupní materiál. Po vykonání procesu ořezání položí díl na dopravník, který jej přesune k pracovišti montáže kroužku. Po procesu montáže operátor položí díl na dopravník vyznačen azurovou barvou, kde senzor ověří, že se nejedná o NOK kus. Jestliže je díl kvalitní, dopravník jej přesune k místu pro kontrolu testu těsnosti. Díl je vložen do jednoho z testerů a je zahájen test. Po zkoušce těsnosti je položen na 3. dopravník se senzorem zajišťujícím poka-yoke, kde je gravitačním dopravníkem posunut k pracovišti 100% kontroly. Po kontrole pracovník díl pokládá dle balicího předpisu do KLT bedny. Až je bedna naplněna, přesune se na paletu vyznačenou zeleným obrysem.



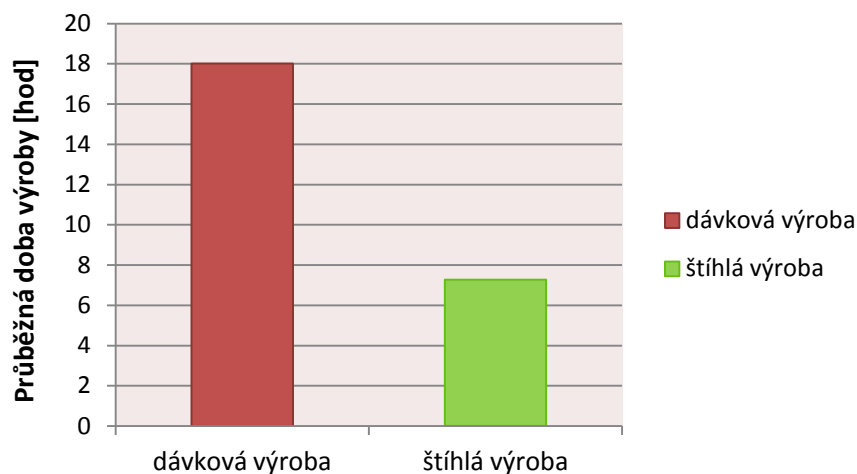
Obr. 45 Layout štíhlé výroby (vlastní zpracování)

Největším přínosem štíhlé výroby je eliminace dávkové výroby, která způsobovala čekání na naplnění palet díly, vysokou četnost manipulací a nízkou flexibilitu výroby. Dávkovou výrobu nahradila výroba one-piece-flow, tedy výroba tokem jednoho kusu. V návrhu štíhlé výroby metodou one-piece-flow je výroba efektivnější, flexibilnější a rychlejší.

Délka materiálového toku byla návrhem štíhlé výroby, oproti původní dávkové výrobě, zkrácena o **49,3 %**. Docíleno toho bylo eliminací přemístování polotovarů z pracoviště ořezu, montáže kroužku a leak testu viz Obr. 30 procesní analýzy. Délka materiálového toku byla snížena z původních 179,5 na 91 metrů.

Po aplikaci návrhu štíhlé výroby by doba zhotovení, od přivezení palety s díly do U-buňky po odvezení palety hotových dílů k balení, trvala 2 hodiny 47 minut. V dávkové výrobě byl naměřen čas, kdy paleta prošla od ořezání až po 100% kontrolu 13 hodin a 25 minut. Zrychlení všech procesů na montážní hale při výrobě jedné palety s díly bylo vyčísleno na 10 hodin 38 minut. Průběžná doba výroby mezi pracovišti ořezu a 100% kontroly se tedy zkrátila o **79,3 %**. To ovlivňuje konečné zkrácení průběžné výroby.

Kompletní výroba palety s díly, od výstřiku až po balení, připravená k expedici zákazníkovi, trvala při výchozím stavu dávkové výroby bez jedné minuty 18 hodin. Oproti tomu výroba jediné palety po návrhu štíhlé výroby by trvala pouze 7 hodin a 16 minut. Je to tedy zkrácení průběžné doby výroby o **59,6 %** viz grafické zobrazení Graf 4.



Graf 4 Porovnání průběžné doby výroby (vlastní zpracování)

7.6.4 Pojistná zásoba

Dle výsledků zákaznického auditu byla objevena absence pojistné zásoby dílu AW. V minulosti se již stalo, že transport palety s díly byl přerušen neovlivnitelnou skutečností jako např. dopravní nehodou. V takovém případě musela být urychleně, s dodatečnými náklady, vyrobena nová paleta s kusy a expresně odeslána zákazníkovi.

Aby se těmto situacím mohlo předcházet, je důležité zřídit pojistnou zásobu. To by znamenalo mít ve skladu vždy dvě palety připravených dílů. Proto byla vytvořena prioritizace

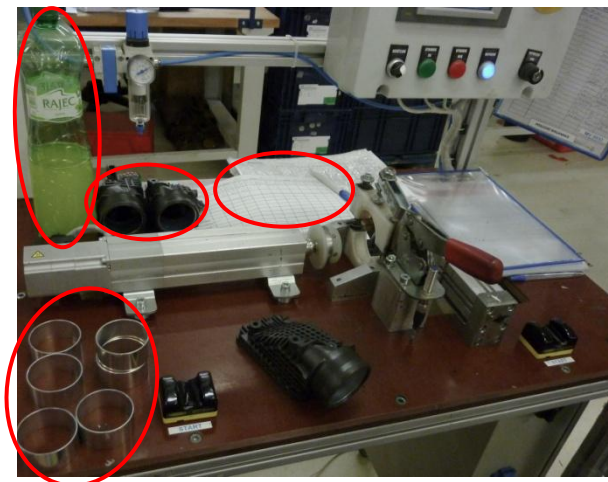
pohybu hotových palet metodou FIFO. Metoda FIFO znamená First In, First Out. Tedy v českém překladu první dovnitř, první ven, což by v případě dílů AW znamenalo expedovat ze skladu zákazníkovi vždy nejstarší paletu s díly AW.

Zřízením pojistné zásoby se eliminují dodatečné náklady spojené s expresní výrobou a dodávkou dílů v nepředvídatelných situacích. Spokojen bude audit i zákazník, který pojistnou zásobu po firmě opakovaně žádal.

7.6.5 6S

Další ze zjištěných nedostatků byla neuklizená a neuspořádaná pracoviště montáže kroužku a testu těsnosti. Proto byl aplikován přístup 6S.

Z Obr. 46 lze vidět důvod zavedení přístupu 6S. Přímo na montážním stole se nacházel jak vstupní materiál, rozházené dokumenty po stole a uvolněné kusy dané šarže, tak i PET láhev s vodou. Fotka neuklizeného pracoviště je uvedena i ve standardu čistého pracoviště.



Obr. 46 Neuklizené pracoviště montáže kroužku
(vlastní zpracování)

7.6.5.1 Sort

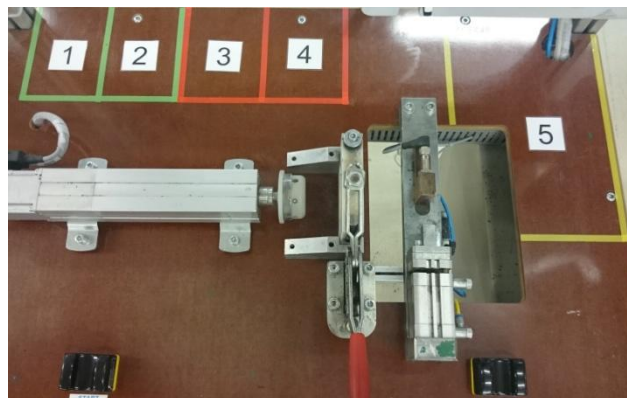
První z 6S vzniklo z japonského slova seiri či anglického slova sort, tedy separovat. Cílem je oddělit potřebné věci, jako je materiál, dokumentace, aj. od nepotřebných věcí, které jsou z pracoviště odstraněny.

S pomocí projektového týmu bylo stanoveno, co na pracovišti být musí, a co se naopak vyskytovat na pracovišti nesmí. Separace byla provedena pomocí kartičkové metody. Bylo určeno, že u procesu montáže kroužku na pracovišti musí být uvolněný kus, OK i NOK

etalon, box na poškozený (NOK) vstupní materiál, příslušná dokumentace a odpadkový koš. U pracoviště testu těsnosti bylo projektovým týmem vymezeno, že na stole bude jen OK a NOK etalon, uvolněný kus, dokumentace a box s těsnícími kroužky.

7.6.5.2 *Set in order*

Druhé „S“ je nazýváno jako setříd'. Smyslem je efektivně umístit potřebné a často používané věci tak, aby mohly být rychle použity. U montáže kroužků a testu těsnosti bylo striktně stanoveno umístění věcí, které prošly separací. Pro většinu věcí byly použity barevné krabičky. Zelené krabičky pro OK etalon a uvolněný kus, červená krabička pro NOK etalony a NOK materiál a modré krabičky pro vstupní materiál. Místa pro umístění krabiček a dokumentace byla vyznačena pomocí barevných lepicích pásek pro snazší orientaci viz Obr. 47.



Obr. 47 Barevné pásy s čísly (vlastní zpracování)

7.6.5.3 *Shine*

Třetím „S“ se rozumí udržování čistoty na pracovišti. Pro udržení čistého pracoviště byly stanoveny 3 kroky, které musí operátor vykonat před odchodem z pracoviště. V prvním kroku je operátor povinen vyprázdnit bednu na NOK kusy. V druhém kroku navlhčenou utěrkou očistí stůl a v posledním kroku srovná předměty (krabičky) podle vyznačených barevných pásek. Dále byla stanovena odpovědnost pracovníků za provedení všech stanovených kroků. Před odchodem z pracoviště je operátor povinen podepsat se do formuláře, kde stvrzuje zodpovědnost za čisté a uklizené pracoviště. Formulář je přiložen v příloze P X a P XI.

7.6.5.4 Standardize

Dalším „S“ v pořadí je standardizovat. Vytvoření standardu čistého a uklizeného pracoviště je velmi důležité pro sjednocení pravidel, kterými se mají všichni pracovníci řídit.

Pro pracoviště montáže kroužku a testu těsnosti byl vytvořen standard, ve kterém je definováno a číselně označeno uspořádání věcí na pracovišti, kdy a jak často se bude provádět a kdo je za něj zodpovědný viz příloha P XII a P XIII. Pro lepší orientaci ve standardu bylo číselné označení nalepeno i přímo na pracovní stůl viz Obr. 47.

Dále byl vytvořen standard čistého pracoviště viz příloha P XIV a P XV. Ve kterém je nakreslen i popsán postup při čištění a úklidu pracoviště, doba kdy se bude čištění provádět a osoba odpovědná za úklid.

7.6.5.5 Sustain

Páté „S“ je definováno jako sebedisciplína při dodržování standardu čistého pracoviště a snaha o vytvoření návyku pracovníků. Zaměstnanci byli seznámeni s vytvořeným standardem a byla jim vysvětlena důležitost dodržování standardu. Byli proškoleni o správném čištění pracoviště, dodržování pořádku na pracovišti a náležitém vyplnění kontrolní karty. Po proškolení byla vedena evidence proškolených účastníků.

7.6.5.6 Safety

Šestáým „S“ je bezpečnost. Dodržování bezpečnosti je v každé společnosti velmi důležité. K zabránění úrazům a zraněním, je nezbytné identifikovat a eliminovat hrozící nebezpečí. Proto bylo projektovým týmem navrženo přezkoumat bezpečnost u všech procesů výroby za účelem předvídání případného nebezpečí. Cílem bylo zajistit bezpečné prostředí pro práci.

