



OPTIMALIZACE VÝROBNÍ BUŇKY NA VÝROBU BRZDOVÝCH VÁLCŮ

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T049 – Výrobní systémy a procesy

Autor práce: **Bc. Tomáš Lux**
Vedoucí práce: doc. Dr. Ing. František Manlig



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERECI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Tomáš Lux**
Osobní číslo: **S13000490**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní systémy a procesy**
Název tématu: **Optimalizace výrobní buňky na výrobu brzdových válců**
Zadávající katedra: **Katedara výrobních systémů**

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

Cílem diplomové práce je zefektivnit výrobu brzdových válců. Při zpracování diplomové práce je vhodné využít standardní nástroje pro analýzy a zlepšování procesů

Zásady pro vypracování:

1. Úvod do problematiky štíhlé výroby (např. trendy v oblasti výrobních systémů, lean techniky,...).
2. Analýza stávajícího výrobního procesu ve výrobní buňce, odkrytí rezerv.
3. Návrhy opatření ke zlepšení, porovnání se současným stavem.
4. Závěr a zhodnocení práce.

Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50-60 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

[1] LIKER, J. *Tak to dělá Toyota*. Praha: Management press, 2007. ISBN 978-80-7261-173-7.

[2] SIXTA, J. a V. MAČÁT. *Logistika*. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0573-3.

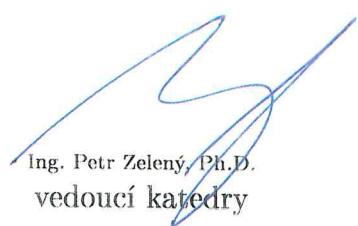
[3] IPA slovník [online slovník], 2015. Dostupné z <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník>.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Dr. Ing. František Manlig**
Katedra výrobních systémů
Konzultant diplomové práce: **Ing. Jan Vavruška**
Katedra výrobních systémů

Datum zadání diplomové práce: **14. listopadu 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. května 2015**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 14. listopadu 2014

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

**TÉMA : OPTIMALIZACE VÝROBNÍ BUŇKY NA VÝROBU
BRZDOVÝCH VÁLCŮ**

ANOTACE :

Tato diplomová práce popisuje proces výroby brzdového válce na výrobní lince BS ve firmě Knorr-Bremse AG. Detailní analýza současného stavu prokázala, že na pracovišti dochází k velkému plýtvání, které musí být redukováno a pokud možno odstraněno. Analýza byla podložena simulací. Na základě získaných dat byl připraven návrh optimalizace pracoviště s využitím nástrojů štíhlé výroby. Tento návrh byl posléze realizován a porovnán s předchozím stavem.

KLÍČOVÁ SLOVA: (štíhlá výroba, optimalizace pracoviště, simulace, 5S)

**THEME : OPTIMIZATION OF BRAKE CHAMBER PRODUCTION
CELL**

ANNOTATION:

This master's thesis describes brake chamber production process at the BS production line in Knorr-Bremse AG Company. Detailed analysis of current status on this workplace identified big waste that must be reduced or if possible eliminated. This analysis was supported by simulation. Based on the data obtained was prepared proposal for improvement using lean production methods. This proposal was later on realized and compared with the previous status.

KEYWORDS: (lean production, optimization of workplace, simulation, 5S)

Počet stran : 58
Počet příloh : 1
Počet obrázků : 26
Počet tabulek : 3
Počet modelů
nebo jiných příloh: 0

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Dr. Ing. Františkovi Manligovi z katedry výrobních systémů TU v Liberci za věnovaný čas, připomínky a rady, svému konzultantovi ing. Lukášovi Vokurkovi z firmy Knorr-Bremse AG za poskytnuté firemní informace a rady k problematice na pracovišti.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich soustavnou podporu při studiu na Technické Univerzitě v Liberci.

Obsah:

1	Úvod.....	9
2	Štíhlá výroba, nástroje a metody štíhlé výroby	11
2.1	Výpočet zisku	11
2.2	Složení procesu	11
2.3	Plýtvání [4].....	12
2.4	Standardizovaná práce	13
2.5	Optimalizace výrobních buněk	14
2.6	ABC analýza [7].....	15
2.7	Metoda 5S	16
2.8	SMED	17
2.9	Porovnání dávkové výroby a výroby tokem jednoho kusu.....	18
2.10	Analýza a měření práce	18
2.11	Simulace	20
2.11.1	Proč simulovat.....	21
2.11.2	Kdy používat simulaci	21
2.12	Ukazatele pro vyhodnocování procesu	21
3	Analýza stávajícího výrobního procesu ve výrobní buňce	23
3.1	Konstrukce a funkce brzdového válce	23
3.2	Popis výrobní linky BS.....	24
3.2.1	Popis procesu výroby brzdového válce.....	25
3.2.2	Zásobování linky	27
3.2.3	Normy	28
3.3	ABC analýza vyráběného sortimentu	28
3.4	Výpočet zákaznického taktu	29
3.5	Video analýza současného stavu.....	30
3.6	Simulace současného stavu	33
3.7	Shrnutí analýzy současného stavu	34

4	Návrh budoucího stavu.....	36
4.1	Odstranění plýtvání před uvolněním zákazníka.....	36
4.1.1	Přerozdělení pracnosti mezi 2 operátory	37
4.1.2	Dočasný výstup z linky pro 2 operátory (do zavedení změn z projektu).....	39
4.2	Návrh layoutu	39
4.3	Uzpůsobení pracoviště pro výrobu v toku jednoho kusu.....	41
4.4	Simulace navrženého stavu.....	43
4.5	Jednotýdenní test výroby v navrženém stavu	45
4.5.1	Příprava na test.....	45
4.5.2	Sledování a vyhodnocení testu výroby tokem jednoho kusu	46
4.6	Přestavba výrobní linky BS po zákaznickém uvolnění	47
4.6.1	Obnova vizuálního managementu	48
4.6.2	Změna programu gravírovacího zařízení	49
4.7	MOST	50
4.8	Formulář pro standardní práci.....	51
4.9	Výsledky a shrnutí projektu	52
5	Závěr.....	54
	Použitá literatura	56
	Seznam příloh:	58

Seznam zkratek

KPI	Key Performance Indicators (klíčové ukazatele výkonnosti)
SMED	Single Minute Exchange of Die (Změna v jedné minutě)
KB	Knorr-Bremse
APP	Active pressure part (aktivní tlaková část)
NPP	No pressure part (část bez tlaku)
GB	Gitter box (drátěná obalová klec v rozměru europalety)
MTM	Methods Time Measurement (metoda měření času)
MOST	Maynard Operation Sequence Technique (Měření práce pomocí předem stanovených časů)
TMU	Time Measure Units (časová měřitelná jednotka)
KLT	Nosič malých nákladů
DLP2	Direct labor productivity (přímá produktivita práce)
CEZ	Celková efektivita zařízení

1 Úvod

Prosadit se a udržet krok s trendy dnešního trhu je stále obtížnější, protože konkurence se stále zlepšuje. Je to neustálý boj o procenta na trhu. Důležitá je stálá optimalizace veškerých procesů, které by měly být prováděny nejlevnějším a nejefektivnějším způsobem. Jak je známo, zákazník požaduje vše v dobré kvalitě, rychle a hlavně levně. Odpověď, jak skloubit tyto tři požadavky, našla firma Toyota, která zavedla tzv. štíhlou výrobu. Tento výrobní systém se snaží odstraňovat plýtvání a naplňovat požadavky a přání zákazníka. Štíhlá výroba se zaměřuje na stabilitu, flexibilitu a hlavně standardizovanou výrobu. Zavedení štíhlé výroby není záležitost jednoho dne, ale je to velice dlouhý proces, který vyžaduje hodně zkušeností a trpělivosti.

Diplomová práce byla vypracována ve společnosti Knorr-Bremse AG, což je jeden z nejvýznamnějších dodavatelů brzdových systémů pro užitková a kolejová vozidla. Díky vysoké kvalitě svých výrobků se Knorr-Bremse v Liberci řadí mezi nejvýznamnější dodavatele. Společnost má hlavní sídlo v Mnichově a trhu působí již přes 110 let. V současné době má společnost přes 20 000 zaměstnanců. Na obr. 1.1 je vidět sortiment výrobků vyráběných v této společnosti. [1]



Obr.1.1.: Náhled na výrobky firmy Knorr-Bremse AG [2]

Cílem diplomové práce je optimalizace pracoviště pro výrobu brzdových válců. Na základě dat a analýz navrhnout optimální stav pracoviště, které by vedlo k maximálnímu využití výrobní buňky při nejmenších nákladech. A to celé za předpokladu naplnění zákaznického požadavku.

Úkolem je udělat analýzu stávajícího výrobního procesu ve výrobní buňce, identifikovat plýtvání v procesu a potenciál celé linky. Dále vytvořit návrh ke zlepšení a porovnat ho se současným stavem. Předpokladem pro splnění práce je znalost metod a nástrojů štihlé výroby. K lepšímu porozumění a porovnání současného stavu s navrhovaným bude použit simulační nástroj Plant simulation.

2 Štíhlá výroba, nástroje a metody štíhlé výroby

Štíhlá výroba je metoda, kterou vyvinula firma Toyota po 2. světové válce, přesněji v 50 – 60 letech 20. století. Stala se alternativou k hromadné výrobě v prostředí, které vyžadovalo vysokou flexibilitu, a kde nebyl dostatek finančních prostředků na velké investice. Jedná se hlavně o přístup k výrobě, kdy se v maximální míře snažíme uspokojit přání a požadavky zákazníka. Hlavním cílem štíhlé výroby je méně lidského úsilí, prostoru, kapitálu a hlavně času s podmínkou vysoké kvality vyráběných produktů. Důležité je zajištění produktů v čase daném zákazníkem, za minimální náklady, ale s požadovanou kvalitou. Abychom dosáhli našich cílů a hlavně velkého zisku, je nutné odstraňovat veškeré plýtvání v podniku. [3]

2.1 Výpočet zisku

Z jednoduchého vzorce pro výpočet zisku je zřejmé, na co se společnosti musí zaměřit, aby dosáhly většího zisku při stejné prodejní ceně.



Obr.2.1.: výpočet zisku

Jak je vidět na obrázku 2.1, náklady ovlivňují zisk. Skládají se z činností, které přidávají hodnotu a z činností, které hodnotu nepřidávají. Právě na činnosti, které hodnotu nepřidávají, musí být kladen největší důraz. Tyto činnosti se musí redukovat a pokud možno také odstraňovat. [3]

2.2 Složení procesu

Veškeré procesy, které jsou prováděny, jsou složeny z přidané hodnoty a dále ze ztrát. Ty se dělí na ztráty skryté a ztráty zřejmé. (viz obr. 2.2).

Přidaná hodnota je aktivita, která přidává hodnotu výrobku. Jednoduše řečeno cena, za kterou je zákazník ochoten platit (např. montáž, soustružení a další operace)

Ztráty skryté jsou činnosti, které nepřidávají žádnou hodnotu výrobku, ale přesto jsou nevyhnutelnou součástí výrobního procesu (např. seřízení, výměna nástroje...). Tyto činnosti se musíme snažit eliminovat. [3]

A v poslední části jsou ztráty zřejmé, které opět nepřidávají žádnou hodnotu výrobku (např. čekání, nadvýroba...). Tyto ztráty je důležité s velkým důrazem eliminovat.



Obr.2.2.: složení procesu [3]

2.3 Plýtvání [4]

Plýtvání jsou všechny činnosti, které jsou realizovány při výrobním procesu a nepřidávají žádnou hodnotu k produkovanému výrobku nebo službě. Jednoduše řečeno nevytváří žádný zisk pro firmu. Plýtvání se vyskytuje všude, a proto je nutné ho stále vyhledávat, identifikovat a následně odstraňovat, aby se dosáhlo vyššího zisku. Při identifikaci plýtvání je nutné zaměřovat se na kořenovou příčinu.

Rozlišujeme 7 druhů plýtvání:

- Přeprava
- Zásoby
- Pohyby
- Čekání
- Nadprodukce
- Komplikovaný proces
- Neshodné výrobky

Nadprodukce je nejhorší druh plýtvání. Vzniká především při výrobě tzv. tlakem (výrobky jsou tlačeny před sebou). Tento druh plýtvání v sobě zahrnuje všechny ostatní

druhy plýtvání. Pokud podnik bude vyrábět více, než zákazník požaduje, budou vznikat velké zásoby a neshodné výrobky.

Pojem čekání v sobě zahrnuje čekání na cokoli (například na materiál, lidi, zařízení atd.)

Vysoká zásoba blokuje peníze, které by mohl podnik využít efektivněji. Zásoby se hromadí na pracovištích mezi operacemi a také ve skladu. Mnoho pracovníků si myslí, že zásoba je správná věc. Toto myšlení je nutno změnit.

Pokud ve výrobním procesu nastane neshodný výrobek, tak je nutné ho včas odhalit. Ideálním stavem je odhalení neshodných výrobků na vstupní kontrole, v horším případě ve výrobním procesu a v nejhorším případě je neshodný díl odhalen u koncového zákazníka, což vede k reklamaci. Cílem tedy je zabránit vzniku neshodných dílů a pokud vznikne, tak musí být včas odhalen.

Zbytečné pracovní pohyby jsou také formou plýtvání. Pohyby přidávající hodnotu nejsou plýtváním. Pohyby, které žádnou hodnotu výrobku nepřinášejí, je nutno redukovat na minimum a odstraňovat.

U přepravy je nutné zvolit sklady pracoviště tak, aby byla brána v potaz přeprava materiálu.

Komplikovaný proces může obsahovat operace, které si zákazník nepřejí. V nejhorším případě jsou identifikovány, označeny za plýtvání a zákazník není ochoten za ně platit. Výrobky by měli být vyráběny co nejefektivněji s ohledem na přání zákazníka a na kvalitu výrobku.

Aby plýtvání mohlo být odstraněno, je nutné standardizovat procesy.

