



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

# NÁVRH OPTIMALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PRACOVÍŠŤ V MALÉM STROJÍRENSKÉM PODNIKU

OPTIMAL LAYOUT PROPOSAL OF TECHNOLOGICAL WORKPLACES AT A SMALL  
MECHANICAL ENGINEERING COMPANY

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Martin Mohorko

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2017

## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	<b>Bc. Martin Mohorko</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	<b>Ing. Marek Štroner, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2016/17

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

### **Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Navrhnutí optimálního uspořádání technologických pracovišť ve zvoleném strojírenském podniku na základě již známé dispozice. Kritéria pro výsledné uspořádání by měla být v souladu s firemním vybavením a podnikovými cíli.

#### **Cíle diplomové práce:**

1. Analýza současného stavu firmy.
2. Kapacitní propočet haly na základě strojního vybavení.
3. Návrh uspořádání haly včetně dispozičního řešení.
4. Technicko-ekonomické hodnocení a volba vhodné varianty.

#### **Seznam literatury:**

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-214-3607-7.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: Vysoké učení technické, 1991.

KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. Technologické projekty a manipulace s materiálem. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.



SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989.

ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 3. 11. 2016



prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce je zaměřena na technologické projektování v malém podniku ENGITEC Motosport s.r.o. V první teoretické části práce je podrobně toto téma popsáno a rozebráno jak z hlediska ekonomického, tak i technického. V další části je popsán současný stav firmy potažmo výrobní haly i s ohledem na současné dispoziční řešení. V následujících kapitolách je vybrána typická součást v podobě pístu, který firma vyrábí a jsou navrženy tři různé varianty výroby pístu. Poté je vybrána jedna z nich, k níž jsou vztaženy veškeré kapacitní propočty. V závěrečné části práce je navrženo vhodné finální dispoziční řešení haly a nechybí ani technicko-ekonomické zhodnocení nejvýhodnější varianty.

### **Klíčová slova**

optimalizace, návrh, technologické projektování, strojní čas, výrobní postup, kapacitní propočet, materiálový tok, dispoziční řešení, pracoviště

## **ABSTRACT**

This master's thesis is focused on technological designing in a small company ENGITEC Motosport s.r.o. In first theoretical part of the thesis is this subject described in detail and analyzed in terms of economic and technical aspect. Next part describes the current state of the company and the production hall as well with keep on its current layout. In the following chapters is chosen piston-shaped component, which is manufactured by the company and three different variants of the piston production. Then one of them is selected, to which all related capacities calculations are made. In the final part of the thesis is proposed the relevant final layout of the hall and there is also the technical-economic evaluation of the most relevant variant included.

### **Key words**

optimization, layout, technological project, machine time, production process, capacitive calculation, material flow, layout solution, workplace

**BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

MOHORKO, M. *Návrh optimalizace technologických pracovišť v malém strojírenském podniku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 95 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Marek Štroner, Ph.D..

### **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **NÁVRH OPTIMALIZACE TECHNOLOGICKÝCH PRACOVÍŠŤ V MALÉM STROJÍRENSKÉM PODNIKU** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

25.5.2017

-----  
Datum

-----  
Bc. Martin Mohorko

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za jeho čas, ochotu, důležité rady, nápady a připomínky k mé diplomové práci. Dále bych rád poděkoval pánům z firmy ENGITEC Motorsport s.r.o. za cenné informace, rady, konzultace a možnost praxe v jejich firmě. Na závěr patří velké poděkování mé rodině a nejbližším za jejich podporu v průběhu celého studia.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	3
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	10
1 TEORETICKÁ ČÁST .....	11
1.1 Řízení podnikových procesů .....	11
1.2 Výrobní proces a jeho členění.....	11
1.3 Výrobní kapacita .....	14
1.4 Výrobní management .....	16
1.5 Podniková logistika a řízení toku materiálu logistikou.....	16
1.5.1 Řízení materiálového toku .....	17
1.6 Analýza procesů .....	18
2 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ.....	20
2.1 Makroprojektování .....	20
2.1.1 Analýza .....	20
2.1.2 Situování .....	20
2.1.3 Řešení generelu.....	21
2.1.4 Projektování výrobních seskupení (systémů) .....	22
2.2 Projekt výroby .....	23
2.3 Obecný princip sestavování návrhů projektu.....	24
2.4 Výběr objektu projektování.....	25
2.5 Rozbor výrobního systému závodu.....	26
2.5.1 Analýza součástkové základny .....	27
2.5.2 Analýza sortimentu a objemu výroby .....	27
2.5.3 Analýza toků materiálů.....	27
2.5.4 Analýza optimální velikosti výrobní dávky.....	30
2.6 Metody rozboru .....	31
2.7 Metody sestavování návrhů.....	32
2.8 Strojní vybavení z hlediska projektování .....	37
2.9 Druhy pracovišť .....	37
2.9.1 Možnosti rozmístění strojů a pracovišť .....	38
2.9.2 Zásady při rozmisťování strojů a zařízení .....	44
2.10 Kapacitní propočty .....	46



2.10.1	Výpočet časových fondů.....	47
	Efektivní časový fond ručního pracoviště (Er): .....	47
	Efektivní časový fond strojního pracoviště (Es):.....	47
	Efektivní časový fond dělníka (Ed): .....	47
2.10.2	Výpočet pracovišť.....	48
	Výpočet potřebného počtu ručních pracovišť .....	48
	Výpočet potřebného počtu strojních pracovišť .....	48
	Využití strojních a ručních pracovišť .....	48
2.10.3	Výpočet pracovníků .....	49
	Výpočet strojních a ručních dělníků .....	49
	Evidenční počet dělníků.....	50
	Počet pomocných dělníků .....	50
	Celkový počet evidenčních dělníků .....	50
	Pomocný a obslužný personál.....	50
	Inženýrsko-techničtí a administrativní pracovníci.....	51
	Celkový počet pracovníků .....	51
2.10.4	Výpočet ploch .....	51
	Výrobní plocha .....	51
	Pomocná podlahová plocha .....	52
	Celková provozní plocha .....	52
	Správní plocha .....	52
	Sociální plocha.....	52
	Celková plocha útvaru .....	53
2.11	Ergonomie a projektování .....	53
2.11.1	Rozměrové řešení pracoviště .....	53
2.11.2	Osvětlení na pracovišti.....	54
2.11.3	Barevné úpravy pracoviště.....	55
2.11.4	Hluk na pracovišti.....	55
2.11.5	Požární ochrana.....	55
2.11.6	Bezpečnost práce .....	55
3	ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU FIRMY .....	56
3.1	Představení podniku .....	56
3.2	Analýza stávajících tržních možností společnosti.....	57
3.3	SWOT analýza .....	57
3.4	Současná analýza výrobního objektu .....	58

3.5	Strojní vybavení firmy .....	59
3.6	Současná podoba pracovišť v hale .....	60
3.7	Výrobní program .....	61
3.8	Manipulace s materiálem .....	62
3.8.1	Skladové hospodářství .....	62
3.9	Rozvoj podniku v současné době .....	63
4	VOLBA PŘEDSTAVITELE VÝROBY .....	64
4.1	Postupový graf současné výroby pístu .....	67
5	NÁVRH NOVÝCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY PÍSTU .....	68
5.1	Výběr CNC soustružnického centra .....	69
5.2	Výběr CNC obráběcího centra .....	70
5.3	Zhodnocení navrhovaných technologií .....	72
5.4	Postupový graf nově navržené výrobní technologie .....	76
5.5	Šachovnicová tabulka výroby pístu .....	76
6	KAPACITNÍ PROPOČTY .....	78
6.1	Efektivní časové fondy v roce 2017 .....	78
6.2	Výpočet potřebného počtu strojních a ručních pracovišť .....	78
6.3	Výpočet strojních a ručních dělníků .....	80
6.4	Výpočet ploch .....	81
7	NÁVRH NOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠŤ V HALE .....	85
8	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ .....	87
8.1	Výpočet spotřeby materiálu podle nejvýhodnější 3. varianty .....	87
8.2	Kalkulace nákladů na realizaci návrhu .....	88
8.2.1	Jednorázově vynaložené investiční náklady na návrh .....	88
8.2.2	Úspora na výrobě pístu pomocí 3. varianty .....	89
8.2.3	Doba návratnosti investičních nákladů .....	89
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	91
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	93
	SEZNAM PŘÍLOH .....	95

## ÚVOD

Firma ENGITEC Motorsport s.r.o. je malý strojírenský podnik sídlící v Trojanovicích ve Frenštátě pod Radhoštěm, který je zaměřený na obrábění součástí zejména pro automobilový průmysl. Firma vyniká především kvalitní a přesnou výrobou. Jelikož firma disponuje poměrně zastaralým strojním vybavením, může být poptávka po její službách do jisté míry omezena a navíc je firma v některých případech závislá na spolupráci s jinými firmami.

Vzhledem k širokému výrobnímu sortimentu bude v práci zvolen představitel výroby, jak co se týče množství vyrobených kusů, tak i z hlediska materiálového toku. Součást je částečně vyráběna v kooperaci neboť ve firmě chybí vhodné zařízení pro soustružení této součásti, ale také popřípadě pro výrobu jiných produktů. A proto byly navrženy tři nové varianty optimalizace výrobního postupu. Posléze byla vybrána nejvhodnější varianta a to z hlediska doby výroby ale i z hlediska ekonomického. Ta s sebou nese zakoupení nového CNC stroje. S ohledem na zvolenou variantu budou v práci provedeny příslušné kapacitní propočty a posléze navrhnuo konečné dispoziční řešení výrobní haly, v němž již bude zakomponován nový CNC stroj potřebný pro výrobu zvolené součásti i dalších součástí. V závěru práce by mělo být provedeno technicko-ekonomické zhodnocení, v němž by se měly promítnout náklady a doba návratnosti navržené technologie výroby. Zvolení vhodného stroje, jenž může zajistit přesnou, rychlou a ekonomicky přívětivou výrobu je pro tak malou firmu jako je firma ENGITEC Motorsport s.r.o. velmi důležité.

# 1 TEORETICKÁ ČÁST

## 1.1 Řízení podnikových procesů

### Podnikové procesy

Podnikovým procesům můžeme rozumět jako souhrn činností přetvářející různé souhrny vstupů na souhrn výstupů za využití zdrojů, mezi něž patří pracovníci, stroje a další. Takovým příkladem podnikového procesu je například zakázkové řízení, které je zakončené přijetím nabídky podnikem zákazníkem. [1]

### Reengineering (BPR)

Jedná se o radikální rekonstrukci a přehodnocení procesů tak, aby mohlo být dosaženo dramatické zdokonalení z hlediska měření výkonnosti, jako jsou náklady, rychlost, kvalita a služby. Na začátku je definice rozsahu a nejdůležitějších cílů změny, poté detailní analýza zkoumaného předmětu. Následuje návrh samotné změny, díky které vznikne nová soustava procesů. Je třeba také vytvořit plán činností, které vedou ke konečné změně procesů a které pomáhají překonat rozdíl mezi aktuálním stavem a plánovaným budoucím nastavením procesů, jak z hlediska organizačního i technologického. Reengineering se nezabývá tím, co existuje, ale tím, co by mělo být. [2, 3]

## 1.2 Výrobní proces a jeho členění

Pojem výroba má dnes poměrně spoustu definic. Výrobu můžeme popsat jako proces vytváření výrobků nebo služeb za pomoci pracovní síly, technických prostředků, materiálu či informací. Z obecného hlediska je to jakákoliv činnost, která vytváří hodnotu pro zákazníka. Výrobní proces začíná zajištěním vstupu, který je díky transformačnímu procesu přeměněn na výstup. Nezbytnou součástí transformace vstupů jsou potřebné zdroje (výrobní faktory).

Výrobní faktory můžeme rozdělit do čtyř hlavních skupin: [4, 5]

- půda,
- práce,
- kapitál,
- informace.

Výrobní proces strojírenského závodu je daný souborem technologických, řídicích, kontrolních a manipulačních činností, jejichž úkolem je měnit tvar, složení, rozměry, spojení a jakost výchozích materiálů a polotovarů z hlediska požadovaných technicko-organizačních podmínek jednotlivých výrobků.

Z hlediska požadavků technologického projektování můžeme strojírenský výrobní proces (SVP) navrhovat např. podle vztahu: [4, 5]

- k výrobnímu programu nebo výrobku
- k charakteru realizovaných činností ve strojírenském výrobním procesu

SVP ve vztahu k výrobku můžeme rozdělit na: [4, 5]

- **hlavní výrobní proces**, který se zaměřuje na výrobu finálních výrobků určených k vývozu mimo strojírenský závod.
- **pomocný výrobní proces**, který se orientuje na výrobu výrobků, jež nepřecházejí do finálních výrobků (např. speciální přípravky, nástroje apod.).
- **obslužný (vedlejší) výrobní proces**, který pro SVP zajišťuje veškeré druhy nutných energií a služeb např. skladování, manipulaci s materiálem, expedici apod.

Z hlediska výrobního programu se SVP rozděluje na: [4, 5]

- hlavní, jehož náplní je základní výrobní program.
- doplňkový, umožňující lepší kapacitní vyřízení výrobních ploch a zařízení nebo materiálů.

Možností, jak můžeme výrobní proces rozdělit je mnoho. Tyto možnosti jsou zároveň kritéria, které ovlivňují průběh výroby. Výrobu lze tak rozdělit dle: [4, 6]

- **míry plynulosti technologického procesu:**

1. plynulá výroba (kontinuální) – technologický proces se nepřerušuje (např. hutní výroba, chemická výroba apod.),
2. přerušovaná výroba (diskrétní) – technologický proces je přerušován v případě uskutečnění netechnologického procesu, jako je např. upnutí a vyjmutí obrobku, výměna nástroje, doprava materiálu apod. Kvůli patrné různorodosti operací a velkého počtu současně vyráběných produktů je diskrétní výroba složitější než výroba plynulá. [4, 6]

- **typu výroby:**

1. kusová výroba - je typická tím, že jednotlivé kusy odlišné konstrukce se vyrábějí pouze jednou, většinou univerzálním nářadím a strojním vybavením. Strojní park se musí volit tak, aby umožňoval použití různých způsobů obrábění. Technologický postup je nahuštěn tak, aby na jednom stroji bylo provedeno co nejpočetnější množství operací. Vlivem různorodosti práce (nutnosti neustálého seřizování) a obtížné organizace práce je využití strojů v kusové výrobě nižší než ve výrobě sériové. Stroje jsou umístovány dle technologické příbuznosti. Je zde vyžadována kvalifikovaná pracovní síla. [4, 6]
2. sériová výroba – pro sériovou výrobu je charakteristické vyšší počet výrobků vyráběných v dávce. S ohledem na velikost a tvar výrobku se za malou sérii považuje výroba 5-50 kusů, do střední série se počítá výroba 50-500 kusů, velká série zahrnuje více jak 500 kusů. Technologický postup je navržen tak, aby se na každém pracovišti prováděl určitý (menší) počet operací. Stroje je možné již uspořádat předmětně do linek a jsou progresivnější. Řezné nářadí, upínače i měřidla jsou specializované, organizace a plánování výroby je (jsou) jednodušší. Kvalifikace pracovníků je nižší než u kusové výroby, naopak produktivita práce je zde vyšší. [4, 6]

3. hromadná výroba – uplatňuje se při výrobě velkého množství stejných výrobků (dílů). V technologických postupech jsou operace rozloženy tak, aby bylo možné každou operaci provádět na jednom pracovišti v určitém taktu. Stroje jsou jednoúčelové, specializované na provádění jedné jednoduché operace a jsou uspořádány v lince, která je dle předem připravených plánů zásobována náradím, materiálem, dokumentací. Jakákoliv změna technologie výroby nebo konstrukce vyvolává potřebu přestavby linky. Kvalifikace pracovníků je zde nízká, produktivita práce je vysoká. Až do návrhu jednotlivých pohybů, s využitím poznatků ergonomie, je postup práce na každém pracovišti řešen podrobně. Seřizování strojů provádějí kvalifikovaní odborníci. [4, 6]

- **formy organizace výrobního procesu:** [4, 6]

1. proudová výroba – je vybavena výrobními linkami a hromadně se vyrábí jeden popřípadě několik málo příbuzných výrobků.
2. skupinová výroba – v menších množstvích se vyrábí více druhů produktů. Z ekonomického hlediska se produkt nemůže vyrábět na lince.
3. fázová výroba – je charakterizována výrobou mnoha různých výrobků v malém množství u každého druhu.

- **charakteru technologie:** [4, 6]

mechanická výroba – vlastnosti látkové podstaty opracovaných materiálů a polotovarů se nemění, avšak materiál nebo polotovar mění svůj tvar a jakost (strojírenská výroba, stavební výroba apod.),

chemická výroba – způsobuje změny vlastností látkové podstaty surovin a materiálů,

biologická a biochemická výroba – využívá přírodní procesy jako např. zrání nebo kvašení. Mění se zde látková podstata surovin a materiálů (zemědělství, potravinářství apod.). [4, 6]

### **Navrhování výrobních procesů**

Složitost a rozmanitost výrobních metod, výrobků, variant organizace a řízení kladou velký nárok na úroveň výrobní dokumentace, díky které se do výrobních procesů přenáší nejnovější zásady a poznatky technicko-organizačního rozvoje. Probíhající změny výchozího materiálu v hotový výrobek je nutné přesně definovat jako jednotlivé části výrobního procesu. Předpis účelného počtu, pořadí a podmínek jednotlivých činností (prací) se nazývá **výrobní postup**, který je zároveň hlavním závazným dokumentem pro uskutečnění racionálního výrobního procesu. [5]

Výrobní postup obsahující pouze sled technologií (obrábění, tepelné zpracování apod.), které jsou nezbytné pro požadované změny v průběhu pracovního procesu, se nazývá **technologický postup**. Jako **pracovní postup** je označen předpis, který zahrnuje pouze činnosti pracovníka (především interní a externí montáž). Souhrn pracovního a technologického postupu tvoří **výrobní postup**, který má zaručit realizaci veškerých činností (technologických i pracovních) spojených se změnou výchozího materiálu nebo polotovaru ve výrobek ve správném časovém sledu a z hlediska technicko-organizačních a ekonomických podmínek racionálně. [5]



Účelem výrobního postupu (výrobní dokumentace) zpravidla je: [5]

- Navrhnout druh polotovaru, jeho výchozí rozměry, jeho vlastnosti, přídavky na obrábění apod.
- Stanovit počet a pořadí jednotlivých technologií nebo pracovních úkonů nutných pro dodržení veškerých podmínek, které jsou předepsané konstrukční dokumentací.
- Určit výrobní stroje a zařízení, navrhnout technologické vybavení pracovišť (nástroje, přípravky apod.) a také stanovit pracovní podmínky.
- Předepsat základní údaje pro plánování, organizaci a řízení výroby (např. normu času, pracovní tarif apod.), kvalifikaci pracovníků a odměňování.

Vstupní informace zejména z konstrukční, normativní a plánovací dokumentace slouží pro vypracování výrobní dokumentace. Technolog má k dispozici kromě těchto zmíněných dokumentů také různé metodické pomůcky jako jsou např. vzorové postupy a návody, třídníky, normativy časových a technologických podmínek apod. Výrobní postup je možné zpracovat ručním způsobem nebo pomocí výpočetní techniky. [5]

### 1.3 Výrobní kapacita

Výrobní kapacita je charakterizována jako maximální objem produkce, který může být výrobní jednotkou (závod, podnik, dílna) vyroben za určitou dobu (rok, den, hodina). Jedná se o schopnost výkonu zařízení nebo prostředku za normálních okolností po určitou dobu. [7]

Při výpočtech kapacity jde zejména o určení počtu strojů, pracovníků, dopravních a manipulačních prostředků, skladů a jejich kapacit. V souvislosti s vypočtenými kapacitami se posléze stanovují výrobní a pomocné plochy v dílně, požadavky na investice, energie apod.

Kapacita výrobní jednotky je závislá na několika činitelích a to hlavně na: [7]

- technické úrovni strojů a výrobního zařízení,
- době jejich činnosti,
- organizaci výroby,
- organizaci práce,
- použitých surovinách,
- kvalifikaci pracovníků.

Při kapacitních výpočtech bývá zvykem, že se uvažuje plné využití strojů, dělníků a jiných pracovišť. Při výpočtech musíme brát v potaz i ekonomické aspekty výroby ovlivňující výrobní kapacitu. Výpočty jsou většinou prováděny pro jeden druh pracovišť, u kterých se uvažuje plná vytíženost. V praxi to tak v podstatě ale není. Výrobní proces nemusí obsahovat jenom jeden druh stroje, ale může tvořit soustavu odlišných druhů strojů vzájemně na sebe navazujících. V takovém případě se vnímá výrobní kapacita jinak. Optimální výrobní kapacita se upravuje v souladu s ekonomickými kritérii. [7]

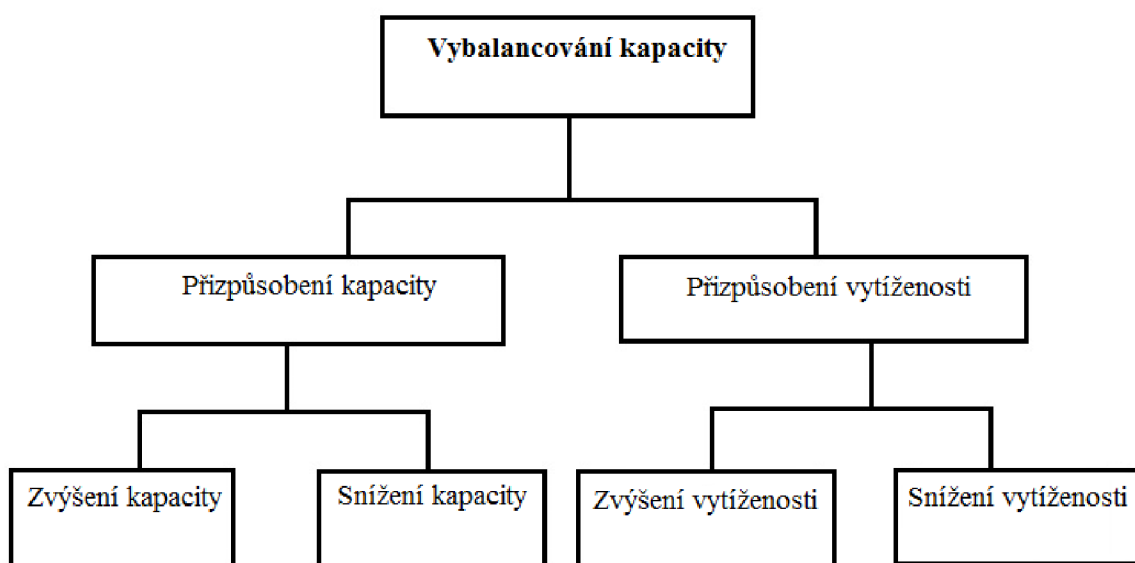
Kapacita výrobního úseku se upravuje: [7]

- zvýšením nebo snížením počtu strojů pro zpracování výrobní operace,
- technicko-organizačními opatřeními,
- zavedením dalšího vybavení a speciálního nářadí.

Řízením výrobní kapacity sleduje výrobní manažer především uskutečnění hlavního výrobního plánu v návaznosti na plnění dodacích termínů výrobních zakázek sjednaných se zákazníkem. Řízením výrobní kapacity se manažer snaží zkracovat průběžné doby výroby. [7]

### Plánování kapacit

Snahou je vyrovnat kapacitní nabídku s kapacitní poptávkou. Existuje mnoho způsobů, jak lze kapacitu sledovat. Jedná se o opatření mající vybalancovat kapacitu pomocí přizpůsobení jednotlivých druhů kapacit, přizpůsobení vytiženosti nebo kombinací obou způsobů. Schéma takového vybalancování kapacity je na obrázku č. 1 [7].



Obr. č. 1: Schéma vybalancování kapacity [7].

Opatření ke sladění kapacity: [7]

- zvýšení kapacity: dodatečné směny, přesčasy, přesun personálu,
- snížení kapacity: zrušení směn, zkrácení pracovní doby, snížení personálu,
- zvýšení vytiženosti: dodatečné zakázky, přesun termínů, zadání jiné práce,
- snížení vytiženosti: údržba, přesun termínů, přenastavení práce.

## 1.4 Výrobní management

Výrobní management je charakterizován jako cílově orientovaná množina řízení a plánování výroby. Výrobní management má za úkol řídit výrobní systém sloužící k vytváření statků a služeb, jejichž cílem je uspokojit zákaznickovy potřeby. Management obecně se dívá různými pohledy na řízenou problematiku a právě kvůli tomu je rozdělen na management: [8]

- strategický,
- taktický,
- operativní.

Strategický management lze chápat jako vytváření strategie firmy, která je východiskem tvorby cílů, vytváření základních předpokladů pro fungování firmy a plánování strategických opatření. Taktický management má za úkol realizaci strategie, která by zajistila konkurenční výhody v daném poli systému výrobků a v požadovaném výrobním systému. Úkolem operativního managementu je splnění cílů při optimálním využití zdrojů, jež jsou v danou chvíli k dispozici. Operativní management uskutečňuje spojení firmy s odbytovým i nákupním trhem. [8]



Obr. č. 2: Řídící veličiny řízení výroby. [23]

## 1.5 Podniková logistika a řízení toku materiálu logistikou

„Logistiku lze zásadně definovat takto: Průřezová funkce zabývající se prováděním a kontrolou hmotných a s nimi spojených informačních toků od dodavatele do podniku, uvnitř podniku a z podniku k odběrateli. V široké problematice způsobů rozhodování a realizace výkonů není podstatou pouze řízení spotřeby materiálů a výrobků, ale též řešení vlastního toku materiálu a výrobků na jednotlivá pracoviště, mezi nimi a směrem k zákazníkovi. [9]“

Logistika je velmi široký pojem a existuje spousta definic. Obecně ji chápeme jako řízení veškerého pohybu polotovarů, materiálu, zboží i řízení dalších přesunů výrobou a podnikem, včetně dodávek výrobního zařízení, řízení jejich vstupu i výstupu.

Pohybem materiálu se rozumí pohyb: [10]

- od vjezdu vozidel do podniku, až po přijetí materiálu,
- z příjmu do skladu,
- ze skladu do místa užití (dílna, údržba, kancelář),
- od jednoho výrobního střediska k dalšímu nebo do přechodného meziskladu,
- od finální výrobní operace po koncový sklad výrobků,
- ze skladu do balení produktů a jejich naložení,
- od naložení zboží až po odjezd vozidel.

Řízení přepravy je přehled o všech zásilkách přicházejícího a odcházejícího zboží.

