

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: 2302T007 Průmyslové inženýrství a management

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

Návrh a vizualizace nové montážní linky ve společnosti AIR POWER s.r.o.

Autor: **Bc. Ondřej Bortlík**  
Vedoucí práce: **Ing. Petr Hořejší, Ph.D.**

Akademický rok 2018/2019



## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

## **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce panu Ing. Petru Hořejšímu, Ph.D. za veškeré připomínky, cenné rady a čas.

Také bych rád poděkoval svému konzultantovi Ing. Jiřímu Dvořákovi a ostatním kolegům ze společnosti AIR POWER s.r.o. za věcné připomínky a poskytnuté informace.

V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině a nejbližším za jejich podporu.

## ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Bortlík	Ondřej
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	N2301 „Průmyslové inženýrství a management“	
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Ing. Hořejší, Ph.D.	Petr
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV	
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Návrh a vizualizace nové montážní linky ve společnosti AIR POWER s.r.o.	

<b>FAKULTA</b>	Strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

### POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	67	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	67	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS</b>	Diplomová práce obsahuje návrh montážní linky s její vizualizací v programu visTable, řešení operačních časů s následným balancováním. V diplomové práci také byly provedeny kapacitní výpočty s ohledem na zákaznický požadavek.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	visTable, montážní linka, vizualizace, výroba,

## SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

<b>AUTHOR</b>	Bortlík	Ondřej
<b>FIELD OF STUDY</b>	N2301 „Industrial Engineering and Management“	
<b>SUPERVISOR</b>	Ing. Hořejší, Ph.D.	Petr
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>DIPLOMA</b>	<b>BACHELOR</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Design and visualization of a new assembly line at Air Power s.r.o.	

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KPV	<b>SUBMITTED IN</b>	2019
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	67	<b>TEXT PART</b>	67	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>	This diploma thesis contains design of assembly line with visualization in visTable software. Also deals with solutions of operating time with their balancing. In diploma thesis were also made calculate capacity calculations with respect to the customer requirement.
<b>KEY WORDS</b>	visTable, assembly line, visualization, production,

## Obsah

Obsah.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Seznam obrázků .....	9
Seznam tabulek .....	10
Seznam grafů.....	10
Seznam použitých zkratek.....	11
2 Úvod.....	12
3 Úvod do problematiky.....	13
3.1 Štíhlý podnik.....	13
3.2 Výroba .....	13
3.3 Štíhlá výroba.....	14
3.3.1 Štíhlé pracoviště .....	14
3.3.2 Štíhlý layout .....	15
3.4 Typy výroby .....	15
3.5 Metody průmyslového inženýrství používané v podniku.....	16
3.5.1 Six Sigma .....	17
3.5.2 Kanban .....	18
3.5.3 Milk run.....	18
3.5.4 One Piece flow .....	19
3.5.5 Just-in-time (JIT) .....	20
3.5.6 MRP .....	20
3.5.7 5S.....	20
3.5.8 TQM.....	21
3.5.9 Kaizen.....	21
3.6 Plýtvání.....	22
3.7 Dispoziční řešení .....	22
3.7.1 Volné uspořádání.....	23
3.7.2 Struktura s pevným pracovním místem.....	23
3.7.3 Technologická struktura .....	23
3.7.4 Předmětná struktura.....	24
3.7.5 Modulární uspořádání .....	24
3.7.6 Buňkové uspořádání .....	25
3.8 Projektování montážního pracoviště.....	25
3.9 Ergonomie pracoviště .....	26
3.9.1 Rozměrové řešení pracoviště.....	27
4 Představení společnosti a nového výrobku .....	29
4.1 ERP systém ESO9 .....	30
4.2 Popis nového výrobku (vibrační válec).....	31
5 Zmapování současného stavu.....	34
5.1.1 Popis pracovišť linky D1 .....	35
5.1.2 Popis zásobování linky D1 .....	38
5.1.3 Zmapování dispozičního řešení pro novou montážní linku .....	39
6 Výpočet taktu montážní linky, počtu zaměstnanců a pracovišť.....	42
6.1 Výpočet taktu montážní linky.....	42
6.2 Výpočet počtu výrobních dělníků.....	44
6.3 Počet pracovišť .....	44
7 Návrh rozložení pracovních operací.....	45

7.1	Popis prvotního návrhu rozložení pracovních operací .....	45
7.2	Popis optimalizovaného návrhu operací.....	49
7.3	Vyhodnocení návrhu.....	54
8	Návrh prostorového řešení .....	55
8.1	Vistable .....	55
8.2	Návrh prostorového řešení.....	56
8.2.1	Pracoviště montáže vibrátoru a základové desky s motorem.....	61
8.2.2	Pracoviště montáže běhounů.....	61
8.2.3	Pracoviště montáže podvozku .....	61
8.2.4	Pracoviště montáže hydrauliky a stroje.....	61
8.2.5	Pracoviště montáže hydrauliky .....	62
8.2.6	Pracoviště montáže ovládacího ramene a elektroinstalace.....	62
8.2.7	Pracoviště dokončení stroje a kontrola.....	62
8.3	Zhodnocení návrhu prostorového řešení .....	62
9	Závěr.....	64
10	Seznam literatury.....	65



## Seznam obrázků

Obr. 2.1 Logistický řetězec .....	13
Obr. 2.2 DMAIC cyklus .....	17
Obr. 2.3 Systém kanbanových karet .....	18
Obr. 2.4 Milk run .....	19
Obr. 2.5 One piece flow .....	19
Obr. 2.6 PDCA cyklus .....	21
Obr. 2.7 Struktura s pevným pracovním místem .....	23
Obr. 2.8 Technologické uspořádání pracovišť .....	24
Obr. 2.9 Předmětná struktura .....	24
Obr. 2.10 Příklad modulárního pracoviště .....	25
Obr. 2.11 Příklad buňkového uspořádání .....	25
Obr. 2.12 Pracovní zóna v horizontální poloze .....	26
Obr. 3.1 Haly společnosti Airpower .....	29
Obr. 3.2 Generátor vyráběn ve společnosti Airpower .....	30
Obr. 3.3 Ukázka z ERP systému ESO9.....	30
Obr. 3.4 3D model vibračního válce .....	32
Obr. 3.5 Rozměrová charakteristika vibračního válce .....	32
Obr. 3.6 Rozměrová charakteristika vibračního válce .....	33
Obr. 4.1 Současný stav - 2D layout.....	34
Obr. 4.2 Současný stav 3D layout .....	35
Obr. 4.3: 2D layout s vyznačenými místy .....	40
Obr. 4.4: Pohled na vybrané místo A .....	40
Obr. 6.1 Technologické kroky montáže vibračního válce.....	46
Obr. 6.2 Upravené technologické kroky montáže vibračního válce .....	50
Obr. 7.1: Ilustrativní obrázek ze softwaru visTable .....	56
Obr. 7.2: Budoucí stav - 2D layout .....	57
Obr. 7.3: Budoucí stav - 3D vizualizace .....	57
Obr. 7.4: Budoucí stav - letecký pohled.....	58
Obr. 7.5: 2D layout - popis částí haly .....	58
Obr. 7.6: 2D layout - detailní pohled .....	59
Obr. 7.7: 3D vizualizace - detailní pohled na montážní linku.....	59
Obr. 7.8 2D layout - materiálové toky.....	60
Obr. 7.9 3D layout - materiálové toky.....	60

## Seznam tabulek

Tab. 2.1 Výhody sedu a stoje .....	27
Tab. 2.2 Volba pracovní polohy .....	28
Tab. 2.3 Doporučené hodnoty výšky pracovního prostoru .....	28
Tab. 3.1 Rozměry vibračního válce.....	33
Tab. 4.1 Rozměry určeného místa A.....	39
Tab. 4.2 Rozměry určeného místa B .....	39
Tab. 4.3 Velikostí určených ploch.....	39
Tab. 4.4 Výčet nalezených předmětů .....	41
Tab. 5.1 Hodnot pro výpočet výrobků za směnu .....	42
Tab. 5.2 Hodnot pro výpočet taktu linky .....	43
Tab. 5.3 Hodnot pro výpočet doby přestávky .....	43
Tab. 5.4 Výsledných hodnot .....	43
Tab. 5.5 Hodnot pro výpočet výrobních dělníků.....	44
Tab. 5.6 Hodnot parametrů pro výpočet počtu pracovišť .....	44
Tab. 6.1 Prvotní návrh operací .....	48
Tab. 6.2 Optimalizovaný návrh operací .....	52
Tab. 6.3 Optimalizovaný počet pracovníků .....	53
Tab. 6.4 Celkové výrobní časy .....	54
Tab. 7.1 Velikost pracovišť .....	62
Tab. 7.2 Využití místa .....	63
Tab. 7.3 Seznam použitých předmětů .....	63

## Seznam grafů

Graf 6.1 Časová náročnost prvotního návrhu linky .....	49
Graf 6.2 Časová náročnost optimalizovaného návrhu.....	53
Graf 7.1: Využití místa.....	63

## Seznam použitých zkratk

PI – Průmyslové inženýrství  
TQM – Total Quality Management  
CNC – Computer Numerical Control  
JIT – Just – in – time  
WMS – Warehouse management system  
P - Plocha  
 $P_c$  – Celková plocha  
 $N_s$  – Počet výrobků za směnu  
N – Požadovaný počet výrobků za rok  
 $t_t$  – Počet pracovních dní  
 $t_{dn}$  – Počet pracovních dní v týdnu  
 $s_s$  – Směnnost pracoviště  
 $t_s$  – Čas směny  
 $t_z$  – Celkový ztrátový čas  
p - Přestávka  
 $p_1$  – Zákonná přestávka  
 $p_2, p_3$  – Bezpečnostní přestávka  
T – Takt linky  
 $D_{vs}$  – Počet operátorů montážní linky v jednom cyklu  
 $E_s$  – Efektivní fond v jedné směně  
 $P_n$  – Počet pracovišť pro danou operaci  
 $t_k$  – Čas dané operace  
OEM – Original Equipment Manufacturer

## 1 Úvod

V dnešní době v oblasti podnikání a výroby produktů je třeba neustále zlepšovat pozici na trhu. Zvýšení konkurenceschopnosti je velmi podstatnou součástí společnosti nejen pro zaběhnutou výrobu, ale i pro nově přichozí projekty. Aby společnosti mohly udržet nejlepší pozice na trhu, musí se zaměřovat nejen na trendy v oblasti technologii, informačních systémů či marketingu, ale také na metody a přístupy k modernímu řízení podniku případně optimalizaci interních postupů. Pro podniky je důležité, aby vyrobily své výrobky v co nejkratším čase s požadovanou kvalitou a zároveň odstranily činnosti, které zvyšují náklady.

Cílem mé diplomové práce je vytvoření návrhu a vizualizace nové montážní linky ve společnosti AIR POWER s.r.o., která se zabývá výrobou stavebních strojů. Tato společnost vznikla v roce 2001 na základě podepsání kontraktu s nadnárodní společností. Od tohoto roku se pro AIR POWER nic nezměnilo a stále byly zaměřeni jen na jednoho zákazníka.

Ze strategického hlediska je velmi rizikové být závislý jen na jednom zákazníkovi. Z tohoto důvodu vznikla potřeba najít zákazníka nového. Jelikož vizí společnosti je být spolehlivým OEM partnerem pro celosvětové výrobce stavebních strojů a zařízení, hledal se zákazník, který vyrábí, či chce vyrábět tento druh výrobků. Hledání nového zákazníka bylo úspěšné a byla ihned navázána úzká spolupráce a zároveň byl zahájen vývoj nového vibračního válce. Tato diplomová práce volně navazuje na fázi vývoje produktu a řeší jeho výrobu.

V této diplomové práci jsou v počátku představeny metody průmyslového inženýrství používané ve společnosti Airpower, z důvodu možného využití a ovlivnění návrhu nové montážní linky. Dále jsou popsány způsoby uspořádání výrobních linek a jejich ergonomie. Následně se zabývám popisem nového výrobku. Následně bylo provedeno zmapování určeného místa pro novou výrobní linku, byly propočteny kapacitní výpočty s ohledem na zákaznický požadavek. Poté byly určeny technologické kroky výroby vibračního válce. Tyto kroky byly následně hlouběji poznány a byl vytvořen prvotní návrh operací s úkony a jejich časovým rámcem. Takto určené operace s časy byly rozděleny do pracovišť. Prvotní návrh byl následně optimalizován, aby odpovídal zákaznickému požadavku. Optimalizovaný návrh operací sloužil jako podklad pro vizualizaci a prostorové uspořádání výrobní linky, který byl zakreslen do layoutu společnosti Airpower s.r.o.

## 2 Úvod do problematiky

V této kapitole se zabývám popisem výroby, štihlé výroby a popisem metod průmyslového inženýrství.

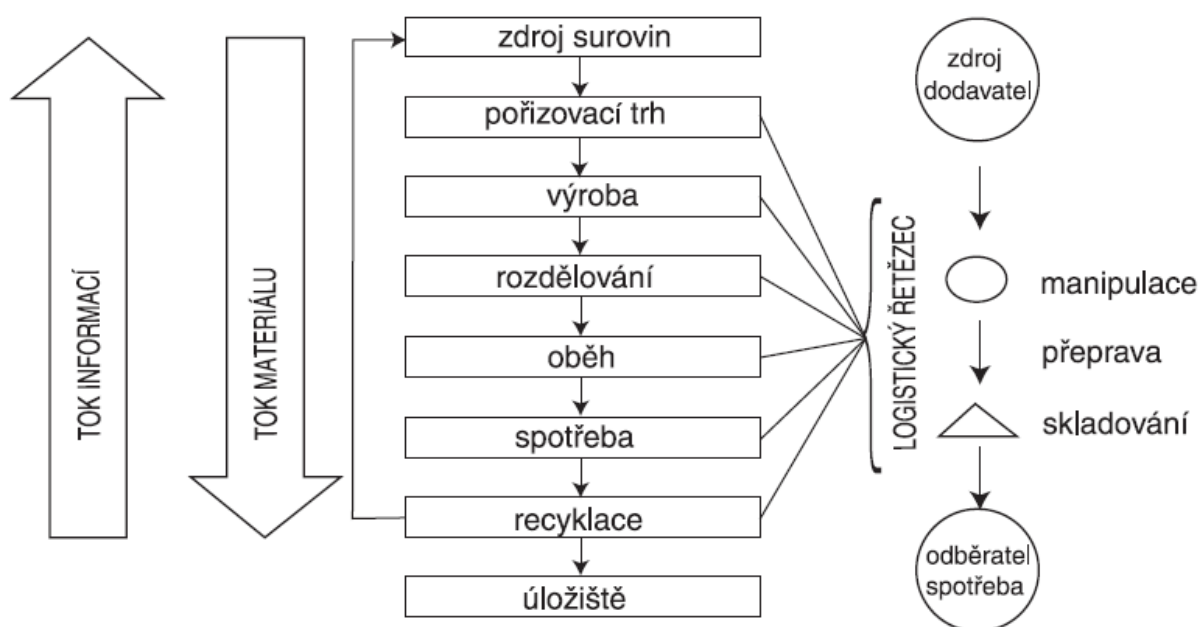
### 2.1 Štihlý podnik

Štihlost podniku znamená dělat jen takové činnosti, které jsou potřebné, dělat je správně hned napoprvé, dělat je rychleji než ostatní a utrácet přitom méně peněz. Šetřením však ještě nikdo nezbohatl. Štihlost je o zvyšování výkonnosti firmy tím, že na dané ploše dokážeme vyprodukovat víc než konkurenti, s daným počtem lidí a zařízení vyrobíme vyšší přidanou hodnotu než druzí, v daném čase vyřídíme víc objednávek, a že na jednotlivé podnikové procesy a činnosti spotřebujeme méně času. Štihlost podniku tkví v boji proti plýtvání a používání prvků štihlého podniku (štihlá výroba, štihlá logistika, štihlá administrativa, štihlý vývoj). [1]

Společnosti, které zvládly přeměnu z masově orientovaných procesů na štihlé, implementovali ve větší či menší míře do svých procesů principy štihlé výroby. [1]

### 2.2 Výroba

Výroba je jednou ze střední částí logistického řetězce (viz Obr. 2.1) a lze ji chápat jako promyšlený soubor procesů, které ze vstupů vytvářejí výstupy. Ve výrobě se logistika zabývá pohybem materiálu, a s tím spojených informačních a hodnotových toků ve výrobním procesu. Výrobní program by měl vycházet z potřeb zákazníka zjištěných marketingovými prostředky. Správné zpracování marketingové studie mohou dát výrobě podklady pro kratší i delší časové období. Takto lze udržet jak současnou kvalitu a sortiment výroby, ale také vytvořit podmínky pro vývoj nových výrobků. Jeden z hlavních úkolů logistiky ve výrobě je najít způsob, jak urychlit průchod materiálu výrobním procesem s co nejnižšími náklady. Tento úkol už pochopil Henry Ford před sto lety, který řekl: „Všechno co neslouží ke zvyšování hodnoty výrobku, je ztrátou.“ [2]



Obr. 2.1 Logistický řetězec [3]

## 2.3 Štíhlá výroba

Štíhlá výroba neboli Toyota Production System (TPS) je jeden ze základních stavebních kamenů štíhlého podniku. Je to soubor nástrojů či metod k dlouhodobému zvýšení produktivity práce a efektivity výroby. Abychom dosáhli dlouhodobé zvýšení produktivity práce, musíme zavádět dlouhodobě a nepřetržitě drobná vylepšení, které mají v důsledku velký efekt. [9]

Štíhlá výroba je založena na myšlence zkrácení časů mezi zákazníkem a dodavatelem a eliminaci plýtvání mezi nimi. Myšlenka štíhlé výroby se zaměřuje především na zvyšování hodnoty, která je definována zákazníkem.

Není snadné přirozeně dosáhnout vysoce stanovených standardů. Aby jich organizace docílily, byla z TPS vyvinuta série konceptuálních nástrojů, z nichž mnohé můžeme aplikovat v prostředí procesní výroby. Společnosti, které se učí nebo používají zásady štíhlosti ve výrobě, mají svůj vlastní koncept, jejíž součástí je soubor nástrojů, technik a metod, které se používají. Cílem je mít stabilní, flexibilní a standardizovanou výrobu. Mezi jedny ze základních používaných metod ve štíhlé výrobě patří: 5S, vizuální management, analýza a normování práce, ergonomie pracoviště a optimalizace výrobních buněk a linek. [4]

### 2.3.1 Štíhlé pracoviště

Štíhlé pracoviště tvoří základ Lean Production. Na tom, jak je navrženo závisí pohyby, které na něm pracovníci dělají denně. Od jejich pohybů se pak odvíjí výkonové normy, spotřeby času, výrobní kapacity apod. Mezi základní pravidla štíhlého pracoviště patří:

- vizuální management k určení problému;
- opětovné použití současného vybavení pracoviště;
- využití malých skladových ploch v nezbytném případě;
- využití principu tahu;
- zajištění flexibility pro výrobu nových příbuzných výrobků;
- snižování velikosti dávky změnou organizace pracoviště.

Optimalizací pracoviště je možné odstranit jeho nedostatky a eliminovat všechny druhy plýtvání. Při optimalizaci by se měla společnost zaměřit na zvýšení výkonu, snížení nákladů, lepší kvalitu a standardizaci postupů, možnost autonomie pracoviště, a také možnost zavedení více strojové obsluhy. Nezapomínejme s optimalizací zavádět i prvky ergonomie, k eliminaci úrazů a nemocí z povolání. Zkoumány bývají zejména tyto prvky:

- výrobní proces a technologie (úprava taktu, zavedení automatizace, snížení počtu operací);
- konstrukce výrobku;
- používané nářadí;
- materiál (levnější a zpracovatelnější materiál, možnost recyklace nebo využití odpadu k druhotné výrobě);
- manipulace s materiálem (minimalizovat manipulaci na minimum);
- layout pracoviště (redukce vzdálenosti, nový layout, standardizace);
- účel optimalizace.

### 2.3.2 Štíhlý layout

Pokud mluvíme o štíhlém layoutu, jde tento pojem ruku v ruce se štíhlým pracovištěm. Když nesprávně navrhne pracoviště, tak vznikají nepřehledné: materiálové toky, zbytečné pohyby pracovníků, plýtvání výrobními plochami atd. To má za následek navýšení logistických nákladů a růst celkových výrobních nákladů.

Aby bylo pracoviště efektivní, je vhodné aplikovat metodu Štíhlý layout (Lean Layout). Tato metoda umožňuje vytvoření pracoviště, na kterém jsou omezeny prvky plýtvání, které vznikají v důsledku nesprávného návrhu layoutu.

## 2.4 Typy výroby

Typ výroby se od sebe odlišují počtem vyráběných druhů, rozsahem výroby a její opakovaností.

