

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Redukce průběžné doby koncové výroby brýlových skel

Autor: **Bc. Aleš PROCHÁZKA**
Vedoucí práce: **doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta strojní
Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Aleš PROCHÁZKA**
Osobní číslo: **S16N0067P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Název tématu: **Redukce průběžné doby koncové výroby brýlových skel**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Teoretická východiska
3. Popis použitých metod
4. Návrh řešení
5. Přínosy navrhovaného řešení
6. Závěr

Rozsah grafických prací: 0 výkresů

Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. KOŠTURIÁK J., FROLÍK. Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. 1. vyd. Praha: Alfa, 2006. ISBN B0-86851-38-9
2. MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Podnik světové třídy*. 1. vyd. Liberec Institut průmyslového inženýrství, 1997. ISBN 80-902235-1-6
3. MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Nové cesty k vyšší produktivitě*. 1. vyd. Liberec Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 80-902235-6-7
4. MAŠÍN, I. *Mapování hodnotového toku ve výrobních procesech*. 1. vyd. Liberec Institut průmyslového inženýrství, 2003. ISBN 80-902235-9-1
5. TUČEK, D., BOBÁK, R. *Výrobní systémy*. 2. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. ISBN 80-7318-381-1

Vedoucí diplomové práce: Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.

Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: František Kácha

Rodenstock ČR, s. r. o.

Datum zadání diplomové práce: 24. září 2018

Termín odevzdání diplomové práce: 24. května 2019



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2018

Prohlášení o autorství

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

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

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto děkuji svému vedoucímu práce doc. Ing. Milanu Edlovi, Ph.D. za pomoc při výběru tématu a odborné konzultace po celou dobu zpracovávání této diplomové práce. Dále děkuji celé své rodině za podporu během studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Procházka	Jméno Aleš	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Jméno Milan	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Redukce průběžné doby koncové výroby brýlových skel		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	63	TEXTOVÁ ČÁST	60	GRAFICKÁ ČÁST	3
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p>	<p>Zaměřením této diplomové práce je řešení reálného problému ve výrobě brýlových čoček zadán firmou Rodenstock s.r.o. v Klatovech. Očekávaným výsledkem je zmapování daného úseku procesu a produktů, odhalení zásadních nedostatků výroby tvořící prodlužování průběžné doby výroby a rozpracovanosti. Následně provést jejich zredukování minimálně o 5%.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA</p> <p style="text-align: center;">ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p>Štíhlá výroba, mapování hodnotového toku, průběžná doba výroby, rozpracovanost, racionalizace výroby</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Procházka	Name Aleš	
FIELD OF STUDY	2301T007 Industrial Engineering and Management		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Edl, Ph.D.	Name Milan	
INSTITUTION	ZČU – FST – KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Reduction of the continuous time of the final part of the spectacle glasses production		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	63	TEXT PART	60	GRAPHICAL PART	3
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	This diploma thesis is based on solving of real problem in production of spectacle glasses, assigned by company Rodenstock s.r.o. in Klatovy. The expected result is mapping of the specified production process sections and uncovering substantial deficiencies of manufacture which prolonged time of the continuous production and elaboration. Consequently eliminate at least 5 % of deficiencies.
KEY WORDS	Lean manufacturing; mapping of value stream; continuous production time; elaboration; production rationalisation

Obsah

1. Úvod.....	11
2. Teoretická část	12
2.1. Lean a štíhlá výroba.....	12
2.1.1. Osobnosti a důležité milníky štíhlé výroby.....	12
2.1.2. Principy štíhlé výroby, filosofie Lean	13
2.2. Plýtvání v procesech.....	14
2.2.1. Přeprava (Transport)	15
2.2.2. Skladování (Inventory)	15
2.2.3. Pohyb (Movement)	16
2.2.4. Čekání (Waiting).....	16
2.2.5. Nadvýroba (Overproduction).....	16
2.2.6. Nadbytečné zpracování (Overprocessing)	16
2.2.7. Vady (Defects)	17
2.2.8. Lidský potenciál.....	17
2.3. Příklady metod štíhlé výroby.....	17
2.3.1. Tahový výrobní systém – Kanban	17
2.3.2. Just in time	20
2.3.3. Total Productive Maintenance	20
2.3.4. SMED	21
2.3.5. Poka-yoke	23
2.3.6. Value Steam Mapping.....	24
3. Praktická část	28
3.1. Představení společnosti Rodenstock.....	28
3.2. Popis celé výroby.....	29
3.3. Výběr skupiny výrobků	33
3.3.1. Výrobní operace zvolené skupiny produktů.....	33
3.3.2. Návrh mapování – první způsob	38
3.3.3. Vybraný způsob mapování.....	40
3.4. Zobrazení současného stavu	40
3.4.1. Analýza současného stavu.....	44
3.4.2. Shrnutí analýzy mapy současného stavu	49
3.5. Zobrazení potenciálu ke zlepšení současného stavu.....	49
3.6. Zobrazení budoucího stavu.....	53
3.7. Zhodnocení výsledků.....	57

4. Závěr	60
5. Seznam použité literatury.....	62

Seznam obrázků

Obrázek 1 - 7 druhů plýtvání [8].....	15
Obrázek 2 - Schéma tlakového systému [9].....	18
Obrázek 3 - Schéma tažného systému [9].....	19
Obrázek 4 - Okruhy Kanbanu [10].....	20
Obrázek 5 - Schéma postupu zavedení TPM [13].....	21
Obrázek 6 - Obecné schéma úkonů přestavby stroje [14].....	22
Obrázek 7 - Princip využití metody SMED [14].....	23
Obrázek 8 - Příklad Poka-yoke [15].....	24
Obrázek 9 - Symboly pro mapu VSM [18].....	25
Obrázek 10 - Detail materiálového toku [18].....	27
Obrázek 11 - mapa VSM [17].....	27
Obrázek 12 - Rodenstock Klatovy [21].....	28
Obrázek 13 - Brýlová skla Rodenstock [22].....	29
Obrázek 14 - Leštění [23].....	30
Obrázek 15 - Barvení [23].....	31
Obrázek 16 - Mytí [23].....	32
Obrázek 17 - Paretův diagram.....	33
Obrázek 18 - Schéma procesu výroby.....	34
Obrázek 19 - Přeprava skel v karabičkách [23].....	34
Obrázek 20 - Umístění skla do „háčku" [23].....	35
Obrázek 21 - Ponorné lakování [23].....	36
Obrázek 22 - Kontrola laku[23].....	36
Obrázek 23 - Kalotování [23].....	37
Obrázek 24 - Povrstvování [23].....	38
Obrázek 25 - VSM mapa současného stavu.....	43
Obrázek 26 - Předtřízené zakázky na Přípravě [23].....	44
Obrázek 27 - Lakovací buffer [23].....	45
Obrázek 28 - VSM mapa kaizen.....	50
Obrázek 29 - VSM mapa budoucího stavu.....	56
Obrázek 30 - Obr. 18 - Průběžná doba výroby.....	58
Obrázek 31 - Rozpracovanost.....	59

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Tabulka mezioperační prostoje 46

Tabulka 2 - Tabulka hodnot NVA a VA jednotlivých produktů 46

1. Úvod

Zaměřením této diplomové práce je řešení reálného problému ve výrobě brýlových čoček. Požadavek byl zvolen samotnou firmou Rodenstock s.r.o. v Klatovech, kde také byla celá práce realizována. Očekávaným výsledkem je zmapování daného úseku procesu, odhalení zásadních nedostatků výroby tvořící prodlužování průběžné doby výroby, jejíž redukce je společně s úzce související rozpracovaností pro tuto práci prioritní. Vznikla zde jedinečná možnost pro uplatnění nabytých teoretických poznatků při studiu studijního oboru průmyslová inženýrství a management v praxi.

Diplomová práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou. První z nich pojednává o teoretických poznacích získaných z odborné literatury, které jsou důležité pro vypracování části praktické.

Prvotně se teoretická část věnuje obecně štihlé výrobě, jejímu vzniku, co představuje a k čemu je důležitá. Zmiňuje se o historii a důležitých milnicích popisujících dnešní pohled na tuto filosofii.

Základem štihlé výroby je zlepšování výrobních procesů a eliminace plýtvání. Proto bylo v dalším kroku teoretické části důležité zmínit jednotlivé druhy plýtvání a vytvořit jejich charakteristický popis. Následně se teoretická část zabývá vybranými metodami průmyslového inženýrství, které jsou důležité pro dosažení výše zmíněných cílů štihlé výroby.

Teoretickou část uzavírá pojednání o samotné metodě Value Stream Mapping, která je klíčová pro následující praktickou část. Kapitola postupně upřesňuje důležité pojmy jako jsou např.: hodnota výrobku, hodnotový tok a dále samotný princip spolu se zásaditostí metody. Takto zpracovaná teoretická část obsahuje důležité informace pro správný postup následující praktické části.

Jak již bylo zmíněno, druhá část této diplomové práce se zabývá samotným řešením reálného problému. Zde jsou implementovány teoretické poznatky z první části práce. Zpočátku je představena firma Rodenstock z hlediska její historie, struktury a obecných informací. Cílem celého snažení bylo zredukování průběžné doby výroby a rozpracovanosti minimálně o 5 % vzhledem k současnému stavu u vybrané skupiny produktů.

Jelikož výroba není vzhledem k nabízenému širokému sortimentu produktů jednotná, je nutné provést rozřazení produktového mixu do skupin a následně je analyzovat pro zvolení skupiny produktů. Pro možnost optimalizování dané části výroby bylo důležité její samotné analyzování pro seznámení s jednotlivými prováděnými operacemi a vzájemnými vazbami. Zde bylo výhodné využít právě zmíněnou metodu Value Stream Mapping, díky které lze vytvořit mapy současného stavu a získat přehled o hodnotovém toku. Důležitou součástí je výběr způsobu mapování pro nezkrácené zachycení všech důležitých ovlivňujících aspektů.

Díky provedení mapování, jehož výsledkem je mapa současného stavu, byly odhaleny nedostatky výroby v různých formách dříve zmíněného plýtvání. Zakreslením jednotlivých návrhů možností optimalizace procesu, vznikla mapa současného stavu s vyznačeným potenciálem vedoucím ke zlepšení. Následným projednáním jednotlivých možností vznikl výčet možností ke zlepšení. Dále je rozepsán způsob jejich možného implementování a vyobrazena navrhovaná mapa budoucího stavu.

Závěrem praktické části diplomové práce je porovnání současného a budoucího stavu, sloužící pro konečné zhodnocení celé práce.

2. Teoretická část

2.1. Lean a štíhlá výroba

Oba termíny spolu úzce souvisí, avšak nejedná se o výrazy stejného významu, jak by se na první pohled mohlo zdát.

Lean přístup lze definovat jako: „*sdržení principů a metod, jež se zaměřují na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jenž mají sloužit zákazníkům procesu.*“ [1]

Tento pohled označuje dané činnosti jako zcela zbytečné a nežádoucí, tudíž hovoříme o plýtvání. Lean byl v počátku vyvinut pro zlepšování podnikových procesů ve sféře průmyslové výroby, ale postupem doby začal inklinovat a využívat se i v dalších oborech. Často je spojován s různými přívlasky podle oblastí, kde se tato filosofie využívá. [1], [6]

Příkladem:

- Lean Production
- Lean Manufacturing
- Lean Leadership
- Lean Marketing
- Lean Programming
- Lean Services

a mnohé další. [6]

2.1.1. Osobnosti a důležité milníky štíhlé výroby

Výrazné prvky štíhlé výroby byly zaznamenány již v závodě Ford kolem roku 1910, v období rané masové výroby. Průmyslník a zakladatel dodnes známé automobilky Henry Ford využíval průlomové teorie mnoha velikánů. [1]

Jmenovitě jen pár příkladů. Eli Whitney, který vsadil při výrobě zbraní na vyměnitelnost jednotlivých částí bojových strojů. Frederick W. Taylor a jeho technokratický přístup k řízení. V hromadné výrobě kladl důraz na normování a ergonomii jednotlivých pracovních pohybů. Vytvořil zásady řízení, které následně publikoval ve své knize s názvem Principles of Scientific Management vydané v r. 1911. Henry Gantt americký strojní inženýr a konzultant managementu, proslaven zejména vytvořením tzv. Ganttova diagramu v roce 1910. Frank Gilberth, který zkoumal práci stavebních dělníků převážně z pohledu času a pohybu. Zjistil míru nesourodosti úkonů jednotlivých pracovníků vedoucích k vykonání stejného pracovního úkolu. Navrhnutím nejlepšího způsobu standardizoval postupy vedoucí k zjednodušení. Dosahoval k snížení počtu pracovních úkonů, například u kladení cihel nebo při stavbě lešení z počátečních 18 na 5. [1], [3], [4], [5]

Henry Ford jako první setřídil veškeré úkony výroby do jediné výrobní linky a vyrobil první sériově vyráběný automobil – legendární Ford model T, jenž „postavil Ameriku na kola“. Ford vsadil na jednoduchost a náklady mimo jiné snižoval i absencí možnosti výběru. Například Ford model T se vyráběl pouze v černé barvě z důvodu rychlejšího schnutí oproti ostatním barvám. Zde vznikl jeden z jeho slavných výroků mířeným zákazníkům: „Mohou si přát jakoukoliv barvu, pokud to ovšem bude černá“. [1], [2]

Následníci Henryho Forda pochopili, že se čím dál více musí brát ohledy na přání zákazníka a masovou výrobu nahradilo masové přizpůsobování.

Jedním z následujících osobností štihlé výroby byl přemýšlivý manažer výrobní linky Taiichi Ohno pracující ve společnosti Toyota. Společnost byla v polovině dvacátého století na pokraji krachu, kdy si nemohla dovolit velké investice, avšak potřebovala ustoupit od masové výroby právě ke kratším a mnohem flexibilnějším cyklům dodávek menších typových řad. V závislosti na velkém tlaku způsobeného problémy firmy, Ohno se svým kolegou představili metodiku rychlé představy s názvem SMED (Single Minute Exchange of Die). Předlohou byla práce techniků v depu tradičního závodu Indy 500 při návštěvě USA. Druhý poznatek z cest byl z obchodu s potravinami. Při nízké zásobě zboží na polici byla vyvolána řízená reakce pro doplnění ze skladu. Tato skutečnost vnukla Ohnovi myšlenku, že není výhodné objednat vše ve velkém množství bez ohledu na aktuální potřebu, ale objednávat cíleně a v relativně malém množství. Tyto postřehy značně ovlivnily jeho budoucí návrhy na zlepšení. Následně byl v Toyotě vytvořen propracovaný systém řízení s názvem Toyota Production System znám pod zkratkou TPS, se kterým jsou spojovány kořeny Lean. [1]

James Womack poprvé použil termín „štíhlá výroba“ ve smyslu jak jej známe dnes. Womack vystudoval v oblasti politických věd, ale zabýval se srovnávací studií systémů řízení průmyslu ve Spojených státech, Německu a Japonsku. Se svým kolegou Danielem Jonesem publikoval v roce 1990 knihu *The Machine That Changed the World* a následně rozšířil své myšlenky roku 1996 v knize *Lean Thinking*. Womack spojil jednotlivé metodiky do uceleného systému zabývajícího se nejen výrobními procesy, ale předpokládal rozsah do celé organizace. [1]

V průmyslu se začal Lean uznávat jako jeden z univerzálních nástrojů pro zlepšování podnikových procesů. Jeho funkčnost byla s úspěchem ověřena i v bankovníctví, zdravotnictví nebo službách. [1]

2.1.2. Principy štihlé výroby, filosofie Lean

Jak je již naznačeno výše, štihlá výroba je pouze část metodologie Lean.

Jedná se o soubor metod, nástrojů a principů soustřeďujících se na výrobní problematiku (výrobní linku, pracoviště, strojní zařízení, dělníky). Podobně jako Lean má za úkol zkrátit průběžnou dobu odstraněním plýtvání v dodavatelsko-odběratelském řetězci. [7]

Obecné základní principy prosazované filosofií Lean jsou:

- Hodnota z pohledu zákazníka procesu – výrobek či služba poskytnutá zákazníkovi v čase spolu s cenou odpovídající jeho potřebě
- Hodnotový řetězec – proces je sledem po sobě jdoucích kroků, vytvářejících hodnotu výrobku či služby od úplného počátku až po předložení zákazníkovi.
- Tok – produkt by měl být stále v pohybu s neustále navyšující se hodnotou.
- Řízení potřebami zákazníka – nepřevyšovat poptávku nabídkou, nahrazení tradiční výroby na sklad zakázkovou výrobou.
- Úsilí o dosažení dokonalosti – vyjadřuje snahu o snížení úsilí, nákladů, času, potřebných prostor, chyb a závad při aktuální výrobě nebo poskytování služeb vytvářených ke spokojenosti zákazníka. [1]

Metodologie je postavena na cyklickém přístupu ke zlepšování procesu, kde se soustředí na menší kroky, které následnou interakcí zapříčiní pozorované celkové zlepšení. Tento postup kladně přispívá ke snižování možných negativních důsledků aplikovaných návrhů na zlepšení. Pokud mají být analytické nástroje a metody využívané metodikou Lean opravdu účinné, musí se stát součástí filozofie podniku. [1]

Lean je využíván ke zvýšení výkonosti procesu a snížení operačních nákladů. Je účinnou metodologií pro zkracování doby mezi vstupem a výstupem produktu v procesu, zjednodušení a napřímení procesů.

Důvody zavádění metodologie Lean v praxi:

- Tlak zákazníka na snižování ceny
- Navyšování konkurenceschopnosti
- Zvyšování poptávky
- Zkracování dodávacích časů
- Zvýšení tržního potenciálu zlepšením kvality vytvářeného produktu
- Snižování skladových zásob
- Tlak vlastníků na vyšší návratnost kapitálu

a další. [1]

Jak již bylo zmíněno výše, Lean je souborem metod k efektivnějšímu řízení. Tyto metody, nástroje jsou nejúčinnější při vzájemné interakci.

Jedná se například o:

- 5 S
- 5 Proč
- JIT
- Kanban
- Kaizen
- Poka-Joke
- SMED
- TPM
- VSM

[6]

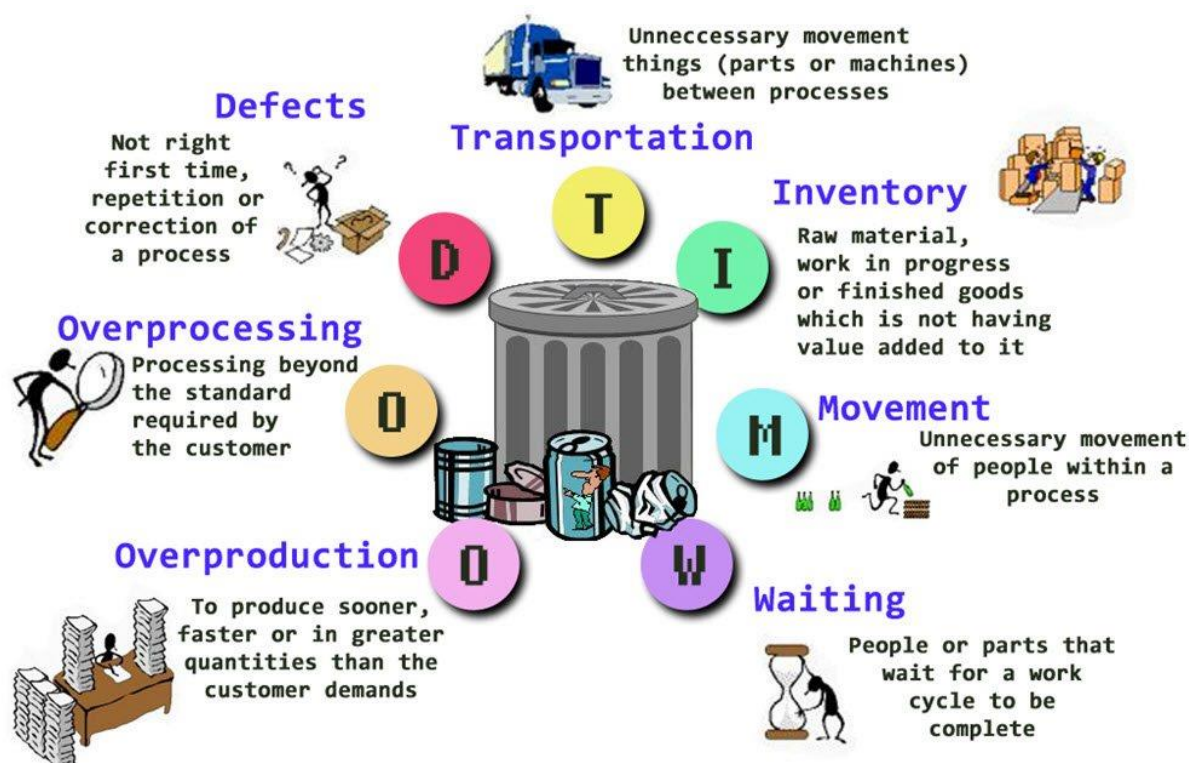
2.2. Plýtvání v procesech

Za plýtvání jsou považovány všechny činnosti nebo náklady, které nenavýšují hodnotu produktu v procesu.

