



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

DISPOZIČNÍ ŘEŠENÍ MALÉ OBROBNY V RÁMCI DANÉ FIRMY

LAYOUT SOLUTION OF A SMALL WORKMANSHIP WITHIN A GIVEN COMPANY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Daniel Bodnár

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Marek Štroner, Ph.D.

BRNO 2020

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Daniel Bodnár**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Marek Štroner, Ph.D.**
Akademický rok: 2019/20

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 bakalářské práce:

Dispoziční řešení malé obrobny v rámci dané firmy

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě volby charakteristické součástky v dané firmě a její obrobny provést kapacitní propočty a návrhy rozmístění strojů, tedy jejich dispozičních řešení. Důraz je kladen na ušetření výrobní plochy a optimalizace materiálových toků.

Cíle bakalářské práce:

1. Volba součástky.
2. Kapacitní propočty.
3. Návrh dispozičního řešení.
4. Zhodnocení návrhu.

Seznam doporučené literatury:

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

HLAVENKA, Bohumil. Manipulace s materiálem (Systémy a prostředky manipulace s materiálem). 1. vyd. Brno: VUT-FSI, 1990, 164 s. ISBN 80-214-0068-4.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1.vyd. Brno: VUT-FSI, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

SAMEK, Jaroslav. Modely optimálního rozmístění výroby. 1.vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.

ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. 1. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2007. 136 s. ISBN 978-80-01-03912-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2019/20

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

BODNÁR Daniel: Dispoziční řešení malé obrobny v rámci dané firmy.

Práce se zabývá návrhem dispozičního řešení obrobny pro výrobu těla trysky systému horkých vtoků, vyráběné v sérii 9000 ks/rok. V teoretické části jsou popsány základní postupy a zásady při technologickém projektování. V praktické části byly na základě zpracovaných kapacitních propočtů navrženy dvě varianty dispozičního řešení. Objekt navržený v první variantě má rozlohu 237 m², objekt ve druhé variantě 211 m². Varianty byly vyhodnoceny z hlediska technického a ekonomického.

Klíčová slova: Technologické projektování, horký vtok, obrobna, kapacitní výpočty, dispoziční řešení, materiálový tok

ABSTRACT

BODNÁR Daniel: Layout solution of a small workmanship within a given company.

Thesis is focused on machining workshop layout design for hot runner nozzle production. Production volume is 9,000 pcs/year. Theoretical part describes workflow and principles of technological design process. Based on capacity calculations, two variants of production plant layout were designed. The first design has an area of 237 m², the second one 211 m². The two variants were evaluated in terms of technical and economical aspects.

Keywords: Technological preparation of production, technological design, hot runner system, machining workshop, capacity calculations, layout, material flow

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

BODNÁR, Daniel. *Dispoziční řešení malé obrobny v rámci dané firmy* [online]. Brno, 2020 [cit. 2020-06-26]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/121457>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Marek Štroner.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Tímto prohlašuji, že předkládanou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně, s využitím uvedené literatury a podkladů, na základě konzultací a pod vedením vedoucího bakalářské práce.

V Polniče dne 25.6.2020

.....

Daniel Bodnár

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Marku Štronerovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Děkuji také všem ochotným zaměstnancům firmy CECHO – BOHUMIL CEMPÍREK, s.r.o. za spolupráci při řešení. Největší díky patří mé rodině za neustálou podporu při studiu.

OBSAH

Zadání	
Abstrakt	
Bibliografická citace	
Čestné prohlášení	
Poděkování	
Obsah	
	Str.
ÚVOD	9
1 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ	10
1.1 Postup při přípravě a uskutečňování návrhů	11
1.2 Metody používané při sestavě návrhů	12
1.2.1 Analýza materiálových toků	12
1.3 Kapacitní propočty	13
1.3.1 Efektivní časové fondy.....	14
1.3.2 Počet pracovišť	14
1.3.3 Počet pracovníků	15
1.3.4 Výměry ploch.....	17
1.4 Základní způsoby rozmístění pracovišť	18
1.5 Zásady rozmíst'ování strojů třískového obrábění	20
2 PRAKTICKÁ ČÁST	22
2.1 Výběr součástí	22
2.2 Kapacitní propočty	23
2.3 Návrh dispozičního řešení.....	27
2.4 Zhodnocení návrhu	28
ZÁVĚRY	30
Seznam použitých zdrojů	
Seznam použitých symbolů a zkratk	
Seznam obrázků	
Seznam tabulek	
Seznam příloh	
Seznam výkresů	

ÚVOD [1], [2], [3], [20], [21], [22]

Od samého začátku sériové výroby se neustále hledají způsoby, jak snížit výrobní náklady a pracnost a zvýšit produktivitu. Od toho se odvíjí rostoucí nároky na technické činnosti spojené s výrobou, jako je konstruování, výrobní technologie, kontrola kvality a jiné. Jedním z těchto oborů je i technologická příprava výroby, která naprosto zásadně výrobu ovlivňuje a má přímý vliv na její efektivitu.

Důležitou součástí technologické přípravy výroby je i technologické projektování, pod které spadá příprava prostředí, ve kterém se výroba uskutečňuje. Jedná se o obor, ve kterém jsou na základě požadavků zpracovávány projekty pro uskutečnění investic do nových výrobních obehů. V současné době řeší technologičtí projektanti komplexní problémy, jako jsou návrhy obrobů, výrobních systémů s integrovanými robotizovanými pracovišti, nebo kompletních výrobních linek. Častým úkolem je také inovace stávajícího výrobního procesu použitím novějších a produktivnějších výrobních technologií. K dosažení správného řešení se od projektantů vyžadují dobré znalosti analytických metod, možností moderních výrobních systémů a výrobních procesů.

Dobře zpracovaný a provedený technologický projekt pak vede ke značným úsporám pro firmy, díky minimalizaci manipulačních nákladů a maximalizaci využití výrobních prostředků.

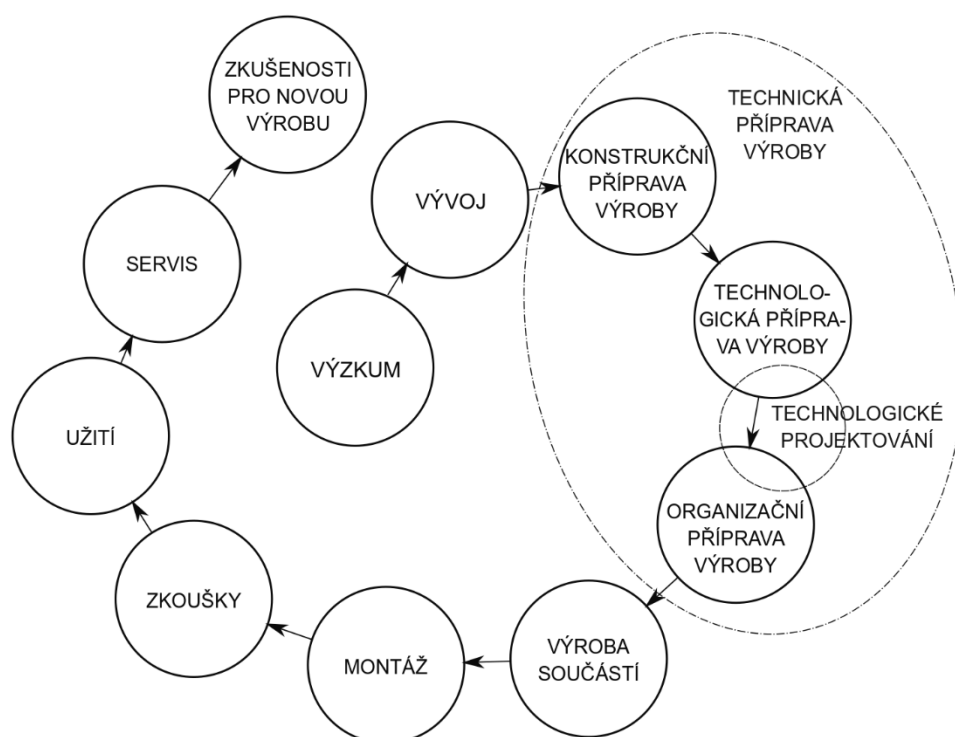


Obr. 1 Příklad předmětu práce technologických projektantů – a) obrobna [20],
b) výrobní linka [21], c) výrobní hala s mostovým jeřábem [22]

TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ [1], [2], [3], [4]

Obor technické přípravy výroby stál u samotného počátku sériové výroby, a neustále se rozvíjel. Úkolem technické přípravy výroby (dále TPV) je navrhnout konstrukci výrobku, stanovit hospodárný způsob jeho výroby a zajistit výrobní dokumentaci a organizaci veškeré práce. Z toho vyplývá možnost rozdělit TPV na tři oblasti – konstrukční, technologickou a organizační. Tyto oblasti na sebe vzájemně navazují, jak je zřejmé z obr. 2.

Technologické projektování je činnost, která spočívá v navrhování variant a zpracovávání podmínek pro optimální využití všech zdrojů podniku, které ovlivní efektivnost celé výroby. V rámci TPV by se technologické projektování dalo zařadit do oblasti technologické i organizační. Výsledkem technologického projektu je komplexní technologicko – organizační projekt výroby. Ten v sobě zahrnuje technickou a projektovou dokumentaci, která umožní uvedení optimální varianty do praxe a zahájení výroby.



Obr. 2 Zařazení technologického projektování v cyklu vývoje výrobku [1]

Předmětem technologického projektování je konkrétní výroba. Ta se dá zjednodušeně charakterizovat jako systém, tedy „organizované množství prvků, které jsou vzájemně vázány a které plní určité funkce“ [4]. Projektované systémy mají své cílové chování a definované vazby s okolím. Z teorie vyplývá, že nejlépe fungují systémy relativně izolované, tedy systémy s relativně jednoduchými vazbami vůči okolí.

Zevnitř je systém je tvořen prvky a vztahy mezi prvky. Co jednotlivé prvky představují záleží na řádu výrobního systému. Systémy nejnižšího řádu jsou tvořeny nejmenšími jednotkami schopnými plnit základní funkce - pracovišti. Tím může být např. obráběcí stroj s obsluhou nebo zámečnické pracoviště včetně dělníka. Výrobní systémy vyšších řádů jsou tvořeny skupinou vzájemně vázaných pracovišť, ty většinou tvoří celek s ohledem na technologický postup. Kromě dělníků a jejich pracovišť jsou v nich zahrnuti i inženýrsko-techničtí a administrativní pracovníci (dále ITA), jako jsou mistři, technologové, programátoři.

1.1 Postup při přípravě a uskutečňování návrhů [1], [2], [4], [11]

Na přípravě návrhů by se kromě technologů a projektantů měli podílet i ekonomové, odborníci z oblasti managementu a specialisté na ochranu životního prostředí. Z ekonomického hlediska se dá příprava projektu rozdělit do dvou fází – předinvestiční a investiční.

Nejčastějším úkolem projektantů bývá racionalizace, tedy systematické zefektivnění stávající výroby pomocí inovací. Méně častým úkolem je navrhnout novou výrobu od základů na základě požadovaného výrobního programu. V obou případech probíhá proces přípravy návrhu v následujících etapách:

- **diagnostika (orientační průzkum)**

V této fázi probíhá prvotní seznámení s řešeným problémem a jsou identifikovány hlavní články problému. Tato fáze je důležitá ke stanovení racionálního a metodického přístupu k problému. Měli by ji provádět nejzkušenější pracovníci se znalostí vzájemné závislosti jevů a jejich příčin.