Řízení přepravy vlastně řeší rozhodování o časových intervalech dodávek, možnostech nakládání, jednotlivých zásilkách atd. Hlavními kritérii při řízení jsou zejména doba trvání jednotlivých variant řešení, zákonná omezení apod. Důležitou součástí logistického procesu (řízení) je také distribuce, na jejímž začátku je naložení zboží v podniku, jeho převoz do skladu (pokud existuje) a následuje přeprava k maloobchodníkům nebo rovnou ke koncovým zákazníkům. [10]

### 1.5.1 Řízení materiálového toku

Velmi důležitou a nezbytnou část logistického procesu tvoří i řízení oblasti materiálů, do které spadá přehled výrobků, součástek, surovin, zásob a balících materiálů ve výrobě. Rozhodnutí uskutečněná v této oblasti logistického řízení mají vliv na kvalitu poskytovaného zákaznického servisu, konkurování podniku ostatním firmám a na výši prodeje a zisku, kterých může firma na trhu dosáhnout [11].

Jestliže podnik nezajistí účinné a efektivní řízení toku vstupních materiálů, výrobní proces nebude schopen vyrábět produkty za požadovanou cenu, a to v době, kdy jsou tyto produkty požadovány pro distribuci zákazníkům. Právě proto je důležité, aby pracovníci v oblasti logistiky správně chápali a měli potřebné znalosti týkající se úlohy řízení materiálů a jeho vlivu na složení nákladů a poskytovaných služeb. Nedostatečné množství potřebných materiálů v době, kdy jsou potřeba, může ve výrobním procesu způsobit zpomalení výroby nebo dokonce její pozastavení, čímž může nastat vyčerpání zásob (hotových výrobků).

Předmětem řízení oblasti materiálů jsou většinou tyto čtyři hlavní činnosti [11]:

1. předvídaní materiálových požadavků,
2. pohledávka po zdrojích a shánění materiálů,
3. doručení materiálů do podniku,
4. sledování stavu materiálů.

Úkolem řízení oblasti materiálů je řešit materiálové problémy z hlediska celého podniku (tj. optimalizovat), a to zejména pomocí koordinace výkonu odlišných materiálových funkcí, řízením toku materiálů a poskytováním komunikační sítě.

Nezbytnou část řízení oblasti materiálů tvoří také obstarávání a nákup, doručení materiálů do podniku a v rámci podniku, řízení výroby, řízení manažerského informačního systému, skladování, řízení a plánování zásob a likvidace odpadů. [11]

### 1.6 Analýza procesů

Jedná se o obecný pojem, který popisuje analýzu toku práce a procesů ve firmě. Analýza procesů (procesní analýza) se řadí mezi jedny z nejdůležitějších analytických technik, které jsou v praxi využívány a zaměřuje se na postup práce od jednoho pracovníka k druhému a zároveň sleduje veškeré vstupy, výstupy, průběžné kroky nebo také spotřebu zdrojů. Snahou procesní analýzy je zkvalitnění a zlepšení chodu a řízení podniku, vyšší výkonnost zaměstnanců, zlepšit účelnost, hospodárnost, efektivnost apod. Typickými výstupy mohou být procesní modely nebo celková mapa procesů ve firmě, jež zachycují posloupnost veškerých činností. Lze je prezentovat jak v grafické formě, tak v podobě slovního či jinak strukturovaného popisu procesů. [12]

Na obrázku níže jsou zobrazeny standardizované symboly, které se při analýzách běžně používají.

	operace	Změna tvaru nebo charakteristik materiálu, polotovaru, produktu.
	transport	Změna umístění materiálu, polotovaru nebo produktu.
	skladování	Plánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	čekání	Neplánované shromažďování materiálů, polotovarů, součástí a produktů.
	kontrola množství	
	kontrola kvality	

Obr. č. 3: Standardizované symboly analýzy procesů. [13]

Procesní analýza		operace	transport	kontrola	skladování	čekání	vzdálenost (m)	doba trvání (min)	počet pracovníků
1	Přijem zboží	○						1	1
2	Kontrola			⊗				0,5	
3	Skladování				△				
4	Transport		⇒				24		
6	Dělení materiálu	○						10	0,5
7	Kontrola			⊗				0,5	
8	Transport		⇒				70		
9	Soustružení	○						7,27	0,5
11	Transport		⇒				32		
12	Broušení	○						7,27	1
14	Transport		⇒				29		
15	Protáhnutí	○						0,94	0,5
16	Jehlení	○						0,35	0,3
17	Kontrola			⊗				1,5	
18	Transport		⇒				9		
19	Soustružení	○						0,75	1
21	Transport		⇒				90		
22	Soustružení	○						3,88	0,5
24	Transport		⇒				59		
25	Skladování				△				
30	Transport		⇒				29		
31	Odmaštění	○						0,27	0,5
32	Transport		⇒				11		
33	Skladování				△				
43	Transport		⇒				300		
45	Broušení	○						5,31	1
48	Transport		⇒				91		
59	Kontrola			⊗				2	
60	Balení	○						2,5	1
<b>Celkem: - četnost</b>		<b>11</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>3</b>				<b>7,8</b>
<b>- součet časů (min)</b>								<b>44,04</b>	
<b>- vzdálenost (m)</b>							<b>744</b>		

Obr. č. 4: Ukázka procesní analýzy. [13]



## 2 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

Technologické projektování zkoumá technicko-ekonomickou činnost, jež se zabývá návrhem různých možností technologie výroby a možnostmi uspořádání výrobních systémů vzhledem k optimálnímu využití veškerých výrobních faktorů ovlivňujících produktivitu a efektivnost procesu výroby. Hlavním úkolem technologického projektování tedy je technicko-organizační zajištění výroby. Součástí technického projektu je rovněž dispoziční řešení, což je rozmístění strojů a zařízení, dále také řešení stavební části, rozvodů energie a tepla, tlakového vzduchu až po řešení organizace a vyhodnocení ekonomického efektu. [14]

### 2.1 Makroprojektování

Projektování je činnost, jež probíhá po jednotlivých etapách, kdy se nejprve řeší problémy týkající se větších celků (podnik, závod, provoz), posléze se zkoumá detailnější řešení (dílna, pracoviště). Jednotlivé etapy makroprojektování lze zahrnout do několika skupin: [14]

- analýza,
- umístění,
- řešení generelu,
- projektování výrobních systémů,
- detailní dispozice,
- projektování pracovišť,
- realizace.

#### 2.1.1 Analýza

Předmět výroby musí být nejdříve podroben analýze. Optimální postup je následující: [14]

- 1) stanovení procesu výroby, návrh komponentů a zjištění výrobní a materiálové náročnosti,
- 2) určení objemu produkce,
- 3) dedukce předpokládané doby výroby,
- 4) stanovení produkce, kterou lze nahradit a stanovení produkce, kterou je možné doplnit produkční program.

#### 2.1.2 Situování

Snahou této prvotní fáze projektování je stanovit vhodné místo výrobního závodu. Samozřejmě musíme brát v potaz, že podnik bude existovat několik desítek až stovky let.

Existuje mnoho kritérií, podle kterých se řídit při umístování podniku: [6]

- sociální (zaměstnanost),
- ekonomické (vzdálenost dodavatelů, surovinová základna, nenáročnost na dopravu, rozvody a energie, dostupnost lidských zdrojů),
- poloha (poloha podniku vůči městu, sídlišti, řece popřípadě železnice, možnost připojení inženýrských sítí),
- geografie (výběr stanoviště - hydrologický a geologický průzkum, únosnost půdy, podzemní vody, sesuvy půdy, záplavy),
- bezpečnost (zranitelnost podniku, varianta vstupu do válečné výroby).

### 2.1.3 Řešení generelu

Základní plán závodu se nazývá generel a slouží jednak v době výstavby nového podniku, tak i při jeho rozšiřování a reorganizaci. Na základě toku informací řeší veškeré vzájemné základní vztahy podniku. Stavebním kamenem pro realizaci generelu je výrobní program podniku, efektivnost a úroveň technologie produkce podniku. Celkový generel zahrnuje: [14]

- generel výroby (technologická úroveň, organizace výroby, ekonomická stránka),
- generel urbanistický (územní plán, zeleň),
- generel komunikací (doprava, přístupové cesty),
- generel energetický (rozvody elektřiny a tepla, dodávka plynů),
- generel vodohospodářský (hospodaření s vodou, čistící systémy a odpadní systémy).

Podnikové plochy se v generelu člení do zón: [14]

- hlavní výroba (provozy obrobny, montáže, hutní výroby, zkušebny),
- obslužná a pomocná výroba (údržba strojů, zařízení a budov, výroba a oprava nářadí, rozvody tepla, energií a plynů, doprava, hospodaření s vodou, likvidace odpadů),
- skladovací zóna (uskladnění polotovarů i hotových produktů, sklady materiálu, pohonných hmot),
- sociální zóna (jidelny, šatny, umývárny),
- správní zóna (kanceláře pracovníků, kteří nemusí být začleněni do výroby).

Dnes se většinou generely navrhuje tak, aby je bylo možné v budoucnu snadno přizpůsobit novým potřebám a požadavkům. Důležité je brát na vědomí, že se občas budou muset stroje a zařízení přemístit nebo dokonce odstranit, což je možné uskutečnit vestavěným nosným systémem a vše je koncipováno tak, aby se nemuselo zasahovat do opláštění. [14]

Výrobní podnik obecně obsahuje následující hlavní provozy: [14]

1. primární suroviny, materiál, obaly, spolupráce,
2. úprava materiálu a organizace výroby (nástroje, přípravky, formy),
3. proces výroby,
4. výstupní měření, kontrola,
5. rozvod energií,
6. provoz objektu,
7. administrativní činnost (vztahy s odběrateli, subdodávky, ekonomické hledisko),
8. hospodaření s odpady a recyklace,
9. balení, expedice.

Tyto zmíněné provozy tvoří **stavební objekty**, kterými může být výrobní hala, sklad hořlavin, administrativní budova apod. Nesmí se zapomenout na jistá bezpečnostní opatření a to, že např. sklad hořlavin nebo výbušnin by měl tvořit samostatný oddělený stavební objekt. Dále stavební objekty obsahují **provozní celky**, které se člení na **provozní soubory**. Provozními celky mohou být např. výroba, sklad, expedice. Provozními soubory v rámci výroby mohou být kalárna, obrobna, montáž, jeřáby apod. V případě skladů to jsou dělárna materiálu, prostory pro manipulační techniku a pomocný materiál. Pokud se budeme bavit o expedičním prostoru, ten může zahrnovat balírnu, kontrolu výrobního procesu a taktéž prostor pro manipulační techniku. Nejmenší jednotky jsou **provozní**, jenž dohromady tvoří provozní soubory. Tam můžeme zahrnout stroje a zařízení, elektrické rozvody, vzduchotechniku, potrubí pro plyny a kapaliny, pomocné konstrukce apod. [14]

#### 2.1.4 Projektování výrobních seskupení (systémů)

Na rozdíl od generelu, který se navrhuje před výstavbou nového podniku na období v rámci několika desítek let do budoucna a přehodnocuje se v dlouhodobějších časových obdobích, je třeba s ohledem na plány produkce, změny v sortimentu, technologiích a inovacích produktů přehodnocovat situaci ve výrobě s přihlédnutím k uspořádání jednotlivých ploch v podniku, dílnách i provozech řádově v časovém intervalu střednědobých plánů (5 let). [6]

Práci plošného hrubého řešení a základního bilancování říkáme projekty výrobních systémů nebo také řešení výrobních seskupení. Pozornost bude tedy již věnována spíše nižším výrobním systémům – halám (provozům).

Hlavním cílem je vyřešit vztahy v objektu, který projektujeme a tím může být závod nebo jen provoz (dílna), to je: [6]

- výpočet kapacitních potřeb,
- řešení manipulace s materiálem, technologie a ploch,
- řízení a organizování,
- výpočet nákladů na uskutečnění a řešení ekonomiky.

Obsahem projektů zpravidla jsou: [6]

- základní technická zpráva (obsahuje údaje o produktech a jejich technologiích, údaje o výrobním procesu, kapacitní propočty strojů, pracovníků, ploch, materiálu, energií, údaje o procesu řízení a organizace, ekonomické zhodnocení),
- grafické návrhy výrobních systémů (určují hrubé rozmístění a rozdělení výroby (ploch) včetně pomocné výroby a obslužného hospodářství).

Tyhle projekty jsou většinou zpracovávány v měřítku 1:200 a obsahují především: [6]

- modulární systém haly,
- rozmístění ploch (popřípadě důležitých zařízení),
- tok materiálu (včetně veškerých železničních, jeřábových a ostatních manipulačních drah),
- rozvody energií a sběru třisek.

Hlavní činností projektování výrobních seskupení (systémů) je řešení technologické části. Projekty tohoto typu jsou základním prvkem pro vypracování podrobných technologických provozů a je nezbytné se držet důležitých pravidel projektování, mezi něž patří např. přímočarost, logičnost, návaznost materiálového toku, nízké nároky na energie s příslušným rozvodným systémem, důkladná bezpečnost práce, patřičné pracovní a hygienické podmínky. [6]

## 2.2 Projekt výroby

Veškerý výrobní objekt (dílna, provoz, podnik) je možné brát jako systém, skládající se z prvků a vztahů mezi nimi.

Prvky výrobního systému mohou být: [6, 15]

- kvalifikovaní pracovníci,
- výrobní stroje a zařízení,
- materiál, suroviny a subdodávky tvořící produkt.

Vztahy mezi nimi mohou být: [6, 15]

- výrobní postupy, technologické vazby a principy používající se ve výrobním procesu,
- veškeré energie nezbytné pro výrobu,
- vztahy konstrukčního charakteru,
- organizační vztahy, které zaručují správný chod projektovaného objektu.

### 2.3 Obecný princip sestavování návrhů projektu

V praktickém životě se častěji pracuje s úkolem racionalizovat současnou výrobu než s cílem navrhnout výrobu novou. Hlavním předpokladem pro vytvoření vhodného návrhu je správný metodický přístup. Příprava návrhu je práce cyklická, která je většinou uskutečněna v těchto etapách: [6, 15]

- orientační průzkum (diagnostika),
- sběr informací,
- analýza (rozbor současného stavu),
- návrh,
- realizace.

#### Diagnostika

V případě diagnostiky se jedná o prvotní seznámení s objektem řešení, jeho nedostatky a dále o racionální pohled na řešení problému. Jelikož se jedná o celkové rychlé diagnostikování problematiky, je zapotřebí, aby tuhle etapu prováděli zejména nejzkušenější pracovníci, kteří jsou obeznámeni vzájemnými závislostmi jevů a jejich příčinami. [6, 15]

#### Sběr informací

Shromáždění informací a podkladů je neméně důležitá činnost, protože bez ní není možné navázat na další etapu, kterou je rozbor těchto informací. Sběr informací je zapotřebí zorganizovat tak, aby ve stanoveném termínu byly příslušné podklady připraveny pro rozbor. Je důležité, aby měl projektant k dispozici aktualizované a čerstvé informace. V zásadě se můžeme setkat se dvěma skupinami informací – informace z evidence a informace z pozorování. Evidenční informace bývají jednoznačné, často se ovšem stane, že je zapotřebí tyto informace přepočítávat nebo převádět. Informace z pozorování je občas obtížné sehnat, na druhou stranu však bývají čerstvé a přesně orientované na patřičný objekt řešení a objektivně zobrazují realitu. Před rozбором je nutné shromážděné informace ještě zpracovat (matematické výpočty, vymezení chyb, vypracování grafů apod.). [6, 15]

#### Analýza

Jakmile jsou dokončeny předchozí etapy, je možné přejít k rozborové činnosti, ze které vyplynou varianty možného řešení daného problému. V případě řešíme-li komplexní projekt, může se analyzovat tok materiálu, výrobní proces, produkt, organizace a řízení výroby, využití strojů a zařízení, manipulace s materiálem atd. Pochopitelně i rozbor by měli provádět zkušení a kvalifikovaní pracovníci, kteří mají široké povědomí o této problematice. Část rozborů by mělo tvořit i bilancování možností a kapacit. [6, 15]

## Návrh

V této etapě by měl projektant postupovat samostatně a správně využívat dílčích aplikací i vzorových řešení. Na začátku každé práce by měly být shromážděny a podrobně nastudovány veškeré informace a literatura a zpracována rešerše. Posléze díky nejnovějším vědeckým poznatkům a technologiím je možné vypracovat veškeré směry řešení, jež vyplynuly z dříve vypracovaného rozboru, vybrat nejvhodnější možnost a vypracovat pro ni technickou dokumentaci. V této fázi je také důležité nachystat návrh náběhu výroby, který může mít vliv na efektivnost projektu a dobu návratnosti již použitých nákladů. Veškerý projekt by měl obsahovat rovněž ekonomické zhodnocení navržených variant řešení, v němž se porovnávají náklady a přínosy každé varianty. Obvykle ve formě síťového grafu se zpracovává časový plán realizace, který by měl být rovněž nedílnou součástí finálních projektových prací. [6, 14]

## Realizace

Realizace sice již není součástí návrhů, ale je dovršením veškerého přípravného procesu. Jsou zde zachyceny všechny nedostatky, které vznikly během přípravy projektu a posléze v počáteční fázi provozu se objeví vady v koncepci a v ekonomickém hodnocení. Součástí vlastní práce realizační fáze je instalace a zavedení navrhovaného projektu. Realizaci lze zabezpečit vlastními silami, dodavatelsky nebo kombinací obou. Z ekonomického hlediska by měla být doba realizace i vypracování projektu co nejkratší. Poté by měl následovat zkušební provoz, předvedení zařízení (provozu apod.) a následně oficiální předání uživateli, kde vhodným způsobem předání je tzv. předávací protokol. U větších celků funguje předávání v podobě kolaudace. I nadále je však důležité po určitý čas sledovat provoz a na základě tohoto sledování pak vypracovat závěrečné vyhodnocení projektu. [6, 14]

### 2.4 Výběr objektu projektování

Ještě před začátkem projektování je zapotřebí si ujasnit a vytyčit objekt řešení a jeho návaznosti na okolí. Rozsah rozboru může být jak úzký tak poměrně velmi široký. Příkladem objektu projektové aktivity může být pracoviště jednotlivce (stacionární – soustružnickovo pracoviště nebo nestacionární – pracoviště dopravní čety, montážní čety), kde je situace poměrně přehledná a jednoduchá, jelikož se zde vyskytuje většinou jedna pracovní síla, jeden pracovní prostředek (stroj) a menší množství předmětů (polotovarů). Pokud vezmeme v úvahu širší pojetí, tak mezi objekty projektování můžeme zahrnout soubory jednotlivých pracovišť, jako je např. provoz, dílna, podnik apod. Narůstá-li množství komponentů, zkoumání vzájemných vztahů se v případě větších celků komplikuje. V tomto případě se musí celek rozdělit na menší části, je zapotřebí poznat dílčí vazby a následně zkoumat celkové vztahy. [6, 15]

Ještě před návrhovou fází je důležité se seznámit se základními prvky objektu, který se bude řešit a vztahy mezi nimi. Dále musíme vědět úkol – výkon, který od navrhovaného objektu očekáváme. Ten se při finálním hodnocení porovná s výsledkem. Mezi porovnávací kritéria patří čas, náklady, námaha a prostor. Cílem správného projektování tedy je zpracování návrhu, který splní všechny zadané parametry s co nejmenšími provozními náklady, nejmenším nárokem na prostor, nejmenší spotřebou lidské síly i času.



Po určení objektu řešení a srozumění se s úkolem, by se měl projektant důkladně obeznámit s přesnou problematikou závodu, pro který je projektování řešeno a to konkrétně údaji o podniku, produkty, použitou technologií, manipulací s materiálem, řízením a organizací výroby atd. [6, 15]

Ve stručném počátečním rozboru by měl projektant zjistit hlavní nedostatky aktuálního stavu a díky tomu by měl být schopný vymezit primární rezervní oblasti a směry řešení i principy používané v další práci. [6, 15]

### **Výběr optimální varianty**

Každý projekt by měl být řešen ve více variantách, ze kterých se posléze vybere jedna, která se bude jevit jako nejvhodnější. Z hlediska objektivního pohledu by se při vytváření variant neměl zahrnout žádný z možných směrů řešení. Nejdříve jsou možnosti vypracovány „na hrubo“ ve formě návrhů nejdůležitějších vzorců a přibližných dispozičních řešení veškerých pracovišť. Na konci se u každé varianty shrnou její přednosti a nedostatky a následně se vybere ta nejvhodnější možnost. Ta se nadále důkladněji vypracuje. [15]

Nemělo by se zapomenout také na technicko-ekonomické srovnání variant. Mezi strukturální část tohoto porovnání patří ekonomické výpočty a textové analýzy.

Při výběru optimální varianty jsou v praxi použity: [15]

- **textová analýza** – součástí je zadání, výhody a nevýhody variant, realizační opatření a konečné vyhodnocení s jasným závěrem,
- **váhové hodnocení** – jedná se o metodu sloužící k určení stupně plnění cílů. Pokud volíme varianty váhovým hodnocením, je zapotřebí zavést kritéria, která po technologické, logistické a ekonomické stránce vystihují patřičný problém. Zároveň platí, že čím je vyšší číslo daného kritéria, které prezentuje jeho váhu, tím je kritérium podstatnější. Navíc se k těmto kritériím přiřazují body, v závislosti na úrovni splnění jednotlivých kritérií. Rovněž zde platí, čím vyšší číslo, tím vyšší úroveň plnění. Vynásobí-li se číslo váhy s přiřazenými body, získá se kritériální váhové hodnocení. Posléze se tyto hodnocení sečtou a výsledkem je váhové hodnocení variant. Pochopitelně varianta, která získala nejvyšší váhové hodnocení, je ta nejvhodnější. [15]

## **2.5 Rozbor výrobního systému závodu**

Rozbor současných nebo navrhovaných procesů výroby tvoří velmi důležitou část technologického projektování. Pokud má návrh brát v úvahu veškeré nezbytné aspekty, nelze nad ní za žádných okolností zanevřít a to i tehdy, pokud bychom řešili pouze změnu současného systému výroby. Otazník tak visí pouze nad podrobností a důkladností takové analýzy. V první řadě je důležité analyzovat sortiment výrobků a to pro provedení správných kapacitních výpočtů, od kterých se pak dále odvíjí počet strojů a zařízení. Pro volbu vhodných strojů, zařízení a technologických metod výroby nám mohou pomoci technologicky-konstrukční charakteristiky. Lze tak vytvářet skupiny součástí, které se vyrábějí podobnou technologií výroby, popřípadě skupiny součástí, jež si jsou tvarově blízké a navrhnout představitele veškerých součástí ve skupině. Volba představitele je

důležitá, a proto by se měla soustředit na produkty, u nichž je zaručena stabilita výrobního programu. Stabilita závisí na zajištěném budoucím odbytu takových produktů na trhu. [14]

Mezi základní typy analýz patří: [14]

- analýza součástkové základny,
- analýza sortimentu a objemu výroby,
- analýza toků materiálů,
- analýza optimální velikosti výrobní dávky.

### 2.5.1 Analýza součástkové základny

Ta zahrnuje další dvě analýzy, a to **konstrukční analýzu** a **rozbor typových řad**. První jmenovanou charakterizuje křivka, která zachycuje závislost odchylek u kapacitních výpočtů na procentuálním podílu součástí patřících do reprezentativního vzorku z celkového plánovaného počtu součástí, které se v závodě vyrábí. U druhé analýzy jde především o to, že dalším důležitým faktorem, vyjma unifikace a normalizace, který zajišťuje vysokou efektivitu výrobního procesu je typizace výrobních řad, při kterých se tvoří řady výrobků, jenž si jsou technologicky i tvarově podobné. Mezi ekonomicko-technickými ukazateli jednotlivých typů řad existuje závislost, kterou lze použít při detailních odhadech určitých parametrů výroby navrhovaného výrobku, ovšem je třeba znát určité charakteristiky současného výrobku. [14]

### 2.5.2 Analýza sortimentu a objemu výroby

Mezi objemem a sortimentem výroby existují téměř ve všech průmyslových odvětvích určité vztahy. Projektujeme-li výrobní systém, jsou tyto vazby zásadní při rozhodování o tom, jaký typ výroby je vhodný (sériová, kusová, hromadná výroba popř. kombinace jiných výrobních systémů). Závislost mezi druhy výrobků a jejich vyrobeným množstvím za určité časové období nám popisuje tzv. P-Q diagram. Jednotlivé druhy se do grafu zakreslují sestupně od největšího množství. Pokud je mezi množstvím jednotlivých druhů produktů malý rozdíl, vzniká mělká křivka. Tehdy můžeme zvolit jeden druh výroby (výrobního systému). V případě je rozdíl již velký, vzejde hluboká křivka. To znamená, že bude zapotřebí zvolit několik typů výrobních systémů. Pro nízký počet vyráběných kusů bude vhodné zvolit univerzální obráběcí stroje, popřípadě jiné systémy, které umožňují pohotovostní změny ve výrobě. Naopak větší produkované množství nám dovoluje zvolit technologii pro velkosériovou výrobu (výrobní linky apod.). [14]

### 2.5.3 Analýza toků materiálů

Materiálový tok můžeme popsat jako pohyb materiálů (polotovaru, surovin, rozpracovaných součástí, subdodávek atd.), jež propojuje jednotlivé fáze výroby nebo operace a patří mezi velmi podstatnou část technologického projektování. [5]

Ve strojírenském odvětví je tok materiálu ovlivněn zejména: [5]

- složitostí produktů, jejich hmotností a rozměry,
- rozsahem sortimentu výrobků, jejich opakovatelností a sériovostí.

V rámci strojírenského závodu je možné manipulaci s materiálem rozčlenit na: [5]







- meziobjektovou (např. mezi obrobnou, lisovnou, montáží),
- objektovou (jež se dále člení na **mezioperační** – je realizována mezi jednotlivými pracovišti v rámci uspořádaného procesu výroby a operační – soustřeďuje se na manipulační procesy v rámci jedné operace, mezi vstupem a výstupem z pracoviště). [5]

Na manipulaci s materiálem je kladen stále větší důraz a jeho podíl v projektových pracích je tak velmi významný. Pro řešení této části projektování je zapotřebí komplexní posouzení nejen, co se týče času, prostoru a funkčních vztahů, ale rovněž integrace a koordinace procesů, jež jsou součástí informačního toku, zejména v oblasti kontroly a řízení manipulace a skladování. [5]

V podnicích, pro které je typický velký objem produkce a kde převažují složité výrobky, je materiálový tok poměrně problematický a z toho důvodu jsou pro jeho analýzu využívány metody poskytující zpracování těchto činností přehledným a ukázkovým způsobem. Nejčastěji používané jsou grafické nebo tabulkové podoby analýz. Pro analýzu toku materiálu jsou vesměs důležité tyto druhy činností: [5]

- výrobní – změna tvaru materiálu nebo způsobu spojení (kováním, tvářením, montáží),
- manipulační – přesun v jakémkoliv směru (skladování, doprava),
- kontrolní – kontrola kvantity i kvality,
- organizační – nečekané změny, prostoje apod.

