



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

NÁVRH NOVÉHO ROZMÍSTĚNÍ TECHNOLOGICKÝCH PRACOVÍŠŤ V PROVOZU VÝROBY MĚDĚNÝCH DÍLCŮ

PROPOSAL FOR THE NEW LAYOUT OF TECHNOLOGICAL WORKPLACES IN THE MANUFACTURING
OPERATION OF COPPER PARTS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Pešek

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA

BRNO 2016

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Ondřej Pešek
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA
Akademický rok:	2015/16

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

Návrh nového rozmístění technologických pracovišť v provozu výroby měděných dílců

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je zefektivnit provoz výroby měděných dílců s cílem redukce jejich výrobních časů.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza výrobního sortimentu
2. Analýza současného rozmístění pracovišť v provozu výroby měděných dílců
3. Výběr vhodných optimalizačních kritérií a jim odpovídajících metod
4. Návrh možných variant dispozičního řešení s ohledem na technologickou návaznost jednotlivých výrobních operací
5. Zhodnocení variant (vč. jejich předpokládaných nákladů a přínosů)
6. Výběr pro podnik optimální varianty a její detailní rozpracování

Seznam literatury:

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

HLAVENKA, B. Manipulace s materiálem: Systémy a prostředky manipulace s materiálem. 4. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2008. 163 s. ISBN 978-80-214-3607-7.

KOŠTURIÁK, J., GREGOR, M., MIČIETA B., MATUSZEK, J. Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie. 1. vyd. Žilina: Žilinská univerzita, 2000. 397 s. ISBN 9788071005537.

SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.

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

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu

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

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh nového uspořádání technologických pracovišť. Nejprve je provedena analýza současného stavu. Dále jsou provedeny návrhy možných variant nového dispozičního řešení. Tyto varianty jsou zhodnoceny a je vybrána varianta, pro kterou je provedeno ekonomické zhodnocení.

Klíčová slova

Technologické projektování, Sankeyův diagram, materiálový tok, dispoziční řešení

ABSTRACT

The thesis is focused on proposal for the new layout of technological workplaces. At first, it analyzes the present state. The second step is the design of possible variants of the new layout. These variants are evaluated. The economic evaluation is performed for chosen variant.

Key words

Technological projecting, Sankey diagram, material flow, layout

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PEŠEK, Ondřej. *Návrh nového rozmístění technologických pracovišť v provozu výroby měděných dílců*. Brno 2016. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. 56 s. 2 přílohy. Vedoucí práce Ing. Jan Strejček, Ph.D., MBA.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Návrh nového rozmístění technologických pracovišť v provozu výroby měděných dílců** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

27.5.2016

Datum

Bc. Ondřej Pešek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Janu Strejčkovi, Ph.D., MBA za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce. Dále děkuji všem, kteří mi v průběhu psaní diplomové práce poskytovali podporu a cenné rady.

OBSAH

Abstrakt	3
Prohlášení	4
Poděkování	5
Obsah.....	6
Úvod.....	8
1 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ.....	9
1.1 Postup při sestavování návrhů	9
1.2 Metody analýzy	10
1.3 Prostředky pro analýzy	11
1.3.1 Diagram P-Q	11
1.3.2 Materiálový tok.....	12
1.3.4 Blokové schéma.....	12
1.4 Metody pro sestavování návrhů	13
1.4.1 Trojúhelníková metoda prostá.....	13
1.4.2 Metoda těžiště.....	14
1.4.3 Metoda návaznosti operací	14
1.5 Kapacitní propočty.....	15
1.6 Typy uspořádání strojů a pracovišť	17
1.6.1 Volné uspořádání	18
1.6.2 Technologické uspořádání	18
1.6.3 Předmětné uspořádání.....	19
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	20
2.1 Analýza výrobního sortimentu	20
2.1.1 Volba představitelů součástí	22
2.2 Strojní vybavení pracoviště	27
2.2.1 Děrování	27
2.2.2 Gravírování	27
2.2.3 Frézování	28
2.2.4 Ohýbání	28
2.2.5 Ostatní stroje a zařízení	29
2.2.6 Prostředky pro manipulaci.....	29
2.3 Analýza materiálového toku	29
2.4 Kapacitní propočet	31
2.4.1 Přepočtený počet kusů představitele	32

2.4.2 Efektivní časové fondy	32
2.4.3 Potřebné počty pracovišť	32
2.4.4 Využití pracovišť.....	34
2.5 Zhodnocení současného stavu.....	36
3 NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT DISPOZIČNÍHO ŘEŠENÍ	37
3.1 Varianta A.....	37
3.1.1 Dispoziční řešení pro variantu A	38
3.2 Varianta B.....	40
3.3 Varianta C	43
4 VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY	45
4.1 Hodnocení Varianty A	45
4.2 Hodnocení Varianty B	46
4.3 Hodnocení Varianty C	46
4.4 Vybraná varianta	47
4.4 Vyčíslení nákladů a přínosů	47
ZÁVĚR	52
Seznam použitých zdrojů	53
Seznam použitých symbolů a zkratek	54
Seznam příloh	56

ÚVOD

Tato práce má za cíl navrhnout nové uspořádání pracovišť v provozu výroby měděných dílců. Výsledkem by mělo být takové uspořádání, které zajistí zkrácení výrobních časů. V první řadě je potřeba seznámit se s problematikou technologického projektování. Druhým krokem je analýza současného stavu, ze které je zpravidla patrné, na která místa je vhodné se zaměřit. Pro vytváření návrhů existuje celá řada metod, jejichž vhodným použitím lze dosáhnout požadovaného stavu. Navrhované dispoziční řešení je třeba porovnat se současným stavem a provést ekonomické hodnocení.

1 TECHNOLOGICKÉ PROJEKTOVÁNÍ

Technologické projektování je soubor rozborových, návrhových, plánovacích a organizačních činností, tvořící část procesu technické přípravy výroby. Uplatňují se zde teoretické poznatky z matematiky, fyziky, technologie, logiky, ergonomie atd. Úkolem technické přípravy výroby v klasickém pojetí je návrh konstrukce výrobku nejvyšší technické úrovně a užitné hodnoty a zároveň zajištění hospodárného způsobu jeho výroby [1, 2].

1.1 Postup při sestavování návrhů

Při projektování lze výrobní organismus považovat za systém, který se skládá z prvků a vztahů [2].

Prvky:

- pracovníci s kvalifikačními a dalšími vlastnostmi
- stroje a zařízení
- suroviny, materiál a subdodávky

Vztahy:

- technologické vazby a principy, pracovní postupy
- energie, využívané ve výrobním systému
- vztahy konstrukčního charakteru
- organizační vztahy, zajišťující správný chod systému

Všechny tyto faktory by měl komplexní projektový návrh zahrnovat v optimální míře. Při projektování se nejlépe řídí a rozvíjí izolovaný systém, tedy skupina prvků se silnými vzájemnými vztahy, jednoznačným oddělením od okolí a návazností na ostatní systémy [2].

Nejčastějším úkolem v praxi je racionalizovat současný stav výroby. Pro sestavení kvalitního návrhu je důležité dodržet správný metodický postup. Jedná se o cyklickou práci a běžně se skládá z následujících kroků [1, 2]:

- **orientační průzkum (diagnostika)**
- **sběr informací**
- **analýza současného stavu**
- **návrh**

Orientačním průzkumem je myšleno počáteční seznámení se s problematikou. Slouží k usměrnění pozornosti na hlavní části řešeného problému.

Ačkoliv je sběr informací často považován za pomocnou práci, je to činnost, kterou není možné opomenout, jelikož bez ní nelze provést analýzu. Aby byly podklady pro rozbor připraveny ve stanovené době, je vhodné sběr informací organizovat. Existují dva typy informací. Jsou to informace z evidence a informace

získané pozorováním. Před analýzou je obvykle nutné informace zpracovat (matematické zpracování, zpracování grafů, vymezení chyb).

Analýza se týká zejména vlastního výrobku, výrobního programu, procesu výroby, způsobu řízení, apod. V této fázi se zkoumaný jev posuzuje a hodnotí z různých hledisek, např. z hlediska technického, ekonomického, atd. Mezi základní analýzy, které se provádí před návrhem, patří [1, 2]:

- analýza výrobku z pohledu tvaru, technologie výroby, apod.
- analýza standardizace
- analýza toku materiálu a prostředků pro manipulaci
- analýza vybavenosti výroby stroji a jejich využití
- analýza technického stavu výrobních prostředků
- analýza úrovně automatizace a mechanizace výrobního procesu
- analýza současného dispozičního řešení

Návrh navazuje na předchozí analýzy a je významně ovlivněný tvůrčími schopnostmi řešitele. Je možné využívat vzorových řešení. Cílem je zvolit nejvhodnější variantu a vypracovat pro ni technickou dokumentaci. I přesto, že je často projektována pouze dílčí část celku, je nutné respektovat a zohlednit vazby s celkem. Součástí návrhové fáze je i ekonomické zhodnocení jednotlivých návrhů a návrh časového plánu realizace [1, 2].