- **sběr informací**

Přestože je někdy tendence sběr informací opomíjet a brát jej pouze jako pomocnou práci, nemůže být nikdy vynechán, protože se bez něj nedá obejít v dalších krocích. Tuto práci je nutné organizovat tak, aby byly všechny potřebné informace ve stanoveném termínu připraveny na rozbor. Získávané informace se týkají zejména výrobního plánu, výrobních procesů, procesu řízení apod. Existují dva způsoby získávání informací. Prvním je získávání informací z evidence, druhým z pozorování. Informace z evidence jsou snadno dostupné, ale bývají již zpracované a tím pádem jsou těžko interpretovatelné bez znalosti původních dat. Způsob získávání informací pozorováním je mnohdy náročnější, zato vždy poskytuje přesné a aktuální informace. Všechny získané informace je pak nutné zpracovat (např. vykreslit do grafů, statisticky zpracovat, sepsat rešerše) pro rozbor.

- **rozbor (analýza)**

V této fázi je využito informací z minulé etapy. Z jejich dobře provedené analýzy vyplynou varianty řešení zadaného problému. Vzhledem k tomu, že řešeným problémem bývá komplexní systém ovlivňovaný mnoha faktory, rozbor by se měl všemi z nich zabývat. V případě komplexních projektů se jedná např. o rozbor stávajícího řešení, materiálových toků, manipulace, standardizace, využití strojů aj. Zkoumaný problém je posuzován všestranně z různých hledisek, např. z hlediska ekonomického, technického, ergonomického, sociologického a dalších. Touto etapou končí předinvestiční fáze přípravy a musí být rozhodnuto o zamítnutí nebo uskutečnění projektu.

- **návrh**

Ve fázi návrhu je nejvíce uplatňován talent a tvůrčí schopnosti pracovníků. Ti musejí postupovat samostatně, s vhodným využíváním vzorových řešení a dříve zpracovaných dílčích návrhů. Ve velké míře tak využívají předchozích zkušeností. Jsou zpracovány jednotlivé varianty řešení, včetně ekonomického zhodnocení navržených variant. Na základě toho je vybrána optimální varianta a k ní je vypracována veškerá technická dokumentace.

Při projektování daného celku nesmí pracovník zapomenout na řešení styčných vazeb s vyšším celkem. Nezbytnou součástí výsledného projektu je také časový plán realizace a návrh náběhu výroby, který ovlivňuje efektivnost akce a dobu návratnosti investice.

- **realizace**

Tato fáze představuje završení celého návrhového procesu a také zkušební kámen finálního návrhu. Při realizaci a následném zahájení provozu se většinou brzy projeví nedostatky projektové přípravy. Vlastní realizace spočívá ve výstavbě, instalaci a zahájení zkušebního provozu dle připravené projektové dokumentace a časového plánu. Měla by v sobě zahrnovat

i zaškolení všech zainteresovaných pracovníků. Může být zabezpečena dodavatelsky, vlastními silami, nebo kombinací obojího. Po skončení zkušebního provozu dojde k předání uživateli, součástí toho by mělo být podepsání předávacího protokolu a dodání dokumentace skutečného stavu po dokončení projektu.

Etapa realizace by měla být co nejkratší, aby co nejméně nepříznivě ovlivňovala původní záměr a ekonomii akce. Tohoto se docílí především pečlivým studiem informací a přípravou projektu v předchozích etapách. I po dokončení etapy realizace je třeba určitou dobu sledovat nový provoz, a na základě toho zpracovat závěrečné vyhodnocení projektu.

1.2 Metody používané při sestavě návrhů [2], [4], [7], [10]

V dřívější době se projektanti při přípravě návrhů spoléhali hlavně na své zkušenosti a intuici. V dnešní době ale existuje množství metod použitelných pro etapy zpracování rozboru a návrhu, které pomáhají projektantům dojít k optimálnímu řešení. V průběhu návrhu je třeba nespolehat se pouze na jednu metodu, ale vzájemně různé metody kombinovat.

V etapě rozboru je důležité provést analýzu součástkové základny, kdy se řeší např. zařazení vyráběného sortimentu do konstrukčních skupin a podíl jednotlivých skupin na objemu výroby, sériovost výroby, velikosti výrobních dávek. Pro účely této práce zde budou podrobněji popsány základní metody analýzy materiálových toků.

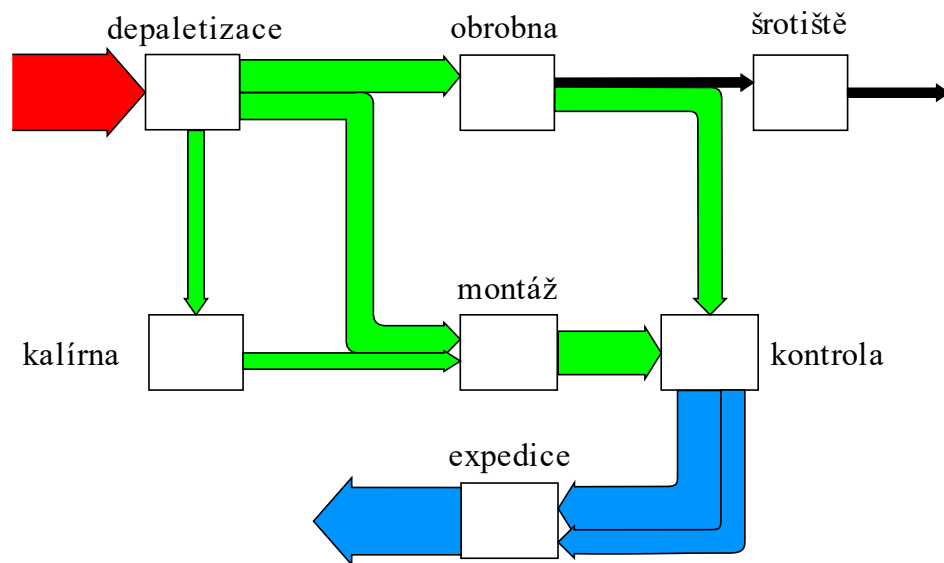
1.2.1 Analýza materiálových toků [1], [2], [7], [10]

Tyto metody pomáhají vyjádřit intenzitu materiálových toků – např. mezi pracovišti nebo mezi jednotlivými objekty podniku. Intenzita materiálových toků mezi jednotlivými objekty dává cenné informace o vhodném vzájemném umístění těchto objektů. Všestranným nástrojem pro zobrazení vzájemných vztahů je Sankeyův diagram (příklad na obr. 3). K jeho sestavení je zapotřebí odpovídají šachovnicová tabulka materiálových toků (tab. 1).

Tab. 1 Šachovnicová tabulka meziobjektových materiálových toků v tunách za rok [2],[7]

kam odkud	okolí	depal.	obrobna	kalírna	montáž	kontrola	šrotiště	expedice	celkem dodáno
okolí	X	70	-	-	-	-	-	-	70
depaletizace	-	X	30	15	25	-	-	-	70
obrobna	-	-	X	-	-	22	8	-	30
kalírna	-	-	-	X	15	-	-	-	15
montáž	-	-	-	-	X	40	-	-	40
kontrola	-	-	-	-	-	X	-	62	62
šrotiště	8	-	-	-	-	-	X	-	8
expedice	62	-	-	-	-	-	-	X	62
celk. odebráno	70	70	30	15	40	62	8	62	357

Šachovnicová tabulka vztahů udává množství manipulovaného materiálu mezi jednotlivými objekty za sledované časové období. Jednotkou jsou běžně tuny za rok, může se ale jednat i o kusy za den a podobně. Objekty v řádcích představují odesílatele, objekty ve sloupcích příjemce. Na konci tabulky je vhodné uvést sumu manipulací, ta je užitečná k ověření správnosti vyplněné tabulky. Kvůli tomu se také zavádí fiktivní objekt „okolí“, protože platí, veškerý materiál co do objektu přijde, z něj musí i odejít (pokud nepočítáme zanedbatelné množství materiálu, které se ztratí vlivem použitých technologií).



Obr. 3 Sankeyův diagram intenzity materiálových toků odpovídající tab. 1 [2]

Při konstrukci Sankeyho diagramu se vychází ze záznamů materiálových toků v šachovnicové tabulce a schematického nákresu rozmístění pracovišť v objektu. Schéma objektu může, ale nemusí být v měřítku. Jednotlivé materiálové toky pak zakreslíme do diagramu jako spojnice směřující od odesílatele k příjemci. Tloušťky spojnic odpovídají podle zvoleného měřítka množství manipulovaného materiálu. Je také vhodné barevně odlišit druhy manipulovaného materiálu, např. podle stadia rozpracování výrobků, zda se jedná o materiál vstupující nebo vystupující z objektu, odpad, aj.

Už tyto jednoduché nástroje pomohou odhalit klíčové uzly, kudy proudí nejintenzivnější materiálový tok. Mohou také poukázat na případné problémy, jako je například manipulace velkého množství materiálu na zbytečně velkou vzdálenost nebo křížení intenzivních materiálových proudů.

1.3 Kapacitní propočty [1], [2], [4]

Na základě provedeného rozboru zpracovávaného projektu je nutné provést takzvané kapacitní propočty. Ty poskytnou teoretické informace například o množství potřebných:

- strojů, zařízení a pracovišť
- manipulačních prostředků
- výrobních a pomocných dělníků a ITA pracovníků
- výrobních, pomocných a správních ploch
- jednotlivých druhů energií

Kapacitní propočty se dělí na dynamické a statické. Dynamické propočty řeší potřeby zdrojů ve stanovených úsecích času na základě operativních plánů a používají se tam, kde se často mění výrobní sortiment a objem výroby na základě aktuálních tržních požadavků.

Statické propočty dávají informaci o průměrné potřebě zdrojů za celé časové období, jsou tedy vhodné pro zajištění investic a lidských zdrojů. Mohou se dále dělit na propočty přesné a přibližné. Přibližné výpočty se zpracovávají na základě přímých nebo nepřímých ukazatelů. Tyto ukazatele jsou vždy vztaženy na základní jednotku objemu výroby. Příkladem těchto ukazatelů je např.:

- roční objem výroby na jednoho pracovníka – v Kč/pracovníka, t/pracovníka
- roční objem výroby na výrobní plochu – v Kč/m², t/m²
- roční objem výroby na počet strojů a zařízení – Kč/stroj, t/stroj
- roční objem výroby na spotřebu energie - t/kWh

a podobně. Hodnoty těchto ukazatelů je třeba získat z co nejvíce srovnatelného provozu (z hlediska výrobního programu, organizace, používaných technologií), aby byly výpočty dostatečně vypovídající. Když jsou známy tyto ukazatele, lze získat informaci o potřebě zdrojů na plánovaný roční objem výroby v plánovaném provozu.

Pro sestavení podrobných kapacitních propočtů musí být znám plán výroby, v počtech vyráběných kusů za rok, včetně podrobné technologické dokumentace. Pomocí nich pak lze získat poměrně přesné počty potřebných výrobních zdrojů porovnáváním časových jednotek potřebných na zhotovení výrobního programu s disponibilní kapacitou pracovišť.

1.3.1 Efektivní časové fondy [1], [2], [4]

K přesnému stanovení potřebného množství pracovišť, strojů a dělníků je třeba nejprve znát jejich efektivní časové fondy, tedy jak dlouho v roce mohou pracovat. Efektivní časové fondy je zvykem vyjadřovat v hodinách za rok v jedné směně. Liší se podle toho, zda se jedná o ruční nebo strojní pracoviště.

