



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE



FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH KONCEPTU MONTÁŽNÍ LINKY PRO MONTÁŽ VODNÍCH VENTILŮ SYSTÉMU TERMOREGULACE MOTORU

PROPOSAL FOR THE NEW CONCEPT OF ASSEMBLING WATER
VENTILATION SYSTEMS OF THERMOREGULATION OF A MOTOR AT AN
ASSEMBLY LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Lukáš KRÁTKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. Roman KUBÍK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Lukáš Krátký

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303T002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh konceptu montážní linky pro montáž vodních ventilů systému termoregulace motoru

v anglickém jazyce:

Proposal for the new concept of assembling water ventilation systems of thermoregulation of a motor at an assembly line

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je navrhnout možné varianty uspořádání synchronizované montážní linky vč. stanovení systému její logistické podpory.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza montážního postupu
2. Stanovení možných variant uspořádání montáže zejména na základě kritérií zajištění průchodnosti linky, dostatečné kontroly montovaných celků a ekonomiky provozu
3. Rozpracování jednotlivých variant do úrovně jejich dispozičního řešení, obsazenosti pracovišť personálem a teoretických montážních časů, logistické podpory
4. Ekonomické vyhodnocení navržených variant
5. Výběr optimální varianty

Seznam odborné literatury:


1. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.
3. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
4. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
5. ZELENKA, A. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.


Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 21.11.2013





prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.
Ředitel ústavu



prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

ABSTRAKT

Cílem této diplomové práce je zpracování návrhu konceptu montážní linky pro montáž vodních ventilů systému termoregulace motoru. Návrh se skládá z určení taktu linky, počtu potřebných pracovníků a vytvoření tří možných variant řešení montážní linky, z nichž bude na základě více kritériálního hodnocení vybrána finální varianta.

Klíčová slova

Montážní linka, takt, montážní postup, schéma montáže, vodní ventil.

ABSTRACT

The aim of this diploma thesis is processing of the design of the assembly line for assembling of water ventilation systems of thermoregulation of an engine. The proposal is comprised of determination of the line cycle time, required number of workers and a creation of three possible options of assembly line solution. The final variant will be chosen by using a multi-criterion evaluation.

Key words

Assembly line, cycle, assembly process, assembly diagram, water valve.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KRÁTKÝ, L. *Návrh konceptu montážní linky pro montáž vodních ventilů systému termoregulace motoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 104 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Kubík, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh konceptu montážní linky pro montáž vodních ventilů systému termoregulace motoru** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Lukáš Krátký

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat Ing. Romanu Kubíkovi, Ph.D. a Ing. Janu Martínkovi za odborné vedení, cenné rady a čas strávený při tvorbě diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a rodině za technickou a psychickou podporu v průběhu celého mého studia.

OBSAH

| | |
|--|----|
| ABSTRAKT | 4 |
| PROHLÁŠENÍ..... | 5 |
| PODĚKOVÁNÍ | 6 |
| OBSAH..... | 7 |
| ÚVOD..... | 10 |
| 1 ROZBOR PROBLEMATIKY | 11 |
| 1.1 Technologické projektování | 11 |
| 1.2 Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť | 11 |
| 1.2.1 Volné uspořádání | 11 |
| 1.2.2 Technologické uspořádání | 12 |
| 1.2.3 Předmětné uspořádání | 13 |
| 1.2.4 Modulární uspořádání | 13 |
| 1.2.5 Buňkové uspořádání | 14 |
| 1.2.6 Kombinované uspořádání | 15 |
| 1.3 Montážní linka | 15 |
| 1.3.1 Možnosti uspořádání montážních linek | 16 |
| 1.4 Kanban | 19 |
| 1.5 5S | 19 |
| 2 MONTOVANÉ SOUČÁSTI NA LINCE..... | 21 |
| 2.1 Vodní ventil 48B..... | 21 |
| 2.2 Vodní ventil 49C..... | 22 |
| 3 VÝPOČET TAKTU, POČTU ZAMĚSTNANCŮ A PRACOVIŠŤ | 24 |
| 3.1 Výpočet taktu | 24 |
| 3.2 Počet operátorů na lince v jedné směně..... | 25 |
| 3.3 Počet pracovišť | 26 |
| 3.4 Zhodnocení směnnosti | 27 |
| 4 ANALÝZA MONTÁŽNÍHO POSTUPU | 28 |
| 4.1 Stávající varianta montážního postupu | 28 |
| 4.1.1 Montážní postup | 28 |
| 4.1.2 Schéma montáže pro vodní ventil 48B | 35 |
| 4.1.3 Schéma montáže pro vodní ventil 49C | 36 |
| 4.2 Upravená varianta montážního postupu | 36 |
| 4.2.1 Upravený montážní postup | 38 |
| 4.2.2 Schéma upravené montáže pro vodní ventil 48C | 44 |

| | | |
|---------|--|----|
| 4.2.3 | Schéma upravené montáže pro vodní ventil 49C | 45 |
| 5 | VARIANTY USPOŘÁDÁNÍ MONTÁŽNÍ LINKY | 46 |
| 5.1 | Lineární uspořádání montážní linky | 46 |
| 5.1.1 | Montážní postup pro lineární uspořádání linky | 47 |
| 5.1.1.1 | Ověření počtu pracovišť | 53 |
| 5.1.2 | Návrh dispozičního řešení pro lineární uspořádání montážní linky | 54 |
| 5.1.3 | Pracoviště | 55 |
| 5.1.3.1 | Zásobníky materiálu | 55 |
| 5.1.3.2 | Specifické vybavení pracovišť | 57 |
| 5.1.4 | Zajištění kontroly montáže | 58 |
| 5.1.5 | Logistická podpora | 60 |
| 5.1.6 | Cenová kalkulace | 60 |
| 5.2 | Montážní linka uspořádaná do eliptického tvaru | 61 |
| 5.2.1 | Montážní postup | 62 |
| 5.2.1.1 | Ověření počtu pracovišť | 68 |
| 5.2.2 | Schéma montáže vodního ventilu 48B pro uspořádání do eliptického tvaru | 69 |
| 5.2.3 | Schéma montáže vodního ventilu 49C pro uspořádání do eliptického tvaru | 70 |
| 5.2.4 | Návrh dispozičního řešení pro eliptické uspořádání montážní linky | 71 |
| 5.2.5 | Pracoviště | 72 |
| 5.2.5.1 | Zásobníky materiálu | 72 |
| 5.2.5.2 | Specifické vybavení pracovišť | 73 |
| 5.2.6 | Zajištění kontroly montáže | 74 |
| 5.2.7 | Logistická podpora | 75 |
| 5.2.8 | Cenová kalkulace | 75 |
| 5.3 | Karuselová montážní linka | 76 |
| 5.3.1 | Montážní postup | 77 |
| 5.3.1.1 | Ověření počtu pracovišť | 83 |
| 5.3.2 | Návrh dispozičního řešení pro karuselové uspořádání montážní linky | 85 |
| 5.3.3 | Pracoviště | 86 |
| 5.3.3.1 | Zásobníky materiálu | 86 |
| 5.3.3.2 | Specifické vybavení pracoviště | 88 |
| 5.3.4 | Zajištění kontroly montáže | 88 |
| 5.3.5 | Logistická podpora | 89 |
| 5.3.6 | Cenová kalkulace | 89 |
| 6 | TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ | 91 |

| | |
|--|-----|
| 6.1 Hodnocení kritérií pro lineární rozvržení montážní linky | 91 |
| 6.2 Hodnocení kritérií pro montážní linku uspořádanou do eliptického tvaru | 92 |
| 6.3 Hodnocení kritérií pro karuselovou montážní linku | 93 |
| 6.4 Vyhodnocení jednotlivých dispozičních řešení | 95 |
| ZÁVĚR | 96 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ | 97 |
| SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK | 99 |
| SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK | 102 |
| SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ | 102 |
| SEZNAM PŘÍLOH | 104 |

ÚVOD

V dnešní době vyvíjí zákazníci značný tlak na kvalitu a cenu výrobků. Tyto dva parametry jsou však leckdy v protikladu. Snahou dnešních výrobců je najít co možná nejlepší kompromis mezi těmito požadavky. A to vyrobit výrobek za co možná nejnižší cenu, avšak ten musí splňovat veškeré požadavky, které jsou kladeny zákazníkem na jeho kvalitu.

Na kvalitu a cenu výrobků má poměrně velký vliv i jeho montáž. Diplomová práce mapuje a navrhuje řešení problémů spojených s návrhem montážní linky pro vodní ventily sloužící v termoregulaci systému motoru. Při návrhu se také hledá již dříve zmíněný kompromis mezi kvalitou a cenou. Nejprve budou určeny parametry montážní linky, jako jsou směnnost, takt a počet operátorů. Dále bude provedena analýza montážního postupu a jeho úprava. Na základě těchto zjištění budou vytvořeny tři varianty montážní linky, na kterých je patrný jistý odlišný přístup při jejich konstrukci. V závěru bude dle více kritérií vybrána nejlépe zhodnocená varianta.

1 ROZBOR PROBLEMATIKY

1.1 Technologické projektování

Veškeré technické činnosti, jako je vývoj, technická příprava výroby, projektování, optimalizační činnost atd., vytvářejí závislý řetězec, ve kterém má samozřejmě technologické projektování významné místo. A to především v technologické přípravě výroby [1][2][3].

Cílem této technické přípravy výroby je vytvořit konstrukci výrobku o co možná nejvyšší technické úrovni a užité hodnoty, dále určit jeho hospodárný způsob výroby a to i s technicko-organizačním projektem výroby. Technicko-organizační projekt je vlastně hlavní náplní technologického projektování [1].

Technologické projektování je tedy tvůrčí práce technicko-ekonomického charakteru, jenž se zaměřuje hlavně na zpracování projektů: variant technicko-organizačního uspořádání strojů a zařízení a dále variant technologií výroby a montáže strojních součástí [3].

1.2 Základní způsoby rozmístění strojů a pracovišť

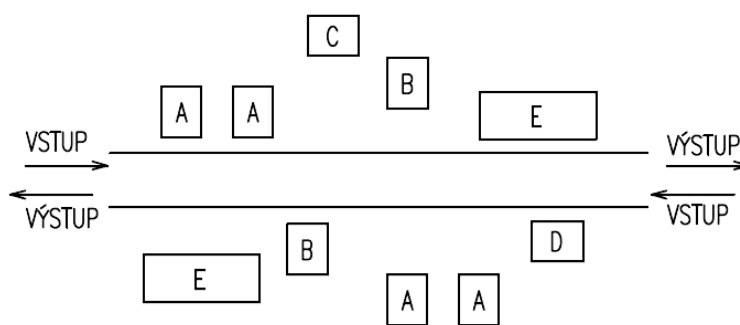
Pro správné určení rozmístění strojů a pracovišť používáme dle zdroje [1] kupříkladu tyto metody: kruhová metoda, S.L.P., CRAFT, těžiště, souřadnic a prostá trojúhelníková metoda. Rozmístění by mělo být optimální s ohledem k požadavkům na hospodárnost výroby, přehlednost uspořádání, přímočarost a nevratnost technologického toku, minimální manipulaci, minimální obsazený prostor, na bezpečnost práce a podobně [1][3].

Jsou rozlišovány tyto základní způsoby uspořádání pracovišť [1]:

- volné,
- technologické,
- předmětné,
- modulární,
- buňkové,
- kombinace předchozích.

1.2.1 Volné uspořádání

Zde jsou stroje či pracoviště v dílně seskupeny zcela náhodně. Je patrné, že při umístění nebyly určeny materiálové toky či jakékoliv jiné řídicí vztahy. Využívá se v prototypových a opravárenských dílnách s kusovým charakterem výroby. S ohledem na dnešní požadavky výroby je toto uspořádání zcela nedostačující. Schéma znázornění tohoto uspořádání je na obr. 1.1, kde písmena v obr. 1.1 slouží pouze z důvodu názornosti a značí rozdílné pracoviště [1].

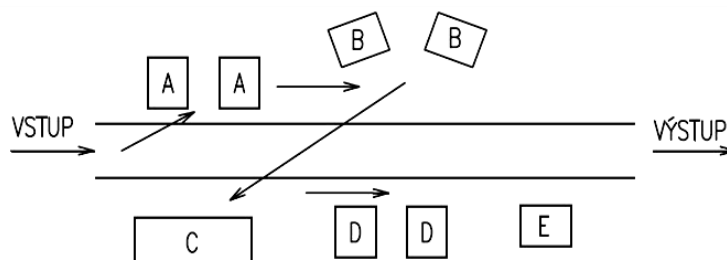


Obr. 1.1 Volné uspořádání pracovišť [1].

1.2.2 Technologické uspořádání

Jak jsou v technologických postupech jednotlivé operace spojovány dle příbuznosti, tak jsou dle stejného principu umísťovány stroje. Takže v praxi to probíhá tím způsobem, že obráběcí práce se vykonávají v obrobně, kování v kovárně, svařování ve svařovně a podobně. Pokud půjdeme do důsledku technologického uspořádání, pak kupříkladu v obrobně jsou rozmístěny v jedné skupině soustruhy, frézky, vrtačky a tak dál. Z čehož vyplývá samotný způsob technologického uspořádání, jenž spočívá ve vytváření skupin stejných druhů strojů [1][4].

Používá se nejčastěji v kusové či malosériové výrobě středního až těžkého strojírenství. Rovněž se ale používá také v prototypových nebo opravárenských dílnách. Obr. 1.2 ilustruje schéma technologického uspořádání [1].



Obr. 1.2 Technologické uspořádání pracovišť [1].

Výhody [1]:

- změna výrobního programu nenaruší produkci,
- jednodušší implementace vícestrojové obsluhy,
- vyšší využití strojů,
- závady na jednotlivých strojích nenaruší produkci,
- jednodušší údržba.

Nevýhody [1]:

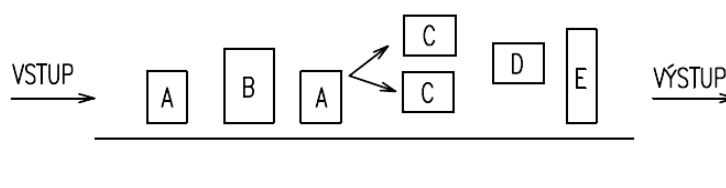
- složitý a případně dlouhý tok materiálu,
- vyšší náklady na dopravu,

- dlouhá průběžná doba,
- vyšší nároky na výrobní plochu a centrální sklad,
- zvyšující se objem oběžných prostředků.

1.2.3 Předmětné uspořádání

Využívá se především ve všeobecném a středně těžkém strojírenství a ve velkosériové a hromadné výrobě. Princip uspořádání spočívá v tom, že pracoviště jsou umístěna podle operací v daném technologickém postupu výrobku (předmětu proto název uspořádání), jenž je vyráběn. Výrobky se zde pohybují ve stejném směru a vzniká výrobní proud, viz obr. 1.3 [1].

Pokud je předmětné uspořádání sestaveno pouze pro jednu součást, či skupinu tvarově a technologicky podobných součástí, je to ideální stav. Když tato skupina součástí využije potřebné stroje na 80%, pak je vhodné uspořádat pracoviště do linky. Nejvyšším stupněm tohoto uspořádání je automatická synchronizovaná linka, která pracuje v určitém taktu a je vybavena speciálními jednoúčelovými stroji, případně i společným dopravníkem a odpovídajícím řízením linky [1].



Obr. 1.3 Předmětné uspořádání pracovišť [1].

Výhody [1]:

- zkrácení manipulačních cest,
- snížení mezioperačních časů a nákladů na manipulaci,
- snížení průběžné doby výroby,
- zmenšená potřeba výrobní plochy,
- zlepšení operativního řízení výroby.

Nevýhody [1]:

- změna výrobního programu vede ke značným změnám v uspořádání strojů,
- snížení objemu výroby vede k nižšímu využití strojů,
- speciální jednoúčelové stroje.

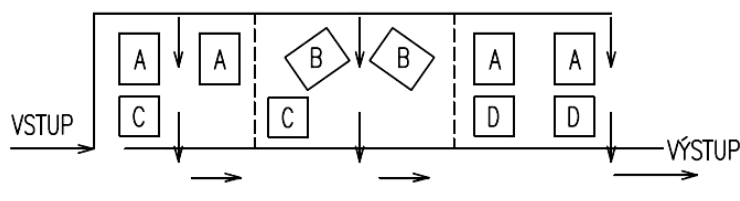
1.2.4 Modulární uspořádání

Charakteristické je toto uspořádání seskupováním technologických bloků, z nichž každý je schopen vykonávat více technologických funkcí. Celý provoz je většinou sestaven ze

stejných nebo podobných modulů. Pro příklad je zde níže uveden obr. 1.4. Využívá se s výhodou u CNC strojů [1].

Dalším charakteristickým rysem je vyšší produktivita práce, z čehož vyplývá jejich prioritní postavení v systému plánování, zásobování a podobně. S ohledem na tento fakt je nutné využívat toto uspořádání ve dvousměnných či třisměnných provozech [1].

Modulární uspořádání se používá ve všeobecném, středně těžkém i těžkém strojírenstvím a to v kusové a malosériové výrobě [1].



Obr. 1.4 Modulární uspořádání pracovišť [1].

Výhody:

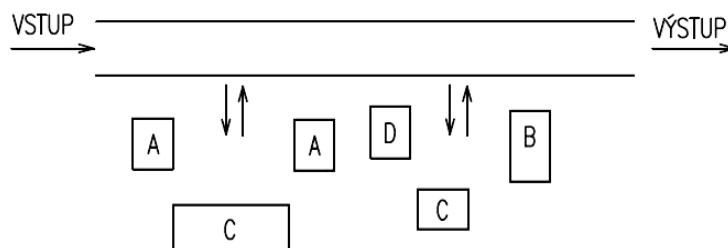
- vysoká produktivita práce,
- snížení operačních i mezioperačních časů,
- snížení doby průběžné výroby,
- zlepšení organizace práce a řízení výroby.

Nevýhody:

- vyšší nároky na technickou přípravu výroby,
- vysoká cena strojů a zařízení.

1.2.5 Buňkové uspořádání

Uspořádání je podobné modulárnímu a je tvořeno zpravidla vysoce produktivním strojem s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím (robotem, zařízením na obracení atd.). Při projektování tohoto uspořádání je důležitá předprojektová rozborová příprava, zavedení standardizace a zpracování skupinových technologických postupů. Použití buňkového uspořádání je obdobné jako u modulárního uspořádání. Na obr. 1.5 je příklad schématu uspořádání [1].



Obr. 1.5 Buňkové uspořádání pracovišť [1].

Výhody [1]:

- vysoká produktivita práce,
- minimalizovaná, automatizovaná, robotizovaná operační i mezioperační manipulace s materiálem,
- zkrácení přísunu nástroje k součásti využitím mikroprocesorů,
- přesné dodržování technologické kázně a tím i zlepšení kvality výroby.

Nevýhody [1]:

- vyšší nároky na technickou přípravu výroby,
- vysoká cena strojů a zařízení.

1.2.6 Kombinované uspořádání

Při projektování větších provozů nelze vždy využít pouze jednoho způsobu uspořádání, ale volí se vhodné kombinace dvou a více uspořádání. V praxi se nejvíce využívá kombinace technologického a předmětného uspořádání. Při využití tohoto uspořádání je vždy snaha zužitkovat výhody všech použitých systémů a co nejvíce minimalizovat jejich nevýhody. Využívá se ve všeobecné až středně těžké strojírenské středně sériové produkci [1].

1.3 Montážní linka

Montážní linka může být charakterizována jako soubor pracovišť uspořádaných podle technologického postupu. Jednotlivá pracoviště jsou propojena mezioperační dopravou [1][2].

Montážní linky dělíme zpravidla dle hledisek [1][2]:

- použití mechanizace a zapojení člověka do montáže:
 - ruční linky,
 - poloautomatizované linky,
 - automatizované linky,
- způsobu provádění montážních prací:
 - přímo na dopravníku,
 - mimo dopravník,
- způsobu prostorového uspořádání:
 - jednoduché linky,

- rozvětvené linky,
- stupně synchronizace:
 - synchronizované linky,
 - nesynchronizované linky,
- montážního taktu:
 - linky s pevným montážním taktům,
 - linky s volným montážním taktům,
- počtu montovaných typů výrobků na lince:
 - jednopředmětné linky,
 - víceředmětné linky,
- pohybu součásti při montáži:
 - nepohyblivá – stacionární linky,
 - linky s pohybujícím se výrobkem,
 - výrobek se pohybuje až po zhotovení operace,
 - výrobek se pohybuje nepřetržitě.

1.3.1 Možnosti uspořádání montážních linek

Základní prostorové uspořádání montážních linek jednoduchých a rozvětvených lze ještě rozšířit o další členění [2].

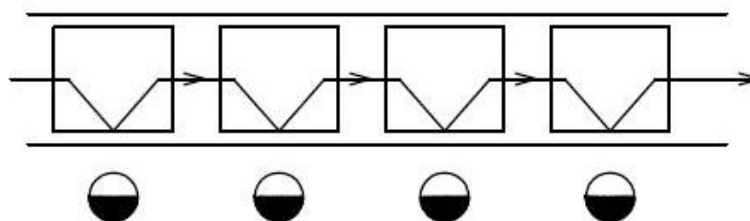
Z hlediska prostorového uspořádání lze rozlišit dle [2]:

- obsazení stran montážní linky:
 - jednostranné,
 - oboustranné,
- směru pohybu linky:
 - jednosměrné,
 - obousměrné,
- umístění montážních pracovišť k lince:

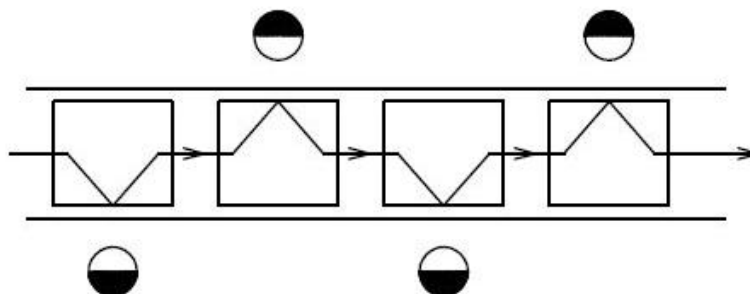
- čelní postavení,
- boční postavení.

Montážní linky s bočním umístěním pracovišť poskytují lepší možnosti využití strojů a rozměrných přípravků při montáži. Montážní linky s čelním postavením vyžadují zpravidla menší požadavky na pracovní prostor a umožňují manipulovat se součástí oběma rukama. Avšak nevýhodou je, že lze na pracovištích využít pouze malé přípravky a ručně ovládané pracovní nástroje [2].

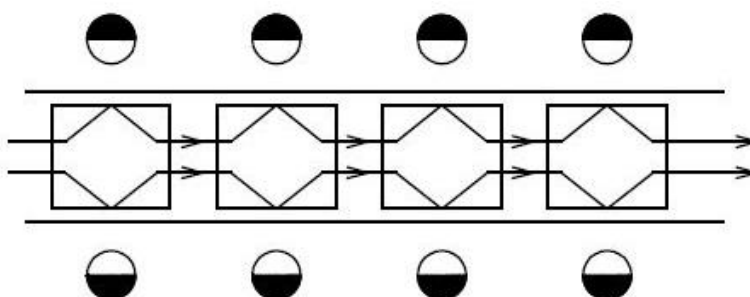
Při využití jednostranného (jednoduchého) uspořádání montážní linky vznikají větší nároky na prostor oproti oboustrannému uspořádání, jenž významně šetří prostor. Na obr. 1.6 až 1.13 jsou znázorněny schematicky jednotlivé možnosti a kombinace uspořádání [2].



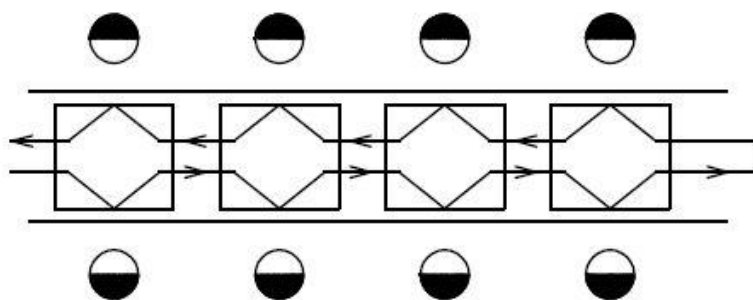
Obr. 1.6 Jednostranná jednosměrná montážní linka [2].



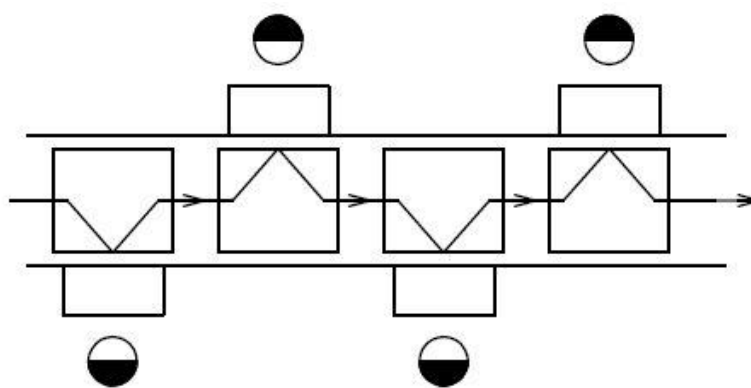
Obr. 1.7 Oboustranná jednosměrná montážní linka [2].



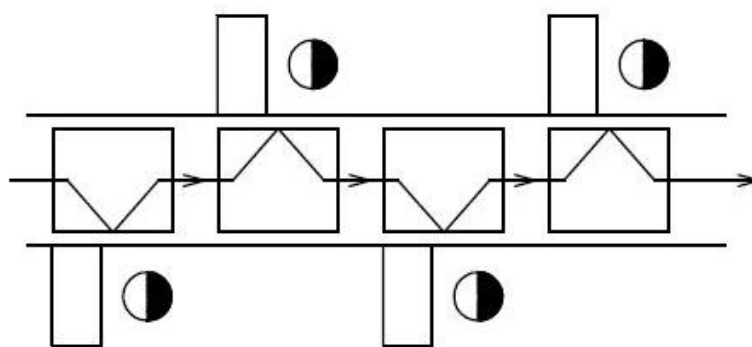
Obr. 1.8 Oboustranná jednosměrná montážní linka [2].



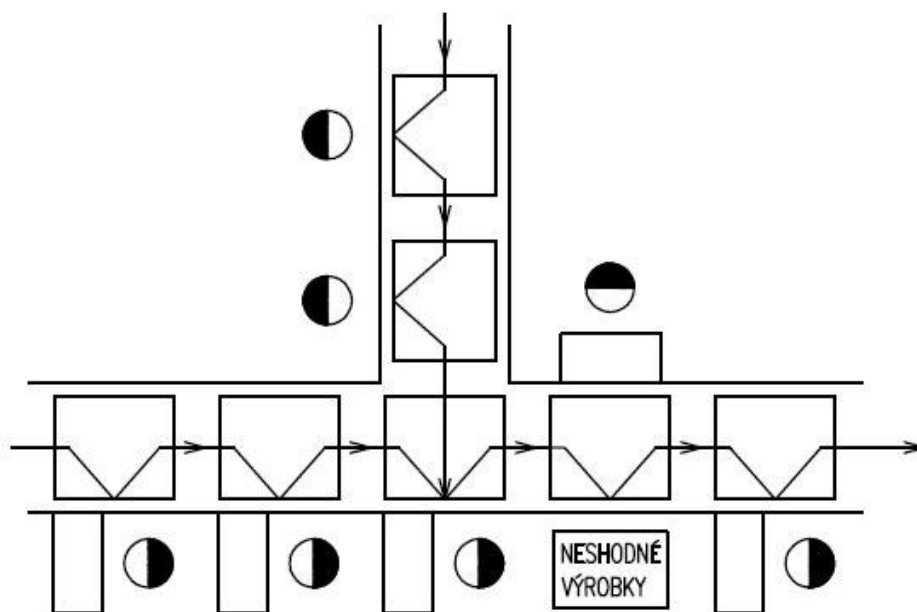
Obr. 1.9 Oboustranná obousměrná montážní linka [2].



Obr. 1.10 Montážní linka s čelními montážními pracovišti [2].



Obr. 1.11 Montážní linka s bočními montážními pracovišti [2].



Obr. 1.12 Rozvětvená montážní linka [2].

1.4 Kanban

Slovo kanban pochází z japonštiny a v překladu znamená kartu, lístek či v širším významu přímo informaci. Jedná se o tahový systém dílenského řízení výroby, jenž používá kanban karty [5].

Podstatou tohoto systému je tzv. tahání součástek výrobním procesem v souladu s potřebami montáže tak, aby nevznikalo zbytečné množství rozpracovaných výrobků a nadbytečných meziskladů. Snahou systému kanban je postupná minimalizace všech skladů, dále slouží pro určení stavu zásob a rozpracované výroby [5][6][7].

Zavedením systému by mělo docházet ke snižování velikosti výrobních dávek, což umožňuje flexibilněji reagovat na požadavky zákazníka. Čím menší výrobní dávka, tím méně dílců ve výrobě. Tím se zmenší i požadavky na prostor respektive na sklady, mezisklady a zmenší se ztráty vytvořené neshodnými součástmi. Menší požadavky na tyto prostory znamenají nižší náklady na celkovou výrobu [5][6][7].

Systém kanban je nejvhodnější aplikovat pro opakovanou výrobu stejných součástí s vysokou mírou odbytu [6].

1.5 5S

Tato metoda opět vznikla v Japonsku. 5S je metodika, která má za cíl zlepšit v organizaci pracovní prostředí a tím i kvalitu. Také patří k hlavním metodám při zavádění štihlé výroby a je základním předpokladem pro její zlepšování. Důvody k zavedení této metody jsou kupříkladu: vizualizace a redukce plýtvání, zvýšení kvality a bezpečnosti, zlepšení

materiálového toku a zlepšení podnikové kultury postoje lidí a pracovního prostředí [8] [9].

Jak již samotný název napovídá, metoda se skládá z pěti kroků. Tyto kroky jsou separovat, systematizovat, stále čistit, standardizovat a sebedisciplinovanost [9].