Plýtvání podrobně popisuje již zmíněný systém TPS, který rozděluje výrobní neefektivitu na 3 hlavní skupiny označované japonskými slovy MURI, MURA, MUDA, kde MURI eliminuje přetížení nebo zahlcení výroby, MURA řeší výpadky a odstraňováním plýtvání zabývá MUDA.

[8]

Muda rozlišuje 7 druhů plýtvání, zařité pod zkratkou TIMWOOD, která vznikla z počátečních písmen viz obrázek 1.



Obrázek 1 - 7 druhů plýtvání [8]

2.2.1. Přeprava (Transport)

Náklady na transport pokrývá výrobce, a tím se okrádá o vyšší zisk. Mezi náklady nepochybně patří pořizovací cena a servis transportních strojů, personál daných strojů, prostor pro transportní cesty, navýšení nekvality přepravou, případný obalový materiál pro zamezení poškození nebo při přepravě více kusů produktu, ale i prodlužování doby výroby a celkové zkomplikování logistiky celé výroby.

Obecně se tato situace vyskytuje z důvodu nadprodukce a neproduktivního uspořádání layoutu výroby. Při produktivně uspořádaných po sobě jdoucích procesů, může být problém ve zbytečné vzájemné vzdálenosti jednotlivých stanovišť. Dále bývá problémem špatné situování výroby vzhledem ke místu skladování, vstupu materiálu v počátečním výrobním procesu nebo výstupu již hotového produktu z výroby vzhledem k exportnímu místu.

V mnoha případech vznikají nasčítáním veškerých nákladů na přemístování vysoké náklady, které tvoří velký potenciál ke zlepšení. [8]

2.2.2. Skladování (Inventory)

Druhou složkou ve zkratce TIMWOOD je skladování. Jedná se o hromadění momentálně nepotřebného materiálu.

Ve štíhlé výrobě je princip "právě včas" důležitou koncepcí, která zahrnuje výrobu produktu dle toho, co zákazník chce, a právě když to potřebuje. Pokud se nepodaří v těchto principech uspět, konečným výsledkem je nadprodukce a tvorba zásob.

Důvody pro tvoření zásob mohou být cyklické nebo nepravidelné zásobování vlivem opoždění zakázek od dodavatelů. Nutí organizaci k vytvoření kritické či příruční zásoby na vlastní náklady pro eliminaci nepřijatelných rizik při absenci materiálu ve výrobě. Další

problematikou, kde jsou zásoby potřebné, může být pokrytí kolísání výroby z důvodu výpadku jednotlivých výrobních strojů. Ovšem se v obou případech jedná pouze o zakrytí jiného druhu plýtvání.

Tvorba zásob před jednotlivými procesy je typickým jevem pro podniky, které řídí výrobu tlakem, a ne na základě potřeb samotných pracovišť. Zásoba se tvoří před procesy s nižší výrobní kapacitou než předchozí, vzniká tak potřeba skladovacích prostor, zvyšování rozpracovanosti výroby a prodlužování doby výroby.

Rozšířeným typem plýtvání jsou sklady hotových výrobků, které vznikají, pokud produkce převyšuje množství požadované od zákazníka. V ideálně nastavených procesech není nutnost žádných skladů. [8]

2.2.3. Pohyb (Movement)

Jedná se, podobně jako u plýtvání přepravou o pohyb nepřinášející produktu žádnou hodnotu, nic, za co je zákazník ochoten zaplatit. Zaměřuje se na veškeré pohyby produktu, ale i pracovníka uvnitř procesu, kdežto transport probíhá mezi procesy výroby.

Častým zbytečným pohybem je nadměrné přecházení zaměstnanců z důvodu špatného uspořádání pracoviště. Typické jsou také pohyby, kterými si zaměstnanec ulehčuje od nepohodlné či až bolestivé pozice způsobené špatnou ergonomií pracoviště. V minulosti byla opomíjena ergonomie, nyní je uznávaným a žádaným oborem právě pro zefektivňování pracovního prostředí přizpůsobováním strojů člověku a tím snižování plýtvání zbytečnými pohyby.

Posledním zmíněným zbytečným pohybem je hledání náradí, součástek nebo samotného výrobku. Je prokázáno, že mnohem více času zabere hledání, než odkládání věcí na předem určená a vyznačená místa. Touto problematikou se zabývá níže zmíněná metoda 5 S. [8]

2.2.4. Čekání (Waiting)

Zahrnuje jakoukoliv dobu nečinnosti způsobenou nedostatečnou synchronizací dvou vzájemně závislých postupů. Může se jednat o osoby, stroje, výrobky i informace, které ovlivňují schopnost pracovníků čekat nebo pracovat neproduktivně. Příkladem může být výpadek stroje, kdy obsluha čeká na znovu zprovoznění stroje, čekání na materiál způsobené problémem vzniklým ještě před pozorovaným procesem nebo chybným plánováním či řízením výroby.

Čekání jednoduše znamená, že se na produkt zvyšují náklady bez přidání jakékoliv hodnoty. Tyto náklady na čas strávený čekáním jsou nakonec přímo promítnuty do zisku organizace. [8]

2.2.5. Nadvýroba (Overproduction)

Je označována jako vůbec nejhorší typ plýtvání. Lze ji rozdělit do dvou kategorií. První kategorie spočívá v tom, že vyrábíme něco předtím, než je potřeba skutečně vytvořena a druhá kategorie produkuje produkt nad rámec požadovaného množství, což vede k navyšování nároků na skladování.

Základním cílem by mělo být vyrobení pouze zákazníkem požadovaného produktu, a to jen v objednaném množství. [8]

2.2.6. Nadbytečné zpracování (Overprocessing)

Jedná se o provádění pracovních operací pro zákazníka, které přesahují jeho skutečné potřeby. Existují různé příklady, které prokazují nadměrné zpracování, jako je lakování oblastí, které

nebudou vůbec pozorovány, vytváření tolerancí, očištění a balení výrobku více, než je požadovaná úroveň.

Dalším druhem nadbytečného zpracování je použití neefektivních a komplikovaných technologií pro výrobu. Lze mu zabránit standardizací nejvýhodnějších metod, které budou pracovníci dodržovat, dále pak stanovením jasných podmínek a přijetí standardů kvality. [8]

2.2.7. Vady (Defects)

Poslední zmiňovanou složkou plýtvání ve zkratce TIMWOOD jsou vady. Rozumíme jimi produkty nebo služby, které nevyhovují požadavkům zákazníka. Vznikají během výrobního procesu, kdy je špatný kus označen jako zmetek.

Podnikáním nestandardní činností ve snaze o opravení nekorektního kusu či potřebě vyrobení nového kusu při vyhodnocení zmetku za neopravitelný. Touto skutečností vzniká plýtvání formou nadbytečného čerpání času, energie i materiálu. Dopadem je zvyšování nákladů na výrobu a prodlužování schopnosti dodat výrobek zákazníkovi.

Náklady na tuto složku jsou obvykle popisovány jako ledovec. Jednotlivými procesy navyšujeme hodnotu produktu, tudíž nejvyšší náklady budou při vyzmetkování v konečném procesu. Do polotovaru je investována hodnota všech předchozích procesů.

Pro snížení nadbytečných nákladů vznikají mezikontroly zajišťující vyřazení chybného polotovaru přímo po vytvoření vady, a tím zamezení navyšování nákladů na zmetek. Dále je kladen větší důraz na konečné procesy, aby nedocházelo k chybám. [8]

2.2.8. Lidský potenciál

Až v posledních desetiletích byl přidán osmý druh plýtvání v podobě nedostatečného využití potenciálu zaměstnance. Tím je myšleno zkoumání jednotlivých procesů z pohledu potřebné kvalifikace obsluhy při zajištění spolehlivého chodu. Pokud má personál vyšší kvalifikaci, jedná se o plýtvání.

Pokud existují nástroje, kterými je možno snížit potřebnou kvalifikaci obsluhy procesu za udržení spolehlivého chodu, pak je zaměstnávání vysoce kvalifikovaných lidí bráno jako plýtvání.

Lze se také zaměřit na jednotlivé zaměstnance, zkoumat jejich potenciál a využít jej navýšením kvalifikace, přesunem zaměstnance na výhodnější pracoviště či ponechání na stávajícím místě.

2.3. Příklady metod štíhlé výroby

Jak již bylo řečeno, štíhlá výroba se zavádí v případech, kdy je řešením daného problému zvýšení výkonnosti procesů a snížení výrobních nákladů. Mohou se projevovat mnoha způsoby, a proto je zapotřebí zavádět celou škálu nástrojů. [1]

Tato kapitola zmiňuje jen některé z používaných metodik a principů štíhlé výroby.

2.3.1. Tahový výrobní systém – Kanban

Pochází z Japonska a jedná se o dílenský výrobní systém řízení. Název Kanban vznikl složením japonských slov kan v překladu karta a ban, což znamená signál. Základní myšlenkou Kanbanu je nepřetěžovat systém nadbytečnou komponentou a řídit procesy tak, aby v každé části systému bylo jen nutné množství zásoby pro nenarušení výrobního toku.

Toto řízení se provádí z pohledu odběratele, jelikož systém předpokládá, že lze dané procesy rozdělit na dodavatele a zákazníka při striktně vytýčených okruzích procesů, které dodávají či odebírají produkt.

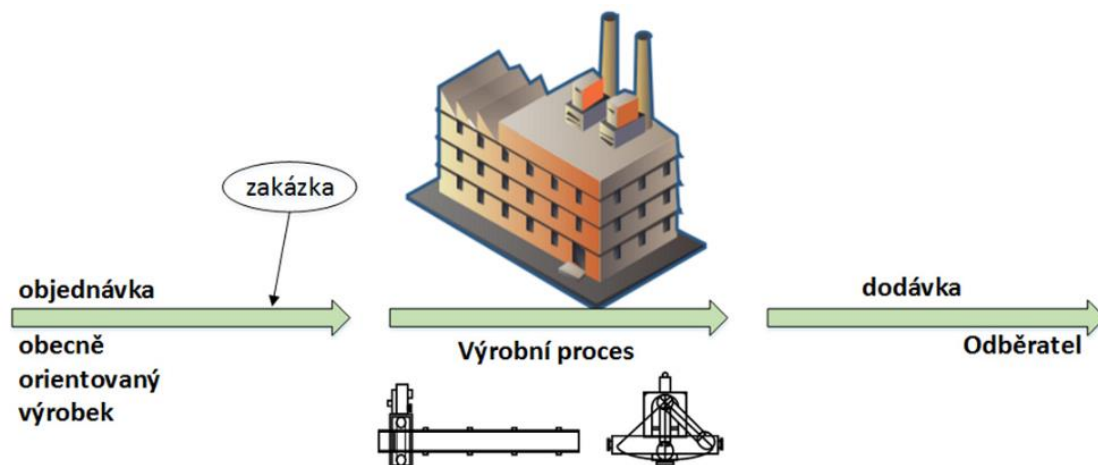
Nosičem informace o potřebě jednotlivých procesů, jak již napovídá název, jsou karty, které kolují v daném okruhu. Celá výroba často představuje poměrně složitý řetězec jednotlivých procesů, kdy je vytvořeno hned několik Kanbanových okruhů potřebných pro řízení.

Modernizací přechází systém karet na množství softwarové podpory, která získává data pomocí čtecích zařízení, tím eliminuje možnou ztrátu fyzických karet a zmenšuje prodlevu informačního toku.

Tah a tlak

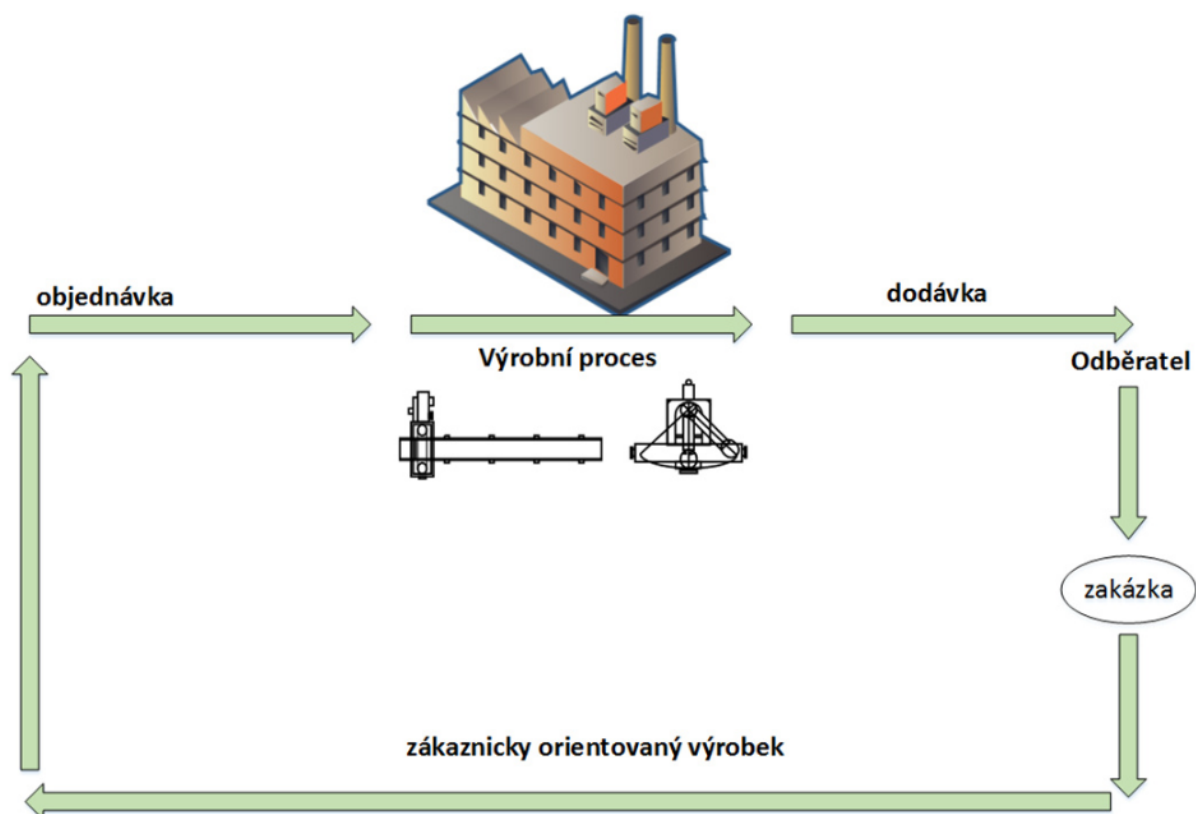
Rozdíl mezi řízením výroby tlakem a výrobou tahem pomocí Kanbanu či jiných tahových systémů řízení spočívá v pozici zákazníka vzhledem k dodavateli.

Tlačné systémy řízení probíhají bez ohledu na potřeby zákazníka, spoléhají na nedostatek vyráběného zboží na trhu. Typickým příkladem je plánované hospodářství, kde se podnik řídí stanoveným plánem, kde zajištění odbytu způsobuje nedostatek komodity na trhu. Grafické znázornění viz obrázek 2.



Obrázek 2 - Schéma tlakového systému [9]

Díky tomu, že v tahovém systému výše nabídky převyšuje poptávku, je dodavatel nucen více naslouchat přáním zákazníka a tvořit pro jeho potřebu řadu možností či kombinací výrobního portfolia. Nejvyšší formou jsou katalogy jednotlivých dílů výrobku a zákazník si dle svého uvážení vybere mix komponentů požadovaného výrobku dle svých individuálních potřeb. Vzniká objednávka, možno ji chápat jako kanbanovou kartu, která stojí na počátku celého výrobního systému. Znázornění tahového systému na obrázku 3.



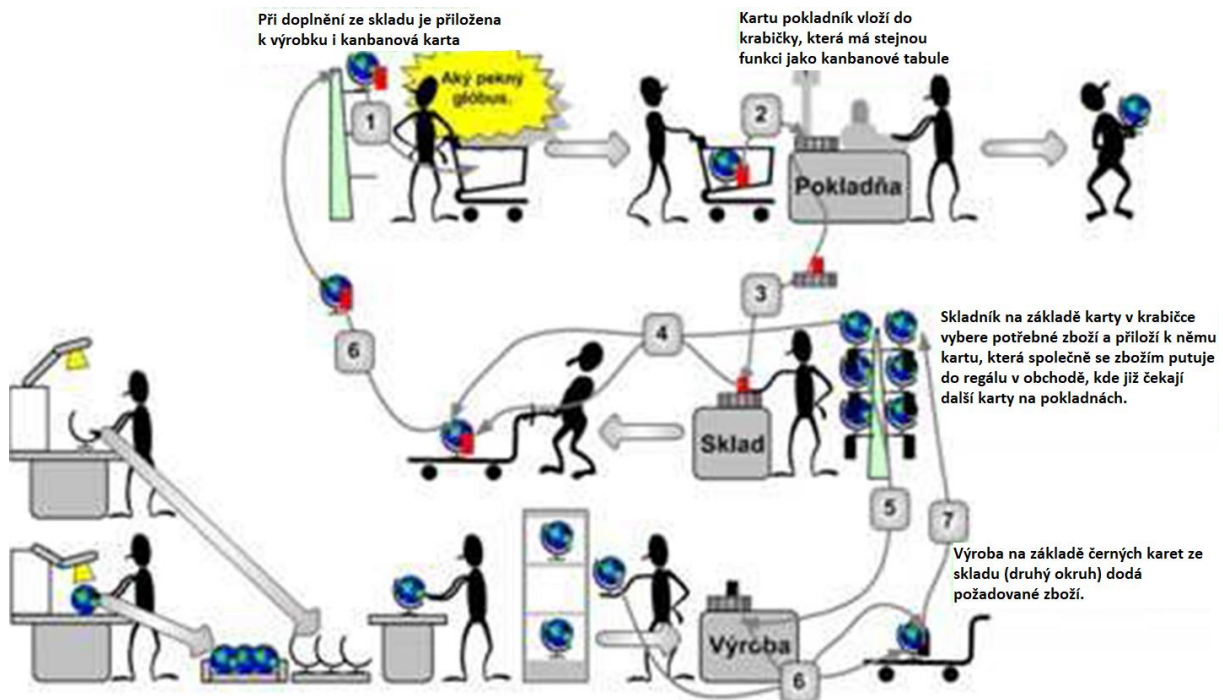
Obrázek 3 - Schéma tažného systému [9]

Není pravidlem, že celá výroba je řízena pouze tlakovým nebo tažným systémem, může vzniknout i jejich kombinace. Typickým vyznačem kombinovaného řízení jsou, z pohledu přijímání zakázek od spotřebitele, automobilové podniky. Například motory jsou řízeny tlakovými systémy a zákazník má pouze velmi omezený výběr (je tlačěn do typu vyráběného motoru pro daný typ automobilu), naopak pro výběr interiéru či barvy existuje celá škála možností.

Princip Kanbanu

Existuje přesně definovaná zásoba materiálu, polotovarů nebo dílů vzhledem k objemu a taktu výroby. Položky v zásobě jsou opatřeny kanbanovými kartami, které při odebrání položky ze zásoby putují na kanbanovou tabuli příslušného pracoviště. Dodavatel (předchozí pracoviště) si v určeném časovém cyklu odebere všechny karty umístěné na tabuli, které jsou chápány jako objednávka či potřeba zákazníka. Bez těchto karet není možné provést dodávku, a to i vzhledem k aktuálnímu stavu plánu, jinak je hrubě porušen řád kanbanu.

Tento cyklus je jedním kanbanovým okruhem. Jak již bylo uvedeno, cesta od počátku výroby až k samotnému uživateli často obsahuje hned několik takových okruhů. Z toho vyplývá, že jedno stanoviště bývá jak dodavatelem následujícího, tak zákazníkem či odběratelem předchozího stanoviště. Znázorněno na příkladu doplňování zboží v obchodě viz obrázek 4. [9]



Obrázek 4 - Okruhy Kanbanu [10]

2.3.2. Just in time

Mnohdy označovaná jen pod zkratkou JIT je metoda řízení logistiky zaměřující se na minimalizování dopravních a skladovacích nákladů v organizaci logistických toků. Metoda vznikla v japonské firmě Toyota. První koncepty vznikaly již roku 1926, ale největšího rozšíření se dočkala až v 80. letech 20. století v USA a Japonsku.

