

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STROJNÍ

*Ústav technologie obrábění, projektování a
metrologie*

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Optimalizace toku materiálu a uspořádání
pracovišť v Bosch Diesel Jihlava**

Autor: Jan Brychta

Studijní obor: Výrobní a materiálové inženýrství

Vedoucí práce: doc. Ing. Vratislav Preclík, CSc.

Praha 2015

Vysoká škola: ČVUT v Praze
Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie

Fakulta: strojni
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Bc. Jana Brychtu**
obor **Výrobní a materiálové inženýrství**

Název: **Optimalizace toku materiálu a uspořádání pracovišť v Bosch Diesel Jihlava**

Název anglicky: **Materials flow optimization and workplaces arrangement in Bosch Diesel Jihlava**

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu.
2. Aplikace metody Lean Design.
3. Návrh variant dispozičního řešení.
4. Výběr optimální varianty projektu.



Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Vratislav Preclík, CSc.

Datum zadání diplomové práce: 10. 4. 2015


Termín odevzdání diplomové práce: 19. 6. 2015

Neodevzdá-li student bakalářskou nebo diplomovou práci v určeném termínu, tuto skutečnost předem písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána, stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské nebo diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou nebo diplomovou práci podruhé.

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

Zadání diplomové práce převzal dne: 23. 4. 2015


Diplomant


Vedoucí ústavu




Děkan

V Praze

dne 1. 4. 2015

Prohlášení a svolení/odmítnutí s publikováním práce

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a podkladové materiály uvádím v seznamu literatury.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu §60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze

podpis.....

Jan Brychta

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Vratislavu Preclíkovi, CSc. a oddělení TEF6 ve firmě Bosch Diesel s.r.o. v Jihlavě za cenné připomínky a rady při zpracování diplomové práce.

Abstrakt

Teoretická část diplomové práce vysvětluje pojem „štíhlá výroba“ a popisuje její nejpoužívanější prvky. Dále se zabývá metodou Lean Line Design, která se firmě Bosch Diesel s.r.o. v Jihlavě používá pro zavedení štíhlé výroby v projektování výrobních procesů. Metoda Lean Line Design je v praktické části aplikována na část výrobního střediska pro sériové opravy čerpadel VE. Na základě výsledků je navržena změna dispozičního řešení a v závěru jsou shrnuta dosažená zefektivnění daného procesu.

Klíčová slova

Štíhlá výroba, Lean Line Design, Čerpadlo VE

Abstract

Theoretical part of this diploma thesis explains the concept „Lean Manufactory“ method and describe the most used methods of Lean Manufactory. Further describe Lean Line Design method, which is used in Bosch Diesel s.r.o. in Jihlava for the application of lean Production in designing production processes. The practical part in Lean Line Design method applied for part of Production centre for serial repairs of VE pump. Based on the results, change is offered for the layout and in the end are summarized the efficiency of the process.

Key words

Lean Manufactory, Lean Line Design, VE pump

Seznam použitých zkratek a značek

| | |
|------|---|
| BPS | B osch P roduction S ystem (Výrobní systém Bosch) |
| CP4 | C ommon R ail P umpe 4 (Vysokotlaké čerpadlo 4) |
| CRS | C ommon R ail S ystem (Palivové vstřikovací systémy) |
| EDC | E lektronic D iesel C ontrol (Elektronicky řízené čerpadlo VE) |
| GmbH | G esellschaft m it b eschränkter H aftung (Obdoba české s. r. o.) |
| JhP | Bosch Diesel s.r.o. v Jihlavě |
| JIT | J ust I n T ime (Právě včas) |
| LLD | L ean L ine D esign (Štíhlé uspořádání linek) |
| MA | M itarbeiter (Pracovník) |
| MECH | Mechanicky řízené čerpadlo VE |
| MTM | M ethod T ime M easurement (Metoda čas měření) |
| OEE | O verall E quipment E ffectiveness (Celková efektivnost zařízení) |
| RAIL | Vysokotlaký zásobník |
| SMED | S ingle M inute E xchange of D ie (Minutové přeseřízení stroje) |
| TCT | T arget C ycle T ime (Cílový čas cyklu) |
| TMU | T ime M easurement U nit (časová jednotka MTM) |
| TPM | T otal P roductive M aintenance (Absolutně produktivní údržba) |
| TPS | T oyota P roduction S ystem (Výrobní systém Toyota) |
| TT | Customer Takt (Zákaznický takt) |
| VE | Axiální rotační vstřikovací čerpadlo |
| VP30 | Axiální rotační vstřikovací čerpadlo |
| VSM | V alue S tream M anagement (Management toku hodnot) |
| SV | Saugventil (Sací ventil) |

Obsah

| | |
|---|----|
| 1. Úvod | 11 |
| 2. Robert Bosch GmbH | 12 |
| 2.1. BOSCH Diesel s.r.o. Jihlava (JhP)..... | 12 |
| 3. Štíhlá výroba..... | 13 |
| 3.1. Historie štíhlé výroby | 13 |
| 3.2. Prvky štíhlé výroby | 14 |
| 3.2.1. KAIZEN..... | 15 |
| 3.2.2. 5S | 16 |
| 3.2.3. Standardizovaná práce | 16 |
| 3.2.4. VSM..... | 17 |
| 3.2.5. TPM | 18 |
| 3.2.6. SMED | 20 |
| 3.2.7. Poka yoke..... | 20 |
| 3.2.8. Kanban | 21 |
| 4. LLD | 22 |
| 4.1. Vstupní hodnoty do LLD | 23 |
| 4.1.1. Požadavky na počet vyráběných kusů | 23 |
| 4.1.2. Výpočet doby využití..... | 24 |
| 4.1.3. Stanovení reprezentantů výrobního spektra..... | 25 |
| 4.1.4. Zákaznický takt TT (Customer Takt) | 25 |
| 4.1.5. Cílový čas výroby TCT (Target Cycle Time)..... | 25 |
| 4.2. Analýza současného stavu..... | 26 |
| 4.2.1. Časová náročnost výroby..... | 26 |
| 4.2.1.1. Metoda předem určených časů MTM..... | 27 |
| 4.2.1.2. Měření časů pomocí časoměrných zařízení..... | 30 |
| 4.2.1.3. Metody odhadovaných časů | 30 |
| 4.2.2. Layout linky | 30 |
| 4.2.3. Diagram rozdělení činností..... | 30 |
| 4.3. Papírový KAIZEN | 31 |
| 4.4. Stohový diagram | 31 |
| 4.5. Kontrola strojní kapacity..... | 31 |
| 4.6. Design linky | 32 |
| 4.7. „Mock Up“ simulace..... | 33 |
| 4.8. Zavedení..... | 34 |

| | | |
|--------|--|----|
| 5. | Čerpadlo VE | 35 |
| 5.1. | Mechanicky řízené axiální čerpadlo VE-MECH | 36 |
| 5.2. | Elektronicky řízené axiální čerpadlo VE EDC | 37 |
| 6. | Aplikace LLD na danou část výroby | 38 |
| 6.1. | Počáteční výpočty | 38 |
| 6.1.1. | Výpočet fondu pracovní doby..... | 38 |
| 6.1.2. | Stanovení reprezentantů..... | 38 |
| 6.1.3. | Výpočet TT | 40 |
| 6.1.4. | Výpočet TCT | 40 |
| 6.2. | Analýza současného stavu..... | 41 |
| 6.2.1. | Předmontáž, montáž, zkušební stanice, kompletace, vizuální kontrola..... | 42 |
| 6.2.2. | Časová náročnost reprezentantů | 43 |
| 6.2.3. | Obsazení pracovišť- současný stav | 45 |
| 6.2.4. | Využití strojů | 46 |
| 6.3. | Hledání potenciálů | 47 |
| 6.3.1. | Úspora zkušebních stanic..... | 47 |
| 6.3.2. | Zvýšení kapacity zkoušky těsnosti | 47 |
| 6.3.3. | Předimenzovaná pracoviště | 47 |
| 6.3.4. | Sloučení předmontáže těles čerpadel VE a VP30..... | 48 |
| 6.3.5. | Materiálový tok..... | 48 |
| 6.3.6. | Unifikace spojovacích součástí..... | 48 |
| 6.4. | Návrhy optimalizačních opatření | 49 |
| 6.4.1. | Návrh montážního hnízda | 50 |
| 6.4.2. | Návrh stolu pro kontrolu utahovacích momentů | 52 |
| 6.4.3. | Návrh kompletace s potápkou pro 4 čerpadla..... | 55 |
| 6.5. | Návrh dispozičních řešení | 56 |
| 6.5.1. | Varianta 1 | 57 |
| 6.5.2. | Varianta 2..... | 57 |
| 6.5.3. | Varianta 3..... | 58 |
| 6.6. | Výběr optimální varianty a implementace do daného prostoru na hale..... | 59 |
| 6.7. | Vybalancování procesů | 60 |
| 7. | Závěr..... | 61 |
| 8. | Použitá literatura..... | 64 |

1. Úvod

Firma Bosch Diesel Jihlava s.r.o. je přední výrobce komponent do CRS (Common Rail Systems) a hlavním výrobkem jsou čerpadla CP4 a RAIL. Sériové opravy starších typů čerpadel, kterými se firma rovněž věnuje, jsou vedlejší produkty. Jako většina moderních podniků, tak i firma Bosch využívá systému TPS (Toyota Production System). Je to efektivní způsob zeštíhlení výroby a snížení nákladů. Každá firma si ale postupuje podle své upravené metody. Bosch vyvinul metodu, kterou používá při zeštíhlení výrob - LLD (Lean Line Design), jak se oficiálně nazývá, je zavádění systematiky TPS při projektování výrobních systémů. Cílem je vytvořit flexibilní a štíhlou výrobu, která klade důraz na efektivitu práce a produktivitu. Tuto metodu budu aplikovat ve své diplomové práci.

V současné době se zakázky na sériové opravy takřka u všech repasovaných produktů radikálně snižují. Sériovým opravám je vyhrazena celá jedna výrobní hala. Strategické rozhodnutí vedení firmy je snížení zastavěné plochy sériových oprav a uvolnění plochy pro případné efektivnější využití. Proto jsou na všechny výrobní střediska zaváděny LLD principy pro snížení a optimalizaci využití ploch.

Cílem této práce je důkladná analýza manuálních činností na části výroby čerpadel VE metodou předem určených časů, aplikace metody LLD s důrazem na nalezení potenciálů pro zlepšení procesů a zvýšení produktivity, úsporu ploch a pracovníků. Dalším cílem je navržení dispozice výroby tak, aby se zkrátily manipulační vzdálenosti mezi pracovišti, optimalizoval se tok materiálu a výrobu bylo možné umístit do nového prostoru ve výrobní hale. Všechny tyto požadavky jsou podmíněné minimálními náklady, jelikož je produkt na konci své životní křivky.

V minulosti byl počet zakázek na opravu čerpadla VE i stokrát vyšší. Pro montáž se používala kontinuální montážní linka a výroba probíhala ve třech směnách. Po prvním velkém poklesu zakázek se linky demontovaly, nezbytné stroje se umístily do hnízd a pro montáž se začal používat pouze jeden montážní stůl. Výroba takto probíhá až doposud. Zeštíhlení výroby VE je požadováno ze dvou důvodů a to z tlaku na snížení ploch a z důvodu neustále se snižujících zakázek.

2. Robert Bosch GmbH

Vznik firmy se datuje do roku 1886, kdy Robert Bosch v německém Stuttgartu založil malou dílnu pro jemnou mechaniku a elektrotechniku. V současné době má společnost více než 282 000 zaměstnanců po celém světě v následujících výrobních oblastech [1]:

- Automobilový průmysl
- Průmyslové technologie
- Spotřební zboží
- Elektrické nářadí

2.1. BOSCH Diesel s.r.o. Jihlava (JhP)

V Jihlavě vznikla společnost Bosch Diesel s.r.o. v roce 1993 jako společný závod firmy Robert Bosch GmbH z německého Stuttgartu a jihlavského podniku Motorpal a.s. Závod v Jihlavě patří mezi největší výrobní závody pro palivové vstřikovací Common Rail systémy v divizi Diesel Systems. V současné době má cca 4000 zaměstnanců ve třech areálech nezávisle rozmístěných po celé Jihlavě. V těchto třech závodech je následující výrobní program [1]:

- Vysokotlaké čerpadlo CP3 - výroba tělesa čerpadla, drobných komponentů (polygon, excentrická hřídel, písty) a montáž čerpadla.
- Vysokotlaké čerpadlo CP4 - výroba tělesa čerpadla, příruby a montáž čerpadla.
- Vysokotlaké čerpadlo CPN5 - montáž čerpadla.
- Vysokotlaký zásobník Rail - vyrábí se typy pro 3, 4, 5, 6 a 8 válcové motory
- Tlakový regulační ventil DRV - technologická příprava a vlastní výroba
- Sériové opravy čerpadel VP44, VP30, VE, UI/UP, CP1, CP3

3. Štíhlá výroba

Štíhlá výroba je systematický přístup k odhalení a zamezení plýtvání. Dochází k identifikaci všech činností, které přinášejí určitou hodnotu produktu a k odstranění všech ostatních činností, které žádnou hodnotu nepřinášejí. Formou neustálého zlepšování výrobních procesů se eliminují zdroje plýtvání, tím se snižují výrobní náklady, zvyšuje se produktivita a stabilizuje výroba [3].

3.1. Historie štíhlé výroby

Vznik konceptu štíhlé výroby je spojen s nízkou produktivitou japonských dělníků v 50-60 letech 20. století. V porovnání s průměrným americkým dělníkem dosahovali třetinových hodnot, v porovnání s průměrným německým dělníkem dokonce hodnot devítinových. Rozdíl v produktivitě musel mít příčinu v tom, že v Japonsku pracovníci dělají věci zbytečně. Z toho důvodu byl kladen důraz na minimalizaci zbytečných činností, které nevytvářejí žádnou hodnotu- tzv. plýtvání [2].

Zrod výrobního systému Toyoty je připisán manažerovi jménem Taiichi Ohno. V roce 1947 dostal úkol integrovat změny vedoucí k odstranění plýtvání a zvýšení produktivity. Vymyslel linku, na které zavedl více strojovou obsluhu- jeden pracovník mohl obsluhovat více strojů různých druhů. Tato revoluční změna se zásadně lišila od řešení hromadné výroby, jelikož doposud se aplikoval model jeden stroj - jeden dělník. Došlo ke zvýšení produktivity dvakrát až třikrát a určil se tím naprosto odlišný směr budoucího vývoje [2].

Základní dva body systému Toyoty byly JIT (**J**ust **I**n **T**ime) a JIDOKA (autonomation - automatizace lidskou inteligencí). JIT znamená, že se díly pro montáž dostanou na montážní linku právě v ten čas a v právě v takovém množství, v jakém jsou potřebné. Myšlenka byla převzata z automobilky Ford v USA. Automatizace s lidskou inteligencí znamená, že stroj je schopen rozlišit zmetkový kus od dobrého a v případě zjištění chyby se automaticky zastaví nebo jiným způsobem znemožní pokračování kusu ve výrobním procesu. Jako příklad může posloužit automaticky aktivovaný tkalcovský stav zavedený již v roce 1902. Tento stroj se zastavil, když se jedna z nití přetrhla. Předtím bylo nutné, aby u každého stroje stála obsluha a vizuálně kontrolovala nitě. V případě problému zastavil stroj ručně. Zavedením metody JIDOKA hlídal jeden pracovník až 40 tkalcovských stavů najednou [2].

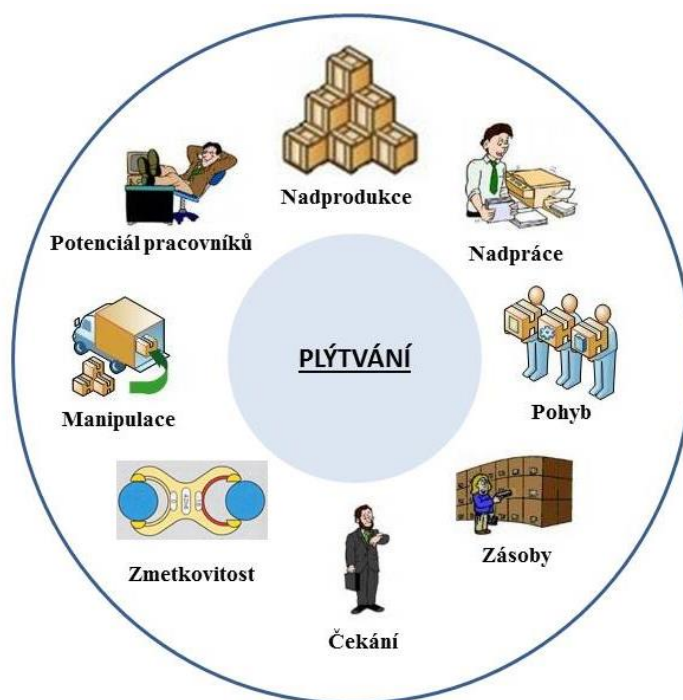
Shigea Shinga v 60. letech rozšířil práci Taiichiho Ohnoha o metodu SMED, což byla metoda určená pro redukci nastavovacích časů, díky které bylo možné vyrábět mnohem menší dávky. To vedlo k nedocenitelnému zvýšení flexibility, protože při vypuknutí ropné krize v roce 1973 se pozastavil vývoj průmyslu a současné metody hromadné výroby byly nepoužitelné. Toyota a některé další japonské automobilky, které od Toyoty převzali některé postupy, přesto kvůli své flexibilitě a úzké výrobě vyráběli i v době krize stále se ziskem i přes velmi pomalý růst trhu. Po skončení krize v roce 1975 následně celému světu došlo, že v Toyotě vytvořili něco revolučního. Další japonské firmy i firmy z celého světa následně začaly systémy Toyoty přebírat. Podíl japonských výrobců na trhu automobilů během 15. let vzrostl na trojnásobek [2].

3.2. Prvky štíhlé výroby

Prvků štíhlé výroby bylo vyvinuto mnoho, nejpoužívanější metody jsou následující [4,7]:

- KAIZEN
- 5S
- Standardizovaná práce
- VSM
- TPM
- SMED
- POKA YOKE
- KANBAN

Všechny tyto prvky pomáhají vyhledávat a následně eliminovat formy plýtvání, ke kterému dochází v každém procesu a v každém podniku. Je důležité, aby každý pracovník od výrobního dělníka až po manažera vyhledával plýtvání a odstraňoval ho, tím se bude zvyšovat produktivita a budou se snižovat náklady. Rozlišují se 8 základních typů plýtvání [2,3,4].



Obr. 1 Druhy plýtvání [4]

- **Nadprodukce** – nadbytečná nebo předčasná produkce (zbytečné skladování)
- **Zbytečná práce** – práce, která nepřidává žádnou hodnotu
- **Pohyb** – zbytečný pohyb pracovník, který musí provádět při práci
- **Zásoby** – zásoby, které jsou větší, než je minimální potřeba zásob pro výrobu
- **Čekání** – veškeré čekání (na komponenty, informace, materiál...)
- **Zmetkovitost** – nekvalitní výroba vede k opravám
- **Manipulace** - přemísťování materiálu nebo informací bez přidané hodnoty
- **Nevyužité schopnosti pracovníků** – neadekvátní využití lidských zdrojů

3.2.1. KAIZEN

KAIZEN lze chápat jako neustálé zlepšování procesů, do kterého se zapojuje každý od vedení po výrobní dělníky. Vyžaduje od všech lidí v podniku, aby o své práci přemýšleli a neustále se snažili procesy vylepšit, protože neexistuje nic, co by nebylo možné zlepšit. Lidé na výrobních pozicích často přicházejí s řešeními, které jsou manažerům a projektantům vzdálená. Zároveň zapojení lidí do zlepšovacích procesů přináší jejich seberealizaci a přispívá k rozvoji jejich schopností [5].

3.2.2. 5S

Jako první krok pro implementaci systému Kaizen, ale i procesů zeštíhlování výroby, je zpravidla zaváděna metoda 5S. Tato metoda se používá jak v oblastech výrobních, tak i v oblastech kancelářských nebo administrativních. 5S zaručuje přehledné a čisté pracovní prostředí, které zvyšuje efektivitu práce. 5S dělá procesy průhledné a odchylky od standardů lze snadno odhalit. Metoda se dělí do pěti segmentů a každý tento segment reprezentuje jedno japonské slovo začínající písmenem „S“. Jsou to [6]:

➤ **Seiri- utřídit**

Rozlišit zbytečné věci od potřebných a zbytečné věci vyhodit

➤ **Seiton- uspořádat**

Uspořádání věcí tak, aby bylo snadné je v případě potřeby najít a použít

➤ **Seiso- udržovat pořádek**

Udržovat v čistotě nástroje, pracovní plochy a prostory pro odkládání

➤ **Seiketsu- určit pravidla**

Standardizovat stav, který byl dosažen v prvních třech krocích

➤ **Shitsuke- upevňovat a zlepšovat**

Kontrolovat neustále zlepšovat stav na pracovištích

3.2.3. Standardizovaná práce

Produktivitu a kvalitu je možné zvýšit vytvořením standardů a jejich dodržováním. Kvalita a produktivita je tedy úzce spjata s dodržováním standardů. Ve štíhlém podniku je nutné veškeré procesy standardizovat. Standardy v podnicích mají za úkol udržet podmínky z pohledu kvality, nákladů, produktivity, termínů, bezpečnosti a etiky. Standardy by se měli zaměřovat na následující charakteristiky [5]:

➤ Minimální variabilita

➤ Nulová produkce chyb

➤ Snadná komunikace

➤ Vizualizace problémů

➤ Trénink a zlepšování pracovníků

➤ Pracovní disciplína

Často se stává, že v podniku sice jsou nějakým způsobem standardy definovány, nicméně jsou psány složitou a pro pracovníky nesrozumitelnou formou. Standard, na

rozdíl od technologické dokumentace, musí být maximálně stručný, obsahovat pouze nezbytné instrukce pro pracovníka. Je to jakýsi výtah z technologického postupu. Standard musí být jednoduchý a jednoznačný s vysvětlujícími obrázky, které zajistí to, že pracovník bez velkých problémů jednoduše pochopí danou instrukci [5].