### Kusová výroba

Je uskutečňována v malých množstvích mnoho různých druhů výrobků. Výrobky jsou složité a náročné na výrobu a vyžadují kvalifikované pracovníky. Pokud je kusová výroba tvořena na základě objednávek konkrétních zákazníků, jedná se o zakázkovou výrobu. Časový průběh výroby je nepravidelný a používají se jednoúčelové stroje a výrobní náklady jsou vysoké.[26]

### Sériová výroba

Tento typ výroby můžeme dále dělit na velkosériovou a malosériovou. Sériová výroba umožňuje vyrábět výrobky levněji než kusová, protože se vyrábí ve větších sériích s menším podílem lidské práce. Velkým oříškem sériové výroby je logistika zásobování. Opakovanost výroby dává možnost zvýšit specializaci na pracovišti, tím pádem se kromě univerzálních strojů vyskytují na pracovišti také specializované stroje. [26]

### Hromadná výroba

Hromadná výroba je charakteristická tím, že se vyrábí jen jeden nebo několik málo druhů výrobků s velkým množstvím produkce. Při tomto typu výroby je vysoká míra opakovanosti a dlouhá ustálenost stejných výrobků. Využívají se zde jednoúčelové stroje velké výkonnosti a jednotlivá pracoviště jsou specializována. Pracovníci nejsou obvykle kvalifikováni jako při kusové či zakázkové výrobě. [26]

Výrobu můžeme dále dělit dle jejího průběhu [26]:

### Diskrétní

Tento typ výroby je charakteristický tím, že se výrobek vyrábí nespojitě v několika krocích. Tento typ výroby můžeme vidět např. ve výrobě automobilů, strojírenství, stavebních prvků, a dokonce i ve finálních procesech výroby potravin a léčiv.

### Spojité

Při spojitě výrobě není zastaveno výrobní zařízení a přísun materiálu. Tato výroba je charakteristická pro farmaceutický, potravinářský či chemický průmysl.

## 2.5 Metody průmyslového inženýrství používané v podniku

V této kapitole budu popisovat metody průmyslového inženýrství, protože zasahují jak do logistiky, tak do celého výrobního systému. Chci tedy zmapovat stávající použité metody a kontinuálně na ně navázat v návrhu nové montážní linky.

V novodobé historii managementu se hledají způsoby řízení a organizování produkčních systémů tak, aby co nejlépe vyhověly požadavkům trhu. Aby bylo možné reagovat na globalizaci a extrémní požadavky na čas, kvalitu a náklady vyvíjí se každoročně nové metody a nástroje. [5]

Metody průmyslového inženýrství (PI) hledají způsob jak zvýšit produktivitu. Začátek metod PI se datuje do roku 1832, kdy Charles Babbage zveřejnil svou práci o měření spotřebě času na výrobní operace a zdůvodnil výhody opakovaných operací. Následně se objevili studie od F. W. Taylor, H. Forda, a u nás T. Baři. [5]

Průmyslové inženýrství je konceptem štíhlého podniku, který jsme popsali v předchozí kapitole, viz 2.1 Štíhlý podnik.

Metody průmyslového inženýrství můžeme dělit do pěti základních skupin: [6]

- 1) Racionalizace a empirické metody vyvinuté v průmyslových podnicích – patří sem metody pro efektivnější využívání materiálu, prostoru, strojů i pracovníků, měření práce (REFA, MTM, MOST), 5S, Jidoka, SMED, TPM, Poka-Yoke, VSM, apod.
- 2) Informatika a softwarové inženýrství – informační technologie pro bez-dokumentovou výměnu informací, simulace, apod.;
- 3) Motivaci, nové organizační formy, týmy, vedení lidí (budování týmů) moderování, Kaizen (soutěže ve zlepšování), důraz na týmovou práci;
- 4) Systémové inženýrství, operační výzkum – ROC, projektový management, optimalizace práce a layoutu;
- 5) Technologie, výrobní a automatizační technika, robotika, stroje, centralizace skladů, dopravní systém.

Jelikož je metod průmyslového inženýrství opravdu mnoho, dále budu popisovat jen ty metody, které se využívají ve společnosti AIR POWER s.r.o.:

- Six Sigma
- Kanban
- Milk run
- One piece flow
- Just-in-time
- MRP
- 5S
- TQM
- Kaizen



### 2.5.1 Six Sigma

Tato metoda průmyslového inženýrství je stejně jako Lean nazývána spíše jako filosofie, kterou podnik musí přijmout. Je zaměřena na neustále a průběžné zlepšování organizace pomocí porozumění potřeb zákazníků, pomocí analýzy procesů a standardizace měření. Je to pružný systém řízení, který je založen na porozumění potřeb a očekávání zákazníka.

Inovace jsou řízeny cyklem zlepšování DMAIC, který se zaměřuje na vyhledání slabých míst a jejich odstraňování. Je jedním ze základních stavebních kamenů.

Cílem je tedy maximalizovat zisk, zefektivnit využívání zdrojů, zvyšování produktivity a minimalizace negativních jevů (defektů, neshod, ztrát, reklamací a nákladů).

#### DMAIC

Je univerzální metoda postupného zlepšování. Používá se pro jakékoliv zlepšování např. zlepšení služeb, kvality výrobku apod. Jednotlivé fáze cyklu pomáhají docílit zlepšení. Fáze cyklu zlepšení jsou, viz Obr 2.2: [7]

- D (Define) definuj – v tomto kroku se definují cíle, popisuje se předmět a cíle zlepšení
- M (Measure) měř – změření výchozích podmínek pro budoucí porovnání
- A (Analyse) analyzuj – analýza zjištěných nedostatků a jejich příčiny
- I (Improve) – nejdůležitější fáze celého cyklu, ve kterém dochází ke zlepšení na základě analyzovaných a změřených skutečností
- C (Control) řídit – zlepšený nedostatek je potřeba implementovat (řídit, vyžadovat)

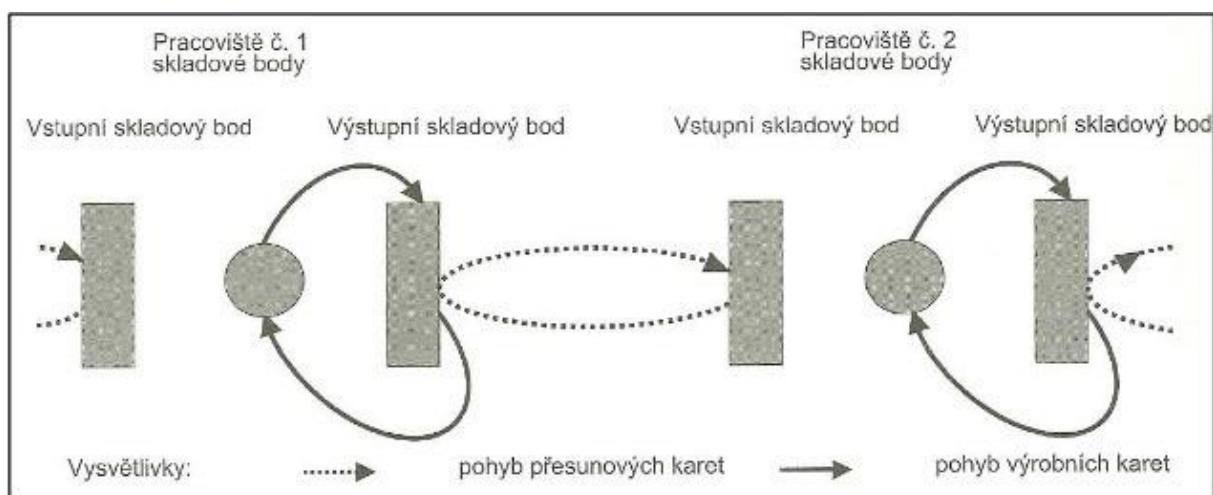


Obr. 2.2 DMAIC cyklus [35]

### 2.5.2 Kanban

Kanban v japonštině znamená cedule a poprvé byl zaveden panem Taiichi Ohnem ve firmě Toyota. Celý systém je založen na poptávce zákazníka neboli na takzvaném tahovém systému. Ve výrobním podniku je zákazník výrobní linka, která spotřebovává materiál a potřebuje jej doplnit. Dodavatelem je buďto sklad, nebo jiná výrobní linka či pracoviště. Tímto systémem je možno docílit redukci zásob až o 60% a je zamezeno situacím, kdy zákazníkovi či dodavateli dojde materiál a nemůže vyrábět. Také se zlepšuje komunikace mezi dodavatelem a odběratelem, zejména vizuálním managementem. Existují tři typy kanbanu: pohybový, výrobní a dodavatelský. Společnost Airpower využívá jen pohybový.

Reálně to funguje tak, že v malé zásobě na lince je tabule se štítky, které určují přesný počet materiálu. Vždy, když pracovník vezme bednu s materiálem, sejme z ni kanban kartu a dá ji na tabuli. Když je kanban karet na tabuli předem domluvený počet, je to signál pro dodavatele, že má začít vyrábět. Systém kanbanových karet viz Obr. 2.3.

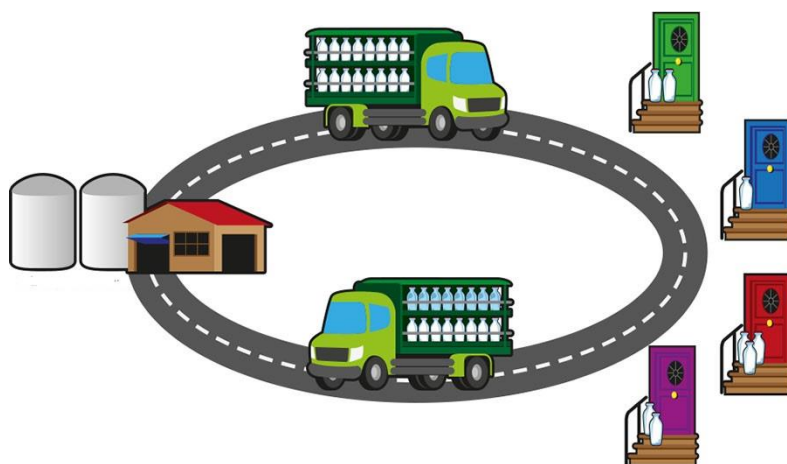


Obr. 2.3 Systém kanbanových karet [8]

### 2.5.3 Milk run

Tento systém pochází z Anglie a její podstatou byl pravidelný svoz plných láhví mléka od sedláků do mlékárny a prázdných láhví z mlékárny k sedlákům. Reálně to vypadalo tedy tak, že mlékař v konkrétní čas přijel ke statku a naložil dvě láhve mléka a prázdné dvě tam nechal na další den. Podobně to funguje v podnicích, kdy auto z mlékárny je vyměněno za autobus. A je nastaveno přesné množství, které má být dodáváno a také se stanoví časy příjezdu autobusu k jednotlivým pracovištím, viz Obr. 2.4. [9]

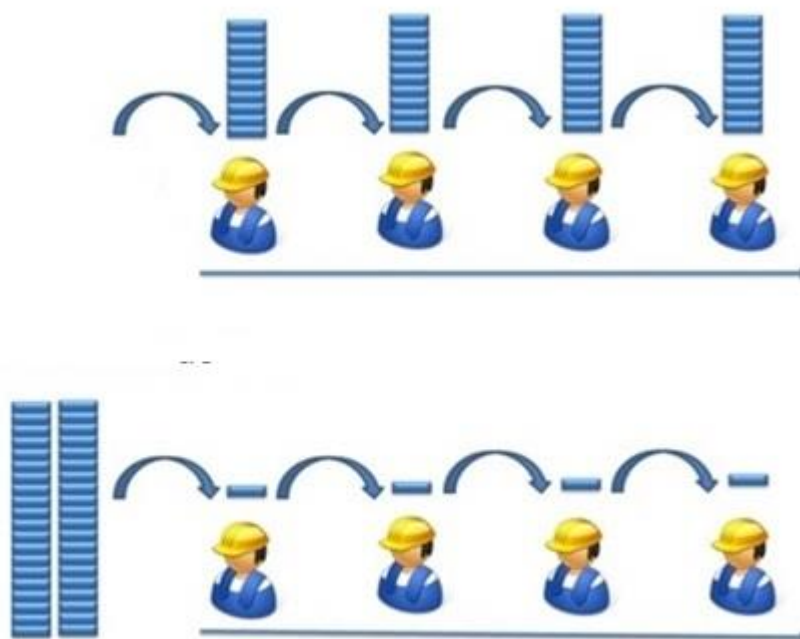
Když je milk run správně nastaven, nevznikají nikde nadbytečné zásoby a nikde se nehromadí prázdné obaly. Mezi hlavní přínosy milk runu patří: snížení nákladů na dopravu, snížení zásob, vysoká bezpečnost plánování a integrace recyklace opakovaně použitelných obalů. [9]



Obr. 2.4 Milk run [10]

#### 2.5.4 One Piece flow

Je způsob výroby, ve kterém prochází výrobek jednotlivými operacemi procesu bez přerušování a čekání. Tedy je v daný časový okamžik vyráběn na příslušné operaci jen jeden výrobek, který je poté ihned předán na následující operaci. Tudiž představuje ideální případ tokově orientované výroby, kdy velikost výrobní dávky představuje jeden kus, který postupuje jednotlivými operacemi výrobního cyklu bez meziskladů. Mezi nesporné výhody této metody jsou: rychlá detekce vadného dílu ve výrobě, krátký průběh produktu výrobou, snížení nákladů na skladování, snížení rozpracovanosti výroby, redukce času čekání, viz Obr 2.5. [11]



Obr. 2.5 One piece flow [12]

### 2.5.5 Just-in-time (JIT)

U této metody jde spíše o filosofii výroby. Jedná se o způsob řízení logistiky tak, aby byly minimalizovány dopravní a skladovací náklady. Snaží se také omezit plýtvání (nadvýrobu, držení zásob, nekvalitní výroba, čekání). Principem této metody je, aby byly zajištěny jednotlivé subdodávky do výroby tak, aby byly k dispozici ve správný moment, kdy mají být použity ve výrobním systému. Vyrábí se tedy jen potřebné položky v požadované kvalitě, v konkrétním čase a množství, tak aby výroba navazovala na přepravu a popřípadě na další výrobu. [13]

### 2.5.6 MRP

Jak z anglického názvu Material requirement planning vyplývá, že se jedná o plánování materiálových potřeb výroby. Jedná se tedy o způsob řízení, který je založen na plánování materiálových potřeb a nebere v úvahu další výrobní zdroje a omezení (lidská kapacita, kapacita výrobních strojů atd.). Tento typ plánování se uplatňoval do roku 1980. Poté byl postupně vytěsňen ucelenějším MRP II, který je jeho evolučním následovníkem. MRP II je způsob řízení a plánování, kdy plánuje veškeré zdroje spojené s výrobou čili je to rozšířené MRP, kdy je řízení a plánování rozšířeno na celou organizaci.

### 2.5.7 5S

Tato metoda patří mezi základní metody štihlé výroby. 5S se používá jako označení pro 5 základních pravidel, kterými by se měl podnik řídit, pokud chce zavést štihlou, přehlednou a čistou výrobu. Vychází ze základního principu minimalizace úsilí při pracovních činnostech na pracovišti. Cílem je snížit chyby a ztráty, které vznikají díky špatnému nástroji, hledání správného materiálu, zbytečné přendávání z ruky do ruky, komplectaci rozházené dokumentace apod.

Jednotlivá japonská slova, která se skrývají za označením 5S jsou [14], [15]:

#### **Seiri (utřít)**

V tomto kroku se snažíme identifikovat co je na pracovišti nutné a co je nadbytečné. (zbytečné zásoby, materiál, nástroje, úkony bez přidané hodnoty). Poté se rozhodujeme, které věci či úkony musí být na pracovišti, které mohou být odstraněny a které musí být odstraněny.

#### **Seiton (uspořádat)**

Nyní pro utříděné věci musíme definovat stále místo tak, aby pracoviště bylo přehledné a uspořádané. Po přemístění dojde k označení konkrétních míst předmětů, které jsou potřeba pro práci. Každý předmět musí mít své místo. Při přemísťování se zohledňuje také četnost používání, kdy často používané nástroje jsou blíže než méně používané nástroje.

#### **Seiso (neustálé čistit)**

Pomůcky musí být po použití vráceny na své místo a musí být uklizeny tak, aby nedošlo ke znečištění místa. Hlavní cíl tohoto kroku je udržovat čistotu na pracovišti.

Je dodržován pořádek na pracovišti, umístění předmětů. Také se udržuje čistota stroje, i předmětů na něm, a čistota po celou směnu, ne jen na začátku a konci.

#### **Seiketsu (standardizovat)**

Abychom mohli nastavit systém 5S musí se standardizovat, čili je třeba, aby byla vytvořena srozumitelná a detailní informace o tom, co se má kde a kdy nacházet a v jakém množství a

kdy či jak čistit. Činnosti by se měly vykonávat stejným způsobem ve stejném pořadí se stejným časem.

### **Shitsuke (dodržovat)**

Pátým krokem po zavedení předchozích čtyř je zajistit dodržování stanovených standardů a také aby se pořádek na pracovištích udržel. Pro udržení pořádku se provádějí námatkové kontroly ze strany managementu. Občas se také v určitých podnicích k dodržování 5S používají 5S tabule či se motivují zaměstnanci finančními odměnami.

## **2.5.8 TQM**

Neboli totální řízení kvality je systémový přístup, který si dává za cíl neustálé zvyšování hodnoty pro zákazníka návrhem a neustálým zlepšováním organizačních postupů a systémů. TQM zasahuje do celého systému a ne jen na vybrané procesy či podsystémy.

Ve své podstatě je to způsob myšlení o cílech organizace, postupech a lidech. [16]

ISO definuje TQM jako: „*TQM je manažerský přístup určený pro organizaci, soustředěný na kvalitu, založený na zapojení všech jejích členů a zaměřený na dlouhodobý úspěch dosahovaný prostřednictvím uspokojení zákazníka a prospěšnosti pro všechny členy organizace i pro společnost.*“ [17]

TQM je z definice celostní přístup ke kvalitě a je používán v organizacích, jež se silně orientují na kvalitu. Je to velmi podobný přístup ke kvalitě jako má ISO 9001.

## **2.5.9 Kaizen**

Metoda kaizen je metoda neustálého zlepšování, která vznikla v Japonsku. Dalo by se říci, že je to nejdůležitější pojem japonského managementu. Kaizen je v podstatě způsob života, životní filozofie, která se nedá mechanicky přenést do jiného prostředí. Tato metoda nerealizuje změny, inovace, pomocí velkých skoků, jako je například reengineering, ale dlouhodobým a pomalým zdokonalováním i těch nejmenších detailů. Kaizen by se tedy v organizaci měl stát spíše podnikovou kulturou. Hlavní cyklus této metody se jmenuje PDCA (Plan-do-check-act), viz Obr. 2.6. [18]



**Obr. 2.6 PDCA cyklus [19]**

## 2.6 Plýtvání

Pojem plýtvání je spojeno s metodami řízení kvality, jako jsou Lean či kaizen. Jelikož tyto koncepty vycházejí z Japonska, plýtvání se označuje jako Muda. Za plýtvání bereme vše, co nepřidává hodnotu.

Rozlišujeme 7 druhů plýtvání:

- Transport (Přemišťování) – zbytečné pohyby, které nepřinášejí hodnotu výrobku je plýtvání;
- Inventory (Zásoby) – zbytečné skladování patří mezi plýtvání;
- Motion (Pohyby) – každý pohyb pracovníka navíc je plýtvání např. chození;
- Waiting (Čekání) – do tohoto druhu plýtvání patří prostoje;
- Over-production (Nadprodukce) – výroba nad rámec je plýtvání, protože váže prostředky;
- Over-processing (Nadbytečné opracování) – zbytečně větší kvalita než požaduje zákazník je plýtvání;
- Defects (Zmetky) – výroba vadných, defektních výrobků je plýtvání.

Občas se také uvádí osmý druh plýtvání. Poté se celý koncept označuje 7+1:

- People, creativity and motivation, skills (lidská kreativita) – kdy je nevyužit lidský potenciál pracovníků a jejich tvořivost

## 2.7 Dispoziční řešení

Při rozmístění strojů či pracovišť (v našem případě se bude jednat nejspíše o rozmístění pracovišť) vycházíme z výsledků předchozích rozborů a řešení rozmístovacích metod.