1.2 Metody analýzy

Pro vyhodnocování jednotlivých oblastí analýzy se používají nejrůznější metody. Výběr metody a její použití závisí na mnoha faktorech, jako je např. kvalita prvotních informací, typ a kvalita analyzovaného systému, okruh problematiky, apod. Níže jsou uvedeny některé rozborové metody, které svým zaměřením specifikují danou rozborovou oblast [1].

a) Metody studia práce:

- studie uspořádání pracoviště
- studie pracovních operací
- časové studie
- pohybové studie
- studie rozmístění výrobních zařízení a toku materiálu

b) Metody studia technologického procesu:

- měření a výpočty
- laboratorní metody
- matematická simulace procesů

c) Matematické metody:

- grafické metody
- grafoanalytické metody
- statistické metody
- operační analýzy

d) Metody hodnotové analýzy

e) Metody humanizace práce:

- pracovní testy a rozbory
- sociologické a psychologické průzkumy
- hygienické a fyziologické měření
- ergonomické testy

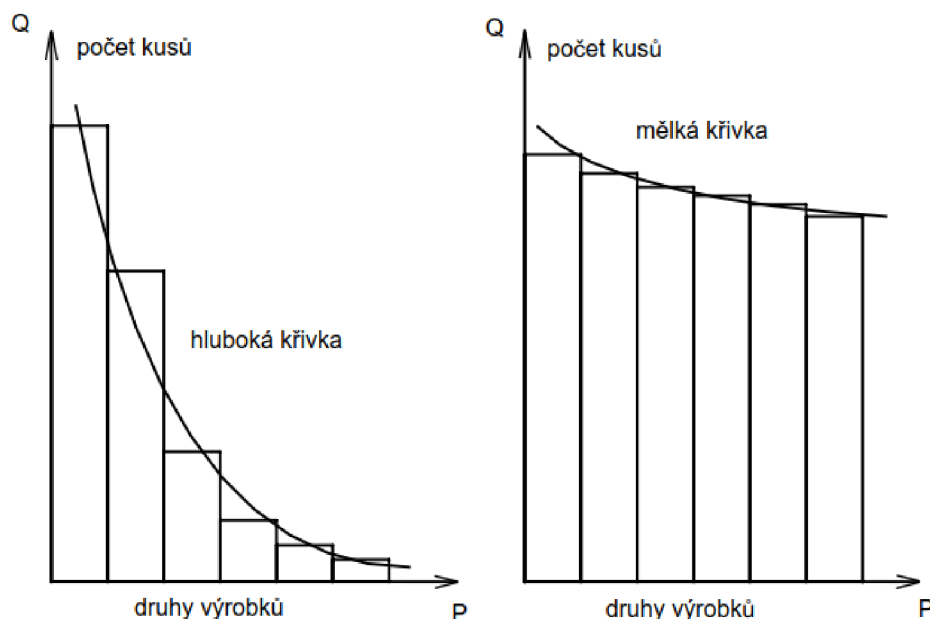
1.3 Prostředky pro analýzy

Rozbor současného stavu je stěžejním krokem pro následující práci, jelikož poskytuje přehled o součástkové základně, současném výrobním programu, materiálovém toku a dalších výrobních a technologických faktorech. V praxi se používá celá řada grafických a grafoanalytických prostředků. Nejedná se pouze o informativní pomůcky, tyto prostředky hrají důležitou roli i v pozdějších etapách vlastního zpracování návrhů, technicko-ekonomickém hodnocení, apod. [1].

1.3.1 Diagram P-Q

P-Q diagramy slouží k vyhodnocení sériovosti výroby jednotlivých typů součástí nebo skupin výrobků (P – výrobek, Q – množství). Sériovost a opakovatelnost významně ovlivňuje jak návrh výrobní technologie, tak i dispoziční řešení, tok materiálu, apod. P-Q diagram je možné využít i při definování struktury součástkové základny pro stanovení prostorové struktury výrobního procesu, návrhu manipulačních toků, apod.

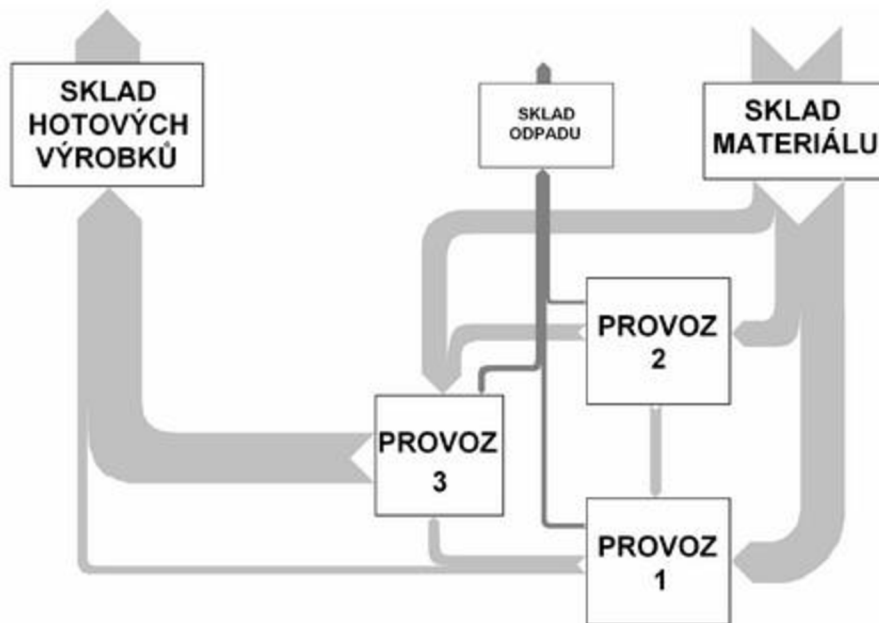
Při sestrojování grafů se upřednostňuje absolutní vyjádření hodnot před procentuálním vyjádřením. Existují dva typy grafů – s hlubokou a mělkou křivkou. Hluboká křivka vyjadřuje velké rozdíly vyráběného množství mezi jednotlivými výrobky. Pro mělkou křivku jsou typické relativně malé rozdíly ve všech určujících faktorech pro technologické projektování [1].



Obr. 1 P-Q křivky [3]

1.3.2 Materiálový tok

Analýza materiálových toků je velmi důležitou částí projektování. Pro znázornění intenzity materiálových toků slouží např. Sankeyův diagram. Při sestrování tohoto diagramu se vychází z šachovnicové tabulky materiálových toků. Objekty a činnosti uvedené v řádcích představují místa, ze kterých materiál odchází a objekty a činnosti ve sloupcích představují místa, ke kterým materiál přichází. Platí zde pravidlo, že objem materiálu, který se za určitý časový úsek do zkoumaného objektu dostane, musí za stejný časový úsek odejít [4].









Obr. 2 Sankeyův diagram [4].

	[t/rok]										
Ze\Do	Sklad	Dělna	Lisovna	Obrobná čel	Obrobná hřídeli TPD	Obrobná hřídeli DPD	Montáž TPD	Montáž DPD	Expedice	Odpad	celkem
Sklad	-	2012,95	353,69	-	-	-	-	-	-	-	2360,64
Dělna	-	-	-	146,67	551,03	446,21	597,76	-	71,28	-	2012,95
Lisovna	-	-	-	118,08	-	120,55	89,05	-	26,01	-	353,69
Obrobná čel	-	-	-	-	-	-	113,85	-	4,23	-	118,08
Obr. hř. TPD	-	-	-	-	-	276,99	-	-	69,68	-	346,67
Obr. hř. DPD	-	-	-	-	-	-	493,20	-	57,83	-	551,03
Montáž TPD	-	-	-	-	-	-	-	843,75	-	-	843,75
Montáž DPD	-	-	-	-	-	-	-	-	1293,86	-	1293,86
Expedice	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Odpad	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
celkem	-	2012,95	353,69	118,08	346,67	551,03	843,75	1293,86	2137,61	229,03	7886,67

Obr. 3 Šachovnicová tabulka [5].

1.3.4 Blokové schéma

Blokové schéma výroby umožňuje celkovou analýzu výrobního postupu. Zachycuje jednotlivé dílčí činnosti – od skladování, přes výrobu a montáž až po expedici, ale i vztahy mezi pracovišti. Pro znázornění jednotlivých operací se ve schématu používají symboly, viz obr. 4 [1].

	- technologická činnost (změna tvaru, vlastností atd.)
	- kontrolní činnost
	- manipulace
	- příprava k manipulaci
	- krátkodobé čekání na operaci nebo manipulaci
	- skladování (delší doba)

Obr. 4 Symboly pro znázornění operací ve schématu [6].

1.4 Metody pro sestavování návrhů

Existuje řada metod, díky kterým je možné sestavit optimální dispozici. Obvykle se při sestavování návrhu využívá více metod. Těmi nejčastějšími jsou [2]:

- metoda využívající schématu víceřadného sledu činností
- metoda kruhová
- trojúhelníková metoda hodnocení vztahů
- trojúhelníková metoda prostá
- metoda S.L.P.
- metoda těžiště
- metoda souřadnic
- metoda návaznosti operací
- metoda vyhodnocování mezidílných vztahů
- metoda k posouzení možnosti vytváření specializovaných pracovišť
- metoda CRAFT

V následujících kapitolách jsou rozebrány některé z výše uvedených metod.

1.4.1 Trojúhelníková metoda prostá

Používá se v případech, kdy existuje jeden hlavní vztah, a ostatní nejsou důležité. Principem je minimalizace vzdáleností mezi pracovišti s největším vztahem. Postup je následující [2]:

1. Objekty, které se mají rozmístit, se označí čísla nebo znaky pro zjednodušení další práce.
2. Sestavení šachovnicové tabulky základního vztahu.
3. Z šachovnicové tabulky se sestupně sestaví tabulka přepravovaného množství pro dvojice pracovišť. Jelikož zde není důležité množství materiálu, putující z jednoho pracoviště do druhého a naopak, zapisuje se do tabulky celkový součet přepraveného materiálu.

4. Pracoviště s největší vazbou se umístí do trojúhelníkové sítě, nejlépe doprostřed. Další pracoviště, které má vztah s oběma umístěnými, se umístí do jednoho z volných vrcholů trojúhelníků. Do blízkosti již obsazených vrcholů se umísťují další pracoviště podle síly vztahu.
5. Nakonec se návrh upraví podle konkrétních podmínek a dostupného prostoru.

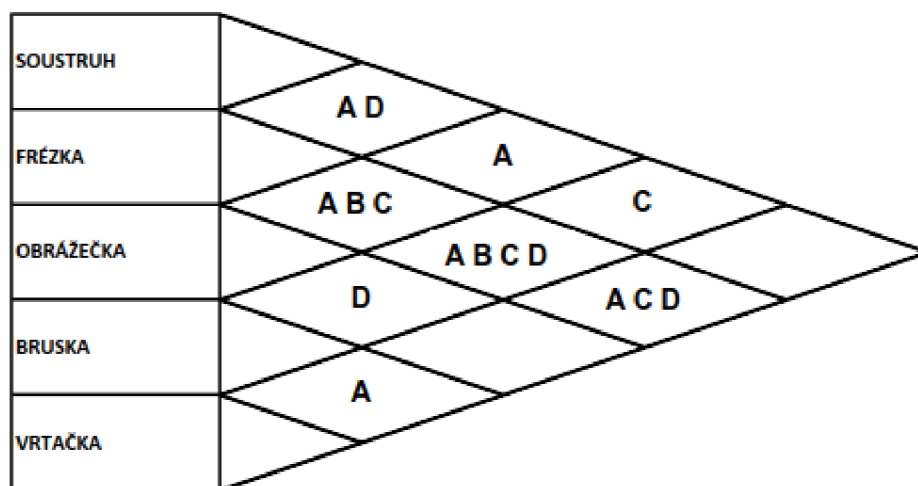
1.4.2 Metoda těžiště

I tato metoda je založena na jednom hlavním vztahu s největším vlivem na uspořádání. Využívají se při ní znalosti mechaniky, konkrétně výpočet těžiště. Údaje pro výpočet se do tabulky zapisují tak, že ve sloupcích jsou uvedeny operace technologického procesu a v řádcích jsou stroje a zařízení, přičemž počet sloupců odpovídá počtu operací nejsložitější, resp. maximálního počtu technologických operací. Do políček se zapisuje počet normohodin/rok a hmotnost/rok pro jednotlivé dílce a součet těchto parametrů pro všechny dílce. Poté se provede výpočet momentů pro každý stroj a zařízení. Svisle orientované síly představují hodnoty hlavního vztahu a ramena představují sloupce. Nejmenší absolutní hodnoty momentů představují optimální umístění. Tato metoda je využívána zejména při rozmisťování strojů u vícepředmětných linek [2].