3.2.4. VSM

VSM z angličtiny **V**alue **S**tream **M**anagement - management toku hodnot je základní nástroj, který mapuje a analyzuje tok hodnot ve výrobních, logistických nebo administrativních činnostech. Analyzuje plýtvání v daných činnostech, umožňuje plánování změn v toku hodnot a modelování budoucího stavu. Mapy toku hodnot zachycují následující informace [5]:

























- Tok materiálu
- Tok informací
- Způsob řízení výroby
- Parametry procesů
- Čas, kdy se přidává hodnota
- Čas, kdy se nepřidává hodnota

S pomocí mapy toku hodnot je možné vyhodnotit tyto proměnné [5]:

- Míra plýtvání
- Potenciály na zlepšení
- Kdy se tvoří materiálové zásoby
- Jaká je skutečná doba výroby jednoho kusu
- Kde a kdy se materiál hromadí
- Obrat a množství zásob
- Rozpracovanost výrobků
- Využitelnost zdrojů

VSM se využívá ve velkých sériích, kde je dostatečná opakovatelnost a rovnoměrnost výroby. Pro malé série a nerovnoměrné výroby nepřináší potřebný efekt. Aplikuje se u nově zaváděných výrobků. Díky variabilitě a možnosti optimalizace je možné vytvořit několik variant toků a následně vybrat nejefektivnější variantu. Zároveň je vhodné použít VSM u procesů, kde se plánují určité změny. Pomáhá lépe pochopit a vizualizovat celý proces, redukuje potřebné plochy, zkracuje výrobní čas a v neposlední

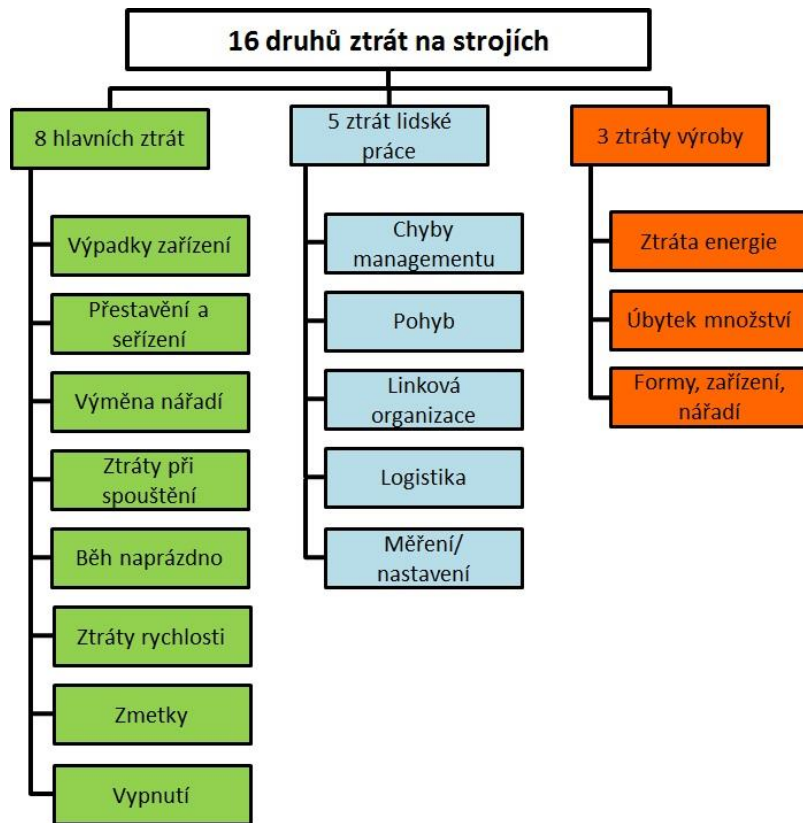
řadě eliminuje plýtvání. Při vytváření VSM se využívá celá řada značek, viz tabulka 1 [5].

| | | | | | |
|---|---------------------------------|---|----------------------------------|---|----------------------------------|
|  | Ruční přenos informací |  | Kaizen akce |  | Elektronický přenos informací |
|  | Výrobní proces |  | zásobník |  | Výrobní plán |
|  | Dodavatelé, zákazníci |  | FIFO sekvence |  | Výrobní mix |
|  | Data, parametry procesu |  | <u>Kanban</u> zásobník |  | <u>Kanban</u> pozice |
|  | Zásoba |  | <u>Pull</u> – odebrání materiálu |  | Signální <u>kanban</u> |
|  | Dodávka autem |  | Obsluha, pracovník |  | Výrobní <u>kanban</u> |
|  | <u>Push</u> – tlačení materiálu |  | Oprava, vícepráce |  | Plánování podle situace „go see“ |
|  | Dodávka zákazníkovi |  | zmetky |  | <u>Kanban</u> s dávkami |

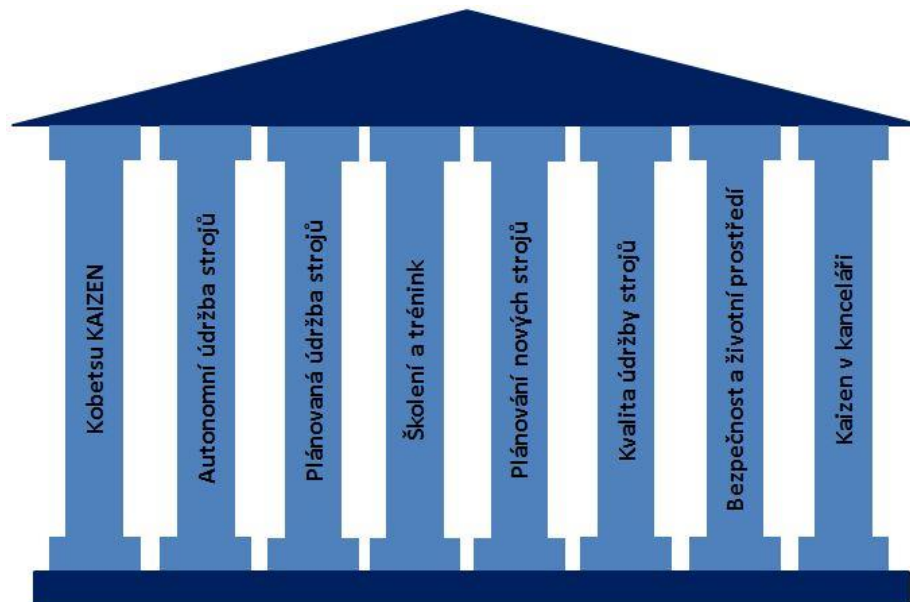
Obr. 2 Znamky ve VSM [5]

3.2.5. TPM

TPM - z angličtiny **T**otal **P**roductive **M**aintenance - absolutně produktivní údržba. Cílem je maximalizovat efektivitu všech strojů a technických zařízení s tím, že se budou aktivně zapojovat nejen zaměstnanci údržby, ale také operátoři strojů, seřizovači, mistři atd. Bez zavedení TPM dnes není možné, aby firma dosáhla světové úrovně štíhlé výroby a konkurenceschopnosti. Často se stává, že firmy nakupují nové stroje, protože ty staré stroje mají nízkou efektivitu. Mnohdy stačí několik systematických opatření pro zlepšení a efektivita stroje se zvýší na takovou úroveň, že nákup nového stroje už není potřeba. Další důvod pro zavedení TPM tkví v Heinrichově zákoně. Drobné nedostatky na strojích, které jsou často přehlíženy, mohou vést k výpadku celého stroje popř. k havárii a výpadku celé linky. První krok při zavádění TPM je analýza osmi druhů ztrát na strojích. Pečlivá analýza a zaznamenání všech druhů prostojů. Z těchto údajů se následně vyhodnocuje celková efektivita zařízení OEE (**O**veral **E**quipment **E**fficiency). Po analýze ztrát nastává implementace osmi základních pilířů TPM [5,6].



Obr. 3 16 druhů ztrát na strojích [5]



Obr. 4 Pilíře TPM [5]

3.2.6. SMED

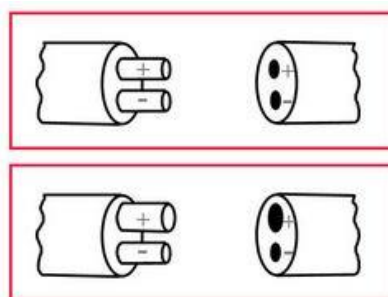
SMED z angličtiny **S**ingle **M**inute **E**xchange of **D**ie - což se dá volně přeložit jako minutové přeseřzení stroje. Tato metoda je ústředním tématem při použití metody TPM. Už v 60. letech Shigea Shingo věděl, že pokud má být jakýkoli podnik úspěšný a konkurenceschopný, musí být flexibilní a reagovat na změny výrobních zakázek. Každý podnik čelí požadavkům zákazníků, aby vyráběl ve stále menších výrobních dávkách. Z toho logický vyplývá, že čím menší výrobní dávky bude podnik vyrábět, tím více seřizení strojů bude nutné. Časem seřizení stroje se rozumí čas od ukončení výroby posledního kusu z jedné výrobní dávky po začátek výroby prvního dobrého kusu u nové výrobní dávky. Pro tuto změnu je třeba vyměnit nářadí a přípravky, nastavit nářadí pro novou dávku, nastavit parametry strojů, případně vyrobit zkušební kus. Přeseřzení hraje důležitou roli v problematice plýtvání, jelikož může zabírat podstatnou část kapacity, která by se dala využít k výrobě. Obecně lze definovat přeseřzení do následujících bodů [5,6]:

- Příprava materiálu, nástrojů a přípravků (30% času)
- Výměna přípravků a nástrojů (5% času)
- Nastavení polohy nástrojů a přípravků (15% času)
- Zkoušení a úpravy (50% času)

Postup při zavádění metody SMED je nutné vycházet z pečlivé a důkladné analýzy přeseřzení. Analýza se provádí přímo na pracovišti pozorováním celého procesu. Z dat z analýz se definují úkony, které je nezbytně nutné vykonávat při vypnutém stroji [5,6].

3.2.7. Poka yoke

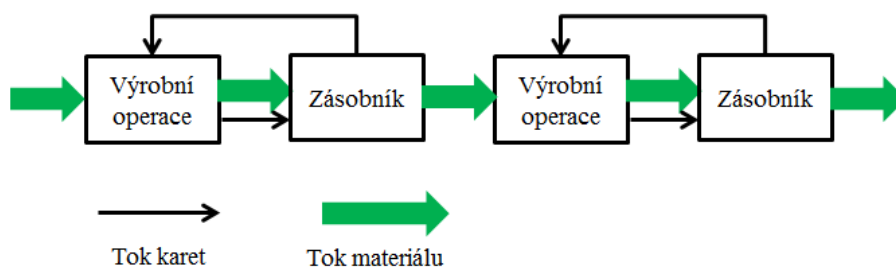
Jedná se o nízkonákladovou a vysoce spolehlivou metodu, která vychází ze systému JIDOKA a jejímž cílem je zabránit tomu, aby chyby lidí nebo procesů nevyvolávali chyby na cílovém produktu. Je to jistý způsob kontroly přímo v procesu, využívají se senzory, snímače, čidla atd. Jejich úkolem je to, aby zastavili nebo přerušili proces v případě, že dojde k nějaké neshodě. Další možností je Poka yoke vytvořit už ve fázi konstruování. Na obrázku níže je uveden příklad, kdy není možné zapojit konektor jinak, než ve správné poloze díky konstrukci konektoru [5,7,8].



Obr. 5 příklad využití metody Poka yoke [8]

3.2.8. Kanban

Kanban je možné z japonštiny volně přeložit jako signál. Systém kanban využívá tedy určitou signalizaci poklesu zásob pod danou úroveň, nejčastěji formou karet (mohou to být i světelné signály atd.). Tento signál dává pokyn předchozímu pracovišti, skladu nebo dodavateli, aby zásoby doplnil. Jedná se o tzv. tažný systém řízení minimálních zásob, který je možný použít pro jakýkoliv výrobní proces obsahující opakující se operace. Kanban se často využívá při výrobě JIT, nicméně to není podmínkou [9].



Obr. 6 Systém Kanban [9]

4. LLD

LLD z angličtiny **Lean Line Design** – štíhlé uspořádání linek je metoda pro zavádění principu BPS při projektování výrobních systémů. Lze jí aplikovat na manuální a poloautomatické pracoviště. Je tedy možné LLD použít pouze tehdy, je-li možné výsledný čas na pracovišti ovlivnit manuálními činnostmi pracovníků. Cílem je vytvořit flexibilní linku, s možností flexibilního počtu pracovníků. Díky LLD můžeme přizpůsobit výrobní množství měnícím se zakázkám od zákazníků prostřednictvím flexibilního nasazení pracovníků a odpovídajícímu rozdělení práce. Čím vyšší zakázky budou, tím více pracovníků bude na lince pracovat. V případě, že zakázky poklesnou, sníží se i počet pracovníků s tím, že v ideálním případě zůstane produktivita konstantní. Pracovník může provádět několik činností v rámci jedné linky, tyto činnosti mohou být rozloženy mezi několik pracovišť. Z tohoto důvodu jsou obvykle štíhlé linky ve tvaru písmene „U“, aby byly zajištěny co možná nejkratší přechody mezi pracovišti. LLD přináší [11,12]:

- Vysokou a konstantní produktivitu s měnícími se zakázkami díky minimalizaci ztrát.
- Vyváženou pracovní zátěž pro pracovníky v důsledku pružného rozdělení pracovní náplně
- Nízké investice a nižší potřeba plochy

Východiskem pro návrh štíhlé linky je analýza všech nezbytných manuálních cyklických činností, k nim následně přiřazení časů a určení ideálního pořadí činností. Tím získáme pracovní cyklus bez ztrátových činností a teoretický počet pracovníků. Poté je nutné analyzovat automatické činnosti a zjistit vytíženost a kapacitu strojů. Dalším krokem je uspořádání činností tak, aby takt linky nepřesahoval cílovou hodnotu. Layout linky musí být navržen s ohledem na zásobování pracovišť, údržbu, servis atd. Linka je poté testována a následně uvedena do provozu [11,12].

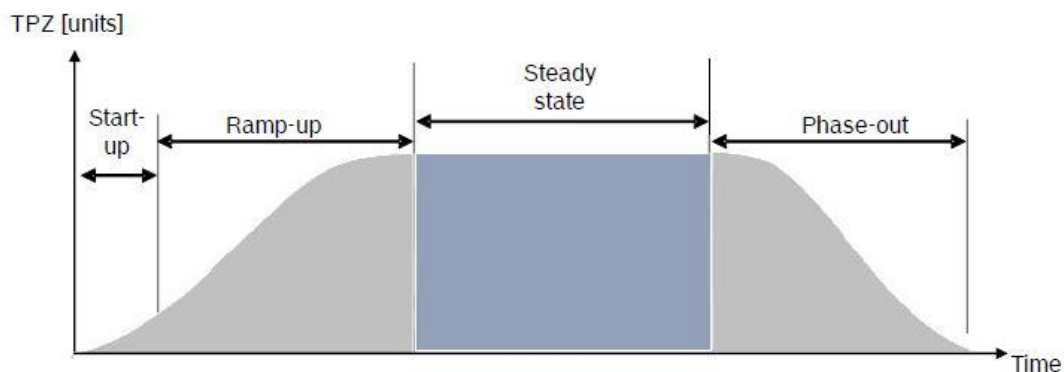
4.1. Vstupní hodnoty do LLD

Před zaváděním LLD je nutné určit pro danou výrobu vstupní parametry, které ovlivňují celý proces výroby. Je nutné určit následující parametry [11,12]:

- Požadavky od zákazníků na počet vyráběných kusů
- Výpočet doby využití
- Stanovit reprezentanty výrobního spektra
- Určit pro reprezentanty časovou náročnost výroby
- Zákaznický takt TT (Customer Takt)
- Cílový čas výroby TCT (Target Cycle Time)

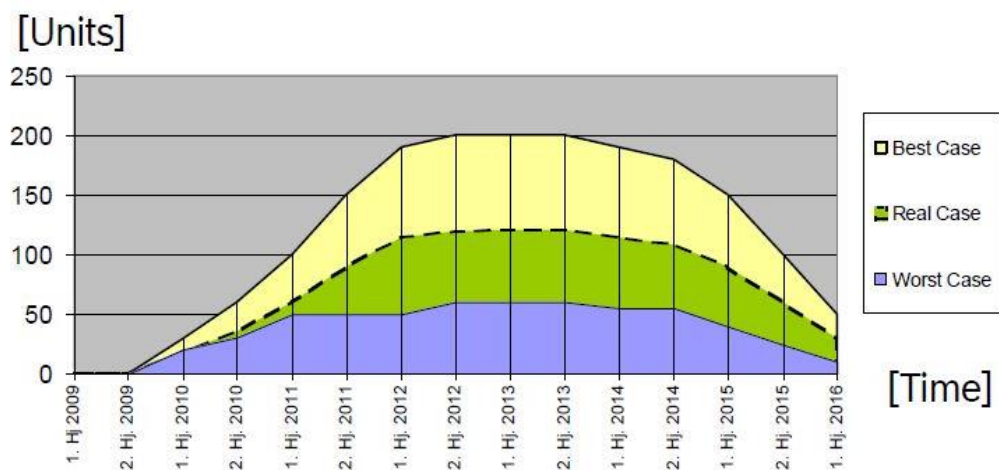
4.1.1. Požadavky na počet vyráběných kusů

Zde je důležité stanovit, v jaké fázi životnosti se daný produkt nachází. V případě, že se jedná o nový produkt, očekává se průběh počtu vyráběných kusů podobný obrázku 7. Je důležité počítat s tím, že po začátku výroby nového produktu nastává náběh, který je způsobem nedoladění linky, monitorováním procesů a nezaběhlosti výroby, poté nastává ustálený stav, kdy je produkce konstantní. Poslední fáze je tzv. doběh výroby [11,12].

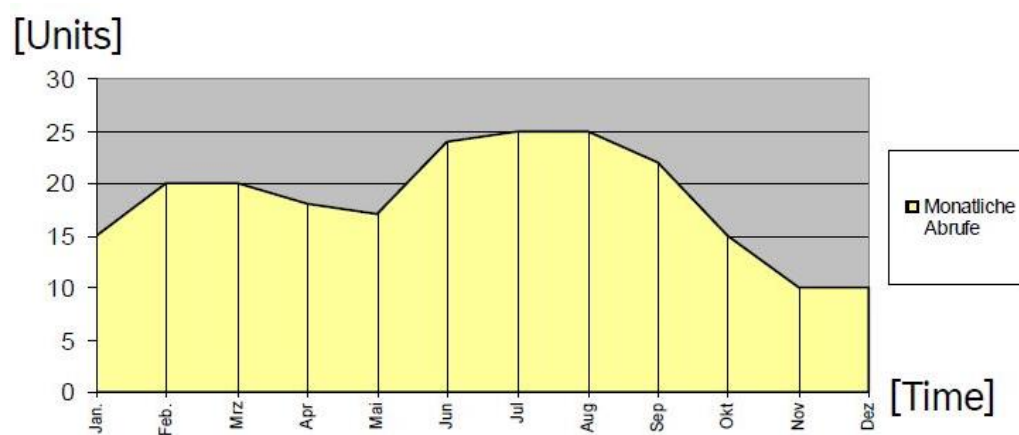


Obr. 7 Fáze výroby produktu[11]

Z těchto důvodů musíme rozlišovat, mezi plánováním před počátkem výroby daného produktu a plánováním po zahájení výroby. Před zahájením výroby se jedná pouze o hrubý odhad počtu vyráběných kusů, viz obrázek 8. Po zahájení výroby je možné od oddělení logistiky získat detailnější data, protože sledování probíhá měsíčně, jak je zobrazeno na obrázku 9 [11].



Obr. 8 Plánování počtu kusů před zahájením výroby[11]



Obr. 9 Měsíční plánování počtu kusů po zahájení výroby[11]

4.1.2. Výpočet doby využití

Jako dobu využití můžeme chápat tu dobu, kdy je možné vyrábět. Výpočet lze provést dle vzorce [11]:

$$t_v = s[t_s - (t_{př} + t_{před})] \quad (1)$$

Kde:

- t_v = čas výroby (doba využití)
- t_s = čas směny
- s = počet směn za den
- $t_{př}$ = čas přestávek
- $t_{před}$ = čas předání směny

4.1.3. Stanovení reprezentantů výrobního spektra

Ve většině případů je výrobní spektrum vyráběných produktů široké, nicméně je možné toto spektrum rozdělit do výrobních rodin. Každá rodina pak reprezentuje skupinu dílů, které jsou si podobné konstrukčně, a jejich výroba je podobná. Následně je možné vybrat reprezentanta dané výroby, většinou se jedná o takový typ, který se vyrábí v největším objemu [11,12].

4.1.4. Zákaznický takt TT (Customer Takt)

Základem pro výpočet zákaznického taktu TT jsou roční požadavky zákazníka na počet kusů a počet pracovních dnů v roce. Po vydělení těchto dvou hodnot dostaneme počet kusů na jeden pracovní den [11,12].

$$\text{Počet kusů na den} = \frac{\text{Počet kusů na rok}}{\text{Počet pracovních dnů v roce}} \quad (2)$$

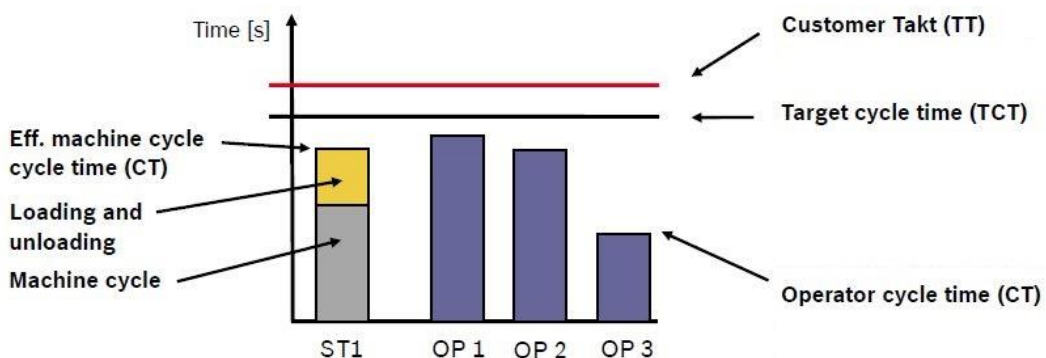
Následně se čas t_v podělí počtem kusů na den. Výsledkem je zákaznický takt TT [11,12].

$$TT = \frac{t_v}{\text{Počet kusů na den}} \quad (3)$$

4.1.5. Cílový čas výroby TCT (Target Cycle Time)

Čas TCT musí být nižší, jelikož je nutné počítat se ztrátami, které jsou vyjádřeny pomocí ukazatele využití času OEE. Výpočet se pak provádí takto [11,12]:

$$TCT = OEE \cdot TT \quad (4)$$



Obr. 10 Diagram taktů [11]

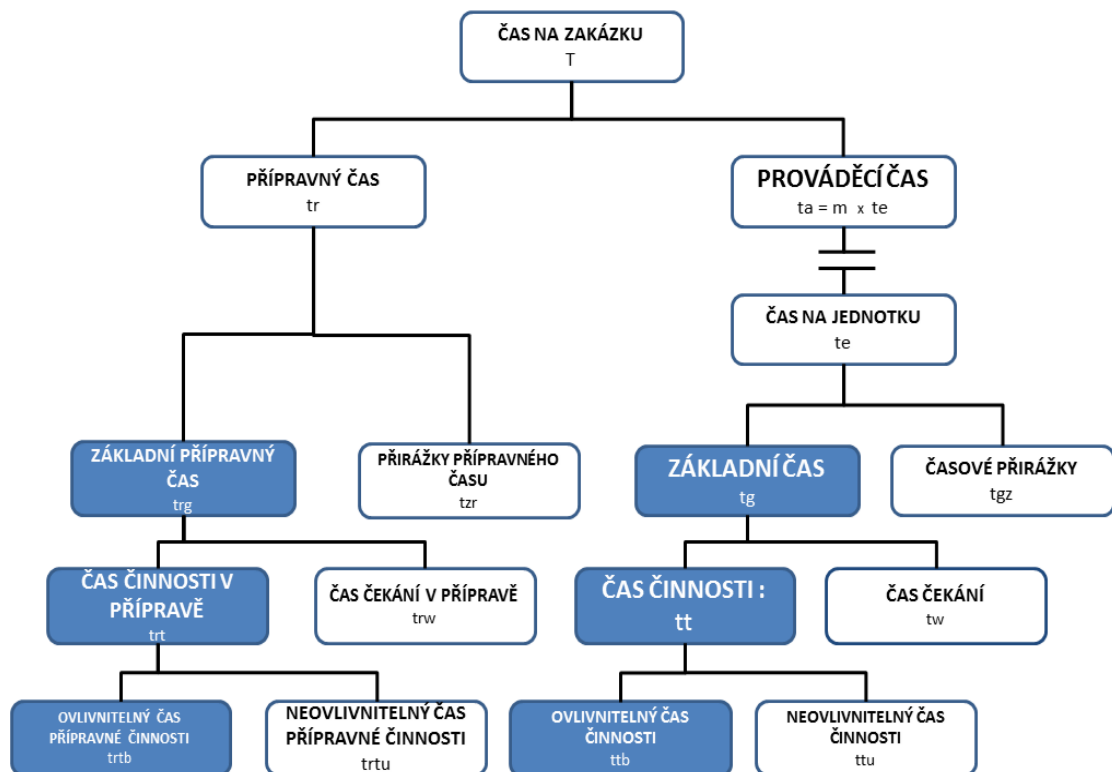
4.2. Analýza současného stavu

Důkladná analýza současného stavu podporuje lepší pochopení pracovních kroků a jejich interakce. Zvláštní důraz je kladen na analýzu plýtvání v procesech, stejně jako na kolísání v necyklických činnostech. LLD má za úkol odstranit veškeré plýtvání. Základní prvky, ze kterých se vychází při aplikaci LLD jsou časové údaje, aktuální layout a diagram rozdělení činností [11].

4.2.1. Časová náročnost výroby

Existují dvě metody pro zjišťování časů - metoda předem určených časů nebo měření časů pomocí časoměrných zařízení. Při plánování nové výroby je možné použít metodu odhadovaných časů.

Na obrázku 11 jsou modrými poli zvýrazněny časy, které jsou vhodné pro analýzu metodou předem určených časů MTM. Časy, které nejsou modře zvýrazněny, se obvykle určují jinými metodami, např. měření časů pomocí časoměrných zařízení. Znamená to tedy, že metodu MTM lze použít pouze u procesů, které jsou plně ovlivnitelné lidským faktorem [12].



Obr. 11 Časy analyzovatelné metodou MTM [12]

4.2.1.1. Metoda předem určených časů MTM

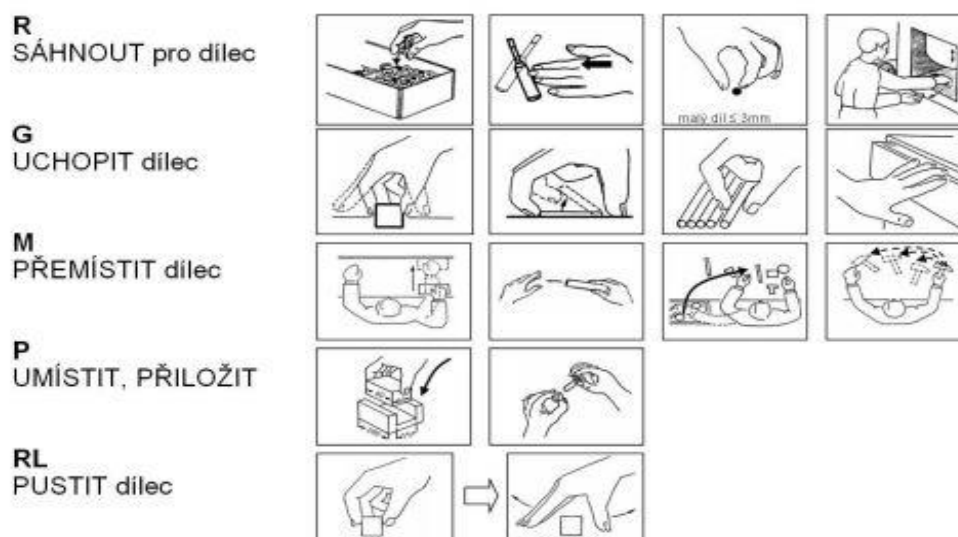
MTM je zkratka pro **M**ethods-**T**ime-**M**easuremet, což se dá češtiny přeložit jako měření času metod. Znamená to tedy, že každá činnost je závislá na zvolené pracovní metodě [12].