Nápadně připomíná koncept předchozí metodiky Kanban, ale u JIT je daleko vyšší požadavek na naprostou koordinaci všech souvisejících procesů a toků. Veškeré výpadky, ať z důvodu výpadku stroje či opožděným zásobováním, bývají velkým problémem s vysokým dopadem na náklady. [11]

Řízení již neprobíhá kartami znázorňujícími potřeby zásobovaného pracoviště, ale striktně daným plánem výroby.

Proces probíhá bez tvorby skladů, kdy jednotlivé potřebné komponenty přichází formou subdodávek do procesu v přesně stanovený čas, přesném množství a na předem určené místo.

Typickým druhem výroby využívající tento koncept řízení je automobilový průmysl. Pro vyrábění enormního množství není výhodné a mnohdy ani možné tvoření větších zásob. Mnoho dodavatelských firem jsou na zakázkách automobilek existenčně závislé a mají o to přísnější požadavky na kvalitu. V současné době není výjimkou stavění skladů dodavatelských firem v blízkosti automobilových závodů či pronajímání prostor přímo v automobilce.

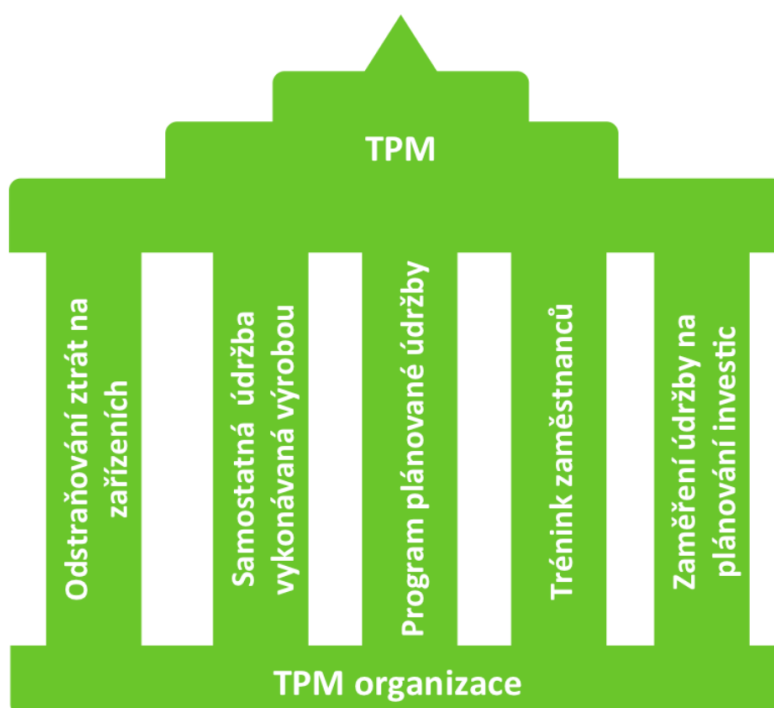
2.3.3. Total Productive Maintenance

Zkratka TPM je překládána jako Totálně produktivní údržba. Metoda klade důraz na tři základní cíle navyšující efektivnost stroje: nulové neplánované prostoje, nulové ztráty rychlosti stroje a nulové vady způsobené stavem strojů.

Zavádění TPM ve štihlé výrobě je důležité z pohledu snižování neplánovaných výpadků, to znamená větší spolehlivost strojů, která je nezbytná pro efektivní plánování. Stejněmu problému napomáhá zamezení ztráty rychlosti strojů i třetí zmiňovaný cíl TPM, který eliminuje tvorbu zmetků. Následně tyto skutečnosti umožňují zavádění Just in time nebo dalších metodik a nástrojů štihlé výroby.

Jedná se o souhrn postupů a nástrojů určených nejen oddělení údržby, ale měla by ovlivnit každého zaměstnance firmy. Maximální potenciál TPM může být využit, pouze pokud se stane nedílnou součástí kultury celé společnosti. Při neúplném zavedení myšlenek TPM, nedostatečné podpoře v prosazování od managementu nebo pokud zaměstnanci nechápu a neprosazují prvky TPM, nemůže metoda fungovat správně. [12]

Při zavádění Totálně produktivní údržby je potřeba klást důraz na úkony vyobrazené na obrázku 5.



Obrázek 5 - Schéma postupu zavedení TPM [13]

2.3.4. SMED

Zkratka pro Single Minute Exchange of Dies. Metoda zabývající se zkracováním času mezi dokončením posledního kusu stávající produkce až po vyrobení prvního dobrého kusu nové produkce neboli doba přestavby stroje. Metoda považuje přestavby za druh plýtvání, který se snaží maximálně minimalizovat. Často bývá i součástí programu TPM. [7]

SMED obvykle řeší minimalizování ztrát kapacity stroje tvořené zdlouhavým přestavováním. Tato metoda je využívána u strojů představující úzké místo výroby. Nárůst kapacity takového stroje přímo úměrně zvýší takt celé výrobní linky.

Dalším častým důvodem bývá nutnost zvýšení pružnosti výroby formou malých dávek zajištěných rychlým přechodem výroby mezi jednotlivými typy vyráběných produktů. Malé výrobní dávky mají kladný vliv na rozpracovanost ve výrobě i na kratší průběžnou dobu výroby.

Samotná přestavba obsahuje ukončení staré výroby, vyjmutí nástrojů a přípravků, ustavení potřebných nástrojů a přípravku pro následující výrobu, nastavení a doladění parametrů procesu, zběh trvající až po výrobu prvního dobrého kusu. Znázorněno na obrázku 6. [14]



Obrázek 6 - Obecné schéma úkonů přestavby stroje [14]

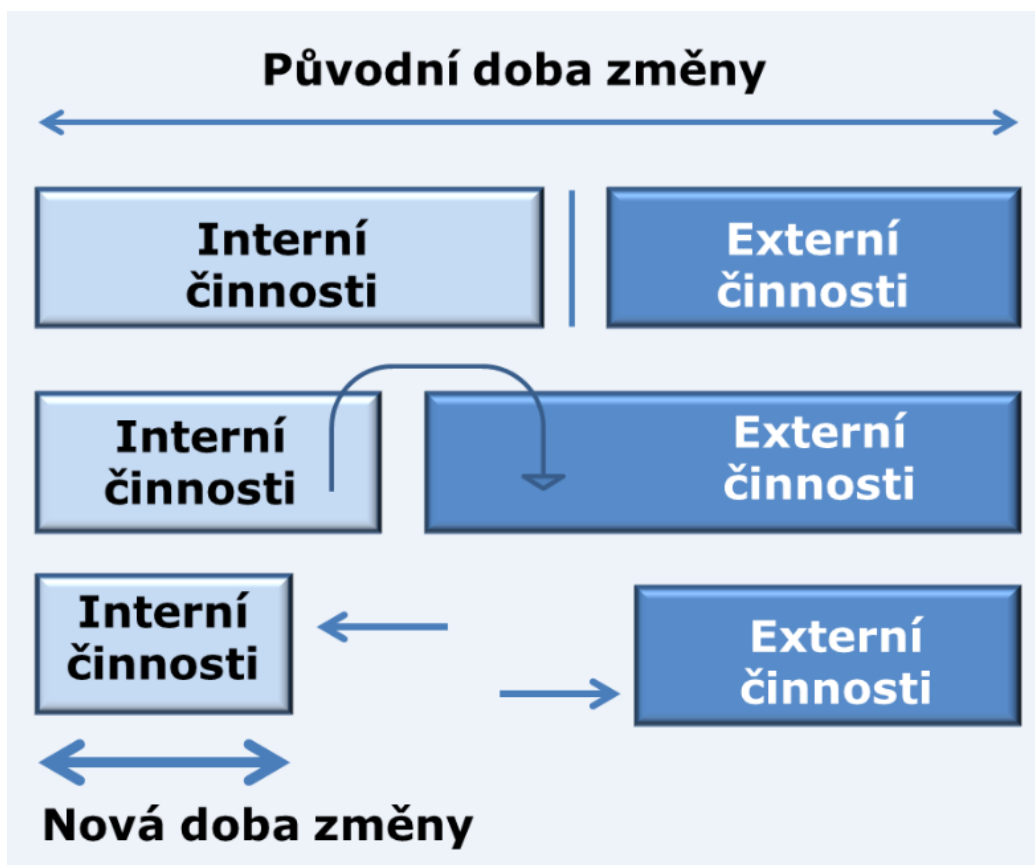
Princip metody SMED

Po vybrání stroje, na který chceme metodu využít, probíhá důkladná analýza průběhu dosavadní přestavby pozorováním, ideálně pořízením videozáznamu.

Rozborem dojde k rozdělení činností na externí činnosti probíhající při chodu zařízení bez omezení produkce a interní, které probíhají po zastavení strojního zařízení. Je pochopitelné, že dopravení nástrojů ze skladu, jejich přípravu a údržbu lze provádět za chodu stroje. V praxi však nebývá výjimkou pravý opak.

Dle tvrzení Shingeo Shinga pouhým převedením interních činností na externí, ve všech možných případech, může být zaznamenán až 50% úbytek času potřebný na interní činnosti.

Po přesunutí možné části interního času potřebného pro seřízení na externí následuje zlepšování a redukování časů celé přestavby. Klíčem bývá hlavně organizace pracoviště a ostatních činností celé dílny, ale i minimalizace procesu pro nastavení rozměrů a polohy, který tvoří značný časový podíl u veškerých typů přestaveb. Celý princip znázorňuje schéma vyobrazené na obrázku 7. [14]



Obrázek 7 - Princip využití metody SMED [14]

Následně by měl být postup normalizován a odpovídajícím způsobem vyškolen personál odpovídající za seřizování.

Hlavní zásady rychlého seřízení:

- Standardizování externích činností
- Standardizování strojů
- Užití rychlých upínačů
- Využití doplňkových přípravků pro možnost nastavení a seřízení nástrojů mimo stroj
- Víceprofesní týmy pro efektivní řešení náhlých změn
- Automatizace procesu seřízení

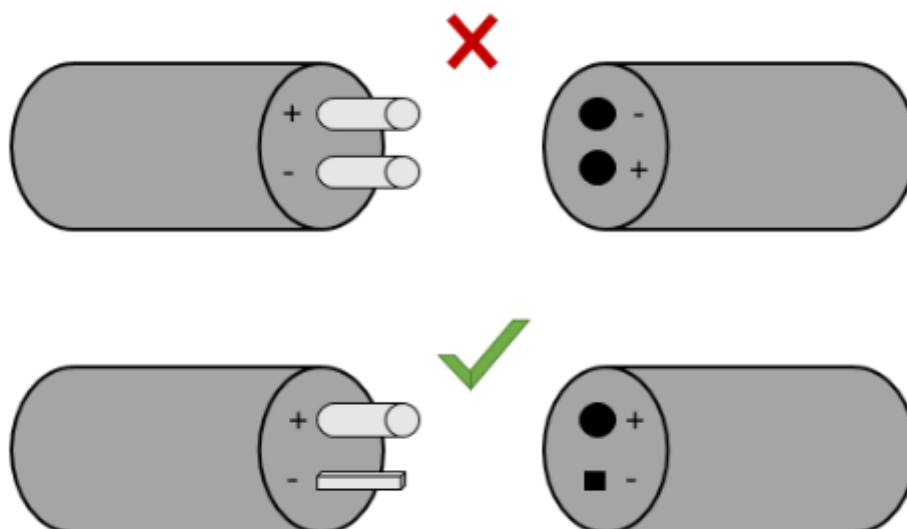
[14]

2.3.5. Poka-yoke

Byl formalizován ve firmě Toyota a zařazen do TPS. Poka-yoke lze z japonštiny volně přeložit jako „chybě-odolný“. Jak název napovídá, jde o mechanismy zabraňující vzniku chyby lidského faktoru. Proces ošetřený mechanismem poka-yoke lze vykonat pouze jedním způsobem, což eliminuje zmetkovitost vytvořenou lidským faktorem.

Jeho prvky lze nalézt vesměs i v běžném životě. Počínaje elektrickou zásuvkou, veškerými konektory, dokonce i na čerpacích stanicích jsou rozdílné hubice pro tankování nafty a benzínu.

Na obrázku 8 v horní části lze vidět součásti před úpravou a níže součásti již podrobené úpravě mechanismem poka-yoke. [15]



Obrázek 8 - Příklad Poka-yoke [15]

Lidské chyby nevznikají pouze nesprávným sesazením dvou či více součástí. Příkladů jednotlivých druhů lze najít mnoho: nedbalost, zapomenutí, nepochopení postupu, nezkušenost, neznalost nebo dokonce vědomá.

Další příklady způsobů minimalizování chyb lidského faktoru mohou být vizualizace ve formě barevného odlišení, značení, zvýraznění, informační tabule nebo zabránění monotónní práci a tím udržení pozornosti zaměstnance. [15]

2.3.6. Value Steam Mapping

Zkratku VSM překládáme jako mapování toku hodnot či analýza hodnotového řetězce. Jedná se o jednu ze základních analytických technik filosofie Lean. [7]

Používá se pro grafický popis stávajícího stavu procesu za účelem vytvoření adekvátního návrhu pro stav budoucí. Využití této metody původně určené pro průmyslovou výrobu se stále častěji nachází i na poli nevýrobních procesů.

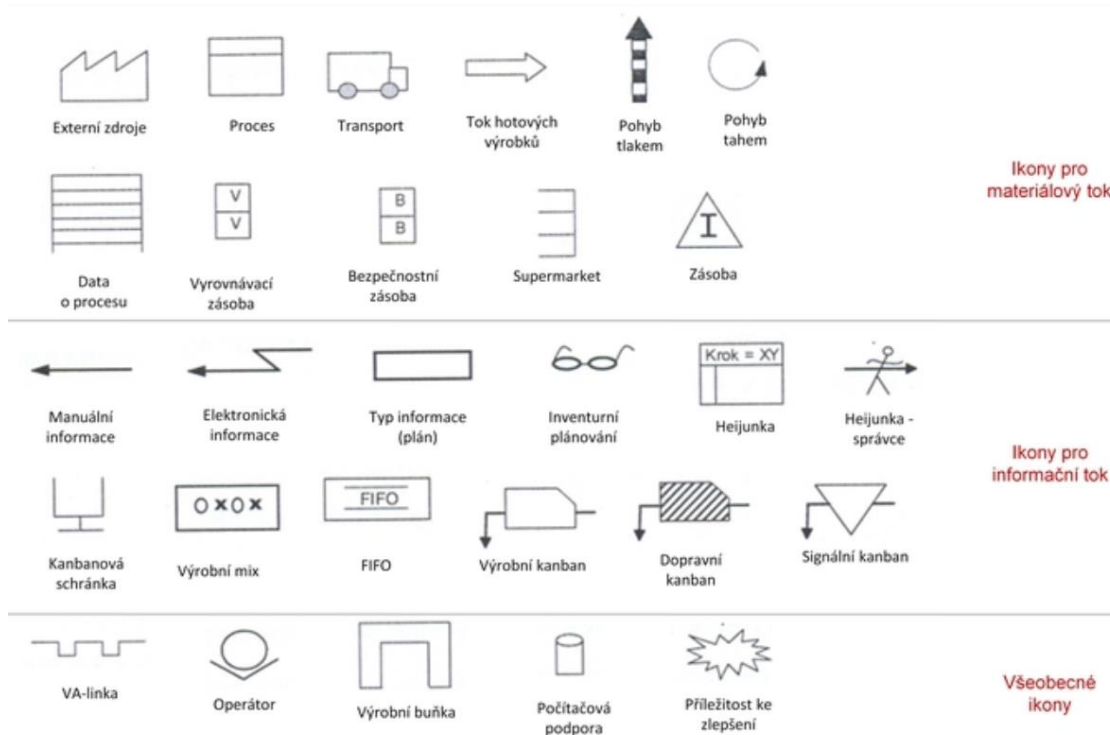
Vizualizace toku hodnoty, ať již materiálovou, finanční, informační nebo jiné napomáhá identifikovat a kvantifikovat plýtvání, zobrazuje velikost i počet skladů či meziskladů a odhaluje úzká místa.

Grafická podoba také napomáhá hlubšímu chápání návazností plánování, systémů řízení a požadavků zákazníka. Data jsou sbírána přímo z provozu a graficky znázorňována standardizovaným značením metodiky VSM. [16]

Historie

Již v roce 1918 byla publikována kniha s názvem „Installing Efficiency Methods“ znázorňující nápadně podobné diagramy moderního toku hodnot. V Toyotě se využíval systémy pod názvem „Material and Information Flow Analysis“, zkratkou MIFA a metoda „Material and Information Flow Diagrams“ zkráceně MIFD, kdy využití bylo primárně interní.

Poprvé byly názvy Value Steam Mapping a Value Steam Design použity v literatuře „Learning to See“ napsanou autory Mika Rothera a Johna Shooka vydanou v roce 1999. Definuje nejčastěji používané symboly a vychází z ní pohled západního světa na mapování toku hodnot. Symboly jsou znázorněny na obrázku 9. [17]



Obrázek 9 - Symboly pro mapu VSM [18]

Hodnota výrobku

Představuje všechny činnosti provedené na výrobku, za které je zákazník ochoten zaplatit. Může se jednat o hodnotu surovin, typu opracování, informační apod. [19]

Hodnotový tok

Neboli Value steam označuje veškeré aktivity v procesech, které se podílí při přeměně materiálu na hotový výrobek s hodnotou pro zákazníka. Jedná se o činnosti přidávající, ale i nepřidávající hodnotu výrobku. [19]

Příklady vhodného využití metody VSM

- Analýza reálného současného stavu výrobních i nevýrobních procesů
- Návrh nových výrobních procesů nebo nového výrobku
- Plánování nových layoutů a rozvržení výroby

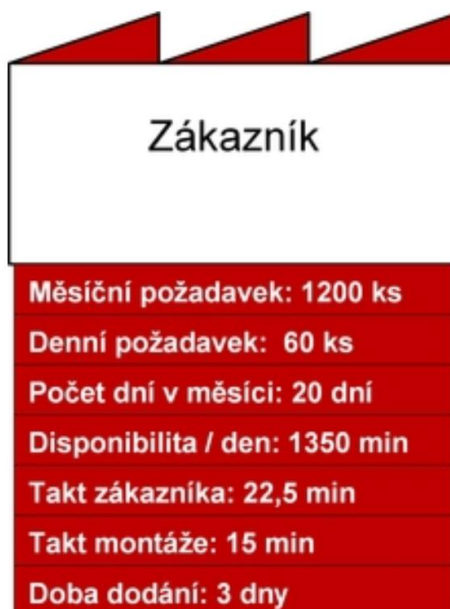
[18]

Princip VSM

K vytvoření mapy VSM není potřeba drahých nástrojů, stačí pouze tužka, papír, stopky a fotoaparát či jejich alternativy.

Počátkem je přesně definované zadání, pro které se vybírá nejideálnější předmět pozorování. Zpravidla se vybírá nejběžnější zástupce produktů pro daný typ výroby.

Zaznamenávání by mělo být provedeno v co nejkratší době pro eliminování zkreslení procesu. Prvotně probíhá stanovení denní potřeby zákazníka, nejčastěji přepočtem z měsíční objednané dávky. Tento údaj slouží k výpočtu tzv. taktu zákazníka určujícího podíl denního času pracovníka a denního požadavku zákazníka. Jinými slovy rychlosti produkování výrobků pro uspokojení potřeb zákazníka, viz obrázek 10. [18]



Obrázek 10 – Schéma zákazníka [18]

Mapa současného stavu

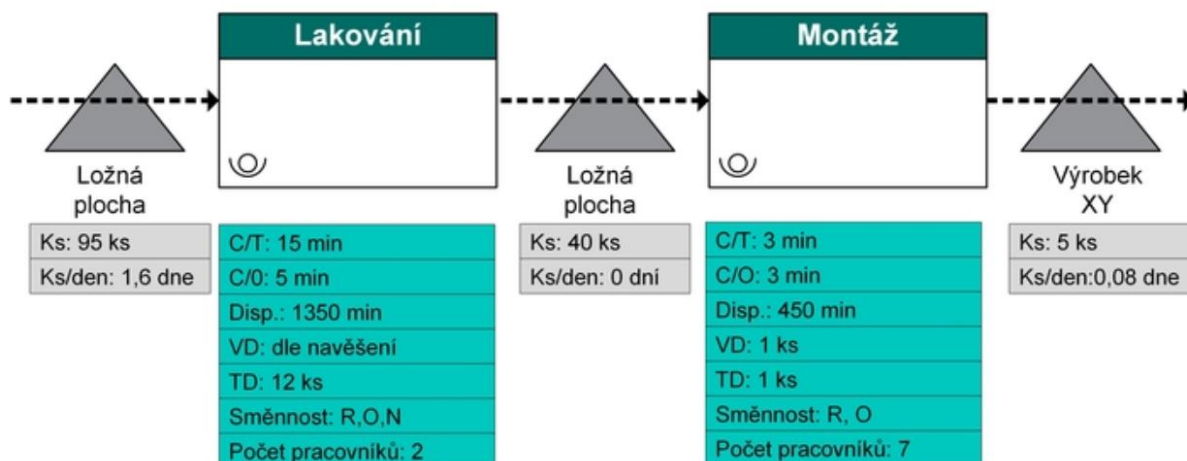
Následně se vytváří mapa současného stavu. Postup jde proti směru výroby. Například od zákazníka až po dodavatele surovin. Výstupní data nejsou vždy stejná. Jedná se například o stavy zásob, disponibilita strojů, cyklový čas, časy přestaveb atd. [18] Obrázek 11 znázorňuje detail materiálového toku

Hlavní výstupy:

VSM, jejíž mapa je znázorněna na obrázku 12, nemá pevně dané výstupy. Jedná se o flexibilní metodu nabízející celou škálu možných získaných informací z procesu. Typ a množství výstupů je známo již ze zadání problému.. Příkladem:

- VA index (Value Added Index) v překladu index přidané hodnoty. Představuje procentuální vyčíslení času, kdy je výrobku přidávána hodnota vzhledem k celkovému času ve výrobním procesu. Hodnoty běžně dosahují pouze kolem 1 %.
- LT (Lead Time) neboli průběžná doba výroby. Jedná se o časový údaj celé doby výroby potřebné ke vzniku produktu.
- VA Time (Value Added Time) česky přidaná hodnota. Představuje právě čas, při kterém vzniká na výrobku hodnota.
- NVA Time (Non Value Added Time) překladem nepřidaná hodnota je opakem VA Time. Doba výroby, při které nenarůstá hodnota výrobku. Příkladem manipulace, čekání atd.
- Informace o velikosti a stavu rozpracovanosti.
- Množství „meziskladů" a jejich stavu.