U ručního pracoviště je efektivní časový fond stejný, jako počet pracovních hodin ve směně:

$$E_r = D_{prac} \cdot H_{sm} \quad (1.1)$$

kde: E_r – efektivní časový fond ručního pracoviště [h/rok]

D_{prac} – počet pracovních dní v roce [den]

H_{sm} – délka směny [h]

U strojního pracoviště je nutné počítat s časem na plánované odstávky a poruchy. Tato doba, během které strojní pracoviště nemůže pracovat, byla vyčíslena na 4 – 8 % z celkového počtu pracovních dní:

$$E_s = E_r - (0,04 \div 0,08)E_r \quad (1.2)$$

kde: E_s - efektivní časový fond strojního pracoviště [h/rok]

Efektivní časový fond dělníka získáme, když od plánovaného počtu pracovních dní v roce odečteme délku dovolené a předpokládanou délku pracovní neschopnosti. Jako délku dovolené můžeme uvažovat minimální státně stanovenou délku 4 týdnů, tedy 20 dnů. Pracovní neschopnost se pohybuje průměrně okolo 15 dní za rok.

$$E_d = (D_{prac} - (D + M)) H_{sm} \quad (1.3)$$

kde: D – počet dní dovolené [den]

M – předpokládaný počet dní pracovní neschopnosti [den]

1.3.2 Počet pracovišť [1], [2], [4]

Pro zjištění potřebného počtu pracovišť, na kterých bude prováděna výrobní operace, je nutné znát pracnost dané operace, tedy kusový čas. Ten se dá vyjádřit jako součet jednotkového času a příslušného podílu dávkového času.

Vlivem dosažení zručnosti při opakování činnosti dělníci dokáží mírně zkrátit potřebný kusový čas, což se projeví přesazením norem. Toto se do výpočtu zahrnuje zavedením koeficientu překračování norem k_{pn} , který se pohybuje v rozmezí 1,1 ÷ 1,3 a u strojních pracovišť bývá obvykle nižší než u ručních. Koeficient se dá zpětně vypočítat jako podíl plánovaných normohodin a skutečně odpracovaných hodin.

Teoretický počet potřebných strojních pracovišť k dokončení vybrané strojní operace pak získáme ze vzorce:

$$P_{thi} = \frac{t_i \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (1.4)$$

kde: P_{thi} – teoretický počet pracovišť potřebných pro i-tou operaci [-]
 t_i – kusový čas na i-tou operaci [min]
 N – počet vyráběných kusů za rok [ks/rok]
 E_s – efektivní časový fond strojního pracoviště [h/rok]
 s_s – směnnost strojních pracovišť [-]
 k_{pns} – koeficient překračování norem u strojních pracovišť [-]

Obdobně se spočítá i teoretický počet ručních pracovišť pro danou ruční operaci:

$$P_{thi} = \frac{t_i \cdot N}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} \quad (1.5)$$

kde: E_s - efektivní časový fond strojního pracoviště [h/rok]
 s_s – směnnost ručních pracovišť [-]
 k_{pnr} – koeficient překračování norem u ručních pracovišť [-]

Vypočtený teoretický počet pracovišť je následně nutné zaokrouhlit na celé číslo, obvykle nejbližší vyšší, tím se získá skutečný počet strojů P_{ski} . Tím ale klesá využití pracovišť. V případě malého využití pracovišť je třeba pokusit se upravit kusový čas operace, uvažovat o změně výrobního postupu, nebo o přesunu části práce na jiná pracoviště. Pro zjištění možných přesunů a dalších zhodnocení slouží výpočet využití skupin strojů.

$$\eta_k = \frac{P_{thk}}{P_{ski}} \cdot 100 [\%] \quad (1.6)$$

kde: η_k – využití strojů k-té operace [%]
 P_{ski} – skutečný počet strojů pro i-tou operaci [-]

$$\eta_{sk} = \frac{\sum_{i=1}^{op} \eta_k P_{ski}}{\sum_{i=1}^{op} P_{ski}} \cdot 100 [\%] \quad (1.7)$$

kde: η_{sk} – využití strojů dané skupiny [%]
 i – číslo operace (1, 2, ..., op), kde op je počet operací prováděných na skupině strojů

1.3.3 Počet pracovníků [1], [2], [4]

Celkový počet pracovníků podniku se skládá z výrobních dělníků, pomocných dělníků, pomocného a obslužného personálu a ITA pracovníků.

- **Výrobní dělníci**

U výpočtu strojních a ručních dělníků se opět vychází z předpokládaných kusových časů na jednotlivé operace. U výpočtu strojních dělníků se navíc zavádí koeficient vícestrojové obsluhy a , který vyjadřuje skutečnost, že dělník může obsluhovat více strojů najednou ($a = 2$ a více) nebo, v případě složitějších strojů, více dělníků obsluhuje jeden stroj ($a = 0,5$ a méně). Vícestrojová obsluha, která je dnes možná díky CNC strojům, představuje důležitý způsob, jakým lze zvýšit produktivitu práce.

Počty strojních dělníků v jednotlivých směnách:

$$D_{vsli} = \frac{t_i \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns} \cdot a} = \frac{P_{ski}}{a} \quad (1.8)$$

$$D_{vslli} = (s_s - 1) \cdot D_{vsli} \quad (1.9)$$

$$D_{vsI} = \sum_{i=1}^{op} D_{vsIi} \quad (1.10)$$

kde: D_{vsIi}, D_{vsIIi} – teoretický počet dělníků potřebných pro i-tou operaci na první, druhou směnu [-]

D_{vsI}, D_{vsII} – celkový počet strojních dělníků pro první, druhou směnu [-]

t_i – kusový čas na i-tou operaci [min]

a – koeficient vícestrojové obsluhy [-]

Celkové počty výrobních dělníků pak získáme součtem:

$$D_v = D_{vs} + D_{vr} \quad (1.11)$$

kde: D_v – celkový výrobních dělníků

D_{vs} – celkový počet strojních dělníků:

$$D_{vs} = D_{vsI} + D_{vsII} \quad (1.12)$$

D_{vr} – celkový počet ručních dělníků:

$$D_{vr} = D_{vrI} + D_{vrII} \quad (1.13)$$

• Evidenční stavy pracovníků

Zatím získané počty dělníků představují pouze ideální stavy vycházející z efektivních časových fondů pracovišť. Do konečného stavu pracovníků je třeba zahrnout i pracovníky, kteří budou tvořit zástup za ty, kteří jsou zrovna pracovně neschopní nebo na dovolené. Evidenční stav se počítá už pouze pro celou skupinu pracovníků. Výsledek je pak třeba vhodně zaokrouhlit.

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} \quad (1.14)$$

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_d} \quad (1.15)$$

kde: D_{evs} – evidenční stav strojních dělníků pro dvě směny

D_{evr} – evidenční stav ručních dělníků pro dvě směny

• Pomocní dělníci

Pomocní dělníci jsou ti, kteří pomáhají dělníkům výrobním při vykonávání jejich práce. Může jít například o pracovníky provádějící údržbu strojů, ostření nebo výdej nástrojů apod. Stav pomocného a obslužného personálu získáme z doporučeného poměru mezi výrobním a pomocným personálem.

$$D_p = 0,3 \cdot D_v \quad (1.16)$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p \quad (1.17)$$

kde: D_p – celkový počet pomocných dělníků

D_{evp} – evidenční stav pomocných dělníků

Celkový evidenční počet všech dělníků pak je:

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} \quad (1.18)$$

• Pomocný a obslužný personál

Jedná se pracovníky, jako jsou uklízečky nebo pracovníci kantýny. Pro samotný výrobní proces mají nejmenší význam, pro dobrý chod podniku jsou ale bezpochyby podstatní.

$$D_{pop} = (0,015 \div 0,03) \cdot D_{evc} \quad (1.19)$$

- **Inženýrsko-techničtí a administrativní pracovníci**

Konkrétně konstruktéři, technologové, mistři a administrativní pracovníci, jako jsou nákupčí, správci skladů, účetní a podobně.

$$ITA = (0,15 \div 0,25) \cdot D_{evc} \quad (1.20)$$

Tito pracovníci se pak obvykle rozdělují do jednotlivých podskupin v následujícím poměru:

- 30 % tvoří administrativní pracovníci: $A = 0,3 \cdot ITA$
- 20 % tvoří konstruktéři: $K = 0,2 \cdot ITA$
- 50 % tvoří operativní řízení – mistři a technologové: $T = 0,3 \cdot ITA$

Celkový počet zaměstnanců pak je:

$$D_c = D_{evc} + D_{pop} + ITA \quad (1.21)$$

1.3.4 Výměry ploch [1], [2], [12]

Jako další je třeba určit potřebnou plochu řešeného útvaru. Ta se dělí na plochu výrobní, pomocnou, správní a sociální, přičemž výrobní a pomocná plocha spolu tvoří celkovou provozní plochu.

$$F_{celk} = F_v + F_p + F_{spr} + F_{soc} \quad [m^2] \quad (1.22)$$

kde: F_{celk} – celková plocha útvaru $[m^2]$

F_v – výrobní plocha $[m^2]$

F_p – pomocná plocha $[m^2]$

F_{spr} – správní plocha $[m^2]$

F_{soc} – sociální plocha $[m^2]$

- **Výrobní plocha**

Výrobní plocha se dá rozdělit na plochu pro strojní a pro ruční pracoviště. Plocha strojních pracovišť vychází z půdorysného rozměru stroje, ke kterému se přičte plocha na palety, místo pro strojního dělníka, místo pro zajištění bezpečné vzdálenosti mezi stroji a přístup pro údržbu. Zjednodušený postup je takový, že se ke straně s obsluhou stroje přičte 1,2 m a ke zbylým třem stranám 0,6 m. Pokud zatím není k dispozici půdorys konkrétního strojního vybavení, pro lehké obrobny se dá počítat s plochou $8 \div 12 \text{ m}^2$ na stroj, pro středně těžké s $20 \div 25 \text{ m}^2$ na stroj. Výrobní plocha strojních pracovišť pak je:

$$F_s = \sum_{j=1}^m f_{sj} \cdot n_j \quad [m^2] \quad (1.23)$$

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

f_{sj} – plocha strojního pracoviště stroje j-tého typu $[m^2]$

n_j – navrhovaný počet strojů j-tého typu

Výrobní plocha ručních pracovišť se většinou počítá přímo jako plocha typizovaného ručního pracoviště vynásobená počtem ručních pracovišť:

$$F_r = f_r \cdot P_r \quad [m^2] \quad (1.24)$$

Výsledná výrobní plocha pak je:

$$F_v = F_s + F_r \quad [m^2] \quad (1.25)$$

- **Pomocná plocha**

Výměra pomocné plochy vychází z výměry plochy výrobní. Z informací o dříve zpracovaných projektech je známo, že obvykle představuje 40 až 60 % výrobní plochy.

$$F_p = (0,4 \div 0,6) \cdot F_v \quad [m^2] \quad (1.26)$$

Pomocná plocha se dělí na další dílčí plochy, jejichž podíl na celkové pomocné ploše je dle statistické analýzy dřívějších projektů následující:

$$\begin{aligned}
 F_{phn} &= (0,14 \div 0,16) F_p && \text{– pomocná plocha hospodaření s náradím [m}^2\text{]} \\
 F_{pú} &= (0,14 \div 0,16) F_p && \text{– pomocná plocha údržby [m}^2\text{]} \\
 F_{pskl} &= (0,27 \div 0,30) F_p && \text{– pomocná plocha skladová [m}^2\text{]} \\
 F_{pdc} &= (0,32 \div 0,35) F_p && \text{– pomocná plocha vnitřních dopravních cest [m}^2\text{]} \\
 F_{pk} &= (0,07 \div 0,09) F_p && \text{– pomocná plocha kontroly [m}^2\text{]}
 \end{aligned}$$

• Správní plocha

Výpočet správní plochy vychází z počtu ITA pracovníků. Normované potřeby plochy jsou různé dle jednotlivých podskupin pracovníků. K vypočtené správní ploše je pak přičtená plocha schodišť, chodeb apod., která činí 30 ÷ 40 % z vypočtené správní plochy.