2.4 Standardizovaná práce

Standardizovaná práce je základem pro výrobu kvalitních výrobků. Je nejbezpečnější, nejlehčí a nejvíce efektivní cestou při současných technologiích. Tvoří základnu pro další zlepšování. Pokud by práce nebyla standardizovaná a došlo by k zavedení změny, mohlo by u některých pracovníků docházet ke zhoršení procesu, naopak některým zaměstnancům může tato změna přinést určitý druh výhod. Standardem se nastaví přesně dané činnosti pro všechny operátory na základě 3 elementů, které jsou:

čas taktu, pracovní sekvence a standardní zásoba. Všechny pracovní činnosti by měly být v cyklu, který se vždy opakuje. [5]

2.5 Optimalizace výrobních buněk

Optimalizace výrobních buněk je rozdělena do několika kroků, které je potřeba vykonat k dosažení dobrého výsledku. Jednou z hlavních překážek optimalizace jsou obavy lidí, kterých se změna bude týkat. Nutné je zvolit vhodnou strategii a informovat je v průběhu projektu. [6]

Prvním krokem je výběr vysokoobrátkových výrobků, které jsou základem projektování výrobní linky. Tyto výrobky představují 80% spotřeby času, a proto je zapotřebí tento čas efektivně využít. K rozdělení výrobků do skupin dle objemu je velice užitečná ABC analýza. Pokud máme výrobky rozděleny do těchto tří skupin, je zapotřebí spočítat zákaznický takt, který určuje interval, ve kterém odebírá zákazník hotový výrobek. Na základě zákaznického taktu musí být stanoven výstup z linky. Výstup musí naplňovat požadavky zákazníků. Dalším nezbytným krokem je poznání montážního postupu výroby. Je velice důležité zmapovat všechny nezbytné kroky, které se musí udělat, aby výrobek dosáhl hotového stavu a mohl být odeslán zákazníkovi. Po zmapování procesu je důležité získat představu o spotřebě času na jednotlivé operace. K odměření intervalu lze použít přímou metodu měření času (stopky) anebo nepřímou metodu měření (MTM, MOST). Následným krokem je stanovení kapacity linky limitovanou úzkým místem v procesu. Pokud jsou tyto kroky hotovy, je nutné vypočítat teoretické potřeby operátorů a případně vybalancovat linku. Sečteme-li všechny tyto manuální činnosti a podělíme je zákaznickým taktom, který byl určen v kroku dvě, získáme teoretický počet pracovníků. Mezi dané pracovníky rozdělíme manuální časy tak, aby pracnost všech operátorů byla vybalancována. Nyní je nutné uspořádat výrobní linku tak, aby se vše zjednodušilo a připravilo pro vybalancovaný layout. Dalším krokem je najít polohu pro přípravky, nástroje a materiály. Vše musí být v přijatelné poloze s ohledem na ergonomii a s co nejmenším možným plýtváním. Pokud je jasně stanovený výrobní proces, je nutné provést standardizaci pracovního postupu. V tomto případě je standard dokument s jasně popsány úkoly, který popisuje činnosti všech operátorů na pracovišti. Závěrečný krok je vizualizace a shopfloor management. Základem jsou jasně vyznačené pozice jednotlivých materiálů, nástrojů, přípravků atd. [6]

2.6 ABC analýza [7]

ABC analýza je založena na principu, že několik málo faktorů ovlivňuje celkový součet příčin a událostí. Tato analýza rozšiřuje Paretovu analýzu, která je založena na předpokladu, že 80% všech důsledků je způsobeno 20% příčin.

Celková analýza spočívá v seřazení jednotlivých položek dle určitého kritéria a rozdělení položek do tří kategorií. Právě v této části, kdy dochází k rozdělení do skupin, je zapotřebí Paretova pravidla. Postup spočívá v rozdělení položek do třech skupin (ABC) dle určitého procenta.

Výrobky A jsou velice významné pro podnik, protože okolo 10% výrobku tvoří 75% obratu. Těmto položkám je věnována největší pozornost. Pro jejich nákup je potřeba znát veškeré detaily: kvalita, cena a také dodací lhůta. Tyto výrobky jsou objednávány na základě výrobních plánů.

B jsou méně významné položky. U těchto položek cca 20% výrobků tvoří pouze 15% obratu. Jednoduše řečeno tato skupina je pro středně obrátkové materiály. Tyto položky jsou objednávány analyticky nebo podle statistického odhadu.

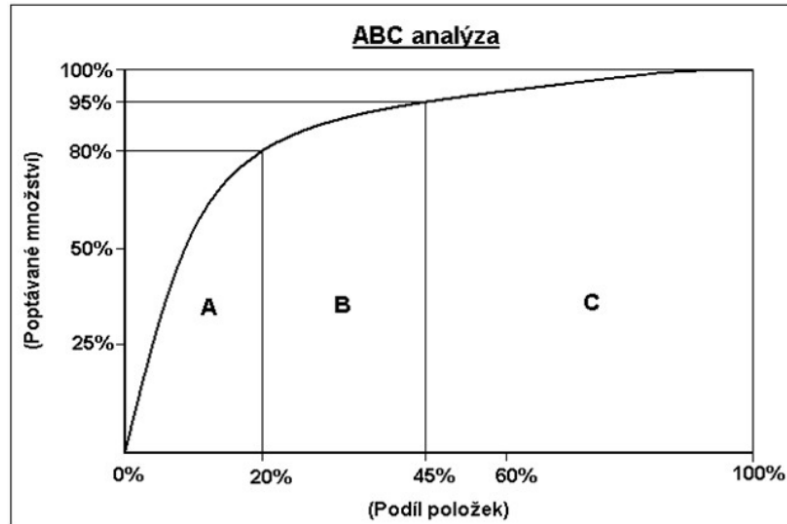
Skupina C jsou nevýznamné výrobky a víme, že okolo 70% výrobků tvoří pouze 10% obratu. Patří sem nízkoobrátkové materiály, které jsou objednávány na základě přímých požadavků.

ABC analýzu lze také použít pro rozbor výrobních zásob, kde sledovaným parametrem není obrat ale výše průměrné zásoby.

Hlavní přínos ABC analýzy je v přehledu o celém zkoumaném rozsahu např.: o položkách, které nejvíce přispívají k hospodářskému výsledku firmy a jsou pro ni nejdůležitější. Těmto položkám musí být věnována největší pozornost.

Postup při tvorbě ABC analýzy:

Zprvu je zapotřebí zvolit sledovaný parametr, který nejlépe vystihuje podstatu sledovaného problému. Následně na to vypočítat procentuální podíl každého prvku z celku. Poté seřadit prvky vzestupně podle velikosti procentuálního podílu na sledovaném parametru. Pokud jsou tyto kroky provedeny, je zapotřebí sestavit graf a rozdělit položky do A, B, C. Náhled na graf ABC analýzy je vidět na obr. 2.3.



Obr.2.3.: ABC analýza [8]

2.7 Metoda 5S

5S je základem každého podniku, který zavádí štíhlou výrobu. Je důležité mít na pracovišti pouze potřebné pomůcky a to v jasně definovaném, označeném a hlavně na správném místě s ohledem na ergonomii. Jednoduše řečeno, jde o odstranění nepotřebných věcí a získání organizovaného, čistého a standardizovaného pracoviště. Charakteristika štíhlého pracoviště je taková, že jsou vyznačeny všechny přístupové cesty, pracovní oblasti, pozice pro materiály a neshodné výrobky. (V Knorr-Bremse jsou pozice pro materiály značeny podle zralosti švestky. Vstupní materiál je označen zelenou barvou a barvou modrou jsou označeny hotové výrobky.) Pracoviště by mělo být udržováno v čistotě. KPI by měli být jasně definovány a vizualizovány dle standardu firmy. [9]

Tato metoda se skládá z 5 kroků:

- **Vyříd'** – Na pracovišti musí být věci pouze pro danou činnost. Věci, které nejsou potřeba, by měly být odstraněny.
- **Systematizovat** – V tomto kroku je nutné najít vhodné místo pro potřebné pomůcky a brát zřetel na umístění na pracovišti. Pomůcky by měli být nejlépe uloženy pro danou činnost s ohledem na ergonomii.
- **Čistit** – V tomto kroku je důležité definovat oblasti, které se budou čistit.
- **Standardizovat** – Účelem tohoto kroku je vytvoření a dodržování standardu.

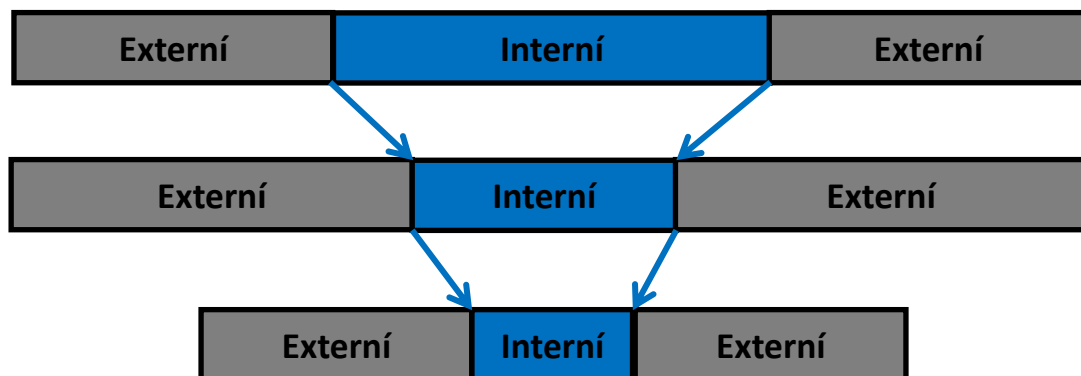
- **Udržovat** – Cílem tohoto kroku je udržování tohoto stavu a stálé zlepšování. Je zapotřebí provádět audity, periodické proškolení pracovníků a 5S workshopy.

2.8 SMED

Tato metoda se zabývá zlepšením přestavby pracovišť a strojů. Přestavba je definována jako čas potřebný pro změnu z jednoho typu produktu (poslední dobrý kus) na druhý typ (první dobrý kus) tím nejefektivnějším způsobem. Čím efektivnější má podnik přestavby, tím lépe dokáže reagovat na požadavky zákazníka (vysoká flexibilita). Přestavbu je nutné standardizovat, stále zlepšovat a zavést jako jeden z ukazatelů sledování výroby. Přestavba se skládá ze dvou částí. První část je interní, která obsahuje veškeré činnosti prováděné při vypnutém stroji (stroj neprodukuje výrobky). Druhá část je externí, která obsahuje činnosti prováděné za chodu stroje (stroj produkuje standardní výrobky). [3]

Jak je vidět na obr. 2.4 SMED obsahuje 3 etapy optimalizace:

- Rozdělení činnosti na interní a externí
- Přesun činností z interních do externích
- Zlepšování interních i externích činností



Obr.2.4.: postup při zavádění SMED [3]

2.9 Porovnání dávkové výroby a výroby tokem jednoho kusu

Dávková výroba je způsob výroby, při kterém prochází jednotlivými operacemi výrobní dávka (2, 4 atd. kusů). To znamená, že tok materiálu je příliš pomalý a tvoří se zásoby mezi jednotlivými operacemi. Tok jednoho kusu je způsob výroby, při kterém výrobek prochází jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. To znamená, že na jednom pracovišti je vždy vyráběn pouze jeden výrobek, který je pak předán na další operaci. [3]

Výhody výroby tokem jednoho kusu jsou [3]:

- snížení rozpracovanosti výroby
- snížení průběžné doby výroby
- rychlejší identifikace nekvality
- redukce výrobních ploch
- identifikace úzkého místa v procesu

2.10 Analýza a měření práce

Analýza a měření práce jsou dvě významné skupiny. Zprvu je důležité zabývat se analýzou práce, která studuje pracovní metody s cílem identifikovat plýtvání s neproduktivními činnostmi a následně na to optimalizovat celý proces. Pokud bude nastaven proces s minimálním plýtváním, může být zahájeno měření práce. Při měření práce je důležité důkladně sledovat proces a klást si otázky, zda daná činnost je vykonávána tím nejlepším způsobem nebo je možné některé činnosti eliminovat, sloučit či zjednodušit. [10]

Cílem měření práce je určit co nejvíce objektivní spotřebu času pro dané operace. Jednou z nejčastějších metod pro přímé měření času je měření pomocí stopkek. V dnešní době jsou stále více používané metody předem určených časů, kde je norma určena nepřímým způsobem. [10]

K přímému měření je zapotřebí stopkek, potřebných formulářů, případně specializovaného softwaru, který nahrazuje papírové tabulky a následné přepisování do elektronické podoby. Rozlišují se dva způsoby měření. První způsob měření je snímek pracovního dne, ve kterém je sledován proces. Snímek pracovního dne je nepřetržitě pozorování veškeré spotřeby času během jedné směny. Hlavním úkolem je zaznamenat

komplexní přehled o využití času a hlavně identifikovat plýtvání a činnosti nepřidávající hodnotu. Pokud je cílem sledování a přesné určení času operace, mluvíme o chronometráži. Chronometráž patří mezi nejčastější metody pro stanovování norem a slouží k určení času pracovního cyklu či operace. [10]

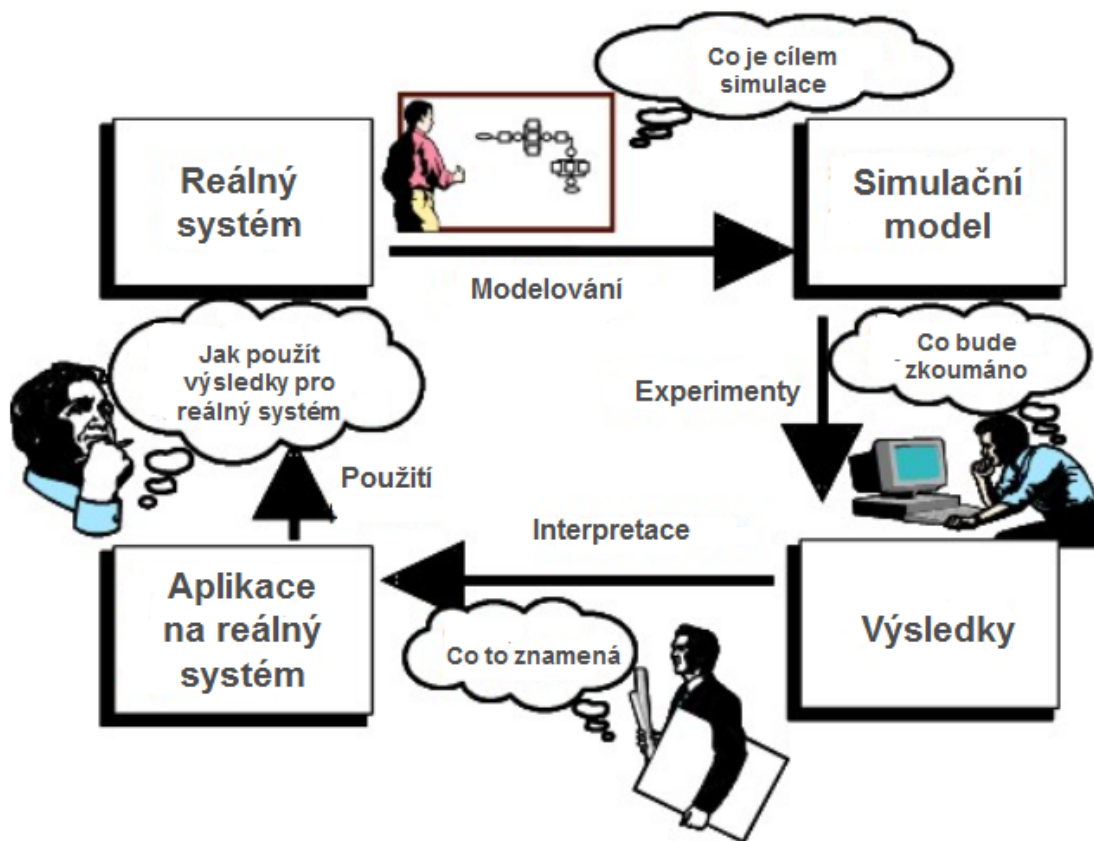
Nepřímé měření nebo také metody předem určených časů, jsou rozborů jednotlivých úkonů na základní pohyby. Těmto pohybům je poté přiřazen index odpovídající určité časové jednotce. Hlavní výhodou těchto metod je možnost stanovit normy operací, které ještě nejsou realizovány (např. návrh nové linky). Nejznámější metoda je MTM. Tato metoda vyžaduje velmi detailní popis pohybů. Je nutné znát typ pohybu, vzdálenost pohybu, náročnost, vzdálenosti, hmotnost objektu apod. V dnešní době je nejpoužívanější metoda MOST. Tato metoda je poměrně rychlá při zachování vysoké přesnosti. Tento nástroj je poměrně univerzální. Nejvíce používaný je Basic MOST. Tento nástroj slouží k normování operací, které trvají několik sekund, a je dostatečný pro většinu činností. MOST vychází ze skutečnosti, že vždy dochází k přemísťování nějakého předmětu. Objekty podle tohoto nástroje mohou být přemísťovány volným pohybem, řízeným pohybem, za pomoci ručního nástroje a za pomoci jeřábu. Postup při analýze je takový, že nejprve je zvolena vhodná sekvence dle vykonávaného pohybu a poté přiřazeny indexy podle náročnosti pohybu. Tyto indexy se sečtou a tvoří hodnotu nazývanou TMU. Jedna jednotka tohoto čísla se rovná 0.036 sekundy. Pro zjednodušení práce je vytvořen program, který výpočty zrychlí a zjednoduší, ale většina firem si vystačí s Microsoft Excel. Ukázka sekvence pro Basic Most je vidět na obr. 2.5. [10]