[18]



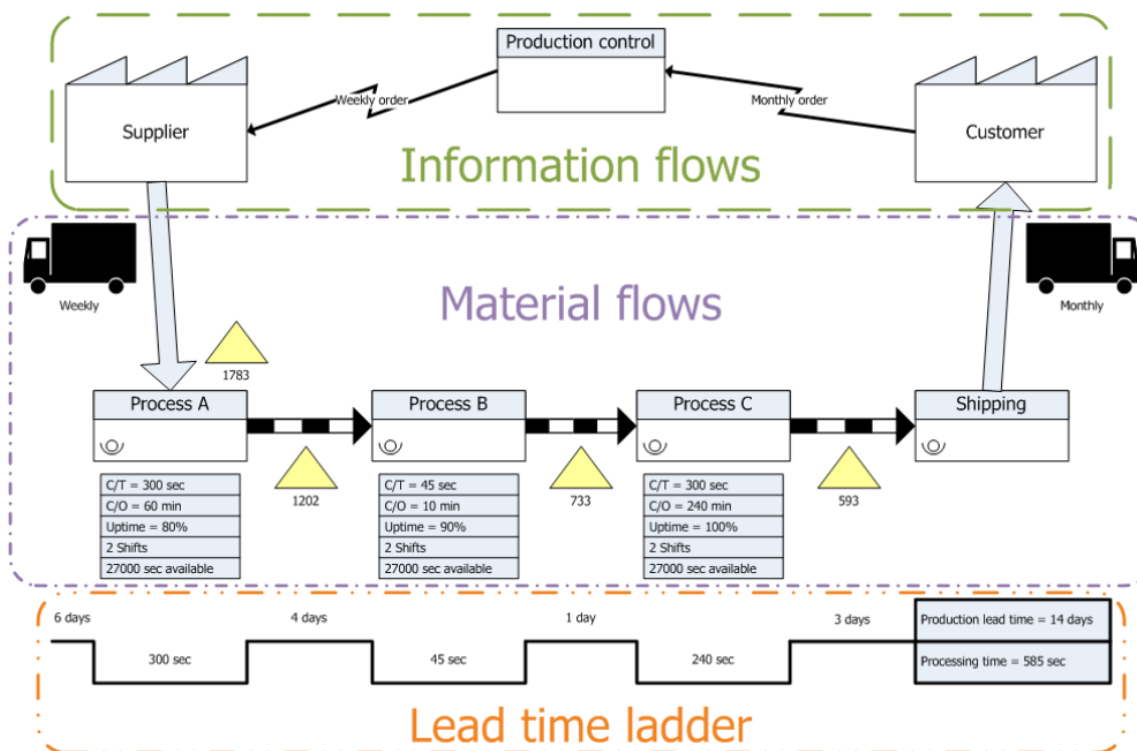
Obrázek 11 - Detail materiálového toku [18]

Mapa budoucího stavu

Mapa současného stavu odhalí plýtvání a nedostatky, které jsou klíčové pro následný postup. Na jejich základě se navrhuje zlepšení a dále vytvoření ideální mapy budoucího stavu. Metoda se snaží o:

- Zkrácení průběžné doby výroby.
- Snížení rozpracovanosti.
- Odstranění plýtvání.

Konečným, však velmi důležitým, krokem je vytvoření plánu, jakým způsobem se bude dosahovat budoucího stavu, a hlavně samotné realizace. [18]



Obrázek 112 - mapa VSM [17]

3. Praktická část

Praktická část diplomové práce se věnuje vlastnímu využití metody VSM v konkrétním úseku výroby podniku. Po představení podniku a popsání celé výroby následuje logické rozčlenění jednotlivých výrobků do skupin a určení správného postupu při mapování hodnotového toku. Zmapováním výrobního toku zadané koncové výroby jsou získána potřebná data a informace pro tvorbu mapy současného stavu a analýzy problémových míst.

Další kroky vedou k navržení nového, efektivnějšího hodnotového toku zaneseného do mapy budoucího stavu. Závěrem praktické části je shrnutí a celkové zhodnocení problematiky.

3.1. Představení společnosti Rodenstock

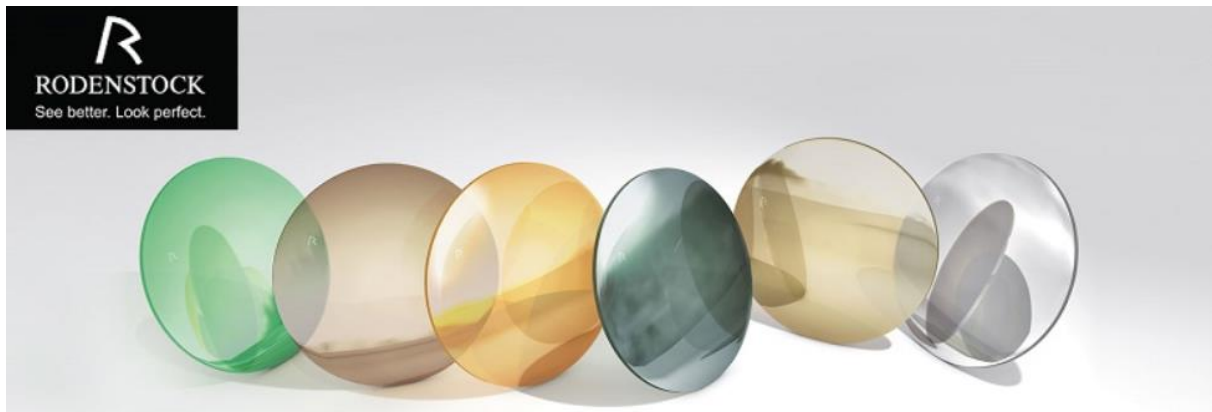
Německá společnost Rodenstock, zobrazená na obrázku 13, je považována za předního výrobce brýlových skel a obrub. Tato společnost byla založena již roku 1877 Josefem Rodenstockem v bavorském Würzburgu. V současné době je toto město nacházející se v Mohanské dolině pátým největším velkoměstem Bavorska.

Nyní je společnost zastoupena ve více než 85 zemích světa prostřednictvím obchodních dceřiných společností a distribučních partnerů. Pro takto velký trh probíhá výroba ve 14 závodech nacházející se ve 13 zemích s centrální pobočkou v Mnichově. Počet zaměstnanců Rodenstocku na celém světě dosahuje hodnoty 4700. Tato značka nabízí oproti svým konkurentům zákazníkům hotové brýle „na míru“ a ne jen vyhotovená skla dle zakázky a tím je naprosto jedinečná v sektoru oční optiky. Brýlová skla jsou zobrazena na obrázku 14.

V České republice je tato značka zastoupena dceřinou společností Rodenstock s.r.o. Tento výrobní závod se nachází nedaleko západočeské metropole v Klatovech. Zde se nachází doposud největší výrobní závod společnosti a zaměstnává více než 1000 zaměstnanců ze širokého okolí. Vzhledem k tomu, že se jedná o zakázkovou výrobu, vzniká zde velmi pestrý produkt mix, který sťažuje plánování a řízení výroby. Firma se odlišuje od konkurence mimo jiné i krátkými časy dodání, kdy je schopna deklarovat dodání do 4 dnů od přijmutí objednávky od zákazníka. [20]



Obrázek 13 - Rodenstock Klatovy [21]



Obrázek 14 - Brýlová skla Rodenstock [22]

3.2. Popis celé výroby

Výrobní závod Rodenstock s.r.o. v Klatovech se zabývá zakázkovou výrobou s bohatým portfoliem nabízených produktů vzniklé kombinací jednotlivých výrobních procesů či materiálů. Požadavky si spotřebitel sám pohodlně nadefinuje u svého optika, který pro firmu Rodenstock představuje zákazníka.

Klatovský výrobní závod je dceřinou společností, která se podrobuje centrálnímu vedení sídlícímu v Mnichově. Snahou vedení je udržení shodnosti objednávacích systémů ve všech výrobních závodech Rodenstock po celém světě. Pro nedostatek informací z ostatních výrobních závodů a časové náročnosti zavedení by návrh optimalizace objednávacího systému na úrovni klatovského závodu nebyl vhodný.

Výrobní postup brýlových čoček není vždy shodný, odvíjí se od druhu výrobku (rozdělení bude zmíněno níže). I tak lze sousledně popsat výrobu, jelikož rozdílné druhy zakázek pouze jednotlivé části výroby vynechávají či se jen mírně rozdvíjejí.

Začátkem výroby každé zakázky firma považuje vytištění výrobní průvodky.

Zde může logistika řídit množství a poměry jednotlivých druhů zakázek, které jsou rozřazeny automaticky při vstupu do systému. To je nutné pro možnost řízení hodinových dávek a zamezení zahlcení celé výroby nebo části výroby zapříčiněného nepravidelným a nárázovým typem objednávek.

Prvním krokem je ruční vyhledání a přiřazení správného polotovaru pro výrobu čočky zvaného „blank“ k zakázce ze skladu a dopravení na určená místa blokovacích pracovišť. Ve většině případů jsou na výrobní zakázce dvě pozice pro vyrobení páru brýlových čoček. Přípravář blokovacího pracoviště vybalí blanky do výrobních krabiček a načte do systému čárové kódy, pomocí kterých provede kontrolu pro zamezení záměny již na začátku výroby. Blanky, již ve výrobní krabičce s výrobní průvodkou cestují po dopravníku na fóliovací zařízení, které nanese ochrannou fólii na vnější stranu čočky. Pro nejstarší druh výroby je nutné vyhledat a vložit do krabičky nástroje brousících zařízení nazývané šály. Zakázka následuje k samotnému blokování. Blokováním se rozumí připevnění uchycení na vnější stranu pro obráběcí stroje pomocí speciálního roztaveného kovu s nízkou teplotou tání cca 55 °C. Odesláním nablokované zakázky po dopravníku končí první úsek zvaný Příprava ploch.

Z technologického hlediska musí zakázka chladnout minimálně 60 minut před zahájením druhé části výroby zvané Plochy. Skládá se ze sedmi různých druhů výroby, potřebných pro výrobu široké škály druhů produktů s ohledem na úplné a efektivní naplnění potřeb zákazníka.

Účelem ploch je opracování vnitřní strany blanků na požadovaný tvar s určitou drsností. Hrubé opracování je prováděno frézováním, soustružením či broušením. Pro docílení požadované drsnosti je využíváno leštění, zobrazeno na obrázku 15.



Obrázek 15 - Leštění [23]

Po dosažení požadovaného tvaru je nutné odtavení uchycení, odstranění ochranné fólie a očištění výrobků od zbytků leštiva nebo nečistot vzniklých opracováním. Část výroby podstoupí gravírování orientačních bodů či loga značky. Konečnou fází výroby na plochách je 100% kontrola finálního produktu.

V této fázi již mají produkty požadovaný tvar, ale stále nebyly splněny požadavky zákazníka ohledně povrchové úpravy, popřípadě zbarvení. Typicky sezonním představitelem výrobního procesu v Rodenstocku je barvení. V zimních měsících jím prochází pouze jednotky procent produkce, ovšem během jarních a letních měsíců zaznamenávají rapidní nárůst pohybující se v desítkách procent. Výstupní kontrola barvení předává produkty na koncovou část výroby tzv. vrstvy. Barvení je zobrazeno na obrázku 16.



Obrázek 16 - Barvení [23]

Vrstvy jsou předmětem řešení této diplomové práce. Do této doby tekly zakázky výrobou jednotlivě, což následný sled výrobních technologií bohužel neumožňuje. Jejich prvním procesem je obdobně jako na plochách příprava. Její úlohou je ruční třídění zakázek dle požadované vrstvy, a termínu na jednotlivé šarže. Třídění dle materiálu je již zohledněno v typu vrstvy, jelikož nelze vrstvit rozdílné skupiny materiálů jednou vrstvou. Šarže skládá operátor dle plánu šarží korespondující s následnou výrobou. Sestavením vzniká průvodka šarže nahrazující všechny průvodky zakázek, které následně tečou výrobou odděleně od výrobků, avšak po skupině představující sestavenou šarži v přesném pořadí. V tomto okamžiku je nutné přesně dodržovat postupy řazení čoček.

Následným krokem je mechanické mytí, kde dochází k tzv. stažení. Jedná se o očištění a aktivaci povrchu pomocí jelenice za mokra. Čočky se již nevrací do výrobních dvojpozicových krabiček, jako tomu bylo doposud, ale vkládají se do háčků (držáků), které se řadí na racky, což jsou unašeče užívané v lakovacích zařízení nebo do košíků, pokud se jedná o nelakované produkty.

Jak již bylo naznačeno, zde se výrobní postup rozděluje na dvě skupiny lakované a nelakované produkty.

Procesně jednodušší nelakované produkty skládané do košíků tečou z mechanického mytí na chemické mytí, čistě automatické. Mytí zobrazuje obrázek 17. Postupným nořením produktů v několika vanách s chemickými roztoky, sprchováním a konečným sušením je docíleno požadované čistoty nutné pro následnou povrchovou úpravu.



Obrázek 17 - Mytí [23]

Náročnější lakovací proces začíná při vložení racku do plně automatického lakovacího zařízení. Obdobně jako u mycího zařízení probíhá na začátku chemické mytí. Rozdílem je smáčení čoček v laku a následné sušení tzv. zavadnutí. Uvnitř lakovacího procesu probíhá kontrola laku, při které se přeskupí zavadlá šarže na tzv. plechy, což jsou unašeče mající 20 pozic přizpůsobených pro vytvrzovací peci. Čas vytvrzení se pohybuje v řádu několika hodin. Následné zařazení čoček do meziskladu lakovací proces ukončuje.

Nyní lze následný popis opět sjednotit, jelikož je principiálně stejný. Proces povrstvení se skládá z kalotování, povrstvení 1. strany, otočení a povrstvení druhé strany. Pojem kalotování rozumíme přeskládání čoček z košíků nebo plechů do vyjímatelných unašečů povrstvovacího zařízení tzv. kalot. Připravené kaloty čekají na ukončení programu předchozí šarže. Po výměně a spuštění povrstvovacího zařízení má operátor čas na přípravu druhé šarže, která je vrstvena pravidlem zipu. Díky tomu se eliminují prostoje stroje vzniklé kalotováním či otáčením čoček v kalotě při přípravě pro povrstvení druhé strany probíhající analogicky.

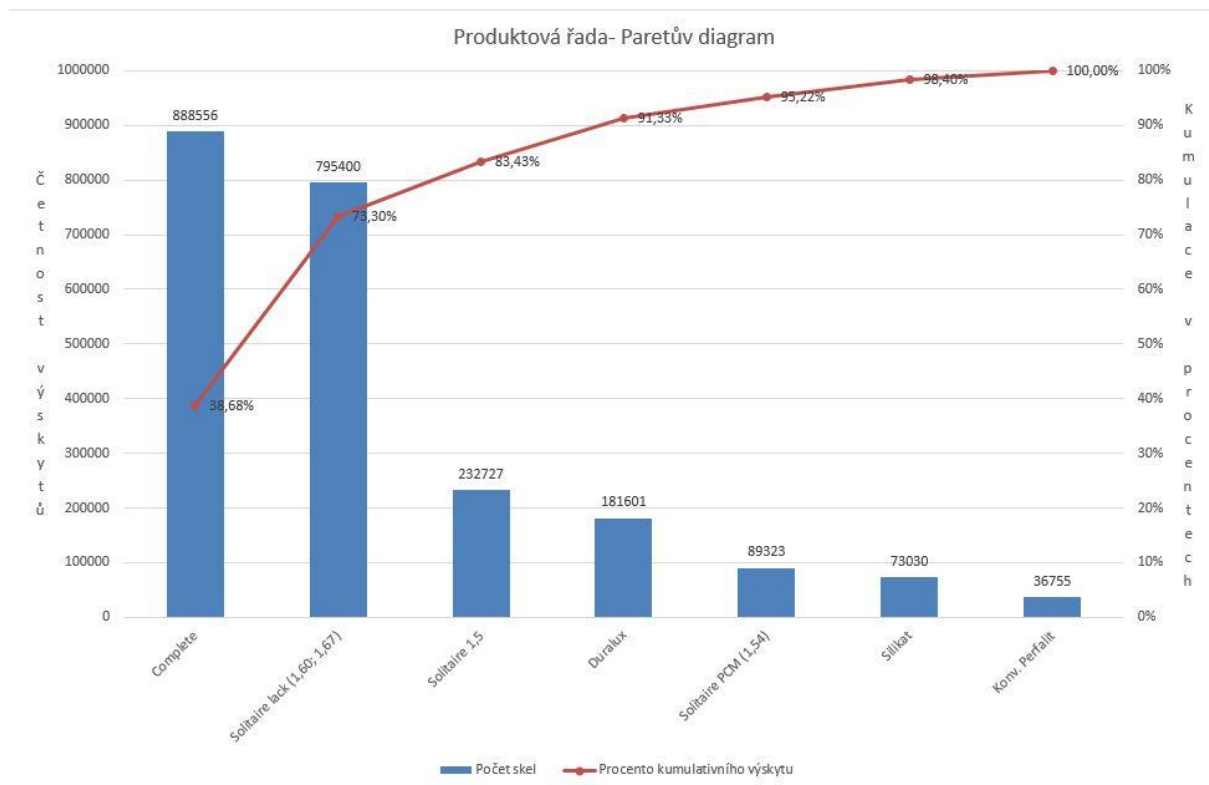
Poslední pracoviště, která jsou předmětem zkoumání této diplomové práce, jsou kontroly vrstev. Mimo zkontrolování je náplní práce kontrolora i přeskládání čoček z kalot zpět do výrobních krabiček a spárování výrobků s výrobními průvodkami odebranými při tvorbě šarže.

Dále většina zakázek putuje do balících automatů, kde jsou zakázky baleny a odesílány. Zbylé putují na zábrus, který probíhá pomocí automatů a ruční montáže. Vzhledem k nízkému zastoupení těchto zakázek se vedení společnosti rozhodlo vynechat zábrus a montáž při mapování.

3.3. Výběr skupiny výrobků

Klíčovým krokem je správné nastavení skupin výrobků určené pro pozorování. Při nadměrně podrobném rozřídění výrobků vznikne nepřehledný výstup. Naopak při velmi hrubém rozřídění vznikne vlivem značně nesourodých výrobních postupů zkreslení výstupů, které skryjí, či naopak uměle vytvoří hledaný nedostatek ve výrobním procesu. Následná práce s těmito výstupy zvyšuje rozdíl mezi modelem a skutečností.

Byla provedena analýza výrobních zakázek vyobrazená grafem a následně konzultována se specialisty jednotlivých výrobních okruhů.



Obrázek 18 - Paretův diagram

Výsledkem je skupina výrobků se shodným výrobním postupem ve zkoumané oblasti výroby. Jedná se o dvě kvantitativně největší skupiny označované Complete a Solitaire 1.6. Pracovní postup těchto produktů je rozdílný v oblasti výroby ploch. Ovšem v oblasti povrstvování je shodný, proto byly na doporučení příslušných specialistů pro toto měření spojeny. Z pohledu procesu povrstvení jsou rozdílné pouze použité druhy materiálů. Z obrázku 18 je viditelné kvantitativní zastoupení vybrané skupiny výrobků dosahující 73,3 %. Výběr tvoří 2 ze 7 skupin, což odpovídá 28,6 %.

