



Optimalizace montážní linky na výrobu magnetického ventilu DMV10

Bakalářská práce

Studijní program: B2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301R000 – Strojní inženýrství
Autor práce: **Ivo Marousek**
Vedoucí práce: Ing. Petr Zelený, Ph.D.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ivo Marousek**
Osobní číslo: **S14000280**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Strojní inženýrství**
Název tématu: **Optimalizace montážní linky na výrobu magnetického ventilu DMV10**
Zadávací katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

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

1. Úvod do problematiky zefektivňování procesů.
2. Popis a kritická analýza stávající linky, odkrytí rezerv.
3. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu.
4. Detailní vyhodnocení a porovnání návrhů, porovnání se současným stavem.
5. Závěr a zhodnocení práce.



Rozsah grafických prací: **podle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **40-50 stran**
Forma zpracování bakalářské 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 a.s., 2005.
ISBN 80-251-0573-3.

[3] *IPA slovník [online slovník].* 2015. Dostupné z: www.ipaslovakia.sk.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Petr Zelený, Ph.D.**
Katedra výrobních systémů a automatizace
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Vavruška**
Katedra výrobních systémů a automatizace

Datum zadání bakalářské práce: **15. listopadu 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. února 2017**

prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan



Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 15. listopadu 2015

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou 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 bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou 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.

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

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

Datum:

Podpis:

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Zelenému, Ph.D. za čas, který mi věnoval při konzultacích, za jeho poznámky a připomínky.

Dále bych chtěl poděkovat pracovníkům z oddělení TEF61 a p. Šindlerovi ze společnosti Bosch Diesel s.r.o, kteří mi velmi pomohli v oblasti standardizované práce a ergonomie.

Na závěr bych chtěl poděkovat rodině za trpělivost a podporu, kterou mi věnovali během přípravy této bakalářské práce.

TÉMA : Optimalizace montážní linky na výrobu magnetického ventilu DMV10

Anotace:

Tato bakalářská práce popisuje téma optimalizace montážní linky na výrobu magnetického ventilu DMV10. V práci jsou popisované nástroje na zefektivnění procesu se zaměřením na optimalizaci montážní linky. V práci je popsán stav konkrétní montážní linky před optimalizací, dále jsou popsány návrhy možné optimalizace a následné porovnání současného a navrhovaného stavu.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Efektivní proces, standardizovaná práce, Lean Line Design, ergonomie

THEME : The Optimization of assembly line for the production of the magnet valve DMV10

Anotation:

This work deal with topic optimization assembly line for magnet valve DMV10. In this work I describe some tools for process improvement with focus on optimization of assembly line. In this work is describe situation before optimization assembly line, then proposals for possible improvement and at the end comparison current and new situation

KEYWORDS:

Effective process, standardized work, Lean Line Design, ergonomics

Zpracovatel:

Ivo Marousek, TU v Liberci, Fakulta strojní, Katedra výrobních systémů a automatizace

Počet stran : 45

Počet obrázků : 34

Počet vzorců : 4

Obsah

Seznam zkratek	9
1 Úvod	10
2 Cíle bakalářské práce	11
3 Úvod do problematiky zefektivňování procesu	12
3.1 Nástroje pro zefektivnění procesu	13
3.2 Standardizovaná práce, pojem „Standard“	15
3.3 Lean Line Design (LLD)	16
4 Popis a kritická analýza stávající linky, odkrytí rezerv	18
4.1 Základní informace o DMV10	18
4.2 Popis stávající montážní linky	19
4.3 Standardizovaná práce na montážní lince	20
4.4 Stávající montážní linka z pohledu LLD	21
5 Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu	23
5.1 Zavedení standardizované práce	23
5.2 Změna layoutu montážní linky dle LLD	28
5.3 Optimalizace pracovišť z hlediska ergonomie	33
6 Detailní vyhodnocení a porovnání návrhů, porovnání se současným stavem	36
6.1 Přínos standardizované práce vůči stávající dokumentaci na pracovišti	37
6.2 Porovnání nového návrhu linky se stávajícím	40
6.3 Přínos návrhu optimalizace pracoviště z hlediska ergonomie	40
7 Závěr a zhodnocení práce	42
8 Seznam použité literatury	43

9	Seznam obrázků a vzorců	44
9.1	Seznam obrázků	44
9.2	Seznam vzorců	45

Seznam zkratek

AG	Arbeitsgang, pracovní krok
BPS	Bosch Production System, výrobní systém firmy Bosch
CT, TT	Cycle Time, Taktzeit, čas cyklu
CIP	Continuous Improvement Process, neustálý proces zlepšování
DMV10	Druckmagnetventil, magnetický ventil
JIT	Just in Time, právě včas
JhP	Jihlava Plant, výrobní závod firmy Bosch Diesel v Jihlavě
KAIZEN	z japonštiny, neustálé zlepšování produktů, průběhů a procesů
KLT	Kleinladungsträger, malá přepravka dílů
KPI	Key performance Indicator, klíčový ukazatel výkonnosti
KPR	Key performance Result, klíčový ukazatel výsledku
Lean	Štíhlá výroba
LLD	Lean Line Design, utváření štíhlých linek
LT	Linientakt, takt linky
MTM	Methods-Time Measurement, metoda předem stanovených časů
POT	Planned Operation Time, plánovaná doba využití
OEE	Overall equipment effectiveness, celková efektivita zařízení
POINT CIP	Systematika pro ověření účinnosti navržených zlepšení
POKA YOKE	z japonštiny, zařízení/výrobek, u kterého je vyloučeno chybné jednání
RLS	Restluftspalt, zbytková vzduchová mezera
SIX SIGMA	Strategie řízení původně vyvinutá společností Motorola
TCT	Target Cycle Time, cílový čas cyklu
VE, VP30, VP44	vstřikovací čerpadlo pro dieselové motory
VG	Ventilgruppe, sestava jehly a tělesa jehly
VSD	Metoda pro přehledné zobrazení cílového stavu hodnotového toku
VSM	Metoda pro přehledné zobrazení skutečného stavu hodnotového toku
WT	Werkstückträger, nosič výrobku
5S	z japonštiny, 5 pravidel pro zavedení štíhlé, přehledné a čisté výroby

1 Úvod

Většina společností v dnešní době neustále hledá cesty, aby se jejich proces stal produktivnější a konkurenceschopnější. Dlouhodobě pracují na tom, aby neustále zlepšovaly své procesy, a za co nejnižších nákladů vyráběly kvalitní výrobky s vysokou přidanou hodnotou. V těchto společnostech je rozvoj lidského potenciálu a týmová spolupráce nezbytností.

K tomu využívají nástroje ke zlepšení procesu (jako např. SIX SIGMA, LEAN, KAIZEN, POKA YOKE, JUST IN TIME a mnoho dalších), které zamezí nadvýrobě a následně nadbytečným zásobám, odhalí slabá a úzká místa ve výrobním procesu. Pomocí těchto nástrojů vznikne štíhlá výroba, která umožňuje použití menšího počtu zaměstnanců, výrobních prostředků a investic.

Nabízí se velmi mnoho nástrojů k zefektivňování procesu a někdy se velmi těžko v této nabídce nástrojů orientuje. Nevhodně zvolený nástroj k zefektivnění procesu může sám o sobě znamenat plýtvání, např. časem administrativních pracovníků, ale i pracovníků ve výrobě. Důležitá je i motivace pracovníků. Pracovníci by měli být vedeni k tomu, aby včas dokázali detekovat slabá místa ve výrobě a dodržovali výrobní standardy. Pečlivě analyzované náklady na výrobu eliminují neproduktivní prostoje a zbytečné procesní kroky. Neustálým zlepšováním se budují efektivní výrobní procesy a prosperita firmy.

Dokonalý proces nevznikne ihned, ale je důležité okamžitě začít napravovat chyby, které si uvědomíme. Jedním ze zásadních faktorů pro další rozvoj je přijetí faktu, že problém má být motivačním prvkem. Ze známé poučky: "kdo neměří a neanalyzuje - nemůže zlepšovat" vyplývá, že je potřeba neustále sledovat stav všech významných procesů.

Zároveň je důležité, aby zakázka byla vyrobena v odsouhlasené kvalitě a termínu – JUST IN TIME (JIT).

2 Cíle bakalářské práce

Tato bakalářská práce je zaměřena na optimalizaci montážní linky na výrobu magnetického ventilu DMV10. Popisuje nástroje určené k optimalizaci výrobního procesu a jejich vliv na flexibilitu a využití výrobních zařízení. Současně popisuje aplikaci těchto nástrojů na konkrétní výrobní proces.

Na začátku práce je popsána cesta, která vede k zefektivnění procesu, dále jsou zmíněné nástroje k zefektivnění procesů, vliv na pracovníky a samotná účast pracovníků na zlepšení procesu. Práce se zaměřuje na nástroje, které jsou využívány ve firmě Bosch Diesel. V práci je zmíněna i standardizovaná práce a pojem „standard“, metody, které zajistí neustálé zlepšování ve výrobě.

V této práci je zpracované konkrétní zadání z firmy Bosch Diesel, která se zabývá výrobou komponentů do vstřikovacích systémů pro automobil s dieselovým motorem. Optimalizace montážní linky na výrobu magnetického ventilu DMV10 je součástí projektu stěhování výroby DMV10 z Norimberka do Jihlavy. Firma Bosch Diesel má v Jihlavě tři výrobní závody, je největším zaměstnavatelem na Vysočině, kde působí od roku 1993. [1]

Úkol spočívá v optimalizaci montážní linky na výrobu elektromagnetického ventilu s označením DMV10 při stěhování z Norimberka do Jihlavy. Před stěhováním je popsána stávající podoba linky, jsou provedené analýzy, odkrytí rezerv. Poté jsou popsány jednotlivé kroky, které vedou ke zlepšení práce se zaměřením na produktivitu, a na správné uspořádání linky.

Na konci práce je popsáno porovnání současného stavu se stavem navrhovaným. V této části je popsán přínos standardizované práce, přínos nového uspořádání pracovišť a optimalizace pracovišť.

3 Úvod do problematiky zefektivňování procesu

Zefektivňování procesu je ve většině případech součástí projektu. Z celkové povahy projektu vyplývá, že je třeba k řízení projektu a i k zefektivnění procesu použít speciální nástroje, které souhrnně označujeme jako metodiku managementu projektu. [2]

Jak lze chápat projekt popsal ve své knize Josef Jablonský: „Projekt lze chápat jako soubor činností s různým rozsahem – od takových, které obsahují pouze desítky činností a jejich doba trvání je jen několik dnů či týdnů až po ty, které zahrnují tisíce činností s celkovou dobou trvání třeba i několik let.“ [7]

Management projektu zahrnuje dvě základní skupiny:

- Plánování projektu
- Řízení realizace projektu

Nejjednodušeji bychom mohli charakterizovat plánování projektu asi takto. Plánování není popis toho, co se stane, ale toho, co chceme, aby se stalo. Plánování je závislé na znalosti tří faktorů:

- Kde nyní jsem (výchozí stav)
- Kam se chceme dostat (cílový stav)
- Jakým způsobem se dostaneme tam, kde chceme být

Plán zahrnuje tři hlavní složky: čas, náklady a kvalitativní změnu. Úspěšné řízení projektů znamená dosáhnout požadované parametry provedení v daném termínu (nebo před ním) v rámci rozpočtových nákladů.

Dodržení termínu není důležité pouze v samotném projektu, ale i v následných dodávkách k zákazníkům. V této oblasti bych zmínil metodu JIT. Metoda JIT je způsob, který uspokojí poptávky po určitém materiálu nebo hotovém výrobku v přesně dohodnutých a dodržovaných termínech dodáním „právě včas“ podle potřeb odbírajících článků. JIT lze chápat jako určitou filozofii řízení výroby než jako konkrétní techniku. Zaměřuje se na eliminaci ztrát a podílí se na neustálém zlepšování. [2]

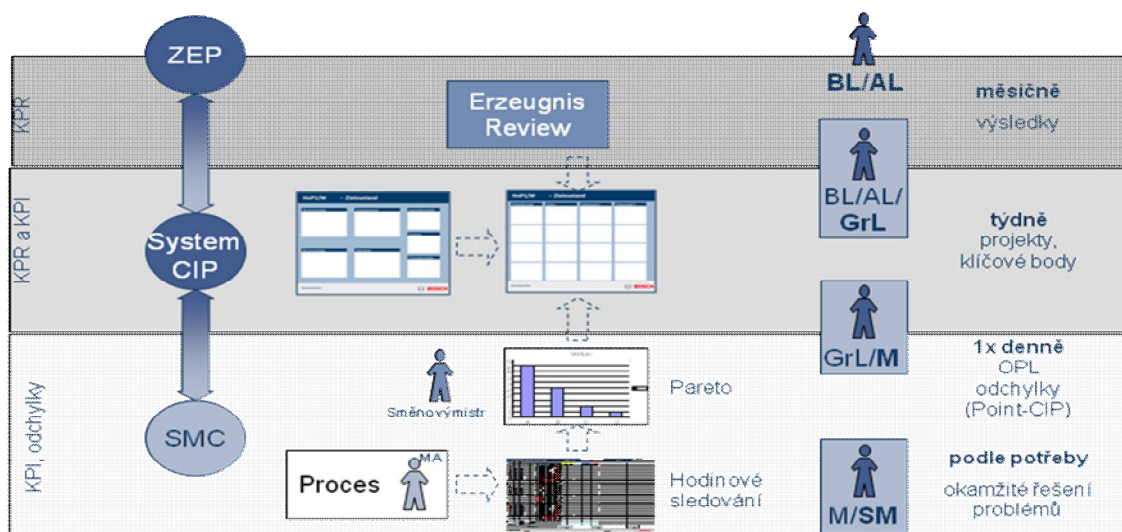
3.1 Nástroje pro zefektivnění procesu

Přes razantní vývoj i nesporné přínosy jednotlivých podnikových koncepcí (filozofií) však stále nelze jednoznačně říci, že některá z nich je právě ta „nejlepší“ a použitelná v „každém případě, pro každý podnik“. Každý podnik je svým způsobem „unikát“ (prostředí podnikání, velikost podniku, výrobní program, struktura a kvalifikace pracovníků, ...). V praxi se tedy musí jednat o kombinaci a prolínání jednotlivých principů a metod s přihlédnutím ke specifikám konkrétního podniku. [9]

Dále bude zmíněn jeden z nástrojů používaný ve firmě Bosch Diesel, jedná se o nástroj s názvem „System CIP“. Podstata tohoto nástroje spočívá v popisu aktuálního stavu (VSM), ze kterého se odvodí cílový stav celkového hodnotového toku (VSD) v závislosti na cílových ukazatelích (KPI-KPR). Jednotlivé kroky, jak postupovat v „Systemu CIP“, jsou definované na obrázku 1.