Výsledek rozmístění by měl být optimální vzhledem k základním požadavkům:

- Hospodárnost výroby
- Přehlednost uspořádání
- Přímocarost a nevratnost technologického toku
- Minimální manipulace
- Minimální zabraný prostor
- Požadavky na bezpečnost práce

Nyní rozlišujeme tyto základní prostorové struktury [20], [21]:

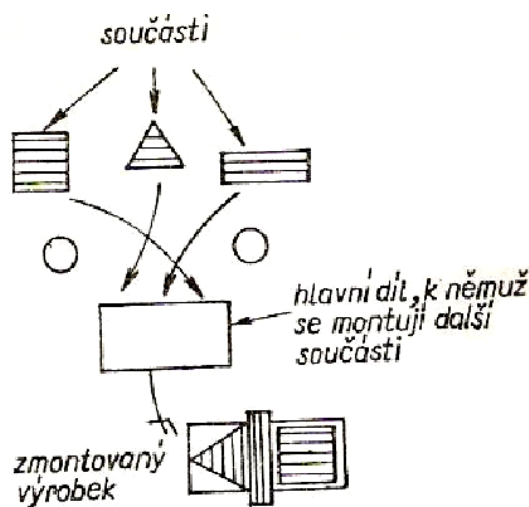
- Volné uspořádání
- Struktura s pevným pracovním místem
- Technologická struktura
- Předmětná struktura
- Modulární uspořádání
- Buňkové uspořádání

### 2.7.1 Volné uspořádání

Při tomto uspořádání jsou stroje a pracoviště seskupeny náhodně. Tento druh uspořádání můžeme vidět tam, kde nešlo předem určit jasný materiálový tok, návaznost operací, organizační a řídicí vztahy. Obvykle se používá u prototypových dílen s kusovou výrobou. Nyní tento způsob nelze použít a prakticky se od něj upustilo. Avšak i při tomto dispozičním řešení musí mistr dodržovat určité výrobní a hygienická kritéria a určitě se nemohl postavit buchar vedle velmi přesné dokončovací brusky. [20]

### 2.7.2 Struktura s pevným pracovním místem

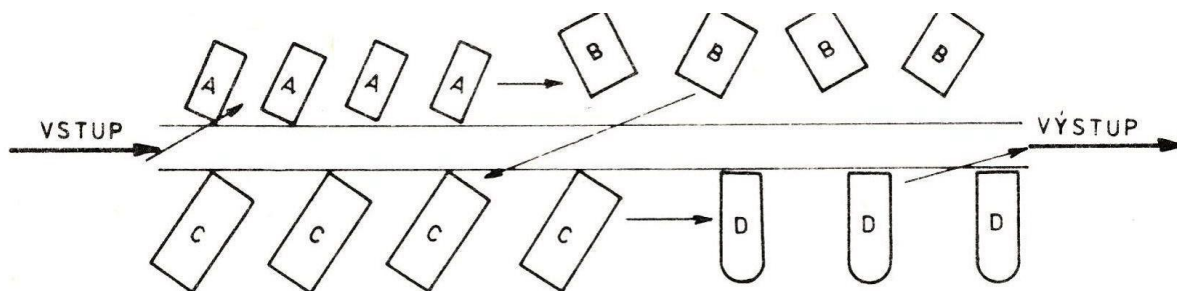
Je charakteristická tím, že výrobek je stále na stejném místě a vše se provádí na něm a nikam se nehýbe, čili materiál zůstává na jednom místě. Nejlepší příklad této struktury je např. stavba lodi, viz Obr 2.7.



Obr. 2.7 Struktura s pevným pracovním místem [21]

### 2.7.3 Technologická struktura

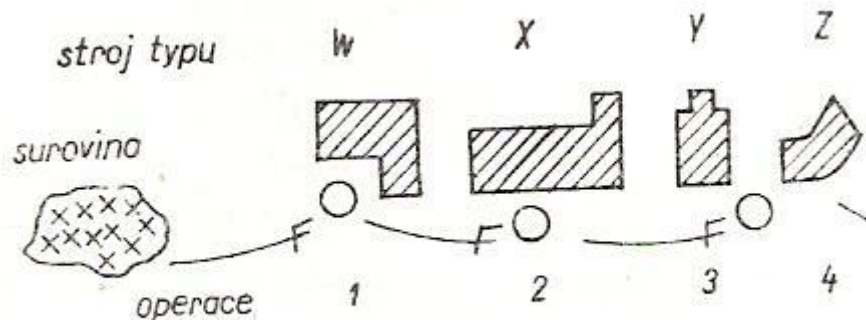
Technologická struktura je jedna z nejstarších. Tato struktura je specifická tím, že v technologických postupech jsou sloučeny operace a dle toho jsou stroje seřazeny. Takže seskupení strojů je dle technologií např. frézovna, lisovna atd. Poté se všechny operace spojené s lisováním provádí v lisovně. Pokud toto rozdělení bude provedeno dobře, pak budeme mít v jedné skupině soustruhy, frézky, brusky atd. S tímto uspořádáním se většinou setkáváme v kusové a malosériové výrobě těžkého a středního strojírenství. Také se používá v učňovských dílnách, viz Obr. 2.8. [20], [21]



Obr. 2.8 Technologické uspořádání pracovišť [21]

#### 2.7.4 Předmětná struktura

Charakteristickým znakem tohoto uspořádání je, že pracoviště jsou seřazená dle technologického postupu výrobku (dle operací). Předmětné uspořádání je výhodné při velké sériovosti výroby nebo při opakované výrobě malých sérií. V rámci tohoto uspořádání byly zavedeny specializované dílny např. dílna ozubených kol, přírub apod. Abychom mohli uplatnit progresivnější předmětné uspořádání, musíme mít na vysoké úrovni technickou přípravu výroby, také i plánování výroby, čímž je umožněno vytvořit hlavní podmínky pro zavedení zhromadnění výroby, viz Obr. 2.9. [20]



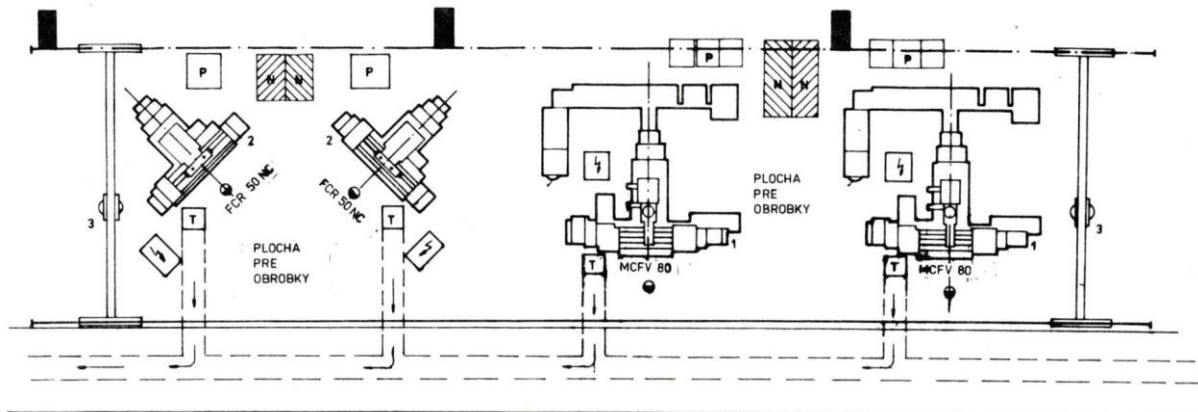
Obr. 2.9 Předmětná struktura [21]

#### 2.7.5 Modulární uspořádání

Tento typ uspořádání je rozšířen až v nynějších dobách z nově vzniklých způsobů uspořádání CNC strojů. Modulární uspořádání seskupuje stejné technologické bloky, kde každý stroj plní více technologických funkcí. Zářným příkladem modulárního uspořádání je skupina CNC strojů v klasicky řízené dílně nebo soustředění více obráběcích center.

Tyto pracoviště mají vyšší produktivitu práce, a proto mají prioritní postavení v obsluze strojů nářadím, materiálem, výkresovou dokumentací, systémem plánování, řízení přípravy zakázek, údržby atd. Toto uspořádání se používá ve dvousměnném či třisměnném, viz Obr. 2.10. [21]

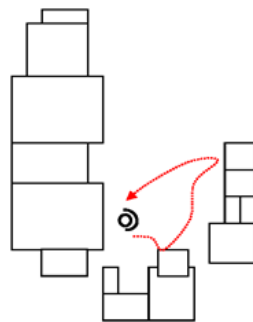




Obr. 2.10 Příklad modulárního pracoviště [21]

### 2.7.6 Buňkové uspořádání

Také patří mezi nově vzniklý způsob uspořádání pracovišť. Buňka je tvořena většinou vysoce produktivním strojem s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím. Dobrým příkladem buňkového uspořádání je automatizované či robotické pracoviště. V tomto pracovišti je většinou jen jedno výrobní zařízení, které je ovládáno připojeným nadřazeným řídicím systémem. Pro buňkové uspořádání je třeba dbát na pečlivou předprojektovou přípravu, zavedení standardizace a zavedení skupinových postupů, viz Obr. 2.11. [21]



Obr. 2.11 Příklad buňkového uspořádání [22]

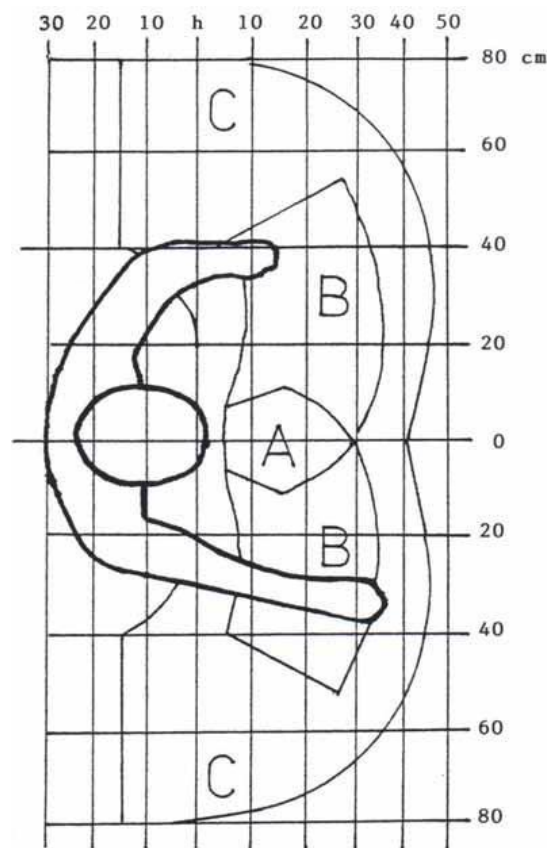
## 2.8 Projektování montážního pracoviště

Montážní pracoviště se od sebe liší dle typu výroby a hmotnosti výrobků. Montážní pracoviště pro kusovou výrobu je obvykle projektováno jako univerzální pracoviště s poměrně chudým vybavením (základní nářadí, regály s přípravkami, zámečnické stoly apod.) U vyšších typů výroby je montáž rozčleněna na řadu operací a pracovní místa jsou vybavena speciálnějšími jednoúčelovými stroji a zařízeními. [21]

Při návrhu montážního pracoviště pro hromadnou výrobu drobných výrobků je řešeno pracoviště do větších detailů, podrobností a je používáno kromě technických disciplín i poznatky z ergonomie, psychologie, antropometrie, estetiky atd. Pomůckou při řešení je katalog typových montážních míst, v němž jsou uvedené poznatky zohledněny. [21]

Při navrhování těchto montážních pracovišť řešíme nejen horizontální, ale i vertikální rozmístění jednotlivých ploch a pomůcek. Pravidla pro umístění nářadí na pracovišti jsou tyto, viz Obr. 2.12. [21] :

- Uložení musí vyhovovat pořadí jejich použití při montáži
- Uložení musí dbát na četnost použití a jejich hmotnost (předměty s větší hmotností a častějším použitím ukládáme blíže)
- Ukládáme dle pracovních úkonů levé a pravé ruky
- Uložení součástí a nářadí je vždy na stejném místě a v odpovídající pracovní zóně



**Obr. 2.12 Pracovní zóna v horizontální poloze [23]**

A-optimální zóna pro obě ruce, B-normální zóny pro pravou a levou ruku, C-maximální zóny pro pravou a levou ruku

## 2.9 Ergonomie pracoviště

Ergonomie je jedna z vědních disciplín, která řeší postavení člověka v pracovní i mimopracovní oblasti. Hodnotí, zkoumá a navrhuje podmínky pro činnost člověka. Čili ergonomie stanovuje takové podmínky, aby umožnil člověku vykonat práci s optimální fyzickou i psychickou zátěží. [21]

Jednou z mnoha oblastí ergonomie je také pracovní prostředí, které řeší problematiku osvětlení, záření, hluku, otřesů a vibrace, klimatické podmínky, barevné řešení, pracovní zatížení, motivace, bezpečnost a hygiena práce atd. [21]

### 2.9.1 Rozměrové řešení pracoviště

Při rozměrovém řešení pracoviště musíme dbát na [21]:

- Pohlaví a stáří člověka
- Pracovní polohu
- Pohybový prostor
- Zorné podmínky
- Speciální podmínky dané práce

Při projektování není znám konkrétní pracovník, který bude obsluhovat pracoviště, z tohoto důvodu je obvykle vycházeno z průměrných proporcí muže či ženy. Avšak pracoviště by mělo být navrženo tak, aby jednoduchou úpravou vyhovovalo menším i větším ženám a mužům. [21]

Při navrhování pracoviště musíme počítat také s určitou pracovní polohou obsluhy. Nejběžnější pracovní polohou je stoj nebo sed, nicméně nemůžeme vyloučit ani ostatní polohy jako je klek, předklon, leh a dřep. Avšak nejlepší je sed. Je energeticky méně náročný a dolní končetiny nejsou trvale zatíženy. [21], [23]

Ideální stoj charakterizuje dynamicky vyvážené tělo ve svislé poloze s vydutým zakřivením páteře, v oblasti krční a bederní. Ideální sed je, když je páteř zakřivena stejně jako při stoji a stehna svírají s trupem úhel zhruba 135 stupňů. [21]

<b>Výhody sedu</b>	<b>Výhody stoje</b>
<b>menší statické zatížení</b>	možnost střídání poloh
<b>jemnější a přesnější pohyb</b>	vyvinutí větší síly
<b>odlehčení nohou</b>	větší dosah končetin
<b>využívání činnosti nohou</b>	možnost střídání pracovišť
<b>odpočinek při mikropauzách</b>	větší bdělost
<b>větší soustředění</b>	možnost rychlého úniku

**Tab. 2.1 Výhody sedu a stoje [23]**

Přece jen, když je sed výhodnější nic se nemá přehánět a nedoporučuje se extrém, tzn. trvalý sed bez možnosti změn polohy těla v průběhu směny.

Jestli není možno sedět, je možné, aby se pracoviště vybavilo zvláštním typem sedačky, a to je sedačka umožňující polosed, kterého pracovník využívá v určitých částech pracovního procesu. [21]

Pokud volíme pracovní polohu pracovníka, existují různé faktory, které nám ovlivňují tuto volbu. Nicméně nejdůležitějším faktorem při této volbě je: charakter vykonávané práce.

Druh činnosti	Preferovaný postoj
zvedání více než 5 kg muži nebo 3 kg ženy	ve stoje
práce pod úrovní lokte	ve stoje
sahání do větší vzdálenosti	ve stoje
lehká montáž s opakovanými úkony	vsedě
přesná manipulace	vsedě
vizuální kontrola a monitorování	vsedě
častý pohyb	kombinace

Tab. 2.2 Volba pracovní polohy [23]

Při výkonu práce je výhodné vykonávat práci střídavě v poloze v sedě nebo ve stoje, pokud to charakter práce umožňuje. Z toho vyplývá, že tělo by nemělo setrvat dlouho v jedné poloze. Nevhodné je dlouho setrvat v předklonu, záklonu, úklonu, dřep, klek, trvalý stoj na místě s rukama nad hlavou. [23]

Pracovní prostor je prostor, kde je možné a vhodné provádět příslušnou činnost. Volná podlahová plocha pro jednoho pracovníka je za denního osvětlení minimálně 2 m<sup>2</sup>, bez denního osvětlení s umělým ovzduším minimálně 5m<sup>2</sup> a v šíře volné plochy pro pohyb nesmí být v žádném místě zúženo pod 1m<sup>2</sup>. [23]

Pohlaví	Vsedě [mm]	Ve stoje [mm]
muž	700	1030
ženy	650	950

Tab. 2.3 Doporučené hodnoty výšky pracovního prostoru [21]

Nejčastěji využívané pracovní prostory jsou [23]:

- Zorný – dobré zrakové vnímání
- Manipulační – dobrá práce rukou
- Pedipulační – vhodný prostor pro práci nohou

Zorný prostor je pro práci velice důležitý, protože 80% informací dostáváme pomocí zraku a zvláště na montážních pracovištích. Zorný prostor je definován pomocí zorné vzdálenosti, osy pohledu a zorného pole. [23]

Manipulační prostor se rozděluje do 3 základních kategorií: Optimální, Normální a maximální.

Optimální manipulační prostor je omezen dosahem předloktí a pohyby se provádějí s velkou přesností, rychlostí, silou a malou únavou. [23]

Normální prostor je omezen dosahem středu dlaně natažené paže. Do tohoto prostoru se umísťují málo používané a těžší předměty. [23]

Maximální manipulační prostor je omezen dosahem konečků prstů natažené paže s mírným náklonem těla (do 15°). [23]

### 3 Představení společnosti a nového výrobku

Vznik společnosti AIR POWER, s.r.o. se sídlem v Plzni se datuje k roku 2001 na základě dlouhodobého kontraktu s nadnárodní firmou zabývající se výrobou a prodejem stavebních strojů (kompresory, generátory, osvětlovací věže) do celého světa. Od té doby se obchodní spolupráce s nadnárodní společností značně rozšířila a prohloubila, a AIR POWER, s.r.o. se také podílí na sourcingových a vývojových aktivitách tohoto klienta. Provoz firmy se odehrává v moderních budovách, v areálu bývalé Škodovky, které nabízí čisté pracovní prostředí pro své zaměstnance a garantuje také zázemí pro vysokou kvalitu výrobků. Společnost má stabilní tým zkušených pracovníků čítající zhruba 80 lidí. Robustní síť až 250 dodavatelů z celého světa. Náhled na halu společnosti AIR POWER s.r.o. na Obr. 3.1.

Vizí společnosti AIRPOWER, s.r.o. je být spolehlivým OEM Partnerem pro celosvětové výrobce stavebních zařízení (viz Obr 3.2). Společnost je také certifikována dle ISO 9001 s podrobným popisem všech funkcí společnosti a podpory ERP systému, včetně úložného systému WMS a PLM datového systému. [24]



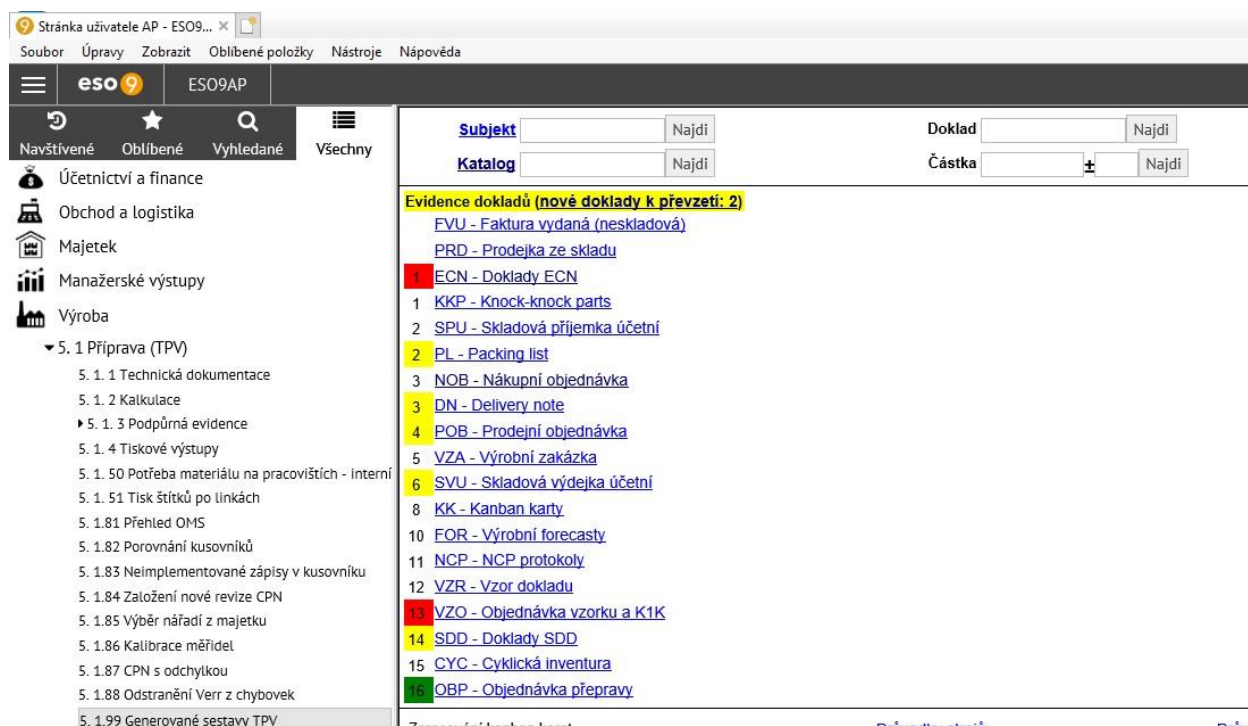
Obr. 3.1 Haly společnosti Airpower [35]



Obr. 3.2 Generátor vyráběn ve společnosti Airpower [35]

### 3.1 ERP systém ESO9

Společnost Airpower používá informační systém zvaný ESO 9 (viz Obr. 3.3), který nám spravuje firma Softech. Tento systém používá například, Air Bank a.s., Home Credit a.s. a další. Největší výhodou tohoto systému je, že se dá velmi snadno modifikovat pro potřeby společnosti. Tento systém funguje na základě .NET.



Obr. 3.3 Ukázka z ERP systému ESO9

Jak můžeme vidět na obrázku ESO9 nám nabízí vše, co potřebujeme k práci. Vlevo katalog s rozdělením dle středisek. Uprostřed máme rychlý přístup k vytvoření formulářů jako je například nákupní objednávka, prodejní apod.