Pro výše zmíněné činnosti se využívají následující mezinárodně dohodnuté symboly:

	- technologická činnost (změna tvaru, vlastností, např. obrábění, tváření tepelné zpracování atd....)
	- kontrolní činnost
	- manipulace
	- příprava k manipulaci (skládání do palet atd.)
	- krátkodobé čekání na operaci, nebo manipulaci
	- skladování (např. ve vstupní, výstupním skladu, ústředním skladu či meziskladu)

Obr. č. 5: Grafické symboly používané v tabulce výrobního postupu. [17]

### Šachovnicová tabulka

Tato metoda zachycuje souhrn materiálových přesunů a názorné materiálové a výrobní přepravy mezi jednotlivými pracovišti nebo mezi podnikem a jeho okolím, které jsou uskutečněny za určité časové období. Lze ji také využít pro přesuny informací, pracovníků nebo pro seskupování či výběr reprezentanta (představitele). [15]

Šachovnicová tabulka se vytvoří tak, že názvy pracovišť nebo operací v jednotlivých řádcích charakterizují jednotlivé odesílatele (místa, ze kterých materiál odchází) a názvy v jednotlivých sloupcích poté představují příjemce (místa, do kterých materiál přichází). Správně vypracovaná tabulka se pozná tak, že zde musí platit zákon zachování hmoty, to znamená, že všechen materiál, který do podniku přijde za určité časové období, musí z něho za rovněž stejné období odejít. Pochopitelně mohou vzniknout zanedbatelné ztráty, jež vznikají vlivem použití určitých technologií výroby, metod skladování apod. [14]

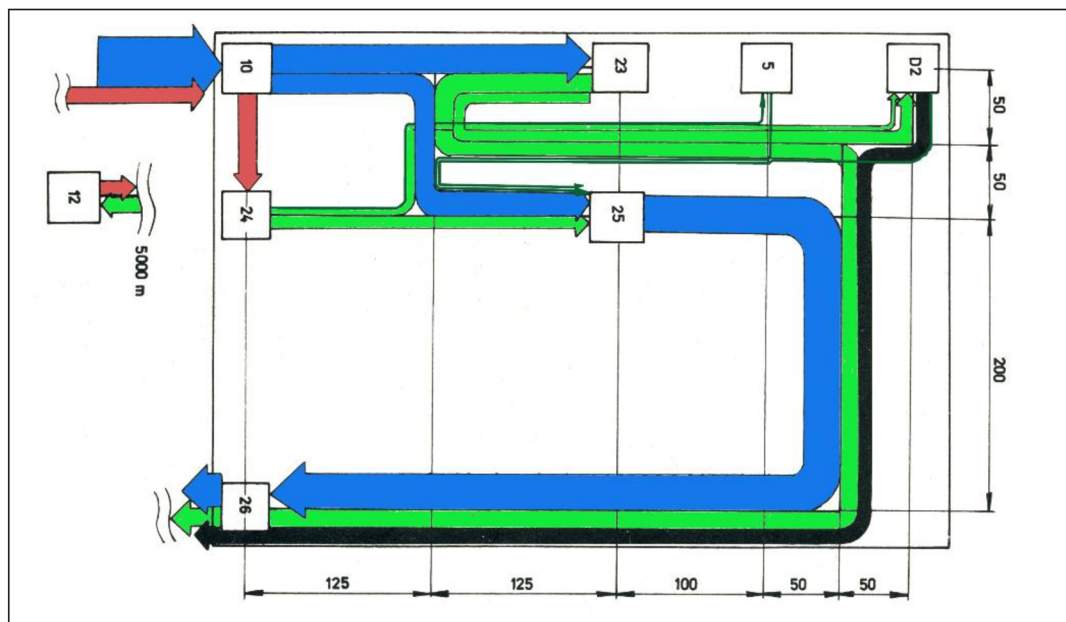
Metoda je vhodná k rozborům především tam, kde by práce s jednotlivými technologickými postupy byla velmi obtížná, tzn. například v kusových nebo produktově náročných výrobních. Rovněž je vhodná jako pomůcka při umisťování technologických pracovišť v podniku. Příklad šachovnicové tabulky můžete vidět na obrázku č. 6. [18]

<i>KAM ODKUD</i>	<i>VEN</i>	<i>ÚSM</i>	<i>MD1</i>	<i>MD2</i>	<i>MD3</i>	<i>TZ</i>	<i>PÚ</i>	<i>MON.</i>	<i>EXP.</i>	<i>ŠŘOT</i>	$\Sigma$
<i>VEN</i>	x										
<i>ÚSM</i>		x									
<i>MD1</i>			x								
<i>MD2</i>				x							
<i>MD3</i>					x						
<i>TZ</i>						x					
<i>PÚ</i>							x				
<i>MON.</i>								x			
<i>EXP.</i>									x		
<i>ŠŘOT</i>										x	
$\Sigma$											

Obr. č. 6: Šachovnicová tabulka toku materiálu. [17]

### Sankeyův diagram

Jedná se o grafické řešení průběhů materiálových toků v podniku nebo na pracovišti. Při jeho sestavení se vychází z půdorysu podniku, který je zakreslen přesně v měřítku. Tok materiálu je pak zakreslen pomocí spojnice směřující pokaždé od odesílatele k příslušnému příjemci. Množství přepravovaného materiálu je vyjádřeno tloušťkou čar, vzdálenost přepravy je úměrná délce čar a směr toku je zakreslen pomocí šipek. Součástí diagramu by také měla být legenda, která popisuje druhy materiálu a příslušné jednotky, ve kterých byl diagram vypracován. Při jeho sestavení se vychází z již zmíněné šachovnicové tabulky. [14, 15]



Obr. č. 7: Jednoduchý Sankeyův diagram. [17]

### Blokové schéma

Je vlastně přehledné znázornění schématu výroby, řízení a organizačních vazeb. Blokové schéma zachycuje veškerou analýzu výrobního postupu, kdy jednotlivé dílčí úrovně procesů (od skladů přes výrobu a montáž až po expedici) jsou uváděny v jednotlivých vertikálních rovinách. Blokové schéma je důležitým doplňkem částí výrobního generelu, především jeho organizačně-řídící části. [15]

#### 2.5.4 Analýza optimální velikosti výrobní dávky

Ideální počet kusů, jež je najednou zadáván do výroby, je ovlivňován především těmito faktory: [14]

- objemem dávek v ostatních organizačních jednotkách,
- frekvencí zadávání dávek do výrobního procesu,
- objemem dávek vyššího montážního celku,
- velikostí ploch jednotlivých meziskladů,
- trvanlivostí nástrojů,
- způsobem manipulace s materiálem.

Často se stává, že uvedené faktory mohou působit proti sobě. Mezi nejpřesnější metodu patří vyjádření velikosti výrobní dávky z hlediska nákladů. [14]

## 2.6 Metody rozboru

Pro zhodnocení patřičných oblastí rozborů existuje nespočet metod, jež jsou poměrně velmi přesné. Jelikož je správná volba metody a jejího použití ovlivněna několika vlivy, činí výběr vhodné metody nezkušeným projektantům značné problémy. [15]

Cíl projektu, vybraná metoda analýzy a způsob získávání a shromažďování informací jsou vzájemně spojeny určitými vztahy a právě z toho důvodu musí konkrétnímu cíli odpovídat určitá metoda rozboru a té zase odpovídající metoda sběru informací.

Oblast týkající se samotných rozborových metod je značně rozsáhlá, proto jsou níže uvedeny metody, které jsou v projektové praxi nejčastěji používány: [15]

### a) Metody studia práce:

- studie pracovních operací pomocí mikroelementů,
- studie uspořádání pracoviště,
- pohybové a časové studie,
- studie rozmístění výrobního zařízení a materiálového toku.

### b) Metody studia technologického procesu:

- inženýrské výpočty a měření,
- energetické a látkové balance,
- různé laboratorní metody.

### c) Metody humanizace práce:

- psychologické a sociologické průzkumy,
- pracovní rozborů a testy,
- různé druhy ergonomických rozborů a testů,
- fyziologické a hygienické měření.

### d) Metody matematické:

- metody operační analýzy (hromadná obsluha, lineární programování),
- metody statistiky,
- grafické metody,
- matematická simulace procesů výroby.

### e) Metody hodnotové analýzy

K uskutečnění výše zmíněných metod jsou využívány různé druhy technických pomůcek jako jsou filmové kamery a fotografická zařízení, speciální magnetofony, měřicí přístroje, stopky, počítače apod. [15]

## 2.7 Metody sestavování návrhů

V dřívějších dobách projektanti při sestavování dispozičních řešení čerpali především ze svých zkušeností a vlastní intuice. Přesněji se jednalo o **empirické metody** či **empirický přístup**. Hlavní nevýhody spočívaly v omezení počtu pracovišť a častokrát subjektivních a ničím doložených názorech. Postupně se tyto metody zobecňovaly, tudíž v dnešní době není problém i pro méně zkušeného projektanta sestavit vhodné dispoziční řešení. Ovšem je třeba brát na vědomí, že optimální rozmístění pracovišť jsme schopni navrhnout jenom s ohledem na již dříve definovaná kritéria, to znamená s ohledem na jednotlivé omezující podmínky a přesně stanovený účel. [6, 14]

Metody používající se pro sestavení návrhu rozmístění pracovišť lze rozčlenit na **jednokriteriální** a **vícekriteriální**. V prvním případě se určují vzájemné relativní vzdálenosti mezi pracovišti. O něco subjektivnější jsou vícekriteriální metody, jelikož u nich bereme v potaz ještě důležitost (váhu). Dále můžeme metody rozdělit na **početní** (metoda těžiště) a **grafické** (kruhová metoda). [6, 14]

Nesmí se zapomenout také na to, že navržené finální uspořádání pracovišť je třeba v praxi vždy ještě přizpůsobit jiným faktorům, které metoda nemusí zahrnovat. Níže je uveden výpis metod, jež se v praxi při sestavování dispozice používají nejčastěji: [6, 14]

- metoda kruhová,
- metoda využívající schématu vícepředmětného sledu činností,
- trojúhelníková metoda návrhu rozmístění odesílatelů a příjemců,
- trojúhelníková metoda hodnocení vztahů
- prostá trojúhelníková metoda,
- metoda souřadnic,
- metoda těžiště,
- metoda S.L.P.,
- metoda CRAFT,
- metoda posloupnosti operací,
- metoda k posouzení možností vytváření specializovaných pracovišť,
- metoda vyhodnocování mezidílenkových vztahů.

Ty nejdůležitější metody budou podrobněji popsány v následujících odstavcích.

**Kruhová metoda**

Metoda se řídí požadavkem nejkratšího materiálového toku. V jejím případě je optimalizačním kritériem požadavek, který by měl zajistit, aby součin dopravní vzdálenosti a manipulovaného objemu materiálu byl co nejmenší. Tato metoda se tudíž řídí podle určitých vzorců. V průběhu sestavování rozmístění, je zapotřebí znát měřítko přepravních vztahů, pomocí kterého lze určit optimální vzdálenost míst odesílatelů a příjemců. [16]

**Metoda využívající schématu vícepředmětného sledu činností**

Tato metoda se využívá tehdy, pokud je množství sledovaných druhů zpracovávaného materiálu větší než pět. Maximální množství sledovaných druhů materiálů se odvíjí od náročnosti jeho postupu (doporučeno je 8 až 10). [16]

**Trojúhelníková metoda návrhu rozmístění odesílatelů a příjemců**

Aby při zvětšeném materiálovém toku mezi odesílatelem a příjemcem byla dodržena podmínka nejkratšího toku materiálu, musí být primárním kritériem, podle kterého je zapotřebí umístit jednotlivé odesílatele a příjemce, požadavek nejkratší cesty materiálu.

Metoda se zakládá na požadavku, aby místa s nejvytíženějšími dopravními vztahy byla umístěna co nejblíže sobě. [16]

**Prostá trojúhelníková metoda**

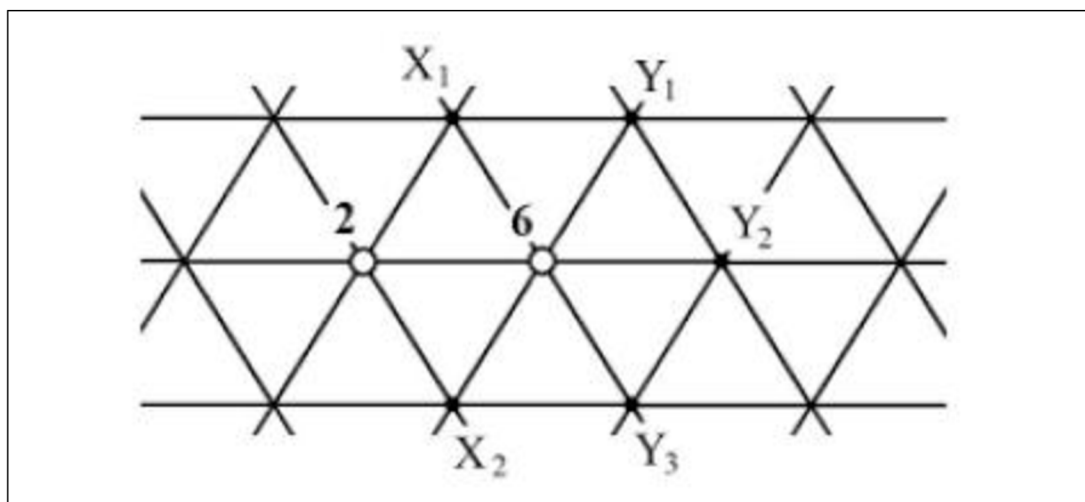
Metoda se využívá tehdy, pokud jeden vztah (např. objem materiálu přepravujícího se mezi pracovišti) výrazně převyšuje ostatní méně důležité vztahy. Hlavní princip metody je založen na minimalizaci vzdáleností mezi pracovišti s největším vztahem.

Zjednodušený princip metody je: [6]

1. Veškeré objekty, jež se budou rozmisťovat, se označí znaky nebo čísly (pro zjednodušení).
2. Sestaví se šachovnicová tabulka s hlavním vztahem (přepravovaný objem materiálu).
3. Z této tabulky se sestupně poskládá tabulka přepravovaného objemu mezi dvojicemi pracovišť. Jelikož není důležité množství materiálu, které se přepravuje z jednoho pracoviště do druhého a nazpět, píše se do tabulky celkový součet objemu materiálu, který byl přepraven mezi těmito pracovišti.
4. Jednotlivá pracoviště se poté rozmístí do trojúhelníkové sítě. Nejdříve se nejlépe doprostřed obrazce umístí ta pracoviště, jež mají nejsilnější vazbu a to do dvou vedlejších vrcholů této trojúhelníkové sítě. Další pracoviště se silnými vztahy, které zároveň mají vztah s oběma již umístěnými pracovišti, se usídí do jednoho z volných vrcholů trojúhelníků. Pokud má vztah pouze k jednomu z pracovišť,



umístí se do vrcholu v jeho blízkosti. Podle téhle úvahy se nadále umísťují i ostatní pracoviště v závislosti na vztahu k pracovištím již umístěných viz obr. č. 8.



Obr. č. 8: Znázornění umístování pracovišť do trojúhelníkové sítě. [6]

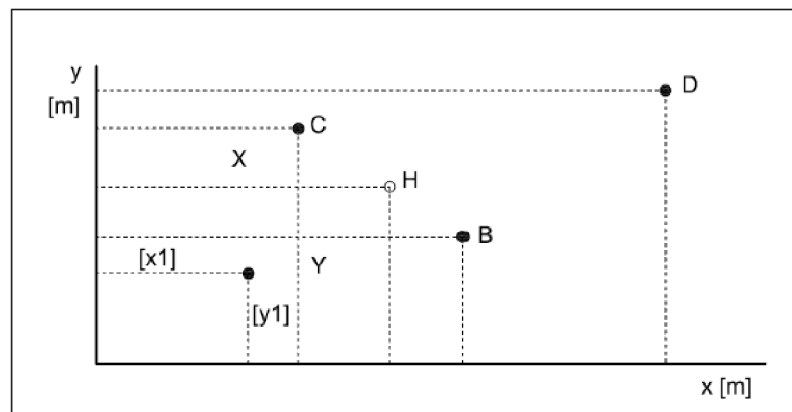
5. V závěru se provede návrh rozmístění pracoviště a to upravením teoretického řešení podle půdorysného prostoru a přesných podmínek, které jsou k dispozici. [6]

### Metoda souřadnic

Patří mezi univerzální metodu a využívá se především tehdy, pokud k pracovištím hledáme ideální umístění objektu, jež má silný vztah k více pracovištím. Metoda funguje na principu matematicko-grafického řešení.

Veškeré objekty si ve správném měřítku zakreslíme do souřadnicového systému X, Y. Ve vzájemném vztahu i ve vztahu k počátku jsou zde tedy zakresleny jednotlivé objekty charakterizované souřadnicemi  $x_i, y_i$ . [6]

Centrální objekt H má odlišné kooperační vztahy ke zmíněným objektům, které jsou popsány hodnotou  $q_i$  (může být součinitel četnosti, hmotnosti, spojení atd.) V případě hledání vhodného umístění objektu H, je třeba najít takové jeho souřadnice X, Y, při kterých je hodnota  $\sum x_i \cdot q_i$  a  $\sum y_i \cdot q_i$  nejmenší. Schématické znázornění můžete vidět na obr. X. [6]



Obr. č. 9: Umístění objektů souřadnicou metodou. [6]

### Metoda těžiště

Metoda funguje na základě hlavních poznatků z mechaniky, konkrétně na výpočtu těžiště. I zde se využívá jednoho hlavního vztahu, jež má největší vliv na uspořádání pracovišť. Základní údaje, se kterými se bude pracovat, se zapíší do tabulky tak, že do sloupců se zapisují veškeré operace technologického procesu a do řádků všechny stroje a zařízení, s nimiž se pracuje. [6]

Počet operací nejnáročnější součástky nebo nejvyšší počet technologických operací se rovná počtu sloupců. Množství normohodin za rok a hmotnost za rok jednotlivých součástí se zaznačí do jednotlivých polí. Rovněž se zapíší i součtové hodnoty těchto parametrů pro všechny součásti. Čísla hlavních vztahů poté bereme za svisle orientované síly a jednotlivé sloupce za jejich ramena. Posléze se ke všem obsazeným sloupcům vypočítají momenty pro každý stroj. Absolutní hodnoty momentů, které vyjdou nejmenší, poté považujeme za nejvhodnější umístění. Tato metoda se často používá při umísťování strojů u vícepředmětných linek. [6]

### Metoda S.L.P.

Metoda je nazvaná Systematic Layout Planning, S.L.P. (v překladu systematické projektování) a byla sestavena Richaradem Mutherem. I zde platí princip, že místa, jež mají nejsilnější vzájemný vztah, musí ležet co nejblíže sobě. [6]

### Metoda CRAFT

CRAFT metoda neboli Computer Relative Allocation of Facilities Technique – Technika stanovení vzájemné polohy strojů propočtem – počítačem je matematická metoda sloužící ke zjištění ideální vzájemné polohy prvků v množině, která je řešena. Nepracuje se zde pouze se stroji, je možné rozmísťovat i dílny, plochy apod., které mají určitý vzájemný vztah. Vhodné rozmístění objektů zaručuje zpravidla co nejvyšší efektivnost (např. co nejnižší náklady na přepravu materiálu).

K vypracování metody slouží matematický model výpočtu minima sestavené funkce. Výpočty se provádí na počítačích, jelikož při větším množství pracovišť existuje nespočet možných řešení (až miliony). [6]

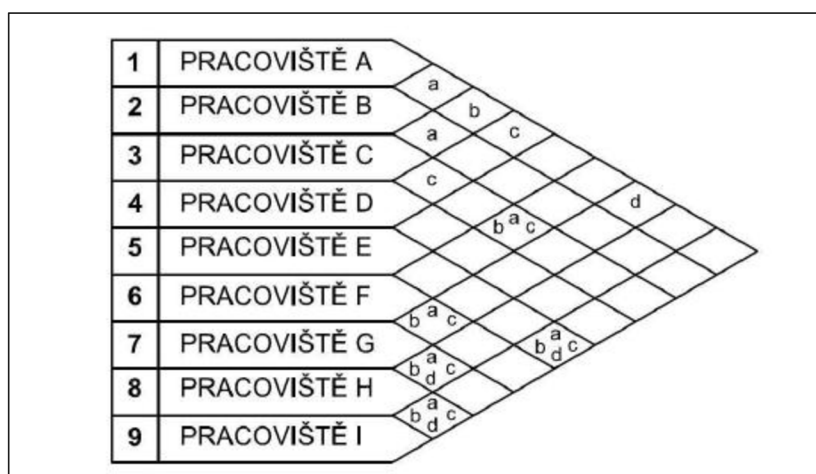
### Metoda posloupnosti operací

Je vhodná k umístování pracovišť v dílnách, kde se produkuje více součástí, nebo k návrhu rozmístění ve vícepředmětné lince. Vychází se z poznatku, že všechny součásti postupují výrobním procesem podle předepsaného sledu operací. Snahou této metody je, aby bylo dosaženo plynulého a krátkého toku materiálu bez křížování, hromadění produktů a vratných cest. [6]

V případě výroby jen jediné nebo dvou součástí, postačí při návrhu pouze logické myšlení. V případě výroby více součástí, zjištění vhodné návaznosti není již tak snadné a je potřeba vycházet z osvědčeného metodického postupu.

Do trojúhelníkové tabulky vztahů se uvedou pracoviště (dílny, linky). Součásti mající bezprostředně následný postup mezi danými pracovišti, se zapíší do průsečíkových čtverečků vztahů.

Jak je možné vidět na obrázku X, pracoviště jsou v tabulce popsány velkými písmeny a jednotlivé součásti kódem, např. malými písmeny a, b, c, apod. [6]



Obr. č. 10: Ukázka tabulky posloupnosti operací. [6]

Z obrázku lze vyčíst, že největší návaznost je mezi pracovišti E-I, G-H a H-I mezi kterými putují veškeré součásti. O něco slabší vazba je mezi pracovišti F-G a F-C, kde procházejí součásti a, b, c. Pouze jeden produkt koluje mezi pracovišti A-B, A-C, A-D, A-G, B-C, a C-D. Mezi zbylými pracovišti neexistuje žádná návaznost.

Závěrem vidíme, že v tomto případě může být správné rozmístění strojů A, D, B, C, F, G, H, I, E. [6]

### **Metoda k posouzení možností vytváření specializovaných pracovišť**

Produkty vyráběné ve strojírenském závodě se mohou skládat z mnoha součástí. Mnohé z nich musí být vyráběny ve vlastním podniku. Řízení a organizace jejich výrobního procesu je závislá na spoustě faktorů a to především na jejich množství. Je-li zapotřebí vyrábět součásti ve velkém počtu, je výhodnější a efektivnější vytvářet specializované dílny, které disponují progresivní technologií a patřičným strojním vybavením. Metody fungující na principu hodnocení vztahů a rentability nám usnadňují práci při zvažování, zda specializovanou dílnu zhotovit či nikoli. [6]

Hlavní pomůckou při rozhodování jsou kapacitní propočty, díky kterým lze zjistit, zda je takové specializované pracoviště zapotřebí. Kromě kapacitních propočtů se využívají i metodické rozbory vztahů. [6]

### **Metoda vyhodnocování mezidíleňských vztahů**

Tato metoda je vhodná, pokud přemýšlíme o navržení jednoho centrálního pracoviště nebo větším počtu detašovaných úseků. Zároveň je užitečná i při jejich rozmístění v souboru dílen. Nezbytnou součástí metody je opět šachovnicová vztahová tabulka. Od konkrétní situace se poté odvíjí počet vztahů, s nimiž se bude pracovat a které budou hodnoceny. [6]

## **2.8 Strojní vybavení z hlediska projektování**

Dle provozního hlediska se stroje dělí na dvě hlavní kategorie a to výrobní a pomocné. Stroje výrobní figurují ve výrobním procesu již od samého počátku. Podkategorií jsou stroje řadové, jež pracují ve výrobním procesu na dvě nebo tři směny a stroje doplňkové, které se rovněž uplatňují ve výrobě pro svou nezbytnost, ale na rozdíl od strojů řadových, nejsou během pracovního dne vytíženy ani na jednu směnu. Pomocné stroje nejsou do základní výroby přímo začleněny. Zahrnují např. stroje v ostřírnách, díleňských údržbách apod. [15]

## **2.9 Druhy pracovišť**

Pracoviště je místo, jež dělník potřebuje k vykonání své práce. Pochopitelně také musí podléhat bezpečnostním požadavkům a hygienicko-technickým podmínkám. Plocha pracoviště je udávána v m<sup>2</sup> a zpravidla se s ní pracuje u kapacitních propočtů. [15]

**Pracoviště základního a pomocného výrobního procesu lze rozdělit na:** [15]

- strojní – plocha pro stroj, včetně plochy nezbytné pro obsluhu stroje, plochy pro skladování materiálu a hotových produktů a rovněž uličky mezi stroji,
- ruční – plocha, sloužící ručnímu dělníkovi pro svou práci. Mezi ruční pracoviště patří většinou pracoviště montážního dělníka, pracoviště díleňských kontrol, zámečnický stůl apod.

**Podle počtu dělníků pracujících na stroji se strojní pracoviště člení na:** [15]

1. normální – jeden stroj je obsluhován jedním dělníkem,
2. s víceobsluhou – více strojů je obsluhováno jedním dělníkem,
3. s méněobsluhou – jeden stroj obsluhuje několik dělníků.

### 2.9.1 Možnosti rozmístění strojů a pracovišť

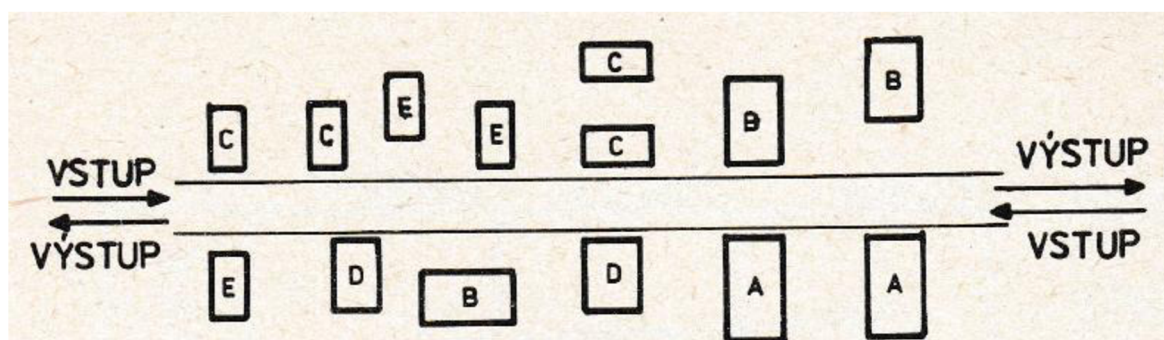
Při umisťování strojů a pracovišť se pochopitelně vychází z výsledků dřívějších analýz a řešení rozmisťovacích metod. Mělo by být dosaženo ideálního rozmístění strojů vzhledem k základním požadavkům jako je přehlednost, přímočarost, hospodárnost výrobního procesu, nevratnost technologického toku, minimálně zabraný prostor a minimální manipulace. Při rozmisťování je také velmi důležité brát ohled na podmínky týkající se bezpečnosti práce. [6]

Rozlišujeme tyto hlavní metody uspořádání pracovišť: [6]

- volné,
- technologické,
- předmětné,
- modulární,
- buňkové,
- kombinované.