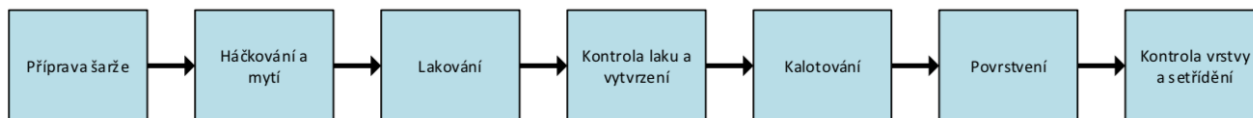
3.3.1. Výrobní operace zvolené skupiny produktů

Pozorované produkty prochází standardním lakovacím výrobním postupem, který je jako celek nastíněn v kapitole Popis výrobních postupů. Následný popis řeší pouze pozorovanou část výroby.

Vstupním polotovarem jsou již opracované, popřípadě zbarvené čočky přicházející po dopravníkových pásech. Logistické nastavení dopravníků již částečně třídí produkty přímo na

dopravnících pomocí výhybek, což značně zjednodušuje skládání šarží. Důvodem potřeby seskupování zakázek do šarží je využívaná technologie.

Část výroby zvaná „Vrstvy“ lze rozčlenit na jednotlivé operace vyobrazené na následujícím obrázku číslo 19:



Obrázek 19 - Schéma procesu výroby

Příprava

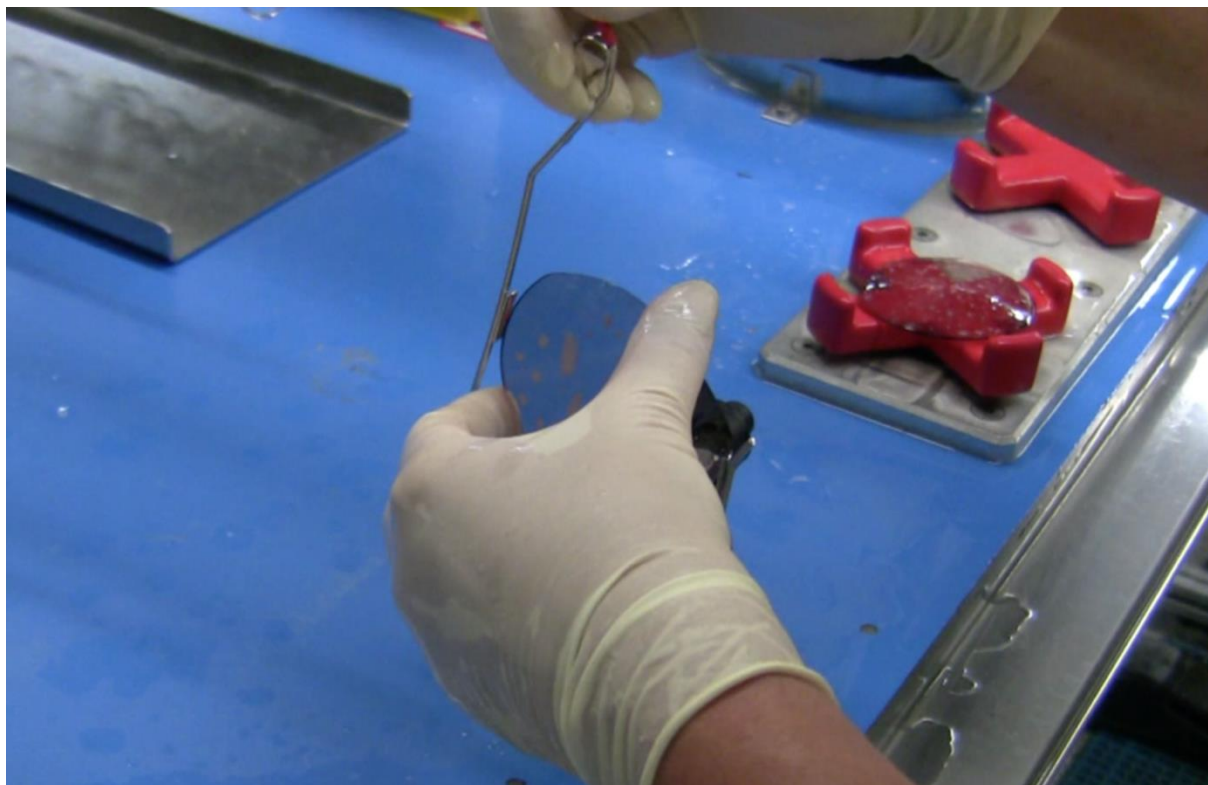
Jak již bylo zmíněno, náplní práce přípraváře je sejmutí a rozřídění zakázek z dopravníků dle zavedených pravidel pracoviště a následné sestavování šarží na vozíky dle plánu. Jednotlivé zakázky jsou načítány ručně do systému přípravářem, který je zodpovědný za správné seřazení výrobních průvodek vzhledem k vytvářené průvodce šarže. Při vytištění průvodky vzniká automatický odpis a šarže je pouze posunuta na sousedící pracoviště. Obrázek 20 zobrazuje přepravu skel v krabičkách.



Obrázek 20 - Přeprava skel v krabičkách [23]

Mytí a háčkování

Navazuje na přípravu. Jedná se o mechanické mytí a narušení povrchu potřebné pro správné zachycení laku na povrchu čočky v následující operaci, zobrazeno na obrázku 21. Pracoviště obsluhují dva operátoři. První má na starost převážně mechanické mytí a druhý vkládá čočky do speciálních háčků umístěných na racky. Důvodem, proč jsou tyto dvě činnosti spojené je vzájemné zaskakování vzniklé nutnými vedlejšími operacemi.



Obrázek 21 - Umístění skla do „háčku“ [23]

Lakování

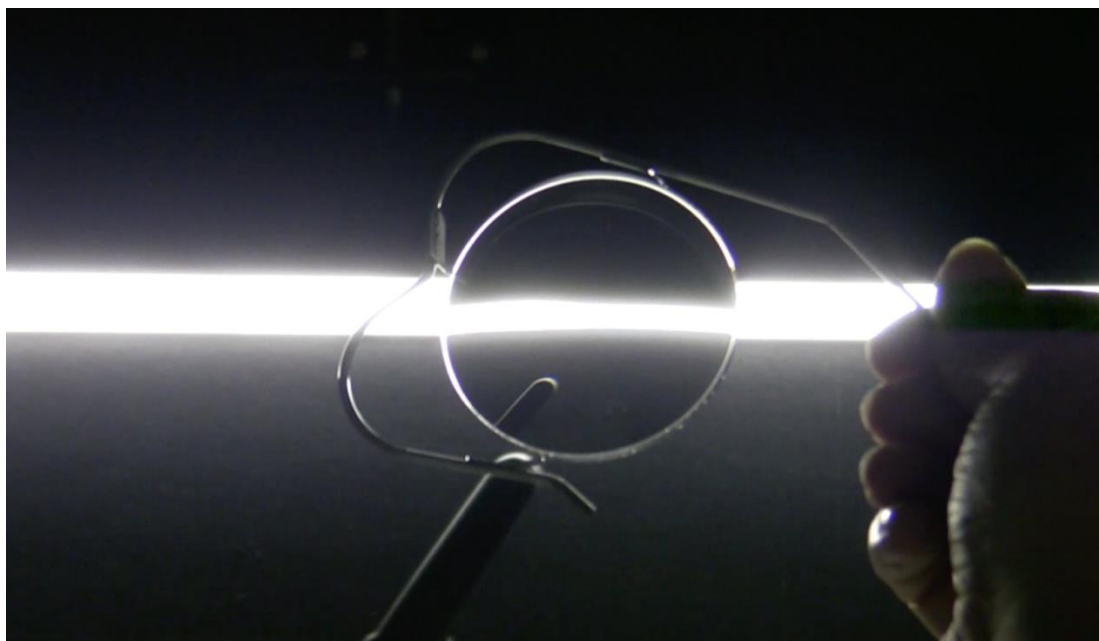
Probíhá založením šarže do plně automatizovaného lakovacího zařízení. Ponorové lakování znázorňuje obrázek 22. V systému je využit stejný odpis představující ukončení předchozí operace a začátek lakování. Na začátku operace je vytvořena v systému skrytá zásoba vyrovnávající nerovnoměrnosti výkonu předchozí operace. Automat obsahuje skupinu, po sobě jdoucích, van s koncentrovanými roztoky pro dosažení potřebné čistoty povrchu čoček. Následuje osušení a samotné lakování. Posledním krokem automatu je zavadnutí, při kterém vyschne pouze povrch laku.



Obrázek 22 - Ponorové lakování [23]

Kontrola laku a vytvrzení

Zavadnutí umožňuje následnou manipulaci při kontrole nalakování a přeskládání na plechy. Následně vloží kontrolor šarži do vytvrzovacích pecí, kde nastaví potřebný vytvrzovací program. Zbylé háčky vloží do průběžného odlakovacího zařízení. Při průběhu vytvrzování se kontrolor věnuje následné šarži. Po ukončení vytvrzení přeneše kontrolor šarži do speciálních otočných zásobníků a provede odpis. Kontrola laku je na obrázku 23.



Obrázek 23 - Kontrola laku [23]

Kalotování

Kalování vidíme na obrázku 24. Tento proces začíná vyjmutím šarže z otočných zásobníků vybraných dle potřebné vrstvy a doby strávené v zásobníku. Přípravu samotného kalotování také zahrnuje transport šarže a kalot na dané pracoviště. Následně operátor řadí jednotlivá skla do čtyř kalot tvaru kruhové výseče. Při manipulaci skla ofukuje stlačeným vzduchem pro zamezení usazování prachu na povrchu. Po dokončení všech čtyř kalot jsou přemístěny do uzavíratelných transportních vozíků, odepsány a odloženy na předem určené místo.



Obrázek 24 - Kalotování [23]

Povrstvení

Lze ještě rozdělit na dílčí operace povrstvení první strany, otočení, povrstvení druhé strany. Operace začíná převzetím nakalotované šarže dle systému, který opět řadí šarže dle délky čekání v daném skladu. Dále operátor na obrazovce vybere šarži dle vrstvy, která se aktuálně vyrábí na obsluhovaném povrstvovacím zařízení. Toto zařízení je na obrázku 25.

Transport na pracoviště musí být proveden dříve, než se dokončí poslední program dvojice předešlých šarží. Cílem je nepřetržitý chod povrstvovacího zařízení. Zajišťuje jej již zmíněná druhá šarže, která se vkládá mezi jednotlivé jízdy první. Výhodou je eliminace prostojů zařízení při otáčení čoček.

Konec povrstvení je oznámen zvukovou signalizací. Operátor vymění náplně zařízení, šarže a spustí program. Následně má prostor na otočení šarže, které připomíná kalotování, ovšem čočky zůstávají na svých místech a pouze se otočí. V případě dokončení povrstvování druhé strany je šarže odepsána a transportována na konečnou kontrolu vrstev.



Obrázek 25 - Povrstvování [23]

Kontrola

Sklad tvořený před kontrolou dodržuje metodu FIFO (first in first out). Již není potřeba třídit šarže dle druhu vrstvy. Po odebrání kontrolor načte šarži a vyhledá průvodky zakázek, které byly odejmuty při tvorbě šarže na přípravě. Úkolem kontrolora je 100% kontrola, setřídění čoček s průvodkami jednotlivých zakázek a jejich umístění do výrobních krabiček, které následně odcházejí po dopravníku na expedici. Odpis konce kontroly vrstev probíhá automaticky načtením průvodky přímo na dopravníku.

3.3.2.Návrh mapování – první způsob

Při hledání vhodného způsobu mapování toku hodnot vybrané skupiny produktů se nabízí možnost využít k mapování fyzické měření a pověst, pomocí stopek, naměření hodnot jedné výrobní šarže. To by znamenalo projít s danou výrobní šarží celý průběh výroby a postupně zanechat časy operací i s ohledem na přidávanou a nepřidávanou hodnotou. Informace by byly zaznamenány na speciálním předem vytvořeném archu určenému přímo pro měření. Se startem dané výrobní operace by úkolem bylo zapsání přesného času započítání výrobní operace a následně i zaznamenání času ukončení při dokončování jednotlivých činností, včetně následné analýzy činností s přidávanou a nepřidávanou hodnotou. Ze získaných informací by bylo možné získat přesné zrekonstruování výrobního času stráveného na dané operaci. Výhodou zvolení této metody mapování je dosažení skutečných reálných časových délek pozorovaných operací, neboť by se záznam tvořil přímo ve výrobě. Proto by bylo možné okamžitě získat dobu přidávající (VA) a nepřidávající hodnotu (NVA). Přínosem by byla možnost srovnání reálných časů s technologickými časy dané operace. V praxi není výjimkou realitě neodpovídající technologické časy.

Zaznamenáním časové hodnoty před a po každé výrobní operaci by byly zjištěny reálné výrobní časy. Doba naměřená mezi koncem operace a začátkem následující, by představovala jednotlivé mezisklady. Z takto zpracovaných dat by byla vytvořena mapa současného stavu a následně mapa budoucího stavu s implementovanými změnami.

Při zjišťování možností zavedení této varianty byly odhaleny možné problémy, které tento postup přináší. Samotné měření by bylo z důvodu časové náročnosti, několika po sobě jdoucích směn, mapované části výroby obtížné. Dle metodiky by mělo být měření provedeno v co nejkratším časovém horizontu, z důvodu potlačení změn v průběhu času.

Dalším nepříznivým jevem tohoto měření by mohlo být zkreslení reálných časů způsobené vlivem nestandardních rychlostí. Operátor, který bude monitorován, může nabýt pocitu, že je vytvářen tlak na jeho rychlost práce a bude dělat „rychleji“.

První návrh způsobu mapování má své výhody, ovšem nese s sebou i značná rizika nezachycení všech záznamů pro celkovou časovou náročnost výrobního cyklu vztaženého na jednu výrobní šarži. Tyto obavy byly potvrzeny i vedoucími pracovníky jednotlivých oddělení.

Návrh mapování – druhý způsob

Druhým uvažovaným způsobem mapování toku hodnot vybrané skupiny produktů je možnost využití dat zaznamenávaných v ERP systému společnosti. Rodenstock vlastní speciální interní ERP systém vyvinutý přímo pro jeho účely. Výhodou je velká flexibilita a zaměření vývoje systému dle potřeb společnosti oproti standardním komerčně poskytovaným ERP systémům, u kterých jsou možnosti přizpůsobení potřebám společnosti značně komplikované. Případné modifikace provádí přímo pracovníci IT společnosti, což velmi zrychluje čas odezvy při zadání požadavku.

Systém mimo jiné zaznamenává průběh výroby dle odpisových míst automaticky nebo pomocí čtecích zařízení za asistence operátora. Odpisová místa jsou nastavena vždy na začátku a po ukončení operace. Je zde velký potenciál využití těchto data pro samotné mapování současného stavu.

Kromě průběžných časů systém zaznamenává mnoho dalších důležitých informací. Například nese informaci o přesném kroku, kdy byla provedena případná vícepráce nebo dokonce vyzmetkování zakázky vlivem přítomné nekvality. Za této situace je zakázka automaticky zařazena na začátek výrobního procesu a znovu vyráběna.

Vedení firmy zamítlo zdokumentování vizualizace systému, proto jen stručný popis. Každá zakázka má veškerá potřebná data pro výrobu uvedená v interním systému podniku již od doby zpracování zakázky od zákazníka obchodním oddělením. Dle těchto dat systém třídí zakázky podle termínu a potřeb výroby. Při zavedení zakázky do výroby dostávají výrobní data hmotnou formu v podobě výrobní průvodky. Čárové kódy na průvodce zaznamenávané na odpisových místech předávají informace z výroby do systému v přesném pořadí, což neumožňuje vynechání předchozí operace a zvyšuje se tak dohledatelnost jednotlivých zakázek.

Nevýhody při použití tohoto systému jsou situace načtení zakázky dříve či později, než skutečně započala a skončila daná operace. S přihlédnutím k dlouhé průběžné době řešené části výroby se může zdát až zbytečně zkoumat, pro účely mapování, proces na sekundy či minuty, ovšem pro zjištění přesného času přidávání hodnoty jsou větší odchylky problém.

Zjištění dob čekání zakázky mezi jednotlivými operacemi je ze systému snadné, avšak z pohledu řešení operačních časů a poměru přidání hodnoty nepřesné, což by značně ovlivnilo výsledky mapování.

3.3.3. Vybraný způsob mapování

Při zvážení nastíněných možností způsobů mapování, nebylo vybráno striktně jedno z navrhovaných způsobů měření z důvodu nezanedbatelných nevýhod. Východiskem je průnik s využitím výhod obou návrhů tak, aby co nejvíce minimalizovali nevýhody.

Vzhledem možné chybovosti a časové náročnosti daného měření není akceptovatelné provádět mapování skrze celý pozorovaný úsek výroby. Je nutné najít vhodný kompromis k efektivnímu dosažení požadovaných výstupů.

Z informací o poloze zakázek ve výrobě, zanesenými v ERP systému můžeme snadno zjistit množstevní zastoupení produktů ve výrobě, následným podělením denním výkonem lze získat přesné časové údaje. Jak již bylo popsáno v druhém návrhu, pro údaje času přidávání hodnoty nelze použít ERP systém, proto byly měřeny stopkami přímo ve výrobě. Kombinací zajišťování jednotlivých údajů pomocí ERP systému a fyzickým měřením ve výrobě odstraňovalo nejvíce ovlivňujících nedostatků popisovaných u návrhů mapování.

Z technologických důvodů se většinu času zakázka pohybuje v šarži, proto se pozorovala právě vybraná šarže a pohyb zakázky byl odvozen právě z ní.

Vznikla kombinace údajů zjištěné z aktuálního množství výrobků na jednotlivých místech výroby a časy trvání operací byly shromažďovány fyzickým měřením. Cílem bylo efektivnější zajištění informací z hlediska času, chyb a přesnosti měření než u předchozích návrhů.

3.4. Zobrazení současného stavu

Dodržením metodického postupu se mapování provádí od zákazníka až po dodavatele. Prvním krokem mapování byl náčrt výrobních operací pomocí tužky a papíru, který byl následně překreslen na finální mapu současného stavu pomocí programu MS Visio.

Na základě porovnávání výhod a rizik navrhovaných postupů mapování toku hodnot byl využit kombinovaný postup popsáný v kapitole Vybraný návrh mapování. Při následujícím popisu je, pro větší přehlednost informací, zvolen chronologický postup výroby.

Při shromažďování dat pomocí ERP systému bylo dbáno na správné vyklíčování hledaných produktů popsáných v kapitole Výběr skupiny výrobků.

Reálné doby trvání operací byly zajištěny fyzickým měřením na všech pracovištích pozorované části výroby. Vzhledem k charakteru mapované části výroby byly měřené hodnoty vztahovány na jednu šarži o 220 kusech.

Prvním mapovaným pracovištěm byla příprava, kde proběhlo stopování času sestavení šarže. Předmětem řešení, mimo jiné, bylo rozřazení naměřených činností hodnotu přidávající a nepřidávající.

Dále měření probíhalo na operaci mytí a háčkování. Na tomto pracovišti dochází ke změně počtu kusů v dávce z 220 ks na 38 ks. Důvodem je přeskupení čoček dané šarže na unašeče lakovacích zařízení. I přes tuto skutečnost jsou naměřené časy vztaženy na celou šarži pro možnost porovnání jednotlivých operací. V dolní části označované Lead time ladder byl přepočten čas na dávku z důvodu správnosti následných výpočtů.

Následná operace lakování je ve zkoumaném procesu jedinečná tím, že je plně automatizována. Stejně jako u předchozí operace je zde dodávka tvořena po 38 kusy. Ačkoli při této operaci není

přítomen operátor, byly nalezeny činnosti hodnotu nepřidávající. Jedná se o přebytečné pohyby manipulačních robotů.

Navazujícím měřeným pracovištěm je kontrola laku a vytvrzování, kde se výrobní dávka navyšuje zpět na 220ks, tedy celou šarži. Dle teorie patří kontrola do činností hodnot nepřidávajících, a tak s ní bylo i nakládáno. Naopak čas strávený ve vytvrzovací peci je považován za činnost hodnotu přidávající. Doba vytvrzení, z důvodu časové náročnosti, nebyla zjištěna fyzickým stopováním. Skutečná doba byla zjištěna přímo z displeje pece, kde je zobrazen časový odpočet.