Základy metody vznikly ve 20-tých letech 20-tého století. Pánové F. W. Taylor a F. B. Gilbert pozorováním zjistili, že čas provedení určitého úkonu u lidí, kteří dosahovali podobné úrovně zacvičení, úsilí a schopností, zcela závisí na použité metodě. Čas ovlivňují i další vlivy jako jsou motivace pracovníka, okolní vlivy nebo vlastnosti daného předmětu. Metoda, která byla na daný úkon použita, je ale nejdůležitější. Následně se prováděly pohybové studie, jejímž cílem bylo rozdělení pracovních úkonů do jednotlivých elementů. Eliminovaly se ty pohyby, které nebyly nezbytně nutné pro vykonání daného úkonu [12].

Ve 40-tých letech 20-tého století pánové H. B. Maynard, G. J. Stegemerten a J. L. Schwab v rámci poradenské zakázky pro zbrojařský průmysl přiřazovali jednotlivým metodám a činnostem časy. Časy byly určovány z celé řady nafilmovaných průmyslových procesů zpětným počítáním snímků z filmu pro daný pohyb. U pohybů těla se časy určovaly pomocí časových snímků. Rozptýl skutečných časů u jedné osoby nebo více osob se vyrovnával pomocí hodnocení míry výkonosti a statistickou analýzou. Výstupem byla tedy tabulka, ve které jsou zapsány časy pro jednotlivé elementy pohybů s ohledem na ovlivňující veličiny. V tabulce 1 je pro příklad uvedena tabulka hodnot pro pohyb „sáhnout-R“. Základní pohyby, které se analyzují metodou MTM, jsou zobrazeny na obrázku 12 [12].

Tabulka 1 Tabulka hodnot MTM pro pohyb „sáhnout“ [13]

| Vzdálenost [cm] | TMU = 0,036s | | | | Popis |
|-----------------|--------------|------|--------|------|--|
| | R..A | R..B | R..C/D | R..E | |
| do 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | Sáhnout k jednotlivému předmětu, který se nachází na přesném místě nebo k předmětu ve druhé ruce, nebo na němž druhá ruka spočívá (uchopení <7,5 cm) |
| 4 | 3,4 | 3,4 | 5,1 | 3,2 | |
| 6 | 4,5 | 4,5 | 6,5 | 4,4 | |
| 8 | 5,5 | 5,5 | 7,5 | 5,5 | |
| 10 | 6,1 | 6,3 | 8,4 | 6,8 | |
| 12 | 6,4 | 7,4 | 9,1 | 7,3 | Sáhnout k jednotlivému předmětu v místě, jež se příklad od příkladu poněkud mění nebo nabrání plné ruky |
| 14 | 6,8 | 8,2 | 9,7 | 7,8 | |
| 16 | 7,1 | 8,8 | 10,3 | 8,2 | |
| 18 | 7,5 | 9,4 | 10,8 | 8,7 | |
| 20 | 7,8 | 10 | 11,4 | 9,2 | |
| 22 | 8,1 | 10,5 | 11,9 | 9,7 | Sáhnout k předmětu ve skupině jiných předmětů |
| 24 | 8,5 | 11,1 | 12,5 | 10,2 | |
| 26 | 8,8 | 11,7 | 13 | 10,7 | |
| 28 | 9,2 | 12,2 | 13,6 | 11,2 | |
| 30 | 9,5 | 12,8 | 14,1 | 11,7 | |
| 35 | 10,4 | 14,2 | 15,5 | 12,9 | Sáhnout k velmi malému nebo těžce uchopitelnému předmětu, kde hrozí jeho poškození nebo poranění prstů |
| 40 | 11,3 | 15,6 | 16,8 | 14,1 | |
| 45 | 12,1 | 17 | 18,2 | 15,3 | |
| 50 | 13 | 18,4 | 19,6 | 16,5 | |
| 55 | 13,9 | 19,8 | 20,9 | 17,8 | |
| 60 | 14,7 | 21,2 | 22,3 | 19 | Sáhnout do neurčitého místa tak, aby byla zachována rovnováha, nebo přitáhnout ruky k tělu do výchozí polohy po dokončení nebo před započítím pohybu |
| 65 | 15,6 | 22,6 | 23,6 | 20,2 | |
| 70 | 16,5 | 24,1 | 25 | 21,4 | |
| 75 | 17,3 | 25,5 | 26,4 | 22,6 | |
| 80 | 18,2 | 26,9 | 27,7 | 23,9 | |
| 80-75 | 0,9 | 1,4 | 1,3 | 1,3 | Extrapolace po 5 cm |



Obr. 12 Základní pohyby MTM [12]

Normovaný výkon je popsán jako „výkon, který odpovídá výkonu středně dobře zaučeného člověka, který tento výkon může provádět dlouhodobě bez narůstající pracovní únavy“. Z toho vyplývá, že nezáleží, jestli daný úkon provádí velký člověk,

malý člověk, muž nebo žena. Záleží pouze na tom, jaký konkrétní úkon vykonává. Předem určený tabulkový čas odpovídá 100% výkonu středně zaučeného pracovníka [12].

Výhody MTM:

- Použití metody již ve fázi plánování
- Definování slabých míst již ve fázi plánování
- Snížení nákladů na případné přestavby stojů
- Mezinárodně shodné kódování
- Odpadnutí diskusí o hodnocení výkonosti
- Nejrozšířenější systém předem stanovených časů v Evropě

Postupem času byly vyvíjeny další nástavby na základní systém MTM. Metoda MTM-1 se používá pro velkosériovou výrobu s taktem do jedné minuty. Je to detailní rozbor pracovních úkonů. Na MTM-1 navazují další metody, jako je MTM-2, MTM-UAS, MTM-MEK. Tyto metody se skládají ze stavebních bloků, které již v sobě obsahují několik základních kódů odpovídající metodě MTM-1 [12].

| Atributy pro charakterizaci podmínek procesu | Typ procesu 1 zastoupený velkosériovou výrobou | Typ procesu 2 zastoupený sériovou výrobou | Typ procesu 3 zastoupený kusovou výrobou |
|--|---|--|--|
| Druh cyklů | opakování permanentní v krátkých cyklech | opakování omezené v delších cyklech | bez cyklického opakování |
| Informace o procesu | pohybový proces (základní pohyby) | dílčí proces (rámcové podmínky procesu) | celkový proces (rámcové podmínky procesu) |
| Pracoviště | pro definovanou variantu výrobků | pro definované spektrum výrobků | pro téměř všechny procesy a varianty výrobků |
| Princip zásobování pracovního systému | princip přivezení | princip vyzvednutí s přípravou | princip vyzvednutí |
| Různorodost práce | malá | střední | vysoká |
| Úroveň metod | vysoká | střední | nízká |
| | MTM-1 | MTM-2 | MTM-UAS |
| | | | MTM-MEK |

Obr. 13 Rozdělení metod MTM [12].

4.2.1.2. Měření časů pomocí časoměrných zařízení

Měření se provádí přímo na pracovišti pomocí časoměrného zařízení, např. stopkek. Na rozdíl od metody MTM, kdy se zkušenému plánovači stačí na celý proces podívat jenom párkrát a je schopen udělat přesnou analýzu daného procesu, je při měření stopkami nutné naměřit celou řadu hodnot, které se poté pomocí statistického softwaru dále zpracovávají. Jedná-li se o měření strojní času, naměřených hodnot není nutné naměřit tolik, obvykle stačí naměřit 5-10 hodnot, které se následně zprůměrují. Při měření času manuálních procesů, je nutné naměřit časů co nejvíce, pokud možno naměřit časy více pracovníků. Dále je nutné určit stupeň výkonosti pracovníků, což je i pro zkušeného plánovače obtížný úkol [14].

4.2.1.3. Metody odhadovaných časů

Tato metoda se používá při plánování výroby produktu, který je např. nový a nebyl dosud zaveden do výroby. Je pro ale nutné naplánovat předběžnou kapacitu strojů, personálu, atd. V této metodě se vychází z hodnot jiných produktů, jejichž některé parametry se podobají, nebo jsou stejné. Například obrábění podobného množství materiálu nebo montáž normalizovaných dílů. Tato metoda je nahrazována plánovací analýzou MTM [14].

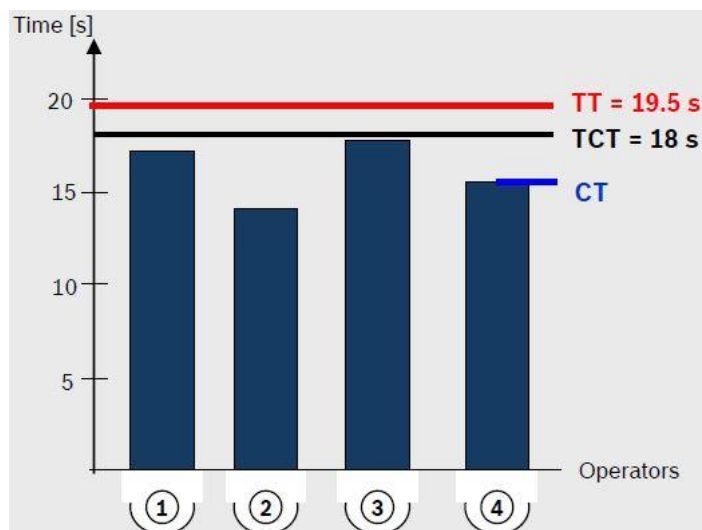
4.2.2. Layout linky

Layout je vizualizace výrobních, kancelářských i jiných prostor. V LLD se využívá pro znázornění a pochopení materiálových toků, rozdělení ploch, odhalení plývání atd. [10]

Pro účely LLD není nutné mít rozkreslené stanice nebo stroje do detailů jako jsou jednotlivé šrouby, matice, vřetena atd. Postačí zakreslení základních rozměrů, znázornění pracovního prostoru, znázornění dveří, kde je nutný přístup pro údržbu nebo přeseřizení. Layout musí obsahovat výkres budovy, sloupy, zdi atd. Je to z důvodu, aby při plánování nových variant nedošlo ke konfliktům mezi technologií a budovou [10].

4.2.3. Diagram rozdělení činností

Slouží k vizualizaci časů jednotlivých pracovníků nebo pracovišť. Pomáhá odhalit úzká místa výroby a slouží jako nástroj pro snížení taktu linky rozložením úkonů na pracoviště popř. pracovníky, které nejsou plně využity [10].



Obr. 14 Diagram rozdělení činností [10].

4.3. Papírový KAIZEN

Stanovení ideální pracovní náplně, kde je odstraněno veškeré plýtvání tzn. eliminace všech činností, které produktu nepřinášejí žádnou hodnotu Cílem je zkrácení cest, odstranění zbytečných manipulací a jiných zdrojů plýtvání viz kapitola 3.2. Dalším cílem je vytvoření ideálních pracovních podmínek, jako jsou např. [10]:

- Start procesu jedním pohybem ruky
- Postavení navazujících stanic tak blízko k sobě
- Umístění plně automatizovaných pracovišť mimo montážní celky
- Naplánování linky tak, aby pro chod linky stačil i jediný operátor

4.4. Stohový diagram

Sumarizace všech potřebných úkonů pro výrobu jednoho kusu popř. jedné dávky do jednoho diagramu. Diagram se obvykle dělá pro aktuální stav i pro stav, který prošel fází papírový KAIZEN. Stohový diagram se využívá pro určení teoretického počtu pracovníků vydělením součtu všech činností cílovým taktem TCT [10,11].

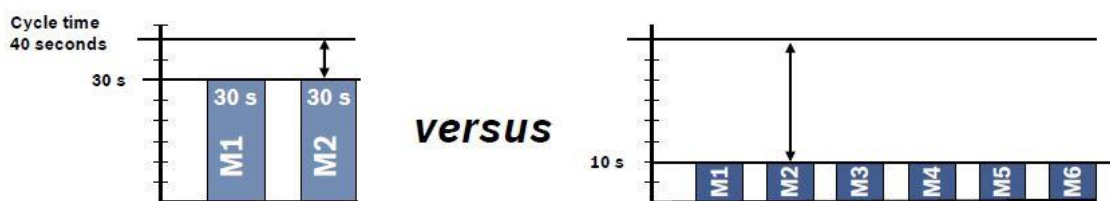
4.5. Kontrola strojní kapacity

Analýza kapacity stávajících strojů je nutná součástí LLD. Souvisí to opět s plýtváním a se ztrátami. V LLD se preferují jednoúčelové stroje, které mají následující výhody oproti víceúčelovým strojům [10]:

- Jednodušší a rychlejší přeseřízení

- Jednoduchost stroje
- Vyšší flexibilita

Na obrázku 15 vlevo jsou pro 40. vteřinový takt použity dva stroje, každý se strojním časem 30 sekund. Na obrázku 15 vpravo je pro stejný takt použito 6 strojů s taktem 10 s. Je-li tento stroj úzké místo celé výroby, je možné tímto způsobem takt linky snížit. Na druhou stranu lze 6 strojů nahradit dvěma a snížit tak provozní náklady [10].



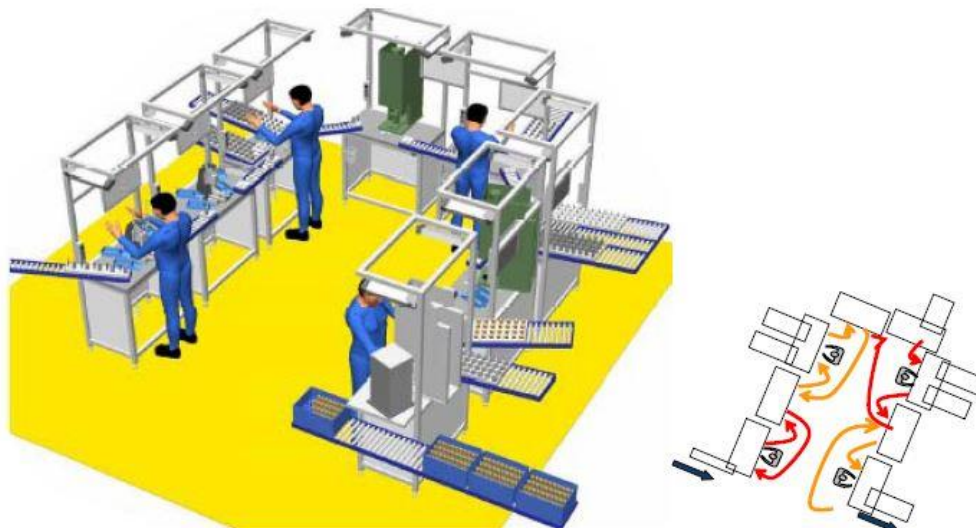
Obr. 15 Porovnání taktů se dvěma resp. šesti stroji [10].

4.6. Design linky

Štíhlá linka musí být flexibilní, aby bylo možné pružně reagovat na počet vyráběných kusů a tím i na počet potřebných pracovníků. Linka by měla být řešená tak, aby mohla vyrábět i s jedním pracovníkem. Zvláštní důraz je kladen na následující vlastnosti [10,11]:

- Jednoduché zásobování
- Snadné přeseřízení
- Tok informací
- Tok materiálu
- Tok pracovníků

Jak již bylo řečeno, pro splnění výše uvedených parametrů zaručuje uspořádání linky do písmene „U“. Plně automatické stroje by měli být zařazeny mimo linku manuálních pracovišť [10,11].



Obr. 16 Příklad návrhu montážní linky [11]

4.7. „Mock Up“ simulace

Vytvoření modelu návrhů linek v reálném měřítku z levných, lehkých a užitných materiálu jako je karton, PVC trubky atd. umožní simulace jednotlivých variant, které poslouží pro vizualizaci a pochopení výrobního toku. Pro lepší představu se doporučuje využívat reálné komponenty. V simulacích je možné odhalit případné nedostatky, které nebyly odhaleny v předchozích krocích LLD. Ze simulace je nutné začít s dostatečným předstihem před plánovou realizací linky, aby si pracovníci mohli výroby vyzkoušet, natrénovat a odhalit nedostatky i z jejich hlediska [10,11].



Obr. 17 „Mock Up“ simulace výroby [10]

4.8. Zavedení

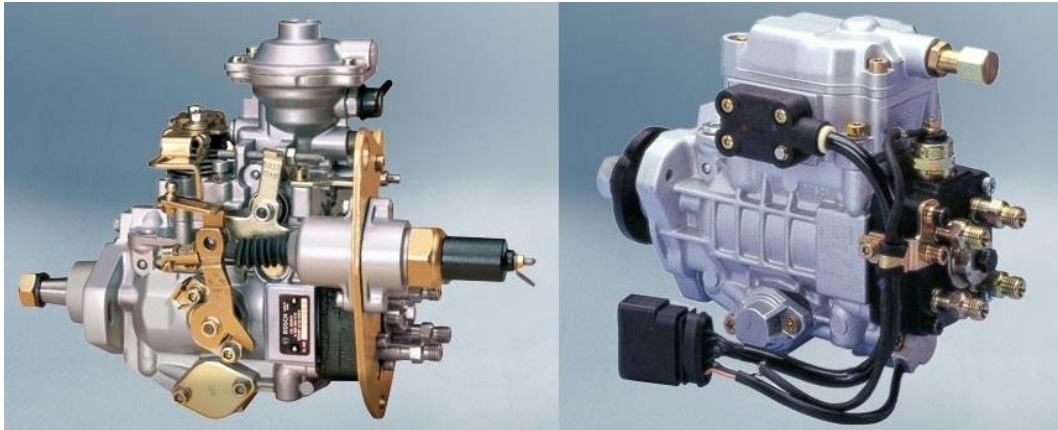
Komunikací a zainteresováním dodavatele do celého procesu přináší pozitivní výsledky. Dodavatel by se měl zúčastnit i výsledné simulace „Mock Up“, aby přesně věděl k čemu daný stroj, nebo stanice bude sloužit. V některých podnicích existují i specializovaná oddělení, která interně stanice vyrábí, případně vyrobí prototyp, podle kterého dodavatel zhotoví požadovaný počet kusů [10,11].

Je dobré využít i z některých softwarů virtuální továrny pro pochopení procesu v širším měřítku výroby, popř. využít ergonomický software pro stanovení optimálních zatížení pracovníků atd. [10,11].

Každou dílčí změnu je nutné analyzovat vhodnou metodou MTM, protože každá úprava stroje nebo organizace může mít vliv na výsledný montážní čas [10,11].

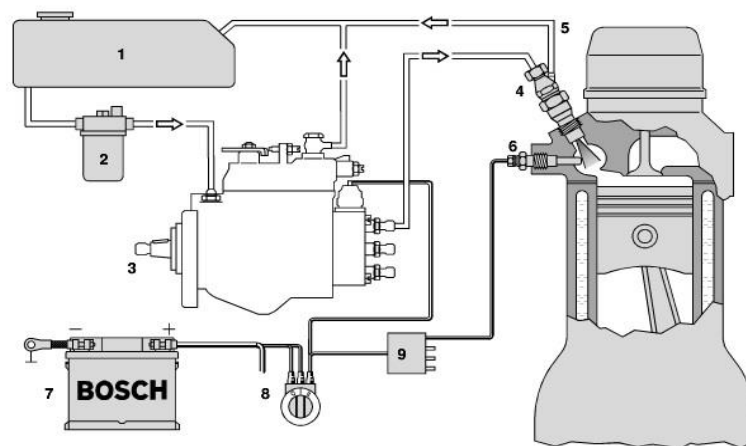
5. Čerpadlo VE

Jedná se o rotační vstřikovací čerpadlo s axiálním pístem a rozdělovačem. Používá se především u lehčích užitkových vozidel u tří až šesti válcových vznětových motorů a dosahuje tlaků okolo 1200 bar. V JhP probíhají sériové opravy dvou druhů těchto čerpadel. A to mechanicky řízené (dále jen VE-MECH) a elektronicky řízené (dále jen VE-EDC). Oba druhy těchto čerpadel jsou zobrazeny na obr. 18 [15,16].



Obr. 18 Vlevo čerpadlo VE-MECH, vpravo VE-EDC [17]

Cyklus paliva při použití čerpadel VE je zobrazen na obrázku 19. Palivo z nádrže teče palivovým potrubím přes palivový filtr do čerpadla, kde si palivo nasaje podávací čerpadlo. Palivo projde čerpadlem, kde se natlakuje a vysokotlakým potrubím jde do vstřikovače. Přebytek paliva se vrací zpětným potrubím zpět do nádrže [10,11].



Obr. 19 Tok paliva (1-palivová nádrž, 2-palivový filtr, 3-čerpadlo VE, 4-vstřikovač, 5-zpětné potrubí, 6-žhavicí svíčka, 7-baterie, 8-strartér, 9-řídicí jednotka) [15]

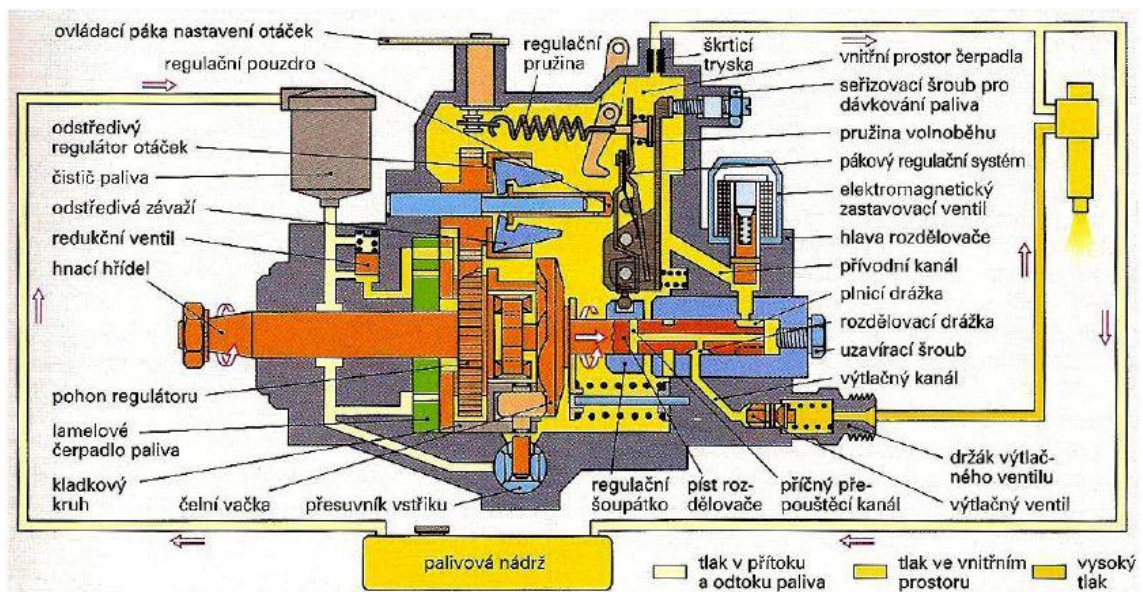
5.1. Mechanicky řízené axiální čerpadlo VE-MECH

VE-MECH se vyznačuje vysokou spolehlivostí a jednoduchou konstrukcí. Za hlavní výhody jsou uváděny následující vlastnosti [15,16]:

- Nízká hmotnost
- Nezávislost umístění v motorovém prostoru
- Nezávislost mazacího systému
- Jedna vysokotlaká jednotka

Pohon celého čerpadla je přenášěn na hnací hřídel, která je uložena v tělese čerpadla. Hřídel pohání rotor podávacího čerpadla nasávající palivo do systému, ozubené kolo, které pohání odstředivý regulátor otáček a kotouč připojený na čelní vačku. Čelní vačka je spojena s pístem rozdělovače. Díky tvaru vačky se rozdělovač otáčí a posouvá v axiálním směru, tyto pohyby umožňují rozdělování paliva do jednotlivých výtlačných ventilů, kde vzniká cílový tlak. Platí, že každý výtlačný ventil je napojen na jeden válec motoru [15,16].

Mechanicky řízené axiální čerpadlo je to především proto, že požadavek řidiče (sešlápnutí plynového pedálu) je převeden mechanicky lankem na ovládací páku otáček, která natahuje regulační pružinu a ta působí na spouštěcí páku. Tím se snižuje účinek odstředivého regulátoru, dochází ke snížení omezení dávkování paliva [15,16].