Kromě vstupních dat musí být vzaty v úvahu také požadavky na výrobní systém, jako např. tok materiálu a informací. Dílčí cílové stavy jsou dalšími nezbytnými kroky zlepšovací činnosti (Standard + KPI + kritérium stability). Po jejich dosažení musí proběhnout vždy nový cyklus „system CIP“ tak, aby nový dílčí cílový stav byl zohledněn jako nová vstupní veličina. Tímto jsme schopni zabezpečit rychlou reakci na změnu vstupních dat a podmínek.

Úspěšné zlepšování hodnotového toku tak lze doložit zlepšením zvolených klíčových ukazatelů (KPI).

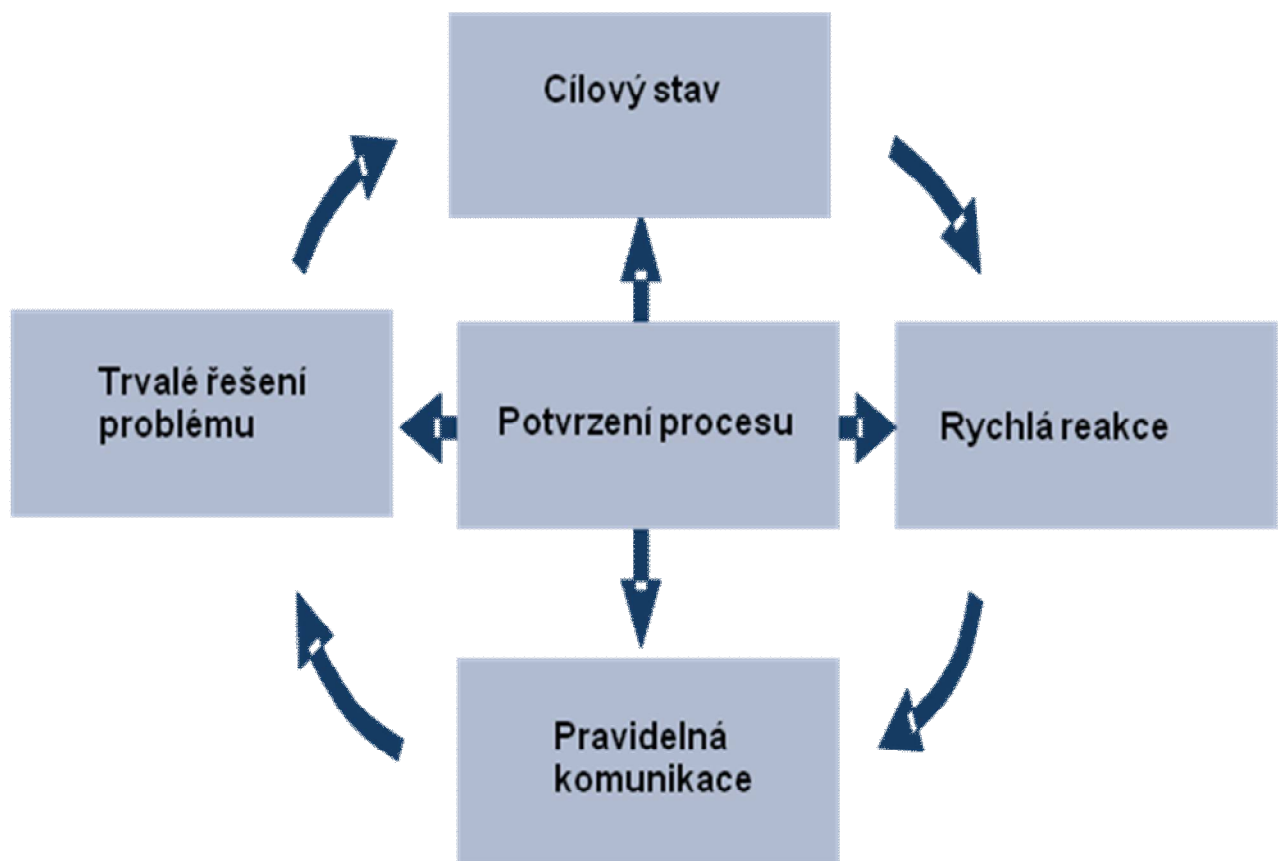


Obr. 1 - Vedení v rámci „System CIP“ [3]

Dalším z nástrojů na zefektivnění procesu je „Point-CIP“. Je to nástroj, který přímo navazuje na „Systém CIP“. Cílem „Point-CIPu“ je dosažení stability cílových stavů těsně po jejich implantaci a provádí se pomocí potvrzení procesu. Základní schéma je vidět na obrázku 2.

Reakce na odchylky od cílového stavu jsou definovány, provádí se okamžitě. Řešení problému je rychlé a trvalé. Problémy a řešení jsou efektivně komunikovány.

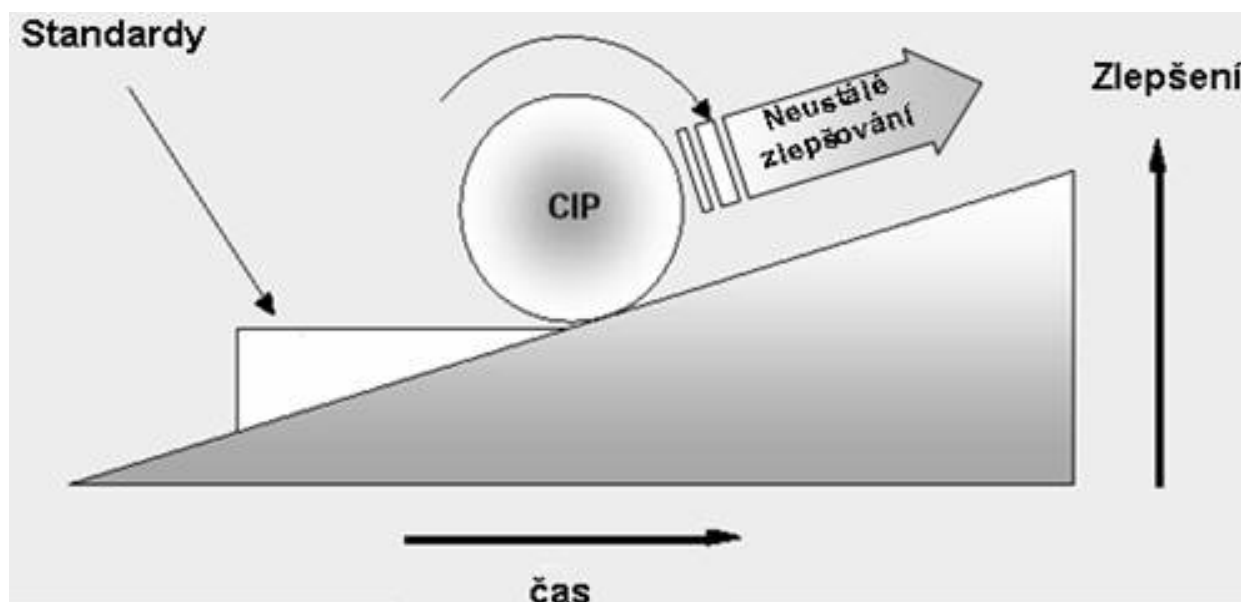
Příkladem může být zavedení standardizované práce na pracovišti, kde dojde ke zrychlení času cyklu. Pomocí „Point-CIPu“ se ověří, zda zavedením standardizované práce došlo k požadovanému času cyklu.



Obr. 2 - Základní schéma „Point-CIP“ [3]

3.2 Standardizovaná práce, pojem „Standard“

Ve firmě Bosch Diesel pod pojmem standardizovaná práce je chápána metoda, která podporuje zavedení a následné zakotvení procesu, který zajistí neustálé zlepšování ve výrobě a přidružených procesech. Standardizovaná práce definuje momentálně nejlepší známou metodu k provedení práce. Metoda zajistí efektivní proces a zároveň minimalizuje možnost vzniku chyby pracovníka. Jeden z cílů standardizované práce je transparentní pracovní postup. Na základě transparentního postupu a jeho kontroly (potvrzení procesu) lze provádět neustálé zlepšování výrobních procesů. Princip neustálého zlepšování můžeme vidět na obrázku 3.

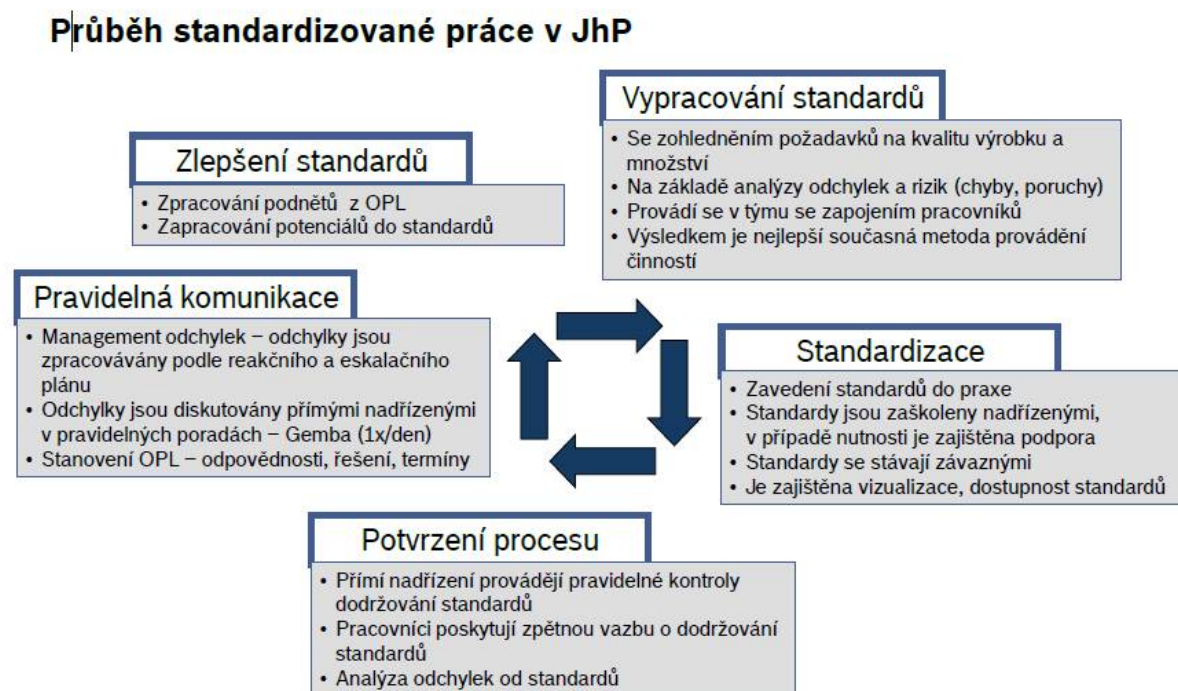


Obr. 3 – Princip neustálého zlepšování [3]

„Listy s popisem standardního výkonu pracovních činností a informace v nich obsažené tvoří významné prvky systému výroby firmy Toyota. Má-li osoba, která pracuje ve výrobě, vyhotovit popis standardizovaného výkonu pracovní činnosti tak, aby mu rozuměli i ostatní pracovníci, musí být nejprve přesvědčena o jeho významu... Vysoká efektivnost výroby je udržována díky tomu, že se předchází opakovanému výskytu vadných výrobků, provozních chyb a nehod a že se využívá nápadů našich pracovníků. To vše je možné jen díky nenápadnému listu s popisem standardního výkonu práce.“ Taiichi Ohno [4]

Co znamená pojem „Standard“ pro výrobní závod? Jedná se o popsání způsobu jednání, který musí být jednoznačně popsán, vizualizován a být pro pracovníky závazný.

Dodržováním standardů je zajištěna potřebná kvalita, náklady, kapacita výrobního procesu a ergonomie. Standard poskytuje jasný návod „kdo, kdy, kde a jak“. Sledováním a analýzou odchylek získáváme podněty pro zlepšení procesu. Průběh standardizované práce v JhP od jednotlivých kroků v oblasti vypracování až po zlepšení standardů vidíme na obrázku 4.