Obecné Přemístění						Akce na určitou vzdálenost Doplnkové A			
Index x10	Akce na určitou vzdálenost A	Pohyb těla B	Získání kontroly G	Umístění P	Index x10	Index	Kroky	Vzdálen (ft)	Vzdálen (m)
0	≤ 2 in. (5 cm)	Žádný pohyb těla	Bez získání kontroly Držet	Bez umístění Držet Hodit	0	24	11-15	38	12
1	Na dosah		Uchopit lehký objekt Uchopit lehký objekt Simo	Odloužit Volné tolerance	1	32	16-20	50	15
3	1 – 2 kroky	Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřimit 50 %	Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokováný Promícháný Rozpojit,Shromáždit	Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavnem Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojným umístěním	3	42	21-26	65	20
6	3 – 4 kroky	Sehnout se a napřimit		Uložit s péčí Uložit s přeností Uložit neviděný Uložit blokováný Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby	6	54	27-33	83	25
10	5 – 7 kroků	Sednout Vstát			10	67	34-40	100	30
16	8 – 10 kroků	Sehnout se a sednout, Vylézt nahoru, Slézt dolů, Vstát a sehnout se, Dvěma			16	81	41-49	123	38
						96	50-57	143	44
						113	58-67	168	51
						131	68-78	195	59
						152	79-90	225	69
						173	91-102	255	78
						196	103-115	288	88
						220	116-128	320	98
						245	129-142	355	108
						270	143-158	395	120
						300	159-174	435	133
						330	175-191	478	146

Obr.2.5.: Basic MOST obecné přemístění [11]

2.11 Simulace

Pod pojmem simulace si představíme experimentování s počítačovým modelem reálného výrobního systému. Hlavním cílem simulace je optimalizace průběhu výroby. Simulace prochází určitými fázemi, jak je vidět na obr. 2.6. Prvním krokem je sestavení simulačního modelu, což vyžaduje značné zkušenosti, znalosti v programu a také přehled o reálném systému. Poté se provádí tzv. experimentování, kde se zkoušejí různé parametry, možnosti atd. Z těchto experimentů jsou dosaženy výsledky závislé na správnosti simulace. Čím přesnější a reálnější simulace, tím lepší výsledky. Na závěr je potřeba výsledky správně interpretovat a použít pro zlepšení reálného výrobního systému. [12]



Obr.2.6.: Simulační běh [12]

Simulační model se skládá ze tří základních prvků. První jsou statické trvalé objekty, což jsou nepohyblivé části systému, které se v něm trvale objevují (sklady, stroje atd.). Dalším jsou dynamické dočasné objekty. Tyto objekty jsou vstupy do systému a pohybují se mezi statickými částmi a na některých místech vystupují. A naposled jsou to prvky, které propojují systém dohromady. [12]

2.11.1 Proč simulovat

Při projektování výrobních a logistických systémů vzniká velká řada problémů a možných rizik. Velký počet variant a různá složitost vyhodnocování při použití klasických nástrojů nedává pracovníkům snadné rozhodnutí pro optimální řešení. Je důležité si uvědomit, že o optimalizaci by se nemělo mluvit jenom na úrovni výrobního systému nebo dílny, ale měla by být prováděna na základě celopodnikových cílů. Simulace umožňuje komplexnější pohled na sledovaný problém. Díky simulaci je možné prověřit velké množství variant řešení. Simulace řeší otázky typu, „Co když?“. Dále ukazuje chování systému v reálném čase. Také pozorování vede k lepšímu pochopení reálného systému. [12]

2.11.2 Kdy používat simulaci

Každá simulační práce může být chápána jako samostatný projekt a lze při něm využít zásady projektového řízení. To znamená, že je zapotřebí definovat úkoly a navrhnout časový harmonogram na jejich splnění a určit lidské a výpočtové zdroje. Při použití simulace platí dvě zásady. [12]

První zásadou proč simulovat je, že přínosy ze simulace by měly být větší než náklady na postavení simulačního modelu. Rozhodujícím kritériem zda použít simulaci je přínos z jejího využití. Přínosy se dají rozdělit na kvantitativní a kvalitativní. Například dodavatel technických zařízení (dopravních a výrobních systémů) může za pomoci simulace ukázat jejich funkčnost. [12]

Dalším pravidlem je, že simulace by měla být použita v počátečních fázích projektů. Například v procesu realizace už zůstává jen málo stupňů volnosti pro nějaké zlepšení a mnoho takových zlepšení je spojeno s velkými náklady, které ve výsledku budou převyšovat přínosy ze zlepšení. [12]

2.12 Ukazatele pro vyhodnocování procesu

Ve většině společností je důležitým výrobním ukazatelem přímá produktivita práce (DLP2). Jednoduše řečeno tento ukazatel říká, jak jsou využívány lidské zdroje. Pro výpočet je důležité znát tzv. pracnost, což je součet všech manuálních časů přidávajících hodnotu, za které zákazník platí. Dále je důležité znát dostupný čas pracovníka na jednu směnu, který nejčastěji bývá 450 minut, počet operátorů a také počet vyrobených kusů za dostupný čas.

$$DLP2 = \frac{\text{Počet vyrobených OK kusů} * \text{pracnost}}{\text{počet operátorů} * \text{dostupný čas}} * 100 [\%]$$

Další důležitý výrobní ukazatel CEZ (celková efektivita zařízení) je kvantitativní ukazatel efektivnosti využívání zařízení. Pokud se firmy snaží zvyšovat produktivitu, není možné zaměřovat se jenom na poruchy, ale je nutné zohlednit i míru využití, míru výkonu a také kvality. CEZ se vypočítá jako: [13]

$$CEZ = \text{dostupnost} * \text{výkon} * \text{úroveň kvality} [13]$$

3 Analýza stávajícího výrobního procesu ve výrobní buňce

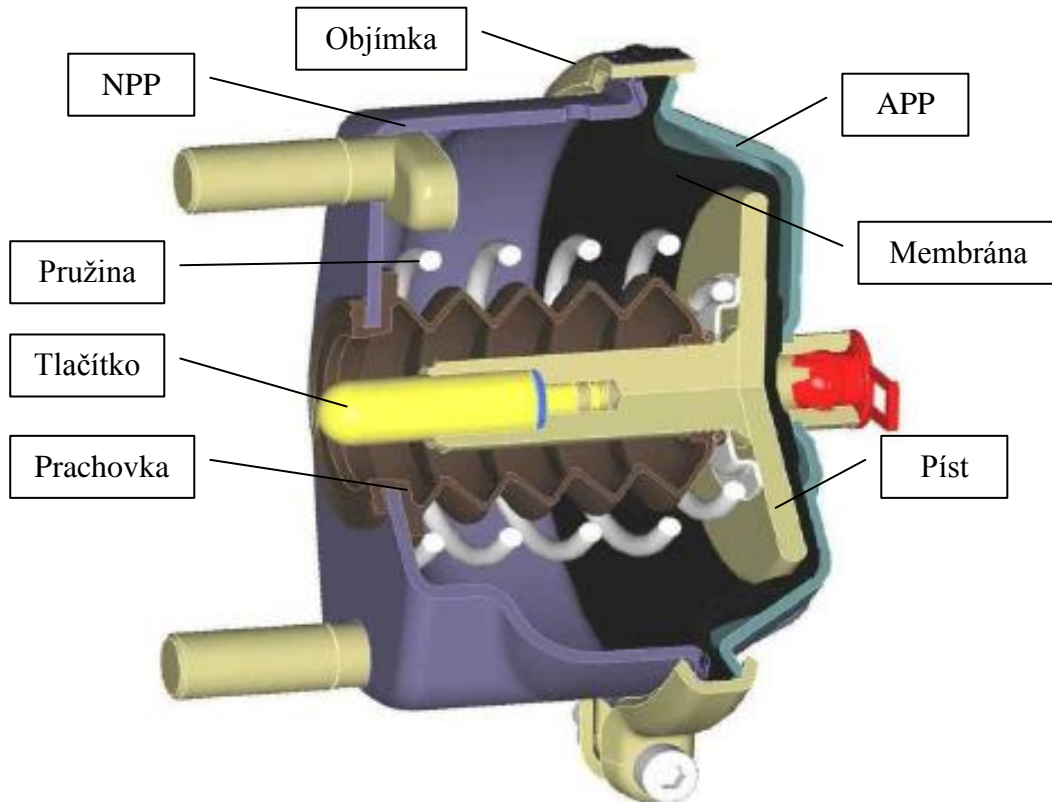
Hlavním cílem tohoto projektu je odstranit plýtvání a zvýšit výstup z linky tak, aby mohla co nejvíce uspokojit přání zákazníka. V současné době linka BS není schopna naplnit přání zákazníka a z tohoto důvodu vypomáhá druhá linka, která umožňuje výrobu stejných typů brzdových válců. Cílem projektu je zvýšit produktivitu na výrobní lince BS natolik, aby byla snížena výpomoc druhé linky na minimum. Další cílem je nastavení toku jednoho kusu, odstranění veškerých zásobníků ve výrobním procesu a zkrácení průběžné doby výroby.

V této kapitole byla provedena analýza současného stavu, která vedla k odкрыtí potenciálu linky BS a plýtvání v procesu. Byla použita video analýza, balancování operátorů, simulace v software a další metody k nalezení přesného a detailně popsaného stavu, který následně byl optimalizován.

3.1 Konstrukce a funkce brzdového válce

Hlavní částí brzdového válce je těleso, které je složeno ze dvou částí. Horní část tělesa je nazývána APP a spodní část NPP. Obě části tělesa jsou spojeny objímkou. Uvnitř tělesa je membrána, která tlačí na píst. Na konci pístu je tzv. tlačítko, což je funkční člen, který tlačí na táhlo brzdy. Válec dále obsahuje pružinu a prachovku, která chrání píst před nečistotami. Pohled na brzdový válec je na obr. 3.1.

Válec pracuje pomocí stlačeného vzduchu, který je přiveden od kompresoru v užitkovém automobilu. Pracovní tlak je přiveden do tělesa před membránu. Na základě velikosti objemu vzduchu dojde ke stlačení membrány, která tlačí na píst. Následně je píst posunut po přímočaré dráze a tlačí na funkční člen brzdy (např. táhlo). Když dojde k odvzdušnění brzdového válce a síla pružiny je větší než síla tlaku vzduchu, tak pružina zatlačí na membránu a vrátí píst zpět do původní polohy a dojde k odbrždění vozidla.



Obr.3.1.:Brzdový válec [14]

3.2 Popis výrobní linky BS

Výrobní linka BS slouží pro výrobu brzdových válců. Tvar této výrobní buňky je do tvaru U. Pracoviště stojí na cca 32 metrech čtverečních a obsahuje spíše manuální pracoviště s několika strojními zařízeními. Je zde lis, který slouží ke stlačení těles, dále zkušební zařízení, které zkouší funkci a těsnost výrobků a nakonec několik elektrických utahováků a gravírovací zařízení k výrobě identifikačních štítků.

Sortiment vyráběných brzdových válců se pohybuje okolo 80 typů, které se hlavně liší v průměru válce a úhlu, jak jsou vůči sobě natočena tělesa APP a NPP. Složení standardního dílu bylo popsáno v kapitole 3.1. Některé díly se od standardních liší tím, že je dovnitř vložen tzv. redukční kroužek, který redukuje průměr brzdového válce. V NPP tělesu jsou po obvodu 4 díry, které jsou u určitých typů zadělávány ucpávkami. Na tělesu APP je otvor pro přívod pracovního tlaku, kde bude v automobilu připojena trubka pomocí závitu. Tato přípojka je u některých typů redukována tzv. vosskou, která je dotažena momentovým pneumatickým klíčem. Toto je z hlediska nadstandardních komponentů vše.

V dalších kapitolách je popsán proces výroby brzdového válce.

3.2.1 Popis procesu výroby brzdového válce

Výroba brzdového válce je rozdělena do tří etap. První etapa je příprava, kde je smontována horní (APP) a spodní (NPP) část tělesa. Do APP je vložena membrána, následně na to píst a tlačná pružina. Do NPP je nasazena prachovka, která chrání píst proti nečistotám. Druhá etapa je proces lisování, kde se spojí APP s NPP dohromady a zajistí objímkou, která je dotažena šroubem s maticí. V dalším kroku je malý lis, který do pístu zalisuje tlačítko, které je funkčním členem brzdového válce. Následně je díl přemístěn na tzv. prošlap, kde dojde k polohování membrány pomocí tlaku. Do válce je v určitých impulzech vhněten stlačený vzduch, který simuluje sešlapávání pedálu. Třetí fází je testovací zařízení, kde je zkoušena těsnost, správnost zalisování a výška tlačítka. Tlačítek je určité množství a vždy se musí ověřit, jestli tento zvolený rozměr vyhovuje dle výkresu. Po správně vyhodnoceném testu je díl přemístěn na dokončení, kde je objímka dotažena na přesnou hodnotu momentu. Následně je na těleso přinýtován štítek a vzduchové vývody jsou zakryty ucpávkami, které chrání proti nečistotám během transportu. Po dokončení je díl vložen do zákaznického balení.

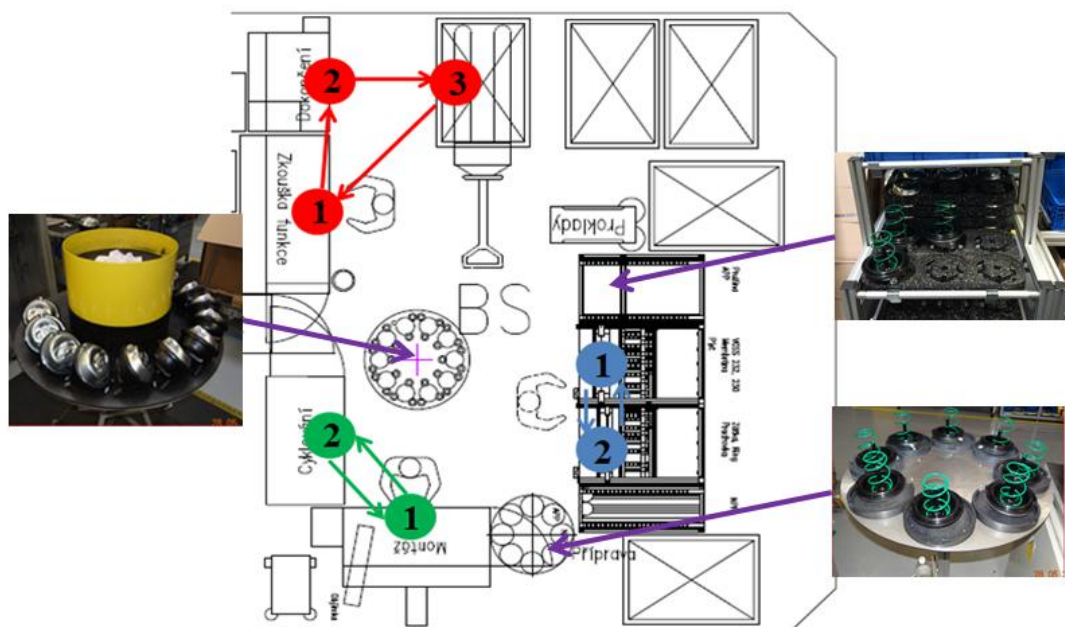
Výše popsaný výrobní proces byl rozdělen mezi 3 operátory. První operátor prováděl tzv. přípravu. Montoval obě části tělesa jak APP, tak i NPP. Hotové podsestavy byly vždy operátorem přemístěny do zásobníku, kde díly čekaly na zpracování druhým operátorem. V této první části se skládalo připravované množství materiálu cca po 10 kusech ve dvou zásobnících.