1.4.3 Metoda návaznosti operací

Tato metoda je vhodná pro rozmisťování pracovišť v dílnách, kde se vyrábí více součástí, nebo k návrhu rozmístění pracovišť ve vícepředmětné lince a vychází z předpokladu, že každá součást prochází výrobou podle určeného sledu operací. Cílem je dosažení krátkého a plynulého materiálového toku, kterým je součet mezioperačních pohybů všech dílců.

Do trojúhelníkové tabulky vztahů se zapisují pracoviště a do průsečíkových čtverců vztahů se uvádí součásti, které mají následný postup mezi danými pracovišti. Je možné do průsečíků vztahů zapisovat číselné hodnoty, které lépe vystihují nutnost návaznosti pracovišť, a tím metodu zpřesnit [2].



Obr. 5 Trojúhelníková tabulka technologických návazností [3].

Na obr. 5 je uveden příklad trojúhelníkové tabulky. Nejvíce návazností je mezi bruskou a frézou. Mezi těmito pracovišti se předávají všechny typy součástí. Mezi obrážečkou, frézou a vrtačkou je také velké množství návazností. Z toho plyne, že by tato pracoviště měla být umístěna blíže u sebe. Mezi obrážečkou a soustruhem se předává pouze jeden typ součástí. Z hlediska technologické návaznosti mají tyto pracoviště menší nárok na vzájemnou blízkost. Pracoviště, mezi kterými se nepředávají žádné součásti, mohou být umístěny dále od sebe [3].

1.5 Kapacitní propočty

Na základě získaných údajů z analýz a sběru informací se provádí kapacitní propočet, kterým získáme teoretickou potřebu

- strojů a zařízení
- prostředků pro manipulaci
- výrobních a pomocných dělníků
- inženýrsko-technických a administrativních pracovníků
- výrobních, pomocných, správních a sociálních ploch
- energií

Kapacitní propočty se zabývají vztahem mezi plánovaným výrobním programem a profilem řešeného objektu (pracoviště) a slouží pro určování provozních a investičních nákladů.

Existují dva druhy postupů – orientační (hrubé) propočty a přesné kapacitní propočty. Pro výpočet všech projektů je možné aplikovat tzv. univerzální postupy a pro konkrétní kapacitní propočty (např. lakovny) se používají tzv. specifické postupy. Při provádění kapacitního propočtu pro pracoviště, které vyrábí málo druhů výrobků, se provádí jednotlivé kapacitní propočty pro každý druh. V případě, že projektované pracoviště vyrábí velké množství druhů výrobků, určují se představitelé, zastupující určitou skupinu výrobků, a kapacitní propočet se provádí na technologii těchto představitelů [2].

Pracnost operace na jeden kus

Čas na provedení jedné operace se vypočítá podle vztahu [2] (1.1):

$$t_k = t_{AC} + \frac{t_{BC}}{d} \quad (1.1)$$

Kde:

t_k – čas kusový [Nmin]

t_{AC} – čas jednotkové práce [Nmin]

t_{BC} – čas dávkové práce [Nmin]

d – počet kusů v dávce [ks]

Přepočtený počet kusů představitele

Nejpoužívanějším způsobem výpočtu (vztah 1.2) je přepočet z výkonových norem [2]:

$$N_p = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2 + n_3 t_3 \dots n_m t_m}{t_p} = \frac{\sum_1^m n_i t_i}{t_p} \quad (1.2)$$

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]

Efektivní časový fond ručního pracoviště

Efektivní časový fond ručního pracoviště při jedné směně za rok se vypočítá podle vztahu [3] (1.3):

$$E_r = (K_c - S - N - S_v) \cdot 8 \quad (1.3)$$

Kde:

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

K_c – celkový počet dnů v roce (kalendářní počet)

S – počet sobot [dny/rok]

N – počet nedělí [dny/rok]

S_v - počet státních svátků [dny/rok]

Efektivní časový fond strojního pracoviště

Při výpočtu efektivního časového fondu strojního pracoviště (vztah 1.4) je nutné počítat s odstavením strojů. Vztah získáme odečtením 10 až 12% od efektivního časového fondu ručního pracoviště [3]:

$$E_s = E_r - (0,1 \text{ až } 0,12) \cdot E_r \quad (1.4)$$

Potřebný počet ručních pracovišť

Při tomto výpočtu (vztah 1.5) se vychází z normovaného času, který je potřebný pro vykonání ruční operace u jednoho kusu. Předpokládá se, že provoz dílen třískového obrábění pracuje zpravidla na dvě směny. Koeficient překračování norem v současné době v těchto provozech dosahuje v průměru hodnoty 1,25 [3].

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

Kde:

P_{thi} – teoretický počet ručních pracovišť pro provedení i-té výrobní operace

t_{ki} – předpokládaný čas potřebný k provedení i-té operace

N – plánovaný počet vyráběných kusů za rok

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

s_r – směnnost ručních pracovišť

k_{pnr} – koeficient překračování norem pro ruční pracoviště

Potřebný počet strojních pracovišť

Potřebný počet strojních pracovišť (vztah 1.6) se vypočítá obdobným způsobem jako u ručních pracovišť. Dosazuje se pouze jiná hodnota efektivního časového fondu a koeficient překračování norem, který v tomto případě dosahuje hodnoty v průměru 1,2. Stejně jako u ručních pracovišť se skutečný počet strojních pracovišť získá zaokrouhlením teoretického počtu směrem nahoru [3].

$$P_{thi} = \frac{t_{ki} \cdot N}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} \quad (1.6)$$

Kde:

P_{thi} – teoretický počet strojních pracovišť pro provedení i-té výrobní operace

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

s_s – směnnost ručních pracovišť

k_{pns} – koeficient překračování norem pro strojní pracoviště

Využití pracovišť

Využití počtu jednotlivých pracovišť se vypočítá tak, že se teoretický počet strojů podělí jejich skutečným počtem (vztah 1.7). Obdobně se počítá využití ručních pracovišť v jednotlivých operacích [3].

$$\eta_i = \frac{P_{thi}}{P_{ski}} \cdot 100 \quad (1.7)$$

Kde:

η_i – časové využití strojního pracoviště v i-té operaci [%]

P_{thi} – teoretický počet strojů pro i-tou operaci

P_{ski} – skutečný počet strojů pro i-tou operaci

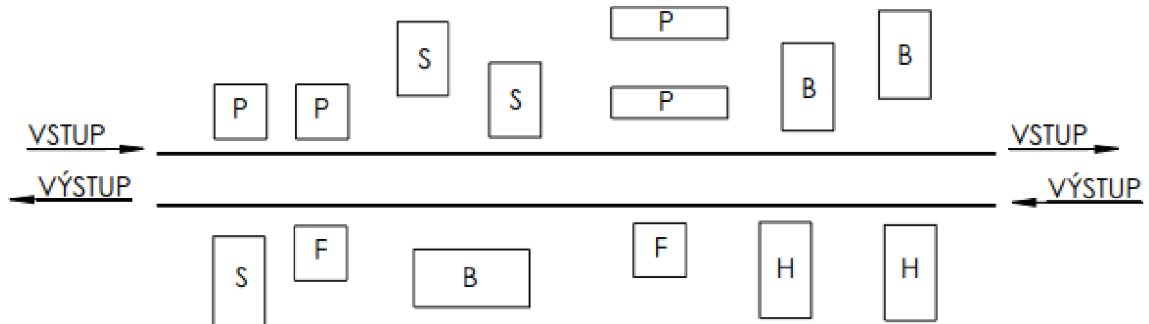
1.6 Typy uspořádání strojů a pracovišť

Při rozmístování strojů a pracovišť se vychází z předchozích analýz a cílem je dosáhnout optimálního řešení vzhledem k základním požadavkům, jako je hospodárnost výroby, přímočarost a přehlednost uspořádání, nevratnost technologického toku, minimální manipulace, bezpečnost práce, minimální zabraný prostor, atd. Způsoby uspořádání jsou [1, 2]:

- volné
- technologické
- předmětné
- modulární
- buňkové

1.6.1 Volné uspořádání

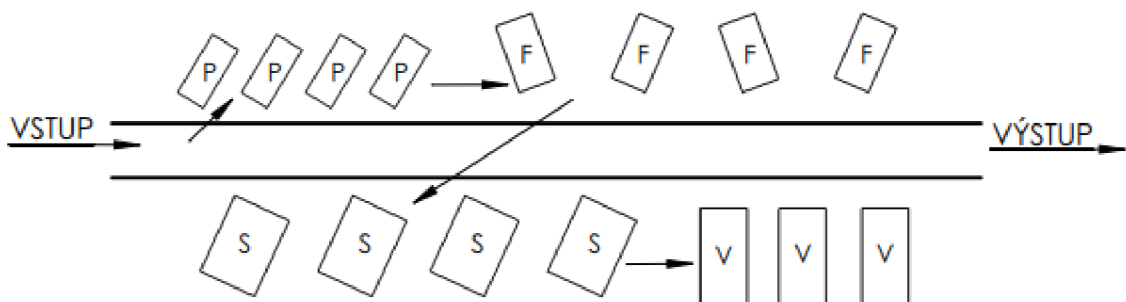
Tento typ uspořádání se používá tam, kde není možné před ustavením jednoznačně určit materiálový tok, návaznost operací, organizační a řídicí vztahy. Stroje a pracoviště jsou v dílně rozmístěny náhodně. Tento typ se uplatňuje pouze výjimečně, a to v prototypových a údržbářských dílnách, kde převažuje kusová výroba [1, 2].



Obr. 6 Volné uspořádání [2].