K bezpečnosti práce přispívají především ochranné pracovní pomůcky, proto je používání ochranných pomůcek, předepsaných v pracovních instrukcích, povinností každého pracovníka. Ochrannými pomůckami jsou bezpečnostní boty a rukavice. Dále byla přezkoumána bezpečnost optických bran u strojů, kde hrozilo riziko úrazu. Bezpečnější mechanické brány byly aplikovány na pracovišti testu těsnosti u nového fixačního přípravku viz Obr. 42. Také správná ergonomie při práci vsedě význačně snižuje riziko muskuloskeletární poruchy, při které je zaměstnavatel povinen hradit nemoc z povolání. Proto byl dán podnět ke

koupi 20 ergonomických židlí s náležitou výškou posedu a sklonem opěradla pro správné držení těla.

7.6.6 Stanovení výkonových norem

Stanovení výkonových norem je důležité z hlediska definování času nezbytného k provedení určité práce a následného hodnocení produktivity pracovníka. Vypracování norem u procesu montáže kroužku a leak testu byl zároveň požadován zákaznickým auditem. Norma u montáže kroužku byla vypracována pomocí metody předem stanovených časů BasicMOST. U normy testu těsnosti byla použita metoda pozorování spotřeby času - chronometráže. To především z důvodu celého překrytého času práce operátora.

7.6.6.1 BasicMOST

Metoda předem stanovených časů definuje přesnou časovou spotřebu jednotlivých úkonů. Nejdříve bylo nutné operátora obeznámit s monitorováním jeho pohybů při práci. Záběry při natáčení byly směřovány pouze na pohyb pracovníkových rukou. Po pořízení video dokumentace několika cyklů výroby bylo video přehráno v PC. S pomocí data karty byl každé vykonané činnosti a pohybu přidělen předem definovaný počet jednotek TMU. Celkový počet TMU byl nakonec sečten a vynásoben koeficientem 0,036 (viz kapitola 1.2.3). Výsledná hodnota uvádí předem stanovený čas pro vykonání daného cyklu operace viz Obr. 48.

BasicMOST															
Výpočet času manuální práce															
Název výrobku:	AW	TMU	sekund	minut											
Název operace:	Montáž kroužku	600	21,59	0,36											
Č. operace:	Popis	Sekvence											TMU	sec	
1	Získání dílu + otočení dílu	ŘP	A 1 1 B 0 1 G 1 1	M 3 1 X 0 1 I 0 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	50	1,80
2	Založení do stroje	OP	A 0 1 B 0 1 G 0 1	A 1 1 B 0 1 P 3 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	40	1,44
3	Zaaretování dílu	ŘP	A 0 1 B 0 1 G 0 1	M 3 1 X 0 1 I 0 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	30	1,08
4	Umístění kroužku	OP	A 1 1 B 0 1 G 1 1	A 1 1 B 0 1 P 3 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	60	2,16
5	Start stroje	ŘP	A 1 1 B 0 1 G 1 1	M 3 1 X 0 1 I 0 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	50	1,80
6	Chod stroje	ŘP	A 0 1 B 0 1 G 0 1	M 3 1 X 16 1 I 0 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	190	6,83
7	Otevření upevňovacího zařízení	ŘP	A 1 1 B 0 1 G 1 1	M 3 1 X 0 1 I 0 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	50	1,80
8	Odebrání dílu	OP	A 1 1 B 0 1 G 1 1	A 0 1 B 0 1 P 0 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0,72
9	Značení	PR	A 1 1 B 0 1 G 1 1	A 1 1 B 0 1 P 3 1	R 1 1	A 1 1	B 0 1	P 1 1	A 0 1	1	1	1	1	90	3,24
10	Umístění dílu do bedny	OP	A 0 1 B 0 1 G 0 1	A 1 1 B 0 1 P 1 1	A 0 1	1	1	1	1	1	1	1	1	20	0,72

Obr. 48 BasicMOST (vlastní zpracování)

Při určení předem stanoveného času u procesu montáže kroužku bylo naměřeno 600 TMU. Po vynásobení 600 TMU konstantou 0,036 výsledek odpovídal 21,59 vteřinám.

V příloze P XVI byla vytvořena norma spotřeby času u montáže kroužku. K předem určenému času vypočítaného z BasicMOST byl přičten čas z necyklických operací a připočítá-

na 3% přírůžka na osobní potřebu. Z toho byla stanovena výkonová norma pro 1 pracovníka.

7.6.6.2 Chronometrůž

Po natočení dostatečného množství cyklů operací byla z videodokumentace provedena chronometrůž. U procesu testu těsnosti byla užita chronometrůž z důvodu dlouhého strojního času, který překrýval veškerou práci operátora na pracovišti viz Obr. 49.

Chronometrůž													
Operace			Jednotkové časy měření										Průměrná hodnota z měření [s]
P. č.	Název měřené činnosti	Bod začátku / konce měření	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Měření těsnosti	Z: Položení rukou na tlačítka Start K: Konec měření	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	31,00	30,00	31,00	31,00	30,90
2	Vyjmání dílu z fixačního zařízení	Z: Ruka na úrovni mechanické závory K: Vyjmání dílu	1,00	2,00	2,00	1,00	1,00	1,00	2,00	1,00	2,00	1,00	1,40
3	Uvolnění šroubu, utažení šroubu	Z: Uchopení vrtačky K: Položení vrtačky	9,00	9,00	9,00	10,00	9,00	9,00	10,00	9,00	10,00	11,00	9,50
4	Označení dílu + uložení dílu do boxu	Z: Uchopení značkovače K: Uložení dílu	9,00	7,00	5,00	5,00	5,00	5,00	6,00	7,00	5,00	6,00	6,00
5	Umístění dílu do fixačního zařízení č. 2	Z: Uchopení nového dílu K: Položení nového dílu	3,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	2,00	3,00	3,00	3,00	2,80
Průměrná doba trvání operace:												30,90	
Průměrná doba operací v překrytém čase:												19,70	

Obr. 49 Chronometrůž (vlastní zpracování)

Chronometrůž u tohoto procesu určila, že průměrná doba operace, která představuje jen strojový čas, byla 30,9 vteřin. Při tom průměrná doba operací v překrytém čase byla jen 19,7 vteřin (žluté zvýraznění). Chronometrůží bylo tedy ověřeno, že je operátor schopen v průběhu strojového času vykonat všechny stanovené úkony. Norma spotřeby času u testu těsnosti je zobrazena v příloze P XVII.

7.7 Simulace

Pro simulaci nově navrženého layoutu štíhlé výroby byl v programu Technomatix Plant Simulation vypracován model výrobního procesu u výrobku AW. Simulace byla zaměřena na procesy prováděné na montážní hale. Modeluje tak návrh rozmístění pracovišť uvedený v kapitole 7.6.3, který zahrnuje jak dopravníkový systém, tak i pracoviště testu těsnosti s novým měřicím přístrojem a fixačními přípravky. Dále bylo využito dodatečného pracovníka na pracovišti ořezávání v případě enormní velikosti přetoků, kde by doba ořezu dílu přesáhla cyklový čas úzkého místa testu těsnosti. Tím byla eliminována hrozba přesunu úzkého místa na pracoviště ořezávání.

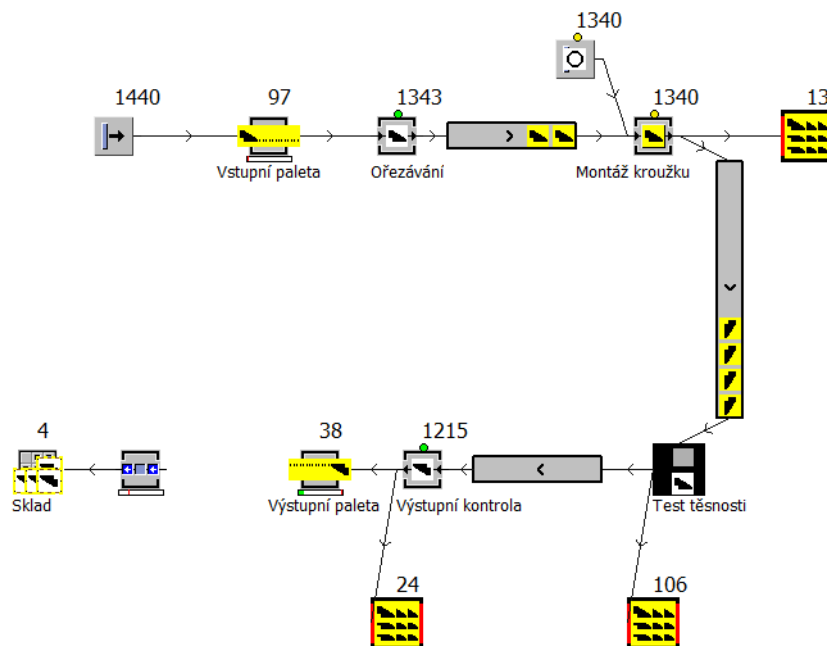
Pro porovnání byly vytvořeny 2 simulace štíhlé výroby. První, ve které bude na montážní hale pracovat jak denní, tak i noční 12hodinová směna. A druhá simulace, kde bude pracovat v U-buňce pouze denní 12hodinová směna.

7.7.1 Denní i noční směna

Nejprve byl nasimulován 24hodinový provoz U-buňky štíhlé výroby na montážní hale. Z výpočtů (6.4) kapitoly 6.4.1 bylo vypočítáno, že každé 4 hodiny a 29 minut bude vyrobena plná paleta dílů, kterou manipulant okamžitě převezme na montážní halu k navržené U-buňce. Jestliže vstříkovací stroj začne produkovat v čase 0:00:00, první plná paleta s díly bude na montážní hale nejdříve v čase 4:30:00. První vyrobená plná paleta bude z montáže na balení odcházet v čase 9:17:30. Celkově se za 24 hodin stihnou vyrobit maximálně 4 plné palety s díly, které mohou odejít k zákazníkovi viz Obr. 50.

	time
1	9:17:30.5000
2	14:04:07.5000
3	18:51:15.5000
4	23:37:21.5000
5	

Obr. 50 Časy vyexpedovaných palet (vlastní zpracování)



Obr. 51 Simulace štíhlé výroby č.1 (vlastní zpracování)

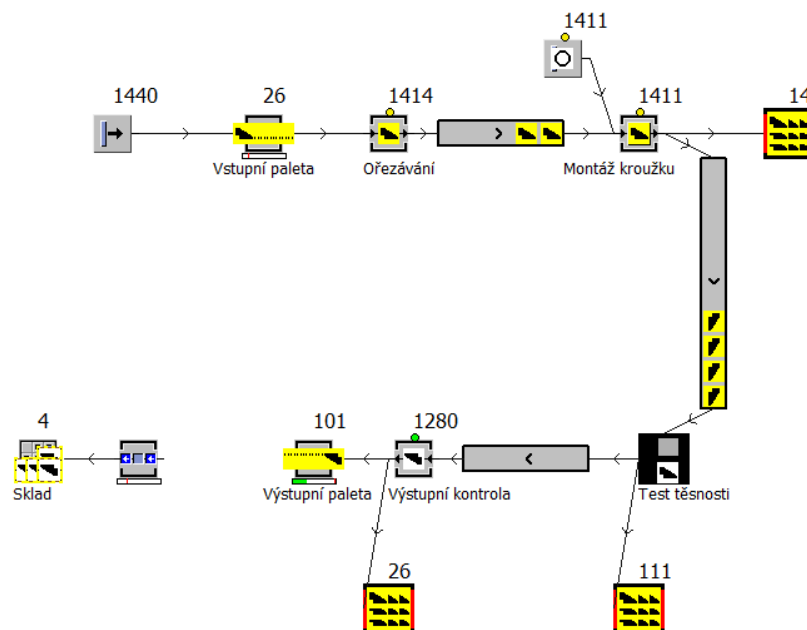
V simulaci je znázorněno, že za denní i noční směnu (24 hodin) jsou zákazníkovi vyexpedovány 4 kompletní palety a 38 dílů čekajících na výstupní paletě. Jak lze vidět na Obr. 51, v simulaci byl stanoven buffer před úzkým místem testu těsnosti o velikosti 4 dílů. Především proto, aby montáž kroužku i po dvou nekvalitních dílech nezpomalil tento proces.