Druhý operátor odebíral připravené díly a vkládal do lisu. Zalisovaný díl přemístil do druhého lisu, kde docházelo k zalisování tlačítka. Následně byl výrobek přemístěn na prošlap, kde byl zprvu odebrán výrobek z předchozího cyklu a vložen do zásobníku.

Třetí operátor odebíral díly ze zásobníku. Tento zásobník byl otočný a pojmul až 20 výrobků. Ze zkušebního stavu byl nejprve odebrán dobrý díl a vložen do přípravku na pracovišti dokončení. A následně na to byl odebrán díl ze zásobníku a vložen do zkušebního stavu. Došlo k dokončení dílu, který byl vložen do přípravku na dokončení ze zkušebního stavu. Po dokončení a vizuální kontrole proběhlo zabalení. Proces výroby je znázorněn na obr. 3.2 a 3.3.



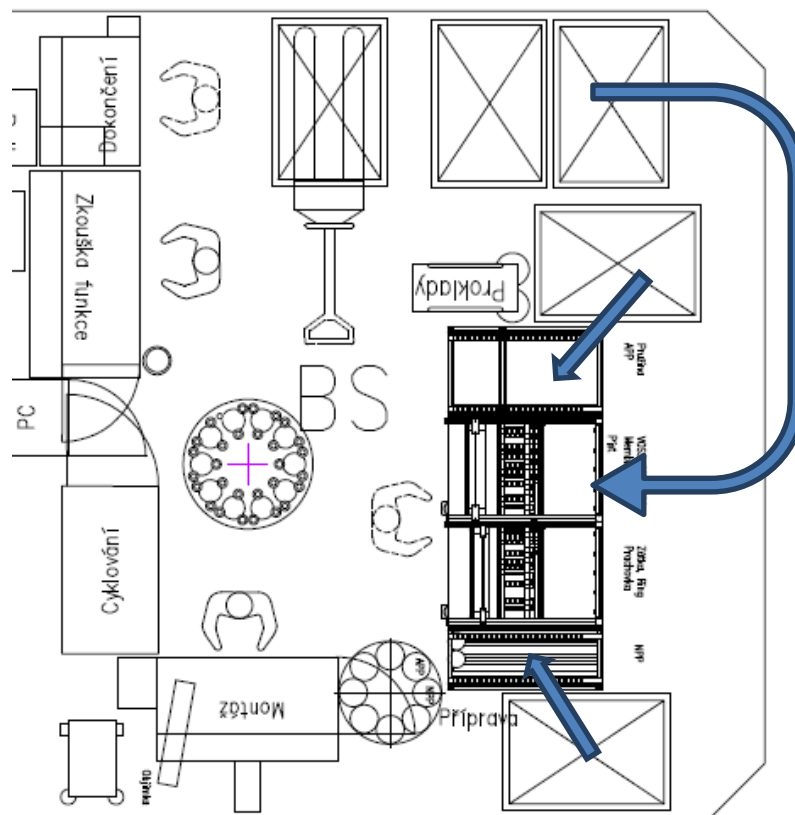
Obr.3.2.: Pohled do pracoviště



Obr.3.3.: Rozdělení procesu mezi operátory a znázorněné zásobníky

3.2.2 Zásobování linky

Výrobní linka je vždy zásobována pro jednotlivou výrobní zakázku, která se může pohybovat od 1 kusu až po několika tisícové dávky. Na lince může být pouze jeden materiál vždy na danou zakázku. Pro menší objednávky cca do 40 kusů je materiál odpočítáván na přesný počet. Odpočet je uskutečněn ve skladu logistikou a následně je materiál přemístěn na linku BS, kde dojde k jeho zpracování. Pro velkoobjemové zakázky je nastaven zásobovací kanban pomocí kanbanových karet. Tělesa pro velké zakázky jsou v gitter boxech (drátěná obalová klec v rozměru europalety). Tyto klece mají své místo u linky BS a logistik vždy doplňuje tento materiál do pozic v regálu na pracovišti. Toto řešení je nastaveno z důvodu velkých rozměrů a velké hmotnosti materiálů. Cílem tohoto projektu je také optimalizace vzdálenosti GB. Vzdálenosti nebyly z hlediska ergonomie moc přijatelné, neboť díly jsou velice těžké a rozměrově rozsáhlé na manipulaci, proto bylo nutné se na toto zaměřit. Rozmístění GB je vidět na obr. 3.4.



Obr.3.4.:Zásobování linky

3.2.3 Normy

Základní technologie na lince pro výrobu brzdových válců byla postavena na 3 operátory, ale při nedostatečné kapacitě lidí mohla být výrobní linka obsazena dvěma operátory. Na lince byly nastaveny pouze dva druhy norem. První norma byla stanovena pro standardní typy (membrána jde zalisovat bez potíží). Druhá norma na výrobky, které jsou nazývány obtížná montáž. U těchto typů je těžké stanovit přesnou hodnotu spotřeby času, protože operace lisování je obtížná. Během stlačování je důležité hlídat správnou polohu membrány, která špatně sedí v APP a může být příčinou neshodného dílu.

Norma pro 3 operátory:

- Standardní montáž 206 kusů/směna (8 hodin)
- Obtížná montáž 103 kusů/směna (8 hodin)

Norma pro 2 operátory:

- Standardní montáž 140 kusů/směna (8 hodin)
- Obtížná montáž 70 kusů/směna (8 hodin)

3.3 ABC analýza vyráběného sortimentu

Pro detailní přehled o vyráběném sortimentu byla vytvořena ABC analýza. Veškerý sortiment byl rozdělen do tří kategorií dle objemu výroby a byl procentuálně spočítán k celkovému ročnímu objemu na lince BS. Celkový roční objem výroby je okolo 150 000 ks. Kategorie A obsahovala 80% ročního objemu, kategorie B od 80% do 95% a kategorie C obsahovalo nízko obrátkové díly a to od 95% do 100%. Z ABC analýzy (viz Příloha 1) je vidět, že 80% výroby je obsaženo v devíti typech výrobků z celkového počtu 79 typů. Nový koncept linky byl přizpůsoben nejvíce obrátkovým dílům, ale to neznamená, že ostatní díly nebyly zohledněny. Linka je flexibilní pro všechny typy výrobků. V tabulce 3.5 je ukázka části ABC analýzy.

Tab.3.5.: část ABC analýzy

Označení přístroje	Roční objem [ks]	Procentuální vyjádření	ABC analýza	Standard/obtížná montáž	Ucpávky ANO/NE	Vosky ANO/NE	Redukční kroužek ANO/NE
K011229	82560	48,86%	A	Standard	NE	NE	NE
K010966	19180	11,35%	A	Standard	NE	NE	NE
K010098	7700	4,56%	A	Obtížná	ANO (4)	NE	NE
K010960	5640	3,34%	A	Standard	NE	NE	NE
II14535	5203	3,08%	A	Standard	ANO (2)	NE	NE
K003997	4197	2,48%	A	Standard	NE	ANO	NE
K003996	3960	2,34%	A	Standard	NE	ANO	NE
K010986	3560	2,11%	A	Standard	NE	NE	NE
K010957	3220	1,91%	A	Obtížná	NE	NE	NE
II30616	2830	1,67%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
K093830	2820	1,67%	B	Standard	NE	NE	NE

Pro pozdější stanovení přesných norem pomocí basic MOST byla analýza (tabulka 3.5) doplněna ještě o další potřebné informace. Bylo nutné vědět, jakou pracnost má určitý díl. U jednotlivých dílů bylo zjištěno, zda se jedná o standardní nebo obtížnou montáž. Dále bylo nutné zmapovat složení jednotlivých dílů, jestli obsahují nějaké komponenty navíc na rozdíl od standardního typu. V případě zjištění nadstandardních komponentů bylo nutné určit přesný počet těchto dílů a zaznamenat vše do tabulky 3.5.

3.4 Výpočet zákaznického taktu

Základem balancování linky byl zákaznický takt. Balancováním se rozumí návrh procesu, kde pracnost je optimálně rozdělena mezi operátory za předpokladu naplnění zákaznického taktu. Pro výpočet zákaznického taktu bylo nutné znát roční objem výroby a počet pracovních směn na jeden rok. Z těchto hodnot byl dále spočítán objem výroby na jednu směnu. Ve výsledném vzorci jsou poděleny dva parametry, kde čítec je dostupný čas na jednu směnu a jmenovatel je počet požadovaných kusů na jednu směnu. Výsledkem je podíl, který určuje, v jaké časové jednotce (bez ztrát) má být vyroben jeden výrobek, abychom naplnili požadavky zákazníka.

$$\text{Požadavek zákazníka na jednu směnu} = \frac{\text{Roční objem výroby}}{\text{počet směn}} \quad (1)$$

$$\text{Požadavek zákazníka na jednu směnu} = \frac{150\,000[\text{ks}]}{250[\text{pracovní dny}] * 3[\text{směnnos}]} \quad (2)$$

$$\text{Požadavek zákazníka na jednu směnu} = 200 \text{ kusů/směna} \quad (3)$$

$$\text{Zákaznický takt} = \frac{\text{dostupný čas na jednu směnu}}{\text{počet požadovaných kusů na jednu směnu}} \quad (4)$$

$$\text{Zákaznický takt} = \frac{450[\text{s}] * 60}{200[\text{ks}]} = 135\text{s} \quad (5)$$

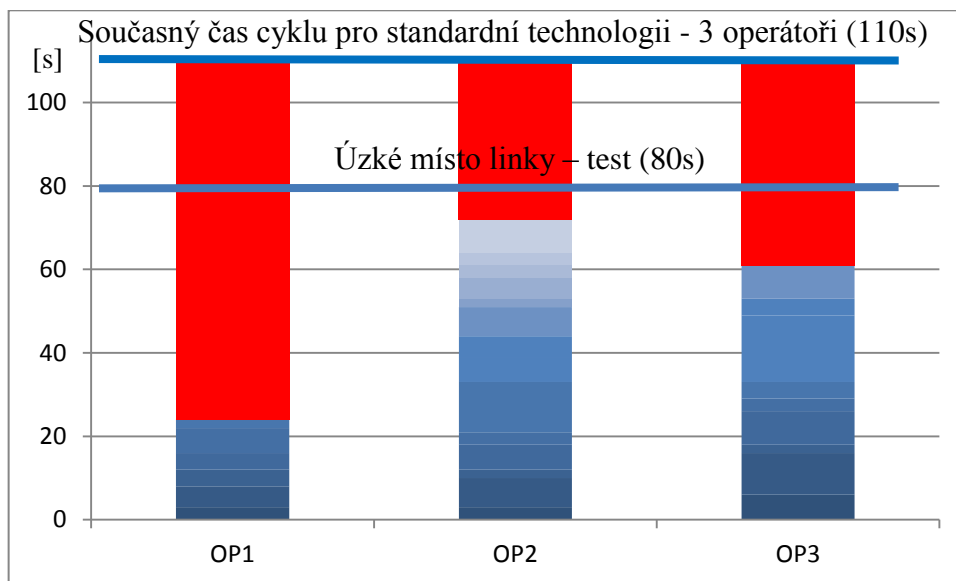
3.5 Video analýza současného stavu

Byla vytvořena video analýza pro nejvíce obrátkové díly, které vyšly z ABC analýzy. To znamená, že celý proces byl zaznamenán videokamerou. Byly natočeny jak samostatné výrobní sekvence, tak i celý proces. Byl vytvořen větší počet video nahrávek na jednotlivé procesy a natočeno vícero operátorů, aby data byla co nejpřesnější. Následně na to došlo k odměření časů jednotlivých výrobních kroků. Časové úseky jednotlivých operací byly rozděleny dle ucelených výrobních sekvencí pro jednotlivé operátory. Na závěr práce byla vytvořena analýza předem určených časů pro navrhovaný proces, který je dále popsán v kapitole 4. Ve firmě Knorr-Bremse je metoda MOST uznávaná jako oficiální pro stanovení norem, což v tomto procesu stanoveno nebylo. Časy a výrobní sekvence jsou znázorněny v tabulce 3.6.

Tab.3.6.: časy jednotlivých výrobních operací (pro 3 operátory)

Op.	Pracovní stanice	Popis operace	Spotřeba času [s]	Operátor
1	Příprava	Vzít membránu a vložit do APP	3	1
2	Příprava	Vzít píst a pružinu a vložit na membránu	5	1
3	Příprava	Vzít sestavu a odložit na otočný zásobník	4	1
4	Příprava	Vzít NPP a vložit do přípravku	4	1
5	Příprava	Namazat prachovku a namontovat do NPP	6	1
6	Příprava	Odložit sestavu do zásobníku	2	1
7	Lisování	Vzít NPP ze zásobníku a vložit do lisu	3	2
8	Lisování	Vzít sestavu APP a vložit do lisu	7	2
9	Lisování	Vložit naváděcí trn do pístu	2	2
10	Lisování	Vzít objímku a vložit do lisu	6	2
11	Lisování	Vzít rozpěrné pouzdro a vložit do lisu	3	2
12	Lisování	Zmačknou dvoutlačítka a zalisovat díl	12	2
13	Lisování	Založit šroub a matici do lisu na utahovák	6	2
14	Lisování	Utáhnout objímku pomocí šroubu a matice	5	2
15	Lisování	Uvolnit lis pomocí stisku tlačítek	7	2
16	Lisování	Vyjmout naváděcí trn	2	2
17	Montáž tlačítka	Založit díl a tlačítko do lisu	5	2
18	Montáž tlačítka	Zmačknout tlačítka a zalisovat tlačítko	3	2
19	Montáž tlačítka	Vyjmout díl z prošlapu a odložit do zásobníku	3	2
20	Montáž tlačítka	Vzít současný díl a založit do stanice prošlap	8	2
21	Testování	Otevřít dveře testu a odebrat předchozí díl a vložit na dokončení	6	3
22	Testování	Odebrat díl z otočného přípravku a vložit do testu	10	3
23	Testování	Zavřít dveře a spustit test	2	3
24	Dokončení	Jít na dokončení a utáhnout objímku na předepsaný moment	8	3
25	Dokončení	Vzít díl a otočit ho v přípravku o 180°	3	3
26	Dokončení	Vložit do dílu krytku závitů	4	3
27	Dokončení	Přidělat štítek nýtovačkou	16	3
28	Dokončení	Vyrazit do štítku vlastní značku (podpis)	4	3
29	Balení a kontrola	Vyjmout díl z přípravku zkontrolovat a vložit do balení	8	3

Z odměřených časů jednotlivých operací byl vytvořen graf znázorňující vybalancování operátorů na pracovišti. Pro standardní proces pro 3 operátory byla stanovena norma 206 kusů. Z této normy byl vypočten požadovaný výstup z linky 110 sekund na jeden kus. Dále je důležité vědět, že celý proces je limitován úzkým místem, kterým je zkušební test s 80 sekundovým časem zkoušení pro jeden kus. Časy jednotlivých operací jsou rozděleny v tabulce pro 3 operátory a znázorněny odlišnou barvou. Jednotlivé operace pro jednoho operátora byly sečteny a přeneseny do grafu (graf 3.7). V grafu jsou modře znázorněny jednotlivé výrobní operace a červeně jsou znázorněny časy zřejmého plýtvání (čekání). Jednoduše řečeno operátor nepřidává žádnou hodnotu. Časy nepřidávající hodnotu by měly být neprodleně odstraněny, v případě, že nepůjdou eliminovat, musí být redukovány na co nejmenší přijatelnou hodnotu. V navrhovaném řešení bylo kladeno za cíl linku BS obsadit maximálně dvěma operátory a vybalancovat.