1.6.2 Technologické uspořádání

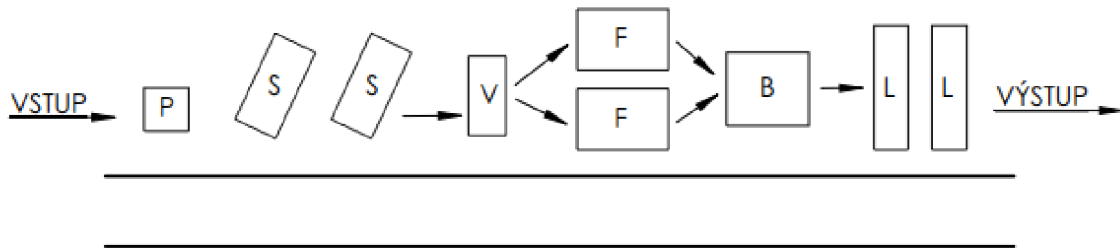
Pro toto uspořádání jsou v technologických postupech slučovány operace podle technologické příbuznosti. Stejným způsobem jsou umísťovány stroje a zařízení. Vytváří se tedy skupiny stejných druhů strojů. Při tomto uspořádání nelze zcela sjednotit směr materiálového toku. Výrobky postupují výrobou odlišně. Technologické uspořádání se využívá v kusové a malosériové výrobě, nejčastěji v prototypových a údržbářských dílnách. Mezi hlavní výhody patří např. lepší využití strojů, snadnější údržba, snížení potřeby nástrojového vybavení, možnost změny výrobního programu bez narušení výroby, atd. Nevýhodami je např. dlouhý a komplikovaný materiálový tok, dlouhá průběžná doba, rostoucí náklady na dopravu, atd [1, 2].



Obr. 7 Technologické uspořádání [2].

1.6.3 Předmětné uspořádání

Pro předmětné uspořádání je typické, že pracoviště nebo stroje jsou seřazeny podle operací, které jsou uvedeny v technologickém postupu. Používá se při vyšší sériovosti výroby nebo při výrobě malých sérií, které se opakují. Součásti putují výrobou stejným směrem a tím tak vzniká výrobní proud (linka) [1, 2].



Obr. 8 Předmětné uspořádání [2].

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

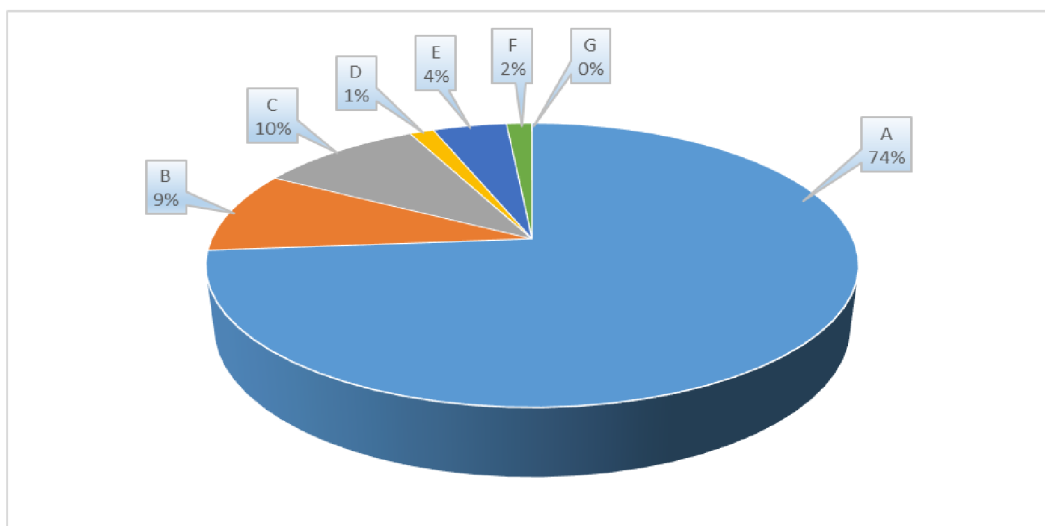
2.1 Analýza výrobního sortimentu

Na pracovišti výroby měděných dílců se vyrábí několik tisíc různých součástí, které se od sebe odlišují především složitostí a počtem technologických operací, které jsou nutné pro dosažení finální podoby výrobku. Polotovarem je vždy měděná tyč.

V tabulce 1 je uvedeno množství vyrobených skupin výrobků v minulých letech. Z uvedených dat (tab. 1 a obr. 9) je patrné, že nejvýznamnější podíl v produkci má představitel skupiny A, proto je v další části práce tento typ podrobněji rozebrán a zvolen jako představitel skupiny vyráběných součástí.

Tab. 1 Počty vyrobených skupin výrobků v letech 2011-2015.

Skupina	2011	2012	2013	2014	2015	Celkem (2011-2015)	Představitel skupiny	Celkem (2011-2015)	Průměrně za rok
A1	5229	5334	6204	7506	6247	30520	A (A1+A2+A3+A4)	42633	8825,6
A2	2089	880	757	1015	3326	8067			
A3	300	2349	242	0	0	2891			
A4	496	234	199	226	0	1155			
B1	495	742	1119	774	993	4123	B (B1+B2)	5399	1079,8
B2	149	203	206	676	42	1276			
C1	914	859	998	685	1088	4544	C (C1+C2)	5581	1116,2
C2	15	22	260	414	0	711			
C3	110	116	100	0	0	326			
D1	302	185	153	23	9	672	D (D1+D2)	828	165,6
D2	97	59	0	0	0	156			
E	554	527	431	575	445	2532	E	2532	506,4
F1	73	96	72	217	22	480	F (F1+F2)	860	172
F2	79	32	94	73	102	380			
G	0	11	4	0	0	15	G	15	3


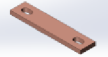









Obr. 9 Procentuální vyjádření produkce jednotlivých představitelů skupin výrobků v letech 2011-2015.

Představitel skupiny výrobků A

Pro všechny skupiny existuje mnoho různých konfigurací součástí. V tabulce 2 je uveden příklad typické konfigurace měděných dílců pro představitele skupiny A. Technologická náročnost výroby dílců pro jiné konfigurace je velmi podobná. Hodnota hmotnosti obrobenej součásti byla zjištěna pomocí 3D CAD softwaru.

Tab. 2 Příklad typické konfigurace měděných dílců pro představitele skupiny A.

Číslo součásti	Množství v sestavě [ks]	Hmotnost obrobenej součásti [kg]	Obrázek
1	1	1,12	
2	1	0,31	
3	3	2,22	
4	3	5,55	
5	6	0,56	
6	1	0,9	
7	1	0,71	
8	1	0,51	
9	3	0,71	

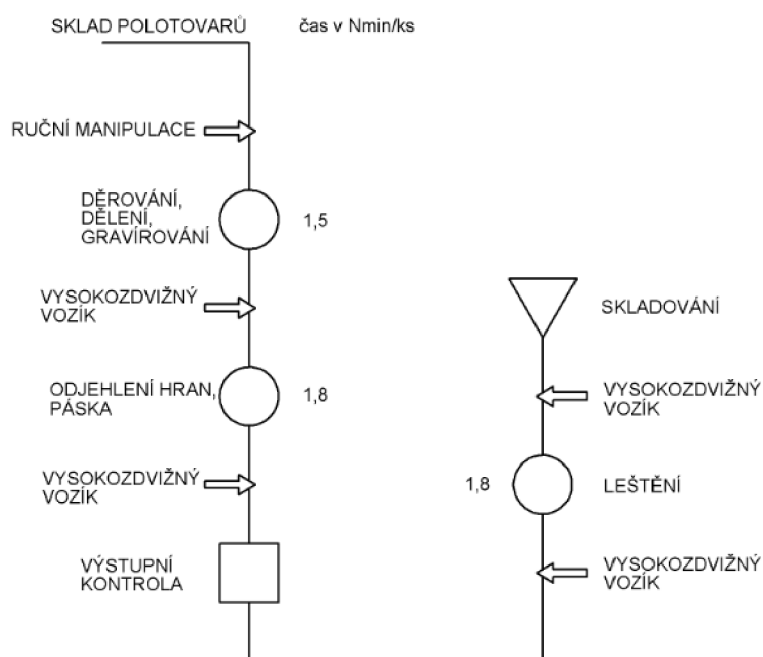
2.1.1 Volba představitelů součástí

V předcházející kapitole byl zvolen představitel skupiny výrobků. Pro bližší specifikaci součástí byli vybráni představitelé součástí z tabulky 2. Důvodem pro výběr jsou návaznosti technologických operací, které jsou pro některé součásti stejné. Představitelé součástí tedy reprezentují jednotlivé skupiny výrobků.

Představitel 1 - součást č. 2

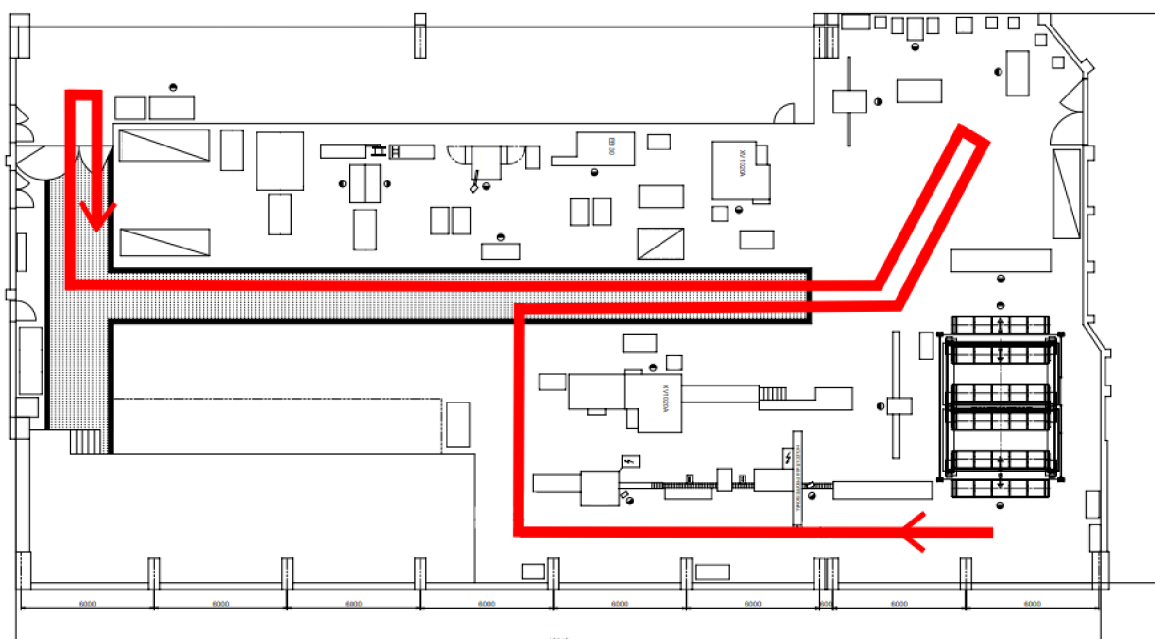
Polotovar (měděná tyč) se vyjme ze skladu polotovarů a přemístí se na pracoviště D-1, kde se provede první operace. Součást je mezi gravírovacím a děrovacím strojem přepravena dopravníkem. Po dokončení gravírování je součást z pásu podavačem přemístěna na odkládací plochu. Dalším krokem je přemístění výrobní dávky na pracoviště H-1, kde se provede odjehlení hran součásti a nalepení pásky. Následuje výstupní kontrola. Posledním krokem je přeprava na pracoviště, kde se provádí leštění některých ploch dílce. Výrobky jsou po dokončení poslední operace zaskladněny. Mezi jednotlivými operacemi mohou být využívány mezisklady, které se nachází v blízkosti pracovišť.