$$F_{spr} = (T \cdot (5 \div 6) + K \cdot (8 \div 12) + A \cdot (4,5 \div 5)) \cdot (1,3 \div 1,4) \quad [m^2] \quad (1.27)$$

kde: K – počet konstruktérů

T – počet technologů a mistrů

A – počet administrativních pracovníků

• Sociální plocha

Sociální plocha představuje zázemí pro pracovníky, tedy šatny, WC, umývárny. Kritéria těchto zařízení pro průmyslové budovy podrobně řeší norma ČSN 73 4108.

$$F_{soc} = F_{\text{šat}} + F_{um} + F_{WC} \quad (1.28)$$

kde: $F_{\text{šat}}$ – plocha šaten [m²]

F_{um} – plocha umýváren [m²]

F_{WC} – plocha WC [m²]

U šaten se počítá s cca 0,8 m² na jednoho pracovníka, přičemž se počítá s celkovým počtem evidenčních pracovníků. Tato plocha se opět zvětší o 30 ÷ 40 % pro schodiště a chodby.

$$F_{\text{šat}} = 0,8 \cdot (D_{evc} + D_{pop}) \cdot (1,3 \div 1,4) \quad [m^2] \quad (1.29)$$

U umýváren počítáme s 0,3 ÷ 0,4 m² na jednoho pracovníka, počítá se pouze s počtem pracovníků jedné směny.

$$F_{um} = (0,3 \div 0,4) \cdot (D_{ev} + D_{pop}) \quad [m^2] \quad (1.30)$$

U WC se uvažuje s plochou 2 m² na jedno zařízení, přičemž se počítá s jedním WC na přibližně 15 pracovníků. Do pěti pracovníků v provozu nemusí být oddělená zařízení pro muže a ženy.

$$F_{WC} = 2 \cdot \frac{D_c}{15} \quad [m^2] \quad (1.31)$$

1.4 Základní způsoby rozmístění pracovišť [1], [2], [5]

Rozmísťováním strojů a pracovišť se projektant zabývá ve fázi detailního projektování konkrétních dílen. Při tom vychází z informací získaných z předchozích analýz, to znamená, že už je známý počet dělníků, pracovišť a jednotlivých výrobních strojů, stejně jako přibližná plocha dílny. Na rozmístění pracovišť je kladeno mnoho nároků, některé z nich jsou:

- hospodárnost výroby
- přehlednost uspořádání
- přímočarost technologického toku
- minimální manipulace s materiálem
- minimální zabraná plocha

Vzájemné uspořádání musí také splňovat požadavky požární bezpečnosti a bezpečnosti práce. Cílem je navrhnout optimální rozmístění vzhledem ke všem upřednostňovaným faktorům. Základní možné způsoby rozmístění strojů a pracovišť jsou následující:

- **Volné uspořádání**

Při tomto uspořádání jsou stroje v dílně rozmístěny bez nějakého pokusu o plánování, například dle pořadí pořízení jednotlivého vybavení. Vyskytuje se v provozech, kde se nedá přesně určit materiálový tok a organizační vztahy mezi pracovišti, prakticky tedy jen v malých prototypových nebo údržbářských dílnách. I při tomto uspořádání je nutné dbát na bezpečnost práce a základy ergonomie.

- **Technologické uspořádání**

Technologické uspořádání sdružuje stroje a pracoviště podle technologické příbuznosti operací, které se na nich provádí. Tedy například soustruhy budou seskupeny k sobě, frézovací operace budou umístěny u sebe, lisovací operace budou prováděny v lisovně, obráběcí v obrobně. S tímto uspořádáním se nejčastěji setkáme v těžké a středně těžké výrobě, v kusové a malosériové výrobě. Stroje jsou univerzální.

Mezi výhody tohoto uspořádání patří možnost realizace vícestrojové obsluhy, možnost dosažení lepšího využití strojů díky operativnímu řízení, nižší náklady na údržbu a na vybavení, jelikož je možné sdílet jedno strojní vybavení mezi více stroji.

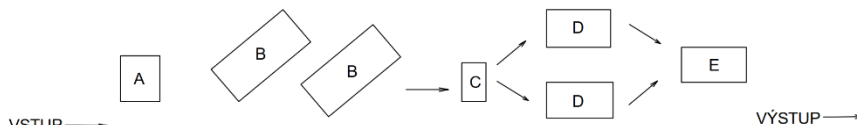
Nevýhody uspořádání spočívají hlavně ve větší náročnosti na manipulaci s materiálem – materiálové toky jsou složité a dlouhé, je potřeba větší výrobní plocha a větší plocha meziskladů.

- **Předmětné uspořádání**

V předmětném uspořádání jsou pracoviště seřazena podle sledu operací na výrobku, dle jeho technologického postupu výroby (obr. 4). Operace na sebe přímo navazují, rozpracované součásti se pohybují jedním směrem a vzniká zde výrobní proud. Toto uspořádání je vhodné pro výrobu ve větších sériích. V praxi se využívá např. v provozech specializovaných na výrobu ozubených kol, pístů, apod.

Největší efektivitu se při tomto uspořádání dosáhne v případě výroby pouze jedné součásti nebo technologicky velmi podobných součástí. Takovouto výrobu je pak možné realizovat jako výrobní linku složenou z jednoúčelových strojů propojených dopravníkem.

Výhodou předmětného uspořádání je úspora nákladů vyplývající ze snížení rozpracovanosti výroby a snížení potřeby skladování, zkrácení manipulačních cest a zmenšení potřebné výrobní plochy. Uspořádání také vede ke snížení nároku na kvalifikovanost obsluhy a k efektivnějšímu řízení. Nevýhodou je obtížná změna výrobního programu – při větší změně technologického postupu je nutné změnit i rozmístění strojů. Při snížení objemu výroby také značně klesá využití strojů.



Obr. 4 Schéma předmětného uspořádání [2]

- **Modulární uspořádání**

Modulární uspořádání vzniklo s nástupem NC a CNC řízených strojů. Je charakteristické seskupováním stejných bloků, přičemž každý blok dokáže vykonávat více technologických funkcí. Bloky se skládají z produktivních obráběcích center s použitím progresivních manipulačních prostředků a strojního vybavení, s čímž se pojí vysoké pořizovací náklady. Proto bývá snaha využívat je ve dvousměnném či třisměnném režimu. Jednotlivé bloky mají velkou produktivitu, a proto jsou v podniku prioritizovány z hlediska obsluhy materiálem, nástroji, údržby apod.

Výhodou je vysoká produktivita práce, snížení operačních i mezioperačních časů, nákladů na manipulaci a zlepšení organizace výroby. Nevýhodou jsou vysoké pořizovací náklady a vyšší nároky na technologickou přípravu výroby.

- **Buňkové uspořádání**

Při buňkovém uspořádání se provoz skládá z jednotlivých výrobních buněk, které jsou tvořeny vysoce produktivním strojem nebo skupinou strojů s plně automatizovaným okolím. Automatizovaným okolím se myslí např. robot, zásobník nebo zařízení na zakládání a vyjímání výrobků, které provádí veškeré mezioperační manipulace. Součástí takovýchto buněk je i řídicí systém. Buňkové uspořádání klade značné nároky na projektovou přípravu, technologickou přípravu, standardizaci a detailní návrh pracoviště. Uspořádání má uplatnění v provozech, které jsou organizovány podle konceptů štíhlé výroby a Just In Time (výroba „právě v čas“) a probíhá v nich velkosériová nebo hromadná výroba úzkého počtu produktů.

Výhodou velmi vysoká produktivita a nízké nároky na pracovníky. Nevýhody jsou obdobné jako u modulárního uspořádání, plus značně obtížná změna výrobního programu.



Obr. 5 Plně automatizovaná výrobní buňka pro ohýbání trubek [5]

- **Kombinované uspořádání**

Ve větších výrobních celcích obvykle není vhodné použít pouze jeden z výše uvedených způsobů uspořádání. Snahou je různá uspořádání vhodně zkombinovat tak, aby se omezily nevýhody a maximalizovaly výhody všech systémů. Příkladem může být výroba v obrobně s technologickým uspořádáním, na kterou navazuje montáž s předmětným uspořádáním.

1.5 Zásady rozmíst'ování strojů třískového obrábění [1], [2]

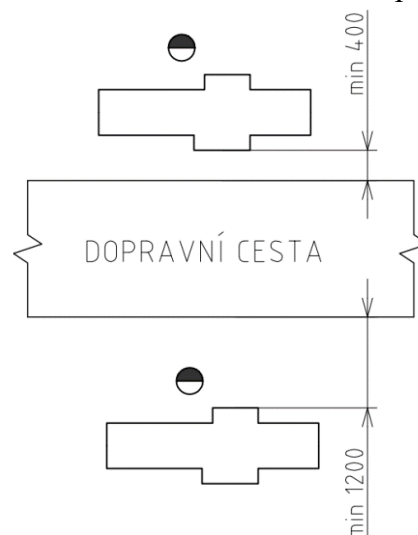
Stroje třískového obrábění jsou soustředěny v obrobkách. Když jsou k dispozici hotové kapacitní propočty, je nutné zvolit modul haly a šířku haly, ta je typizována na násobky 6 m. Modul představuje podélnou a příčnou rozteč sloupů haly, pro jednopatrové provozy je z ekonomického hlediska vhodný např. modul 18 m na 12 m. Délka haly se přibližně stanoví podle kapacitního propočtu, definitivní délka se ale získá až z dispozičního řešení.

V návrhu dispozičního řešení se zakresluje stroj jako obrys vnějších rozměrů. Je nezbytné vyznačit i krajní polohy pohybujících se částí (např. stolů frézek, brusek). Projektant musí mít přehled o tom, kde je u stroje přípojka elektrického proudu, hydrauliky nebo stlačeného vzduchu. U pracoviště se vyznačuje místo pro dělníka, příslušenství stroje, jako jsou rozváděcí skříně, a další vybavení pracoviště, jako ponky, regály, skříně na nářadí atd.

Musejí být dodrženy všechny bezpečnostní předpisy pro rozmisťování strojů a zařízení, ty podrobně předepisuje norma ČSN 73 5105. Zde jsou uvedeny některé zásady vyplývající z této normy.

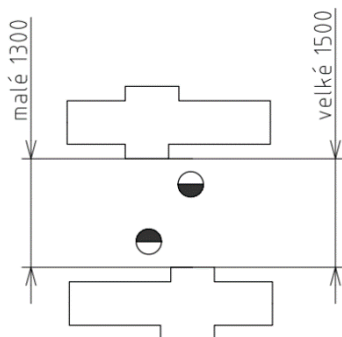
Komunikace, na kterých se pohybuje do 100 osob za minutu musejí mít minimální šířku 1200 mm. Minimální průchozí výška komunikace pro pěší je 2100 mm. Šířka komunikace pro dopravu břemen se odvíjí od šířky manipulačního prostředku nebo šířky břemene. Minimální výška komunikace pro dopravu břemen se odvodí od výšky nákladu nebo manipulačního zařízení zvětšené o 300 mm. Pokud je v provozu mostový jeřáb, platí zásada, že se nesmí přenášet břemena nad pracovníky.

Stroje a zařízení musejí mít od dalších zařízení nebo konstrukčních prvků odstup minimálně 600 mm (obr. 6, 7). Tato vzdálenost musí být dodržena i u strojů s pohyblivými prvky (stoly brusky apod.) a to pro ty rozměry, kdy jsou prvky ve svých krajních polohách. Minimální vzdálenost 600 mm nemusí být dodržena, pokud se jedná o části stroje, kde se nenachází pohyblivé prvky a nevyžadují přístup ani při údržbě. Na obrázcích níže jsou zobrazeny některé další doporučené vzdálenosti. Za velké stroje se počítají ty, které mají jeden z rozměrů větší než 3500 mm.