Obr. 20 Palivová soustava mechanicky řízeného axiálního čerpadla VE-MECH [16]

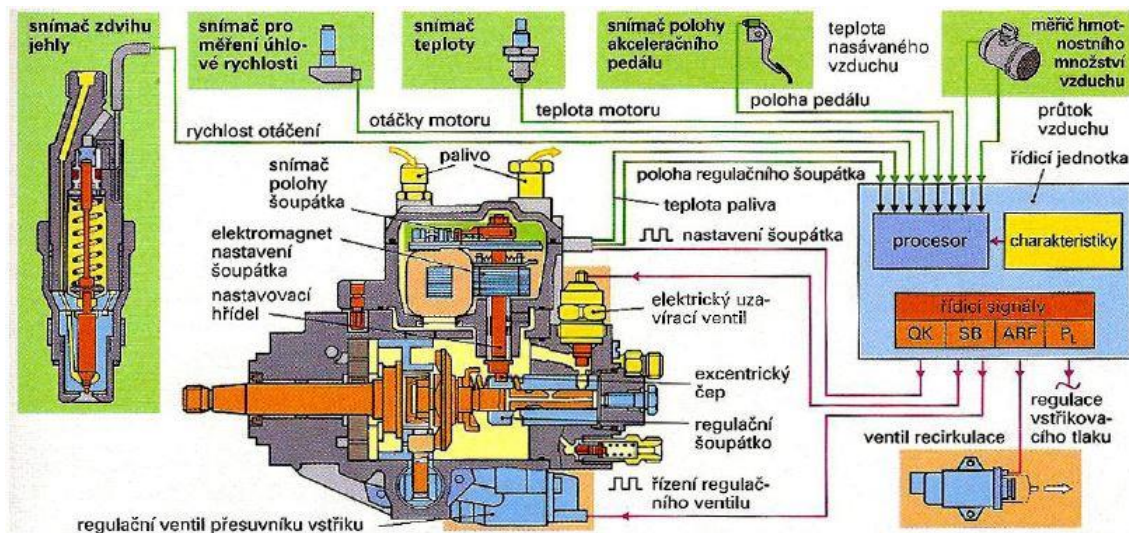
5.2. Elektronicky řízené axiální čerpadlo VE EDC

VE-EDC (z angličtiny- **E**lektronic **D**iesel **C**ontrol) je oproti mechanicky řízeným čerpadlům řízeno pomocí dat z řídicí jednotky. Jedná se modernější rotační axiální čerpadlo, které se používá tam, kde se klade důraz na nízkou spotřebu paliva a přísnější emisní limity. Jeho hlavní výhody jsou především [15,16]:

- Plnění emisních limitů
- Snížení spotřeby paliva
- Snížení hlučnosti motoru
- Optimální točivý moment
- Rychlá odezva na plynový pedál

Na hnací hřídel, stejně jako u VE-MECH je nasazeno podávací čerpadlo, ale ozubené kolo a celý odstředivý regulátor je nahrazen s elektromagnetickým ovládním a elektronickou regulací. Následují opět čelní vačka a regulátor [15,16].

Snímač polohy akceleračního pedálu udá hodnotu od stlačení pedálu do řídicí jednotky, která údaj vyhodnotí a pomocí elektromagnetického nastavení šoupátka reguluje množství paliva procházejícího regulátorem a následně do výtlačných ventilů [15,16].



Obr. 21 Palivová soustava elektronicky řízeného axiálního čerpadla VE-EDC [16]

6. Aplikace LLD na danou část výroby

Při aplikaci LLD na danou část výroby, která mi byla pro zpracování této diplomové práce přidělena, jsem vycházel a postupoval dle kapitoly 4. Z časových a ekonomických důvodů nebylo možné provést krok „Mock up“ simulace. Krok samotného zavedení v praktické části popsán není, ten se bude realizovat v rámci projektu úpravy celé haly v příštím roce.

6.1. Počáteční výpočty

Pro počáteční výpočty jsem použil data, které jsem dostal k dispozici od oddělení logistiky. Jedná se o počty a typu kusů čerpadel, která byla vyrobena v roce 2014. Pro rok 2015 se jsou uvedena naplánovaná data.

6.1.1. Výpočet fondu pracovní doby

Výroba v roce 2014 probíhala na 2 směny. Za předpokladu osmihodinových směn to znamená, že celkový časový fond je 960 minut. Musíme odečíst přestávky. Na oběd je přestávka 20 minut, na svačinu 10 minut. Do fondu pracovní se v JhP počítá s časem na předání směny, tzn. 10 minut. Po dosazení do rovnice (1) vycházejí následující fondy pracovní doby:

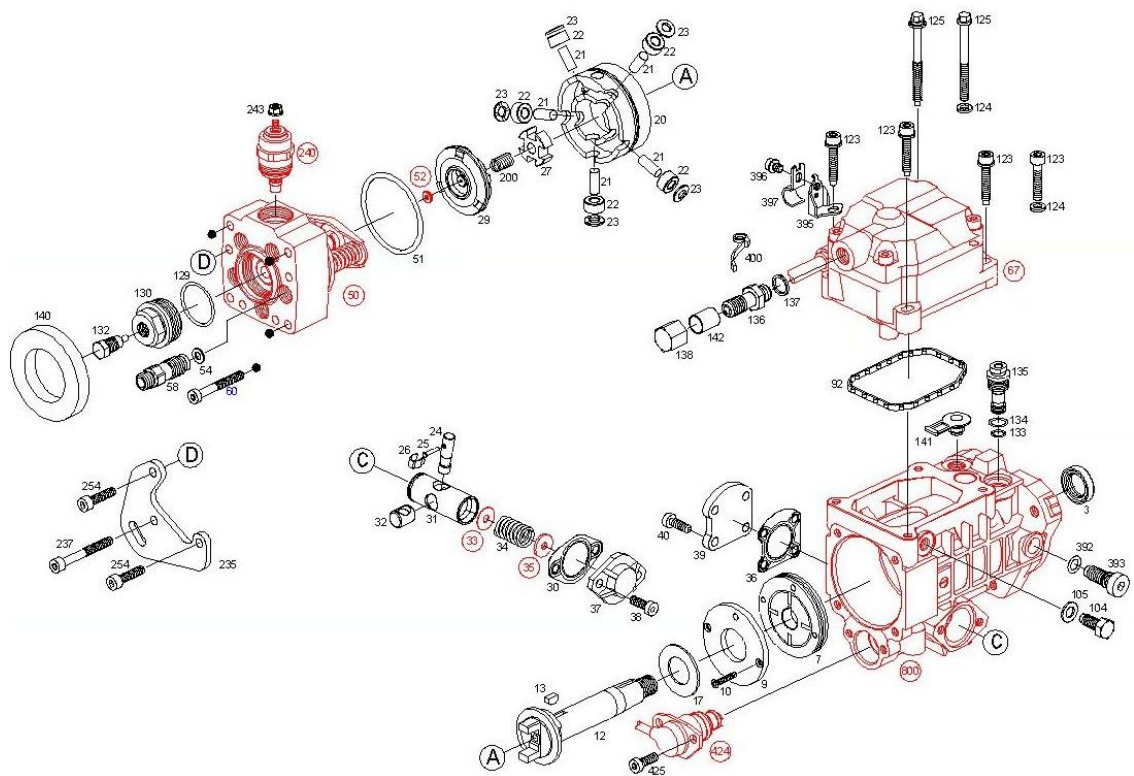
$$t_V = s[t_s - (t_{pr} + t_{pred})]$$

$$t_V = 2[480 - (10 + 30)] = 880 \text{ min/den}$$

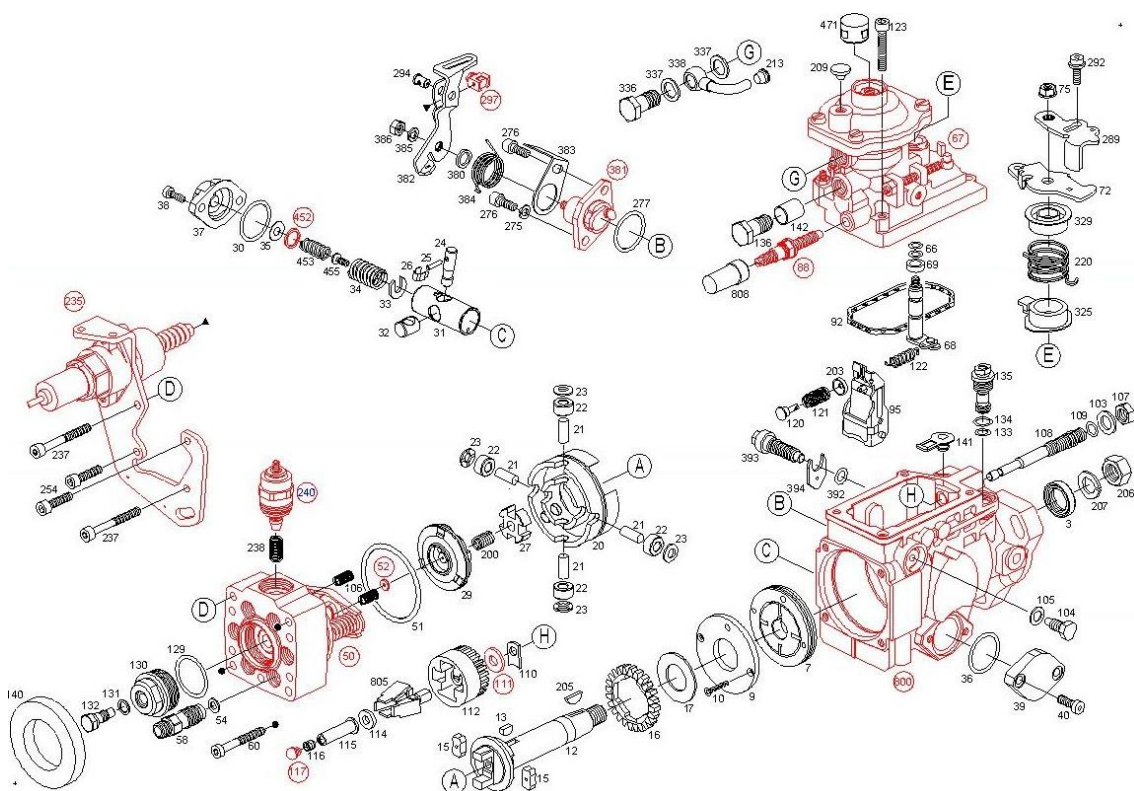
$$t_V = 1[480 - (10 + 30)] = 440 \text{ min/směna}$$

6.1.2. Stanovení reprezentantů

Dle dat z oddělení logistiky je na rok 2015 naplánována výroba celkem 2864 kusů čerpadel VE. Z toho EDC čerpadel 1931 a celkem 37 typů. MECH čerpadel 933 a 56 typů. Nejpočetnější typ čerpadla EDC je se 267 kusy XXX562. Nejpočetnější typ čerpadla MECH je se 120 kusy XXX349.



Obr. 22 Rozpad čerpadla VE-EDC XXX562



Obr. 23 Rozpad čerpadla VE-MECH XXX349

6.1.3. Výpočet TT

Při výpočtu TT se vychází z ročních požadavků na výrobu. Hodnoty jsou shrnuty v tabulce 2.

Tabulka 2 Vstupní hodnoty

| | Současný stav (2 směny) | | Plánovaný stav (1 směna) | |
|------------------------|-------------------------|--------|--------------------------|--------|
| | EDC | MECH | EDC | MECH |
| Roční požadavky [ks] | 4111 | 1986 | 1931 | 933 |
| Potřeba na směnu [ks] | 16,4 | 7,9 | 15,4 | 7,4 |
| Doba využití [s/směna] | 26400 | 26400 | 26400 | 26400 |
| TT [s] | 1609,8 | 3341,8 | 1714,3 | 3567,6 |
| TCT [s] | 1287,8 | 2673,4 | 1371,4 | 2854 |

$$TT = \frac{\text{Plánovaná doba využití (směna)}}{\text{potřeba na směnu}}$$

$$TT_{EDC_souč.} = \frac{26400}{16,4} = 1609,8 \text{ s/kus}$$

$$TT_{EDC_bud.} = \frac{26400}{15,4} = 1714,3 \text{ s/kus}$$

$$TT_{MECH_souč.} = \frac{26400}{7,9} = 3341,8 \text{ s/kus}$$

$$TT_{EDC_bud.} = \frac{26400}{7,4} = 3567,6 \text{ s/kus}$$

6.1.4. Výpočet TCT

$$TCT = TT \cdot OEE$$

$$TCT_{EDC_souč.} = 1609,8 \cdot 0,80 = 1287,8 \text{ s/kus}$$

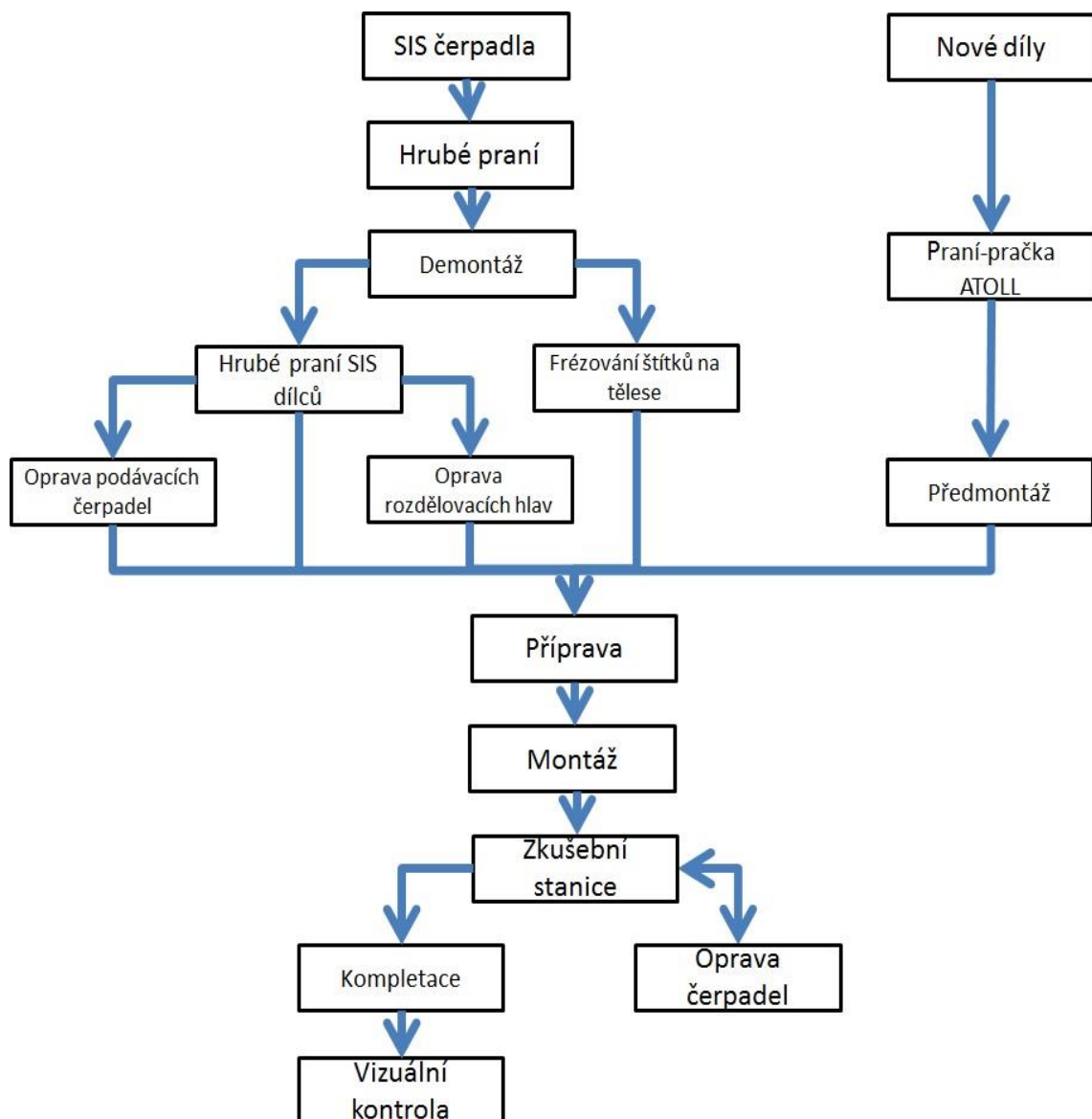
$$TCT_{EDC_bud.} = 1714,3 \cdot 0,80 = 1371,4 \text{ s/kus}$$

$$TCT_{MECH_souč.} = 3341,8 \cdot 0,80 = 2673,4 \text{ s/kus}$$

$$TCT_{MECH_bud.} = 3567,6 \cdot 0,80 = 2854 \text{ s/kus}$$

6.2. Analýza současného stavu

Cyklus sériové opravy začíná v servisech po celém světě, kde je čerpadlo z motoru demontováno a posláno do jihlavského závodu. Čerpadla jsou ve většině případů znečištěná, proto je nutné je důkladně vyprat a vyčistit, aby nečistoty nemohli být zdrojem partikulů a případných kvalitativních problémů. Po vyprání se čerpadla rozebírají a probíhá kontrola všech komponentů. Použitelné komponenty se opravují, nepoužitelné komponenty se šrotují a jsou nahrazeny novými. Veškeré potřebné komponenty čerpadla se vychystávají do beden. Následně probíhá montáž čerpadla, zkoušení, kompletace a výstupní kontrola. Celý postup oprav celého čerpadla je znázorněn na obrázku 24.



Obr. 24 Operace výroby čerpadel VE

6.2.1. Předmontáž, montáž, zkušební stanice, kompletace, vizuální kontrola

V této diplomové práci se budu věnovat optimalizaci materiálového toku a rozmístění pracovišť metodou LLD na části výroby čerpadel VE. Konkrétně předmontáž těles, montáž čerpadel, zkušební stanice, kompletace a vizuální kontrola.

Předmontáž

Nová tělesa se vyperou a jdou na předmontáž. Ta spočívá v popisu na laserovém popisovači, lisování gufera, lisování uzavírací kuličky a montáže podávacího čerpadla. Tělesa po demontáži čerpadel, praní a vyfrézování starého typového štítku je nutné znovu popsat na laserovém popisovači, nalisovat gufero a namontovat podávací čerpadlo. Blokovací kulička se nechává stávající. Takto připravená tělesa se poté vrací na přípravné pracoviště, kde pracovník připravuje veškeré komponenty potřebné pro montáž čerpadla. V bednách na vozících jsou pak tyto komplety připravené ve FIFO drahách na montáž.

Montáž

Montážní pracovník po kalibraci momentových klíčů a měřidel umístí vozík s bednami do pneumatického zvedáku vedle montážního stolu, vyjede zvedákem do pracovní polohy a postupně namontuje komponenty, které jsou zobrazeny na obrázcích 22 a 23. Na vozících následně jdou přímo na zkušební stanice nebo se tvoří mezizásoba v prostoru mezi stanicemi.

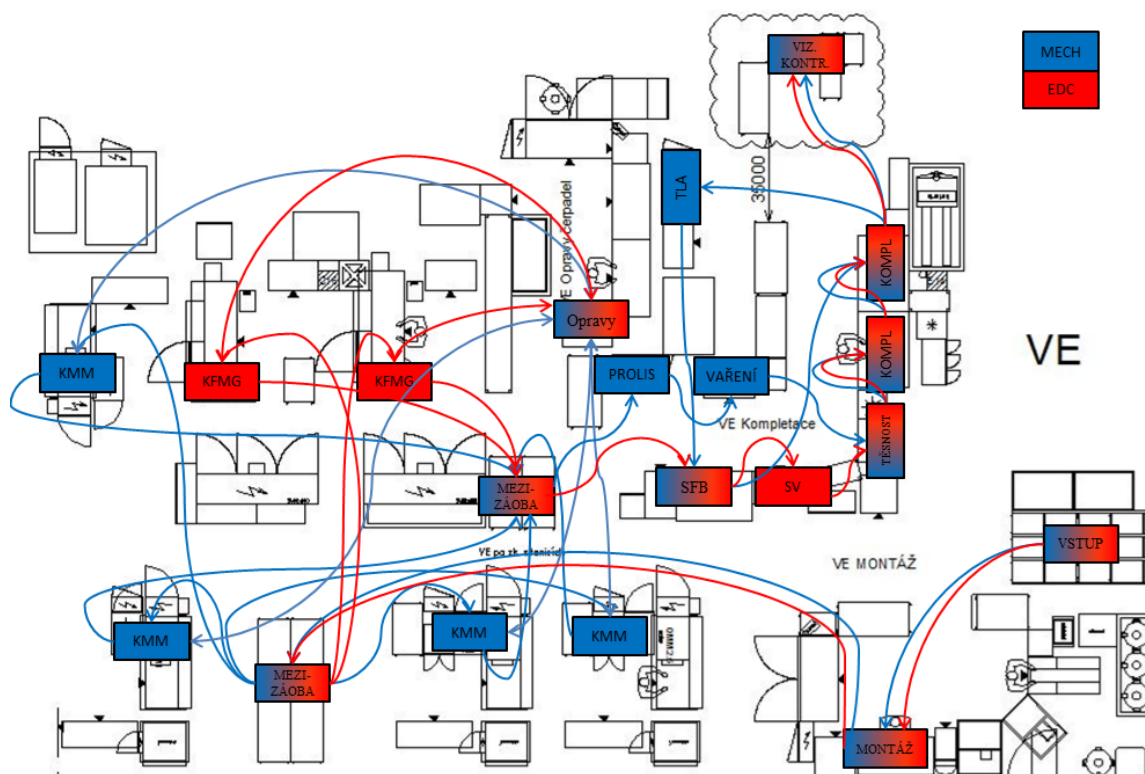
Zkušební stanice

Na zkušebních stanicích se testují čerpadla, kontroluje se tlak a dávkování, kterého čerpadlo dosahuje. Testování se provádí na dvou typech stanic. Mechanická čerpadla se testují na čtyřech stanicích KMM. EDC čerpadla se testují na dvou stanicích KFMG. Jestliže čerpadlo dává tlak a objem paliva dle tolerancí, jde ve vozících na kompletaci. V případě špatného výsledku předá pracovník na stanicích těleso na opravu. Po opravě se test provede znovu.

Kompletace VE

Kompletace spočívá v dokončení montáže čerpadla a nastavení takových parametrů, které jsou nutné nastavit až po zkouškách na zkušebních stanicích. Jsou to u mechanických čerpadel typu XXX349 prolisování mechanických pák, zavaření šroubu dodávky, zkouška těsnosti na zkoušce potopením čerpadla do zkušebního média,

kontrola utahovacích momentů na spojovacích součástech čerpadla, nabarvení kontrolních a bezpečnostních bodů na čerpadle, nastavení parametru TLA a seřízení spojky SFB. U EDC čerpadel typu XXX562 se provádí seřízení spojky SFB, odsátí nečistot na sacím ventilu, kontrola utahovacích momentů na spojovacích součástech čerpadla, zkouška těsnosti na zkoušce potopením čerpadla do zkušebního média, nabarvení kontrolních a bezpečnostních bodů na čerpadle. Materiálový tok dané části výroby čerpadel VE je zobrazen na obrázku 25. Ostatní neoznačená pracoviště na kompletaci se používají pro další typy čerpadel, pro mé dva reprezentanty jsou nerelevantní, nicméně do budoucího návrhu je nutné s nimi počítat a do linky je zakomponovat.