Kalotování začíná převzetím šarže z otočného regálu. Samotné vkládání čoček do kalot bylo zařazeno do činností hodnotu nepřidávající. Podobně doba strávená transportováním šarže a speciálního vozíku taktéž nepřidává produktům žádnou hodnotu. Odvezením nakalotovaného vozíku na určené místo ukončilo měření dané operace.

Povrstvení prvně konkávní strany čoček šarže bylo zahájeno výběrem šarže ze zásoby připravených šarží a následným transportem k obsluhovanému povrstvovacímu zařízení. Stejný operátor provádí tři po sobě jdoucí operace týkající se sejného pracoviště. Pro větší přehlednost byly do mapy současného stavu zakresleny rozděleně. Do činností nepřidávající hodnotu bylo zařazeno čekání, vlivem předchozí šarže dokončující dříve nastavený program na povrstvovací zařízení měřeného pracoviště. Po vložení šarže do zařízení a zahájení programu se z důvodu efektivity měření získal čas procedury pomocí dat ze systému. Správnost dat zajišťuje přímé propojení operační jednotky zařízení s ERP systémem společnosti. Za ukončení operace byl považován odpis dokončení programu.

Jak již bylo popsáno, otáčení provádí stejný operátor jako v předchozí operaci. Jedná se o natočení konvexní strany směrem dolů důležité pro správný průběh následné operace. Veškeré činnosti byly označeny jako hodnotu nepřidávající.

Třetí operací operátora je povrstvení druhé konvexní strany. Průběh je analogický se stranou první, proto byl využit i stejný způsob měření popsany výše. Výjimkou je započítání transportu již hotové šarže na odkladové místo následující operace.

Poslední mapovaným pracovištěm je kontrola vrstev. Zde probíhá i zkompletování produktů s výrobními zakázkami a přeskládání do výrobních krabiček, které jsou nutné pro bezpečný transport na expedici a správnou funkci balících zařízení. Kontrola čoček byla analogicky s kontrolou laku zařazena do činností hodnotu nepřidávající.

Následně byla zpracována naměřená data a přistoupilo se k tvorbě mapy současného stavu. Byly respektovány principy a zákonitosti popisované teorií. Pro zakreslení jednotlivých operací, zásob, toku informací a dalších, bylo využito standardizovaného značení nabízející MS Visio.

Pod zobrazením každé mapované operace byly doplněny informace vztahující se k jednotlivým výrobním operacím. Jelikož je na pozorovaném úseku výroby ve všech operacích využíván provoz na tři směny, nebyl tento údaj, pro přehlednost mapy, uveden.

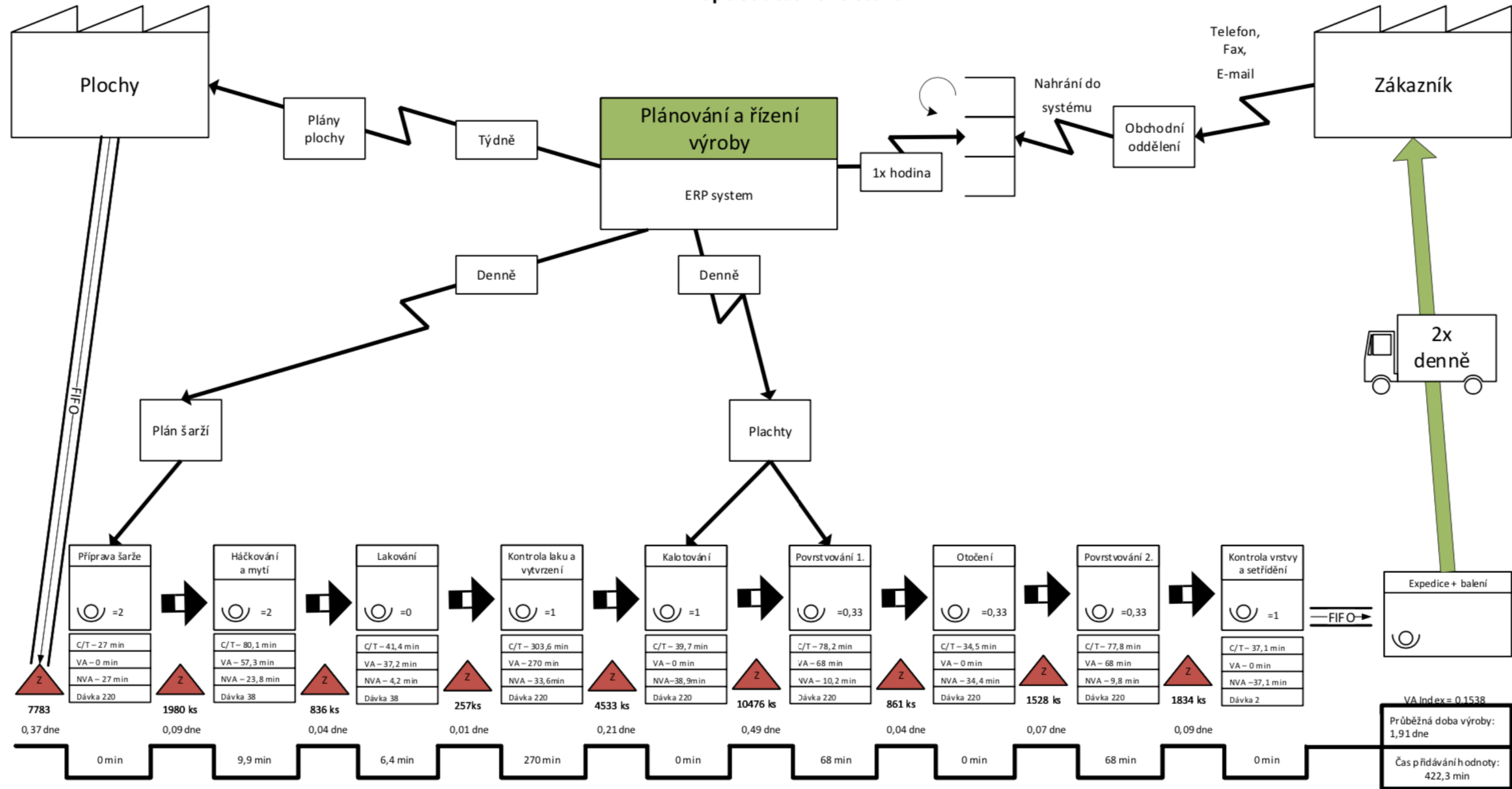
Vyobrazenými informacemi jsou:

- C/T – čas cyklu
- VA – čas činností hodnotu přidávající
- NVA – čas činností hodnotu nepřidávající
- Dávka – počet kusů ve výrobní dávce

U elektronického vyobrazení způsobu předávání informací z plánování a řízení výroby do produkce je využit MS Excel, kde jsou tvořeny plány pro výrobu ploch, korespondující sestavováním šarží a následným rozplánováním povrstvování pro nepřetržitý chod zvané Plachty.

Na následujícím obrázku 26 je nakreslená vytvořená mapa současného stavu.

Mapa současného stavu



Obrázek 26 - VSM mapa současného stavu

3.4.1. Analýza současného stavu

Mapováním hodnotového toku byly odhaleny nerovnoměrné prostoje mezi jednotlivými operacemi. Ze systému byl zjištěn aktuální denní výkon pozorované skupiny produktů dosahující hodnoty 21 384 ks/den a počet aktivních kusů v daném úseku je roven hodnotě 41328 ks. Pro výpočty byl použit kusový výkon celého dne, jelikož ERP systém neposkytuje záznamy vyrobených kusů jednotlivých směn. Výkon všech směn mapované části řešeného dne byl shodný, proto není nutný výpočet pro určení výkonu směny, při které probíhaly náměry. Tato hodnota byla použita při převodu z kusové na časovou zásobu. Na obrázku 27 máme předtříděné zakázky.



Obrázek 27 - Předtříděné zakázky na přípravě [23]

Zásoba vytvořená na přípravě před sestavováním šarží tvořila 0,37 dne. Před mytím a háčkováním byla zjištěna zásoba 0,09 dne. Vzhledem k rozdělení pracoviště na Complete a Solitaire 1,6 není tato zásoba brána jako nadměrná. Následující operaci lakování, zobrazené na obrázku 28, předcházela 0,04 denní fronta odpovídající zachování plynulé výroby.



Obrázek 28 - Lakovací buffer [23]

Navazující kontrola laku a vytvrzení také vykazovala nízký stav zásoby odpovídající 0,01 dne. Je zde vidět nepatrně vyšší výkon kontrolora ve srovnání s lakovacím automatem. Značný prostoj nabývající hodnoty 0,21 dne vykazovaly otočné regály po vytvrzení. Nejvyšší zjištěnou dobou prostoje mapované části výroby byla 0,49 denní zásoba nakalotovaných šarží čekajících na další výrobní krok.

V mapě rozčleněné pracoviště povrstvení, nevykazovalo výrazné prostoje nabývající hodnot 0,04 a 0,07 dne. Poslední mapovaná zásoba byla tvořena před pracovištěm kontroly a zatřetí. Tento prostoj odpovídá době 0,09 dne.

Seřazením mezioperačních prostojů byla získána přehledná tabulka, označená jako tabulka 1, poskytující klíčové informace o velikosti plýtvání formou čekáním. V prvním sloupci jsou uvedeny názvy operací navazujících na polohu řešené zásoby.

Tabulka 1 - Tabulka mezioperační prostoje

Navazující operace	Velikost zásoby (dny)
Povrstvení 1.strana	0,49
Příprava šarže	0,37
Kalotování	0,21
Kontrola vrstvy a setřizení	0,09
Háčkování a mytí	0,09
Povrstvení 2. strana	0,07
Otočení	0,04
Lakování	0,04
Kontrola laku a vytvrzení	0,01
SUMA	1,41

Fyzické mapování vizualizovalo reálné doby trvání jednotlivých operací na šarži, které byly dále členěny na činnosti hodnotu přidávající (VA) a nepřidávající (NVA) popisované na začátku kapitoly Zobrazení současného stavu. Následující tabulka je pro zvýraznění plýtvání seřazena dle činností nepřidávající hodnotu (NVA)

Součtem celkového času VA a NVA, jejichž hodnoty jsou uvedeny v tabulce 2, vyplývá technologický čas 739,6 minut potřebný pro výrobu jedné šarže.

Tabulka 2 - Tabulka hodnot NVA a VA jednotlivých produktů

Operace	NVA (min)	VA (min)
Kalotování	39,7	0
Kontrola vrstvy a setřizení	37,1	0
Otočení	34,4	0
Kontrola laku a vytvrzení	33,6	270
Příprava šarže	27	0
Háčkování a mytí	23,8	57,3
Povrstvení 1. strana	10,2	68
Povrstvení 2. strana	9,8	68
Lakování	4,2	57,3
Suma	219	520,6

Vzhledem k používané technologii výroby by přepočítání na jeden kus pro výpočet minimální doby výroby nebyl vypovídající, jelikož většinu technologického času tvoří procesy nezávislé

na počtu kusů v šarži. Výčtem časy strávené ve vytvrzovacích a povrstvovacích zařízeních. Dále čas lakování jednoho až 38 kusů by měl být shodný. Zbylé časy výrobních operací by bylo možné přepočítat na jeden kus, ale hodnota, která by vznikla nemá v případě používané technologie smysl. Vyjadřovala by čas, kdy výrobou teče pouze jeden kus, což by při zachování charakteru výroby zvýšilo náklady na kus v řádu stovek násobků.

Výsledné hodnoty vycházející z mapy současného stavu:

VA Index = 0,1538

Cellková průběžná doba výroby = 1,91 dne

Čas přidávání hodnoty = 422,3 min

Rozpracovanost dle interního systému = 41 328 ks

Aktuální denní výkon = 21 384 ks/den

Dále lze dospět k hodnotě rozpracovanosti vynásobením průběžné doby výroby s aktuálním denním výkonem

$21\,384 \cdot 1,91 = 40\,843$ ks

Při srovnání rozpracovanosti dle systému s vypočtenou byl zjištěn rozdíl, který může mít hned několik příčin. Příkladem jsou odchylky při měření, délky průběhu měření, neodhalená zásoba jednotlivých pracovišť a podobně.

Hodnota VA Indexu vypovídá o poměru, kdy je výrobku hodnota přidávána. Převedením na procentuální zobrazení hodnota nabývá 15,38 %. Důvodem, proč je poměr tak vysoký, jsou dlouhé výrobní procedury trvající několika hodin.

I přes tuto skutečnost je z mapy současného stavu patrné extrémní prodloužení průběžné doby výroby vlivem mnoha druhů plýtvání ve výrobě, jak je sepsáno v teoretické části diplomové práce zabývající se plýtváním ve výrobním procesu.

Z provedeného mapování a výsledné mapy současného stavu lze vysledovat mnoho problémů, mající za důsledek právě několikanásobné prodloužení doby výroby uvedené níže.

Nadměrné zásoby ve výrobě

Tabulka 1 mezioperační prostoje zobrazuje umístění a časové zásoby mezi všemi měřenými operacemi.

Nejvýraznější zásoba byla zmapována před povrstvováním. V ERP systému byla dohledána enormní hodnota 10 476 ks odpovídající 48 čekajících šarží, což při zohlednění výkonu daného dne činí zásobu na 0,49 dne. V realitě není tato zásoba tvořena na jednom místě, ale je rozdělena na dvě oblasti. První zásoba je tvořena na dílně vyrábějící produkty Complete a druhá zásoba na dílně Solitaire 1,6.

Druhou nejvyšší hodnotu zaznamenala zásoba tvořená před sestavováním šarží tvořící 0,37 dne. Při zkoumání tohoto prostoje, je nutné si uvědomit četnost jednotlivých vrstev vybrané skupiny. Jedná se o 17 druhů, kdy jednotlivá vrstva musí ve chvíli sestavování šarže tvořit zásobu minimálně 220 čoček. Z důvodu nerovnoměrných dávek je pro zachování plynulosti výroby nutná určitá hladina produkt mixu.

Zásoba ve čtyřech speciálních otočných regálech tvořená před operací kalotování vykazuje zhruba poloviční zásobu v porovnání se zmíněnými dvěma předchozími, ale i tak je patrně její

předimenzování. Při fyzickém mapování bylo poznamenáno, že aktuální zásoba netvořila ani polovinu maximální kapacity regálů.

Následné zásoby ve výrobě byly po konzultaci se specialisty na daných pracovištích vyhodnoceny jako potřebné pro plynulost výroby.

Nelogické uspořádání plánu šarží

Při bližším zkoumání tvoření zásob před a po operaci kalotování byla zjištěna jejich úzká spojitost. Při výběru šarže z otočných regálů operátorem by mělo fungovat FIFO, což při tlakovém systému pouze přenesl problém za kalotování. Vizualizace dob čekání jednotlivých nakalotovaných šarží pomocí obrazovky vykazovala i více než 8h rozdíly mezi nejstaršími šaržemi jednotlivých vrstev. Tato skutečnost naznačuje nesoulad plánu šarží a plachet (plán pro povrstvovací stroje).

Jednou z mnoha příčin může být nedostatečné úpravy plánů při nedávném přechodu z třisměnného na nepřetržitý provoz, vztahující se k nepřesnostem plánovaných šarží na víkend a začátek následujícího týdne.

Další příčina vzniku může být z historického důvodu. Tvorba plánů vzniká úpravou plánů předešlých týdnů, což při zkopírování plánů s předem sestavenými šaržemi z důvodu různých odstávek, má za následek zbytečné narůstání prostoje šarže ve výrobě. Pokud není tento problém řešen a stále sledován, opakujícím se předem sestavováním, vzhledem k potřebám výroby aktuálního týdne, prostoje narůstají. Vzniká nevyvážené zpoždování šarží, což může mít za následek nedodržení termínů jednotlivých zakázek.

Příprava – rozložení pracoviště

Při pohybu operátorů na pracovišti bylo pozorováno mnoho nadbytečných pohybů vzniklých nelogickým rozmístěním typů vrstev na jednotlivých pracovních stolech.

Při bližším zkoumání bylo zjištěno, že rozložení typů vrstev, není podloženo odbornou studií daného pracoviště, ale pouze uvážením vedoucího pracovníka.

Na daný problém bylo argumentováno tím, že se objemové zastoupení jednotlivých produktů mění v horizontu měsíců a při neustálém optimalizování polohy jednotlivých vrstev by docházelo k dezorientaci příslušných pracovníků.

Lakování – zbytečné pohyby

Jak již bylo zmíněno, operace lakování je plně automatizovaná. I přes to zde byly zaznamenány zbytečné pohyby formou nesmyslných přejezdů podavače, způsobené nedostatečným odlazením programu.

Otáčení

Celková operace byla zařazena do činností hodnotu nepřidávající, jelikož při tomto procesu dojde pouze k obrácení každé čocky konvexní stranou vzhůru, což není činnost, kterou je ochoten zákazník zaplatit.

Absence tahového systému ve výrobě

Tlakový systém způsobuje většinu plýtvání ve výrobě. Zpracované produkty dané operace jsou tlačeny výrobou dále, bez ohledu na potřeby následné operace. Vzniklá zásoba čeká na zpracování, tím se zvyšuje rozpracovanost a s tím související průběžná doba výroby.

Ergonomie pracoviště

Ergonomie je důležitým aspektem, který úzce souvisí s efektivitou práce. Na všech mapovaných pracovištích byly odhaleny ergonomické nedostatky. Za nejzávažnější problém bylo označeno vkládání kalot do povrstvovacích zařízení, které probíhá nad úrovní ramen. Vzhledem k váze přibližně 13 kg a přesnosti umístění do odpovídajících držáků. Dále pracoviště kontroly vrstev vykazovalo značné ergonomické nedostatky. Kontrolor prováděl množství pohybů kontrolovaných zakázek z důvodu absence dostatečného pracovního prostoru a neuspořádanosti pracoviště. Dále při vyndávání horních pozic kaloty dochází k nepříjemnému natahování ruky kontrolora. Důsledkem může být upuštění a následné poškození čočky na konci výrobního procesu, což představuje nejvyšší časové i finanční ztráty.

Absence či nedostatečnost metody 5 S

Jak bylo nastíněno u pracoviště kontrola vrstev, neuspořádáním pracoviště vzniká mnoho forem plýtvání. U každého mapovaného pracoviště s výjimkou laku byly odhaleny nedostatky uspořádání pracoviště. Dále bylo nedostatečné dodržování již vytvořeného 5 S, pozorováno například u skladů ve výrobě, kdy čekající šarže nerespektovaly vyznačená území.

Častá manipulace a přeskládávání jednotlivých čoček

V průběhu mapované části výroby jsou šarže několikrát přeskládávány do různých druhů unašečů, výrobní krabice, háček pro lakovací proces, plech pro vytvrzení, kalota a znovu výrobní krabice. Každá manipulace zvyšuje riziko zamíchání nebo poškození jednotlivých čoček.

3.4.2. Shrnutí analýzy mapy současného stavu

Analyzováním současného stavu bylo zjištěno největšího plýtvání formou nadměrných zásob mezi jednotlivými operacemi vlivem tlakového systému výroby. Vlivem tohoto problému vzrůstá rozpracovanost nesoucí nezanedbatelná rizika. Nejvýraznější zásoba, byla zaznamenána před operací povrstvování, kde je největší možný potenciál ke zlepšení.

