



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

PROJEKT CENTRALIZACE VÝROBY MOSAZNÝCH KLEČÍ PRO VALIVÁ LOŽISKA

PROJECT OF GROUPING FOR BRASS BEARING SEPARATORS PRODUCTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. STANISLAV KŘÍŽEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. PAVEL RUMÍŠEK, CSc.

BRNO 2009

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2009/2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Stanislav Křížek

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

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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:

Projekt centralizace výroby mosazných klecí pro valivá ložiska

v anglickém jazyce:

Project of grouping for brass bearing separators production

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Zpracujte literární rešerši z oblasti výroby ložiskových klecí a oblasti technologického projektování
2. Proved'te zhodnocení stávajícího stavu ve všech výrobních uzlech a lokalitách
3. Na základě analýzy současného stavu zpracujte návrhy možných přesunů výroby a proved'te výběr optimální varianty
4. Pro vybranou variantu zpracujte kapacitní propočty a ve výkresech výrobních dispozic vyznačte materiálové toky
5. Zpracujte technicko-ekonomické zhodnocení realizace

Cíle diplomové práce:

Řešením základních bodů zadání, zahrnujících mimo studii i rozbor problematiky, návrh způsobů řešení s výběrem optimální varianty a jejím zpracováním a ekonomickým posouzením budou prověřeny nejen odborné znalosti studenta, ale i jeho schopnosti dobré profesní orientace při řešení zadaného úkolu z průmyslové praxe.

Seznam odborné literatury:

Odborná literatura z oblasti technologie obrábění a tváření

Odborná literatura z oblasti technologického projektování

DVOŘÁK, Milan. Technologie II. Brno: VUT – FSI . 2001. 238 s. ISBN 80-214-2032-4

DVOŘÁK, Milan.,GAJDOŠ, František., NOVOTNÝ, Karel. Technologie tváření (Plošné a objemové tváření). Brno: VUT – FSI. 2007. 169 s. ISBN 978-80-214-3425-7

FOREJT, Milan. Teorie tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI .1991. 187 s. ISBN 80-214-0294-6

FOREJT, Milan, PÍŠKA, Miroslav. Teorie obrábění, tváření a nástroje. Brno: VUT – FSI . 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9

NOVOTNÝ, Karel. Tvářecí nástroje. Brno: VUT – FSI .1992.186 s. ISBN 80-214-0401-9

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: VUT – FSI.1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů. Brno: VUT – FSI. 1987. 201 s.

MILO, Peter. Technologické projektovanie v praxi. Bratislava: Alfa. 1990. 399 s. ISBN 80-05-00103-7


FREMUNT, Přemysl, PODRÁBSKÝ, Tomáš. Konstrukční oceli. Brno: VUT – FSI.1996. 261 s. ISBN 80-85967-95-8

Vedoucí diplomové práce:doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSc.

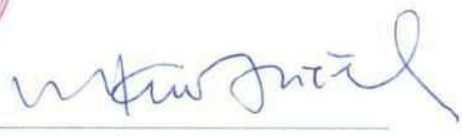
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 12.11.2009





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá centralizací výroby mosazných ložiskových klecí ve firmě ZKL Hanušovice, a.s.

První část je zaměřena na popis stávající situace výrobního procesu, který má v současné době řadu nevýhod. Z těchto nevýhod plynou možné návrhy zlepšení výroby. Ve druhé části jsou tyto návrhy řešení projektu centralizace podrobně popsány. Pro nejvhodnější z nich bylo provedeno rozpracování do podoby technologického projektu včetně kapacitního propočtu a výkresové dokumentace.

V závěru práce bylo provedeno technicko-ekonomické zhodnocení projektu, zejména zaměřené na efektivnost investice do nového výrobního stroje a její dopady na hospodaření podniku.

Klíčová slova

Výrobní proces, ložisková klec, technologický projekt, kapacitní propočet, materiálový tok, zhodnocení investice.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with a project to centralize the production of brass cage bearings in the company ZKL Hanušovice, a.s.

The first part is focused on the description of the current production process, which has many disadvantages. From the analysis of these disadvantages we can make suggestions for making the production process more effective. The second part of the thesis focuses on these suggestions for the centralized production process. The best of these suggestions has been elaborated into a technological project including capacity calculation and technical drawings.

The final part of the thesis provides a technical-economic evaluation of the project, focusing mainly on the efficiency of investment in new production equipment and its impact on company management.

Key words

Production process, bearing cage, technological project, capacitance calculation, material flow, investment evaluation.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KŘÍŽEK, Stanislav. *Projekt centralizace výroby mosazných klecí pro valivá ložiska*: Diplomová práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 76 s., 7 příloh. Vedoucí práce. doc. Ing. Pavel Rumíšek, CSs.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Projekt centralizace výroby mosazných klecí pro valivá ložiska vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 21.5.2010

.....
Stanislav Křížek

Poděkování

Děkuji tímto doc. Ing. Pavlu Rumiškovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval za ochotu Ing. Jiřímu Záluskému za možnost zpracování diplomové práce ve firmě ZKL Hanušovice, a.s. Zároveň děkuji Ing. Jiřímu Luňáčkovi, Ph.D., MBA za cenné připomínky k ekonomickému zhodnocení.

OBSAH

Abstrakt.....	4
Prohlášení.....	5
Poděkování.....	6
Obsah.....	7
Úvod.....	9
1. LITERÁRNÍ STUDIE.....	10
1.1 Technologické projektování.....	10
1.1.1 Etapy technologického projektování.....	10
1.1.2 Generel závodu.....	11
1.1.3 Rozdělení základních výrobních fondů strojírenského závodu.....	14
1.1.3.1 <i>Plocha závodu</i>	14
1.1.3.2 <i>Pracovní stroje</i>	15
1.1.3.3 <i>Rozdělení pracovníků</i>	16
1.1.4 Způsoby uspořádání strojů a pracovišť.....	17
1.1.5 Manipulace s materiálem.....	20
1.1.5.1 <i>Materiálový tok</i>	21
1.1.5.2 <i>Postup projektování manipulace s materiálem</i>	22
1.1.5.3 <i>Rozbor manipulace v rámci výrobního procesu</i>	23
1.1.5.4 <i>Blokové schéma výroby</i>	25
1.1.6 Kapacitní propočty.....	26
1.1.7 Projektování obrobů.....	29
1.1.7.1 <i>Obráběcí pracoviště</i>	30
1.1.7.2 <i>Bezpečnostní hlediska</i>	31
1.1.7.3 <i>Požadavky na osvětlení</i>	32
1.1.7.4 <i>Tlumení hluku</i>	33
2. SOUČASNÝ STAV VÝROBY LOŽISKOVÝCH KLEČÍ.....	34
2.1 Historie koncernu ZKL group.....	34
2.2 Současný výrobní sortiment podniku ZKL Hanušovice, a.s.....	35
2.2.1 Valivá ložiska.....	35
2.2.2 Výroba ložiskových klecí.....	37
2.2.2.1 <i>Výroba ložiskové klece z oceli</i>	38
2.2.2.2 <i>Výroba mosazné ložiskové klece</i>	38
2.3 Součástková výroba a výběr reprezentanta výroby.....	40
2.3.1 Technologický postup výroby reprezentanta.....	41
2.4 Současný stav výroby mosazných klecí z pohledu projektování.....	42
2.4.1 Specifikace strojů projektu centralizace.....	43
2.4.2 Zhodnocení současného stavu.....	46
2.4.3 Závěry a možnosti řešení plynoucí ze současného stavu.....	47
3 NÁVRHY PROJEKTU CENTRALIZACE.....	48
3.1 Návrh řešení A.....	49
3.2 Návrh řešení B.....	50
3.3 Návrh řešení C.....	51
3.4 Výběr nejvhodnější varianty.....	53
3.5 Zhodnocení výběru nejvhodnější varianty.....	54

4	ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY	55
4.1	Výběr nového stroje	55
4.2	Kapacitní propočet	57
4.2.1	Roční využitelné časové fondy	57
4.2.2	Výpočet počtu strojů a zařízení	58
4.2.2.1	<i>Výpočet využití strojů a ručních pracovišť</i>	59
4.2.3	Výpočet pracovníků	60
4.2.4	Výpočet ploch	61
4.2.4.1	<i>Výpočet výrobních ploch</i>	61
4.2.4.2	<i>Výpočet pomocných ploch</i>	62
4.2.4.3	<i>Výpočet provozní podlahové plochy</i>	63
4.3	Materiálové toky vybrané varianty	64
4.4	Zhodnocení rozpracování vybrané varianty	64
5	TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	65
5.1	Změny výrobního procesu	65
5.2	Hodnocení investice	66
5.2.1	Určení kapitálových výdajů	67
5.2.2	Příjmy plynoucí z investice	67
5.2.3	Čistá současná hodnota investice	69
5.2.4	Rentabilita a doba splácení investice	70
5.3	Zhodnocení technicko-ekonomického propočtu	71
	Závěr	72
	Seznam použitých zdrojů	73
	Seznam použitých zkratk a symbolů	74
	Seznam příloh	76

ÚVOD

Důležitou součástí každého strojírenského podniku je vytváření nových a inovovaných výrobních systémů pro udržení stejného kroku s konkurencí na trhu. Technologické projektování je souhrnem činností, které zabezpečí správný průběh realizace nového výrobního systému. Jeho úkolem jsou zejména zajistit efektivní využití vloženého kapitálu do žádoucích změn výrobního procesu.

Podnik ZKL Hanušovice, a.s., který je součástí koncernu ZKL, vznikl integrací českého ložiskového průmyslu s více než šedesátiletou tradicí. V současnosti je koncern ZKL největší výrobce soudečkových, speciálních a dělených ložisek ve střední Evropě. Svou silnou pozici na trhu si drží zejména díky kvalitě distribuovaných produktů. Pro udržení správné kvality výrobku je nutné zavádění nových technologií, nástrojů, postupů v rámci inovací výrobního procesu.

Cílem mé diplomové práce je navrhnout projekt, který se zabývá centralizací rozdělené výroby mosazných klecí pro valivá ložiska v podniku ZKL Hanušovice, a.s. V projektu bude součástí kapacitní propočet nevhodnější navržené varianty centralizace, odpovídající technická dokumentace a zhodnocení efektivnosti projektu centralizované výroby.

1. LITERÁRNÍ STUDIE

1.1 Technologické projektování

Technologické projektování má ve strojírenství důležitou roli. Strojírenství je, jak je známo, považováno za významný rozvojový činitel v neustálém rozvoji ostatních průmyslových odvětví. Má-li však tuto svoji roli plnit, musí si strojírenství nadále zajišťovat svůj inovační a modernizační proces. Tyto procesy způsobují neustálý rozvoj ve výrobním programu strojírenského podniku a ve strojírenské výrobě jako celku. Řešení onoho neustálého rozvoje a inovace je realizováno pomocí technologického projektu, který musí obsahovat jak pokrokovou modernizovanou technologii, tak všechny faktory zajišťující realizaci plánované výroby. Z tohoto je patrná důležitost technologického projektu.¹

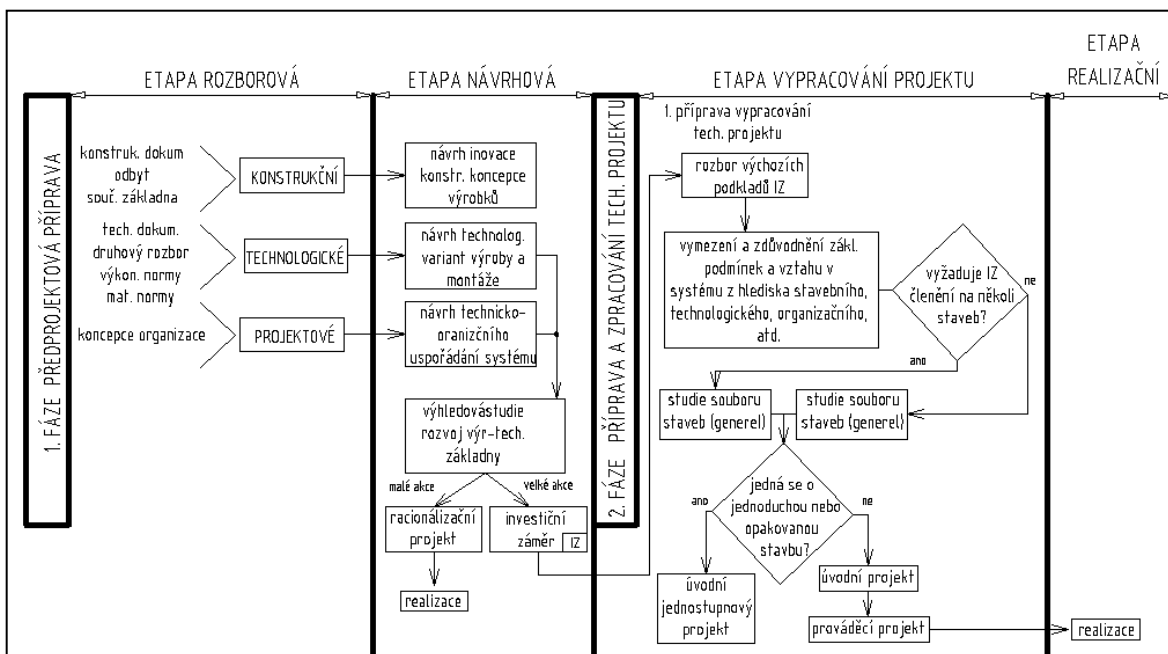
Technologický projekt je tedy nepochybně důležitou složkou v postupu modernizace. Modernizace často vede ke změnám ve výrobním programu, které jsou ovlivněny mnoha faktory, mezi něž patří například zvýšením spotřeby produktu, uvolněním výrobní kapacity, finanční situací podniku apod. Technologický projektant se musí držet požadovaného inovačního cíle ve výrobním programu tak, aby byl projekt z hlediska technicko-ekonomického efektu maximální.¹

1.1.1 Etapy technologického projektování

Technologický projekt lze rozdělit do dvou etap, tedy na fázi předprojektovou a fázi projektové a realizační přípravy. Tyto etapy technicko-ekonomického charakteru na sebe bezprostředně navazují, jelikož lze projektování chápat jako kontinuální činnost. Tato činnost musí zahrnout řadu podmínek, pro zajištění maximální efektivity výrobního procesu, mezi něž patří například optimální využití všech hmotných zdrojů jako jsou – materiál, energie, informace, pracovníci apod.¹

Fáze předprojektová se týká zejména koncepčních otázek, tedy otázek týkajících se rozborových a návrhových etap. Do etapy rozborové patří otázky týkající se konstrukčního, technologického a projektového charakteru. Stanovují se zde výchozí předpoklady, normy, organizace apod. Do etapy návrhové patří otázky týkající se návrhu inovace, technologických variant výroby, technologicko-organizačním uspořádání apod. Tyto otázky mají vliv na rozvoj výrobně-technologické základny, která dále určuje, zda se bude jednat o racionalizační projekt případně o investiční záměr.¹

Pakliže se jedná o investiční záměr, pokračuje se fází přípravy a zpracování technologického projektu. Investiční záměr vyjadřuje základní předpoklady pro přípravu a realizaci stavby. Druhá fáze tedy přesněji definuje a rozvíjí základní koncepci počáteční fáze. Druhou fází lze dále dělit do dvou stupňů. První stupeň se zabývá zhotovením přípravné dokumentace, tedy návrh variant uspořádání, výhody jednotlivých řešení a ekonomické efektivity. Druhý stupeň dále doplňuje předchozí stupeň. Zde již existují technické, projektové a realizační dokumentace. Schéma všech etap je znázorněno na obr 1.1.¹

Obr. 1.1 Schéma fází a stupňů technologického projektování.¹

Doba procesu realizace zpravidla záleží na rozsahu požadovaných změn v projektu. Je zřejmé, že průchodem jednotlivých etap technologického projektu je zahrnuta celá řada různých pohledů na řešenou problematiku, které se však později jako celek prezentují v podobě modernizovaného výrobního procesu. Dokončený technologický projekt daného investičního záměru, který prošel všemi fázemi technologického projektování, musí dostatečně zahrnovat a určovat všechny nutné faktory, podmínky či dokumentace nutné pro zhotovení inovovaného výrobního procesu.

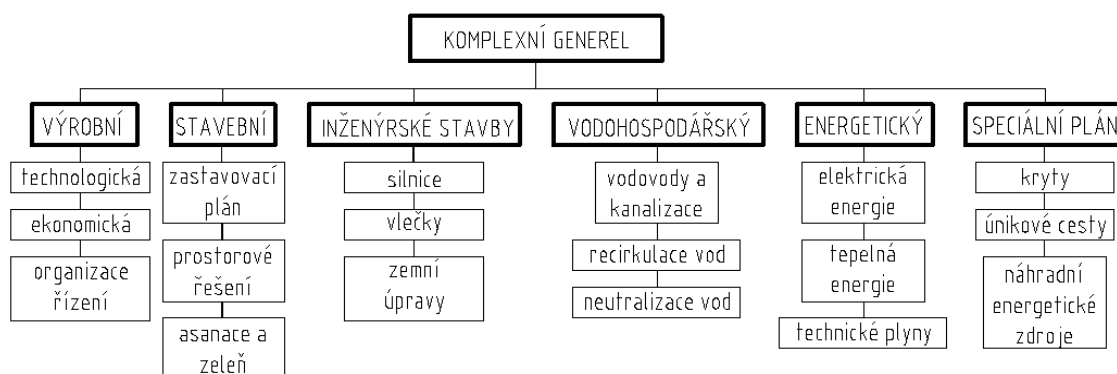
Na základě zpracované technologické dokumentace, v které jsou obsaženy nejdůležitější části projektového řešení, se dále zhotovují takzvané kapacitní propočty. Propočty nám poskytnou velmi důležité informace jako je například průchodnost a potřeby jednotlivých výrobních úseků. Je považován za jednu z nejdůležitějších částí projektu inovace, jelikož řeší otázky teoretických a skutečných počtu strojů či dělníků, výrobní plochy apod.

1.1.2 Generel závodu

Generel závodu je zpracovaná studie souboru všech jednotlivých staveb závodu. Studie souboru staveb řeší všechny vzájemné vlivy a podsystémy jednotlivých bloků, které dále vytváří komplexní generel. Technologický projekt komplexního generelu lze využít jak při stavbě nového podniku, tak při reorganizaci či rozšiřování stávající výroby. Komplexní generel je tvořen podsystémy.¹

- **Generel výrobní** – Vytváří nejdůležitější část celé studie souboru staveb. Cílem výrobního generelu je stanovit vhodné rozmístění výrobních a pomocných ploch, výrobní vztahy, manipulace, uspořádání výrobních strojů, technologie, apod. Je zde řešena celá problematika výroby a to tak, aby byla zajištěna maximální efektivita výroby při vhodných hygienických a bezpečnostních hledisek. Generel výrobní lze dále řešit do dalších subsystémů na část *Technologickou*, kde je zajištěno dispoziční rozmístění strojů, zařízení a zaměstnanců, manipulace s materiálem apod. *Organizaci řízení* zahrnuje rozmístění kancelářských ploch, řídicích center případně rozmístění čidel pro snímání informací. *Ekonomickou* vytváří optimální rozmístění jednotlivých středisek, aby bylo umožněno hodnocení příslušných dílen a provozů z hospodářského hlediska.¹
- **Generel stavební** – Zahrnuje veškeré stavební výkresové dokumentace týkající se studie souboru staveb. Tedy celkový zastavovací plán, jehož nejdůležitějšími hodnotami jsou kóty budov, komunikací, nadmořské výšky podlah, vstupy objektů apod. U komplikovanějších projektů se řeší samostatně asanace výstavby. Součástí stavebního generelu je taktéž prostorové řešení objektů případně celkové ztvárnění budov, které hrají roli v aktivním a pasivním ovlivňování výrobního systému. Zde patří otázky týkající se dostatečného osvětlení, teploty případně i řešení exhalace spojené s převládajícím směrem větrů.¹
- **Generel inženýrských staveb** – Řeší nejvhodnější rozmístění všech komunikací na základě materiálového toku vzhledem k výrobní základně a výkresu terénu v celém areálu. Generel inženýrských staveb lze rozdělit do tří podsystémů na *Vlečky*, kde jsou řešeny otázky týkající se množství materiálů či výrobků, které jsou do závodu dopravovány po železnici. Často bývá tento generel řešen prvně, jelikož jeho vybudování značně ovlivňuje koncepci celého podniku. *Silnice* jsou konstruovány dle množství a frekvence dopravovaného materiálu a výrobků po ose nákladními automobily a jinými dopravními prostředky. *Zemní úpravy* se snaží o minimální přemísťování půdy a jiných hmot při terénních úpravách pro zajištění prostoru pro stavby.¹
- **Vodohospodářský generel** – Zajišťuje rozbor umístění všech zdrojů či spotřebičů vody. Řeší se otázky využití pitné a užitkové vody, s kterými je i nutně spojená otázka kanalizace případně odvodu povrchových vod z areálu podniku. Tyto jednotlivé vodohospodářské sítě jsou navzájem řešeny zcela samostatně, avšak v konečném důsledku tvoří jeden celek. Dále se zde například řeší ekonomická problematika *recirkulace vody*, která je nutná u výroby využívající chlazení strojů. Často je i zahrnuta ekologická problematika *neutralizace vody*, která je vhodná pro výrobu, kde se nachází mořirny, tepelné zpracování apod.¹

- **Generel energetický** – Řeší problematiku týkající se potřeb všech druhů energií v celé studii souboru staveb. Mezi hlavní druhy využívané energie průmyslových podniků patří elektrická energie, tepelná energie a technické plyny. Problematika elektrické energie se dále člení na silnoproud (např. instalované příkony jednotlivých strojů a zařízení) a slaboproud (například rozmístění telefonní linky či poplašných zařízení).¹
- **Generel speciálních plánů** – Zde jsou řešeny otázky týkající se bezpečnosti zaměstnanců. Patří zde vypracování optimálních únikových cest, řešení krytů nebo náhradních energetických zdrojů v případě výpadku hlavního zdroje.¹



Obr. 1.2 Systém členění komplexního generelu.¹

Obr. 1.2 znázorňuje systém členění hlavních částí projektu komplexního generelu při řešení budování studie souboru staveb či inovační přestavbě výrobního procesu. Rozdělení komplexního generelu na jednotlivé problematiky vyžaduje značné nároky na profesní práce projektantů technologů. Vzhledem k investičním nedostatkům bývá častěji řešena inovační přestavba stávajícího výrobního systému oproti novému výrobnímu systému.

Z důvodů vyprojektování optimálních pracovních, výrobních, hygienických a bezpečnostních podmínek, lze plochu generelu dělit na zóny:¹

- **Hlavní výroba** – provoz strojírenské výroby, montáže, kontroly apod. podílející se na výrobě konečného výrobku podniku
- **Pomocná a obslužná výroba** – problematika nářadí, údržby, dopravy energetických zdrojů, vodovody a kanalizace, recyklace apod.
- **Správní** – kanceláře zaměstnanců, kteří musí být ve styku s výrobou
- **Skladovací** – sklady nářadí, polotovarů, nástrojů, pohonných hmot apod.
- **Sociální** – jídelny, toalety, šatny, umývárny apod.

1.1.3 Rozdělení základních výrobních fondů strojírenského závodu

Zpracovávaný technologický projekt podniku v jakémkoliv stupni složitosti zahrnuje mnoho oblastí činnosti technologického projektanta. K dopracování konečného návrhu musí zpracovat různé projekční etapy, jako jsou například etapy rozborové, zpracování návrhu, výběru optimálních variant či vyhodnocení efektivnosti návrhu. V technologickém projektu při průchodu nezbytnými mezistupni jeho tvorby se vychází zejména z výrobního programu a konstrukční dokumentace, které se zpracovávají do technologické dokumentace. Na tuto dále navazuje již samotné vypracování projektu.