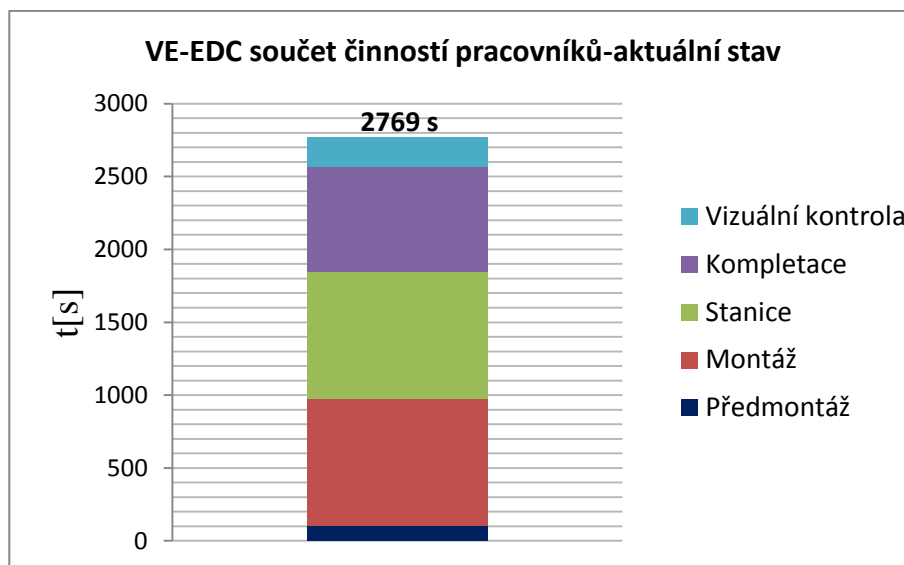
Obr. 25 Materiálový tok současného stavu

6.2.2. Časová náročnost reprezentantů

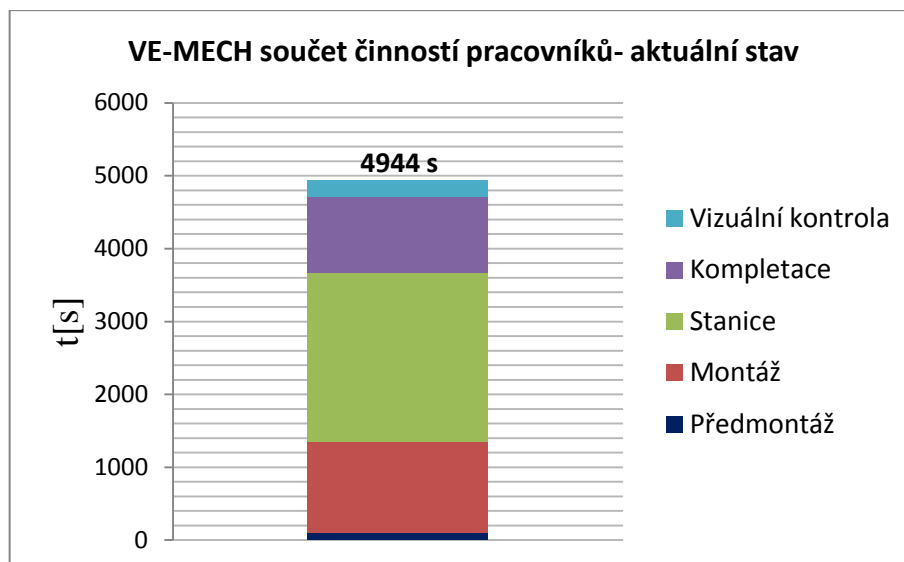
Pro získání časových údajů pro jednotlivé operace jsem použil metodu předem určených časů MTM-1. Nejedná se sice o velkosériovou výrobu do taktu jedné minuty, pro kterou byla tato metoda vyvinuta, ale při použití jiných metod (např. MTM-2 nebo MTM-UAS), které by byli vhodnější pro menší sérii, by nebylo možné udělat detailní analýzu, která by odhalila více potenciálů na zlepšení. Z toho důvodu jsem procesy

rozdělil na montážní kameny (viz jednotlivé přílohy analýz), a každý tento kámen detailně analyzoval metodou MTM-1. Z důvodu časové náročnosti jsem si každý proces výroby nafilmoval a následně ze záznamu prováděl analýzu. Z důvodu datové velikosti analýz jsem pro ilustraci uvedl pouze příklad analýzy pro kompletaci VE-EDC, viz přílohy 2-12.

Po dokončení analýz pro všechna potřebná pracoviště jsem z časových dat udělal stohový diagram manuálních činností, viz graf 1 a 2. Díky diagramům je možné určit teoretický počet pracovníku jednoduchým výpočtem, kdy součet všech manuálních činností vydělíme taktem TCT. Teoretický počet pracovníků odpovídá stavu, kdy v žádném z procesů nedochází ke ztrátám (např. čekání na dokončení strojního času, neplánované organizační ztráty atd.).



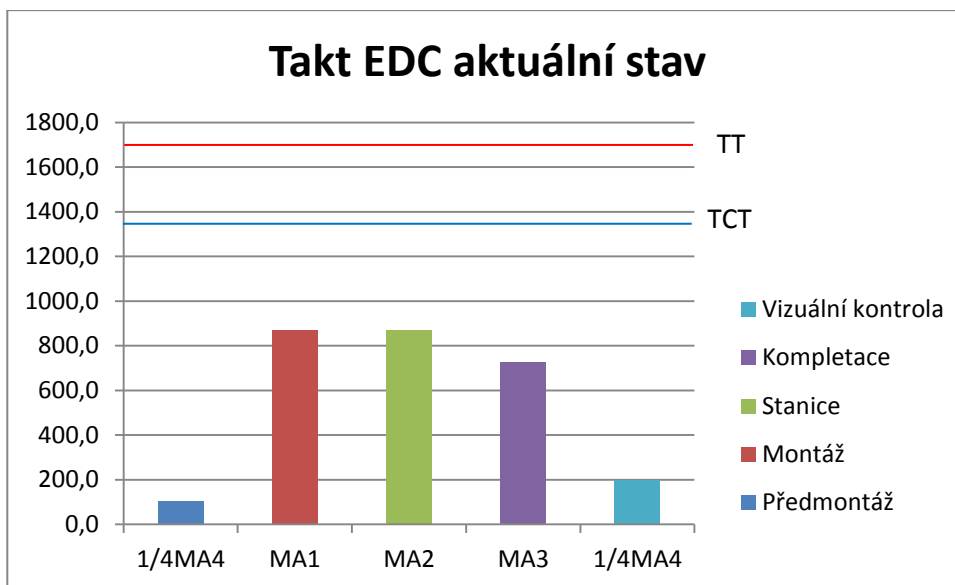
Graf 1 Stohový diagram činností procesů VE-EDC aktuální stav



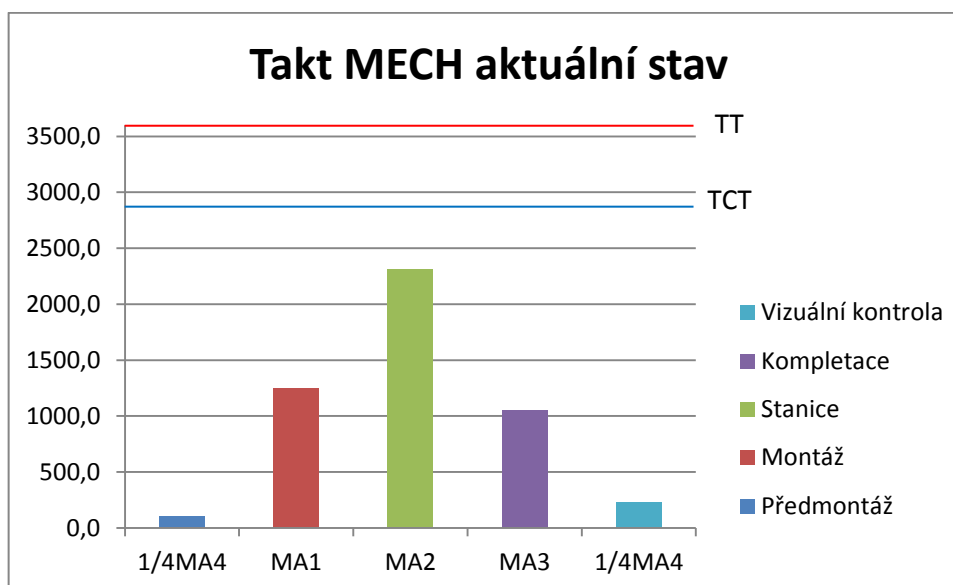
Graf 2 Stohový diagram činností procesů VE-MECH aktuální stav

6.2.3. Obsazení pracovišť- současný stav

V současné době pracuje na dané části výroby 5 pracovníků. První pracovník provádí předmontáž těles, po dokončení dávky odchází na přípravu komponentů pro montáž. Předmontáži věnuje 25% svého pracovního času. Druhý pracovník je na montáži, kde pracuje po celou směnu. Třetí pracovník je buďto na stanicích KMM nebo na KFMG, záleží na tom, jestli se vyrábí čerpadla MECH nebo EDC. Další pracovník je po celou směnu na pracovišti oprav, nicméně tato práce je pokaždé rozdílná, jelikož se neopravuje pokaždé stejný komponent, nebo se neřeší pokaždé ten samý problém. Z toho důvodu jsem se rozhodl, že je tato práce natolik proměnlivá, že nemá smysl na ní provádět analýzy a tohoto pracovníka ve svých analýzách zohledňovat nebudu. Čtvrtý pracovník je po celou směnu na kompletaci čerpadel. Pátý pracovník po dokončení dávky provede vizuální kontrolu čerpadla. Tato činnost není časově náročná, z toho důvodu kontroluje více druhů čerpadel. Vizualní kontrole čerpadel VE se věnuje 25% svého pracovního času. Z tohoto popisu obsazení pracovišť vyplývá, že v současné době výrobu provádí 3,5 pracovníků. 3 lidé 100% pracovního času, další dva po 25% svého času.



Graf 3 Rozložení činností EDC



Graf 4 Rozložení činností MECH

6.2.4. Využití strojů

Zkušební stanice

Nastavování parametrů čerpadel se provádí na čtyřech stanicích KMM, přičemž jedna stanice se využívá na provádění testů kvality a nepravidelně se používá i pro výrobu. S touto stanicí se do budoucna počítá, že se přestěhuje do dílny oddělení kvality. Další stanice je odpojená od médií a je odstavená. Na dílně je pouze z důvodu zastoupení v případě poruchy jedné ze dvou stanic, které jsou v provozu. Jedna ze dvou zapojených stanic je nastavená na čtyř-hrdlová čerpadla a druhá na šesti-hrdlová

čerpadla, což šetří čas v případě přeseřizení. Stanice KFMG se používají obě a jsou stejně jako dvě stanice KMM nastaveny na čtyř resp. šesti hrdlová čerpadla.

Zkouška těsnosti

Těsnost čerpadel se testuje na zařízení, které se nazývá potápka. Princip je takový, že se čerpadla namontují do stanice, připojí se na přívod vzduchu, potopí se do zkušební kapaliny a tlakují se na tlak $8\pm 0,8$ bar. Ve zkušební kapalině zůstávají po dobu 9 minut a kontroluje se, zda se objevují unikající bublinky, což by znamenalo, že čerpadlo netěsní. V současné době probíhá testování dvou čerpadel najednou, dochází ke ztrátám tím, že pracovník musí čekat na dokončení strojního času. Existují zařízení stejného typu, které jsou schopny testovat více čerpadel současně. Je to závislé pouze na velikosti nádoby, která je naplněna zkušební kapalinou a na počtu upínacích přípravků.

6.3. Hledání potenciálů

Při pozorování procesů a při zpracovávání analýz jsem odhalil několik potenciálů na úspory časů, pracovníků a strojů. Tyto potenciály povedou ke zrychlení času výroby, snížení počtu pracovníků a zlepšení pracovního prostředí.

6.3.1. Úspora zkušebních stanic

U stanic KMM je potenciál na úsporu nákladů a plochy za dvě stanice. Dle analýz je dostačující pouze jedna stanice, nicméně z důvodů popsaných výše jsem zachoval dvě stanice KMM i KFMG

6.3.2. Zvýšení kapacity zkoušky těsnosti

Dochází zde ke ztrátám způsobeným čekáním na dokončení strojního času potápky. Za předpokladu použití potápky pro více čerpadel a upravení organizace pracovišť je možné toto čekání zredukovat na minimum.

6.3.3. Předimenzovaná pracoviště

Další potenciály plynou z toho, že většina rozměrů pracovišť jsou předimenzované. V minulosti se zde sériově repasovalo několikanásobně větší množství čerpadel. Celá montáž a kompletace byla postavená do jedné linky. Jednotlivá pracoviště byla propojená poháněnými dopravníky. Po poklesu zakázek se linka rozložila do hnízd, která dnes odpovídá předmontáži, montáži a kompletace. Rozměry stolů a pracovišť se ale žádným způsobem neredukovala. Nástroje a umístění materiálu není ideální, pracovník se k nim musí natahovat, dokonce k nim i chodit.

6.3.4. Sloučení předmontáže těles čerpadel VE a VP30

Paralelně probíhá plánování nového uspořádání i dalších výrob. Plánuje se, že pracoviště příprav budou společná pro čerpadlo VE a VP30, jelikož je tento proces pro oba produkty podobný. Vzhledem k tomu, že se čerpadlo předmontuje a poté se vrací zpět na přípravu, aby ho pracovník vychystal do bedny společně s ostatními komponenty, které jsou potřebné pro montáž čerpadla, by bylo vhodnější umístit předmontáž blíže k přípravě. Tím by se zredukovali zbytečné manipulace s tělesem čerpadla.

6.3.5. Materiálový tok

Na obrázku 25 je vidět tok materiálu aktuálního stavu výroby. Plyne z toho několik potenciálů pro optimalizaci materiálového toku.

- Materiálový tok mezi montážemi a stanicemi není ideální, tvoří se mezizásoba, což je při tomto typu výroby nutná záležitost, nicméně pozice, kde se mezizásoba tvoří, je zbytečně daleko od montáže a od stanic KFMG.
- V oblasti kompletace se tok materiálu se kříží a není plynulý.
- Materiál po dokončení kompletace putuje na vozících cca 35m.
- Pozice opravárenského hnízda není v optimální pozici. Ideálně by mělo být uprostřed mezi stanicemi KFMG a KMM.

6.3.6. Unifikace spojovacích součástí

Při montáži se používá široká škála spojovacích šroubů a matic. Pro dotažení těchto součástí se musí měnit nástavce na pneumatické šroubováky a momentové klíče. Unifikací spojovacích součástí by odpadly pohyby nutné pro výměnu nástavců. Dotahování by bylo možné provádět jedním nástrojem.



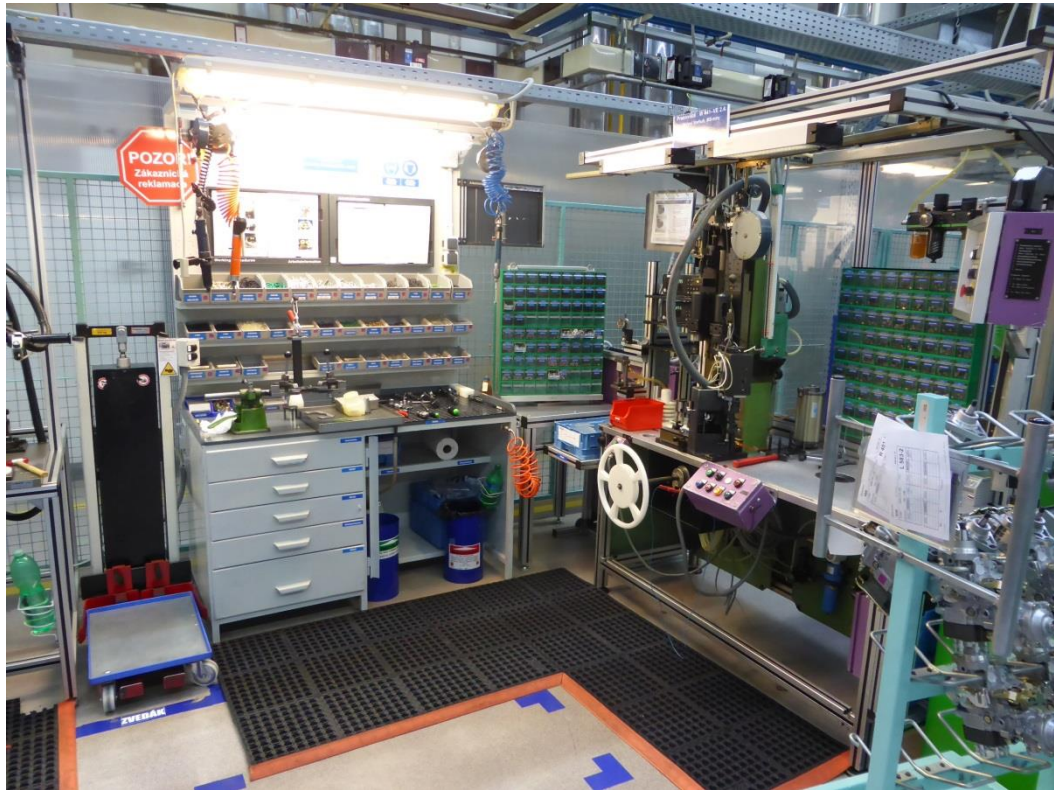
Obr. 26 VE-MECH spojovací součásti

6.4. Návrhy optimalizačních opatření

Po analýze možných potenciálů jsem se zaměřil na návrhy opatření, jak zamezit zbytečným ztrátám především na pracovištích, kde je největší manuální časová náročnost.

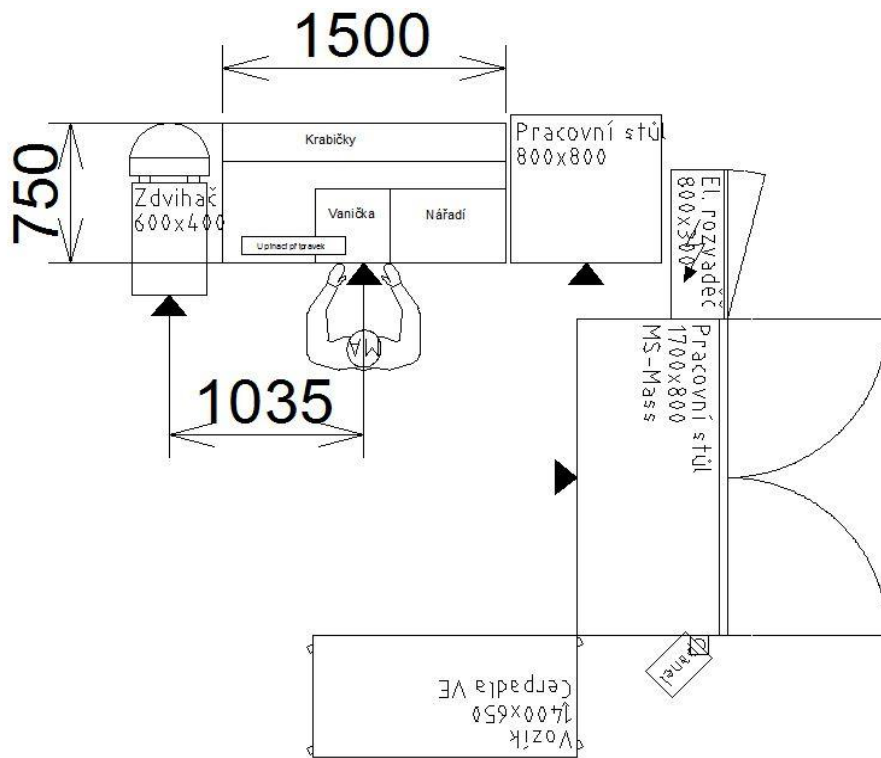
6.4.1. Návrh montážního hnízda

Na obrázku 27 je vyfoceno montážní hnízdo pro montáž čerpadel. Skládá se ze zvedáku na bedny, ve kterých jsou vychystané komponenty z přípravy a samotného stolu, na kterém jsou umístěny zásobníky na drobné dílce ve formě krabiček, upínací otočný přípravek, vanička, na kterou se odkládají mastné věci, prostor pro nástroje atd.

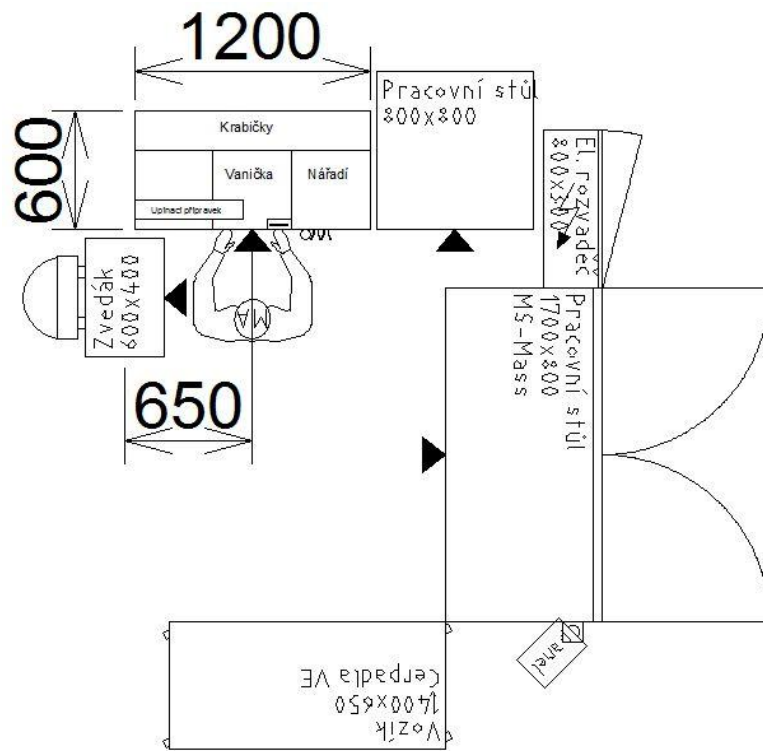


Obr. 27 Montážní hnízdo

Rozhodl jsem se použít menší montážní stůl, místo rozměru 1500x750 mm jsem použil stůl 1200x600 mm. Zvedák na bedny s komponenty jsem použil takový, aby písty a pneumatické zařízení bylo ze strany zvedáku a ten bylo možné posunout blíže k montážníkovi. Upínací otočný přípravek jsem posunul blíže ke zvedáku a na nejpoužívanější nástroje, jako jsou dva momentové klíče a kleště, jsem stůl vybavil přípravky, do kterých se tyto nástroje zavěsí, montážník je bude mít při ruce a nebude je muset vyhledávat mezi ostatními nástroji na stole.

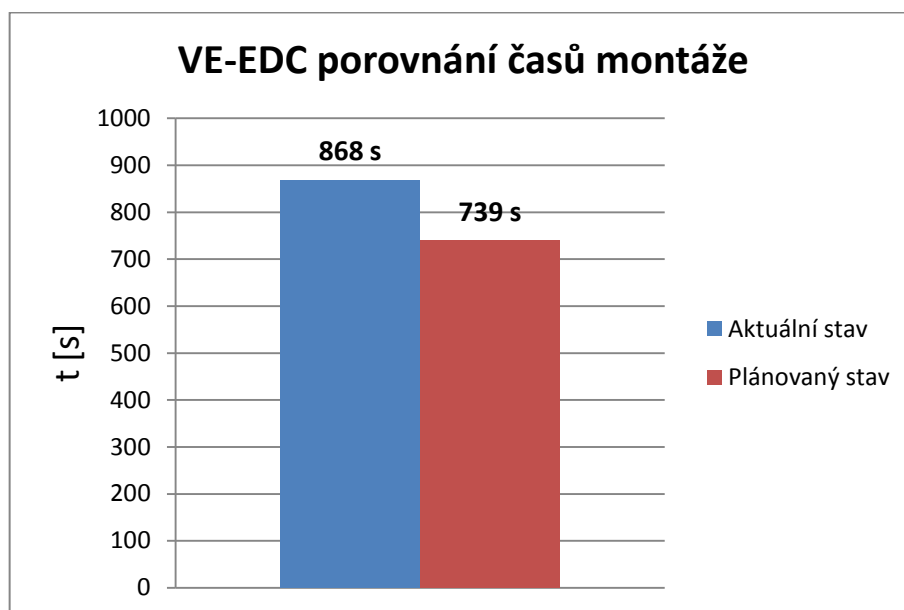


Obr. 28 Montážní hnízdo aktuální stav

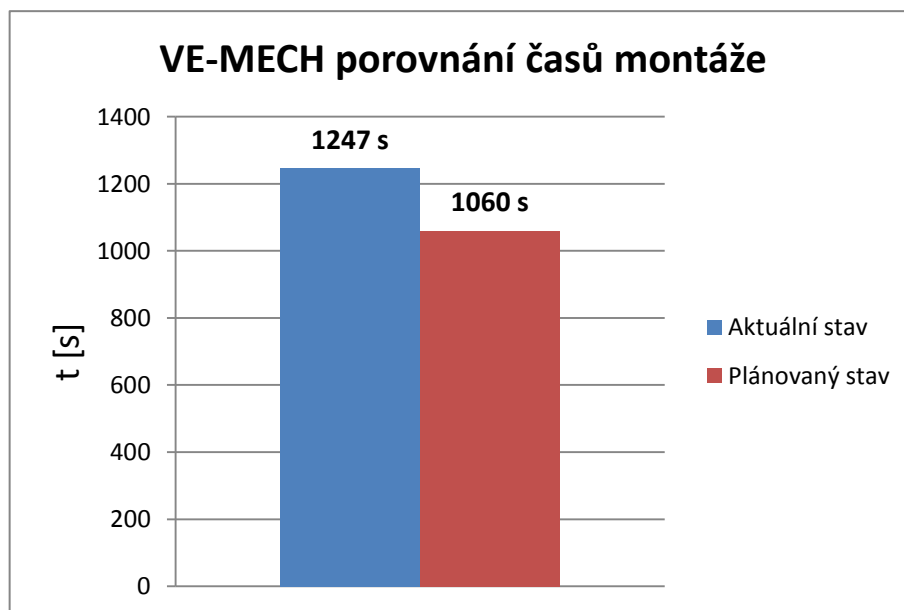


Obr. 29 Montážní hnízdo plánovaný stav

Následně jsem pro nový návrh montážního hnízda provedl MTM analýzy. Porovnání dat jsou zobrazeny v grafech 5 a 6, kde je zobrazen souhrn všech potřebných činností na jeden kus za předpokladu ideálního průběhu bez ztrát.