Přínosy metody 5S jsou především v těchto oblastech: snížení zásob na pracovišti, zvýšení kvality, snížení času montážních operací, snížení rozměrů pracovního prostoru a zlepšení podnikové kultury [8][9].

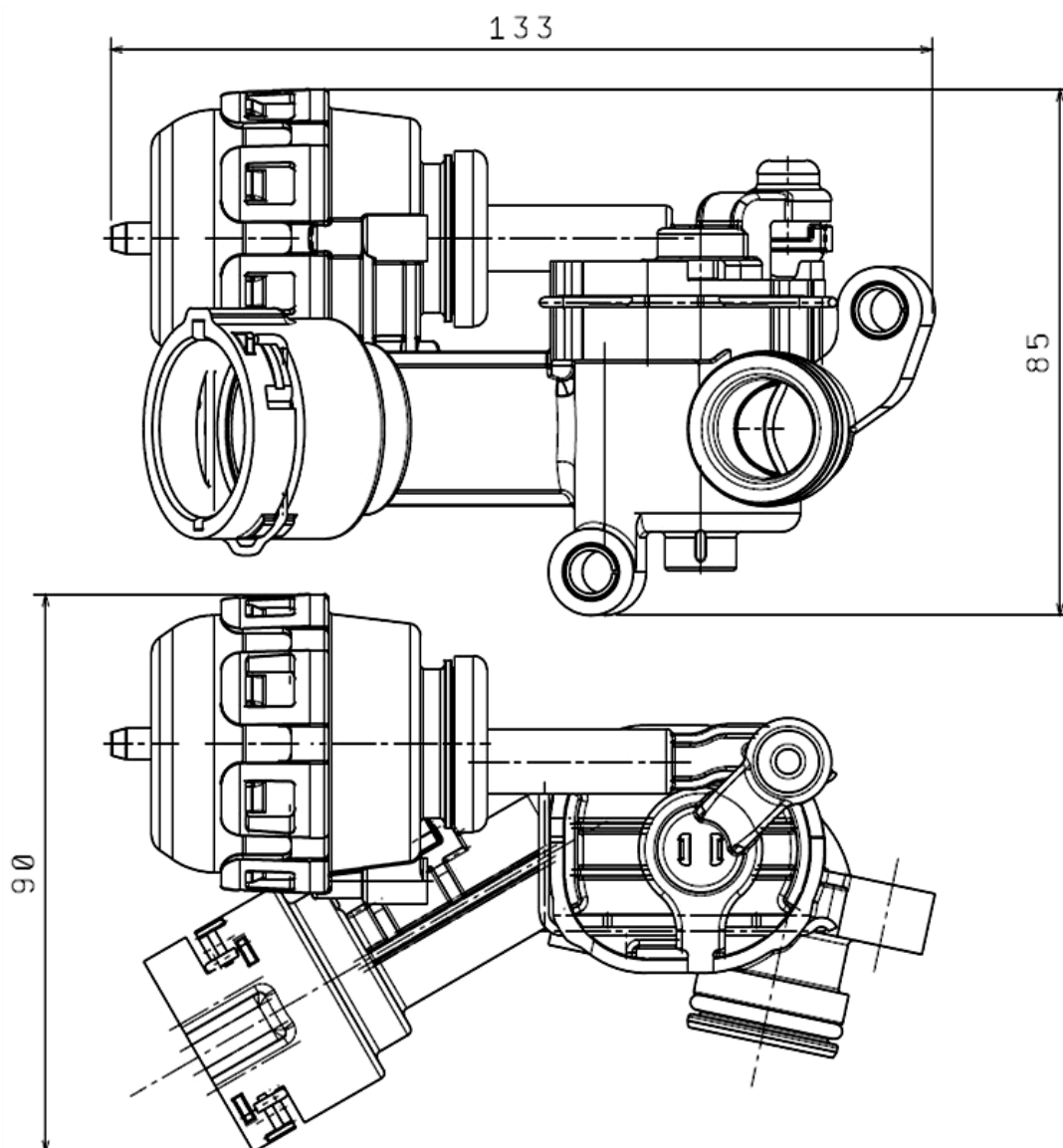
2 MONTOVANÉ SOUČÁSTI NA LINCE

Navrhované montážní linky slouží k montáži vodních ventilů označených čísly 48B a 49C, jež se využívají pro termoregulaci spalovacího motoru. Jsou řízeny pomocí podtlaku a regulují průtok chladícího média.

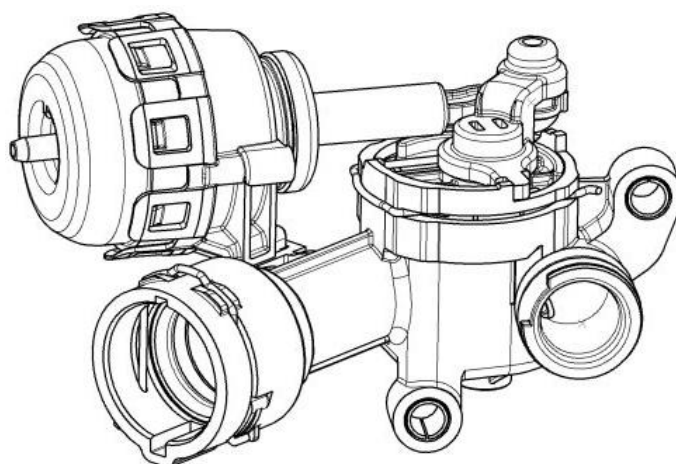
2.1 Vodní ventil 48B

Je tvořen z 23 částí. V příloze 1 se nachází katalog součástí pro vodní ventil 48B. Součásti jsou označeny číslem a v této práci budou psány v kulatých závorkách [4].

Z důvodů zachování obchodního tajemství jsou zakótovány pouze orientačně hlavní rozměry viz obr. 2.1, což je pro potřeby této diplomové práce zcela dostačující. Na obr. 2.2 je náhled na vodní ventil 48B [4].



Obr. 2.1 Vodní ventil 48B s okótovanými hlavními rozměry [4].

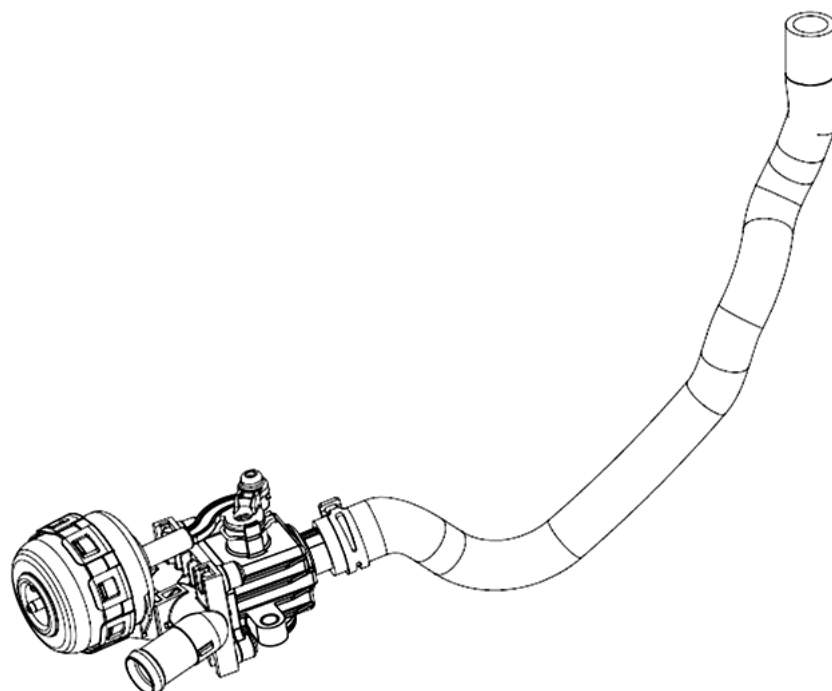


Obr. 2.2 Vodní ventil 48B [4].

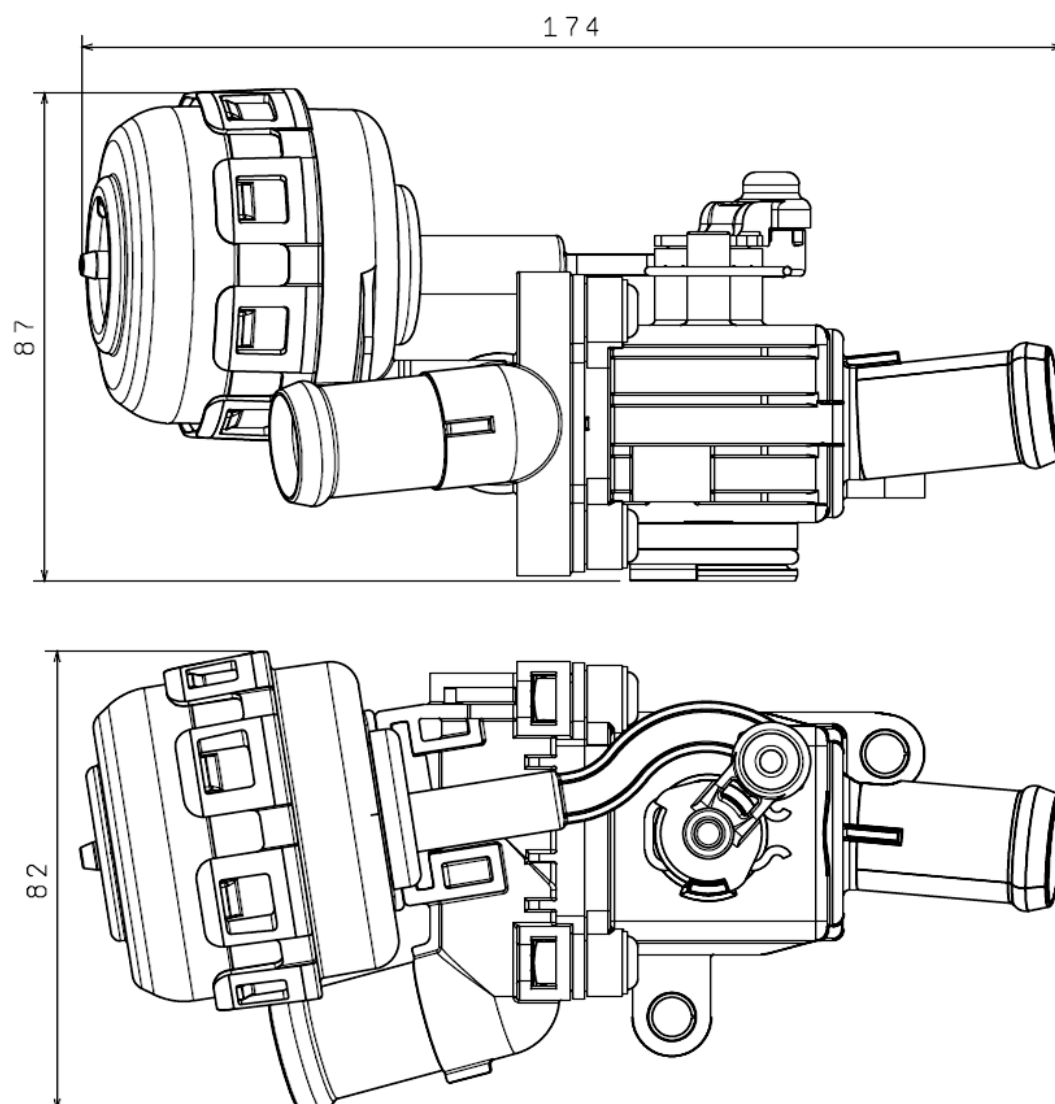
2.2 Vodní ventil 49C

Je složen z 33 částí. V příloze 2 se nachází katalog součástí pro vodní ventil číslo 49C. V katalogu jsou jednotlivé součásti označeny čísly a v textu této práce budou psány v kulatých závorkách [4].

Na obr. 2.3 je vodní ventil 49C i s namontovanou hadicí. Opětovně jsou okótovány pouze hlavní rozměry viz obr. 2.4. Avšak bez hadice, neboť ta se v montáži vyskytuje až mezi posledními kroky a není tak pro názornost potřebná [4].



Obr. 2.4 Vodní ventil 49C i s namontovanou hadicí [4].



Obr. 2.3 Vodní ventil 49C s okótovanými hlavními rozměry [4].

3 VÝPOČET TAKTU, POČTU ZAMĚSTNANCŮ A PRACOVIŠŤ

3.1 Výpočet taktu

Takt je při navrhování montážních linek klíčovým parametrem. Je roven době jednoho pracovního cyklu, za který se zhotoví na lince jeden výrobek. Při tomto výpočtu bude vycházeno z počtu kusů, které je naplánováno vyrobit za jeden rok, směnnosti linky a časového fondu pro jeho výrobu [1].

Tento časový fond je omezen na pět pracovních dnů v týdnu a čtyřicet osm pracovních týdnů v roce. Omezení vychází z důvodů údržby, opravy či přestavby linky. U montážních linek nelze vždy provádět údržby a opravy za provozu, proto je zde kladen důraz na organizaci údržby a oprav.

Kapacitní propočty jsou zpracovány jak pro dvousměnný, tak pro třisměnný provoz. Dle dílčích výsledků bude proveden výběr směnnosti provozu v kapitole 3.4 této práce.

Počet výrobků vyrobených za směnu

Při výpočtu počtu výrobků vyrobených za směnu vycházíme z požadovaného počtu výrobků za rok, časového fondu pro výrobu a směnnosti dle vzorce 3.1. Za jeden kus je brána do úvahy dvojice ventilů číslo 48B a 49C a to z důvodu následné konstrukční propojenosti a přání zákazníka [1][4].

$$N_s = \frac{N}{t_t \cdot t_{dn} \cdot s_s} \quad [\text{ks}] \quad (3.1)$$

| | | | |
|-----------------|---|-------------|--|
| N | požadovaný počet výrobků za rok | [ks/rok] | N = 18 000 ks/rok |
| t _{dn} | počet pracovních dní v týdnu | [dnů/týden] | t _{dn} = 5 dnů/týden |
| t _t | počet pracovních týdnů | [týden] | t _t = 48 týdnů |
| s | směnnost pracoviště | [směny] | s ₂ = 2 směny s ₃ = 3 směny |
| N _{s2} | počet výrobků vyrobených při dvousměnné výrobě za jednu směnu | [ks] | |
| N _{s3} | počet výrobků vyrobených při třisměnné výrobě za jednu směnu | [ks] | |

$$N_{s2} = \frac{N}{t_t \cdot t_{dn} \cdot s_2} = \frac{18\,000}{48 \cdot 5 \cdot 2} = 37,5 \text{ ks} \rightarrow \text{volím } N_{s2} = 38 \text{ ks}$$

$$N_{s3} = \frac{N}{t_t \cdot t_{dn} \cdot s_3} = \frac{18\,000}{48 \cdot 5 \cdot 3} = 25 \text{ ks}$$

Počet výrobků vyrobených při dvousměnné výrobě za jednu směnu volím vyšší tedy N_{s2} = 38 ks z důvodu lepšího přístupu a transparentnosti výpočtu.

Takt linky

Takt linky lze spočítat z poměru časového fondu směny a z požadovaného množství výrobků za směnu dle vzorce 3.2. Pro porovnání se počítá pro dvousměnný a třisměnný provoz [1][3].

$$t = \frac{T_s - T_z}{N_s} \quad (3.2)$$

$$t_2 = \frac{T_s - T_z}{N_{s2}} = \frac{480 - 50}{38} \doteq 11,32 \frac{\text{min}}{1 \text{ ks}} \doteq 679 \frac{\text{s}}{\text{ks}}$$

$$t_3 = \frac{T_s - T_z}{N_{s3}} = \frac{480 - 50}{25} \doteq 17,2 \frac{\text{min}}{1 \text{ ks}} \doteq 1032 \frac{\text{s}}{\text{ks}}$$

| | | | |
|-------|--|----------|-------------------------|
| T_s | čas směny, jedna směna 8 hodin = 480 minut | [min] | $T_s = 480 \text{ min}$ |
| T_z | celkový ztrátový čas | [min] | $T_z = 50 \text{ min}$ |
| t_2 | takt linky při dvousměnném provozu | [min/ks] | |
| t_3 | takt linky při třisměnném provozu | [min/ks] | |

Celkový ztrátový čas se skládá ze součtu všech přestávek a ztrátového času určeného ke kontrole montážní linky. Výpočet bude proveden dle vzorce 3.3.

$$T_z = (\sum p) + k_z = (p_1 + p_2 + p_3) + k_z = 10 + 25 + 5 + 10 = 50 \text{ min} \quad (3.3)$$

| | | |
|-------|--|-------|
| p | přestávka | [min] |
| p_1 | přestávka na regeneraci a občerstvení | [min] |
| p_2 | přestávka na regeneraci a občerstvení | [min] |
| p_3 | přestávka na regeneraci a občerstvení | [min] |
| k_z | ztrátový čas určený ke kontrole montážní linky | [min] |

Ztrátový čas určený ke kontrole montážní linky se skládá z času potřebného ke kontrole montážní linky na začátku směny a času potřebného pro opětovnou kontrolu případných neshodných dílů na konci směny.

3.2 Počet operátorů na lince v jedné směně

Při výpočtu se vychází z předpokladu, že synchronní linka je považována za strojní pracoviště. Opět se pro srovnání počítá pro dvousměnný a třisměnný provoz [1].

Výpočet počtu operátorů je poměr mezi tím kolik má být vyrobeno kusů a tím kolik je na produkci stanoveno času viz vzorec 3.4 [1].

$$D_{vs} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (3.4)$$

| | | |
|-----------|---|--------------------------|
| D_{vs} | počet operátorů montážní linky v jedné směně | [oper.] |
| t_k | kusový čas na danou operaci volím: $t_k = t$, $t_{k2} = t_2$, $t_{k3} = t_3$ | [min] |
| E_s | efektivní fond v jedné směně | [h/rok] |
| k_{pns} | koeficient překračování norem | [-] volím: $k_{pns} = 1$ |

Efektivní fond v jedné směně vyplývá z časového fondu pro celý rok, jenž je omezen na pět pracovních dnů v týdnu a čtyřicet osm pracovních týdnů v roce. Lze spočítat dle zdroje [1] vzorcem 3.5.

$$E_s = t_t \cdot t_{dn} \cdot \frac{T_s - T_z}{60} = 48 \cdot 5 \cdot \frac{480 - 50}{60} = 1\,720 \text{ h} \quad (3.5)$$

$$D_{vs2} = \frac{t_2 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_2 \cdot k_{pns}} = \frac{11,32 \cdot 18\,000}{60 \cdot 1\,720 \cdot 2 \cdot 1} = 0,987 \text{ oper.}$$

→ volím 1 operátora pro linku, $D_{vs2} = 1 \text{ oper.}$

$$D_{vs3} = \frac{t_3 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_3 \cdot k_{pns}} = \frac{17,2 \cdot 18\,000}{60 \cdot 1\,720 \cdot 3 \cdot 1} = 1 \text{ oper.}$$

→ volím 1 operátora pro linku, $D_{vs3} = 1 \text{ oper.}$

D_{vs2} počet operátorů linky v jedné směně při dvousměnném provozu [oper.]

D_{vs3} počet operátorů linky v jedné směně při třisměnném provozu [oper.]

3.3 Počet pracovišť

Počet pracovišť pro výkon jednotlivé operace je stanoven poměrem času operace, ve kterém je zahrnuta i mezioperační doprava od předchozí operace a taktem samotné linky [1]. Vzorec 3.6 pro výpočet vychází z pramene [1].

$$P_n = \frac{t_k}{t} \quad (3.6)$$

| | | |
|-------|---|--------------|
| P_n | počet pracovišť pro danou operaci | [pracoviště] |
| t | takt montážní linky | [s/ks] |
| t_k | čas dané operace včetně času mezioperační dopravy z předchozí operace | [s] |

Pro návrh montážní linky je uvažováno, že každé operaci bude vystačovat pouze jedno pracoviště. Tento předpoklad bude ověřen v každém návrhu zvlášť.

3.4 Zhodnocení směnnosti

Podle stávajícího montážního postupu a potřebného času viz tab. 4.1 pro jednotlivé operace je patrné, že takt pro dvousměnný provoz je zcela odpovídající pro řešenou montážní linku. Tudíž pro výrobu na montážní lince bude dále brán v úvahu pouze dvousměnný provoz s jedním operátorem.

Takt pro třisměnný provoz je již příliš dlouhý a neodpovídal by času pro jednotlivé operace. Docházelo by ke značným prostojům. Z ekonomického hlediska bude využití pouze dvousměnného provozu velmi výhodné a bude znamenat určitou úsporu financí.

Čas jednotlivých operací byl stanoven díky podobnosti operací s již jinou funkční linkou a také na základě určité zkušenosti stanovení času jednotlivých operací. Takt montážní linky bude tedy $t_2 = 679$ s.

4 ANALÝZA MONTÁŽNÍHO POSTUPU

Pro tvorbu této kapitoly bylo využito interních dokumentů firmy [4].

4.1 Stávající varianta montážního postupu

Montáž obou ventilů se skládá z 32 operací, viz tab. 4.1 montážního postupu a schémata montážních postupů obr. 4.1 a 4.2 níže. V operacích číslo 1 až 11, 28 a 31 se jedná o montáž vodního ventilu číslo 48B a v ostatních operacích se zhotovuje vodní ventil číslo 49C. Společnou operací obou vodních ventilů je kontrola respektive operace číslo 31, kde se na shodné díly umísťuje popis. V tabulkách montážního postupu a v textu samotném této práce jsou označeny jednotlivé součásti čísly v závorce, jež lze najít v příloze 1 a 2, kde jsou katalogy součástí příslušných vodních ventilů. Barva jednotlivých částí vodních ventilů v této práci slouží pouze k lepší orientaci v náhledu. Například červená barva značí součásti sloužící k těsnění. Ve skutečnosti jsou veškeré součásti vodních ventilů černé barvy, vyjma všech ocelových částí, jejichž barva je kovově lesklá.

Na každou operaci připadá jedno pracoviště. Není zde ještě uvažováno s využitím sloučení pracovišť. Dále je v montážním postupu tab. 4.1 i potřebný čas pro zhotovení dané operace včetně mezioperační dopravy z předchozí operace.


Nejužším místem montáže je kontrola obou vodních ventilů v operaci číslo 28. Tato operace trvá dle montážního postupu tab. 4.1 80 sekund. Předpokládá se, že se budou kontrolovat oba vodní ventily současně. Do jednotlivých celkových součtů pro výpočet taktu se nezahrnují, neboť bude tato kontrola vodních ventilů do určité míry automatická a během ní se budou moci uskutečňovat další následné montážní operace. Do úvahy je vzato, že čas potřebný pro případnou manipulaci a ovládání této kontroly se započítá do předchozí a následné operace.

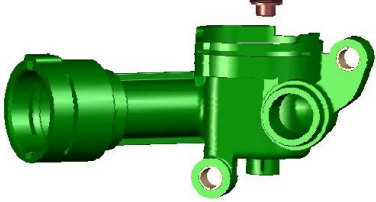
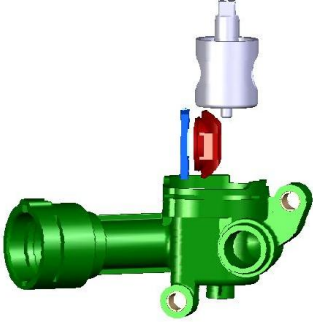
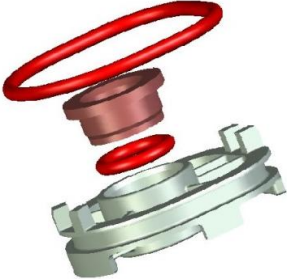
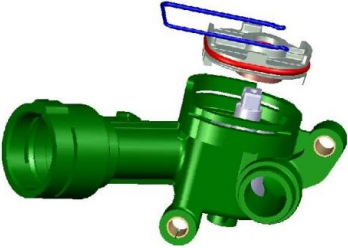
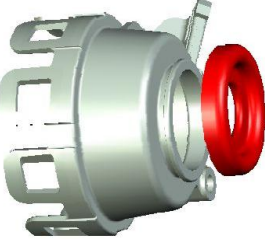
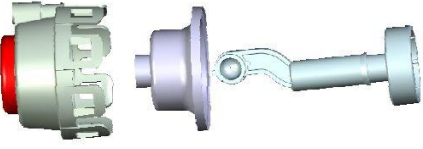
Nejužší místa montáže budou kontrolovány pomocí počtu pracovišť. Jedná se o kontrolu toho, zda je montážní linka správně kapacitně vybavena a schopna dodržet požadovaný takt.


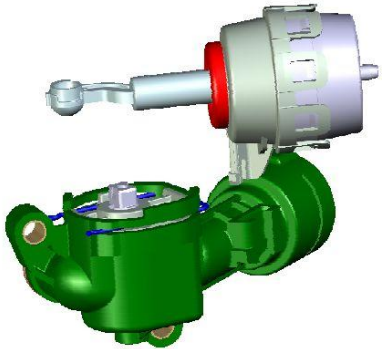
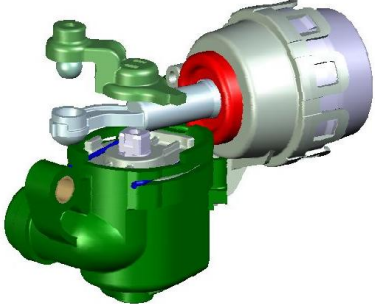
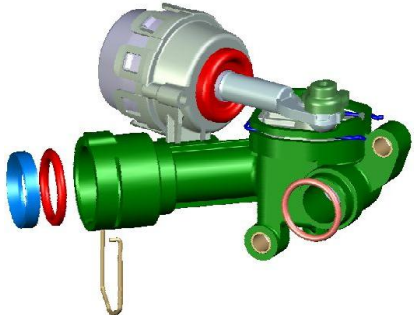

Součtem jednotlivých časů operací v tab. 4.1 vyplývá, že takt požadovaný ($t_2 = 679$ s) lze splnit. Takt požadovaný a spočtený dle tab. 4.1 se shodují.

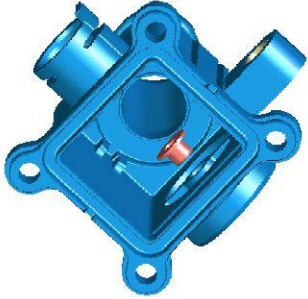
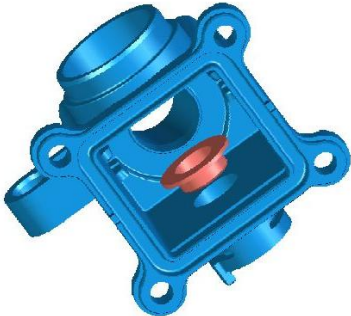
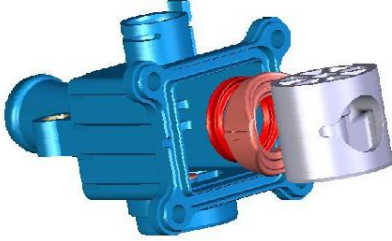
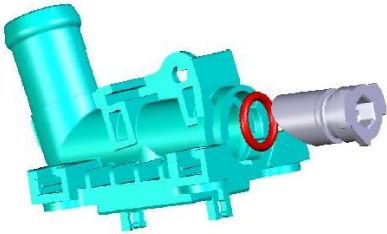
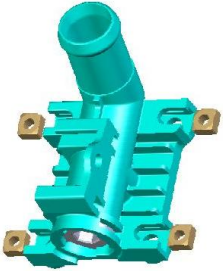
4.1.1 Montážní postup

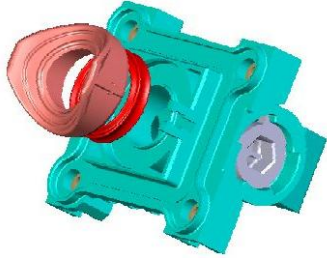
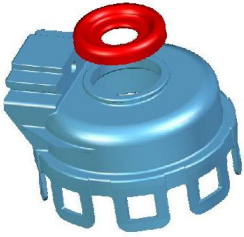
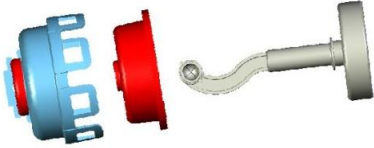
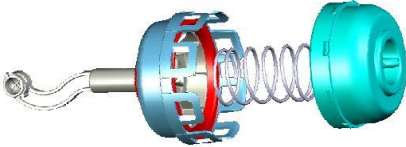
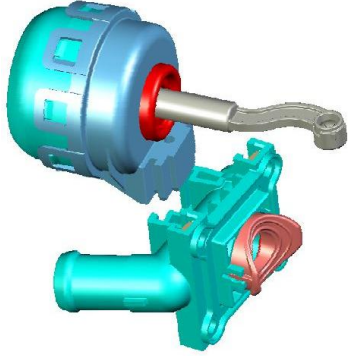
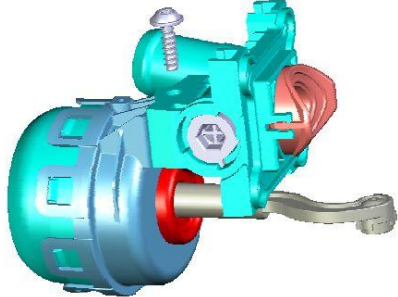
Tab. 4.1 Montážní postup.