Ze stanovených operačních časů výroby, efektivního časového fondu dělníku a zařízení a směnnosti, se dále stanoví na základě kapacitních výpočtů:¹

- počet strojů a technologických zařízení
- výrobní a pomocné podlahové plochy, provozní podlahové plochy, správní a sociální plochy
- potřebné počty směnových dělníků ručních a strojních, dělníků pomocných, apod.

Dle kapacitních výpočtů a druhu výroby se zpravidla určí rozmístění strojů, základní rozměry dílny, montážní a pomocné plochy tak, aby byla zajištěna organizační návaznost strojírenské výroby.

1.1.3.1 Plocha závodu

Výrobní podnik se rozkládá na určitém území, které je ohrazeno. Toto území se nazývá plocha závodu, kterou lze v základu rozdělit na:¹

- **plochu využitou**, ve které je zahrnuta plocha budov, komunikací, skládky apod.
- **plochu ostatní**, která je potřebná pro zabezpečení vzdáleností z bezpečnostního hlediska. Jedná se o plochu protipožární, havarijní, výsadby, hygienickou apod.

Využitou plochu lze rozdělit na plochu zastavěnou přestřešenou (stavby, kryté objekty, apod.) a plochu zastavěnou nepřestřešenou. Mezi plochu nepřestřešenou patří například nádvorní plocha, chodníky, komunikace, oplocení, nadzemní energetické rozvody apod. Plocha přestřešenou lze opět dále rozdělit a to na plochu přestřešenou s obvodovým zdívem (plocha průmyslové činnosti) a plochu přestřešenou bez obvodového zdiva (sklady, garáže apod.).¹

Zvláště důležité je v technologickém projektu členění podlahové plochy výrobního podniku. Tuto lze dělit na:¹

- **provozní podlahovou plochu**, kde se zahrnuje vlastní podlahová plocha výrobní označovaná F_v , na níž se uskutečňuje samotný výrobní proces (plocha strojního pracoviště, ručního pracoviště, atd.). Dále zahrnuje podlahovou pomocnou plochu, která je tvořena například plochou skladů, meziskladů, provozních skladů apod. Neméně důležitá plocha, která se počítá mezi provozní podlahovou plochu F_p , která je plochou dopravní skládající se z cest, vleček, výtahů atd. Poslední plochou je plocha ostatní pomocná plocha zaujímana náradím, dílnou strojní údržby apod.
- **správní podlahovou plochu**, která je tvořena kanceláři, čekárnami, telefonními ústřednami, místnostmi pro server apod.
- **sociální podlahovou plochu** určenou plochou jídelen, ošetřoven, šaten, umývár, konferenčními místnostmi apod.

Po zhotovení návrhů jednotlivých řešení technologického projektu lze vypočítat technicko-hospodářské ukazatele součinitele zastavení s_{zast} a součinitele využití s_{vyuz} :¹

$$s_{zast} = \frac{F_{přestřešená}}{F_{úz}} \quad (1.1)$$

$$s_{vyuz} = \frac{F_{využitá}}{F_{úz}} \quad (1.2)$$

kde: s_{zast} - součinitel zastavení [-], s_{vyuz} = součinitel využití [-]
 $F_{přestřešená}$ - přestřešená plocha [m^2], $F_{úz}$ = plocha územního závodu [m^2]

1.1.3.2 Pracovní stroje

Ze základního provozního hlediska lze pracovní stroje rozdělit na stroje výrobní a stroje pomocné.¹

Stroje výrobní jsou takové stroje, které se přímo a aktivně podílí na výrobním procesu. Lze je dále rozdělit na stroje řadové, které jsou ve výrobě plně využity, a stroje doplňkové, které nejsou v průběhu pracovní směny plně využity. Pomocné stroje se řadí do strojů v přímém výrobním procesu. Jsou to stroje pracující například v dílenských údržbách, ostřírnách apod.¹

Technologický projektant musí znát kromě základního rozdělení pracovních strojů i další důležitá hlediska, mezi která patří:¹

- Počet strojů ve výrobním procesu by měl být vyšší než výsledek z kapacitního výpočtu a to z toho důvodu, že potřebujeme zajistit spolehlivost výrobního procesu i v době, kdy se na stroji musí provést průběžná oprávka. Z tohoto je patrné, že stroj, který je navíc oproti výsledku z kapacitního propočtu, spolehlivě zajistí následný výrobní proces. Tímto nedochází ke snižování jejich časových fondů.

- Ve výrobním procesu se mohou vyskytnout takové stroje, které dosahují výjimečných parametrů, které nelze nahradit konvenčním strojovým parkem. Tímto se tyto stroje stávají unikátní či jednoúčelové a platí pro ně výjimky v kapacitních propočtech a potřebách dispozičního řešení.
- U technologického projektování se mohou vyskytnout problémy s nedostatkem některých typů strojů, které nejsou v současné době k dispozici. Takovéto stroje jsou nazývány stroje úžinové.

1.1.3.3 Rozdělení pracovníků

Zaměstnance strojírenského podniku lze rozdělit na jednotlivé kategorie:¹

- **dělníci**
- **inženýrsko-techničtí pracovníci** zabývající se technickou činností. Mezi tyto se řadí konstruktéři, technologové, techničtí pracovníci kontroly apod.
- **administrativní pracovníci** zajišťující fungování podniku po stránce administrativní (účetní, nákupčí apod.)
- **pomocní obsluhující pracovníci** zaměstnaný pro zajištění správného fungování obsluhujícího hospodářství (skladníci, řidiči apod.)
- **pracovníci neprůmyslové činnosti** jsou zaměstnanci závodních jídelen, školek, pracovníci ubytoven, tiskový regenti apod.
- **členové závodní stráže a požárního sboru**

Pro technologického projektanta je nejdůležitější skupinou kategorie dělníků a to z toho důvodu, že jsou v přímém kontaktu s výrobním procesem. Kategorii dělníků lze dále rozdělit dle skupin:¹

- **základní výrobní dělník (D_{vz})** se podílí přímo na výrobním procesu. Primárně vykonává žádané technologické pochody, při kterých se vstupní materiál přeměňuje ve výrobním procesu na konečný výrobek. Tuto skupinu lze dále dělit na *strojní dělníky* a *dělníky ruční*.
- **pomocný dělník základní výroby (D_{pz})** je dělník určený k výpomoci základním výrobním dělníkům. Jsou to například dělníci v ostřírnách, výdejnách apod. Tuto skupinu lze rozdělit obdobně jako skupinu předcházející
- **výrobní dělník pomocné výroby (D_{vp})** pracuje na pracovištích pomocné výroby (například v nářadovnách, údržbách apod.) Rovněž lze rozdělit na pracovníky strojní a ruční.
- **pomocný dělník pomocné výroby (D_{pp})** vypomáhají výrobním dělníkům pomocné výroby. I v této skupině se mohou dělníci rozdělit na pracovníky strojní a ruční.

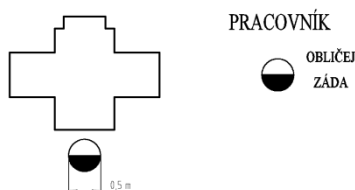
1.1.4 Způsoby uspořádání strojů a pracovišť

Prostor, který dělník potřebuje pro vykonávání své práce, se obecně nazývá pracoviště. Tento prostor musí odpovídat jak technickým či bezpečnostním kritériím, tak kritériím hygienickým. Z důvodu, že zaměstnanci pracují na svém pracovišti nemalou část dne, měl by prostor vyhovovat i po stránce estetické. Výpočty ploch se zabývá kapacitní propočít a jeho jednotkou je m^2 . Pracoviště lze v základu rozdělit na:

- **Ruční pracoviště** – Plocha zaujímána zpravidla pracovním stolem, na kterém se provádějí ruční operace výroby, kontrola, balení apod.
- **Strojní pracoviště** – Plocha zaujímána obsluhovaným strojem včetně plochy pro obsluhu, materiál vstupní a hotový výrobek.

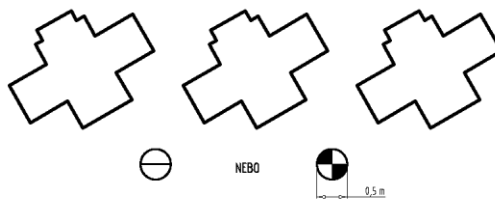
Strojní pracoviště lze dále rozdělit, a to dle toho kolik pracovníků je zapotřebí na jeho obsluhu:

- **Normální pracoviště** – Jeden dělník obsluhuje právě jeden stroj. Viz obr. 1.3.



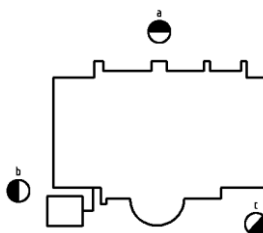
Obr. 1.3 Normální strojní pracoviště.¹

- **Víceobslužné pracoviště** – Jeden dělník obsluhuje více než jeden stroj. Viz obr. 1.4.



Obr. 1.4 Víceobslužné strojní pracoviště.¹

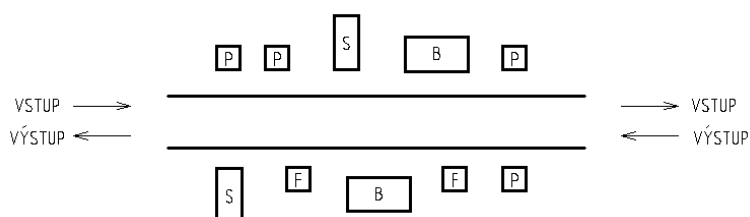
- **Méněobslužné pracoviště** – Více dělníků je zapotřebí k obsluze jednoho stroje. Viz obr. 1.5.



Obr. 1.5 Méněobslužné strojní pracoviště.¹

Z uvedených druhů pracovišť je tedy zřejmé, že nelze zaměňovat počet strojů s počtem pracovišť, jelikož se v reálné výrobě téměř vždy nachází ve výrobním systému pracoviště s více či méně obslužnou výrobou. K výsledku optimálního dispozičního řešení strojů na pracovištích vycházíme vždy z volby hospodárnosti výroby, přehlednosti, podmínek minimální manipulace, nevratnosti technologického toku, minimální zastavěnou plochou, bezpečnosti apod. Uspořádání pracovišť lze rozdělit na několik způsobů uspořádání:²

- **Volné** – Stroje a pracoviště jsou ve výrobní dílně umístěny náhodně. Vyskytuje se tam, kde nebyl předem určen materiálový tok, návaznost operací a řídicí vztahy. Tento typ se často objevuje v kusových výroбах.



Obr. 1.5 Volné uspořádání pracoviště.²

Pozn.: Písmena značí druh stroje P = pila, S = soustruh, F = frézka, B = bruska.

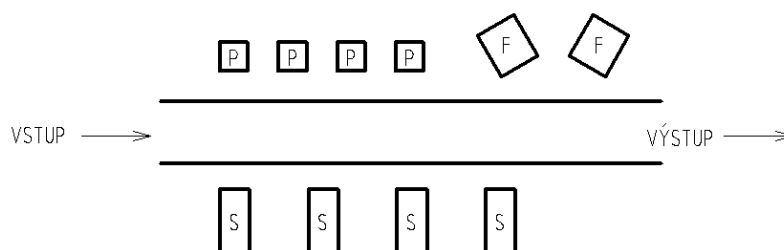
- **Technologické** – V tomto uspořádání jsou jednotlivé stroje stavěny dle příbuznosti z technologického postupu vyráběné součásti. Ve výrobní hale jsou umístěny stroje dle skupin stejného druhu například soustruhy, frézky, brusky atd. Strojní park bývá v tomto uspořádání zpravidla univerzální.²

Výhody:

- změna výrobního programu nenaruší výroby
- snadné zavedení vícestrojové obsluhy
- snadnější údržba

Nevýhody:

- komplikovaný, dlouhý tok materiálu
- dlouhá průběžná doba
- větší nároky na výrobní plochu



Obr. 1.6 Technologické uspořádání pracoviště.²

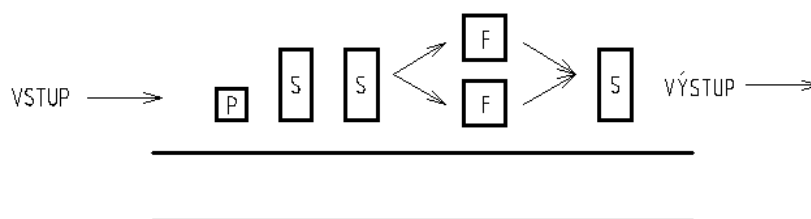
- **Předmětné** – Stroje jsou v tomto uspořádání umístěny dle technologického postupu výroby. Tedy dle vyráběného předmětu. Dle tohoto se pojmenovávají v praxi specializované dílny jako například dílna ozubených kol, dílna přírub, dílna mosazných klecí atd. Pohyb materiálového toku je v tomto uspořádání stále stejným směrem, čímž se vytváří výrobní proud.²

Výhody:

- zkrácení manipulačních drah
- zkrácení mezioperačních časů a nákladů na manipulaci
- snížení rozpracovanosti

Nevýhody:

- změna výrobního programu vede ke změně v uspořádání strojů
- snížením objemu výroby poklesne využití strojů
- údržba strojů je náročnější a nákladnější



Obr. 1.7 Předmětné uspořádání pracoviště.²

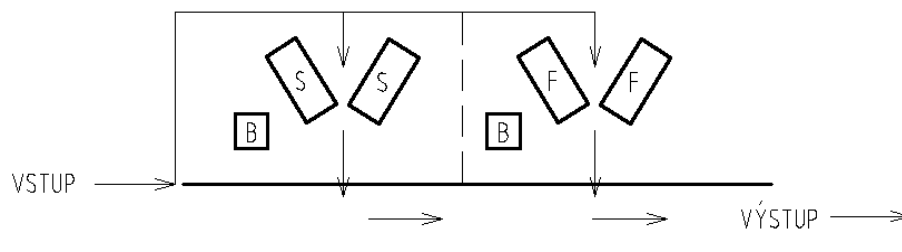
- **Modulární** – Toto uspořádání je dáno seskupením shodných technologických bloků, kde každý blok plní více technologických funkcí. Charakteristickým příkladem je skupinové nasazení NC strojů nebo obráběcích center. Modulární pracoviště se vyznačují vyšší produktivitou práce.²

Výhody:

- vysoká produktivita práce
- zkrácení operačních časů a průběžné doby výroby
- zlepšení organizace práce a řízení výroby

Nevýhody:

- větší nároky na technickou přípravu výroby
- vysoká cena strojů a zařízení

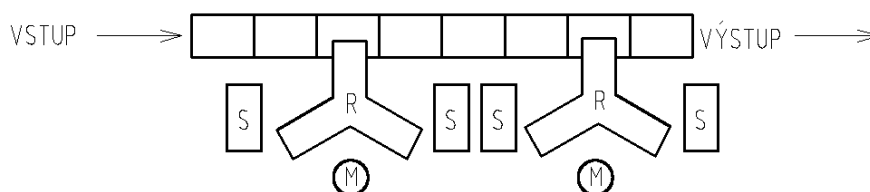


Obr. 1.8 Modulární uspořádání pracoviště.²

- **Buňkové** – Buňka je zpravidla tvořena vysoce produktivním automatizovaným strojem a okolím (např. obráběcí centrum a robot). Příkladem uspořádání mohou být plně automatizovaná, mechanizovaná a robotizovaná pracoviště.²

Výhody: - vysoká produktivita práce
 - automatizovaná operační a mezioperační manipulace s mat.
 - dodržování technologické kázně a tím zvýšení kvality výrobku

Nevýhody: - větší nároky na technickou přípravu výroby
 - vysoká cena strojů a zařízení



Obr. 1.9 Buňkové uspořádání pracoviště.²

- **Kombinované** – U velkých podniků je využita zpravidla kombinace předchozích možností dispozičního řešení strojů. Nejčastější je kombinace technologického a předmětného uspořádání. V poslední době je však často brána v úvahu i kombinace s modulárním uspořádáním.

1.1.5 Manipulace s materiálem

Jeden z elementárních procesů, který doprovází jakoukoliv průmyslovou i neprůmyslovou výrobu, je manipulace materiálu. Otázka plynulosti manipulace je v poslední době jednou z mnoha důležitých faktorů. Každé fyzické přemístování rozpracované výroby má totiž značný vliv dobu dodání hotové součásti zákazníkovi. Je zřejmé, že každý manipulační pohyb materiálu, který je navíc, je nežádoucí a to z hlediska jak časového tak s tím související ekonomického faktoru.

Základem každé manipulace je fyzické přemístění materiálu tedy pohyb. Charakterem se manipulace materiálu doposud řadí mezi netechnologické operace i přesto, že v dnešních technologiích jsou se samotnou technologií mnohdy úzce spjaty. Technologický projektant by neměl zapomenout na důležité otázky, které se týkají manipulací materiálem. Jsou to otázky druhu fyzických pohybů, vytváření mezioperačních rezerv, časová složitost manipulace apod.³

Objektem manipulace bývá v nejčastějším případě pracovní síla, pracovní prostředek a pracovní předmět. Každou manipulaci lze rozdělit na manipulační úkony a ty dále na manipulační pohyby. Těmito se řídí dle daného postupu pracovní síla. V dnešní době se vyskytuje pracovní síla automatizovaná, kdy na fyzický pohyb přísluší minimum lidského faktoru, avšak nejčastějším užitím v průmyslové výrobě je právě lidská činnost. Ve vyspělých státech se začíná manipulace materiálu a materiálový tok stávat samostatným oborem.³

Při návrhu technologického projektu jsou otázky týkající se dopravy materiálu a samotné manipulace velmi důležité. Dá se říci, že pro každý výrobek je ideální jiná doprava materiálu. Často tedy dochází u modernizace výroby ke změně tras dopravovaného materiálu v již existujícím dispozičním řešení. Tyto jsou vypracovány projektantem dle jeho znalostí a zkušeností, kdy dochází k návrhu jednotlivých možných variant, z kterých se následně doporučí reálná a relevantní varianta.

Manipulace s materiálem s sebou nese velký význam v technologickém projektu. Mezi významové složky lze považovat fakta:³

- z celkové průběžné doby výroby připadá na manipulaci s mat. 20 - 90%
- na jednu technologickou operaci připadají 2 – 8 operací manipulačních
- na jednu kontrolní operaci připadá 2-6 manipulačních operací
- manipulace s přetvářeným materiálem je stále nejnamáhavější část výroby
- na 1 tunu hotových výrobků je nutno připravit 100 – 185 tun materiálu
- z celkových nákladů ve strojírenství připadá na manipulaci s materiálem 20%
- manipulace s materiálu je oblastí největších úrazovostí a s největší ztrátou hodnot

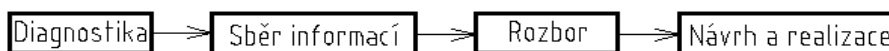
1.1.5.1 Materiálový tok

Správnou funkcí skladů je plynulé zásobování materiálu pro výrobní proces. K tomu, aby tento proces mohl správně fungovat, musí být sklady a mezisklady správně dimenzovány. Z kapacitního propočtu získáme přibližnou hodnotu potřebné plochy pro sklady a mezisklady. Konečná plocha je však navržena dle nutných potřeb a nutností režimu výroby ve vlastním výrobním podniku. Technologický projektant by měl myslet na to, aby byly sklady umístěny co nejbližší výrobnímu procesu či montáži, a to z důvodu co nejkratší dráhy manipulace s výrobkem. Sklady jsou určeny k zásobování jak polotovarů do výroby, tak také již hotových dílců ke smontování sestav. Mělo by se tudíž myslet na to, aby blízko montážní haly byl sklad s požadovanými dílci, obzvláště s těmi nejtěžšími díly.³

Tok materiálu lze přiblížit k velikosti a četnosti pohybu dopravovaného materiálu. Technologický projektant by měl pamatovat na to, aby volil vždy nejkratší možné přepravy materiálu mezi jednotlivými pracovišti. Nemělo by také docházet ke křížení cest jednotlivých tras různých manipulací materiálů. U pohyblivé montáže se musí vhodně volit způsob dopravy a dále se musí dbát na vazbu mezi zásobováním pracoviště a mezioperačním pohybem. Každá výroba by měla končit stanovištěm kontroly. Z tohoto důvodu se nesmí zapomínat na dispoziční řešení pracoviště kontroly umístěné zpravidla na konci výrobního cyklu. S pracovištěm kontroly je úzce spojeno i pracoviště oprav, které by mělo být umístěno v jeho blízkosti. A to proto, aby při nálezu nesouhlasného opravitelného výrobku byla manipulační trasa výrobku opět co nejmenší. Úplný závěr manipulačního toku bývá zakončen pracovištěm povrchové úpravy, výstupní kontrolou a expedicí.³

1.1.5.2 Postup projektování manipulace s materiálem

Technologický projektant se častěji setkává s projekty týkající se modernizace či inovace již stávajícího výrobního procesu a jeho rekonstrukce. Z tohoto důvodu je důležitá otázka vhodnosti a přesnosti provedené analýzy současného stavu výroby, jejím posouzení a z tohoto plynoucí závěry. Tyto závěry tvoří později základní parametry k provedení návrhů možných řešení. Pro zajištění kvalitního technologického návrhu je důležitý správný metodický postup, který probíhá dle sledu uvedeném na obr. 1.10.¹



Obr.1.10 Schéma postupu projektování manipulace s materiálem

- **Diagnostika** je částí prvotního a rychlého seznámení s řešeným objektem, jeho přesnými specifikacemi hlavního výrobního procesu, seznámení s podstatnými problémy, uvědomění si varianty možných projekčních postupu a nástin budoucího dispozičního řešení. Z důvodu, že jde o rychlé hodnocení problematiky, je zde kladen důraz na zkušenosti a znalosti projektování. Tuto činnost by tedy měli vykonávat nejzkušenější projektanti s potřebnými znalostmi, kteří si uvědomují potřebné kooperace, možnosti, cesty a směry možných řešení.¹
- **Sběr informací** je relevantní částí shromažďování podkladů, které jsou zapotřebí k získání všech informací k řešení technologického projektu. Je třeba jej zorganizovat tak, aby získané informace byly včas k dispozici vzhledem ke stanovenému časovému harmonogramu projektu. Zde je důležitá organizace práce vzhledem k tomu, aby technologický projektant dostával čerstvé a aktuální informace, ze kterých vychází. Existují dvě skupiny informací. *Informace z evidence*, které jsou jednoznačně dané, a *informace z pozorování*, které se často získávají složitě, avšak jsou to informace nové a úzce zaměřené, které zobrazují danou realitu.¹
- **Rozbor** můžeme považovat za zhodnocení stávajícího stavu. Jde o hodnocení získaných informací ze sběru dat. Z dobře provedeného rozboru se navrhnou varianty možných řešení. Je patrné, že rozbor se týká mnoha oblastí jak konstrukčních tak technologických či organizačních.¹
- **Návrh a realizace** jsou závěrečnou částí průzkumu. Jde o projekční řešení vlastní výroby, výrobních zařízení, stavby, dopravy materiálu apod.¹

1.1.5.3 Rozbor manipulace v rámci výrobního procesu

Manipulaci ve výrobním procesu lze rozdělit do několika kategorií:

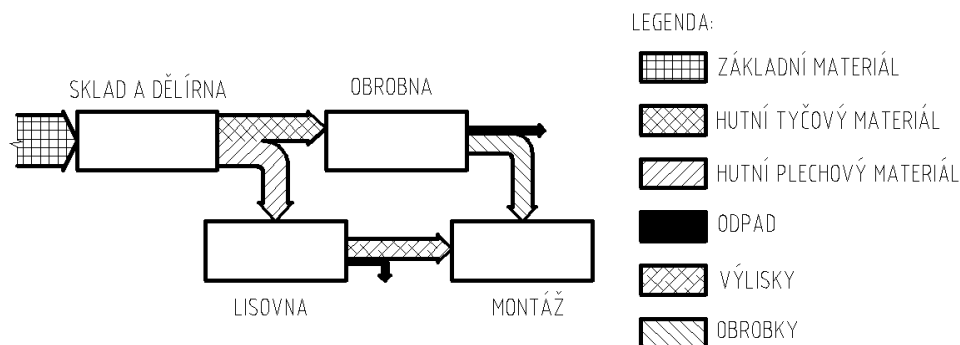
➤ Materiálový tok v závodě

Důvodem takového rozboru je pomocí získaných informací a přímým měřením zjistit reálný pohyb materiálu, jeho směr a roční váhový či objemový obrat ve výrobním provozu. Získané hodnoty výrobního procesu se zanáší do takzvané šachovnicové tabulky.³

Ze šachovnicové tabulky lze zjistit četnost toku manipulovaného materiálu. Tato hodnota může být v tunách, kusech, objemem apod. dle relevantnosti. Zpracovanou tabulku lze seřadit dle velikosti, čímž se získá intenzita toku. Seřazením tudíž získáme pořadí důležitostí vztahů mezi jednotlivými pracovišti. Šachovnicová tabulka lze sloužit kromě monitoringu toku materiálu také ke stanovení nejvhodnějšího prostorového rozmístění technických, ekonomických a administrativních stanovišť závodu. Slouží tedy jako jeden ze základních materiálů užitečných při vypracování variant dispozičního řešení a samotné rozmístění strojů v podniku.¹

Zároveň při sestavování šachovnicové tabulky, lze zjišťovat skutečnou frekvenci pohybu manipulačního materiálu po dopravních cestách, které zaneseme do výkresu dispozičního řešení budovy. Tímto nám vznikne tzv. Sankeyův diagram.³

Z hlediska řešení dispozic jednotlivých strojů je důležité znát intenzitu toku materiálu. Jednotlivé toky materiálů je však nutné kvantifikovat a to jak z pohledu druhu zpracovávaného materiálu, tak z pohledu odpadu z výroby. Otázky odpadu jsou při řešení projektu také důležité a to nejen proto, že jejich velikost v závislosti na druhu výrobního procesu dosahuje 20 – 40% zpracovávané hmotnosti, ale i proto, že manipulace s odpadem vyžaduje odlišný způsob manipulace. V Sankeyově diagramu jsou tedy zakresleny materiálové toky. Intenzitu těchto toků lze znázornit tak, že je hodnota intenzity vepsána přímo ve schématu číselným údajem, nebo lze využít znázornění intenzity dle tloušťky čar. Objem přemísťovaného materiálu je v grafu znázorněn tloušťkou čar, dráha přepravy je znázorněna délkou čáry a šipka určuje směr toku materiálu. K vypracovanému diagramu je vhodné uvést legendu vysvětlující jednotlivé druhy materiálu. Jednoduchý příklad Sankeyova diagramu je znázorněn na obrázku 1.11.¹



Obr. 1.11 Sankeyův diagram.¹

➤ Vnitroobjektová manipulace s materiálem

Manipulace materiálu probíhající vnitropodnikově mívá zpravidla největší podíl a vyžaduje v závodě značný počet zaměstnanců. I zde lze využít šachovnicových tabulek a Sankeyova diagramu. Ve vnitroobjektové manipulaci by se měly vyskytovat zpětné toky co nejméně, jelikož toto přináší z hlediska manipulace zvýšené náklady a z pohledu řízení výroby poté ztíženou kontrolu. U rozmístění pracovišť je třeba uvažovat komplexně, tzn. dbát nejen na materiálový tok, ale i na vlastní technologie, bezpečnost, stavební dispozice apod.³

Současně s rozбором dopravných tras se řeší otázky dopravních prostředků, které nám napomáhají přepravovat materiál. Technologická účelnost je jedno z hlavních hledisek užívaných pro rozbor technických prostředků. Rozбором získáme celkový pohled na manipulaci jak z pohledů směrů manipulace, její frekvenci a rozsahu, tak kupříkladu o výškovém umístění manipulačních materiálů apod. Při volbě manipulačních prostředků jsou rozhodující hlediska:³

- organizační typ výroby (hromadná, sériová či kusová)
- stupeň rytmičnosti výrobního pochodu
- rychlost toku výroby
- hmotnost výroby
- apod.

Dle těchto hledisek se poté volí doprava materiálu například dopravníky, jeřáby, vozíky apod. Nejvhodnějším prostředkem pro svou univerzálnost je nejvíce využíván systém palet, které se přepravují dopravními ručními či motorovými vozíky.³

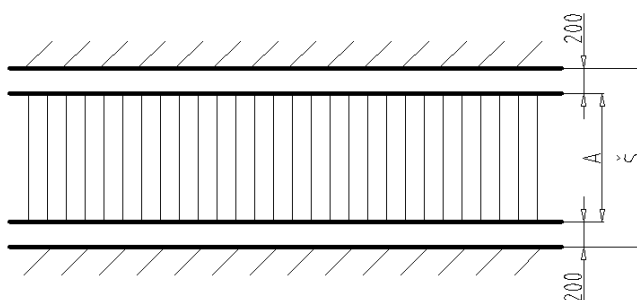
Dopravní vozíky jsou považovány za jeden z nejrozšířenějších prostředků pro manipulaci s materiálem. Jejich rozdělení je uvedeno na obr. 1.12.



Obr. 1.12 Schéma rozdělení dopravních vozíků.⁴

Do vnitroobjektové dopravy patří i vhodné návrhy dopravních cest a uliček. Cesty lze rozdělit v základu na *průchodovou uličku* a *manipulační uličku*. Šířky průchodových uliček slouží pro občasný pohyb pracovníků a jejich velikost musí být uzpůsobena tak, aby zde bezpečně prošel zaměstnanec s přepravovaným břemenem.⁵

Manipulační uličky jsou uzpůsobené pro přepravu manipulačního materiálu na vozíčkách a neměli by se v nich pohybovat lidé. Vhodný příklad varianty volby šířky manipulační uličky je uvedena na obr. 1.13, kde nejmenší šířka \check{S} je definována největší šířkou dopravního zařízení s materiálem A zvětšené o bezpečnostní vůli. Z výše uvedeného tedy platí, že šířka manipulační uličky s jedním jízdním pruhem je dána vzorcem $\check{S} = A + 200 + 200$.⁵



Obr. 1.13 Manipulační ulička s jedním jízdním pruhem.⁵

➤ Mezioperační manipulace s materiálem

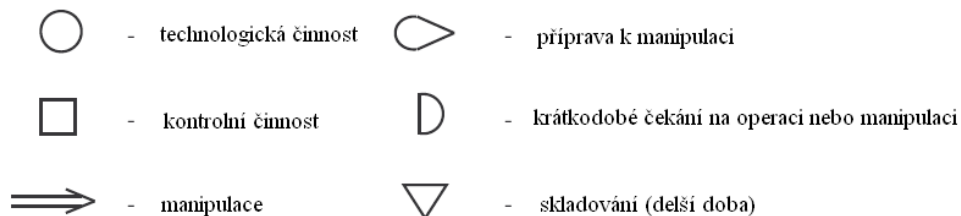
Při výběru varianty manipulace s materiálem rozhoduje do značné míry stupně organizace čili to, zda je výroba kusová, sériová či hromadná. S tímto souvisí také hledisko stupně automatizace a mechanizace výroby a s tím spojená produktivita práce. Za mezioperační manipulaci rozumíme přemísťování materiálu ve smyslu nakládání obrobku na stroj, jeho vyjímání, polohování, přesun k dalšímu pracovišti apod.³

Tato manipulace do značné míry prodlužuje operační časy, čímž se snižuje produktivita a zvyšují se náklady výroby. Z důvodu tohoto podílu v operačním čase je nutná podmínka využití rezerv produktivity. V rámci návrhu realizace inovovaného výrobního procesu lze na základě rezerv navrhnout potřebná opatření ke snížení manipulace s materiálem. Do opatření se považuje automatizace výroby, tedy nahrazení lidské činnosti strojem. Jedná se například o zavedení automatických upínačů, gravitačních zásobníků součástí, polohování palet apod.³

1.1.5.4 Blokové schéma výroby

Při znalosti materiálového toku je možno dále vymodelovat tok výroby, který lze tímto spolehlivě rozebrat a popsat jednotlivé výrobní vztahy, které jsou unikátní pro každý výrobní proces. Zvláště vhodným způsobem rozboru je zpracování vizuálního návrhu tedy obrazového vyjádření výroby. Jednotlivá schémata jsou tvořena ze základních značek, které jsou uvedeny na obr. 1.14.¹

Forma obrazového schématu je pro technologického projektanta přehlednou variantou znázornění výroby, řízení a vztahů mezi jednotlivými pracovišti, které jsou zakresleny do tzv. blokových schémat. Tyto schémata mohou rovněž posloužit pro celkovou analýzu výrobního postupu. Blokovaná schémata jsou tedy důležitým doplňkem části výrobního generelu.



Obr. 1.14 Značky pro blokové schéma výroby.⁶

1.1.6 Kapacitní propočty

Kapacitní propočet můžeme považovat jako jeden z elementárních prvků technologického projektu. Je to základní propočet udávající podklad pro definování investičních nákladů a řeší vztahy mezi jednotlivými prvky plánovaného výrobního programu. Řeší vztahy mezi budoucím plánovaným výrobním procesem a výrobním profilem navrhovaného objektu. Jestliže se provádí realizace nového objektu, vypočítané hodnoty lze snadno realizovat. Pakliže se provádí například modernizace či racionalizace již stávajícího výrobního programu, musí se tento optimální změnou přizpůsobit inovovanému stavu. Kapacitním propočtem lze tedy stanovit teoretickou potřebu především.²

- počtu strojů a výrobních zařízení
- počet pracovníků
- počet a druh technologických a pracovních míst
- potřebu energií
- velikost plochy
- objem materiálu

Je-li kapacitní propočet určen pro výrobu s malým počtem druhů výrobků, je vhodné provést výpočet pro každý druh. Vyrábí-li podnik velké množství druhů, určíme si z nich představitele a pro tento počítáme kapacitní propočet. Musíme tedy dbát na správný výběr zastupitele, který je charakteristický pro danou skupinu. Níže budou uvedeny základní vztahy pro kapacitní propočty.²

Víme, že časové normy určují množství času potřebného pro výrobu požadované součásti v produkci případně na konání operace. Časové normy se vyjadřují v normominutách (Nmin) nebo v normohodinách (Nh). Pracnost je možné vztahovat k operaci, součástce nebo na celý výrobek.²

Nejčastějším způsobem určení časové náročnosti se užívá výpočtu času na provedení jedné operace. Pracnost na jeden kus je určena vztahem:²

$$t_k = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{d} \quad (1.3)$$

kde t_k - čas kusový [Nmin]
 t_{AC} - čas jednotkové práce [Nmin]
 t_{BC} - čas dávkové práce [Nmin]
 d - počet kusů v dávce [ks]

Normovaná pracnost součásti je poté součet všech jednotlivých pracností operací. Stejně tak pracnost celé výroby definovaného výrobku je součet všech jednotlivých pracností součásti a montáže.²

Přepočtený počet kusů představitele můžeme počítat:

➤ Přepočtem z výkonových norem.²

$$N_p = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + \dots + n_m t_m}{t_p} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i t_i}{t_p} \quad (1.4)$$

kde N_p - přepočtený počet kusů představitele [ks/rok]
 n_i - počet i-tého výrobku [ks/rok]
 t_i - pracnost i-tého výrobku [Nh]
 t_p - pracnost zvoleného představitele [Nh]
 m - počet vyráběných druhů výrobků [ks]

➤ Přepočtem z materiálových norem.²

$$N'_p = \frac{n_1 G_1 + n_2 G_2 + \dots + n_m G_m}{G_p} = \frac{\sum_{i=1}^m n_i G_i}{G_p} \quad (1.5)$$

kde N_p - přepočtený počet kusů představitele [ks/rok]
 n_i - množství i-tého výrobku [ks/rok]
 G_i - hmotnost i-tého výrobku [kg]
 G_p - hmotnost zvoleného představitele [kg]
 m - množství vyráběných druhů výrobků [ks]

Ke stanovení správného požadovaného množství strojů a strojních zařízení potřebujeme znát jejich časové možnosti, tedy to kolik hodin v roce mohou pracovat. Jsou to tzv. *efektivní časové fondy*, které jsou odlišné pro stroj a ruční pracoviště. Při výpočtech vycházíme z kalendářního roku a počtu pracovních dnů.²

U ručního pracoviště se u výpočtu časového fondu vychází z počtu celkových ročních pracovních hodin ve směně, které se u každého podniku mohou lišit. Vycházíme též z počtu dnů v roce a odečítáme jen soboty a neděle. Tímto získáme vztah pro efektivní fond ručního pracoviště například pro směnu 7,5hodiny.²

$$E_r = (365 - 52 - 52) \cdot \frac{42,5}{5} = 1975,5 \text{ hod/rok} \quad (1.6)$$

U efektivního fondu strojního pracoviště bylo zjištěno, že průměrný celkový počet pracovních dnů, kdy je stroj odstaven z důvodů oprav, je roven 12. Dále se udávají 3 pracovní dny z důvodů poruch. Toto činí přibližně 6% z celkového počtu pracovních dnů. Můžeme tedy získat vztah pro efektivní časový fond stroje či strojního zařízení.²

$$E_s = E_r - (0,04 \div 0,08) \cdot E_r [\text{hod/rok}] \quad (1.7)$$

Při výpočtu efektivního fondu dělníka musíme uvažovat jeho dovolenou případně absenci ve formě nemoci, neplaceného volna apod. Vztah pro efektivní časový fond dělníka je dán vztahem (1.6).²

$$E_d = E_r - (15 + 15) \cdot \frac{42,5}{5} [\text{hod/rok}] \quad (1.8)$$

V obráběcích dílnách se užívá za základ u výpočtu kvanta strojů dvousměnný provoz. Teoretická vypočítaná hodnota nebývá celé číslo. Pro zajištění odpovídajícího počtu strojů výrobního procesu zaokrouhluje výsledek na nejbližší vyšší celé číslo, avšak tímto se snižuje využití těchto strojů. Vztah pro teoretický počet strojů je uveden níže. Obdobným vzorcem se postupuje i při stanovení počtu dělníků.²

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} \quad (1.9)$$

kde P_{th} - teoretický počet strojů [ks]
 t_k - kusový čas na danou operaci [Nmin]
 E_s - efektivní fond stroje v jedné směně [h/rok]
 N - počet vyráběných kusů [ks]
 s_s - směnnost strojních pracovišť [-]
 k_{pn} - koeficient překračování norem [-]

Pro zjištění možných operačních přesunů v souvislosti s velikostí výroby mezi jednotlivými stroji lze využít rozbor využití stroje.

$$\eta_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 \quad (1.10)$$

kde η_{op} - využití strojů dané operace [%]
 P_{th} - teoretický počet strojů [ks]
 P_{sk} - skutečný počet strojů [ks]

Kapacitním propočtem se dají rovněž počítat i plochy. Výrobní plocha je stanovena vztahem

$$F_v = F_s + F_r \quad (1.11)$$

kde F_v - výrobní plocha [m²]
 F_s - výrobní plocha strojních pracovišť [m²]
 F_r - výrobní plocha ručních pracovišť [m²]

Pokud nemáme katalogy pro stanovení měrné plochy pracoviště, lze si tuto plochu stanovit z půdorysného rozměru stroje s přihlédnutím na zvětšení prostoru o určitou vůli. V kapacitních propočtech existuje celá řada vzorců určující další plochy potřebné pro samotný výrobní proces. Jsou to například plochy pomocné na hospodaření s nářadím, skladové, plocha kontroly, sociální, správní apod.²

Technologický projektant obvykle u jednotlivých pracovišť volí počet strojů zaokrouhlováním na vyšší číslo, čímž získá teoretickou potřebu strojů. Tímto zaokrouhlováním však vzniká rezerva možného navýšení produkce pracoviště až na 100%. Z důvodu potřeby větší efektivity výroby proto hledáme taková pracoviště, která nejsou plně využita, pro které bude následně určen náhradní výrobní program. Tento program může například určovat kooperaci s jiným výrobním podnikem. U výrobního procesu se snažíme nalézt maximální objem výroby provozu (tedy co možná největší počet výrobků, které je schopen výrobní proces za určitou dobu vyprodukovat), který je dán propustností jednotlivých pracovišť.

$$V_{max} = \frac{P_{sk} \cdot E_s \cdot k_{pn} \cdot s_s}{T_K} \quad (1.12)$$

kde V_{max} - maximální propustnost pracoviště [ks/rok]
 P_{sk} - skutečný počet strojů pracoviště [ks]
 E_s - efektivní strojní časový fond [h/rok/směnu]
 k_{pn} - koeficient překračování norem [-]
 s_s - směnnost strojů [-]
 T_K - výkonová norma výrobku [Nh/ks]

1.1.7 Projektování obroben

Dělený materiál z lisovny, svařovny, dělirny materiálu apod., se nejčastěji dále zpracovává třískovým obráběním. Paleta jednotlivých technologií třískového obrábění je široká, stejně tak jednotlivé druhy strojního zařízení pro požadovaný způsob obrábění. Způsob, kterým se v obrobě zhotovuje výrobek, má vliv na dispoziční řešení, jelikož každý způsob třískového obrábění individuálně ovlivňuje technologický projekt. Nejčastějšími druhy třískového obrábění jsou:¹

- **soustružení** (hrotové soustruhy, revolverové soustruhy, poloautomatické soustruhy, automatické soustruhy, obráběcí centra apod.)
- **vyvrtávání** (stolové vyvrtávačky, portálové vyvrtávačky apod.)
- **vrtání** (vrtačky stolové, sloupové, otočné, stojanové, souřadnicové apod.)
- **frézování** (vertikální, horizontální či univerzální frézky, konzolové frézky, kopírovací frézky, portálové frézky, apod.)
- **hoblování a obrážení** (jednostojanové a dvoustojanové hoblovky, vodorovné a svislé obrážečky apod.)
- **broušení** (hrotové brusky, bezhroté brusky, brusky na díry, vodorovné a svislé rovinné brusky, klikové brusky apod.)
- **výroba ozubení** (odvalovací obrážečky, frézky, brusky na ozubení apod.)

U dispozičního řešení obrobny musí technologický projektant dbát na návaznost obrobny k ostatním provozoven výrobního procesu. Dle kapacitních propočtů a technologie se určí průchodnost dílny, včetně výpočtu potřebných ploch strojů, zařízení apod. Na tomto základním parametru se ve více variantách navrhne výrobní budova. Navrhuje se podélné a příčné rozteče sloupů, délka lodi, výška lodi apod. V tomto prostoru se provede dle technologického rozmístění schematické řešení hlavních dílen, mezioperačních skladů, kontrolní pracoviště atd.¹

V projektovém řešení obrobny je velmi důležité dodržení pravidel toku materiálu, který by měl být co nejkratší a takový, aby zde nedocházelo ke křížení dopravních cest. Z tohoto vychází základní parametry obrobny:¹

- umístění skladu a příprava materiálu by se měla řešit přímo v hale mechanické dílny
- první obráběcí operace umístit v blízkosti skladu materiálu
- materiálové toky by měli směřovat co nejkratší cestou k montáži
- technické kontroly a mezisklad umíšťovat mezi obrobnu a montáž
- tok odpadového a pomocného materiálu musí být sladěn s tokem základního materiálu v průběhu výrobního procesu
- spolu s obrobnu je vhodné souběžně řešit i montáž, již situujeme nejlépe v protilehlé příčné lodi
- apod.