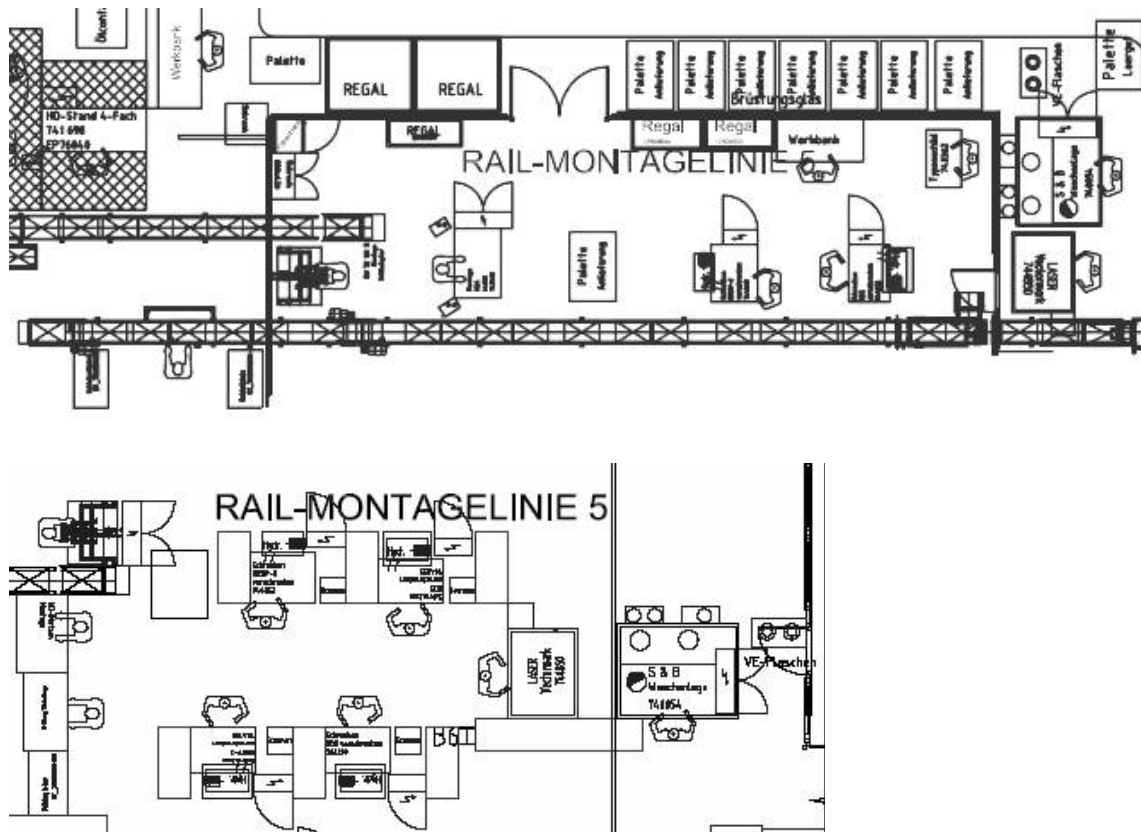
Obr.4 - Průběh standardizované práce v JhP [3]

3.3 Lean Line Design (LLD)

U ručních a poloautomatických systémů jsou pracovníci těmi, kdo tvoří a ovlivňují hodnotový tok. Kolísání požadavků zákazníků je vyrovnáváno změnou počtu pracovníků a jejich pracovních náplní.

Hlavní důraz je kladen na „tok pracovníků“, proto je zapotřebí nejprve naplánovat tok pracovníků a poté layout a rozmístění strojů.

Cílem „štíhlé linky = Lean Line Design“ je zvýšení produktivity, odstranění plýtvání, snížení potřeby ploch, přizpůsobení počtu pracovníků zákaznickému taktu, nízké investice spojené se změnou uspořádání. [5] Příklad optimalizace dle LLD je uveden na obrázku 5 (stav před zavedením a po zavedení LLD).



Obr.5 - Příklad LLD [3]

Důležité podmínky a aktivity, které je nutno zajistit, aby mohlo dojít k vytvoření štíhlé linky:

- Před zavedením štíhlého rozmístění je nutno zajistit stabilní funkčnost linky bez technických prostojů a kvalitativních výpadků, které výrazně ovlivňují produktivitu LLD.
- Manipulace a cesty pracovníků
- Uspořádání odkládacích ploch / pracovišť => ergonomie (manipulační hmotnost, ...)
- Dodávky dílců a odvoz prázdných obalů a blistrů
- Odvod vadných dílců
- Přístupnost stanic pro provedení údržby (rozvaděče, ...)
- Přeseřzení: pokud nebude přeseřzení optimalizováno, bude ztrátový čas na štíhle uspořádané lince vyšší

4. Popis a kritická analýza stávající linky, odkrytí rezerv

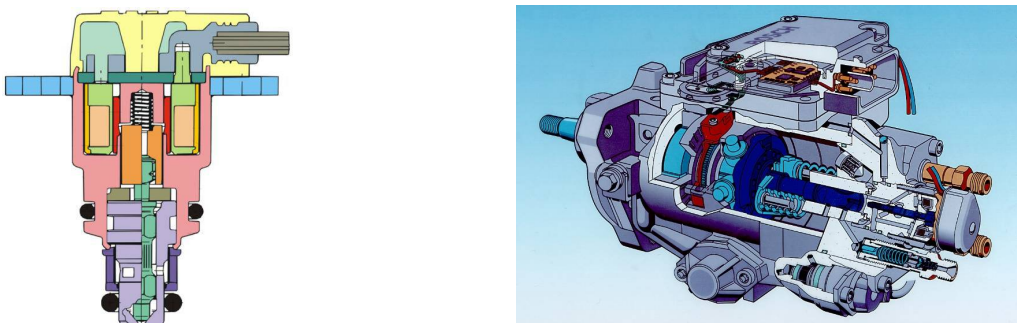
Stávající montážní linka byla vyrobena v roce 1996 v Bamberku a v roce 2007 byla přestěhována do Norimberka. V průběhu času byly na některých stanicích provedené modernizace, kdy například byly integrovány ovládací systémy s vlastním operačním systémem, který umožňoval statistické vyhodnocení dat z daného procesu.

Samotné uspořádání stanic spojené pásem bylo přestěhováno beze změny a ani později nedošlo ke změně a modernizaci. Tento fakt se odráží na neefektivním pohybu pracovníků, znamenající ztrátu produktivity a i zbytečně zvýšenou zátěž pracovníků.

Velký potenciál se skrývá v samotné dokumentaci na pracovišti, protože ta by měla být přehledná, jednoznačná a transparentní. Stávající dokumentace neobsahuje přímé informace pro obsluhu, které pracovníkovi určují, jak má na pracovišti pracovat. To znamená špatné hospodaření s časem pracovníka a tím zvýšené náklady.

4.1 Základní informace o DMV10

Komponent s označením DMV10, viz obr. 6, je elektromagnetický ventil, jehož úkolem je regulovat počátek vstřiku paliva ve vstřikovacím čerpadle, které je určeno pro diesellové motory. Výroba DMV10 probíhá v německém závodě firmy Bosch Diesel v Norimberku. Výroba v Norimberku bude v prosinci 2016 ukončena, od ledna 2017 se bude DMV10 vyrábět v českém závodě firmy Bosch Diesel v Jihlavě. V tomto závodě se již vyrábí vstřikovací čerpadla, do kterých se DMV10 montuje, jedná se o čerpadla s označením VE, VP30 (viz obr. 6) a VP44. Tato čerpadla se nachází v motorech automobilů mnoha výrobců.

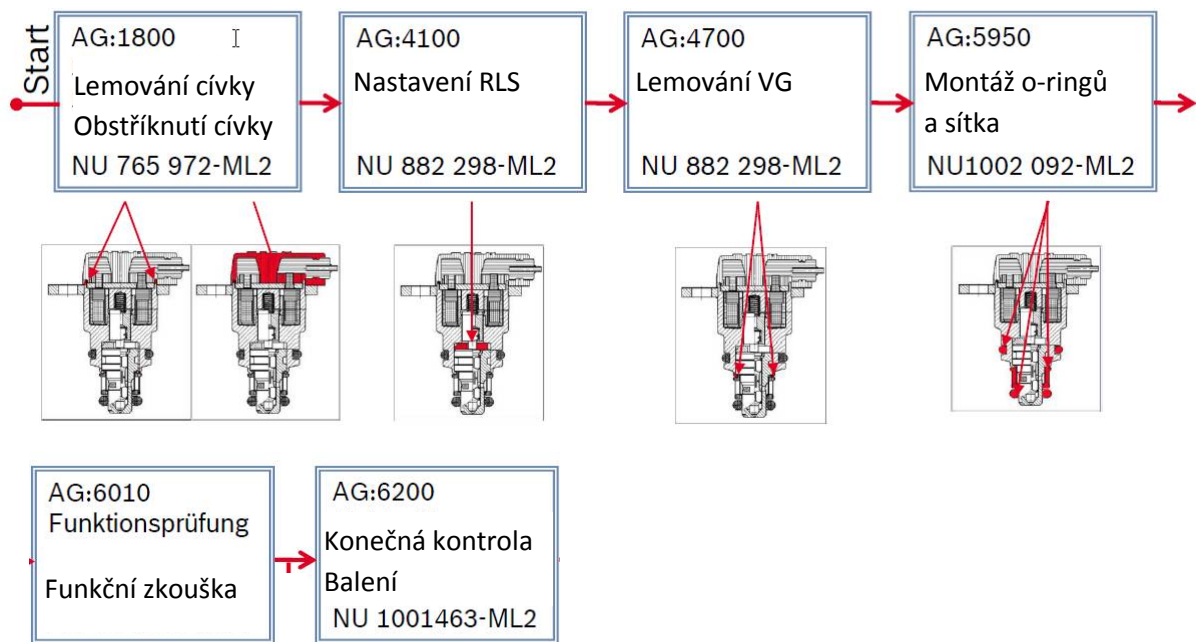


Obr. 6 – elektromagnetický ventil DMV10 a vstřikovací čerpadlo VP30 [3]

4.2 Popis stávající montážní linky

Stávající montážní linka (celkem dvě) na výrobu magnetventilu DMV10 byla vyrobena v roce 1996 v Bamberku, kde byla provozována až do roku 2006. V roce 2007 byla přestěhována 1:1 do Norimberka, kde byla umístěna do volného prostoru po předchozí výrobě. Už v této fázi byla udělána chyba, protože linka nebyla modifikována na předem přidělený prostor.

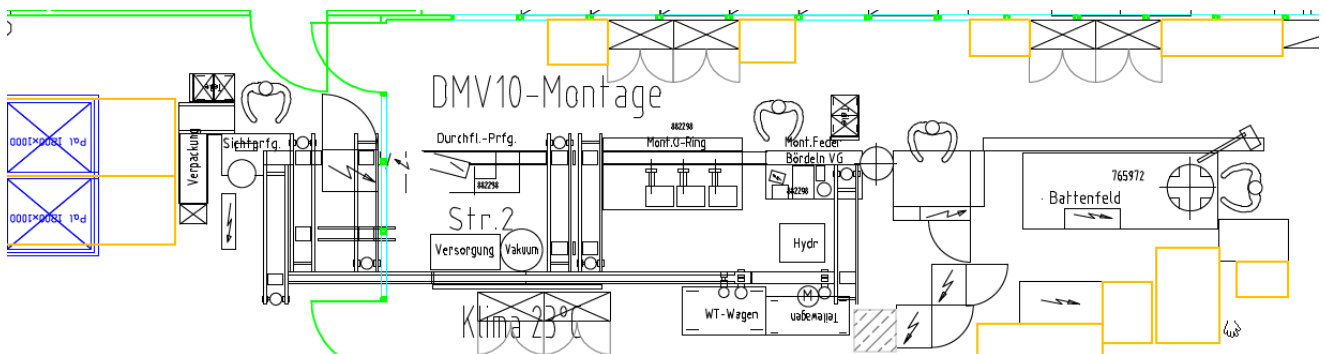
Linka se skládá z celkem šesti pracovišť, které jsou spojené dopravním pásem. Průběh montáže je zobrazen na obrázku 7.



Obr. 7 – Průběh výroby DMV10 [3]

Jedno z šesti pracovišť je tzv. funkční zkouška. Toto pracoviště vyžaduje předepsanou teplotu okolního prostředí, proto je linka umístěna v prostoru, kde je řízená teplota. Jak už bylo zmíněno, linka nebyla modifikována na přidělený prostor a z tohoto důvodu je poslední pracoviště mimo uzavřený prostor, kde je řízená teplota. K tomuto pracovišti musí pracovník procházet dveřmi, což je z hlediska pohybu pracovníka na montážní lince naprosto nevhodné. Dveře se navíc nacházejí vedle funkční zkoušky, což způsobuje nevhodné kolísání teploty.

Na obrázku 8 vidíme stav montážní linky v Norimberku.



Obr. 8 – Layout stávající montážní linky [3]

4.3 Standardizovaná práce na montážní lince

Informace v pracovních postupech na jednotlivých stanicích jsou pro pracovníky nepřehledné, není zavedená standardizovaná práce, což se projevuje i na výsledném taktu stanice. Na lince se nachází i zásadní nedostatky z hlediska ergonomie a bezpečnosti práce.

Na montážní lince není zavedená standardizovaná práce, která by pracovníkovi pomocí dokumentace na pracovišti jasně definovala jednotlivé procesní kroky. Standard není pro pracovníka jednoznačně definovaný, není vizuálně názorný a tím je ohrožena kvalita montáže. Dalším negativním důsledkem chybějícího standardu je ztráta kapacity výrobního procesu. Poslední aktualizace dokumentace na pracovišti je na většině pracovišť z roku 2011, z toho vyplývá, že dokumentace nepodléhá pravidelné aktualizaci a nejsou zapracované potenciály ke zlepšení procesu. Zároveň z této skutečnosti vyplývá, že montážní linka není detailně sledována a není zaveden management odchylek.

Dokumentace na pracovišti je nepřehledná, v jednotlivých pracovních návodech nejsou oddělené pokyny pro seřizovače a pro obsluhu. V dnešní době, kdy je vyžadována vysoká flexibilita a z toho se odvíjející rotace pracovníků, musí být dokumentace na pracovišti transparentní. Na lince pracuje dlouhá léta stejný personál, pokud by došlo k výměně pracovníka, stávající dokumentace na pracovišti by neposkytla jednoznačné a důležité informace pro nového pracovníka.

I když se jedná o starší linku, na které se montuje starší výrobek, tak by měla linka obsahovat dokumentaci, která splňuje požadavky nové výroby. V závodě, kam bude linka umístěna, se nachází převážně starší montážní linky, kde se montují výběhové výrobky, ale každá linka má dokumentaci, která splňuje požadavky standardizované práce. Díky standardizované práci je linka připravená na rotaci pracovníků a je z tohoto pohledu flexibilní. Přímí nadřízení provádějí pravidelné kontroly dodržování standardů, pracovníci poskytují zpětnou vazbu o dodržování standardů. Pomocí zavedeného systému komunikace dostáváme informace o odchylkách od standardů, které jsou okamžitě analyzované a případně zavedené do dokumentace.