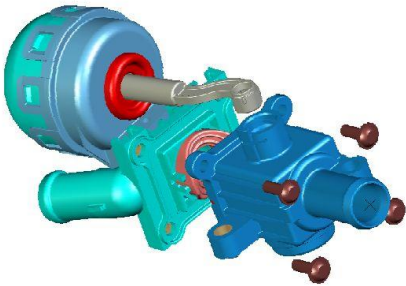
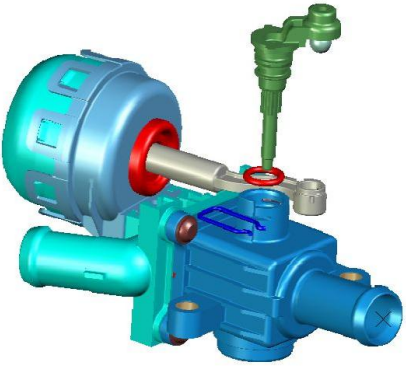

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 1 | Dvě pouzdra (102) zalisovat do těla ventilu (101) - začátek montáže vodního ventilu 48B. |  | 1 | 16 |

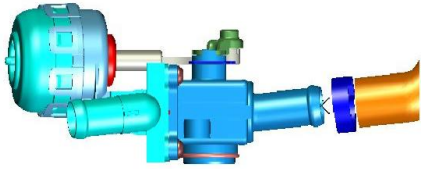
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 2 | Zalisování pouzdra s věncem (103) do smontované součásti z op. 1 (tělo ventilu). |  | 2 | 15 |
| 3 | Montáž těsnění (105), listové pružiny (104) a otočného pístu (106) do smontované součásti z op. 2. |  | 3 | 28 |
| 4 | Montáž těsnícího o-kroužku (109), zalisování pouzdra s věncem (110) na víko (107) a následná montáž těsnící o-kroužek (109). |  | 4 | 28 |
| 5 | Montáž víka z op. 4 na montážní celek z op. 3 a zajištění zajišťovací pružinou (111). |  | 5 | 21 |
| 6 | Nasazení ochranného těsnění (113) na víko (112). |  | 6 | 15 |
| 7 | Nasazení membrány (114) na vodící tyč (115) a ustavení v montážním celku z op. 6. |  | 7 | 18 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 8 | Zalisování víka (116) a pružiny (117) do montážního celku z op. 7. |  | 8 | 21 |
| 9 | Zaklipsování montážních celků z op. 5 a op. 8. |  | 9 | 15 |
| 10 | Zalisování ovládací páky (118) do montážního celku z op. 9 (otočného pístu a vodící tyče). |  | 10 | 16 |
| 11 | Nasazení na smontovanou součást z op. 10 těsnící o-kroužek (119) a jeho zajištění zalisováním kroužkem (120), následná montáž zajišťovací pružiny (121) a těsnícího o-kroužku (122) - finální montáž vodního ventilu 48B. |  | 11 | 30 |
| 12 | Zalisování dvou pouzder (208) do těla ventilu (207) - začátek montáže vodního ventilu 49C. |  | 12 | 16 |

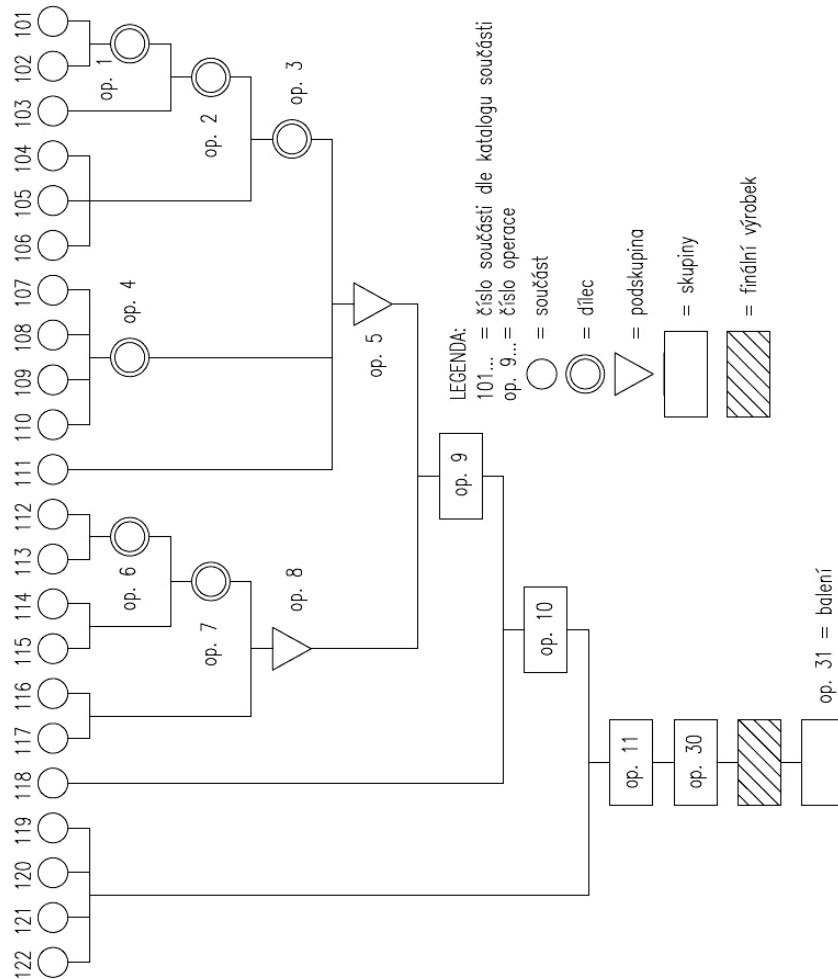
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 13 | Zalisování ložiskového pouzdra (209) do těla ventilu z op. 12. |  | 13 | 16 |
| 14 | Zalisování ložiskového pouzdra (210) do těla ventilu z op. 13. |  | 14 | 16 |
| 15 | Montáž těsnícího x-kroužku (205), těsnění (206) pomocí pneumatického lisu a následná montáž otočného pístu (211) do těla ventilu z op. 14. |  | 15 | 27 |
| 16 | Montáž těsnícího kroužku (203) na zátku (202) a její následná montáž do víka (201). |  | 16 | 18 |
| 17 | Zalisování čtyř matic (204) na víko z op. 16. |  | 17 | 23 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|---|--|-------------|------------------------|
| 18 | Zalisování složených součástí těsnícího x-kroužku (205) a těsnění (206) do víka z op. 17. |  | 18 | 16 |
| 19 | Montáž ochranného těsnění (216) na víko (215). |  | 19 | 15 |
| 20 | Nasazení membrány (217) na vodící tyč (218) a ustavení ve víku z op. 19. |  | 20 | 18 |
| 21 | Zalisování víka (219) a pružiny (220) do montážního celku z op. 20. |  | 21 | 21 |
| 22 | Slisování součástí z op. 21 do montážního celku z op. 18. |  | 22 | 17 |
| 23 | Sešroubování slisovaných součástí z op. 22 Šroubem (221). |  | 23 | 16 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 24 | Nasazení tvarového těsnění (212) na montážní celek z op. 15. |  | 24 | 15 |
| 25 | Sešroubování smontovaných součástí z op. 24 a 15 čtyřmi šrouby (213). |  | 25 | 28 |
| 26 | Nasazení těsnícího o-kroužku (222) na ovládací páku (223) a montáž do montážního celku z op. 25 a následná montáž zajišťovací pružiny (214). |  | 26 | 32 |
| 27 | Montáž těsnícího kroužku (224) na smontovanou součást z op. 26. |  | 27 | 32 |
| 28 | Kontrola a popis laserem obou zhotovených montážních celků vodních ventilů z předchozích operací číslo 11 a 27. | | 28 | 80 |

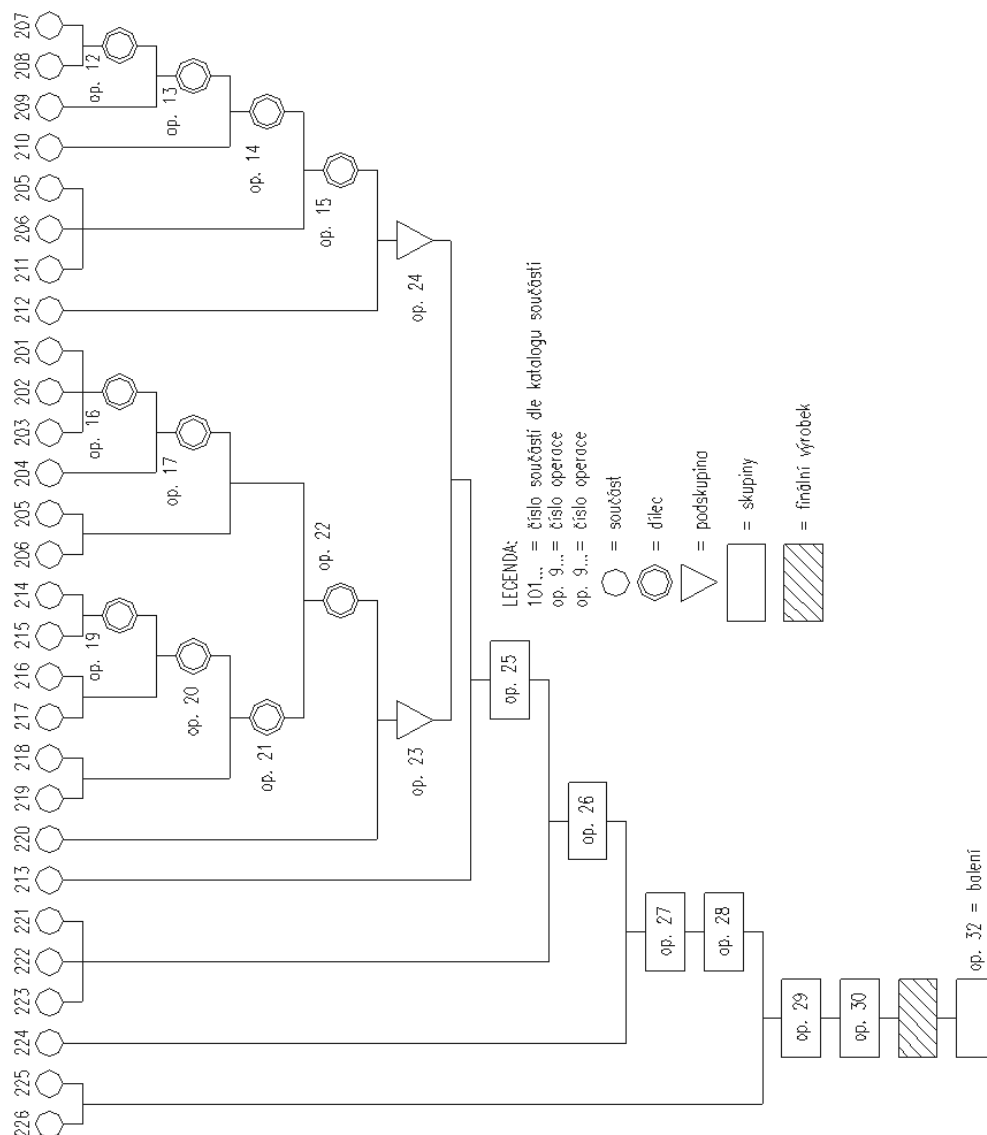
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 29 | Montáž hadice (225) na zkontrolovanou součást z op. 28 a zajištění sponou (226) - finální montáž vodní ventilu 49C. |  | 29 | 40 |
| 30 | Kontrola a značení laserem vodního ventilu 49C z op. 29. | | 30 | 30 |
| 31 | Balení součásti 48B. | | 31 | 30 |
| 32 | Balení součásti 49C. | | 31 | 30 |

4.1.2 Schéma montáže pro vodní ventil 48B



Obr. 4.1 Montážní schéma vodního ventilu 48B [4].

4.1.3 Schéma montáže pro vodní ventil 49C



Obr. 4.2 Montážní schéma vodního ventilu 49C [4].

4.2 Upravená varianta montážního postupu

V této práci jsou označeny jednotlivé součásti vodních ventilů čísly v závorce a jejich náhledy lze najít v příloze 1 a 2, kde jsou vytvořeny katalogy součástí jednotlivých vodních ventilů.

Úprava montážního postupu byla vytvořena z důvodu výskytu problematických míst, která by mohla vést k chybám při montáži. Tyto chyby montáže mohou vytvářet neshodné díly, což může vést i k reklamacím od zákazníka. Jakoukoliv reklamaci nastává zásadní problém, neboť vede zbytečně k dalším nákladům na výrobu a může vést dokonce i k ukončení spolupráce se zákazníkem. Úprava montážního postupu tab. 4.1 má za cíl jeho

zjednodušení, nižší nároky na zajištění a kontrolu. Všechny změny montážního postupu jsou uvedeny v montážním postupu tab. 4.2 a ve schématech obr. 4.3 a 4.4.

První úprava se týká montáže vodního ventilu číslo 48B operace číslo 9, kde dle montážního postupu v tab. 4.1 dochází ke slisování připravených součástí. Na tuto operaci navazuje operace číslo 10, kde se slisovává montážní celek z předchozí operace s ovládací pákou (118). Ovládací páka musí být současně zalisována jak v otočném pístu (106), tak i ve vodící tyči (115). Z čehož plyne nezbytnost zabezpečit správnou pozici vodící tyče (115) a současně i otočného pístu (106) proti ovládací páce (118) při slisování. Tato operace je tedy velmi náročná na zajištění, seřízení a kontrolu montáže. Proto byl upraven montážní postup viz tab. 4.2, kdy se v operaci číslo 9 zalisuje ovládací páka (118) na montážní celek z předchozí operace. Z čehož plyne, že se bude ovládací páka (118) lisovat pouze do vodící tyče. A v následující operaci číslo 10 proběhne zalisování montážních celků z operace číslo 5 a 9. V tomto pořadí je náročnost montáže jednotlivých operací menší.

Druhá úprava souvisí s montáží vodního ventilu číslo 49C. Při montáži tohoto ventilu je nevhodný sled operací. V operaci číslo 15 se montuje dle montážního postupu tab. 4.1 x-kroužek (205), těsnění (206) a nakonec otočný píst (211) do těla ventilu (207). Díky konstrukčnímu řešení ventilu není otočný ventil nijak zajištěn a může samovolně vyklouznout při mezioperačním přesunu. Konstrukci otočného pístu zachycuje náhled u dané operace nebo katalog součástí v příloze 2, součást číslo 211. Montážní celek zhotovený v této operaci dle montážního postupu tab. 4.1 je nutno přesouvat na určitou vzdálenost a na montáž navazuje až v operaci číslo 24. Tudiž riziko výroby neshodného dílu je za těchto okolností vysoké. Úprava tedy bude spočívat v přesunu operací. Operace číslo 12 až 15 dle montážního postupu tab. 4.1 jsou přesunuty v upraveném montážním postupu 4.2 na čísla operací 15 až 18.

Třetí změna montážního postupu již navazuje na předchozí úpravu a dále řeší problematiku možného vysunutí otočného pístu. Montáž vodního ventilu 49C bude začínat operacemi číslo 16 až 18 v rámci montážního postupu tab. 4.1. Bude tedy nejprve montován montážní celek, jehož základem je víko (201) a to v operacích číslo 12 až 14 montážního postupu tab. 4.2. Poté budou následovat operace číslo 15 až 19 stejného montážního postupu.

Čtvrtá úprava opět souvisí s montáží vodního ventilu číslo 49C. Po provedení operace číslo 18 dle montážního postupu tab. 4.1 by mohlo dojít k vysunutí těsnění (206) a x-kroužku (206) z montážního celku při mezioperační přepravě a při operacích samotných. Také tato montáž vede na složité následné operace číslo 22 až 25 stejného montážního postupu, které by byly opět velmi náročné na zajištění, seřízení a kontrolu montáže. Z této příčiny je zvolen jiný přístup k montáži, který je patrný v montážním postupu tab. 4.2 a schématech obr. 4.3 a 4.4. Tato změna také přispívá k řešení problému, otočného pístu v těle ventilu, jenž je řešen v druhé úpravě. Změna spočívá v operaci číslo 20 dle montážního postupu tab. 4.2. V této operaci se spojují jednotlivé montážní celky z operací číslo 14 a 19 téhož montážního postupu. Zde využíváme principu nejprve spojit montážní celky, jejichž základem je víko (201) a tělo ventilu (207).

Pátá úprava je vynucena z důvodu nesnadné montáže u vodního ventilu číslo 49C. Jedná se o operaci číslo 26 dle tab. 4.1. V této operaci se nasazuje těsnící kroužek (222) na ovládací páku (223) a následuje montáž na montážní celek z předchozí operace číslo 25 dle stejného postupu. Poté je posledním krokem zajištění ovládací páky (223) pomocí zajišťovací pružiny (214). Tento krok je však důvodem nesnadné montáže, neboť pro správné umístění

zajišťovací pružiny již není místo. Montáži překáží montážní celek z operace číslo 23 tzv. aktuátor. Konstrukční úprava, při které by se zajišťovací pružina montovala z opačné strany, není uskutečnitelná vzhledem k samotnému principu funkce vodního ventilu. Tudíž se tato zajišťovací pružina bude montovat ještě před montáží aktuátoru a při umístování ovládací páky bude rozevírána. Což způsobí změnu montážního postupu v tab. 4.1, kdy bude montována zajišťovací pružina (214) již v operaci číslo 20 viz tab. 4.2.

Poslední změnou v montážním postupu tab. 4.1 je změna technologie značení v operaci číslo 30. Značení vodního ventilu 49C se provádí za účelem rozlišení shodných a neshodných dílů. Značení se realizuje na základě výsledků kontrol montážního spoje hadice (225) a zbytku vodního ventilu 49C, jež zajišťuje spona (226). Samozřejmě se označují pouze ventily, které splní požadavky zkoušky. Ke značení se plánovalo využít dle montážního postupu tab. 4.1 laserovou techniku, avšak z finančního hlediska je to náročná technologie a po konzultaci ve firmě bylo rozhodnuto, že se využije technologie mikroúderu. Značka na hadici bude ve tvaru tečky. Tato změna je rovněž uvedena v upraveném montážním postupu tab. 4.2.


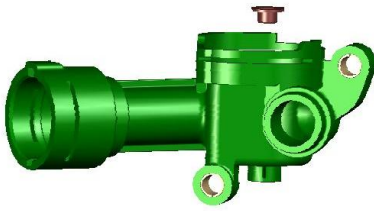
S uvedenými změnami souvisí i změny v časech některých operací. Všechny zde popsané změny a následné vynucené změny jsou zpracovány v upraveném montážním postupu v kapitole 4.2.1 této práce (tab. 4.2) a montážních schématech na obr. 4.3 a 4.4.

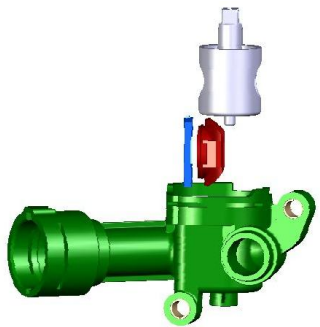


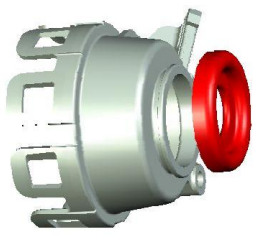
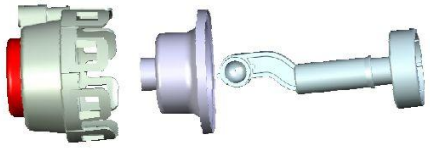
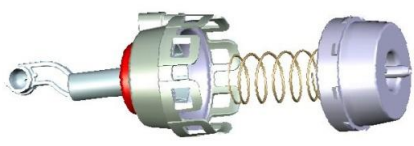
Z tab. 4.2 opět vyplývá, že je takt montážní linky dodržen, a spočítán podle již dříve zmíněných předpokladů.

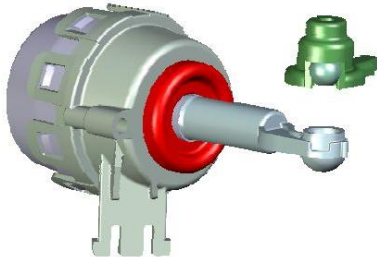
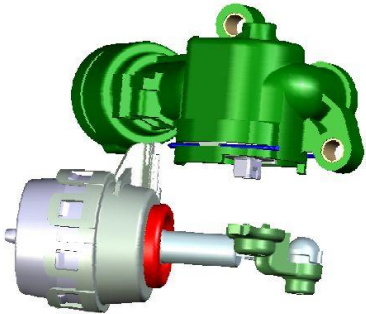
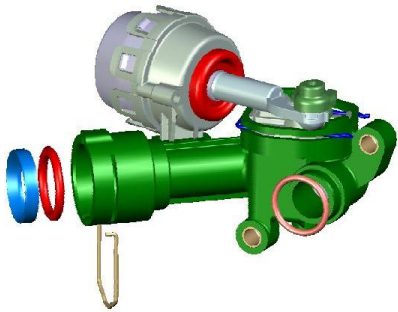
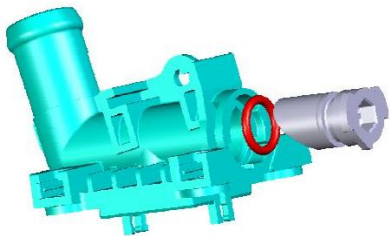
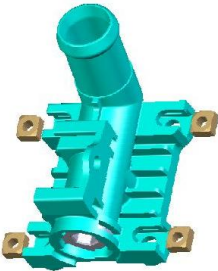
4.2.1 Upravený montážní postup

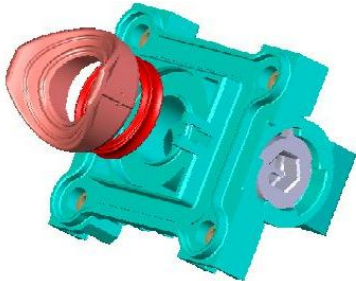

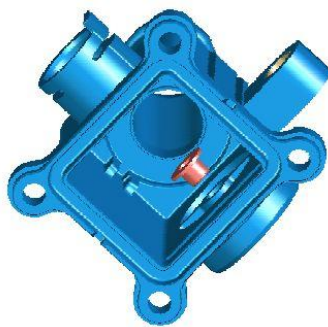
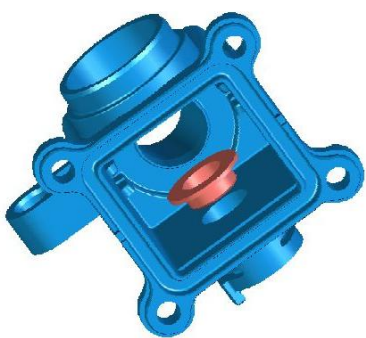
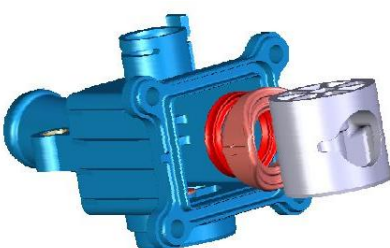
Z tohoto montážního postupu budou principiálně vycházet jednotlivé návrhy montážních linek.


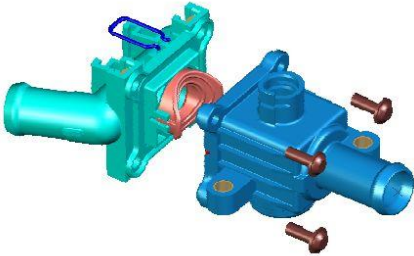

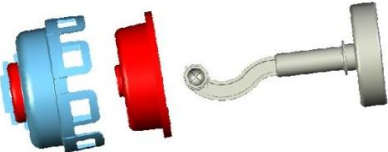
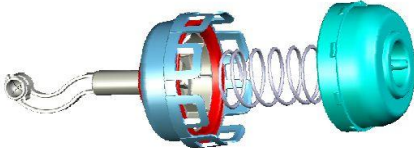
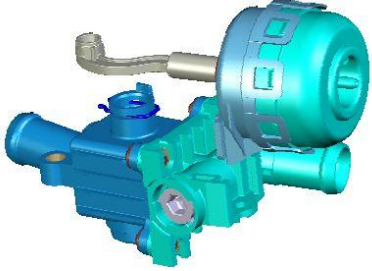
Tab. 4.2 Upravený montážní postup.


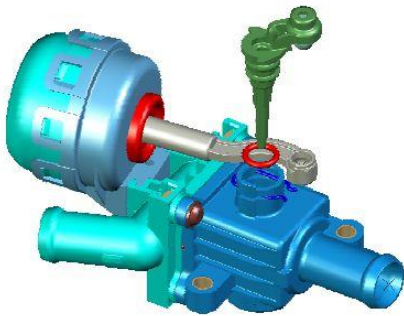

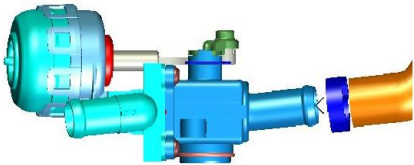
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 1 | Dvě pouzdra (102) zalisovat do těla ventilu (101) - začátek montáže vodního ventilu 48B. |  | 1 | 16 |
| 2 | Zalisování pouzdra s věncem (103) do zmontované součásti z op. 1 (tělo ventilu). |  | 2 | 15 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 3 | Montáž těsnění (105), listové pružiny (104) a otočného pístu (106) do smontované součásti z op. 2. |  | 3 | 28 |
| 4 | Montáž těsnícího o-kroužku (109), zalisování pouzdra s věncem (110) na víko (107) a následná montáž těsnící o-kroužek (109). |  | 4 | 28 |
| 5 | Montáž víka z op. 4 na montážní celek z op. 3 a zajištění zajišťovací pružinou (111). |  | 5 | 21 |
| 6 | Nasazení ochranného těsnění (113) na víko (112). |  | 6 | 15 |
| 7 | Nasazení membrány (114) na vodící tyč (115) a ustavení v montážním celku z op. 6. |  | 7 | 18 |
| 8 | Zalisování víka (116) a pružiny (117) do montážního celku z op. 7. |  | 8 | 21 |

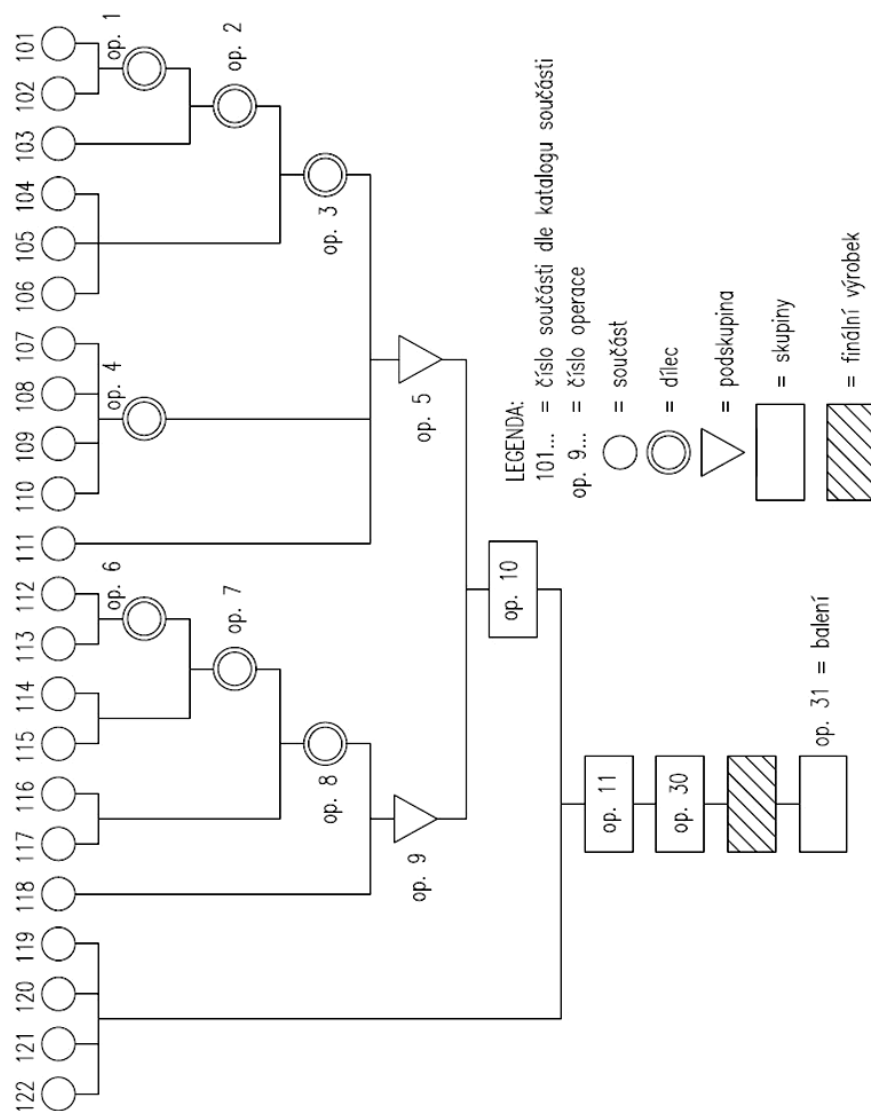
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 9 | Montáž ovládací páky (118) na montážní celek z op. 8. |  | 9 | 16 |
| 10 | Zalisování montážních celků z op. 5 a op. 9. |  | 10 | 16 |
| 11 | Nasazení na smontovanou součást z op. 10 těsnící o-kroužek (119) a jeho zajištění zalisováním kroužkem (120), následná montáž zajišťovací pružiny (121) a těsnícího o-kroužku (122) - finální montáž vodního ventilu 48B. |  | 11 | 30 |
| 12 | Montáž těsnícího kroužku (203) na zátku (202) a následná montáž na víko (201) - začátek montáže vodního ventilu 49C. |  | 12 | 18 |
| 13 | Zalisování čtyř matic (204) na víko z op. 12. |  | 13 | 23 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 14 | Zalisování složených součástí těsnícího x-kroužku (205) a těsnění (206) do víka z op. 13. |  | 14 | 16 |
| 15 | Zalisování dvou pouzder (208) do těla ventilu (207). |  | 15 | 16 |
| 16 | Zalisování ložiskového pouzdra (209) do těla ventilu z op. 15. |  | 16 | 16 |
| 17 | Zalisování ložiskového pouzdra (210) do těla ventilu z op. 16. |  | 17 | 16 |
| 18 | Montáž těsnícího x-kroužku (205), těsnění (206) pomocí pneumatického lisu a následná montáž otočného pístu (211) do těla ventilu z op. 17. |  | 18 | 27 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|---|--|-------------|---------------|
| 19 | Nasazení tvarového těsnění (212) na montážní celek z op. 18. |  | 19 | 15 |
| 20 | Sešroubování smontovaných součástí z op. 14 a 19 čtyřmi šrouby (213). Následující montáž zajišťující pružiny (214). |  | 20 | 32 |
| 21 | Montáž ochranného těsnění (216) na víko (215). |  | 21 | 15 |
| 22 | Nasazení membrány (217) na vodící tyč (218) a ustavení v součásti z op. 21. |  | 22 | 18 |
| 23 | Zalisování víka (219) a pružiny (220) do montážního celku z op. 22. |  | 23 | 21 |
| 24 | Slisování součástí z op. 23 do montážního celku z op. 20. |  | 24 | 17 |