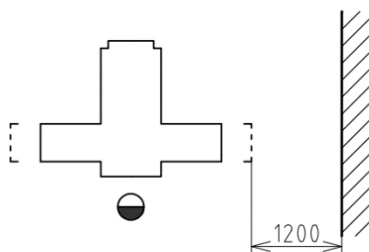


Obr. 6 Vzdálenosti strojů od dopravních cest (v mm) [1]

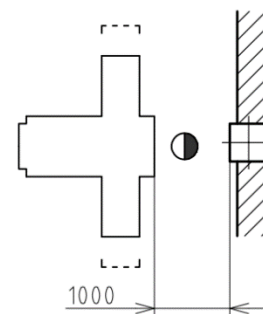
Stroje umístěny čelem k sobě:



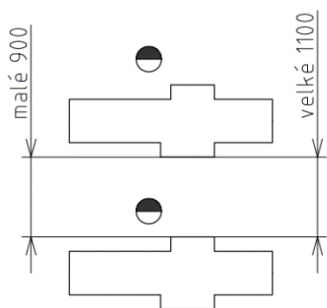
Pohyblivá část směřuje ke stěně:



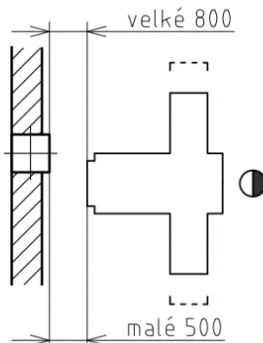
Stroj umístěn čelem ke stěně:



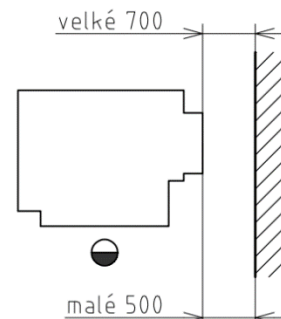
Stroje umístěny za sebou:



Stroj umístěn zády ke stěně:



Stroj umístěn bokem ke stěně:



Obr. 7 Vzdálenosti mezi stroji a vzdálenosti strojů od stěn (v mm) [1]

2 PRAKTICKÁ ČÁST [16]

Práce byla řešena ve firmě CECHO - BOHUMIL CEMPÍREK s. r. o. Firma nabízí komplexní řešení v oblasti vstřikování plastů, od konstrukčního návrhu forem pro vstřikování, přes prodej normalizovaných součástí a vlastní výrobu forem, až po finální lisování plastových výrobků. Součástí firmy je výrobní hala rozdělená na lisovnu plastů a nástrojárnu.



CECHO - BOHUMIL CEMPÍREK s.r.o.

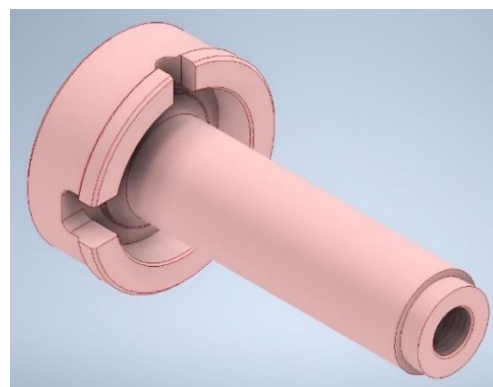
Hlavní náplň výrobního programu nástrojárny představuje výroba forem. To v sobě zahrnuje především třískové obrábění ocelových desek, úpravu normalizovaných součástí dle požadavku konstrukce, elektroerozivní obrábění tvarových dutin a montáž. Jedná se o kusovou výrobu. Kromě toho v nástrojárně probíhá sériová výroba systémů horkých vtoků, při kterých se uplatňuje technologie soustružení, frézování, vyvrtávání a broušení.

2.1 Výběr součástí [6], [8], [9], [13]

Zvoleným představitelem sériové výroby v nástrojárně je tělo trysky systému horkých vtoků (obr. 8). Předpokládaný objem výroby je 9000 kusů za rok. Těla trysek se vyrábí v různých délkách, pro účel návrhu bylo zvoleno tělo o délce 95,5 mm, největší vnější průměr součásti je 52 mm. Výroba probíhá z tyčí průměru 55 mm o délce 1 m, které jsou na jednotlivé kusy upichovány během první operace soustružení.

Materiál pro výrobu je ocel s označením W.Nr 1.2343, což odpovídá oceli ČSN 19 552 [9]. Jedná se o vysokolegovanou nástrojovou ocel s obsahem 0,38 % uhlíku, hlavními legury jsou chrom, molybden, křemík a vanad. Materiál se vyznačuje vysokou houževnatostí, odolností proti popouštění, vysokou prokalitelností a dobrou obrobitelností ve stavu žíhaném na měkko.

Postup výrobních operací je zřejmý z tabulky 2. Detailní technologický postup výroby je uveden v příloze 1.



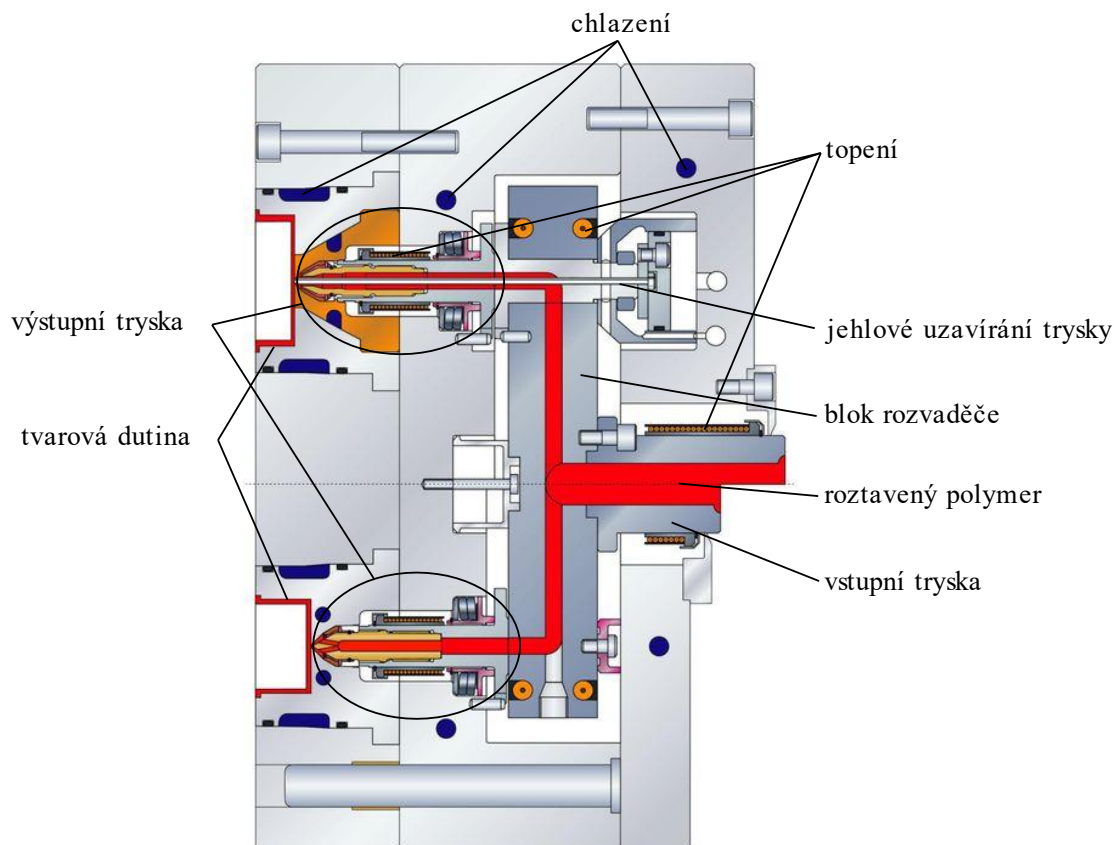
Obr. 8 Model vyráběné součásti

Tab. 2 Výrobní postup těla trysky

Č. operace	Technologie	Operace
10	CNC soustružení	Soustružit a vrtat dle výkresu. Na Ø52 f7 a délce 95,50 nechat přídavek 0,5 na broušení. Soustružit závit M12.
20	Frézování	Frézovat drážky šířky 6,1 a 10
30	Zámečnické práce	Odhortit, kontrolovat vybrané rozměry
40	Kalení - kooperace	Kalit na 50 HRC
50	Broušení na kulato	Brousit Ø52 f7; Ø20 h6
60	Broušení na plocho	Brousit čelo Ø50 - 95,50
70	Kontrola	Kontrolovat funkční rozměry, označit kusy číslem

Hmotnost neobrobeného materiálu připadajícího na jednu hotovou součást je 2,05 kg, hmotnost hotové součásti je 0,46 kg. Naprostá většina odpadu, 1,57 kg/kus, vznikne ve formě třísek a odřezků při první operaci, soustružení. Při druhé operaci, frézování, vznikne 0,02 kg/kus třísek, u dalších operací je množství vzniklého odpadu zanedbatelné.

Tělo trysky je hlavní komponentou sestavy výstupní trysky horkého systému vstřikování plastů. Systém horkých vtoků je sestava součástí, které vedou roztavený polymer skrze formu ze stroje do tvarové dutiny. Hlavní prvky horkého systému (vyznačené v řezu systémem na obr. 9) tvoří vstupní tryska, kterou je napojená na trysku vstřikovacího lisu. Tou proudí polymer do rozvaděče, ve kterém se vstupní proud rozděluje do jednotlivých kanálů. Na kanály vedoucí z rozvaděče dosedají výstupní trysky, kterými proudí polymer skrze ústí do jednotlivých tvarových dutin. Všechny tyto komponenty jsou vyhřívány, aby zajistily stálou teplotu a viskozitu polymeru. Ve tvarových dutinách polymer tuhne, a tím vzniká hotový výlisek.



Obr. 9 Řez polovinou formy se zabudovaným systémem horkých vtoků [13]

Výhodou použití systému horkých vtoků oproti studené vtokové soustavě je mimo jiné urychlení výrobního cyklu, eliminace odpadu a nákladů na dokončovací operace a menší nároky na používaný stroj. Mezi nevýhody patří hlavně náročnější konstrukční zástavba do formy, větší pořizovací náklady a větší nároky na obsluhu a údržbu.

2.2 Kapacitní propočty [14]

Na základě technologického postupu výroby byly zpracovány kapacitní propočty, podle postupu představeného v kapitole 1.3.

- **Efektivní časové fondy**

Počet pracovních dnů (bez placených svátků) v roce 2021 je 252 [14]. Uvažovaná délka směny je ve firmě 7,75 hodin. Pak efektivní časový fond ručního pracoviště je (dle 1.1):

$$E_r = D_{prac} \cdot H_{sm} = 252 \cdot 7,75 = 1953 \text{ hod/rok}$$

Efektivní fond strojního pracoviště, kdy čas na odstávky byl zvolen 6 % (dle 1.2):

$$E_s = E_r - (0,04 \div 0,08) \cdot E_r = 1953 - (0,06) \cdot 1953 = 1836 \text{ hod/rok}$$

Délku dovolené uvažujeme 20 dní, předpokládaný počet dnů pracovní neschopnosti 15. Pak efektivní časový fond dělníka je (dle 1.3):

$$E_d = (D_{\text{prac}} - (D + M)) H_{\text{sm}} = (252 - (20 + 15)) \cdot 7,7 = 1682 \text{ hod/rok}$$

• Počty strojů a pracovišť

Kusové časy jednotlivých operací jsou uvedeny v technologickém postupu výroby (příloha 1).