Katalog nám nabízí mnoho možností jak hledat v databázi podle různých parametrů, které jsou položce zadávány při jejím založení.

Nyní jsme také implementovali WMS systém do ESO9, protože doposud jsme řídili a obsluhovali chod skladu pomocí informačního systému DCI od společnosti AIMTEC, ale jelikož ESO9 nebylo kompatibilní s DCI a nešli tyto dva informační systémy propojit, tak bylo rozhodnuto, že dál DCI nebudeme využívat.

### **3.2 Popis nového výrobku (vibrační válec)**

Navrhovaná montážní linka bude sloužit pro výrobu vibračního válce sloužící pro hutnění zemin či živce (asfaltu). Vibrační válec působí na podloží dvěma silami statickou váhou a dynamickou silou, která je vyvolána vibrujícím běhounem.

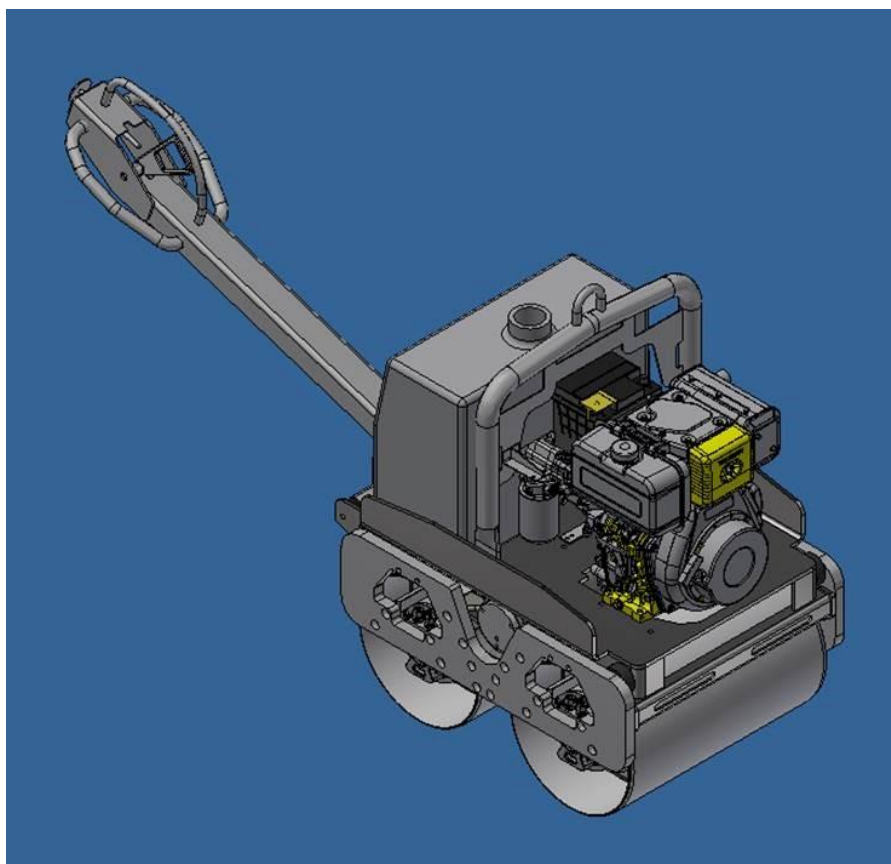
Existují různé typy vibračních válců např. ručně vedené, tandemové, tahačové nebo tažené.

Ve společnosti Airpower bude vyráběn vibrační válec s ručním vedením a s dvěma běhouny viz Obr. 3.4, Obr 3.5 a Obr 3.6.

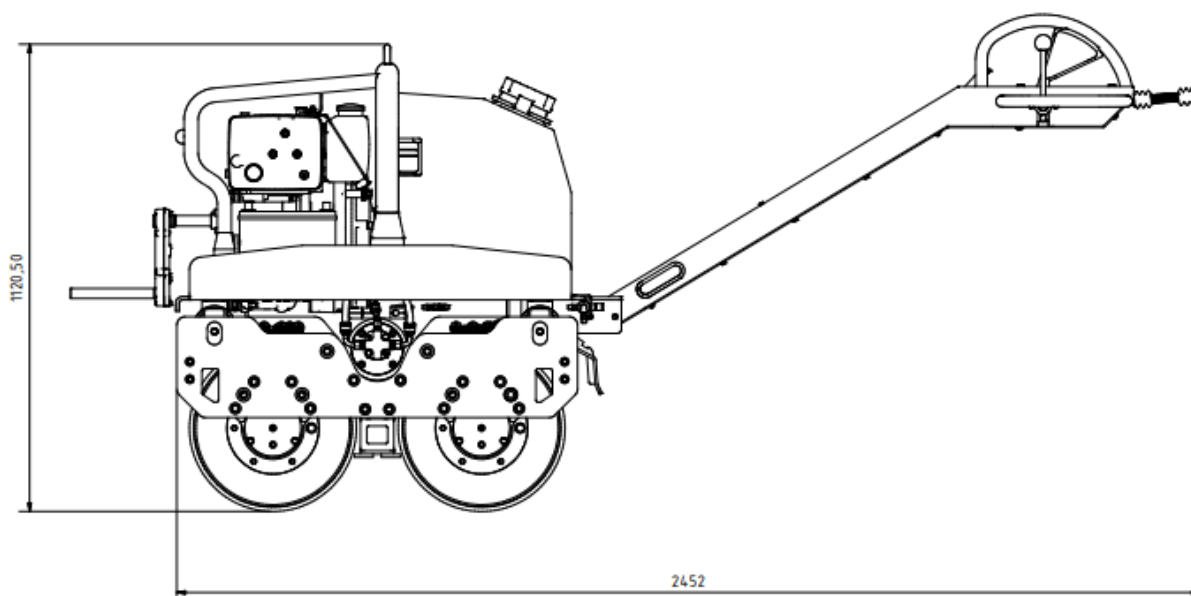
Mezi hlavní části vibračního válce patří: běhoun, vibrátor, motor, rám a ovládací rameno.

Běhoun je pracovní část stroje, který se skládá z ocelového pláště a v tomto případě je na běhoun upevněn hydraulický motor s ložisky. Mezi běhouny je umístěn vibrátor, který vyvolává přídavnou dynamickou sílu, vibraci. Běhouny tvoří s bočnicemi a podvozkem základ vibračního válce, který je upevněn pomocí gumokovů. Gumokovy zachycují vibrace a zabraňují přenosu vibračních sil na nosné části stroje. Na podvozku je nasazen rám, motor a nádrže na provozní kapaliny.

Vibrační válec je složen zhruba z 220 částí a jeho předpokládaná hmotnost je okolo 750 kg.

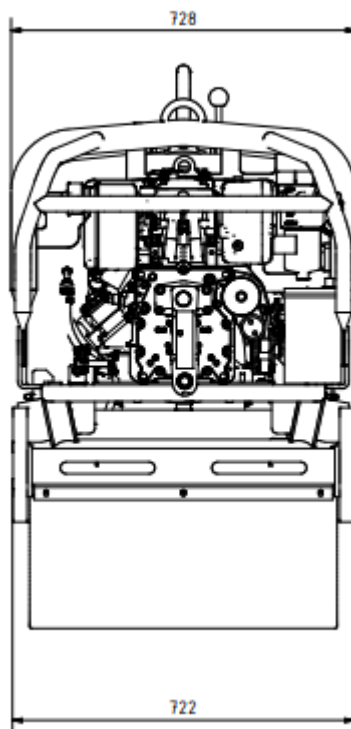


Obr. 3.4 3D model vibračního válce



Obr. 3.5 Rozměrová charakteristika vibračního válce





**Obr. 3.6** Rozměrová charakteristika vibračního válce

Šířka [mm]	728
Délka [mm]	2452
Výška [mm]	1121

**Tab. 3.1** Rozměry vibračního válce

Z interních dokumentů společnosti byly zjištěny potřebné rozměry vibračního válce, které jsou uvedeny v tabulce 2-1 Rozměry vibračního válce.

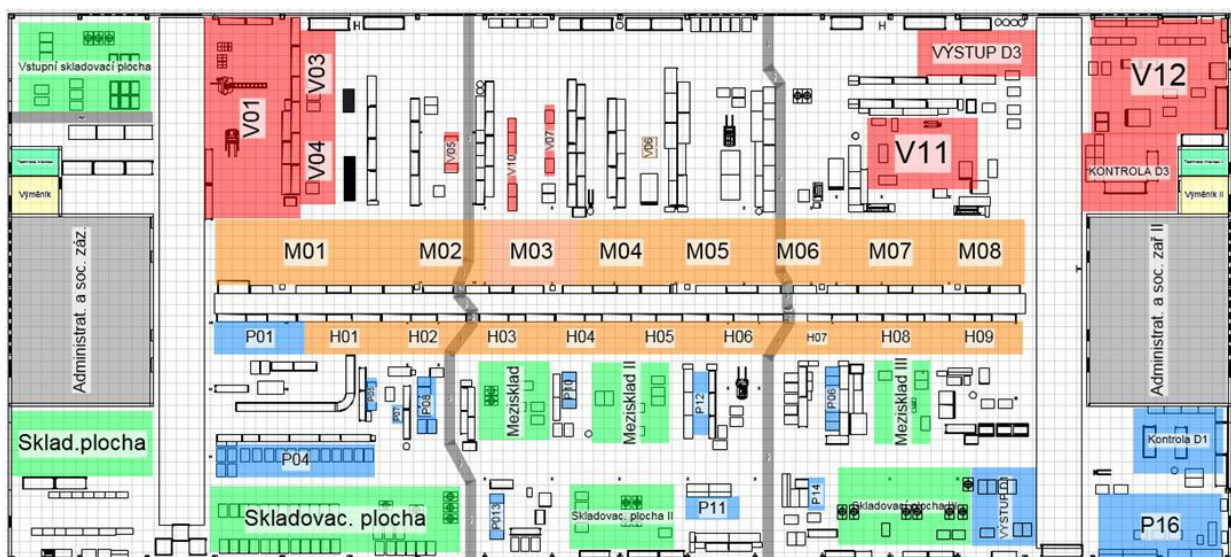
Z popisu vyplývá, že jednotlivé části vibračního válce budou montovány s pomocí minimálně malých jeřábů z důvodu jejich hmotností. K dispozici byly určeny dva jeřáby, které dříve sloužili pro manipulaci těžkých generátorových sestav. Je předpokládáno z popisu vibračního válce, že při montáži ovládacího ramene vznikne potřeba většího manipulačního prostoru a tuto potřebu je nutno zohlednit při návrhu prostorového řešení.

## 4 Zmapování současného stavu

Společnost Airpower využívá dvě haly, kde jedna hala slouží jako výrobně - montážní a druhá slouží jako sklad. V rámci analýzy současného stavu budeme brát v potaz jen výrobně - montážní halu, která se skládá ze dvou výrobních lodí.

Výrobně – montážní hala (viz Obr. 4.1 a Obr. 4.2) obsahuje dvě montážní linky, které se skládají z přípravných pracovišť a z hlavních montážních. Na lince, která se nazývá D3, se montují objemné a velké generátory a kompresory. Skládá se z 8 hlavních a 12 pomocných a přípravných pracovišť, na kterých se vytvářejí různé podsestavy. Tyto pomocné pracoviště mají přívlástek V a hlavní pracoviště M a jsou číslovány od 1, např. M05.

Dále se budeme zabývat jen výrobní lodí D1, na které se nemontují tak velké stroje a mohla by být inspirací pro návrh, který bude výstupem této diplomové práce.



Obr. 4.1 Současný stav - 2D layout



Obr. 4.2 Současný stav 3D layout

#### 4.1.1 Popis pracovišť linky D1

Ve výrobní lodi D1 jsou vyráběny malé přívěsné vozíky za automobily. Celkem je zde vyráběno okolo 10 různých druhů. Na pracovištích jsou k dispozici montážní návodky, kterým se říká OMS listy. V těchto listech je detailně popsáno, co se má montovat, kontrolovat kdy a kde.

V rámci výrobního procesu D1, do hlavního montážního pracoviště H, vstupují veškeré výrobky z přípravných pracovišť, označeny písmenem P. Montážní pracoviště jsou označena písmenem a číslem. U montážních pracovišť se označení pohybuje v tomto rozmezí, od H01 až H09 Linka D1 obsahuje 9 hlavních montážních pracovišť s označením a 12 pomocných pracovišť.

Výrobně – montážní linka D1 má rozlohu kolem 500 m<sup>2</sup>, na které pracují 15-20 pracovníků.

#### **Popis linky pro malé stroje D1 – montážní pracoviště**

##### a) H01 – Montáž motoru na stroj

Na pracovišti H01 probíhá montáž jedním pracovníkem. Z přípravného pracoviště P05 je dopraven motor a šroubový blok pomocí válečkové tratě. Na hlavní montáži je k dispozici jeřáb a pomocí něj jsou tyto komponenty usazeny na rám stroje s koly. Po usazení dochází k připevnění komponent pomocí spojovacích materiálů. Po připevnění zde dochází také k zapojení některých kontaktů na motor.

##### b) H02 – Montáž rozvaděčů

Na druhém hlavním pracovišti dochází k manipulaci chladičové stěny pomocí jeřábu. Úkol pracovníka je dopravit rozvaděč ke stroji namontovat ho a provést na něm určenou montáž. Rozvaděč je na jeřábu zkontrolován a dle návodky (OMS) jsou na něm provedeny úpravy dle typu stroje. Montuje se zde také chladičová stěna, která se montuje obvykle z úplně druhé strany stroje než je rozvaděč.

c) H03 – Montáž filtrů, krytů a propojovacích hadic

Na tomto pracovišti probíhá montáž dílčích komponent. Pracovník vezme z přípravného pracoviště vystrojený požadovaný filtr a poté ho zamontuje do stroje. Filtr je nutno propojit s ostatními částmi stroje, a proto se zde montují také hadice, trubky a hadičky. Hadice jsou opatřeny sponami na lepší uchycení na jednotlivé součásti. Poslední činnost co se zde provádí je montáž vnitřních krytů stroje, kde se jedná především o krytování poškoditelných částí stroje, jako například vrtule chladiče.

d) H04 – Uspořádání kabelových svazků

Na tomto pracovišti nedochází úplně k montáži dílčích komponent, ale dochází zde k zapojování kabelů. Kabely jsou zapojeny dle návodky na jednotlivé kontakty. Zapojují se také i kabely na kontakty, které byly namontovány na předchozích pracovištích. Ke konci je velmi důležité, aby kontakty byly uspořádány, aby nepřekážely v následné montáži a nedošlo k jejich poškození, takže je velmi vhodné stáhnout je stahovacími pásky a zajistit.

e) H05 - Montáž výfuků

Montážní pracovník vezme připravený výfuk z přípravného pracoviště, pro daný typ stroje, a umístí ho do něj. Výfukové trubky jsou poté montovány do stroje pomocí spon. Na závěr se také na trubky přidávají ochranné prvky a tepelné izolace. Probíhá zde také dotažení šroubů rámu a podvozku na moment.

f) H06 – Montáž van, baterií

Na tomto pracovišti můžeme nalézt speciální přípravek, pomocí kterého jsou stroje upnuty do jeřábu a jsou zvedány. Tento úkon je potřeba pro montáž vany na spodek stroje. Montáž vany je poměrně složitá a v závislosti na typu stroje a vany velmi dlouhá. Po montáži se stroj opět spouští na zem a je do něj montována baterie.

g) H07 – Montáž řídicích jednotek

Zde se montují řídicí jednotky, jejich krytování, kohouty a zásuvky na rám stroje. Řídicí jednotky jsou před montáží připravovány na pracovním stole, protože každý typ stroje potřebuje jinou řídicí jednotku. Po předmontáži následuje montáž na stroj a poté proběhne montáž krytování řídicích jednotek. Montáž zmíněných kohoutů a zásuvek do stroje probíhá až na konci montáže a montují se také dle typu stroje, či se nemontují vůbec.

h) H08 – Montáž nárazníků a vnějšího krytování

Na přípravných pracovištích jsou nárazníky vystrojovány a poté jsou přeneseny na toto pracoviště. Nárazníky jsou vybaveny světly, odrazkami a na stroje jsou montovány pomocí šroubů. Poté se montuje vnější boční krytování, které je na pracoviště přivezeno z přípravného pracoviště P16 pracoviště lepení molitanů.

i) H09 – Lepení nálepek

Na posledním pracovišti je montován horní kryt stroje. Horní kryty jsou vystrojeny také na přípravném pracovišti P16 a polepeny molitany pro odhlučnění. Lepení nálepek se provádí až po usazení a doražení horního krytu. Lepení nálepek záleží na daném druhu stroje, a co je požadováno dle montážní návodky nebo výrobcem. Nálepky slouží k popisu stroje, pojmenování firmy nebo k podání informace ohledně teploty nebo hluku. Lepí se také malé nálepky, které označují bezpečnostní prvky nebo fungují jako výstražné nálepky.

### **Popis linky pro malé stroje D1 – pomocné pracoviště**

#### a) P01 – Příprava rámu a podvozku

Toto pracoviště je v podstatě bráno jako hlavní pracoviště. Pracuje zde jen jeden pracovník, jehož úkolem je připravit rám a podvozek pro daný typ stroje, který jde dále na montáž a postupuje na pracoviště H01. Dle návodky provede na obou dílech příslušné úpravy a poté pomocí jeřábu provede montáž podvozku a rámu k sobě. Nakonec na stroj namontuje pneumatiky, zapíše číslo stroje a pošle ho dále.

#### b) P04 – Příprava motorů

Zde pracuje jeden pracovník přípravy, který má za úkol přivést sestavu motoru na pracoviště. Poté pomocí jeřábu, který má k dispozici, ho zvedne na válečkový dopravník, kde odmontuje držáky. Následně proběhne samotná montáž motoru, kdy na něj dodává různé komponenty, zapojuje kabely do kontaktů a montuje držáky. Po montáži ho posune po dopravníku motor na následující přípravné pracoviště P05.

#### c) P05 – Příprava šroubového bloku

Po přivezení motoru pracovník provádí montáž šroubového bloku. Tento blok je velmi důležitou součástí motoru. Pracovník si nejdříve připraví šroubový blok dle montážního listu (OMS) a poté provede montáž šroubového bloku na motor a spojí ho s motorem pomocí spojovacích materiálů.

#### d) P06 – Příprava výfuků

Zde probíhá montáž výfuků. Pracuje zde jeden pracovník. Pracovník si přinese na pracoviště správnou trubku výfuku pro příslušný stroj z bedny a namontuje na ni dílčí komponenty a provede určité úpravy. Poté na trubku nasadí tepelnou izolaci a pomocí drátu připevní k trubce. Takto je výfuk připraven pro montáž na hlavní pracoviště.

#### e) P07 – Příprava separátorů

Hlavním úkolem tohoto pracoviště a také pracovníka je vystrojit separátor pro montáž na stroj. Vystrojená sestava separátoru je specifická pro každý stroj, a proto je potřeba být při této přípravě velmi pozorný.

#### f) P08 – Příprava chladiče

Na tomto pracovišti probíhá příprava chladičových stěn. Pracuje zde jeden pracovník, který dle stroje připraví příslušnou chladičovou stěnu a provede na ní určité úpravy dle OMS. Poté přijde elektrikář zkontrolovat provedené úkony. Po kontrole je chladičová stěna připravena pro další manipulaci.

#### g) P10 – Příprava blatníků

Pracovník na pracovišti P10 připravuje blatníky pro kola na jednotlivé stroje. Pro každý typ se lehce liší požadavky na sestavu blatníků, proto je nastavení a práce různá. Na některé blatníky se montují odrazky, světla apod., na jiné skoro vůbec nic.

#### h) P11 – Příprava generátorů

Pracovník zde provádí pouze přípravu generátorů. Generátory se zde připravují pouze tehdy, když jsou ve výrobě stroje: G20, G30, G40 a G60, což je označení pro generátory. Pro kompresory se zde nic nepřipravuje. Příprava probíhá dle montážní návodky a pracovník montáž provádí s elektrikářem.

i) P12 – Příprava filtrů

Na tomto pracovišti se připravují filtry kapalin. Každý stroj má svou sestavu filtru. Pracovník zde vystrojuje filtr dle návodky k příslušnému stroji. Vystrojená sestava filtru je poté připravena na montáž na hlavním pracovišti.

j) P13 – Příprava nádrží

Zde provádí montáž pracovník z hlavního pracoviště. Montáž nádrží není nikterak složitá, jedná se pouze o správné umístění několik málo komponent. Nádrž pro každý typ stroje je specifická svým rozměrem. Vystrojenou sestavu je poté možno montovat rovnou do stroje.

k) P14 – Příprava nárazníků

Práci na přípravném pracovišti P14 provádí elektrikář. Nárazníky jsou povětšinou opatřeny různými světly a je třeba je všechny správně zapojit. Některé nárazníky samozřejmě světla nemají a ty montuje až přímo pracovník na hlavním pracovišti. Po montáži světel na nárazník je tento nárazník zkontrolován, zda světla svítí a poté je teprve připraven.

l) P16 – Lepení molitanů do vnějšího krytování

Toto pracoviště je velké v porovnání s ostatními a probíhá zde lepení molitanových izolací do vnějších krytů strojů (bočnice, horní kapota, apod.). Lepení provádí jen jeden člověk, ale na tomto pracovišti jsou přiděleny dva. Manipulaci krytů už provádí dva lidé, z důvodu toho, že pracoviště není opatřeno jeřábem. Molitanové izolace jsou různorodé a jinak veliké. Vylepené kryty jsou poté manipulovány na hlavní pracoviště.