Jednotlivé výrobní stroje a zařízení je nejlépe situovat v řadách, pokud možno ve sledu výrobního procesu. Komunikace by měla být volena za každou řadou strojů, případně za dvěma řadami. Technologický projektant by se měl vždy snažit o maximální využití plochy a to tak, aby nebyly porušeny provozní či bezpečnostní předpisy, čímž by byla omezena manipulace s materiálem v jejich okolí. Dále se musí pamatovat i na to, že nesmí být překročena ve vnitřních prostorách hodnota hluku 75dB, ve venkovním prostoru od 6 do 22 hodiny hodnota 50dB a v noci hodnota 40dB. Provozy, které jsou definovány jako pomocné a obslužné, je zapotřebí volit tak, aby navazovali na materiálové toky výrobního procesu.¹

1.1.7.1 Obráběcí pracoviště

Pracoviště jako takové, je považováno jako základní prvek výrobního procesu, tedy za nejnižší organizační jednotku výroby. Je složen z tzv. základních elementů jako jsou stroje, zásobníky, manipulátory apod. Nejběžnějším pracovištěm ve strojirenských podnicích je právě obráběcí pracoviště. Technologický projektant musí dbát na správné vzájemné rozmístění základních prvků výrobního procesu a to proto, že výsledný návrh má značný vliv na budoucí kvalitu výroby, produktivity či bezpečnosti práce.²

Technologický projekt obráběcího pracoviště by měl především pamatovat na zásady:²

- jednoduchost obsluhy
- bezpečné uložení dostatečného množství obráběných kusů
- přehledné uložení náradí a přípravků
- dostatečnou přesnost výroby
- vysokou produktivitu práce
- snadné odstranění třísek
- vhodné estetické prostředí
- snadný přístup k opravovaným agregátům
- bezpečnost práce

Je patrné, že projektování obráběcího pracoviště musí vycházet z konkrétních situací, která závisí na faktorech, jako jsou velikost výrobku, hmotnost, velikosti dávky, typ výroby apod. Přestože každý technologický projekt bude individuální, lze na základně již známých zkušeností projektantů uvést některé rady pro projektování jednotlivých pracovišť.²

- **soustružení** - zde se nejčastěji řeší odlétávání a odstraňování třísek, izolace základů z důvodů otřesů, univerzální pracoviště potřebují velké množství náradí, zabránění rozstříkovaní chladicí kapaliny apod.²
- **frézování** - při práci s frézovacími hlavami se řeší otázky zachytávání třísek, u velkých strojů s vysoko položeným upínacím stolem je třeba řešit zvýšení pracoviště obsluhy či samostatné manipulační zařízení apod.²
- **vrtání a vyvrtávání** - při řezání závitů se často užívá k čištění stlačený vzduch, při demontáži vřetene vyvrtávaček musíme počítat s volným prostorem za strojem, případně zajistit otvor ve zdi atd.²
- **broušení** - základy stroje je nutno izolovat proti otřesům, nutno zabezpečit stálou nekolísavou teplotu, pamatovat na uložení většího počtu brusných kotoučů apod.²

1.1.7.2 Bezpečnostní hlediska

Do projektování se promítá celá řada faktorů ovlivňující pracovníka a tím i samotný výrobní proces. Je nutno brát v úvahu i takové vlivy jako jsou faktory hygienické, psychologické, fyziologické, bezpečnosti práce tak, aby byly vytvořeny optimální podmínky pro pracovníka. Jedním z důležitých faktorů, který ovlivňuje výkon, je působení škodlivin. Tj. hluku, prachu, výparu, tepla apod. Technologický projektant je tímto odpovědný za maximální bezpečnost a ochranu zdraví pracovníků při pracovním procesu. Je tedy nutné zajistit dobré pracovní podmínky na pracovišti.¹

Technologický projektant je povinen řešit své návrhy dle platných předpisů při spolupráci s odborníky z jednotlivých oblastí hygieny, bezpečnosti práce apod. Projektant je dále odpovědný za případný úraz, vzniklý zanedbáním předpisů či z nepromyšleného projektového řešení.¹

Mezi základní předpoklady návrhu bezpečného pracoviště patří striktní dodržování všech nezbytných norem a předpisů týkajících se bezpečnosti práce. Je nutné si uvědomit, že na celkovou bezpečnost má vliv i na prvních pohled nepodstatný faktor ergonomie. Tento je však velmi důležitý, jelikož správným ergonomickým řešením pracovištěm je zásadně ovlivněna bezpečnost práce. Je dokázáno, že příčinou úrazů bývá často kombinace více faktorů. Ne všechny však může technologický projektant ovlivnit. Nicméně by měl volit aktivní přístup u řešení svého projektu tak, aby byla potlačena úrazovost návrhem nevhodných pracovních podmínek (např. kluzká podlaha, nedostatečný pracovní prostor, závadné stroje apod.).¹

Nejčastější příčinou úrazů bývá mechanické ohrožení dělníka. K zamezení těchto rizik je nutno dodržovat určité zásady. Části stroje trvale či přechodně vyčnívající do pracovního prostoru, které mohou být zdrojem úrazu, je nutno řešit například:¹

- uzavřením do vlastní konstrukce (pláštěm)
- zamezení přístupu k nim (zábradlí)
- vhodnějším umístěním
- výstražným nátěrem (žlutá barva nebo žlutočerné pruhy)

Rotující části je vhodné zaopatřit ochrannými kryty nebo víky. Většinou jsou navrhovány kryty odklopné, aby je nebylo nutno neustále odnímat. Důležitou částí ochrany je i ochrana pracovníka před odletujícími částicemi materiálu. Je nutno počítat s tím, že odletující mechanické části například u obrábění mohou mít vysokou teplotu a tímto může dojít i k popálení pracovníka. Je tedy nutno předepsat užívání pracovních pomůcek. Současně se však využívá vhodnějších zábran a to umístěním ochranných štítů, které jsou z tvrzeného skla.¹

Na soustruzích je při práci nutno dbát na vyvážení upnutých částí, správnou údržbu a seřízení stroje, zajištění pák vůči náhodnému spuštění, užívání ochranných krytů apod. Dále je nutno dbát na odsávání škodlivých výparů z chladících emulzí či olejů. Musí být navrhována jak správná poloha dělníka při práci tak poloha samotného stroje. Upořádání soustruhů bývá zpravidla v šikmém uspořádání a to z důvodu, aby při případném uvolnění součásti z vřetena stroje nemohlo dojít k ohrožení dělníka nacházejícího se v tomto prostoru.¹

1.1.7.3 Požadavky na osvětlení

Pracoviště musí být osvětleno tak, aby pro zrak byly podmínky co nejpříznivější a aby únava očí byla co nejmenší. Toto je podmíněno světelnými kontrasty a barevným rozlišením. Podmínky na pracovišti by neměly ovlivňovat pracovníka například oslněním či naopak cloněním světla. Z hlediska technologického projektu je tedy kladen důraz na správné užití a správnou kombinaci a intenzitu osvětlení umělého a osvětlení přirozeného.¹

Mezi požadavky umělého osvětlení patří:¹

- osvětlení musí zajišťovat dostatečné osvětlení pracovních ploch
- osvětlení musí být rovnoměrné
- osvětlení pracovní plochy a okolního prostoru nemá mít velký rozdíl
- každé pracoviště má být osvětleno nejméně 20% přímého osvětlení
- zajištění správného stupně stínivosti - (kombinací osvětlení přímého, polopřímého, smíšeného a nepřímého)
- navržení správného rozmístění zdrojů světla
- bezpečnostní osvětlení
- zabránění oslnění pracovníka
- nepřípustnost návrhu jen místního osvětlení bez celkového osvětlení

První způsob osvětlení se nejčastěji užívá s přirozeným osvětlením. Tento způsob osvětlení je pro pracovníka přirozenější, navíc je tento způsob osvětlení nejlevnější a tudíž i nejvýhodnější. Správné zajištění přístupu přirozeného světla může projektant ovlivnit již samotným situováním budovy ve smyslu ke světovým stranám, ale také počtem oken či světlíků.¹

Osvětlení místnosti přirozeným světlem je ovlivněno osvětlením v okolí oken, na které má vliv blízkosti protilehlých budov, prostředí apod. U osvětlení oken se často řeší otázka jejich znečištění. Při průměrném znečištění totiž klesá světelný tok po 6 měsících přibližně na polovinu. Je nutné tedy vynaložit určité náklady spojené s údržbou oken k přispění správného osvětlení prostoru interiéru. Na intenzitu přirozeného osvětlení má vliv i jakost použitého skla.¹

Využitím osvětlením světlíky je možno dosáhnout podstatného zvýšení hladiny osvětlení zvláště u rozlehlých prostor. Výhoda užití světlíků má i druhotnou stránku, a sice ve využití světlíku i ve využití funkce zajišťující větrání prostoru.¹

1.1.7.4 Tlumení hluku

Hluk je po strážce zdravotní a bezpečnostní škodlivinou. Působí tak nepříznivě na pracovníka a přímo ovlivňuje jeho pracovní výkony a jeho zdraví. Každý člověk je však jinak citlivý na různé zvukové hladiny. U určování škodlivosti je důležitá výška zvuku a jeho barva. Bylo prokázáno, že čím vyšší frekvence, tím byl zvuk pro jedince škodlivější. Nepříznivé vlivy zvuku lze rozdělit do tří skupin na vliv *obtěžující, rušivý a škodlivý*. Na základě provedených měření kritérií hluku jednotlivých pracovišť lze hlučnosti dělit na pracoviště *tichá, střední hlučnosti a hlučná*. Z pohledu technologického projektanta je důležité oddělovat tichá a hlučná pracoviště. Rovněž je důležité snažit se eliminovat veškeré zdroje zvuků jak nevýrobních zařízení, tak technologických zařízení. Mezi základní způsoby omezení výskytu hluku patří například konstrukční úpravy, změna technologie, izolace, krytí, ochranné pomůcky apod. V současné době se hlučnosti věnuje stále větší pozornost, protože značně ovlivňuje pracoviště a jeho budoucí výkonnost.¹

2. SOUČASNÝ STAV VÝROBY LOŽISKOVÝCH KLEČÍ

2.1 Historie koncernu ZKL group

Na území naší republiky bylo vyrobeno první valivé ložisko v roce 1921 v závodech Fichtl a Sachs v Perštejně nad Ohří. První výrobky byly určeny pro volnoběžky do jízdních kol. Vzhledem ke stoupající výrobě v mateřském závodě ve Schweinfurtu po valivých ložiskách, byla ještě téhož roku zavedena do Perštejna výroba ložiskových kuliček a o dva roky později se zde již vyráběla první kompletní valivá ložiska. Tato výroba byla převzata roku 1930 firmou SKF a v jejím majetku byla až do roku 1948, kdy byl podnik v Perštejně odkoupen státem.⁷



Obr. 2.1 Historická fotografie závodu v Perštejně nad Ohří.⁷

Pro velký nárůst potřeby ložisek a nedostatku prostor v Perštejně nad Ohří byla výroba přestěhována do objektu v Klášterci nad Ohří, kde byla právě ukončena výroba obráběcích strojů. Začátkem roku 1953 se zde vyráběli zejména valivá ložiska a podnik, ke kterému byl připojen závod v Perštejně nad Ohří, dostal prvně název ZKL, n. p. Klášterec nad Ohří. Dalšího roku byla provedena registrace ochranné známky „ZKL“. Koncem šedesátých let nastala další expanze, kdy pod nápoem poptávky po ložiskách musel podnik v Klášterci nad Ohří vybudovat rozsáhlou výstavbu výrobních hal. Od roku 1965 byl podnik začleněn pod generální ředitelství ZVL a později pod koncern se sídlem v Povážské Bystrici. Po roce 1990 byl koncern zrušen a z výroby v Klášterci se stala samostatná akciová společnost, jejímž vlastníkem zůstal stát. Po privatizaci roku 1996 se vlastníkem akcií stala Konsolidační banka Praha, která o dva roky později uzavřela smlouvu o převodu cenných papírů na společnost ZKL Brno, a.s..⁷

Historie brněnské výroby koncernu se datuje od roku 1947, kdy padlo rozhodnutí o zavedení kompletní výroby valivých ložisek. Ještě téhož roku byla navázána spolupráce s nově tvořícím se závodem v rámci Zbrojovky Brno. Tímto se vytvořila základna pro rozvoj výroby ložisek po celé republice a distribuce 28 druhů ložisek. K 1. 1. 1950 vznikl nový podnik Závody přesného strojírenství Brno, k němuž se postupně přičlenily pobočné závody v Klášterci nad Ohří, Dolních Měcholupech a v Kysuckém Novém Městě. Od roku 1953 nesla tato výrobně hospodářská jednotka název ZKL, od roku 1953 pak Zetor. V letech 1965 až 1980 byla z brněnského závodu vyráběno 217 druhů ložisek. Po roce 1990 a po rozdělení republiky vedly hospodářské změny v rámci brněnského zetoru k oddělení ložiskové výroby od traktorové a později k ustavení samostatného subjektu pro výrobu soudečkových ložisek ZKL Brno, a.s. Tato společnost se v roce 1998 stala většinovým vlastníkem ZKL Klášterec nad Ohří a.s. a od listopadu stejného roku byla připojena výroba v ZKL Hanušovice, a.s..⁷

Původní tovární budovy v Hanušovicích byly stavěny jako přádelna. Strojírenská výroba zde byla zavedena roku 1957, kdy se závod sloučil s Karosou Vysoké Mýto. O rok později se firma stala pobočným závodem výrobce traktorů a ložisek Zetoru v Brně a byla zde spuštěna výroba traktorových dílů. Na propad výroby traktorů po roce 1990 reagovala firma zásadními změnami výrobního programu. V roce 1995 firma navázala na spolupráci s automobilovým koncernem VW na dodávky přesně tvarovaných trubek. Po připojení ke koncernu ZKL byla do Hanušovic částečně převedena výroba ložisek z podniku ZKL Brno, a.s.

Koncernová společnost ZKL byla založena k 1. 7. 1999 a sdružuje všechny rozhodující výrobce ložisek v České republice.⁷

2.2 Současný výrobní sortiment podniku ZKL Hanušovice, a.s.

Podnik ZKL Hanušovice, a.s. je známý svou výrobou valivých ložisek. Firma nabízí ucelený výrobní program dvouřadých soudečkových radiálních a axiálních ložisek v různých konstrukčních řadách v plném souladu s normami ISO. Kromě této výroby firma spolupracuje s automobilovým koncernem VW, na výrobě přesných ocelových trubek.⁷



Obr. 2.2 Ukázka výrobního sortimentu ZKL Hanušovice, a.s.⁷

Je vhodné se věnovat části výrobního sortimentu, který je úzce spjat s tématem této diplomové práce, tedy výroby valivých ložisek.

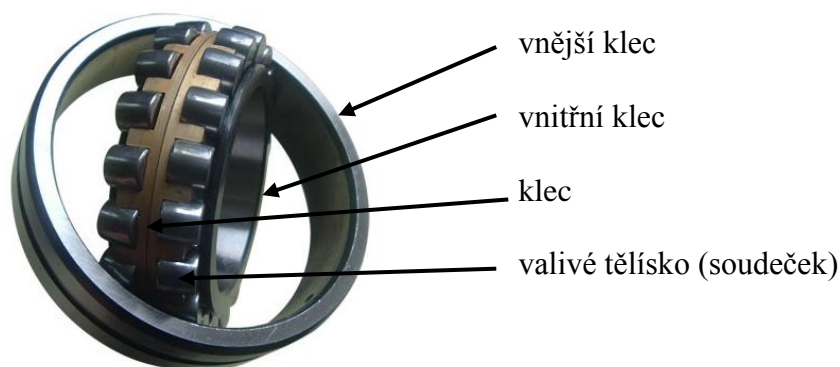
2.2.1 Valivá ložiska

Valivé ložisko slouží k rotačnímu uložení mnoha součástí. Popis valivého ložiska budu vztahovat například k soudečkovému dvouřadému ložisku, které se v tomto podniku vyrábí. Všechna vyrobená dvouřadá ložiska jsou zhotovena dle ČSN. Tyto druhy ložisek se vyrábí jako hotový celek, tudíž je nelze snadno rozebrat.

Jak vyplývá z názvu, tento druh ložisek obsahuje dvě řady valivých tělísek, tedy soudečků, které jsou vsazeny do klece a obíhají mezi vnitřním a vnějším kroužkem. Vnitřní konstrukce dovoluje naklápění vnitřního a vnějšího kroužku, čímž se mohou regulovat osové nepřesnosti. Valivá tělíška mají společnou dráhu po vnější kulové ploše. Funkční je i čelní plocha opírající se o pevný či plovoucí střední nákrůžek a mohou kromě velké radiální síly současně kompenzovat i axiální zatížení v obou směrech.

Dvouřadá soudečková ložiska jsou pro své vlastnosti a schopnosti užitá v mnoha odvětvích průmyslu. Pro svoje specifika jsou nejčastěji užitá pro:⁷

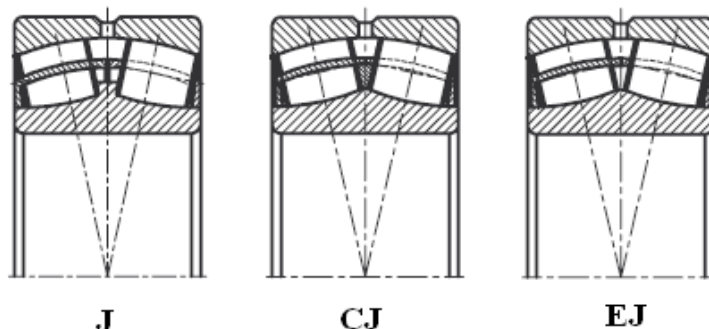
- uložení náprav kolejových vozidel
- převodovky těžkých, stavebních a nákladních strojů
- výrobní stroje (lisy, obráběcí stroje, jeřáby apod.)
- energetický průmysl (turbíny, generátory apod.)
- těžké průmyslové stroje (válcovací stolice, papírenské stroje)



Obr. 2.3 Základní složky valivého ložiska.⁷

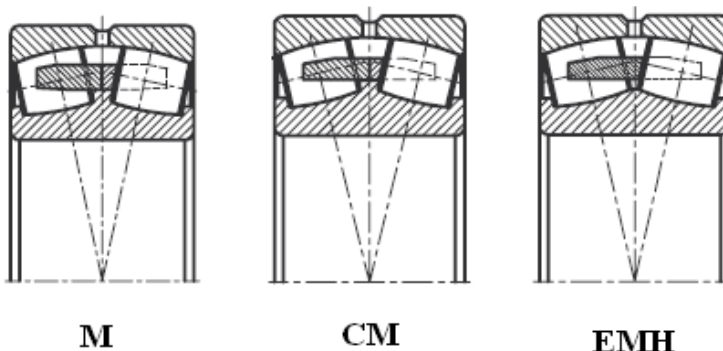
Soudečková ložiska jsou po stránce vnitřní konstrukce značně složitá. Výroba musí být do značné míry přesná, aby bylo dodrženo přesných vůlí, dosednutí vzájemných ploch, pro dosažení funkčního valivého ložiska dobré jakosti. V základu se valivé ložisko skládá, jak ukazuje obrázek, z vnější a vnitřního kroužku, mezi kterými obíhá valivé tělísko různých tvarů.

Soudečky jsou uchyceny v tzv. kleci, která přímo nepřenáší žádné zatížení, avšak zabezpečuje správnou polohu valivého tělíska, tudíž správnou funkci ložiska. Jsou zde možné dvě varianty užití konstrukcí klecí a to plechovou ocelovou klec případně masivní mosaznou klec. V zásadě se mosazné klece užívají u ložisek větších rozměrů a větších únosností tedy u mohutných ložisek. V opačném případě je užitá klec plechová. Příklady konstrukčních řešení soudečkových dvouřadých ložisek jsou uvedeny na obrázcích 2.4 a 2.5.



Obr. 2.4 Typy konstrukcí dvouřadého ložiska s klecí z ocelového plechu.⁷
Typy konstrukcí:

- **J** - Standardní klec z ocelového plechu, vedeném na vnitřním kroužku.
- **CJ** - Ložisko s plovoucím středním nákrůžkem a klecí z ocelového plechu.
- **EJ** - ložisko s vyšší únosností s klecí z ocelového plechu vedenou na vnitřním kroužku a soudečcích.



Obr. 2.5 Typy konstrukcí dvouřadého ložiska s mosaznou klecí.⁷

Typy konstrukcí:

- **M** - Masivní mosazná klec vedená na vnitřním kroužku.
- **CM** - Ložisko s pevným středním nákrůžkem a masivní mosaznou klecí vedenou na vnitřním kroužku.
- **EJ** - Ložisko s vyšší základní únosností a jednodílnou masivní mosaznou hřebenovou klecí vedenou na soudečcích.

2.2.2 Výroba ložiskových klecí

Ložisková klec má jako hlavní úkol rovnoměrně rozmístit valivé elementy podél obvodu celého ložiska. Tímto se zaručí správné silové rozložení napětí od zatěžovaného tělesa a dále nedochází ke kontaktu mezi jednotlivými tělísky. Další funkcí ložiskové klece je v zábraně vypadnutí valivých elementů a tudíž zajištění kompaktnosti celé sestavy ložiska. Ložiskové klece musí být vyráběny s dostatečnou přesností, a proto jim musí být věnována značná pozornost.

V současné době se ve výrobním závodě ZKL Hanušovice, a.s. vyrábí dva druhy ložiskových klecí.

- **Ložiskové klece plechové** – Zde je použita ocel 11 300, což je standardní nelegovaná konstrukční ocel. Ocel je často užitá pro hlubokotažné plechy.
- **Ložiskové klece mosazné** – Mosaz nese označení MS 58 Al. Toto označení naznačuje, že ve slitině je obsaženo přibližně 58% mědi, 38% zinku a pro zvýšení obrobiteľnosti se do slitiny přidává nepatrné množství hliníku.

2.2.2.1 Výroba ložiskové klece z oceli

Ocelové klece jsou určeny zejména pro ložiska menších rozměrů a únosností. Při výrobě této ložiskové klece je užitá zejména technologie tažení a stříhání, ale neobejdeme se ani bez soustružení. Samotná výroba začíná u první operace, kde se ze svitku plechu ostříhne a zároveň vytáhne prvotní tvar součásti. Součást je ve tvaru kalíšku vystřiženým dnem vhodného konstrukčního tvaru se středícími půlkruhy, které nám pomáhají při správném uchycení součásti pro další operaci. Dále dochází na vertikálním lisu k prostříhnutí otvorů s hrubým tvarem zámků na stěně kalíšku. Tímto se vytvoří na stěně otvory pro budoucí umístění valivých elementů.



Obr. 2.6 Znárodnění ocelové klece po druhé operaci.

Následuje operace kalibrování zámků. Toto se provádí tvářením. Zámky jsou tvářeny razníkem od klikového lisu do správného požadovaného tvaru. Ten se vytvoří působením razníku proti matici, která má vhodný kulový tvar. Je to z toho důvodu, aby bylo dosaženo správného vedení soudečků. Následuje operace, do které patří odstřížení technologického dna. Po takto vytvořeném tvaru putuje součást na soustružení. Zde dochází k soustružení dna kalíšku a vytvoření přesného vnitřního otvoru a osoustružení čela součásti. Jako poslední operace je nutné odstranění ostřin, čímž se dosáhne požadované jakosti a přesnosti tvaru součásti. Ostřiny a ostré hrany se odstraňují v bubnech, do kterých je vložena vhodná vodná směs a abrazivní tělíska. Po dokončení výroby následuje putování výrobku na stanici kontroly, kde se ověří správnost vyrobené součásti.

2.2.2.2 Výroba mosazné ložiskové klece

Mosazné klece do valivých ložisek jsou prakticky užity v ložiscích větších průměrů. Je to způsobeno tím, že při výrobě klecí z oceli při rostoucím průměru ložiska roste i tloušťka plechu a předchozí technologie začala být nevýhodná. Mosazné klece byly tedy užity s výhodou lepší technologičnosti výroby, jednodušší výroby, menší časové náročnosti a tím bylo dosaženo ekonomických úspor. Další nespornou výhodou užití mosazi jsou její lepší mazací vlastnosti oproti oceli. Tímto se dosáhne menšího tření valivých elementů, avšak počet těchto elementů se sníží oproti ocelové kleci z důvodu větší tloušťky této klece. V případě havárie hrozí u mosazi menší riziko znehodnocení ložiska a můžeme ložisko v některých případech opravit výměnou klece.

Polotovarem pro výrobu slouží buď kované polotovary získané od dodavatele, případně je použita pro polotovar mosazná trubka. Na výrobě je v největší míře užita technologie třískového obrábění.



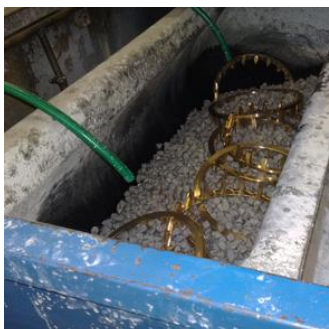
Obr. 2.7 Polotovary pro výrobu mosazných klecí. Vlevo mosazná trubka, vpravo mosazné výkovky.

První operace výroby mosazné klece pro dvouřadá soudečková ložiska je soustružení vnitřní a vnější čelo, následuje obrábění čela a sražení hran, které se v současné době provádí na standardních konvexních strojích. Dále následuje obrábění vyvrtáváním pro vytvoření kapes. Toto je prováděno na vyvrtávačkách, případně na vrtačkách při použití speciálního přípravku pro zajištění správné polohy.



Obr. 2.8 Upnutí mosazné klece v přípravku.

Po vyvrtání kapes následuje ruční odstranění ostrin a odjehlení hran. Po ručním opracování se mosazná klec vloží do bubnu, v kterém se součást opracovává omíláním abrazivními tělísky. Po dokončení prochází součást kontrolou tvaru.



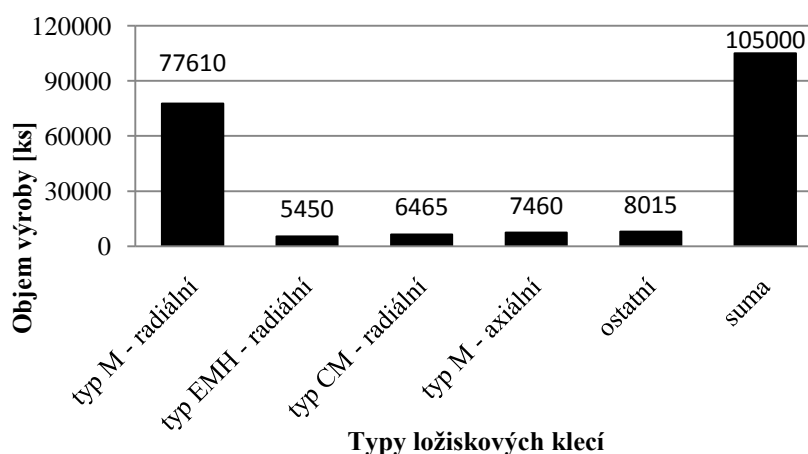
Obr. 2.9 Bubnování mosazných klecí.