7.7.2 Denní směna

V případě, že v U-buňce na montážní hale bude pouze denní 12hodinová směna, bude hlavní výhodou předvýroba vstříknutých dílů. Jestliže se začne na vstříkacím stroji po skončení denní směny (18:00) vyrábět do zásoby, budou v čase 06:00, při příchodu denní směny, již připraveny 2 plné palety polotovárů. Proto bude již ve 8:46:39 možné balit a expedovat zákazníkovi první paletu s díly viz Obr. 52. První vyrobená paleta bude tedy připravena k balení za 2:46:39. Za 24 hodin se celkově tedy stihnou vyrobit 4 plné palety dílů.

	time
1	8:46:39.5000
2	11:31:28.5000
3	14:16:48.5000
4	17:01:06.5000
5	

Obr. 52 Časy vyexportovaných palet (vlastní zpracování)



Obr. 53 Simulace štíhlé výroby č.2 (vlastní zpracování)

Ze simulace znázorněné na Obr. 53 plyne, že za 12hodinovou směnu se vyrobí 4 plné palety a 101 dílů, které budou doplněny další den. Stejně množství expedovaných palet bylo i u simulace s denní i noční směnou. U varianty na Obr. 53 byly však sníženy mzdové náklady o celou noční směnu, což je pro firmu značná finanční úspora.

Ze simulace bylo potvrzeno, že štíhlá výroba formou U-buňky je velmi efektivním a rychlým řešením výroby. Velkým přínosem je zejména nahrazení dávkové výroby řešením one-piece-flow, při které je eliminováno plýtvání ve formě čekání na naplnění palety s díly.

7.8 Návratnost investice

Z hlediska návratnosti investice je nutné spočítat veškeré náklady spojené s aplikací štíhlé výroby na montážní hale.

Náklady		
Počet	Popis	Cena
2x	gravitační dopravník 1m	7 989,00 Kč
1x	gravitační dopravník 2m	11 417,00 Kč
4x	světelný snímač	8 600,00 Kč
2x	red box	6 000,00 Kč
2x	fixační přípravek	95 000,00 Kč
1x	měřicí přístroj Innomatec	210 000,00 Kč
předpokládané mzdové náklady na projekt		100 000,00 Kč
Celkem		439 006,00 Kč

Obr. 54 Náklady na realizaci projektu (vlastní zpracování)

Nejdříve byly vyčísleny všechny náklady na realizaci návrhu štíhlé výroby formou U-buňky. Na Obr. 54 si lze povšimnout celkem 3 gravitačních dopravníků, 4 světelných snímačů a 2 red boxů. Toto vybavení bylo nezbytné pro sestavení U-buňky na montážní hale. Dále byly vyrobeny 2 fixační přípravky pro test těsnosti. Tyto přípravky byly vyrobeny tzv. in-house, proto je jejich cena velmi nízká. Největší investicí byl měřicí přístroj Innomatec. Poslední nezbytnou položkou pro realizaci projektu byly předpokládané mzdové náklady ve výši 100 tisíc korun. Celkové náklady na realizaci návrhu štíhlé výroby dosáhly téměř 440 tisíc korun.

Mzdová úspora			
Počet pracovníků	Hodinová sazba (standard)	Počet hodin denně	Součet
4	170,00 Kč	12	8 160,00 Kč
0,6	170,00 Kč	12	-1 224,00 Kč
Celkem			6 936,00 Kč
Doba návratnosti [dny]			63,3

Obr. 55 Mzdová úspora a doba návratnosti (vlastní zpracování)

Na obrázku Obr. 55 je zobrazeno, že zásluhou eliminace noční směny by byla ušetřena mzda za 12 hodin práce u 4 pracovníků. V tabulce je uvedena standardní hodinová sazba pro výpočet mzdové úspory. Tento standard určila firma ve výši 170 Kč. Dále byla započítána dodatečná mzda při duplikaci pracovníků u pracoviště ořezu v případě doby ořezu dílu delší než čas úzkého místa, který se vyskytoval v 60% případech. Celková mzdová úspora, kterou by firma zavedením štihlé výroby ušetřila, dosáhla částky 6936 Kč/den. Doba návratnosti investované částky 439 tisíc pak bude 63,3 dní viz Obr. 55.

Roční mzdová úspora po odečtení všech nákladů na realizaci štihlé výroby je uvedena ve vzorci (7.2).

$$(6\,936 \times (365 - 4)) - 439\,006 = 2\,064\,890 \text{ Kč} \quad (7.2)$$

Ve vzorci (7.2) byly nejprve od počtu dní v roce odečteny 4 dny státního svátku, kdy se ve firmě nevyrábí. V ostatních 10 svátcích je provoz neomezen. Tyto dny byly vynásobeny denní mzdovou úsporou 6936 Kč a odečteny veškeré náklady na projekt. Roční úspora byla vypočítána ve výši **2,06** milionů korun.

7.9 Doporučená opatření do budoucna

Nejdůležitějším z budoucích opatření je dodržovat zásady 6S i po skončení projektu. Především však páté „S“, kterým je sebedisciplína. Důležité je neustálé dodržování standardu čistého pracoviště, snaha o udržování čistoty i mimo pracoviště a úsilí při vytvoření těchto návyků.

Jako další doporučení bych navrhl navýšit kapacitu vystříknutých dílů na vstřikovacím stroji. Vyšší kapacity by bylo nejnadhěji dosaženo snížením zmetkovitosti při procesu

vstřikování, dále pak snížením počtu a délky mikrostopů. Další alternativou pro zvýšení výstupu je výroba duplicitního formy, která je však velmi nákladnou variantou á 2,5mil.

Posledním doporučením by bylo zrušení nebo eliminace pracoviště ořezávání. Toho může být dosaženo radikální úpravou vstřikovací formy v kombinaci s přenastavením technologických parametrů. Pokud to není technicky dosažitelné, nabízí se možnost nahrazení manuálního ořezu přetoků pomocí kryogenního otryskávání.

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo vypracování návrhu zavedení metod štíhlé výroby do výrobního procesu. Pro dosažení cíle jsem navrhl U-buňku s one-piece-flow výrobou, eliminoval úzké místo, zavedl princip čistého pracoviště 6S a systém prevence vad poka-yoke. Cíl mé diplomové práce byl splněn a návrh zavedení metod štíhlé výroby byl top managementem v únoru 2016 akceptován, spolu s uvolněním finančních prostředků na realizaci projektu. Samotná realizace projektu štíhlé výroby bude probíhat od dubna 2016.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou, analytickou a projektovou část. Teoretická část spočívala ve vyhledávání odborné literatury a vypracování rešerše uplatnitelné v analytické a projektové části.

V analytické části jsem pomocí paretovy analýzy u objemu výroby určil, na který výrobek a jeho pracoviště se zaměřit. Z procesní analýzy jsem nejprve zjistil všechny operace potřebné k výrobě dílu, jejich cyklové časy a vzdálenost převážení polotovarů. Dále jsem identifikoval úzké místo celého procesu výroby, čímž bylo testování těsnosti, které mělo cyklový čas o 242 % delší než předchozí pracoviště. To způsobovalo problém s hromaděním dílů před úzkým místem, které bylo potřeba dočasně převážet do skladu. To je také naznačeno pomocí spaghetti diagramu, ve kterém jsem vizualizoval trasu převážení dílů. Rozmístění pracovišť bylo shledáno zcela nevyhovující z hlediska vzdálenosti pracovišť a frekvencí převážení dílu po hale.

Z hodnotového toku jsem zjistil velké množství čekajících dílů na naplnění palety, což způsobovalo vysoký počet nepřidávající hodnoty a nízký VA index. Proto jsem vypracoval návrh mapy hodnot, ve které jsem pomocí tzv. kaizen blitz navrhl opatření ke zvýšení VA indexu o **126 %**.

V projektové části jsem nejprve stanovil dosažitelné přínosy návrhu metod štíhlé výroby. Těmi se stalo zkrácení průběžné doby výroby o 50 % a materiálového toku o 40 %.

Z důvodu úzkého místa na pracovišti testu těsnosti identifikovaného v analytické části byl dán projektovým týmem podnět k zakoupení nového měřicího zařízení a dvou fixačních přípravků. Po realizaci byl průtok úzkým místem zvýšen o **139 %**.

Jako další jsem navrhl dopravníkový systém s prvkem poka-yoke. Prvek poka-yoke požadoval zákazník z důvodu značného počtu reklamací. Poka-yoke bylo dosaženo senzory na dopravníkovém systému a red boxu. Tím byl eliminován faktor lidské chyby, který zapří-

čiňoval únik vadného dílu na další pracoviště. Dopravníkový systém byl nezbytný k realizaci návrhu štíhlého pracoviště s uplatněním one-piece-flow, čímž by došlo k odstranění dávkové výroby.

Klíčový návrh celé projektové části byl layout štíhlého pracoviště ve tvaru U-buňky. S aplikací dopravníkového systému a nového pracoviště testu těsnosti jsem pomocí programu DraftSight vytvořil návrh štíhlé výroby se zavedením one-piece-flow. Návrhem štíhlé výroby, oproti původní dávkové výrobě, byla délka materiálového toku zkrácena o **49,3 %**. Kompletní výroba jedné palety s díly, od výstřiku až po balení, připravená k expedici zákazníkovi, trvala při výchozím stavu dávkové výroby bez jedné minuty 18 hodin. Oproti tomu výroba jedné palety po návrhu štíhlé výroby trvala pouze 7 hodin a 16 minut. Průběžná doba výroby je tedy zkrácena o **59,6 %**.

Požadavek zákazníka na zavedení pojistné zásoby byl uspokojen vytvořením adekvátní skladové zásoby dílů. Dále jsem aplikoval princip 6S na pracovišti montáže kroužku a testu těsnosti. Po skončení projektu bude důležité dodržovat stanovené standardy vyplývající především z pátého S, tedy sebedisciplíny a udržitelnosti čistého pracoviště. Dalším požadavkem bylo stanovení výkonových norem, ty byly definovány pomocí metodiky Basic-MOST a chronometráže.

V programu Technomatix Plant Simulation jsem vymodeloval U-buňku, ve které jsem simulací ověřil efektivnost štíhlé výroby. Ze simulací vyplynulo, že za denní i noční 12hodinovou směnu by se vyrobily 4 plné palety dílů. Stejně množství vyexpedovaných dílů však bylo vyčísleno i u simulace pouze s denní směnou.

Příčinou expedice stejného množství dílů v obou případech byl vstříkovací stroj, který se po vytvoření U-buňky stal úzkým místem celé produkce. Protože stroj dokáže denně vystříknout dostatečný počet dílů pouze pro 4 palety expedované zákazníkovi, navrhl jsem, aby celou noční směnu vstříkovací stroj vyráběl díly do zásoby, kterou následující denní směna na U-buňce velmi rychle zpracuje. To by vedlo ke zrušení noční 12hodinové směny na montážní hale, čímž by se pro firmu značně snížily mzdové náklady.