4.4 Stávající montážní linka z pohledu LLD

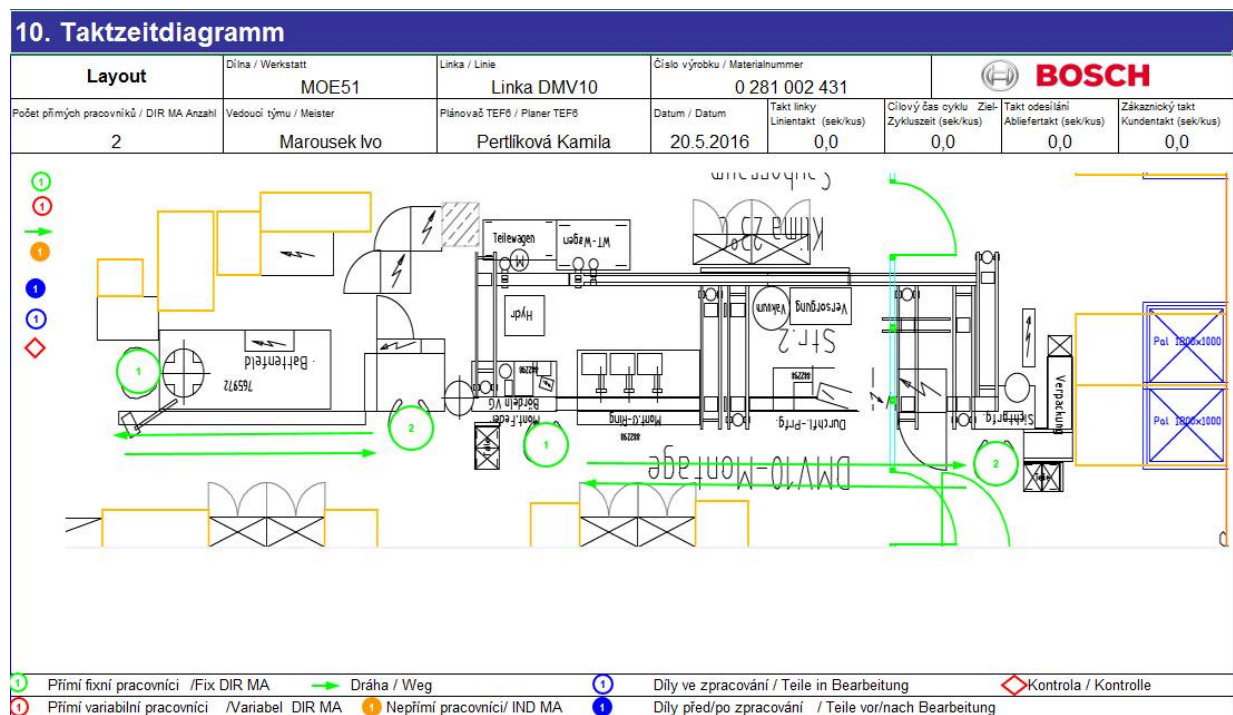
Štíhlé uspořádání linek je ve firmě Bosch Diesel metoda k prosazení BPS-principů při plánování nového uspořádání částečně automatizovaných výrobních systémů. V popředí zájmu stojí principy: orientace na proces, odstranění plýtvání, standardizace a osobní odpovědnost pracovníků.

U ručních a poloautomatických systémů jsou pracovníci těmi, kdo tvoří a ovlivňují hodnotový tok. Kolísání požadavků zákazníků je vyrovnáno změnou počtu pracovníků a jejich pracovních náplní. Hlavní důraz je kladen na „tok pracovníků“, proto je zapotřebí nejprve naplánovat tok pracovníků a poté layout a rozmístění strojů.

Dalším důležitým aspektem je přizpůsobení počtu pracovníků zákaznickému taktu a také krátké průběžné doby výroby. Linka by měla být využita flexibilně, prostřednictvím různého počtu pracovníků.

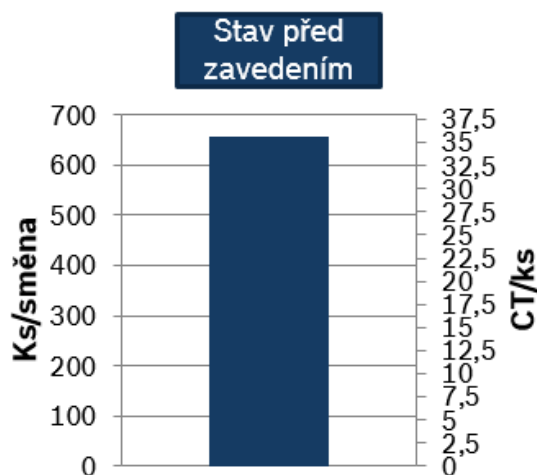
Stávající montážní linka se skládá z celkem šesti pracovišť, dvě pracoviště jsou automatická a zbylá pracoviště jsou poloautomatická. Aktuální situace na montážní lince je taková, že se pracovník pohybuje podle svého uvážení, podle toho, co se mu zdá v dané chvíli nejlepší. Každý pracovník chodí a pracuje jinak. Důsledek pro pracovníka je větší únava, stres a riziko vzniku chyby. Dalším negativním vlivem je nízká produktivita.

Pohyb pracovníka na lince v Norimberku je znázorněn na obrázku 9.



Obr. 9 - Aktuální layout – pohyb pracovníka [3]

Na stávající montážní lince se v průměru vyrábí 658 kusů za směnu při 85% OEE a z toho vyplývá čas cyklu 34,1 sekund. Výchozí stav popisující počet vyráběných kusů za směnu a čas cyklu vidíme na obrázku 10.



Obr. 10 – Počet vyrobených kusů za směnu a čas cyklu (CT) – výchozí stav

5. Návrhy opatření na zlepšení stávajícího stavu

První z návrhů na zlepšení stávajícího stavu je zavedení standardizované práce. Zavedení standardizované práce zajistí transparentní pracovní postup a nejlepší současnou metodu provádění činností, zajistí požadavky na kvalitu výrobku a zamezí plýtvání času pracovníka. Standardizovaná práce poskytuje návod „kdo, kdy, kde a jak“. Standardizovaná práce ve formě dokumentace na pracovišti je vyžadována při přejímce zařízení při uvedení do provozu.

Ve štíhlém podniku musíme všechny pracovní operace na pracovišti standardizovat s ohledem na kvalitu, bezpečnost, co nejlepší pořadí jejich vykonávání a efektivní využití pracovníků, materiálů, strojů a nářadí. [8]

Další potenciálem ke zlepšení stávajícího stavu je změna montážní linky dle LLD. Návrh na změnu linky dle metodiky LLD byl připraven ve spolupráci s oddělením TEF61, které podporuje ve firmě Bosch Diesel v Jihlavě výrobní oddělení v oblasti časového hospodářství, časových dat (MTM analýzy, časové snímky), uspořádání pracovních systémů a ergonomie a štíhlého uspořádání linky.

Třetím návrhem je zlepšení ergonomie a bezpečnosti na jednotlivých pracovištích. Pracoviště musí být navrženo z hlediska ergonomie a bezpečnosti práce tak, aby se při pracovní činnosti nenacházel pracovník ve fyziologicky nepřijatelné poloze, byla dodržena vzdálenost od místa práce, pracovní výška a další aspekty pro ergonomicky způsobilé pracoviště.

5.1 Zavedení standardizované práce

Standardizovaná práce a její výstup ve formě dokumentace na pracovišti je základním principem ve firmě Bosch Diesel v Jihlavě. Dokumentace na pracovišti má dvě základní úrovně. Jedná se o úroveň A a B. Úroveň A je rozdělena do pěti částí:

A1 – Organizační data

A2 – Sled pracovních činností

A3 – Ostatní plánované činnosti

A4 – Neplánované, standardizované činnosti

A5 – Činnosti seřizovače a ostatních pracovníků

Část A1 (organizační data) je úvodním dokumentem na pracovišti a existuje pouze v jedné variantě, viz obr. 11. Obsahuje kromě důležitých pokynů a informací, také piktogramy osobních ochranných pomůcek, vysvětlení značek a seznam dokumentace pro dané pracoviště.

A1 - Organizační data		OP10 - Soustružení ND sedla			
Produkt	Středisko	Linka	Stroj/Pracoviště	Vypracoval	
CP1H	515 330	MTR 2	Emag / OP10	Peter Mirkvička	
Datum	Číslo návodu (dokument)	Číslo vydání (verze)	Číslo změny	Strana	Schválil
Mar-10-2014	0000012312	1	-	1	Erik Malý
Důležité pokyny a informace					
1 Směr soustružení těsnícího sedla od středu – ven					
2 Pracoviště se zvláštními znaky: F/C					
3 --					
Osobní ochranné pracovní pomůcky, Bezpečnostní pokyny					
trvale	při ořukování	při řezání	vždy		
ZN Kontrola dražení	PQC Kontrola kvality díla	PPC Kontrola procesu, nádob	SPC Statistická řízení procesu	OC Jiná kontrola	D Dokumentace
				EI Existenční informace	HSE Bezpečnost/ Zdraví prostředí
					SS Měřič a základ
Seznam návodů (dokumentů) – úroveň A					
Typ / Rodina	Sled pracovních činností (operátor)	Ostatní plánované činnosti (operátor)	Neplánované, standardizované činnosti (operátor)	Činnosti seřizovače a ostatních pracovníků (další pracovníci)	
VAR01 – 0445 010 102	0000012348		0000012376		
VAR02 – ostatní typy	0000012354				
Obecné dokumenty					
Povinnosti směnového místa					
Eskalací plán pro linku					
Reakční plán					
Přehled zvláštních znaků					

Obr. 11 – Část A1 – organizační data [3]

V horní části A1 se nacházejí důležité pokyny a informace, které jsou klíčové pro proces, kvalitu nebo může být i zmíněna kapacita pracoviště, informace o reklamacích, zvláštních znacích a podobně. Detail této části A1 můžeme vidět na obrázku 12.

Důležité pokyny a informace	
1	Směr soustružení těsnícího sedla od středu – ven
2	Pracoviště se zvláštními znaky: F/C
3	--

Obr. 12 – Detail části A1 – důležité pokyny a informace [3]

Následují informace o ochranných pracovních pomůckách pomocí piktogramů a bezpečnostní pokyny. Základní piktogramy užívané v JhP můžeme vidět na obrázku 13.



Obr. 13 – Detail části A1 – piktogramy [3]

Další částí v A1 jsou informace o značkách, které označují činnosti v procesu, viz obr. 14. Žlutě označené značky souvisí s kvalitou a zeleně označené značky souvisí s bezpečností práce, ergonomií nebo s 5S.



Obr. 14 – Detail části A1 – značky [3]

Poslední částí v A1 je seznam návodů a obecných dokumentů, které se nachází na pracovišti. Možný příklad této části ukazuje obrázek 15.

Seznam návodů (dokumentů) – úroveň A				
Typ / Rodina	Sled pracovních činností (operátor)	Ostatní plánované činnosti (operátor)	Neplánované, standardizované činnosti (operátor)	Činnosti seřizovače a ostatních pracovníků (další pracovníci)
VAR01 – 0445 010 102	0000012348		0000012376	
VAR02 – ostatní typy	0000012354			

Obecné dokumenty			
Povinnosti směnového mistra			
Eskalační plán pro linku			
Reakční plán			
Přehled zvláštních znaků			

Obr. 15 – Detail části A1 – seznam návodů [3]

V části A2 (sled pracovních činností) bude popsán postup práce na daném pracovišti pro cyklus bez chyb či odchylek. Pro montážní systémy s taktem linky $LT \leq 40$ s/kus se musí použít metoda L/P (levá ruka/pravá ruka). Základní rozdělení dle LT vidíme na obrázku 16. Rozhodující pro celou linku je úzké místo. Zvláště důležité je použít metodu L/P na pracovištích, která jsou úzkými místy linky, nebo se přibližují taktu linky. Důvodem použití rozdělení pro pravou a levou ruku jsou detaily ovlivňující ergonomii, kvalitu a kapacitu pracoviště. Dokument A2 musí být podepsán od plánovače práce z oddělení TEF61 pro daný produkt, ostatní dokumenty podepisuje výrobní oddělení, autor a jeho nadřízení.

→ Montážní linka s taktom > 40s

Levá ruka	Pravá ruka	ZN	Důležité	Link/Obrázek
Vyjmout šroubovák				

Pokud je třeba vzít v potaz kvalitu nebo kapacitu je nutné rozdělit L a P ruku.

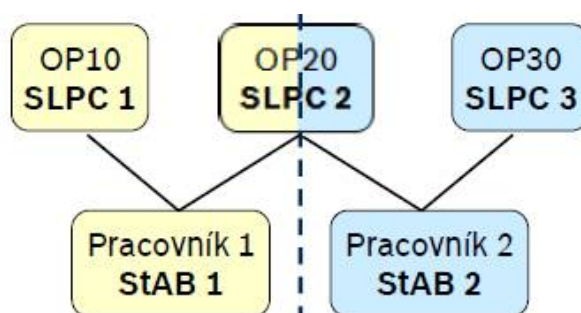
→ Montážní linka s taktom < 40s

Levá ruka	Pravá ruka	ZN	Důležité	Link/Obrázek
Uchopit KÜV	Uchopit HD			

L/P – podle umístění zásobníků, které jsou umístěny vpravo nebo vlevo

Obr. 16 – Příklad použití levá/pravá ruka [3]

Pokud pracoviště obsluhuje více pracovníků, je v kolence „Důležité“ definováno, pro kterého pracovníka je daná činnost určená. Na obrázku 17 je zobrazen případ, kdy pracoviště obsluhuje více pracovníků.



A2 - Sled pracovních činností				OP20 – Montáž dílců	
Cyklické činnosti					
Č.	Pravá ruka	Levá ruka	ZN	Důležité	Link/Obrázek
1	Vyjmout KÜV			Pracovník 1	
2	Namontovat KÜV				
3	Vyjmout HD			Pracovník 2	
4	Namontovat HD				

Obr. 17 – Dělení pracovního postupu mezi více pracovníků [3]

V části A3 budou definované ostatní plánované činnosti. Jedná se o činnosti nad rámec základního času, definované k plánovaným časům nebo událostem, například činnosti k převzetí směny na začátku směny, pokyny pro čištění stroje na konci směny, změny typu, atd. Příklad, jak vypadá část A3, vidíme na obrázku 18.