Operace 10 – soustružení, 20 – frézování, 50 – broušení na kulato a 60 – broušení na plocho jsou operace strojní, operace 30 – odjehlení, kontrola a 70 – kontrola, značení jsou operace ruční. Operace 40 – kalení, je prováděna v kooperaci, do výpočtu tedy zahrnutá není. Pro strojní pracoviště je uvažován koeficient překračování norem $k_{\text{pns}} = 1,1$; pro ruční pracoviště $k_{\text{pnr}} = 1,2$. Strojní i ruční směnnost je 1.

Operace 10, soustružení dle (1.4):

$$P_{th1} = \frac{t_1 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{35 \cdot 9000}{60 \cdot 1836 \cdot 1 \cdot 1,1} = 2,6; \quad P_{sk1} = 3$$

Operace 20, frézování dle (1.4):

$$P_{th2} = \frac{t_2 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{20 \cdot 9000}{60 \cdot 1836 \cdot 1 \cdot 1,1} = 1,49; \quad P_{sk2} = 2$$

Operace 30, odjehlení a kontrola dle (1.5):

$$P_{th3} = \frac{t_3 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{10 \cdot 9000}{60 \cdot 1953 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,64; \quad P_{sk3} = 1$$

Operace 50, broušení na kulato dle (1.4):

$$P_{th5} = \frac{t_5 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{10 \cdot 9000}{60 \cdot 1836 \cdot 1 \cdot 1,1} = 0,74; \quad P_{sk5} = 1$$

Operace 60, broušení na plocho dle (1.4):

$$P_{th6} = \frac{t_5 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{12 \cdot 9000}{60 \cdot 1836 \cdot 1 \cdot 1,1} = 0,89; \quad P_{sk6} = 1$$

Operace 70, kontrola a značení kusů dle (1.5):

$$P_{th7} = \frac{t_6 \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pnr}} = \frac{8 \cdot 9000}{60 \cdot 1953 \cdot 1 \cdot 1,2} = 0,55; \quad P_{sk7} = 1$$

Po zaokrouhlení teoretického počtu jednotlivých pracovišť na nejbližší vyšší čísla vyšlo, že na operaci soustružení budou potřeba tři stroje, na operaci frézování dva stroje, na obě operace broušení bude potřeba po jednom stroji. Na obě ruční operace bude stačit po jednom pracovišti.

Využití strojů a pracovišť po jednotlivých operacích je následující, dle vzorce (1.6):

$$\eta_1 = \frac{P_{th1}}{P_{sk1}} \cdot 100 = \frac{2,6}{3} \cdot 100 = 86,6 \%$$

$$\eta_2 = \frac{P_{th2}}{P_{sk2}} \cdot 100 = \frac{1,49}{2} \cdot 100 = 74,5 \%$$

$$\eta_3 = \frac{P_{th3}}{P_{sk3}} \cdot 100 = \frac{0,64}{1} \cdot 100 = 64 \%$$

$$\eta_5 = \frac{P_{th5}}{P_{sk5}} \cdot 100 = \frac{0,74}{1} \cdot 100 = 74 \%$$

$$\eta_6 = \frac{P_{th6}}{P_{sk6}} \cdot 100 = \frac{0,89}{1} \cdot 100 = 89 \%$$

$$\eta_7 = \frac{P_{th7}}{P_{sk7}} \cdot 100 = \frac{0,55}{2} \cdot 100 = 55 \%$$

Využití skupiny ručních pracovišť (operace 30 a 70), dle vzorce (1.7):

$$\eta_{ru} = \frac{\eta_3 \cdot P_{sk3} + \eta_7 \cdot P_{sk7}}{P_{sk3} + P_{sk7}} \cdot 100 = \frac{0,64 \cdot 1 + 0,55 \cdot 1}{1 + 1} \cdot 100 = 59,5 \%$$

Využití brusek (operace 50 a 60), dle vzorce (2.6):

$$\eta_{ru} = \frac{\eta_5 \cdot P_{sk5} + \eta_6 \cdot P_{sk6}}{P_{sk5} + P_{sk6}} \cdot 100 = \frac{0,74 \cdot 1 + 0,89 \cdot 1}{1 + 1} \cdot 100 = 81,5 \%$$

Využití ručních pracovišť je velmi nízké, pouze 59,5 %. Vzhledem k tomu, že ruční pracoviště nejsou náročná na podlahovou plochu a investice do vybavení pracovišť není vysoká, nejedná se o velký problém.

• Počty pracovníků

Počet výrobních dělníků získáme jako součet strojních a ručních dělníků. Vzhledem k tomu, že koeficient vícestrojové obsluhy a je pro všechny strojní operace roven 1, a ve firmě funguje pouze jednosměnný provoz, je dle vzorce (1.8) počet strojních dělníků pro jednotlivé operace roven počtu strojních pracovišť pro dané operace, a celkový počet strojních dělníků je tedy dle (1.10) roven počtu strojních pracovišť:

$$D_{vs} = \sum_{i=1}^{op} D_{vsi} = \frac{P_{sk1} + P_{sk2} + P_{sk5} + P_{sk6}}{a} = \frac{7}{1} = 7$$

Podle tohoto postupu by počet ručních dělníků vycházel na dva. Vzhledem k velmi nízkému využití ručních pracovišť by ale nebylo efektivní přijímat dva dělníky, jejichž teoretické vytížení bude 59,5 %. Proto bude vhodné přijmout pouze jednoho ručního dělníka, a zbývající ruční práci přerozdělit na strojní dělníky. Tedy:

$$D_{vr} = 1$$

Celkový počet výrobních dělníků je dle (1.11):

$$D_v = D_{vs} + D_{vr} = 7 + 1 = 8$$

Evidenční stavy strojní a ručních dělníků jsou následující, dle (1.14), (1.15):

$$D_{evs} = D_{vs} \cdot \frac{E_s}{E_d} = 7 \cdot \frac{1836}{1682} = 7,64; \quad D_{evs} = 8$$

$$D_{evr} = D_{vr} \cdot \frac{E_r}{E_d} = 1 \cdot \frac{1953}{1682} = 1,16; \quad D_{evr} = 1$$

Počet pomocných dělníků, dle (1.16), (1.17):

$$D_p = 0,3 \cdot D_v = 0,3 \cdot 8 = 2,4$$

$$D_{evp} = 1,1 \cdot D_p = 2,64; \quad D_{evp} = 3$$

Celkový počet evidenčních dělníků, dle (1.18):

$$D_{evc} = D_{evs} + D_{evr} + D_{evp} = 8 + 1 + 3 = 12$$

Celkový evidenční počet dělníků bude 12, z toho 8 dělníků bude strojních, 1 ruční a 3 pomocní.

Počet obslužného a technického personálu, dle (1.19):

$$D_{pop} = 0,02 \cdot D_{evc} = 0,02 \cdot 12 = 0,24; \quad D_{pop} = 1$$

Počet inženýrsko-technicko-administrativních pracovníků, dle (1.20):

$$ITA = 0,2 \cdot D_{evc} = 0,2 \cdot 12 = 2,4; \quad ITA = 3$$

Výsledný počet ITA pracovníků je třeba rozdělit ve vhodném poměru na jednotlivé profese. Vzhledem k povaze výrobního programu bude vhodné přijmout jednoho technologa, který bude zároveň zastávat konstrukční práce, jednoho mistra a jednoho administrativního pracovníka.

Tedy $T = 2$; $A = 1$; $K = 0$. V případě nedostatku kapacit bude využito spolupráce s externími konstruktéry.

Celkový počet pracovníků závodu pak je, dle (1.21):

$$D_c = D_{evc} + D_{pop} + ITA = 12 + 1 + 3 = 16$$

• Výměry ploch

V obrobě budou použity stroje lehké výroby. Pro zjednodušení výpočtu bude počítáno s měrnou plochou 10 m^2 na strojní pracoviště. Na ruční pracoviště bude počítáno s měrnou plochou 4 m^2 . Výrobní plocha pak je:

$$F_s = \sum_{j=1}^m f_{sj} \cdot n_j = f_s \cdot P_s = 10 \cdot 7 = 70 \text{ m}^2 \quad (1.23)$$

$$F_r = f_r \cdot P_r = 4 \cdot 2 = 8 \text{ m}^2 \quad (1.24)$$

$$F_v = F_s + F_r = 70 + 8 = 78 \text{ m}^2 \quad (1.25)$$

Podle výpočtu činí výrobní plocha 78 m^2 , z čehož 70 m^2 připadá na strojní pracoviště, 8 m^2 na ruční pracoviště.

Pomocná plocha, dle (1.26):

$$F_p = (0,4 \div 0,6) \cdot F_v = 0,6 \cdot 78 = 47 \text{ m}^2$$

Pomocná plocha se rozdělí v doporučeném poměru na (zaokrouhleno na celé m^2):

- plochu hospodaření s nástroji - $F_{phn} = 0,15 \cdot F_p = 0,15 \cdot 47 = 7 \text{ m}^2$
- plochu údržby - $F_{pú} = 0,15 \cdot F_p = 0,15 \cdot 47 = 7 \text{ m}^2$
- plochu skladů - $F_{pskl} = 0,15 \cdot F_p = 0,3 \cdot 47 = 14 \text{ m}^2$
- plochu dopravních cest - $F_{pdc} = 0,15 \cdot F_p = 0,15 \cdot 47 = 7 \text{ m}^2$
- plochu kontroly - $F_{pk} = 0,15 \cdot F_p = 0,15 \cdot 47 = 7 \text{ m}^2$

Správní plocha, dle (1.27):

$$F_{spr} = (T \cdot 6 + K \cdot 10 + A \cdot 5) \cdot 1,3 = (2 \cdot 6 + 0 \cdot 10 + 1 \cdot 5) \cdot 1,3 = 22 \text{ m}^2$$

Sociální plocha, dle (1.28):

$$F_{\text{sat}} = 0,8 \cdot (D_{evc} + D_{pop}) \cdot 1,3 = 0,8 \cdot (12 + 1) \cdot 1,3 = 13,5 \text{ m}^2$$

$$F_{um} = (0,3 \div 0,4) \cdot (D_{ev} + D_{pop}) = 0,3 \cdot (12 + 1) = 4 \text{ m}^2$$

$$F_{WC} = 2 \cdot \frac{D_c}{15} = 2 \cdot \frac{16}{15} = 2 \text{ m}^2; \quad F_{WC} = 4 \text{ m}^2$$

$$F_{soc} = F_{\text{sat}} + F_{um} + F_{WC} = 13,5 + 4 + 2 = 22 \text{ m}^2$$

Sociální plocha podle výpočtu činí 22 m^2 . Vzhledem k tomu, že je počet pracovníků v objektu vyšší než 5, bude třeba postavit oddělená zařízení pro muže a ženy. Výpočet vychází pouze z minimálních počtů sociálního vybavení a minimálních rozměrů, pro větší komfort pracovníků by bylo vhodné počet sociálních zařízení, a tedy i plochy, zvýšit.

Celková plocha haly, při zahrnutí správních a sociálních ploch, dle (1.22):

$$F_{celk} = F_v + F_p + F_{spr} + F_{soc} = 78 + 47 + 22 + 22 = 169 \text{ m}^2$$

Navržený příčný modul haly je 12 m. Aby hala o tomto modulu měla vyžadovanou plochu, délka musí být následující:

$$l = \frac{F_{celk}}{mod} = \frac{169}{12} = 14 \text{ m}$$

Z kapacitních výpočtů vyplynul potřebný počet strojních a ručních pracovišť, počet zaměstnanců výroby a také potřebná plocha objektu. Při zahrnutí všech ploch objektu vyšla na 169 m², což odpovídá obdélníkové hale o rozměrech 12 x 14 m.