VA Index = 0,1538

Celková průběžná doba výroby = 1,91 dne

Čas přidávání hodnoty = 422,3 min

Rozpracovanost dle interního systému = 41 328 ks

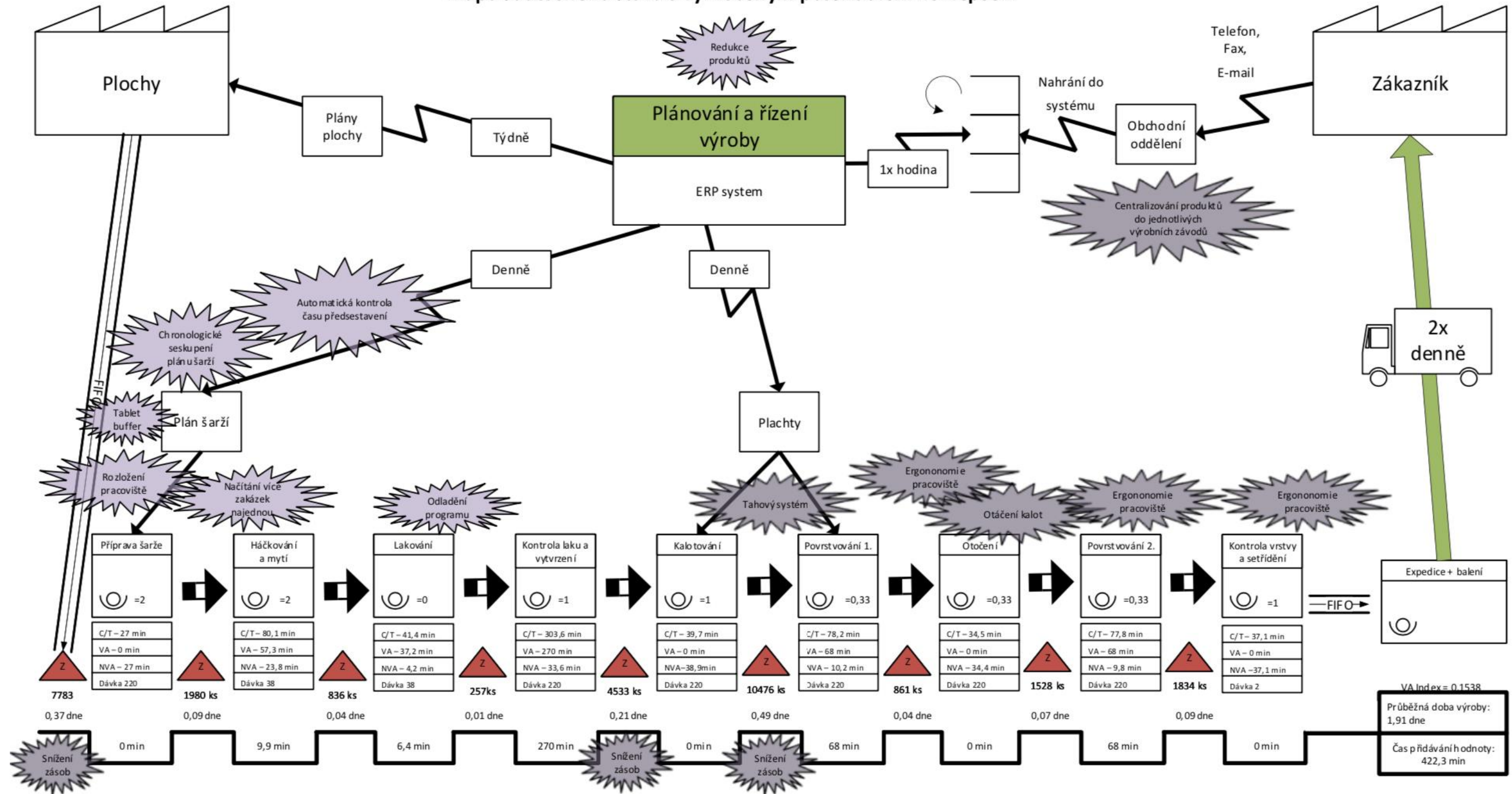
Rozpracovanost dle výpočtu = 40 843 ks

Aktuální denní výkon = 21 384 ks/den

3.5. Zobrazení potenciálu ke zlepšení současného stavu

Mapa současného stavu a její analyzování je základním kamenem pro následující zhotovení mapy současného stavu s vyznačeným potenciálem ke zlepšení. V této podkapitole je popsáno a vyznačeno možné řešení problémů, vyplývajících z již zmíněné mapy současného stavu a zmíněny další nápady pro vytvoření co nejvíce efektivní výroby vzhledem k zadání této diplomové práce. Následný popis blíže charakterizuje návrhy obecněji zakreslených potenciálů ke zlepšení. VSM mapa je znázorněna na obrázku 29.

Mapa současného stavu s vyznačeným potenciálem ke zlepšení



Obrázek 29 - VSM mapa kaizen

Snížení zásob ve výrobě

Zásoby ve výrobě jsou důsledkem tlakového systému. Navrhované řešení je správné zavedení tahového systému.

U tvoření zásoby před povrstvováním se nabízí nastavení hladin maxima a minima dané zásoby nebo zavedení Kanbanu. Vzhledem k možné změně výkonu, dle plánovaných potřeb zákazníků, není žádoucí nastavit konstantní zásobu.

Prvním návrhem ke zlepšení je naprosté odstranění zásoby u pracoviště kalotování a její rozmělnění k příslušným strojům. Již tímto krokem zaniká čas, strávený operátorem, pro vyhledání správné šarže v početné zásobě. Nastavením, zde již konstantní, maximální a minimální hodnoty vzniká řízení zásob pomocí hladin.

Návrh metody Kanban do popisované části výroby má své opodstatnění, avšak je značně logisticky náročnější ve srovnání s řízením výroby pomocí hladin.

Při ohledu na postup výroby při povrstvování jsou patrné nedostatky prvního návrhu. Již při povrstvování první strany vzniká potřeba doplnění zásoby. Vzhledem k následnému opakujícímu se procesu druhé strany není přímo nutné doplňovat zásobu již při první jízdě. Jelikož je zásoba tvořena v bezprostřední blízkosti daného pracoviště, je možné zajistit, aby byla právě otáčená šarže započítávána do potřebné zásoby, tím nebude vyvolána falešná potřeba zvyšování zásoby.

Sofistikovanější metoda Kanban řeší výše popisovaný problém s jednotlivými jízdami šarží. Ovšem z důvodu nekorespondujícího plánu šarží s interním ERP systémem, není možnost zavedení jednoduchého elektronického řízení. Při zavedení hmotných kartiček vznikají rizika ztrát jednotlivých kartiček představující nepřípustné prostoje ve výrobě. Vizualní kontrola při použití této metody není vypovídající.

Druhá nejvyšší zaznamenaná zásoba byla odhalena na pracovišti přípravy. Jak již bylo nastíněno dříve, je nutné si uvědomit četnost jednotlivých vrstev vybrané skupiny. Z důvodu nerovnoměrných dávek je pro zachování plynulosti výroby nutná určitá hladina produktů mixu. Nabízí se řešení odladěním vstupu z předcházející výroby, což není předmětem řešení této diplomové práce.

Poslední z trojice nejvýraznějších zásob je tvořena před kalotováním a úzce souvisí s první popisovanou zásobou. Tuto zásobu již nelze rozdělit dle pracovišť povrstvení jako v prvním případě.

S využitím ERP systému je možné nastavení tahového systému, který bude principiálně obdobný jako výše popsané řízení zásob pomocí hladin, kdy množství zásob v otočných regálech po vytvrzování nebude ovlivňovat vytvrzení, ale půjde dále až k sestavování šarží. Charakter operace vytvrzování je početné zastoupení pecí, které v jeden okamžik zároveň vytvrzují hned několik šarží. Hodnotovému toku mezi skládání šarží až po vytvrzení je vzhledem k nízkým zásobám ponechán tlakový systém. Na tomto úseku lze snadno ze systému vyklíčovovat aktuální počet kusů spadajících do řešené skupiny produktů. Následným zanesením plánovaných výkonů by vznikla možnost nastavení pružné hladiny. Následné nastavení hranic zajistí nehromadění zásob.

Takto nastavené řízení výroby bylo projednáno s konzultantem. Pro náročnost požadavku změn v ERP systému na IT oddělení v Německu a s tím spojené prodlevě provedení, se dospělo k rozhodnutí řešit daný problém jednodušším, méně sofistikovaným způsobem.

Daná zásoba bude nastavena na maximální dlouho udržitelný výkon. U takto nastavené zásoby vzniká navýšení prostoje při sníženém výkonu, ale vzhledem k relativně nízkým výkyvům zajišťující role výrobního závodu v celé společnosti, kdy vedení požaduje velké objemy a výkyvy jsou převážně řešeny ostatními závody.

Uspořádání plánu šarží a povrstvování

Precizní uspořádání plánu pro sestavování šarží by eliminovalo již neopodstatněné předsestavování. Po uspořádání by proběhla kontrola s plány výroby na povrstvovacích zařízeních pro zaručení návaznosti. Sofistikovanějším návrhem jsou elektronické plány, které na sebe budou vázány.

Absence operace Otáčení

U principiálně podobných procesů povrstvení existuje, společnosti známé, opatření, které tuto výrobní operaci vynechává. Jedná se o speciální kaloty s otočnými maskami jednotlivých dvojic čoček. Systém se využívá pro výrobu některých nízkoobrátkových typů produktů. Návrhem je rozšířit princip výroby na řešenou oblast produktů.

Ergonomie pracoviště

Nalezené ergonomické nedostatky zkoumané části výroby mají na dosažení zadání zanedbatelný vliv vzhledem k dlouhé průběžné době výroby. Zanesení do Mapy současného stavu s vyznačeným potenciálem slouží jako námět k prozkoumání v rámci odpovídajících projektů.

Metoda 5 S

Nedodržování zásad již zavedeného 5 S bylo pozorováno u skladů ve výrobě, kdy čekající šarže nerespektovaly vyznačená území. Návrhem je zavedení kontrol dodržování zavedených standardů.

Eliminace manipulace a přeskládávání jednotlivých čoček

Ideální by bylo využití pouze jednoho typu unašeče, což by znamenalo naprostou výměnu používané technologie výroby. Dále se nabízí pouze minimalizování počtu.

Výrobní krabičky nejsou vhodné pro nahrazení jiného druhu unašeče. Při lakování se lak zachycuje nejen na povrchu čoček, ale i na háčkách, které se musí následně odlakovat. Navazující operací by došlo k vytvrzení laku na unašeči, což není přípustné.

Kalota je teoreticky možným adeptem nahrazující vytvrzovací plechy, za předpokladu výměny pecí za větší s vestavěnými úchyty pro kaloty. Možným problémem může být připečení čoček ke kalotám.

Za předpokladu kontroly kvality vrstvy bez vyndání čoček z kaloty nebo dokonce její naprostou absencí, pak lze nastavit výrobní tok bez zpětného vrácení do výrobní krabičky a spárování s výrobní průvodkou. Šarže by byla transportována ve speciálním vozíku na expedici. Úpravou balicích automatů bylo umožněno odebírání čoček přímo z kalot s řazením dle pozice.

Oba výše uvedené návrhy jsou pouze hypotetické a předpokládají značnou investici.

3.6. Zobrazení budoucího stavu

Analýza současného stavu odhalila řadu problematických míst mapované výroby zobrazené na mapě současného stavu s vyznačeným potenciálem ke zlepšení. Při tvorbě návrhu mapy budoucího stavu je brán největší zřetel na splnění zadaných požadavků týkající se snížení rozpracovanosti a s tím spojené průběžné doby výroby.

S konzultantem této práce a vedením firmy byly jednotlivé návrhy na zlepšení projednány a v případě přínosu zaneseny do mapy budoucího stavu.

Dále následuje výčet implementovaných či vyvrácených návrhů ke zlepšení.

Uspořádání plánu šarží a povrstvování

Prvotním opatřením ke zlepšení bylo přestavení plánu šarží vzhledem k plánu povrstvení, které je nutné pro následné snižování zásob.

Při jednání ohledně přechodu na sofistikovanější typ elektronických plánů bylo zjištěno, že vedení firmy v Mnichově již pracuje na obdobné změně týkající se plánů, která má být zavedeno v říjnu tohoto roku.

Nastavení optimální zásoby před povrstvováním

Jedná se o největší a zároveň nejrychleji zaveditelný potenciál ke zlepšení vyplývající z analýzy provedeného mapování. Z důvodu plynulosti výroby není nutné držet takřka půl denní zásobu. Prostým jednorázovým snížením výrobní dávky pozorovaných produktů by bylo docíleno aktuálního zredukování rozpracovanosti výroby, avšak z dlouhodobého hlediska by toto opatření nemělo význam.

Možnosti řízení zásoby jsou nastíněné v předchozí podkapitole zobrazení potenciálu ke zlepšení. Vzhledem ke skutečnosti plánovaných změn ohledně plánu šarží a zvážení rizik bylo na doporučení vedení firmy vybráno řízení zásoby dle hladin.

Dalším krokem bylo určení maximální a minimální hodnoty zásoby tvořené u každého pracoviště. Požadavkem každého pracoviště je vždy jedna připravená šarže v okamžiku doběhu programu povrstvovacího zařízení.

Důležitou informací je plánování jednotlivých začátků povrstvování ob jednoho zařízení. Tím je myšleno, že pokud zpracovává zařízení A první šarži první stranu, pak zařízení B povrstvuje první šarži druhou stranu. Následné zařízení C je nalaďeno stejně s A. Označení A, B, C je smyšlené, sloužící pouze pro znázornění.

Zásoba jedné šarže před každým pracovištěm:

Jelikož je plánován jeden operátor kalotování na tři povrstvovací pracoviště, je nutno počítat s nejhorsí možnou situací, pokud na kalotovače vznikne požadavek nakalotovat 2 šarže. Z mapy současného stavu vyplývá, že čas cyklu povrstvení druhé strany nabývá hodnoty 78,1 min a cyklus kalotování 38,9 min.

Z jednoduchého výpočtu vyplývá:

Minimální prodleva: $2 * 39,7 = 79,4 \text{ min} > \text{cyklus povrstvení 2. strany (78,1 min)}$

Maximální prodleva: $39,7 + 2 * 39,7 = 119,1 \text{ min} > \text{cyklus povrstvení 2. strany (78,1 min)}$

První výpočet předpokládá nulovou prodlevu informace. Výsledkem je nedostatečnost zásoby jedné šarže před každým pracovištěm.

Druhý výpočet, znázorněn pouze z informativního hlediska, znázorňuje situaci, kdy vznikne při začátku kalotování potřeba doplnění zásoby třetího pracoviště. Prodleva informace je rovna celému cyklu.

Zásoba dvou šarží před každým pracovištěm:

Minimální prodleva: $2 * 39,7 = 79,4 \text{ min} < 2x \text{ cyklus povrstvení 2. strany (156,2 min)}$

Maximální prodleva: $39,7 + 2 * 39,7 = 119,1 \text{ min} < 2x \text{ cyklus povrstvení 2. strany (156,2min)}$

Výsledek je dále srovnáván s dvojnásobkem času cyklu povrstvení druhé strany, odpovídající časovému fontu při zásobě dvou šarží. Dále je vidět dostatečná časová rezerva, při nejhorší možné situaci, zabraňující přerušení výroby.

Výpočet minimální časové rezervy:

$$156,2 - 119,1 = 37,1 \text{ min}$$

Z výpočtů lze odvodit hladinu maxima 2 a minima 1 šarže.

Výpočet kusové zásoby:

Počet aktivních povrstvovacích strojů při prováděném měření pro Complete: 5

Počet aktivních povrstvovacích strojů při prováděném měření pro Solitaire 1,6: 4

Z výše nastíněného systému vyplývá, že při doplnění všech zásob na hodnotu dvou šarží před každé pracoviště, kdy zásoba poloviny pracovišť bude pouze jedna šarže započítávající se do zásoby před povrstvováním, a druhá šarže představuje již povrstvenou z jedné strany.

Výpočet maximální přípustné zásoby před povrstvováním:

$$5 * 2 * 220 + 4 * 220 = 3080 \text{ ks}$$

Výpočet dokazuje, že zásobu drženou před povrstvováním lze snížit na méně než třetinu.

Nastavení maximální zásoby před kalotováním

Jak bylo nastíněno v podkapitole Zobrazení potenciálu ke zlepšení, zásoba bude řízena dle dlouhodobě udržitelného maximálního výkonu. Není reálné brát v úvah výkon dle počtu strojů a jejich kapacit, v úzkém místě procesu, jelikož je technologicky nutné u povrstvovacích strojů řešit pravidelné odstávky na čištění a přeplechování.

Kapacitně je reálné udržet 10 strojů z 12. Z historických dat interního systému byl získán počet denně vyrobených kusů při takto nastavené výrobě nabývající hodnoty 23 582 ks.

Při řešení požadavků následující operace kalotování, je nutné poznamenat, že při maximálním výkonu probíhá na 4 pracovištích rozmístěných do dvou oddělených dílen. Z toho vyplývá, že maximální možným požadavkem jsou 4 šarže každou dobu cyklu $T/C = 39,7 \text{ min}$.

Následně je nutné řešit schopnost předchozího pracoviště dodávat do skladu. Pro vyjádření doby cyklu dodávání lze použít dobu cyklu lakovacích automatů, jelikož takt následných pracovišť jsou touto operací přímo úměrně řízena. Z mapy současného stavu lze vyčíst dobu cyklu lakovacího automatu $C/T = 41,4 \text{ min}$, dále víme počet automatů = 4

Neopomenutelnou skutečností jsou výpadky automatů, které jsou zaznamenávány do interního systému. Nejdéle zaznamenaná hodnota odstávky za 3 měsíce byla 2,77h. Tato hodnota představuje maximální odstávku jednoho automatu. Ze systému je možné dále vyčíst četnost

výpadků (1,9 krát denně) a průměrný čas výpadku 0,42h. Z důvodu snížení rizik je daný typ laku, pro skupinu Complete i Solitaire 1.6, zastoupen ve dvou na sobě nezávislých automatech. Lze odvodit, že výpadkem stoje vznikne ponížení maximálního výkonu na 50 %. Polovina maximální hodnoty představující 100 % výpadek činí 1,39h

Jelikož máme stejný počet automatů jako kalotovacích pracovišť lze řešit nutnou zásobu pro jedno pracoviště.

Z výše uvedeného lze odvodit reálnou dobu, kdy nebude lakování schopno dodávat a následné převedení na minimální hodnotu zásoby, v otočných regálech, pro plynulý chod.

Je úměrná hodnotě maximálního 100 % výpadku v součtu s dobou cyklu nutnou pro obnovení produkce.

Výpočet minimální časové zásoby:

$$1,39 + (41,4/60) = 2,08h$$

Převod na minimální kusovou zásobu pomocí výše uvedeného maximálního denního výkonu:

$$(23\ 582/24) * 2,08 = 2043ks \sim 10 \text{ šarží}$$

Výpočet znázorňuje minimální nutnou zásobu v otočných regálech. Pro určení minimální hodnoty v šaržích byla hodnota zaokrouhlena směrem nahoru.

Maximální hodnotou hladiny je určeno přičtením jedné hodiny k minimální časové zásobě z důvodů řízení zásoby pomocí hodinových plánů pro skládání šarží. Pokud bude maximální hodnota překročena, vznikne požadavek na přípravu o vynechání hodinové dávky.

Výpočet maximální časové zásoby:

$$2,08 + 1 = 3,8h$$

Převod na maximální kusovou zásobu pomocí výše uvedeného maximálního denního výkonu:

$$(23\ 582/24) * 3,08 = 3026 \text{ ks} \sim 14 \text{ šarží}$$

Výpočet znázorňuje maximální možnou zásobu v otočných regálech. Pro určení maximální hodnoty v šaržích byla hodnota zaokrouhlena směrem nahoru.

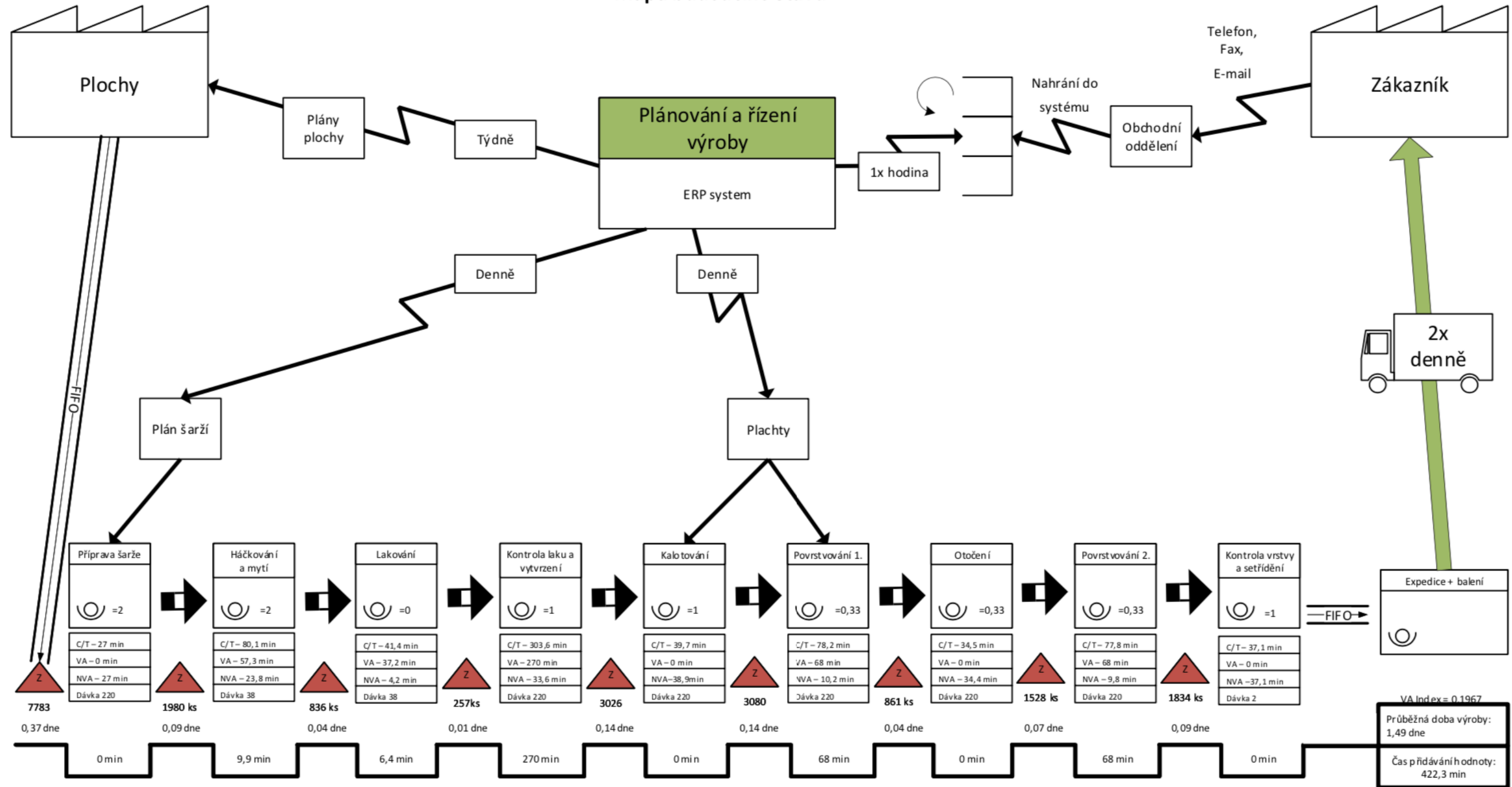
Absence operace Otáčení

Při bližším zkoumání bylo zjištěno, že kaloty s otočnými maskami nejsou pro dané produkty možné použít pro jejich konstrukční netěsnosti, které jsou nutné pro otočení každé masky.