A3 - Ostatní plánované činnosti					
Č.	Činnost, úkol	Kdy	ZN	Důležité	Link / Obrázek
1.	Pracovní oblast prohlédnout, zbavit cizích částic a vyčistit podle pokynů k čištění	1x za směnu	5S		Pokyny k čištění
2.	Zakrytí materiál a vyprázdnit pracovní pozici stroje	Při opuštění pracoviště			

Obr. 18 – Část A3 – ostatní plánované činnosti [3]

V části A4, viz obr. 19, budou zmíněné neplánované standardizované činnosti. Jedná se o činnosti k neplánovaným událostem, reakce na odchylky vedoucí k odstranění odchylky například při chybách nebo poruchách stroje.

A4 – Neplánované, standardizované činnosti					
Č.	Kdy / událost	Činnost, úkol	ZN	Důležité	Link/Obrázek
1.	V případě poškození VT vývodu	Zkontrolovat pomocí kalibru		Poškození nesmí být viditelné	JhP_MFR12_B_345_4
2.	V případě n.I.O. rally (červené světlo)	Odložení do n.I.O. blistru		Nezamíchat mezi dobré kusy	

Obr. 19 – Část A4 – neplánované standardizované činnosti [3]

V části A5, viz obr. 20, budou zmíněné činnosti seřizovače a ostatních pracovníků. Činnosti k plánovaným a neplánovaným událostem pro seřizovače, mistry a pracovníky jiných oddělení, například údržba, odstraňování poruchy, výměna média atd.

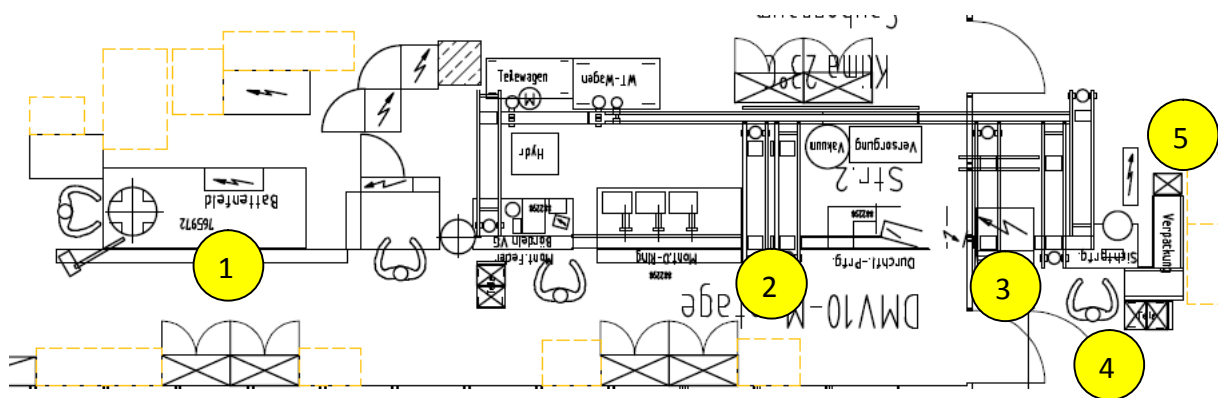
A5 – Činnosti seřizovače a ostatních pracovníků						
Č.	Kdy / událost	Kdo	Činnost, úkol	ZN	Důležité	Link / Obrázek
1.	Změna typu	Seřizovač	Přeseřízení stanice			Změna typu
2.	Úprava hloubky lsování	Seřizovač	Korekce parametru lsování	PPC		Úprava hloubky lsování

Obr. 20 – Část A5 – činnosti seřizovače a ostatních pracovníků [3]

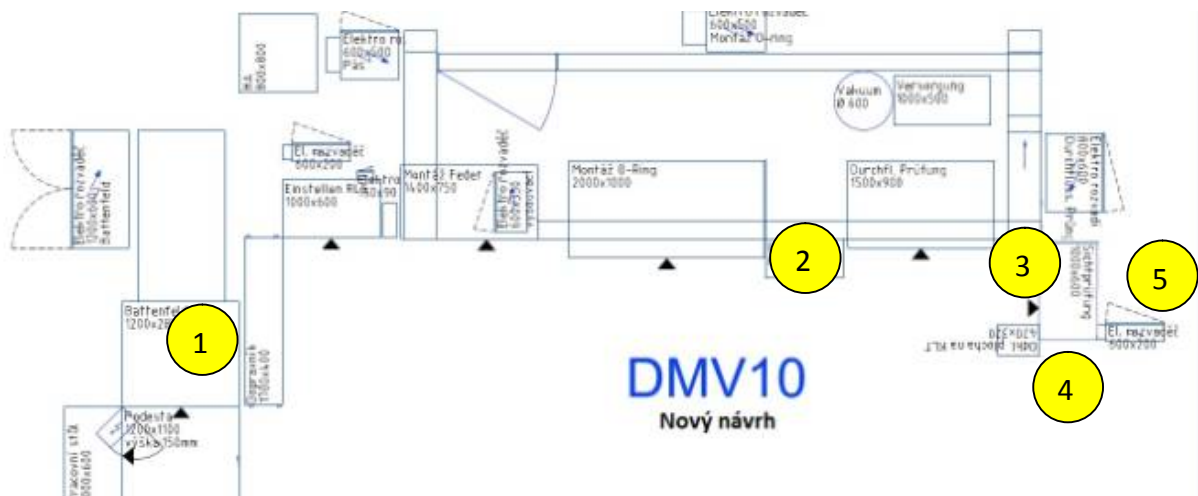
Úroveň B – obsahuje dokumenty, které slouží k doplnění informací a záznamů k úrovni A, poskytuje detaily k pracovní instrukci. Mezi dokumenty úrovně B patří například katalog hraničních vzorků, procesní data, reakční plán, eskalační plán, přehled zvláštních znaků, návod na vícepráci, seznam měřidel na pracovišti, bezpečnostní pokyny a další podobné dokumenty.

5.2 Změna layoutu montážní linky dle LLD

Na stávající montážní lince v Norimberku byla provedena podrobná analýza se zaměřením na tok pracovníků, ergonomii jednotlivých pracovišť, rozmístění strojů a byla také provedena časová analýza, aby bylo možné porovnat současný stav s navrhovaným stavem. Před samotným návrhem změny linky dle LLD byla také linka prověřena z hlediska dostupnosti náhradních dílů, protože se jedná o linku, která byla vyrobena v roce 1996 a dostupnost náhradních dílů, hlavně pro dopravní pás, by nemusela být zajištěna. Po této analýze vznikl návrh, kde došlo ke změnám, které vedou ke zvýšení produktivity, snížení potřebných ploch, cest pracovníků a odstranění plýtvání. Náklady spojené se změnou uspořádání nepřevyšují předpokládané náklady na optimalizaci montážní linky a i z tohoto hlediska je optimalizace racionální. Jednotlivé potenciály jsou vyznačené na aktuálním stavu montážní linky na obrázku 21 a také na novém stavu montážní linky na obrázku 22.

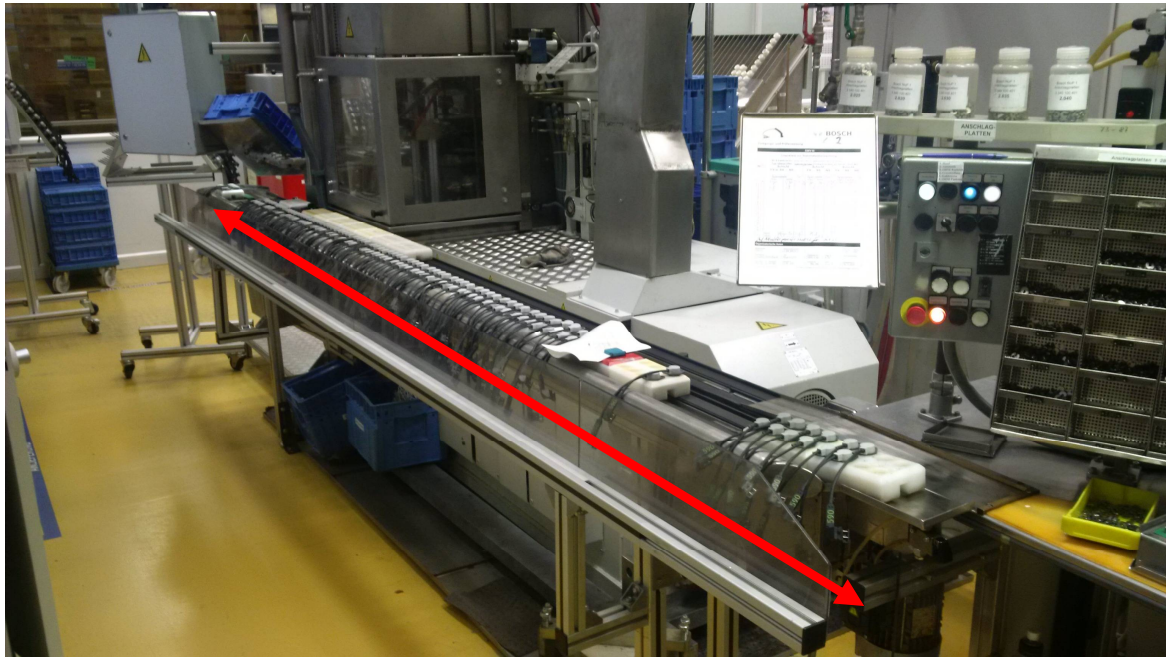


Obr. 21 – Aktuální Layout montážní linky DMV10, včetně potenciálů ke zlepšení [3]



Obr. 22 – Nový Layout montážní linky DMV10 [3]

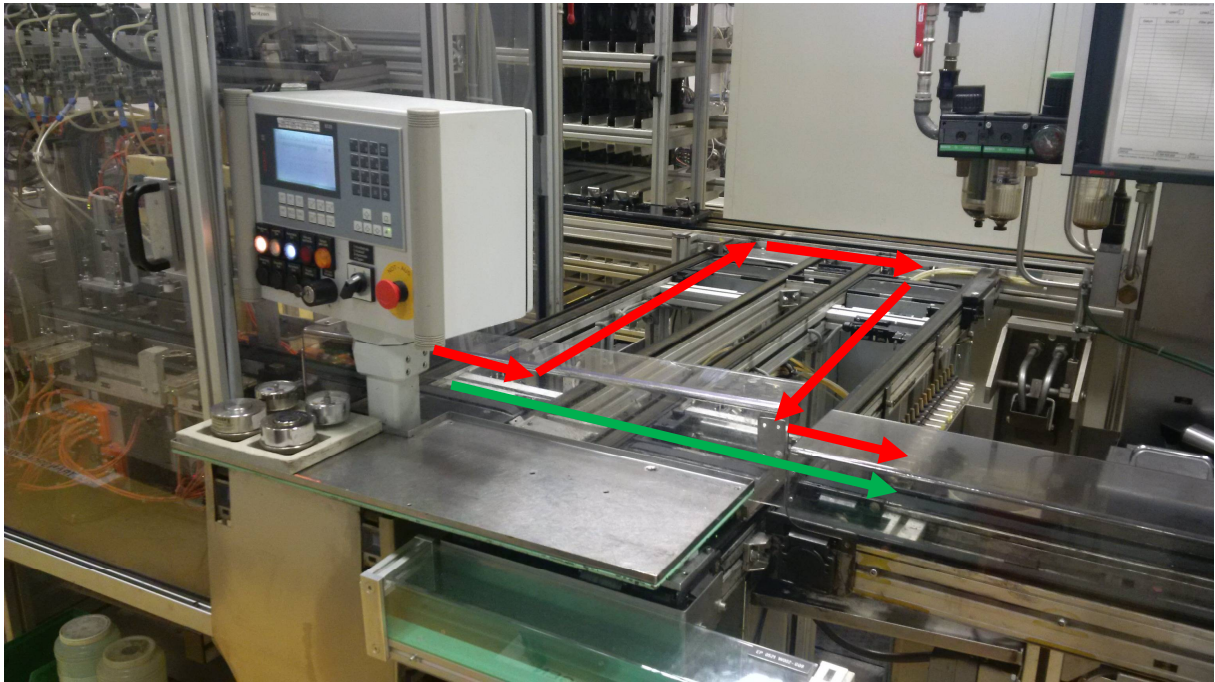
Potenciál č. 1: Cesta pro pracovníka z první stanice ke druhé stanici je zbytečně dlouhá a dochází k plýtvání času pracovníka, zároveň při takto umístěném prvním pracovišti musel být vyroben dlouhý dopravník k druhému pracovišti. Z analýzy stávajícího stavu není žádný důvod, například kapacitní, aby bylo takto pracoviště umístěno. Z důvodu zkrácení cesty pracovníka mezi prvním a druhým pracovištěm a také z důvodu úspory plochy je v novém návrhu pracoviště otočeno o 90° a dopravník zkrácen na potřebnou délku. Délka stávajícího dopravníku je vidět na obrázku 23.



Obr. 23 – První pracoviště v montážní lince, včetně dopravníku k druhému pracovišti [3]

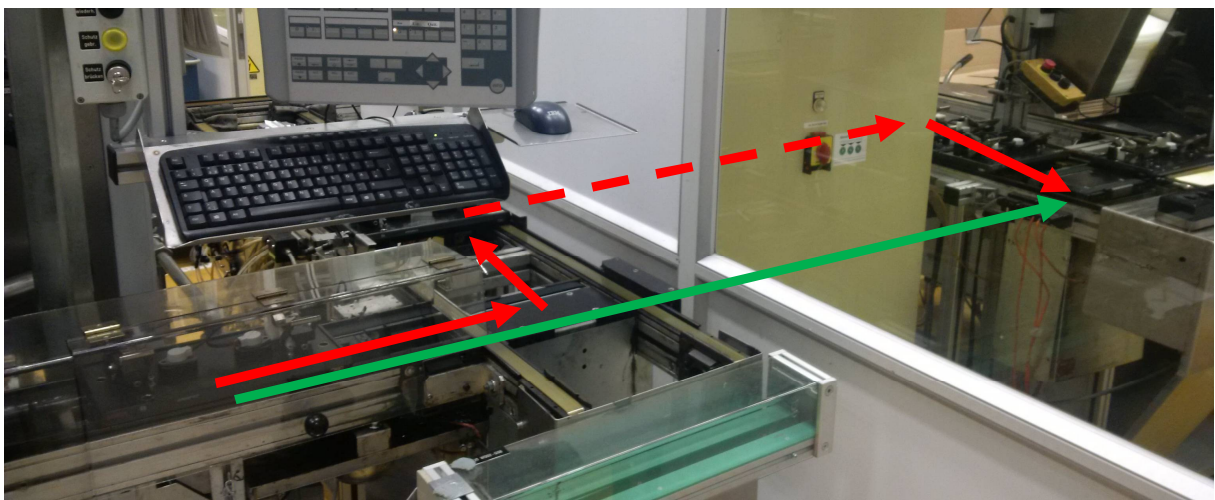
Potenciál č. 2: Čtvrté pracoviště v montážní lince je automatická stanice pro nasazení sítka a o-ringů, po této operaci odjíždí nosič (WT) s díly po dopravním páse k další stanici, nosič nejede přímo k druhé stanici, ale jede přes smyčku. Tato smyčka má účel, aby nosič dojel na další pracoviště s určitým zpožděním, protože následující pracoviště má delší čas cyklu. Při zohlednění stávajícího a plánovaného výrobního množství není důvod smyčku využívat. Ani stávající vyráběné množství v Norimberku nevyžaduje používat tuto smyčku a zbytečně navyšuje takt linky. Z tohoto důvodu bude smyčka odstraněna, dopravní pás bude upraven tak, aby nosič jel přímo k další stanici.