Na základě dat z přílohy 1 bylo vypracováno blokové schéma (postupový graf) pro grafické znázornění postupu výroby představitele 1 (obr. 10).



Obr. 10 Postupový graf pro představitele 1.

Pro znázornění postupu představitele 1 dílnou byla do aktuálního dispozičního řešení (viz obr. 23), zakreslena čára představující pohyb materiálu při výrobě po dílně (obr. 11).

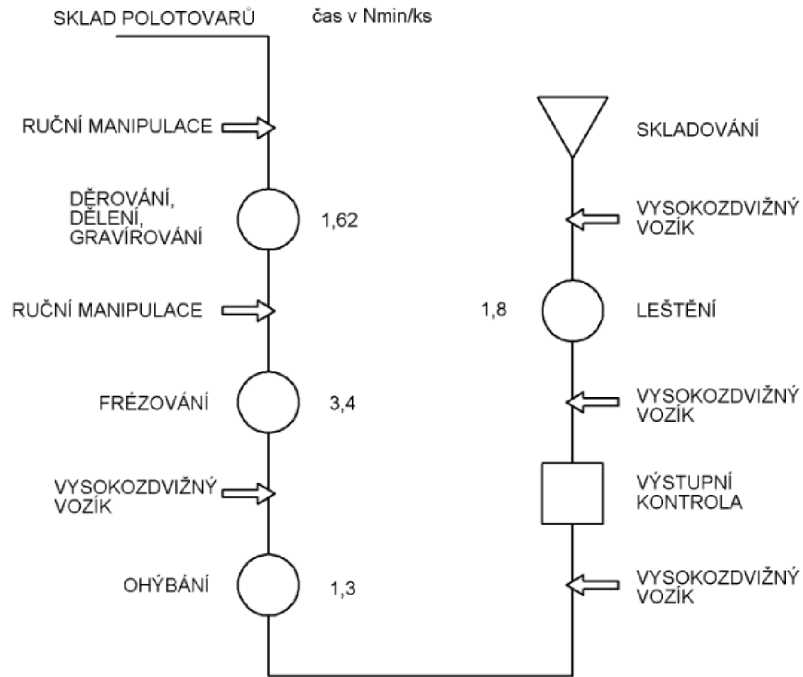


Obr. 11 Grafické znázornění pohybu představitele 2 po dílně.

Představitel 2 - součást č. 3

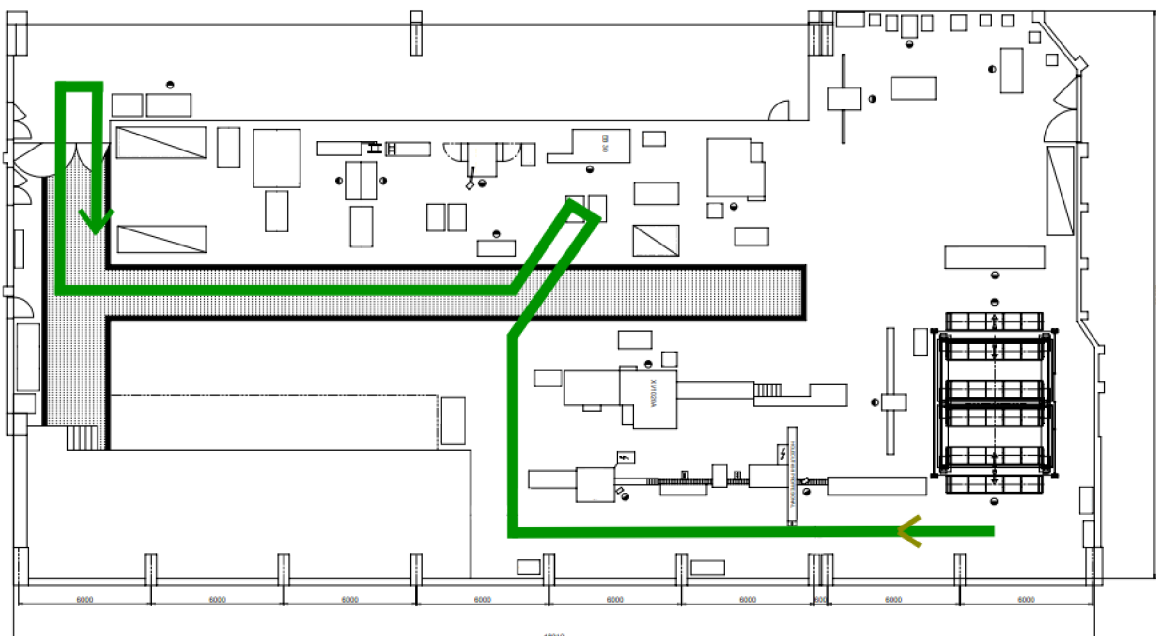
Polotovar se po vyjmutí ze skladu polotovarů přemístí na pracoviště D-1. Po provedení první operace je součást podavačem posunuta na odkládací plochu. Následuje operace frézování, kterou je možné realizovat na pracovišti F-1, které je dopravníkem spojeno s gravírovacím strojem, nebo na pracovišti F-2, které se nachází ve vzdálenosti několika metrů. Poté je provedena další operace na pracovišti O-1. Dalšími kroky v procesu výroby je výstupní kontrola a operace leštění. Leštěním ploch se zajistí potřebná kvalita především kontaktních ploch dílců. Poslední operací je příprava smršťovací hadice a následné přemístění do pece, kde hadice okopíruje tvar dílce. Po vyjmutí z pece se smršťovací hadice ořízne v místech, které jsou definované na výkresu. Během procesu výroby této součásti mohou být využívány mezisklady, které jsou umístěny v blízkosti jednotlivých pracovišť.

Pro grafické zobrazení procesu výroby představitele 2 byl na základě dat z přílohy 1 vytvořen postupový graf (obr. 12).



Obr. 12 Postupový graf pro představitele 2.

Pro znázornění postupu představitele 2 dílnou byla do aktuálního dispozičního řešení (viz obr. 23), zakreslena čára představující pohyb materiálu při výrobě po dílně (obr. 13).

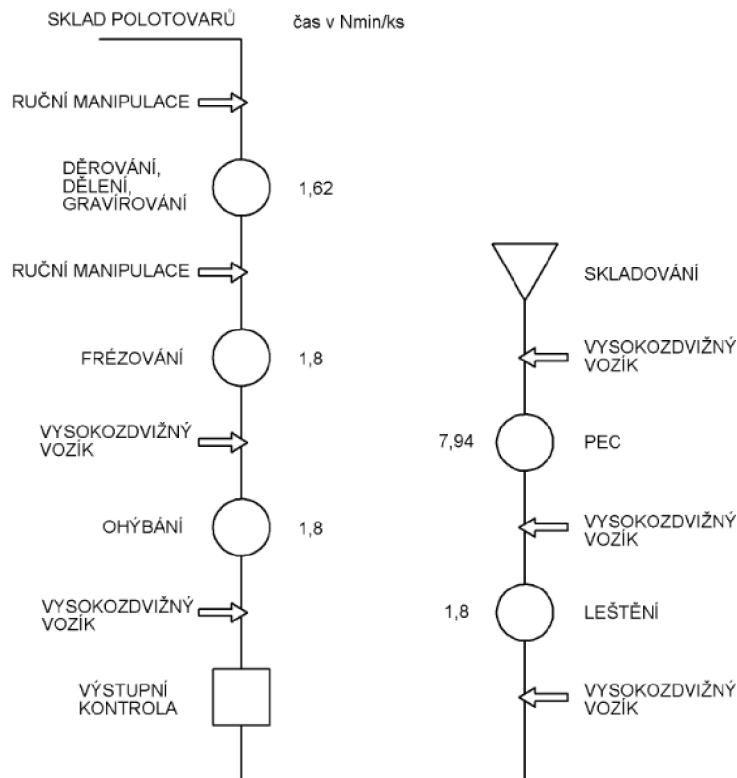


Obr. 13 Grafické znázornění pohybu představitele 2 po dílně.

Představitel 3 - součást č. 7

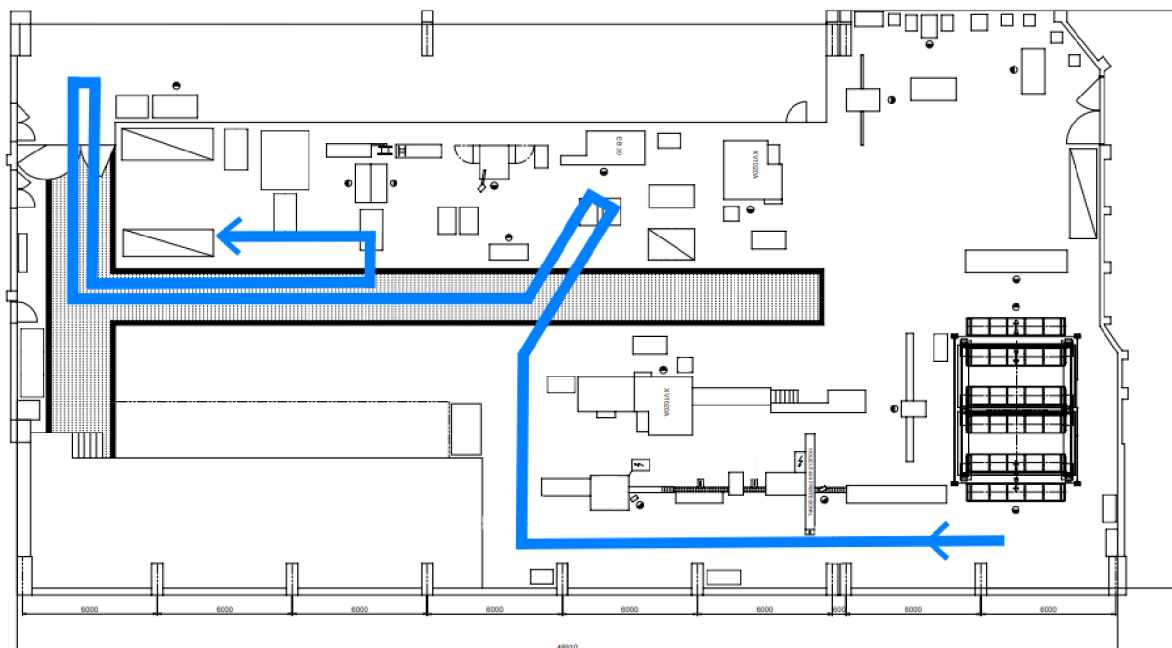
Technologický postup výroby představitele 3 je velmi podobný jako u představitele 2. Provádí se zde jedna operace navíc, což je příprava smršťovací hadice a následné přemístění do pece, kde hadice okopíruje tvar dílce. Po vyjmutí z pece se smršťovací hadice ořízne v místech, které jsou definované na výkrese.