#### **4.1.2 Popis zásobování linky D1**

Linka D1 je zásobována pomocí systému Kanban, který je popsán v kapitole 2.5.2. Pro malé součásti máme nastavený krabičkový kanban, kdy od každého specifické součástky máme na pracovišti dvě krabičky s určitým plnicím množstvím. Když jedna krabička dojde, přijde si pro ni disponentka logistiky a naplní, tudíž vždy je na pracovišti minimálně jedna krabička s materiálem a nemělo by se stát, že dojde potřebný materiál.

Na spojovací materiály máme domluvený konsignační sklad se společností Würth, které dodržují systém kanbanových krabiček také.

Na velké díly jako jsou rámy, vnější krytování apod. je používáno kanbanových karet. Když pracovník na lince potřebuje velký díl, předá disponentovi logistiky kanbanovou kartu nebo obsluze vysokozdvížných vozíků a oproti ní dostane množství, které je napsáno na kartě.

### 4.1.3 Zmapování dispozičního řešení pro novou montážní linku

V třetí kapitole bylo provedeno zmapování dispozičního řešení, abychom zjistili omezující podmínky pro umístění navrhované montážní linky pro nový výrobek, jelikož pro tuto linku bylo určeno místo, na kterém dříve byla montážní linka pro velké generátory. Tato linka byla sloučena se stávající montážní linkou a byly zde zanechány některé regály a stoly.

V této kapitole byly stanoveny první omezující podmínky pro montážní linku z hlediska logistiky. Byla změřena místa a vyčísleny plochy a byl vytvořen seznam zařízení, které zde zbyly z minulé montážní linky. Vyznačené místo v layoutu viz Obr. 4.3. Pro Lepší představu o vyznačeném místě, viz Obr. 4.4.

Aby bylo docíleno dobrého zásobování nové montážní linky je potřeba zanechat mezi stávající montážní linkou pro „malé“ stroje a místem vyhrazeným pro budoucí montážní linku (místo A vyznačené na obrázku 3.1) dopravní ulička. Šířka této uličky byla stanovena na 1,5 m.

Z důvodu potřeby dopravní uličky pro zlepšení zásobování navrhované montážní linky, vznikl ohraničený prostor. Ohraničení mezi dopravní uličkou a pracovní plochou tvoří 9 sloupů mostového jeřábu. Zároveň byla změřena jejich rozteč, která činí 6 m. Také byla změřena vzdálenost od sloupů mostového jeřábu ke zdi, která činí 7 m.

Délka [m]	Šířka [m]
48	7

Tab. 4.1 Rozměry určeného místa A

$$Plocha = \text{šířka} \cdot \text{délka}$$

$$P = 48 \cdot 7 = 336 \text{ m}^2$$

Bylo vypočteno, že plocha, která má k dispozici 2 mostové jeřáby (jeden s nosností do 3200 kg a druhý s nosností do 2000kg) činí **336 m<sup>2</sup>**.

Dále byla změřena plocha B. U plochy B bude počítáno s dopravní uličkou šíří 1,5 m. Z tohoto důvodu je tato plocha stejně široká jako plocha A. Tudiž 7 m. Délka této plochy byla změřena na 23 m.

Délka [m]	Šířka [m]
23	7

Tab. 4.2 Rozměry určeného místa B

$$Plocha = \text{šířka} \cdot \text{délka}$$

$$P = 23 \cdot 7 = 161 \text{ m}^2$$

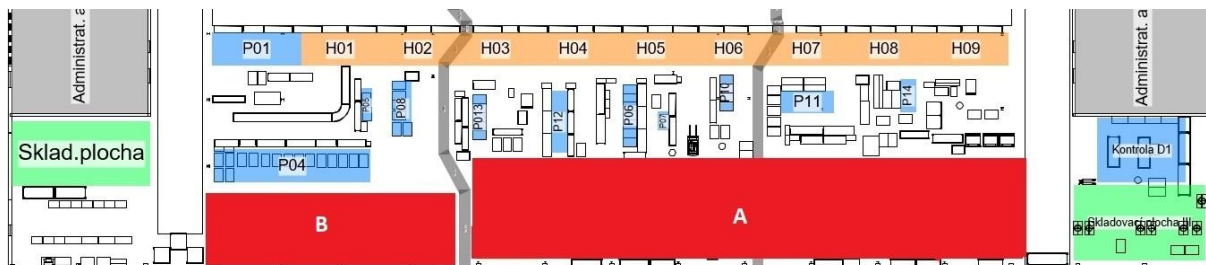
$$P_c = Plocha A + Plocha B$$

$$P_c = 336 + 161 = 497 \text{ m}^2$$

Plocha A [m <sup>2</sup> ]	336
Plocha B [m <sup>2</sup> ]	161
Plocha celkem [m <sup>2</sup> ]	497

Tab. 4.3 Velikostí určených ploch

Bylo vypočteno a změřeno, že k dispozici bude poskytnuto celkově **467 m<sup>2</sup>** pro budoucí návrh montážní linky. Tento celek se skládá z plochy volné a z plochy zastavěné dvěma jeřáby. Byla zde zjištěna také komplikace v podobě dvou únikových východů, které jsou znázorněny na obrázku 3.1 šedou barvou. Jeden únikový východ rozděluje plochu A a plochu B, druhý únikový východ je zhruba uprostřed plochy A. Při prostorovém řešení bude tato komplikace zohledněna.



Obr. 4.3: 2D layout s vyznačenými místy



Obr. 4.4: Pohled na vybrané místo A

Na místě bývalé generátorové linky byly nalezeny ponechané věci. Jejich výčet s rozměry byl zapsán do tabulky 3-4 Výčet nalezených předmětů.



Název nalezeného předmětu	Délka [mm]	Šířka [mm]	Počet [ks]
Stůl s policemi a regálem	4500	650	3
Regál s policemi	4000	650	2
Pracovní stůl	5000	650	2
Ruční svěrák	300	1000	1

**Tab. 4.4 Výčet nalezených předmětů**

Na obrázku 3.1 jsou znázorněné plochy, které byly určeny pro návrh budoucí montážní linky. Je zde vidět také montážní linka, na které se vyrábějí „malé“ stroje (označena H01-H09 a P01-P16), převážně kompresory, osvětlovací věže a generátory menších rozměrů. Tato montážní linka má charakter kontinuální montážní linky.

Určené místo pro budoucí linku vykazuje stejný obdélníkový charakter jako linka pro „malé“ stroje. Ve společnosti Airpower se kontinuální linky velice osvědčily a také zaměstnanci s tímto rozložením mají zkušenosti. Z těchto důvodů bude budoucí návrh také koncipován jako kontinuální montážní linka.

## 5 Výpočet taktu montážní linky, počtu zaměstnanců a pracovišť

V této kapitole byl vysvětlen rozdíl mezi taktem linky a cyklovým časem. Byl vypočten počet výrobků za směnu z požadavků zákazníka. Následně byl vypočítán takt linky, počet zaměstnanců a na závěr byl uveden výpočet počtu pracovišť.

### 5.1 Výpočet taktu montážní linky

Při návrhu montážní linky je takt jedním z klíčových parametrů. Takt je ukazatel, který charakterizuje tempo, kterým zákazník odebírá daný výrobek či službu. V ideálním případě by měl být takt větší nebo roven cyklovému času, který představuje čas, potřebný pro vykonání operace strojem nebo pracovníkem. [36]

Při výpočtu taktu bude vycházeno ze zákaznických požadavků na počet výrobků za rok, směnnost montážní linky a časového fondu pro výrobu. [36]

Následující kapacitní propočty byly vypracovány pro jednosměnný provoz.

#### Počet výrobků za směnu

Aby bylo možné vypočítat počet výrobků za směnu, musíme vycházet z požadovaného počtu výrobků za rok, časového fondu výroby a směnnosti. [20]

$$N_s = \frac{N}{t_t \cdot t_{dn} \cdot s_s} [ks]$$

Index	Název indexu	Jednotka	Hodnota
N	požadovaný počet výrobků za rok	ks/rok	1575
t <sub>t</sub>	počet pracovních týdnů	týden	45
t <sub>dn</sub>	počet pracovních dní v týdnu	dnů/týden	5
s <sub>s</sub>	směnnost pracoviště	směny	1

Tab. 5.1 Hodnot pro výpočet výrobků za směnu

$$N_s = \frac{1575}{45 \cdot 5 \cdot 1} = 7 \text{ ks}$$

Dle výpočtu a optimálního uspokojení požadavků zákazníka musí být vyrobeno minimálně **7 vibračních válců** za osmihodinovou směnu. Společnost Airpower by ráda ponechala výrobu pouze v jednosměnném provozu, a proto není brán v potaz více směnný provoz.

### Takt montážní linky

Takt linky lze vypočítat jako disponibilní čas směny z požadovaného množství výrobků za směnu, které bylo vypočteno výše. [20]

$$T = \frac{t_s - t_z}{N_s} = \frac{480 - 50}{7} = 61,43 \text{ min/ks}$$

Index	Název indexu	Jednotka	Hodnota
$t_s$	Čas směny	min	480
$t_z$	Celkový čas ztrátový	min	50

**Tab. 5.2** Hodnot pro výpočet taktu linky

Celkový čas ztrátový byl vypočten jakou součet časů přestávek.

$$t_z = (\sum p) = p_1 + p_2 + p_3 = 30 + 10 + 10 = 50 \text{ min}$$

Index	Název indexu	Jednotka	Hodnota
$p$	Přestávka	min	50
$p_1$	Zákonná přestávka	min	30
$p_2$	Bezpečnostní přestávka	min	10
$p_3$	Bezpečnostní přestávka	min	10

**Tab. 5.3** Hodnot pro výpočet doby přestávk

Z požadavků od zákazníka, bylo vypočteno, kolik strojů je třeba vyrobit za jednu směnu, aby byl tento požadavek splněn. Také byl vypočten čas taktu budoucí linky pro uspokojení potřeb zákazníka. Tyto hodnoty byly shrnuty do tabulky výsledných hodnot 5.4.

Index	Název indexu	Jednotka	Hodnota
$N_s$	Počet výrobků za směnu	ks	7
$T$	Takt linky	min/ks	61,43

**Tab. 5.4** Výsledných hodnot

## 5.2 Výpočet počtu výrobních dělníků

Při výpočtu se vychází z předpokladu, že na montážní lince nebude žádné strojní pracoviště. Výpočet počtu výrobních dělníků vychází z poměru mezi vyrobenými kusy a kolik je na produkci stanoveného času. [20]

$$D_{vs} = \frac{T \cdot N}{60 \cdot E_s} = \frac{61,43 \cdot 1575}{60 \cdot 1612,5} = 1 \text{ výrobní dělník}$$

Index	Název indexu	Jednotka	Hodnota
$D_{vs}$	Počet operátorů montážní linky v jednom cyklu	oper.	1
$T$	Takt linky	min	61,43
$E_s$	Efektivní fond v jedné směně	h/rok	1612,5

Tab. 5.5 Hodnot pro výpočet výrobních dělníků

Efektivní fond v jedné směně vychází z časového fondu pro celý rok. Tento fond je omezen na 5 pracovních dnů v týdnu a čtyřicet pět pracovních týdnů v roce.

$$E_s = t_t \cdot t_{dn} \cdot \frac{t_s - t_z}{60} = 45 \cdot 5 \cdot \frac{480 - 50}{60} = 1612,5 \text{ hod}$$

## 5.3 Počet pracovišť

Počet pracovišť lze vypočítat z poměru času operace a taktu samotné linky. Čas operace obsahuje také mezioperační dopravu od předchozí operace. [20]

$$P_n = \frac{t_k}{T}$$

Index	Název indexu	Jednotka
$P_n$	Počet pracovišť pro danou operaci	pracoviště
$T$	Takt montážní linky	min/ks
$t_k$	Čas dané operace	s

Tab. 5.6 Hodnot parametrů pro výpočet počtu pracovišť

Počet pracovišť nebude vypočten, protože nemáme dostatek informací v této fázi vývoje. Aby bylo možné vypočítat počet pracovišť, musíme znát časy dané operace, které ve fázi vývoje produktu stále nemáme. Nejdříve musíme provést kvalifikovaný odhad montážních časů a poté stanovit počet pracovišť.

Takt budoucí montážní linky byl vypočten na **61,43 min/ks**. Aby bylo možné pokrýt potřebu od zákazníka, cyklový čas musí být nižší než vypočtený takt. Tento výpočet byl diskutován se společností Airpower a dále v této práci bude cyklový čas cílen na 60 min/ks.

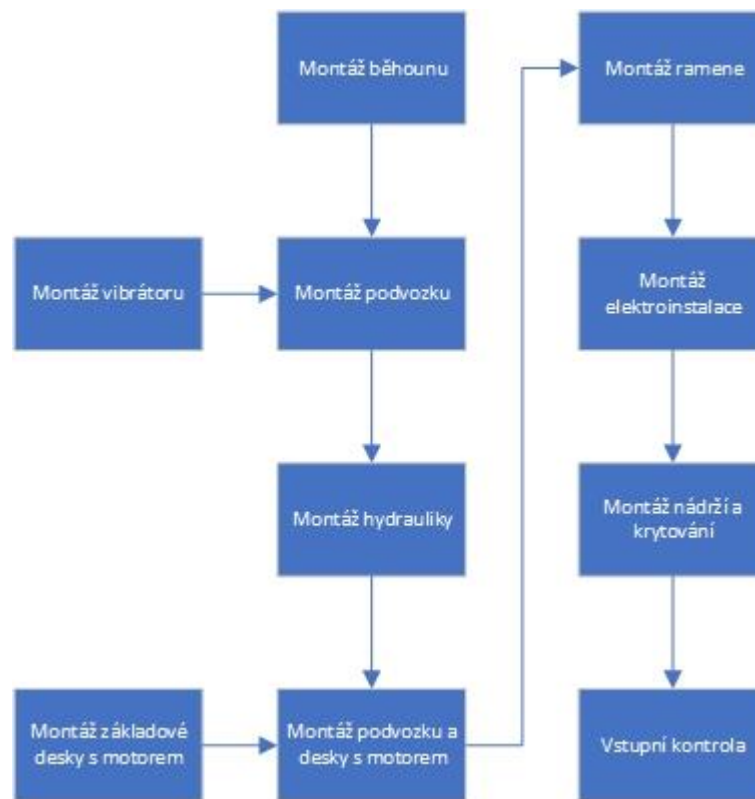
## 6 Návrh rozložení pracovních operací

Pátá kapitola je zaměřena na návrh rozložení pracovních operací pro montáž vibračního válce. Prvotní požadavek od zákazníka je vyrábět ročně 1575 výrobků. Aby bylo možné vyhovět tomuto požadavku, bylo vypočteno, že takt linky musí být pod **61,43 min/ks**. Aby byl splněn tento požadavek, cyklové časy musí být menší než takt linky.

Vibrační válec je stále vyvíjen skupinou konstruktérů. V rámci vývoje byly nakoupeny čtyři konkurenční vibrační válce. Tyto válce byly rozebrány a zanalyzovány. Aby bylo možné stanovit montážní pracovní postup nového produktu, byla uspořádána schůzka s konstruktéry. Na schůzce byl ukázán model (viz obrázek 3.4) a dle tohoto modelu byly stanoveny technologické kroky. Z těchto technologických kroků vyplynuly jednotlivé operace. Jelikož v rámci analýzy konkurence byly rozebrány 4 konkurenční produkty, byly stanoveny kvalifikovaným odhadem časy jednotlivých operací a úkonů. Seznam operací s jejich úkony a jejich časy byly použity k rozdělení na jednotlivá pracoviště. Následná optimalizace pracovních úkonů a operací byla provedena dle kritéria: takt linky. Dále byl seznam použit při vizualizaci a potřebách jednotlivých pracovišť.

### 6.1 Popis prvotního návrhu rozložení pracovních operací

Montáž vibračního válce se skládá z 10 operací, viz obrázek 6.1 Technologické kroky montáže vibračního válce. Nejdříve je nutné připravit běhouny. Na běhouny je z jedné strany montován hydromotor, který je spojen s běhounem šrouby. Z druhé strany běhounu jsou montovány příruby a těsnění. Následně dochází k montáži podvozku, kde budou využívány předmontované běhouny z předchozí operace. V tomto kroku budou na běhouny montovány bočnice a škrabáky. Díky tomuto spojení vznikne celistvý podvozek. Vibrace ve vibračním válci jsou zajišťovány takzvaným vibrátorem. V prvotním řešení je vibrátor montován na podvozek. Aby bylo možné vibrátor namontovat, je třeba nejdříve provést jeho montáž a poté připojit. Po montáži vibrátoru na podvozek je montována hydraulika, která slouží k dopravě provozních kapalin od nádržek k motorům. Před další montáží je motor osazen spojku a čerpadly. Následně je motor spojen se základovou deskou. Takto připravený celek je montován na podvozek vibračního válce. V tomto kroku je prováděna montáž vrchního rámu a propojení komponent hadicemi. V dalším kroku se provádí montáž ovládacího ramene. Po montáži ramen bude instalována elektroinstalace. Dále bude prováděna montáž potřebných nádrží na provozní kapaliny a krytování. Celý výrobní proces končí výstupní kontrolou. V prvotním návrhu je počítáno s dvěma pracovníky na každé pracoviště.



**Obr. 6.1 Technologické kroky montáže vibračního válce**

Stanoveným operacím byly přiděleny jednotlivé úkony. Během vývoje byly rozebrány 4 konkurenční stroje. Díky této zkušenosti konstruktéři získali kvalifikovaný přehled časů. Tento přehled byl použit při stanovení časů úkonů. Operace s rozdělením na úkony a stanovenými časy byly zpracovány do tabulky 6.1 Prvotní návrh operací. Dále bylo takto zpracovaným údajům přiděleno pracoviště.