Na obrázku 24 je červenou šipkou znázorněna aktuální trasa nosiče a zelenou šipkou trasa nosiče po optimalizaci.



Obr. 24 – Smyčka na dopravníku za stanicí „Nasazení sítka a o-ringů“ [3]

Potenciál č. 3: Za další automatickou stanicí (funkční zkouškou) pokračuje stejně, jak v předchozím případě nosič s díly po dopravníku přes smyčku, viz obr. 25. I v tomto případě není smyčka nutná a ani nebyla v minulosti nutná z kapacitních důvodů. Smyčka bude odstraněna, dopravní pás bude upraven tak, aby nosič jel přímo k další stanici. Rozvodová skříň uvnitř dopravního pásu bude umístěna mimo dopravní pás.



Obr. 25 – Smyčka na dopravníku za stanicí „Funkční zkouška“ [3]

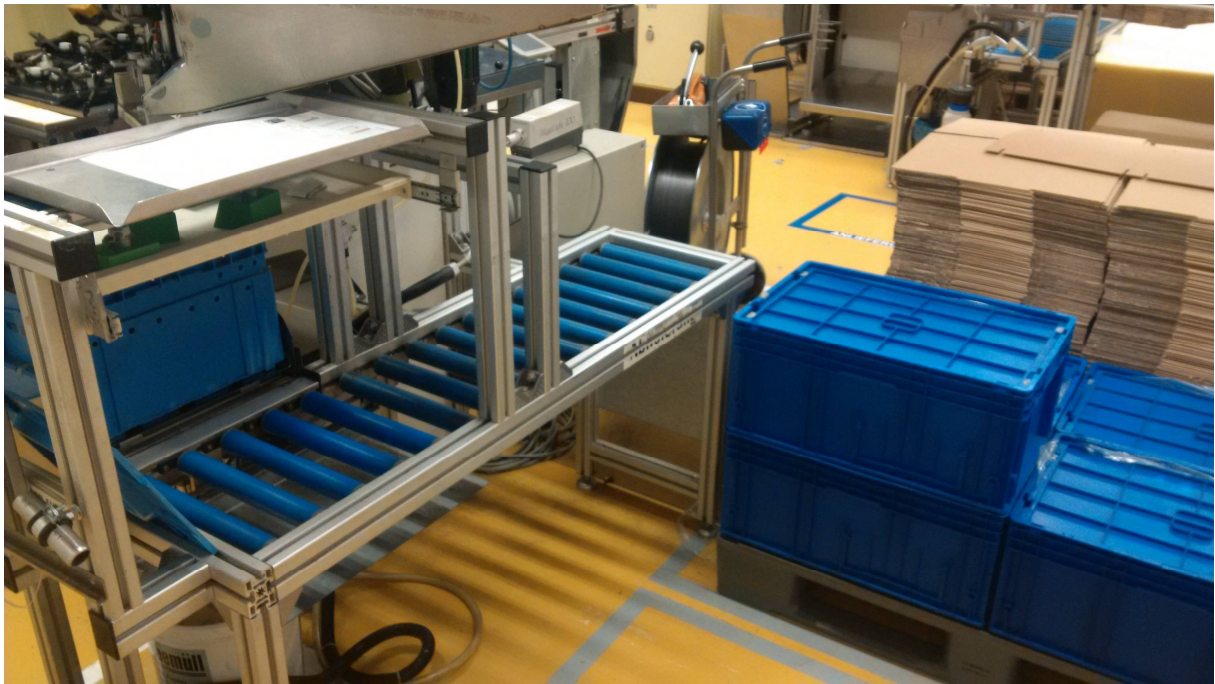
Potenciál č. 4: K poslednímu pracovišti v lince musí pracovník chodit přes dveře, které by měly být z důvodu požadované teploty v prostoru linky uzavřené. V novém návrhu nebude mezi posledním a předposledním pracovištěm stěna a pracoviště bude otočeno o 90°. Tato změna přinese snížení času, který je potřeba k dopravě nosiče mezi stanicemi a také úsporu plochy. Pracovník bude mít i kratší cestu k automatické stanici. Na obrázku 26 můžeme vidět plánované otočení pracoviště.



Obr. 26 – Předposlední a poslední stanice v lince [3]

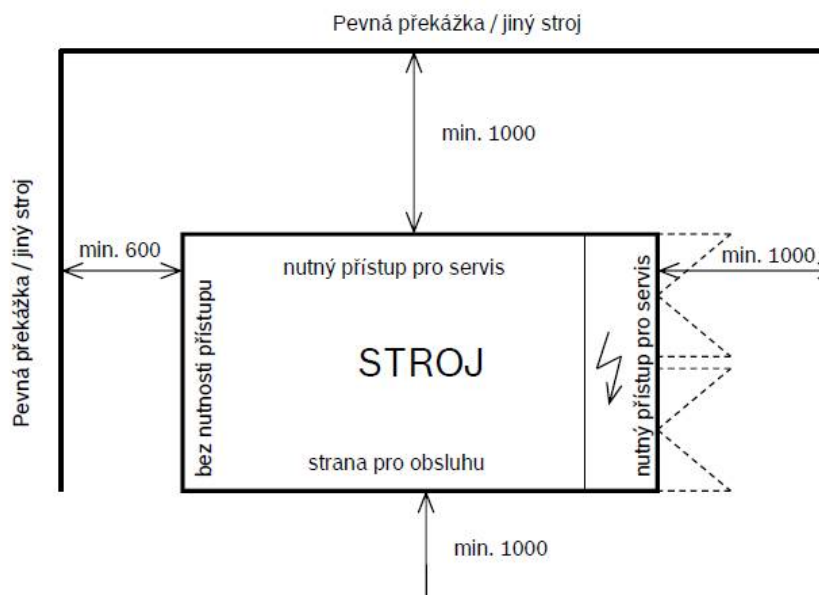
Potenciál č. 5: Na posledním pracovišti je díl kontrolován kamerovou zkouškou a poté vložen do KLT. Po naplnění je KLT odesláno ze stanice přes válečkovou dráhu. Pracovník musí poté obejít palety s balícím materiálem, vložit víko na KLT a zajistit víko pomocí stahovací pásky a KLT dát na paletu. Prostor pro balení nespĺňuje ergonomické požadavky, pracovník musí obcházet balící materiál a dochází ke ztrátě produktivity. V novém návrhu pracovník po kamerové zkoušce odloží díl do KLT, po naplnění KLT odveze vozík s KLT na definované místo. Samotné zabalení bude probíhat na balicí dílně, tento proces nebude součástí montáže.

Na obrázku 27 vidíme aktuální podobu pracoviště před optimalizací



Obr. 27 – Prostor pro balení a expedici [3]

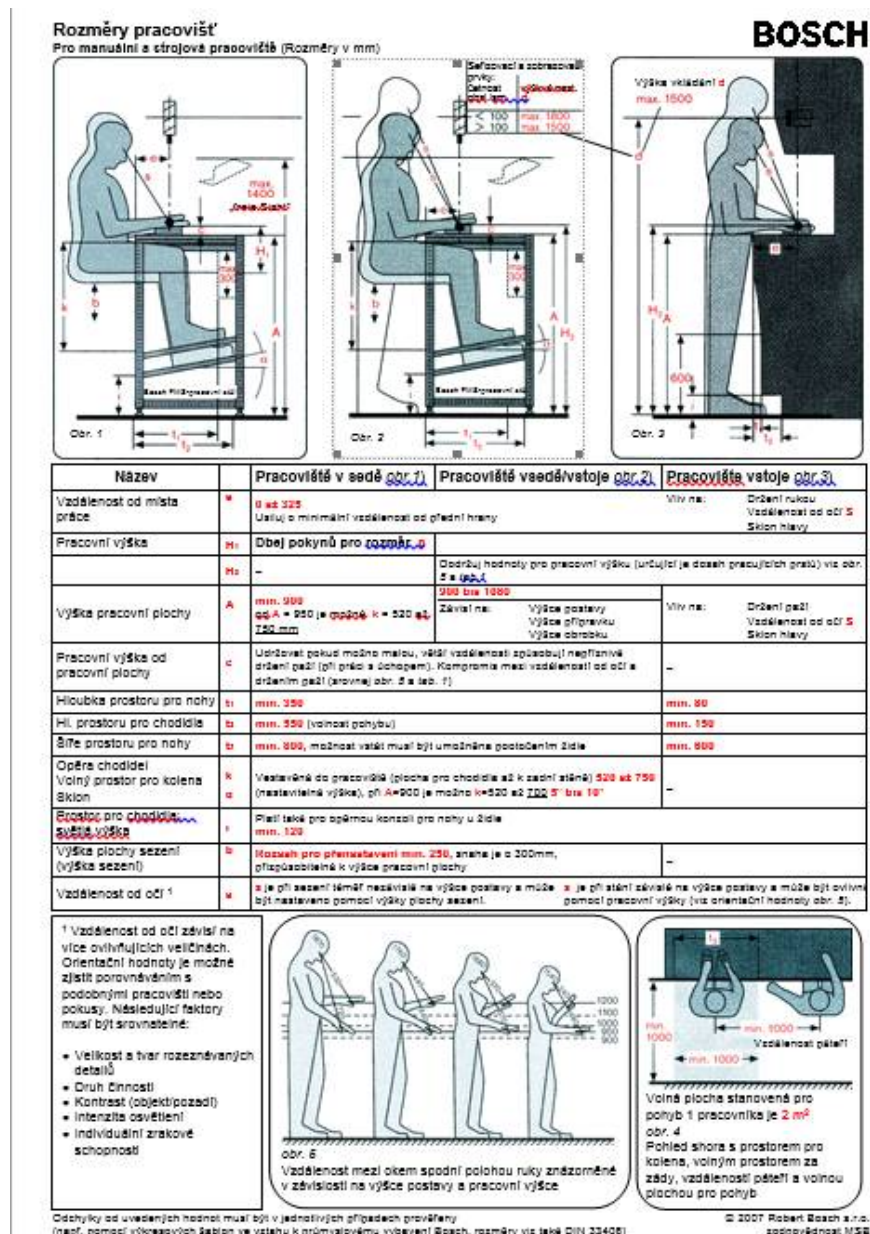
Při plánování změny Layoutu linky byly zohledněné standardy pro plánování Layoutu a ploch v závodě. Mezi tyto standardy patří například šířky manipulačních ploch a uliček, velikost pracoviště, základní rozměry pro umístění strojů. Na obrázku 28 můžeme vidět požadované rozměry pro umístění strojů.



Obr. 28 – Základní rozměry pro umístění strojů [3]

5.3 Optimalizace pracovišť z hlediska ergonomie

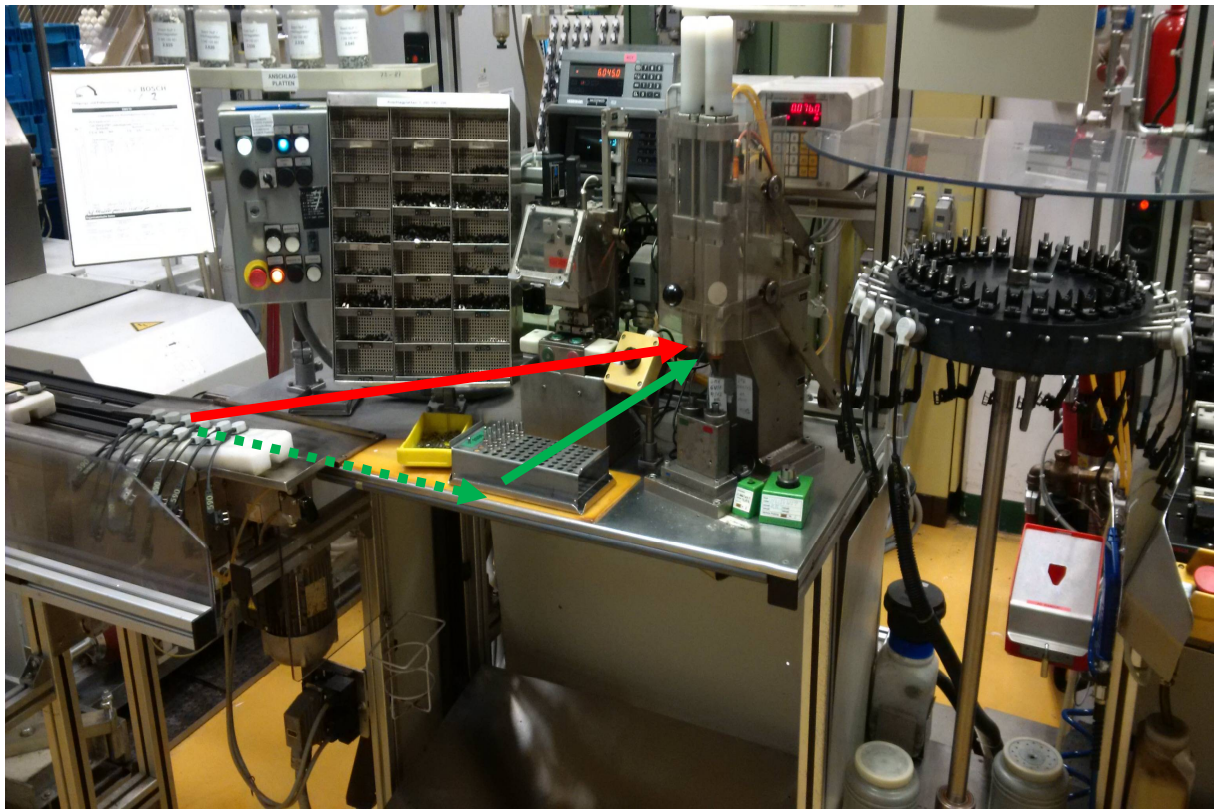
Pracoviště ze stávající montážní linky budou po přestěhování posuzována i z hlediska ergonomie a bezpečnosti práce. Při změně Layoutu linky dojde i k úpravám na jednotlivých pracovištích, aby bylo splněné ergonomické minimum. Podle ergonomického minima pro firmu Bosch Diesel v Jihlavě se posuzují pracovní polohy obsluhy (trup, hlava, krk). Dále se posuzují rozměry pracovišť, vzdálenost od místa práce, pracovní výška a další parametry pro pracoviště vsedě i pracoviště vstoje. Na obrázku 29 můžeme vidět základní informace, podle kterých se posuzuje pracoviště.