Graf 5 Porovnání aktuální a plánovaného času montáže EDC



Graf 6 Porovnání aktuální a plánovaného času montáže MECH

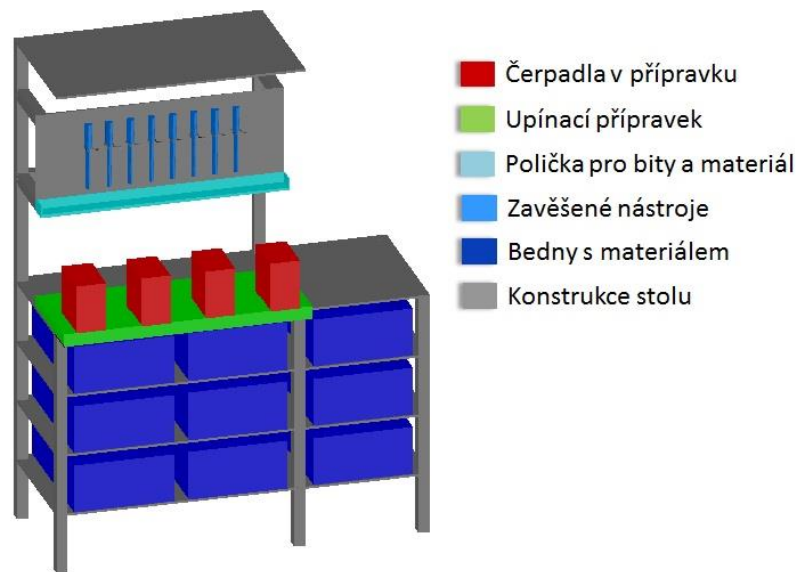
6.4.2. Návrh stolu pro kontrolu utahovacích momentů

Největší potenciál na úsporu času na kompletaci je stůl, kde se kontrolují utahovací momenty spojovacích součástí čerpadla. Z otočného odkapávacího přípravku na potápce se čerpadla umístí do upínacího přípravku na stole pro kontrolu momentů.

Následně pracovník postupně pomocí lámacích utahovacích klíčů zkontroluje požadované utahovací momenty, provádí se zde také barvení kontrolních bodů a montáž zbylých komponentů. Nástroje jsou odloženy vedle upínacího přípravku a pravidelně k nim musí chodit, aby si nástroj vyměnil. V mém návrhu, jehož model je na obrázku 31 tuto zbytečnou cestu zredukuje na minimum. Veškeré potřebné nástroje budou zavěšeny na háčcích na desce před pracovníkem. Vyměnitelné nástavce momentových klíčů budou v poličce pod nástroji, polička je zároveň dostatečně velká, aby se na ní dali umístit i krabičky např. na šrouby, krytky atd. Na stole jsem použil stávající upínací přípravek a zachoval police pod stolem na bedny, ve kterých je materiál nebo např. pájka na mazání nápisu na konektoru u některých EDC čerpadel. V současnosti je vedle stolu pro kontrolu utahovacích momentů ještě umístěn stůl o rozměru 1500x1000 mm, který se používá pro dokončení čerpadel, tzn. montáž krytek, matice na hřídel atd. Tento stůl již nebude potřeba, protože bude možné toto dokončení provádět na novém stole na ploše vedle upínacího přípravku.

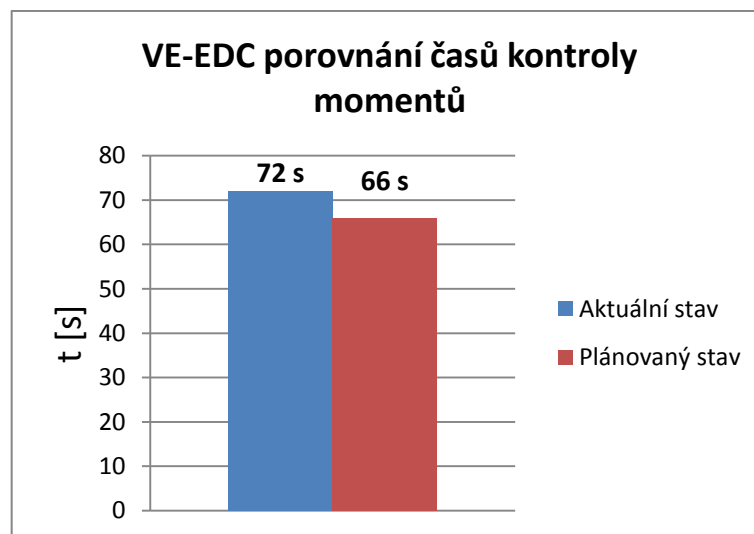


Obr. 30 Aktuální stůl pro kontrolu utahovacích momentů

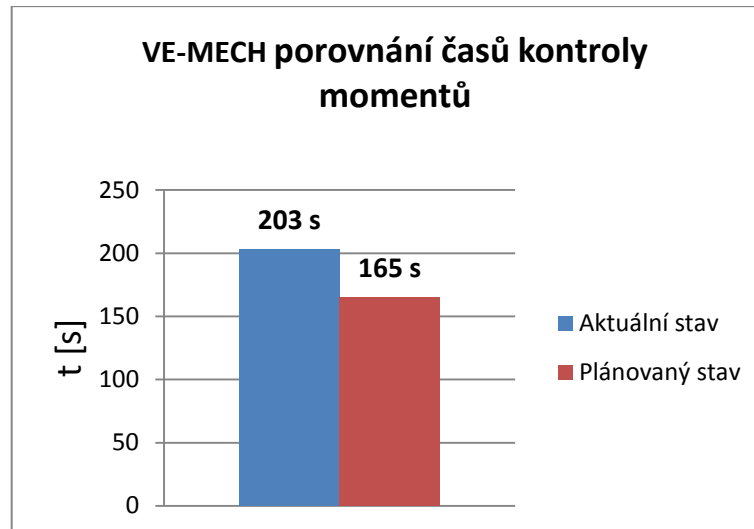


Obr. 31 Návrh stolu kontroly utahovacích momentů

Také pro tuto změnu jsem provedl MTM analýzu a výsledky vynesl do grafu 7 a 8, kde je zobrazen souhrn všech potřebných činností na jeden kus za předpokladu ideálního průběhu bez ztrát.



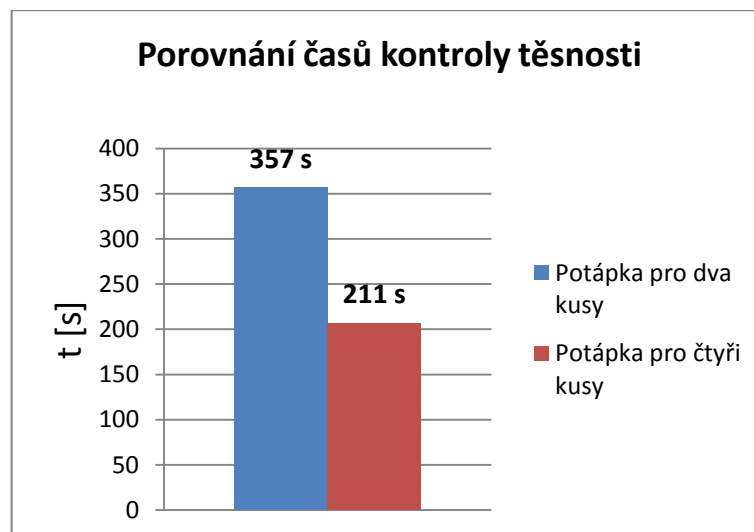
Graf 7 Porovnání aktuální a plánovaného času kontroly momentů VE-EDC



Graf 8 Porovnání aktuální a plánovaného času kontroly momentů VE-MECH

6.4.3. Návrh kompletace s potápkou pro 4 čerpadla

Jak již bylo napsáno v kapitole 6.2.4, zvýšením kapacity potáčky dojde ke snížení doby potřebné na odzkoušení jednoho kusu, protože při výpočtu potřebného času na výrobu jednoho kusu se bude strojní čas dělit čtyřmi. Rozhodl jsem se na navýšení kapacity na čtyři čerpadla z toho důvodu, že stůl na kontrolu utahovacích momentů je vybaven přípravkem pro čtyři čerpadla. Nabízí se tedy pro kompletaci definovat výrobní dávku na čtyři kusy. Porovnání časů potřebných pro odzkoušení jednoho kusu v potápce pro dvě resp. čtyři čerpadla je zobrazen na grafu 8. Zde nejsou čerpadla rozlišena (VE-EDC/VE-MECH), protože zkouška těsnosti je pro všechny typy totožná.



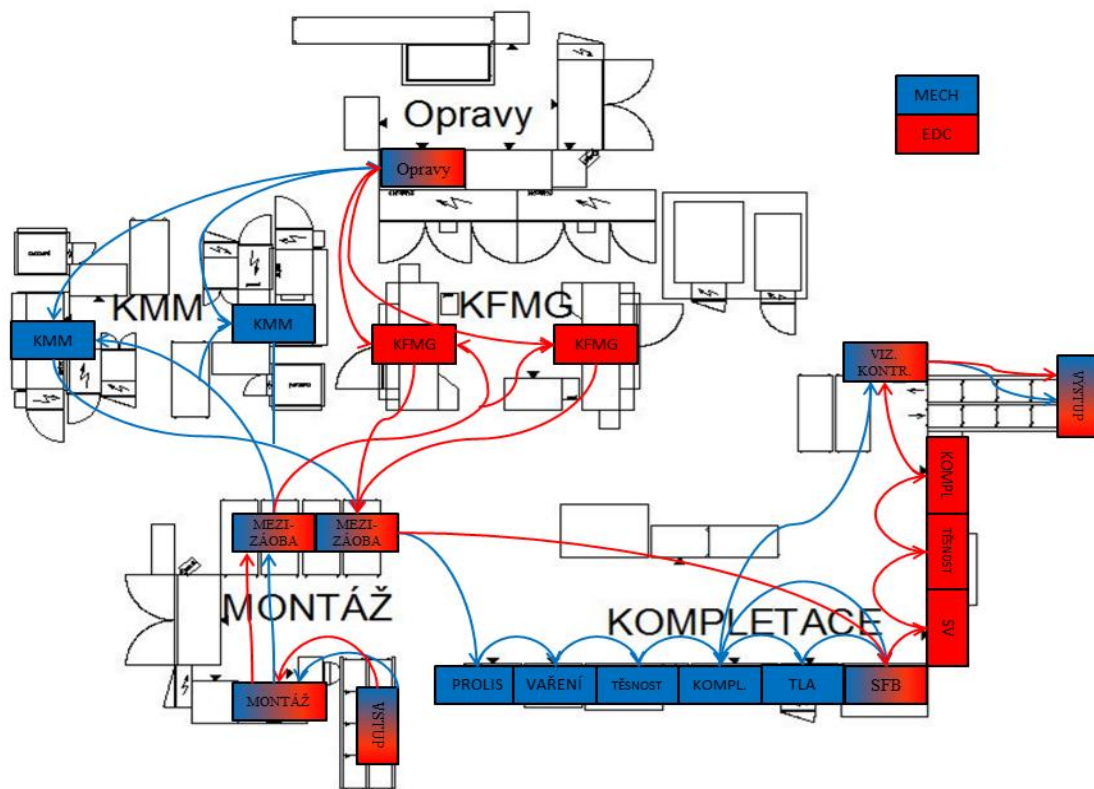
Graf 9 Porovnání strojních časů potáčky pro dva resp. čtyři kusy

6.5. Návrh dispozičních řešení

Při navrhování dispozičních řešení jsem vycházel z kapitoly 6.3. (hledání potenciálů). Snažil jsem se zoptimalizovat materiálový tok, zkrátit vzdálenosti mezi pracovišti, zoptimalizovat kompletaci, aby tok materiálu byl co nejpřímější, v neposlední řadě snížit zastavěnou plochu. Použil jsem upravené hnízdo pro montáž, nový stůl pro kontrolu utahovacích moment a potápku pro čtyři čerpadla. Ve variantách už není počítáno s předmontáží viz kapitola 6.3.4. Pro vytváření návrhů jsem dodržoval standard pro plánování ploch v JhP, tzn. dostatečný prostor pro údržbu a přeseřizení, prostor pro pracovníka, prostor za elektrickými rozvaděči kvůli požární bezpečnosti apod.

Postupoval jsem tak, že jsem vycházel z ideální stavu umístění, tzn. žádná omezení, co se týče budovy nebo dalších výrob. Ve všech variantách je umístění montáže, stanic a vizuální kontroly téměř stejné, jelikož do určeného prostoru takto ideálně pasují a opravy a vizuální kontrola má návaznost na výrobu vedle daného prostoru. Pozice montáže musí být co nejnižší, protože pod touto plochou se nachází zásobovací komunikace a montáž je třeba zásobovat. Zároveň je ideální ji umístit do levého rohu, protože za komunikací bude v tomto prostoru umístěno vychystávání materiálu pro montáž. Vizuální kontrola by měla být na pravé straně, protože ji bude využívat i výroba napravo. Ve variantách jsem hledal nejlepší variantu pro dispoziční řešení kompletace a umístění kompletace s ohledem na materiálový tok.

6.5.1. Varianta 1

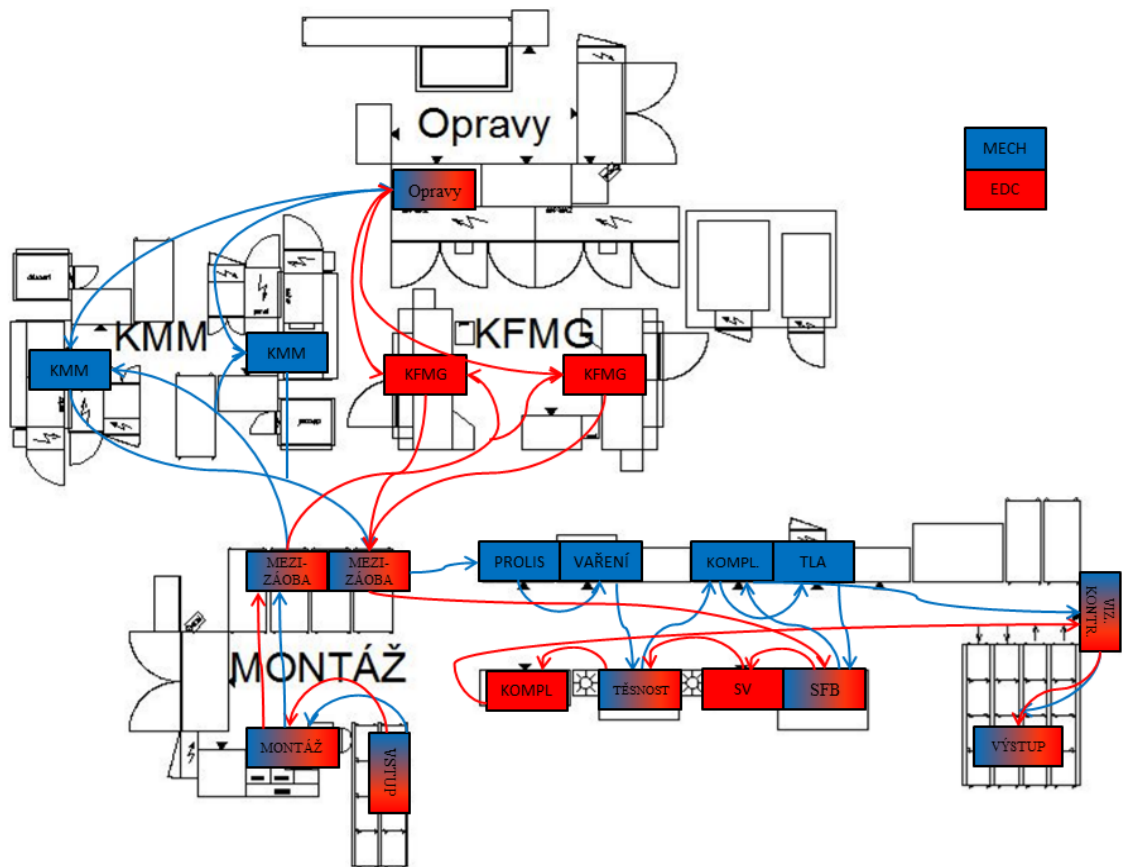


Obr. 32 Dispoziční řešení- varianta 1

V této variantě jsem se snažil vytvořit takový stav, kdy pro kompletaci EDC a MECH čerpadel bude tok plynulý a jednosměrný, vytvořit linku pro kompletaci EDC čerpadel i MECH čerpadel. To znamená, že jsem musel použít dva kompletační stoly a dvě potápky. Stanice SFB je jedinečný a starý stroj. Výroba nebo koupě další takové stanice by byla velice nákladná. Proto jsem se rozhodl stanici SFB využívat pro oba typy. Z těchto předpokladů jsem vytvořil variantu na obrázku 32.

6.5.2. Varianta 2

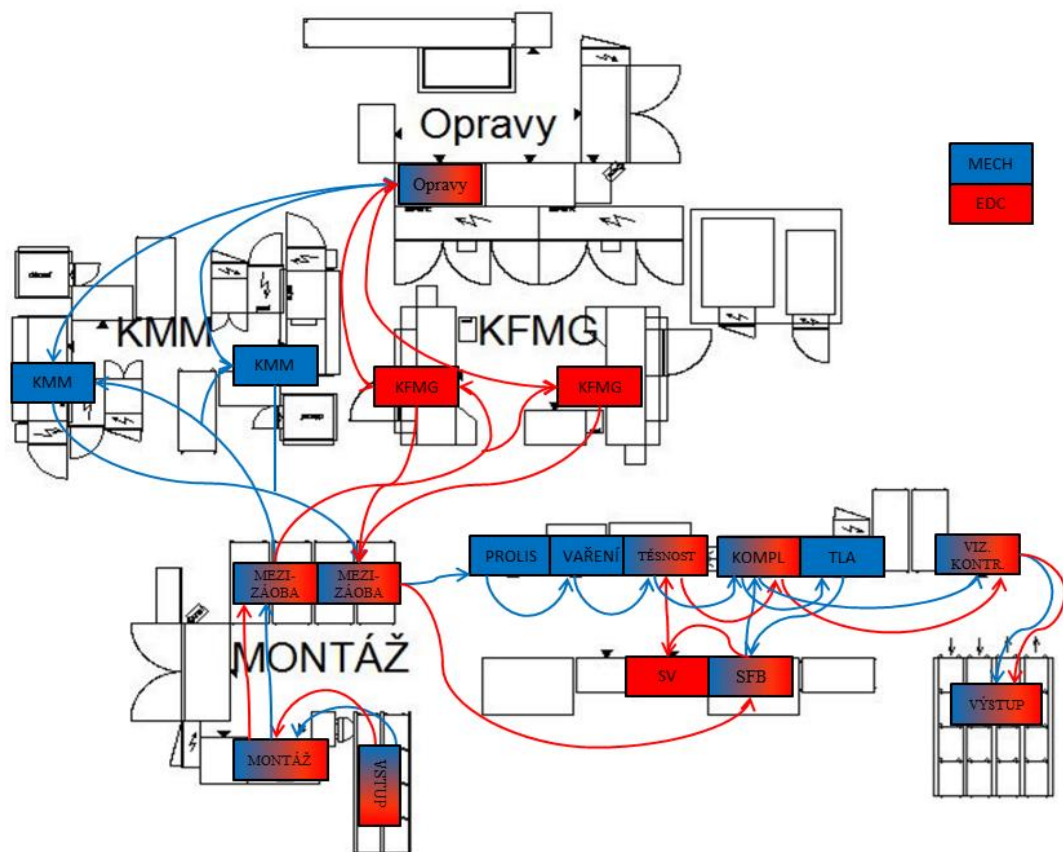
Tato varianta vychází z umístění stanic pro kompletaci EDC vedle sebe. Na tyto stanice jsem se snažil napasovat ostatní stanice pro čerpadel MECH. Pro lepší materiálový tok jsem v této variantě použil dva stoly pro kontrolu utahovacích momentů a potápku jsem vybavil odkapávacími přípravky na každé straně.



Obr. 33 Dispoziční řešení- varianta 2

6.5.3. Varianta 3

Tato varianta vychází ze stávajících stolů a strojů, pouze jsem použil potápek pro čtyři čerpadla a jeden nový stůl pro kontrolu momentů dle návrhu z kapitoly 6.4.2. Zde jsem se snažil vytvořit kompromis v materiálovém toku kompletace pro oba typy.



Obr. 34 Dispoziční řešení- varianta 3

6.6. Výběr optimální varianty a implementace do daného prostoru na hale

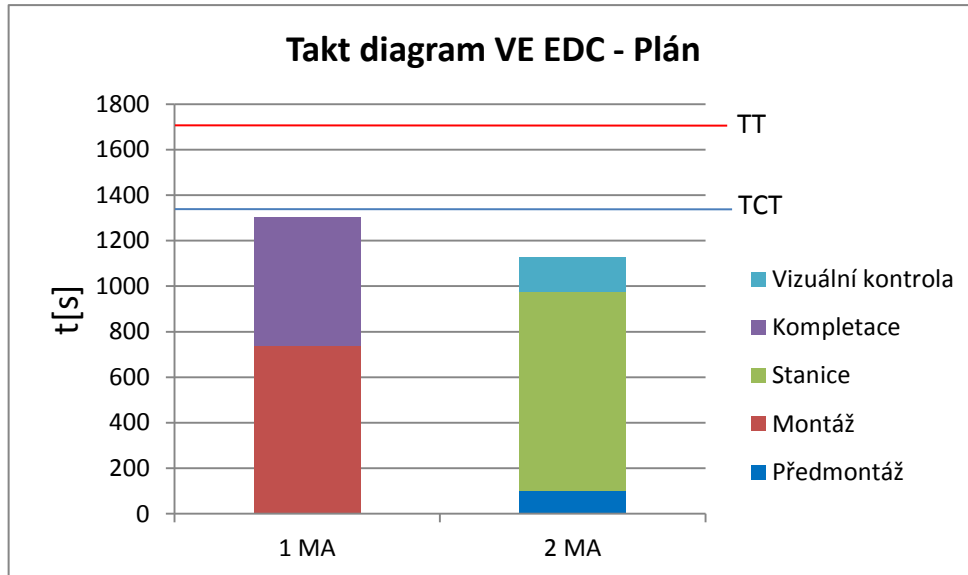
Při výběru optimální varianty jsem porovnával zastavěnou plochu, investice a délku materiálového toku. Hodnoty pro všechny tři varianty jsou shrnuty v tabulce 3. Počet pracovníků je u každé varianty stejný. Součet činností se liší v rozsahu cca 3 vteřin na kus, je to tedy nerelevantní parametr. Varianta 3 vychází jako nejlepší pro všechny tři porovnávané parametry. Materiálový tok není ideálně plynulý, je to ale přijatelný kompromis. Tato varianta je implementována do prostoru, který mi byl pro tuto výrobu určený. Layout této implementace je zobrazen v příloze 1.

Tabulka 3 Porovnání parametrů variant dispozičních řešení

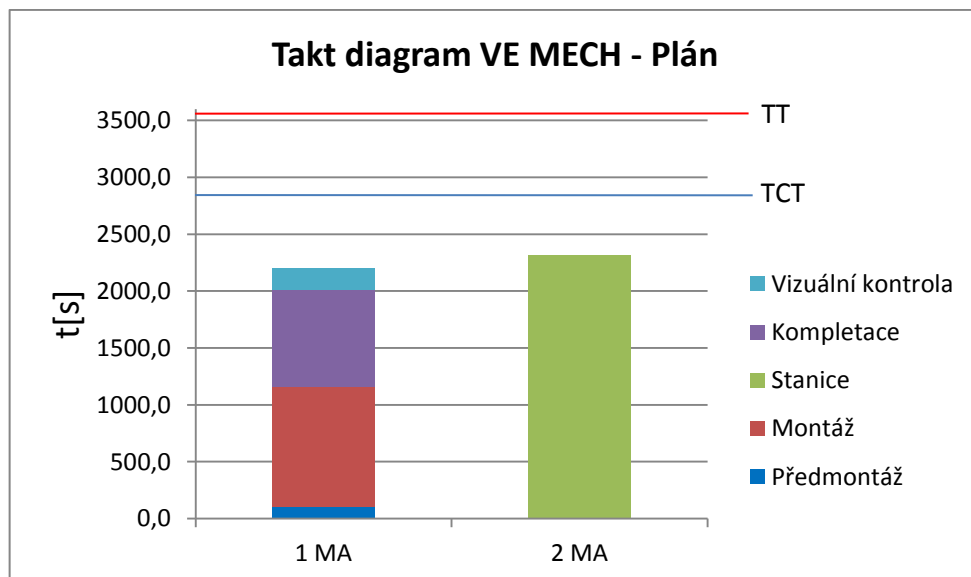
| | Varianta 1 | Varianta 2 | Varianta 3 |
|------------------------------------|------------|------------|------------|
| Zastavěná plocha [m ²] | 166 | 155 | 150 |
| Investice [Kč] | 280 000 | 180 000 | 140 000 |
| Materiálový tok [m] | 104,7 | 111,4 | 97,8 |

6.7. Vybalancování procesů

Pro rovnoměrné využití pracovníků jsem rozdělil činnosti dle diagramů 10 a 11. Z diagram je patrné, že jsou činnosti pod cílovým taktem TCT. Rozdělení není ideální, nicméně pracovník, který bude mít méně práce, může být využit v jiné výrobě nebo provádět přípravu na následující den.