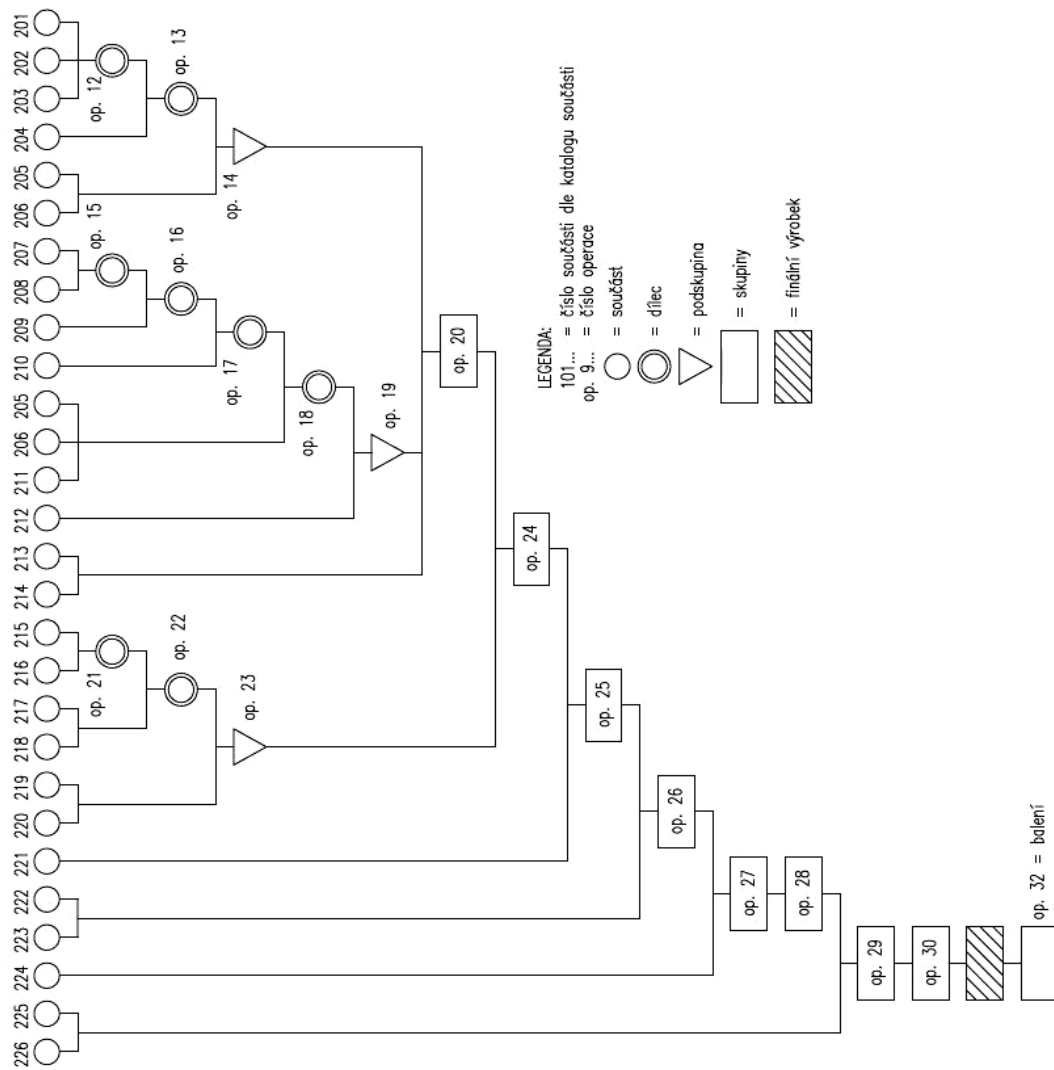
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 25 | Sešroubování slisovaných součástí z op. 24 šroubem (221). |  | 25 | 16 |
| 26 | Nasazení těsnícího o-kroužku (222) na ovládací páku (223) a montáž do montážního celku z op. 25. Současně rozevření zajišťovací pružiny (214). |  | 26 | 27 |
| 27 | Montáž těsnícího kroužku (224) na smontovanou součást z op. 26. |  | 27 | 32 |
| 28 | Kontrola a popis laserem obou zhotovených montážních celků vodních ventilů z předchozích operací číslo 11 a 27. | | 28 | 80 |
| 29 | Montáž hadice (225) na zkontrolovanou součást z op. 28 a zajištění sponou (226) - finální montáž vodního ventilu 49C. |  | 29 | 40 |
| 30 | Kontrola a mikroúderové značení vodního ventilu 49C z op. 29. | | 30 | 30 |
| 31 | Balení součásti 48B. | | 31 | 30 |
| 32 | Balení součásti 49C. | | 31 | 30 |

4.2.2 Schéma upravené montáže pro vodní ventil 48C



Obr. 4.3 Upravené montážní schéma vodního ventilu 48B.

4.2.3 Schéma upravené montáže pro vodní ventil 49C



Obr. 4.4 Upravené montážní schéma vodního ventilu 49C.

5 VARIANTY USPOŘÁDÁNÍ MONTÁŽNÍ LINKY

Při navrhování je vycházeno z předpokladu, že plánovaná montážní linka je synchronní a samozřejmě jednoúčelová. Z důvodu jednoúčelovosti montážní linky je zde použito předmětného uspořádání, jež je charakteristické uspořádáním jednotlivých pracovišť dle technologického respektive montážního postupu výrobku. Což je pro navrhovanou montážní linku s pevným taktem zcela vhodné. S ohledem na vypočtené výsledky v kapitole 3 této práce bylo navrženo schéma prostorového uspořádání jako jednostranně jednosměrná montážní linka [1][2][3].

Na tomto základě byly navrženy tři možné varianty rozvržení montážní linky a to lineárního, eliptického tvaru a karuselové linky. Varianty budou mít mnoho společných prvků. Při tvorbě celé páté kapitoly bylo vycházeno z interních dokumentů firmy [1][2][3][4].

5.1 Lineární uspořádání montážní linky

Lineární uspořádání je charakteristické na šířku poměrně úzkou avšak na délku dlouhou montážní linkou viz obr. 5.1 dispoziční řešení. Z čehož vyplývá možnost využití pro dlouhé, ale úzké prostory.

Montážní linka je dle výsledků (viz třetí kapitola této práce) obsluhována pouze jedním operátorem. Přičemž směr postupu montáže je patrný z již výše citovaného obr. 5.1.

Uspořádání montážní linky samozřejmě vychází z montážního postupu kapitoly 4.2.1 a montážních schémat z kapitoly 4.2.2 a 4.2.3. Avšak čísla pracovišť v tab. 4.2 a tab. 5.1 nejsou shodná.

Montážní linka se skládá z jednotlivých pracovišť, která zabezpečují provedení jednotlivých operací. Při tvorbě montážní linky docházelo ke spojování jednotlivých operací, až do úrovně společného pracoviště viz kapitola 5.1.1. Tato montážní linka se skládá z částí, kde se montuje vodní ventil 48B a to jsou pracoviště číslo 1 až 4, 10 a 12 respektive operace číslo 1 až 11, 28 a 31. A části věnované výrobě vodního ventilu 49C tvořené pracovišti číslo 5 až 12 tedy operacím označené čísly 12 až 30 a 32. Pro oba vodní ventily jsou stejné pracoviště číslo 10 a 12. Kdy pracoviště číslo 10 je kontrolní stůl sloužící ke kontrole požadovaných parametrů. K balení hotových vodních ventilů se využívá pracoviště číslo 12.

Základem každého pracoviště je stůl, jenž je vybaven k zabezpečení všech aspektů dané montáže. Montážní stoly jsou voleny konstantní šířky 500 mm, vyjma kontrolního pracoviště číslo 12, kde z konstrukčních důvodů musí být šířka zvětšena na 600 mm.

Vzhledem k neustálým přesunům během obsluhy montážní linky nelze volit práci v sedu. Operátor bude při výkonu jednotlivých operací stát. Pouze tak budou splněny předpoklady správné ergonomie. Stoly je také možno výškově přestavovat v rozmezí 800 až 900 mm. Konečná výška stolu bude stanovena na základě zkušeností ze zkušebního provozu [10].

K přesunu montážních celků mezi jednotlivými operacemi bude využíváno speciálního vozíku. Vozík bude sestaven z trubkového systému firmy Beewatec. Na vozíku je připevněn upravený stůl, který obsahuje speciálně vytvarované místo pro jeden kus od každého vodního ventilu. Tvarování umožňuje přepravovat jak smontované díly, tak

i jednotlivé montážní celky. Tato konstrukce je volena z důvodu usnadnění mezioperační přepravy a také doplňuje kontrolu montáže vodních ventilů. Má napomoci s celkovou kontrolou posloupnosti (viz kapitola 5.1.4 této práce) montáže tím, že bude předcházet situaci. Kdyby mohl operátor například smontovat deset vodních ventilů po každém. Poté jít s nimi ke konečné kontrole (operace číslo 28), kde by se následně objevila závažná chyba. Jež by mohla vést k vyhodnocení všech ventilů jako neshodných. Přičemž kdyby se postupovalo dle montážního postupu, šlo by předejít takto vysoké ztrátě. Chyba by byla odhalena již při první kontrole a dalo by se předejít jejímu rozšíření. Při školení personálu je vždy kladen důraz na dodržování postupu práce [4][11].

5.1.1 Montážní postup pro lineární uspořádání linky

Oproti montážnímu postupu dle tab. 4.2 se liší pouze v pracovištích. Pro některé operace by bylo zbytečné tvořit celé vlastní pracoviště. Kvůli tomu spojujeme operace do jednoho pracoviště. Avšak na sloučeném pracovišti se všechny operace neslučují a každá má svůj úsek. Kupříkladu pro operace číslo 4 a 5 bylo vytvořena sloučené pracoviště číslo 2. Sloučení pracovišť se týká téměř všech pracovišť kromě pracoviště zajišťujícího operaci číslo 28 dle tab. 5.1. Jednotlivá sloučení pracovišť jsou uvedena na obr. 5.1 a tab. 5.1.


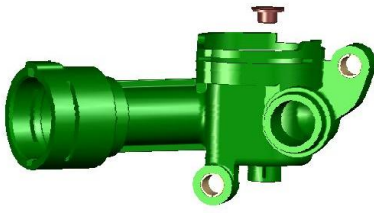
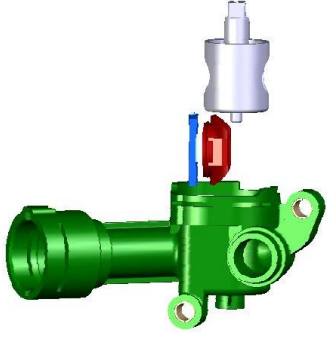
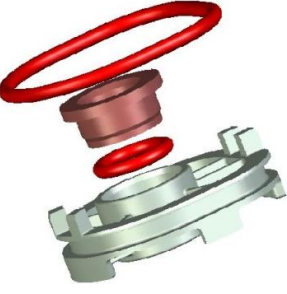
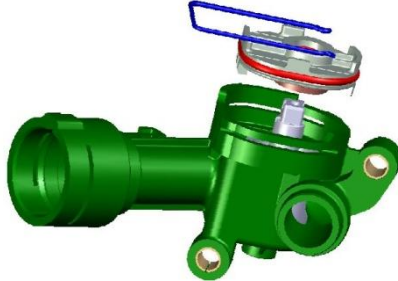
Také se využije sloučení některých operací až na úroveň společného úseku na pracovišti. Sloučeny jsou operace číslo 1+2, 9+10, 15+16, 19+20, 24+25, 26+27, 29+30 a 31+32.

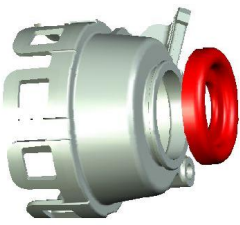
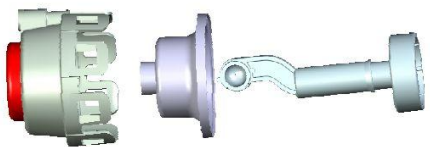

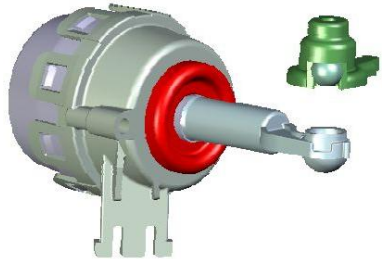
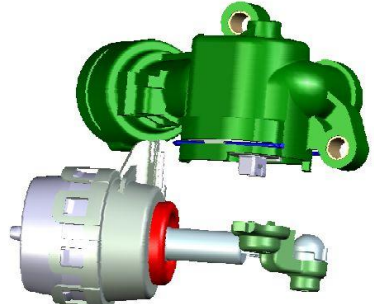
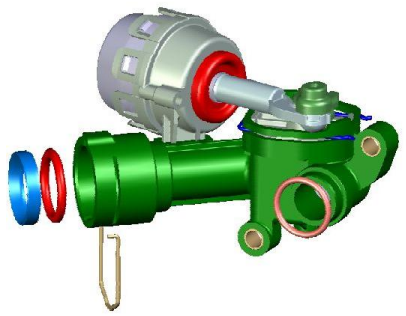
Díky tomu to a dalším sloučením lze ušetřit část výdajů na zajištění montáže a také zmenšit rozměry linky. Sloučení ušetří náklady, jelikož není nutné pro každou operaci vytvářet samostatné pracoviště a může být při jednotlivých operacích využíváno společných prvků pracoviště. Lze například využít montážního stolu, osvětlení, elektrických a pneumatických rozvodů a podobně.

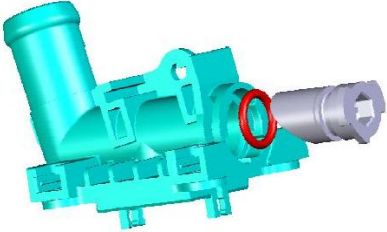
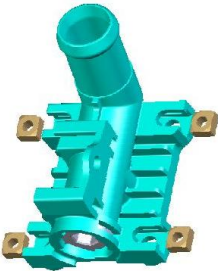
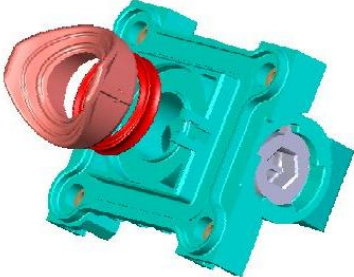

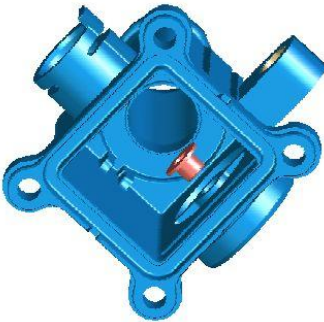
Práce na montážní lince probíhá samozřejmě dle montážního postupu tab. 5.1. Aby ale došlo k naplnění předpokladu kontroly vodních ventilů během provádění následných operací. Musí práce na montážní lince probíhat tím způsobem, že když budou vloženy smontované vodní ventily ke kontrole v operaci číslo 28 (dle tab. 5.1), tak operátor pokračuje dále v další montáži vodních ventilů. Při následném průchodu kolem pracoviště číslo 10 (kontrolní pracoviště) dochází pouze k výměně vodních ventilů. Následují dokončovací operace na již zkontrolovaných vodních ventilech dle níže uvedeného montážního postupu.

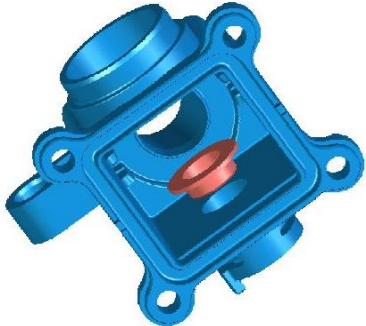
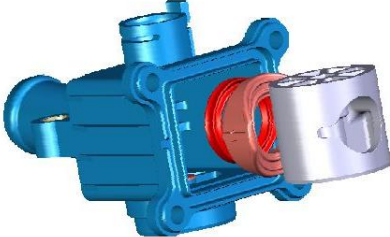

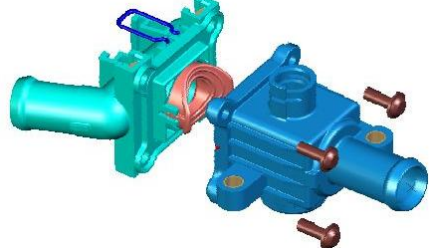

Požadovaný takt je zde dle tab. 5.1 opět splněn. Veškeré změny v montážním postupu jsou zapsány v tab. 5.1 na další straně.


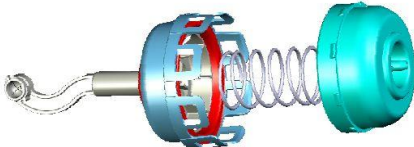
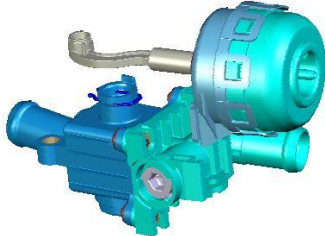

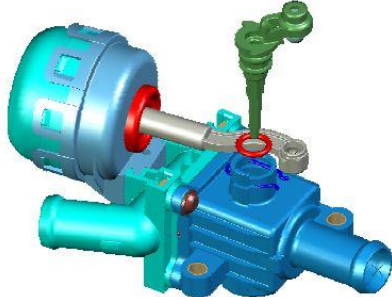

Tab. 5.1 Montážní postup pro lineární uspořádání.

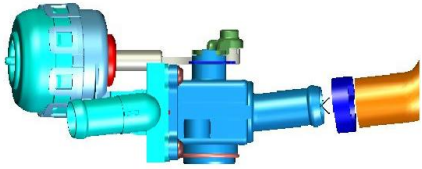
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 1+2 | Dvě pouzdra (102) zalisovat do těla ventilu (101) - začátek montáže vodního ventilu 48B. |  | 1 | 16 |
| | Zalisování pouzdra s věncem (103) do zmontované součásti z op. 1 (tělo ventilu). |  | | 15 |
| 3 | Montáž těsnění (105), listové pružiny (104) a otočného pístu (106) do smontované součásti z op. 2. |  | | 28 |
| 4 | Montáž těsnícího o-kroužku (109), zalisování pouzdra s věncem (110) na víko (107) a následná montáž těsnící o-kroužek (109). |  | 2 | 28 |
| 5 | Montáž víka z op. 4 na montážní celek z op. 3 a zajištění zajišťovací pružinou (111). |  | | 21 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 6 | Nasazení ochranného těsnění (113) na víko (112). |  | 3 | 15 |
| 7 | Nasazení membrány (114) na vodící tyč (115) a ustavení v montážním celku z op. 6. |  | | 18 |
| 8 | Zalisování víka (116) a pružiny (117) do montážního celku z op. 7. |  | | 21 |
| 9+10 | Montáž ovládací páky (118) na montážní celek z op. 8. |  | 4 | 16 |
| | Zaklípování montážních celků z op. 5 a op. 9. |  | | 16 |
| 11 | Nasazení na smontovanou součást z op. 10 těsnící o-kroužek (119) a jeho zajištění zalisováním kroužkem (120), následná montáž zajišťovací pružiny (121) a těsnícího o-kroužku (122) - finální montáž vodního ventilu 48B. |  | 30 | |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|---|--|-------------|------------------------|
| 12 | Montáž těsnícího kroužku (203) na zátku (202) a následná montáž na víko (201) - začátek montáže vodního ventilu 49C. |  | 5 | 18 |
| 13 | Zalisování čtyř matic (204) na víko z op. 12. |  | | 23 |
| 14 | Zalisování složených součástí těsnícího x-kroužku (205) a těsnění (206) do víka z op. 13. |  | | 16 |
| 15+16 | Zalisování dvou pouzder (208) do těla ventilu (207). |  | 6 | 16 |
| | Zalisování ložiskového pouzdra (209) do těla ventilu z op. 15. |  | | 16 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 17 | Zalisování ložiskového pouzdra (210) do těla ventilu z op. 16. |  | 6 | 16 |
| 18 | Montáž těsnícího x-kroužku (205), těsnění (206) pomocí pneumatického lisu a následná montáž otočného pístu (211) do těla ventilu z op. 17. |  | | 27 |
| 19+20 | Nasazení tvarového těsnění (212) na montážní celek z op. 18. |  | 7 | 15 |
| | Sešroubování smontovaných součástí z op. 14 a 19 čtyřmi šrouby (213). Následující montáž zajišťující pružiny (214). |  | | 32 |
| 21 | Montáž ochranného těsnění (216) na víko (215). |  | 8 | 15 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 22 | Nasazení membrány (217) na vodící tyč (218) a ustavení v součásti z op. 21. |  | 8 | 18 |
| 23 | Zalisování víka (219) a pružiny (220) do montážního celku z op. 22. |  | | 21 |
| 24+25 | Slisování součástí z op. 23 do montážního celku z op. 20. |  | 9 | 17 |
| | Sešroubování slisovaných součástí z op. 24 šroubem (221). |  | | 16 |
| 26 | Nasazení těsnícího o-kroužku (222) na ovládací páku (223) a montáž do montážního celku z op. 25. Současně rozevření zajišťovací pružiny (214). |  | 9 | 27 |
| 27 | Montáž těsnícího kroužku (224) na smontovanou součást z op. 26. |  | | 32 |
| 28 | Kontrola a popis laserem obou zhotovených montážních celků vodních ventilů z předchozích operací číslo 11 a 27. | | 10 | 80 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 29+30 | Montáž hadice (225) na zkontrolovanou součást z op. 28 a zajištění sponou (226) - finální montáž vodní ventilu 49C. |  | 11 | 40 |
| | Kontrola a mikroúderové značení vodního ventilu 49C z op. 29. | | | 30 |
| 31+32 | Balení součásti 48B. | | 12 | 30 |
| | Balení součásti 49C. | | | 30 |

5.1.1.1 Ověření počtu pracovišť

Návrh montážní linky bere v úvahu vždy jedno pracoviště pro operaci či sloučené operace. Pro ověření správnosti počtů pracovišť pro jednotlivé operace je využit vzorec 3.6 dle [1]. S ohledem na princip vzorce bude plně postačovat výpočet pro nejdelší čas operace, případně pro nejdelší sloučené operace [1].

$$P_n = \frac{t_k}{t} \quad (3.6)$$

$$P_{29+30} = \frac{t_{k29+30}}{t_2} = \frac{70}{679} = 0,1 \text{ pracoviště} \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

P_{29+30} počet pracovišť pro operaci číslo 29+30 [pracoviště]

t_2 takt montážní linky [s/ks] $t_2 = 679$ s

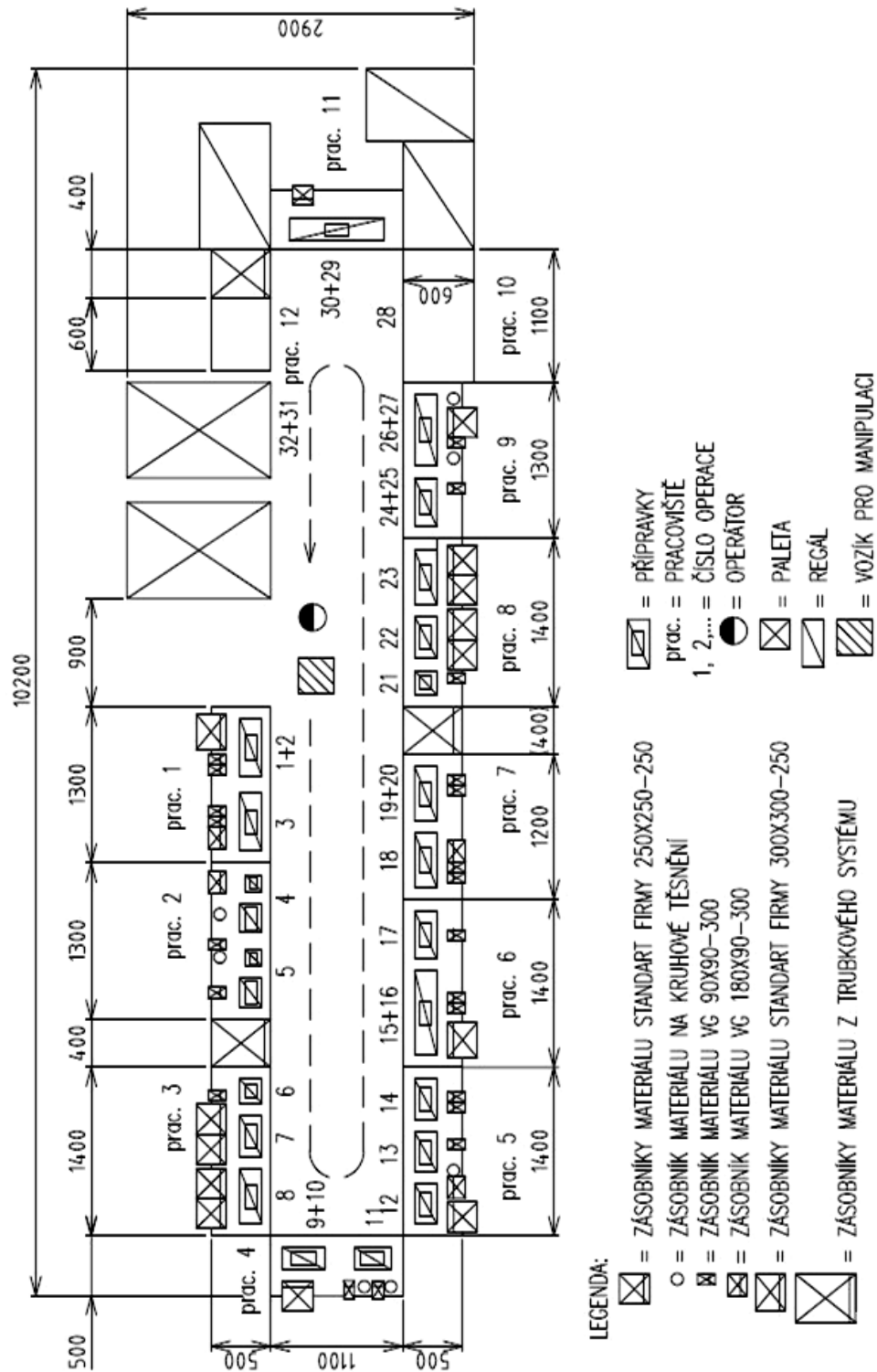
t_{k29+30} čas operací číslo 29 a 30 včetně času mezioperační dopravy z předchozí operace [s]

$$t_{k29+30} = 70 \text{ s}$$

Výpočet pro operace číslo 29 a 30 nám potvrzuje předpoklad vhodného využití pouze jednoho pracoviště pro tyto operace. Tudíž je předpoklad i pro ostatní pracoviště správný.

5.1.2 Návrh dispozičního řešení pro lineární uspořádání montážní linky

Kótování je pouze informační a značí pouze důležité parametry z hlediska návrhu montážní linky.



Obr. 5.1 Dispoziční řešení montážní linky pro lineární uspořádání (měřítko 1:60).

5.1.3 Pracoviště

Každé pracoviště je vybaveno tak, aby byla zajištěna správná montáž součástí při dané operaci. Jak již bylo řečeno, základem každého pracoviště je pracovní stůl. Pracovní stůl musí obsahovat osvětlení, přípravky pro provedení dané operace, prvky zabezpečující kontrolu montáže, zásobníky materiálu, přepravku pro neshodné součásti. Samozřejmostí jsou elektrické a případně i pneumatické rozvody, místo pro uvolněný vzorek, vzorově smontovanou součást dle prováděné operace a nezbytnou dokumentaci k pracovišti. Pracoviště musí splňovat principy metody 5S. Při návrhu pracoviště se vychází ze stavebnicového systému od firmy Bosch Rexroth [12].

Při konstrukci montážních stolů se využívá stavebnicových systémů firmy Rexroth ze skupiny Bosch, pomocí kterých si můžeme sestavit montážní stůl dle potřeb operace. V příloze 3 je pro názornost uveden příklad montážního stolu sestaveného tímto systémem [12].

Jelikož během kterékoliv operace může dojít k montáži neshodného dílu. Musí být každé pracoviště vybaveno přepravkou typu KTL 6421 o vnějších rozměrech 600 x 400 x 213 mm červené barvy pro neshodné díly vzniklé během dané operace. Neshodné díly musí být důsledně odděleny tak, aby nemohlo dojít k jejich smísení s dobrými díly. Pro jakoukoliv manipulaci a uschování neshodných dílů je povinností vždy užít přepravky červené barvy [13].

Důležité je také vytvoření místa pro uvolněný vzorek a ukázkový vzorek dané operace. Uvolněný vzorek slouží k uvolnění samotné výroby odpovědným vedoucím na začátku směny. To znamená kontrolu jednotlivých kroků montáže odpovědným vedoucím. Je to jeden z důležitých prvků kontroly.

K nedílné součásti pracoviště patří technická dokumentace pracoviště, jež bude obsahovat montážní postup včetně častých chyb během montáže a dokumentace související s použitými stroji na pracovišti.

Specifické je vybavení pracoviště číslo 12 dle tab. 5.1. Jedná se o pracoviště, na kterém jsou baleny vodní ventily do krabic dle balicího předpisu zákazníka. Pracoviště bude vybaveno všemi potřebnými balicími prostředky v souladu s balícím předpisem pro dané vodní ventily. Skládá se z montážního stolu o rozměrech 600 x 500 mm a dvou palet, jež budou umístěny na plošinových vozících viz příloha 4. Tedy pro každý ventil je určena jedna paleta. Krabice, do nichž se budou vkládat vodní ventily, budou umístěny rovnou na těchto paletách. Bude využíváno dřevěných euro palet o rozměrech 1200 x 800 x 144 mm (délka x šířka x výška). Samozřejmě každý typ ventilu se balí zvlášť. Montážní stůl slouží pro přípravu balení a uložení balících potřeb. Z charakteru operace je patrné, že zde není třeba využívat pneumatických rozvodů, avšak elektrické rozvody jsou nutné z důvodu potřeby správného osvětlení pracoviště a budou zajištěny z vedlejšího pracoviště [14].