Obr. 29 – Rozměry pracovišť pro manuální a strojové pracoviště [3]

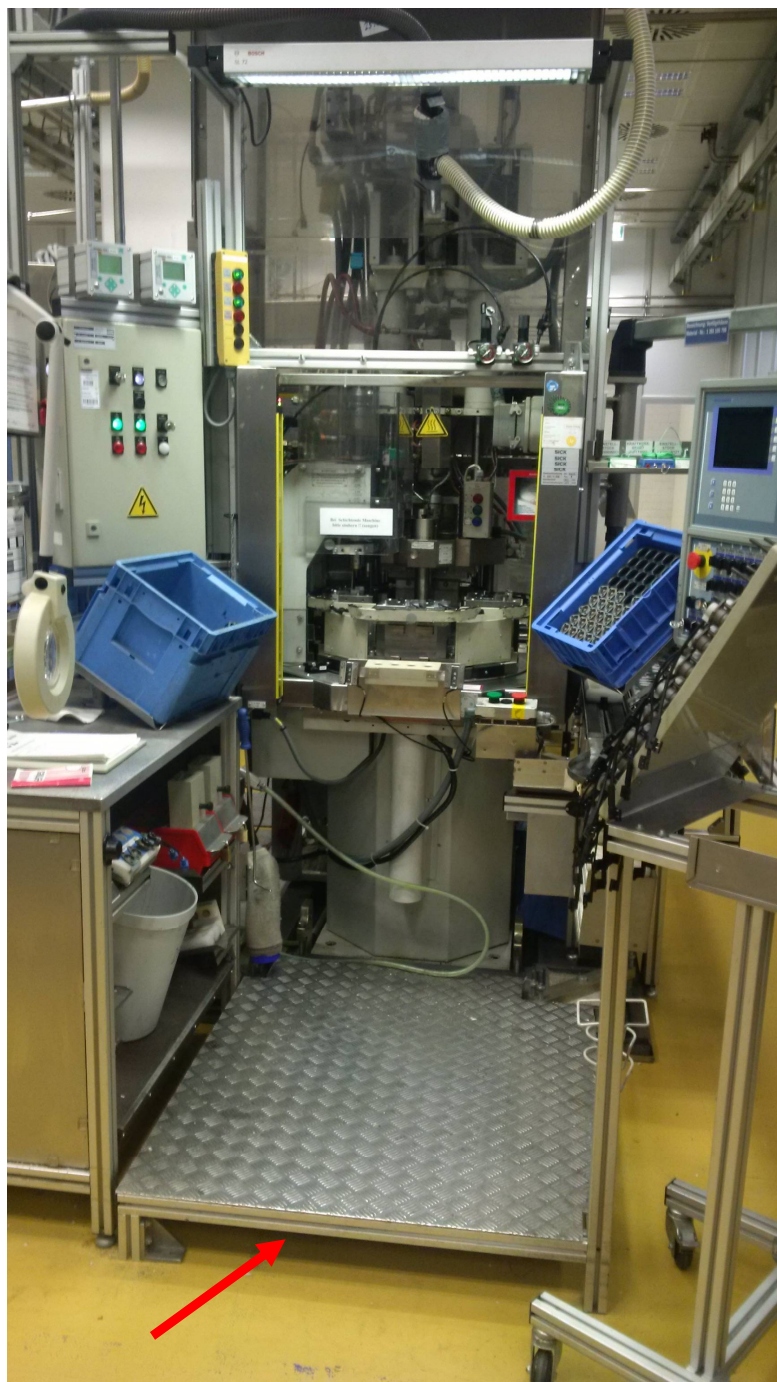
Příkladem špatné ergonomie je pohyb pracovníka při odebírání materiálu z nosiče, který zůstane na dopravníku před druhým pracovištěm. Jelikož odebírá pracovník dva kusy zároveň a používá tedy obě ruce zároveň, otáčí se trupem těla přibližně o 40° a poté vkládá díly do přípravku, který se nachází v pravé části stanice. Při tomto pohybu dochází k fyziologicky nepříjemnému pohybu, pootočení trupu o více jak 20° je nepřipustné. Z tohoto důvodu bude stanice upravena tak, že dopravník bude protažen přibližně do středu stanice, aby pracovník měl díly před sebou a při odebírání dílů z nosiče nemusel pootáčet trupem a zároveň bude zkrácena dráha pro vložení dílů do přípravku.

Při této změně jsou zohledněné i další parametry, jako je například vzdálenost od místa práce nebo nové umístění zásobníků s díly. Na obrázku 30 je vidět pohyb pracovníka při stávajícím stavu (červená šipka) a pohyb pracovníka po optimalizaci (plná zelená šipka).



Obr. 30 – Poloautomatické pracoviště [3]

Při optimalizaci linky se posuzuje i bezpečnost práce a případné nedostatky se musí odstranit, jinak by nemohla být provedena přejímka pracoviště v Jihlavě. Na prvním pracovišti je umístěna podesta, viz obr. 31, která není označená a může dojít k zakopnutí a následnému úrazu pracovníka.



Obr. 31 – Podesta u prvního pracoviště [3]

6. Detailní vyhodnocení a porovnání návrhů, porovnání se současným stavem

Pro vyhodnocení a porovnání současného a plánovaného stavu budou pro výpočet použité nástroje, které jsou standardem u většiny výrobních podniků.

Jedním z nich je ukazatel efektního využití stroje (OEE), tento ukazatel bude použit při výpočtu cílového času cyklu (TCT).

Pro výpočet OEE na kusové bázi lze použít následující vzorec č. 1 [3]

$$\text{OEE} = \frac{\text{i.O. kusy}}{\text{Plánované kusy}} \times 100 \quad (1)$$

Pro výpočet POT lze použít následující vzorec č. 2 [3]

Disponibilní čas:

$$1 \times 8 \text{ hod.} \times 60 \text{ min.} = 480 \text{ min./ pracovní den (PD)}$$

Odečíst :

1 x	30 min.	- 30 min./ PD	zákonné přestávky
1 x	10 min. *	- 10 min./ PD	předání směn
POT		= 440 min./ PD	

(2)

OEE montážní linky v Norimberku činí dle dostupných informací 85%. Požadavek zákazníka na DMV10 pro 2017 je dle informací od logistiky 154 000 ks, což při 220-ti výrobních dnech vychází na 700 ks/den. Pro výpočet zákaznického taktu (TT) lze použít vzorec č. 3. [3]

$$TT = \frac{POT}{\text{Požadavek zákazníka}} = \frac{26400}{700} = 37,7 \text{ s}$$

(3)

Ze získaných předchozích výpočtů lze vypočítat za použití vzorce č. 4 hodnotu TCT. [3]

$$TCT = \frac{TT \times OEE}{100} = \frac{3204,5}{100} = 32 \text{ s}$$

(4)

Tyto vstupní parametry společně s diagramem taktu linky jsou hlavními body pro porovnání navrhovaného stavu se současným stavem.

6.1 Přínos standardizované práce vůči stávající dokumentaci na pracovišti

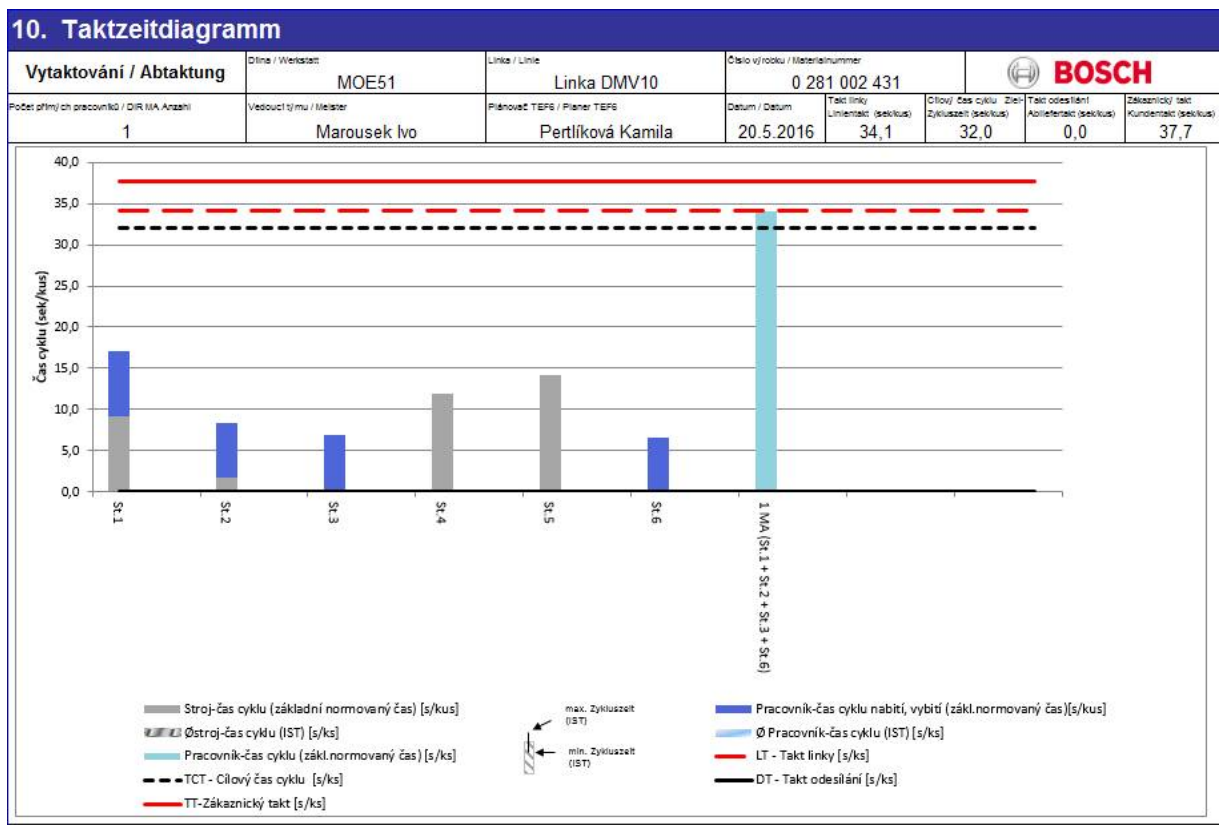
Standardizovaná práce dává pracovníkům jasný návod, jak pracovat na pracovišti, jaké má používat ochranné bezpečnostní pomůcky, rozděluje činnosti, odděluje činnosti pro jednotlivé profese (obsluha, seřizovač, ostatní pracovníci), dále definuje, jak má pracovník pracovat v případě odchylky, atd.

Zavedení standardizované práce na pracovišti zajistí jednotný standard na pracovišti, který definuje, jak má pracovník jednotlivé pracovní činnosti provést a slouží zároveň pro časovou analýzu, ze které bude stanoven takt pracoviště.

Standardizovaná práce ve formě dokumentace na pracovišti je sama o sobě standard, který pracovník najde na každém pracovišti na montážní lince, ale i v jiných výrobních v jihlavském závodě firmy Bosch Diesel. Díky tomu se stává přechod na jiné pracoviště linky nebo výroby

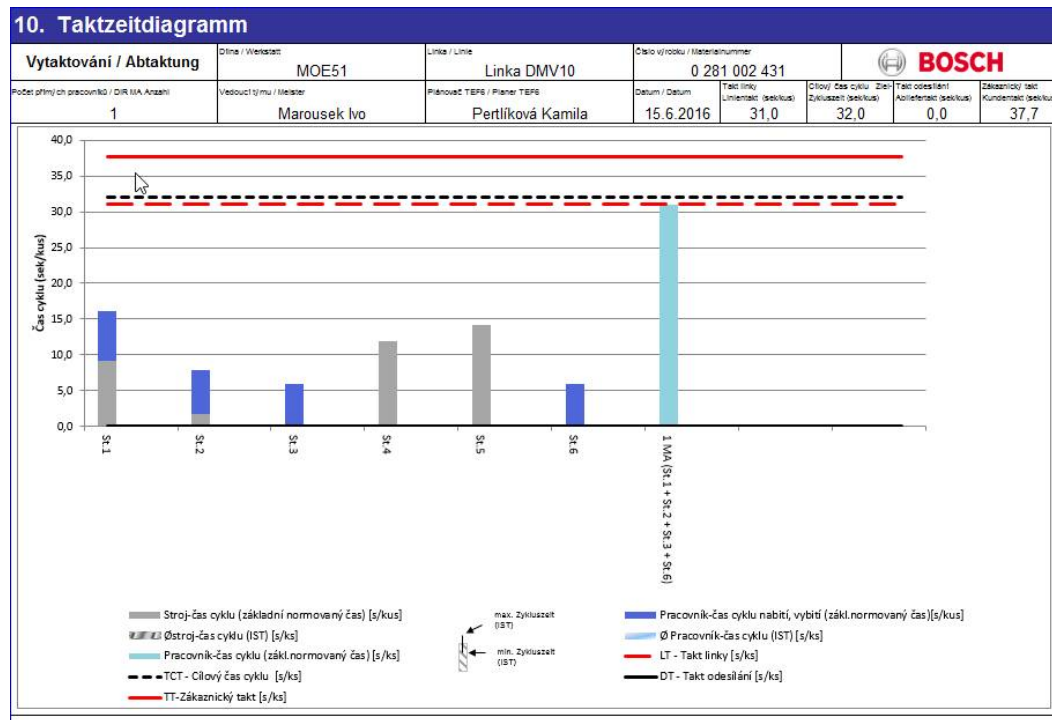
pro pracovníka snadnější. Pracovník ví, kde může potřebné informace hledat a zároveň i doba na zaučení pracovníka je kratší.