2.3 Návrh dispozičního řešení [1], [2], [15], [17], [18], [19], [23]

Návrh dispozičního řešení byl proveden ve dvou variantách. Ve variantě A se vycházelo z postupu výroby uvedením v kapitole 2.1 a z kapacitních propočtů v kapitole 2.2. Stroje zvolené pro jednotlivé operace jsou uvedeny v tabulce 3. Aby mohly být dodrženy zásady rozmisťování strojů, a byly umístěny všechny potřebné objekty, byla vybrána výrobní hala o rozměrech 12 x 17 m. Uspořádání strojů je kombinované, konkrétně se jedná o kombinaci modulárního uspořádání produktivních CNC soustruhů, na které navazuje předmětné uspořádání dalších operací. Cílem bylo, aby se vytvořil jednotný směr výrobního toku, mezioperační manipulace byly co nejkratší a nedocházelo ke zbytečným manipulacím rozpracovaných součástí proti směru výrobního toku. První část výrobního toku začíná v pravé části přísunem tyčového materiálu, a končí v levé části po kontrole na ručním pracovišti. Následně jsou kusy odeslány do kalírny. Zakalené součásti přicházejí do meziskladu a pokračují na následující operace broušení a kontrolu.

Tab. 3 Výrobní stroje varianty A

Technologie	Stroj	Rozměry stroje d x š [mm]	Množství
CNC soustružení	Doosan Lynx 220B	2325 x 1600	3x
Frézování	TOS FA 2H	1400 x 1500	2x
Broušení na plocho	TOS BPH 20	2460 x 1350	1x
Broušení na kulato	TOS BUA 20	2800 x 1550	1x

Navrženou manipulační jednotkou pro rozpracované a hotové součásti je půpaleta o rozměrech 800 x 600 mm s dřevěnou ohrádkou. Na jednu paletu s jednou ohrádkou se ve dvou patrech vejde 308 rozpracovaných kusů, případně dvojnásobek při umístění ve čtyřech patrech. Pro potřeby mezioperačního uskladnění, hlavně před a po tepelném zpracování, budou palety umístěny v regálu.



Obr. 10 Ruční vysokozdvížený vozík EJC M10 E [17]

Navrženým manipulačním prostředkem pro příjem, expedici a zakládání do regálů je elektrický ručně vedený vysokozdvížený vozík EJC M10 E od firmy Jungheinrich (obr. 10) s nosností 1 t a zdvihem až 1,9 m. Na mezioperační manipulace bude použit ruční paletový vozík pro půpalety, s délkou vidlic 800 mm a nosností 2,5 t, který se dostane i do velmi úzkých prostor. Těchto vozíků existuje u různých dodavatelů velké množství, na obr. 11 je typ BF800m. Výhodou použití ručních paletových vozíků je velmi nízká pořizovací cena a provozní náklady a snadná obsluha. Nevýhodou je potřeba širších dopravních cest než u jeřábů a omezená nosnost.



Obr. 11 Paletový vozík BF800m [18]

Sociální objekty a správní objekty byly umístěny do dvoupatrové halové vestavby. Halová vestavba umožňuje efektivní odhlučnění a odvětrání vnitřních výrobních prostor, což přispívá k pohodlí sociálních zařízení a ergonomii kanceláří administrativy a technologie. Je také možné vestavbu poměrně snadno upravit, na rozdíl od samostatné administrativní budovy.

Ve variantě B bylo využito CNC soustružnického centra DOOSAN Lynx 220MA s poháněnými nástroji. To umožňuje spojit operace 10 a 20 na jeden stroj. Stroje pro broušení na kulato a na plocho jsou shodné jako ve variantě A. Byla zvolena výrobní hala o rozměrech 12x12 m. Do ní byly umístěny veškeré výrobní a pomocné plochy. Pracoviště byla umístěna do kombinovaného uspořádání, stejně jako v první variantě. Sociální a správní prostory byly situovány do zděné přístavby, která je propojená s halou. Pracovníci budou do objektu vstupovat přes tuto přístavbu, nebudou tak při příchodu na pracoviště muset křížit výrobní tok.

Manipulačním prostředkem zvoleným pro druhou variantu je mostový jeřáb o nosnosti 5 t s rozpětím 12 m. Použití jeřábu vede ke zmenšení dopravních cest, díky velké nosnosti také usnadní případné přemísťování nebo výměnu strojů při změně výrobního programu. Nevýhodou jsou značné pořizovací náklady. Musí být také pamatováno na to, že kočka jeřábu nedosáhne přímo ke stěně.



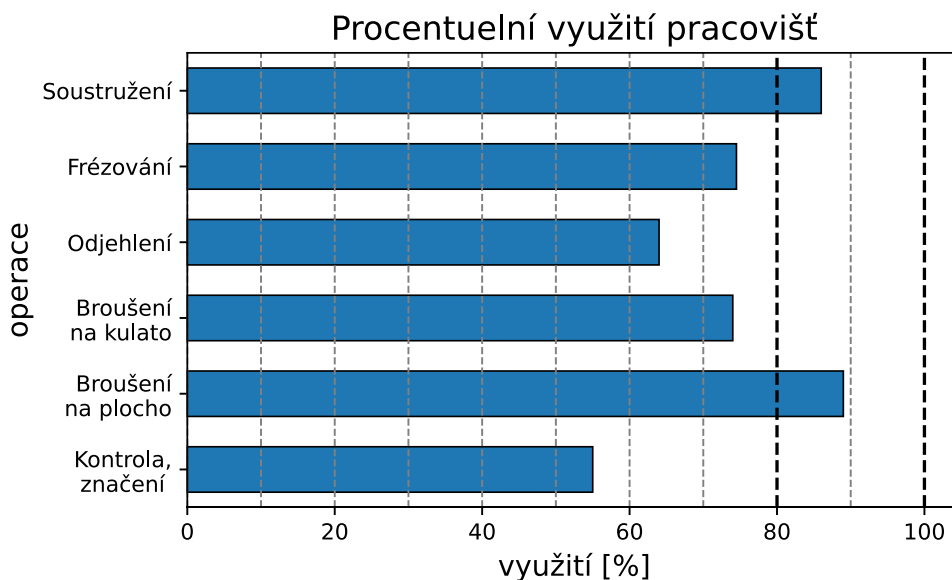
Obr. 12 Ohradová paleta [19]

Jako manipulační jednotka byla zvolena ohradová paleta o rozměrech 800 x 600 x 600 mm (obr. 12). Do jedné palety se vejde až 560 kusů, ve čtyřech patrech po 140 ks na patro. Při skladování mezi operacemi budou palety umístěny ve stozích, palety je možné stohovat až čtyři na sebe.

V obou variantách se počítá se sbíráním třískového odpadu do výklopných kontejnerů, ty poté budou z dílny vyváženy do kontejneru na šrot vně obrobny.

2.4 Zhodnocení návrhu

Z výpočtů hmotnosti součástí vyplynulo, že při použití tyčového polotovaru průměru 25 mm je přes 76 % hmotnosti polotovaru odpad, který odchází v podobě třísek. Jedná se o značné plýtvání materiálem, strojním časem a nástroji. Ke zvýšení využití materiálu a snížení nákladů na výrobu by mohla vést výroba z odlitků.



Obr. 13 Procentuální využití pracovišť pro jednotlivé operace

Z kapacitních propočtů byl získán teoretický počet pracovišť potřebných ke zvládnutí výrobního programu. Kvůli zaokrouhlení se ale skutečný počet od ideálního počtu liší, v některých případech značně. Bylo vypočítáno skutečné využití pracovišť, podle kterého byl sestaven graf na obr. 13. Z něj je možné vyčíst, že pouze dvě technologie dosáhnou vyššího využití než 80 %, a to CNC soustružení a broušení na plocho. Frézování má využití 74,5 %. Tato ne příliš dobře využitá technologie byla ve variantě B přesunuta na CNC soustružnické

centrum, což zvýšilo využití CNC soustružení a umožnilo snížení počtu strojních pracovišť a dělníků. Broušení na kulato dosahuje využití 74 %, což ale nelze nijak efektivně zvýšit. Velmi nízké využití mají ruční pracoviště, jako skupina 59,5 %. V případě zavedení pouze jednoho pracoviště by ale využití dosáhlo 119 %, což by představovalo problém. Proto bylo rozhodnuto zachovat dvě ruční pracoviště, ale přijmout pouze jednoho ručního dělníka. Zbytek ruční práce zastane dělník provádějící broušení na kulato, čímž se zvýší jeho využití.

Po zpracování návrhů bylo provedeno vyhodnocení ploch podle zařazení a srovnání s výpočtem (Tabulka 4). Celková užitná plocha byla získána jako součet výrobní, pomocné, správní a sociální plochy. Hodnoty, které se více blíží vypočteným, jsou vyznačeny zeleně.

Tab. 4 Srovnání využití ploch

Plocha/Varianta		Výpočet	Varianta A	Varianta B
výrobní [m ²]		78	116	90,8
pomocná [m ²]		47	70,6	63,5
z toho:	příprava nástrojů [m ²]	7	8,3	8,3
	údržba [m ²]	7	6	5,5
	sklady [m ²]	14	22,7	26,3
	cesty [m ²]	15	29,3	20,1
	kontrola [m ²]	4	4,3	3,3
správní [m ²]		22	25,4	25,6
sociální [m ²]		22	25,4	25,6
celková užitná [m ²]		164	237,4	214,3
celková zastavěná [m ²]		-	237,1	211,4

Ze srovnání je zřejmé, že v obou případech je navržená výrobní plocha vyšší než vypočtená, u varianty A o 38 m², u varianty B o 12,8 m². Příčinou této odchylky je použití zjednodušeného výpočtu plochy strojních pracovišť, kdy měrná plocha byla zvolena 10 m², skutečná měrná plocha strojního pracoviště je ovšem větší. Zmenšení potřebné výrobní plochy ve variantě B bylo dosaženo díky odstranění konzolových frézek pro operaci 20 a zmenšením dopravních uliček díky využití mostového jeřábu.

Od vyšší výrobní plochy se odvíjí i vyšší potřeba plochy pomocné, protože tyto plochy jsou na sobě přímo závislé. Překročení vypočítaných ploch bylo v obou případech značné u plochy skladů, z důvodu, že podnik nebude mít samostatný sklad. Všechny skladovací plochy tedy musí být umístěny uvnitř obrobny nebo, pokud je to možné, v exteriéru. U varianty A byla kvůli použití paletových vozíků potřebná větší plocha dopravních cest. Sociální a správní plochy vyšly u obou variant téměř shodně, v obou případech jsou řešeny v rámci dvou podlaží, což přináší vyšší využití zastavěné plochy. Celkově z hlediska ploch vychází lépe varianta B, která přináší úsporu 26 m² zastavěné plochy.

Z hlediska ekonomického je těžké varianty posoudit bez podrobnější kalkulace. Varianta A vyžaduje postavit objekt o větší ploše, což by představovalo vyšší investici. Počet strojů je větší u varianty A, nejsou ovšem tolik sofistikované jako u varianty B. Investice do strojů a vybavení by tedy mohla být v obou variantách srovnatelná. U varianty B budou výrazně vyšší pořizovací a provozní náklady na mostový jeřáb, tyto náklady jsou ale vyváženy úsporou plochy dopravních cest. U této varianty také dojde ke snížení výrobních nákladů díky snížení počtu potřebných dělníků o dva, což je zásadní rozdíl. Z tohoto hlediska by tedy měla opět lépe vycházet varianta B, u které se vyšší investice zaplatí díky nižším nákladům na výrobu.

3 ZÁVĚRY

Z výrobního programu firmy CECHO – BOHUMIL CEMPÍREK, s.r.o. byla vybrána součást vyráběná sériově. Jedná se o tělo trysky horkého systému pro vstřikování plastů, vyráběné z nástrojové oceli 1.2343 v objemu 9000 ks za rok. Výroba probíhá v jednosměnném provozu. Polotovarem je tyč o průměru 55 mm. Využití materiálu je nízké, a proto by bylo ke snížení nákladů na výrobu dobré využít jako polotovar vhodný odlitek.