#### Volné uspořádání

V tomto případě jsou stroje a pracoviště v dílně poskládány náhodně. Toto uspořádání se používá, pokud před situováním není možné určit návaznost operací, tok materiálu a řídicí a organizační vazby. Lze se s ním prakticky setkat pouze v údržbářských a prototypových dílnách charakteristické kusovou výrobou. V dnešní době se tento způsob používá jen výjimečně, neboť je zcela nevyhovující. Ovšem i v tomto případě je zapotřebí dodržovat základní ergonomická a výrobní opatření. [6]



Obr. č. 11: Volné uspořádání. [18]

### **Technologické uspořádání**

U technologického uspořádání jsou operace shlukovány podle technologické příbuznosti, stejně tak jsou umísťovány i stroje. To znamená, že veškeré obráběcí činnosti jsou prováděny v obrobně, svařovací operace ve svařovně atd. V jednotlivých pracovištích jsou pak slučovány skupiny technologických příbuzných strojů (např. v obrobně jsou v jedné skupině soustruhy, v druhé frézky, v další brusky atd.) Slučujeme tedy skupiny, ve kterých jsou stejné druhy strojů. [6, 15]

U tohoto uspořádání nelze určit jednotný směr materiálového toku, neboť sortiment výrobků je zde velmi různorodý.

Používá se nejčastěji v malosériové a kusové výrobě středního a těžkého strojírenství. Rovněž je využíváno i v učňovských a v údržbářských prototypových dílnách. V průběhu řízení a plánování výrobního procesu se zpravidla volí postupný způsob. Strojní vybavení a nářadí je univerzální, pracovníci musí být kvalifikovaní.

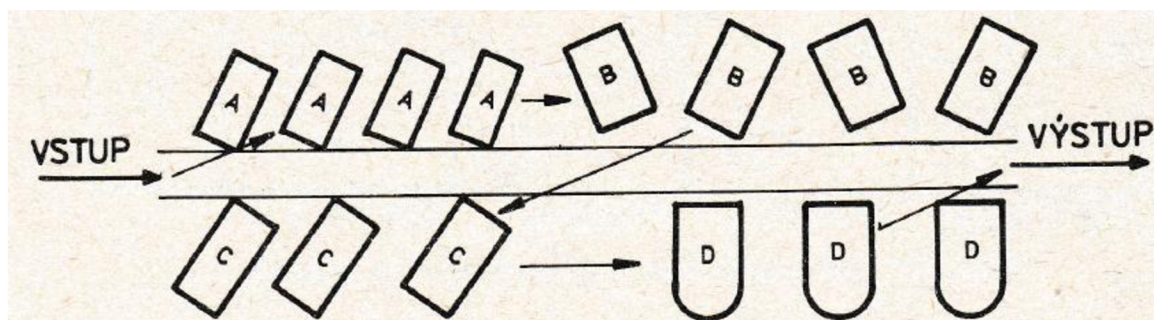
Jelikož je technologické uspořádání poměrně časté, je vhodné uvést i jeho výhody a nevýhody. [6, 15]

Výhody: [6]

- jednoduché zavedení vícestrojové obsluhy,
- lepší využití strojů,
- náhlá změna programu výroby nenaruší výrobu,
- v případě poruchy strojů není narušena výroba,
- snížení potřeby nástrojového vybavení,
- mistři mohou být specializováni podle profesí,
- snazší údržba.

Nevýhody: [6]

- dlouhý, náročný a různorodý materiálový tok,
- vyšší náklady na dopravu,
- větší nároky na výrobní plochu,
- větší nároky na mezisklad,
- delší průběžná doba,
- větší objem prostředků v oběhu.



Obr. č. 12: Technologické uspořádání. [18]

### Předmětné uspořádání

Při opakované výrobě malých sérií nebo větší sériovosti výroby je výhodné využívat předmětné uspořádání pracovišť. Typické pro toto uspořádání je, že jednotlivá pracoviště jsou seskupena podle operací dle technologického postupu výrobku (předmětu), jež se vyrábí. Tok součástí se realizuje stejným směrem a vzniká tak výrobní proud – linka. V praxi se pak vytvářejí specializované provozy jako je např. hřídelna, výroba pístů, přírub, vaček atd. Pro uplatnění progresivnějšího předmětného uspořádání pracovišť, je třeba mít technickou přípravu výroby i plánování výrobního procesu na vysoké úrovni, což umožňuje realizovat základní podmínky pro zavedení proudové výroby, tj. zhromadnění výroby. [6, 14]

V případě, že provádíme hromadnou výrobu jedné součásti nebo skupiny součástí, jež jsou technologicky a tvarově příbuzné, je možné sestavit optimální předmětné uspořádání pracovišť. V této situaci se již bavíme o výrobní lince, která je zároveň dokonalejším stupněm předmětného uspořádání. Nejdokonalejším stupněm je automatická synchronizovaná linka (taktová linka), skládající se ze speciálních jednoúčelových strojů, které jsou propojeny společným dopravníkem. [6, 14]

Často se vyrábí větší sortiment součástek, jež mají odlišné pořadí operací. Pokud bychom zvolili předmětné uspořádání, nebude materiálový tok optimální pro každou součást. V takovém případě vznikají vícepředmětné linky. Stroje se zpravidla rozmisťují dle kritérií, která jsou pro nás nejpodstatnější (např. nejpočetnější skupina součástí, nejtěžší nebo největší součást).

Tento typ uspořádání se nejčastěji využívá v hromadné a velkosériové výrobě. V průběhu plánování a řízení výrobního procesu se většinou volí smíšený nebo souběžný způsob. Jsou používány speciální stroje, zařízení i nářadí. Pracující dělníci nejsou povinni být kvalifikovaní a seřizování strojů mají na starost specialisté. [6, 14]

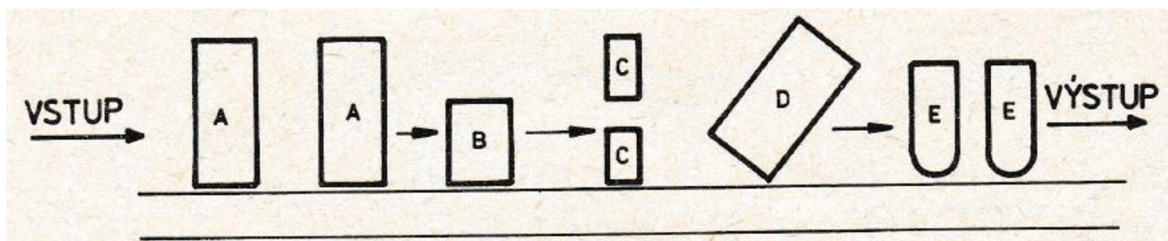


Výhody: [6, 14]

- kratší manipulační dráhy,
- nižší investiční náklady,
- kratší časy mezi operacemi,
- nižší manipulační a skladovací náklady,
- nižší rozpracovanost výrobního procesu,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- zmenšená výrobní plocha,
- efektivnější řízení výroby.

Nevýhody: [6, 14]

- markantní změny ve strojním vybavení i rozmístění strojů vyvolané změnou výrobního programu,
- nižší objem výroby zapříčiní pokles využití strojů,
- speciální jednoúčelové stroje vyžadují obtížnou a nákladnou údržbu.



Obr. č. 13: Předmětné uspořádání. [18]

### Modulární uspořádání

Díky vzniku moderní techniky konkrétně NC strojů se tenhle typ uspořádání poměrně rozšířil, patří tudíž k novějšímu způsobu uspořádání. Je typické shlukováním stejných technologických bloků – modulů, z nichž každý má za úkol plnit více technologických funkcí. Celá dílna je tak složena ze stejných nebo podobných pracovišť – skupin pracovišť. Každé pracoviště je složeno z obráběcích center nebo z CNC strojů. Kvůli mezioperačním manipulacím se většinou využívá manipulátorů nebo robotů. [6, 14]

Modulární pracoviště vynikají svou produktivitou. Z toho důvodu by měly být přednostně zásobovány materiálem a nářadím. Díky své produktivitě má v dílně prioritní postavení co se týče plánování a řízení zakázek nebo údržby strojů, tak i z hlediska obsluhy strojů nářadím, materiálem, dokumentací atd.



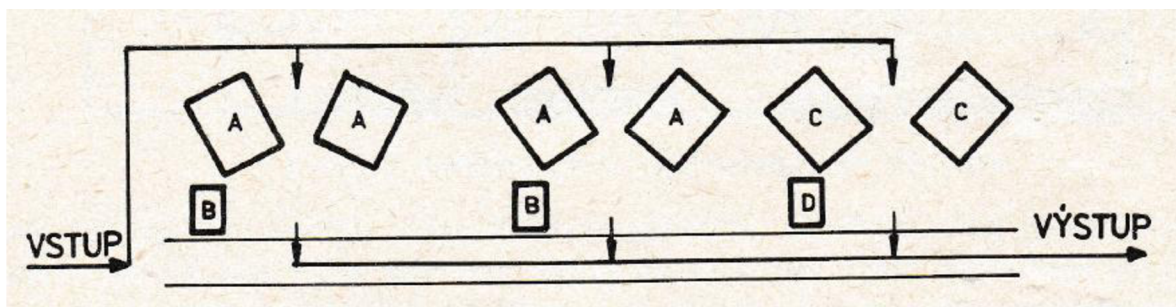
Modulární uspořádání je využíváno v malosériové a kusové výrobě a hodí se především do dvou nebo i třisměnného provozu. V modulu se používají progresivnější stroje i nářadí. Pracovníci by měli být dostatečně kvalifikováni. [6, 14]

Výhody: [6, 14]

- vyšší produktivita práce,
- kratší mezioperační i operační doby,
- kratší průběžná doba výroby,
- kratší manipulační dráhy,
- organizovanější a lépe řízená výroba

Nevýhody: [6, 14]

- větší důraz na technickou přípravu výroby,
- vysoká cena strojního vybavení.



Obr. č. 14: Modulární uspořádání. [18]

### Buňkové uspořádání

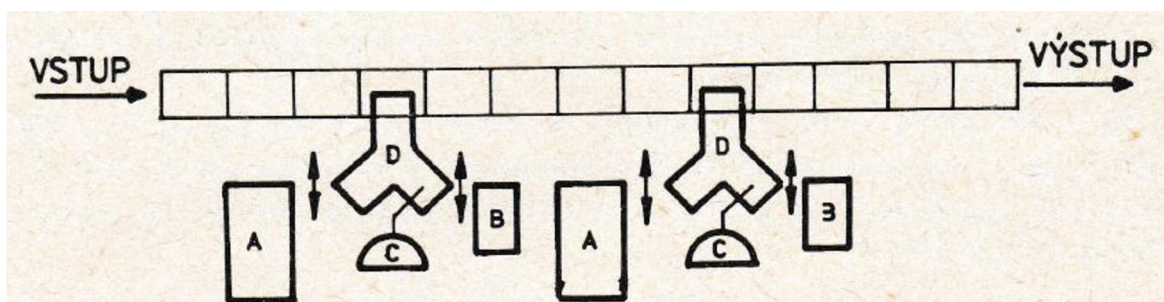
Buňkové uspořádání se považuje rovněž za jedno z nově vzniklých způsobů uspořádání pracovišť a svým způsobem je modifikací modulárního uspořádání. Velmi produktivní stroj s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím (robotem, speciálními technologickými paletami, zásobníky atd.) vytváří výrobní buňku. Ukázkou buňkového uspořádání je tzv. **automatizovaný výrobní systém (AVS)**, což je plně mechanizované, automatizované nebo robotizované pracoviště, ve kterém je zpravidla více než jedno výrobní zařízení a které vyniká dokonalým řešením mezioperační i operační manipulace i vlastním řídicím systémem. Pro projektování tohoto způsobu uspořádání pracovišť je nezbytná důkladná předprojektová analýza, vypracování technologických postupů a zavedení standardizace. [6, 15]

Využití buňkového uspořádání je velmi podobné předchozímu modulárnímu způsobu. V případě buňkového uspořádání se přípravné operace uskutečňují na pomocném pracovišti a to i v době chodu hlavního pracoviště. V průběhu hlavních technologických činností se realizuje výměna a nastavování nástrojů. Tenhle způsob uspořádání je vhodný pro práci v třísměnném provozu. [6, 15]

Výhody: [6, 15]

- operační i mezioperační manipulace s materiálem je minimalizovaná, automatizovaná nebo robotizovaná,
- vyšší produktivita práce,
- kvalitnější výroba a nižší zmetkovitost,
- zkrácení průběžné doby výroby,
- menší potřeba oběžných prostředků.

Nevýhody tohoto uspořádání jsou podobné jako u výše zmíněného modulárního systému.



Obr. č. 15: Buňkové uspořádání. [18]

### Kombinované uspořádání

Projektujeme-li větší celky, většinou si nelze vystačit pouze s jedním způsobem uspořádání pracovišť, a proto se využívá kombinace dvou nebo více způsobů. Nejpoužívanější kombinací v praxi při vypracování technologických projektů bývá kombinace předmětného a technologického uspořádání. [6, 14]

V provozech jako kovárna nebo slévárna bývá zvykem, že některý výkovek nebo odlitek svým velkým množstvím umožní proudovou výrobu, tzn. předmětné uspořádání, zatímco pro zbylou skupinu sortimentu se jeví vhodnější technologické uspořádání strojů.

Příkladem mohou být mechanicko-montážní provozy, které disponují velkým sortimentem součástek vyráběných v obrobě, jež je technologicky uspořádaná. Součástky jsou z ní posléze přepraveny na mezisklad montáže. Montáž finálních produktů je pak možné uskutečnit v předmětně uspořádané lince. [6, 14]

Obvykle se volí souběžný nebo smíšený výrobní způsob v malých dávkách. Strojní park a nářadí je univerzální nebo stavebnicový. Dělníci by měli být zaučení i kvalifikovaní (jako nekvalifikovaní pracovníci se berou seřizovači).

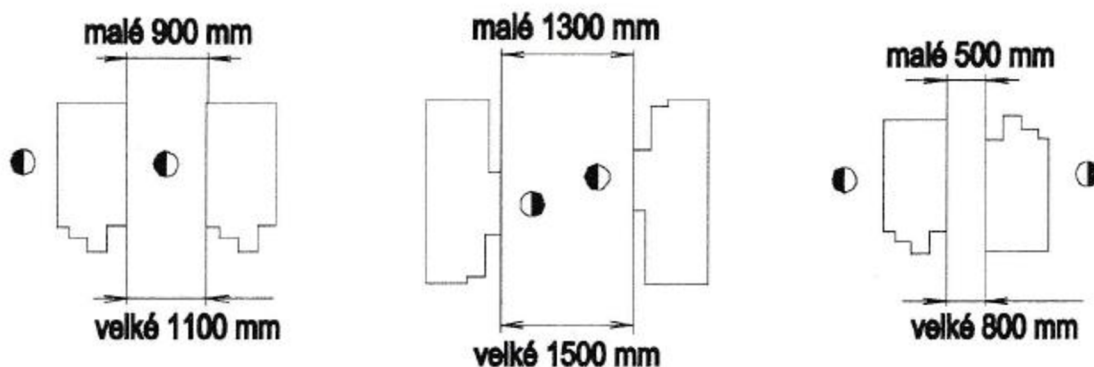
Při kombinovaném uspořádání pracovišť je vhodné využít výhod obou systémů a omezit nevýhody. [6, 14]

### 2.9.2 Zásady při rozmisťování strojů a zařízení

#### Obecná pravidla umisťování strojů v dispozičním řešení

Zakresluje-li stroj v dispozičním řešení, je třeba ho zakreslit jeho vnějšími rozměry a to i včetně zaznačení krajní polohy pohybujících se částí stroje (hoblovky, frézky apod.). Při rozmisťování je naší snahou sestavit návrh tak, aby byla zabráněna co nejmenší plocha a měli bychom se držet základních projektantských norem a zvyklostí, a to jak z hlediska bezpečnosti, tak i z hlediska hygieny práce. Projektant musí mít dobré znalosti o stroji, vědět, kde je pracovní místo dělníka a kudy vede přípojka elektrického proudu. Pokud je nutné upínat těžké předměty v hale, jež nemá mostový jeřáb, pak je zapotřebí navrhnout ke stroji sloupový jeřáb nebo jiný příslušný prostředek. Do dispozičního řešení zakresluje i veškeré příslušenství stroje (rozdávěcí skříně apod.), pracoviště dělníka, odkládací prostory, regály atd. [6, 14]

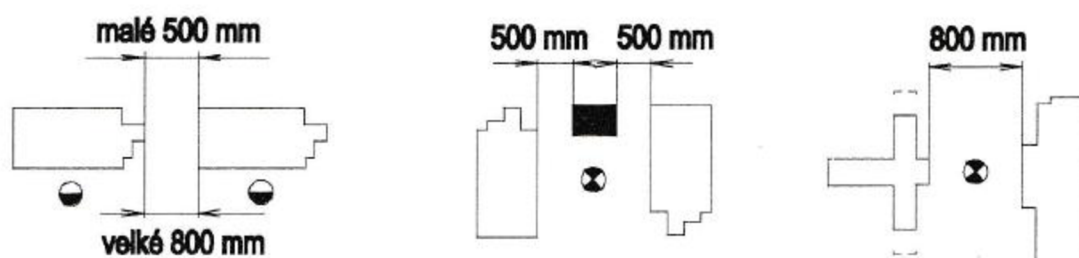
Pro obrobny, které se řadí mezi ty lehké, počítáme na stroj 8 – 12 m<sup>2</sup>, 20 – 25 m<sup>2</sup> pro středně těžké a pro obzvlášť těžkou výrobu 50 nebo dokonce 70 m<sup>2</sup>. Rozmístění strojů se kótuje od sloupů k vnějšímu obrysu stroje. Mezi malé stroje patří stroje s obrysem přibližně 800 x 1500 mm. Stroje, které mají jeden rozměr větší než 3500 mm, jsou brány za velké. V následující části jsou zobrazeny normy minimálních vzdáleností od sloupů, dopravních cest atd. [6]



a) stroje jsou umístěny: za sebou

b) čelem k sobě

c) zadními stěnami k sobě

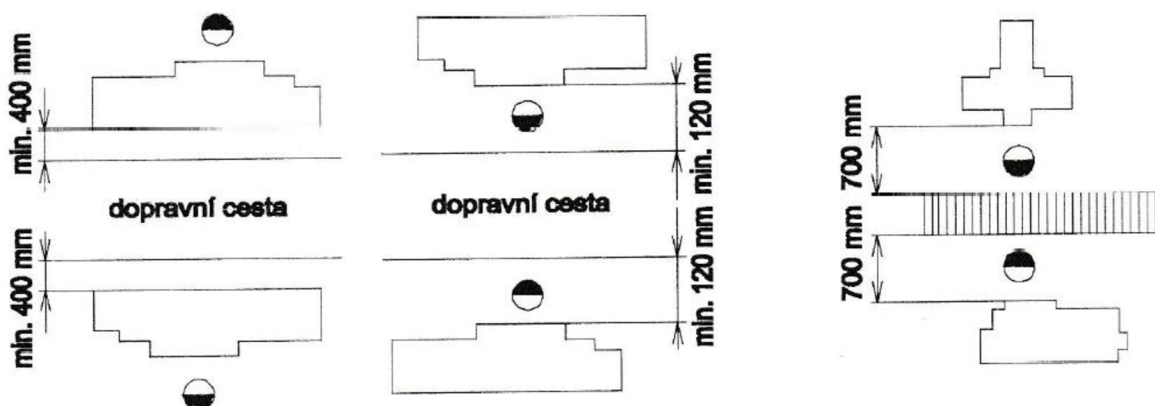


d) bočními stěnami k sobě

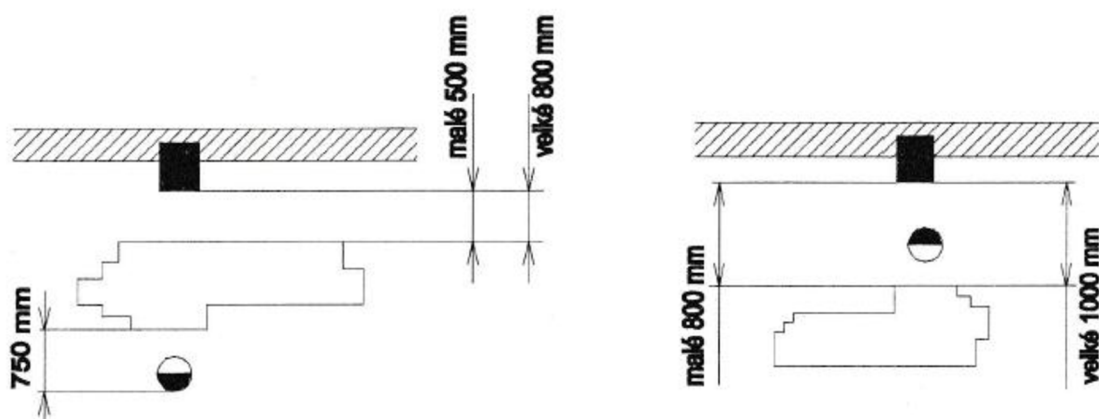
e) vícestrojová obsluha

f) vícestrojová obsluha

Obr. č. 16: Vzdálenosti mezi jednotlivými stroji a zařízeními. [14]

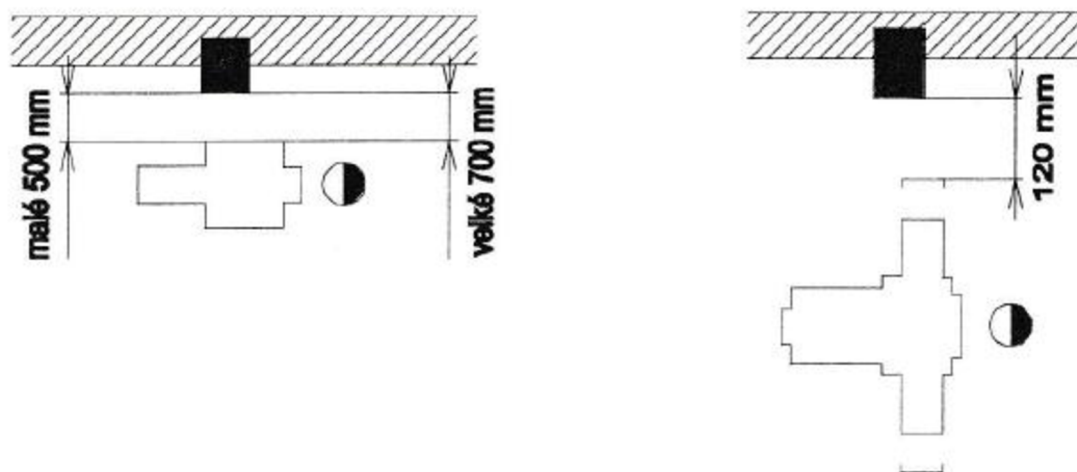


Obr. č. 17: Vzdálenosti strojů od dopravních cest a dopravníků. [14]



a) zadní část stroje směřuje ke stěně

b) mezi strojem a stěnou je pracoviště dělníka



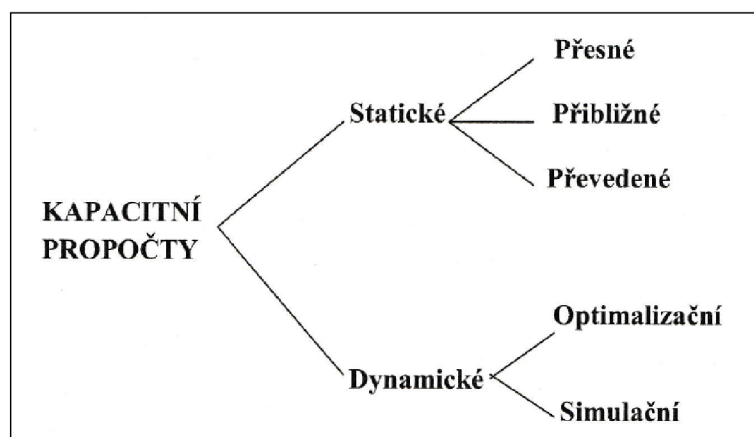
c) stroj je umístěn bokem ke stěně

d) ke stěně směřuje pohyblivá část stroje

Obr. č. 18: Vzdálenosti strojů od sloupů a stěn [14].

## 2.10 Kapacitní propočty

Kapacitní propočty se zabývají vztahem mezi plánovaným programem výroby a výrobním profilem navrhovaného provozu. Plán výroby je určen předpokládanými ročními počty produktů, jež bude firma vyrábět. Profil výroby je daný především počtem a typem strojů, zařízení a ručních pracovišť, počtem pracovníků a nezbytnou výměrou ploch. Princip kapacitního výpočtu je založen na poměrování času, jež může daná pracovní jednotka (stroj, pracovník, ruční pracoviště) využít k práci za určité časové období, s časem, který je od této jednotky požadován za stejné časové období (obvykle rok). Kapacitní propočty jsou taktéž podkladem pro zpracování provozních i investičních nákladů. Kapacitní propočty lze rozdělit dle obrázku č. 19. [6, 14]



Obr. č. 19: Základní členění kapacitních propočtů. [5]

### 2.10.1 Výpočet časových fondů

K vypočtení potřebného počtu pracovišť, strojů či počtu dělníků je zapotřebí znát jejich časové možnosti (kolik hodin v roce budou pracovat - efektivní časové fondy). Rozlišují se tři druhy efektivních časových fondů, jež jsou odlišné pro ruční pracoviště, stroj a dělníka. Jedná se o roční fond ručního pracoviště, efektivní časový fond stroje a dělníka. [6, 14]

#### **Efektivní časový fond ručního pracoviště ( $E_r$ ):**

Jde o počet hodin, které lze odpracovat v daném roce ve všech pracovních dnech při uvažování jenom jedné směny. V případě ručního pracoviště s odstavením na opravy. Násobí se tedy počet pracovních dní v roce s počtem hodin za směnu. Výsledný vzorec má pak podobu: [6, 14]

$$E_r = (K_c - S_o - N_e - S_v) \cdot 8 \quad [\text{hod./rok}] \quad (1)$$

kde:  $E_r$  – efektivní časový fond ručního pracoviště [hod./rok],

$K_c$  – celkový počet dnů v daném kalendářním roce,

$S_o$  – počet sobot [dny/rok],

$N_e$  – počet nedělí [dny/rok],

$S_v$  – počet státních svátků [dny/rok].