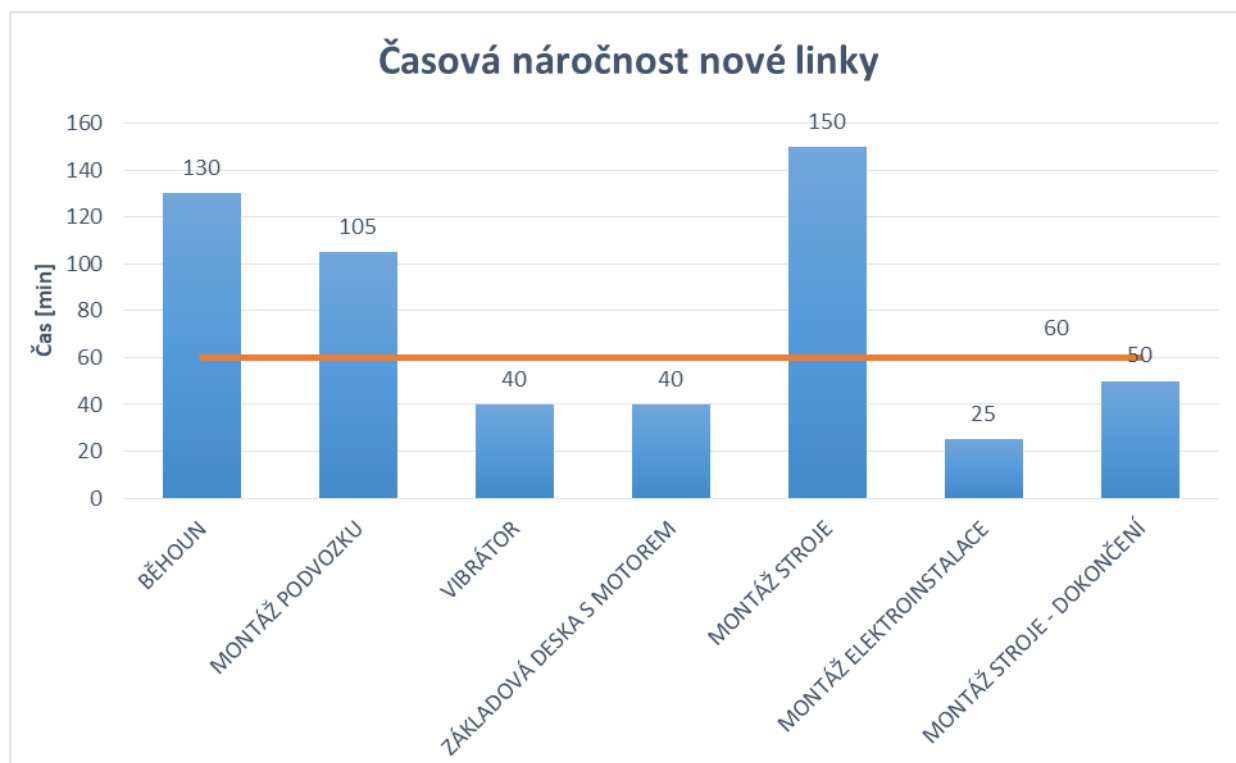
ČÍSLO PRAC.	OPERACE	POPIS, NÁZEV OPERACE	ČAS [min]
	PM1	<b>MONTÁŽ BĚHOUN</b>	
1	PM1.1	MONTÁŽ PŘÍRUBY NA HYDROMOTOR POCLAIN	10
1	PM1.2	MONTÁŽ PŘÍRUBY S PODSKUPINOU PM1.1	5
1	PM1.3	MANIPULACE	5
1	PM1.4	OHŘEV LOŽISKA	0
1	PM1.5	MONTÁŽ LOŽISKA DO PŘÍRUBY	5
1	PM1.6	MONTÁŽ PODSKUPINY PM1.2 DO BĚHOUNU	15
1	PM1.7	MONTÁŽ PODSKUPINY PM1.5 DO BĚHOUNU	10
1	PM1.8	MONTÁŽ LOŽISKA, GUFERA A KROUŽKU DO PŘÍRUBY	10
1	PM1.9	MONTÁŽ PODSKUPINY PM1.8 NA HŘÍDEL A TĚSNĚNÍ	5
		Celkem 1ks PM1	65
		Celkem 2ks PM1	130
	P1	<b>MONTÁŽ PODVOZKU</b>	
2	P1.1	PŘÍPRAVA, MANIPULACE S BĚHOUNY	10
2	P1.2	MONTÁŽ BOČNICE L - SPOJENÍ S BĚHOUNY	10
2	P1.3	MONTÁŽ VIBRÁTORU NA BOČNICI L	15
2	P1.4	MONTÁŽ ŠKRABÁKŮ	10
2	P1.5	MONTÁŽ BOČNICE P - SPOJENÍ S BĚHOUNY, VIBRÁTOREM A ŠKRABÁKY	10
2	P1.6	ZAJIŠTĚNÍ A UTAŽENÍ ŠROUBOVÝCH SPOJŮ	10
2	P1.7	MONTÁŽ HADIC K HYDROMOTORU (2 SADY), MONTÁŽ HADIC HYDRAULIKY - 1. FÁZE	40
		Celkem P1	105
	PM2	<b>VIBRÁTOR</b>	
3	PM2.1	MONTÁŽ VNĚJŠÍCH KROUŽKŮ LOŽISEK DO TĚLESA VIBRÁTORU	10
3	PM2.2	MONTÁŽ VNITŘNÍCH KROUŽKŮ LOŽISEK NA HŘÍDEL VIBRÁTORU	5
3	PM2.3	MONTÁŽ HŘÍDELE (PODSKUPINY PM2.2) DO TĚLESA (PODSKUPINA PM2.1)	10
3	PM2.4	MONTÁŽ VÍČKA	5
3	PM2.5	MONTÁŽ SPOJKY NA MOTOR VIBRÁTORU	5
3	PM2.6	MONTÁŽ VÍČKA MOTORU	5
3	PM2.7	MONTÁŽ ŠROUBENÍ NA MOTOR VIBRÁTORU (PODSKUPINA PM2.5)	5
3	PM2.8	MONTÁŽ MOTORU VIBRÁTORU SE ŠROUBENÍM (PODSKUPINA PM2.7) NA TĚLESO	5
		Celkem PM2	40
	PM3	<b>ZÁKLADOVÁ DESKA S MOTOREM</b>	
4	PM3.1	MONTÁŽ SPOJKY NA MOTOR	10
4	PM3.2	MONTÁŽ PÍSTOVÉHO ČERPADLA NA MOTOR (PODSKUPINA	5

		PM3.1)	
4	PM3.3	MONTÁŽ ZUBOVÉHO ČERPADLA NA MOTOR (PODSKUPINA PM3.2)	5
4	PM3.4	MONTÁŽ MOTORU (PODSKUPINA PM3.4) NA ZÁKLADOVOU DESKU	20
	Celkem PM3		40
	P2	<b>MONTÁŽ STROJE</b>	
5	P2.1	OSAZENÍ PODVOZKU (PODSKUPINA P1) SILENTBLOKY, USAZENÍ ZÁKLADOVÉ DESKY S MOTOREM (PODSKUPINA PM3), MONTÁŽ "PADÁKŮ"	30
5	P2.2	MONTÁŽ RÁMU	10
5	P2.3	MONTÁŽ OLEJOVÉ NÁDRŽE, CHLADIČE OLEJE A OLEJOVÉHO FILTRU	15
5	P2.4	MONTÁŽ HADIC HYDRAULIKY - 2. FÁZE	45
5	P2.5	MONTÁŽ OVLÁDACÍH RAMENE, ZAPOJENÍ A NASTAVENÍ BOWDENŮ	30
5	P2.6	MONTÁŽ SPON A PŘÍCHYTEK HADIC	20
	Celkem P2		150
	P3	<b>MONTÁŽ ELEKTROINSTALACE</b>	
6	P3.1	MONTÁŽ DRŽÁKU BATERIE, BATERIE	10
6	P3.2	MONTÁŽ SPÍNACÍ SKŘÍŇKY	5
6	P3.3	MONTÁŽ KABELÁŽE, SPON A PŘÍCHYTEK, ZAPOJENÍ ELEKTROINSTALACE	10
	Celkem P3		25
7	P4	<b>MONTÁŽ STROJE - DOKONČENÍ</b>	
7	P4.1	MONTÁŽ TRUBEK A ROZVODU HADIC PRO SKRÁPĚNÍ BĚHOUNŮ	10
7	P4.2	MONTÁŽ VODNÍ NÁDRŽE	10
7	P4.3	MONTÁŽ KRYTOVÁNÍ STROJE	30
	Celkem P4		50

**Tab. 6.1 Prvotní návrh operací**

Takto navržené rozložení operací bylo pro zpřehlednění zpracováno do grafu, viz Graf 6.1. Do grafu byl také stanoven cyklový čas jednotlivých pracovišť. Hodnota cyklového času pracovišť byla stanovena na 60 minut. Jelikož čas taktu linky vyplývající z požadavku zákazníka je 61,43 min/ks, tak při volbě cyklového času 60 minut nebudou vytvářeny velké skladové zásoby materiálu a společnost Airpower bude schopna pokrýt všechny odvolávky zákazníka. Rozložení pracovišť je čistě sériové a v prvotním návrhu operací není počítáno s žádným paralelním pracovištěm.





Graf 6.1 Časová náročnost prvotního návrhu linky

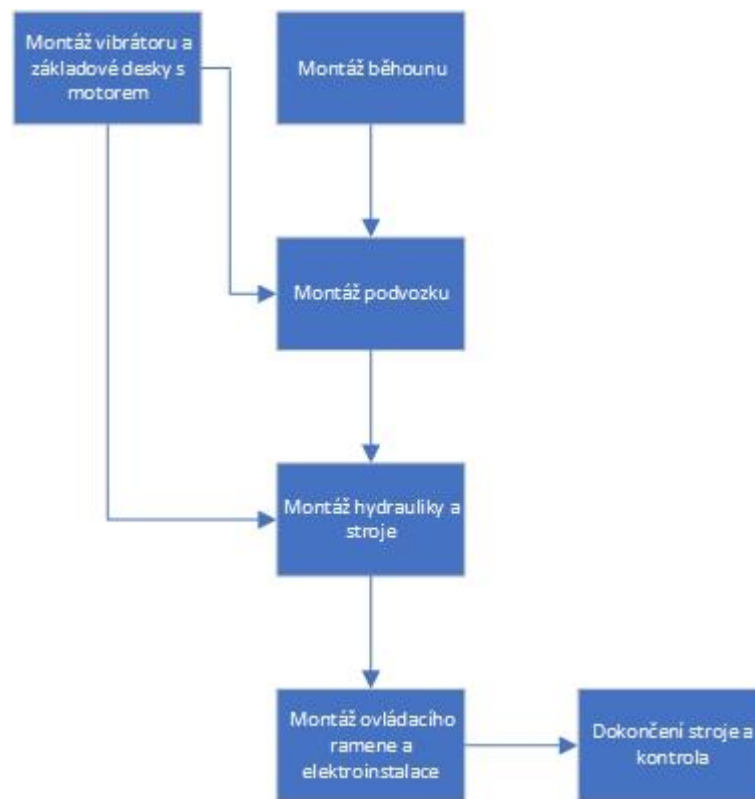
Na grafu 6.1 můžeme vidět, že prvotní řešení časové náročnosti budoucí montážní linky naprosto nevyhovuje taktu linky. Nejhuře je na tom pracoviště číslo 5, kde je montováno: rameno, nádrže na provozní kapaliny, jedna část hydrauliky, spony a hadice. Aby byl cyklový čas (60 minut) využit co nejlépe a efektivita budoucí montážní linky byla co nejvyšší, je třeba také řešit pracoviště, které nevyužívají celý tento časový fond. Celkový výrobní čas jednoho vibračního válce po sečtení jednotlivých montážních časů je **540 minut**.

Při balancování linky je nutné přeskupit jednotlivé úkony či operace tak, aby časová náročnost byla na všech pracovištích co nejvyrovnanější. Díky tomu budou odstraněna úzká místa a dojde k rovnoměrné výrobě.

Z prvotního návrhu rozložení operací vyplývá, že je možné výrazně zkrátit a využít cyklový čas pomocí přípravků, které ulehčí montáž, díky lepšímu vybalancování operací.

## 6.2 Popis optimalizovaného návrhu operací

Tabulka 6.2 zobrazuje popis operací a úkonů po vybalancování linky. Postup operací odpovídá obrázku 6.1. Rozdílem je pouze sloučení některých operací, viz Obr. 6.2. Nejprve byly některé časy sníženy o dvacet procent z důvodu použití momentových pneumatických utahovacích pistolí, vyvinutí přípravků na pracoviště a použití hydraulických hadic s převlečnou maticí oproti původním hadicím se sponami. Následně došlo k přesunu a rozdělení či sloučení některých pracovišť z prvotního návrhu. Byla rozdělena montáž hydrauliky první fáze a operace z montáže stroje. Aby montáž dvou běhounů proběhla do 60 minut, bude na tomto pracovišti, z důvodu jejich hmotnosti, použit speciální přípravek pro manipulaci a zaměstnání dva pracovníci. Spojeny do jednoho pracoviště byly: montáže vibrátoru a montáže základové desky, montáž ovládacího ramene a elektroinstalace, dokončení stroje a kontrola.



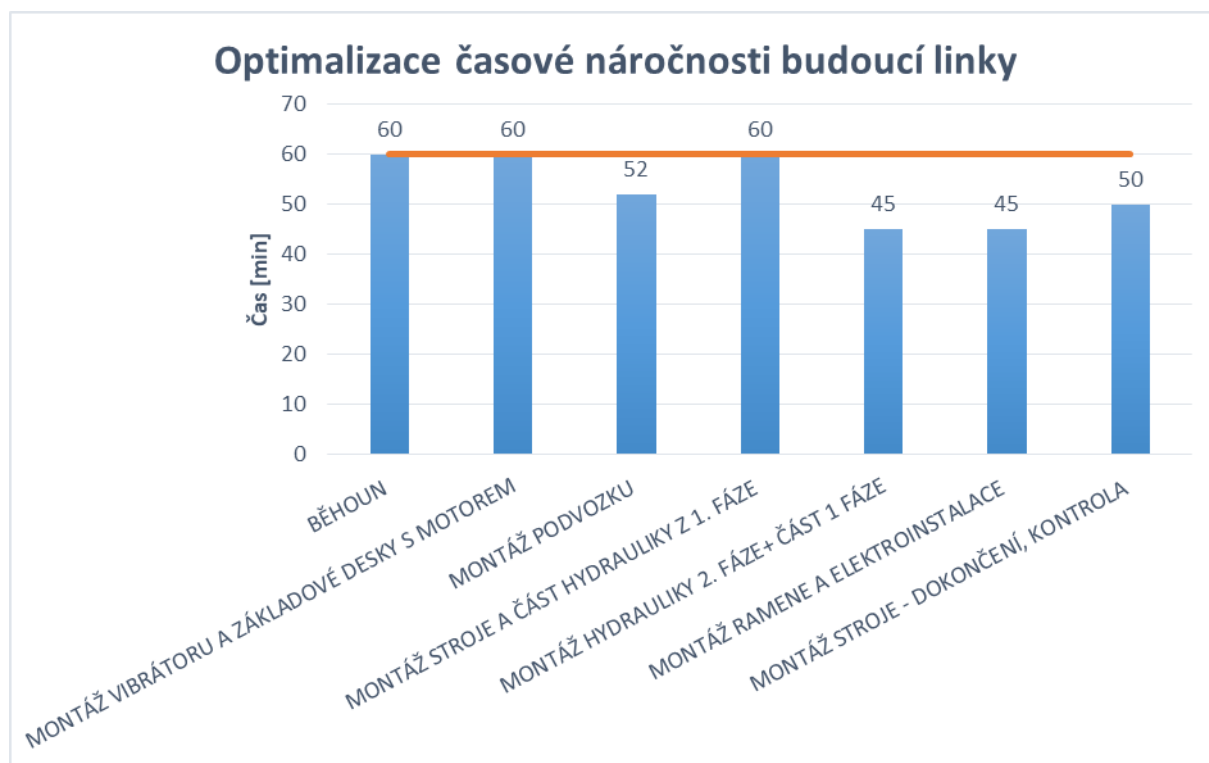
**Obr. 6.2 Upravené technologické kroky montáže vibračního válce**

Velkou změnou v optimalizovaném návrhu je zavedení paralelních pracovišť, které mají stejný cyklový čas. Jedná se o pracoviště montáže vibrátoru a základové desky s motorem a pracoviště montáže běhounu. Pracoviště montáže běhounu kompletuje běhoun, využívaný na pracovišti montáže podvozku, kde je také použit předmontovaný vibrátor z druhého paralelního pracoviště. Základová deska s motorem bude montována na pracovišti montáže hydrauliky a stroje. Po montáži podvozku nastává montáž hydrauliky a stroje. Po montáži hydrauliky, podvozku a základové desky s motorem bude montováno ovládací rameno s elektroinstalací. Poté následuje dokončení stroje a kontrola.

ČÍSLO PRAC.	OPERACE	POPIS, NÁZEV OPERACE	ČAS [min]
	PM1	<b>MONTÁŽ BĚHOUN</b>	
1	PM1.1	MONTÁŽ PŘÍRUBY NA HYDROMOTOR POCLAIN	5
1	PM1.2	MONTÁŽ PŘÍRUBY S PODSKUPINOU PM1.1	4
1	PM1.3	OHŘEV LOŽISKA	0
1	PM1.4	MONTÁŽ LOŽISKA DO PŘÍRUBY	4
1	PM1.5	MONTÁŽ PODSKUPINY PM1.2 DO BĚHOUNU	6
1	PM1.6	MONTÁŽ PODSKUPINY PM1.4 DO BĚHOUNU	8
1	PM1.7	MONTÁŽ LOŽISKA, GUFERA A KROUŽKU DO PŘÍRUBY	8
1	PM1.8	MONTÁŽ PODSKUPINY PM1.7 NA HŘÍDEL A TĚSNĚNÍ	5
	Celkem 1ks PM1		<b>30</b>
	Celkem 2ks PM1		<b>60</b>
	P1	<b>MONTÁŽ PODVOZKU</b>	
2	P1.1	PŘÍPRAVA, MANIPULACE S BĚHOUNY	8
2	P1.2	MONTÁŽ BOČNICE L - SPOJENÍ S BĚHOUNY	8
2	P1.3	MONTÁŽ VIBRÁTORU NA BOČNICI L	12
2	P1.4	MONTÁŽ ŠKRABÁKŮ	8
2	P1.5	MONTÁŽ BOČNICE P - SPOJENÍ S BĚHOUNY, VIBRÁTOREM A ŠKRABÁKY	8
2	P1.6	ZAJIŠTĚNÍ A UTAŽENÍ ŠROUBOVÝCH SPOJŮ	8
	Celkem P1		<b>52</b>
	PM2.1	<b>VIBRÁTOR</b>	
3	PM2.1.1	MONTÁŽ VNĚJŠÍCH KROUŽKŮ LOŽISEK DO TĚLESA VIBRÁTORU	6
3	PM2.1.2	MONTÁŽ VNITŘNÍCH KROUŽKŮ LOŽISEK NA HŘÍDEL VIBRÁTORU	4
3	PM2.1.3	MONTÁŽ HŘÍDELE (PODSKUPINY PM2.2) DO TĚLESA (PODSKUPINA PM2.1)	5
3	PM2.1.4	MONTÁŽ VÍČKA	3
3	PM2.1.5	MONTÁŽ SPOJKY NA MOTOR VIBRÁTORU	3
3	PM2.1.6	MONTÁŽ VÍČKA MOTORU	3
3	PM2.1.7	MONTÁŽ ŠROUBENÍ NA MOTOR VIBRÁTORU (PODSKUPINA PM2.5)	3
3	PM2.1.8	MONTÁŽ MOTORU VIBRÁTORU SE ŠROUBENÍM (PODSKUPINA PM2.7) NA TĚLESO	3
	PM2.2	<b>ZÁKLADOVÁ DESKA S MOTOREM</b>	
3	PM2.2.1	MONTÁŽ SPOJKY NA MOTOR	8
3	PM2.2.2	MONTÁŽ PÍSTOVÉHO ČERPADLA NA MOTOR (PODSKUPINA PM3.1)	4
3	PM2.2.3	MONTÁŽ ZUBOVÉHO ČERPADLA NA MOTOR (PODSKUPINA PM3.2)	4
3	PM2.2.4	MONTÁŽ MOTORU (PODSKUPINA PM3.4) NA ZÁKLADOVOU DESKU	14
	Celkem PM2		<b>60</b>
	P3	<b>MONTÁŽ STROJE A ČÁST HYDRAULIKY Z 1. FÁZE</b>	

4	P3.1	MONTÁŽ HADIC HYDRAULIKY	16
4	P3.2	OSAZENÍ PODVOZKU (PODSKUPINA P1) SILENTBLOKY, USAZENÍ ZÁKLADOVÉ DESKY S MOTOREM (PODSKUPINA PM3), MONTÁŽ "PADÁKŮ"	24
4	P3.3	MONTÁŽ RÁMU	8
4	P3.4	MONTÁŽ OLEJOVÉ NÁDRŽE, CHLADIČE OLEJE A OLEJOVÉHO FILTRU	12
Celkem P3			<b>60</b>
P4		<b>MONTÁŽ HYDRAULIKY 2. FÁZE + ČÁST Z 1. FÁZE</b>	
5	P4.1	MONTÁŽ HADIC HYDRAULIKY - 1. FÁZE	15
5	P4.2	MONTÁŽ HADIC HYDRAULIKY - 2. FÁZE	20
5	P4.3	MONTÁŽ PÁSKY A PŘÍCHYTEK HADIC	10
Celkem P3			<b>45</b>
P4		<b>MONTÁŽ RAMENE A ELEKTROINSTALACE</b>	
6	P4.1	MONTÁŽ OVLÁDACÍCH RAMENE, ZAPOJENÍ A NASTAVENÍ BOWDENŮ	25
6	P4.2	MONTÁŽ DRŽÁKU BATERIE, BATERIE	8
6	P4.3	MONTÁŽ SPÍNACÍ SKŘÍŇKY	4
6	P4.4	MONTÁŽ KABELÁŽE, SPON A PŘÍCHYTEK, ZAPOJENÍ ELEKTROINSTALACE	8
Celkem P4			<b>45</b>
P5		<b>MONTÁŽ STROJE - DOKONČENÍ, KONTROLA</b>	
7	P5.1	MONTÁŽ TRUBEK A ROZVODU HADIC PRO SKRÁPĚNÍ BĚHOUNŮ	10
7	P5.2	MONTÁŽ VODNÍ NÁDRŽE	10
7	P5.3	MONTÁŽ KRYTOVÁNÍ STROJE A KONTROLA	30
Celkem P5			<b>50</b>

**Tab. 6.2 Optimalizovaný návrh operací**



**Graf 6.2 Časová náročnost optimalizovaného návrhu**

Na grafu 6.2 můžeme vidět, že po optimalizaci návrhu operací časová náročnost jednotlivých pracovišť respektuje stanovený cyklový čas 60 minut a žádné pracoviště nepřekračuje tuto hodnotu. Největší prostoje pravděpodobně budou nastávat na pracovištích montáže ramene a elektroinstalace a pracovišti na montáži hydrauliky. Prostorový čas pracovníci těchto pracovišť mohou využít úklidem, pomocí na jiném pracovišti či přípravou montovaných komponent. Celkový výrobní čas vibračního válce po sečtení jednotlivých časů pracovišť je **327 minut**. Do celkového výrobního času není počítán čas pracoviště montáže běhounu z důvodu paralelního pracoviště.

Na pracovišti montáže běhounu budou pracovat dva montážní pracovníci, aby bylo docíleno stanoveného taktu linky. Na ostatních pracovištích bude vždy jen jeden montážní pracovník.

<b>Počet pracovníků v původním návrhu</b>	<b>14</b>
<b>Počet pracovníků po optimalizaci</b>	<b>8</b>

**Tab. 6.3 Optimalizovaný počet pracovníků**

Z tabulky 6.3 vyplývá, že optimalizací návrhu operací bylo ušetřeno **6 montážních pracovníků**.