Pro grafické zobrazení procesu výroby představitele 3 byl na základě dat z přílohy 1 vytvořen postupový graf (obr. 14).



Obr. 14 Postupový graf pro představitel 3.

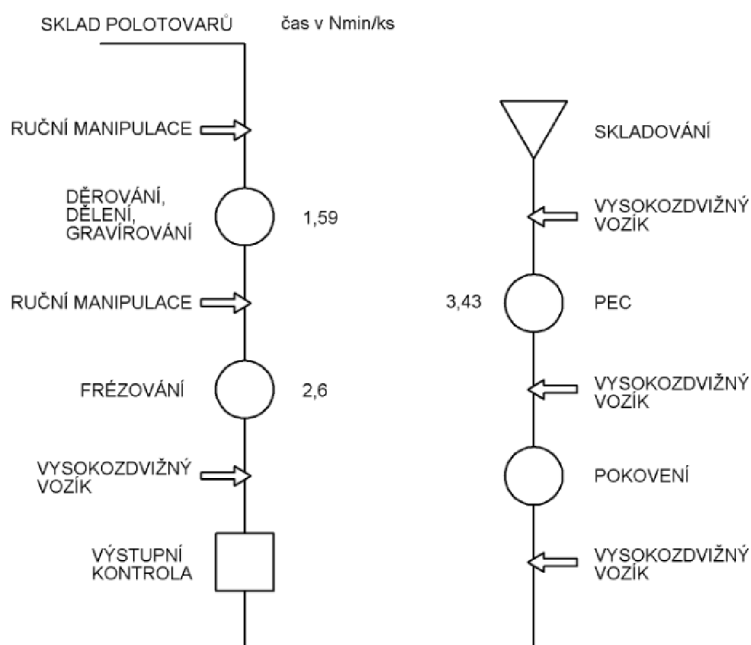
Pro znázornění postupu představitele 3 dílnou byla do aktuálního dispozičního řešení (viz obr. 23), zakreslena čára představující pohyb materiálu při výrobě po dílně (obr. 15).



Obr. 15 Grafické znázornění pohybu představitele 3 po dílně.

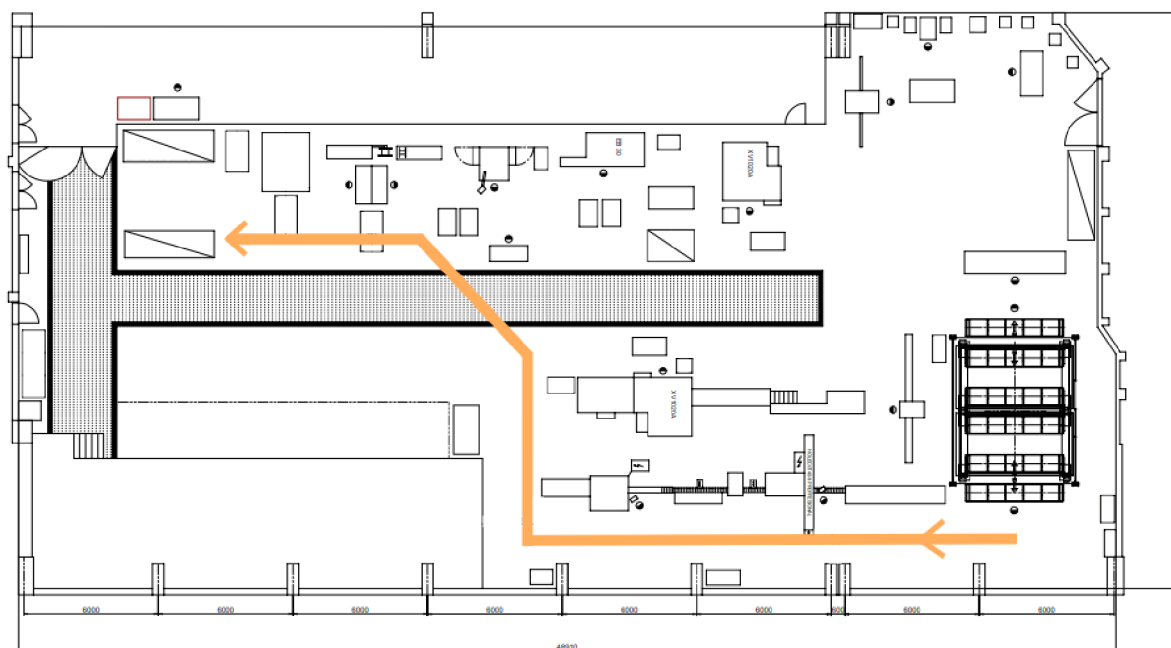
Představitel 4 - Součást č. 9

Pro grafické zobrazení procesu výroby byl na základě dat z přílohy 1 vytvořen postupový graf (obr. 16).



Obr. 16 Postupový graf pro představitele 4.

Pro znázornění postupu představitele 4 dílnou byla do aktuálního dispozičního řešení (viz obr. 23), zakreslena čára představující pohyb materiálu při výrobě po dílně (obr. 17).



Obr. 17 Grafické znázornění pohybu představitele 4 po dílně.

2.2 Strojní vybavení pracoviště

2.2.1 Děrování

Na pracovišti D-1 se používá CNC děrovací stroj, viz obr. 18.



Obr. 18 EHRT CNC děrovací stroj Holecut 40-9 Professional [7].

2.2.2 Gravírování

Značení materiálu zajišťuje gravírovací CNC stroj, který je součástí pracoviště D-1. Materiál je do tohoto stroje automaticky přesouván dopravníkem. Obrobek je po dokončení značení podavačem přemístěn z dopravníku, který se nachází na výstupu gravírovacího stroje, do zásobníku. Z důvodu ochrany informací výrobce není tento stroj specifikován.

2.2.3 Frézování

Primárně se pro frézování využívá CNC stroj, který se nachází za gravírovacím strojem. Z důvodu ochrany informací výrobce není tento stroj specifikován.

Pro operaci frézování na pracovištích F-2 a F-3 se používají stroje, viz obr. 19.



Obr. 19 Obráběcí centrum XV-1020A [8].

2.2.4 Ohýbání

Na pracovišti O-1 se používá CNC ohýbací stroj, viz obr. 20.



Obr. 20 EHRT ohýbací stroj EB 30 CNC [9].

2.2.5 Ostatní stroje a zařízení

V provozu výroby měděných dílců se dále nacházejí např. tyto stroje a zařízení:

- Pec
- Pásová pila
- Vrtačka
- Ohraňovací lis
- Čelní bruska

2.2.6 Prostředky pro manipulaci

Přeprava materiálu mezi jednotlivými operacemi při výrobě je zajišťována pomocí elektrických vysokozdvíhných ručně vedených vozíků, viz obr. 21.



Obr. 21 Elektrický vysokozdvíhný ručně vedený vozík řada L12 BR 1172 [10].

2.3 Analýza materiálového toku

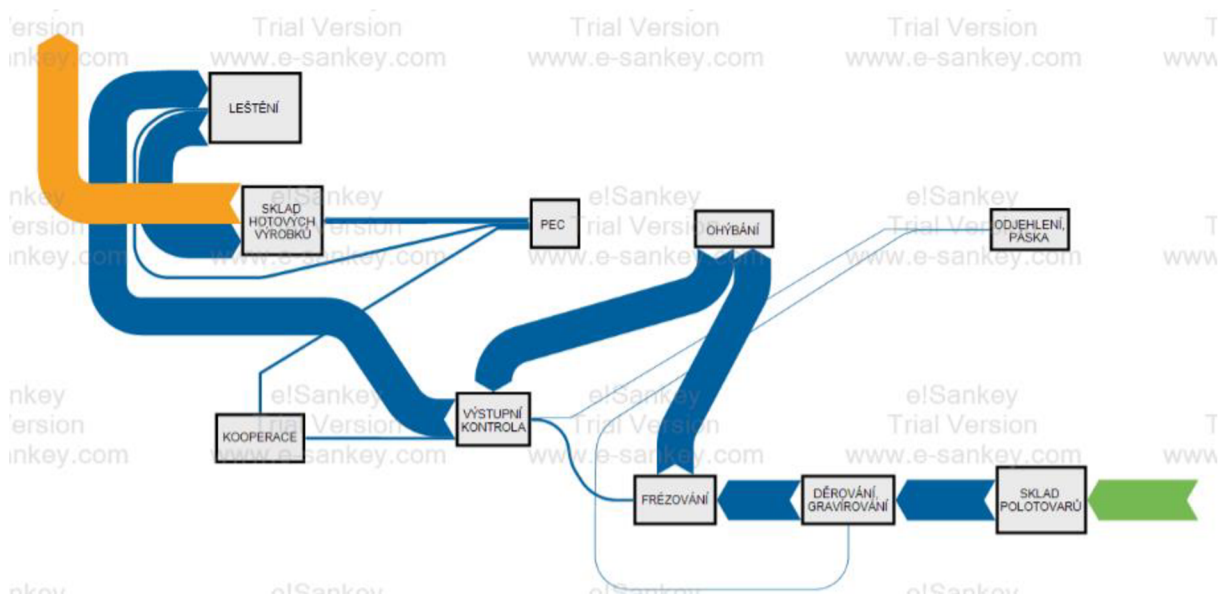
Pro znázornění materiálových toků byla sestavena šachovnicová tabulka (tab. 3), která vyjadřuje pohyby materiálu mezi jednotlivými pracovišti v tunách za rok. Podkladem pro sestavení tabulky jsou technologické postupy výroby představitelů součástí (viz příloha 1), přepočtený počet kusů představitelů součástí (viz kapitola 2.4.1) a údaje o hmotnosti (viz tab. 2).