5.1.3.1 Zásobníky materiálu

Zásobníky materiálu musí sloužit k zásobě materiálu minimálně na dvě hodiny práce montážní linky. Pro výpočet počtu vyrobených součástí se předpokládají dvě hodiny čistého času. Tedy je nutno určit výrobní dávku pro stanovený čas, přičemž bude vycházeno z taktu linky určeného v kapitole 3 této práce $t_2 = 11,32 \text{ min / ks}$. Dle vzorce číslo 5.1 je stanovena výrobní dávka na $N_{2h} = 10,6 \text{ ks}$, avšak z důvodu lepšího

dimenzování zásobníků volím $N_{2h} = 11$ ks. V zásobnících materiálu musí být zásoba na výrobu minimálně 11 ks po každém ventilu. Z tohoto množství bude vycházeno při dimenzování jednotlivých zásobníků materiálu.

$$N_{2h} = \frac{t_{2h}}{t_2} = \frac{120}{11,32} = 10,6 \text{ ks} \rightarrow \text{volím } N_{2h} = 11 \text{ ks} \quad (5.1)$$

N_{2h} výrobní dávka za minimální čas výroby ze zásobníků materiálu [ks]

t_2 takt linky při dvousměnném provozu [min/ks] $t_2 = 11,32$ min / ks

t_{2h} minimální čas pro výrobu ze zásobníků materiálu [min] $t_{2h} = 120$ min

U této montážní linky budou použity tři systémy zásobníků. Jeden systém bude stavebnicového typu vario grab containers od firmy Rexroth ze skupiny Bosch o rozměrech VG 90 x 90 – 300 mm a VG 180 x 90 – 300 mm (pro ilustraci viz příloha 5). Další systém je založen na zásobnících vytvořených firmou pro, kterou je montážní linka navrhována. Jedná se o standardizované zásobníky materiálu o rozměrech 300 x 300 – 250 mm a 250 x 250 – 250 mm. V příloze 6 je pro názornost uveden obr. tohoto zásobníku. Poslední systém využívá zásobníků materiálu upravených přímo na balení od dodavatele daného materiálu, pro ilustraci viz příloha 7. Tento systém se skládá ze dvou částí. Jedna část slouží jako zásobník materiálu a druhá část funguje jako odkládací plocha pro prázdné balení materiálu. Je tvořen pomocí trubkového systému firmy Beewatec. Speciální budou zásobníky pro kruhová těsnění, na které budou potřeba kbelíky opatřené víkem proti vnikání nečistot, v nichž se budou kruhová těsnění rovnou i připravovat. Jednat se bude o plastový kbelík kulatý EZ 230 s rozměry 173 x 132 mm (průměr x výška). Příprava těchto těsnění spočívá v jejich promazání a promíchání. Operátor si vždy připraví určitý počet jednotlivých kruhových těsnění z kbelíku na určené místo na montážním stole tak, aby nemusel vždy při montáži otevírat jednotlivé kbelíky [4][11][15][16].

Všechny zásobníky materiálů budou obsahovat popis a ilustraci dílu, pro který jsou určeny a to na dvou místech: z čela pro operátora montážní linky a zezadu pro operátora manipulace. Tento popis bude umístěn i na příslušném místě regálu v meziskladu.

Využití jednotlivých zásobníků

Zásobníky materiálů vytvořené pomocí trubkového systému využívají víka číslo (112), (214) a hadice (225) [11].

Vario grab containers zásobníků materiálu VG 90 x 90 – 300 mm je využíváno pro [15]:

- pouzdra (102) a (208),
- pouzdra s věncem (103) a (110),
- těsnění (105) a (206),
- listové pružiny (104),
- zajišťovací pružiny (111), (121) a (214),
- ochranné těsnění (113) a (216),
- kroužek (120),

- matice (204),
- x-kroužky (205),
- ložisková pouzdra (209) a (210),
- tvarová těsnění (212),
- šrouby (213) a (221).

Vario grab containers zásobníků materiálu VG 180 x 90 – 300 mm je využíváno pro [15]:

- otočné písky (106) a (211),
- víka (107),
- ovládací páky (118),
- zátky (202),
- spony (226).

Zásobníky materiálů vytvořených na základě standardů firmy o rozměrech 250 x 250 - 250 mm je používáno pro [4]:

- membrány (114) a (217),
- vodící tyče (115) a (218),
- víka (116), (201) a (219),
- pružiny (117) a (220),
- ovládací páky (223).

Zásobníky materiálu, které byly vytvořeny na základě standardů firmy o rozměrech 300 x 300 - 250 mm je využíváno pro těla ventilu (101) a (207) [4].

5.1.3.2 Specifické vybavení pracovišť

Pro zajištění operací číslo 1, 2, 4, 5, 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 23, 24, a 26 je nutné ještě specifické vybavení a to pneumatického lisu, jelikož zde využíváme technologie lisování. Z tohoto důvodu je nutné, aby všechna pracoviště byla také vybavena pneumatickými rozvody. Využití jednotlivých typů pneumatických lisů úzce souvisí s použitými přípravky pro danou montáž. Ve firmě je centrální rozvod stlačeného vzduchu o tlaku vzduch v rozmezí 2,9 až 3,1 barů a je použit pro navrhovanou montážní linku. V operaci číslo 11 se také lisuje kroužek (120), avšak k montáži stačí kolenopákový lis.

Dále se v operacích číslo 20 a 25 používá technologie šroubování. Na zajištění těchto operací je nutno využít elektrického šroubovacího systému. Neboť při šroubování těchto ventilů je potřeba přesně nastavit a kontrolovat parametry jako je kroučící moment, úhel natočení, směr otáčení nebo hloubku zašroubování. Proto se nemůže využít pneumatických šroubovacích systémů, jelikož nejsou schopny dosáhnout této flexibility a kontroly procesu [17][18].

Pro zajištění značení vodních ventilů v operaci číslo 28 je nutné využít laserové techniky a pro operaci číslo 30 mikroúderové techniky.

Vzhledem k zajištění vhodných podmínek operátora jsou na pracovišti číslo 1 prostory pro uskladnění osobních věcí. Jedná se o zásuvku v montážním stole a místo pro umístění nápojů.

Další potřebnou věcí pro udržení vhodného prostředí na pracovišti jsou vysavače, jež budou umístěny na pracovištích číslo 1, 5 a 10. Zde využijeme rovněž rozvodů stlačeného vzduchu na montážní lince a použijeme čisticí pistole na stlačený vzduch. Čisticí pistole umožňují jednak vzduch vyfukovat, tak i vysávat. Využívají stlačeného vzduchu o tlaku 2,8 až 6,9 barů. Jak již bylo výše psáno, tak centrální rozvod stlačeného vzduchu ve firmě má tlak v rozmezí 2,9 až 3,1 barů. Což je postačující pro jejich využití. Díky delším přívodům k čisticím pistolím dosáhneme těmito vysavači na všechna místa montážní linky [19].

5.1.4 Zajištění kontroly montáže

Pro zajištění jakosti výroby vodních ventilů je především důležitá technologická kázeň. Toho se bude dosahovat školením pracovníků a důslednou kontrolou dodržování daných předpisů. Nesmí docházet k situacím, kdy se nebude využívat vozík pro mezioperační dopravu nebo se bude montovat větší počtu vodních ventilů současně při jednom průchodu operátora.

Před započítím práce na montážní lince je povinností pro operátora zkontrolovat, jestli se v zásobnících nachází správné součásti pro montáž. V případě jakýchkoliv pochybností se musí operátor obrátit na vedoucího daného úseku. Dále je důležité dbát i na uvolnění výroby. Tato kontrola je popsána výše v kapitole 5.1.3.

Nezbytným aspektem při navrhování montážní linky je zajištění a kontrola posloupnosti montáže dle daného montážního postupu. Kontrola musí samozřejmě zabezpečit i to, jestli byla operace provedena a bylo použito všech potřebných součástí. Kontrola je rozdělena na čtyři části z důvodu dispozičního řešení linky. První část souvisí s montáží vodního ventilu 48B. Do této části jsou zahrnuty pracoviště číslo 1 až 4. Většinová část montáže vodního ventilu 49C patří do druhé části kontroly a je tvořena pracovišti číslo 5 až 9. Třetí část tvoří kontrolní pracoviště číslo 10. Poslední část vytváří pracoviště číslo 11 a 12. Všechny čtyři části jsou propojeny i mezi sebou.

První a druhá část kontroly bude probíhat tak, že jednotlivé kroky operace budou sledovány senzory a čidly a následně vyhodnocovány. Pracoviště, na kterých se v daném okamžiku nevykonává operace, jsou elektronicky blokována a nelze na nich pracovat. Pokud montáž proběhla správně, bude moci operátor přejít k další operaci a dochází k vlastnímu odblokování následujícího pracoviště. Na každém pracovišti, kromě pracoviště číslo 12, bude opět umístěn display a světelný ukazatel, jenž bude podávat instrukce operátorovi během montáže. Instrukce související s montáží a také vyhodnocení správnosti montáže. Když by kontrola vyhodnotila montáž jako nesprávnou, došlo by k vytvoření neshodného dílu. Další pracoviště se již neodblokuje a je nutné odhodit neshodný díl do přepravky. Prohození neshodného dílu bude opět hlídáno senzory. Až dojde k prohození neshodného dílu, tak teprve může následovat nová montáž vodního ventilu, jenž byl vyhodnocen jako neshodný.

Hlavní kontrolu montáže zajišťuje třetí část kontroly respektive pracoviště číslo 10. Pracoviště je plně automatizováno a vyžaduje po operátorovi pouze vložení, spuštění kontroly a vyjmutí vodních ventilů. Kontrolují se zde parametry vodních ventilů jako je vnější a vnitřní těsnost vodního ventilu a těsnost aktuátoru (montážní celek z operace číslo 23, tab. 5.1). Pokud vodní ventil nesplňuje jakýkoli z těchto parametrů je vyhodnocen jako neshodný kus. Pro každý typ vodního ventilu je vytvořena stanice, ve které bude probíhat

kontrola a pokud je kus shodný, tak je následně popsán laserem. Laser se bude pohybovat a značit oba typy vodních ventilů. Pokud kontrola vyhodnotí vodní ventil jako neshodný, je pomocí pohyblivého ramena zařazen do speciálního zásobníku pro neshodné kusy. Shodné popsané kusy poté operátor vyjme ze stanice a pokračuje v montáži. Operátor bude mít za povinnost kontrolovat správnost popisu. Popis obou vodních ventilů se bude skládat z číselného označení daného vodního ventilu, data a času výroby a také označení firmy zákazníka.

Na začátku směny je nucen operátor zkontrolovat zkušební stroj tedy pracoviště číslo 10. U stroje jsou předem vytvořené vzorky s chybou a bez chyby, jenž musí zkušební stroj správně vyhodnotit. Po úspěšném uskutečnění zkoušky se teprve začne montáž. Pro uskutečnění této zkoušky se nachází ve zkušebním stroji speciální mód. Na zkušebním stroji se nachází rovněž i ovládání kontroly posloupnosti operací a jejich blokování.

Na zkušebním stroji se rovněž nachází i ovládání kontroly posloupnosti operací a jejich blokování.

Na konci směny vyvstává operátorovi další povinnost a to zkontrolovat ve speciálním módu znovu veškeré neshodné kusy ze zkušebního stroje, tedy pracoviště číslo 10.

Čtvrtá část kontroly je odlišná. Tvoří ji dvě pracoviště, z nichž je pouze pracoviště číslo 11 spojeno se systémem kontroly. Pracoviště číslo 11 zaštiťuje operace číslo 29 a 30 dle tab. 5.1. Tedy montáž hadice na složený vodní ventil 49C. Zde se opět hlídají jednotlivé kroky operace například kontrola umístění spony. Správnost provedení operace číslo 29 je zabezpečována nejen během montáže, ale i v následné operaci číslo 30, kde se kontroluje těsnost hadice. V případě úspěšné kontroly se shodný kus označí tečkou pomocí technologie mikroúderu. Neshodný kus musí být vložen do přepravky pro neshodné díly. Tato přepravka je vybavena víkem, které sleduje senzor a zabezpečuje to, že neshodný kus bude umístěn na správné místo. Zde je povinností operátora také sledovat popis shodných dílů. Rovněž je na tomto pracovišti nutné na začátku zkontrolovat samotné měřicí zařízení. Zkouška zařízení bude prováděna ve speciálním módu tohoto zkušebního zařízení a opět se budou vyhodnocovat předem upravené neshodné a shodné vzorky. V případě úspěšného vyhodnocení zkoušky může začít samotná produkce na montážní lince.

Na začátku práce montážní linky musí být také v provozu speciální mód. A to z důvodu toho, že při prvním průchodu operátora nebudou kvůli teprve první kontrole vodních ventilů (operace číslo 28, dle tab. 5.1) žádné již dříve zkontrolované. Nebude se moct pokračovat v montáži, pokud by byla zapnuta kontrola posloupnosti, jak je výše popsána. Operátorovi tedy musí tento speciální mód umožnit opětovné spuštění montážní linky od první operace a následně spustit standardní kontrolu posloupnosti.

Na pracovišti číslo 12 probíhá balení obou vodních ventilů. Kontrola správného postupu balení je pouze vizuální a je zcela závislá na osobní zodpovědnosti operátora obsluhujícího montážní linku.

Dále je kladen důraz na vizuální kontrolu během montáže i po ní. V technické dokumentaci je přiložen technologický postup montáže včetně častých chyb a jejich předcházení. Operátorovou povinností je během zaškolení prostudovat tento dokument. Při vizuální kontrole existuje také možnost srovnání s přiloženým vzorkem montáže. Již ze samotné podstaty vizuální kontroly však nelze samozřejmě odhalit všechny chyby a záleží čistě na subjektivním pohledu pozorovatele.

Na základě provozu montážních linek pro typově obdobné vodní ventily se nepředpokládá, že by výroba neshodných dílů překročila více jak jedno procento denní produkce vodních ventilů.

5.1.5 Logistická podpora

Jak už bylo řečeno v kapitole 5.1.3.1, tak zásoba v zásobnících musí vydržet na dvě hodiny čistého času výroby montážní linky. Dle tohoto údaje musí probíhat celkové zásobování linky. Samotná montážní linka je vybavena regály pro uskladnění materiálu, tvoří tzv. mezisklad. Mezisklad tvoří tři regály dvou rozměrů od firmy Profi regaly (ilustrace regálu viz příloha 8). A to jedním o rozměrech 2000 x 1050 - 600 mm a dvěma o rozměrech 2000 x 900 - 600 mm (výška x šířka - hloubka). Regály by měly mít sedm polic a rozteč 250 mm. Rozměry regálů byly voleny na základě možného zásobování ze skladu pomocí přepravek KLT 4314 (400 x 300 x 147 mm), 4321 (400 x 300 x 213 mm) a 6421 (600 x 400 x 213 mm). V závorce jsou uvedeny vnější rozměry přepravky ve formátu délka x šířka x výška. Tyto přepravky budou modré barvy z důvodu lepšího rozřídění shodných a neshodných kusů (pro ilustraci KLT přepravky viz příloha 9). Součásti v regálu musí být v počtu dvou kusů balení či přepravek a operátor zajišťující dopravu materiálu z centrálního skladu skládá materiál do regálu dle označení součástí. Dvou kusů z důvodu toho, aby bylo zjevné, že když dojde ke spotřebě jednoho balení materiálu, musí jej operátor manipulace doplnit. Využívá se zde systému kanban [20][21].

Dále má tento operátor v popisu práce doplňování zásobníků materiálu (musí dodržovat minimálně dvouhodinový interval), odvoz hotových zabalených vodních ventilů, obalových materiálů a neshodných dílů. Neshodné díly musí být vždy odvezeny až po konci směny. Operátor manipulace odpovídá za doplnění správných dílů do regálů a zásobníků materiálů. Musí kontrolovat, zda čísla a vzhled jednotlivých dílů souhlasí s popisem a obrázkem součásti na daném zásobníku materiálu, nebo na přiděleném místě regálu.

Jedním z důležitých faktorů při navrhování montážní linky bylo plnění zásobníků materiálu z vnějšku montážní linky. Z obr. 5.1 je patrné dodržení tohoto faktoru. Tento faktor vznikl z důvodu, aby nedocházelo k situacím, při kterých by si během doplňování materiálu do zásobníku překáželi operátor manipulace a operátor montážní linky. Při daném řešení linky bude kontinuálně docházet k doplňování materiálu a výrobě.

5.1.6 Cenová kalkulace

Při cenové kalkulaci budeme vycházet pouze z nákladů na zajištění pracoviště. Po konzultaci s firmou bylo dosaženo závěru, že provozní náklady všech variant řešení montážní linky jsou téměř shodné a nebudou vzaty do úvahy [4].

V nákladech na vybavení pracoviště se promítá veškeré potřebné vybavení k zajištění veškerých okolností montáže tak, jak bylo probíráno v kapitole 5.1.2, samozřejmě včetně specifického vybavení pro dané operace. Pod pojmem další náklady jsou zahrnuty veškeré náklady na zajištění všech aspektů montáže vodních ventilů, které přímo nesouvisí pouze s jedním pracovištěm jako například vozík na přepravu mezi operacemi, pneumatické a elektrické rozvody či tzv. mezisklad patřící k lince. Naopak nejsou zde zařazeny náklady na palety, plošinové vozíky a KLT přepravky pro mezisklad. Tyto manipulační pomůcky

jsou v dané firmě součástí vnitřní logistiky. Přehled jednotlivých nákladů na pořízení daného pracoviště viz tab. 5.2 níže. Cenové kalkulace pro všechny varianty montážní linky byly konzultovány s firmou, pro kterou jsou návrhy určeny a je dle jejich názoru zcela dostačující [4][22].

Tab. 5.2 Náklady na montážní linku lineárního rozvržení [4][22].

| Číslo pracoviště [-] | Náklady na jeho vybavení [Kč] |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 499 500 |
| 2 | 467 100 |
| 3 | 342 900 |
| 4 | 531 900 |
| 5 | 637 200 |
| 6 | 567 000 |
| 7 | 877 500 |
| 8 | 342 900 |
| 9 | 904 500 |
| 10 | 1 841 400 |
| 11 | 756 000 |
| 12 | 54 000 |
| | |
| Další náklady | 108 000 |
| | |
| Náklady celkem | 7 929 900 |

5.2 Montážní linka uspořádaná do eliptického tvaru

Při návrhu tohoto rozvržení bylo použito jiného přístupu. Vycházelo se z potřeby zjednodušit mezioperační dopravu a více rozlišit montáže obou ventilu. Uspořádání montážní linky do eliptického tvaru je na délku kratší, ale na šířku širší než lineární uspořádání viz obr. 5.4.

Opět je montážní linka obsluhovaná pouze jedním operátorem viz třetí kapitola této práce. Z obr. 5.2 je patrný pohyb operátora.

Montážní linka je rozdělena na tři hlavní části. První část je tvořena pracovišti číslo 1 až 9. Na těchto pracovištích bude probíhat montáž vodního ventilu číslo 48B. Pracoviště číslo 11 až 18 vytváří druhou část, kde se bude uskutečňovat převážná část montáže vodního ventilu 49C. Třetí část je tvořena pracovišti 10, 19 a 20. V pracovišti číslo 10 bude probíhat kontrola parametrů vodních ventilů a jejich případné značení. Na pracovišti číslo 19 bude dokončována montáž vodního ventilu 49C. K balení je určeno pracoviště číslo 20. Zde bude docházet k balení obou vodních ventilů, avšak zvláště do každého balení.

Z charakteru práce na montážní lince, kdy se operátor bude muset neustále přemisťovat mezi jednotlivými pracovišti, by bylo nevhodné využití práce v sedu. Tudiž bude operátor montážní linky při výkonu jednotlivých operací stát. To je předpoklad pro, který budou voleny i parametry ergonomie. Kupříkladu důležitý parametr výška stolu je díky možnosti výškově nastavitelných stolů možno volit v intervalu 800 až 900 mm. Jak již bylo řečeno v kapitole 5.1, ustavení do konečné výšky stolu bude provedeno až na základě zkušeností z provozu [10].

Při tomto uspořádání linky není potřeba manipulačního vozíku. Avšak je zde nutné vyrábět vždy po jednom vodním ventilu od každého typu na jeden průchod linky operátora. Aby nemohlo dojít k hromadění vyrobených dílů a následně zjistit, že jsou všechny smontované díly neshodné viz kapitola 5.2. Tento možný problém je však řešen kontrolou posloupnosti montáže.

5.2.1 Montážní postup

Odlíšný přístup k navrhování linky se projevil i v montážním postupu tab. 5.3. Oproti montážnímu postupu z tab. 4.2 se změnilo pořadí operací, ale princip montážního postupu zůstal nezměněn. Hlavní změnou je přehození montáže vodních ventilů. Nejprve se bude montovat vodní ventil 49C a poté až 48B. Z důvodu toho, že za dobu trvání kontroly vodního ventilu číslo 48B, což je operace číslo 29 dle tab. 5.3, bude moci probíhat montážní operací 30 až 32 dle stejné tab. 5.3.

Další změna nastává v rozdělení operace číslo 28 dle montážního postupu tab. 4.2, ale společné pracoviště zůstává a dle montážního postupu níže má číslo 10. V těchto operacích dochází ke kontrole obou vodních ventilů, jestliže je vodní ventil shodným dílem následuje pak popis laserem. Na montážní lince eliptického tvaru se tedy využívá kontroly každého ventilu zvlášť. Tato kontrola je zcela automatická a po operátorovi vyžaduje pouze vložení, spuštění kontroly a vyjmutí dílu. Takže v době kontroly vodního ventilu číslo 49C (operace číslo 17) dle montážního postupu níže, jenž se montuje v první části linky, operátor může přejít na druhou část linky a začít montovat ventil číslo 48B v operacích číslo 18 až 28. Poté následuje operace číslo 29, což je kontrola vodního ventilu číslo 48B. Opět se jedná o zautomatizovanou operaci, během které může operátor vyjmout ventil číslo 49C a provést dokončovací operace číslo 30 až 32 dle montážního postupu tab. 5.3. Celková montáž vodních ventilů končí operací číslo 33 dle samé tab. 5.3 a to balením zkontrolovaného vodního ventilu 48B.

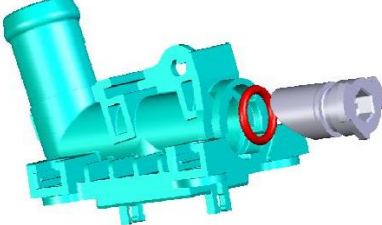
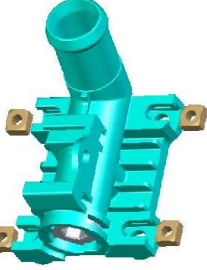
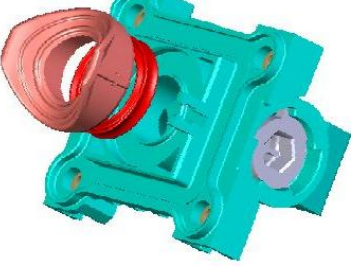
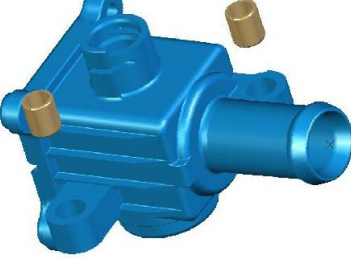
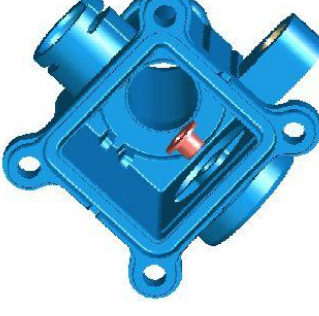
Takt montážní linky vypočtený dle kapitoly je dodržen. Výpočet taktu je dán opět součtem časů všech operací kromě kontrolních operací číslo 17 a 29 dle tab. 5.3.

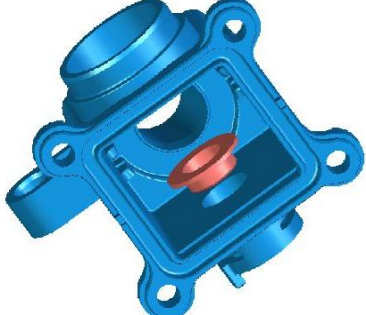
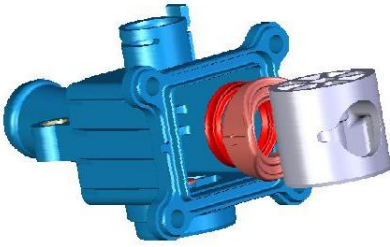

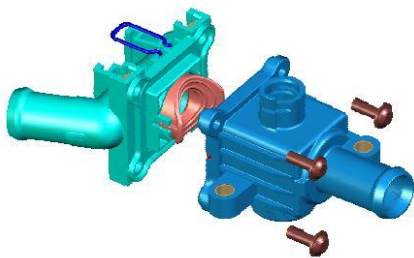

Montáž obou ventilů se tedy skládá z 33 operací. Oproti montážnímu postupu dle tab. 4.2 je pochopitelně jedna operace navíc viz odstavec výše.


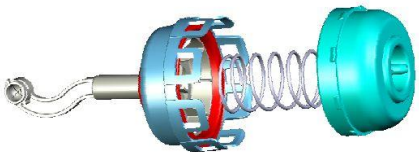
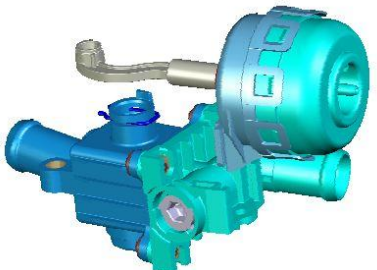

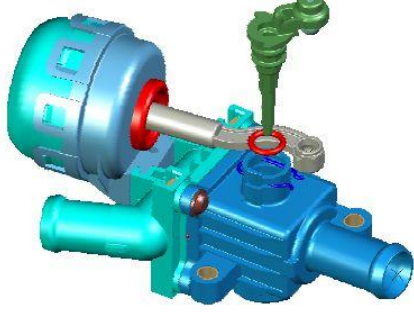
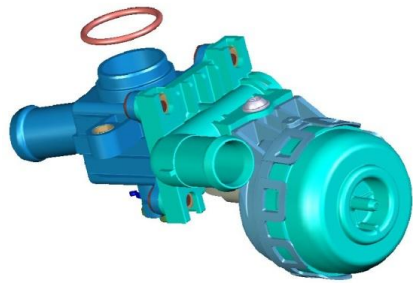
Jak je patrné z obr. 5.4 a tab. 5.3, některé operace jsou sloučeny do jednoho pracoviště. Například se jedná se o operace číslo 1 až 3, které jsou sloučeny do pracoviště číslo 1. Opět slučujeme operace až do té míry, že využívají společného úseku na pracovišti. Jedná se o operace číslo 4+5, 8+9, 13+14, 15+16, 18+19, 26+27 a 30+31 dle tab. 5.3 níže.


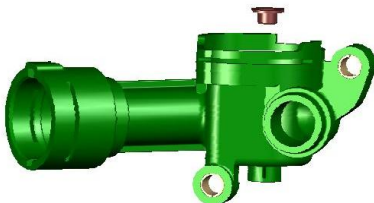
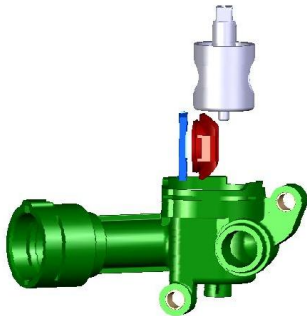
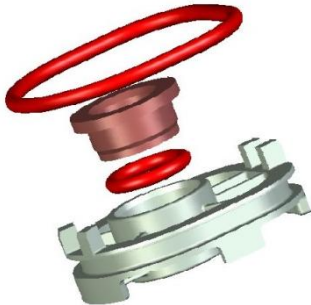
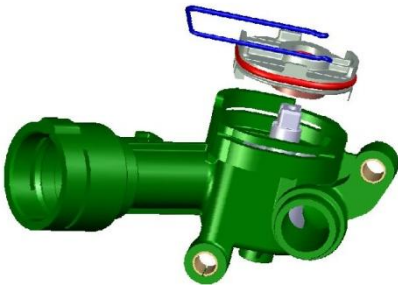
Všechny změny jsou uvedeny v montážním postupu tab. 5.3 a v montážních schématech obr. 5.2. a 5.3.

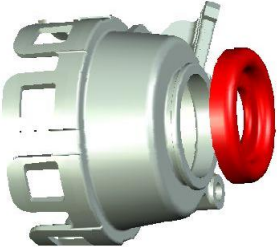
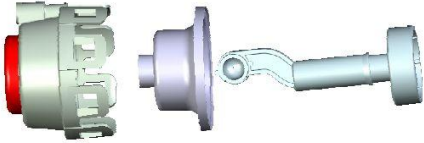

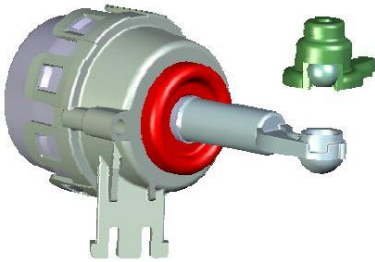
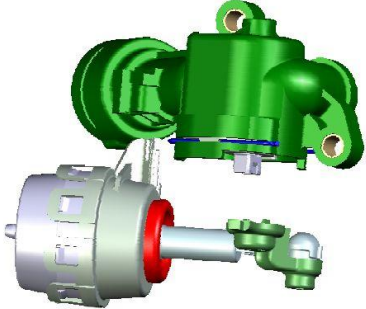
Tab. 5.3 Montážní postup pro uspořádání montážní linky do eliptického tvaru.