Dokonce bylo zjištěno, že se danou problematikou již dříve zabývali procesní technici, kteří nenašli reálné technické řešení. Proto bylo od tohoto návrhu upuštěno.

Na obrázku 30 je znázorněna mapa budoucího stavu. Byly použity maximální hodnoty výše nastavených hladin.

Mapa budoucího stavu



Obrázek 30 - VSM mapa budoucího stavu

Analýza budoucího stavu

Výsledné hodnoty:

VA Index = 0,1967

Celková průběžná doba výroby = 1,49 dne

Čas přidávání hodnoty = 422,3 min

Aktuální denní výkon = 21 384 ks/den

Výpočet rozpracovanosti:

$21\ 384 * 1,49 = 31\ 862$ ks

Simulací hodnotového toku bylo docíleno znázornění navrhovaných změn. Dále jsou vyobrazeny jejich důsledky v podobě zredukované průběžné doby výroby na 1,49 dne a VA Indexu dosahujícího 0,1967, což znamená, že 19,67 % doby, kterou tráví šarže v daném výrobním úseku jí je přidávána hodnota.

3.7.Zhodnocení výsledků

Byl řešen koncový úsek výroby, který je doposud řízen pouze na začátku pomocí stanovení plánu šarží, určující hodinové dávky deklarující nepřetržitý chod povrstvovacích zařízení. Požadavkem této práce bylo zmapování a zredukování průběžné doby koncové výroby brylových skel a rozpracovanosti minimálně o 5 %.

Vhodná skupina produktů pro následné mapování byla vybrána na základě konzultací se specialisty procesu a konzultantem. Určením dvou souvisejících skupin Complete a Solitaire 1,6 vzniklo 73.3 % zastoupení produkce. Dále jsou tyto skupiny z pohledu společnosti zajímavé pro jejich navyšující se charakter, na úkor ostatních druhů výrob.

Nutným předpokladem pro správné řízení je chronologicky přesně nastavený plán skládání šarží. Mapováním byl zjištěn nesoulad plánu šarží vzhledem k povrstvování vzniklý z historických důvodů. Vytvořením zásob mezi operacemi byly nesrovnalosti skryty a nebránily nepřetržitému chodu operací. Obecně jsou zásoby brány jako plýtvání a zároveň bývají největším a nejrychleji proveditelným potenciálem ke snížení zkoumané průběžné doby výroby a úzce související rozpracovaností.

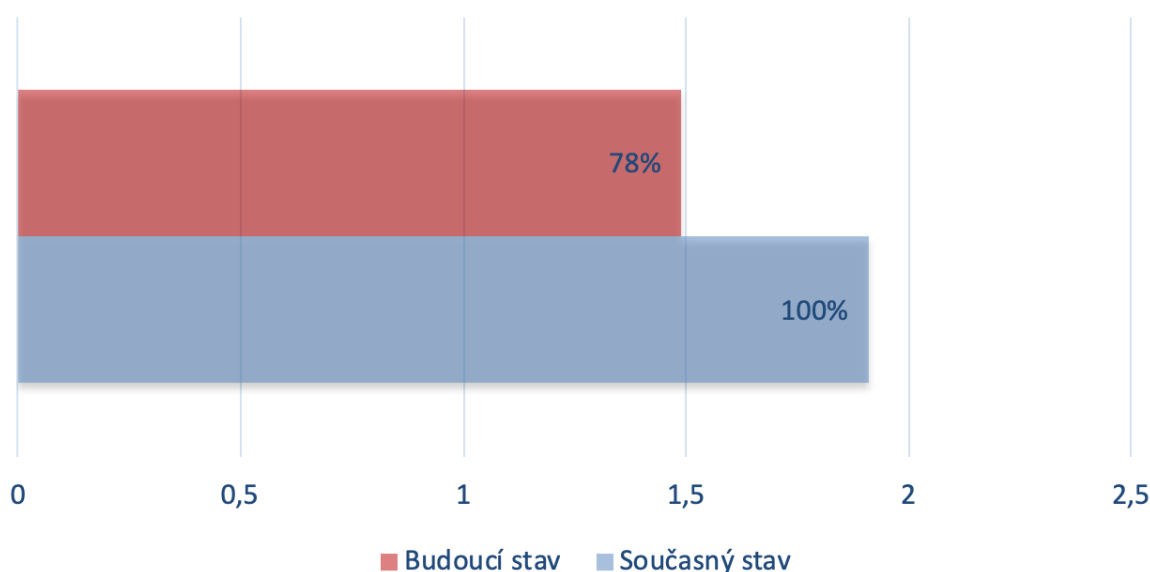
První kroky z pohledu zlepšování vedly k přezkoumání všech plánů šarží a jejich následné optimalizování. Dopad této změny na průběžnou dobu výroby či rozpracovanosti je, z důvodu četnosti šarží a denních nerovnoměrností opoždování, složité určit. Ovšem tento krok byl proveden z jiného důvodu. Optimalizováním plánu šarží bylo docíleno správného produktu mixu probíhajícího výrobou. Je důležité si uvědomit, že povrstvovací zařízení vyrábějí rozdílné druhy vrstev, proto je u zásobování podstatné nejen množství, ale i správný typ šarže.

Po optimalizace plánu šarží bylo možné přistupovat k zásobám pouze z množství hlediska, kdy byly počítány a konzultovány zásoby mezi operacemi potřebné pro nepřetržitý chod. Podrobněji řešeny v předešlé podkapitole Zobrazení budoucího stavu.

Zhodnocení navrhovaných změn je podloženo nabytými informacemi z již zhotovených map současného a budoucího stavu dle metody Value Stream Mapping. Pro přehlednější vyjádření byly zhotoveny následující grafy.

Předchozí podkapitolou popisované řídicí hladiny zásob zamezují navyšování zásob z dlouhodobého hlediska. Oproti stávajícímu stavu je řízena výroba nejen na začátku procesu vrstev, ale i uvnitř tohoto procesu. Z grafu, zobrazeného na obrázku 31, je možné vidět výhodnost navrhovaného stavu, kdy celkový čas šarží v konečném úseku výroby bude oproti současnému stavu ponížěn na 78 %.

Průběžná doba výroby



Obrázek 31 - Průběžná doba výroby

Výpočet:

průběžná doba výroby současného stavu = 1,91 dne

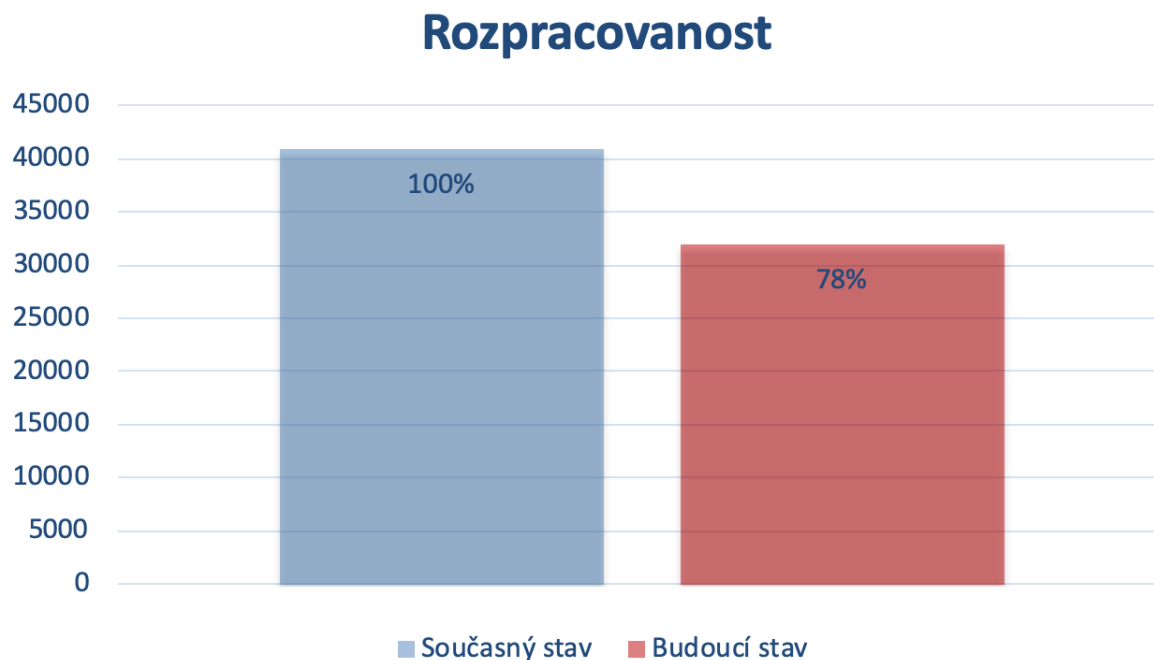
průběžná doba výroby budoucího stavu = 1,49 dne

$1,91 - 1,49 = 0,42$ dne ~ 22 %

Jak již bylo zmíněno, v podkapitole představení společnosti Rodenstock, firma deklaruje vyrobění celé zakázky do 4 pracovních dní. Jedná se o závazek společnosti, který je na splnění stále složitější, vzhledem k navyšující se produkci. Jak z výpočtu vyplývá, pokud by se zavedly navrhované změny v plném rozsahu, vznikla by časová úspora 0,42 dne, kdy by šarže trávila o 22 % času ve výrobě méně. Pro firmu by to znamenalo vyšší pružnost při přechodu zařízení na jiný typ vrstvy a snížení počtu zakázek prodaných po termínu, což je pro firmu společně s kvalitou prioritní.

Druhým požadavkem společnosti bylo snížení rozpracovanosti minimálně o 5 %. Jelikož ke změnám došlo pouze v zásobách mezi operacemi, procentuální snížení je, mezi stavem současným a budoucím, u rozpracovanosti a průběžné doby výroby, shodná. Pro zhodnocení byly porovnávány vypočtené hodnoty rozpracovanosti, řešené v analýzách současného

a budoucího stavu. Použitím velikosti rozpracovanosti získané z interního systému by byly výsledky zkresleny, protože se při návrhu budoucího stavu vycházelo z hodnot současného stavu. Rozpracovanost znázorňuje obrázek 32.



Obrázek 32 - Rozpracovanost

V kusovém vyjádření:

rozpracovanost současného stavu = 40 843 ks

rozpracovanost budoucího stavu = 31 862 ks

$40\,843 - 31\,862 = 8\,981$ ks

Výpočet prezentuje kusový rozdíl rozpracovanosti současného a budoucího stavu. Jedná se tedy o návrh snížení zásoby 8981 ks čoček ve zkoumané části výroby. Výhodou je kupříkladu zpřehlednění výroby, uvolnění prostoru ve výrobě, zamezení zbytečnému převážení či přerovnávání, usnadnění dohledatelnosti zakázek a mnohé další.

Při schválení tohoto návrhu vedením, by byly zásoby snižovány postupně z důvodu možných neřešených nedostatků výroby, které mohou být skryty v nadměrných zásobách. Vznikla by možnost řešit objevené problémy postupně a snížit tak riziko přerušení plynulosti probíhající výroby. Nyní je návrh předložen vrcholnému managementu, který rozhodne o následujících krocích.

4. Závěr

Záměrem této diplomové práce bylo řešení reálného problému ve výrobě brýlových čoček, které bylo zadáno samotnou firmou Rodenstock s.r.o. v Klatovech. Požadavkem bylo zmapování daného úseku procesu a odhalení zásadních nedostatků výroby tvořící prodlužování průběžné doby výroby a zvyšování rozpracovanosti. Cílem bylo navržení zlepšení tak, aby vzniklo zkrácení již zmíněné průběžné doby výroby a rozpracovaných kusů ve výrobě o minimálně 5 % ze zanalyzovaného současného stavu.

Diplomová práce byla rozdělena do dvou částí. Teoretické poznatky dané problematiky shromážděné z odborné literatury byly zpracovány v první části, která vytvořila základ pro druhou, praktickou část, kde byly dané poznatky dle potřeby implementovány.

Zprvu se teoretická část věnovala štihlé výrobě obecně, co představuje, jak vznikla a k čemu je využívána. Dále popisuje historii a důležité milníky, které postupně vytvořily dnešní pohled na tuto filosofii.

Jelikož principem štihlé výroby je eliminování plýtvání, bylo v dalším kroku nutné popsat, co představuje, jak vzniká, jeho dělení a podrobněji rozebrat jednotlivé druhy. Následně bylo pojednáno o jednotlivých metodách Průmyslového inženýrství typických pro štihlou výrobu.

Pojednání o samotné metodě Value Stream Mapping (VSM), která byla klíčová pro následující praktickou část, byla zároveň posledním řešeným tématem teoretické části. Popsáním VSM byly postupně rozebrány důležité pojmy hodnota výrobku, hodnotový tok a dále samotný princip a zásaditost metody. Takto zpracovaná teoretická část obsahovala základní informace pro následné zpracovávání praktické části.

Jak již bylo zmíněno, druhá část této diplomové práce se zabírala samotným řešením reálného problému z praxe, kde byly implementovány teoretické poznatky zpracované v první části práce. Nejprve byla představena firma Rodenstock z hlediska její historie, struktury a obecných informací. Cílem celého snažení této práce bylo zredukování průběžné doby výroby a rozpracovanosti minimálně o 5 % vzhledem k současnému stavu u vybrané stěžejní skupiny produktů.

Jelikož výroba není jednotná vzhledem k nabízenému širokému sortimentu produktů, bylo nutné provést rozřazení produkt mixu do skupin a následně analyzovat vzájemné procentuální zastoupení pro zvolení odpovídající skupiny produktů. Na doporučení výrobních specialistů byly vybrány dvě největší skupiny s vesměs shodným výrobním postupem, při využívání rozdílných materiálů, Complete a Solitaire 1.6, které společně tvoří 73,3 % celkové produkce firmy.

Pro možnost optimalizování dané části výroby bylo důležité zmapovat jednotlivé operace výrobního postupu a jejich vzájemné vazby. Bylo výhodné využít právě zmíněnou metodu Value Stream Mapping, kde vytvořením mapy současného stavu byl získán přehled o hodnotovém toku. Důležitou součástí bylo promyšlení způsobu mapování pro nezkrácené zachycení všech důležitých ovlivňujících aspektů, kde byly navrženy dva způsoby a optimálním řešením byl vybrán právě jejich průnik.

Z již provedeného mapování s vypracovanou mapou současného stavu byly odhaleny nedostatky výroby v různých formách již zmíněného plýtvání. Zakreslením jednotlivých návrhů možností optimalizace procesu vznikla mapa současného stavu s vyznačeným potenciálem ke zlepšení. Následným projednáním jednotlivých možností vznikl výčet možností

ke zlepšení. Dále byl rozepsán způsob jejich možného implementování a vyobrazena navrhovaná mapa budoucího stavu s 22 % úsporou průběžné doby výroby a rozpracovanosti.

Závěrem praktické části diplomové práce bylo porovnáním současného a budoucího stavu, sloužící pro konečné zhodnocení. Výsledky prokazují splnění zadaných cílů této práce.

5. Seznam použité literatury

- [1] SVOZILOVÁ, A. Zlepšování podnikových procesů. 1. vyd. Praha: Grada, 2011.
- [2] WIKIPEDIA. Ford model T Wikipedie [online]. [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ford_model_T
- [3] WIKIPEDIA. Henry Gantt Wikipedie [online]. [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Henry_Gantt
- [4] WHO MADE AMERICA? Eli Whitney [online]. [cit. 2018-11-10]. Dostupné z: http://www.pbs.org/wgbh/theymadeamerica/whomade/whitney_hi.html
- [5] LEAN EXPERTS S.R.O. Co je to Lean? Lean experts [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <http://www.leanexperts.cz/lean-sluzby/stihla-vyroba/>
- [6] MANAGEMENT MANIA. Lean přístup Management Mania [online]. [cit. 2018-11-13]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/lean>
- [7] API. Štíhlá výroba – používané metody a nástroje, Academy of Productivity and Innovations [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>
- [8] ŠIMON, M., MILLER, A. Timwood Lean Refers to the 7 Waste of Lean, Latest Quality [online]. [cit. 2018-11-27]. Dostupné z: <https://www.latestquality.com/timwood-lean/>
- [9] SYSTEM ONLINE. Kanban – výroba tahem. SystemOnline [online]. [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>
- [10] STOFIRA, K. FMEA, Heijunka, Kanban. Kvalite produkcie [online]. [cit. 2018-11-28]. Dostupné z: <http://www.kvalitaprodukcie.info/fmea-heijunka-kanban/>
- [11] MANAGEMENT MANIA. JIT (Just-in-time), Management Mania [online]. [cit. 2018-11-30]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/just-in-time>
- [12] SYSTEM ONLINE. Štíhlé principy a procesně orientovaná výroba [online]. [cit. 2016-11-30]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/stihle-principy-a-procesne-orientovana-vyroba.htm>
- [13] ESCARE. Totálně produktivní údržba (TPM) Escare [online]. [cit. 2018-12-01]. Dostupné z: https://www.escare.cz/balicky-sluzeb/totalne-produktivni-udrzba-tpm/?gclid=EAIaIQobChMI_tnwxaf_3gIVR-aaCh0VIQQ9EAAYASAAEgL4GPD_BwE
- [14] PRODUCTIVE SYSTÉM, S.R.O. SMED, Svět produktivity [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/SMED.htm>
- [15] LEAN SIX SIGMA. Poka-yokeLean Six Sgma [online]. [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: <http://lean6sigma.cz/poka-yoke-vizualizace/>
- [16] MANAGEMENT MANIA. VSM (Value Stream Mapping) Mapování toku hodnot, Management Mania [online]. [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/lean>
- [17] ROSER, CH. Mapování hodnotových toků, 1. část: Kdy mapovat toky hodnot a kdy ne?!, Průmyslové inženýrství [online]. [cit. 2018-12-04]. Dostupné

z: <http://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/mapovani-hodnotovych-toku-1-cast-kdy-mapovat-toky-hodnot-a-kdy-ne/>. Zlín, 2015.

[18] API. Zmapujte hodnotový tok pomocí metody VSM, Academy of Productivity and Innovations [online]. [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25849n-zmapujte-hodnotovy-tok-pomoci-metody-vsm>

[19] MODERNIZACE IHNED. Management hodnotového toku, modernirizeni.ihned [online]. [cit. 2018-12-04]. Dostupné z: <https://modernirizeni.ihned.cz/c1-13955170-management-hodnotoveho-toku>

[20] RODENSTOCK GmbH. Poslání společnosti Rodenstock, Rodenstock [online]. [cit. 2018-12-05]. Dostupné z: <https://www.rodenstock.cz/cz/cz/o-spolecnosti-rodenstock/poslani-spolecnosti.html>

[21] ŽENY A TECHNIKA. Rodenstock, s.r.o. Let's give (Wo)men a chance, [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <http://www.zenyatechnika.cz/en/realizovane-akce-exkurze-rodenstockII.php>

[22] ZOOM OPTICAL. Rodenstock – pioneers of vision since 1877 from Germany, zoom. [online]. [cit. 2018-12-06]. Dostupné z: <http://www.zoomoptical.ca/trends.htm>

[23] RODENSTOCK, S.R.O. Firemní a reklamní podklady. Klatovy, 2