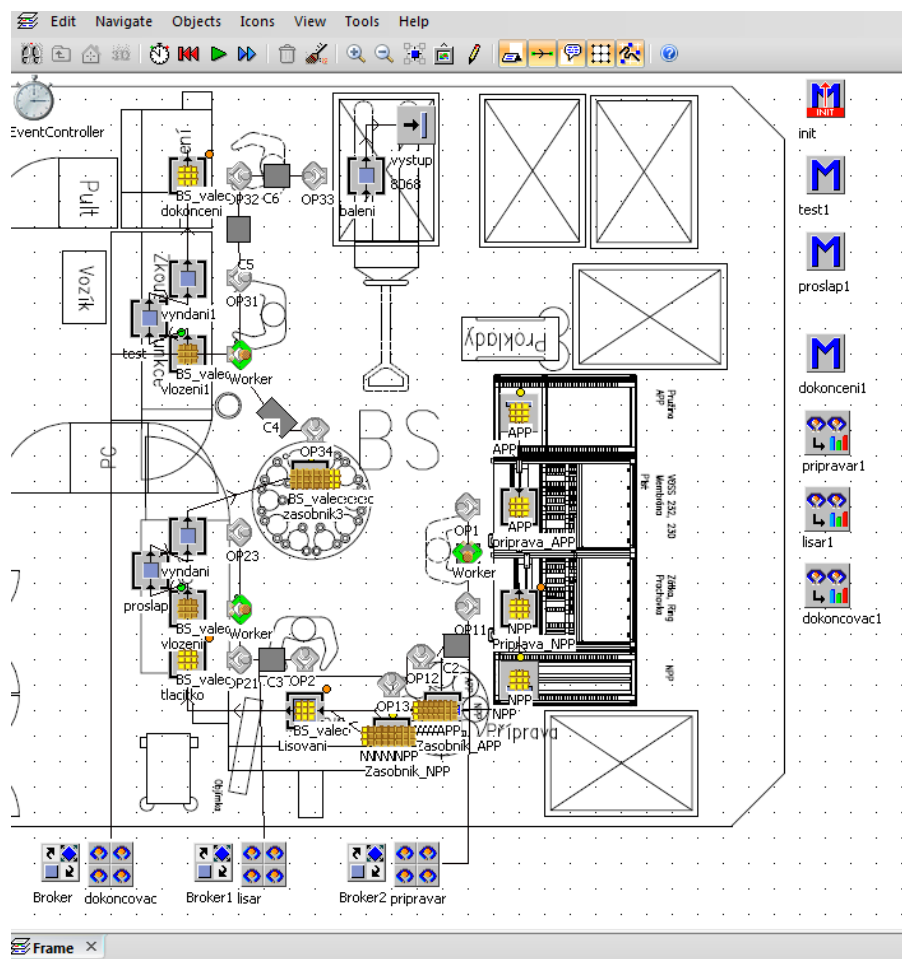


- Čekání
- Zpracovatelské operace

Graf.3.7.: Současné balancování operátorů

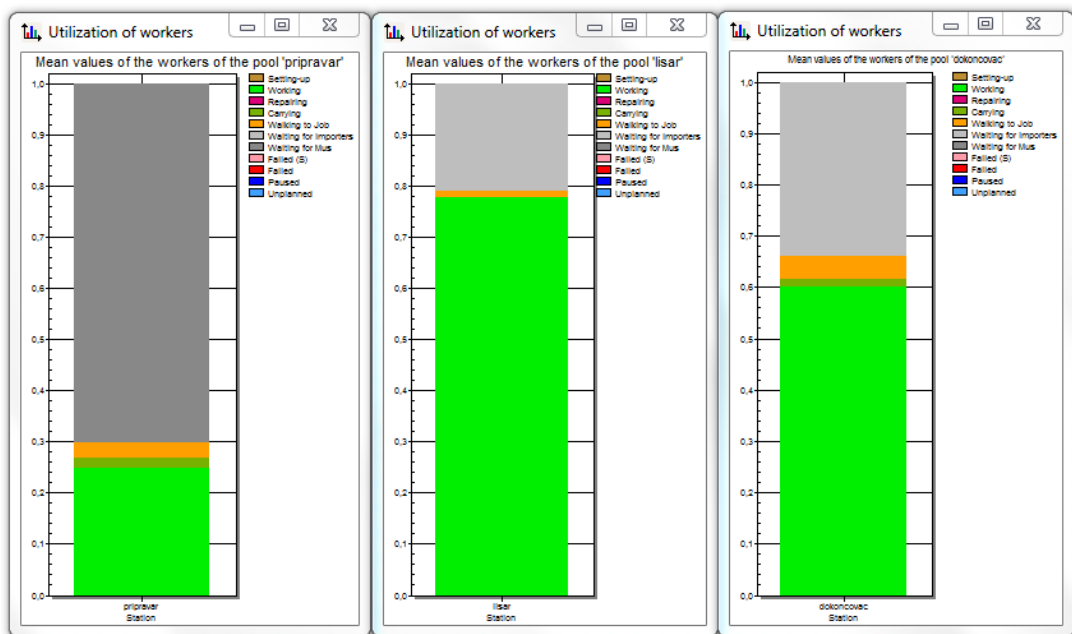
3.6 Simulace současného stavu

Pro lepší pochopení výrobního procesu byla vytvořena simulace v programu Plant simulation od firmy Siemens. Tento program slouží k vytváření simulačních modelů reálného výrobního systému. Základem simulace je mít k dispozici kvalitní a správná data, která velice ovlivňují výsledek. Byla vytvořena simulace pro standardní technologii, kde byla linka obsazena třemi operátory. Výsledkem simulace jsou grafy, které znázorňují, jak jednotliví pracovníci jsou vytíženi a jakého nejlepšího výsledku by mohli dosáhnout při současném úzkém místě, které je 80 vteřin. Simulace byla vytvořena do současného layoutu a byly zohledněny vzdálenosti mezi jednotlivými pracovními operacemi a byly vytvořeny zásobníky. Cílem bylo simulační model postavit co nejreálněji, aby co nejvíce odpovídal realitě. Postavený model simulace je znázorněn na obr. 3.8.



Obr.3.8.: Postavený simulační model

Výsledkem simulace jsou tři grafy, kde je znázorněna vytiženost jednotlivých operátorů. V grafu (graf. 3.9) jsou různé druhy barev. Zelená znázorňuje čas, který operátor strávil prací a přidával hodnotu. Dále je zde oranžová barva, která znázorňuje chůzi mezi jednotlivými operacemi a také šedivá barva a ta značí čas, kdy operátor nepřidává hodnotu. Jednoduše řečeno operátor v tento čas čeká. Jednotlivé výrobní kroky na sebe navenazují a zásobníky jsou stále plné dílů. Ze simulace vyšlo, že operátoři zvládnou vyrobit jeden kus za 96 sekund.



Graf.3.9.: Vytiženost operátorů na lince BS

3.7 Shrnutí analýzy současného stavu

Na základě analýzy současného stavu bylo nutné stanovit hlavní body a problémy, které bylo nutno řešit. Jedním z problémů, který vyplynul z analyzování, bylo nevhodné nastavení doplňování materiálů do linky. Některé materiály byly příliš daleko od místa jejich označené pozice. Tato vzdálenost byla nevhodná především pro doplňování pístů, které jsou velice těžké a balení nedrží tvar, protože je tvořeno papírovou krabicí. Bylo nutné se na tento problém podívat a najít optimálnější řešení.

Další nejasností byly normy, které byly stanoveny pouze pro dva typy výrob a to standardní montáž a obtížnou montáž. Normy nebyly stanoveny na základě MOST. Tyto časy byly nastaveny v minulosti a nebyly velice dlouhou dobu revidovány. Cílem tohoto projektu bylo jasně nastavit normy na základě metodiky MOST, která je

v Knorr-Bremse uznávaným nástrojem pro normování. Také bylo nutné vyráběný sortiment rozdělit do několika skupin. Na tyto skupiny nastavit přesné normy, aby hodnoty byly co nejvíce přesné a vypovídající.

Z video analýzy bylo na první pohled jasné, že při výrobním procesu dochází k velkému plýtvání. Linka BS byla obsluhována třema operátory, kteří byli využiti velice málo. Na základě těchto poznatků bylo jasné, že výrobní linku budou obsluhovat pouze dva operátoři. Nyní bylo nutné rozdělit pracnost mezi operátory tak, aby jejich balancování bylo co nejvíce vyvážené.

Dalším cílem projektu bylo nastavení výroby tokem jednoho kusu, které vede ke snížení rozpracovanosti výroby, zlepšení kvality, kratší průběžné době výroby, jasnému a přehlednému procesu. Aby bylo dosaženo tohoto cíle, bylo nutné odstranit veškeré zásobníky mezi pracovišti a rozdělit pracnost tak, aby umožňovala tuto výrobu. Simulace ukázala, že vzdálenosti mezi jednotlivými výrobními kroky jsou v některých úsecích dlouhé, a proto bylo nutné upravit layout a přizpůsobit ho pro výrobu tokem jednoho kusu. Simulace také ukázala, že tento výrobní proces je schopný každých 96 sekund vyrobit jeden kus. Snahou bylo se co nejvíce přiblížit tomuto času a to za předpokladu, že linka bude obsazena pouze dvěma operátory.

4 Návrh budoucího stavu

Po detailním zmapování stavu výroby bylo zapotřebí odstranění plýtvání a přepracování návrhu linky tak, aby byla co nejvíce efektivní. Cílem nového návrhu bylo přizpůsobení pracoviště, aby bylo schopno naplnit přání zákazníka v maximální míře. Navrhnout nové balancování výrobní linky a zvážit možnost výroby pouze se dvěma operátory. Dalším cílem navrhovaného stavu bylo řešení odstranit veškeré zásobníky z výrobního procesu a nastavit tok jednoho kusu. Dále upravit layout pro zredukování jednotlivých vzdáleností mezi operacemi.

4.1 Odstranění plýtvání před uvolněním zákazníka

Při zjištění, že reálný proces při kalkulaci projektu pro tři operátory byl z hlediska nevytíženosti lidí nadhodnocen, se muselo provést okamžité opatření. Tento stav byl dočasný, než byl celý projekt se všemi náležitostmi hotov a než došlo k uvolnění zákazníka. Byla svolána schůzka s výrobním celkem brzdových válců, kde byla prezentována analýza současného stavu. Z důvodu, že změna linky ještě neprošla zákaznickým uvolněním, nemohlo dojít ke změně pracoviště. Bylo rozhodnuto, že bude odstraněn jeden operátor. Tento krok byl podložen výpočtem viz níže. Pro výpočet je potřeba tzv. pracnost což je součet všech manuálních časů, která vyšla 158 sekund z tabulky 3.6. Také je zapotřebí zákaznický takt, který již byl spočítán v kapitole 3.4. Byl vypočítán teoretický počet operátorů při výrobě standardních výrobků. Bylo nutné počítat s přestavbami, poruchami, neshodnými kusy a také s pauzou, kterou mají operátoři o 10 minut delší než je standardních 30 minut. Na základě těchto ztrát je linka obsluhována dvěma operátory.

Pracnost byla přerozdělena mezi dva operátory, byla zachována dávková výroba a nebyl změněn layout. Jednoduše řečeno cílem bylo přerozdělit pracnost a stanovit novou normu pro dva operátory se zachováním současného výrobního procesu.

$$\textit{Teoretický počet operátorů} = \frac{\textit{pracnost[s]}}{\textit{zákaznický takt[s]}} \quad (6)$$

$$\textit{Teoretický počet operátorů} = \frac{157}{135} = 1.16 \textit{ operátorů} \quad (7)$$

4.1.1 Přerozdělení pracnosti mezi 2 operátory

Na základě rozhodnutí o odstranění jednoho operátora z výrobního procesu byla vytvořena tabulka, kde je pracnost rozdělena mezi 2 operátory. Toto rozhodnutí vzniklo z nadměrného nevyužití lidského potenciálu. Operace přípravy byly rozděleny mezi operátora lisu a operátora dokončení, jak je vidět v tabulce 4.1. O přípravu APP se staral operátor dokončení, který připravoval celou sestavu a odkládal jí na otočný zásobník. Operace testování, dokončení a balení byla obsluhována operátorem dokončení i nadále. Operátor lisu se stále staral o operaci lisování, montáž tlačítka a prošlap. Při rozdělení pracnosti mezi dva operátory se staral také o přípravu NPP. Jak bylo řečeno, z procesu nebyly odstraněny zásobníky, byl zachován současný výrobní proces, při kterém na sebe operace nenavazovali, a nebyla zde zavedena výroba toku jednoho kusu. Stále se pokračovalo v dávkové výrobě.

Tab.4.1.: časy jednotlivých výrobních operací (pro 2 operátory)

Op.	Pracovní stanice	Popis operace	Spotřeba času [s]	Operátor
1	Příprava	Vzít membránu a vložit do APP	3	1
2	Příprava	Vzít píst a pružinu a vložit na membránu	5	1
3	Příprava	Vzít sestavu a odložit na otočný zásobník	4	1
4	Příprava	Vzít NPP a vložit do přípravku	4	1
5	Příprava	Namazat prachovku a namontovat do NPP	6	1
6	Příprava	Odložit sestavu do zásobníku	2	1
7	Lisování	Vzít NPP ze zásobníku a vložit do lisu	3	2
8	Lisování	Vzít sestavu APP a vložit do lisu	7	2
9	Lisování	Vložit naváděcí trn do pístu	2	2
10	Lisování	Vzít objímku a vložit do lisu	6	2
11	Lisování	Vzít rozpěrné pouzdro a vložit do lisu	3	2
12	Lisování	Zmačknou dvoutlačítka a zalisovat díl	12	2
13	Lisování	Založit šroub a matici do lisu na utahovák	6	2
14	Lisování	Utáhnout objímku pomocí šroubu a matice	5	2
15	Lisování	Uvolnit lis pomocí stisku tlačítek	7	2
16	Lisování	Vyjmout naváděcí trn	2	2
17	Montáž tlačítka	Založit díl a tlačítko do lisu	5	2
18	Montáž tlačítka	Zmačknout tlačítka a zalisovat tlačítko	3	2
19	Montáž tlačítka	Vyjmout díl z prošlapu a odložit do zásobníku	3	2
20	Montáž tlačítka	Vzít současný díl a založit do stanice prošlap	8	2
21	Testování	Otevřít test a odebrat předchozí díl a vložit na dokončení	6	3
22	Testování	Odebrat díl z otočného přípravku a vložit do testu	10	3
23	Testování	Zavřít dveře a spustit test	2	3
24	Dokončení	Jít na dokončení a utáhnout objímku na předepsaný moment	8	3
25	Dokončení	Vzít díl a otočit ho v přípravku o 180°	3	3
26	Dokončení	Vložit do dílu krytku závitu	4	3
27	Dokončení	Přidělat štítek nýtovačkou	16	3
28	Dokončení	Vyrazit do štítku vlastní značku (podpis)	4	3
29	Balení a kontrola	Vyjmout díl z přípravku zkontrolovat a vložit do balení	8	3

4.1.2 Dočasný výstup z linky pro 2 operátory (do zavedení změn z projektu)

Po přerozdělení pracnosti pro dva operátory bylo nutno určit výstup z linky v sekundách pro daný výrobní proces. Úzké místo v procesu je zkušební zařízení, které má čas 80 sekund. K tomuto času je nutné ještě připočítat založení a vyjmutí dílu, které činí 16 sekund. To znamená, že úzké místo je v součtu 96 sekund. Na základě video analýzy byla pracnost rozdělena tak, že operátor lisu tzv. montážník stráví svou činností 84 sekund a pracovník dokončení potřebuje 73 sekund k vyhotovení všech výrobních kroků. V tomto přerozdělení má pracovník dokončení malou rezervu, protože je na něj kladený větší důraz z hlediska kvality. Tento pracovník vizuálně kontroluje díl a rozhoduje, zda tento díl je v pořádku a má veškeré náležitosti, které má mít. Po tomto kontrolním kroku už díl není kontrolován a odchází k zákazníkovi. Dalším důvodem proč má tento pracovník časovou rezervu je finální balení, které se vždy liší dle přání zákazníka.