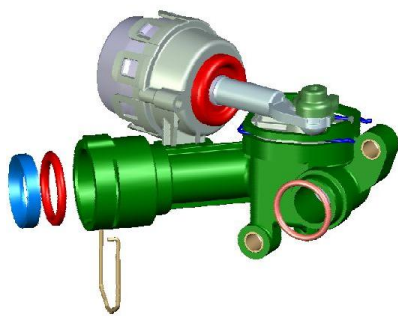
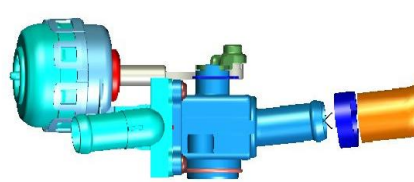
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|---|--|-------------|---------------|
| 1 | Montáž těsnícího kroužku (203) na zátku (202) a následná montáž na víko (201) - začátek montáže vodního ventilu 49C. |  | 1 | 18 |
| 2 | Zalisování čtyř matic (204) na víko z op. 1. |  | | 23 |
| 3 | Zalisování složených součástí těsnícího x-kroužku (205) a těsnění (206) do víka z op. 2. |  | | 16 |
| 4+5 | Zalisování dvou pouzder (208) do těla ventilu (207). |  | 2 | 16 |
| 4+5 | Zalisování ložiskového pouzdra (209) do těla ventilu z op. 4. |  | | 16 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|---|--|-------------|---------------|
| 6 | Zalisování ložiskového pouzdra (210) do těla ventilu z op. 5. |  | 2 | 16 |
| 7 | Montáž těsnícího x-kroužku (205), těsnění (206) pomocí pneumatického lisu a následná montáž otočného pístu (211) do těla ventilu z op. 6. |  | 3 | 27 |
| 8+9 | Nasazení tvarového těsnění (212) na montážní celek z op. 7. |  | 4 | 15 |
| | Sešroubování smontovaných součástí z op. 3 a 8 čtyřmi šrouby (213). Následující montáž zajišťující pružiny (214). |  | | 32 |
| 10 | Montáž ochranného těsnění (216) na víko (215). |  | 5 | 15 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 11 | Nasazení membrány (217) na vodící tyč (218) a ustavení v součásti z op. 10. |  | 6 | 18 |
| 12 | Zalisování víka (219) a pružiny (220) do montážního celku z op. 11. |  | 7 | 21 |
| 13+14 | Slisování součástí z op. 12 do montážního celku z op. 9. |  | 8 | 17 |
| | Sešroubování slisovaných součástí z op. 13 šroubem (221). |  | | 16 |
| 15+16 | Nasazení těsnícího o-kroužku (222) na ovládací páku (223) a montáž do montážního celku z op. 14. Současně rozevření zajišťovací pružiny (214). |  | 9 | 27 |
| | Montáž těsnícího kroužku (224) na smontovanou součást z op. 15. |  | | 32 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 17 | Kontrola a popis laserem vodního ventilu 49C z op. 16 | | 10 | 80 |
| 18+19 | Dvě pouzdra (102) zalisovat do těla ventilu (101) - začátek montáže vodního ventilu 48B. |  | 11 | 16 |
| | Zalisování pouzdra s věncem (103) do zmontované součásti z op. 18 (tělo ventilu). |  | | 15 |
| 20 | Montáž těsnění (105), listové pružiny (104) a otočného pístu (106) do smontované součásti z op. 19. |  | | 28 |
| 21 | Montáž těsnícího o-kroužku (109), zalisování pouzdra s věncem (110) na víko (107) a následná montáž těsnící o-kroužek (109). |  | 12 | 28 |
| 22 | Montáž víka z op. 21 na montážní celek z op. 20 a zajištění zajišťovací pružinou (111). |  | 13 | 21 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 23 | Nasazení ochranného těsnění (113) na víko (112). |  | 14 | 15 |
| 24 | Nasazení membrány (114) na vodící tyč (115) a ustavení v montážním celku z op. 23. |  | 15 | 18 |
| 25 | Zalisování víka (116) a pružiny (117) do montážního celku z op. 24. |  | 16 | 21 |
| 26+27 | Montáž ovládací páky (118) na montážní celek z op. 25. |  | 17 | 16 |
| | Zalisování montážních celků z op. 22 a op. 26. |  | | 16 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|---|-------------|---------------|
| 28 | Nasazení na smontovanou součást z op. 27 těsnící o-kroužek (119) a jeho zajištění zalisováním kroužkem (120), následná montáž zajišťovací pružiny (121) a těsnícího o-kroužku (122) - finální montáž vodního ventilu 48B. |  | 18 | 30 |
| 29 | Kontrola a popis laserem vodního ventilu 48B z op. 28. | | 10 | 80 |
| 30+31 | Montáž hadice (225) na zkontrolovanou součást z op. 17 a zajištění sponou (226) - finální montáž vodní ventilu 49C |  | 19 | 40 |
| | Kontrola a mikroúderové značení vodního ventilu 49C z op. 30 | | | 30 |
| 32 | Balení součásti 49C | | 20 | 30 |
| 33 | Balení součásti 48B | | | 30 |

5.2.1.1 Ověření počtu pracovišť

Zde při návrhu bereme v úvahu vždy jedno pracoviště pro operaci či sloučené operace. Ověření bude probíhat pomocí vzorce 3.6. S ohledem na princip vzorce bude opětovně zcela postačovat výpočet pouze pro nejdelší čas operace či sloučených operací [1].

$$P_n = \frac{t_k}{t} \quad (3.6)$$

$$P_{30+31} = \frac{t_{k30+31}}{t_2} = \frac{70}{679} = 0,1 \text{ pracoviště} \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

P_{30+31} počet pracovišť pro sloučené operace číslo 30+31

[pracoviště]

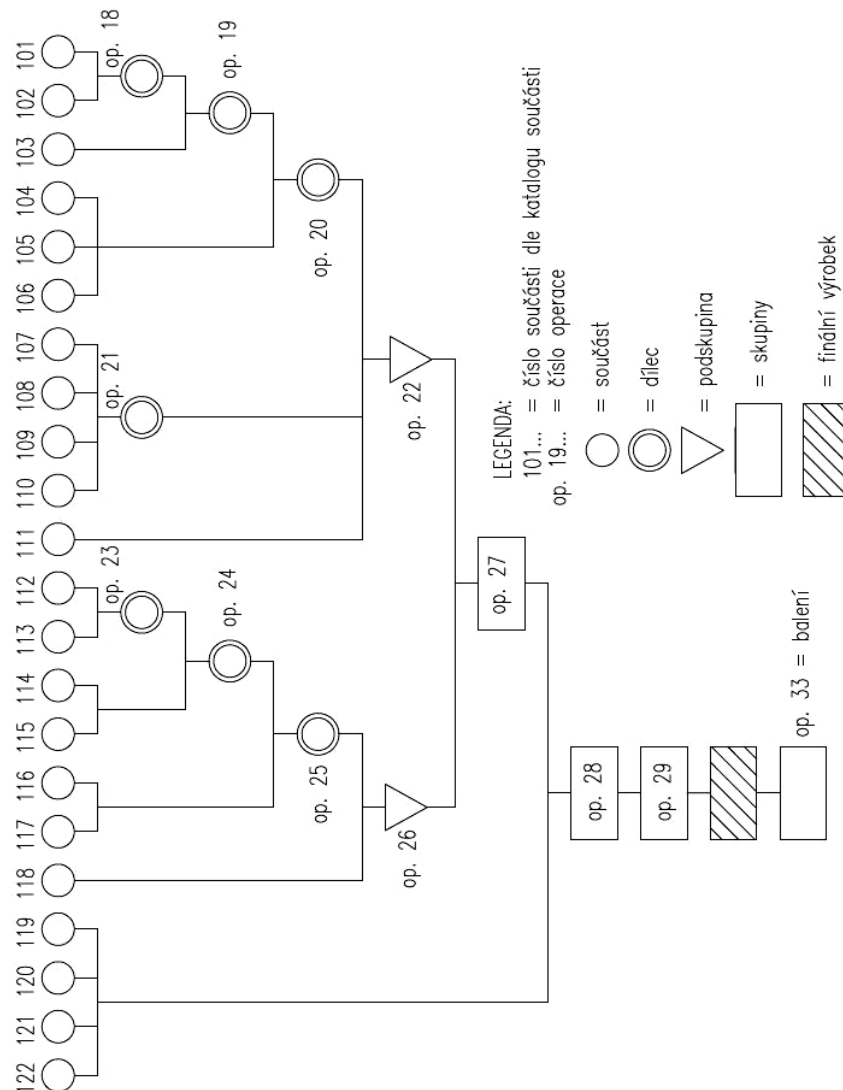
t_2 takt montážní linky

[s/ks] $t_2 = 679$ s

t_{k30+31} součet časů operací číslo 31+32 včetně času mezioperační dopravy z předchozí operace [s] $t_{k30+31} = 70$ s

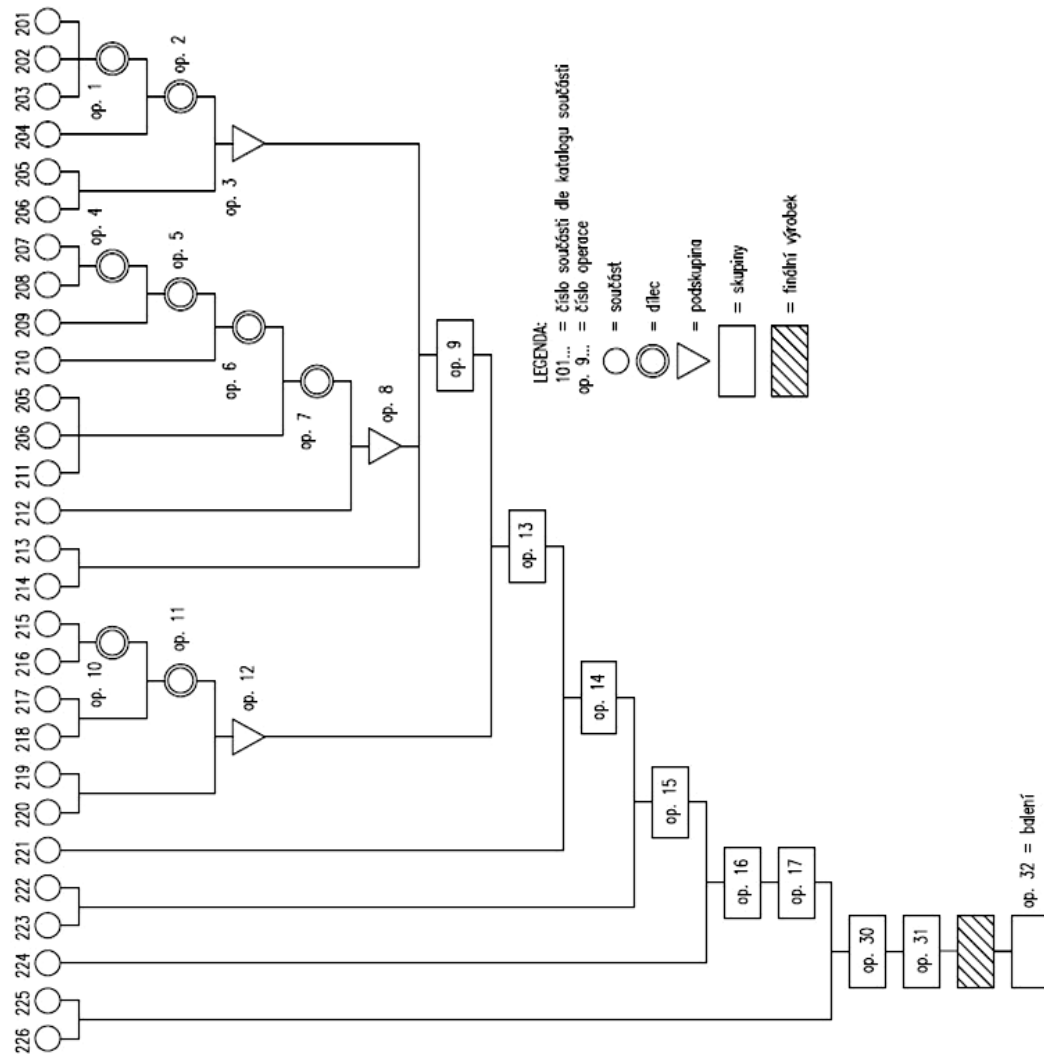
Výpočet nám ověřil správné využití úvahy při plánování rozvržení montážní linky.

5.2.2 Schéma montáže vodního ventilu 48B pro uspořádání do eliptického tvaru



Obr. 5.2 Montážní schéma vodního ventilu 48B pro uspořádání do eliptického tvaru.

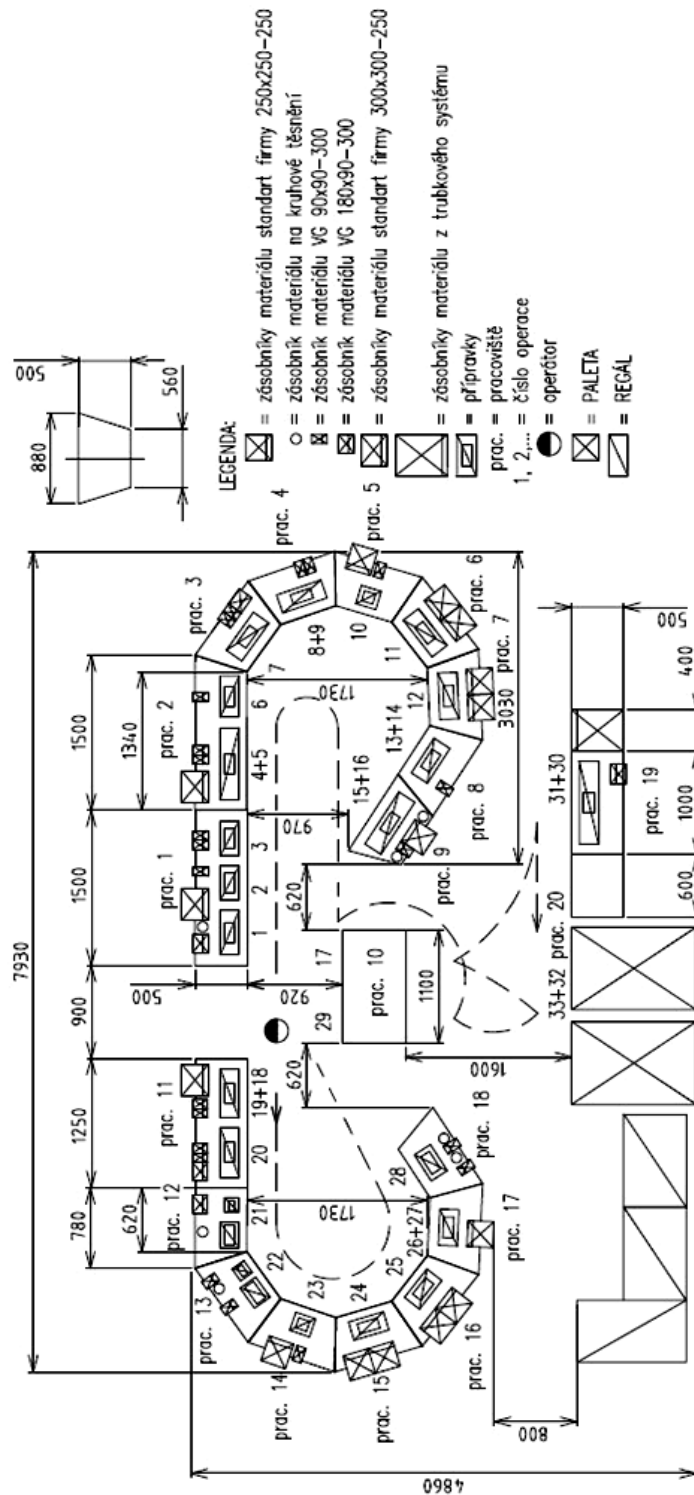
5.2.3 Schéma montáže vodního ventilu 49C pro uspořádání do eliptického tvaru



Obr. 5.3 Montážní schéma vodního ventilu 49C pro uspořádání do eliptického tvaru.

5.2.4 Návrh dispozičního řešení pro eliptické uspořádání montážní linky

Kótování je pouze informační a značí pouze důležité parametry z hlediska návrhu montážní linky.



Obr. 5.4 Dispoziční řešení montážní linky pro uspořádání do eliptického tvaru (měřítko 1:75).

5.2.5 Pracoviště

Samozřejmostí je vybavení každého pracoviště, tak aby bylo dosaženo správné montáže vodních ventilů při všech operacích. Pracoviště jsou vybavena obdobně, jak je popsáno v kapitole 5.1.3 této práce. Opětovně se při návrhu pracoviště vychází ze stavebnicového systému od firmy Bosch Rexroth [12].

Montážní linka se skládá z pracovišť, jejichž základem je stůl zabezpečený ke splnění dané operace včetně její kontroly. Využívá se stejné šířky stolů a to 500 mm, vyjma kontrolního stolu pracoviště číslo 10, který je zvětšen na šířku 600 mm z důvodu nutnosti prostoru. Při tvorbě linky bylo použito konstantních rozměrů stolů viz obr. 5.4 na pracovištích číslo 3 až 9 a 11 až 18. Toto řešení bylo voleno za účelem dosažení určitého rozvržení montážní linky a také kvůli snížení nákladů na výrobu.

Všechny pracoviště kromě pracovišť číslo 5, 6, 14, 15 a 20 jsou vybaveny pneumatickými i elektrickými rozvody. Neboť u těchto pracovišť se operace uskutečňují manuálně. Není potřeba vlastních rozvodů. Osvětlení je zajištěno z vedlejších pracovišť.

Jak již bylo výše uvedeno, na pracovišti číslo 20 probíhá balení jednotlivých ventilů. Pracoviště je vybaveno obdobně, jak je popsáno v kapitole 5.1.3, tedy tak aby bylo dosaženo splnění požadavků balicího předpisu. Zde není rovněž potřeba pneumatických nebo elektrických rozvodů, neboť se jedná o manuální pracoviště, které si vyžaduje pouze osvětlení.

Pracoviště číslo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 11, 14, 15, 16 a 17 budou vybavena přihrádkou pro možnost odložení montážního celku během montáže jiného celku. Tedy slouží pro zkvalitnění a usnadnění mezioperačního přesunu montážních celků. Přihrádka bude nedílnou součástí pracoviště.

5.2.5.1 Zásobníky materiálu

Jak je již popsáno v kapitole 5.1.3.1 této práce. Kapacita zásobníků materiálů musí být dimenzována minimálně na dvě hodiny čisté výroby na montážní lince. V této kapitole bylo pomocí výpočtu zjištěno, že za dvě hodiny čistého času produkce montážní linky se vyrobí 11 kusů po každém ventilu. Dle tohoto množství jsou navrženy jednotlivé zásobníky materiálu. Opět bude i u tohoto uspořádání použito třech systémů zásobníků stejně jako u lineárního uspořádání. Jedná se o zásobníky materiálu: vario grab containers od firmy Rexroth ze skupiny Bosch o rozměrech VG 90 x 90 – 300 mm a VG 180 x 90 – 300 mm vytvořené danou firmou (pro kterou se návrh montážní linky tvoří) standardizované o rozměrech 300 x 300 – 250 mm a 250 x 250 – 250 mm a poslední zásobník postavený přímo pro balení od dodavatele daného materiálu, jehož základem je trubkový systém. Zásobování montážní linky kruhovým těsněním a jeho příprava bude obdobná jak v již citované kapitole [4][11][15][16].

Samozřejmostí je označení zásobníku materiálu popisem a ilustrace dílu, pro který je zásobník určen. Označení budou umístěna na dvou místech: z čela pro operátora pracujícího na montážní lince a zezadu zásobníku pro operátora zajišťujícího manipulaci s materiálem. Rovněž bude tímto popisem popsán i úsek pro danou součást na regálu v meziskladu.

Využití jednotlivých zásobníků

Zásobník materiálu vytvořený pomocí trubkového systému se používá pouze pro hadice (225) [11].

Vario grab containers zásobníků materiálu VG 90 x 90 – 300 mm je využíváno pro [15]:

- pouzdra (102) a (208),
- pouzdra s věncem (103) a (110),
- těsnění (105) a (206),
- listové pružiny (104),
- zajišťovací pružiny (111), (121) a (214),
- ochranné těsnění (113) a (216),
- kroužek (120),
- matice (204),
- x-kroužky (205),
- ložisková pouzdra (209) a (210),
- tvarová těsnění (212),
- šrouby (213) a (221).

Vario grab containers zásobníků materiálu VG 180 x 90 – 300 mm je využíváno pro [15]:

- otočné písty (106) a (211),
- víka (107),
- ovládací páky (118),
- spony (226),
- zátky (202).

Zásobníky materiálu vytvořených na základě standardů firmy o rozměrech 250 x 250 - 250 mm je používáno pro [4]:

- membrány (114) a (217),
- vodící tyče (115) a (218),
- víka (112), (116) a (219),
- pružiny (117) a (220),
- ovládací páky (223).

Zásobníky materiálu vytvořené na základě standardů firmy o rozměrech 300 x 300 - 250 mm nachází využití na těla ventilu (101) a (207) a víka (201) [4].

5.2.5.2 Specifické vybavení pracovišť

Vybavení montážní linky bude obdobné, jako v případě lineárního rozložení viz kapitola 5.1.3.2 této práce, jelikož vycházíme z principiálně totožných montážních postupů.

Opět jako v kapitole 5.1 této práce je nutné pro operace číslo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 15, 18, 19, 21, 25, 26 a 27 využít pneumatického lisu, protože vyžadují technologii lisování. Proto se musí pro daná pracoviště zajistit pneumatické rozvody z centrální sítě firmy. Typy pneumatických lisů úzce souvisí s nároky jednotlivých operací na lisování a taktěž

s použitými přípravky na dané operace. Pro operaci číslo 28 se rovněž využívá technologie lisování, ale zde postačuje využití pouze kolenopákového lisu.

Technologie šroubování využívající operace číslo 9 a 14 si opětovně vyžadují využití elektrických šroubovacích systémů. Je zde stejný problém s pneumatickými šroubovacími systémy [17][18].

Pro značení vodních ventilů se znovu používá laser a to pro operace číslo 17 a 29. Pro značení vodního ventilu 49C se v operaci číslo 31 používá mikroúderová technika.

Kvůli vytvoření vhodných podmínek operátora jsou na pracovišti číslo 1 prostory pro umístění osobních věcí. Jedná se o zásuvku v montážním stole a místo pro umístění nápojů.

Samozřejmě zde nesmějí také chybět čistící pistole na stlačený vzduch, které budou instalovány na pracovištích číslo 2, 10 a 12. Při využití dostatečně dlouhých přívodů k čistícím pistolím, tak lze dosáhnout do všech míst montážní linky [19].

5.2.6 Zajištění kontroly montáže

Zajištění kontroly montáže u montážní linky uspořádané do eliptického tvaru vychází ze zásad a principu kontroly lineárně uspořádané montážní linky viz kapitola 5.1.4 této práce. I při tomto rozvržení montážní linky je kladen důraz na vizuální kontrolu během celého procesu montáže vodních ventilů.

I kontrola posloupnosti bude jistě principiálně stejná jako v již dříve citované kapitole 5.1.4 této práce, avšak bude se lišit pracovišti, jež budou zahrnuta do 4 částí kontroly. První část tvoří pracoviště číslo 1 až 9, na kterých se provádí drtivá část montáže vodního ventilu číslo 49C (17 z 20 operací). V druhé části kontroly probíhá montáž vodního ventilu 48B a jsou v ní zahrnuta pracoviště číslo 11 až 18. Třetí část se skládá jen z pracoviště číslo 10. Do poslední čtvrté části spadají pracoviště číslo 19 a 20.

První a druhá část kontroly bude probíhat shodně jako u lineárního rozložení montážní linky.

O hlavní kontrolu montáže se opět stará kontrolní stůl respektive pracoviště číslo 10. Zkušební stůl pracuje na stejném principu a způsobu práce, jak v předchozím lineárním rozvržení viz kapitola 5.1.4. I na tomto rozvržení linky se jedná o zcela automatické pracoviště využívající operátora jen na vložení, spuštění kontroly a vyjmutí. Avšak zde bude práce zkušebního stroje trochu odlišná v tom, že shodný díl po popisu laserem nezůstane ve stanici, kde jej vložil operátor. Je ze stanice vyjmut a přesunut na druhou stranu zkušebního stolu na pásový dopravník, sloužící pro oba vodní ventily současně (viz rozložení operací na dané lince). Tato úprava se volí jednak z důvodu postupu montáže a rozvržení linky, tak i z důvodu zvýšení bezpečnosti montáže. Neboť v případě vyjmutí popsaného shodného vodního ventilu ze stanice a vkládání nezkontrolovaného vodního ventilu může dojít v případě nepozornosti k záměně. Což může v důsledku znamenat reklamaci u zákazníka a vysoké náklady na její odstranění. K této záměně by mohlo dojít i přes povinnost operátora kontrolovat popis vodního ventilu, jenž se skládá obdobně z číselného označení vodního ventilu, data a času výroby a samozřejmě znaku jeho firmy.

Čtvrtá část kontroly se skládá z pracovišť číslo 19 a 20. Kontrola probíhá stejně, jak je již popsáno v kapitole 5.1.4 této práce. Samozřejmě pracoviště číslo 19 dokončuje montáž

vodního ventilu 49C a ověřuje správnost posledního kroku montáže. Z již předchozích odstavců vyplývá, že je pracoviště číslo 20 vyhrazeno pro balení hotových součástí. Jeho kontrola je však jen spjata s vizuální kontrolou operátora.

Na každém pracovišti kromě pracovišť číslo 5, 6, 14, 15 a 20 bude opět umístěn display a světelný ukazatel, jenž bude během montáže podávat instrukce operátorovi. Instrukce souvisejí s montáží a také vyhodnocení správnosti montáže. Pracoviště číslo 5, 6, 14, 15 a 20 jak bylo výše uvedeno, jsou manuální a navíc nejsou přímo napojena na systém kontroly posloupnosti montáže. Správné provedení montáže operací na těchto pracovištích bude zajištěna mechanicky přípravky na pracovištích a dále zkontrolován na následujících pracovištích, která budou již spojena se systémem kontroly posloupnosti.

5.2.7 Logistická podpora

Zásoba v zásobnících materiálu musí stačit na dvě hodiny čistého času chodu montážní linky. Dle kapitoly 5.1.3.1 se za tento časový úsek vyrobí cirká 11 kusů vodních ventilů od každého typu. Montážní linka bude opět vybavena regály pro uskladnění materiálu, jedná se o takzvaný mezisklad. Operátor manipulace má shodné úkoly jak již byly popsány v kapitole 5.1.5 [21].

Dle dispozičního rozvržení linky obr. 5.4 vyplývá, že je splněna podmínka plnění montážní linky z vnějšku. Během zhotovování vodních ventilů bude plynule docházet k doplňování zásobníků materiálů.

5.2.8 Cenová kalkulace

Z důvodu snazšího ekonomického zhodnocení, je při cenové kalkulaci vycházeno z nákladů na zajištění pracoviště, tedy obdobně jako v kapitole 5.1.6. V těchto nákladech jsou zahrnuta všechna nutná vybavení k zajištění daných okolností montáže. Samozřejmě včetně nákladů na kontrolu nebo specifická vybavení. Dále je zde opět pojem další náklady, pod něž spadají všechny náklady na zajištění montáže, které nespádají přímo pod určité pracoviště. Jedná se například o pneumatické a elektrické rozvody nebo tzv. mezisklad. Opět zde nejsou začleněny náklady na palety, plošinové vozíky a KLT přepravky pro mezisklad. Ve firmě jsou tyto manipulační prostředky součástí vnitřní logistiky firmy. Souhrn výdajů na jednotlivé pracoviště je zpracován do tab. 5.4 [4][22].

Tab. 5.4 Náklady na montážní linku pro eliptické rozvržení [4][22].

| Číslo pracoviště [-] | Náklady na jeho vybavení [Kč] |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 645 300 |
| 2 | 594 000 |
| 3 | 345 600 |
| 4 | 653 400 |
| 5 | 27 000 |
| 6 | 67 500 |
| 7 | 286 200 |
| 8 | 720 900 |

| Číslo pracoviště [-] | Náklady na jeho vybavení [Kč] |
|-------------------------|----------------------------------|
| 9 | 383 400 |
| 10 | 1 944 000 |
| 11 | 499 500 |
| 12 | 294 300 |
| 13 | 337 500 |
| 14 | 27 000 |
| 15 | 67 500 |
| 16 | 286 200 |
| 17 | 445 500 |
| 18 | 91 800 |
| 19 | 756 000 |
| 20 | 54 000 |
| | |
| Další náklady | 108 000 |
| | |
| Náklady celkem | 8 634 600 |

5.3 Karuselová montážní linka

Tento návrh rozvržení montážní linky obr. 5.5 se znovu zcela liší od předchozích. Hlavním důvodem vzniku návrhu je fakt, že montáž obsahuje celou řadu operací, jež využívají technologii lisování. U montáže vodního ventilu 49C se využívá tato technologie u devíti operací a to číslo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13 a 15 dle tab. 5.5. Při montáži vodního ventilu 48B se jedná o osm operací a to operace číslo 18, 19, 21, 22, 25, 26, 27 a 28 podle stejné tab. 5.5. Tudíž je výhodné všechny tyto operace uskutečnit na jednom pracovišti na tzv. karuselovém pracovišti, samozřejmě pro každý vodní ventil zvlášť. Pro vodní ventil 49C jsou tyto operace sloučený do pracoviště číslo 2 a pro 48B do pracoviště číslo 8.

Při tvorbě rozložení bylo vycházeno z montážního postupu dle tab. 5.3 (montážní postup pro montážní linku v eliptickém tvaru) a je tedy dodržen princip montáže dle tab. 4.2.

Dle vypočteného počtu operátorů (viz třetí kapitola této práce) je linka obsluhována pouze jedním operátorem. Pohyb operátora udávají operace, které se musí zhotovovat samozřejmě postupně dle montážního postupu a z obr. 5.5 je tento pohyb operátora patrný.

Vzhledem k dispozičnímu řešení montážní linky je patrné, že se operátor musí často přemisťovat mezi jednotlivými operacemi. Proto operátor bude při obsluze montážní linky stát, práce v sedu je vyloučena. Pro práci ve stoje bude upravena ergonomie jednotlivých pracovišť. Například výška stolu je nastavitelná v intervalu od 800 až do 900 mm. Opět jako u předchozích návrhů montážní linky se konečná výška stolu stanoví dle zkušeností z provozu linky [10].