Návratnost investice byla vypočítána na necelých **64 dní**. Přičemž roční úspora po odečtení veškerých nákladů na realizaci by dosáhla částky **2 miliony** korun na mzdových prostředcích.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 5S Best Practices: Tool organization*, ©2016. [online]. [cit. 2016-04-02]. Dostupné z: <http://5sbestpractices.ning.com/photo/tool-organization>
- 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště*, 2009. 1. Vyd. Brno: SC&C Partner, Shopfloor series. ISBN 978-80-904099-1-0.
- 6S: 6S for safety*, ©2014. [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.6s.dk/>
- AFT, Lawrence S., c2000. *Work measurement and methods improvement*. New York: Wiley. ISBN 0471370894.
- API - akademie produktivity a inovací: Jednotlivé metody a nástroje*, ©2014. [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/24887-jednotlive-metody-a-nastroje-i-p>
- AQLAN, Faisal et al., c2014. *An Ergonomic Study for 6S Workplace Improvement*. IIE Annual Conference. Proceedings. 3063.
- BLACK, J a Steve L HUNTER, c2003. *Lean manufacturing systems and cell design*. Dearborn, Michigan: Society of Manufacturing Engineers. ISBN 0-87263-647-X.
- CIE - CENTER FOR INDUSTRIAL ENGINEERING: Spaghetti diagram*, ©2013. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/spaghetti-diagram>
- CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG. ISBN 978-80-89401-26-0
- DARNTON, Geoffrey, c2012. *Business process analysis: including architecture, engineering, management and maturity*. edition. 2nd ed. Bournemouth: Requirements Analytics, 2012. ISBN 9781909231009.
- DENNIS, Pascal, c2002. *Lean production simplified: a plain language guide to the world's most powerful production system*. New York: Productivity Press, ISBN 1563272628.
- DLABAČ, Jaroslav, 2015. *Analýza a měření práce*. In: *API - akademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2016-04-06]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

- Forge Motorsport*, ©2016. [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: http://www.forgemotorsport.co.uk/Universal_Alloy_Intercooler__100_Series--product--674.html
- GEORGE, Michael L., c2002. *Lean Six Sigma: combining Six Sigma quality with lean speed*. New York: McGraw-Hill. ISBN 0071385215.
- HARRISON, Alan a Remko I HOEK, 2011. *Logistics management and strategy: competing through the supply chain*. 4th ed. Harlow: Financial Times Prentice Hall. ISBN 978-0-273-73022-4.
- IMAI, Masaaki, 2004. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Vyd. 1. Brno: Computer Press. Business books (Computer Press). ISBN 80-251-0461-3.
- International Trade News*, ©2015. [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.internationaltradenews.com/>
- KAVAN, Michal, 2002. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada, 424 s. ISBN 80-247-0199-5.
- KOŠTURIÁK, Ján, 2010. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Vyd. 1. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2349-2.
- KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
- KUCHARČÍKOVÁ, Alžbeta, 2011. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. 1.vyd. Brno: Computer Press. ISBN 978-80-251-2524-3.
- LIKER, Jeffrey K., c2004. *The Toyota way: 14 management principles from the world's greatest manufacturer*. New York: McGraw-Hill. ISBN 0071392319.
- MASCITELLI, Ronald, c2004. *The lean design guidebook: everything your product development team needs to slash manufacturing cost*. 1st ed. Northridge, CA: Technology Perspectives. ISBN 0966269721.
- MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 311 s. ISBN 80-902235-6-7.
- MYERSON, Paul, c2012. *Lean supply chain and logistics management*. New York: McGraw-Hill. ISBN 007176626X.

- NHS – INSTITUTE FOR INNOVATION AND IMPROVEMENT: *Spaghetti diagram*, ©2008. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.institute.nhs.uk/quality_and_service_improvement_tools/quality_and_service_improvement_tools/process_mapping_-_spaghetti_diagram.html
- PAVELKA, Marcel, ©2009. *Časové studie – nástroj průmyslového inženýrství* [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.utb.cz/file/22868_1_1/
- PENTA: *Dopravníky*, ©2014. [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.pentaservis.cz/clanky-dopravnik.html>
- SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.
- Test Drive Review*, ©2016. [online]. [cit. 2016-03-02]. Dostupné z: <http://www.vansa2z.com/VW-T6-Transporter-2015-Test-Drive-Review>
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2000. *Řízení výroby*. 2. vyd. Praha: Grada, 408 s. ISBN 8071699551.
- TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. 2. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 298 s. ISBN 8073183811.
- VÁCHAL, Jan a Marek VOCHOZKA, 2013. *Podnikové řízení*. 1. vyd. Praha: Grada, 685 s. ISBN 978-80-247-4642-5.
- VEJDĚLEK, Jiří, 1998. *Jak zlepšit výrobní proces*. Vyd. 1. Praha: Grada. ISBN 80-7169-583-1.
- VYTLAČIL, Milan, 1997. *Podnik světové třídy: geneze produktivity a kvality*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 276 s. ISBN 80-902235-1-6.
- VYTLAČIL, Milan a Ivan MAŠÍN, 1999. *Dynamické zlepšování procesů: programy a metody pro eliminaci plýtvání*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 193 s. ISBN 80-902235-3-2.
- WILSON, Lonnie, c2010. *How to implement lean manufacturing*. New York: McGraw-Hill. ISBN 0071625070.
- WINCEL, Jeffrey P a Thomas J KULL, 2013. *People, process, and culture: lean manufacturing around the real world*. Boca Raton: Taylor & Francis. ISBN 9781466557895.
- ZANDIN, Kjell B., c2003. *MOST work measurement systems*. 3rd ed., rev. and expanded. New York: Marcel Dekker. ISBN 0824709535.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

6S	Elimination of waste on workplace (eliminace plýtvání na pracovišti)
C/T	Cycle Time (cyklový čas)
C/O	Changeover time (čas přetypování)
DBR	Drum-Buffer-Rope (buben-zásobník-lano)
EDI	Electronic Data Interchange (elektronická výměna dat)
ERP	Enterprise Resource Planning (plánování podnikových zdrojů)
FIFO	First In – first Out (první dovnitř – první ven)
IWA	Incidental Work Avoidable (odstranitelná práce nepřidávající hodnotu)
IWR	Incidental Work Required (vyžadovaná práce nepřidávající hodnotu)
MOST	Maynard Operation Sequence Technique (metoda předem určených časů)
NOK	Non-OK part (nekvalitní kus)
NVA	Non-Value Added (nepřidávající hodnotu)
OK	OK part (kvalitní kus)
RIPRAN	Risk Project Analysis (analýza projektových rizik)
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats (silné a slabé stránky, příležitosti, hrozby)
TPS	Toyota Production System (výrobní systém Toyota)
VA	Value Added (přidávající hodnotu)
VSM	Value Stream Mapping (mapa hodnotového toku)
VSD	Value Stream Design (návrh hodnotového toku)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Prvky štíhlé výroby (vlastní zpracování dle Košturiaka a Frolíka, 2006, s. 23)	13
Obr. 2 Techniky měření práce (vlastní zpracování dle Vytlačila, 1997, s. 97)	15
Obr. 3 Symboly používané pro mapování toku hodnot (vlastní zpracování)	19
Obr. 4 Standardizované symboly (vlastní zpracování dle Darntona, 2012, s. 107).....	20
Obr. 5 6S (vlastní zpracování dle 6S, ©2014)	22
Obr. 6 Příklad uspořádaného náradí (<i>5S Best Practices</i> , ©2016).....	23
Obr. 7 Funkce systému poka-yoke (vlastní zpracování dle Mašina a Vytlačila, 2000, s. 258)	25
Obr. 8 Drum-Buffer-Rope (vlastní zpracování dle Tučka a Bobáka, 2006, s. 99)	27
Obr. 9 Dávková výroba (Black a Hunter, 2003, s. 319)	28
Obr. 10 Dávková výroba 10 kusů (vlastní zpracování dle Likera, 2004, s. 92)	28
Obr. 11 Tok jednoho kusu (Black a Hunter, 2003, s. 319)	29
Obr. 12 Tok jednoho kusu při 10 kusech (vlastní zpracování dle Likera, 2004, s. 93)	30
Obr. 13 Technologické uspořádání (Košturiak a Frolík, 2006, s. 136)	31
Obr. 14 předmětné uspořádání (Košturiak a Frolík, 2006, s. 137)	32
Obr. 15 Výrobní buňky (Košturiak a Frolík, 2006, s. 137)	32
Obr. 16 Vstřikovací stroje (<i>International Trade News</i> , ©2015).....	37
Obr. 17 Intercooler s dílem AW (vlastní zpracování)	42
Obr. 18 Kovový a plastový díl (vlastní zpracování dle <i>Forge Motorsport</i> , ©2016).....	42
Obr. 20 Výrobní proces dílu AW (vlastní zpracování).....	43
Obr. 19 Intercooler v motoru (<i>Test Drive Review</i> , ©2016)	43
Obr. 21 Vývojový diagram procesu výroby dílu (vlastní zpracování)	44
Obr. 22 Vstřikovací stroj (vlastní zpracování).....	45
Obr. 23 Ořezávání dílu (vlastní zpracování).....	46
Obr. 24 Montážní zařízení (vlastní zpracování)	47
Obr. 25 Test těsnosti (vlastní zpracování)	47
Obr. 26 Tečky na dílu (vlastní zpracování)	48
Obr. 27 Pracoviště výstupní kontroly (vlastní zpracování)	48
Obr. 28 Robot Kuka vyndávající díly z formy na pohyblivý pás (vlastní zpracování)	49
Obr. 29 Naměřené časy z různých šarží (vlastní zpracování).....	51
Obr. 30 Procesní analýza (vlastní zpracování)	53
Obr. 31 Zákaznický takt (vlastní zpracování).....	55

Obr. 32 Informace o vstřikování (vlastní zpracování).....	56
Obr. 33 Paleta s díly (vlastní zpracování).....	57
Obr. 34 VA index (vlastní zpracování).....	59
Obr. 35 VA index u VSD (vlastní zpracování).....	60
Obr. 36 Projektový list (vlastní zpracování).....	64
Obr. 37 Ripran analýza (vlastní zpracování)	65
Obr. 38 Vazební tabulka pro přiřazení hodnoty rizika (vlastní zpracování)	66
Obr. 39 Návrh opatření ke snížení hodnoty rizika (vlastní zpracování).....	66
Obr. 40 Harmonogram projektu (vlastní zpracování).....	67
Obr. 41 SWOT analýza projektu (vlastní zpracování)	68
Obr. 42 Fixační zařízení (vlastní zpracování).....	69
Obr. 43 Měřicí zařízení (vlastní zpracování)	69
Obr. 44 Gravitační dopravník (<i>PENTA</i> , ©2016)	71
Obr. 45 Layout štíhlé výroby (vlastní zpracování).....	72
Obr. 46 Neuklizené pracoviště montáže kroužku (vlastní zpracování)	74
Obr. 47 Barevné pásky s čísly (vlastní zpracování).....	75
Obr. 48 BasicMOST (vlastní zpracování)	77
Obr. 49 Chronometráž (vlastní zpracování)	78
Obr. 50 Časy vyexpedovaných palet (vlastní zpracování)	79
Obr. 51 Simulace štíhlé výroby č.1 (vlastní zpracování).....	79
Obr. 52 Časy vyexportovaných palet (vlastní zpracování).....	80
Obr. 53 Simulace štíhlé výroby č.2 (vlastní zpracování).....	80
Obr. 54 Náklady na realizaci projektu (vlastní zpracování)	81
Obr. 55 Mzdová úspora a doba návratnosti (vlastní zpracování)	82

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Vývoj počtu zaměstnanců (vlastní zpracování).....	38
Graf 2 Paretův diagram objemu výroby (vlastní zpracování).....	40
Graf 3 Zhodnocení zisku z prodaných výrobků (vlastní zpracování).....	41
Graf 4 Porovnání průběžné doby výroby (vlastní zpracování).....	73

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P I: TABULKA S VÝPOČTY PARETOVA DIAGRAMU

PŘÍLOHA P II: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU VSTRÍKOVÁNÍ

PŘÍLOHA P III: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU MONTÁŽE KROUŽKŮ