2.3 Součástková výroba a výběr reprezentanta výroby

V současné době se v závodu ZKL Hanušovice, a.s. vyrábí velký sortiment ložiskových klecí. Jak již bylo řečeno, vyrábí se zde dva druhy ložiskových klecí a to klec ocelová a mosazná. Vzhledem k charakteru diplomové práce se budu blíže věnovat mosazným klecím.

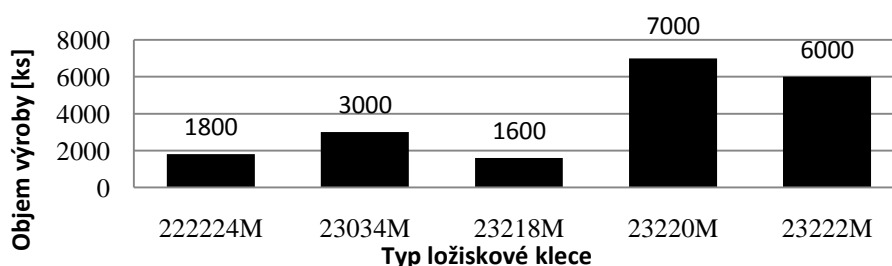
Vzhledem ke zpracování kapacitního propočtu a následného návrhu projektového řešení je vhodné vybrat si charakteristického reprezentanta výroby. Toto je u výroby v Hanušovicích značně složité, jelikož zde existuje velká řada různých typů vyráběných ložiskových klecí, které se mimo jiné vyrábějí na různých strojích. Řešit kapacitní propočet na základě propočtu každého jednotlivého druhu klece by bylo značně zdlouhavé a neefektivní. Budoucí celková delimitace výroby bude proto zahrnovat i stroje, na kterých se nebude zrovna vyrábět vybraný reprezentant. Toto se musí zohlednit u návrhu budoucího dispozičního řešení všech strojů, kterých se projekt centralizace týká.

Výběr reprezentanta výroby jsem prováděl na základě poskytnutých informací o velikosti objemu výroby jednotlivých typů ložisek. Na obr. 2.10 je znázorněn graf nejčastěji vyráběných typů ložiskových klecí za rok 2009.



Obr 2.10 Objem výroby nejčastěji zhotovovaných klecí.

Z grafu nejčastěji vyráběných klecí za rok 2009 je patrné, že nejčastěji byly vyráběny radiální klece typu M, kterých bylo vyrobeno 77 610 kusů z celkového počtu 105000 kusů, což činí 73,9% z celkové výroby. Z této skupiny blízké technologické výroby jsem dále vybral reprezentanta. Výběr nebude dle standardních propočtů materiálové spotřeby, jelikož je zde velká rozdílnost hodnot a propočty by nebyly průkazné. Proto vycházím z blízkých průměrných hodnot pracností a velikosti výroby.



Obr 2.11 Nejvíce vyráběné ložiska typu M

Graf znázorňuje nejvíce vyráběnou klec 23220 M, která má navíc blízké průměrné pracnosti výroby, a proto jej volím jako svého reprezentanta výroby. Klec M je masivní, která bude vedena na vnitřním kroužku ložiska. Číselný údaj pak koresponduje s vlastními rozměry klece.

Ložiskové klece řady 232 pro soudečková ložiska jsou známá pro svou schopnost vyklápat se ze střední polohy, aniž by došlo k narušení jejich správné funkce. Maximální přípustné naklopení je $2^{\circ}30'$. Jednotlivé rozměry klece jsou uvedeny na výrobním výkrese viz. Příloha 1.

2.3.1 Technologický postup výroby reprezentanta

Číslo op.	Stroj, pracoviště	Dílna	Popis práce	Výrobní pomůcky	Čas kusový t_A [min]
01/01	SPL 2-40	Obrobna	Upnout do upínací hlavy pravého vřetena, vystředit úchylkoměrem. Soustružit čelo na šířku 24,5mm. Mezioperační kontrola každý 10. díl. Upnout do upínací hlavy levého vřetene a vystředit úchylkoměrem. Soustružit $\varnothing 151,2-0,4$ mm. Meziop. kontrola každý 10.díl.	Upínací hlava PU3S200, upínací čelist LLU24 258, úchylkoměr LLM 1017 posuvné měřítko 150 ČSN 15 1238	3,65
02/02	SPL 2-40	Obrobna	Upnout do upínací hlavy levého vřetene, vystředit úchylkoměrem. Soustružit $\varnothing 134,2+0,2$ mm do hl. 13,7mm. Mezioperační kontrola každý 10. díl. Upnout do pravého vřetene, vystředit úchylkoměrem. Soustružit zadní čelo na šířku 23-0,2mm. Mezioperační kontrola každý 10. díl.	Upínací čelist LLU25669 úpinka 141-454-20001, úchylkoměr LLM 1017 posuvné měřítko 150 ČSN 15 1238	3,65
03/03	Ruční	Obrobna	Srazit ostré hrany, odstranit ostřiny.	Pilník plochý, brusný papír Kepr 150.240.360	1,00
04/04	VHP 60	Obrobna	Upnout do upínače, ustavit úchylkoměrem na úhel $11^{\circ}19' \pm 0,2^{\circ}$ dodržet rozměr $71,99 \pm 0,15$ mm, vrtat 18 kapes $\varnothing 21,2+0,1$ mm do zachovaného rozměru 3,7 -0,2mm, vrtat $19,2 \pm 0,05$ mm a dodržet sražení $1x 25^{\circ} \pm 1^{\circ}$.	Upínač LLU 11 372, úpinka 141-441-10013, Měrka 141-514-40011, měřicí deska s úchytk. LLM 1435, měřicí válečky 410385, úhloměr kalibr ČSN 25 3113, záhlubník M3 a M4, vrták $\varnothing 19,2$ mm	15,85
05/05	R 420 EC	Obrobna	Součást nechat bubnovat pro sražení hran a odstranění ostřin, případně provést ručně	Pilník plochý, brusný papír Kepr 150.240.360	3,50
06/06	Kontrola	OTK	Kontrolovat správnost rozměrů, četnost každý 50. kus	posuvné měřítko 150 ČSN 15 1238, kalibr ČSN 25 3113, Měrka 141-514-40011	-

2.4 Současný stav výroby mosazných klecí z pohledu projektování

Současná výroba mosazných klecí do valivých ložisek probíhá v rámci koncernu ZKL jak v podniku v Brně, tak v sesterském podniku v Hanušovicích. Tato situace je však v rámci podniku nevhodná, jelikož se na dvou místech vyrábí stejné produkty. Proto je snahou tuto výrobu centralizovat do jedné výrobní haly a to v Hanušovicích, kde bude koncentrována veškerá výroba mosazných klecí.

V současné době v podniku ZKL Hanušovice, a.s. jsou stroje na výrobu mosazných klecí umístěny ve výrobní hale, kde probíhá i proces svařování přesných ocelových trubek pro koncern VW. Toto stávající dispoziční řešení je naprosto nevhodné, a proto musí být stroje přemístěny do jiné výrobní haly. Pro tuto skutečnost hovoří i fakt, že musí být nalezen jiný a větší výrobní prostor, jelikož zde budou převedeny i potřebná pracoviště ze ZKL Brno, a.s. Stroje a jejich aktuální dispoziční řešení v podniku Brno je znázorněno v příloze 3. Z důvodu přehlednosti je na této příloze zobrazen pouze podstatný výňatek z celé výrobní haly. Zobrazení kompletní haly by bylo v tomto případě nepřehledné.

Strojový park pro výrobu mosazných klecí do valivých ložisek v rámci podniku ZKL Brno, a.s. obsahuje:

- Soustruh SU 50A – 2ks
- Soustruh SU 63 – 2ks
- Sloupová vrtačka VS 32 – 2ks
- Vrtačka radiální VR 6 – 1ks
- Vrtačka VSK 100 – 4ks
- Vrtačka otočná VO 50 – 1ks

Pro potřeby projektu centralizace již byl vybrán prostor haly č. 90, do které se budou delimitované stroje přemísťovat. Prostor určený pro delimitaci potřebných strojů je určen do poloviny haly č. 90 a má velikost přibližně 700m². Rozměry celé haly jsou 14,5 x 90m, což je plocha pro budoucí výrobu plně odpovídající včetně umístění skladů, výdejen, ostřiren, regálů apod. Což tedy znamená, že hala bude využita kromě umístění delimitovaných strojů i ke zvětšení skladů mosazi apod. Současný stav výroby v ZKL Hanušovice, a.s. je zdokumentován v příloze 2. Zde jsou zakresleny dvě budovy, kterých se projekt centralizace týká. Horní zakreslená budova obsahuje stroje, které se budou přemísťovat volného prostoru haly č. 90 zakreslené dole. Výkresy jsou opatřeny pouze informačními kótami o rozměrech haly.

Strojový park pro výrobu mosazných klecí do valivých ložisek v rámci podniku ZKL Hanušovice, a.s. obsahuje:

- Horizontální poloautomatická vrtačka VHP 60 – 6ks
- Horizontální poloautomatická vrtačka VHP 24 – 2ks
- Dvouvřetenový soustružnický poloautomat SPL 2/40 – 4ks
- Bubnové omílací zařízení R 420EC – 2x
- Omílací zařízení VIS 200A – 2x

Mezi jednotlivými stroji jsou náhodně dle potřeb pracovníků umístěny standardní přepravní bedny, ve kterých je umístěn přepravovaný výrobek. Z důvodu přehlednosti přepravní bedny nejsou zakresleny ve výkresech dispozičního řešení.

2.4.1 Specifikace strojů projektu centralizace

Soustruhy SU 50A a SU 63

Stroje jsou určeny zejména pro malosériovou výrobu. Vřetena jsou poháněna dvoustupňovým elektromotorem přes dvanáctistupňovou převodovku. Pro rychlou změnu otáček slouží lamelové spojky a dvě čelistové brzdy pro rychlé zastavení stroje. Vřetena jsou uložena ve valivých ložiscích. Stroj lze použít například kromě standardního soustružení i na soustružení hlubokých děr, řezání závitů apod. Na soustruzích je možno obrábět slinutými karbidy, jelikož rozsah otáček pro jejich užití je dostačující.

Základní parametry:⁸

Název stroje:	SU 50 A	SU 63
Výrobce:	TOS Kuřim	TOS Čelákovice
Oběžný průměr nad ložem:	500mm	630mm
Největší hmotnost obrobku:	850kg	1100kg
Otáčky vřetene:	11,2 – 1400ot/min	8-1420ot/min
Délka/šířka:	3400/1180mm	4400/1710mm
Hmotnost stroje:	2960kg	5000kg
Výkon motoru na řeteníku:	11kW	18,5kW



Obr. 2.12 Soustruh SU 50A vlevo a SU 63 vpravo.

Radiální vrtačky VR6 a VS32

Jsou určeny pro vrtání, vyvrtávání či řezání závitů v kusové a malosériové výrobě. Vřeteníky obsahují převodová ústrojí pro pohon i posuvy vřeten. Pracovní vřetena jsou poháněna elektromotorem přes převodovku. Otáčky lze samozřejmě regulovat. Součástí obou strojů je sloup, po kterém se může pohybovat příčné rameno, případně se vůči sloupu otáčet. Pohyb je omezen nárazkami. Pro správné zajištění přesné výroby mosazných klecí do valivých ložisek je vrtačka VR6 opatřena speciálním přípravkem, který dokáže přesně zabezpečit správnou polohu obrobku.

Základní parametry:⁸

Název stroje:	VR6	VS 32
Výrobce:	Kovosvit	TOS Svitavy
Maximální průměr vrtání:	80mm	32mm
Maximální vzd. os vřetene:	2000mm	280mm
Otáčky vřetene:	20-1800ot/min	56-2240ot/min
Výkon hl. motoru:	5kW	1.6kW
Hmotnost:	6000kg	630kg
Délka/šířka:	3135/1100mm	1130/600mm



Obr .2.13 Vrtačka VR 6 vlevo a VS 32 vpravo.

Vrtačky VSK 100 a VO50

Vrtačky jsou podobného charakteru, jako předcházející. Nicméně vrtačka VSK 100 je mohutnějšího provedení, čili je vhodná z důvodu pevné a tuhé konstrukce pro výrobu přesných mosazných klecí.

Základní parametry:⁸

Název stroje:	VSK 100	VO 50
Výrobce:	Kovosvit	Kovosvit
Maximální průměr vrtání:	100mm	50mm
Otáčky vřetene:	32-2300	28-2500ot/min
Výkon hl. motoru:	6kW	4kW
Hmotnost:	7500kg	4550kg
Délka/šířka:	2000/2100mm	2750/1000mm



Obr. 2.14 Vrtačka VSK 100 vlevo a VO 50 vpravo.

Vrtačky VHP 60 a VHP 24

Jsou označovány jako vrtačky horizontální poloautomatické. Tyto stroje slouží v podniku ZKL Hanušovice, a.s. jednoúčelově a to pro vyvrtávání kapes do mosazných klecí válečkových a soudečkových ložisek. Stroje jsou složeny ze stojanu, posuvné jednotky a vřeteníkem s vrtací hlavou, suportu a automatickou děličkou, na níž je upevněn výměnný upínač. Obrobky se upínají pneumatickým válcem.

Základní parametry:⁸

Název stroje:	VHP 24	VHP 60
Výrobce:	TOS Trenčín	TOS Trenčín
Maximální průměr vrtání:	24mm	60mm
Otáčky vřetene:	12-1700	18-2200ot/min
Výkon hl. motoru:	4kW	6kW
Hmotnost:	2900kg	3700kg
Délka/šířka:	2200/1100mm	2600/1400mm

Poloautomaty SPL 2/40

Jsou určeny pro soustružení tvarů vnějších i vnitřních. Zejména jsou vhodné přírubovité tvary. Pro snadné seřízení je stroj proto vhodný i pro malosériovou výrobu. Stroj je osazen dvěma loži, na kterých jsou dva křížové suporty pro zajištění soustružení u každého vřetene. Nožové saně je možno natočit o určitý úhel vzhledem k vřetenům, dokonce i kolmo k ose vřetene. Soustružnické dvouvřetenové poloautomaty se v podniku užívají jako jednoúčelové. Nabízí se zde využití pro pravé a levé vřeteno. Na prvním se soustruží vždy vnější průměr polotovaru a na druhém vnitřní průměr. Toto uzpůsobení pomáhá šetřit čas a náklady na výrobu jednotlivých ložiskových klecí.

Základní parametry:⁸

Název stroje:	SPL 2/40
Výrobce:	TOS Trenčín
Oběžný průměr nad ložem	575mm
Otáčky vřetene:	16-1400ot/min
Výkon hl. motoru:	15kW
Hmotnost:	2900kg
Délka/šířka:	1700/1300mm



Obr. 2.15 Horizontální vrtačka VHP 60 vlevo a poloautomat SPL 2/40 vpravo.

Omílací zařízení VIS 200A a R 420EC

Omílací stroje slouží pro dokončovací operace. Jedná se o metodu založenou na chemicko-mechanické působení na dokončovací obrobek. Brusná tělíska a obrobky se uvedou do vzájemného pohybu a za současného působení vhodně upraveného vodného roztoku dochází k odstranění ostřin, mírnému zaoblení ostrých hran apod.

Základní parametry:

Název stroje:	VIS 200A	R 420EC
Výrobce:	Omilbrus Ledec	Rösler
Objem:	200l	420l
Výkon hl. motoru:	2kW	7,5kW
Délka/šířka:	2000/1100mm	1500/1500mm



Obr. 2.16 Omílací zařízení VIS 200A vlevo a R 420EC vpravo.

2.4.2 Zhodnocení současného stavu

Současná výroba ložiskových klecí je z pohledu koncernu nevýhodná. To z toho důvodu, že se vyrábí v rámci koncernu stejné výrobky na dvou místech, a proto je snaha podniku ZKL koncentrovat výrobu mosazných klecí na jedno místo, ze kterého bude zásobována celá výroba ložisek. V našem případě bude výroba delimitována do podniku ZKL Hanušovice, a.s. Z tohoto důvodu bylo nutno nalézt prostory pro nově příchozí stroje z Brna, jelikož ve stávajících prostorách, kde se nyní vyrábí mosazné klece, již nejsou žádné další volné dispozice. Nově budou stroje přestěhovány do vystěhované haly č. 90, kde byla dříve jiná výroba. Tato nová hala a její řešení je uvedeno rovněž v příloze 2.

Pro podnik v Hanušovicích je fakt, že se bude v jeho prostorách přemisťovat výroba mosazných klecí nesporná výhoda. Aktuální dispoziční řešení v podniku ZKL Hanušovice, a.s. je zobrazeno v příloze 2. Při pohledu na výkres výroby lze konstatovat jednoznačně nevhodné rozmístění. Stroje jsou totiž umístěny v jedné polovině spolu se svařovnou, což neprospívá technice prostředí a zejména hygienickým prostředím pro zaměstnance. Další negativní stránkou aktuálního rozmístění je při pohledu na dispoziční řešení nevhodné rozmístění strojů vzhledem k materiálovým tokům, jelikož se v této výrobní hale vyskytují sloupce, které sice nepřímo, ale určitým způsobem ovlivňují dopravu materiálu během výroby.

Z brněnského podniku ZKL budou převezeny stroje, které se nachází momentálně v obrovské hale o rozměrech 125 x 80m. Tato plocha zabírá přibližně 10000m². Z tohoto důvodu je v příloze 3 zobrazena pouze část výroby z celkové brněnské výroby. Zobrazovat celou halu se všemi aktuálními stroji by bylo nepřehledné a navíc pro nás zcela irelevantní. Hlavní nevýhoda této velké výroby je ve velkém křížení různých materiálových toků.

Celkový strojový park, kterého se projekt centralizace výroby týká, má jednu nespornou nevýhodu. Ta je zastaralost naprosté většiny strojů, na kterých se v současné době vyrábí mosazné klece do valivých ložisek a tím i zdlouhavé výrobní časy. Z tohoto důvodu podniková koncepce počítá s nutnou modernizací výroby, která by celý výrobní proces zefektivnila, zrychlila a zmodernizovala.

Souhrn hlavních nevýhod současného stavu:

- Dlouhé výrobní časy.
- Nevyhovující materiálové toky.
- Nevhodná hygiena prostředí (hlučnost, prašnost a čistota ovzduší).
- Necentralizovaná výroba.
- Zastaralost strojového parku.
- Nejsou vytvořeny podmínky pro plnou modernizaci výroby.
- Nejsou vytvořeny podmínky pro velké zvýšení objemu výroby.

2.4.3 Závěry a možnosti řešení plynoucí ze současného stavu

Ze zhodnocení současného stavu vyplývá, že je současná výroba mosazných klecí do valivých ložisek nevyhovující, jednak ze zastaralosti strojového parku a pak z důvodu stávajícího rozmístění strojů v nevyhovujících prostorách. Tato nevýhoda je navíc dále umocněna tím, že se do podniku v Hanušovicích plánuje přemístit další stroje, čímž se současné prostory stávají absolutně nepoužitelné po stránce kapacitní.

Při realizaci projektu centralizace je také vhodné provést modernizaci zastaralého strojového parku, který je značně využit. Uvedené možnosti řešení, jak s modernizací, tak bez modernizace jsou detailně rozpracovány ve variantních návrzích v následující kapitole.

3 NÁVRHY PROJEKTU CENTRALIZACE

Před uvedením jednotlivých variant projektu centralizace je třeba si představit prostory, do kterých bude veškerá výroba mosazných klecí přestěhována. Jedná se o prostory haly č. 90, která sousedí s halou č. 60, která však není do projektu centralizace zapojována. Základní parametry této zánovní haly č. 90 jsou uvedeny v příloze 2. Hala č. 90 má rozměry 90 x 14,5m. Tento prostor je rozdělen na přibližně na polovinu pro dispozice strojů a druhá polovina bude sloužit pro podpůrné prostory nutné při výrobě, tedy pro sklady, stanoviště kontroly, ostřírny náradí apod.

Na základě popisu současného stavu lze charakterizovat výrobu mosazných klecí do valivých ložisek následujícími čtyřmi specifikacemi:

- malosériová výroba
- menší objemy mnoha druhů ložiskových klecí
- zastaralá výroba
- necentralizovaná výroba

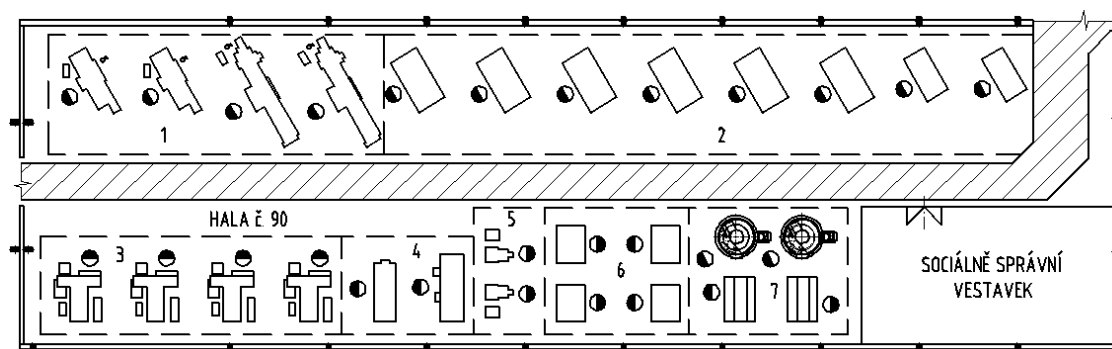
Při pohledu na hodnocení současného stavu je zřejmé, že jediné východisko je návrh nových dispozičních řešení. Při realizaci jednotlivých návrhů jsem postupoval tak, abych odstranil podstatné části nevýhod současného stavu. Současně jsem musel postupovat tak, abych dbal na koncepci a požadavky podniku ZKL Hanušovice, a.s.

Z koncepce podniku plyne, že je zde značný a důležitý požadavek na určitou modernizaci této výroby. Nepřichází v úvahu nahradit veškerou současnou výrobu novou technologií, jelikož by toto vyžadovalo značné investice. S ohledem na požadavky podniku jsem provedl návrhy jednotlivých řešení ve smyslu:

- Zachování veškerého současného stavu strojového parku výroby mosazných klecí pomocí centralizace užitím technologického uspořádání.
- Zachování veškerého současného stavu strojového parku výroby mosazných klecí pomocí centralizace užitím předmětného uspořádání.
- Zachováním současného stavu strojového parku výroby mosazných klecí s mírnou modernizací pomocí centralizace užitím zejména modulárního uspořádání.

3.1 Návrh řešení A

První varianta řešení projektu centralizace je varianta při zachování veškerého současného strojového parku při užití technologického uspořádání. Podle zásad tohoto uspořádání jsou stroje sdružovány a dispozičně stavěny k sobě dle technologické příbuznosti. To znamená, že byla provedena separace všech strojů projektu centralizace a následně byly umístěny v blízkosti stroje dle technologické příbuznosti. Návrh prvního řešení je znázorněn na obr. 3.1. Zde jsou dispozice separovány dle technologických parametrů stroje.



Obr. 3.1 Návrh dispozičního řešení A

Pozn. 1 – soustruhy SU 50 A SU 63, 2 – vrtačky VHP 24 a VHP 60,
 3 – vrtačky VSK 100, 4 – vrtačky VR 6 a VO 50, 5 – vrtačky VS 32,
 6 – poloautomaty SPL 2/40, 7 – bubnovačky VIS 200 A a R 420 EC.