Graf 10 Vybalancování výroby EDC



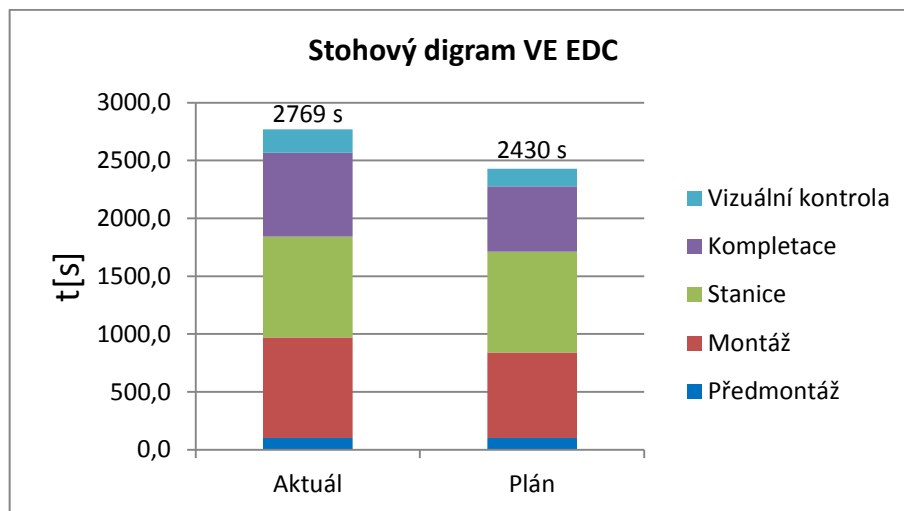
Graf 11 Vybalancování výroby MECH

7. Závěr

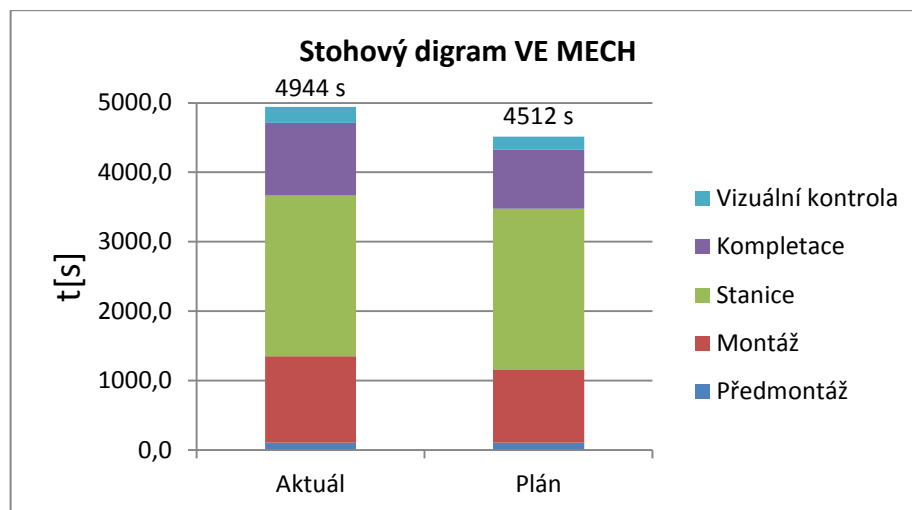
Cílem této práce bylo metodou LLD zvýšení produktivity, snížení zastavěné plochy, zlepšení materiálového toku, snížení počtu pracovníků a snížení výrobního času za předpokladu minimálních investic.

Analýzami MTM jsem dokázal, že návrhy mých úprav zvýší produktivitu o 57%. Díky tomu, že se snížil součet činností a tím se snížil i počet pracovníků, kteří jsou schopni vyrábět požadovaný počet kusů. Pro čerpadla VE jsem ušetřil 339s/kus, pro čerpadla MECH 432s/kus. Porovnání součtu činností současného a navrhovaného stavu jsou zobrazeny na grafech 12 a 13. Tabulka 4 shrnuje všechny výsledky práce. Dokazuje, že cíl práce byl splněn.

Investice do vítězné varianty jsem vyčíslil na 140000 Kč, za výrobu nového stolu pro kontrolu utahovacích momentů a přestavbu potápký na kapacitu čtyř čerpadel. Zeštíhlením části dané výroby jsem ušetřil cca 72 m². Přičemž jeden m² se v JhP počítá jako 200 euro/rok, jeden montážní pracovník odpovídá cca 27000 euro/rok. Z těchto předpokladů lze určit, že moje řešení přinese úsporu cca 1,5 milionu Kč/rok.



Graf 12 Porovnání součtu manuálních činností současného a navrhovaného stavu EDC čerpadel



Graf 13 Porovnání součtu manuálních činností současného a navrhovaného stavu MECH čerpadel

Tabulka 4 Celkové výsledky práce

| | Současný stav | | Plánovaný stav | |
|---------------------------------|---------------|--------|----------------|--------|
| | EDC | MECH | EDC | MECH |
| Roční požadavky [ks] | 4111 | 1986 | 1931 | 933 |
| Potřeba na směnu [ks] | 16,4 | 7,9 | 15,4 | 7,4 |
| TT [s] | 1609,8 | 3341,8 | 1714,3 | 3567,6 |
| TCT [s] | 1287,8 | 2673,4 | 1371,4 | 2854 |
| Součet činností [s] | 2768,6 | 4944,1 | 2429,9 | 4512,3 |
| Teoretický počet pracovníků | 2,1 | 1,8 | 1,8 | 1,6 |
| Počet pracovníku | 3,5 | 3,5 | 2 | 2 |
| Zvýšení produktivity [%] | 57% | | | |
| Úspora plochy [m ²] | 72 | | | |
| Úspora nákladů [mil. Kč/rok] | 1,5 | | | |

Výroba, které jsem se ve své práci věnoval, je ve fázi tzv. doběhu, znamená to tedy, že počet výrobků každým rokem klesá. Z tohoto důvodu do případných úprav budou investovány pouze nezbytně nutné finanční prostředky a ze stejného důvodu jsem nemohl provést Mock up simulace mé výsledné varianty nebo zavést unifikaci spojovacích součástí z kapitoly 6.4.6. V případě, že by se jednalo o projektování nové velkosériové výroby, stálo by za úvahu řešit výroby jinak. V některých firmách posunuli flexibilitu linek na novou úroveň tím, že veškeré stroje a stanice jsou široké 600mm, jsou opatřené flexibilními přípojkami elektřiny a vzduchu a jsou umístěny na pojízdných podvozcích. Přeseřízení nebo změna vyráběného typu proběhne pouze

výměnou stanice, určené na daný typ výrobku. Je to budoucnost štíhlé a flexibilní výroby.

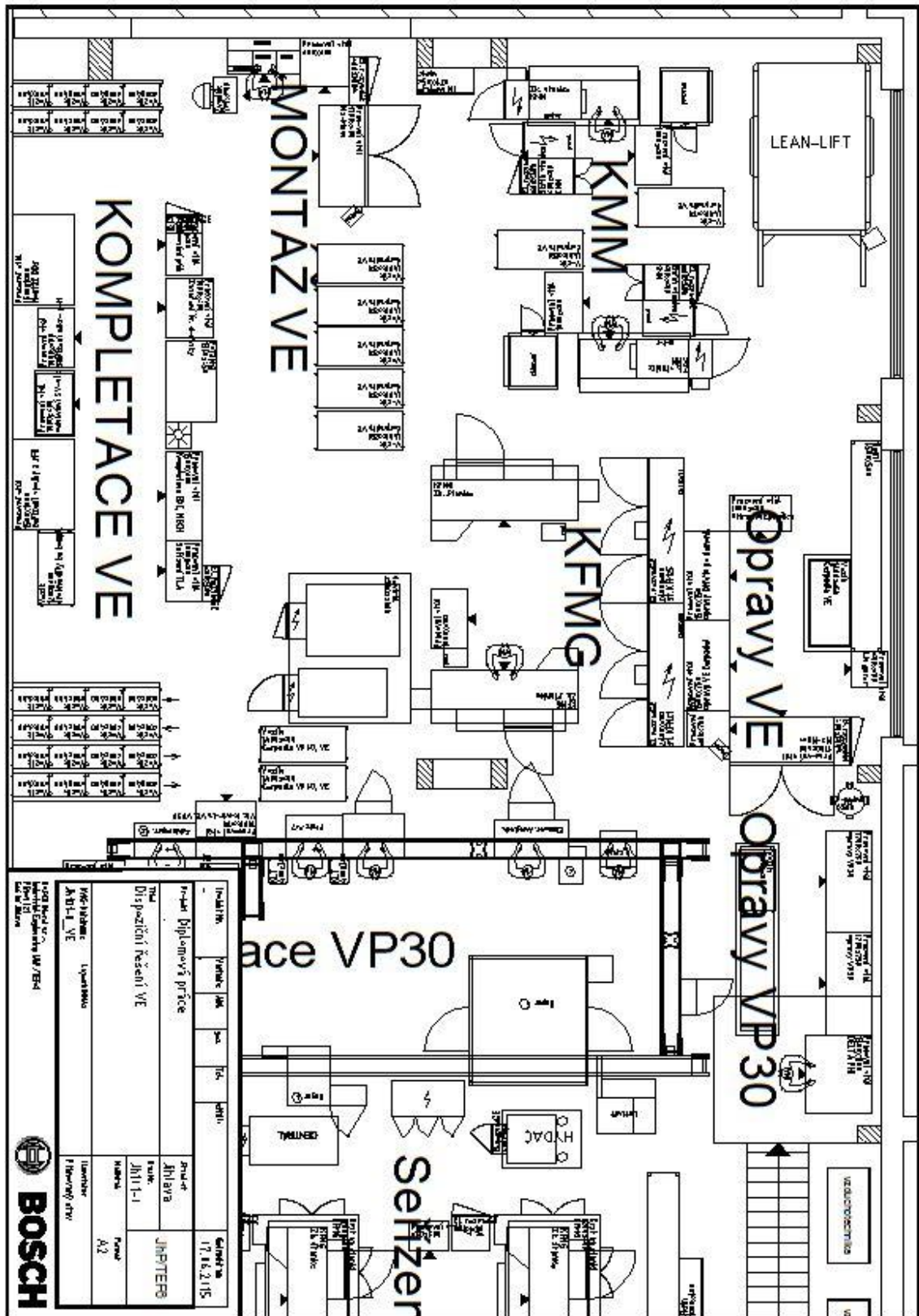
8. Použitá literatura

1. BRYCHTA, Jan. *Optimalizace montážní linky ve firmě Bosch Diesel Jihlava*. Praha, 2013. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce Prof. Ing. Antonín Zelenka, CSc.
2. BORDÁS, Robert. LEAN COMPANY: SYSTÉMY ŘÍZENÍ, IMPLEMENTACE ŠTÍHLÉ TRANSFORMACE, ŠKOLENÍ. *LEAN company* [online]. 2006 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/index.html>
3. MILDORF, Ing. Lukáš. *ŠTÍHLÁ VÝROBA V PROSTŘEDÍ DODAVATELŮ AUTOMOBILOVÉHO PRŮMYSLU* [online]. [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://katedry.fmmi.vsb.cz/639/qmag/mj54-cz.pdf>
4. API – AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, S.R.O. *API – Akademie produktivity a inovací* [online]. 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://e-api.cz/>
5. KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z., *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006, 237 s., ISBN 80-86851-38-9
6. BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 2012, 193 s. ISBN 978-80-265-0029-2.
7. *ISixSigma* [online]. 2000, 2015 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.isixsigma.com/>
8. *Ikvalita.cz: Portál pro kvalitáře* [online]. 2005, 2013 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=30>
9. PRECLÍK, Vratislav. *Průmyslová logistika*. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2006. ISBN 80-01-03449-6.
10. *Implementation Guidelines-Lean Line Design (LLD)* [intranet Bosch]. 2.0. 2009 [cit. 2015-06-07].
11. *SLG – vytváření štíhlých linek* [intranet Bosch]. 2007 [cit. 2015-06-07].
12. SDRUŽENÍ MTM PRO ČESKOU A SLOVENSKOU REPUBLIKU. *Učební podklady MTM-UAS*. Mladá Boleslav, 2014.
13. SDRUŽENÍ MTM PRO ČESKOU A SLOVENSKOU REPUBLIKU. *Učební podklady MTM I Základní systém*. Mladá Boleslav, 1992.

14. NOVAK, J. *Výrobní aplikace KAIZEN*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 61 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Alois Fiala, CSc.
15. TSCHÖKE, Helmut. ROBERT BOSCH GMBH. *Diesel distributor fuel-injection pumps* [online]. 1999 [cit. 2015-06-07]. ISBN (KH/PDI2). Dostupné z: <http://en.calameo.com/read/001163250c1ea7c311e09>
16. WASSERBAUER, Petr. STŘEDNÍ ŠKOLA AUTOMOBILNÍ, MECHANIZACE A PODNIKÁNÍ, KRNOV. *PALIVOVÉ SOUSTAVY VZNĚTOVÝCH MOTORŮ: Studijní opora* [online]. 2012 [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/download/pal.pdf>
17. VEPUMP [online]. [cit. 2015-06-07]. Dostupné z: <http://www.vepump.com/>

Přílohy:

Příloha 1 Implementace vítězné varianty



| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Projekt: Diplomová práce | Školitel: 17.6.2015 |
| Titul: Dispoziční řešení VE | Pracovník: JINĚVRA |
| Objekt: A01-1-VE | Pracovník: JINĚVRA |
| Pracovník: A2 | Pracovník: JINĚVRA |



Příloha 2 Analýza kompletnosti EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|--|---|------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------|-----------|
| | | Demontáž Entlüftungsschraube, povolení blokovacího šroubu | | Kompletace EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 2 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 21,2 | R60B | sáhnout pro klíč | | 21,20 | tib |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | tib |
| | | | 23,5 | M55C (G2) | na hlavu šroubu | | 23,50 | tib |
| | | | 9,1 | P1SSE | | | 9,10 | tib |
| | | | 16,2 | APB | povolit šroub | | 16,20 | tib |
| | | | 19,2 | M55B | klíč na stůl | | 19,20 | tib |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | tib |
| | | | 13,9 | R55A | sáhnout na povolený šroub | | 13,90 | tib |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | tib |
| | | | 2,0 | M2B | povolení- turnus | 20 | 40,00 | tib |
| | | | 2,0 | RL1 | povolení- turnus | 20 | 40,00 | tib |
| | | | 2,0 | R2A | povolení- turnus | 20 | 40,00 | tib |
| | | | 2,0 | G1A | povolení- turnus | 19 | 38,00 | tib |
| | | | 6,8 | M10B | odložit na stůl | | 6,80 | tib |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | tib |
| | | | 12,8 | R30B | pro klíčku na blokovací šroub | | 12,80 | tib |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | tib |
| | ke klíče v pravé ruce | R-A | 9,6 | M20A | k levé ruce | | 9,60 | tib |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | na blokovací šroub | M20C | 11,7 | M20C | na blokovací šroub | | 11,70 | tib |
| | | | 14,7 | P1SSD | dlouhý nástavec | | 14,70 | tib |
| | | | 16,2 | APB | povolit šroub | | 16,20 | tib |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | tib |
| | sáhnout pro přípravek na nastavení hrdla | R60B | 21,2 | | | | 21,20 | tib |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | | M26C (G2) | 13,7 | Falsch | | | 13,70 | tib |
| | | P2SSE | 19,7 | | | | 19,70 | tib |
| | | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | sáhnout pro stranový klíč | R30B | 12,8 | | | | 12,80 | tib |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | k pravé ruce | M20A | 9,6 | R-A | k levé ruce s klíčem | | 9,60 | tib |
| | | | | G30 | předat klíč | | | tib |
| | | | 11,7 | M20C | na přípravek | | 11,70 | tib |
| | | | 14,7 | P1SSD | dlouhý klíč | 5 | 73,50 | tib |
| | | | 1,6 | SC2 | odpor cca 2 kg | 5 | 8,00 | tib |
| | | | 10,9 | M20B2 | natočit | 5 | 54,60 | tib |
| | | | 11,7 | M20C | klíčem do výchozí pozice pro natočení | 4 | 46,80 | tib |
| | | R-A | 12,7 | M30A | k levé ruce | | 12,70 | tib |
| | předat klíč | G3 | 5,6 | | | | 5,60 | tib |
| | odložit na stůl | M20B | 10,5 | | | | 10,50 | tib |
| | | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | sáhnout na přípravek | R26A | 8,8 | | | | 8,80 | tib |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | přípravek na stůl | M26B | 12,3 | | | | 12,30 | tib |
| | | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | tib |
| | | | | | | | Σ | 680,40 |

Příloha 4 Analýza kompletace EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|--|---|-------|-----------------------|---------------------------------------|---------------------|---------------|-----------|
| | | Kontrolní měření SFB, Odepnout a montáž Entlüftungsschraube | | Kompletace EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 4 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | sáhnout na tlačítko pro zvolení programu | R10A G5 | 6,1 | R-A | sáhnout na tlačítko "start" | | 6,10 | ttb |
| | přecvaknout na správný program | M2A RL2 | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | | | G5 | | | | ttb |
| | | | 10,6 | APA | stisknout tlačítko pro spuštění | | 10,60 | ttb |
| | | | | RL2 | | | | ttb |
| | | | 14,7 | R60A | na tlačítko "potvrdit" | | 14,70 | ttb |
| | | | | G5 | | | | ttb |
| | | | 10,6 | APA | stisknout | | 10,60 | ttb |
| | | | | RL2 | | | | ttb |
| | sáhnout na tlačítko pro najetí | R30A G5 | 9,5 | R-A G5 | sáhnout na tlačítko pro najetí | | 9,50 | ttb |
| | stisknout | APA | 10,6 | APA | stisknout | | 10,60 | ttb |
| | | | 83,4 | PTB | najetí měřáku | | 83,40 | ttu |
| | | RL2 | | RL2 | | | | ttb |
| | | | 20,0 | ET60/40 | podívat se na displej na měřáku | | 20,00 | ttb |
| | | | 7,3 | EF | kontrola, potvrzení přítomnosti | | 7,30 | ttb |
| | | | 13,0 | R50A | sáhnout na tlačítko "odjet" na panelu | | 13,00 | ttb |
| | | | | G5 | | | | ttb |
| | | | 10,6 | APA | stisknout | | 10,60 | ttb |
| | | | 166,8 | PTB | odjetí | | 166,80 | ttu |
| | | | | RL2 | | | | ttb |
| | sáhnout na tlačítko pro odepnutí | R40A G5 | 11,3 | | | | 11,30 | ttb |
| | stisknout | APA | 10,6 | | | | 10,60 | ttb |
| | | | 11,7 | R26B | sáhnout Entlüftungsschraube | | 11,70 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 13,7 | M26C | na závit | | 13,70 | ttb |
| | | | 16,2 | P2SE | na závit | | 16,20 | ttb |
| | | | 2,0 | M2B | hledání závitu | 2 | 4,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | R2A | turnus | 20 | 40,00 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | turnus | 20 | 40,00 | ttb |
| | | | 2,0 | M2B | turnus | 20 | 40,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | turnus | 20 | 40,00 | ttb |
| | | | 21,2 | R60B | sáhnout pro mom. Klíč | | 21,20 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 25,2 | M60C (G2) | na šroub | | 25,20 | ttb |
| | | | 9,1 | P1SSE | nasadit | | 9,10 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 16,20 | ttb |
| | | | 20,4 | M60B | klíč na stul | | 20,40 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | | | | Σ | 692,80 | |

Příloha 5 Analýza kompletace EDC

| | | MTM-Analýza | | | | Díl č. EDC | | | | |
|--------------|--------------|---|-------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---------------|-----------|-------|-----|
| | | čerpadlo do stolu odsávání SV, Kontrola momentů na Zugmag., Kontrola momentů 4 šrouby v hlavě, 2 šrouby v hlavě na moment | | Kompletace EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 5 | | | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času | | |
| 1 | na čerpadlo | R-A | 14,7 | R60A | na čerpadlo | | 14,70 | ttb | | |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb | | |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | 6kg | | | 2,80 | ttb | |
| | | M10B4 | 7,3 | M10B4 | | | | 7,28 | ttb | |
| | | | 30,0 | W2P | ke stolu "odsávání SV" | | | 30,00 | ttb | |
| | | M10C4 | 8,5 | M10C4 | | | | 8,45 | ttb | |
| | | | 14,7 | P1SSD | | | | 14,70 | ttb | |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | | | 2,00 | ttb | |
| | | sáhnout na upínací přípravek | R10B | 6,3 | R-B | | | 6,30 | ttb | |
| | | | G1A | | | | | | ttb | |
| 2 | natocit paku | M8C | 6,9 | | | | 6,90 | ttb | | |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit zajišťovací klíčku | | | 2,00 | ttb | |
| | | | 5,0 | M6B | | | | 5,00 | ttb | |
| | | | 16,2 | APB | zajistit | | | 16,20 | ttb | |
| | | | 2,0 | RL1 | | | | 2,00 | ttb | |
| | | sáhnout na upínací druhý přípravek | R20B | 10,0 | R-B | | | 10,00 | ttb | |
| | | | G1A | | | | | | ttb | |
| | | | M8C | 6,9 | | | | 6,90 | ttb | |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit druhou zajišťovací klíčku | | | 2,00 | ttb | |
| | | | 5,0 | M6B | | | | 5,00 | ttb | |
| | | | 16,2 | APB | zajistit | | | 16,20 | ttb | |
| | | | 2,0 | RL1 | | | | 2,00 | ttb | |
| | | na čerpadlo | R-B | 18,4 | R50B | pro mom. Klíč pro zugmagnet | | 18,40 | ttb | |
| | | sáhnout na čerpadlo | G5 | 2,0 | G1A | uchopit mom. Klíč | | 2,00 | ttb | |
| | | | | 21,8 | M50C | na Zugmagnet | | 21,80 | ttb | |
| | | | | | (G2) | | | | ttb | |
| | | | | 9,1 | P1SSE | nasadit na Zugmagnet (dlouhý klíč) | | 9,10 | ttb | |
| | | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 16,20 | ttb | |
| | | | | 18,0 | M50B | odložit klíč na stůl | | 18,00 | ttb | |
| | | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb | |
| | | | | 18,4 | R50B | pro mom klíč na 2 šrouby v hlavě | | 18,40 | ttb | |
| | | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb | |
| | | k pravé ruce | R-A | 12,7 | M30A | k levé ruce | | 12,70 | ttb | |
| | | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb | |
| | | = | M20C | 11,7 | M20C | na první sroub v hlavě | | 11,70 | ttb | |
| | | | | 9,1 | P1SSE | | | 4 | 36,40 | ttb |
| | | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 4 | 64,80 | ttb |
| | | | M6C | 5,8 | M6C | na další šroub v hlavě | | 4 | 23,20 | ttb |
| | RL1 | 18,0 | M50B | klíč na stůl | | | 18,00 | ttb | | |
| | | 2,0 | RL1 | | | | 2,00 | ttb | | |
| | | 18,4 | R50B | pro mom klíč na 2 šrouby v hlavě | | | 18,40 | ttb | | |
| | | 2,0 | G1A | | | | 2,00 | ttb | | |
| k pravé ruce | R-A | 12,7 | M30A | k levé ruce | | | 12,70 | ttb | | |
| | G1A | 2,0 | | | | | 2,00 | ttb | | |
| = | M20C | 11,7 | M20C | na první sroub v hlavě | | | 11,70 | ttb | | |
| | | 9,1 | P1SSE | | | 2 | 18,20 | ttb | | |
| | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 2 | 32,40 | ttb | | |
| | M6C | 5,8 | M6C | na další šroub v hlavě | | | 5,80 | ttb | | |
| | RL1 | 18,0 | M50B | klíč na stůl | | | 18,00 | ttb | | |
| | | 2,0 | RL1 | | | | 2,00 | ttb | | |
| | | | | | | Σ | 564,33 | | | |