Tab. 3 Šachovnicová tabulka materiálových toků v tunách za rok.

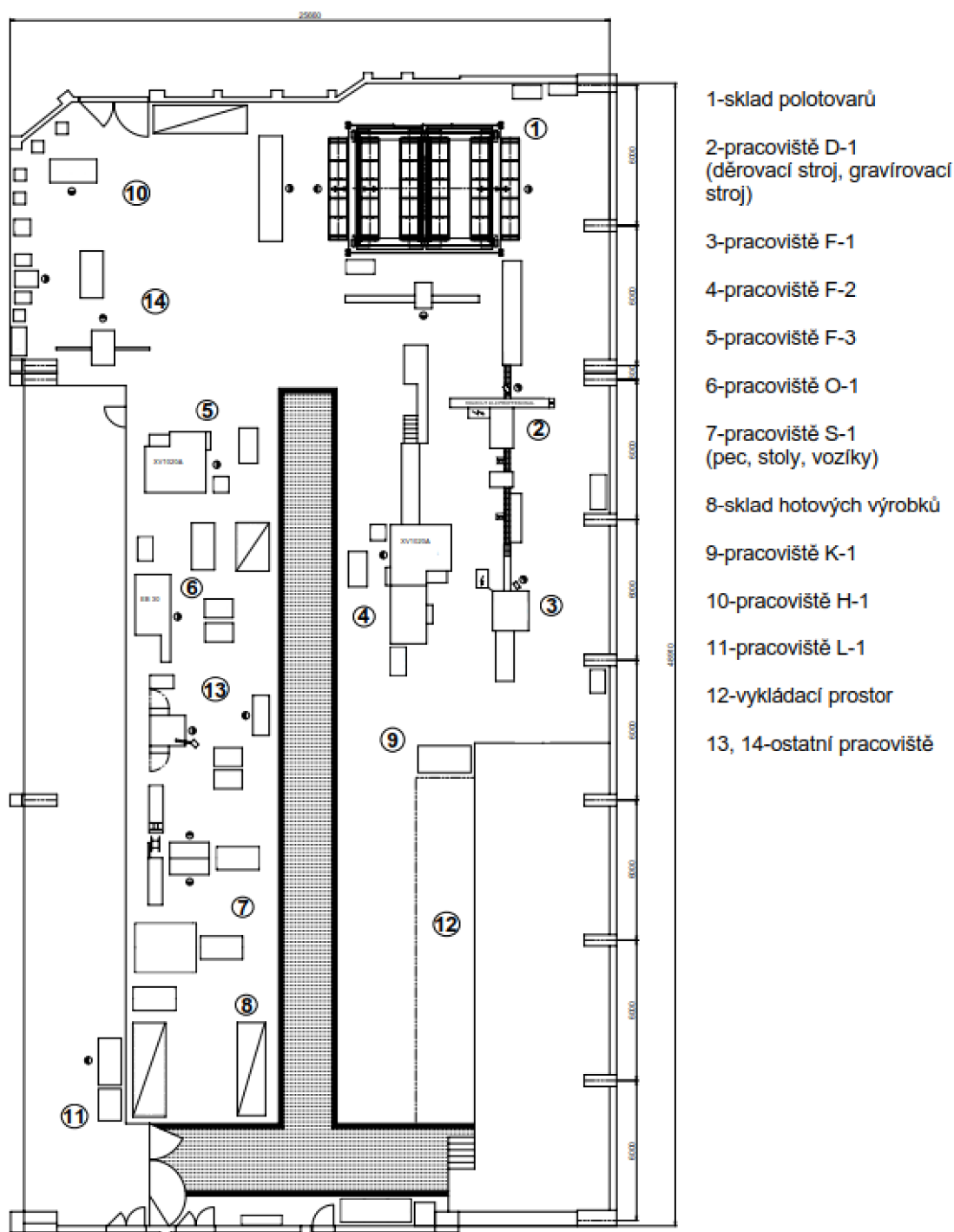
Odkud \ Kam	OKOLÍ	SKLAD POLOTOVARŮ	DĚROVÁNÍ	FRÉZOVÁNÍ	OHÝBÁNÍ	ODJEHLENÍ	PEC	LEŠTĚNÍ	VÝSTUPNÍ KONTROLA	SKLAD HOTOVÝCH VÝROBKŮ	SUMA
OKOLÍ		262,9					18,8				281,7
SKLAD POLOTOVARŮ			262,9								262,9
DĚROVÁNÍ				257,4		5,5					262,9
FRÉZOVÁNÍ					238,6				18,8		257,4
OHÝBÁNÍ									238,6		238,6
ODJEHLENÍ									5,5		5,5
PEC									20,3		39,1
LEŠTĚNÍ										39,10	39,1
VÝSTUPNÍ KONTROLA	18,8									223,80	244,1
SKLAD HOTOVÝCH VÝROBKŮ											262,9
SUMA	281,7	262,9	262,9	257,4	238,6	5,5	39,1	244,1	262,9	262,9	

Pro znázornění intenzity materiálových toků byl sestrojen Sankeyův diagram (obr. 22), který vychází z aktuálního dispozičního řešení (viz obr. 23). Tento diagram byl vytvořen pomocí zkušební verze aplikace e!Sankey 4 [11].

Zelená čára představuje materiál, který do provozu výroby vstupuje, oranžová čára reprezentuje hotové součásti a modrá čára vyjadřuje rozpracovanou výrobu.



Obr. 22 Sankeyův diagram pro aktuální dispoziční řešení s doplněnými pracovišti L-1, H-1, K-1 a skladem hotových dílců.



Obr. 23 Aktuální dispoziční řešení.

2.4 Kapacitní propoččet

Výpočty jsou provedeny pomocí časů, které jsou uvedené v příloze 1. Dále jsou pro výpočty použity údaje z tab. 1 (průměrný počet vyrobených skupin představitelů za rok) a tab. 2. (hmotnosti součástí). Výrobní dávka byla stanovena 10ks.

2.4.1 Přepočtený počet kusů představitele

Přepočtený počet kusů představitele 1:

$$N_{p1} = \frac{n_1 t_1 + n_2 t_2}{t_{p1}} = \frac{8825,6 \cdot 0,09 + 8825,6 \cdot 0,09}{0,09} = 17651 \text{ ks/rok} \quad (2.1)$$

Přepočtený počet kusů představitele 2:

$$N_{p2} = \frac{3 \cdot 8825,6 \cdot 0,14 + 3 \cdot 8825,6 \cdot 0,16 + 6 \cdot 8825,6 \cdot 0,11}{0,14} = 98342 \text{ ks/rok} \quad (2.2)$$

Přepočtený počet kusů představitele 3:

$$N_{p3} = \frac{8825,6 \cdot 0,28 + 8825,6 \cdot 0,25 + 8825,6 \cdot 0,28}{0,25} = 28595 \text{ ks/rok} \quad (2.3)$$

Přepočtený počet kusů představitele 4:

$$N_{p4} = \frac{3 \cdot 8825,6 \cdot 0,13}{0,13} = 26477 \text{ ks/rok} \quad (2.4)$$

2.4.2 Efektivní časové fondy

$$E_r = (K_c - S - N - S_v) \cdot 8 = 252 \cdot 8 = 2016 \text{ hod./rok} \quad (2.5)$$

$$E_s = E_r - (0,1 \text{ až } 0,12) \cdot E_r = 2016 - 0,11 \cdot 2016 = 1814 \text{ hod./rok} \quad (2.6)$$

2.4.3 Potřebné počty pracovišť

Ruční pracoviště

Počet ručních pracovišť pro operaci č. 5 pro představitele 1:

$$P_{th5} = \frac{t_{k1} \cdot N_{p1}}{60 \cdot E_r \cdot s_r \cdot k_{pnr}} = \frac{1,8 \cdot 17651}{60 \cdot 2016 \cdot 2 \cdot 1,25} = 0,11 \Rightarrow 1 \text{ pracoviště} \quad (2.7)$$

Počet ručních pracovišť pro operaci č. 3 a 4 pro představitele 1:

$$P_{th3} = \frac{1,8 \cdot 17651}{60 \cdot 2016 \cdot 2 \cdot 1,25} = 0,11 \Rightarrow 1 \text{ pracoviště} \quad (2.8)$$

Počet ručních pracovišť pro operaci č. 5 pro představitele 2:

$$P_{th5} = \frac{1,8 \cdot 98342}{60 \cdot 2016 \cdot 2 \cdot 1,25} = 0,59 \Rightarrow 1 \text{ pracoviště} \quad (2.9)$$

Počet ručních pracovišť pro operaci č. 6 pro představitele 3:

$$P_{th6} = \frac{1,8 \cdot 28595}{60 \cdot 2016 \cdot 2 \cdot 1,25} = 0,17 \Rightarrow 1 \text{ pracoviště} \quad (2.10)$$

Počet ručních pracovišť pro operaci č. 7 pro představitele 3:

$$P_{th7} = \frac{7,94 \cdot 28595}{60 \cdot 2016 \cdot 2 \cdot 1,25} = 0,75 \Rightarrow 1 \text{ pracoviště} \quad (2.11)$$

Počet ručních pracovišť pro operaci č. 6 pro představitele 4:

$$P_{th6} = \frac{3,43 \cdot 26477}{60 \cdot 2016 \cdot 2 \cdot 1,25} = 0,3 \Rightarrow 1 \text{ pracoviště} \quad (2.12)$$

Strojní pracoviště

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 1 pro představitele 1:

$$P_{th1} = \frac{t_{kD1} \cdot N_{P1}}{60 \cdot E_s \cdot s_s \cdot k_{pns}} = \frac{1,56 \cdot 17651}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,11 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.13)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 1 pro představitele 2:

$$P_{th1} = \frac{1,62 \cdot 98342}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,61 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.14)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 2 pro představitele 2:

$$P_{th2} = \frac{3,42 \cdot 98342}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 1,28 \Rightarrow 2 \text{ stroje} \quad (2.15)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 3 pro představitele 2:

$$P_{th3} = \frac{1,3 \cdot 98342}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,4 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.16)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 1 pro představitele 3:

$$P_{th1} = \frac{1,62 \cdot 28595}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,18 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.17)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 2 pro představitele 3:

$$P_{th2} = \frac{1,8 \cdot 28595}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,2 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.18)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 4 pro představitele 3:

$$P_{th4} = \frac{1,8 \cdot 28595}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,2 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.19)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 1 pro představitele 4:

$$P_{th1} = \frac{1,59 \cdot 26477}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,16 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.20)$$