PŘÍLOHA P IV: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU TESTU TĚSNOSTI

PŘÍLOHA P V: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU VÝSTUPNÍ KONTROLY

PŘÍLOHA P VI: SPAGHETTI DIAGRAM

PŘÍLOHA P VII: VALUE STREAM MAPPING

PŘÍLOHA P VIII: VALUE STREAM DESING

PŘÍLOHA P IX: LOGICKÝ RÁMEC

PŘÍLOHA P X: KONTROLNÍ KARTA MONTÁŽE KROUŽKU

PŘÍLOHA P XI: KONTROLNÍ KARTA TESTU TĚSNOSTI

PŘÍLOHA P XII: STANDARD USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ MONTÁŽE KROUŽKU

PŘÍLOHA P XIII: STANDARD USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ TESTU TĚSNOSTI

PŘÍLOHA P XIV: STANDARD ČISTÉHO PRACOVIŠTĚ MONTÁŽE KROUŽKU

PŘÍLOHA P XV: STANDARD ČISTÉHO PRACOVIŠTĚ TESTU TĚSNOSTI

PŘÍLOHA P XVI: NORMA SPOTŘEBY ČASU MONTÁŽE KROUŽKU

PŘÍLOHA P XVII: NORMA SPOTŘEBY ČASU TESTU TĚSNOSTI

PŘÍLOHA P I: TABULKA S VÝPOČTY PARETOVA DIAGRAMU

(Zdroj: vlastní zpracování)

druh výrobku	počet vyr. kusů	četnost v %	kumulativní četnost v %	druh výrobku	počet vyr. kusů	četnost v %	kumulativní četnost v %
AA	920 000	5,99%	5,99%	BR	90 300	0,59%	80,98%
AB	800 000	5,21%	11,19%	BS	80 000	0,52%	81,50%
AC	750 000	4,88%	16,08%	BT	74 000	0,48%	81,98%
AD	600 000	3,91%	19,98%	BU	71 000	0,46%	82,44%
AE	505 057	3,29%	23,27%	BV	71 000	0,46%	82,91%
AF	500 000	3,25%	26,52%	BW	56 428	0,37%	83,27%
AG	500 000	3,25%	29,78%	BX	50 000	0,33%	83,60%
AH	425 000	2,77%	32,54%	BY	50 000	0,33%	83,92%
AI	400 000	2,60%	35,15%	BZ	50 000	0,33%	84,25%
AJ	378 179	2,46%	37,61%	CA	50 000	0,33%	84,57%
AK	375 000	2,44%	40,05%	CB	50 000	0,33%	84,90%
AL	375 000	2,44%	42,49%	CC	50 000	0,33%	85,23%
AM	368 065	2,40%	44,88%	CD	50 000	0,33%	85,55%
AN	320 000	2,08%	46,97%	CE	50 000	0,33%	85,88%
AO	300 000	1,95%	48,92%	CF	50 000	0,33%	86,20%
AP	286 682	1,87%	50,79%	CG	50 000	0,33%	86,53%
AQ	281 545	1,83%	52,62%	CH	45 008	0,29%	86,82%
AR	265 671	1,73%	54,35%	CI	44 850	0,29%	87,11%
AS	260 000	1,69%	56,04%	CJ	44 850	0,29%	87,40%
AT	260 000	1,69%	57,73%	CK	43 304	0,28%	87,69%
AU	250 000	1,63%	59,36%	CL	43 304	0,28%	87,97%
AV	230 364	1,50%	60,86%	CM	40 605	0,26%	88,23%
AW	220 600	1,44%	62,29%	CN	40 605	0,26%	88,50%
AX	220 000	1,43%	63,73%	CO	35 000	0,23%	88,72%
AY	218 231	1,42%	65,15%	CP	35 000	0,23%	88,95%
AZ	210 000	1,37%	66,51%	CQ	35 000	0,23%	89,18%
BA	170 000	1,11%	67,62%	CR	35 000	0,23%	89,41%
BB	170 000	1,11%	68,73%	CS	35 000	0,23%	89,64%
BC	170 000	1,11%	69,83%	CT	35 000	0,23%	89,86%
BD	170 000	1,11%	70,94%	CU	35 000	0,23%	90,09%
BE	140 000	0,91%	71,85%	CV	35 000	0,23%	90,32%
BF	137 701	0,90%	72,75%	CW	35 000	0,23%	90,55%
BG	130 000	0,85%	73,59%	CX	35 000	0,23%	90,77%
BH	111 263	0,72%	74,32%	CY	35 000	0,23%	91,00%
BI	110 000	0,72%	75,03%	CZ	33 212	0,22%	91,22%
BJ	109 727	0,71%	75,75%	DA	33 201	0,22%	91,43%
BK	109 727	0,71%	76,46%	DB	33 201	0,22%	91,65%
BL	105 000	0,68%	77,14%	DC	31 149	0,20%	91,85%
BM	100 000	0,65%	77,79%	DD	31 149	0,20%	92,06%
BN	100 000	0,65%	78,45%	DE	30 000	0,20%	92,25%
BO	100 000	0,65%	79,10%	DF	30 000	0,20%	92,45%
BP	100 000	0,65%	79,75%	DG	30 000	0,20%	92,64%
BQ	99 000	0,64%	80,39%	DH	30 000	0,20%	92,84%

druh výrobku	počet vyr. kusů	četnost v %	kumulativní četnost v %	druh výrobku	počet vyr. kusů	četnost v %	kumulativní četnost v %
DI	30 000	0,20%	93,03%	GA	10 000	0,07%	97,79%
DJ	28 747	0,19%	93,22%	GB	10 000	0,07%	97,86%
DK	28 214	0,18%	93,40%	GC	10 000	0,07%	97,92%
DL	28 214	0,18%	93,59%	GD	10 000	0,07%	97,99%
DM	28 000	0,18%	93,77%	GE	10 000	0,07%	98,05%
DN	28 000	0,18%	93,95%	GF	9 500	0,06%	98,12%
DO	23 000	0,15%	94,10%	GG	9 500	0,06%	98,18%
DP	22 528	0,15%	94,25%	GH	9 500	0,06%	98,24%
DQ	20 979	0,14%	94,38%	GI	9 000	0,06%	98,30%
DR	20 400	0,13%	94,52%	GJ	9 000	0,06%	98,36%
DQ	20 979	0,14%	94,38%	GK	9 000	0,06%	98,41%
DR	20 400	0,13%	94,52%	GL	9 000	0,06%	98,47%
DS	20 000	0,13%	94,65%	GM	9 000	0,06%	98,53%
DT	20 000	0,13%	94,78%	GN	9 000	0,06%	98,59%
DU	20 000	0,13%	94,91%	GO	9 000	0,06%	98,65%
DV	20 000	0,13%	95,04%	GP	9 000	0,06%	98,71%
DW	18 000	0,12%	95,15%	GQ	9 000	0,06%	98,77%
DX	17 000	0,11%	95,27%	GR	7 500	0,05%	98,81%
DY	16 606	0,11%	95,37%	GS	7 023	0,05%	98,86%
DZ	16 606	0,11%	95,48%	GT	7 023	0,05%	98,91%
FA	15 000	0,10%	95,58%	GU	6 687	0,04%	98,95%
FB	15 000	0,10%	95,68%	GV	6 000	0,04%	98,99%
FC	15 000	0,10%	95,77%	GW	6 000	0,04%	99,03%
FD	15 000	0,10%	95,87%	GX	6 000	0,04%	99,07%
FE	15 000	0,10%	95,97%	GY	6 000	0,04%	99,11%
FF	15 000	0,10%	96,07%	GZ	5 137	0,03%	99,14%
FG	15 000	0,10%	96,16%	HA	5 000	0,03%	99,17%
FH	15 000	0,10%	96,26%	HB	5 000	0,03%	99,20%
FI	15 000	0,10%	96,36%	HC	5 000	0,03%	99,24%
FJ	13 838	0,09%	96,45%	HD	5 000	0,03%	99,27%
FK	13 838	0,09%	96,54%	HE	4 900	0,03%	99,30%
FL	13 500	0,09%	96,63%	HF	4 750	0,03%	99,33%
FM	12 500	0,08%	96,71%	HG	4 534	0,03%	99,36%
FN	12 500	0,08%	96,79%	HH	4 534	0,03%	99,39%
FO	12 500	0,08%	96,87%	HI	4 500	0,03%	99,42%
FP	12 500	0,08%	96,95%	HJ	4 500	0,03%	99,45%
FQ	12 500	0,08%	97,03%	HK	4 500	0,03%	99,48%
FR	12 500	0,08%	97,12%	HL	4 500	0,03%	99,51%
FS	12 500	0,08%	97,20%	HM	4 500	0,03%	99,54%
FT	12 500	0,08%	97,28%	HN	4 500	0,03%	99,57%
FU	12 500	0,08%	97,36%	HO	4 000	0,03%	99,59%
FV	12 500	0,08%	97,44%	HP	4 000	0,03%	99,62%
FW	12 000	0,08%	97,52%	HQ	3 500	0,02%	99,64%
FX	12 000	0,08%	97,60%	HR	3 424	0,02%	99,66%
FY	10 000	0,07%	97,66%	HS	3 286	0,02%	99,69%
FZ	10 000	0,07%	97,73%	HT	3 000	0,02%	99,71%

druh výrobku	počet vyr. kusů	četnost v %	kumulativní četnost v %	druh výrobku	počet vyr. kusů	četnost v %	kumulativní četnost v %
HU	3 000	0,02%	99,72%	IH	2 000	0,01%	99,92%
HV	2 800	0,02%	99,74%	II	1 750	0,01%	99,93%
HW	2 720	0,02%	99,76%	IJ	1 600	0,01%	99,94%
HX	2 500	0,02%	99,78%	IK	1 340	0,01%	99,95%
HY	2 500	0,02%	99,79%	IL	1 261	0,01%	99,96%
HZ	2 404	0,02%	99,81%	IM	1 250	0,01%	99,97%
IA	2 400	0,02%	99,82%	IN	1 250	0,01%	99,97%
IB	2 134	0,01%	99,84%	IO	1 000	0,01%	99,98%
IC	2 134	0,01%	99,85%	IP	1 000	0,01%	99,99%
ID	2 134	0,01%	99,87%	IQ	800	0,01%	99,99%
IE	2 032	0,01%	99,88%	IR	500	0,00%	100,00%
IF	2 032	0,01%	99,89%	IS	450	0,00%	100,00%
IG	2 000	0,01%	99,91%	IT	300	0,00%	100,00%
				SUMA	15 364 535	100%	

PŘÍLOHA P II: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU VSTŘIKOVÁNÍ

(Zdroj: vlastní zpracování)

Měření	Čas výstřiku [s]
1	76,2
2	76,7
3	76,5
4	76,4
5	76,0
6	74,5
7	74,2
8	74,7
9	74,1
10	74,4
11	75,7
12	75,3
13	75,4
14	75,0
15	75,6
16	76,4
17	76,5
18	76,2
19	76,8
20	76,4
21	74,2
22	74,7
23	74,5
24	74,1
25	74,4
Průměr	75,4

PŘÍLOHA P III: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU MONTÁŽE KROUŽKŮ

(Zdroj: vlastní zpracování)

Měření	Čas montáže [s]
1	22,1
2	20,5
3	21,7
4	21,1
5	22,4
6	20,3
7	21,7
8	22,0
9	20,6
10	21,9
11	24,3
12	22,8
13	20,7
14	21,0
15	23,4
16	22,5
17	21,7
18	21,3
19	19,7
20	20,9
Průměr	21,6

PŘÍLOHA P IV: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU TESTU TĚSNOSTI

(Zdroj: vlastní zpracování)