Dalším důvodem zavedení standardizované práce je zkrácení času potřebného k vykonání určité činnosti a tím snížení personálních nákladů. Z provedené analýzy stávající montážní linky byl získán takt linky, který je při obsazení linky jedním pracovníkem 34,1 sekund. Takty jednotlivých pracovišť vidíme na obrázku 32.



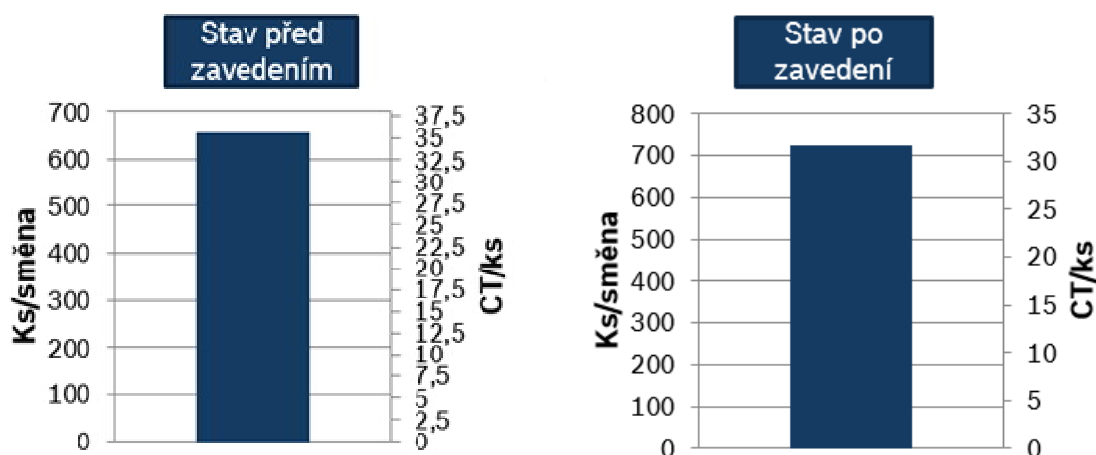
Obr. 32 – Diagram taktu linky před optimalizací [3]

Po zavedení standardizované práce bude předpokládané zrychlení na prvním pracovišti 1,0 sekundy, na druhém pracovišti 0,5 sekundy, na třetím 1,0 sekundy a na šestém pracovišti 0,6 sekundy. Čtvrté a páté pracoviště jsou automatická pracoviště, i zde bude standardizovaná práce zavedená, ale informace v ní obsažené budou pouze pro seřizovače, takt stanic zůstane nezměněn. Takto pracovišť po optimalizaci znázorňuje obrázek 33.



Obr. 33 – Diagram taktu linky po optimalizaci [3]

Zavedením standardizované práce byl dosažen cílový čas cyklu při obsazení linky jedním pracovníkem. Zároveň se zvýší počet vyráběných kusů za směnu z 658 na 724, viz obr. 34.



Obr. 34 – Počet vyrobených kusů za směnu a čas cyklu (CT) – porovnání

6.2 Porovnání nového návrhu linky se stávajícím

Stávající montážní linka má několik zásadních nedostatků, které lze bez nutnosti vysokých nákladů odstranit. Ve dvou případech se jedná o pootočení dvou stanic, čímž se zkrátí cesta pro pracovníka od jedné ke druhé stanici.

V dalších dvou případech se jedná o zkrácení cesty nosiče po dopravním páse, což má vliv na zastavěnou plochu, mezi zásoby a hlavně na průběžnou dobu výroby.

Odstraněním smyčky za čtvrtým pracovištěm v montážní lince nosič s díly pojedí přímo na další pracoviště, a tím dojde k výrazné časové úspoře.

Aktuální čas, který je potřeba k přemístění nosiče po ukončení cyklu na čtvrtém pracovišti k začátku cyklu na pátém pracovišti, činí 12,6 sekund. Po odstranění smyčky, která je pro plánované výrobní množství nepotřebná, bude čas potřebný k přemístění nosiče 6,9 sekund.

Ještě k větší časové úspoře dojde mezi pátým a šestým pracovištěm. V tomto případě nedojde pouze k vynechání smyčky, ale i ke zkrácení pásu. Čas potřebný k dopravě nosiče po ukončení cyklu na pátém pracovišti k začátku cyklu na posledním pracovišti činí 13,8 sekund, po zkrácení pásu bude potřebný čas dopravy nosiče 7,4 sekund.

Zkrácení cesty nosiče po dopravníku má vliv na průběžnou dobu výroby, což je čas, který stráví jeden kus výrobku v procesu, než projde od vstupu po výstup. [6]

6.3 Přínos návrhu optimalizace pracoviště z hlediska ergonomie

Na prvním pracovišti bude dopravník zkrácen a pracoviště bude pootočeno o 90°. Tyto změny zkrátí cestu pracovníka, pokud bude obsluhovat první a druhé pracoviště. Předpokládaná výrobní dávka po optimalizaci je 16 kusů (dvě palety po 8 kusech), stávající výrobní dávka je 80 kusů. Při výrobní dávce 80 kusů stráví pracovník ve stoje výrazně delší čas u jednoho pracoviště než u výrobní dávky 16 kusů. Z hlediska fyziologické přípustnosti je menší dávka optimální, protože pracovník častěji přechází mezi pracovišti.

Na prvním pracovišti se nachází podesta, aby byla splněna optimální výška pro pracovníka. Vzhledem ke konstrukci stroje se nenabízí jiné řešení než umístění podesty před pracoviště, ale tato podesta bude upravena tak, aby bylo zamezeno možnosti úrazu pracovníka při přicho-

du na pracoviště. Řešení bude takové, že před podestu bude umístěna náběhová hrana, která zamezí zakopnutí pracovníka.

Na druhém pracovišti dochází při odebírání materiálu z dopravníku k výraznému pootočení trupu, protože pracovník odebírá zároveň každou rukou jeden kus. Tento výkon je fyziologicky nepřístupný a návrh optimalizace tohoto pracoviště, kdy bude dopravník prodloužen do prostředí stanice, zamezí výraznému natočení trupu pracovníka a tím nadměrné zdravotní zátěži.

Jednotlivá pracoviště budou před uvedením do provozu posuzována z hlediska ergonomie. Dosahové vzdálenosti pro pracovníka pro díly v zásobnících nebo pro nářadí a měřidla budou kontrolována a případně optimalizována.

7. Závěr a zhodnocení práce

V této bakalářské práci jsou popisovány teoretické i praktické nástroje a možnosti, jak optimalizovat proces, v daném případě optimalizovat montážní linku. Cílem práce bylo popsat současný stav a navrhnout optimalizaci, která za pomoci nástrojů využívaných ve firmě Bosch Diesel zefektivní procesy na montážní lince.

Tyto nástroje jsou ve většině případech všeobecně známé a jsou v různých firmách používány v různých podobách. Nástroj k optimalizaci, jakým je například standardizovaná práce, ukazuje zlepšení nejen zrychlením taktu linky, ale vnáší na pracoviště transparentnost, jednoznačnost a přehlednost. Díky standardizované práci dostane pracovník standard, který nalezne i na ostatních pracovištích nebo výrobcích. Pracovník se na novém pracovišti snadněji zapracuje a sníží se i čas potřebný k zaučení na pracovišti. Standardizovaná práce dává nadřazeným pracovníka jednoznačný obraz pracoviště, co se týče kapacity a produktivity.

Dalším použitým nástrojem k optimalizaci je Lean Line Design. Předmětem optimalizace je starší montážní linka, u které se na první pohled nabízí možnost přestěhovat linku beze změny a to i vzhledem ke klesajícímu počtu vyráběných kusů. Přesto má optimalizace ve smyslu Lean Line Designu své opodstatnění. Díky Lean Line Designu se sníží trasy, které musí pracovník absolvovat mezi pracovišti, sníží se průběžná doba výroby, celková plocha linky bude nižší a sníží se i díky kratšímu dopravníku energetická náročnost linky.

Jednotlivé pracoviště a pracovní činnosti budou posuzované z hlediska ergonomie, bez tohoto posouzení není možné uvést pracoviště do provozu. Tato činnost zajistí pracovníkovi odpovídající pracovní podmínky na pracovišti. V této práci jsou zmíněné nejzávažnější nedostatky z hlediska ergonomie a to i s návrhem na zlepšení.

Na závěr této práce bych rád zmínil, že u takto relativně malé linky s nižším počtem pracovníků je správné provést optimalizaci, která zlepší linku ve směrech, které jsou v dnešní době vyžadované a to je produktivita a flexibilita, ergonomie a bezpečnost práce. Každé pracoviště a nový či přestěhovaný stroj musí mít přejímku před uvedením do provozu. Tato přejímka v několika stupních postihuje všechna tato požadovaná pravidla, která musí být kompletně splněna.

8. Seznam použité literatury

- [1] *Internetové stránky Bosch Česká republika*, [online]. [vid. 13. 05. 2016].
Dostupné z:
http://www.bosch.cz/cs/cz/our_company_7/locations_7/jihlava_menu/jihlava_menu_uvod.html
- [2] SIXTA, Josef; ŽIŽKA, Miroslav: *Logistika – používané metody*, Brno, Computer Press, 2009, ISBN 978-80-251-2563-
- [3] Interní dokumenty a podklady firmy Bosch Diesel, s.r.o. a Robert Bosch GmbH.
- [4] LIKER, Jeffrey K.: *Tak to dělá Toyota*, Praha, Management Press, 2007,
ISBN 978-80-7261-173-7
- [5] KRAFCIK, Jonh F.: *Triumpf of the Lean Production System*. [online]. 1998. [vid. 20. 05. 2016]
Dostupné z: <http://www.lean.org/downloads/MITSloan.pdf>
- [6] VAVRUŠKA, Jan: *Value stream mapping*, prezentace k Průmyslovému inženýrství,
Liberec, TUL
- [7] JABLONSKÝ, Josef: *Operační výzkum, kvantitativní modely pro ekonomické rozhodování*, Praha, Professional Publishing, 2007, ISBN 978-80-86946-44-3
- [8] KOŠTURIÁK, Ján; FROLÍK, Zbyněk: *Štíhlý a inovativní podnik*, Praha, Alfa Publishing 2006, ISBN 80-86851-38-9
- [9] MANLIG, František: *Pracovní texty předmětu Projektování výrobních systémů*, prezentace k předmětu Projektování výrobních systémů, Liberec, TUL, 2008

9. Seznam obrázků a vzorců

9.1 Seznam obrázků

Obr. 1 – Vedení v rámci „Systém-CIP“	13
Obr. 2 – Základní schéma „Point-CIP“	14
Obr. 3 – Princip neustálého zlepšování	15
Obr. 4 – Průběh standardizované práce v JhP	16
Obr. 5 – Příklad LLD	17
Obr. 6 – elektromagnetický ventil DMV10 a vstřikovací čerpadlo VP30	18
Obr. 7 – Průběh výroby DMV10	19
Obr. 8 – Layout stávající montážní linky	20
Obr. 9 – Aktuální layout – pohyb pracovníka	22
Obr. 10 – Počet vyrobených kusů za směnu a čas cyklu (CT) – výchozí stav	22
Obr. 11 – Část A1 – organizační data	24
Obr. 12 – Detail části A1 – důležité pokyny a informace	24
Obr. 13 – Detail části A1 – piktogramy	25
Obr. 14 – Detail části A1 – značky	25
Obr. 15 – Detail části A1 – seznam návodů	25
Obr. 16 – Příklad použití levá/pravá ruka	26
Obr. 17 – Dělení pracovního postupu mezi více pracovníků	26
Obr. 18 – Část A3 – ostatní plánované činnosti	27
Obr. 19 – Část A4 – neplánované standardizované činnosti	27
Obr. 20 – Část A5 – činnosti seřizovače a ostatních pracovníků	27

Obr. 21 – Aktuální Layout montážní linky DMV10, včetně potenciálů ke zlepšení	28
Obr. 22 – Nový Layout montážní linky DMV10	28
Obr. 23 – První pracoviště v montážní lince, včetně dopravníku k druhému pracovišti	29
Obr. 24 – Smyčka na dopravníku za stanicí „Nasazení sítka a o-ringů“	30
Obr. 25 – Smyčka na dopravníku za stanicí „Funkční zkouška“	30
Obr. 26 – Předposlední a poslední stanice v lince	31
Obr. 27 – Prostor pro balení a expedici	32
Obr. 28 – Základní rozměry pro umístění strojů	32
Obr. 29 – Rozměry pracovišť pro manuální a strojové pracoviště	33
Obr. 30 – Poloautomatické pracoviště	34
Obr. 31 – Podesta u prvního pracoviště	35
Obr. 32 – Diagram taktu linky před optimalizací	38
Obr. 33 – Diagram taktu linky po optimalizaci	39
Obr. 34 – Počet vyrobených kusů za směnu a čas cyklu (CT) – porovnání	39

9.2 Seznam vzorců

Vzorec č. 1 Výpočet OEE na kusové bázi	36
Vzorec č. 2 Stanovení plánované doby využití (POT)	36
Vzorec č. 3 Stanovení zákaznického taktu (TT)	37
Vzorec č. 4 Výpočet cílového času cyklu (TCT)	37