Z důvodu většího rozlišení montáže obou ventilů se linka znovu člení na tři části. V první části probíhá většinová montáž vodního ventilu 49C a zahrnuje pracoviště číslo 1 až 6. Druhá část se skládá z pracovišť číslo 8 až 11 a slouží k montáži vodního ventilu 48B. Třetí část je tvořena zbylými pracovišti číslo 7, 12 a 13. V pracovišti číslo 7 probíhá hlavní kontrola vybraných parametrů montovaných součástí a jejich případné označení. Pracoviště číslo 13 slouží k balení hotových součástí. Montáž vodního ventilu 49C je dokončována na pracovišti číslo 12, kde tedy probíhá závěrečná montáž a i následná kontrola této montáže.

Z dispozičního řešení karuselové montážní linky obr. 5.5 vyplývá, že zde není opět nutné využití jakéhokoli manipulačního vozíku pro mezioperační dopravu. Nicméně je nezbytné striktně dodržovat montážní postup, tak aby nedocházelo k hromadění dílů a nevznikl zde problém s neshodnými díly, jenž je popsán v kapitole 5.2 této práce.

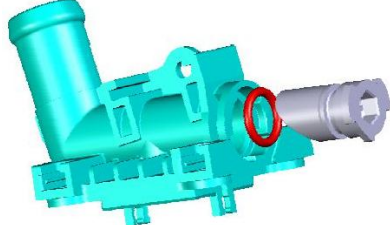
5.3.1 Montážní postup

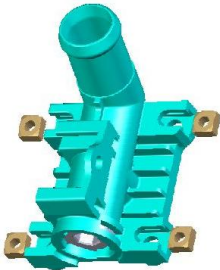
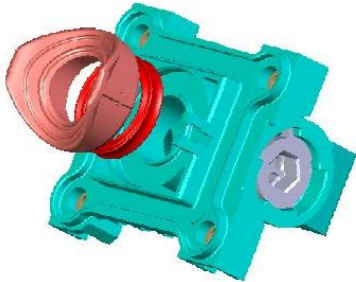

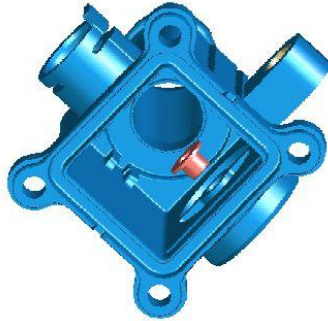
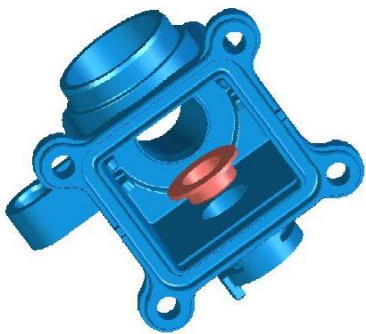
Z předchozí kapitoly vyplývá, že při tvorbě návrhu montážní linky potažmo montážního postupu bylo vycházeno z montážního postupu tab. 5.3, jenž přejímá princip montáže dle tab. 4.2. Schémata montáže tab. 5.5 se samozřejmě shodují s obr. 5.2 a 5.3.

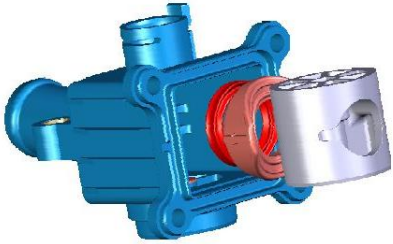

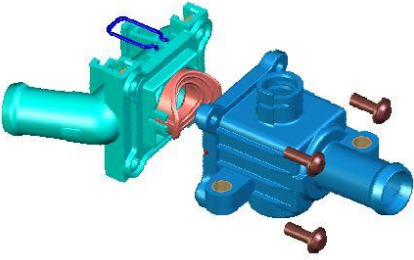

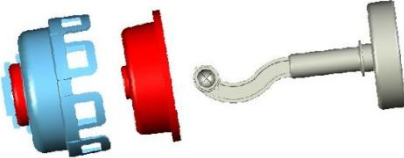
Vzhledem k dispozičnímu řešení montážní linky opět došlo ke slučování či rozdělování pracovišť a to za účelem vytvoření vhodného rozvržení, snížení nákladů na pořízení a kompaktních rozměrů linky. Hlavním rozdílem oproti montážnímu postupu tab. 5.3 je sloučení lisovacích operací číslo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13 a 15 do pracoviště číslo 2 a lisovacích operací číslo 18, 19, 21, 22, 25, 26, 27 a 28 do pracoviště číslo 8. Spojujeme i další operace až do společného úseku na pracovišti. To jest operace číslo 8+9, 15+16, 30+31 a 32+33.

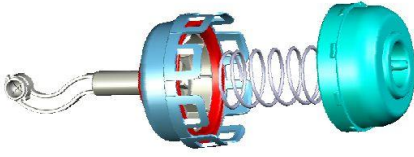
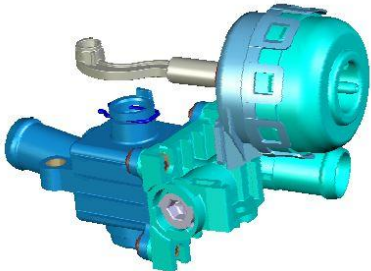

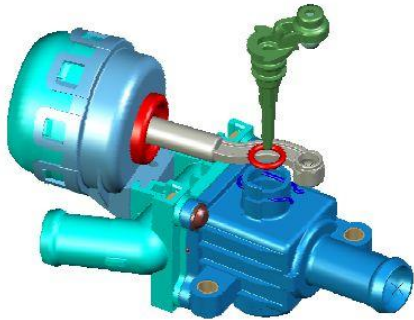

Samozřejmostí je dodržení taktu vypočteného v třetí kapitole této práce a výpočet je stejný jako v předchozích dispozičních řešeních. Opětovně probíhají kontrolní operace číslo 17 a 19 paralelně s dalšími montážemi. Veškeré změny v montážním postupu jsou zachyceny v tab. 5.5 níže.


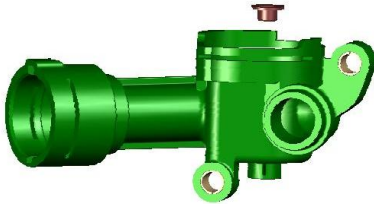
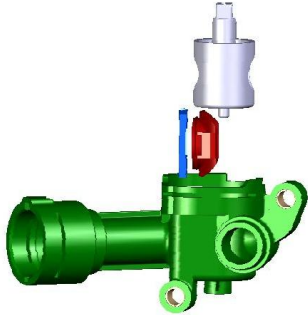
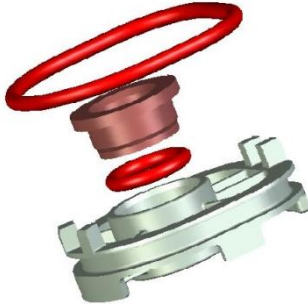
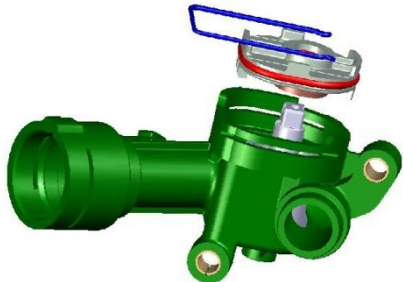
Tab. 5.5 Montážní postup pro karuselovou montážní linku.

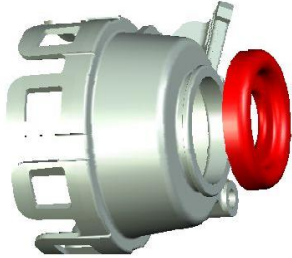
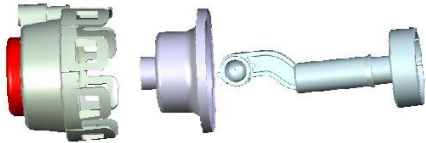

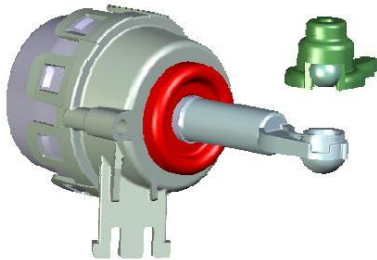
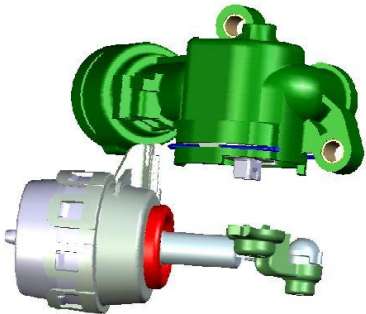
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|---|--|-------------|---------------|
| 1 | Montáž těsnícího kroužku (203) na zátku (202) a následná montáž na víko (201) - začátek montáže vodního ventilu 49C. |  | 1 | 18 |

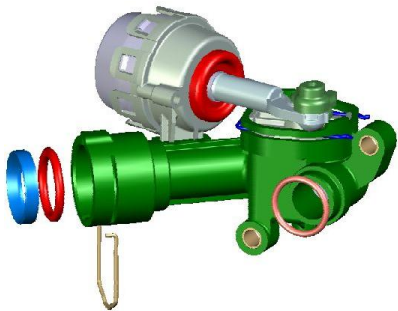
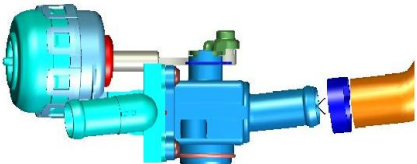
| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 2 | Zalisování čtyř matic (204) na víko z op. 1. |  | 2 | 23 |
| 3 | Zalisování složených součástí těsnícího x-kroužku (205) a těsnění (206) do víka z op. 2. |  | | 16 |
| 4 | Zalisování dvou pouzder (208) do těla ventilu (207). |  | | 16 |
| 5 | Zalisování ložiskového pouzdra (209) do těla ventilu z op. 4. |  | | 16 |
| 6 | Zalisování ložiskového pouzdra (210) do těla ventilu z op. 5. |  | | 16 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|---|--|-------------|------------------------|
| 7 | Montáž těsnícího x-kroužku (205), těsnění (206) pomocí pneumatického lisu a následná montáž otočného pístu (211) do těla ventilu z op. 6. |  | 2 | 27 |
| 8+9 | Nasazení tvarového těsnění (212) na montážní celek z op. 7. |  | 3 | 15 |
| | Sešroubování smontovaných součástí z op. 3 a 8 čtyřmi šrouby (213). Následující montáž zajišťující pružiny (214). |  | | 32 |
| 10 | Montáž ochranného těsnění (216) na víko (215). |  | 4 | 15 |
| 11 | Nasazení membrány (217) na vodící tyč (218) a ustavení v součásti z op. 10. |  | 5 | 18 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 12 | Zalisování víka (219) a pružiny (220) do montážního celku z op. 11. |  | 2 | 21 |
| 13 | Slisování součástí z op. 12 do montážního celku z op. 9. |  | | 17 |
| 14 | Sešroubování slisovaných součástí z op. 13 šroubem (221). |  | 6 | 16 |
| 15+16 | Nasazení těsnícího o-kroužku (222) na ovládací páku (223) a montáž do montážního celku z op. 14. Současně rozevření zajišťovací pružiny (214). |  | 2 | 27 |
| | Montáž těsnícího kroužku (224) na smontovanou součást z op. 15. |  | | 32 |
| 17 | Kontrola a popis laserem vodního ventilu 49C z op. 16 | | 7 | 80 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|--|-------------|------------------------|
| 18 | Dvě pouzdra (102) zalisovat do těla ventilu (101) - začátek montáže vodního ventilu 48B. |  | 8 | 16 |
| 19 | Zalisování pouzdra s věncem (103) do zmontované součásti z op. 18 (tělo ventilu). |  | | 15 |
| 20 | Montáž těsnění (105), listové pružiny (104) a otočného pístu (106) do smontované součásti z op. 19. |  | 9 | 28 |
| 21 | Montáž těsnícího o-kroužku (109), zalisování pouzdra s věncem (110) na víko (107) a následná montáž těsnící o-kroužek (109). |  | 8 | 28 |
| 22 | Montáž víka z op. 21 na montážní celek z op. 20 a zajištění zajišťovací pružinou (111). |  | | 21 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t_k [s] |
|---------------|--|--|-------------|---------------|
| 23 | Nasazení ochranného těsnění (113) na víko (112). |  | 10 | 15 |
| 24 | Nasazení membrány (114) na vodící tyč (115) a ustavení v montážním celku z op. 23. |  | 11 | 18 |
| 25 | Zalisování víka (116) a pružiny (117) do montážního celku z op. 24. |  | 8 | 21 |
| 26 | Montáž ovládací páky (118) na montážní celek z op. 25. |  | | 16 |
| 27 | Zalisování montážních celků z op. 22 a op. 26. |  | | 16 |

| Číslo operace | Popis činnosti | Náhled | Číslo prac. | Čas t _k [s] |
|---------------|--|---|-------------|------------------------|
| 28 | Nasazení na smontovanou součást z op. 27 těsnící o-kroužek (119) a jeho zajištění zalisováním kroužkem (120), následná montáž zajišťovací pružiny (121) a těsnícího o-kroužku (122) - finální montáž vodního ventilu 48B. |  | 8 | 30 |
| 29 | Kontrola a popis laserem vodního ventilu 48B z op. 28. | | 7 | 80 |
| 30+31 | Montáž hadice (225) na zkontrolovanou součást z op. 17 a zajištění sponou (226) - finální montáž vodní ventilu 49C. |  | 12 | 40 |
| | Kontrola a mikroúderové značení vodního ventilu 49C z op. 30. | | | 30 |
| 32+33 | Balení součásti 49C. | | 13 | 30 |
| | Balení součásti 48B. | | | 30 |

5.3.1.1 Ověření počtu pracovišť

Stejně jako u všech ostatních, zde uvedených návrhů dispozičního řešení montážní linky, bereme při návrhu v úvahu vždy jedno pracoviště pro operaci či sloučené operace. K ověření bude využit vzorec 3.6. Vzhledem k principu vzorce bude znovu postačovat výpočet pouze pro nejdelší čas operace [1].

$$P_n = \frac{t_k}{t} \quad (3.6)$$

$$P_2 = \frac{t_{p2}}{t_2} = \frac{211}{679} = 0,31 \text{ pracoviště} \rightarrow 1 \text{ pracoviště}$$

- P_2 počet pracovišť pro sloučené operace do karuselového pracoviště číslo 2 [pracoviště]
- t_2 takt montážní linky [s/ks] $t_2 = 679$ s
- t_{p2} součet časů sloučených operací číslo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 15 a 16 samozřejmě včetně času mezioperační dopravy z předchozí operace [s] $t_{p2} = 211$ s

Výpočet nám potvrdil správnost úvahy při plánování rozvržení montážní linky.

5.3.3 Pracoviště

Pracoviště jsou vybavena obdobně, jak je již rozebráno v kapitole 5.1.3 této práce. Vybavení musí zajistit všechny aspekty montáže obou vodních ventilů. Samozřejmě se při návrhu pracoviště bude využívat stavebnicový systém od firmy Bosch Rexroth [12].

Základem první a druhé části montážní linky jsou karuselové pracoviště číslo 2 a 8, ve kterém, jak již bylo řečeno výše, jsou sloučeny jednotlivé lisovací operace. Karuselové pracoviště se skládá z otočného stolu, který je rozdělen na osm respektive devět stanovišť dle prováděných operací. Ve stanici pro operaci číslo 2 (pracoviště číslo 2) nebo pro operaci číslo 18 (pracoviště číslo 8) dle obr. 5.5 nebo tab. 5.5 se nachází elektro – servo lis, jež je řízen pomocí servomotorů. Kolem tohoto lisu se otáčí otočný stůl karuselu a provádí se jednotlivé operace. Každá stanice respektive operace obsahuje přípravky pro využití v dané operaci. Otočný stůl se otáčí pouze ve směru provádění operací a to ručně. Po natočení dochází ke zkontaktování přípravků s lisem a po přípravě k lisování proběhne zalisování pod kontrolou servomotorů. Průměr otočného stolu pro pracoviště číslo 1 je 1800 milimetrů a pro pracoviště číslo 6 činí 1700 milimetrů. Karuselová pracoviště jsou doplněna vedlejšími pracovišti, jež jsou tvořeny montážními stoly a slouží k zabezpečení operací, které nevyužívají technologie lisování. Pracoviště jsou tvořena montážními stoly o konstantních rozměrech obr. 5.5 (část obrázku nad legendou). Konstantní rozměry stolu jsou voleny z důvodu nižších nákladů a docílení požadovaného tvaru.

Třetí část zahrnuje pracoviště kontroly číslo 7, pracoviště balení číslo 13 a pracoviště sloužící ke konečné montáži vodního ventilu 49C číslo 12. Pracoviště číslo 12 má rozměry 1000 x 500 mm. Avšak kontrolní pracoviště z konstrukčních důvodů má rozměry 1100 x 600 mm. Pracoviště číslo 13 musí být vybaveno dle balících předpisů a v souladu s již výše citovanou kapitolou 5.1.3 tak, aby byly zajištěny požadavky zákazníka a nedošlo k možnému poničení dílů během přepravy.

Přihrádkou budou vybavena pracoviště číslo 2, 4, 5, 6 a 8 za účelem možnosti odložení montážního celku během montáže jiného celku. Přihrádka je používána za účelem zkvalitnění a usnadnění mezioperačního přesunu montážních celků.

Pracoviště číslo 1, 4, 5, 10, 11 a 12 jsou manuální a není potřeba, aby byly vybaveny samostatně pneumatickými a elektrickými rozvody. Pro případné potřebu osvětlení či kontroly bude zajištěna z vedlejších pracovišť. Tímto se může dosáhnout ušetření části nákladů.

5.3.3.1 Zásobníky materiálu

Kapacita zásobníků materiálu na lince, jak již bylo řečeno a vypočteno v kapitole 5.1.3.1 této práce, musí být dostatečná na to, aby došlo k pokrytí výroby montážní linky na dvě hodiny čistého času. Výpočtem bylo stanoveno toto množství na 11 kusů po každém ventilu. Tedy kapacita zásobníků materiálu byla dimenzována dle tohoto minimálního množství.

Zásobníky materiálu používáme stejně jako u předchozích návrhů s tím rozdílem, že pro karuselová pracoviště číslo 1 a 6 používáme speciální regálový zásobník materiálů. Při zásobování tedy budou použity zásobníky materiálu: vario grab containers od firmy Rexroth ze skupiny Bosch o rozměrech VG 90 x 90 – 300 mm a VG 180 x 90 – 300 mm, vytvořené danou firmou (pro kterou se návrh montážní linky tvoří) standardizované

o rozměrech 300 x 300 – 250 mm a 250 x 250 – 250 mm, dále zásobník postavený přímo pro balení od dodavatele daného materiálu postavený pomocí trubkového systému a výše zmíněný regálový zásobník pro více druhů materiálů [4][11][15].

Využití jednotlivých zásobníků

Zásobník materiálu vytvořený pomocí trubkového systému se používá pouze pro hadice (225) [11].

Vario grab containers zásobníků materiálu VG 90 x 90 – 300 mm je využíváno pro [15]:

- pouzdra (102) a (208),
- pouzdra s věncem (103) a (110),
- těsnění (105) a (206),
- listové pružiny (104),
- zajišťovací pružiny (111), (121) a (214),
- ochranné těsnění (113) a (216),
- kroužek (120),
- matice (204),
- x-kroužky (205),
- ložisková pouzdra (209) a (210),
- tvarová těsnění (212),
- šrouby (213) a (221).

Vario grab containers zásobníků materiálu VG 180 x 90 – 300 mm je využíváno pro [15]:

- otočné písty (106) a (211),
- víka (107),
- ovládací páky (118),
- spony (226),
- zátky (202).

Zásobníky materiálu vytvořených na základě standardů firmy o rozměrech 250 x 250 - 250 mm je používáno pro [4]:

- membrány (114) a (217),
- vodící tyče (115) a (218),
- víka (112), (116) a (219),
- pružiny (117) a (219),
- ovládací páky (223).
-

Zásobníky materiálu vytvořených na základě standardů firmy o rozměrech 300 x 300 - 250 mm je využito pro těla ventilu (101) a (207) a víka (201) [4].

Regálové zásobníky pro více druhů materiálů budou užity na lince dva pro každé karuselové pracoviště zvlášť. Slouží k zásobování materiálem operací prováděných na karuselových pracovištích. Při konstrukci bude využito opětovně systému pro montáže firmy Rexroth ze skupiny Bosch. Regálový zásobník materiálu se vlastně skládá z jednotlivých zásobníků materiálu pro jednotlivé operace uskutečňované na karuselovém

pracovišti. Z důvodu snazší orientaci a zvýšení bezpečnosti montáže bude vytvořeno barevné značení operací na karuselu, jenž bude korespondovat s barevným označením zásobníků. Z čehož vyplývá, že pro každou operaci bude vytvořena barva, již se označí jednak pracoviště dané operace a jeho přípravky (úsek na otočném stole), tak i příslušné zásobníky materiálu v regálu. Barevné označení bude vytvářet orámování. Tyto zásobníky budou rovněž také pojízdné tak, aby si je operátor nastavil do nejpříhodnější polohy.

Zásobování kruhovým těsněním bude obdobně jako u předchozích linek probíhat pomocí speciálních kbelíků krytých víkem proti vniku nečistot. Rovněž příprava bude stejná a to i pro karuselová pracoviště. Příprava byla rozebrána již výše a skládá se z promazání a promíchání kruhových těsnění a následného odebrání části a umístění na vyhrazené místo daného pracoviště [16].

Již zmiňovanou nutností je označení každého zásobníku materiálu popisem a ilustrací uloženého dílu. Značení bude ve dvou místech: z čela pro operátora obsluhujícího montážní linku a zezadu pro operátora zajišťujícího zásobování materiálem. Dále bude tento popis dán i na příslušné místo na regálu v meziskladu.

5.3.3.2 Specifické vybavení pracoviště

I specifické vybavení bude samozřejmě vycházet z kapitoly 5.1.3.2 a 5.2.5.2 této práce, avšak v určitých aspektech se liší a tyto odlišnosti budou uvedeny níže.

Díky vytvoření karuselových pracovišť není již potřeba velkého počtu pneumatických či jiných lisů. Vystačí využití pouze dvou a to na pracovištích číslo 2 a 8. Pneumatické rozvody povedou pouze k pracovištím číslo 2, 7, 8 a 12 a bude se opětovně využívat centrálních rozvodů stlačeného vzduchu. Pracoviště číslo 7 a 12 potřebují stlačený vzduch ke konání zkoušek a pracoviště číslo 12 k samotnému výkonu operace číslo 30, kdy se na spoj hadice a vodního ventilu umísťuje spona.

Operace číslo 9 a 14 jsou založeny na technologii šroubování. Vzhledem k možným nastavitelným parametrům souvisejícím se šroubováním je nezbytně nutné využít elektrické šroubovací systémy [17][18].

Z důvodu vybudování vhodných podmínek pro operátora jsou na pracovišti číslo 2 vyhrazeny prostory pro umístění osobních věcí. Jedná se o zásuvku v montážním stole a místo pro umístění nápojů.

V pracovištích vybavených pneumatickými rozvody bude také umístěna čistící pistole na stlačený vzduch. Pomocí dostatečně dlouhých přívodů stlačeného vzduchu k těmto pistolím dosáhneme ke všem místům montážní linky [19].

5.3.4 Zajištění kontroly montáže

Důležité je dodržování technologické kázně. Při montáži je kladen i důraz na vizuální kontrolu celé montáže. V příložené dokumentaci k dané operaci je i seznam nejčastějších chyb montáže, jak je rozpoznat a předcházet vzniku těchto neshod.

Jak již bylo uvedeno v již kapitolách 5.1.4 a 5.2.6 této práce před začátkem montáže je povinností operátora zkontrolovat správnost materiálu v zásobnících.

Kontrola všech aspektů bude stejná jako u předešlých rozvržení. Bude shodně rozdělena na čtyři části. Do první části kontroly spadají pracoviště číslo 1 až 6, na nichž se uskutečňuje majoritní část montáže vodního ventilu 49C. Pracoviště číslo 8 až 11 sloužící k montáži vodního ventilu 48B a tvoří druhou část kontroly. Hlavní kontrola vodních ventilů probíhá ve třetí části respektive na pracovišti číslo 7. Poslední čtvrtá část je tvořena pracovišti číslo 12 a 13.

Kontrola probíhá stejně jak u eliptického rozvržení včetně úpravy pohybu shodného ventilu popisu laserem.

Display a světelný ukazatel, které podávají instrukce související s montáží, budou zařazeny jako součást všech pracovišť, vyjma pracovišť manuálních a to číslo 1, 4, 5, 10, 11 a 12. Správné provedení montáže operací na těchto pracovištích bude zajištěno stejně, jak tomu je u eliptického rozvržení montážní linky. Mechanicky pomocí přípravků na pracovištích a následnou kontrolou na dalších pracovištích, jež budou již spojeny se systémem kontroly posloupnosti.

5.3.5 Logistická podpora

Logistická podpora bude zajištěna obdobně, jak již bylo popsáno v kapitolách číslo 5.1.5 a 5.2.7. Karuselová montážní linka bude také využívat meziskladu vytvořené pomocí regálů [21].

Dle rozvržení linky je jasně patrné dodržení důležitého aspektu a to zásobování materiálu z vnějšku. Tak aby nemohlo docházet k překážení si v práci operátora linky a operátora manipulace. Doplnění bude probíhat souběžně s prací na montážní lince.

5.3.6 Cenová kalkulace

Kvůli snazšímu srovnání nákladů jednotlivých rozvržení bude opět vycházeno z nákladů na zajištění pracoviště, tedy v souladu s kapitolami 5.1.6 a 5.2.8. V těchto nákladech jsou zahrnuty veškeré potřebné aspekty k zabezpečení montáže na daném pracovišti. Do dalších nákladů patří veškeré náklady, které přímo nesouvisí s určitým pracovištěm jako kupříkladu mezisklad či pneumatické a elektrické rozvody. Do ceny montážní linky nejsou započítávány náklady na palety, plošinové vozíky a KLT přepravky pro mezisklad, neboť tyto potřeby jsou volně ve skladu dané firmy, jelikož je jimi tvořena samotná vnitřní logistika v celé firmě. Shrnutí jednotlivých nákladů uvádí tab. 5.6 [4][22].

Tab. 5.6 Náklady na karuselovou montážní linku [4][22].

| Číslo pracoviště [-] | Náklady na jeho vybavení [Kč] |
|-------------------------|----------------------------------|
| 1 | 27 000 |
| 2 | 1 649 700 |
| 3 | 645 300 |
| 4 | 27 000 |
| 5 | 67 500 |
| 6 | 550 800 |

| Číslo pracoviště [-] | Náklady na jeho vybavení [Kč] |
|-------------------------|----------------------------------|
| 7 | 1 944 000 |
| 8 | 1 787 400 |
| 9 | 186 300 |
| 10 | 27 000 |
| 11 | 67 500 |
| 12 | 756 000 |
| 13 | 54 000 |
| | |
| Další náklady | 108 000 |
| | |
| Náklady celkem | 7 897 500 |

6 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení bude sloužit k výběru nejvhodnější varianty rozvržení. Bude založeno na vyhodnocení jednotlivých kritérií, jež jsou definována v tab. 6.1. Každé kritérium má přiřazeno váhové hodnocení a každá varianta bude oceněna jedním až deseti body za plnění tohoto kritéria. Nejvyšší váhu bude mít pochopitelně kritérium nákladů na pořízení montážní linky. Čím vyšší počet bodů tím lépe dispoziční řešení plní kritérium. V kapitolách níže jsou zhodnoceny jednotlivé dispoziční řešení.

Vyhodnocení bylo konzultováno a je v souladu s představou firmy a jejími interními dokumenty [4].

Tab. 6.1 Kritéria použitá pro vyhodnocení.

| Číslo kritéria | Kritérium | Váhové hodnocení | Definice |
|----------------|---|------------------|---|
| 1 | Plocha montážní linky | 5 | Ideální je co nejmenší zabraná plocha. |
| 2 | Rozvržení montážní linky | 7 | Vhodnost daného rozvržení. |
| 3 | Manipulace s materiálem na montážní lince | 5 | Složitost a délka mezioperačních přeprav. |
| 4 | Kontrola montáže | 8 | Vhodnost daného řešení z hlediska celkové kontroly montáže. |
| 5 | Náklady na pořízení | 10 | Ideální co nejnižší náklady na pořízení montážní linky. |

6.1 Hodnocení kritérií pro lineární rozvržení montážní linky

Kritérium číslo 1 – Rozměry montážní linky

Z obr. 5.1 vycházíme při výpočtu plochy montážní linky. Plocha montážní linky pro kritériální vyhodnocení je definována dle vzorce 6.1.

$$S_n = b_n \cdot l_n \quad (6.1)$$

S_n Plocha montážní linky [m²]

d_n Maximální šířka montážní linky [m]

l_n Maximální šířka montážní linky [m]

$$S_1 = b_1 \cdot l_1 = 2,9 \cdot 10,2 = 29,58 \text{ m}^2$$

S_1 Plocha montážní linky pro lineární rozvržení [m²]

b_1 Maximální šířka montážní linky v lineárním rozvržení [m] $b_1 = 2,9 \text{ m}$

l_1 Maximální šířka montážní linky v lineárním rozvržení [m] $l_1 = 10,2 \text{ m}$

Nejméně zabraná plocha ze všech variant.

Kritérium číslo 2 – Rozvržení montážní linky

Je méně vhodná jak další dvě rozvržení, jelikož neodděluje jednotlivou produkci vodních ventilů. Oproti karuselovému rozvržení montážní linky využívá mnoho pracovišť, jenž musejí být nákladně vybavena.

Kritérium číslo 3 – Manipulace s materiálem na montážní lince

Zde se využívá manipulačního vozíku pro mezioperační přepravu. Na manipulačním vozíku si musí operátor vézt smontovaný vodní ventil 48B během montáže ventilu 49C a následně vložit oba vodní ventily do zkušebního zařízení. Což pro práci operátora není příliš výhodné.