Měření	Čas testu těsnosti [s]
1	75,4
2	73,8
3	74,2
4	76,7
5	72,4
6	71,9
7	74,1
8	73,6
9	77,4
10	73,0
11	71,2
12	70,5
13	72,9
14	74,1
15	73,5
16	72,4
17	71,7
18	74,9
19	76,2
20	75,6
Průměr	73,8

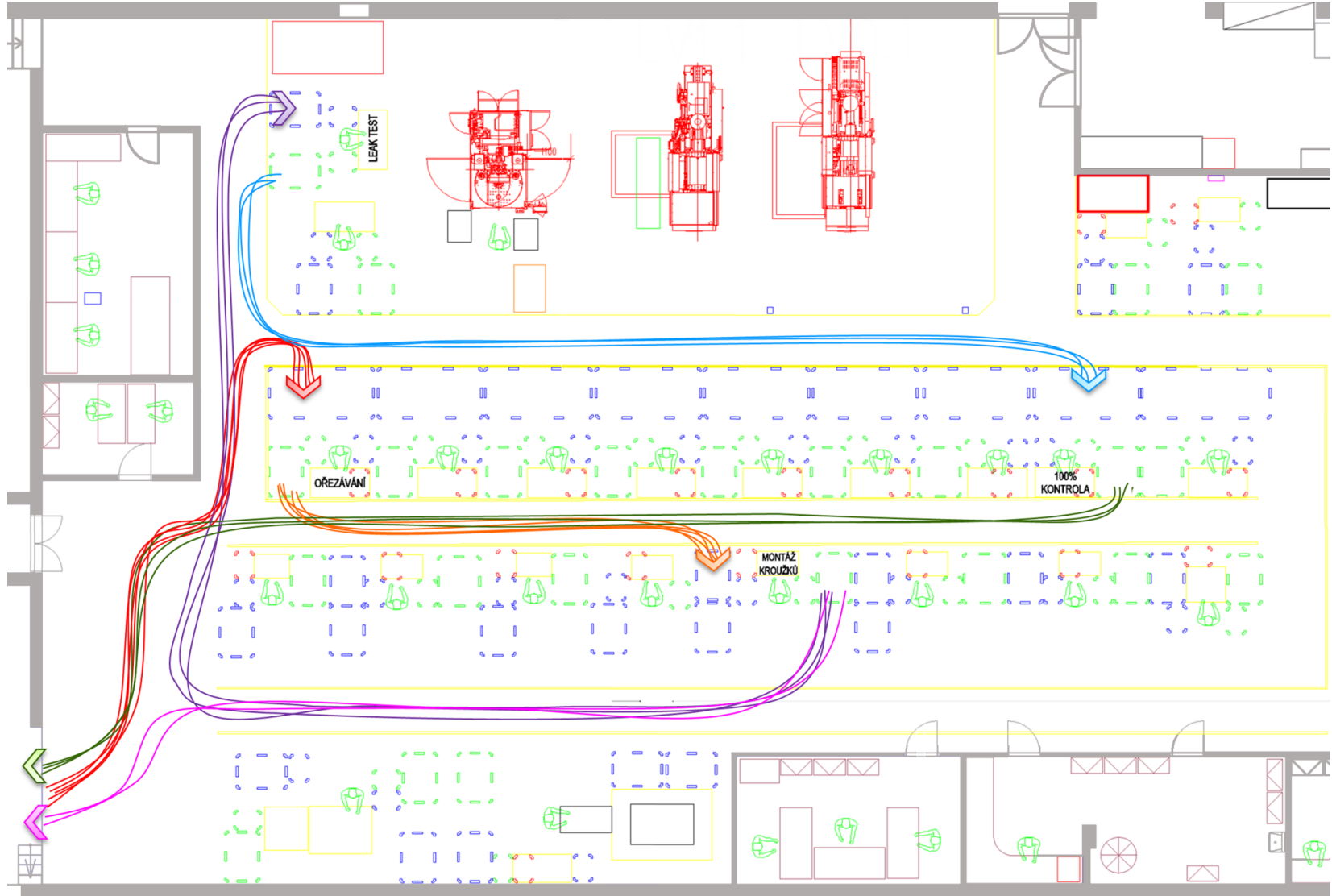
PŘÍLOHA P V: PŘÍMÉ MĚŘENÍ ČASU VÝSTUPNÍ KONTROLY

(Zdroj: vlastní zpracování)

Měření	Čas kontroly [s]
1	30,6
2	28,1
3	31,4
4	32,9
5	27,6
6	26,2
7	31,5
8	29,1
9	33,7
10	32,2
11	35,6
12	31,5
13	33,4
14	27,8
15	35,9
16	26,3
17	27,7
18	29,7
19	29,0
20	26,9
Průměr	30,4

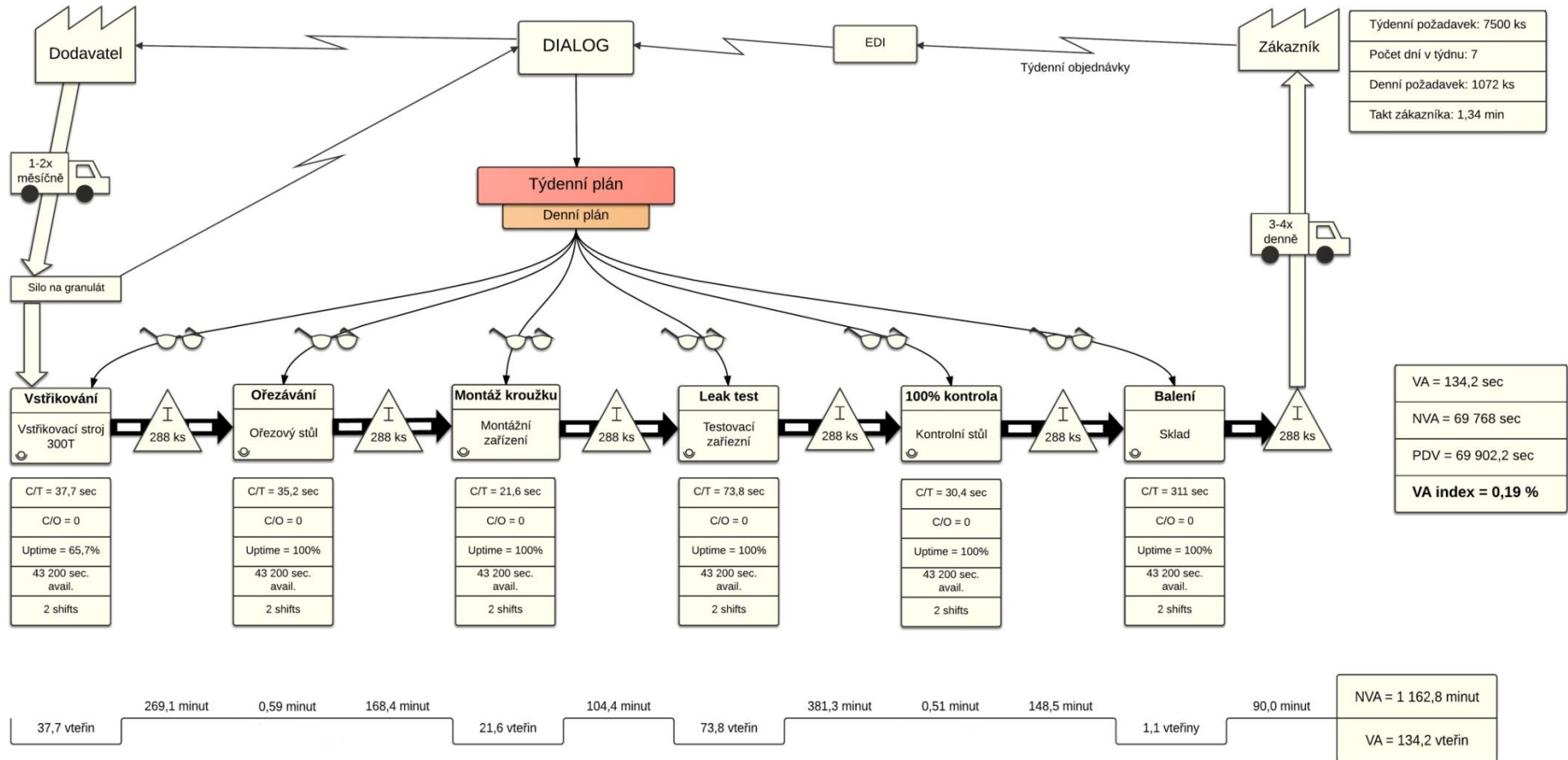
PŘÍLOHA P VI: SPAGHETTI DIAGRAM

(Zdroj: vlastní zpracování dle interního materiálu firmy)



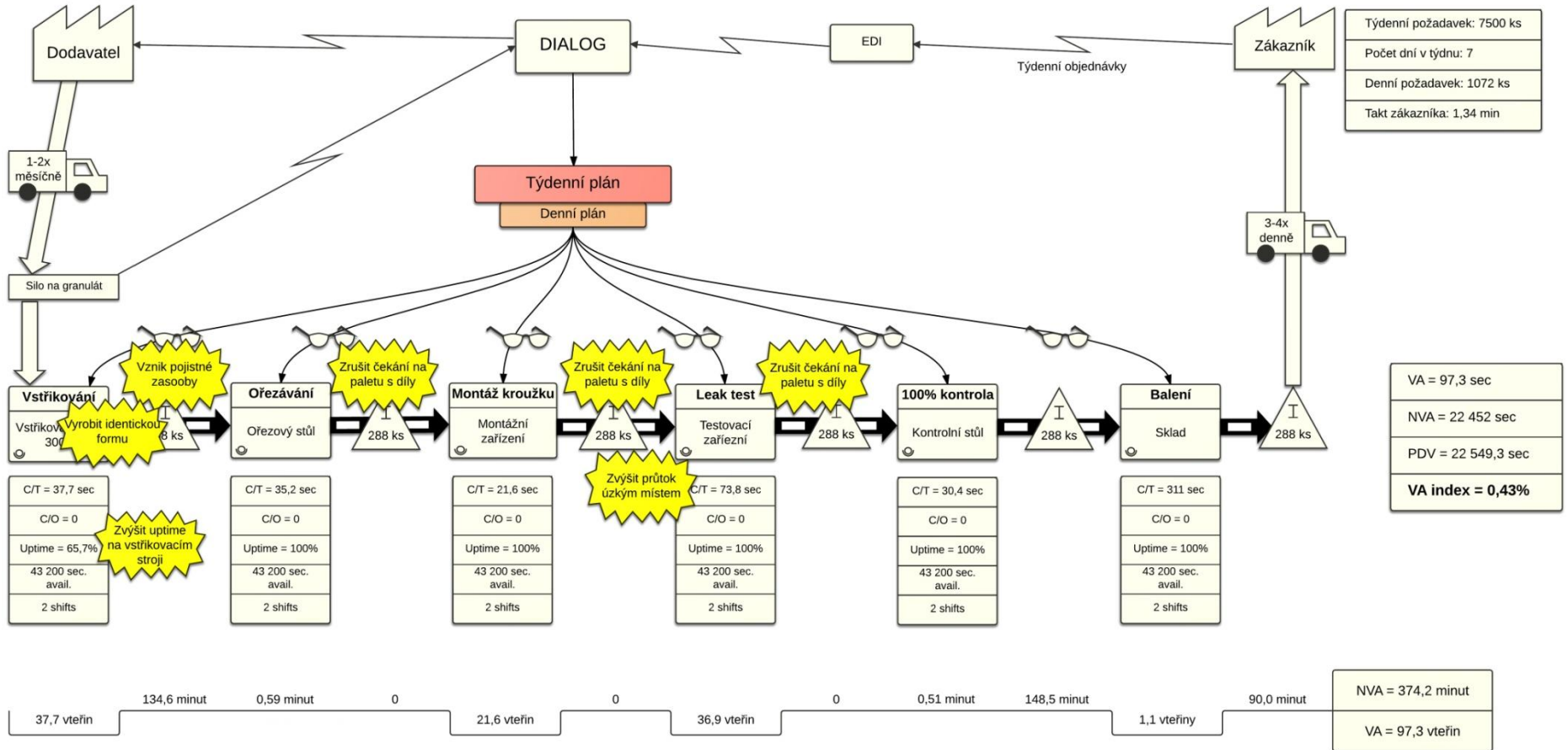
PŘÍLOHA P VII: VALUE STREAM MAPPING

(Zdroj: vlastní zpracování)