#### **Efektivní časový fond strojního pracoviště ( $E_s$ ):**

U strojních pracovišť je nezbytné počítat s časovými ztrátami způsobenými opravami či údržbou stroje. Podle novějších poznatků bylo zjištěno, že se jedná přibližně o 6-8 % z celkového času. [6, 14]

$$E_s = E_r - (0,04 - 0,08) \cdot E_r \quad [\text{hod./rok}] \quad (2)$$

#### **Efektivní časový fond dělníka ( $E_d$ ):**

Tento údaj se získá na základě efektivního časového fondu ručního pracoviště, od kterého je zapotřebí odečíst dny dovolené a předpokládaný průměrný počet dnů nemoci. Oba údaje musí být přepočteny na hodiny. Vzorec je ve tvaru: [6, 14]

$$E_d = E_r - (D + N_m) \cdot 8 \quad [\text{hod./rok}] \quad (3)$$

kde:  $D$  – průměrný počet dní dovolené za rok (většinou 20) [dny/rok] a

$N_m$  – průměrný počet dní, kdy je pracovník nemocný (většinou 15) [dny/rok].



### 2.10.2 Výpočet pracovišť

#### Výpočet potřebného počtu ručních pracovišť

V případě výpočtu ručních pracovišť se vychází z normovaného času, jenž je potřeba k provedení dané ruční operace u jednoho vyráběného kusu. Vzorec je ve tvaru: [6, 14]

$$P_{thri} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} \quad (4)$$

kde:  $P_{thri}$  – teoretický počet ručních pracovišť pro provedení dané operace,

$t_{ki}$  – předpokládaný čas potřebný k provedení dané operace (jednotkový + část dávkového),

$N$  – plánovaný počet vyráběných kusů za rok,

$E_r$  – efektivní časový fond ručního pracoviště [hod./rok],

$s_r$  – směnnost ručních pracovišť,

$k_{pnr}$  – koeficient překračování norem pro ruční pracoviště (zpravidla 1,1 - 1,3).

#### Výpočet potřebného počtu strojních pracovišť

Při tomto výpočtu se užívá analogického vztahu jako v případě ručních pracovišť, liší se pouze hodnoty. Vzorec pak nabývá tvaru: [6, 14]

$$P_{thsi} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (5)$$

kde:  $P_{thsi}$  – teoretický počet strojních pracovišť pro provedení dané výrobní operace,

$E_s$  – efektivní časový fond strojního pracoviště [hod./rok],

$s_s$  – směnnost strojních pracovišť,

$k_{pns}$  – koeficient překračování norem pro strojní pracoviště.

#### Využití strojních a ručních pracovišť

Skutečný počet pracovišť získáme zaokrouhlením nahoru. Z toho plyne, že pracoviště téměř v žádném případě nemůžou být využity na 100%. Využití strojů se pak spočítá jako podíl teoretického počtu strojů a skutečného (zaokrouhleného) počtu strojů.

Výpočet využití ručních pracovišť se počítá analogicky. Vzorec má tvar: [6, 14]

$$\eta_i = \frac{P_{thsi}}{P_{sksi}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

kde:  $\eta_i$  – časové využití strojního pracoviště v dané operaci,

$P_{thsi}$  – teoretický počet strojů pro danou operaci,

$P_{sksi}$  – skutečný počet strojů pro danou operaci.

Jedná-li se o nějakou skupinu strojů (např. technologickou jako jsou frézky, soustruhy apod.), lze spočítat využití celé skupiny v jednotlivých operacích podle následujícího vzorce: [6, 14]

$$\eta_{sk} = \frac{\sum_{i=1}^n \eta_i \cdot P_{sksi}}{\sum_{i=1}^n P_{sksi}} \quad (7)$$

kde:  $\eta_{sk}$  – časové využití strojů technologické skupiny,

$\eta_i$  – časové využití strojů i-té operace.

### 2.10.3 Výpočet pracovníků

#### Výpočet strojních a ručních dělníků

Počty pracovníků této skupiny se obvykle počítají pro každou výrobní operaci. Je vycházeno z časů jednotlivých operací technologického postupu. V případě dvousměnného provozu se zpravidla volí pro druhou směnu stejný počet pracovníků, jako pro směnu první. Vzorce jsou pak ve tvarech: [6, 14]

$$D_{vsl} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} \quad (8) \quad D_{vsII} = (s_s - 1) \cdot D_{vsl} \quad (9)$$

$$D_{vrl} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} \quad (10) \quad D_{vrII} = (s_r - 1) \cdot D_{vrl} \quad (11)$$

kde:  $D_{vsl}, D_{vsII}$  – počet strojních výrobních dělníků pro první a druhou směnu,

$D_{vrl}, D_{vrII}$  – počet ručních výrobních dělníků pro první a druhou směnu,

$N$  – plánovaný roční počet vyráběných kusů,

$t_{ki}$  – předpokládaný čas, který je potřebný k provedení dané operace [min],

$E_s, E_r$  – efektivní strojní a ruční časový fond [hod./rok],

$s_s, s_r$  – strojní a ruční směnnost,

$a$  – koeficient případné vícestrojové obsluhy.

Celkový počet dělníků pro obě směny se počítá jako součet počtů dělníků pro jednotlivé směny: [6, 14]

$$D_{vs} = D_{vsl} + D_{vsII} \quad (12)$$

$$D_{vr} = D_{vrl} + D_{vrII} \quad (13)$$

$$D_v = D_{vs} + D_{vr} \quad (14)$$



kde:  $D_{vs}$  – počet strojních výrobních dělníků potřebný pro obě směny,

$D_{vr}$  – počet ručních výrobních dělníků potřebný pro obě směny,

$D_v$  – počet výrobních dělníků pro dvě směny.

### **Evidenční počet dělníků**

Při počítání finálního počtu zaměstnanců je potřeba brát v potaz i pracovníky, jež budou zastupovat za zaměstnance, kteří budou nemocenské nebo na dovolené. Konečný vzorec pak nabývá tvaru: [6, 14]

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_d} \quad (15)$$

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} \quad (16)$$

kde:  $D_{evr}$  – evidenční stav ručních výrobních dělníků (pro dvě směny),

$D_{evs}$  – evidenční stav strojních výrobních dělníků (pro dvě směny).

### **Počet pomocných dělníků**

Tito pracovníci stejně jako pracovníci pomocného a obslužného personálu se zpravidla počítají z celkového počtu výrobních dělníků na základě zkušeností z praxe. Počet pomocných dělníků je dán vztahem: [6, 14]

$$D_p = (0,3 - 0,4) \cdot D_v \quad (17)$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p \quad (18)$$

kde:  $D_p$  – celkový počet pomocných dělníků,

$D_{evp}$  – celkový evidenční počet pomocných dělníků.

### **Celkový počet evidenčních dělníků**

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} \quad (19)$$

### **Pomocný a obslužný personál**

Jedná se o pracovníky mající „vedlejší význam“ v rámci výrobního procesu. Jde například o uklízečky, pracovníky v kantýně apod. [6, 14]

$$D_{pop} = (0,015 - 0,03) \cdot D_{evc} \quad (20)$$

### **Inženýrsko-techničtí a administrativní pracovníci**

Zde se jedná o pracovníky administrativy, konstrukce a zaměstnance operativního řízení (mistři a technologové). Vypočtený počet pracovníků se rozdělí na jednotlivé podskupiny v poměru 50% operativní řízení, 30% administrativa a 20% konstrukce. [6, 14]

$$ITA = (0,15 - 0,25) \cdot D_{evc} \quad (21)$$

### **Celkový počet pracovníků**

Vypočítá se jako součet všech pracovníků jednotlivých skupin dle vztahu: [6, 14]

$$D_c = D_{evc} + ITA + D_{pop} \quad (22)$$

#### **2.10.4 Výpočet ploch**

Při technologickém projektování je nezbytné pro veškerá pracoviště stanovit pracovní plochu.

#### **Výrobní plocha**

Tato plocha je složena z plochy pro ruční a strojní pracoviště. Při výpočtu plochy strojního pracoviště se vychází z půdorysných rozměrů stroje (maximální délka a šířka) včetně dalších potřebných ploch jako je např. plocha pro palety, místo pro strojního dělníka, plochy nutné kvůli bezpečné vzdálenosti mezi stroji a plochy uliček.

Vzorce jsou ve tvaru: [6, 14]

$$F_s = \sum_{j=1}^m f_{sj} \cdot n_j \quad [m^2] \quad (23)$$

$$F_r = f_r \cdot P_r \quad [m^2] \quad (24)$$

kde:  $F_s$  – výrobní plocha strojních pracovišť  $[m^2]$ ,

$f_{sj}$  – měrná plocha strojního pracoviště pro stroj  $j$ -tého typu  $[m^2]$ ,

$n_j$  – navržený počet strojů  $j$ -tého typu,

$F_r$  – výrobní plocha pro ruční pracoviště  $[m^2]$ ,

$f_r$  – měrná plocha ručního pracoviště  $[m^2]$ ,

$P_r$  – navržený počet ručních pracovišť.

$$F_v = F_s + F_r \quad [m^2] \quad (25)$$

kde:  $F_v$  – výrobní plocha  $[m^2]$ .

### Pomocná podlahová plocha

Tato plocha je odvozena od výměry výrobní podlahové plochy. Ze statistických údajů bylo zjištěno, že tato plocha tvoří zpravidla 40-60 % celkové výrobní plochy. Vzorec je pak ve tvaru: [6, 14]

$$F_p = (0,4 - 0,6) \cdot F_v = F_{phn} + F_{pú} + F_{pskl} + F_{pdc} + F_{pk} \quad [m^2] \quad (26)$$

kde:  $F_{phn} = (0,14 - 0,16) \cdot F_p \quad [m^2]$  – plocha pro hospodaření s nářadím,

$F_{pú} = (0,14 - 0,16) \cdot F_p \quad [m^2]$  – plocha pro údržbu (strojů ve výrobě apod.),

$F_{pskl} = (0,27 - 0,30) \cdot F_p \quad [m^2]$  – plocha skladů,

$F_{pdc} = (0,32 - 0,35) \cdot F_p \quad [m^2]$  – plocha dopravních cest,

$F_{pk} = (0,07 - 0,09) \cdot F_p \quad [m^2]$  – plocha kontroly.

### Celková provozní plocha

Vypočítá se jako součet výrobní a pomocné podlahové plochy. [6, 14]

$$F_{pr} = F_v + F_p \quad [m^2] \quad (27)$$

kde:  $F_{pr}$  – provozní podlahová plocha  $[m^2]$ .

### Správní plocha

Při výpočtu se vychází z počtu inženýrsko-technických a administrativních zaměstnanců. Dle statistických informací je každému takovému pracovníkovi přidělena potřebná plocha. Vypočtená plocha je poté ještě navýšena o 35-40 % pro schodiště, chodby a výtahy. [6, 14]

$$F_{spr} = (T \cdot (5 - 6 m^2) + K \cdot (8 - 12 m^2) + A \cdot (4,5 - 5 m^2)) \cdot (1,35 - 1,4) \quad [m^2] \quad (28)$$

kde:  $F_{spr}$  – správní plocha  $[m^2]$ ,

T – stav technologů,

K – stav konstruktérů,

A – stav administrativních pracovníků.

### Sociální plocha

Mezi sociální plochu patří plocha šaten, umýváren a WC. [6, 14]

$$F_{soc} = F_{šat} + F_{um} + F_{WC} \quad [m^2] \quad (29)$$

kde:  $F_{soc}$  – plocha sociální  $[m^2]$ ,

$F_{šat}$  – plocha šaten  $[m^2]$ ,

$F_{um}$  – plocha umýváren  $[m^2]$  a

$F_{WC}$  – plocha toalet  $[m^2]$ .

U plochy šaten počítáme přibližně  $0,8 \text{ m}^2$  na jednoho pracovníka a rovněž se navyšuje o 35 až 40 % pro schodiště, chodby a výtahy. [6, 14]

$$F_{\text{šat}} = 0,8 \text{ m}^2 \cdot (D_{\text{evc}} + D_{\text{pop}}) \cdot (1,35 - 1,4) \quad [\text{m}^2] \quad (30)$$

U umýváren se bere na jednoho pracovníka  $0,3-0,4 \text{ m}^2$ . Uvažuje se plocha pouze na jednu směnu. [6, 14]

$$F_{\text{um}} = (0,3 - 0,4 \text{ m}^2) \cdot (D_{\text{evcl}} + D_{\text{popl}}) \cdot (1,35 - 1,4) \quad [\text{m}^2] \quad (31)$$

V případě WC se počítá s plochou  $2 \text{ m}^2$  na jedno WC a počítá se s tím, že jedno WC připadá na 15 osob. [6, 14]

$$F_{\text{WC}} = 2 \text{ m}^2 \cdot \frac{D_c}{15} \quad [\text{m}^2] \quad (32)$$

### **Celková plocha útvaru**

Plocha celého útvaru se pak vypočítá podle vztahu: [14]

$$F_{\text{útv}} = F_{\text{pr}} + F_{\text{spr}} + F_{\text{soc}} \quad [\text{m}^2] \quad (33)$$

kde:  $F_{\text{útv}}$  – celková plocha útvaru  $[\text{m}^2]$ .

## **2.11 Ergonomie a projektování**

Ergonomie jakožto vědní obor zkoumá postavení člověka v pracovní oblasti i mimo ni. Úkolem ergonomie je navrhnout a zhodnotit ideální podmínky, jež dovolí člověku vykonat určenou práci s optimální fyzickou i psychickou zátěží.

Co se týká pracovního prostředí a jeho vliv na výkon člověka, patří do téhle oblasti zejména osvětlení a záření, hluk, klimatické podmínky, vibrace a otřesy, motivace, hygieny a bezpečnost práce atd. [6]

V následující části budou stručně popsány jen ty nejzákladnější oblasti ergonomie.

### **2.11.1 Rozměrové řešení pracoviště**

Při rozměrovém návrhu pracoviště je nezbytné brát ohled na několik podstatných aspektů, jako jsou pohlaví a stáří pracovníka, pracovní poloha, pohybový prostor, zorné podmínky nebo také další speciální podmínky pro danou činnost.

Technologický projektant pochopitelně dopředu neví, kdo bude konkrétní pracovník, tudíž se zpravidla vše odvíjí od průměrných proporcí muže. Projektant by však měl vzít na vědomí, že pracovníkem může být i žena nebo mladiství, a proto by pracoviště mělo jít snadno upravit, aby vyhovovalo každému.

Při rozměrovém řešení pracoviště musí být navržen například pracovní prostor pracovníka s ohledem na manipulaci s produkty, vhodnost sezení či stání při výkonu práce, výška pracovního stolu atd. Obecně se uvádí, že například výška pracovního prostoru v případě muže, by měla být 700 mm nad podlahou, pokud sedí a 1030 mm při stání. V případě ženy to je 650 mm vsedě a 950 mm vestoje. [6, 14]

### 2.11.2 Osvětlení na pracovišti

Je známo, že více než 80 % všech informací zaznamenává člověk prostřednictvím zraku. Proto je správné osvětlení pracoviště velmi důležité, a to jak z hlediska kvality práce, bezpečnosti a čistoty, ale i z hlediska psychického stavu člověka. Mluvíme-li o osvětlení, měl by mít projektant příslušné znalosti o světle a jeho šíření, ale také o možnostech vidění lidského oka. [6]

Pro návrh vhodného osvětlení na pracovišti je důležité použít správnou skupinu osvětlení (celkové, místní), eliminovat nežádoucí kontrasty vyskytující se v zorném poli a co nejvíce se snažit využít denního světla. Rovněž druh práce nám určí jak konkrétně nastavit optimální světelné podmínky pracoviště. [14]

Při měnících se nebo nízkých kontrastech musíme brát v potaz také vyšší nároky na osvětlení. Výhodou přirozeného osvětlení je jeho spektrum, na které je již člověk zvyklý. Nevýhodou může být kolísání intenzity a barvy světla a také tepelné záření. Z toho důvodu se jeví jako ideální možnost navrhnout kombinaci umělého a přirozeného osvětlení. [14]

Ve výrobních podnicích se setkáváme zpravidla s těmito druhy osvětlení: [14]

- celkové (osvětlení u stropu, osvětlení přes okna nebo světlíky),
- místní (osvětlení je rovnou na pracovním místě),
- kombinované.

V každém případě je zapotřebí kombinovat celkové osvětlení s místním. Je vyloučené, aby se v hale vyskytovalo pouze místní osvětlení. V závodě projektujeme tzv. normální osvětlení, tj. osvětlení, které je napájené z rozvodné sítě, do něhož patří: [14]

- hlavní osvětlení (osvětlení haly v průběhu pracovní směny),
- pomocné osvětlení (osvětlení v době mimo směnu – pro vrátné, uklízečky apod.),
- bezpečnostní osvětlení (osvětlení v případě poruchy).

V praxi se také občas používá i tzv. nepřímé osvětlení, což je osvětlení, v jehož případě jde skoro 100 % světelného toku směrem nahoru. Výhodou je, že osvětlené objekty nevytváří žádné stíny. Je využíváno např. v menších konstrukčních kancelářích. Pokud světelný tok směřuje směrem dolů, pak mluvíme o osvětlení přímém. [14]

### 2.11.3 Barevné úpravy pracoviště

Návrh vhodné barevné úpravy pracovišť by měl být vždy součástí návrhu optimálního osvětlení, jelikož spolu blízce souvisí. Ovlivňuje nejen duševní stav pracovníka, ale rovněž se podílí na zvýšení kvality a výkonu práce, zvyšuje bezpečnost, pořádek i čistotu a v neposlední řadě také usnadňuje organizaci práce. [6]

### 2.11.4 Hluk na pracovišti

Hluk je popsán jako zvukový jev, jež vyvolává rušivý, nepříjemný či škodlivý sluchový vjem. Zvuk je definován jako mechanické vlnění šířící se pružným prostředím a člověkem je vnímán v kmitočtovém rozsahu 16 až 20 000 Hz. Zvuk je charakterizován především hlasitostí (intenzitou), amplitudou a výškou (kmitočtem). [14]

Hladina intenzity zvuku je udávána v decibelech [dB]. Při trvalém hluku je nejvyšší přípustná hodnota při fyzické práci 85 dB a při duševní práci 65 dB. Při vyšších hodnotách než jaké jsou uvedené, je již nutné používat ochranné pomůcky jako jsou zátky do uší, sluchátkové chrániče nebo protihlukové přilby. Je-li člověk dlouhodobě vystavován hluku, může u něho dojít k poškození sluchu, nespavosti, nervozitě, nižšímu výkonu práce na pracovišti nebo také např. ke zvýšení úrazovosti a zmetkovitosti. [6,14]

### 2.11.5 Požární ochrana

Projektant je povinen řídit se a dodržovat celou škálu platných bezpečnostních předpisů a norem. Mezi ty nejzákladnější patří požární bezpečnost staveb, předpisy pro zabezpečení požární bezpečnosti při výrobním procesu, skladování, manipulaci a přepravě hořlavých látek, bezpečnostní předpisy pro svařování plamenem a řezání kyslíkem, předpisy o únikových cestách nebo také předpisy o požárních zařízeních. V každém pracovišti by měly být umístěny protipožární prvky jako jsou hasící zařízení, evakuační plány, popřípadě ochranné zóny. Pochopitelně také každý pracovník musí být dostatečně proškolen a poučen o bezpečnostních předpisech a pravidlech a striktně je dodržovat. [6,19]

### 2.11.6 Bezpečnost práce

Veškerý používaný stroj, veškeré pracoviště má svou určitou míru nebezpečí. Míra přijaté nebezpečnosti se vyvíjí v závislosti technické úrovně oboru a sociální úrovně společnosti. Nynější míra nebezpečí se poté prosazuje pomocí bezpečnostních předpisů a norem. I přesto, že v praxi je zpravidla strůjcem úrazu sám pracovník a to kvůli svému nevhodnému jednání na pracovišti, musí být všechny ostatní technické prvky výrobního procesu pro nás co nejméně nebezpečné. Proto jsou např. na stroje vkládány různé bezpečnostní prvky, jež mohou ochránit, zabránit nebo alespoň minimálně omezit množství zbytečných úrazů na pracovišti. [6]

### 3 ANALÝZA AKTUÁLNÍHO STAVU FIRMY

V následující kapitole je obsaženo představení vybrané firmy, analýza současného stavu, analýza firemních i tržních možností a rovněž návrh optimalizace výrobního procesu vzhledem k možné a očekávané situaci na trhu.

#### 3.1 Představení podniku

Tato diplomová práce byla zpracována ve firmě: [24]

ENGITEC Motorsport s.r.o.

IČ: 28651235, DIČ: CZ28651235

Adresa provozovny: Areál OKD Frenštát  
Trojanovice 62  
744 01 Frenštát pod Radhoštěm

Firma byla založena v roce 1998 a její podnikání je zaměřeno na strojírenskou výrobu součástek pro automobilový průmysl a motorsport a to konkrétně na stavbu a úpravy závodních motorů, ve kterém má mnoholeté zkušenosti. Rozhodnutí o směřování firmy bylo dáno profesní historií i osobní zálibou jednatele společnosti v oblasti spalovacích motorů. Původní stavba motorů, která byla realizována především z nakupovaných dílů, se rychle proměnila ve stavbu motorů z komponentů vyráběných vlastními technologiemi. Vyžádalo si to zejména nutnost provádět úpravy a výrobu dílů dle aktuálních požadavků zákazníků v požadované kvalitě a termínu dodání, což při nakupování dílů nešlo. [24]

V roce 2012 se pak firma transformovala na právnickou osobu ENGITEC CH+CH s.r.o. se sídlem v nedalekém Rožnově pod Radhoštěm. V lednu 2016 se společnost přejmenovala na ENGITEC Motorsport s.r.o. Současný výrobní program firmy se skládá z výroby a úpravy: [24]

- Části motorů, hnacích ústrojí a převodovek
- Bloků motorů
- Kovaných pístů
- Hlav válců
- Vysoko pevnostních ojnic

Od svého založení je pro firmu velmi důležitá také spokojenost svých zaměstnanců, které bere za nejdůležitější součást zdravé a konkurenceschopné firmy. V současné době je ve společnosti zaměstnáno 6 zaměstnanců, majitel firmy, obchodní zástupce, programátor CNC a zbylí 3 pracovníci jsou výrobní dělníci. Díky plánovanému rozvoji společnosti by se do budoucna měl počet zaměstnanců ještě navýšit. [24]

### 3.2 Analýza stávajících tržních možností společnosti

Jelikož společnost vyniká vysokou kvalitou výroby a taktéž znalostí v oboru spalovacích motorů, není divu, že se společnosti daří budovat dlouhodobé zákaznické vztahy, a to i s velkými firmami, mezi něž se řadí také ŠKODA Motorsport. Firma ENGITEC Motorsport s.r.o. své výrobky dodává jak koncovým zákazníkům z řad závodníků a tuningových nadšenců, tak rovněž významným firmám motorsportu.

Co se týče propagace firmy, společnost ENGITEC Motorsport s.r.o. využívá aktivní obchodní politiku, jenž je založena na přímé komunikaci mezi jednatelem společnosti a potencionálními i stávajícími zákazníky. Firma má rovněž své webové stránky [www.engitec.cz](http://www.engitec.cz). Společnost také využívá prodej přes e-shop [www.engitec.cz/shop](http://www.engitec.cz/shop). Další formou propagace společnosti je využívání reklamních materiálů, které jsou vypracovány v českém, anglickém a německém jazyce. [24]

Zaměstnanci a vedení společnosti mají rovněž možnost být přímo v kontaktu se zákazníky, např. na sportovních akcích, které pravidelně navštěvují, a kde se snaží propagovat své výrobky. [24]

### 3.3 SWOT analýza

V případě posuzování interních faktorů podniku se zaměříme zejména na silné a slabé stránky dané firmy a na její příležitosti a hrozby. Taková analýza se označuje SWOT podle prvních písmen anglických názvů (Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats). Příležitosti a hrozby jsou zde pojímány k firmou oslovenému trhu, ne interně ve firmě. Jedná se tedy o podnikové příležitosti a vnější hrozby, jenž mohou ovlivnit firemní úspěch. [20]

Analýza SWOT pro firmu ENGITEC Motorsport s.r.o. je zobrazena v tabulce č. 1.



Tab. č. 1: SWOT analýza firmy ENGITEC.

	<b>Pomocné (dosažení cíle)</b>	<b>Škodlivé (dosažení cíle)</b>
<b>Vnitřní (atributy firmy)</b>	<b>Silné stránky (Strengths)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Velmi vysoká kvalita výroby</li> <li>- Dlouhodobé dobré vztahy se zákazníky</li> <li>- Dlouholeté zkušenosti v daném oboru výroby</li> <li>- Neustálé rozšiřování výroby</li> <li>- Kvalifikovaní zaměstnanci</li> </ul>	<b>Slabé stránky (Weaknesses)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Delší čekací lhůty pro zákazníky</li> <li>- Časová potřeba proškolení zaměstnanců na nové technologie</li> <li>- Nevyužívání odborných školicích programů</li> <li>- Zastaralé strojní vybavení</li> <li>- Omezené výrobní prostory</li> </ul>
<b>Vnější (okolní prostředí)</b>	<b>Příležitosti (Opportunities)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Využívání dotačních programů z EU</li> <li>- Možnost vstupu na nové trhy</li> <li>- Spolupráce s firmami v okolí</li> <li>- Možnost získání nových zákazníků</li> <li>- Rozšíření výrobního sortimentu</li> <li>- Možnost intenzivnější spolupráce se stávajícími i novými zákazníky</li> </ul>	<b>Hrozby (Threats)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nedostatek kvalifikované pracovní síly</li> <li>- Zhoršení ekonomické situace státu</li> <li>- Konkurence stávajících a nových firem</li> <li>- Výpověď ze strany kvalifikovaného zaměstnance</li> <li>- Neplnění termínu dodání technologií ze strany dodavatelů</li> </ul>

Z tabulky 1 se jeví jako nejvhodnější strategie pro firmu ENGITEC strategie S-O, to tedy znamená využití silných stránek firmy k uskutečnění nabízejících se příležitostí.

### 3.4 Současná analýza výrobního objektu

Celý objekt se nachází v areálu OKD Trojanovice ve Frenštátě pod Radhoštěm, ke kterému vede příjezdová cesta sloužící zároveň jako parkoviště pro zaměstnance popř. zákazníky. Výrobní hala společnosti je obdélníkového půdorysu o celkové výměře 317 m<sup>2</sup>. Dvoje vstupní hlavní vrata o rozměrech 3,6 x 3,6 m jsou umístěny na boční straně haly, hned u příjezdové cesty.