Optimalizovaný návrh byl následně prezentován ve společnosti Airpower s.r.o., kde byl diskutován a schválen. Při schůzce bylo domluveno, že tento návrh bude použit v rámci testovací předmontáže, která bude probíhat v půlce května.

### 6.3 Vyhodnocení návrhu

Úkolem páté kapitoly bylo vytvořit návrh rozložení pracovních operací, tak aby byl splněn zákaznický požadavek.

Byl vytvořen prvotní návrh, který stanovil technologické kroky s jednotlivými časy, takto určené technologické kroky byly rozděleny do pracovišť. Prvotní návrh byl optimalizován, protože naprosto nevyhovoval zákaznickému požadavku. Během balancování bylo potřeba přeskupit jednotlivé operace.

	<b>Celkový výrobní čas vibračního válce [min]</b>
<b>Prvotní návrh</b>	540
<b>Optimalizovaný návrh</b>	327
<b>Úspora času</b>	<b>-213</b>

**Tab. 6.4 Celkové výrobní časy**

Dle tabulky 6.4 byl celkový výrobní čas oproti původnímu návrhu zkrácen o 213 minut na 327 minut. Důvod takto velké úspory vznikl tím, že bylo zavedeno paralelní pracoviště, budou navrženy přípravky pro lepší manipulaci a budou nakoupeny momentové pneumatické utahováky.

Pokud bychom chtěli zjistit efektivitu využití času optimalizované montážní linky, lze snadno vypočítat z poměru mezi celkovým výrobním časem a disponibilním časem montážní linky.

$$Efektivita = \frac{\text{využitý výrobní čas linky}}{\text{disponibilní čas linky}} \cdot 100 = \frac{327}{60 \cdot 7} \cdot 100 = \frac{327}{420} \cdot 100 = 77,86\%$$

Byl vytvořen optimalizovaný návrh, který respektuje požadavek zákazníka, a jeho časy nepřekračují stanovený takt linky. Oproti prvotnímu návrhu bylo ušetřeno **6 montážních pracovníků**. Také bylo docíleno úspory na celkovém výrobním čase vibračního válce a to **213 minut**. Byla vypočtena efektivita optimalizovaného návrhu montážní linky na **77,86%**.

## 7 Návrh prostorového řešení

Po zmapování současného stavu a vytvoření optimalizovaného návrhu rozložení operací s rozdělením do pracovišť máme všechny potřebné informace, které jsou potřeba k návrhu prostorového uspořádání. Také byl získán kusovník vibračního válce. Kusovník byl použit k lepšímu přehledu potřeby komponent na pracovišti s ohledem na jejich rozměry. Tato potřeba byla zohledněna v prostorovém řešení. Kusovník nebude uveden jak v tomto projektu, tak ani v diplomové práci, protože si to společnost Airpower s.r.o. nepřije z důvodu know-how.

Pro zobrazení návrhu prostorového uspořádání nové montážní linky bude vycházeno z již hotového tzv. layoutu. Layout představuje grafické rozvržení. Ve výrobním podniku layoutem myslíme prostorové uspořádání výrobního systému, haly, závodu. Layout zobrazuje návrh prostorového uspořádání jednotlivých pracovišť a definuje dopravní cesty. Návrh prostorového řešení byl vypracován s pomocí digitální podpory. V tomto případě byl použit software visTable. Tento program je stručně popsán v kapitole: 6.1 Vistable.

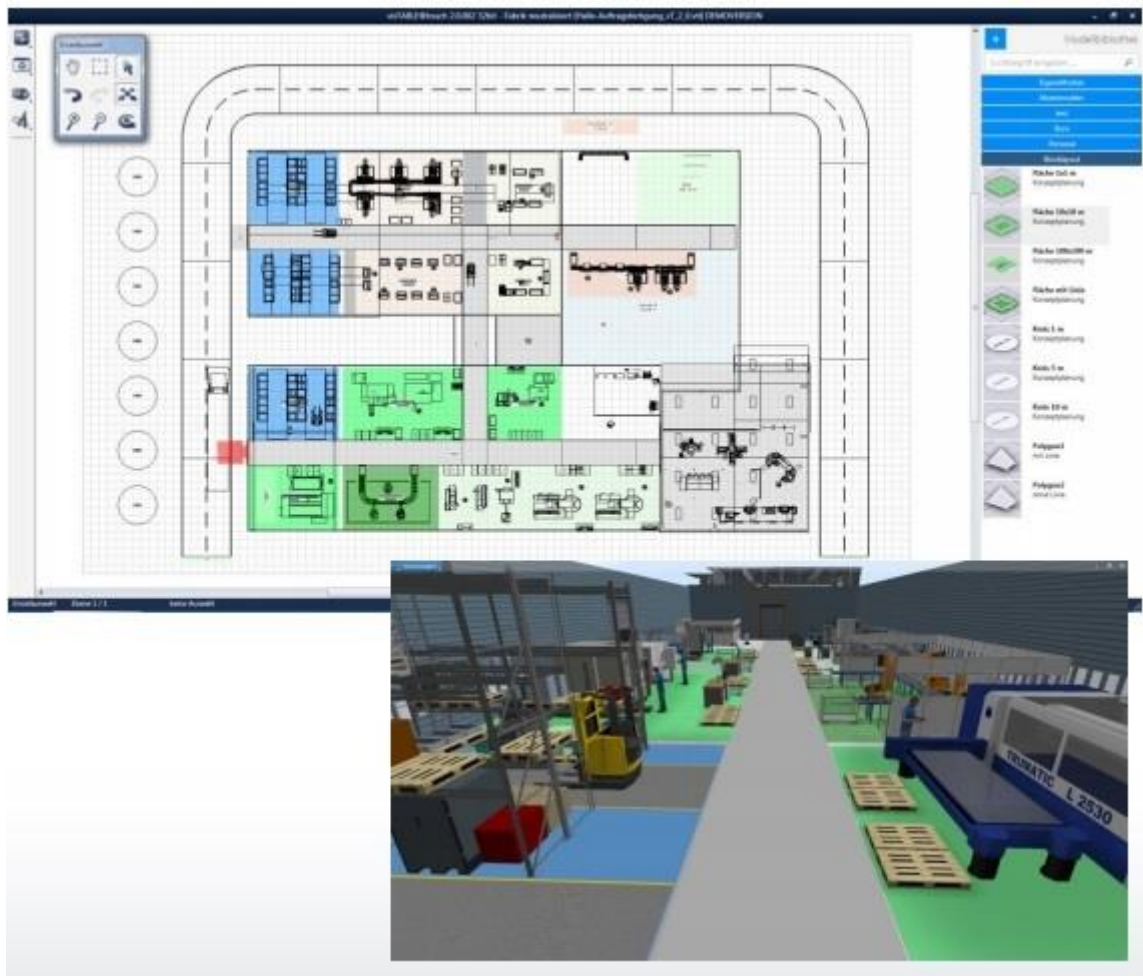
Výstupem kapitoly 6 bude 3D model layoutu montážní linky pro vibrační válec, který bude zasazen do již hotového layoutu výrobně – montážní haly.

### 7.1 Vistable

Pro řešení vizualizace byl použit software visTable. Tento softwarový produkt dodává a vyvíjí německá společnost Plavis GmbH. Je charakteristický svým jednoduchým ovládním, i přes jednoduché ovládním tento program zahrnuje aplikace, které projektant či průmyslový inženýr potřebuje k vytvoření prostorovému uspořádání. Ilustrativní ukázka z programu visTable viz Obr. 7.1.

V softwaru visTable jsou především podporovány následující aktivity [38]:

- Návrh dispozičního řešení v projektovém týmu;
- vytváření analýz toku materiálu;
- pružnou adaptaci výroby na komerční a inovační změny;
- týmově propracovány detailní návrhy prostorových struktur;
- přezkoušení a dodržení minimálních vzdáleností;
- vyhodnocení dispozičního řešení.



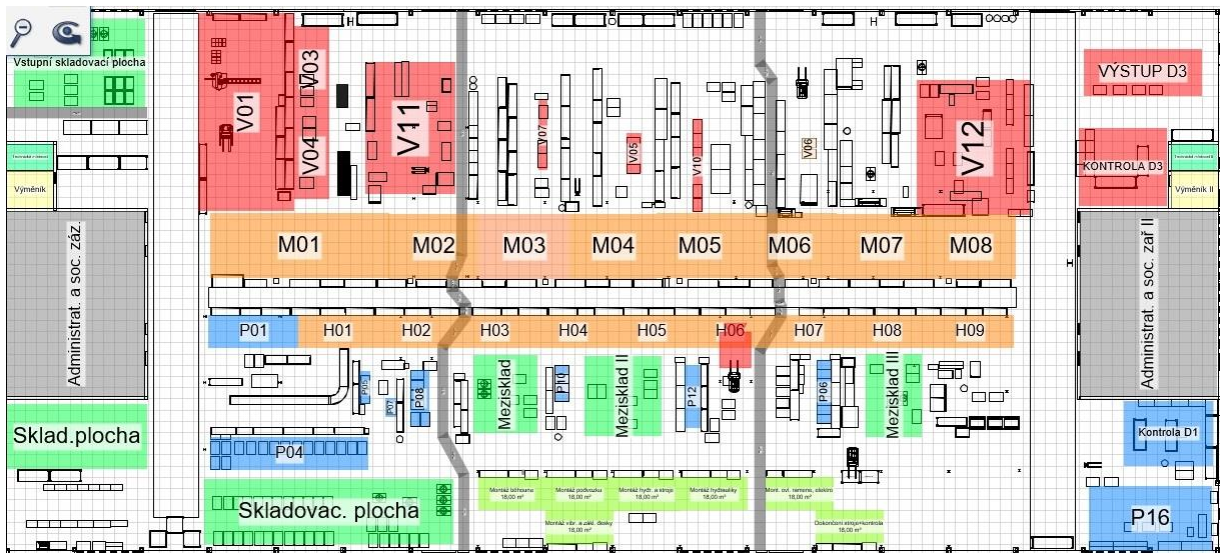
Obr. 7.1: Ilustrativní obrázek ze softwaru visTable [39]

## 7.2 Návrh prostorového řešení

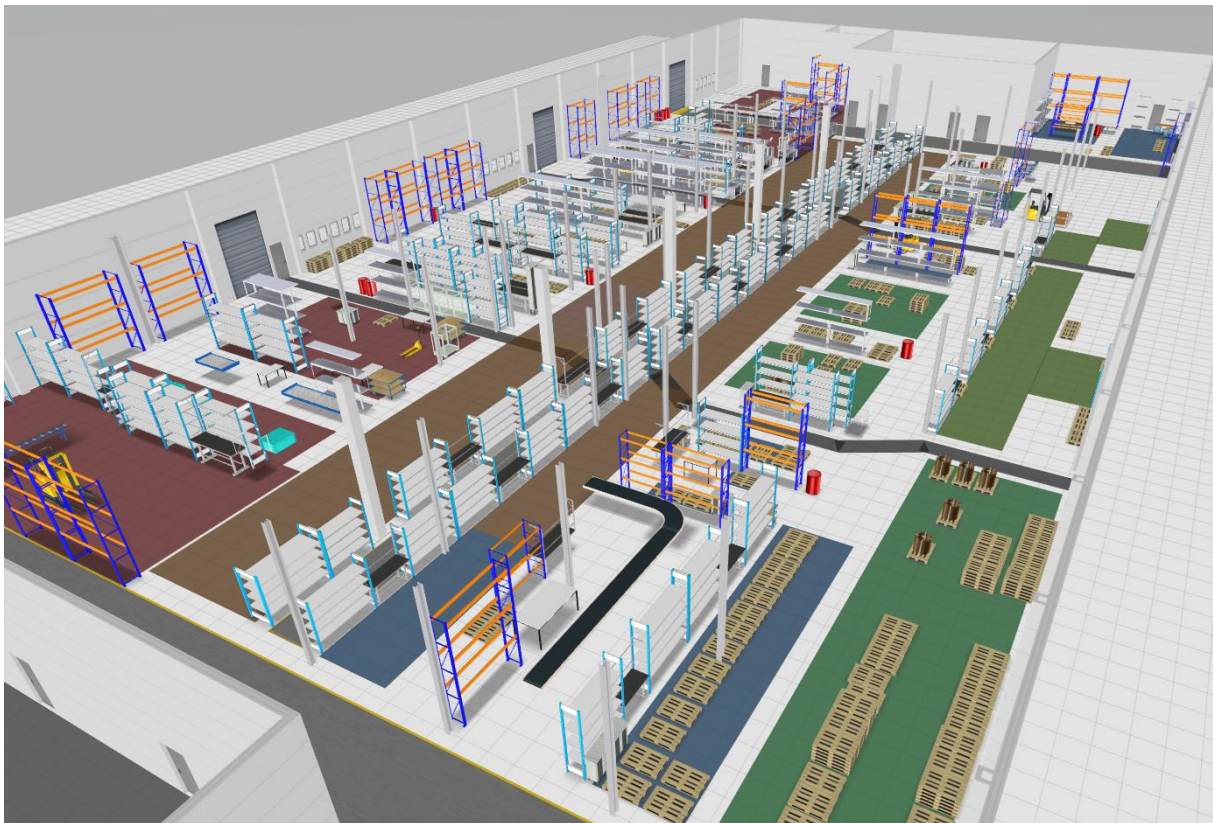
Pro zkeslení layoutu byla použita knihovna modelů, kterou disponuje software visTable. Knihovna nabízí veškeré vybavení, zdi, regálů, skříní, manipulačních zařízení apod. Nespornou výhodou programu visTable je, že vše co se zakreslí do 2D modelu, ihned můžeme zkontrolovat ve 3D vizualizaci. V této kapitole byly také popsány jednotlivé pracoviště s ohledem na montované komponenty.

Níže na Obr. 7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7 jsou znázorněny jednotlivé vizualizace budoucího stavu.