Přesné dispoziční řešení varianty A projektu centralizace je znázorněno v příloze č. 4. Podotýkám, že v dispozičním schématu řešení nejsou zobrazeny manipulační prostředky z důvodu přehlednosti. Popis je však možný i na základě obr. 3.1. Již na první pohled je patrné, že toto řešení je značně přehledné. Středem haly prochází dopravní cesta o šíři 1700mm, což je standard v celém podniku ZKL Hanušovice, a.s. Stroje v oblasti 1 a 2 jsou natočeny z důvodu bezpečnosti dle zásad projektování obrobek o 30° od příčné osy. Při průchodu materiálu během výroby putuje materiál z dopravní cesty do jednotlivých oblastí dle aktuální potřebné výroby. Toto je vhodné právě pro různorodý výrobní sortiment. Z tohoto hlediska není možno zcela určit jednoznačný směr materiálového toku.

Pakliže bychom měli alespoň naznačit materiálový tok, budu jej definovat na reprezentantu výroby. Start výrobního procesu začíná putováním materiálu po dopravní cestě a následném zastavení se v oblasti č. 6 kde dojde k prvním dvěma operacím třískového obrábění. Dále materiál putuje do oblasti č. 2, kde dochází k vyvrtávání příslušného počtu kapes. Dále materiál putuje do oblasti 7, kde je dokončován omíláním a po této operaci materiál putuje po dopravní cestě na technickou kontrolu směrem, odkud materiál byl do výroby zaveden.

Výhody:

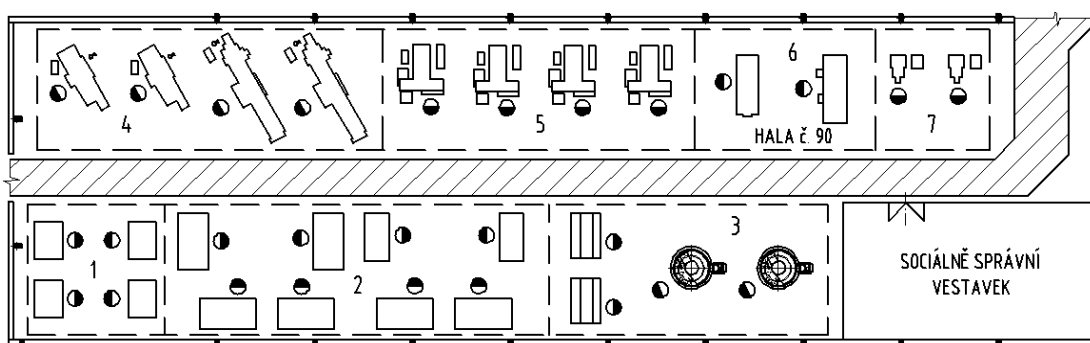
- změna výrobního programu nenaruší výrobu
- poruchy jednotlivých strojů nenaruší výrobu
- centralizovaná výroba
- vhodnější materiálové toky
- zlepšení hygieny a techniky prostředí

Nevýhody:

- zastaralá a nemodernizovaná výroba
- dlouhá průběžná doba
- větší nároky na výrobní plochu
- zvyšuje se objem oběžných prostředků

3.2 Návrh řešení B

Druhá varianta řešení projektu centralizace je varianta při zachování veškerého současného strojového parku při užití předmětného uspořádání. Toto uspořádání je voleno dle reprezentanta, tedy podle výrobků s největší četností výskytu ve výrobě. Uspořádání je uzpůsobeno dle zásad předmětného uspořádání. Základním znakem je dispoziční rozmístění pracovišť na základě technologického postupu výrobku, který je zde vyráběn. V našem případě to jsou ložiska typu M. Pohyb vyráběných ložiskových klecí je ve sledu stejného směru a vytváří tak výrobní proud. Ideální předmětné uspořádání je možno vytvořit pro jedinou vyráběnou součást. Toto ovšem není náš případ, tudíž toto uspořádání nemá znatelnější význam než uspořádání technologické, nicméně dochází zde k ušetření manipulačních časů výrobků, u kterých je značná shoda technologického postupu s postupem výroby reprezentanta. Řešení návrhu B je znázorněno obr. 3.2 a přesněji uvedeno v příloze 5. Podotýkám, že v dispozičním schématu řešení nejsou zobrazeny manipulační prostředky z důvodu přehlednosti.



Obr. 3.2 Návrh dispozičního řešení B

Pozn. 1 – poloautomaty SPL 2/40, 2 – vrtačky VHP 24 a VHP 60,
 3 – bubnovačky VIS 200 A a R 420 EC, 4 – soustruhy SU 50 A SU 63,
 5 – vrtačky VSK 100, 6 – vrtačky VR 6 a VO 50, 7 – vrtačky VS 32.

Dle obr. 3.2 je možno tuto variantu popsat. Stejně jako v předchozí variantě je zde dominantní dopravní cesta o šíři 1700mm. Dispoziční řešení je orientováno na výrobního reprezentanta. Zajímavostí je, že tato varianta rozdělila na půl delimitované stroje z podniku z Hanušovic, které se nachází ve spodní části projektu, a na stroje z brněnského podniku, které se nachází v horní části haly č.90. Soustruhy v oblasti č. 4 jsou opět natočeny k příčné ose hale o 30°.

Nástin materiálového toku probíhá tak, že výrobní reprezentant vstupuje do výrobního procesu po dopravní cestě a okamžitě putuje do stanoviště oblasti 1. Dále pak putuje přes oblasti 2 a 3 a po dopravní cestě se vrací zpět po dopravní cestě a výrobek putuje na technickou kontrolu. Tato varianta značně zkracuje manipulační časy a rozpracovanost výroby. Bohužel toto však platí pouze pro část výrobního sortimentu, který má podobný technologický postup, jako má reprezentant. V našem případě různorodého sortimentu toto neplatí pro všechny druhy výrobku a tudíž je tuto variantu možno považovat za odvozenou od varianty první.

Výhody:

- snížení materiálového toku reprezentanta
- snížení rozpracovanosti a mezioperačních časů reprezentanta
- centralizovaná výroba
- zlepšení hygieny a techniky prostředí
- zlepšení operativního řízení výroby

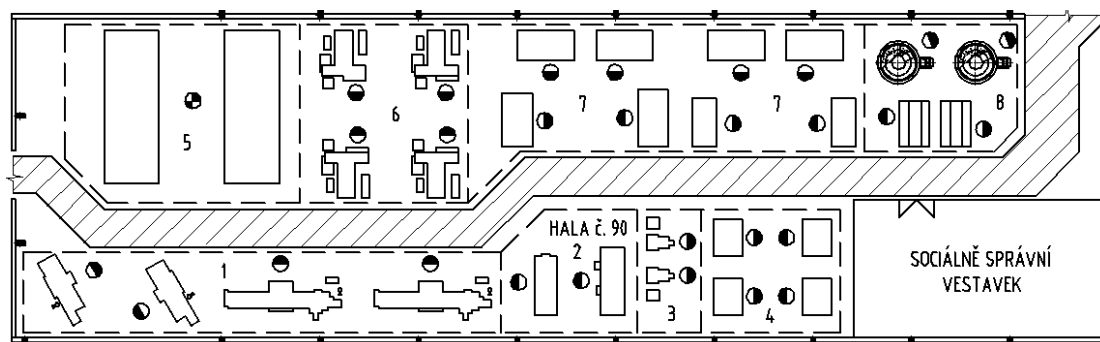
Nevýhody:

- zastaralá a nemodernizovaná výroba
- větší nároky na výrobní plochu
- změna výrobního programu a jejího reprezentanta by vedla k velké změně dispozičního řešení strojů

3.3 Návrh řešení C

Poslední navrhovanou variantou je řešení při zachování veškerého současného strojového parku na výrobu mosazných klecí při současné mírné modernizaci. Tímto bude docíleno větší využití plochy. Z tohoto důvodu jsou stroje umístěny dle kombinace, složené z prvních dvou variant při současné snaze o umístění strojů do modulárního uspořádání, které je vhodné právě pro větší využitelnost ploch.

Standardní modulární uspořádání je charakteristické sdružováním strojů s více technologickými funkcemi do tzv. buněk. Tyto buňky mají zpravidla vyšší produktivitu práce oproti jiným uspořádáním. V našem případě jsou sice stroje uspořádány do tzv. buněk, nicméně na rozdíl od standardního modulárního uspořádání byly využity stroje blízké technologické příbuznosti. Výsledné třetí řešení, které snoubí výhody modulárního a technologického uspořádání je zobrazeno na obr. 3.3 a detailně pak v příloze č. 6. Podotýkám, že v dispozičním schématu řešení nejsou zobrazeny manipulační prostředky z důvodu přehlednosti.



Obr. 3.3 Návrh dispozičního řešení C

Pozn. 1 – soustruhy SU 50 A SU 63, 2 – vrtačky VR 6 a VO 50, 3 – vrtačky VS 32,
 4 – poloautomaty SPL 2/40, 5 – CNC pracoviště, 6 – vrtačky VSK 100,
 7 – vrtačky VHP 24 a VHP 60, 8 – bubnovačky VIS 200 A a R 420 EC.

V posledním navrhovaném řešení se podařilo nalézt optimální umístění strojů a to za současné modernizace výroby, což je důležité kritérium z pohledu koncepce podniku. Oproti předchozím variantám není dopravní cesta přímá, ale je lehce zalomená, avšak tato změna nemá značný vliv na celkový materiálový tok. K jednotlivým strojům jsou přiřazeny klasické přepravní bedny, které jsou umístěny náhodně, dle individuálních potřeb zaměstnance. Bedny jsou po dopravní cestě rozmisťovány buď ručními vozíky, případně hromadněji v bednách na paletě pomocí motorového vysokozdvizného vozíku.

Z obrázku je patrné, že zde v dispozičním řešení přibily 2 nové stroje. V rámci koncepce podniku na modernizaci budou vybrány nové CNC obráběcí centra. Výběr a bližší informace jsou popsány v podkapitole 3.3.1.

Výhody:

- nová a modernizovaná výroba
- nižší výrobní časy a tím vyšší produktivita
- větší využití výrobních prostor
- snížení rozpracovanosti a mezioperačních časů reprezentanta
- centralizovaná výroba
- zlepšení hygieny a techniky prostředí
- zlepšení operativního řízení výroby

Nevýhody:

- větší investice
- větší nároky na technickou přípravu

3.4 Výběr nejvhodnější varianty

Každý technologický projekt je řešen v několika navržených variantách. Mezi těmito variantami se musí nalézt ta nejvhodnější, která bude vyhovovat budoucímu výrobnímu provozu v závislosti k dosažení vytyčených strategických cílů podniku. Vypracování takto navržených variant se provádí v hrubém návrhu pro orientační řešení dispozic jednotlivých objektů. Z takto navržených projektů se snažíme objektivně vyhodnotit nejlepší možnou variantu pro podnik jejich srovnáním. V našem případě budu navržené varianty srovnávat klasifikační metodou, resp. metodou váhového hodnocení.

Jednotlivá kritéria jsou volena dle koncepčních záměrů podniku. Z těchto vyplývá, že se zde například objeví kritérium modernizace, využití prostorů, snížení rozpracovanosti výroby apod. Investice bude mít v kritériálním řešení značnou váhu, bude však kompenzována velikostí modernizace výroby. Tímto se dosáhne specifických koncepčních záměrů podniku ZKL Hanušovice, a.s. Jako nejvhodnější byla dle konzultace v podniku a s vedoucím diplomové práce volena následující kritéria.

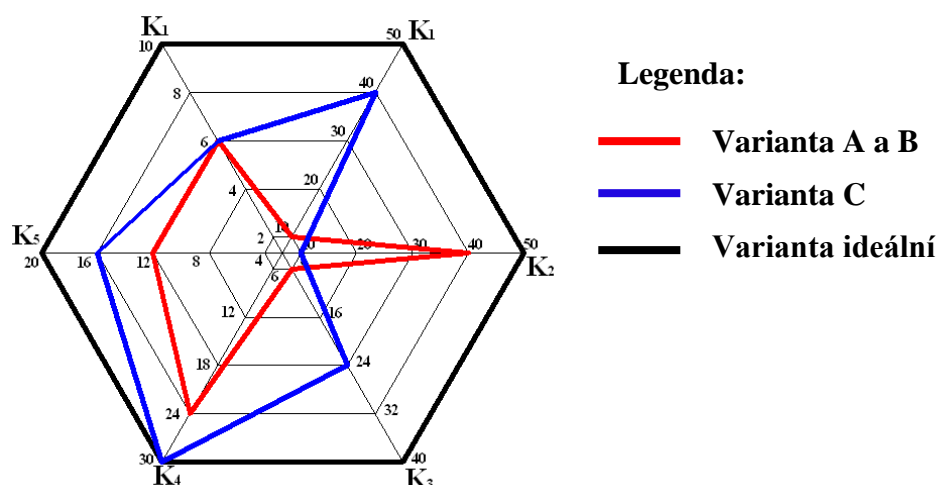
Mezi kritéria byla volena:

- K1 - Možnosti modernizace výroby
- K2 - Investiční náklady
- K3 - Snížení rozpracovanosti výroby
- K4 - Nejvyšší využití plochy
- K5 - Zastupitelnost strojů při poruše
- K6 - Zlepšení techniky prostředí

K těmto kritériím dle koncepčního záměru podniku pro výběr optimální varianty, využijí metody klasifikační (váhového hodnocení) s následujícím postupem.

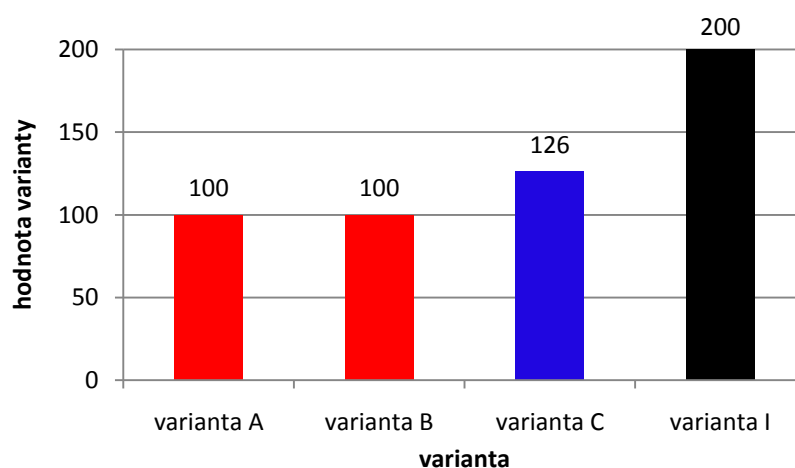
Tab. 3.1 Váhové hodnocení navrhovaných variant.

kritérium	váha	varianta A		varianta B		varianta C		varianta ideální	
		počet bodů (1-5)	váhové hodnocení	počet bodů (1-5)	váhové hodnocení	počet bodů (1-5)	váhové hodnocení	počet bodů (1-5)	váhové hodnocení
K 1	10	1	10	1	10	4	40	5	50
K 2	10	4	40	4	40	1	10	5	50
K 3	8	1	8	1	8	3	24	5	40
K 4	6	4	24	4	24	5	30	5	30
K 5	4	3	12	3	12	4	16	5	20
K 6	2	3	6	3	6	3	6	5	10
celkem			100		100		126		200
pořadí		2. - 3.		2. - 3.		1.		-	



Obr. 3.4 Paprskový graf shrnutí plnění kritérií.

3.5 Zhodnocení výběru nejvhodnější varianty



Obr. 3.5 Grafické znázornění výsledku váhového hodnocení.

Na základě zhodnocení výhod a nevýhod a dále zhodnocení váhového řešení, je z grafů patrné, že nejvíce koncepčním podmínkám vyhovuje varianta C. Tato varianta je složená z centralizace a současné lehké modernizace výroby. Značná nevýhoda této varianty je její velká investice, tato je však vyvažována modernizací výrobního procesu. Tím, že bude výroba modernizována, sníží se mezioperační rozpracovanost, její časy a tímto se dosáhne menších nákladů a tím i vyšších úspor. Zároveň zde vzniká možnost lepšího zastoupení strojů v případě poruchy jiného stroje, což zaručí stálou výrobu, minimalizaci prostojů a včasné dodávky výrobního sortimentu. Varianta C dosahuje 63% z hodnoty ideálního stavu, oproti shodným 50% variant A a B.

4 ROZPRACOVÁNÍ VYBRANÉ VARIANTY

Z předchozí kapitoly je patrné, že nejvhodnější je třetí varianta, která zahrnuje zároveň i modernizaci výroby. S modernizací je spojena následující kapitola, která se zabývá volbou stroje. Dále se budu v této kapitole zabývat kontrolními kapacitními výpočty pro ověření vhodnosti dispozice, kam budou všechny stroje delimitovány.

4.1 Výběr nového stroje

V rámci modernizace je firma odhodlána do projektu centralizace značně investovat, což je velmi důležité pro zvýšení výrobního tempa, zvýšení objemu produkce, snížení výrobních časů, zvýšení konkurenceschopnosti apod. Pro inovaci výrobního systému je nutno investovat do nových CNC obráběcích center. Toto strategické rozhodnutí podniku ZKL Hanušovice, a.s. povede ke zlepšení a zefektivnění výrobního procesu výrobu mosazných klecí do valivých ložisek.

Komplexní pojetí snižování mezioperačních časů zvyšuje vytíženost strojů, čímž se zkracují výrobní časy a tím se zároveň i šetří celkové provozní náklady na výrobu mosazných klecí. Další nezanedbatelnou výhodou stroje je antikolizní systém integrovaný přímo do základního řídicího systému. Obsluha se tak může plně věnovat vlastní optimalizaci technologického procesu se všemi výhodami s tím spojenými.

Aby byla zaručena ta nejvhodnější volba z kompletního trhu CNC strojů, je nutno vyhlásit výběrové řízení. Tohoto výběrového řízení se zúčastní několik firem, z kterých poté bude možno vybrat toho nejvhodnějšího dodavatele. Již v této době má firma ZKL Hanušovice, a.s. vybráno několik favoritů, mezi které patří např. Kovosvit MAS, a.s., Fermat s.r.o., HAAS Automation, Inc, a zejména pak přes českého dodavatele CNC Invest, s.r.o. to jsou firmy Okuma, a Romi Machinetools, Ltd.

Pro výběrové řízení je důležité obsah rozhodovacích požadavků. Mezi tyto patří:

- pořizovací cena
- parametry stroje
- spolehlivost
- záruční podmínky
- dostupnost servisu příp. náhradních dílů

Již v současné době má vedení koncernu ZKL vybraného největšího favorita. Tím se prozatím stává japonská firma Okuma. Tato firma je známá svou celosvětovou produkcí svých precizních produktů ve více než 30 zemích. V Japonsku pokrývala v roce 2008 plných 48% trhu a v Evropě se sídlem v Německu se podílela 17% na trhu CNC obráběcích strojů. Firma má široké produktové řady strojů vyznačující se zejména svou vysokou přesností, výbornými výkony a značnou tuhostí. Toto napomáhá snadnému výběru velmi prestižního a moderního stroje.

Vedení podniku ZKL Hanušovice, a.s. považuje za největšího favorita pro modernizaci výrobního procesu stroj japonské prestižní firmy Okuma. Z produktů této firmy je favorizován stroj s označením Multus-B400. Pod tímto označením se skrývá multifunkční horizontální obráběcí CNC soustruh, který je koncipován pro vysokou přesnost, rychlost, tuhost, či maximální redukci času nastavování případně minimalizaci času čekání mezi operacemi se současnou vysokou životností celého stroje. Stroj je charakteristický svou tuhostí, která je založena na dostatečné hmotnosti lože z litiny, která podporuje dlouhodobou životnost a přesnost výroby.



Obr. 3.4 Okuma MULTUS – B400.⁹

Tab 3.1 Hlavní technické parametry stroje Multus – B400.⁹

Kapacita:	
Maximální průměr obrábění [mm]	710
Vzdálenost mezi hroty [mm]	1550
Posuvy:	
Řezný posuv [mm/ot]	0,001 ÷ 1000
Rychloposuv [mm/ot] – X/Z/Y	40000/40000/26000
Rozsah posuvů:	
Osa X [mm]	690
Osa Y [mm]	230
Osa Z [mm]	1545
Osa C [°]	360
Osa B [°] - rozsah	-30 ÷ 195
Hlavní vřeteno:	
Rychlost [min ⁻¹] - rozsah	38 ÷ 3800
Frézovací vřeteno:	
Rychlost [min ⁻¹] - rozsah	50 ÷ 6000
Ostatní:	
Počet nástrojů	20
Výkon hlavního vřetene [kW]	22
Výkon frézovacího vřeten [kW]	14
Rozměry [mm] výška/délka/šířka	3000/5000/2500
Hmotnost [kg]	14500

4.2 Kapacitní propočet

Kapacitní propočet je jednou ze zásadních činností technologického projektanta. Propočet slouží nejen k určení počtu požadovaných strojů pro výrobní proces, ale i kupříkladu pro stanovení ploch či kapacit pracovníků.

V našem případě slouží kapacitní propočet spíše jako kontrola projektu centralizace. Toto je zřejmé, jelikož je výroba přemísťována do již zhotoveného objektu a změna kapacity tohoto objektu by vyvolala značnou investici.

Jako podklad pro vypracování kontrolního kapacitního propočtu mi poslouží zejména roční hodnota výroby. Počet výrobků vyrobených za rok 2009 v podniku v Hanušovicích je rovna počtu 105 000ks. K této hodnotě bude přidána výroba z brněnského podniku s obdobnou velikostí výroby. Proto budu v kapacitních propočtech počítat s hodnotou $N = 210\ 000\text{ks/rok}$. Dalším důležitým základním podkladem pro zpracování všech druhů kapacitních propočtů je považován výpočet efektivních časových fondů. Mezi základní efektivní časové fondy se považují časový fond roční pracoviště, časový fond stroje a časový fond dělníka.

4.2.1 Roční využitelné časové fondy

Roční časový fond pracoviště v jedné směně.

Zde vycházíme z předpokladu přerušovaného provozu. Hodnotu ročního časového fondu pracoviště získáme z uvažovaného počtu dnů v kalendářním roce, odkud se odečítají takzvané ztracené kapacity, to znamená soboty, neděle a státní svátky. Tento celek se následně vynásobí počtem pracovních hodin v jedné směně, čímž získáme požadovanou hodnotu. Tento fond je možné považovat i za fond ručního pracoviště, jelikož zde budu využívat plnou kapacitu, kde nebudou uvažovány odstávky, poruchy apod.

$$E_r = (365 - 52 - 8) \cdot 7,5 = 1897,5 \text{ hod/rok} \quad (4.1)$$

Efektivní časový fond stroje.

Tento efektivní fond vychází z ročního časového fondu pracoviště, avšak hodnota je ponížena ztracené kapacity ve formě oprav, odstávek, poruch apod. Hodnota ponížení se obvykle pohybuje mezi $8 \div 12\%$. V našem případě volíme velikost ztráty kapacity 10% .

$$E_s = E_r - 0,1 \cdot E_r = 1897,5 - 0,1 \cdot 1897,5 = 1707,75 \text{ hod/rok} \approx 1708 \text{ hod/rok} \quad (4.2)$$

Efektivní časový fond dělníka.