Samotná výrobní hala se skládá z několika prostor. Vstup do výrobní haly je součástí obrobny s podlahovou plochou 158,5 m<sup>2</sup>, kde se nachází 7 strojů (pila, 2 CNC frézovací centra, 2 CNC soustruhy, klasický soustruh, CNC horizontální vyvrtávačka) a pracovní stůl, který slouží zároveň jako pracoviště kontroly. Z obrobny se jednak prochází přes kancelář programátora a obchodního zástupce do brusírny, tak i do skladu, jehož plocha činí 61 m<sup>2</sup> a jenž je zároveň propojovacím prostorem mezi obrobny s CNC centry a hrubovací obrobny s konvenčními stroji. Plocha kanceláře činí 13 m<sup>2</sup> a plocha brusírny

je 28 m<sup>2</sup>. Z brusírny, ve které je umístěno 5 brusek, poté vede vstup do hrubovací obrobny, která má výměru 64,5 m<sup>2</sup>. Zde se nachází 2 konvenční frézky, vertikální vyvrtávačka a pracoviště kontroly. Seznam strojního vybavení firmy je zobrazen v tabulce č. 2. Na samotném konci objektu se nachází šatna pro zaměstnance o ploše 10 m<sup>2</sup>, kancelář majitele firmy o ploše 20 m<sup>2</sup> a sociální plocha tzn. WC a umývárna o výměře 23 m<sup>2</sup>. Všechny tři místnosti jsou propojeny s obrobny. Situování kanceláře programátora je zvoleno vhodně, neboť má snadný přístup jak do obrobny s CNC soustruhy a CNC frézovacími centry, tak do brusírny i hrubovací obrobny. Jelikož se šatna a sociální plocha nachází až na druhém konci výrobní haly, musí pracovníci obrobny projít přes celou halu. Půdorys výrobní haly se nachází v příloze č. 1.

### **3.5 Strojní vybavení firmy**

Jak již bylo zmíněno firma ENGITEC je vybavena sedmi stroji v obrobně z toho je 5 CNC center, dále pěti bruskami v brusírně a třemi stroji v hrubovací obrobně, kde 2 stroje jsou konvenční hrubovací frézky a jedna souřadnicová vertikální vyvrtávačka. Některé stroje jsou již poměrně zastaralé, ale i tak jsou pro současnou výrobu dostačující.

Za zmínku stojí i to, že jeden z CNC strojů není v provozu z důvodu nefunkčnosti. Jelikož cena opravy by byla velmi nákladná a zřejmě by i převýšila pořizovací cenu, má firma v plánu tento stroj v nejbližší době úplně vyřadit. Jedná se o CNC horizontální obráběcí centrum ZPS MCFH 40. Seznam strojního vybavení včetně nepoužívaného stroje je uveden v tabulce číslo 2.

Tab. č. 2: Seznam strojního vybavení firmy.

<b>Číslo pracoviště:</b>	<b>Stroj:</b>	<b>Rozměry stroje:</b>
<b>1</b>	<b>CNC vertikální obráběcí centrum ZPS MCFV 2080 NT</b>	<b>4 900 x 2 400 mm</b>
2	CNC vertikální obráběcí centrum VMC 1000	3 050 x 2 200 mm
3	CNC horizontální obráběcí centrum ZPS MCFH 40	3 450 x 2 550 mm
4	CNC soustruh MAS SPU 20 CNC	3 300 x 2 150 mm
5	CNC soustruh ZPS SPRY 40 NC	2 050 x 1 550 mm
6	Univerzální hrotový soustruh TOS SV18 R	2 850 x 950 mm
7	Pila BOMAR Ergonomic 275.235 DG	1 600 x 800 mm
8	Bruska na kulato TOS BHU 25	1 950 x 1 800 mm
9	Bruska na plocho TOS BPH 20	1 800 x 1 400 mm
10	2 x Bruska na ventily RV 3000	1 600 x 600 mm (2 x 800 x 600 mm)
11	Dvoukotoučová bruska na nástroje PROMA BKN 1500	600 x 400 mm
<b>12</b>	<b>Frézka TOS FGSH 50</b>	<b>2 400 x 2 900 mm</b>
13	Frézka TOS F 20	1 600 x 1 400 mm
<b>14</b>	<b>Souřadnicová vertikální vyvrtávačka SIP MP-4G</b>	<b>1 900 x 2 150 mm</b>

Pozn.: Tučně jsou zvýrazněny stroje používané při výrobě pístu.

### 3.6 Současná podoba pracovišť v hale

Stroje jsou v hale umístěny tak, jak byly do firmy po dobu její existence navezeny. Dá se říci, že jediný systém uspořádání je takový, že v přední části, tzn. v obrobně, jsou umístěny převážně CNC stroje, za kanceláří programátora se nachází brusky a za nimi v hrubovací obrobně jsou umístěny frézky a vertikální vyvrtávačka.

Firma disponuje širokým sortimentem výrobků a většina z nich se vyrábí na jednu nebo dvě výrobní operace, a proto není divu, že obráběcí stroje na sebe povětšinou nenavazují, tudíž rozmístění strojů nebylo učiněno podle běžných projektantských metod. To lze pozorovat právě i díky ne úplně dodrženým bezpečnostním vzdálenostem mezi některými stroji i mezi stroji a stěnou.

Dispoziční řešení současného umístění strojních a ručních pracovišť je k dispozici v příloze 2.

### 3.7 Výrobní program

Firma působí ve zpracovatelském průmyslu. Její činnost, je zaměřena na strojírenství, konkrétně na obrábění kovů. Finální výrobky společnosti putují jednak do ostatních strojírenských oborů, tak do specifického oboru automobilového průmyslu, čímž je automobilový sport. V České republice má tento sport dlouholetou a věhlasnou tradici a je koníčkem i profesí spousty nadšených amatérských i profesionálních závodníků. Vychází to také z faktu, že automobilové odvětví je nyní důležitým tahounem celé české ekonomiky. [24]

Obráběné díly jsou vyráběny na základě vlastního návrhu dílů tedy vlastní dokumentace, jedná se tak především o ojnice a písty. Další možností pro firmu je, vyrábění dílů na základě dodané dokumentace od zákazníků. V tomto případě se jedná zejména o součásti a bloky motorů, součásti převodovek, hnacích ústrojí a hlavy válců. Ukázka vyráběných součástí je na obrázku č. 20.

Zákaznický segment společnosti ENGITEC Motorsport s.r.o. představují výrobci produktů, jejichž nezbytné součásti jsou vyráběny pomocí strojírenských operací, jako je právě například obrábění. Tento zákaznický segment je velmi široký. Firma ENGITEC se svou nabídkou soustřeďuje na zákaznický segment ve spádové oblasti do 30 km. Těmto zákazníkům chce poskytnout maximální služby za přívětivou cenu. Mezi zákazníky jsou taktéž profesionální a amatérské spolky závodních jezdců a koncoví zákazníci v podobě tuningových nadšenců. Jak již bylo zmíněno, velkým zákazníkem v oblasti speciálních motorových dílů je ŠKODA AUTO a.s. [24]



Obr. č. 20: Nabízené produkty firmy ENGITEC.

### 3.8 Manipulace s materiálem

Pro manipulaci těžších a objemnějších kusů firma využívá jeden motorový vysokozdvizný vozík DESTA s nosností 2 tuny. Menší díly jsou přemisťovány pomocí ručního paletového vozíku nebo ručně. Materiál je přepravován na dřevěných paletách nebo v kovových ohradových přepravních paletách. Tento typ palet je používán i pro odpad v podobě špon a třísek. V budoucnu by v hale měl být nainstalovaný i jeřáb pro manipulaci s těžkými díly. Manipulační prostředky firmy ENGITEC jsou zachyceny na obrázku č. 21.



Obr. č. 21: Manipulační prostředky firmy.

#### 3.8.1 Skladové hospodářství

Sklad lze charakterizovat jako prostor, v němž je přechodně uschován materiál (polotovary, montážní celky, nakupované díly apod.) v podobě zásob. [5]

Skladový prostor podniku se nachází mezi obrobnou s CNC centry a hrubovací obrobnou. Vstup do skladu je možný z boční strany haly i z obou obroben. Vchod z obrobnou je tvořen lamelovými PVC clony, které brání průvanu, úniku tepla a z velké části i vniknutí prachu do objektu. Na druhé straně skladu jsou vrata o rozměrech 3,6 x 3,6 m pro průchod do hrubovací obrobnou. Sklad je vhodně situován i vzhledem k příjmu a expedici zakázek. Uvnitř skladu se nachází regály a palety pro skladování materiálu a hotových výrobků. Probíhá v něm jak příjem materiálu, příprava materiálu pro výrobu, tak i expedice polotovarů a finálních výrobků, tudíž slouží zároveň jako vstupní sklad, mezisklad i výstupní sklad. Velikost skladu je vzhledem k velikosti firmy i objemu zakázek dostačující.



### 3.9 Rozvoj podniku v současné době

Ekonomická situace České republiky je v současné době poměrně přívětivá. Růst ekonomiky je jeden z nejlepších z celé EU. Nabízí se tak vhodný čas pro investování do nových technologií. I pokud by došlo k utlumení růstu ekonomiky, specifické zaměření společnosti na automobilové závodní vozy zajišťuje větší stabilitu, protože tento segment reaguje na výkyvy trhu jen mírně.

V poslední době se ekonomická situace společnosti výrazně zlepšovala. Svými ekonomickými výsledky firma patří k začínajícím rozvojovým firmám. Ovšem omezené a již zastaralé strojní vybavení ji v jisté míře může bránit v růstu a větší konkurenceschopnosti. [24]

Vypracování této diplomové práce by pro firmu ENGITEC Motorsport s.r.o. mohl být jistý návod, jak si zajistit, že její výrobní část bude připravena na další růst ve strojírenském odvětví a zůstane konkurenceschopná. Obrábění se řadí mezi obory, které mají zásadní význam nejen pro strojírenství jako celek, ale také pro veškerá další průmyslová odvětví.

Současná společnost, která je zaměřena z větší části na sportovní motory a jejich díly je poměrně výjimečnou v rámci regionu České republiky a střední Evropy. Vlastní výroba dílů si vyžádala značné investice do výrobních zařízení a technologií, které již pouze v omezené míře dostačují dnešním standardům, a proto by bylo vhodné a důležité jejich doplnění. Právě návrh doplnění strojního vybavení je náplní této diplomové práce. [24]

Ve společnosti se postupem času rovněž rozšiřovaly také výrobní prostory. Do budoucna je naplánovaný další rozvoj společnosti, a to zejména s ohledem na koupi a rekonstrukci vlastních výrobních prostor, neboť firma sídlí v současné době v pronajatých prostorech v Trojanovicích ve Frenštátě pod Radhoštěm.

#### 4 VOLBA PŘEDSTAVITELE VÝROBY

Po domluvě s vedením firmy byl zvolen výrobek, ke kterému budou vztaženy veškeré výpočty. Jedná se o píst spalovacího motoru pro upravené motory sportovních vozů na zakázku. Součást musí mít precizně dodrženu ovalitu tzn. lehce oválný tvar, který pomáhá při odstraňování vyklání pístu ve výbrusu a s tím také souvisí správný chod motoru. Otvor pro pístní čep musí být opracován co nejpřesněji, z důvodu co nejmenší vůle pístního čepu (viz příloha 1). Je to jedna z mála součástek, které se ve firmě vyrábí na více než tři obráběcí operace. Rovněž z hlediska materiálového toku a počtu vyráběných kusů bylo vhodné zvolit právě tento výrobek. Součást je zachycena na obrázku č. 22.



Obr. č. 22: Píst spalovacího motoru vyráběný firmou ENGITEC.

V současné době se píst vyrábí jednak ve firmě ENGITEC, jednak ve dvou kooperacích a to v kooperaci s kovárnou a v kooperaci, kde je soustružena ovalita pístu. Do firmy je dovezen polotovár z kovárný, který se frézuje na CNC vertikálním obráběcím centru ZPS MCFV 2080 NT viz obrázek č. 23. Poté se na vertikální vyvrtávače SIP MP-4G vrtá díra pro pístní čep. Následně je součást poslána do kooperace na CNC soustruh pro soustružení ovality a vnějších průměrů. Poslední obráběcí operace je vykonávána rovněž ve firmě ENGITEC a jedná se o frézování vrchní plochy na konvenční frézce TOS FGSH 50. Seznam strojů používaných při výrobě pístu je uveden v tabulce č. 2.



Obr. č. 23: Současné CNC obráběcí centrum ZPS MCFV 2080 NT

Problém nastává s kooperací soustružení ovality a vnějších průměrů pístu, jelikož firma nemá vyhovující stroj pro tuto výrobní operaci. Na současných CNC strojích je sice možné ovalitu vyrobit, ale v neodpovídající kvalitě, a ne v takové přesnosti jako v případě CNC soustruhu v kooperaci, a proto se vedení firmy domnívá, že soustružení pístu v kooperaci je pro ni efektivnější.

Současný technologický postup výroby pístu je možné vidět v tabulce č. 3.



Tab. č. 3: Technologický postup současné výroby pístu.

ENGITEC Motorsport s.r.o.		<b>Výrobní postup současné technologie výroby pístu</b>	
Materiál: DURAL 2618 Polotovar: výkovek		Součástka: Píst spalovacího motoru Číslo výkresu: 758 284 20 A	
Číslo operace	Pracoviště	Název operace - popis práce	Čas $t_k$ [min]
1	Kovárna - kooperace	Polotovar kováním	
2	Kontrola	Vstupní kontrola	
3	CNC centrum ZPS MCFV 2080 NT	Upnout za průměr 75,15 do sklíčidla, které je upnuté na sklopném stole; frézovat kompletně vnitřní část pístu; dodržet toleranci 24 H9; gravírovat nápis; frézovat vnější plochy na rozměr 58; frézovat otvory pro mazání průměr 5; sklopit stůl o 90 stupňů; vyrovnat otvor pro pístní čep kolmo k vřetení; vyvrtat otvor průměr 20 pro pístní čep s přídavkem pro vystružení 1 mm na průměr; frézovat zápichy pro pojistné kroužky průměr 21,6 +0,2 +0,1	35,5
4	Pracoviště kontroly	Odjehlit	<b>3,8</b>
5	Vertikální vyvrtávačka SIP MP-4G	Upnout píst do přípravku; převrtat s přídavkem 0,03 na průměr; honovat otvor na průměr 20 + 0,009 + 0,005	9,6
6	Pracoviště kontroly	Mezioperační kontrola	
7	CNC soustruh - kooperace	Soustružit ovalitu pístu 0,5; soustružit vnější průměr 75,15 se zápichy 2 x 1,02 a 1 x 2,02	
8	Pracoviště kontroly	Mezioperační kontrola	
9	Konvenční frézka TOS FGSH 50	Upnout přípravek přes otvor pro pístní čep; frézovat vrchní plochu pístu na rozměr 54,5 +0 +0,1	10,1
10	Pracoviště kontroly	Kompletně odjehlit	9,4
11	Pracoviště kontroly	Výstupní kontrola	

#### 4.1 Postupový graf současné výroby pístu

Posloupnost výrobních operací zvoleného představitele (pístu) odpovídá průchodu jednotlivými technologickými pracovišti výrobní haly využívaných pro výrobu pístu. Číselné označení značí číslo operace podle technologického postupu výroby pístu. Zakreslené mezinárodně dohodnuté symboly odpovídají dané činnosti výrobního procesu.

0		Sklad
1		Vstupní kontrola
2		Frézování (CNC frézka)
3		Zámečnické práce - odjehlení
5		Honování (vertikální vyvrtávačka)
6		Mezioperační kontrola
7		Soustružení (CNC soustruh - kooperace)
8		Mezioperační kontrola
9		Frézování (konvenční frézka)
10		Zámečnické práce - odjehlení
11		Výstupní kontrola
12		Sklad

Obr. 24: Postupový graf současné výroby pístu.

## 5 NÁVRH NOVÝCH TECHNOLOGIÍ VÝROBY PÍSTU

Jelikož je poptávka po službách firmy ENGITEC poměrně velká, za což může firma vděčit především širokému sortimentu výrobků, zaměřených na automobilový průmysl, hodlá i tak firma v nejbližší době investovat do nového strojního vybavení v podobě nového CNC stroje. S vedením firmy byly probány a promyšleny různé návrhy, které by zefektivnily a zrychlily výrobu pístu, ale i dalších výrobků. Hlavní myšlenkou je, aby byl píst kompletně obráběn v zázemí firmy ENGITEC. Proto je nezbytné vybrat vhodný CNC soustruh nebo CNC obráběcí centrum, který by nahradil soustružení v kooperaci a zároveň bude používán při výrobě ostatního sortimentu. Tímto by společnosti odpadla do jisté míry závislost na okolních firmách a také by došlo k úspoře času a přepravních nákladů. Po domluvě s vedením firmy byly autorem práce navrženy tyto nové výrobní technologie, které by umožňovaly jak zkrácení doby výroby, tak i snížení nákladů na samotnou výrobu.

Nově navržené výrobní technologie obrábění pístu:

### 1. Obrábění součásti pomocí současného CNC frézovacího centra:

- operace frézování vnějších a vnitřních ploch pístu, honování otvoru a soustružení ovality by se vykonávaly na stávajícím CNC frézovacím centru, kterým firma disponuje.

### 2. Obrábění součásti pomocí nového soustružnického i současného frézovacího centra:

- obráběcí operace soustružení ovality by se vykonávala na nově zakoupeném CNC soustruhu, ostatní frézovací operace včetně vystružení otvoru pro písní čep, by zůstaly stejné jako v případě 1. varianty.

### 3. Obrábění součásti pomocí nového CNC obráběcího centra:

- všechny obráběcí operace by se vykonávaly na novém 5osém CNC obráběcím centru viz tabulka č. 11.

Ve všech navržených variantách se uvažuje s poslední obráběcí operací na univerzální konvenční frézce, která je pro všechny tři varianty stejná a byla by vykonávána ve firmě ENGITEC, tak jako tomu bylo doposud.

Je třeba podotknout, že současná kooperace s kovárnou bude zachována, jelikož se jedná o kovaný píst. Nově navržené výrobní technologie pístu se budou od stávající technologie odlišovat tím, že snahou bude z původních čtyř obráběcích operací udělat operace dvě a to všechny ve firmě ENGITEC. Proto je zapotřebí dokoupení potřebného strojního vybavení, které by tuto změnu dokázalo uskutečnit. V následujících kapitolách budou autorem vybrány, popsány a srovnány dva nově navržené CNC stroje pro jejich případnou koupi a výrobu pístu, ale i dalších výrobků.

### 5.1 Výběr CNC soustružnického centra

V druhé navržené variantě se uvažuje se zakoupením nového CNC soustruhu pro soustružení ovality a vnějších průměrů. Tím by se firma zbavila závislosti na kooperaci. Nesmí se zapomenout ani na eliminaci nákladů spojených s přepravou materiálu pro výrobu v kooperaci.

Pro soustružení pístu bylo vybráno CNC soustružnické centrum Mazak QT-COMPACT 200MY. Společnost Yamazaki Mazak Corporation vznikla v roce 1919 v Japonsku a v současné době má po celém světě přes 6 500 zaměstnanců. Mezi produkty společnosti se řadí stroje, jež jsou schopné vykonávat několik operací, CNC soustružnická centra, horizontální a vertikální obráběcí centra, CNC laserové řezací stroje, výrobní flexibilní systémy, CAD/CAM produkty a software sloužící pro řízení továren. [21]

Jedná se o soustružnické centrum s rotačními nástroji a osou Y, který je vybaven integrálním vřetenem/motorem pro spolehlivý obráběcí výkon. Velmi přesného polohování je dosahováno vysoce tuhými lineárními válečkovými vedeními a servomotory, které jsou přímo spojené na všech lineárních osách. [21]

Soustruh také vyniká svými přijatelnými rozměry, díky kterým by firma nemusela rozšiřovat své výrobní prostory a rovněž se může využít pro výrobu ostatních produktů.

Tab. č. 4: Technické údaje CNC soustruhu Mazak QT-COMPACT 200MY. [25]

<b>Technické parametry:</b>	
Průměr nad ložem	600 mm
Max. soustružená délka	695 mm
Max. soustružený průměr	340 mm
Velikost sklíčidla	200 mm
Pojezd v ose X	215 mm
Pojezd v ose Y	100 mm
Pojezd v ose Z	605 mm
Max. otáčky	5 000 min <sup>-1</sup>
Výkon motoru vřetena	5,5 kW
Počet poloh nástrojové hlavy	12
Délka stroje	2 600 mm
Šířka stroje	1 690 mm



Obr. č. 25: CNC soustružnické centrum Mazak QT-COMPACT 200MY. [25]

## 5.2 Výběr CNC obráběcího centra

Ve třetí navržené variantě se v jako jediné neuvažuje s frézováním na současné CNC frézce, neboť se budou všechny obráběcí operace (kromě poslední na konvenční frézce) provádět na novém 5osém CNC obráběcím centru, které by dosahovalo potřebných přesností a kvality obrábění, kterou současné stroje firmy neumožňují, tudíž by zaručoval rychlejší a kvalitnější výrobu pístu i ostatních výrobků. Tím by firma vyloučila kooperaci a snížily by se tak náklady na výrobu pístu.

Bylo vybráno obráběcí CNC centrum Haas VF-2TR od výrobce Haas Automation. Firma Haas byla založena v roce 1983 v USA a stala se zde největším výrobcem obráběcích strojů. Společnost vyrábí celou řadu CNC horizontálních i vertikálních obráběcích strojů i CNC soustruhů. Její sortiment zahrnuje rovněž různé speciální stroje, jako jsou zmíněná 5osá obráběcí centra, nástrojářské stroje, obráběcí centra sloužící pro výrobu forem a další. [22]

Jedná se o 5osé CNC vertikální obráběcí centrum, jež disponuje vysokorychlostním obráběním a to na 2osém snímatelném kolébkovém otočném stole. Navíc je stroj opatřen automatickým šnekovým dopravníkem třísek, programovatelnou chladicí tryskou a dalšími nejnovějšími technologiemi. [22]

CNC centrum stejně tak jako výše zmíněný CNC soustruh vyniká svými přijatelnými rozměry, díky kterým by firma nemusela rozšiřovat své výrobní prostory, a taktéž se může využít pro výrobu ostatních součástek.

Tab. č. 5: Technické údaje CNC centra Haas VF-2TR. [22]

<b>Technické parametry:</b>	
Délka stolu	914 mm
Šířka stolu	356 mm
Pojezd v ose X	762 mm
Rychloposuv v ose X	25,4 m/min
Pojezd v ose Y	406 mm
Rychloposuv v ose Y	25,4 m/min
Pojezd v ose Z	508 mm
Rychloposuv v ose Z	25,4 m/min
Průměr desky	160 mm
Max. otáčky	8 100 min <sup>-1</sup>
Výkon motoru vřetena	22,4 kW
Počet poloh nástrojové hlavy	25
Max. zatížení stolu	1 361 kg
Délka stroje	3 200 mm
Šířka stroje	2 250 mm



Obr. č. 26: CNC obráběcí centrum Haas VF-2TR. [22]

### 5.3 Zhodnocení navrhovaných technologií

#### Časové zhodnocení navrhovaných technologií

V předchozí kapitole byly navrženy tři možné technologie obrábění, jež by se mohly jevit jako výhodnější oproti současné výrobní technologii pístu. V následující části budou tyto varianty srovnány z hlediska časové úspory výroby. Byly spočítány jednotlivé strojní časy každé výrobní operace tak, aby jasně vyplynulo, která varianta bude pro výrobu pístu časově nejvýhodnější. Aby bylo možné porovnat jednotlivé obráběcí operace, je zapotřebí znát tyto výrobní časy. Tyto časy vyplývají z normativů a jsou v nich zahrnuty i časy výměny nástroje. Veškeré výrobní časy byly spočítány i na základě technických parametrů daných strojů a byly provedeny v programu Microsoft Excel.

Tab. č. 6: Výrobní časy jednotlivých obráběcích operací výroby jednoho pístu.

	<b>1. varianta</b> Obrábění na současné CNC frézce	<b>2. varianta</b> Obrábění na novém CNC soustruhu i současné CNC frézce	<b>3. varianta</b> Obrábění na novém CNC obráběcím centru
	$t_A$	$t_A$	$t_A$
1. obr. operace	2 130 s	2 130 s	630 s
2. obr. operace	480 s	204 s	240 s
3. obr. operace	204 s	720 s	180 s
4. obr. operace	606 s	606 s	606 s
<b>Celkem [min]</b>	<b>56,9</b>	<b>60,9</b>	<b>27,6</b>

Z tabulky č. 6 je zřejmé, že časově nejúspornější je 3. varianta tzn. obrábění pístu pomocí nového CNC obráběcího centra. Tato varianta vyniká především tím, že se při výrobě nepoužívá sklopný stůl, zkrátí se i čas upínání a díky vysokorychlostnímu obrábění, které nové CNC umožňuje, se zkrátí 1. frézovací operace na polovinu.

#### Ekonomické zhodnocení navrhovaných technologií výroby pístu

Hodinové sazby jednotlivých strojů, které jsou používány při výrobě pístu, byly určeny majitelem a programátorem firmy ENGITEC Motosport s.r.o.

Hodinová sazba CNC frézky ZPS MCFV 2080 NT	600 Kč/hod
Hodinová sazba CNC soustruhu Mazak QT-COMPACT 200MY	750 Kč/hod
Hodinová sazba vertikální vyvrtávačky	300 Kč/hod
Hodinová sazba hrubovací frézky	150 Kč/hod
Hodinová sazba CNC obráběcí centrum Haas VF-2TR	1000 Kč/hod
Cena výkovku - kooperace kovárna	200 Kč/hod

**Kalkulace současné varianty:**

Tab. č. 7: Náklady na obrábění podle současné varianty.

<b>Současná varianta</b>	
Cena výroby/ks - kooperace kovárna	200 Kč
Cena výroby/ks - současná CNC frézka (1. obr. operace - frézování)	355 Kč
Cena výroby/ks - vertikální vyvrtávačka (2. obr. operace - honování)	48 Kč
Cena výroby/ks - kooperace CNC soustruh (3. obr. operace - soustružení ovality)	250 Kč
Cena výroby/ks - současná konvenční frézka (4. obr. operace - frézování)	25 Kč
<b>Celková cena výroby/ks</b>	<b>878 Kč</b>

**Kalkulace 1. varianty:**

Tab. č. 8: Náklady na obrábění podle 1. varianty.