Na základě tohoto přerozdělení bylo rozhodnuto, že výstup z linky bude 30 kusů/hodina tedy, že každých 120 sekund bude vyroben jeden kus. Tento čas byl nastaven pouze dočasně, než bude hotov celý projekt. Vyšší čas byl nastaven z důvodu zaškolení operátorů na nový proces. Správný čas v KB musí být stanoven pomocí metody MOST, která je součástí projektu. Po zavedení nových norem a odstranění jednoho operátora z pracoviště bylo nutné proškolit zaměstnance a vysvětlit jim uskutečněnou změnu v procesu.

4.2 Návrh layoutu

Pro tok jednoho kusu byla vhodná změna layoutu. Cílem změny půdorysu pracoviště je zkrácení vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti a odstranění zásobníků z výrobního procesu. Dalším krokem bylo přizpůsobení layoutu logistice, aby vzdálenosti byly co nejkratší a z hlediska ergonomie nejpříjemnější. Návrhy byly připraveny v programu AutoCAD. Podmínkou bylo, že zkušební zařízení musí zůstat na stejné pozici.

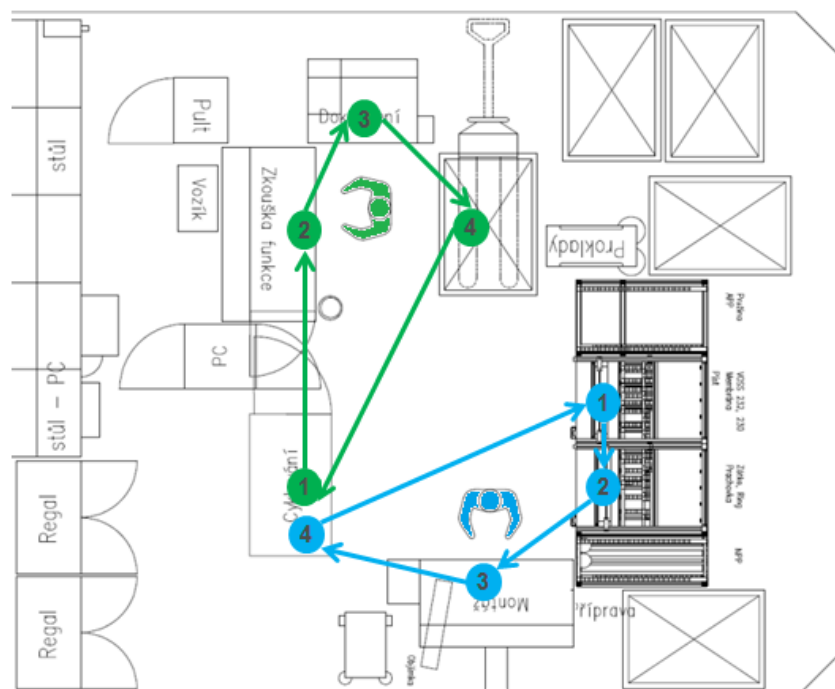
První návrh layoutu (obr. 4.2) pro tok jednoho kusu byl takový, že operátor dokončení obsluhuje stanici cyklování a test s dokončením a montážník se stará o přípravu a lisování. Výhodou tohoto layoutu jsou krátké vzdálenosti mezi jednotlivými operacemi. Nevýhodou je manipulace s finálním balením a celkově jeho výměna.

Z hlediska logistiky zde není žádné zlepšení. Vstup na pracoviště je pouhých 600 milimetrů. Další nevýhodou je špatný přístup k prokladům, které patří do finálního balení na jednotlivá patra. Po zvážení všech faktů bylo rozhodnuto tento layout nepoužít a najít lepší variantu, která bude mít přínos i pro logistiku.

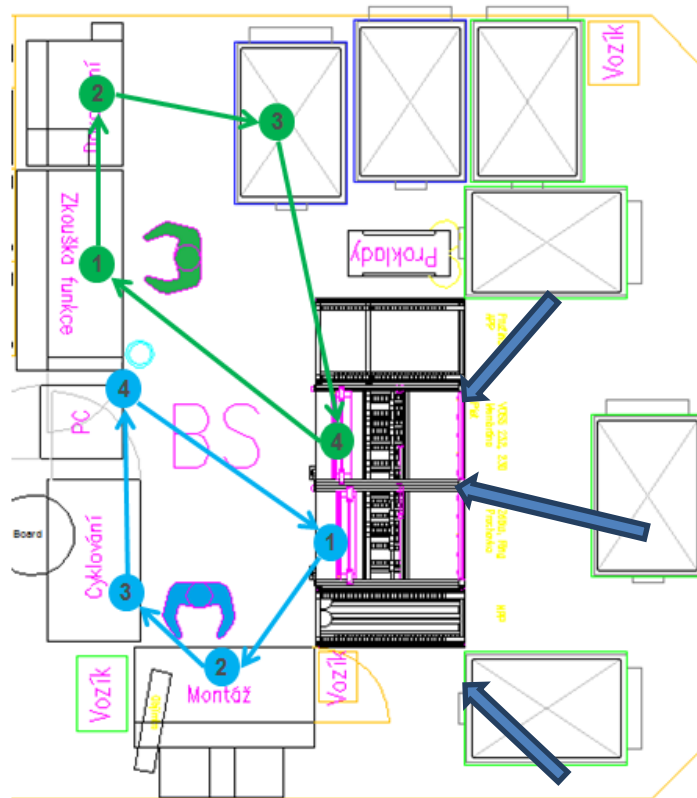
Druhý návrh (obr. 4.3) je založený na tom, že výrobní sekvence je stejná jako je vidět v tabulce 4.1. nicméně proces je přizpůsoben do toku jednoho kusu. V tomto návrhu jsou vzdálenosti pro pracovníka montáže opravdu krátké. Pracovník dokončení bude chodit na pracoviště přípravy. Tato vzdálenost je 1500 milimetrů. V tomto návrhu je dobrý přístup do pracovního prostoru až 900 milimetrů. Také je zde úspora pro logistiku, která nyní nebude muset materiál přenášet několik metrů. Výměna finálního balení v této variantě bude snadnější, protože je zde dostatek prostoru.

Pro výrobní buňku brzdových válců byl použit layout číslo 2, který je z hlediska výrobního procesu přívětivější než varianta číslo 1.

Bylo nutné nastavit sekvenci operací pro výrobu tokem jednoho kusu, aby operace na sebe navazovaly a operátoři na sebe nečekali.



Obr.4.2.: Layout návrh č. 1



Obr.4.3.: Layout návrh č. 2

4.3 Uzpůsobení pracoviště pro výrobu v toku jednoho kusu

Po vytvořeném návrhu layoutu bylo zapotřebí rozdělit pracnost (součet všech manuálních činností) mezi dva operátory do výroby tokem jednoho kusu. Je důležité, aby činnosti na sebe navazovaly, operátoři na sebe nečekali a nepřekáželi si během přecházení mezi pracovišti. Sled výrobních operací a jejich návaznost je vidět v návrhu layoutu č. 2 (obr. 4.3). Operátor dokončení v prvním kroku vyjme díl z testu a založí nový. Poté se přesune na pracoviště dokončení, kde kus dohotoví do finálního produktu. Tento díl je následně vizuálně zkontrolován a vložen do balení. Po dokončení těchto operací, operátor přechází na pracoviště přípravy, kde smontuje podsestavu APP a odloží na předávací pozici. Montážník začíná na pracovišti přípravy, kde zhotoví podsestavu NPP. Z tohoto pracoviště odchází s podsestavami APP a NPP a následně je zakládá do lisu. Díl zalisuje a poté namontuje tlačítko. V dalším kroku operátor vyjme díl z prošlapu a založí díl nový. Díl, který vyjme, odkládá do předávací pozice u testu, kde si tento díl odebírá pracovník dokončení. Tato výrobní sekvence se stále opakuje.

Pro výrobu tokem jednoho kusu bylo nutné upravit pracoviště. Byl přidán pracovní stůl na pracoviště přípravy pro montáž APP. A přípravek pro montáž vossky. Pokud budou vyráběny díly s komponentou voss (redukční kroužek závitu), bude tuto činnost obstarávat pracovník dokončení, protože tento díl je šroubován do tělesa APP. Momentový elektrický šroubovák pro montáž voss, který byl doposud na pracovišti přípravy v části NPP byl přemístěn na pracovní část APP, kde je nyní potřeba.

Dále byla zapotřebí změna polohy některých materiálů, aby byly na dosah na potřebných místech s ohledem na ergonomii práce. Písty, které jsou baleny v kartonovém balení, byly přemístěny do horní části regálu a na pozici pístů byly uloženy díly, které se používají cca jednou za 4 hodiny na doplnění výrobních pozic. Toto místo po přidání pracovního stolu je hůře přístupné a nemůže být použito pro práci v taktu. Membrány byly přemístěny do horní části regálu. Na pracovní ploše je žlutě označena pozice pro sestavu APP. Tato plocha slouží jako předávací pozice pro operátory. Na obr. 4.5 vpravo je v červeném kruhu nová pozice pro redukční kroužek, který slouží pro některé typy brzdových válců (maximálně 3% celkového ročního objemu). O montáž redukčního kroužku se stará pracovník montáže na pracovišti přípravy. Dále byl upraven regál pro pružiny (pozice vlevo na obr. 4.5). Poloha byla snížena pro lepší přístup.



Obr.4.4.: Pracoviště přípravy před zavedení výroby tokem jednoho kusu

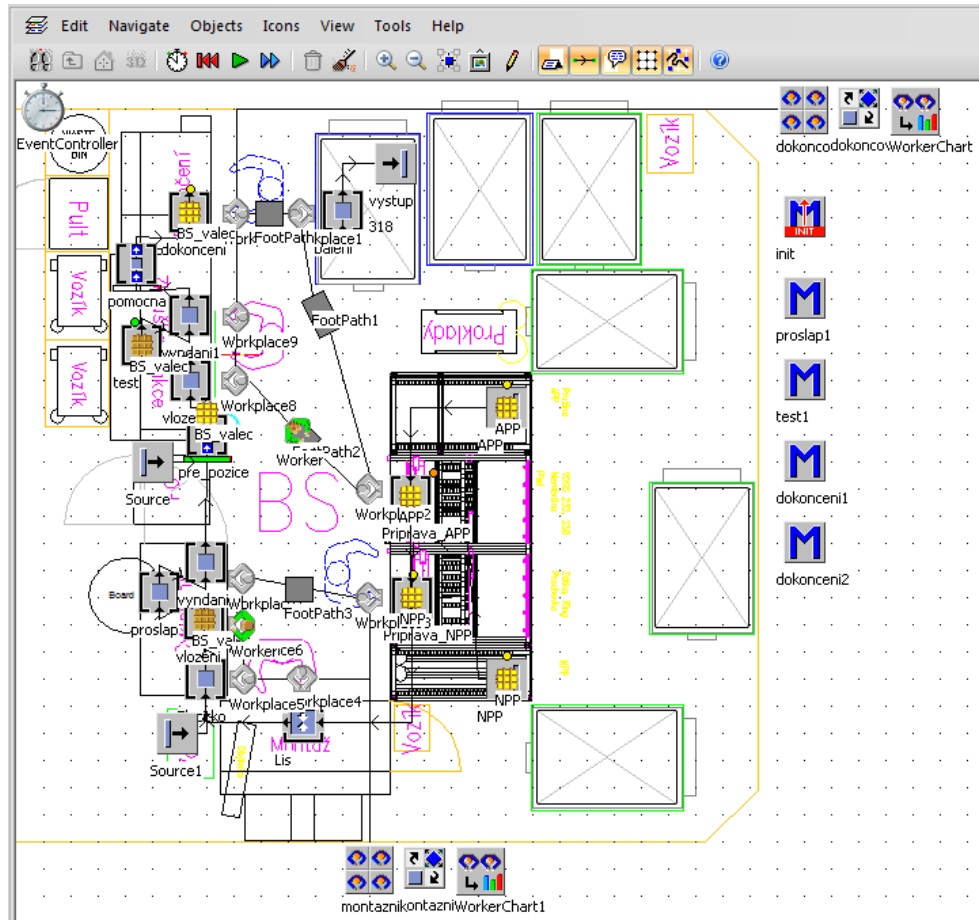


Obr.4.5.: Pracoviště přípravy po zavedení výroby tokem jednoho kusu

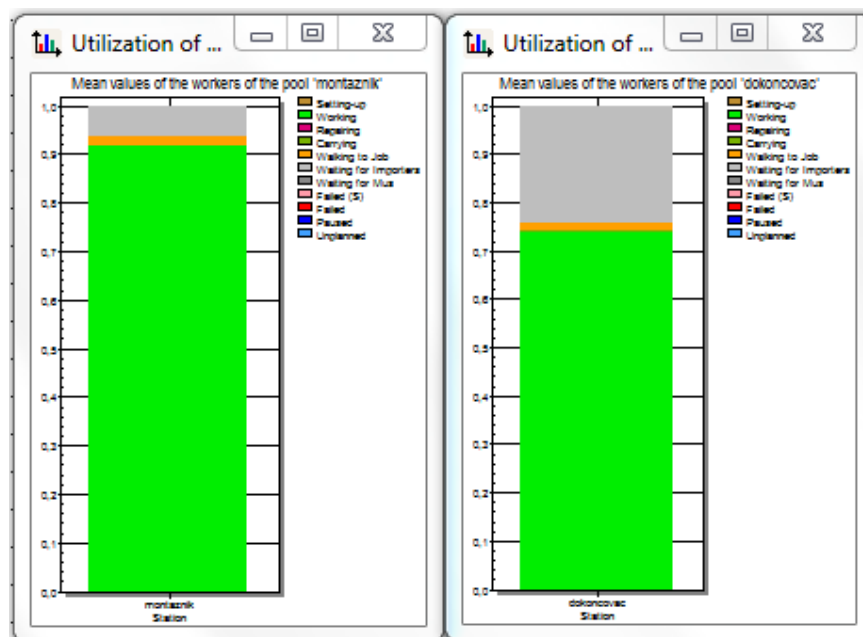
4.4 Simulace navrženého stavu

Po navržení výroby tokem jednoho kusu byla vytvořena simulace, která ukázala, jak celý proces bude vypadat. Simulace byla postavena na nově navrženém layoutu a v co nejvíce reálném stavu.