Hodnota opět vychází z ročního časového fondu pracoviště, která je ponížena o hodnotu dovolené ($10 \div 25$ dnů) a absencí ve formě nemoci apod. (průměrně 18dnů).

$$E_d = E_r - (15 + 18) \cdot 7,5 = 1897,5 - (33) \cdot 8 = 1650 \text{ hod/rok} \quad (4.3)$$

4.2.2 Výpočet počtu strojů a zařízení

Kontrolní výpočet teoretického počtu strojů budu počítán dle vzorce 1.7, tedy dle vzorce:

$$P_{th} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} \quad (4.4)$$

Pro kontrolní výpočet strojů a zařízení v podniku Hanušovice, a.s. je použit dvousměnný provoz, tedy $s_s = 2$. Do vzorce je postupně dosazována hodnota kusového času operace vybraného reprezentanta, zároveň za N dosazována hodnota budoucího objemu výroby o velikosti 210 000ks/rok. E_s je časový efektivní fond stroje. Ve vzorci se objevuje koeficient překračování norem. (Tento koeficient zohledňuje vliv zdokonalování pracovníka a získání lepší zručnosti s průběhem výrobního procesu, která se projeví překračováním zavedené normy). V současné době se koeficient pohybuje kolem hodnot $1,1 \div 1,3$. Na základě diskuze s konzultantem podniku a vedoucím práce z toho rozmezí volím koeficient $k_{pn} = 1,1$.

Je zřejmé, že vypočtená hodnota teoretického množství strojů nebude celé číslo. Z tohoto čísla poté volím skutečné množství potřebných strojů. Zpravidla se hodnota zaokrouhluje na vyšší číslo, čímž se snižuje využití strojů a tímto se mělo pro takto nevyužité stroje hledat jiný výrobní program například způsobem kooperace.

Teoretický počet strojů pro výrobní operace dle technologického postupu reprezentanta:

$$P_{th1} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} = \frac{3,65 \cdot 210000}{60 \cdot 1708 \cdot 2 \cdot 1,1} = 3,39ks \Rightarrow \text{volím } P_{sk1} = 4ks \quad (4.5)$$

$$P_{th2} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} = \frac{3,65 \cdot 210000}{60 \cdot 1708 \cdot 2 \cdot 1,1} = 3,39ks \Rightarrow \text{volím } P_{sk2} = 4ks \quad (4.6)$$

$$P_{th4} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} = \frac{15,85 \cdot 210000}{60 \cdot 1708 \cdot 2 \cdot 1,1} = 14,76ks \Rightarrow \text{volím } P_{sk4} = 15ks \quad (4.7)$$

$$P_{th5} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} = \frac{3,50 \cdot 210000}{60 \cdot 1708 \cdot 2 \cdot 1,1} = 3,26ks \Rightarrow \text{volím } P_{sk5} = 4ks \quad (4.8)$$

Vypočtený počet strojů téměř přesně souhlasí s realitou. K první a druhé operaci je zapotřebí 8 strojů, které jsou ve skutečnosti zastoupeny stroji SU 50A, SU 63 a stroji SPL 2/40. Další počet strojů, který přesně odpovídá skutečnosti je počet strojů v závislosti na poslední operaci roven 4 strojům, což přesně odpovídá počtu bubnovaček R 420EC a VIS 200A. Jedinou mírnou odlišností od skutečného počtu strojů je ve čtvrté operaci, která se zabývá vyvrtáváním. Zde nám vyšlo 15ks strojů, ovšem ve skutečnosti je součet všech vrtaček 16ks. Z tohoto důvodu budoucí výpočty budou vztaheny k této skutečné hodnotě. Z tohoto tedy vyplývá že $P_{sk4} = 16ks$. A celkový počet strojů je tedy roven $P_{sk} = \sum P_{ski} = 28$

V technologickém postupu se objevuje i ruční pracoviště. Toto pracoviště je ve skutečné výrobě zastoupeno prostorem u stroje, kde pracovník na místě svého pracoviště vykoná operaci sražení hran. Přesto je i toto potřeba zohlednit výpočtem. Oproti vzorci výpočtu teoretického počtu strojů se liší pouze v časovém efektivním fondu.

$$P_{r3} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot S_s \cdot k_{pn}} = \frac{1,00 \cdot 210000}{60 \cdot 1897,5 \cdot 2 \cdot 1,1} = 0,83ks \Rightarrow \text{volím } P_r = 1ks \quad (4.9)$$

4.2.2.1 Výpočet využití strojů a ručních pracovišť

$$\eta_{op} = \frac{P_{th}}{P_{sk}} \cdot 100 [\%] \quad (4.10)$$

$$\eta_{k1} = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{3,39}{4} = 84,8\%$$

$$\eta_{k2} = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{3,39}{4} = 84,8\%$$

$$\eta_{k4} = \frac{P_{th4}}{P_{sk4}} \cdot 100 = \frac{14,76}{16} = 92,3\%$$

$$\eta_{k5} = \frac{P_{th5}}{P_{sk5}} \cdot 100 = \frac{3,26}{4} = 81,5\%$$

Skupinové využití strojů

Pro představu využití jednotlivých skupin strojů ještě provedu výpočet skupinového využití strojů. Všechny stroje jsou rozděleny do tří skupin na soustruhy, vrtačky a bubnovačky.

$$\eta_{sk} = \frac{\sum P_{th}}{\sum P_{sk}} \cdot 100 [\%] \quad (4.11)$$

Soustruhy

$$\eta_{skS} = \frac{\sum P_{th}}{\sum P_{sk}} \cdot 100 = \frac{3,39 + 3,39}{4 + 4} = 84,8\%$$

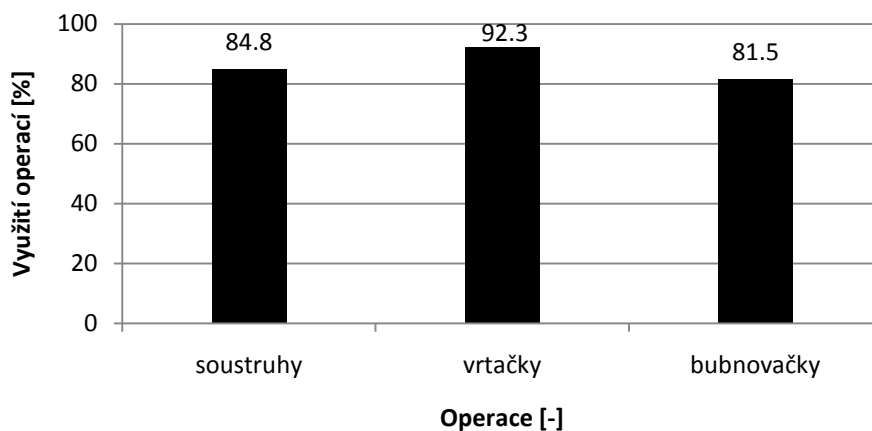
Vrtačky

$$\eta_{skV} = \frac{\sum P_{th}}{\sum P_{sk}} \cdot 100 = \frac{14,76}{16} = 92,3\%$$

Bubnovačky

$$\eta_{skB} = \frac{\sum P_{th}}{\sum P_{sk}} \cdot 100 = \frac{3,26}{4} = 81,5\%$$

Pro přehlednost je využití skupin strojů dle jednotlivých operací znázorněno sloupcovým grafem na obr. 3.6



Obr. 3.6 Skupinové využití strojů.

4.2.3 Výpočet pracovníků

Celkový počet dělníků se počítá obdobně jako počet strojů. Z důvodu, že výroba vyžaduje vzhledem ke strojnímu zařízení jednostrojovou obsluhou, bude výsledný počet dělníků stejný jako počet strojů. Postupuje se dle následujícího vzorce.²

$$D_{vs} = \frac{t_k \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pn}} \text{ [os]} \quad (4.12)$$

Z tohoto tedy vyplývá stejný počet výrobních dělníků s počtem strojů výrobních strojů. Tedy celková suma pro jednu směnu je rovna $D_{vs1} = 28$ dělníků. Pro druhou směnu se počet dělníků vypočítá.²

$$D_{vs2} = (s_s - 1) \cdot D_{vs} = (2 - 1) \cdot 28 = 28 \text{ dělníků} \quad (4.13)$$

Při uvažování dvousměnného provozu je tedy celkový počet dělníků roven $D_{vs} = 56$ dělníků. V tomto počtu pracovníků jsou již zahrnuti dělníci ručního pracoviště, jelikož ruční operaci provádějí právě strojní výrobní dělníci.

Evidenční stavy dělníků jsou počítány s ohledem na rozdíl efektivních časových fondů. Hodnota evidenčních dělníků se tedy získá následně.

$$D_{evc} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 56 \cdot \frac{1708}{1650} = 57,8 \cong 58 \text{ dělníků} \quad (4.14)$$

Ve výrobě jsou zapotřebí pomocní a obslužní pracovníci. Výpočet je znám na základě zkušeností a hodnota se volí mezi 1,5 ÷ 3 % evidenčních pracovníků. Tito dělníci budou následně rozděleni do jednotlivých směn.

$$D_{pop} = 0,03 \cdot D_{evc} = 0,03 \cdot 58 = 1,74 \cong 2 \text{ pracovníci} \quad (4.15)$$

Jestliže se pracovníci kontroly nepočítají obdobným způsobem jako výrobní dělníci, lze je stanovit na základě zkušeností, které nám udávají, že počet kontrolorů v obrobkách bývá 5 ÷ 7% z počtu strojních dělníků.²

$$D_k = (0,05 \div 0,07) \cdot D_{vs} = 0,05 \cdot 56 = 2,8 \cong 3 \text{ pracovníci} \quad (4.16)$$

Výpočet inženýrsko-technických a administrativních pracovníků tedy ITA pracovníků se rovněž počítá na základě zkušeností doporučených procentních poměrů, které se pohybují mezi 15 až 25% ze součtu hodnoty evidenčních dělníků a pomocných a obslužných dělníků.²

$$ITA = 0,2 \cdot (D_{evc} + D_{pop}) = 0,2 \cdot (58 + 2) = 12 \text{ pracovníků} \quad (4.17)$$

Tento počet dělníků rozdělíme: 30% administrativa = 4 pracovníci
20% konstruktéři = 2 pracovníci
50% operativní řízení = 6 pracovníků

Celkový počet pracovníků vázaný k výrobě:

$$P_c = D_{evc} + D_{pop} + D_k + ITA$$

$$P_c = 58 + 2 + 3 + 12 = 75 \text{ pracovníků}$$

4.2.4 Výpočet ploch

Stejně jako výpočet počtu strojů bude i výpočet ploch sloužit spíše jako kontrolní výpočet, jelikož plochy pro stroje jsou dány již hotovými prostory, do kterých bude výroba delimitována. Kontrolní výpočet nám tedy musí určit minimální plochu, která musí být menší, než je ve skutečnosti plocha haly č. 90, aby bylo dokázáno, že se zde projekt centralizace může realizovat.

4.2.4.1 Výpočet výrobních ploch

Nejprve si určím výrobní plochu, která je složená z plochy strojních pracovišť a plochy ručních pracovišť. Plocha ručních pracovišť je v mém případě vměstnána do ploch strojních pracovišť, proto ji na výkresu dispozice neuvádím. Pro výpočet celkové výrobní plochy je však nezbytné.

$$\text{Plocha ručních pracovišť: } F_r = f_r \cdot P_r = 6 \cdot 1 = 6 \text{ m}^2 \quad (4.18)$$

Kde f_r je přibližná měrná plocha ručního pracoviště.

$$\text{Plocha strojních pracovišť: } F_s = f_s \cdot P_s = 11 \cdot 28 = 308 \text{ m}^2 \quad (4.19)$$

Kde f_s je přibližná měrná plocha strojního pracoviště.
Pro můj případ se počítá s f_s v rozmezí 8 ÷ 12 m².

$$\text{Výpočet výrobní plochy: } F_v = F_s + F_r$$

$$F_v = 308 + 6$$

$$\mathbf{F_v = 314 \text{ m}^2}$$

Ve skutečnosti je výrobní plocha určená pro stroje velká přibližně 460 m² (plocha bez pomocných ploch), což je dostatečná plocha i pro nově zavedené stroje a tímto plně vyhovuje realizaci.

4.2.4.2 Výpočet pomocných ploch

Pomocnou plochu vypočítáme na základě statisticky zpracovaných informací, které udávají následující vzorce.²

$$F_P = F_{Phn} + F_{Pú} + F_{Pskl} + F_{Pdc} + F_{Pk} = (0,4 \div 0,6)F_v, \text{ (volím 0,5)} \quad (4.20)$$

$$F_P = 0,5 \cdot 314$$

$$F_P = 157\text{m}^2$$

Strukturální rozložení jednotlivých pomocných ploch je následující:²

$$F_{Phn} = (14 \div 16\%)F_P \quad (\text{pomocná plocha hospodaření s náradím})$$

$$F_{Pú} = (14 \div 16\%)F_P \quad (\text{pomocná plocha údržba})$$

$$F_{Pskl} = (27 \div 30\%)F_P \quad (\text{pomocná plocha skladová})$$

$$F_{Pdc} = (32 \div 35\%)F_P \quad (\text{pomocná plocha vnitřních dopravních cest})$$

$$F_{Pk} = (7 \div 9\%)F_P \quad (\text{pomocná plocha kontroly})$$

Plochu pro hospodaření s náradím, plochu údržby a plochu kontroly budu počítat přesněji dle jiných vztahů, nikoliv dle statistických hodnot.

Plocha výdejny:²

$$F_{Phnv} = P_{sk}(0,3 \div 0,4), \text{ (volím 0,35)} \quad (4.21)$$

$$F_{Phnv} = 28 \cdot (0,35)$$

$$F_{Phnv} = 9,8 \cong 10\text{m}^2$$

Počet strojů ostřírny:²

$$P_{sko} = 0,05 \cdot P_{sk} \quad (4.22)$$

$$P_{sko} = 0,05 \cdot 28$$

$$P_{sko} = 1,4 \cong 2 \text{ stroje}$$

Plocha ostřírny:²

$$F_{Phno} = P_{sko} \cdot f_{so}, \text{ kde } f_{so} \text{ nabývá hodnot } (9 \div 11) \text{ m}^2, \text{ (volím } 10\text{m}^2) \quad (4.23)$$

$$F_{Phno} = 2 \cdot 10$$

$$F_{Phno} = 20\text{m}^2$$

Celková plocha pro hospodaření s náradím:

$$F_{Phn} = F_{Phnv} + F_{Phno} \quad (4.24)$$

$$F_{Phn} = 10 + 20$$

$$F_{Phn} = 30\text{m}^2$$

Počet strojů údržbářské dílny:²

$$P_{skú} = 0,01 \cdot P_{sk} \quad (4.25)$$

$$P_{skú} = 0,01 \cdot 28$$

$$P_{skú} = 0,28 \cong 1 \text{ stroj}$$

Plocha údržby:²

$$F_{Pú} = P_{skú} f_{ús}, \text{ kde } f_{ús} \text{ nabývá hodnot } (20 \div 30)m^2, \text{ (volím } 25m^2) \quad (4.26)$$

$$F_{Pú} = 1 \cdot 25$$

$$F_{Pú} = 25m^2$$

Plocha pracoviště kontroly:²

$$F_{Pk} = D_k f_s, \text{ kde } f_k \text{ nabývá hodnot } (5 \div 6)m^2, \text{ (volím } 6m^2) \quad (4.27)$$

$$F_{Pk} = 3 \cdot 6$$

$$F_{Pk} = 18m^2$$

Plochu skladovou a pomocnou vnitřní plochu dopravních cest určíme z těchto statistických vzorců.²

$$F_{Pskl} = (27 \div 30\%) F_p \quad (\text{pomocná plocha skladová})$$

$$F_{Pdc} = (32 \div 35\%) F_p \quad (\text{pomocná plocha vnitřních dopravních cest})$$

Plocha skladová:²

$$F_{Pskl} = (27 \div 30\%) F_p \text{ (volím } 30\%) \quad (4.28)$$

$$F_{Pskl} = 0,3 \cdot 157$$

$$F_{Pskl} = 47,1 \cong 47m^2$$

Plocha dopravních cest:²

$$F_{Pdc} = (32 \div 35\%) F_p \text{ (volím } 35\%) \quad (4.28)$$

$$F_{Pdc} = 0,35 \cdot 157$$

$$F_{Pdc} = 54,9 \cong 55m^2$$

Pomocná podlahová plocha (přesnější výsledek):

$$F_p = F_{Phn} + F_{Pú} + F_{Pskl} + F_{Pdc} + F_{Pk} \quad (4.29)$$

$$F_p = 30 + 25 + 47 + 55 + 18$$

$$F_p = 175m^2$$

4.2.4.3 Výpočet provozní podlahové plochy

Výpočet provozní podlahové plochy

$$F_{Pr} = F_v + F_p$$

$$F_{Pr} = 314 + 175$$

$$F_{Pr} = 489m^2$$

Minimální provozní podlahová plocha je tedy $489m^2$. Z tohoto musí být minimálně $55m^2$ tvořeno dopravními cestami, což tvoří přibližně 12% z celkové provozní podlahové plochy. Celkovou provozní podlahovou plochu můžeme porovnat s polovinou haly č. 90, do které se umísťují delimitované stroje. Tento prostor je v reálu přibližně $700m^2$, což plně vyhovuje projektu centralizace.

4.3 Materiálové toky vybrané varianty

U vybrané rozpracované varianty jsem zpracoval materiálové toky. Tyto jsem uvažoval zejména ke vztahu reprezentanta a s ním spojenou reprezentativní skupinu ložiskových klecí typu M, které mají velmi obdobné technologické postupy. Tím, že se nám zvětší objem vyráběných klecí vlivem delimitace výroby z brněnského podniku, zároveň i přibude strojový park v závodu v Hanušovicích. To způsobí zvýšení materiálového toku. Při uvažované výrobě 155220ks a hmotnosti reprezentanta 0,26kg projde za rok halou 40,4 tun výrobků. Tuto výrobu ložiskových klecí možno provádět různými variantami a celková výroba klecí tohoto typu může být rozdělena mezi tři varianty. Varianty návrhu řešení materiálových toků jsou zobrazeny na výkrese 7. přílohy.

Při pohledu na výkres materiálových toků přílohy č.7 můžeme vidět 3 varianty výroby ložiskových klecí typu M. První varianta zachovává stávající technologický postup reprezentanta předcházející výroby. To znamená, že materiálový tok začíná ve skladě, odkud putují mosazné polotovary k pracovišti č. 4. Zde dochází k provedení prvních třech operacím, tzn. opracování vnějšího a vnitřního průměru a k ručnímu sražení ostřin. Dále pak materiál putuje na pracoviště č.7, kde dochází k vyhlubování kapes, odtud materiál putuje do bubnovaček. Z tohoto pracoviště jsou součásti dopravovány do oblasti technické kontroly, kde výroba mosazných klecí končí.

Druhá varianta využívá strojů delimitovaných z brněnského podniku, což samozřejmě ovlivní materiálové toky výroby. Ze skladu je materiál tentokrát dopraven k pracovišti č. 1, kde dochází k obrábění součásti. Následně obrobek putuje do pracoviště č. 6. Zde se na obrobku bude provádět vrtání kapes. Dále materiál putuje opět do bubnovaček, kde dojde ke konečným úpravám a závěrem je opět přemístěn ke kontrole.

Poslední varianta využívá zakoupených CNC strojů. Materiál tedy putuje ze skladu přímo do pracoviště CNC. Zde se provedou téměř všechny technologické operace a výsledný obrobek je poté pouze přesunut k závěrečné úpravě do bubnovaček a předložen kontrole. Tento materiálový tok je nejjednodušší, jelikož CNC pracoviště dokáže zvládnout více technologických operací. Toto se i promítne do výrobního času mosazné klece, čímž se stává výroba rychlejší.

4.4 Zhodnocení rozpracování vybrané varianty

Dle kontrolních kapacitních propočtů se ukázalo, že počet strojů téměř odpovídá realitě a plocha určená pro centralizaci výroby je dostatečná, čímž jsou splněna hlavní kontrolní kritéria sloužící pro ověření realizovatelnosti projektu centralizace a výrobní hala je vhodná pro umístění delimitovaných strojů. Výsledky dokonce uvádějí, že prostor pro výrobu mosazných klecí včetně pomocných ploch nevyužije celkové kapacity haly č. 90.

Na základě detailní konzultace bylo rozhodnuto, že ostatní prostory budou využity zvětšenými plochami pro skladování v návaznosti na jinou výrobu pro plochu hospodaření s nářadí, pracoviště kontroly či zásobování materiálem i pro výrobu, které se projekt centralizace netýká. I přes uvedené využití bude možno na základě konzultace využít část zbývající plochy využít pro umístění nepoužívaných, náhradních nebo alternativních výrobních strojů a zařízení. Takto se kompletně zaplní prostory výrobní haly č. 90 dle koncepčních záměrů podniku.

5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Z toho důvodu, že byla vybrána jako nejvhodnější varianta pro projekt centralizace výroby ložiskových klecí varianta s investicí do nového dlouhodobého majetku, vyžaduje si tato varianta technicko-ekonomické zhodnocení. Je třeba, se zaměřit na řadu změn, které jsou s tímto spojené. Jedná se zejména o změnu ve výrobním procesu a náklady na investici výroby s tím spojené.

Investování je jednou s aktivních složek financování podniku. V mém případě jsou koncepční záměry podniku zaměřeny na modernizaci výroby a s tím spojená kritéria nákladová. Ty by měli zejména snížit výrobní náklady. Současné jsou kladeny požadavky na zisková kritéria, která zajistí budoucí výnosnost investičního projektu.

5.1 Změny výrobního procesu

Změny ve výrobním procesu budou poznamenány přemístěním výrobních strojů a modernizovanou výrobou. Z důvodu, že je hala, do které budou veškeré stroje projektu centralizace přemístěny, velmi dobře připravená, neznámá to pro hanušovický podnik příliš velkou investicí do budovy. Stroje v hanušovickém podniku lze totiž přemístit během jediného týdne, což znamená malé ztráty na prostojích a s tím spojené náklady obětované příležitosti. Před samotným provedením delimitace je však nutno zajistit mnoho jiných činností s tímto spojenými, které zaberou více času. Během prvního dne realizovaného přemístění je třeba zajistit odstávku, následující den bude probíhat přemísťování, třetí den instalace a čtvrtý a pátý den bude určen pro dokončovací operace a rozjetí výroby. Z důvodu odstávky je zapotřebí nahradit výrobu tohoto týdne zásobami, která se musí zhotovit před započítáním samotné realizace.

Při pohledu na dopravu strojů z brněnského podniku je zřejmé, že zde bude samotné přemísťování stát také určité množství času. Zde se počítá s dobou samotné realizace stěhování opět 1 týden. Celkovou delimitaci lze tedy naplánovat do jediného týdne. Během tohoto týdne je třeba zajistit 5x dopravu a zároveň zajistit jeřábnické práce. Toto se promítne do nákladů na investici, kde bude tento faktor zohledněn.

Největší změna však proběhne v samotném výrobním procesu a to v technologickém postupu. Předpokládá se, že na nový stroj Okuma bude přenesena přibližně jedna čtvrtina výroby, což činí 50 000ks ložiskových klecí. Tím, že se bude část ložiskových klecí vyrábět na novém stroji, je třeba pro něj stanovit technologický postup. Zde se právě projeví výhoda modernizované výroby, jelikož všechny stávající technologie nyní nahradí jediný stroj. Toto odstraňuje přebytečné materiálové toky.

Tab. 5.1 Nový technologický postup.