<b>1. varianta</b>	<b>(současná CNC frézka)</b>
Cena výroby/ks - kooperace kovárna	200 Kč
Cena výroby/ks - současná CNC frézka (1. obráběcí operace)	355 Kč
Cena výroby/ks - současná CNC frézka (2. obráběcí operace)	80 Kč
Cena výroby/ks - současná CNC frézka (3. obráběcí operace)	34 Kč
Cena výroby/ks - současná konvenční frézka (4. obráběcí operace)	25 Kč
<b>Celková cena výroby/ks</b>	<b>694 Kč</b>

**Kalkulace 2. varianty:**

Tab. č. 9: Náklady na obrábění podle 2. varianty.

<b>2. varianta</b>	<b>(nový CNC soustruh + současná CNC frézka)</b>
Cena výroby/ks - kooperace kovárna	200 Kč
Cena výroby/ks - současná CNC frézka (1. obráběcí operace)	355 Kč
Cena výroby/ks - současná CNC frézka (2. obráběcí operace)	34 Kč
Cena výroby/ks - nový CNC soustruh (3. obráběcí operace)	150 Kč
Cena výroby/ks - současná konvenční frézka (4. obráběcí operace)	25
<b>Celková cena výroby/ks</b>	<b>764 Kč</b>

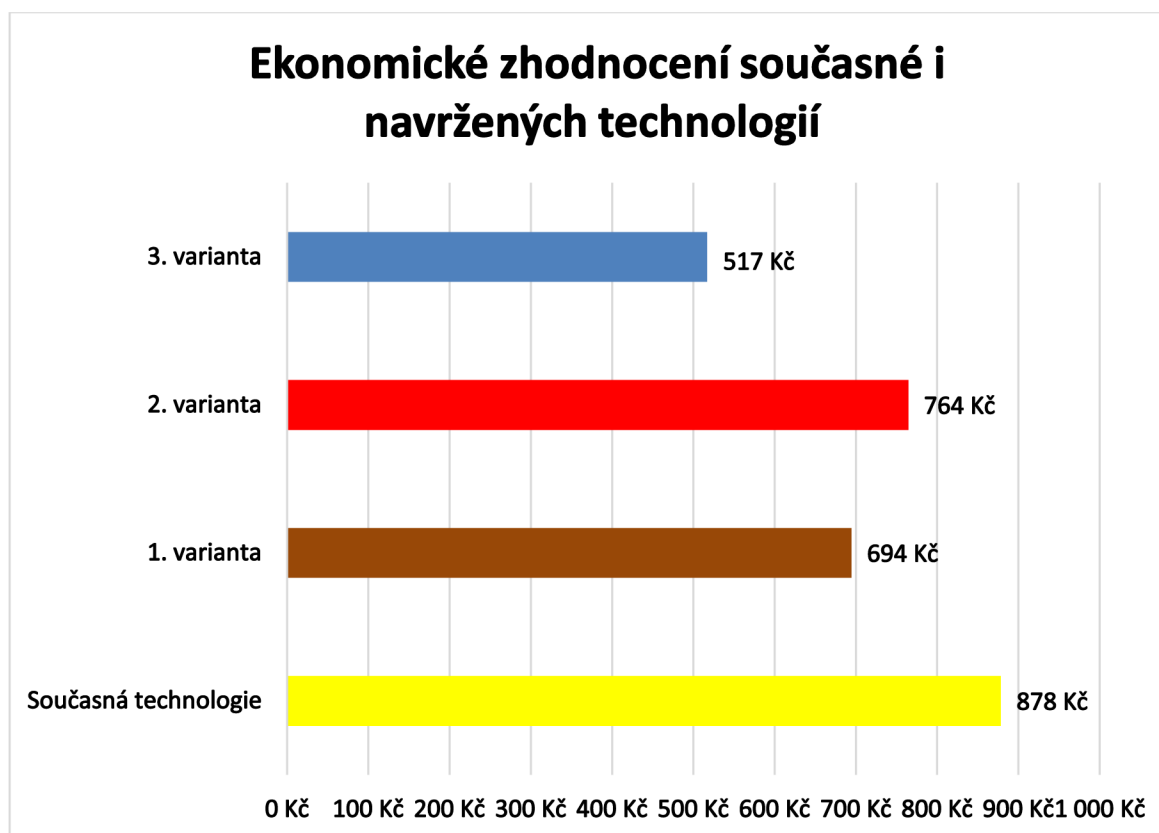


**Kalkulace 3. varianty:**

Tab. č. 10: Náklady na obrábění podle 3. varianty.

<b>3. varianta</b>	<b>(nové CNC obráběcí centrum)</b>
Cena výroby/ks - kooperace kovárna	200 Kč
Cena výroby/ks - nové CNC obráběcí centrum (1. obráběcí operace)	175 Kč
Cena výroby/ks - nová CNC obráběcí centrum (2. obráběcí operace)	67 Kč
Cena výroby/ks - nová CNC obráběcí centrum (3. obráběcí operace)	50 Kč
Cena výroby/ks - současná konvenční frézka (4. obráběcí operace)	25 Kč
<b>Celková cena výroby/ks</b>	<b>517 Kč</b>

V následujícím grafu jsou z ekonomického hlediska přehledně srovnány všechny varianty technologií výroby pístu.



Obr. č. 27: Graf obráběcích nákladů/ks navrhovaných technologií výroby pístu.

Z ekonomického hlediska se rovněž jako nejvýhodnější jeví 3. varianta, tzn. nové CNC obráběcí centrum Haas VF-2TR, a to z důvodu eliminace ručního ovládání stolu. Stroj pracuje s pěti plně programovatelnými osami, které výrazně urychlují obráběcí čas, neboť zároveň odpadá zásah obsluhy do chodu programu. To nám potvrdilo i vhodný výběr zvoleného stroje Haas VF-2TR a zároveň nám to definitivně potvrzuje vhodnou variantu, jelikož je tahle varianta i časově nejrychlejší. V novém návrhu dispozičního řešení výrobní haly by měl nahradit nepoužívané CNC horizontální obráběcí centrum ZPS MCFH 40 (viz příloha 3).

Nový výrobní postup pístu by měl následující podobu:

Tab. č. 11: Technologický postup výroby pístu podle 3. varianty.

ENGITEC Motorsport s.r.o.		<b>Výrobní postup nové technologie výroby pístu</b>	
Materiál: DURAL 2618 Polotovar: výkovek		Součástka: Píst spalovacího motoru Číslo výkresu: 758 284 20 A	
Číslo operace	Pracoviště	Název operace - popis práce	Čas $t_k$ [min]
1	Kovárna - kooperace	Polotovar kováním	
2	Pracoviště kontroly	Vstupní kontrola	
3	CNC obráběcí centrum Haas VF-2TR	Upnout za průměr 75,15 do sklíčidla, které je upnuté na pracovním stole stroje; frézovat kompletně vnitřní část pístu; dodržet toleranci 24 H9; gravírovat nápis; frézovat vnější plochy na rozměr 58; frézovat otvory pro mazání průměr 5; frézovat ovalitu pístu 0,5; frézovat vnější průměr 75,15 se zápichy 2 x 1,02 a 1 x 2,02; vyvrtat otvor pro pístní čep s přídatkem pro vystružení 0,2 na průměr; vystružit na průměr 20 + 0,009 + 0,005; frézovat zápichy pro pojistné kroužky průměr 21,6;	17,5
4	Pracoviště kontroly	Odjehlit	3,8
5	Pracoviště kontroly	Mezioperační kontrola	
6	Konvenční frézka FGSH 50	Upnout přípravek přes otvor pro pístní čep; frézovat vrchní plochu pístu na rozměr 54,5 +0 +0,1	10,1
7	Pracoviště kontroly	Kompletně odjehlit	9,4
8	Pracoviště kontroly	Výstupní kontrola	

#### 5.4 Postupový graf nově navržené výrobní technologie

Pro výrobu pístu podle nejvýhodnější technologie bude stanoven postupový graf. Slouží k přehlednému znázornění výrobního postupu přes jednotlivá strojní pracoviště. Podle tohoto grafu je možné zřetelněji sestavit šachovnicovou tabulku (viz tabulka č. 12).

0		Sklad
1		Vstupní kontrola
2		Frézování (nové CNC obráběcí centrum)
3		Zámečnické práce - odjehlení
6		Mezioperační kontrola
7		Frézování (konvenční frézka)
8		Zámečnické práce - odjehlení
9		Výstupní kontrola
10		Sklad

Obr. 28: Postupový graf nové výroby pístu.

#### 5.5 Šachovnicová tabulka výroby pístu

Šachovnicová tabulka zobrazuje souhrn materiálových toků a názorné materiálové a výrobkové přepravy mezi jednotlivými pracovišti nebo mezi podnikem a jeho okolím, které se vykonávají za určitý časový úsek. Je možné ji také použít pro přesuny informací, pracovníků nebo pro seskupování či výběr reprezentanta (představitele). [15]

Metoda se hodí zejména pro takové rozborry, kde by práce s jednotlivými technologickými postupy byla velmi náročná (např. v kusových nebo produktově náročných výrobcích). Taktéž se využívá jako pomůcka při umístování technologických pracovišť. [18]

Celkový materiálový tok pístu je zachycen v šachovnicové tabulce viz tabulka č. 12.

Tab. č. 12: Šachovnicová tabulka materiálového toku výroby pístu [kg/rok].

odkud\kam	ven	sklad	vstupní kontrola	CNC obráběcí centrum	meziop. kontrola	konvenční frézka	výstupní kontrola	sklad	odpad	$\Sigma$
ven	---	1 134							0	1 134
sklad		---	1 134						0	1 134
vstupní kontrola			---	1 134					0	1 134
CNC obráběcí centrum				---	910				224	1 134
meziop. kontrola					---	910			0	910
konvenční frézka						---	791		119	910
výstupní kontrola							---	791	0	791
sklad (expedice)	791							---	0	791
odpad	343								---	343
$\Sigma$	1 134	1 134	1 134	1 134	910	910	791	791	343	8 281

V uvedené tabulce se neuvažuje s pracovišti zámečnických prací, tzn. odjehlení, a to z důvodu, že množství odebraného materiálu při operaci odjehlení je velmi. Z tabulky vyplývá, že největší hmotnostní vazba toku materiálu je mezi skladem (vstupní kontrolou) a CNC obráběcím centrem, posléze největší vazba hmotnostního toku je mezi pracovišti CNC obráběcího centra (mezioperační kontrolou) a konvenční frézku.

## 6 KAPACITNÍ PROPOČTY

V následující kapitole budou provedeny kapacitní propočty na základě strojního vybavení haly a zvolené součásti (představitel výroby). Sortiment firmy je velmi široký a různorodý, proto budou výpočty zaměřeny na typickou součást, kterou firma vyrábí. Jedná se o píst spalovacího motoru (viz příloha 1). Dle firmou poskytnutých údajů se ve výpočtech bude počítat s předpokládanou roční výrobou 3 500 kusů. Toto množství pro rok 2017 bylo zvoleno odhadem na základě informací z předešlých let.

Nejprve se určí časové fondy a z nich se poté vypočítá počet pracovišť pro vybranou součást. Následovat budou kapacitní propočty ploch výrobní haly, aby se zjistilo, zda bude nové uspořádání pracovišť kapacitně odpovídat současnému stavu haly. Firma ENGITEC Motorsport s.r.o. je velmi malou společností, která má pouze 6 zaměstnanců, a proto výpočty budou ve srovnání s velkým podnikem značně zjednodušeny nebo vynechány, a to také z toho důvodu, že jsou kapacitní propočty vztaženy pouze na zvoleného představitel výroby, kterým je v tomhle případě píst. Navíc zvolený představitel bude podle nově navržené výrobní technologie vyráběn pouze na jednom novém stroji. Je třeba zmínit, že ve firmě nefunguje typická postupová výroba jako u většiny velkých zaběhlých firem, protože se většina součástí vyrábí na jednu nebo dvě obráběcí operace. Taktéž materiálový tok halou není konstantní, jelikož firma vyrábí nespočet různých výrobků. Vychází se z následujících údajů. Počet dnů v roce 2017 je 365 dní, z toho je 250 pracovních dnů a délka směny je 8 hodin. Následující výpočty se budou vztahovat k pracovní době na jednu směnu, tak jak to funguje ve firmě ENGITEC.

### 6.1 Efektivní časové fondy v roce 2017

**Efektivní časový fond ručního pracoviště:**

$$E_r = (K_c - S - N - S_v) \cdot 8 = (365 - 52 - 52 - 11) \cdot 8 = 2\,000 \text{ hod/rok} \quad (34)$$

**Efektivní časový fond strojního pracoviště:**

$$E_s = E_r - (0,04 - 0,08) \cdot E_r = 2000 - (0,06 \cdot 2000) = 1\,880 \text{ hod/rok} \quad (35)$$

**Efektivní časový fond dělníka:**

$$E_d = E_r - (D + N) \cdot 8 = 2000 - (20 + 15) \cdot 8 = 1\,720 \text{ hod/rok} \quad (36)$$

### 6.2 Výpočet potřebného počtu strojních a ručních pracovišť

Pro následující výpočty budou použity strojní časy z tabulky č. 11.

**Výpočet teoretického počtu strojů pro operaci frézování:**

$N = 3\,500$  ks;  $E_s = 1\,880$  hod/rok;  $s_s = 1$ ;  $k_{pns} = 1,1$ ;  $t_{k3} = 17,5$  min

$$P_{ths3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{17,5 \cdot 3\,500}{60 \cdot 1\,880 \cdot 1 \cdot 1,1} = 0,494; \quad P_{sks3} = 1 \text{ stroj} \quad (37)$$

Pro zabezpečení výroby u operace frézování je zapotřebí 1 stroj.

**Výpočet teoretického počtu strojů pro operaci hrubování:**

$N = 3\,500$  ks;  $E_s = 1\,880$  hod/rok;  $s_s = 1$ ;  $k_{pns} = 1,1$ ;  $t_{k6} = 10,1$  min

$$P_{ths6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{10,1 \cdot 3\,500}{60 \cdot 1\,880 \cdot 1 \cdot 1,1} = 0,285; \quad P_{sks6} = 1 \text{ stroj} \quad (38)$$

Pro zabezpečení výroby u operace hrubování je zapotřebí 1 stroj.

**Výpočet teoretického počtu ručních pracovišť pro operaci odjehlení:**

$N = 3\,500$  ks;  $E_r = 2\,000$  hod/rok;  $s_r = 1$ ;  $k_{pnr} = 1,25$ ;  $t_{k7} = 13,2$  min

$$P_{thr7} = \frac{t_{k7} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{13,2 \cdot 3\,500}{60 \cdot 2\,000 \cdot 1 \cdot 1,25} = 0,308; \quad P_{skr7} = 1 \text{ pracoviště} \quad (39)$$

Pro zabezpečení výroby u operace odjehlení je zapotřebí 1 pracoviště.

**Využití strojních a ručních pracovišť**

Využití strojů pro operaci frézování:

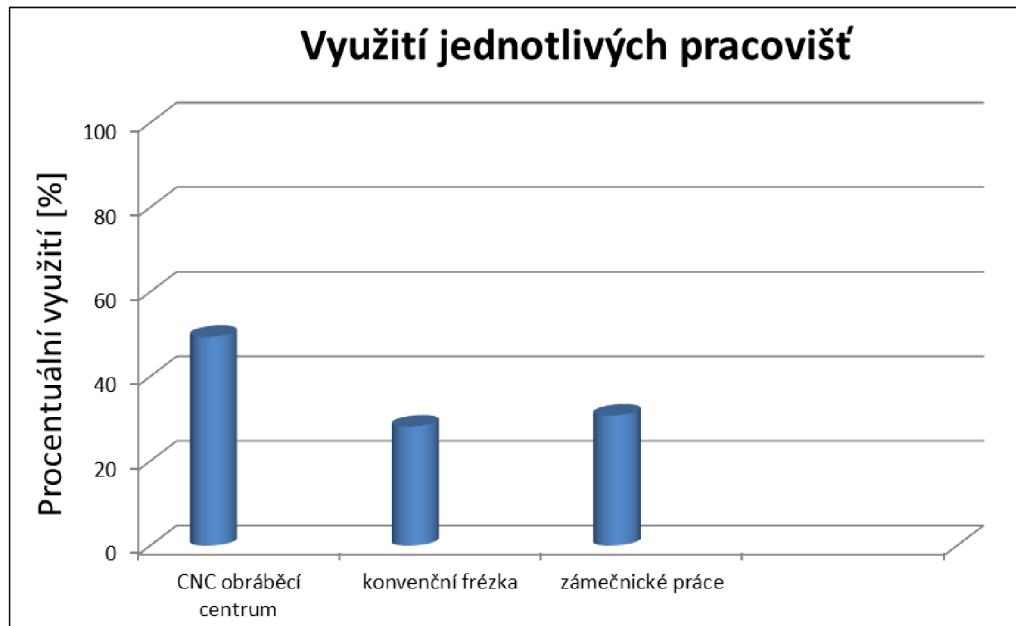
$$\eta_3 = \frac{P_{ths3}}{P_{sks3}} \cdot 100 = \frac{0,494}{1} \cdot 100 = 49,4\% \quad (40)$$

Využití strojů pro operaci hrubování:

$$\eta_6 = \frac{P_{ths6}}{P_{sks6}} \cdot 100 = \frac{0,285}{1} \cdot 100 = 28,5\% \quad (41)$$

Využití pracoviště pro operaci odjehlení:

$$\eta_7 = \frac{P_{thr7}}{P_{skr7}} \cdot 100 = \frac{0,308}{1} \cdot 100 = 30,8\% \quad (42)$$



Obr. č. 29: Graf využití strojních a ručních pracovišť při obrábění pístu.

### 6.3 Výpočet strojních a ručních dělníků

#### Výpočet počtu strojních dělníků pro operaci frézování:

$N = 3\,500$  ks;  $E_s = 1\,880$  hod/rok;  $s_s = 1$ ;  $a = 1$ ;  $k_{pns} = 1,1$ ;  $t_{k3} = 17,5$  min

$$D_{vs3} = \frac{t_{k3} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} = \frac{17,5 \cdot 3\,500}{60 \cdot 1\,880 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1} = 0,494 \rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (43)$$

Pro operaci frézování je zapotřebí 1 dělník.

#### Výpočet počtu strojních dělníků pro operaci hrubování:

$N = 3\,500$  ks;  $E_s = 1\,880$  hod/rok;  $s_s = 1$ ;  $a = 1$ ;  $k_{pns} = 1,1$ ;  $t_{k6} = 10,1$  min

$$D_{vs6} = \frac{t_{k6} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} = \frac{10,1 \cdot 3\,500}{60 \cdot 1\,880 \cdot 1 \cdot 1,1 \cdot 1} = 0,285 \rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (44)$$

Pro operaci hrubování je zapotřebí 1 dělník.

#### Výpočet počtu ručních dělníků pro operaci odjehlení:

$N = 3\,500$  ks;  $E_r = 2\,000$  hod/rok;  $s_r = 1$ ;  $k_{pnr} = 1,25$ ;  $t_{k7} = 13,2$  min

$$D_{vr7} = \frac{t_{k7} \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{13,2 \cdot 3\,500}{60 \cdot 2\,000 \cdot 1 \cdot 1,25} = 0,308 \rightarrow 1 \text{ dělník} \quad (45)$$

Pro zabezpečení výroby u operace odjehlení je zapotřebí 1 dělník.

**Celkový počet výrobních dělníků:**

$$D_v = D_{vs3} + D_{vs6} + D_{vr7} = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ dělníci} \quad (46)$$

V potaz se musí brát také to, že během směny nejsou využívány všechny stroje a například pracoviště brusek a frézek jsou využívány operativně dle potřeb. Do nového návrhu bude tedy počítáno se stávajícím počtem dělníků výrobní haly. To znamená, že by výrobu měli na starost tři výrobní dělníci podle kapacitních propočtů, což by mělo odpovídat celoroční výrobě jednak pístu, tak zejména ostatního sortimentu. Navíc si firma momentálně na nedostatek zakázek nemůže stěžovat a z toho důvodu využívá i několik brigádníků pro pomocné práce jako je odjehlování, balení atd.

**6.4 Výpočet ploch**

Do propočtů minimálních výrobních ploch bude již zahrnuto navrhované CNC obráběcí centrum Haas VF-2TR. Tyto plochy se poté porovnají se současným stavem. Plochy strojních pracovišť se počítají na základě rozměrů jednotlivých strojů zvětšených o bezpečnostní vzdálenosti a to o 0,6 m z každé strany stroje a o 1,2 m ze strany pracovníka. [14]

**Výpočet výrobních ploch všech strojních pracovišť:**

Délka<sub>1</sub> = 4,9 m, Šířka<sub>1</sub> = 2,4 m, n<sub>1</sub> = 1 ks

$$f_{s1} = (4,9 + 1,2) \cdot (2,4 + 1,8) = 24,69 \cong 25 \text{ m}^2 \quad (47)$$

Délka<sub>2</sub> = 3,05 m, Šířka<sub>2</sub> = 2,2 m, n<sub>2</sub> = 1 ks

$$f_{s2} = (3,05 + 1,2) \cdot (2,2 + 1,8) = 17 \text{ m}^2 \quad (48)$$

**Délka<sub>3</sub> = 3,2 m, Šířka<sub>3</sub> = 2,25 m, n<sub>3</sub> = 1 ks**

$$f_{s3} = (3,2 + 1,2) \cdot (2,25 + 1,8) = 17,82 \cong 18 \text{ m}^2 \quad (49)$$

Délka<sub>4</sub> = 3,3 m, Šířka<sub>4</sub> = 2,15 m, n<sub>4</sub> = 1 ks

$$f_{s4} = (3,3 + 1,2) \cdot (2,15 + 1,8) = 17,78 \cong 18 \text{ m}^2 \quad (50)$$

Délka<sub>5</sub> = 2,05 m, Šířka<sub>5</sub> = 1,55 m, n<sub>5</sub> = 1 ks

$$f_{s5} = (2,05 + 1,2) \cdot (1,55 + 1,8) = 10,89 \cong 11 \text{ m}^2 \quad (51)$$

Délka<sub>6</sub> = 2,85 m, Šířka<sub>6</sub> = 0,95 m, n<sub>6</sub> = 1 ks

$$f_{s6} = (2,85 + 1,2) \cdot (0,95 + 1,8) = 11,14 \cong 12 \text{ m}^2 \quad (52)$$



Délka<sub>7</sub> = 1,6 m, Šířka<sub>7</sub> = 0,8 m, n<sub>7</sub> = 1 ks

$$f_{s7} = (1,6 + 1,2) \cdot (0,8 + 1,8) = 7,8 \cong 8 \text{ m}^2 \quad (53)$$

Délka<sub>8</sub> = 1,95 m, Šířka<sub>8</sub> = 1,8 m, n<sub>8</sub> = 1 ks

$$f_{s8} = (1,95 + 1,2) \cdot (1,8 + 1,8) = 11,34 \cong 12 \text{ m}^2 \quad (54)$$

Délka<sub>9</sub> = 1,8 m, Šířka<sub>9</sub> = 1,4 m, n<sub>9</sub> = 1 ks

$$f_{s9} = (1,8 + 1,2) \cdot (1,4 + 1,8) = 9,6 \cong 10 \text{ m}^2 \quad (55)$$

Délka<sub>10</sub> = 0,8 m, Šířka<sub>10</sub> = 0,6 m, n<sub>10</sub> = 2 ks

$$f_{s10} = (0,8 + 1,2) \cdot (0,6 + 1,8) = 4,8 \cong 5 \text{ m}^2 \quad (56)$$

Délka<sub>11</sub> = 0,6 m, Šířka<sub>11</sub> = 0,4 m, n<sub>11</sub> = 1 ks

$$f_{s11} = (0,6 + 1,2) \cdot (0,4 + 1,8) = 3,95 \cong 4 \text{ m}^2 \quad (57)$$

**Délka<sub>12</sub> = 2,4 m, Šířka<sub>12</sub> = 2,9 m, n<sub>12</sub> = 1 ks**

$$f_{s12} = (2,4 + 1,2) \cdot (2,9 + 1,8) = 16,92 \cong 17 \text{ m}^2 \quad (58)$$

Délka<sub>13</sub> = 1,6 m, Šířka<sub>13</sub> = 1,4 m, n<sub>13</sub> = 1 ks

$$f_{s13} = (1,6 + 1,2) \cdot (1,4 + 1,8) = 8,96 \cong 9 \text{ m}^2 \quad (59)$$

Délka<sub>14</sub> = 1,9 m, Šířka<sub>14</sub> = 2,15 m, n<sub>14</sub> = 1 ks

$$f_{s14} = (1,9 + 1,2) \cdot (2,15 + 1,8) = 12,25 \cong 13 \text{ m}^2 \quad (60)$$

Pozn.: Tučně jsou zvýrazněny stroje používané při výrobě pístu podle 3. varianty.