PŘÍLOHA P VIII: VALUE STREAM DESING

(Zdroj: vlastní zpracování)



PŘÍLOHA P IX: LOGICKÝ RÁMEC

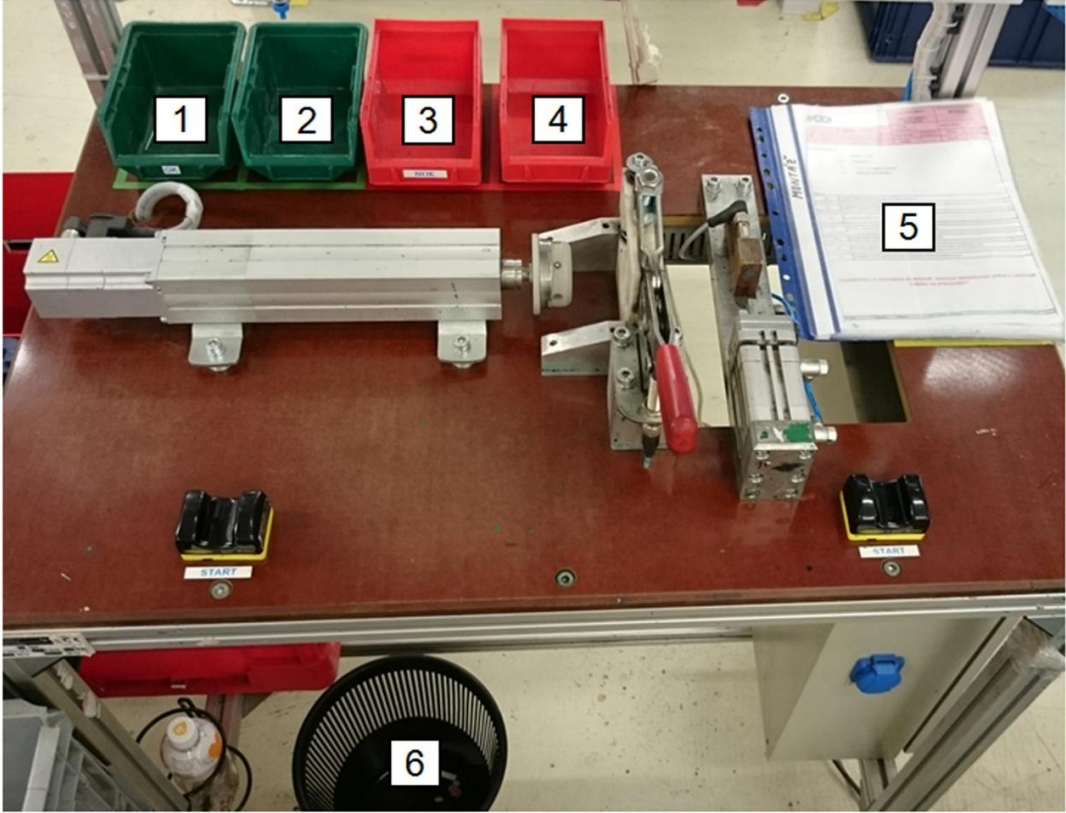
(Zdroj: vlastní zpracování)

Strom cílů	Objektivně ověřitelné ukazatele	Zdroje informací k ověření	Rizika
Hlavní cíl Zavedení metod štihlé výroby do výrobního procesu	Zkrácení průběžné doby výroby o 50 %	Výpočet, simulace	Nedostatek místa na montážní hale
Projektový cíl 1. Zeštíhlení vybraného výrobního procesu 2. Zkrácení materiálových toků 3. Zavedení metody 6S 4. Stanovení časových norem 5. Diplomová práce	Zkrácení průběžné doby výroby o 50 % Zkrácení materiálového toku o 40 % Přehledné uspořádání a pořádek na pracovišti Vytvořena norma spotřeby času Diplomová práce	Výpočet, simulace Procesní analýza, VSD Pracoviště a podpisová kontrolní karta pracoviště Dokumentace na pracovišti Stag UTB	Odkládání realizace projektu Propuštění klíčového člena projektového týmu Překročení plánovaného finančního rozpočtu Ukončení výroby daného výrobku
Výstup 1.1. Analýza současného stavu byla vypracována 1.2. Úzké místo bylo identifikováno 1.3. Návrh layoutu štihlé výroby byl vypracován 1.4. Layout štihlé výroby byl ověřen simulací 2.1. Materiálové toky byly zkráceny 3.1. Metoda 6S byla na pracovištích aplikována 4.1. Časové normy spotřeby času byly určeny 5.1. Vypracování diplomové práce	Měření, sledování, stopování, analyzování Měření, výpočet úzkého místa Výkres s novým layoutem Vypracována simulace Popsaná a spočítaná délka mat. toků Přehledné uspořádání a pořádek na pracovišti Vytvořena norma spotřeby času Diplomová práce	Špagetový diagram, procesní analýza, VSM Procesní analýza Program DraftSight Technomatrix Plant Simulation Procesní analýza, VSD Pracoviště a podpisová kontrolní karta pracoviště Dokumentace na pracovišti Stag UTB	
Aktivity 1.1.1. Popis procesů vykonávaných na pracovišti 1.1.2. Popis vizualizace, organizace a uspořádání pracoviště 1.1.3. Vizualizace procesů 1.1.4. Vizualizace pohybu manipulanta s materiálem 1.1.5. Zhodnocení analýzy současného stavu 1.2.1. Identifikace úzkého místa 1.3.1. Vypracování návrhu nového layoutu pracoviště 1.3.2. Návrh standardizace a vizualizace pracoviště 1.4.1. Vypracování simulace štihlé výroby 1.4.2. Ověření návrhu štihlé výroby simulací 2.1.1. Znázornění materiálových toků 2.1.2. Návrh na zkrácení materiálových toků 3.1.1. Zavedení metody 6S na pracovišti 3.1.2. Dohlédnutí na dodržování čistého pracoviště dle 6S 4.1.1. Aplikace metody Basic MOST 4.1.2. Aplikace chronometráže 5.1.1. Studium literatury pro diplomovou práci 5.1.2. Zpracování teoretické části 5.1.3. Zpracování praktické části 5.1.4. Odevzdání diplomové práce	Prostředky Pracoviště montáže Pracoviště montáže Metodika procesní analýzy Program DraftSight Metodika procesní analýzy Metodika procesní analýzy Program DraftSight Program DraftSight Technomatrix Plant Simulation Technomatrix Plant Simulation Program LucidChart, metodika procesní analýzy Program LucidChart Metodika 6S Metodika 6S Data karta a metodika MOST Znalost metodiky chronometráže Knihy, odborné časopisy, e-knihy Diplomová práce Diplomová práce Diplomová práce	Časový rámec aktivit 7/2015 zadání projektu 7/2015 - 9/2015 analýza současného stavu 9/2015 - 11/2015 vyhodnocení provedených analýz 11/2015 - 12/2015 realizace nápravných opatření 12/2015 - 2/2016 vypracování návrhu štihlé výroby 2/2016 schválení návrhu vedením 2/2016 - 4/2016 příprava pro realizaci štihlé výroby 4/2016 odevzdání Diplomové práce 4/2016 - 6/2016 realizace návrhu štihlé výroby 5/2016 - 6/2016 proškolení zaměstnanců 7/2016 prezentace výsledků zavedení štihlé výroby a ukončení projektu	Předběžné podmínky Téma schváleno vedoucí DP Projekt schválen vedením společnosti Projektový tým je sestaven Analýza současného stavu byla vypracována Vyhodnocení analýzy bylo uvedeno

PŘÍLOHA P XII: STANDARD USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ MONTÁŽE KROUŽKU

(Zdroj: vlastní zpracování)

LOGO	DRUH DOKUMENTU		STANDARD USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ		
	Název pracoviště:		Montáž kroužku	Revize:	0
	Číslo pracoviště:			Datum revize:	9.12.2015
VYBAVENÍ PRACOVIŠTĚ		JAK	KDY	JAK ČASTO	ODPOVĚDNOST
1	Zelený box - OK etalon	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
2	Zelený box - uvolněný kus	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
3	Červený box - NOK etalon	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
4	Červený box - NOK vstupní materiál	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
5	Dokumentace	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
6	Odpadkový koš	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor



Veškeré problémy sdělte nadřízenému

Vypracoval:	M.Krajíček	Validoval:		Strana:	
Podpis:		Podpis:			1 z 1
Datum:	09.12.15	Datum:	09.12.15		

PŘÍLOHA P XIII: STANDARD USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ TESTU TĚSNOSTI

(Zdroj: vlastní zpracování)

LOGO	DRUH DOKUMENTU		STANDARD USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠTĚ		
	Název pracoviště:	Test těsnosti	Revize:	1	
	Číslo pracoviště:		Datum revize:	18.2.2016	
VYBAVENÍ PRACOVIŠTĚ		JAK	KDY	JAK ČASTO	ODPOVĚDNOST
1	Dokumentace	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
2	Zelený box - uvolněný kus	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
3	Zelený box - OK etalon	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
4	Červený box - NOK etalon	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
5	Modrý box - těsnící desky a kroužky	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
6	Odpadkový koš	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor
7	Bedna na NOK kusy	Srovnat	Na konci směny / produkce	Denně	Operátor

Veškeré problémy sdělte nadřízenému

Vypracoval: M.Krajíček Podpis: Datum: 18.02.16	Validoval: Podpis: Datum: 18.02.16	Strana: 1 z 1
--	--	------------------



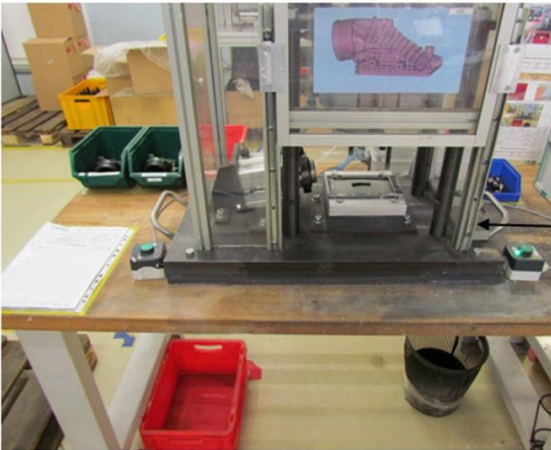
PŘÍLOHA P XIV: STANDARD ČISTÉHO PRACOVIŠTĚ MONTÁŽE KROUŽKU

(Zdroj: vlastní zpracování)

LOGO	DRUH DOKUMENTU					
	STANDARD ČISTÉHO PRACOVIŠTĚ					
	Název pracoviště:	Montáž kroužku	Revize:	0		
	Číslo pracoviště:		Datum revize:	9.12.2015		
vyprázdit box na NOK vstupní materiál a NOK kusy		otřít stůl				
						
srovnat předměty na stole dle standardu (zelený rámeček)						
 <p style="color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">ŠPATNĚ!</p>						
p.č.	Co třeba udělat	Jak čistit	Pomůcky	Kdy	Zodpovědná soboa	Čas trvání
1.	NOK vstupní materiál a NOK kusy	odnést na určené místo	-	na konci směny/produkce	operátor	2 min
2.	otřít stůl	navlhčenou utěrkou	utěrka	na konci směny/produkce	operátor	5 min
3.	srovnat předměty na stole dle standardu (foto)	srovnat	-	na konci směny/produkce	operátor	1 min
Veškeré problémy sdělte nadřízenému						
Vypracoval: M.Krajíček		Validoval:		Strana:		
Podpis:		Podpis:		1 z 1		
Datum: 09.12.15		Datum: 09.12.15				