Kritérium číslo 4 – Kontrola montáže

Kontrola montáže je obdobná u všech rozvržení, avšak u této varianty řešení je nevýhodné vkládání a vyjímání dílů. Při tomto úkonu může dojít k záměně zkontrolovaných a nezkontrolovaných dílů.

Kritérium číslo 5 – Náklady na pořízení

Dle tab. 5.2 činí náklady na pořízení tohoto dispozičního řešení 7 929 900 Kč. Což znamená druhé nejvyšší náklady ze všech variant. Je o cirká 32 400 Kč dražší než karuselová montážní linka.

Tab. 6.2 Plnění kritérií lineárního rozvržení montážní linky.

| Číslo kritéria | Kritérium | Váhové hodnocení | Plnění kritéria [body] | Celkem [body] |
|-------------------|---|------------------|------------------------|---------------|
| 1 | Plocha montážní linky | 5 | 5 | 25 |
| 2 | Rozvržení montážní linky | 7 | 4 | 28 |
| 3 | Manipulace s materiálem na montážní lince | 5 | 3 | 15 |
| 4 | Kontrola montáže | 8 | 6 | 48 |
| 5 | Náklady na pořízení | 10 | 9 | 90 |
| Celkové hodnocení | | | | 206 bodů |

6.2 Hodnocení kritérií pro montážní linku uspořádanou do eliptického tvaru

Kritérium číslo 1 – Rozměry montážní linky

Opět vycházíme z obr. 5.4 při výpočtu plochy montážní linky dle vzorce 6.1.

$$S_2 = b_2 \cdot l_2 = 4,86 \cdot 7,93 = 38,54 \text{ m}^2$$

| | | | |
|-------|---|-------------------|----------------|
| S_2 | Plocha montážní linky pro eliptické rozvržení | [m ²] | |
| b_2 | Maximální šířka montážní linky v eliptickém rozvržení | [m] | $b_2 = 4,86$ m |
| l_2 | Maximální šířka montážní linky v eliptickém rozvržení | [m] | $l_2 = 7,93$ m |

Největší zabraná plocha ze všech řešení.

Kritérium číslo 2 – Rozvržení montážní linky

Je více vhodné jak předchozí rozvržení. Zde je již oddělená produkce vodních ventilů. S ohledem na karuselové rozvržení montážní linky opět využívá mnoho pracovišť, jenž musejí být nákladně vybavena.

Kritérium číslo 3 – Manipulace s materiálem na montážní lince

Zde se již nepoužívá manipulačního vozíku pro mezioperační přepravu. Když je ventil smontován, tak se umístí do kontrolního stolu. Pro usnadnění mezioperační přepravy může být využíváno příslušných přihrádek na daných pracovištích.

Kritérium číslo 4 – Kontrola montáže

Kontrola montáže je obdobná u všech rozvržení, avšak u této varianty řešení se již nevyužívá nevýhodného vkládání a vyjímání dílů.

Kritérium číslo 5 – Náklady na pořízení

Dle tab. 5.4 činí náklady na pořízení tohoto dispozičního řešení 8 634 600. Což znamená nejvyšší náklady ze všech navržených variant.

Tab. 6.3 Plnění kritérií eliptického rozvržení montážní linky.

| Číslo kritéria | Kritérium | Váhové hodnocení | Plnění kritéria [body] | Celkem [body] |
|-------------------|---|------------------|------------------------|---------------|
| 1 | Plocha montážní linky | 5 | 2 | 10 |
| 2 | Rozvržení montážní linky | 7 | 6 | 42 |
| 3 | Manipulace s materiálem na montážní lince | 5 | 4 | 20 |
| 4 | Kontrola montáže | 8 | 8 | 64 |
| 5 | Náklady na pořízení | 10 | 5 | 50 |
| Celkové hodnocení | | | | 206 bodů |

6.3 Hodnocení kritérií pro karuselovou montážní linku

Kritérium číslo 1 – Rozměry montážní linky

Při výpočtu plochy dle vzorce 6.1 využíváme rozměry dle obr. 5.5.

$$S_3 = b_3 \cdot l_3 = 5,4 \cdot 6,5 = 35,1 \text{ m}^2$$

| | | | |
|-------|---|---------|-----------------------|
| S_3 | Plocha karuselové montážní linky | $[m^2]$ | |
| b_3 | Maximální šířka karuselové montážní linky | $[m]$ | $b_3 = 5,4 \text{ m}$ |
| l_3 | Maximální šířka karuselové montážní linky | $[m]$ | $l_3 = 6,5 \text{ m}$ |

Druhá největší zabraná plocha ze všech navrhovaných řešení.

Kritérium číslo 2 – Rozvržení montážní linky

Ze všech návrhů je nejvhodnější. Spojuje v největší míře více operací do jednoho pracoviště a snižuje tím množství potřebného vybavení na montážní lince. Opět je pomocí dispozičního řešení oddělená produkce vodních ventilů.

Kritérium číslo 3 – Manipulace s materiálem na montážní lince

U této varianty se rovněž nepoužívá manipulačního vozíku pro mezioperační přepravu. Pokud je vodní ventil smontován, následně se vloží do zkušebního zařízení.

Taktéž je využíváno přihrádek na daných pracovištích pro zjednodušení mezioperačních přesunů. Avšak zde se nachází díky využití karuselů méně pracovišť, tedy i méně mezioperačních přesunů mezi pracovišti.

Kritérium číslo 4 – Kontrola montáže

Kontrola montáže je totožná jako u eliptického rozvržení.

Kritérium číslo 5 – Náklady na pořízení

Dle tab. 5.6 jsou vyčísleny náklady na pořízení karuselové montážní linky 7 897 500 Kč. S ohledem na ceny ostatních variant vyplývá, že se jedná o nejlevnější řešení.

Tab. 6.4 Plnění kritérií karuselové montážní linky.

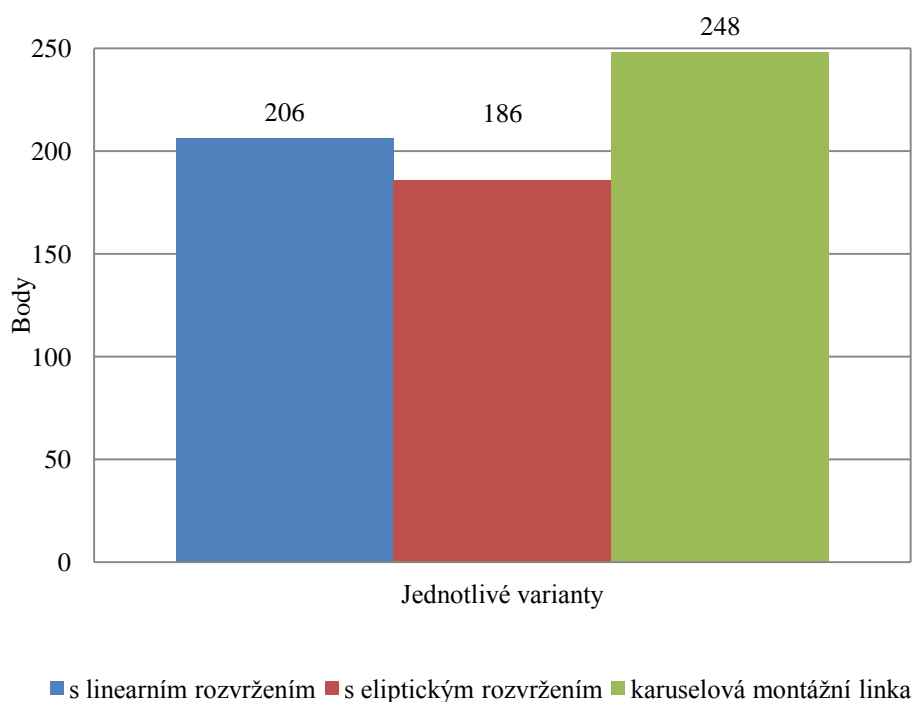
| Číslo kritéria | Kritérium | Váhové hodnocení | Plnění kritéria [body] | Celkem [body] |
|-------------------|---|------------------|------------------------|---------------|
| 1 | Plocha montážní linky | 5 | 2 | 10 |
| 2 | Rozvržení montážní linky | 7 | 7 | 49 |
| 3 | Manipulace s materiálem na montážní lince | 5 | 5 | 25 |
| 4 | Kontrola montáže | 8 | 8 | 64 |
| 5 | Náklady na pořízení | 10 | 10 | 100 |
| Celkové hodnocení | | | | 248 bodů |

6.4 Vyhodnocení jednotlivých dispozičních řešení

V tab. 6.5 jsou shrnuta vyhodnocení kritérií všech variant a v obr. 6.1 je jejich grafické vyhodnocení ve sloupcovém grafu. Z čehož je patrné, že nejvíce bodů získala karuselová montážní linka, která je i navržena jako optimální výsledné řešení firmě. Po následné konzultaci a odsouhlasení bude tato varianta vzata do úvahy při tvorbě projektu dané firmy.

Tab. 6.5 Shrnutí výsledků hodnocení kritérií.

| Varianta montážní linky | Celkové hodnocení [bodů] |
|---------------------------|-----------------------------|
| s lineárním rozvržením | 206 |
| s eliptickým rozvržením | 196 |
| karuselová montážní linka | 248 |



Obr. 6.1 Porovnání celkových hodnocení.

ZÁVĚR

Ve třetí kapitole této práce byl vypočten takt pro dvousměnný a třisměnný provoz, přičemž byl zvolen dvousměnný provoz o taktu $t_2 = 679$ s za vyhovující a byl vzat do úvahy při tvorbě návrhu. V této kapitole bylo ještě určeno výpočtem, že pro obsluhu operací montážní linky postačuje pouze jeden operátor.

Analýza montážního postupu poukázala na možná problematická místa v původních návrzích a ta byla upravena. Vzniklé upravené montážní postupy byly již podkladem pro tvorbu jednotlivých variant dispozičních řešení.

Varianty dispozičních řešení jsou zpracovány v kapitole pět této diplomové práce. Byly navrženy tři možné varianty a to s lineárním a eliptickým rozvržením a karuselová montážní linka. V této kapitole jsou řešeny specifika daných variant rozvržení, například logistická podpora a kontrola celkové montáže.

Vyhodnocení variant montážní linky je provedeno za pomoci bodování jednotlivých kritérií a jejich váze. Hodnotící kritéria jsou plocha montážní linky, rozvržení montážní linky, manipulace s materiálem na montážní lince, kontrola montáže a náklady na pořízení. Z porovnání výsledných vyhodnocení jednotlivých variant vyplývá, že nejvíce bodů získala karuselová montážní linka. Tato linka byla zvolena jako optimální řešení zadání a byla navržena firmě, pro kterou byla diplomová práce zpracována. Po následné konzultaci ve firmě byla tato varianta vzata do úvahy při tvorbě projektu.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I.* Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
2. PETRŮ, Jana a Robert ČEP. *Základy montáže.* Vyd. 1. Ostrava: Fakulta strojní VŠB-TUO, 2012, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-2773-5.
3. ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů.* Vyd. 1. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007, 135 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
4. Interní dokumenty firmy.
5. API - AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ s.r.o. *Kanban a jeho aplikace* [online]. © 2005 - 2012 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://e-api.cz/page/68342.kanban-a-jeho-aplikace/>
6. SVĚT PRODUKTIVITY: Kanban. *Tahový systém řízení výroby* [online]. CPI Web servis s.r.o., ©2012 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kanban.htm>
7. TUČEK, David. Kanban jako řídicí a integrující metoda v informačním systému. [online]. 4.10.2004 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.cvis.cz/hlavni.php?stranka=novinky/clanek.php&id=167>
8. IKVALITA.cz: Portál pro kvalitáře. *Metoda 5S* [online]. © 2005-2013 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=128>
9. API - AKADEMIE PRODUKTIVITY A INOVACÍ, s.r.o. *Metoda 5S - základní kámen štihlé výroby* [online]. 25.3.2009 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://e-api.cz/article/69253.metoda-5s-8211-zakladni-kamen-stihle-vyroby/>
10. MAREK, Jakub a Petr SKŘEHOT. *Základy aplikované ergonomie.* Vyd. 1. Praha: VÚBP, 2009, 118 s. Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
11. BEEWATEC: Procesy spojené s flexibilitou. *Katalog produktů: Trubkový systém - skladové regály a regálové systémy* [online]. www.beewatec.cz, © 2010 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.beewatec.cz/katalog-produktu/trubkovy-system>
12. REXROTH BOSCH GROUP: Produkty a aplikace. *Hliníkový stavebnicový systém* [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: http://www.boschrexroth.cz/country_units/europe/czech_rep/cs/Prmyslov_brane/BRL-MT/hss/index.jsp
13. PPO GROUP CZ, s.r.o.: Sortiment. *Přepravy KLT* [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.ppocz.com/eshop-kategorie-prepravky-klt-23.html>
14. PALETY MORAVA: Kompletní paletový servis. *Euro palety* [online]. Webdesign econtrol.cz 2010 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.paletymorava.cz/euro-palety.html>
15. REXROTH BOSCH GROUP: The drive and Control Company. *Material supply and flow rack systems: The system's benefits yield results everywhere* [online]. © Bosch Rexroth AG [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.boschrexroth.com/en/xc/products/product-groups/assembly-technology/manual-production-systems/material-supply/index>
16. FLORIAN: Kbelíky. cz. *Plastový kbelík kulatý - EZ 103* [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.kbeliky.cz/Plastovy-kbelik-kulaty-EZ-103-d1.htm>
17. DEPRAG. *Šroubovací technika* [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.deprag.com/cz/schraubtechnik/leitfaden-zur-auswahl-schraubtechnik.html>

18. STANLEY ASSEMBLY TECHNOLOGIES: Řízení a kontrola utahovacích procesů. *Dotahování spojů pod kontrolou* [online]. Liberec: Alfavaria, 2014 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://stanley.alfavaria.cz/naradi-stanley-assembly-technologies/rizeni-a-kontrola-utahovacich-procesu/>
19. LONTECH: Statická elektrina. LONSKÝ, Jiří. *Vysávací/Vyfukovací pistole* [online]. Býšť [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.lontech.cz/clanky-5.-vysavaci-vyfukovaci-pistole.html>
20. PPO GROUP CZ, s.r.o.: Sortiment. *Převraky KLT* [online]. [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.ppocz.com/eshop-kategorie-prepravky-klt-23.html>
21. PROFI REGÁLY: Skladové regály. *Policové regály - SUPER, UNIRACK* [online]. Profiregály.cz, 2014 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: <http://www.profiregaly.cz/policove-regaly-super-unirack>
22. PROFI REGÁLY: Policové regály. *Ceník policových regálů* [online]. Profiregály.cz, 2014 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.profiregaly.cz/cenik>
23. *Rexroth Bosch Group*. [online]. 2014 [cit. 2014-05-23]. Dostupné z: http://www.boschrexroth-us.com/country_units/america/united_states/sub_websites/brus_dcl/Products/a_image_s/3_CustWS_web.jpg
24. PROFI REGÁLY: Skladové regály. *Policové regály - SUPER, UNIRACK* [online]. Profiregály.cz, 2014 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.profiregaly.cz/policove-regaly-super-unirack>
25. PPO GROUP, s.r.o.: Sortiment. *Převraka KLT 6421* [online]. [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <http://www.ppocz.com/eshop-prepravka-klt-6421-133.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

| Zkratka | Jednotka | Popis |
|----------------|-----------------|----------------------------|
| CNC | [-] | Computer numerical control |
| VG | [-] | vario grab |
| atd. | [-] | a tak dále |
| h | [-] | hodin |
| kč | [-] | korun českých |
| ks | [-] | kusů |
| min. | [-] | minuty |
| mm | [-] | milimetrů |
| obr. | [-] | obrázek |
| op. | [-] | operace |
| oper. | [-] | operátor |
| prac. | [-] | pracoviště |
| s | [-] | sekund |
| s. | [-] | stran |
| tab. | [-] | tabulka |
| tzv. | [-] | tak zvané |

| Symbol | Jednotka | Popis |
|------------------------|-----------------|--|
| A | [-] | rozlišující popis ve schématu |
| B | [-] | rozlišující popis ve schématu |
| C | [-] | rozlišující popis ve schématu |
| D | [-] | rozlišující popis ve schématu |
| D_{vs} | [oper.] | počet operátorů montážní linky v jedné směně |
| D_{vs2} | [oper.] | počet operátorů montážní linky v jedné směně při dvousměnném provozu |
| D_{vs3} | [oper.] | počet operátorů montážní linky v jedné směně při třisměnném provozu |
| E | [-] | rozlišující popis ve schématu |
| E_s | [h/rok] | efektivní fond v jedné směně |
| N | [ks/rok] | požadovaný počet výrobků za rok |

| Symbol | Jednotka | Popis |
|-------------|-------------------|--|
| N_{s2} | [ks] | počet výrobků vyrobených při dvousměnné výrobě za jednu směnu |
| N_{s3} | [ks] | počet výrobků vyrobených při třisměnné výrobě za jednu směnu |
| N_{2h} | [ks] | výrobní dávka za minimální čas výroby ze zásobníků materiálu |
| P_n | [pracoviště] | počet pracovišť pro n operaci |
| P_2 | [prac.] | počet pracovišť pro sloučené operace do karuselového pracoviště číslo 2 dle tab. 5.5 |
| P_{29+30} | [prac.] | počet pracovišť pro operace číslo 29+30 dle tab. 5.1 |
| P_{30+31} | [prac.] | počet pracovišť pro sloučené operace číslo 30+31 dle tab. 5.3 |
| S_n | [m ²] | plocha montážní linky |
| S_1 | [m ²] | plocha montážní linky pro lineární rozvržení |
| S_2 | [m ²] | plocha montážní linky pro eliptické rozvržení |
| S_3 | [m ²] | plocha karuselové montážní linky |
| T_s | [min] | čas směny, jedna směna 8 hodin = 480 minut |
| T_z | [min] | celkový ztrátový čas |
| d_n | [m] | maximální šířka montážní linky |
| d_1 | [m] | maximální šířka montážní linky v lineárním rozvržení |
| d_2 | [m] | maximální šířka montážní linky v eliptickém rozvržení |
| d_3 | [m] | maximální šířka karuselové montážní linky |
| k_{pns} | [-] | koeficient překračování norem |
| k_z | [min] | ztrátový čas určený ke kontrole montážní linky |
| l_n | [m] | maximální šířka montážní linky |
| l_1 | [m] | maximální šířka montážní linky v lineárním rozvržení |
| l_2 | [m] | maximální šířka montážní linky v eliptickém rozvržení |
| l_3 | [m] | maximální šířka karuselové montážní linky |
| p | [min] | přestávka |
| p_1 | [min] | přestávka na regeneraci a občerstvení |
| p_2 | [min] | přestávka na regeneraci a občerstvení |
| p_3 | [min] | přestávka na regeneraci a občerstvení |
| s_s | [směny] | směnnost pracoviště |

| Symbol | Jednotka | Popis |
|---------------|-----------------|---|
| s_2 | [směny] | dvousměnné pracoviště |
| s_3 | [směny] | třisměnné pracoviště |
| t | [s/ks] | takt linky |
| t_{dn} | [dnů/týden] | počet pracovních dní v týdnu |
| t_k | [min] | kusový čas na danou operaci |
| t_{k2} | [min] | takt linky při dvousměnném provozu |
| t_{k3} | [min] | takt linky při třisměnném provozu |
| t_{k29+30} | [s] | součet časů operací 29+30 dle tab. 5.1 |
| t_{k30+31} | [s] | součet časů operací 30+31 dle tab. 5.3 |
| t_{p2} | [s] | součet časů sloučených operací číslo 2, 3, 4, 5, 6, 7, 12, 13, 15 a 16 samozřejmě včetně času mezioperační dopravy z předchozí operace dle tab. 5.5 |
| t_t | [týden] | počet pracovních týdnů |
| t_{2h} | [min] | minimální čas pro výrobu ze zásobníků materiálu |
| t_2 | [s/ks] | takt linky při dvousměnném provozu |
| t_3 | [s/ks] | takt linky při třisměnném provozu |

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

- Tab. 4.1 Montážní postup [4]
Tab. 4.2 Upravený montážní postup [4]
Tab. 5.1 Montážní postup pro lineární uspořádání
Tab. 5.2 Náklady na montážní linku lineárního rozvržení [4][22]
Tab. 5.3 Montážní postup pro uspořádání montážní linky do eliptického tvaru
Tab. 5.4 Náklady na montážní linku pro eliptické rozvržení [4][22]
Tab. 5.5 Montážní postup pro karuselovou montážní linku
Tab. 6 Náklady na karuselovou montážní linku [4][22]
Tab. 6.1 Kritéria použitá pro vyhodnocení [4]
Tab. 6.2 Plnění kritérií lineárního rozvržení montážní linky
Tab. 6.3 Plnění kritérií eliptického rozvržení montážní linky
Tab. 6.4 Plnění kritérií karuselové montážní linky
Tab. 6.5 Shrnutí výsledků hodnocení kritérií

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 Volné uspořádání pracovišť [1]
Obr. 1.2 Technologické uspořádání pracovišť [1]
Obr. 1.3 Předmětné uspořádání pracovišť [1]
Obr. 1.4 Modulární uspořádání pracovišť [1]
Obr. 1.5 Buňkové uspořádání pracovišť [1]
Obr. 1.6 Jednostranná jednosměrná montážní linka [2]
Obr. 1.7 Oboustranná jednosměrná montážní linka [2]
Obr. 1.8 Oboustranná jednosměrná montážní linka [2]
Obr. 1.9 Oboustranná obousměrná montážní linka [2]
Obr. 1.10 Montážní linka s čelními montážními pracovišti [2]
Obr. 1.11 Montážní linka s bočními montážními pracovišti [2]
Obr. 1.12 Rozvětvená montážní linka [2]
Obr. 2.1 Vodní ventil 48B s okótovanými hlavními rozměry [4]
Obr. 2.2 Vodní ventil 48B [4]
Obr. 2.3 Vodní ventil 49C i s namontovanou hadicí [4]
Obr. 2.4 Vodní ventil 49C s okótovanými hlavními rozměry [4]


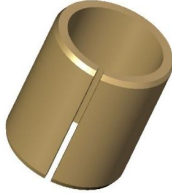




- Obr. 4.1 Montážní schéma vodního ventilu 48B [4]
- Obr. 4.2 Montážní schéma vodního ventilu 49C [4]
- Obr. 4.3 Upravené montážní schéma vodního ventilu 48B
- Obr. 4.4 Upravené montážní schéma vodního ventilu 49C
- Obr. 5.1 Dispoziční řešení montážní linky pro lineární uspořádání (1:60)
- Obr. 5.2 Montážní schéma vodního ventilu 48B pro uspořádání do eliptického tvaru
- Obr. 5.3 Montážní schéma vodního ventilu 49C pro uspořádání do eliptického tvaru
- Obr. 5.4 Dispoziční řešení montážní linky pro uspořádání do eliptického tvaru
(měřítko 1:75)
- Obr. 5.5 Dispoziční řešení karuselové montážní (měřítko 1:65)
- Obr. 6.1 Porovnání celkových hodnocení


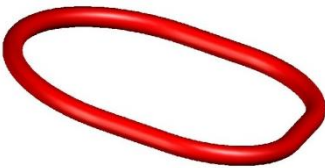


SEZNAM PŘÍLOH



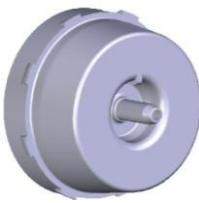
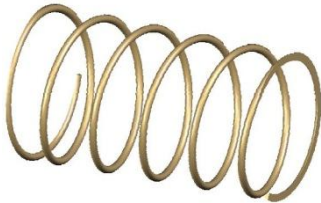
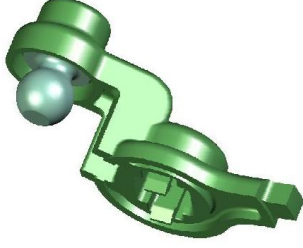
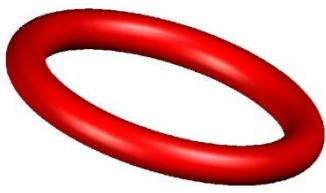

- Příloha 1 Katalog součástí pro vodní ventil 48B [4].
- Příloha 2 Katalog součástí pro vodní ventil 49C [4].
- Příloha 3 Ilustrace montážního stolu sestaveného pomocí systému Bosch Rexroth [23].
- Příloha 4 Ilustrace plošinového vozíku s paletou [4].
- Příloha 5 Ilustrace zásobníku vario grab containers [4].
- Příloha 6 Ilustrace standardního zásobníku materiálu dané firmy [4].
- Příloha 7 Ilustrace trubkového systému zásobníku materiálu dané firmy [4].
- Příloha 8 Obrázek použitého regálu pro tvorbu meziskladu [24].
- Příloha 9 Obrázek přepravky KLT 6421 [25].


PŘÍLOHA 1

Katalog součástí pro vodní ventil 48B [4]

| Číslo součásti | Název | Počet kusů [ks] | Náhled součásti |
|----------------|------------------|-----------------|---|
| 101 | Tělo ventilu | 1 |  |
| 102 | Pouzdro | 2 |  |
| 103 | Pouzdro s věncem | 1 |  |
| 104 | Listová pružina | 1 |  |
| 105 | Těsnění | 1 |  |
| 106 | Otočný píst | 1 |  |



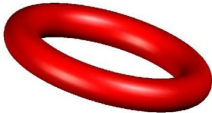
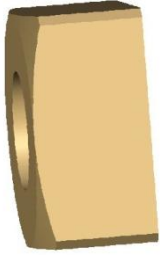

| | | | |
|-----|---------------------|---|---|
| 107 | Víko | 1 |  |
| 108 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |
| 109 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |
| 110 | Pouzdro s věncem | 1 |  |
| 111 | Zajišťovací pružina | 1 |  |
| 112 | Víko | 1 |  |
| 113 | Ochranné těsnění | 1 |  |


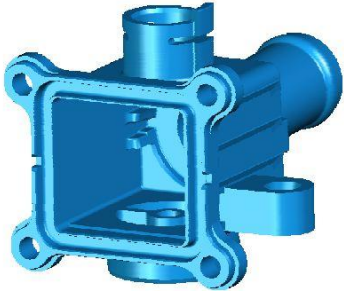
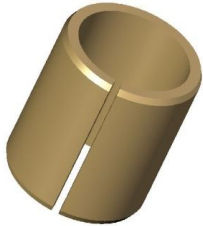
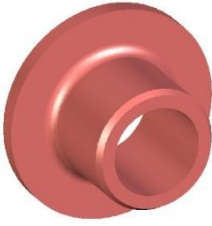


| | | | |
|-----|-------------------|---|--|
| 114 | Membrána | 1 |  |
| 115 | Vodící tyč | 1 |  |
| 116 | Víko | 1 |  |
| 117 | Pružina | 1 |  |
| 118 | Ovládací páka | 1 |  |
| 119 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |
| 120 | Kroužek | 1 |  |



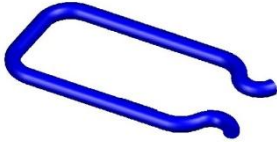



| | | | |
|-----|---------------------|---|--|
| 121 | Zajišťovací pružina | 1 |  |
| 122 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |



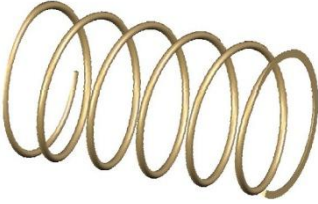


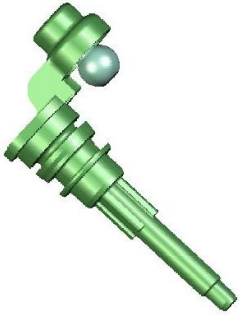

PŘÍLOHA 2

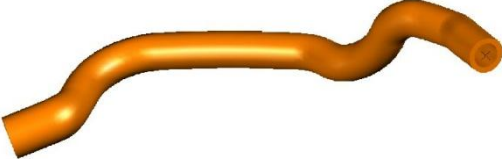

Katalog součástí pro vodní ventil 49C [4]

| Číslo součásti | Název | Počet kusů [ks] | Náhled součásti |
|----------------|-------------------|-----------------|---|
| 201 | Víko | 1 |  |
| 202 | Zátka | 1 |  |
| 203 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |
| 204 | Matice | 4 |  |
| 205 | Těsnící x-kroužek | 1 |  |

| | | | |
|-----|-------------------|---|---|
| 206 | Těsnění | 1 |  |
| 207 | Tělo ventilu | 1 |  |
| 208 | Pouzdro | 2 |  |
| 209 | Ložiskové pouzdro | 1 |  |
| 210 | Ložiskové pouzdro | 1 |  |
| 211 | Otočný píst | 1 |  |

| | | | |
|-----|---------------------|---|---|
| 212 | Tvarové těsnění | 1 |  |
| 213 | Šroub | 4 |  |
| 214 | Zajišťovací pružina | 1 |  |
| 215 | Víko | 1 |  |
| 216 | Ochranné těsnění | 1 |  |
| 217 | Membrána | 1 |  |

| | | | |
|-----|-------------------|---|---|
| 218 | Vodící tyč | 1 |  |
| 219 | Viko | 1 |  |
| 220 | Tlačná pružina | 1 |  |
| 221 | Šroub | 1 |  |
| 222 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |
| 223 | Ovládací páka | 1 |  |
| 224 | Těsnící o-kroužek | 1 |  |

| | | | |
|-----|--------|---|---|
| 225 | Hadice | 1 |  |
| 226 | Spona | 1 |  |

PŘÍLOHA 3



Ilustrace montážního stolu sestaveného pomocí systému Bosch Rexroth [23].

PŘÍLOHA 4



Ilustrace plošinového vozíku s paletou [4].

PŘÍLOHA 5



Ilustrace zásobníku materiálu vario grab containers [4].

PŘÍLOHA 6



Ilustrace standardního zásobníku materiálu dané firmy [4].

PŘÍLOHA 7



Ilustrace trubkového systému zásobníku materiálu dané firmy [4].

PŘÍLOHA 8



Obrázek použitého regálu pro tvorbu meziskladu [24].

PŘÍLOHA 9



Obrázek přepravky KLT 6421 [25].