**Celková plocha strojních pracovišť:**

$$F_s = \sum_{j=1}^{14} f_{sj} \cdot n_j = 25 \cdot 1 + 17 \cdot 1 + 18 \cdot 1 + 18 \cdot 1 + 11 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 12 \cdot 1 + 10 \cdot 1 + 5 \cdot 2 + 4 \cdot 1 + 17 \cdot 1 + 9 \cdot 1 + 13 \cdot 1 = 184 \text{ m}^2 \quad (61)$$

**Výpočet ploch všech ručních pracovišť:**

Délka<sub>15</sub> = 2,3 m, Šířka<sub>15</sub> = 2,1 m, P<sub>r15</sub> = 1 ks

$$f_{r16} = 2,3 \cdot 2,1 = 4,83 \cong 5 \text{ m}^2 \quad (62)$$

Délka<sub>16</sub> = 1,5 m, Šířka<sub>16</sub> = 0,8m, P<sub>r16</sub> = 1 ks

$$f_{r16} = 1,5 \cdot 0,8 = 1,2 \cong 2 \text{ m}^2 \quad (63)$$

**Celková plocha ručních pracovišť:**

$$F_r = \sum_{j=16}^{17} f_{rj} \cdot P_{rj} = 5 \cdot 1 + 2 \cdot 1 = 7 \text{ m}^2 \quad (64)$$

**Celková výrobní plocha haly:**

$$F_v = F_s + F_r = 184 + 7 = 191 \text{ m}^2 \quad (65)$$

**Výpočet pomocné podlahové plochy:**

$$F_p = (0,4) \cdot F_v = 0,4 \cdot 191 = 76,4 \cong 77 \text{ m}^2 \quad (66)$$

Z celkové pomocné podlahové plochy se stanoví její jednotlivé složky, kterými jsou:

Plocha pro hospodaření s nářadím:

$$F_{phn} = 0,14 \cdot F_p = 0,14 \cdot 77 = 10,78 \cong 11 \text{ m}^2 \quad (67)$$

Plocha pro údržbu:

$$F_{phn} = 0,14 \cdot F_p = 0,14 \cdot 77 = 10,78 \cong 11 \text{ m}^2 \quad (68)$$

Plocha skladů:

$$F_{phn} = 0,29 \cdot F_p = 0,29 \cdot 77 = 22,33 \cong 23 \text{ m}^2 \quad (69)$$

Plocha dopravních cest:

$$F_{phn} = 0,33 \cdot F_p = 0,33 \cdot 77 = 25,41 \cong 26 \text{ m}^2 \quad (70)$$

Kontrolní plocha:

$$F_{phn} = 0,08 \cdot F_p = 0,08 \cdot 77 = 6,16 \cong 7 \text{ m}^2 \quad (71)$$

**Celková provozní podlahová plocha:**

$$F_{pr} = F_v + F_p = 191 + 77 = 268 \text{ m}^2 \quad (72)$$

**Výpočet správní plochy:**

T = 1 pracovník, K = 0 pracovníků, A = 2 pracovníci

$$F_{spr} = (T \cdot 5,5 + K \cdot 10 + A \cdot 5) \cdot (1,35 - 1,4) = (1 \cdot 5,5 + 0 \cdot 10 + 2 \cdot 5) \cdot 1,35 = 20,93 \cong 21 \text{ m}^2 \quad (73)$$

**Výpočet sociální plochy:**

$$F_{\text{sat}} = 0,8 \cdot (D_{\text{evc}} + D_{\text{pop}}) \cdot (1,35 - 1,4) = 0,8 \cdot 6 \cdot 1,35 = 6,48 \cong 7 \text{ m}^2 \quad (74)$$

$$F_{\text{um}} = 0,35 \cdot (D_{\text{evc}} + D_{\text{pop}}) \cdot 1,35 = 0,35 \cdot 6 \cdot 1,35 = 2,84 \cong 3 \text{ m}^2 \quad (75)$$

$$F_{WC} = 2 \text{ m}^2 \cdot \frac{D_c}{15} = 2 \cdot \frac{6}{15} = 0,8 \rightarrow 2 \text{ m}^2 \quad (76)$$

$$F_{\text{soc}} = F_{\text{sat}} + F_{\text{um}} + F_{WC} = 7 + 3 + 2 = 12 \text{ m}^2 \quad (77)$$

**Celková plocha útvaru:**

$$F_{\text{útv}} = F_{pr} + F_{spr} + F_{\text{soc}} = 268 + 21 + 12 = 301 \text{ m}^2 \quad (78)$$

Při porovnání kapacitního výpočtu ploch haly s využívanou plochou firmy ENGITEC Motorsport, je patrné, že současný stav vyhovuje vypočtenému řešení. Ovšem rezerva, která nám při kapacitních výpočtech vyšla, není příliš velká, a firma nemá moc výrobního prostoru pro případné další pracoviště (případný budoucí nárůst objemu výroby). Ale i přesto se do nového uspořádání pracovišť může vhodně umístit CNC centrum Haas VF-2TR, který nahradí nevyužívanou horizontální vyvrtávačku ZPS MCFH 40 (pracoviště 3) viz příloha 3.

## 7 NÁVRH NOVÉHO USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠŤ V HALE

Jak již bylo zmíněno, stroje jsou v hale umístěny tak, jak byly do firmy navezeny. Dle kapacitních výpočtů z kapitoly 6 je zřejmé, že firma ENGITEC nemá příliš velké rezervy pro případné nové strojní vybavení. Momentálně může uvažovat se zakoupením maximálně jednoho nového stroje, aniž by se musely rozšiřovat výrobní prostory haly.

V novém návrhu uspořádání výrobní haly je již uvažováno s novým CNC obráběcím centrem Haas VF-2TR, který nahradí nepoužívané obráběcí centrum ZPS MCFH 40. Nové CNC centrum je menších rozměrů než současný nepoužívaný stroj, což je pro firmu výhodou, neboť nebude muset řešit případné rozšiřování haly. V novém dispozičním řešení bude uvažováno s technologickým uspořádáním, to tedy znamená, že v obrobně budou v blízkosti sebe seskupeny především CNC obráběcí centra (pracoviště 1, 2, 3), jenž budou zároveň blízko skladu, jelikož jsou využívány nejčastěji a dále budou vedle sebe seskupeny CNC soustruhy (pracoviště 4, 5). Zbylé stroje, tzn. klasický hrotový soustruh (pracoviště 6), bude přesunut tam, kde zbude místo, protože je málo využíván. Pila BOMAR Ergonomic (pracoviště 7) zůstane na svém stávajícím místě, z důvodu blízkosti skladu a CNC obráběcích center. Pracovní stůl sloužící ke kontrole bude také posunut, jelikož v původním uspořádání byl až nepochopitelně blízko CNC soustruhům (viz příloha 3). Tím se uvolní místo pro pěší zónu sloužící pro snadnější přístup výrobních dělníků k jednotlivým strojům. V případě brusírny, ve které je obecně málo prostoru, s tím souvisí nedodržené bezpečnostní vzdálenosti, byl přemístěn pouze jeden stroj a to bruska PROMA BKN 1500, aby bylo z hlediska bezpečnostních vzdáleností vše dodrženo. Naopak v hrubovací obrobně je poměrně dostatek místa, ale i přesto jsou stroje nevhodně umístěny a proto budou stroje přemístěny tak, aby veškeré bezpečnostní podmínky odpovídaly normám. Taktéž se tím uvolní místo pro jednodušší průchod mezi stroji a do zbylých místností tzn. šatny, kanceláře ředitele a umývárny. Bylo přemístěno i pracoviště kontroly pro snazší přístup všech výrobních dělníků v hrubovací obrobně.

Stroje, které není zapotřebí přemísťovat, jelikož jsou vhodně umístěny a zároveň splňují bezpečnostní normy, jsou CNC centrum ZPS MCFV 2080 NT (pracoviště 1), pila (pracoviště 7) a brusky (pracoviště 8, 9, 10). Návrh nového dispozičního řešení haly je v příloze 3.

Tab. 5.1 Seznam strojního vybavení v novém návrhu uspořádání pracovišť haly.

Číslo pracoviště:	Stroj:	Rozměry stroje:
1	CNC vertikální obráběcí centrum ZPS MCFV 2080 NT	4 900 x 2 400 mm
2	CNC vertikální obráběcí centrum VMC 1000	3 050 x 2 200 mm
<b>3</b>	<b>CNC obráběcí centrum Haas VF-2TR</b>	<b>3 200 x 2 250 mm</b>
4	CNC soustruh MAS SPU 20 CNC	3 300 x 2 150 mm
5	CNC soustruh ZPS SPRY 40 NC	2 050 x 1 550 mm
6	Univerzální hrotový soustruh TOS SV18 R	2 850 x 950 mm
7	Pila BOMAR Ergonomic 275.235 DG	1 600 x 800 mm
8	Bruska na kulato TOS BHU 25	1 950 x 1 800 mm
9	Bruska na plocho TOS BPH 20	1 800 x 1 400 mm
10	2 x Bruska na ventily RV 3000	1 600 x 600 mm (2 x 800 x 600 mm)
11	Dvoukotoučová bruska na nástroje PROMA BKN 1500	600 x 400 mm
<b>12</b>	<b>Frézka TOS FGSH 50</b>	<b>2 400 x 2 900 mm</b>
13	Frézka TOS F 20	1 600 x 1 400 mm
14	Souřadnicová vertikální vyvrtávačka SIP MP-4G	1 900 x 2 150 mm

Pozn.: Tučně jsou zvýrazněny stroje pro výrobu pístu podle 3. varianty.

## 8 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Technicko-ekonomické zhodnocení bude zaměřeno na kalkulaci všech nákladů spojených s návrhem nové technologie výroby pístu. Jedná se tedy o 3. variantu s novým 5osým CNC obráběcím centrem. Do propočtů budou zahrnuty jak náklady na materiál, tak veškeré náklady týkající se realizace nového uspořádání pracovišť. Nakonec bude na základě těchto výpočtů proveden výpočet doby návratnosti investovaných nákladů na realizaci návrhu.

### 8.1 Výpočet spotřeby materiálu podle nejjvýhodnější 3. varianty

Uvedené ceny byly zjištěny na základě telefonní komunikace s firmou zabývající se výkupem železa a barevných kovů.

Počet vyrobených kusů za rok: 3 500 ks

Cena za 1 kg duralu 2618: 169 Kč

Cena za 1kg odpadu: 25 Kč

Hmotnost pístu  $m_p = 0,226$  kg

Hmotnost původního polotovaru z kovárny  $m_k = 0,324$  kg

Hmotnost polotovarů z kovárny v roční dávce:

$$m_c = n_t \cdot m_k = 3\,500 \cdot 0,324 = 1\,134 \text{ kg} \quad (79)$$

kde:  $m_c$  [kg] – hmotnost polotovarů z kovárny pro roční dávku,  
 $m_k$  [kg] - hmotnost původního polotovaru z kovárny.

Využití nakoupeného materiálu v roční dávce:

$$\eta = \frac{m_p \cdot N}{m_c} = \frac{0,226 \cdot 3\,500}{1\,134} \cdot 100 = 69,75 \% \quad (80)$$

kde:  $\eta$  [%] - využití nakoupeného materiálu v roční dávce,  
 $m_p$  [kg] - čistá hmotnost pístu.

Hmotnost kusů v roční dávce:

$$m_r = N \cdot m_p = 3\,500 \cdot 0,226 = 791 \text{ kg} \quad (81)$$

kde:  $m_r$  [kg] - hmotnost kusů v roční dávce.

Hmotnost odpadu v roční dávce:

$$m_o = m_c - m_r = 1\,134 - 791 = 343 \text{ kg} \quad (82)$$

kde:  $m_o$  [kg] - hmotnost odpadu v roční dávce.

Náklady na materiál v roční dávce:

$$N_M = m_c \cdot c_{dural} = 1\,134 \cdot 169 = 191\,646 \text{ Kč} \quad (84)$$

$N_M$  [Kč] - náklady na materiál v roční dávce.

$c_{dural}$  [Kč] - cena za 1 kg duralu 2618.

Tržby z prodeje odpadu v roční dávce:

$$T_o = m_o \cdot c_{odpad} = 343 \cdot 25 = 8\,575 \text{ Kč} \quad (85)$$

- $T_o$  [Kč] - tržby za odpad v roční dávce.  
 $c_{odpad}$  [Kč] - cena za 1 kg odpadu duralu 2618.

## 8.2 Kalkulace nákladů na realizaci návrhu

Celkové náklady na realizaci návrhu budou zahrnovat náklady na přesun strojů, náklady na úpravu a zapojení elektroinstalace a vzduchotechniky a v neposlední řadě náklady na zakoupení nového CNC obráběcího centra Haas VF-2TR. Nesmí se zapomenout na náklady spojené s likvidací nepoužívané CNC horizontální vyvrtávačky ZPS MCFH 40. Kalkulace veškerých nákladů na realizaci návrhu se budou odvíjet od informací získaných a odhadnutých vedením firmy ze zkušeností z dřívějších let.

Čas spojený s přesunem jednotlivých strojů k tomu, aby bylo dosaženo finálního uspořádání pracovišť výrobní haly, byl s pomocí vedení firmy odhadnut na 72 hodin. V případě firmy ENGITEC to znamená 9 pracovních dnů, jelikož se uvažuje pouze s jednosměnným provozem. Přesun by byl uskutečněn 6 pracovníky.

Průměrné roční náklady na 1 pracovníka:

$$N_{rok} = 378\,000 \text{ Kč}$$

Hodinové náklady na jednoho pracovníka:

$$N_{hod} = \frac{N_{rok}}{E_d} = \frac{378\,000}{1720} = 220 \text{ Kč} \quad (86)$$

- kde:  $N_{hod}$  [Kč] - hodinové náklady na jednoho pracovníka,  
 $N_{rok}$  [Kč] - roční náklady na jednoho pracovníka,  
 $E_d$  [hod] - roční časový fond dělníka.

### 8.2.1 Jednorázově vynaložené investiční náklady na návrh

Náklady spojené s přesunem strojů:

$$N_{ps} = N_{hod} \cdot t_{ps} \cdot n_p = 220 \cdot 72 \cdot 6 = 95\,040 \text{ Kč} \quad (87)$$

- kde:  $N_{ps}$  [Kč] - náklady na přesun strojů,  
 $t_{ps}$  [hod] - čas na přesun strojů,  
 $N_{hod}$  [Kč] - hodinové náklady na jednoho pracovníka.  
 $n_p$  - počet pracovníků na přesun strojů

Náklady na úpravu elektroinstalace a vzduchotechniky strojního vybavení:

Při přemísťování strojního vybavení se pochopitelně musí upravit stávající a zapojit nové elektroinstalační připojení a vzduchotechnika k jednotlivým strojům, dále je zapotřebí úprava osvětlení a provedení následných revizí. Všechny tyto údaje byly odhadnuty majitelem firmy ze zkušeností z minulých let na 100 000 Kč.

$$N_{es} = 100\,000 \text{ Kč}$$

Náklady na zakoupení nového stroje Haas VF-2TR:

Pro realizaci návrhu je zapotřebí zakoupit nové CNC centrum Haas VF-2TR. Cena tohoto stroje byla zjištěna na základě orientačních údajů uvedených na stránkách výrobce a ze zkušeností majitele firmy ENGITEC, který v minulých letech již nákup strojního vybavení uskutečnil. Přesná cena nebyla firmou Haas poskytnuta, jelikož autor práce není stálým zákazníkem tohoto výrobce.

$$N_{ZN} = 3\,350\,000 \text{ Kč}$$

Náklady na likvidaci CNC vyvrtávačky ZPS MCFH 40:

Pracovníky firmy byl čas spojený s likvidací CNC horizontální vyvrtávačky ZPS MCFH 40 odhadnut na 16 hodin. Likvidace stroje by byla provedena pracovníkem firmy během dvou pracovních směn, tedy 2 pracovní dny.

$$N_{ls} = N_{hod} \cdot t_{ls} = 220 \cdot 16 = 3\,520 \text{ Kč} \quad (88)$$

kde:  $N_{ls}$  [Kč] - náklady na likvidaci stroje ZPS MCFH 40,  
 $t_{ls}$  [Kč] - čas na likvidaci stroje ZPS MCFH 40.

Celkové investiční náklady na realizaci návrhu:

$$\begin{aligned} N_i &= N_{ps} + N_{es} + N_{zn} + N_{ls} = 95\,040 + 100\,000 + 3\,350\,000 + 3\,520 \\ &= 3\,548\,560 \text{ Kč} \end{aligned} \quad (89)$$

kde:  $N_i$  [Kč] - celkové investiční náklady na realizaci návrhu,  
 $N_{es}$  [Kč] - náklady pro úpravu elektroinstalačního systému,  
 $N_{zn}$  [Kč] - náklady na zakoupení nového CNC stroje Haas VF-2TR,  
 $N_{ps}$  [Kč] - náklady na přesun strojů,  
 $N_{ls}$  [Kč] - náklady na likvidaci stroje.

**8.2.2 Úspora na výrobě pístu pomocí 3. varianty**

Při současné variantě obrábění, kdyby byl píst obráběn jak ve firmě ENGITEC, tak i posléze soustružen v kooperaci, by obráběcí náklady při odhadovaném objemu výroby 3 500 ks vyšly na 3 073 000 Kč. Při novém návrhu obrábění pístu pomocí 3. varianty by obráběcí náklady dosahovaly 1 809 500 Kč (viz kapitola 5.2).

Celková úspora:

$$U = 1\,263\,500 \text{ Kč}$$

**8.2.3 Doba návratnosti investičních nákladů**

$$T_n = \frac{N_i}{U} = \frac{3\,548\,560}{1\,263\,500} = 2,8 \text{ roků} \quad (90)$$

kde:  $T_n$  [roky] - doba návratnosti,  
 $U$  [Kč] - celková úspora.

Zjednodušená doba návratnosti firmy ENGITEC, kdy by se investice do nového CNC obráběcího centra vrátila, činí necelé 3 roky.



## ZÁVĚR

Práce byla zaměřena na optimalizaci výrobního procesu v malém strojírenském podniku ENGITEC Motorsport s.r.o., který se zabývá přesnou strojírenskou výrobou a úpravou součástek pro automobilový průmysl a motorsport, jako jsou části a bloky motorů, hnacích ústrojí a převodovek, písty, hlavy válců, ojnice apod.

V první teoretické části práce byla daná problematika podrobně rozepsána a vysvětlena a to počínaje popsáním samotného výrobního procesu a s ním souvisejícího výrobního managementu, přes technologické projektování a jeho složky jako jsou makroprojektování, analýza, situování, řešení generelu a projektování výrobních systémů, přes rozbor výrobního závodu, až po kapacitní propočty a navazující projektovou ergonomií v podniku.

V další podstatné části této práce bylo provedeno seznámení s firmou, kde byla firma představena a provedena SWOT analýza, ze které vyplynulo, že by podnik měl využít svých silných stránek jako je přesná a kvalitní výroba, dlouholeté zkušenosti v daném automobilovém oboru nebo také dlouhodobé skvělé vztahy se svými zákazníky a další, k uskutečnění příležitostí, které se jí nabízí, jako je rozšíření výrobního sortimentu nebo využití možnosti intenzivnější spolupráce se stávajícími i novými zákazníky.

Dále byl zvolen reprezentant výroby v podobě pístu spalovacího motoru, který firma vyrábí a od něho se odvíjela zbylá část práce. Po domluvě s vedením firmy byly autorem práce navrženy tři nové možné výrobní technologie výroby pístu, které se od té stávající liší především snížením počtu výrobních operací. Poté byly tyto navržené varianty srovnány jak z časového tak ekonomického hlediska. Na základě srovnání byla zvolena nejvýhodnější technologie. Dvě varianty rovněž zahrnovaly i výběr nových CNC strojů, jenž jsou v práci také představeny. Z časového i ekonomického hlediska vyhrála 3. varianta, která s sebou nese i koupi nového CNC obráběcího centra Haas VF-2TR a pro kterou byl nově sestaven postupový graf výroby pístu i šachovnicová tabulka, která představuje souhrn materiálových toků mezi jednotlivými pracovišti výrobní haly.

Nadále byly provedeny kapacitní propočty, které byly vztaženy právě na zvoleného představitele výroby. Zjištěné hodnoty byly srovnány se současným stavem a poté bylo navrženo nové dispoziční řešení výrobní haly s již nově navrženým CNC obráběcím centrem Haas VF-2TR.

V závěrečné části práce byly provedeny technicko-ekonomické výpočty potřebné ke zjištění nákladů na materiál a především nákladů na realizaci návrhu v podobě zakoupení nového CNC obráběcího centra a nového uspořádání strojních a ručních pracovišť ve firmě ENGITEC Motorsport s.r.o.

**SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**

1. ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: Procesní řízení a modelování*. 2., aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, 2007. 288 s. ISBN 978-80-247-2252-8.
2. ŘEPA, Václav. *Procesně řízená organizace*. Praha: Grada Publishing, 2012. 301 s. ISBN 978-80-247-4128-4.
3. *IPA: BPR - Business Process Reengineering* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/bpr-business-process-reengineering>
4. JUROVÁ, Marie. *Organizace přípravy výroby*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5247-3.
5. ZELENKA, Antonín. *Projektování výrobních procesů a systémů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.
6. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. vyd.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
7. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2011. ISBN 978-80-214-4370-9.
8. JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby: Část I.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 81 s. ISBN 978-80-214-3066-4.
9. TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: Od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada Publishing, 2014. 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5.
10. KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002, 424 s. ISBN 80-247-0199-5.
11. LAMBERT, Douglas M., James R. STOCK a Lisa M. ELLRAM. *Logistika*. Vydání první. Praha: Computer Press, 2000. ISBN 80-7226-221-1.
12. *MANAGEMENT MANIA: Procesní analýza (Process analysis)* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/analyza-procesu-procesni-analyza>
13. *API: Jednotlivé metody a nástroje (I - P) - Procesní analýza* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/analyza-procesu-procesni-analyza>

14. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. 183 s. ISBN 978-80-214-5260-2.
15. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.
16. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem*. 4. vydání. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. ISBN 978-80-214-3607-7.
17. *Ústav strojírenské technologie: Projekt manipulace s materiálem* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z:  
[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/manipulace/manipulace\\_navody.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/podklady/manipulace/manipulace_navody.pdf)
18. SMETANA, Jiří. *Projektování technologických pracovišť*. I. vydání. Ostrava: VŠB v Ostravě, 1990. ISBN 80-7078-033-9.
19. *BOZPPROFI.CZ: Požární ochrana ve firmě* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [https://www.bozpprofi.cz/33/pozarni-ochrana-ve-firme-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox\\_Z9WivfDW8t3WQM4s2UgKwmw/](https://www.bozpprofi.cz/33/pozarni-ochrana-ve-firme-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z9WivfDW8t3WQM4s2UgKwmw/)
20. CHLEBOVSKÝ, Vít. *Marketing pro B-2B trhy*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2010. 103 s. ISBN 978-80-214-4129-3.
21. *Mazak: Profil společnosti* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z:  
<https://www.mazakeu.cz/o-evropskem-centru-Mazak/globalni-zavazek/>
22. *Haas Automation Inc: VF-2TR Představení Produktu* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z: [http://int.haascnc.com/mt\\_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=VF-2TR&webID=5AXIS\\_VMC](http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1029&id=VF-2TR&webID=5AXIS_VMC)
23. TOMEK, G., a Věra VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. 2., rozšířené a doplňkové vydání. Praha: Grada Publishing, 2000, 408 s. ISBN 80-7169-955-1.
24. *Interní dokumentace firmy ENGITEC Motorsport s.r.o.*. Frenštát pod Radhoštěm [cit. 2017-12-01].
25. *Mazak: QT-COMPACT 200MY* [online]. [cit. 2017-05-25]. Dostupné z:  
<https://www.mazakeu.cz/cs/machines/qt-compact-200my/>

## SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol/zkratka	Jednotka	Popis
a	[-]	koeficient vícestrojové obsluhy
A	[-]	počet administrativních pracovníků
D	dny/rok	průměrný počet dní dovolené za rok
D <sub>c</sub>	[-]	Celkový počet pracovníků v podniku
D <sub>evc</sub>	[-]	Celkový počet evidenčních dělníků
D <sub>evp</sub>	[-]	celkový evidenční počet pomocných dělníků
D <sub>evr</sub>	[-]	evidenční počet ručních výrobních dělníků pro obě směny
D <sub>evs</sub>	[-]	evidenční počet strojních výrobních dělníků pro obě směny
DN	rok	doba návratnosti investice
D <sub>p</sub>	[-]	celkové počet pomocných dělníků
D <sub>pop</sub>	[-]	Pomocný a obslužný personál
D <sub>v</sub>	[-]	počet výrobních dělníků pro dvě směny
D <sub>vr</sub>	[-]	počet ručních výrobních dělníků pro obě směny
D <sub>vrl</sub>	[-]	počet výrobních dělníků ručních pro první směnu
D <sub>vrlI</sub>	[-]	počet výrobních dělníků ručních pro druhou směnu
D <sub>vs</sub>	[-]	počet strojních výrobních dělníků pro obě směny
D <sub>vsl</sub>	[-]	počet výrobních dělníků strojních pro první směnu
D <sub>vslI</sub>	[-]	počet výrobních dělníků strojních pro druhou směnu
E <sub>d</sub>	hod/rok	Efektivní časový fond dělníka
E <sub>r</sub>	hod/rok	efektivní časový fond ručního pracoviště
E <sub>s</sub>	hod/rok	Efektivní časový fond strojního pracoviště
F <sub>pdc</sub>	m <sup>2</sup>	plocha dopravních cest
F <sub>phn</sub>	m <sup>2</sup>	plocha pro hospodaření s náradím
F <sub>pk</sub>	m <sup>2</sup>	kontrolní plocha
F <sub>pr</sub>	m <sup>2</sup>	celková provozní plocha
F <sub>pskl</sub>	m <sup>2</sup>	plocha skladů
F <sub>pú</sub>	m <sup>2</sup>	plocha pro údržbu
F <sub>r</sub>	m <sup>2</sup>	výrobní plocha pro ruční pracoviště
f <sub>r</sub>	m <sup>2</sup>	měrná plocha ručního pracoviště
F <sub>s</sub>	m <sup>2</sup>	výrobní plocha strojních pracovišť
f <sub>sj</sub>	m <sup>2</sup>	měrná plocha strojního pracoviště pro stroj j-tého typu
F <sub>soc</sub>	m <sup>2</sup>	plocha sociální
F <sub>spr</sub>	m <sup>2</sup>	správní plocha

$F_{\text{šat}}$	$m^2$	plocha šaten
$F_{\text{um}}$	$m^2$	plocha umýváren
$F_{\text{útv}}$	$m^2$	celková plocha útvaru
$F_v$	$m^2$	celková výrobní plocha
$F_{\text{WC}}$	$m^2$	plocha toalet
ITA	[-]	Inženýrsko-techničtí a administrativní pracovníci
K	[-]	počet konstruktérů
$K_c$	[-]	celkový počet dnů v daném kalendářním roce
$k_{\text{pnr}}$	[-]	koeficient překračování norem pro ruční pracoviště
$k_{\text{pns}}$	[-]	koeficient překračování norem pro strojní pracoviště
N	ks	plánovaný počet vyráběných kusů za rok
$N_{\text{cz}}$	Kč	celkové náklady na převoz vybavení
$N_i$	Kč	celkové náklady na investici
$n_j$	ks	navržený počet daných strojů
$N_m$	dny/rok	průměrný počet dní, kdy je pracovník nemocný
$N_{\text{pm}}$	Kč	náklady spojené s převozy rozpracovaného materiálu
$N_{\text{pm1}}$	Kč	náklady na jeden převoz materiálu
$N_{\text{sv}}$	Kč	celkové náklady na pořízení strojního vybavení
$P_r$	ks	navržený počet ručních pracovišť
$P_{\text{sksi}}$	ks	skutečný počet strojů pro danou operaci
$P_{\text{thri}}$	ks	teoretický počet ručních pracovišť pro provedení dané operace
$P_{\text{thsi}}$	ks	teoretický počet strojních pracovišť pro provedení dané operace
$P_{\text{ty}}$	[-]	počet týdnů v roku
$s_r$	[-]	směnnost daného ručního pracoviště
$s_s$	[-]	směnnost daného strojního pracoviště
$S_v$	dny/rok	počet státních svátků
T	[-]	počet technologů
$t_{ki}$	min	předpokládaný čas potřebný k provedení dané operace
$\eta_i$	%	časové využití strojního pracoviště v dané operaci
$\eta_{\text{sk}}$	%	časové využití strojů technologické skupiny
SVP	[-]	strojírenský výrobní program
f	[Hz]	frekvence (kmitočety)
L	[dB]	intenzita (hlasitost) zvuku

**SEZNAM PŘÍLOH**

- Příloha 1 Výrobní výkres součásti píst  
Příloha 2 Výkres současného uspořádání pracovišť haly  
Příloha 3 Výkres nového uspořádání pracovišť haly