Simulační model je vidět na obr. 4.6. Při důkladném sledování simulace se ukázalo, že výrobní kroky na sebe navazují, operátoři na sebe nečekají a v žádném místě se netvoří zásoby. Tok materiálu je plynulý a operátoři mají kratší vzdálenosti mezi jednotlivými operacemi. Celý výrobní proces je omezen úzkým místem, kterým je zkouška těsnosti s časem testování 80 sekund. Úzké místo je v maximální míře vytiženo, aby linka dosáhla co největšího možného výkonu. Operátoři jsou schopni každých 96 sekund vyrobit jeden kus. Tento výstup byl stejný jako při obsazení třemi operátory. Vytížení jednotlivých operátorů je vidět v grafu 4.7. Operátor montáže je vytiženy cca na 93% a operátor dokončení na cca 77%. Jak je vidět z grafu, operátorům se zkrátily vzdálenosti mezi jednotlivými pracovišti (v grafu znázorněno oranžovou barvou). Tento navržený stav bylo vhodné použít pro výrobu na lince BS.



Obr.4.6.: Simulační model pro výrobu v toku jednoho kusu



Graf.4.7.: Vytíženost jednotlivých pracovníků

4.5 Jednotýdenní test výroby v navrženém stavu

Po vytvoření návrhu budoucího stavu bylo rozhodnuto udělat jednotýdenní test, který by ukázal funkčnost, popřípadě nedostatky v navrženém stavu. Test byl naplánovaný od pondělí do pátku. Z počátku bylo nutné přizpůsobit linku pro tok jednoho kusu a proškolit operátory. Celý průběh testu byl důkladně sledován.

4.5.1 Příprava na test

Pro test v toku jednoho kusu bylo nutné upravit pracoviště. Proběhlo odstranění veškerých zásobníků, které doposud byly na pracovišti. Byly vytvořeny předávací pozice. První pozice pro APP byla na stole vyznačena žlutě a druhá předávací pozice byla pro díly před testem. Došlo k přidání pracovního stolu na přípravu APP a také přípravek pro montáž redukčních matic voss. Proběhla změna některé pozice materiálu v regálech. Elektrický šroubovák byl přemístěn z přípravy NPP na přípravu APP. Muselo být přidáno žluté KLT na díly, které jdou na opravu. Minulá pozice byla součástí zásobníku, který byl odstraněn. Na obr. 4.8 je pohled na linku během testu.

Když byla linka přizpůsobena testu, muselo dojít k proškolení zaměstnanců, aby každý operátor věděl, co bude jeho součástí práce. Po těchto krocích byl celý proces sledován, dokumentován a následně vyhodnocen.



Obr.4.8.: Pohled na pracoviště při testu

4.5.2 Sledování a vyhodnocení testu výroby tokem jednoho kusu

Výsledek testu byl úspěšný. Během testu vznikaly obavy výrobního týmu brzdových válců, že operátor montáže nebude stíhat zásobovat pracovníka dokončení. Díky testu byly tyto pochybnosti vyvráceny. Proběhlo odzkoušení složitějších i jednodušších typů, aby sledování zkušebního provozu bylo co nejvíce vypovídající. Sortiment vyráběných dílů byl různorodý, obsahoval typy s voskami, redukčním kroužkem a také s ucpávkami. Operátoři neměli žádný problém se zavedením výroby v toku jednoho kusu. Při změně layoutu došlo ke zkrácení vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti. Při zavedení toku jednoho kusu výrobní linka vyrábí větší počet kusů než doposud a to díky efektivnějšímu využití zkušebního stavu. Proběhlo měření výstupu výrobků z linky. Čas byl zaznamenáván vždy po zapnutí testu. Bylo provedeno 20 opakování jak pro obtížnou tak i standardní montáž. Čas taktu pro standardní montáž byl 95,8 sekund a pro obtížnou montáž 163 sekund. Pro standardní typy je úzké místo testovací zařízení a pro obtížnou montáž je úzké místo pracovník montáže. Při obtížné montáži je velice náročné zalísovat membránu, která nepřesně sedí na tělesu APP. Při testu se ukázalo, že linka je schopna plnit ukazatele (přímá produktivita práce), jak je vidět na obr. 4.9.

86,6%	87,3%	83,7%	88,7%
84,0%	84,0%	84,0%	84,0%

Obr.4.9.: Přímá produktivita práce během testu (pondělí – čtvrtek)

Byla provedena schůzka s výrobním týmem brzdových válců, kde se prezentovaly výsledky popsané výše. Na základě kladných výsledků bylo rozhodnuto, že změna výrobní buňky bude provedena. Byl změněn layout pracoviště, linka je uzpůsobena pro tok jednoho kusu, pracoviště je obsluhováno pouze dvěma operátory. Po přestavbě linky bylo zapotřebí vytvořit MOST, který povede k novým normám, které budou vloženy v systému SAP.

4.6 Přestavba výrobní linky BS po zákaznickém uvolnění

Po schůzce s výrobním týmem bylo rozhodnuto, že dojde k přestavbě výrobní linky. Změna musela být oznámena zákazníkovi. Po schválení zákazníkem bylo zapotřebí naplánovat schůzku s údržbou a vysvětlit jim co je potřeba udělat, aby vše bylo, jak je navrženo. Manažer údržby rozhodl, že na přestavbu linky bude potřeba 4 hodinová odstávka linky. Následně bylo zapotřebí naplánovat odstávku linky s oddělením logistiky a připravit plán přestavby linky.

Jasně se stanovil termín a mohlo se začít s přestavbou. Zprvu bylo nutné odvozit veškerý materiál z linky, který zde zůstal ze zakázky. Materiály byly naloženy na paletu a odvozeny do skladu. Dále se odstraňovaly gumové koberce, které slouží pro lepší ergonomii práce. Následně na to údržba začínala odpojovat zdroje k modulárním stolům (tlakový vzduch, elektrika). Stoly byly odtaženy z místa, kde bude stát nové pracoviště. Tato plocha byla vyčištěna od značení (vizuální management) na podlaze a celkově vyčištěna. Po těchto krocích došlo k postavení pracoviště dle nového layoutu. Veškeré zdroje byly připojovány k modulárním stolům. Byl přidán pracovní stůl a přípravky byly umístěny na potřebných místech pro výrobu tokem jednoho kusu. Po provedení těchto kroků, byly vráceny a upraveny gumové koberce dle nového layoutu. Následně došlo k navezení materiálů zpět a zařazení do nových pozic dle projektu. Na závěr musel být proveden test elektrického utahováku, jestli nedošlo při stěhování k jeho poruše. Celá přestavba trvala 3,5 hodiny. Pohled na přestavěné pracoviště je vidět na obrázku 4.10.



Obr.4.10.: Pohled na přestavěné pracoviště

4.6.1 Obnova vizuálního managementu

Po přestavbě linky se museli znovu označit veškeré pozice a veškerá místa na materiálu. Místa pro materiál byla označena v místě, kde se materiál nachází. Značení obsahuje název komponenty. Zde nemůže být jasně napsáno, o jaký materiál se přesně jedná (číslo dílu), protože sortiment výroby je veliký a na místech se střídá stejný typ materiálu, ale s jiným označením a jinými rozměry. Na podlaze bylo vytvořeno značení pozic (obr. 4.11). Rozlišujeme tři barvy a to zelenou, modrou a žlutou. Zelená barva je pro vstupní materiál nebo balení do procesu. Modrá barva značí výstup z procesu. Žlutá barva je pro vše ostatní, jako je například místo pro vozíky, zaznačení pozic pracovních stolů atd. Každé místo, které je označeno, musí obsahovat okno, kde je jasně vidět, co má na kterém místě stát. Toto značení je velice dobré, protože každý ví, co kde má být a hlavně je jednoduše vidět, že je něco špatně.



Obr.4.11.: Pohled na vizuální management

4.6.2 Změna programu gravírovacího zařízení

Výrobní linka BS obsahuje gravírovací zařízení na výrobu štítku. Tento štítek je následně přinýtován na brzdový válec a slouží jako identifikace daného výrobku. Štítek obsahuje několik údajů o brzdovém válci. Tyto údaje jsou vždy shodné pro daný typ a sériové číslo, které je pro každý výrobek jiné. Gravírovací cyklus se spouští na základě OK výsledku, který přichází z elektrického momentového klíče na pracovišti dokončení. Gravírování štítku trvá 22 vteřin. Toto zařízení zpomalovalo operátora při dokončení a to o 10 sekund. Proto bylo nutné vymyslet nějaké opatření, aby došlo k redukci toho času, kdy operátor musí čekat.

Jedinou podmínkou pro gravírovací zařízení bylo, že štítek musí být dokončen (vygravírován) po OK výsledku z momentového klíče. Na základě této podmínky bylo rozhodnuto rozdělit gravírovací cyklus do dvou kroků. V prvním kroku jsou předtištěny veškeré informace, které jsou pro daný typ vždy stejné. V tomto případě signál pro gravírování přichází na základě OK výsledku z testovacího zařízení. Následně po dokončení této operace nastane pauza a zařízení čeká na druhý signál. V druhém kroku dojde ke gravírování sériového čísla. Zde signál přichází na základě OK výsledku z momentového klíče.

Díky rozdělení gravírovacího cyklu do 2 kroků dochází k odstranění plýtvání, které bylo způsobeno špatným nastavením zařízení. Po změně došlo k redukci čekání a to o 10 sekund na každý výrobek.

4.7 MOST

Po přestavbě linky bylo zapotřebí nastavit přesné normy pro výrobu brzdových válců. Před tímto projektem, byly pouze dvě normy a to pro standardní a obtížnou montáž. Cílem normování bylo vytvořit několik skupin, do kterých by výrobky mohli být zařazeny podle složitosti montáže. První skupina obsahuje výrobky, které procházejí standardní montáží bez přidaných komponentů. Další skupinou jsou díly s tzv. voss (redukční kroužek) a dále se skládanou voss, která je o něco složitější než standardní. Čtvrtou skupinou jsou díly s redukčním kroužkem, který se v sortimentu vyskytuje velice ojediněle. Pátou skupinou jsou díly, které obsahují ucpávky. Obtížnou montáž je složité normovat a nejde přesně stanovit norma. Pro tuto montáž byla stanovena norma tak, že standardní montáž byla vynásobena dvěma. Obtížná montáž se pohybuje okolo 5% z celkového vyráběného objemu, a proto není zapotřebí na ni klást, tak veliký důraz, jako na standardní výrobu, která činí 95% ročního objemu.

V Knorr-bremse je uznávaná metoda pro stanovení norem MOST. Na základě MOST byla stanovena norma pro jednotlivé skupiny. Časy, které v MOST nejde přesně stanovit, jako jsou strojní časy, byly naměřeny stopkami. Analýza byla vytvořena na základě natočeného videa po přestavbě linky. Na základě spočítaných TMU, které vyšly z MOST analýzy, byla dopočtena časová potřeba pro jednotlivé operátory (operátor dokončení a montážník). Následně na to byl spočítán výstup z linky v kusech za jednu směnu. Normy byly stanoveny pro cíl DLP2 84%, který je nastavený pro výrobní celek brzdových válců. Část analýzy MOST je vidět na obr. 4.12.

- Standardní montáž: 244 kusů/směna, úzké místo montážník 102,6 sekund a pracovník dokončení má čas na jeden kus 82,9 sekund
- Standardní montáž + Voss: 229 kusů/směna, úzké místo montážník 102,6 sekund a pracovník dokončení má čas na jeden kus 95,5 sekund
- Standardní montáž + skládaná Voss: 215 kusů/směna, úzké místo pracovník dokončení 108,9 sekund a montážník má čas na jeden kus 102,6 sekund
- Standardní montáž + redukční kroužek: 241 kusů/směna, úzké místo montážník 105,5 sekund a pracovník dokončení má čas na jeden kus 82,9 sekund

- Standardní montáž + ucpávky: 224 kusů/směna, úzké místo montážník 119,9 sekund a pracovník dokončení má čas na jeden kus 82,9 sekund
- Obtížná montáž: 122 kusů/směna, úzké místo montážník 205,2 sekund a pracovník dokončení má čas na jeden kus 165,9 sekund

MOST:

Název: Výroba BS bez VOSS a kroužku SIMO

Popis sekvence	Přemístění													TMU		
	A	B	G	M	X	I	A	0	1	B	P	A				
1 Zvednutí a otočení APP na paletě	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	A	0	40
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
2 Získání membrány a odložení do APP s ustavením	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	3	A	0	80
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
3 Získání pistu do pravé ruky a přendání do levé ruky	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	A	0	40
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
4 Uložení pistu do membrány levou rukou	Obecné přemístění	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	1	A	0	0
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
5 Získání pružiny pravou rukou a odložení do APP	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	3	A	1	B	0	P	3	A	0	80
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
6 Získání NPP a vložení do přípravku	Obecné přemístění	A	3	B	0	G	1	A	1	B	0	P	3	A	0	80
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
7 Získání prachovky do ruky	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	1	A	0	B	0	P	0	A	0	20
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
8 Mazání prachovky	Obecné přemístění	A	0	B	0	G	0	M	1	X	0	I	0	A	0	10
	Rizené přemístění	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
9 Získání struny	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	1	A	0	40
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
10 Provléknutí struny otvorem NPP	Obecné přemístění	A	1	B	0	G	1	A	1	B	0	P	0	A	0	30
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
11 Navléknutí struny na prachovku	Obecné přemístění	A	0	B	0	G	0	A	1	B	0	P	6	A	0	70
	Rizené přemístění	A	B	G	M	X	I	A								0
	Utáhnout / Uvolnit	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0
	Dělit / Povrchová úprava / Měření / Zaznamenání / Myšlení	A	B	G	A	B	P	*	A	B	P	A	A			0

Obr.4.12.: Ukázka normování metodou MOST

4.8 Formulář pro standardní práci

V současné době má celá společnost Knorr-bremse na popsání výrobního procesu pouze pracovní návodku. Tento dokument popisuje, jaké činnosti se musí provést na určitém pracovišti. Jsou tam detailně popsány, jaké přípravky mají být použity, sekvence výrobních operací, které jsou vizualizovány v podobě fotografií. V rámci projektu byl mnou vytvořen formulář pro standardizovanou práci (obr. 4.13) za pomoci centrály v Mnichově. V tomto dokumentu je vizualizovaná procesní mapa. Je jasně popsáno, jaký operátor pracuje na daném pracovišti, a kde přesně má začít a kde skončit. Dále tento dokument obsahuje, kolik má operátor času na předepsané činnosti a

také kolik kusů mají vyrobit na pracovišti za směnu. V dnešní době je tento dokument používán i na dalších výrobních linkách a postupně bude zaveden v celé společnosti.