Číslo op.	Stroj, pracoviště	Dílna	Popis práce	Výrobní pomůcky	Čas kusový t_A [min]
01/01	OKUMA	Obrobna	Upnout do upínacího přípravku, vystředit úchylkoměrem, frézovat dle programu.	Upínací přípravek, úchylkoměr, vrták, soustružnický nůž	12,0
02/02	R 420 EC	Obrobna	Součást nechat bubnovat pro sražení hran a odstranění ostřin, případně provést ručně	Pilník plochý, brusný papír Kepr 150.240.360	2,0
03/03	Kontrola	OTK	Kontrolovat správnost rozměrů, četnost každý 50. kus	posuvné měřítko 150 ČSN 15 1238, kalibr ČSN 25 3113, Měrka141-514-40011	-

Z tabulky 5.1 je patrné, že se změní i výrobní časy potřebné k vyrobení ložiskové klece. Velikost úspory času je dána rychlostí stroje a dále také zejména programem, podle kterého stroj pracuje. Na základě debaty s konzultantem podniku byly stanoveny výrobní sazby a celková doba frézování reprezentanta na 12 minut. Tímto dochází k úsporám celkového frézovacího času přibližně o 50%. Tento čas bude mít nepochybně důsledek na náklady výroby. Přehled je uveden v tabulce 5.2 a 5.3.

Tab. 5.2 Výrobní náklady stávající technologie

Stroj, pracoviště	sazba [Kč]	čas kusový [min]	čas kusový [hod]	sazba na kus
SPL 2-40	450	3.65	0.0608	27.38
SPL 2-40	450	3.65	0.0608	27.38
ruční	400	1	0.0167	6.67
VHP 60	450	15.85	0.2642	118.88
R 420 EC	400	3.5	0.0583	23.33
Celkem	-	27.65	0.46	203.63

Tab. 5.3 Výrobní náklady nové technologie

Stroj, pracoviště	sazba [Kč]	čas kusový [min]	čas kusový [hod]	sazba na kus
OKUMA	800	12	0.2	160
R 420 EC	400	2	0.0333	13.3333
Celkem	-	14.00	0.23	173.33

Z tabulek 5.2 a 5.3 můžeme stanovit úsporu v nákladech ve výrobě ložiskových klecí. Jednoduchou trojčlenkou lze stanovit, že nová technologie dosahuje nákladů ve výši 85% nákladů stávajících, což činí úsporu 15%. Navíc touto technologií dokážeme vyrobit ložiskovou klec rychleji, čímž se zvyšuje efektivita celého výrobního procesu. Je však třeba nutno podotknout, že pro realizaci nového technologie je nutná značná investice. Tato je blíže rozpracována v následující kapitole.

5.2 Hodnocení investice

Investování je jednou z aktivních složek financování podniku. Lze jej definovat jako jednorázové užití současných zdrojů za účelem získání budoucích užitků. Platí tedy, že ten, kdo investuje, obětuje současný důchod za příslib budoucího důchodu s cílem dosáhnout zisku. Toto je třeba ověřit, zda bude investice žádoucí. Nejdůležitějšími kritérii posouzení investice je:¹⁰

- Výnosnost (rentabilita)
- Rizikovost
- Doba splácení

Ideální je tedy taková investice, která se vyznačuje nízkou rizikovostí a vysokou výnosností. Skutečnost ale vypovídá o tom, že jsou si tyto kritéria protikladná. Investice velmi výnosná je zároveň velmi riskantní a na druhou stranu málo riskantní investice jsou málo výnosné. Podstatou hodnocení je tedy porovnání vynaloženého kapitálu s výnosy, které přinese investice.¹⁰

Při hodnocení efektivnosti investice budu postupovat v následujících krocích:

- určení kapitálových výdajů na investiční projekt
- odhadnutí peněžních příjmů plynoucí z investice
- vyčíslení současné hodnoty očekávaných cash flow z investice
- vyčíslení doby návratnosti a rentability

5.2.1 Určení kapitálových výdajů

Stanovení investičních nákladů je zaměřeno v našem případě zejména na stroje, jelikož podnikový záměr akciové společnosti ZKL Hanušovice je investovat do nových CNC strojů. Tyto investice jsou z hlediska stanovení kapitálových výdajů poměrně přesné pro stanovení nákladů. Mezi investiční výdaje bude zahrnuta cena nových strojů (včetně příslušenství a dopravy), doprava pro stroje z podniku ZKL Brno, a.s., jeřábnické práce a náklady spojené s přemístěním stávajících strojů (úprava elektroinstalace, úprava podkladů pro stroje a dělníci určení pro stěhování). Přehledně je vše zobrazeno v tabulce 5.4

Tab 5.4 Určení kapitálových výdajů

Položka	Cena [Kč]
CNC soustruh OKUMA I. - 371329€, kurz 25Kč (včetně příslušenství a dopravy)	9283225
CNC soustruh OKUMA II. - 371329€, kurz 25Kč (včetně příslušenství a dopravy)	9283225
doprava 5x	85000
jeřábnické práce	65000
náklady na přemístění stávajících strojů	50000
Celkem (IN):	18766450

Celková hodnota investiční výdajů je stanovena na 18 766 450,-. S touto sumou je třeba i uvažovat zdroj těchto výdajů. Na základě konzultace je pro podnik v současné době nejvýhodnější krytí celé této sumy ve formě úvěru. S úvěrem jsou spojeny náklady ve formě úroků, které snižují zisk. Proto je třeba tento úrok brát v úvahu při diskontování peněžních příjmů (úroková míra je složkou výpočtu podnikové diskontní míry). Diskontní míru vedení firmy stanovilo na $k = 8,5\%$.

5.2.2 Příjmy plynoucí z investice

Pro stanovení příjmů plynoucích z investice je nejprve zapotřebí zjistit náklady na provoz investičního majetku (stroje Okuma). Náklady je třeba stanovit v jednotlivých letech životnosti. Je třeba zmínit, že životnosti strojů Okuma jsou stanoveny na 10let. Na nové stroje bude převedeno 50 tisíc kusů ložiskových klecí typu M, mezi které patří i reprezentant výroby. Pouze v prvním roce je třeba uvažovat určitý náběh do výrobního procesu, a proto zde uvažují počet vyráběných kusů ve výši 35 tisíc. Na základě konzultace byla stanovena průměrná cena materiálu na výrobu ložiskových klecí. Celkové shrnutí určení nákladů na materiál je uvedeno v tabulce 5.5.

Tab. 5.5 Náklady na materiál

	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
průměrná cena	2,480	2,544	2,595	2,647	2,700	2,754	2,809	2,865	2,922	2,981
ks	35,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
celkem v tis. Kč	86,800	127,200	129,744	132,339	134,986	137,685	140,439	143,248	146,113	149,035

Kromě nákladů na materiál je nutné počítat s jinými náklady na provoz stroje. Mezi tyto se počítají náklady, jako jsou náklady na energii, mzdy a režii. Náklady na mzdy jsou uvažovány pro dva pracovníky obsluhující stroje Okuma. Na základě konzultace jsou režijní náklady stanoveny tak, aby odpovídaly nákladům na provoz stroje Okuma a to ve výši 7,2 milionů korun pro první rok provozu. V dalších obdobích je zvyšována cenová hladina v návaznosti na inflaci, kterou uvažují 2%. Shrnutí je uvedeno v tabulce 5.6.

Tab. 5.6 Náklady na provoz strojů Okuma (v tis. Kč)

	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
materiál	86,800	127,200	129,744	132,339	134,986	137,685	140,439	143,248	146,113	149,035
energie	65	69	73	77	82	87	92	98	104	110
mzdy + odvody	564	575	587	599	610	623	635	648	661	674
režie	7,200	7,344	7,491	7,641	7,794	7,949	8,108	8,271	8,436	8,605
celkové náklady	94,629	135,188	137,895	140,656	143,472	146,344	149,275	152,264	155,313	158,424

Dále bude zapotřebí určit plán prodeje. Zde bude uvažováno pro první rok vyrobit 35 tisíc kusů mosazných klecí a na další období po 50 tisících kusech mosazných klecí typu M. Na základě konzultace byla stanovena průměrná výše ceny prodaného kusu na 2760 Kč. Dále v tabulce je uvažována inflace ve výši 2%. Tržby jsou uvedeny v tabulce 5.7.

Tab. 5.7 Plán prodeje

	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
vyrobených ks	35,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000	50,000
průměrná cena	2,760	2,815	2,872	2,929	2,988	3,047	3,108	3,170	3,234	3,298
plánované tržby (v tis. Kč)	96,600	140,760	143,575	146,447	149,376	152,363	155,410	158,519	161,689	164,923

5.2.3 Čistá současná hodnota investice

U investovaného stroje je zřejmé, že budou očekávané příjmy z investice plynout po řadu let. V ekonomii na tyto příjmy působí faktor času, který způsobuje, že hodnota dnešních peněz je cennější než hodnota peněžní jednotky v budoucnu. Z tohoto důvodu je nutné přepočítat budoucí hodnotu na současnou hodnotu. Jako přepočítávací koeficient bude použit koeficient diskontní míry, který je obsažen ve vzorci pro výpočet současné hodnoty cash flow (5.1). Tento je složen ze součtu diskontovaného cash flow po dobu životnosti stroje. (10)

$$SHCF = \frac{CF_1}{(1+k)^1} + \frac{CF_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+k)^n} = \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+k)^i} \quad (5.1)$$

kde: SHCF – současná hodnota cash flow

CF_i – očekávaná hodnota cash flow v období i ($i = 1$ až n)

k – diskontní míra

n – očekávaná životnost investice v letech

Hodnotíme-li investici na základě současné hodnoty cash flow, je přijatelná každá varianta, která má vyšší současnou hodnotu cash flow než je výše samotné investice. S tímto souvisí i výpočet čisté současné hodnoty investice. (10)

$$\check{S}HI = SHCF - IN \quad (5.2)$$

kde: $\check{S}HI$ – čistá současná hodnota investice

IN – náklady

Výpočet čisté současné hodnoty investice spolu s plánem zisků je uveden v tabulce 5.8

Tab. 5.8 Výpočet čisté současné hodnoty investice (v tis Kč).

	1. rok	2. rok	3. rok	4. rok	5. rok	6. rok	7. rok	8. rok	9. rok	10. rok
tržby	96,600	140,760	143,575	146,447	149,376	152,363	155,410	158,519	161,689	164,923
provozní náklady bez odpisů	94,629	135,188	137,895	140,656	143,472	146,344	149,275	152,264	155,313	158,424
odpisy	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877	1,877
zisk před zdaněním	94	3,695	3,804	3,915	4,027	4,142	4,259	4,378	4,499	4,623
sazba daně	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19	0.19
daň	18	702	723	744	765	787	809	832	855	878
zisk po zdanění	76	2,993	3,081	3,171	3,262	3,355	3,450	3,546	3,644	3,744
odpisy	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872	1,872
cash flow	1,948	4,865	4,953	5,042	5,134	5,227	5,321	5,418	5,516	5,616
diskont. cash flow	1,795	4,132	3,878	3,638	3,414	3,204	3,006	2,821	2,647	2,484
Diskontovaný cash flow za 10 let provozu celkem (SHCF)										31,019.6
Čistá současná hodnota investice (-18 776 450 + 31 019 611)										12,253

Je-li čistá současná hodnota investice kladná, investici můžeme přijmout. V mém případě byla vypočítána hodnota čisté současné hodnoty investice na přibližně 12 milionů, což je částka, která nám určí, že tuto investici můžeme přijmout.

Existují zde však rizika investice, což je riziko, že nebude dosaženo investičních výnosů z provozu. Patří zde mnoho vlivů, jejichž sílu lze jen velmi obtížně stanovit. Jde o vývoj inflace, vliv měnících se podmínek na trhu či změna legislativních podmínek. Podnik by měl dbát na dokonalou analýzu trhu, především předpovědět objem prodávaného zboží a jeho cenu. Dále je důležitý důraz na výrobní úsek a s ním spojené výrobní náklady, materiálové kalkulace výrobků apod. Nemálo důležité je i finanční rozhodování podniku o ceně použitých zdrojů, tedy úvěru na krytí investičního majetku. Tyto faktory a mnoho dalších ovlivňují budoucí vývoj výnosů z investice a je třeba jim věnovat značnou pozornost. (10)

5.2.4 Rentabilita a doba splácení investice

Při výpočtu rentability výnosnosti investic se vychází z toho, že změny v objemu výroby a změny v nákladech vyvolají změnu v ziscích. Pro výpočet rentability investice se užívá vzorec (5.3). (10)

$$ROI = \frac{Z_r}{IN} \quad (5.3)$$

kde: Z_r – průměrný čistý roční zisk plynoucí z investice
 IN – náklady na investici

Průměrný roční zisk plynoucí z investice je uvažován jako průměrná hodnota zisků po zdanění. Průměrná hodnota je vypočítána z hodnot tabulky 5.8.

$$ROI = \frac{(76 + 2993 + 3081 + 3171 + 3262 + 3355 + 3450 + 3546 + 3644 + 3744): 10}{18766450}$$

$$ROI = 16,2\%$$

Výsledek výpočtu poukázal na hodnotu rentability 16,2%. Tato hodnota se jeví jako malá, nicméně musíme uvažovat, že je uvažována životnost investice 10 let. Hodnota napovídá, že v budoucnu by měla investice za deset let vrátit 62% vloženého investičního vkladu. Rentabilitu je lépe ukázat na výpočtu doby splácení investice.

Metoda doby splácení je výpočet takového období, za které tok příjmů přinese hodnotu odpovídající nákladům investice. Jelikož jsou hodnoty cash flow v každém roce odlišné, použijí pro výpočet tabulku, kde budou kumulovaně odpočítávány náklady na investici. Jelikož standardní metoda doby splácení se řadí mezi takzvané statické metody hodnocení efektivnosti investice, což znamená, že metoda nebere v úvahu časové faktory, budu ve výpočtu používat diskontovaný faktor, čímž se odstraní hlavní nevýhoda statické metody. Výpočet je uveden v tabulce 5.9. Ke splacení investice dojde tehdy, kdy se hodnota v diskontovaného cash flow dostane do kladných čísel.

Tab. 5.9 Výpočet doby splácení investice užitím diskontovaného cash flow.

rok	diskontované cash flow	
	ročně	kumulovaně
0	-18,766,450	-18,766,450
1	1,795,451	-16,970,999
2	4,132,369	-12,838,630
3	3,877,555	-8,961,075
4	3,638,479	-5,322,596
5	3,414,161	-1,908,435
6	3,203,687	1,295,251
7	3,006,197	4,301,448
8	2,820,886	7,122,334
9	2,646,999	9,769,332
10	2,483,828	12,253,161

Z tabulky můžeme odhadnout, že investice se zaplatí mezi pátým a šestým rokem. Hodnotu lze určit přesněji a to jednoduchou trojčlenkou.

3 203 687...1 rok

1 908 435...x roku

$x/1 = 1\,908\,435 / 3\,203\,687 \Rightarrow x = 0,596$ roku, což je 7,2 měsíce

Investice se tedy zaplatí během 5 let a 7,2 měsíců. Tato hodnota je menší, než je uvažovaná doba životnosti, z čehož vyplývá, že investici je možno uvažovat za akceptovatelnou, jelikož nám bude po dobu, kdy bude stroj vydělávat přinášet budoucí očekávané zisky.

5.3 Zhodnocení technicko-ekonomického propočtu

Z provedeného technicko-ekonomického zhodnocení vyplývá, že kritéria stanovená koncepčními záměry podniku budou dodržena. Pro nákladové kritérium hovoří fakt, že náklady na hodinový provoz nového stroje jsou sice vyšší, nicméně touto novou technologií bude moci být vyrobena mosazná klec rychleji, čímž se sníží náklady na výrobu jednoho kusu oproti stávající výrobní technologii. Zároveň bylo splněno i druhé kritérium ziskovosti, kdy bylo propočítáno, že se investice dle uvažovaných nákladů a tržeb splatí za 5 let a 7,2 měsíců. Jestli budeme uvažovat životnost stroje 10 let, investice nám ve zbylých 4 letech a 4,8 měsících přinese zisk přibližně 12 253 161 Kč.

ZÁVĚR

Cílem mé diplomové práce bylo zajistit návrhy centralizovaného výrobního procesu, který se zabývá výrobou mosazných ložiskových klecí pro valivá ložiska. Tyto návrhy jsem v diplomové práci provedl na základě analýzy současného stavu, ze které plynou uváděné nevýhody. Tyto nevýhody jsem se snažil v projektu odstranit za podpory mnohačetných návštěv ve výrobním závodě ZKL Hanušovice a.s. za současných konzultací s vedoucími pracovníky.

Nejvhodnější variantu návrhu výrobního procesu jsem na základě konzultací s vedoucím diplomové práce detailně rozpracoval. Toto rozpracování zahrnovalo jak technickou dokumentaci, tak kontrolní kapacitní propočty. Tento výpočet poukázal na to, že tato varianta je uskutečnitelná z pohledu kapacit.

Variantu bylo nutno dále zkontrolovat z ekonomického pohledu. Tato kontrola byla provedena ekonomickými výpočty doporučenými zástupci Fakulty podnikatelské v Brně.

Při celkovém pohledu na projekt centralizace výroby mosazných klecí pro valivá ložiska byl proveden návrh řešení, který obsahuje:

- Odstranění nevýhody rozčleněné výroby mosazných klecí za současného zlepšení hygieny a techniky pracovního prostředí.
- Odstranění nevýhody zastaralé výroby doporučením o zakoupení nového výrobního stroje. Je nutno podotknout, že tato varianta s sebou nese nevýhody na větší investice do projektu centralizace a dále větší nároky na technickou přípravu vlivem nové technologie. Na druhou stranu, tato varianta s sebou nese nejvíce výhod shodnými s koncepčními záměry podniku.
- Vlivem moderní technologie jednoznačně dojde ke snížení výrobního času. Je nutné uvést, že zde byl proveden odhad budoucího výrobního času na základě konzultace v podniku.
- Návrh projektu centralizace za současné modernizace je podložen technicko-ekonomickými propočty, které poukázaly na výhodnost této investice a to z důvodu návratnosti za 5,7 let. Je však nutno podotknout, že na základě konzultace bylo uvažováno s náklady a tržbami plynoucími z průměrných cen výrobního sortimentu převedeného na nový investiční majetek. Tímto se můžou stát tyto hodnoty zkreslenými.
- Zlepšení operativního řízení výroby, kdy vlivem pořízení nového investičního majetku dochází k více variantám výroby jedné součásti, čímž se jednotlivé technologie stávají zastupitelné při výskytu poruchy.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. 185 s. ISBN 80-214-0385-3
2. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I*. 3.vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6
3. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem*. 4.vyd. Brno: PC-DIR Real, s.r.o., 2000.164 s. ISBN 80-214-1698-X
4. ŠTRONER, Marek. *Technologie III: Manipulace s materiálem* [online]. [cit. 2010-01-10]. Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/opory.htm>>
5. ZELENKA, Antonín., KRÁL, Mirko. *Projektování výrobních systémů*. 1. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. 365 s. ISBN 80-01-01302-2
6. ŠTRONER, Marek *Technologické projektování: Značky pro postupové grafy* [online]. [cit. 2010-02-02]. Dostupné z WWW: <<http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni.htm>>
7. *ZKL, a.s.: Historie koncernu ZKL* [online]. [cit. 2010-02-18]. Dostupné z WWW: <http://www.zkl.cz/cs/czech/koncern_zakl_profily.aspx?name=hanusovice>
8. DUŠEK, Miloslav. *Katalog obráběcích a tvářecích strojů*. [CD-ROM]. Vlastimil Souba. Praha: OCS Consulting Praha, 1999 [cit. 2009-03-18].
9. OKUMA Europe [online]. [cit. 2010-04-01]. Dostupné z WWW: <<http://www.okuma.de/mainframe.asp?lang=en&e1=922>>
10. SYNEK, Miloslav a kol. *Manažerská ekonomika*. 2. vyd. Praha: Grada Publishing, 2001. 480 s. ISBN 80-247-1992-2.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka	Jednotka	Popis
CF_i	[Kč]	očekávaná hodnota cash-flow v období i ($i = 1$ až n)
ČSHI	[Kč]	čistá součaná hodnota investice
D_{evc}	[os]	hodnota evidenčních dělníků
D_k	[os]	pracovníci kontroly
D_{pop}	[os]	pracovníci pomocní a obslužní
D_{pp}	[os]	vpomocný dělník pomocné výroby
D_{pz}	[os]	pomocný dělník základní výroby
D_{vp}	[os]	výrobní dělník pomocné výroby
D_{vs}	[os]	pracovníci výrobní strojního pracoviště
D_{vz}	[os]	základní výrobní dělník
E_d	[hod/rok]	efektivní časový fond dělníka
E_r	[hod/rok]	efektivní časový fond ručního pracoviště
E_s	[hod/rok]	efektivní časový fond strojního pracoviště
F_P	[m ²]	plocha pomocná
F_{Pdc}	[m ²]	pomocná plocha vnitřních dopravních cest
F_{Phn}	[m ²]	pomocná plocha hospodaření s nářadím
F_{phno}	[m ²]	plocha ostřírny
F_{Phnv}	[m ²]	plocha výdejny
F_{Pk}	[m ²]	pomocná plocha kontroly
F_{Pk}	[m ²]	plocha pracoviště kontroly
F_{Pr}	[m ²]	provozní podlahová plocha
$F_{přestřešená}$	[m ²]	plocha přestřešená
F_{Pskl}	[m ²]	pomocná plocha skladová
$F_{Pú}$	[m ²]	pomocná plocha údržba
$F_{Pú}$	[m ²]	plocha údržby
F_r	[m ²]	výrobní plocha ručních pracovišť
F_s	[m ²]	výrobní plocha strojních pracovišť
$F_{úz}$	[m ²]	plocha územního závodu
F_v	[m ²]	plocha výrobní
G_i	[kg]	hmotnost i -tého výrobku
G_p	[kg]	hmotnost zvoleného představitele
IN	[Kč]	celkové investiční náklady
ITA	[os]	počet pracovníků inženýrsko-technických a administrativních

Zkratka	Jednotka	Popis
k	[-]	diskontní míra
k_{pn}	[-]	koeficient překračování norem
m	[ks]	počet vyráběných druhů výrobků
N	[ks]	počet vyráběných kusů
n	[rok]	očekávaná životnost investice
n_i	[ks/rok]	počet i -tého výrobku
N_p	[ks/rok]	přepočtený počet kusů představitele
P_c	[os]	celkový počet pracovníků vázaný k výrobě
P_r	[ks]	počet ručních pracovišť
P_{sk}	[ks]	skutečný počet strojů
P_{sko}	[ks]	počet strojů ostřírny
$P_{skú}$	[ks]	počet strojů údržbářské dílny
P_{th}	[ks]	teoretický počet strojů
SHCF	[Kč]	současná hodnota cash-flow
S_s	[-]	směnnost strojního pracoviště
$S_{využ}$	[-]	součinitel využití
S_{zast}	[-]	součinitel zastavení
t_i	[Nh]	pracnost i -tého výrobku
t_k	[N_{min}]	kusový čas na danou operaci
t_p	[Nh]	pracnost i -tého představitele
Z_r	[Kč]	průměrný čistý roční zisk plynoucí z investice
η_{op}	[%]	využití strojů dané operace
η_{sk}	[%]	skupinové využití strojů

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Výrobní výkres klece 23 220
Příloha 2	Současný stav dispozičního řešení ZKL Hanušovice, a.s.
Příloha 3	Současný stav dispozičního řešení ZKL Brno, a.s.
Příloha 4	Návrh dispozičního řešení A
Příloha 5	Návrh dispozičního řešení B
Příloha 6	Návrh dispozičního řešení C
Příloha 7	Materiálové toky varianty C