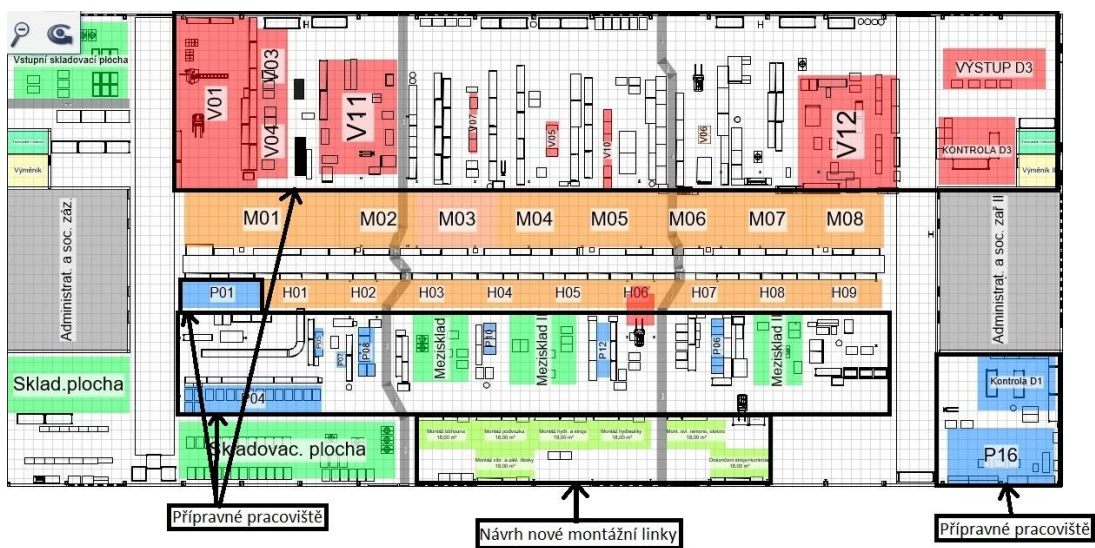
Obr. 7.2: Budoucí stav - 2D layout



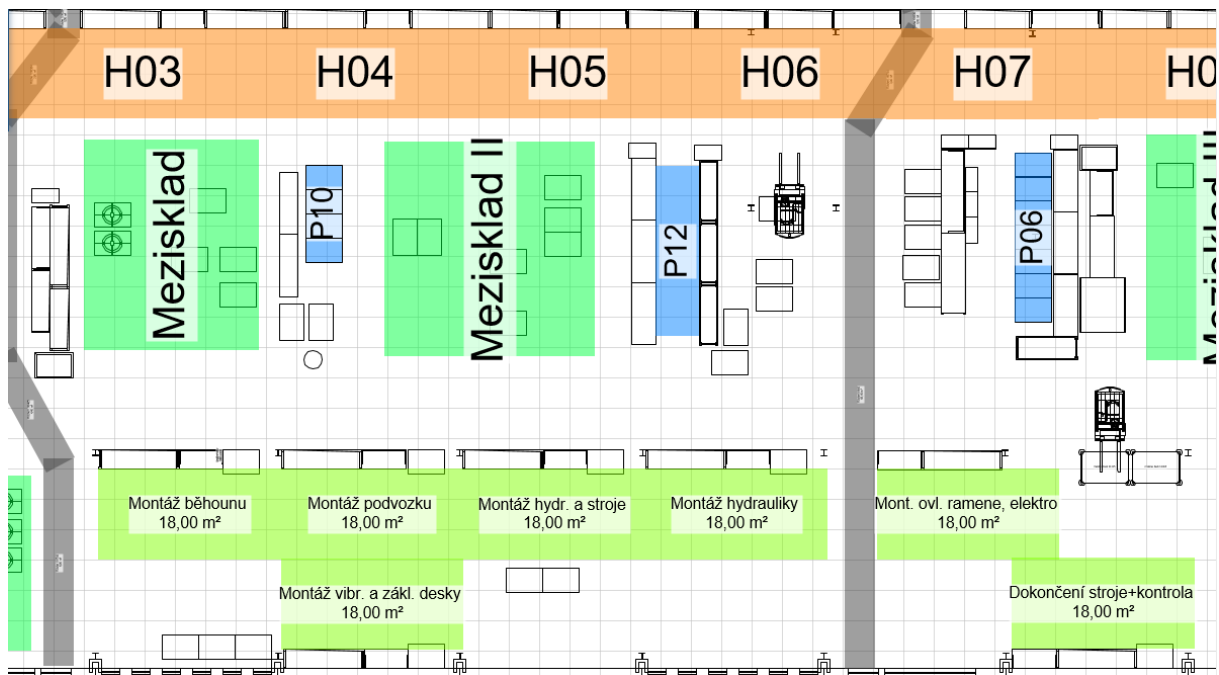
Obr. 7.3: Budoucí stav - 3D vizualizace



Obr. 7.4: Budoucí stav - letecký pohled



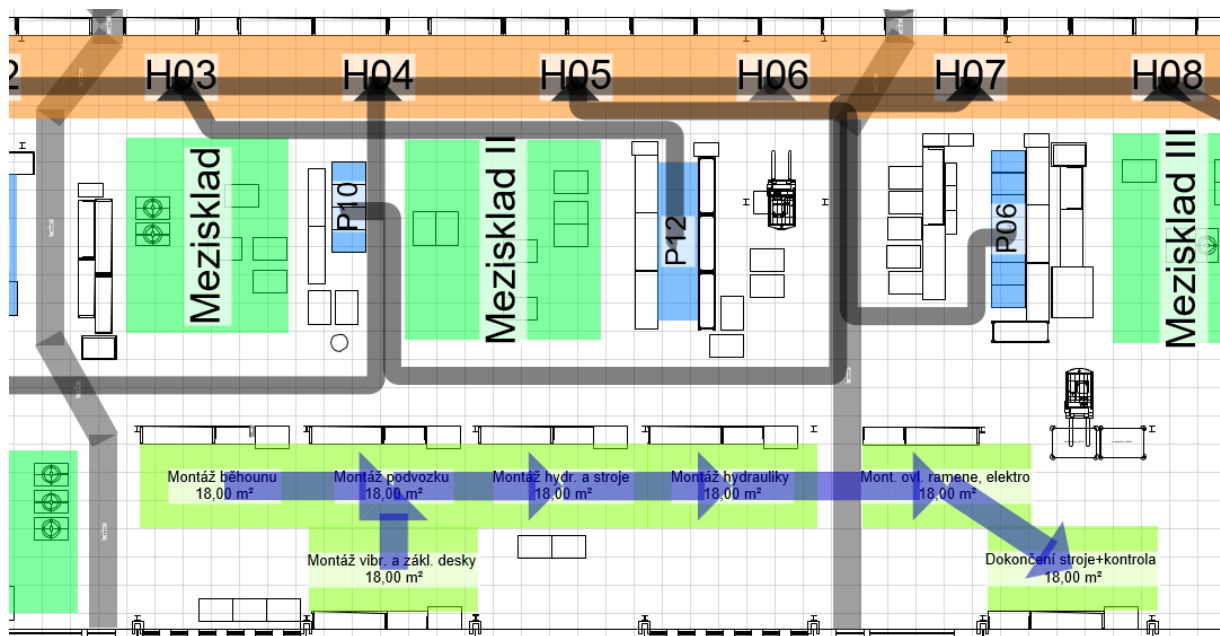
Obr. 7.5: 2D layout - popis částí haly



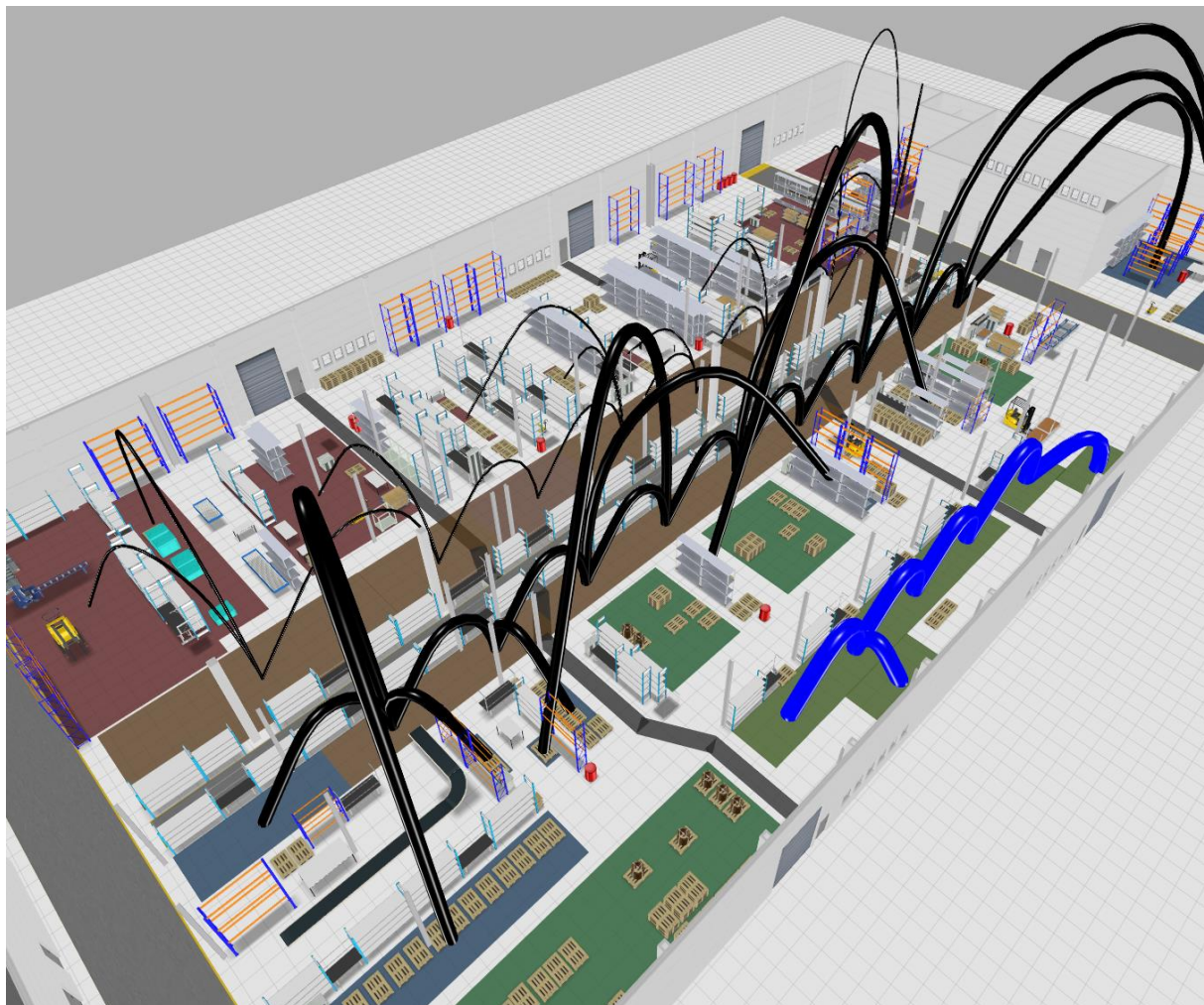
Obr. 7.6: 2D layout - detailní pohled



Obr. 7.7: 3D vizualizace - detailní pohled na montážní linku



Obr. 7.8 2D layout - materiálové toky



Obr. 7.9 3D layout - materiálové toky

### 7.2.1 Pracoviště montáže vibrátoru a základové desky s motorem

Zde se připravují dvě komponenty vibrátor a základová deska s motorem.

#### Vibrátor

Nedříve si pracovník připraví ložiska, hřídel, těleso vibrátoru, víčka, spojku a motor vibrátoru.

Následně pracovník provede montáž ložisek na hřídel a do tělesa vibrátoru. Následně provede montáž připravené hřídele vibrátoru do tělesa vibrátoru. Poté vibrátor uzavře víčkem.

Dále si pracovník musí připravit motor vibrátoru, na který se montuje víčko, spojka a šroubení motoru vibrátoru. Takto připravený motor je montován na vibrátor.

#### Základová deska s motorem

Jako první se musí předpřipravit motor, který se vystrojený připevní k základové desce.

Nejdříve si pracovník připraví spojku, pístové čerpadlo, zubové čerpadlo. Po připravení těchto komponent dochází k montáži na motor v tomto pořadí: spojka motoru, pístové čerpadlo, zubové čerpadlo. Po vystrojení motoru dochází k připevnění k základové desce.

### 7.2.2 Pracoviště montáže běhounů

Na pracovišti montáže běhounu je zajišťována montáž dvou běhounů, které jsou potřeba na vyrobení jednoho vibračního válce:

Montáž začíná odebráním příruby z regálu a namontováním na hydromotor. Následně si pracovník odebere ložisko z regálu a dá ho nahřívát. Mezitím co se nahřívá ložisko, pracovník si vezme z regálu druhou přírub a zajistí její montáž na hydromotor. Po nahřátí ložiska ho nasadí do příruby. Následně hydromotor s přírubami bude namontován do běhounu. Poté se běhoun otočí. Po manipulaci s běhounem si pracovník odebere ložiska, gufera, těsnícího kroužku a příruby z regálu a provede jejich montáž na přírubu. Po montáži pracovník zajistí nasazení předmontované příruby na hřídel. Takto připravenou hřídel namontujeme na běhoun. Následně vezme víčko a 4 šrouby a přišroubuje víčko na přírubu. Takto je připravený běhoun k dalším operacím. Jelikož na vibrační válec je potřeba dvou běhounů, stejným způsobem se připraví i druhý běhoun.

### 7.2.3 Pracoviště montáže podvozku

Běhouny si připraví pracovník na správnou rozteč. Poté běhouny spojí pomocí bočnic. Následně pracovník vezme předpřipravený vibrátor a připevní jej k bočnicím. Poté si vezme z regálu škrabáky a provede jejich montáž. Závěrem pracovník všechny šroubové spoje zkontroluje a případně dotáhne.

### 7.2.4 Pracoviště montáže hydrauliky a stroje

Toto pracoviště využívá především komponenty již vystrojené. Pracovník si připraví silentbloky a provede jejich montáž na podvozek, jeho montáž byla popsána v kapitole 6.2.3. Po osazení si montážní pracovník vezme z regálu hydraulické hadice a propojí vibrátor s běhouny a připraví vývody skrz základovou desku.

Na takto připravený podvozek pracovník usadí základovou desku s motorem. Následně provede pracovník montáž rámu, olejového chladiče a olejového filtru.

### 7.2.5 Pracoviště montáže hydrauliky

Pracovník si připraví hydraulické hadice z regálu. Namontuje hadice na vibrátor, protáhne otvory základové desky a propojí vibrátor s olejovým filtrem. Následně propojí hydraulickými hadicemi všechny potřebné komponenty: čerpadla, chladiče, motor.

### 7.2.6 Pracoviště montáže ovládacího ramene a elektroinstalace

Zde pracovník provádí montáž ovládacího ramene, které klade svým rozměrem velkou potřebu místa pro manipulaci. Po připojení ramene ke stroji pracovník musí zapojit a nastavit bowdены pro ovládání, které propojí s motorem. Poté pracovník provede montáž držáku baterie a namontuje samotnou baterii. Namontuje spínací skříňku a propojí baterii s motorem a připojí kabeláž také i montované ovládací rameno. Všechnu kabeláž elegantně přichytí do spon a různých příchytěk.

### 7.2.7 Pracoviště dokončení stroje a kontrola

Na tomto pracovišti je prováděna montáž trubek a rozvodu hadic pro skrápění běhounů. Po montáži hadic je montována vodní nádrž a následně krytování stroje.

Takto je vibrační válec připraven pro následné předání oddělení logistiky, která montážní válec bude dále expedovat k zákazníkovi.

## 7.3 Zhodnocení návrhu prostorového řešení

Na základě technologického návrhu operací byly rozmístěny pracoviště. Na pracovištích bude probíhat zejména montáž. S ohledem na provádění montáže větších komponent byly navrženy rozměry pracovišť v podobě obdélníku s délkou 6 m a šířkou 3 m. Z toho vyplývá, že každé pracoviště má k dispozici 18 m<sup>2</sup>.

Pracoviště	Velikost pracoviště [m <sup>2</sup> ]
Montáž vibrátoru a základové desky	18
Montáž běhounu	18
Montáž podvozku	18
Montáž hydrauliky a stroje	18
Montáž hydrauliky	18
Montáž ramene a elektroinstalace	18
Dokončení stroje + kontrola	18
<b>Celkem</b>	<b>126</b>

Tab. 7.1 Velikost pracovišť

Z tabulky 7.1 bylo vypočteno, že návrh budoucí montážní linky zabere **126 m<sup>2</sup>**.

Na výrobu bylo vyhrazeno celkem 467 m<sup>2</sup>. Návrhem prostorového řešení bylo zabráno jen vyhrazené místo A. Návrh prostorového řešení využívá 126 m<sup>2</sup>. Návrhem bylo využito 27% z vyhrazeného místa, viz graf 3. Uspořené místo lze využít pro skladování, manipulaci či přípravu materiálu pro montážní linku.

	<b>Velikost prostoru[m<sup>2</sup>]</b>
<b>Vyhrazeného prostoru</b>	467
<b>Využito</b>	126
<b>Nevyužitá plocha</b>	<b>341</b>

**Tab. 7.2 Využití místa**



**Graf 7.1: Využití místa**

Na každém pracovišti byl použit regál a stůl pro uložení náradí a lepší manipulaci s komponenty, viz Obrázek 7.7. Také k montážní lince musí být přiveden vzduch pro zajištění pneumatických pistolí.

<b>Název předmětu</b>	<b>Počet</b>
<b>Regál</b>	7
<b>Stůl</b>	7

**Tab. 7.3 Seznam použitých předmětů**

## 8 Závěr

Diplomová práce je zaměřena na výrobní procesy, zejména na návrh nové montážní linky pro sériovou výrobu vibračních válců ve společnosti AIR POWER s.r.o. Hlavním cílem bylo vytvořit montážní postup a vytvoření návrhu dispozičního řešení s jeho následnou vizualizací v softwaru visTable.

V teoretické části diplomové práce se zaměřuji na vysvětlení pojmů výroby, šíhle výroby a plýtvání. Dále popisuji metody průmyslového inženýrství používané společností AIR POWER s.r.o., přehled dispozičních řešení a ergonomii na pracovišti.

V praktické části byla popsána krátce společnost AIR POWER s.r.o. se sídlem v Plzni. Následně bylo provedeno zmapování současného stavu. V rámci mapování byla popsána jedna výrobní linka, která vyrábí rozměrově a hmotnostně podobné výrobky a bylo zmapováno a změřeno vyhrazené místo s velikostí 467 m<sup>2</sup>, které bylo určeno pro návrh nové montážní linky. Po takto definovaném místě byly vypočteny kapacitní propočty s ohledem na uspokojení zákaznické potřeby. Aby byl splněn zákaznický požadavek, je nutné, aby takt nové montážní linky byl stanoven na 60 minut. Následně byly stanoveny technologicky nutné operace k výrobě vibračního válce a byla stanovena jejich časová náročnost kvalifikovaným odhadem konstruktéry, kteří měli zkušenosti s montáží a vývojem vibračního válce. Prvotní návrh technologicky nutných operací byl následně optimalizován, protože nevyhovoval zákaznickému požadavku. Optimalizovaný návrh operací sloužil jako předloha návrhu prostorového řešení.

Cílem a výstupem této diplomové práce je návrh prostorového uspořádání (z celkově vymezené plochy 467 m<sup>2</sup>, bylo využito pouze 126 m<sup>2</sup>, viz Graf 7.1) a 3D vizualizace nové montážní linky, která byla zasazena do poskytnutého modelu.

Společnost AIR POWER s.r.o. je stále se rozvíjející společností a hledá další nové zákazníky. Ušetřené místo ve výrobě může být použito na nové pilotní projekty, které do této společnosti přicházejí.



## 9 Seznam literatury

- [1] Štíhlý podnik. *Svět produktivity* [online] [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/metodika-stihly-podnik.htm/>
- [2] DANĚK, Jan a Miroslav PLEVNÝ. *Výrobní a logistické systémy*. Plzeň: Západočeská univerzita, 2005. ISBN 80-7043-416-3.
- [3] *Co je logistický řetězec* [online]. Dlprofi, 2017 [cit. 2018-12-02]. Dostupné z: [https://www.dlprofi.cz/33/co-je-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkKpRnC\\_\\_SJUXjgxmGEppYM/](https://www.dlprofi.cz/33/co-je-logisticky-retezec-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EkKpRnC__SJUXjgxmGEppYM/)
- [4] Štíhlá výroba - lean - IPA Slovník - IPA Czech. *Firemní vzdělávání, Inovace, Strategický rozvoj, Výrobní management, Optimalizace výroby, Soft skills - IPA Czech* [online]. Copyright © 2012 [cit. 16. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/stihla-vyroba-lean>
- [5] Možnosti průmyslového inženýrství, *Moderní řízení*, [online]. Copyright © [cit. 20. 11. 2018]. Dostupné z: <https://modernirizeni.ihned.cz/c1-19494840-moznosti-prumysloveho-inzenyrstvi>
- [6] Mašín, I., Košturiak, J. a Debnár, P. Zlepšování nevýrobních procesů: Úvodní program pro servisní a procesní týmy. Liberec, Institut technologií a managementu s.r.o., 2007, str. 134. ISBN 80-903533-3-9
- [7] DMAIC - cyklus zlepšování (Improvement Cycle) - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 20. 11. 2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cyklus-zlepsovani>
- [8] Moodle katedry informačních a komunikačních technologií. *KIK*. [online]. 11. 11. 2016 [cit. 2018-02-12]. Dostupné z: [http://kik.osu.cz/moodle/pluginfile.php/2136/mod\\_resource/content/1/Logistick%C3%A9%20technologie%20-%20studijn%C3%AD%20materi%C3%A1l.pdf](http://kik.osu.cz/moodle/pluginfile.php/2136/mod_resource/content/1/Logistick%C3%A9%20technologie%20-%20studijn%C3%AD%20materi%C3%A1l.pdf)
- [9] AC Forum - Milk Run – zaklínadlo efektivní logistiky. *Object moved* [online] [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.autocont.cz/forum/Blogy/AC-Industry/Brezen-2017/Milk-Run-%E2%80%93-zaklinadlo-efektivni-logistiky>
- [10] Qué es Milk Round / Milk Run? - MTM Ingenieros. *Especialistas en organización industrial y formación en las técnicas MTM de estudio del trabajo*. [online]. Copyright © 2017 mtm ingenieros para la mejora continua. S.L. [cit. 02. 12. 2018]. Dostupné z: <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-milk-round-milk-run/>
- [11] CIE-Group | průmyslové inženýrství | vzdělávání | lidské zdroje. *CIE-Group / průmyslové inženýrství | vzdělávání | lidské zdroje* [online]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody/tok-jednoho-kusu/>
- [12] Verification of "One-piece Flow Production" | LEXER. *LEXER* [online]. Copyright © LEXER RESEARCH Inc. All rights reserved. [cit. 02. 12. 2018]. Dostupné z: <http://www.lexer.co.jp/en/case/verification-of-one-piece-flow-production>
- [13] JIT (Just-in-time) - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/just-in-time>

- [14] 5S - pořádek na pracovišti - Vlastní cesta. *Sít' poradců - praktických odborníků - Vlastní cesta* [online] [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.vlastnicesta.cz/metody/5s-poradek-na-pracovisti/>
- [15] 5S. *Svět produktivity* [online] [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>
- [16] TQM - Totální řízení kvality - IPA Slovník - IPA Czech. *Firemní vzdělávání, Inovace, Strategický rozvoj, Výrobní manažment, Optimalizace výroby, Soft skills - IPA Czech* [online]. Copyright © 2012 [cit. 27. 11. 2018]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/tqm-totalni-řízení-kvality>
- [17] Total Quality Management (TQM) - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 27. 11. 2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/total-quality-management>
- [18] Kaizen v praxi. *Svět produktivity* [online] [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: [http://www.svetproduktivity.cz/clanek/kaizen\\_v\\_praxi.htm](http://www.svetproduktivity.cz/clanek/kaizen_v_praxi.htm)
- [19] *Úvodní strana - LEAN-FABRIKA* [online] [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: [http://www.lean-fabrika.cz/terminologie/kaizen#.W\\_2pYeKLqUk](http://www.lean-fabrika.cz/terminologie/kaizen#.W_2pYeKLqUk)
- [20] HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. 3.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6
- [21] DUCHEK, Vladimír. Přednášky z předmětu Projektování výrobních systémů. *Dispoziční řešení*. KTO/PRVS. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní.
- [22] Obecné zásady při projektování výrobních buněk. *Svět produktivity* [online]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/clanek/Obecne-zasady-pri-projektovani-vyrobnich-bunek.htm>
- [23] BUREŠ, Marek. Přednášky z předmětu Řízení a organizace práce. *Ergonomie pracoviště*. KPV/ŘOP. Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní.
- [24] *O nás - Air Power* [online], [cit. 25. 11. 2018]. Dostupné z: <http://www.airpower.cz/#article116>
- [25] Elektrocentrály a generátory Doosan. Výkon, kterému můžete důvěřovat! | BOBCAT.CZ. *BOBCAT.CZ | Stavební stroje Bobcat Doosan* [online]. Copyright © 2010 [cit. 04. 12. 2018]. Dostupné z: <https://www.bobcat.cz/elektrocentraly-generatory-doosan-vykon-kteremu-muzete-duverovat>
- [26] LÍBAL, Vladimír. *Organizace a řízení výroby*. 6. přepracované vydání. Praha: SNTL, ALfa, 1983. ISBN ISBN: 80-03-00050-5.
- [27] BUDA, Jan a Milan KOVÁČ. *Metodika projektovania výrobných procesov v strojarstve*. 2. vydanie. Bratislava: ALFA, 1990. ISBN ISBN 80-05-00234-3.
- [28] GREWAL, S. *Manufacturing process design and costing: an integrated approach*. New York: Springer, c2011. ISBN 978-0-85729-090-8.
- [29] SVOBODOVÁ, Hana a Jaromír VEBER. *Produktový a provozní management: Product and operation management*. Praha: Oeconomica, 2003. ISBN 80-245-0611-4.

[30] HORVÁTH, Gejza a Josef BASL. *Metodika řízení výroby základy*. Plzeň: ZČU Plzeň, 199., ISBN 80-708-2171-X

[31] CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů*. Žilina: Georg. ISBN 978-80-89401-26-0

[32] CIE-Group | průmyslové inženýrství | vzdělávání | lidské zdroje [online]. Dostupné z: <http://www.cie-group.cz/lexikon-metod-pi/metody>

[33] Six Sigma - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 20. 11. 2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/six-sigma>

[34] Moodle katedry informačních a komunikačních technologií. KIK. [online]. 11. 11. 2016 [cit.2018-20-11]. Dostupné z: [http://kik.osu.cz/moodle/pluginfile.php/2136/mod\\_resource/content/1/Logistick%C3%A9%20technologie%20-%20studijn%C3%AD%20materi%C3%A1l.pdf](http://kik.osu.cz/moodle/pluginfile.php/2136/mod_resource/content/1/Logistick%C3%A9%20technologie%20-%20studijn%C3%AD%20materi%C3%A1l.pdf)

[35] DMAIC - cyklus zlepšování (Improvement Cycle) - ManagementMania.com. [online]. Copyright © 2011 [cit. 02. 12. 2018]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/cyklus-zlepsovani>

[36] Slovník průmyslového inženýrství | BusinessInfo.cz. *BusinessInfo.cz - Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. Copyright © 1997 [cit. 16.03.2019]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/slovník-prumysloveho-inzenyrstvi-2797.html>

[37] ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE [online]. Copyright © [cit. 20.03.2019]. Dostupné z: [http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech\\_projekt/technologicke\\_projektovani\\_navody.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/tech_projekt/technologicke_projektovani_navody.pdf)

[38] VisTable. *Vítejte* [online]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/tvorba-prostoroveho-usporadani/vistable>

[39] *Kistenhubgerät Materialflussplanung Prüfarbeitsplatz Teleskophubsäule Bodenroller* [online]. Copyright © [cit. 13.04.2019]. Dostupné z: [https://asstec.net/fileadmin/user\\_upload/documents/touchtable/visTABLE-Kurzpraesentation.pdf](https://asstec.net/fileadmin/user_upload/documents/touchtable/visTABLE-Kurzpraesentation.pdf)