Standardizovaná práce					
Výrobní sekvence		Číslo dílu: Standardní výroba	Úzké místo: Test (automat)	Počet operátorů	TAKT čas: 103
		Díl/rodina: Brzdové válce BS	Stanice : 1min 20sec (80s)	2	Kusy/směna: 244
Operátor	číslo op.	Popis operace	čas operace [s]		
1	1	Montáž NPP	11,9		
1	2	Lisování APP a NPP	62,6		
1	3	Montáž Tlačítka	8,6		
1	4,5	Pracoviště prošlapu + předání do předávací pozice	19,4		
2	6	Zkouška těsnosti	14		
2	7	Dokončení odzkoušeného výrobku	50,8		
2	8	Zabalení do zákaznického balení	9		
2	9	Příprava APP	8,6		

Obr.4.13.: Formulář pro standardizovanou práci

4.9 Výsledky a shrnutí projektu

Hlavním cílem této diplomové práce bylo zredukování a případné úplné odstranění velkého plýtvání na pracovišti. Před začátkem projektu pracoviště obsluhovali tři operátoři. Jejich pracnost byla rozdělena následovně: první pracovník se staral o pracoviště přípravy, druhý pracovník o lisování a montáž tlačítka a poslední pracovník měl na starosti testování, dokončení a balení výrobku do zákaznického balení. Jejich vytížení bylo oproti normě velmi malé v průměru okolo 55%. Linka BS neměla dostatečně vybalancování a výrobní operace na sebe nenavazovaly. Výroba probíhala v dávkách, a proto se na pracovišti nacházela nadprůměrná zásoba. Díky těmto zásobníkům pracoviště obsahovalo mnoho rozpracované výroby. Dávková výroba měla špatný vliv na průběžnou dobu výroby, která negativně ovlivňovala zásoby. Byly

zde překážky, jako špatně naprogramované gravírovací zařízení, kvůli kterému operátor musel čekat každý cyklus 10 sekund. Dále nevhodné řešení doplňování materiálů, umístění některých materiálů bylo na nevhodném místě a vložení do výrobních pozic bylo složité.

Po zmapování současného stavu, následovalo odstranění plýtvání. Prvním krokem vedl k odstranění jednoho operátora z pracoviště, který zde nebyl dostatečně vytížen, a tím došlo k mnohem vyššímu využití zbylých dvou operátorů. Následně došlo k odstranění veškerých zásobníků z výroby a nastavení výroby tokem jednoho kusu. Aby se zkrátily vzdálenosti mezi jednotlivými výrobními kroky, byl změněn layout a přizpůsoben pro výrobu tokem jednoho kusu. Po dokončení těchto operací proběhlo rozdělení pracnosti mezi dva operátory tak, aby vybalancování bylo co nejvyváženější a operace na sebe navazovaly. Také se museli změnit normy. Před tímto projektem byly pouze dva typy norem a to pro standardní a obtížnou montáž. Tyto normy byly rozděleny dle vyráběného sortimentu a to následovně: norma pro standardní montáž, montáž s VOSS, montáž se skládanou VOSS, montáž s redukčním kroužkem, montáž s ucpávkami a obtížná montáž. Normy byly vytvořeny podle metodiky MOST. Došlo k upravení programu pro gravírovací zařízení. Díky této úpravě došlo ke zkrácení čekání o 10 sekund. Byla upravena poloha materiálu, materiály se přemístily co nejbližší do míst, kde mají být doplněny do regálů. Po přestavbě linky došlo k obnovení vizuálního managementu. Jednoduše řečeno každé nářadí, materiál má mít své vlastní označené místo. A na závěr byl vytvořen dokument, kde jsou jasně popsány výrobní kroky na pracovišti při výrobě brzdového válce.

Tento projekt přinesl finanční úsporu. Byl ušetřený jeden operátor ve třech směnách. Cena jednoho operátora za rok činí 350 000 Kč. Jelikož došlo k odebrání jednoho operátora ve směně, znamená to, že úspora činí 350 000 Kč krát tři směny což se rovná 1 050 000 Kč za jeden rok. Dalším přínosem bylo zvednutí výstupu z linky. Při původním stavu byla norma pro tři operátory za směnu 206 kusů a pro dva operátory 140 kusů. Nyní jsou normy nastaveny tak, že dva operátoři udělají za směnu 244 kusů pro standardní typ. Výsledkem je, že došlo k zvednutí výstupu z linky o 104 kusů za jednu směnu.

5 Závěr

Na začátku diplomové práce je představena společnost Knorr-Bremse a popsán cíl práce. V dalších krocích je popsána štíhlá výroba a sedm druhů plýtvání, které se v procesech objevují. Dále jsou zmíněny metodiky sloužící k odstranění plýtvání, jako je metoda 5S, SMED, optimalizace výrobních buněk a také rozdíl mezi dávkovou výrobou a výrobou v toku jednoho kusu. V dalších kapitolách byla zmíněna ABC analýza a také Plant simulation pro simulaci procesů.

Cílem diplomové práce byla optimalizace pracoviště pro výrobu brzdového válce. Základem optimalizace byla analýza současného stavu, kde byl detailně zmapován současný stav výroby. Na začátku došlo k popsání konstrukce brzdového válce. Následně práce obsahuje popis sortimentu vyráběných brzdových válců na lince BS, kde jsou jednoduše vidět rozdíly mezi jednotlivými díly. Dále na to byl popsán současný výrobní proces, který byl postaven pro tři operátory ve třech směnách. Ve výrobním procesu byly čtyři zásobníky, které vykrývaly nevybalancovanou výrobu. Výroba probíhala v dávkách. Došlo k vytvoření video analýzy, ve které jsou vidět časy jednotlivých operací. Tato analýza odhalila, jak jsou jednotliví operátoři vytíženi. Už na první pohled bylo jasné, že je na lince velké plýtvání. Simulace v programu Plant simulation popisuje současný stav, kde je výsledkem graf s vytížením pracovníků. Dále nejmenší možný výstup z linky, který se oproti normě velice lišil, a také bylo znázorněno, jak na sebe jednotlivé operace navazovaly.

Pro navržení optimálního stavu bylo zapotřebí znát roční objemy jednotlivých výrobků. Proto došlo k vytvoření ABC analýzy, kde je možno vidět, které díly jsou vysoko obrátkové a které nikoliv. Linka BS byla hlavně přizpůsobena vysoko obrátkovým dílům. Byl spočítán zákaznický takt, který nám řekl, v jakém časovém úseku má z linky vyjet jeden výrobek, aby došlo k naplnění zákaznického požadavku, což je pro společnost prioritou.

Při návrhu budoucího stavu muselo dojít k odstranění veškerého možného plýtvání na pracovišti. Nový výrobní proces byl postaven pouze pro dva operátory ve třech směnách, protože úzké místo je testovací zařízení, které je dostatečně vytíženo již dvěma operátory. Proběhla schůzka s výrobním týmem brzdových válců, kde byl mnou představen projekt. Na schůzce došlo k rozhodnutí odebrat jednoho operátora z pracoviště. Na základě tohoto rozhodnutí bylo připraveno balancování práce mezi dva operátory. Během tohoto dočasného stavu nedošlo ke změně layoutu a zůstala

zachována dávková výroba. Následně na to byl přizpůsoben layout pro výrobu v toku jednoho kusu. Byly zkráceny vzdálenosti mezi jednotlivými výrobními kroky, odstraněny zásobníky a došlo k přidání pracovního stolu na pracoviště přípravy. Po navržení toho stavu byla vytvořena simulace, která měla za úkol podložit navržený budoucí stav. Simulace ukázala, že výrobní kroky na sebe navazují, výroba v toku jednoho kusu není problém a také, že změnou layoutu dojde ke zkrácení vzdálenosti mezi jednotlivými operacemi. Po simulaci proběhl jednotýdenní test, při kterém byly odebrány zásobníky z výroby a výroba nastavena v toku jednoho kusu. Po testu, který dopadl úspěšně, došlo k přestavění pracoviště dle navrženého layoutu. Při přestavbě proběhlo obnovení vizuálního managementu podle nového postavení. Byl změněn program gravírovacího zařízení, kvůli kterému musel operátor čekat 10 vteřin. Dalším krokem bylo vytvoření nových norem podle metodiky MOST. Normy byly vytvořeny na jednotlivé skupiny dílů, které se velice podobají. Došlo k vytvoření standardního formuláře, kde je jasně popsán výrobní proces.

Na tento projekt by bylo vhodné navázat metodikou SMED, která nebyla součástí projektu. Díky SMED by mohlo dojít, ke zkrácení času přestavby na pracovišti.

Použitá literatura

[1] *Knorr-Bremse* [online]. [cit. 2015-01-22]

Dostupné z: http://knorr-bremse.cz/cz/group/group_introduction_group.jsp

[2] *MotorIndia* [online]. [cit. 2015-01-22]

Dostupné z: <http://www.motorindiaonline.in/component/knorr-bremse-planning-second-unit-in-india-for-cv-braking-systems/>

[3] *Školení Lean basic* : firemní materiál týkající se štihlé výroby

[4] *Ademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2015-01-27]

Dostupné z: <http://e-api.cz/page/67789.plytvani-eliminace-lean>

[5] NARUSAWA, Toshiko a John SHOOK. *Kaizen express: fundamentals for your lean journey*. Cambridge, Mass.: Lean Enterprise Institute, 2009

[6] *Ademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2015-03-08]

Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70911.optimalizace-vyrobnich-bunek/>

[7] *Konzultačně-vzdělávací instituce* [online]. [cit. 2015-02-22]

Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/abc-analyza>

[8] *Logistika zásobování* [online]. [cit. 2015-02-22]

Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2282362/>

[9] *Ademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2015-01-28]

Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68391.5s/>

[10] *Ademie produktivity a inovací* [online]. [cit. 2015-02-21]

Dostupné z: <http://e-api.cz/article/70803.analyza-a-mereni-prace>

[11] *Katedra výrobních systémů* [online]. [cit. 2015-02-21]

Dostupné z: <http://www.kvs.tul.cz/PI>

[12] *Konzultačně-vzdělávací instituce* [online]. [cit. 2015-03-07]

Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/simulace>

[13] *Svět produktivity* [online]. [cit. 2015-04-26]

Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/CEZ-OEE.htm>

[14] *Produkty KB*: firemní materiál týkající se KB produktů

Seznam příloh:

P1: ABC analýza

ABC analýza:

Označení přístroje	Roční objem [ks]	Procentuální vyjádření	ABC analýza	Standard/obtížná montáž	Ucpávky ANO/NE	Vosky ANO/NE	Redukční kroužek ANO/NE
K011229	82560	48,86%	A	Standard	NE	NE	NE
K010966	19180	11,35%	A	Standard	NE	NE	NE
K010098	7700	4,56%	A	Obtížná	ANO (4)	NE	NE
K010960	5640	3,34%	A	Standard	NE	NE	NE
II14535	5203	3,08%	A	Standard	ANO (2)	NE	NE
K003997	4197	2,48%	A	Standard	NE	ANO	NE
K003996	3960	2,34%	A	Standard	NE	ANO	NE
K010986	3560	2,11%	A	Standard	NE	NE	NE
K010957	3220	1,91%	A	Obtížná	NE	NE	NE
II30616	2830	1,67%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
K093830	2820	1,67%	B	Standard	NE	NE	NE
II30617	2641	1,56%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
K093829	2520	1,49%	B	Standard	NE	NE	NE
II31098	2315	1,37%	B	Standard	ANO (2)	NE	NE
K010976	2080	1,23%	B	Standard	NE	NE	NE
II30618	1260	0,75%	B	Standard	ANO (2)	NE	NE
K039420	1260	0,75%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
II18886	1004	0,59%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
II18850	975	0,58%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
II38414F	665	0,39%	B	Standard	NE	ANO	NE
K015592	658	0,39%	B	Obtížná	NE	NE	NE
II37127	638	0,38%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
II34671	603	0,36%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
II38413F	600	0,36%	B	Standard	NE	ANO	NE
K004486	583	0,35%	B	Standard	NE	ANO	NE
K015591	564	0,33%	B	Obtížná	NE	NE	NE
II34670	520	0,31%	B	Standard	ANO (3)	NE	NE
K004485	508	0,30%	B	Standard	NE	ANO	NE
II39374F	496	0,29%	C	Obtížná	NE	NE	NE
K015590	494	0,29%	C	Obtížná	NE	NE	NE
II31099	481	0,28%	C	Standard	ANO (2)	NE	NE

Označení přístroje	Roční objem [ks]	Procentuální vyjádření	ABC analýza	Standard/obtížná montáž	Ucpávky ANO/NE	Vossky ANO/NE	Redukční kroužek ANO/NE
II38111F	480	0,28%	C	Standard	ANO (2)	NE	NE
II38466F	475	0,28%	C	Standard	NE	NE	NE
K015589	459	0,27%	C	Obtížná	NE	NE	NE
II31782	447	0,26%	C	Obtížná	NE	NE	NE
II31651	364	0,22%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II39964F	335	0,20%	C	Standard	NE	NE	NE
II31652	314	0,19%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II18950	306	0,18%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II18951	285	0,17%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II39375F	267	0,16%	C	Obtížná	NE	NE	NE
II32710	237	0,14%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
K003996	230	0,14%	C	Standard	NE	ANO	NE
K003997	224	0,13%	C	Standard	NE	ANO	NE
II39965F	210	0,12%	C	Standard	NE	NE	NE
K001214	210	0,12%	C	Standard	NE	NE	NE
K001215	200	0,12%	C	Standard	NE	NE	NE
II15229	193	0,11%	C	Standard	ANO (2)	NE	NE
K015031	184	0,11%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
K010666	180	0,11%	C	Standard	NE	NE	NE
K015026	180	0,11%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
K007760	161	0,10%	C	Standard	ANO (4)	NE	NE
K007761	155	0,09%	C	Standard	ANO (4)	NE	NE
K002162	144	0,09%	C	Standard	NE	NE	NE
K002113	108	0,06%	C	Standard	NE	NE	NE
II38528F	106	0,06%	C	Standard	NE	NE	NE
K058544	90	0,05%	C	Standard	NE	NE	NE
K003968	80	0,05%	C	Obtížná	NE	ANO	NE
II38105F	51	0,03%	C	Standard	ANO (6)	NE	NE
II38924F	39	0,02%	C	Standard	NE	NE	NE
II38589F	36	0,02%	C	Standard	ANO (6)	NE	NE
II38529F	31	0,02%	C	Standard	NE	NE	NE

Označení přístroje	Roční objem [ks]	Procentuální vyjádření	ABC analýza	Standardt/obtížná montáž	Ucpávky ANO/NE	Vosky ANO/NE	Redukční kroužek ANO/NE
II37140000	31	0,02%	C	Standard	ANO (4)	NE	NE
II31100	28	0,02%	C	Standard	NE	NE	NE
II18210	16	0,01%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II39927FN00	13	0,01%	C	Standard	NE	NE	NE
II38527F	12	0,01%	C	Standard	NE	NE	NE
K048045N00	12	0,01%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II39214FN00	12	0,01%	C	Obtížná	ANO (1)	NE	NE
II38107F	11	0,01%	C	Standard	ANO (6)	NE	NE
II38591F	11	0,01%	C	Standard	ANO (6)	NE	NE
II18209	10	0,01%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II15227	10	0,01%	C	Standard	ANO (3)	NE	NE
II39602FN00	5	0,00%	C	Standard	NE	NE	NE
II39324F	3	0,00%	C	Standard	NE	NE	NE
II38411FN00	3	0,00%	C	Standard	NE	ANO	NE
II39928FN00	3	0,00%	C	Standard	NE	NE	NE
II39602F	1	0,00%	C	Standard	NE	NE	NE
K003175	1	0,00%	C	Standard	NE	NE	NE