Ze zpracovaných kapacitních propočtů vyšlo, že pro výrobu podle technologického postupu je třeba 7 strojních pracovišť a 2 ruční pracoviště. Evidenční počet dělníků je 12, celkový počet pracovníků je 16. Teoretická plocha objektu vyšla na 169 m².

Na základě výpočtů byly zpracovány dvě varianty dispozičního řešení. Ve variantě A bude probíhat výroba podle původního technologického postupu. Manipulačním prostředkem je zde ruční a elektrický paletový vozík, manipulační jednotkou půpaleta o rozměrech 800 x 600 mm s ohrádkami. Zastavěná plocha obrobny je 237 m².

Ve variantě B došlo k úpravě technologického postupu, což vedlo ke snížení počtu strojních pracovišť na 5 a počtu dělníků na 10, zvýšilo se tím i využití pracoviště pro první operaci. Celkový počet pracovníků je 14. Manipulačním prostředkem je mostový jeřáb, manipulační jednotkou ohradová paleta o rozměrech 800 x 600 mm. Zastavěná plocha je v této variantě 211 m², což představuje úsporu 26 m² oproti variantě A. V obou variantách byla pracoviště umístěna do kombinovaného uspořádání, tvořeného modulárním a předmětným uspořádáním pracovišť.

Varianta B představuje lepší využití zastavěné plochy, a přestože je u ní potřebná vyšší investice do manipulačních prostředků, náklady na výrobu jsou díky snížení počtu pracovníků a pracovišť nižší. Z dlouhodobého hlediska se tedy jeví varianta B jako výhodnější.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ [25]

1. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I.* Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
2. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5260-2.
3. SVOBODA, Jaroslav. Technologická příprava výroby. *NIS - Nábytkářský informační systém* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <http://www.n-is.cz/cz/technologicka-priprava/page/496/>
4. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty.* Brno: Nakladatelství VUT v Brně, 1991. ISBN 80-214-0385-3.
5. Fanuc manufacturing automation work cell developed for Johnson Controls. *Youtube* [online]. 2015 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?v=rMBTiBBTV_A. Kanál uživatele Twautomation.
6. W.Nr. 1.2365. *JKZ Bučovice* [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.jkz.cz/cs/produkty/nastrojove-oceli/pro-prace-za-tepla/w-nr-12365/>
7. ZELENKA, Antonín a Vratislav PRECLÍK. *Racionalizace výroby.* Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. ISBN 80-010-2870-4.
8. HYNEK, Martin, Eduard MÜLLER a Štěpán HELLER. *Horké vtoky* [online]. 2013 [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: https://kks.zcu.cz/export/sites/kks/projekty-verfin/OPVK_PU/KA_05_publicace/KA05_Horke_vtoky.pdf
9. KRATINA, Jakub. Převodní tabulka značení ocelí. *E-konstruktor.cz: Portál pro strojní konstruktéry* [online]. 2013 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://e-konstruktor.cz/prakticka-informace/prevodni-tabulka-znaceni-oceli>
10. SCHMIDT, Mario. The Sankey Diagram in Energy and Material Flow Management. *Journal of Industrial Ecology* [online]. Malden, USA: Blackwell Publishing, 2008, **12**(1), 82-94 [cit. 2020-03-24]. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2008.00004.x. ISSN 1088-1980.
11. Proces přípravy a realizace projektů. *BusinessInfo.cz: Oficiální portál pro podnikání a export* [online]. 2011 [cit. 2020-03-24]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/proces-pripravy-a-realizace-projektu/>
12. ŘEZNÍČEK, Petr. Norma pro vybavení hygienických zařízení a šaten platí od února 2013. *TZB-info* [online]. 2013 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://voda.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-voda-kanalizace/10702-norma-pro-vybaveni-hygienickych-zarizeni-a-saten-plati-od-unora-2013>
13. Hot Runners and Temperature Controllers. *Husky Injection Molding Systems* [online]. 2012 [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.husky.co/assets/0/255/257/8239effd-d302-4a71-9d02-af7ae9431163.pdf>
14. Plánovací kalendář 2020. *Kalenář* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://kalendar.beda.cz/rocní-planovací>

15. Lynx 210/220/300 series: 6"~10" High-performance Compact Turning Center. *Doosan Machine Tools* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://www.doosanmachinetools.com/en/product/series/D201_51/view.do
16. CECHO - BOHUMIL CEMPÍREK, s.r.o. [online]. [cit. 2020-04-15]. Dostupné z: <https://www.cecho.cz/cs>
17. Ručně vedený vysokozdvihný vozík 1,0 t. *Jungheinrich: Komplexní řešení pro intralogistiku* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.jungheinrich.cz/produkty/manipulacni-technika/paletove-voziky/rucne-vedene-vysokozdvizne-voziky/ejc-m10-e-m10b-e-492284>
18. Paletový vozík BF800m. *Deltalift: Manipulační a zdvihací technika* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.deltalift.cz/paletove-voziky/kratke/paletovy-vozik-bf800m-1>
19. Ohradová paleta – standardní provedení: Technický list. *MEVA-TEC s.r.o.* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: https://www.mevatec.cz/fotky2340/fotov/_ps_29717069-Technicky-list.pdf
20. Mengniu production line. *Wikimedia Commons* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mengniu-production-line.jpg>
21. About us. *Tianhui machine* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <http://www.the-machining.com/about-us/>
22. Mostové jeřáby. *BZ Cranes* [online]. [cit. 2020-06-23]. Dostupné z: <https://www.bzcranes.cz/mostove-jeraby/>
23. HLAVENKA, Bohumil, Antonín MARTÍNEK a Bohuslav OMASTA. *Technologické projekty: cvičení*. Vyd. 3. rozš. Brno: PC-DIR, 1997. ISBN 80-214-0928-2.
24. VALOUCHOVÁ, Klára. Technologická dokumentace. *Elektronická Učebnice: Strojírenství* [online]. 2015 [cit. 2020-06-24]. Dostupné z: https://eluc.kr-olomoucky.cz/uploads/attachments/484/Technologicka_dokumentace.pdf
25. CITACE PRO. Generátor citací [online]. 2013 [cit. 2015-05-18]. Dostupné z: <http://citace.lib.vutbr.cz/info>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
a	koeficient vícestrojové obsluhy	[-]
A	počet administrativních pracovníků	[pracovník]
D	počet dnů dovolené	[den]
D _{evp}	evidenční stav pomocných dělníků	[dělník]
D _{evr}	evidenční stav ručních dělníků	[dělník]
D _{evs}	evidenční stav strojních dělníků	[dělník]
D _p	teoretický celkový počet pomocných dělníků	[dělník]
D _{pop}	pomocný a obslužný personál	[dělník]
D _{prac}	počet pracovních dní v roce	[den]
D _v	celkový teoretický počet výrobních dělníků	[dělník]
D _{vr}	celkový teoretický počet ručních dělníků	[dělník]
D _{vs}	celkový teoretický počet strojních dělníků	[dělník]
D _{vsI} D _{vsII}	teoretický počet strojních dělníků na první, druhé směně	[dělník]
E _d	efektivní časový fond dělníka	[h/rok]
E _r	efektivní časový fond ručního pracoviště	[h/rok]
E _s	efektivní časový fond strojního pracoviště	[h/rok]
f _s	plocha ručního pracoviště	[m ²]
f _s	plocha strojního pracoviště	[m ²]
F _{celk}	celková plocha útvaru	[m ²]
F _v	výrobní plocha	[m ²]
F _p	pomocná plocha	[m ²]
F _{pdc}	pomocná plocha dopravních cest	[m ²]
F _{pk}	pomocná plocha kontroly	[m ²]
F _{phn}	pomocná plocha hospodaření s nářadím	[m ²]
F _{pksl}	pomocná plocha skladová	[m ²]
F _{pú}	pomocná plocha údržby	[m ²]
F _r	výrobní plocha ručních pracovišť	[m ²]
F _s	výrobní plocha strojních pracovišť	[m ²]
F _{spr}	správní plocha	[m ²]
F _{soc}	sociální plocha	[m ²]
F _{šat}	plocha šaten	[m ²]
F _{um}	plocha umýváren	[m ²]
F _{WC}	plocha WC	[m ²]
H _{sm}	délka směny	[h]
ITA	inženýrství, techniční a administrativní pracovníci	[pracovník]
k _{pns}	koeficient překračování norem u strojních pracovišť	[-]
K	počet konstruktérů	[pracovník]
N	počet kusů vyráběných za rok	[ks]
M	předpokládaný počet dní pracovní neschopnosti	[den]
P _{th}	teoretický počet potřebných strojů	[stroj]
P _{sk}	skutečný počet strojů	[stroj]
S _s	směnnost strojních pracovišť	[-]
t _{ki}	kusový čas	[min]
T	počet technologů a mistrů	[pracovník]
η _k	využití strojů pro k-tou operaci	[%]
η _{sk}	využití strojů dané skupiny	[%]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 Příklad předmětu práce technologických projektantů – a) obrobna [20], b) výrobní linka [21], c) výrobní hala s mostovým jeřábem [22].....	9
Obr. 2 Zařazení technologického projektování v cyklu vývoje výrobku [1]	10
Obr. 3 Sankeyův diagram intenzity materiálových toků odpovídající tab. 1 [2]	13
Obr. 4 Schéma přemětného uspořádání [2].....	19
Obr. 5 Plně automatizovaná výrobní buňka pro ohýbání trubek [5].....	20
Obr. 6 Vzdálenosti strojů od dopravních cest (v mm) [1].....	21
Obr. 7 Vzdálenosti mezi stroji a vzdálenosti strojů od stěn (v mm) [1]	21
Obr. 8 Model vyráběné součásti.....	22
Obr. 9 Řez polovinou formy se zabudovaným systémem horkých vtoků [13].....	23
Obr. 10 Ruční vysokozdvížený vozík EJC M10 E [17].....	27
Obr. 11 Paletový vozík BF800m [18]	27
Obr. 12 Ohradová paleta [19]	28
Obr. 13 Procentuální využití pracovišť pro jednotlivé operace	28

SEZNAM TABULEK

Tab. 1 Šachovnicová tabulka meziobjektových materiálových toků v tunách za rok [2] ..	12
Tab. 2 Výrobní postup těla trysky	22
Tab. 3 Výrobní stroje varianty A	27
Tab. 4 Srovnání využití ploch	29


SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 Technologický postup výroby

SEZNAM VÝKRESŮ

Výkres 1	Výrobní výkres těla trysky	BP-191605-1
Výkres 2	Obrobna – varianta A	BP-191605-2
Výkres 3	Obrobna – varianta B	BP-191605-3

Příloha 1: Technologický postup výroby [24]

		<h3>Technologický postup výroby</h3>		Vytvořil: Bodnár
				Datum: 20.02.2020
Název:	Tryska - tělo		Číslo výkresu:	BP-191605-1
Sestava:	Tryska		Pozice:	1
Materiál:	1.2343		Váha:	0,46 kg
Č. op.	Pracoviště	Operace	Hodinová norma [ks/hod]	
10	soustruh	Soustružit a vrtat dle výkresu. Na Ø52,00 a čele Ø50 - 95,5 nechat přídavek 0,4 na broušení. Soustružit závit M12.	1,7	
20	konzolová frézka	Frézovat drážky šířka 6,1 a 10,0	3,0	
30	kontrola	Odhortit, kontrolovat vybrané rozměry	8,6	
40	kalírna (kooperace)	Kalit na 50 HRC		
50	Bruska na kulato	Brousit Ø52,00	6,0	
60	Bruska na plocho	Brousit čelo Ø50 - 95,50	5,0	
70	kontrola	Kontrolovat vybrané rozměry, označit kusy číslem	7,5	