Příloha 6 Analýza kompletace EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|---------------------------|---|------|-----------------------|--------------------------------|---------------------|------------------|--------------|
| | | Kontrola-blokovací šroub na moment, Kontrola-Šrouby v Verschlussdeckel, otočit přípravek, demontáž šroubů na Abdeckplatte | | Kompletace EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 6 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 18,4 | R50B | sáhnout pro mom klíč na šroub | | 18,40 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | k pravé ruce | R-A | 12,7 | M30A | k levé ruce | | 12,70 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | = | M20C | 11,7 | M20C | na šroub | | 11,70 | ttb |
| | | | 9,1 | P1SSE | | | 9,10 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 16,20 | ttb |
| | | RL1 | 18,0 | M50B | klíč na stůl | | 18,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 18,4 | R50B | sáhnout pro mom klíč na šrouby | | 18,40 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | k pravé ruce | R-A | 12,7 | M30A | k levé ruce | | 12,70 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | = | M20C | 11,7 | M20C | na první šroub | | 11,70 | ttb |
| | | | 9,1 | P1SSE | | 2 | 18,20 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | 2 | 32,40 | ttb |
| | | M6C | 5,8 | M6C | na další šroub | | 5,80 | ttb |
| | | RL1 | 18,0 | M50B | klíč na stůl | | 18,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | Sáhnout na páku přípravku | R30B | 19,8 | R55B | Sáhnout na čerpadlo | | 19,80 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G5 | | | 2,00 | ttb |
| | zatalčit (povolit) | APA | 10,6 | | | | 10,60 | ttb |
| | natočit páku | M8B | 5,9 | | | | 5,90 | ttb |
| | | | 13,0 | M24C | Otocit | | 13,00 | ttb |
| | zavřít páku | M8B | 5,9 | | | | 5,90 | ttb |
| | zajistit | APA | 10,6 | | | | 10,60 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 17,0 | R45B | sáhnout pro pneu. Šroubovák | | 17,00 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | k druhé ruce | R-A | 12,7 | M30A | k druhé ruce | | 12,70 | ttb |
| | uchopit taky | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | M20C | 11,7 | M20C | na šroub | | 11,70 | ttb |
| | | (G2) | | (G2) | | | | ttb |
| | | | 14,7 | P1SSD | na šroub | 2 | 29,40 | ttb |
| | start tahem | M2A | 2,0 | M2A | start tahem | 2 | 4,00 | ttb |
| | start tahem | APA | 10,6 | APA | start tahem | 2 | 21,20 | ttb |
| | | | 9,7 | PTB | | 2 | 19,40 | ttu |
| | | | 4,5 | M4C | na druhý šrub | | 4,50 | ttb |
| | pusti šroubovák | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | odložit pneu šroubovák | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | sáhnout na abdeckplatte | R20A | 7,8 | | | | 7,80 | ttb |
| | uchopí včetně šroubů | G1B | 3,5 | | | | 3,50 | ttb |
| | od čerpadla | M20B | 10,5 | | | | 10,50 | ttb |
| | | | | | | Σ | 448,10 | |

Příloha 7 Analýza kompletnosti EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|---------------------------|---|-------|------------------------|------------------------------|---------------------|---------------|-----------|
| | | Odsátí plochy pod Abdeckplatte, montáž těsnění, zpetna montáž AB, otočit přípravek zpět, zkouska Zugmagnetu, v yndat čerpadlo | | Kompletnost EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 7 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 10,4 | R35A | pro odsávací hadici | | 10,40 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 15,1 | M30C | na plochu | | 15,10 | ttb |
| | | | 294,7 | PTB | odsávání | | 294,68 | ttb |
| | | | 15,1 | M30C | zpět do přípravku | | 15,10 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 12,2 | R28B | sáhnout pro těsnění | | 12,20 | ttb |
| | | | 3,5 | G1B | uchopit tesneni | | 3,50 | ttb |
| | | | 16,8 | M35C | na plochu pod Abdeckplatte | | 16,80 | ttb |
| | | | 25,3 | P2SSD | umístit | | 25,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | abdeckplatte na pozici | M20C (G2) | 11,7 | | | | 11,70 | ttb |
| | spatne videt | P1SSD | 14,7 | | | | 14,70 | ttb |
| | | | 17,0 | R45B | sáhnout pro pneu. Šroubovák | | 17,00 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | k druhé ruce | R-A | 12,7 | M30A | k druhé ruce | | 12,70 | ttb |
| | uchopit taky | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | M20C (G2) | 11,7 | M20C (G2) | na šroub | | 11,70 | ttb |
| | | | 14,7 | P1SSD | na šroub | 2 | 29,40 | ttb |
| | start tahem | M2A | 2,0 | M2A | start tahem | 2 | 4,00 | ttb |
| | start tahem | APA | 10,6 | APA | start tahem | 2 | 21,20 | ttb |
| | | | 9,7 | PTB | | 2 | 19,40 | ttu |
| | na další čepadlo | M4C | 4,5 | M4C | na další čepadlo | | 4,50 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | šroubovák zpět | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | Sáhnout na páku přípravku | R-B | 10,0 | R20B | Sáhnout na čepadlo | | 10,00 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G5 | | | 2,00 | ttb |
| | zatalčit (povolit) | APA | 10,6 | | | | 10,60 | ttb |
| | natočit páku | M8B | 5,9 | | | | 5,90 | ttb |
| | | | 13,0 | M24C | Otocit | | 13,00 | ttb |
| | zavřít páku | M8B | 5,9 | | | | 5,90 | ttb |
| | zajistit | APA | 10,6 | | | | 10,60 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 11,7 | R26B | pro dratek | | 11,70 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 11,7 | M20C | | | 11,70 | ttb |
| | | | 5,6 | P1SE | priložit dratek k Zugmagnetu | | 5,60 | ttb |
| | | | 7,3 | EF | jiskra | | 7,30 | ttb |
| | | | 2,0 | M2B | zvednout dratek | 5 | 10,00 | ttb |
| | | | 2,0 | M2C | na magnet | 5 | 10,00 | ttb |
| | | | 5,6 | P1SE | priložit dratek k Zugmagnetu | 5 | 28,00 | ttb |
| | | | 7,3 | EF | jiskra | 5 | 36,50 | ttb |
| | | | 12,3 | M26B | drátek do boxu | | 12,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | sáhnout na páku | R10A | 6,1 | | | | 6,10 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | odjistit | APB | 16,2 | | | | 16,20 | ttb |
| | natocit paku | M2B | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | | 9,2 | R28A | sáhnout na páku | | 9,20 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | odjistit | | 16,20 | ttb |
| | | | 2,0 | M2B | natocit paku | | 2,00 | ttb |
| | sáhnout pro čerpadlo | R20A | 7,8 | R20A | sáhnout pro čerpadlo | | 7,80 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | čerpadlo 5 kg | | 2,80 | ttb |
| | k tělu | M10B4 | 7,3 | M10B4 | k tělu | | 7,28 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | | 18,60 | ttb |
| | | | 45,0 | W3P | chuze k potápce | | 45,00 | ttb |
| | čerpadlo do stolu | M10C4 (G2) | 8,5 | M10C4 (G2) | čerpadlo do stolu | | 8,45 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | | | | Σ | 913,41 | |

Příloha 8 Analýza kompletnosti EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|----------|------------------------------------|---|---------|------------------------|-------------------------------|---------------------|---------------|-----------|
| | | Čerpadlo do potáčky, zapojit čerpadla do potáčky, strojní čas potáčky, vybití | | Kompletnost EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 8 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| 1 | | | 18,6 | TBC1 | otočit | | 18,60 | ttb |
| | | | 45,0 | W3P | chuze k vozíku od potáčky | | 45,00 | ttb |
| | sáhnout pro čerpadlo | R10B | 6,3 | R10B | sáhnout pro čerpadlo | | 6,30 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | čerpadlo 5 kg | | 2,80 | ttb |
| | k tělu | M10B4 | 7,3 | M10B4 | k tělu | | 7,28 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | | 18,60 | ttb |
| | | | 45,0 | W3P | chuze k potáčky | | 45,00 | ttb |
| | čerpadlo do stolu | M10C4 | 8,5 | M10C4 | čerpadlo do stolu | | 8,45 | ttb |
| 2 | | (G2) | | (G2) | | | | ttb |
| | | | 14,7 | P1SSD | do přípravku | | 14,70 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | sáhnout pro rukavice | R60A | 14,7 | | | 0,5 | 7,35 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | 0,5 | 1,00 | ttb |
| | | M20A | 9,6 | R-A | | 0,5 | 4,80 | ttb |
| | | | 5,6 | G3 | predat jednu rukavici | 0,5 | 2,80 | ttb |
| | | | 139,0 | PTB | nasazování rukavic | 0,5 | 69,50 | ttb |
| | | | 1668,0 | PTB | zapojení čerpadel | 0,5 | 834,00 | ttb |
| | sáhnout na tlačítko "spustit" | R30A | 9,5 | R30A | sáhnout na tlačítko "spustit" | 0,5 | 4,75 | ttb |
| | | G5 | | G5 | | 0,5 | | ttb |
| | | APA | 10,6 | APA | | 0,5 | 5,30 | ttb |
| | | | 305,8 | PTB | spuštění čerpadel | 0,5 | 152,90 | ttu |
| | | | 139,0 | PTU | sundat rukavice | 0,5 | 69,50 | ttb |
| | | | 15012,0 | PTU | strojní čas potáčky | 0,5 | 7506,00 | ttu |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | 0,5 | 9,30 | ttb |
| | | | 45,0 | W3P | chuze k vozíku od potáčky | 0,5 | 22,50 | ttb |
| | pro rukavice | R10A | 6,1 | | | 0,5 | 3,05 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | 0,5 | 1,00 | ttb |
| | | M20A | 9,6 | R-A | | 0,5 | 4,80 | ttb |
| | | | 5,6 | G3 | predat jednu rukavici | 0,5 | 2,80 | ttb |
| | | | 139,0 | PTB | nasazování rukavic | 0,5 | 69,50 | ttb |
| | sáhnout na tlačítko "vyjet nahoru" | R30A | 9,5 | | | 0,5 | 4,75 | ttb |
| | | G5 | | | | 0,5 | | ttb |
| | stisknout | APA | 10,6 | | | 0,5 | 5,30 | ttb |
| | | | 305,8 | PTB | vyjždění čerpadel | 0,5 | 152,90 | ttu |
| | | | 1390,0 | PTB | odpojení čerpadel | 0,5 | 695,00 | ttb |
| | na čerpadlo | R20A | 7,8 | R20A | na čerpadlo | 0,5 | 3,90 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | 0,5 | 1,00 | ttb |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | 5kg | 0,5 | 1,40 | ttb |
| | čerpadlo na kolotoč | M40C4 | 19,8 | M40C4 | čerpadlo na kolotoč | 0,5 | 9,90 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | 0,5 | 1,00 | ttb |
| | | R80A | 18,2 | R80A | | 0,5 | 9,10 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | 0,5 | 1,00 | ttb |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | 5kg | 0,5 | 1,40 | ttb |
| | čerpadlo na kolotoč | M80C4 | 34,2 | M80C4 | čerpadlo na kolotoč | 0,5 | 17,12 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | 0,5 | 1,00 | ttb |
| | | | 139,0 | PTU | sundat rukavice | 0,5 | 69,50 | ttb |
| | | | | | | Σ | 9915,85 | |

Příloha 9 Analýza kompletnosti EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|----------------------|--|--------|------------------------|---|---------------------|---------------|-----------|
| | | čerpadla do přípravku na kompletačním stole, Mazání nápisu na zásuvce SW, Kontrola momentů předadu | | Kompletnost EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 9 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | | 18,60 | ttb |
| | | | 30,0 | W2P | chuze od předchozího pracoviště | | 30,00 | ttb |
| | pro čerpadlo | R10A | 6,1 | R10A | pro čerpadlo | 4 | 24,40 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | 4 | 8,00 | ttb |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | čerpadlo 5 kg | 4 | 11,20 | ttb |
| | k tělu | M10B4 | 7,3 | M10B4 | k tělu | 4 | 29,10 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | 4 | 74,40 | ttb |
| | | | 30,0 | W2P | ke kompletačnímu stole do přípravku | 4 | 120,00 | ttb |
| | čerpadlo do stolu | M10C4 | 8,5 | M10C4 | čerpadlo do stolu | 4 | 33,81 | ttb |
| | | (G2) | | (G2) | | 4 | | ttb |
| | | | 14,7 | P1SSD | do přípravku | 4 | 58,80 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | 4 | 8,00 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | 4 | 74,40 | ttb |
| | | | 30,0 | W2P | chuze od kompletačního stolu | 3 | 90,00 | ttb |
| | na tlačítko "upnout" | R30A | 9,5 | R30A | na tlačítko "upnout" | | 9,50 | ttb |
| | | G5 | | G5 | | | | ttb |
| | | APA | 10,6 | APA | | | 10,60 | ttb |
| | | | 30,6 | PTB | | | 30,60 | ttb |
| | | RL2 | | RL2 | | | | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok k pájce | | 34,10 | ttb |
| | | | 6,1 | R10A | na zapínač | | 6,10 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | zapnout | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 10,0 | R20B | pro pájku | | 10,00 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | k tělu | | 13,30 | ttb |
| | | | 139,0 | PTB | zahřívání pájky | | 139,00 | ttb |
| | pro zasuvku na SW | R20B | | | | | | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | 4 | 8,00 | ttb |
| | | M20C | 11,7 | M20C | | 4 | 46,80 | ttb |
| | | | 177,2 | PTB | mazaní(pajení) nápisu | 4 | 708,80 | ttb |
| | vypínač na stul | M10B | 6,8 | | | 4 | 27,20 | ttb |
| | RL1 | RL1 | 2,0 | | | 4 | 8,00 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok k dalšímu čerpadlo | 3 | 102,30 | ttb |
| | pro zasuvku na SW | R10B | 6,3 | | | 3 | 18,90 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | 2 ukroky k pájce | 2 | 68,20 | ttb |
| | na vypínač | R10B | 6,3 | M-B | | | 6,30 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | vypnout | M2A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | pajku do bedny | | 7,90 | ttb |
| | | | 16,2 | P2SE | do díry | | 16,20 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | otocit | | 18,60 | ttb |
| | | | 45,0 | W3P | chuze od pájky | 3 | 135,00 | ttb |
| | | | 6,3 | R10B | sáhnout pro klíč na předad | | 6,30 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | k tělu | | 6,80 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok na druhou stranu stolu s čerpadla | 2 | 68,20 | ttb |
| | levá ruka ke klíči | M10A | 6,0 | | | | 6,00 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | na přepad | M20C | 11,7 | M20C | na přepad | | 11,70 | ttb |
| | | | Falsch | (G2) | | | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | | 9,10 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu na přepad | | 2,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 16,20 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | úrok k dalšímu čerpadlu | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | na hlavu na přepad | 3 | 23,70 | ttb |
| | | | Falsch | (G2) | | 3 | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | 3 | 27,30 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu na přepad | 3 | 6,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | 3 | 48,60 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | odložit klíč na stůl | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | | | | Σ | 593,90 | |

Příloha 10 Analýza kompletace EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|--------------------|---|--------|-----------------------|---|-----|---------------|-----------|
| | | Kontrola utahovacích momentů hrdel, Kontrola momentů ZVS, Kontrola momentů Zugmagnet, Kontrola momentů SW | | Kompletace EDC-XXX562 | Pracovní postup č 10 | | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 6,3 | R10B | sáhnout pro klíč na hrdla | | 6,30 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | k tělu | | 6,80 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukroky na druhou stranu stolu s čerpad | 2 | 68,20 | ttb |
| | levá ruka ke klíči | M10A | 6,0 | | | | 6,00 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | na hrdlo | M20C | 11,7 | M20C | na hrdlo | 4 | 46,80 | ttb |
| | | | | (G2) | | | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | 24 | 218,40 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu do ZVS | 24 | 48,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | 24 | 388,80 | ttb |
| | na další hrdlo | M2C | 2,0 | M2C | na další hrdlo | 20 | 40,00 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | úrok k dalšímu čerpadlu | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | odložit klíč na stůl | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,3 | R10B | sáhnout pro klíč na ZVS | | 6,30 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | k tělu | | 6,80 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok na druhou stranu stolu s čerpadle | 2 | 68,20 | ttb |
| | levá ruka ke klíči | M10A | 6,0 | | | | 6,00 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | na hlavu ZVS | M20C | 11,7 | M20C | na hlavu ZVS | | 11,70 | ttb |
| | | | Falsch | (G2) | | | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | | 9,10 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu do ZVS | | 2,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 16,20 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | úrok k dalšímu čerpadlu | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | na hlavu ZVS | 3 | 23,70 | ttb |
| | | | Falsch | (G2) | | 3 | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | 3 | 27,30 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu do ZVS | 3 | 6,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | 3 | 48,60 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | odložit klíč na stůl | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 12,8 | R30B | sáhnout pro mom. Klíč pro zugmagnet | | 12,80 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit mom. Klíč | | 2,00 | ttb |
| | | | 15,1 | M30C | na Zugmagnet | | 15,10 | ttb |
| | | | | (G2) | | | | ttb |
| | | | 14,7 | P1SSD | nasadit na Zugmagnet (dlouhý klíč) | | 14,70 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | | 16,20 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | 30cm | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | na další Zugmagnet | 3 | 23,70 | ttb |
| | | | | (G2) | | 3 | | ttb |
| | | | 14,7 | P1SSD | nasadit na Zugmagnet (dlouhý klíč) | 3 | 44,10 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | 3 | 48,60 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | otocit | | 18,60 | ttb |
| | | | 30,0 | W2P | dva kroky zpět ke stolu | | 30,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | odložit klíč na stůl | | 6,80 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,3 | R10B | sáhnout pro klíč šrouby na stellw erku | | 6,30 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | k tělu | | 6,80 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukroky na druhou stranu stolu s čerpad | 2 | 68,20 | ttb |
| | levá ruka ke klíči | M10A | 6,0 | | | | 6,00 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | na šroub | M20C | 11,7 | M20C | na šroub | 4 | 46,80 | ttb |
| | | | | (G2) | | | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | 24 | 218,40 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu do ZVS | 24 | 48,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zlomit klíč | 24 | 388,80 | ttb |
| | na další šroub | M2C | 2,0 | M2C | na další šroub | 20 | 40,00 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | úrok k dalšímu čerpadlu | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | odložit klíč na stůl | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | | | | | Σ | 648,05 |

Příloha 11 Analýza kompletace EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|--------------------|--|--------|-----------------------|---|----------------------|------------------|--------------|
| | | Kontrola utahovacích momentů SW 6.hran, Barvení šroubů, krytky na hrdla | | Kompletace EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 11 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 6,3 | R10B | sáhnout pro klíč na šroub | | 6,30 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit | | 2,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | k tělu | | 6,80 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok na druhou stranu stolu s čerpadla | 2 | 68,20 | ttb |
| | levá ruka ke klíči | M10A | 6,0 | | | | 6,00 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | na hlavu šroub | M20C | 11,7 | M20C | na hlavu šroubu | | 11,70 | ttb |
| | | | Falsch | (G2) | | | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | | 9,10 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu do šroub | | 2,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zломit klíč | | 16,20 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | úkok k dalšímu čerpadlu | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | na hlavu šroub | 3 | 23,70 | ttb |
| | | | Falsch | (G2) | | 3 | | ttb |
| | umístit | P1SSE | 9,1 | P1SSE | umístit | 3 | 27,30 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | pohyb pro zapadnutí ořechu našroub | 3 | 6,00 | ttb |
| | | | 16,2 | APB | zломit klíč | 3 | 48,60 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | odložit klíč na stůl | | 13,30 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 10,0 | R20B | Sáhnout pro tubu barvou | | 10,00 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | uchopit tubu | | 2,00 | ttb |
| | K ruce s tubou | R-A | 12,7 | M30A | k levé ruce | | 12,70 | ttb |
| | odšroubovat | G1A | 2,0 | | | 3 | 6,00 | ttb |
| | odšroubovat | M2A | 2,0 | | | 3 | 6,00 | ttb |
| | odšroubovat | RL1 | 2,0 | | | 2 | 4,00 | ttb |
| | odšroubovat | M2B | 2,0 | | | 2 | 4,00 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | k tělu | | 6,80 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok k poslednímu čerpadlu | | 34,10 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | na šroub | 20 | 158,00 | ttb |
| | | | 5,6 | P1SE | na šroub | 20 | 112,00 | ttb |
| | | | 10,6 | APA | zmačknout tubu | 20 | 212,00 | ttb |
| | | | 38,5 | PTB | barvení | 20 | 770,00 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | do středu | | 34,10 | ttb |
| | tuba k víčku | M20A | 9,6 | M20A | tuba k víčku | | 9,60 | ttb |
| | | | 16,2 | P2SE | | | 16,20 | ttb |
| | | | 2,0 | M2B | hledat zavít | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | M2A | | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 2,0 | M2B | | | 2,00 | ttb |
| | | | 25,2 | M80B | tuba na stůl | | 25,20 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | | | 18,60 | ttb |
| | | | 45,0 | W3P | tri kroky ke klt ve stole s krytkama | | 45,00 | ttb |
| | pro klt | R10B | 6,3 | R-A | | | 6,30 | ttb |
| | | G1A | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | povytahnout | M16B | 9,2 | | | | 9,20 | ttb |
| | | | 8,8 | R16B | pro krytu | | 8,80 | ttb |
| | | | 2,0 | G1A | | 4 | 8,00 | ttb |
| | | | 5,6 | G2 | do dlaně | 3 | 16,80 | ttb |
| | | | 3,4 | R4B | pro další krytku | 3 | 10,20 | ttb |
| | | | | M30B | k tělu | | | ttb |
| | zasunout klt | M16B | 9,2 | | | | 9,20 | ttb |
| | | RL1 | 2,0 | | | | 2,00 | ttb |
| | | | 18,6 | TBC1 | | | 18,60 | ttb |
| | | | 30,0 | W2P | tri kroky ke stolu | | 30,00 | ttb |
| | | R10A | 6,1 | M-A | | 4 | 24,40 | ttb |
| | předat | G3 | 5,6 | | | 4 | 22,40 | ttb |
| | na hrdla | M20C | 11,7 | | | 4 | 46,80 | ttb |
| | nasadit | P2SE | 16,2 | | | 4 | 64,80 | ttb |
| | nacvaknout | APA | 10,6 | | | 4 | 42,40 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | na další čerpadlo | 3 | 102,30 | ttb |
| | | | | | | Σ | 569,50 | |

Příloha 12 Analýza kompletace EDC

| | | MTM-Analýza | | | Díl č. EDC | | | |
|-------|-------------------|---|------|-----------------------|------------------------------|----------------------|---------------|-----------|
| | | gumicky na kabel SW, uvolnit čerpadla, čerpadla do vozíku | | Kompletace EDC-XXX562 | | Pracovní postup č 12 | | |
| Číslo | Levá ruka | Symbol | TMU | Symbol | Pravá ruka | PxČ | TMU pro 1 Kus | Druh času |
| | | | 27,7 | R80C | do krabicky pro gumicky | | 27,70 | ttb |
| | | | 12,9 | G4C | | 4 | 51,60 | ttb |
| | | | 5,6 | G2 | do dlane | 3 | 16,80 | ttb |
| | | | 2,0 | R2C | | 3 | 6,00 | ttb |
| | | | 34,1 | SS60C2 | ukrok | | 34,10 | ttb |
| | | | 6,8 | M10B | na stelw erk na čerpadle | | 6,80 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 5,6 | G2 | na gumicku v dlani | | 5,60 | ttb |
| | | | 13,3 | M30B | na stelw erk na čerpadle | | 13,30 | ttb |
| | | | | RL1 | | | | ttb |
| | | | 5,6 | G2 | na gumicku v dlani | | 5,60 | ttb |
| | | | 18,0 | M50B | na stelw erk na čerpadle | | 18,00 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | | 5,6 | G2 | na gumicku v dlani | | 5,60 | ttb |
| | | | 22,8 | M70B | na stelw erk na čerpadle | | 22,80 | ttb |
| | | | 2,0 | RL1 | | | 2,00 | ttb |
| | | R30B | | R-B | na kabel | 4 | | ttb |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | 4 | 8,00 | ttb |
| | natahnout gumicku | M2B | 2,0 | | | 4 | 8,00 | ttb |
| | | | 7,9 | M10C | pod gumicku | 4 | 31,60 | ttb |
| | | | 9,5 | R30A | na tlačitko | | 9,50 | ttb |
| | | | | G5 | | | | ttb |
| | | | 10,6 | APA | | | 10,60 | ttb |
| | pro čerpadlo | R30A | 9,5 | R30A | pro čerpadlo | | 9,50 | |
| | | G1A | 2,0 | G1A | | 4 | 8,00 | |
| | | SC4 | 2,8 | SC4 | čerpadlo 5 kg | 4 | 11,20 | |
| | k tělu | M10B4 | 7,3 | M10B4 | k tělu | 4 | 29,10 | |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | 4 | 74,40 | |
| | | | 30,0 | W2P | k vozíku | 4 | 120,00 | |
| | čerpadlo do stolu | M10C4 | 8,5 | M10C4 | čerpadlo do stolu | 4 | 33,81 | |
| | | | | | do přípravku | 4 | | |
| | | RL1 | 2,0 | RL1 | | 4 | 8,00 | |
| | | | 18,6 | TBC1 | otočit | 4 | 74,40 | |
| | | | 30,0 | W2P | chuze od kompletačního stolu | 4 | 120,00 | |
| | | R10A | 6,1 | R10A | | 3 | 18,30 | |
| | | | | | | Σ | 198,58 | |