PŘÍLOHA P XV: STANDARD ČISTÉHO PRACOVIŠTĚ TESTU TĚSNOSTI

(Zdroj: vlastní zpracování)

LOGO	DRUH DOKUMENTU		STANDARD ČISTÉHO PRACOVIŠTĚ			
	Název pracoviště:		Test těsnosti	Revize:	1	
	Číslo pracoviště:			Datum revize:	18.2.2016	
vyprázdit bednu na NOK kusy		otřít stůl				
		1				
		2				
srovnat predměty na stole dle standardu (foto)						
						3
p.č.	Co třeba udělat	Jak čistit	Pomůcky	Jak často	Zodpov.	Čas trvání
1.	NOK vstupní materiál a NOK kusy	odnést na určené místo	-	na konci směny/produkce	operátor	2 min
2.	otřít stůl	navlhčenou utěrkou	utěrka	na konci směny/produkce	operátor	5 min
3.	srovnat predměty na stole dle standardu (foto)	srovnat	-	na konci směny/produkce	operátor	1 min
Veškeré problémy sdělte nadřízenému						
Vypracoval: M.Krajíček		Validoval:		Strana: 1 z 1		
Podpis:		Podpis:				
Datum: 18.02.16		Datum: 18.02.16				

PŘÍLOHA P XVI: NORMA SPOTŘEBY ČASU MONTÁŽE KROUŽKU

(Zdroj: vlastní zpracování)

LOGO	DRUH DOKUMENTU		Norma spotřeby času																																																																																																																																																																																																																																									
	ČÍSLO DOKUMENTU		2015_51																																																																																																																																																																																																																																									
Výroba	Montáž kroužku		pozn.: 24 ks/bedna	Revize:		0																																																																																																																																																																																																																																						
Č. dílu	AW		24 ks/bedna	Datum:		14.12.2015																																																																																																																																																																																																																																						
Vytvořil	M.Krajíček		Podpis																																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">popis aktivity</th> <th>četnost</th> <th colspan="2">délka trvání aktivity</th> <th>stupeň výkonu</th> <th colspan="2">kalkulace</th> </tr> <tr> <th>počet</th> <th>min</th> <th>sec</th> <th>%</th> <th>min/ks</th> <th>sec/ks</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5">cyklické operace</td> <td>0,355</td> <td>21,30</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>založení dílu</td> <td>1/1</td> <td>0,07</td> <td>4,32</td> <td>100</td> <td>0,072</td> <td>4,32</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>založení kroužku + start stroje</td> <td>1/1</td> <td>0,07</td> <td>3,96</td> <td>100</td> <td>0,066</td> <td>3,96</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>montáž</td> <td>1/1</td> <td>0,11</td> <td>6,83</td> <td>100</td> <td>0,114</td> <td>6,83</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>značení dílu</td> <td>1/1</td> <td>0,10</td> <td>5,76</td> <td>95</td> <td>0,091</td> <td>5,47</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>umístění dílu do bedny</td> <td>1/1</td> <td>0,01</td> <td>0,72</td> <td>100</td> <td>0,012</td> <td>0,72</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">necyklické operace</td> <td>0,042</td> <td>2,50</td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>přemístění krabice z/na palety</td> <td>1/24</td> <td>0,33</td> <td>20,00</td> <td>100</td> <td>0,014</td> <td>0,83</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>příprava krabice, uzavření</td> <td>1/24</td> <td>0,33</td> <td>20,00</td> <td>100</td> <td>0,014</td> <td>0,83</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>evidence</td> <td>1/24</td> <td>0,17</td> <td>10,00</td> <td>100</td> <td>0,007</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>ostatní činnosti</td> <td>1/288</td> <td>2,00</td> <td>120,00</td> <td>100</td> <td>0,007</td> <td>0,42</td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5"></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="5">celkem spotřeba času</td> <td>min (s)/díl</td> <td>0,397</td> <td>23,80</td> </tr> <tr> <td colspan="5">přidavky procesu (chyby proc., únava, odpoč.)</td> <td>3%</td> <td>min (s)/díl</td> <td>0,01 0,71</td> </tr> <tr> <td colspan="5">spotřeba času / 1 díl</td> <td>min</td> <td colspan="2">0,409</td> </tr> <tr> <td colspan="5">spotřeba času / 1 díl</td> <td>sec</td> <td colspan="2">24,52</td> </tr> <tr> <td colspan="5">čas směny</td> <td>min</td> <td colspan="2">720</td> </tr> <tr> <td colspan="5">zákonná přestávka</td> <td>min</td> <td colspan="2">30 (operátor nahrazen)</td> </tr> <tr> <td colspan="5">zápočet času</td> <td>min</td> <td colspan="2">720</td> </tr> <tr> <td colspan="5">výkonová norma pro 1 pracovníka</td> <td>1762</td> <td colspan="2">dílů/směnu</td> </tr> <tr> <td colspan="5">výkonová norma pro 1 pracovníka</td> <td>73</td> <td colspan="2">beden/směnu</td> </tr> <tr> <td colspan="8">Schválil: _____ Datum: 14.12.2015 Podpis: _____</td> </tr> </tbody> </table>								popis aktivity	četnost	délka trvání aktivity		stupeň výkonu	kalkulace		počet	min	sec	%	min/ks	sec/ks	cyklické operace					0,355	21,30		1	založení dílu	1/1	0,07	4,32	100	0,072	4,32	2	založení kroužku + start stroje	1/1	0,07	3,96	100	0,066	3,96	3	montáž	1/1	0,11	6,83	100	0,114	6,83	4	značení dílu	1/1	0,10	5,76	95	0,091	5,47	5	umístění dílu do bedny	1/1	0,01	0,72	100	0,012	0,72	6								7								8								9								necyklické operace					0,042	2,50		10	přemístění krabice z/na palety	1/24	0,33	20,00	100	0,014	0,83	11	příprava krabice, uzavření	1/24	0,33	20,00	100	0,014	0,83	12	evidence	1/24	0,17	10,00	100	0,007	0,42	13	ostatní činnosti	1/288	2,00	120,00	100	0,007	0,42																	celkem spotřeba času					min (s)/díl	0,397	23,80	přidavky procesu (chyby proc., únava, odpoč.)					3%	min (s)/díl	0,01 0,71	spotřeba času / 1 díl					min	0,409		spotřeba času / 1 díl					sec	24,52		čas směny					min	720		zákonná přestávka					min	30 (operátor nahrazen)		zápočet času					min	720		výkonová norma pro 1 pracovníka					1762	dílů/směnu		výkonová norma pro 1 pracovníka					73	beden/směnu		Schválil: _____ Datum: 14.12.2015 Podpis: _____							
popis aktivity	četnost	délka trvání aktivity		stupeň výkonu	kalkulace																																																																																																																																																																																																																																							
	počet	min	sec	%	min/ks	sec/ks																																																																																																																																																																																																																																						
cyklické operace					0,355	21,30																																																																																																																																																																																																																																						
1	založení dílu	1/1	0,07	4,32	100	0,072	4,32																																																																																																																																																																																																																																					
2	založení kroužku + start stroje	1/1	0,07	3,96	100	0,066	3,96																																																																																																																																																																																																																																					
3	montáž	1/1	0,11	6,83	100	0,114	6,83																																																																																																																																																																																																																																					
4	značení dílu	1/1	0,10	5,76	95	0,091	5,47																																																																																																																																																																																																																																					
5	umístění dílu do bedny	1/1	0,01	0,72	100	0,012	0,72																																																																																																																																																																																																																																					
6																																																																																																																																																																																																																																												
7																																																																																																																																																																																																																																												
8																																																																																																																																																																																																																																												
9																																																																																																																																																																																																																																												
necyklické operace					0,042	2,50																																																																																																																																																																																																																																						
10	přemístění krabice z/na palety	1/24	0,33	20,00	100	0,014	0,83																																																																																																																																																																																																																																					
11	příprava krabice, uzavření	1/24	0,33	20,00	100	0,014	0,83																																																																																																																																																																																																																																					
12	evidence	1/24	0,17	10,00	100	0,007	0,42																																																																																																																																																																																																																																					
13	ostatní činnosti	1/288	2,00	120,00	100	0,007	0,42																																																																																																																																																																																																																																					
celkem spotřeba času					min (s)/díl	0,397	23,80																																																																																																																																																																																																																																					
přidavky procesu (chyby proc., únava, odpoč.)					3%	min (s)/díl	0,01 0,71																																																																																																																																																																																																																																					
spotřeba času / 1 díl					min	0,409																																																																																																																																																																																																																																						
spotřeba času / 1 díl					sec	24,52																																																																																																																																																																																																																																						
čas směny					min	720																																																																																																																																																																																																																																						
zákonná přestávka					min	30 (operátor nahrazen)																																																																																																																																																																																																																																						
zápočet času					min	720																																																																																																																																																																																																																																						
výkonová norma pro 1 pracovníka					1762	dílů/směnu																																																																																																																																																																																																																																						
výkonová norma pro 1 pracovníka					73	beden/směnu																																																																																																																																																																																																																																						
Schválil: _____ Datum: 14.12.2015 Podpis: _____																																																																																																																																																																																																																																												

PŘÍLOHA P XVII: NORMA SPOTŘEBY ČASU TESTU TĚSNOSTI

(Zdroj: vlastní zpracování)

LOGO	DRUH DOKUMENTU	Norma spotřeby času					
	ČÍSLO DOKUMENTU	2016_6					
Výroba	Test těsnosti	pozn.: 24 ks/bedna	Revize:	0			
Č. dílu	AW	24 ks/bedna	Datum:	10.2.2016			
Vytvořil	M.Krajčček	Podpis					
operátor provádí činnosti v překrytém čase							
popis aktivity	četnost	délka trvání aktivity		stupeň výkonu	kalkulace		
		počet	min		sec	min/ks	sec/ks
cyklické operace					0,515	30,90	
1	měření těsnosti	1/1	0,52	30,90	100	0,515	30,90
2	vyjmutí dílu	1/1	0,02	1,40	0	0,000	0,00
3	uvolnění šroubu, utažení šroubu	1/1	0,16	9,50	0	0,000	0,00
4	značení dílu + odložení do boxu	1/1	0,10	6,00	0	0,000	0,00
5	umístění dílu do fixačního zařízení č.2	1/1	0,05	2,80	0	0,000	0,00
6							
7							
8							
9							
necyklické operace					0,000	0,00	
10	přemístění krabice z/na palety	1/24	0,33	20,00	0	0,000	0,00
11	příprava krabice, uzavření	1/24	0,33	20,00	0	0,000	0,00
12	evidence	1/24	0,17	10,00	0	0,000	0,00
13	ostatní činnosti	1/288	2,00	120,00	0	0,000	0,00
celkem spotřeba času					min (s)/díl	0,515	30,90
přidavky procesu (chyby proc., únava, odpoč.)					3%	min (s)/díl	0,02 0,93
spotřeba času / 1 díl		min	0,530				
spotřeba času / 1 díl		sec	31,83				
čas směny		min	720				
zákonná přestávka		min	30		(operátor nahrazen)		
zápočet času		min	720				
výkonová norma pro 1 pracovníka					1357	dílů/směnu	
výkonová norma pro 1 pracovníka					57	beden/směnu	
Schválil: Datum: 10.2.2016 Podpis:							