Počet strojních pracovišť pro operaci č. 2 pro představitele 4:

$$P_{th2} = \frac{2,6 \cdot 26477}{60 \cdot 1814 \cdot 2 \cdot 1,2} = 0,26 \Rightarrow 1 \text{ stroj} \quad (2.21)$$

2.4.4 Využití pracovišť

Využití ručních pracovišť

Využití pracoviště L-1 pro představitele 1 v operaci č. 5:

$$\eta_5 = \frac{P_{th5}}{P_{sk5}} \cdot 100 = \frac{0,11}{1} \cdot 100 = 11\% \quad (2.22)$$

Využití pracoviště H-1 pro představitele 1 v operaci č. 3 a 4:

$$\eta_3 = \frac{0,11}{1} \cdot 100 = 11\% \quad (2.23)$$

Využití pracoviště L-1 pro představitele 2 v operaci č. 5:

$$\eta_5 = \frac{0,59}{1} \cdot 100 = 59\% \quad (2.24)$$

Využití pracoviště L-1 pro představitele 3 v operaci č. 5:

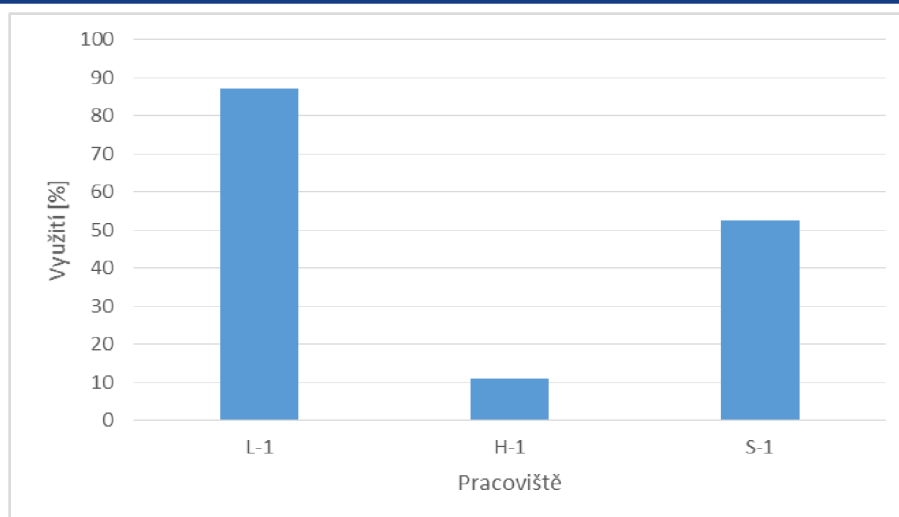
$$\eta_6 = \frac{0,17}{1} \cdot 100 = 17\% \quad (2.25)$$

Využití pracoviště S-1 pro představitele 3 v operaci č. 5:

$$\eta_7 = \frac{0,75}{2} \cdot 100 = 37,5\% \quad (2.26)$$

Využití pracoviště S-1 pro představitele 4 v operaci č. 6:

$$\eta_6 = \frac{0,3}{2} \cdot 100 = 15\% \quad (2.27)$$



Obr. 24 Graf využití ručních pracovišť pro výrobu představitelů 1-4.

Využití strojních pracovišť

Využití pracoviště D-1 pro představitele 1 v operaci č. 1:

$$\eta_1 = \frac{0,11}{1} \cdot 100 = 11\% \quad (2.28)$$

Využití pracoviště D-1 pro představitele 2 v operaci č. 1:

$$\eta_1 = \frac{0,61}{1} \cdot 100 = 61\% \quad (2.29)$$

Využití pracoviště F-1 pro představitele 2 v operaci č. 2:

$$\eta_2 = \frac{1,28}{3} \cdot 100 = 43\% \quad (2.30)$$

Využití pracoviště O-1 pro představitele 2 v operaci č. 3:

$$\eta_3 = \frac{0,49}{1} \cdot 100 = 49\% \quad (2.31)$$

Využití pracoviště D-1 pro představitele 3 v operaci č. 1:

$$\eta_1 = \frac{0,18}{1} \cdot 100 = 18\% \quad (2.32)$$

Využití pracoviště F-1 pro představitele 3 v operaci č. 2:

$$\eta_2 = \frac{0,2}{3} \cdot 100 = 7\% \quad (2.33)$$

Využití pracoviště O-1 pro představitele 3 v operaci č. 3:

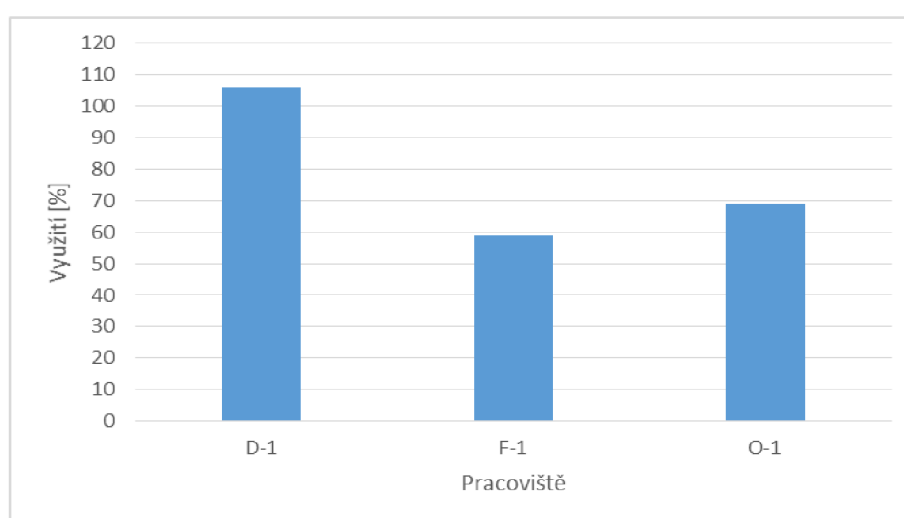
$$\eta_3 = \frac{0,2}{1} \cdot 100 = 20\% \quad (2.34)$$

Využití pracoviště D-1 pro představitele 4 v operaci č. 1:

$$\eta_1 = \frac{0,16}{1} \cdot 100 = 16\% \quad (2.35)$$

Využití pracoviště F-1 pro představitele 3 v operaci č. 2:

$$\eta_2 = \frac{0,26}{3} \cdot 100 = 9\% \quad (2.36)$$



Obr. 25 Graf využití strojních pracovišť pro výrobu představitelů 1-4.

2.5 Zhodnocení současného stavu

V analýze výrobního sortimentu byl zvolen a popsán představitel skupiny vyráběných součástí. Z této skupiny výrobků byla vybrána typická konfigurace dílců a byli zvoleni představitelé jednotlivých dílců. Při popisu jednotlivých představitelů součástí bylo naznačeno, jak se materiál při výrobě pohybuje dílnou. Z toho lze usoudit, že návrhem nového dispozičního řešení, které zajistí zkrácení přepravních vzdáleností mezi jednotlivými pracovišti, je možné snížit náklady na přepravu výrobních dávek.

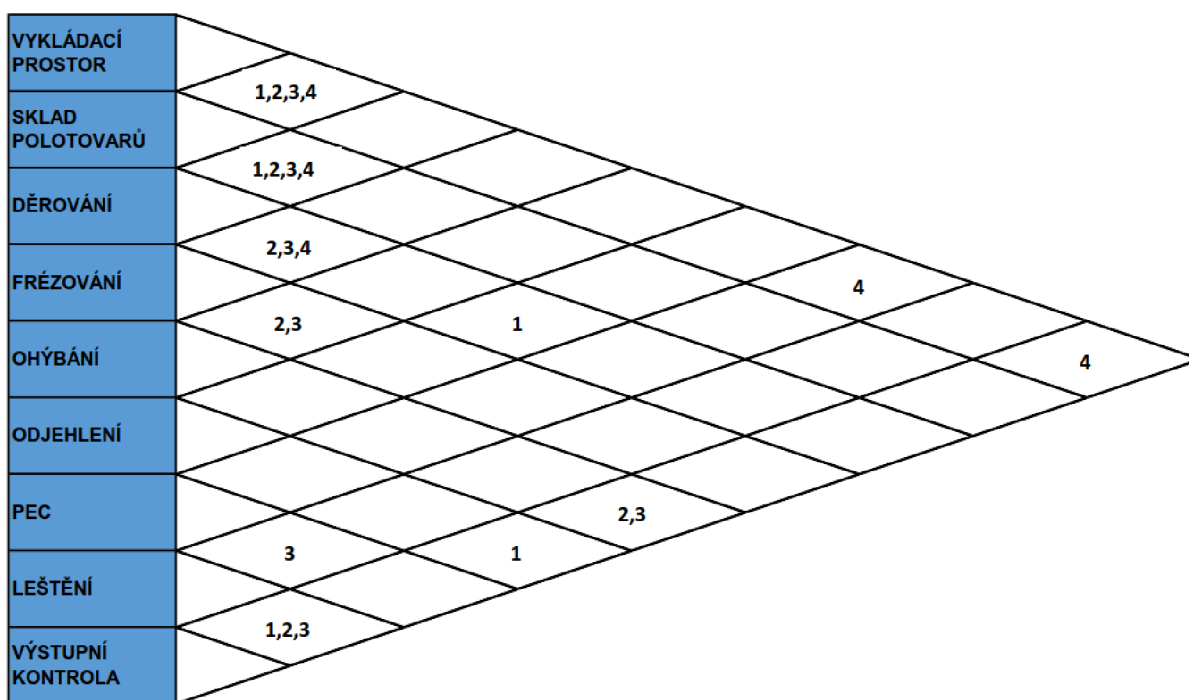
Z kapacitního propočtu je patrné, které strojní a ruční pracoviště jsou pro výrobu zvolených představitelů nejvíce využívány. V případě strojních pracovišť má největší využití pracoviště D-1, které je nezbytné pro výrobu všech představitelů. Je tedy zřejmé, že při zvýšení vyráběného množství je nutné v první řadě vybavit dílnu dalším takovým pracovištěm. Problém se dá rovněž řešit využitím ostatních strojů, které v dílně jsou. Dělení materiálu může být provedeno pomocí pásové pily a děrování mohou zajistit pracoviště F-1, F-2 a F-3. Další variantou může být zadávání určité části výroby do kooperace.

3 NÁVRH MOŽNÝCH VARIANT DISPOZIČNÍHO ŘEŠENÍ

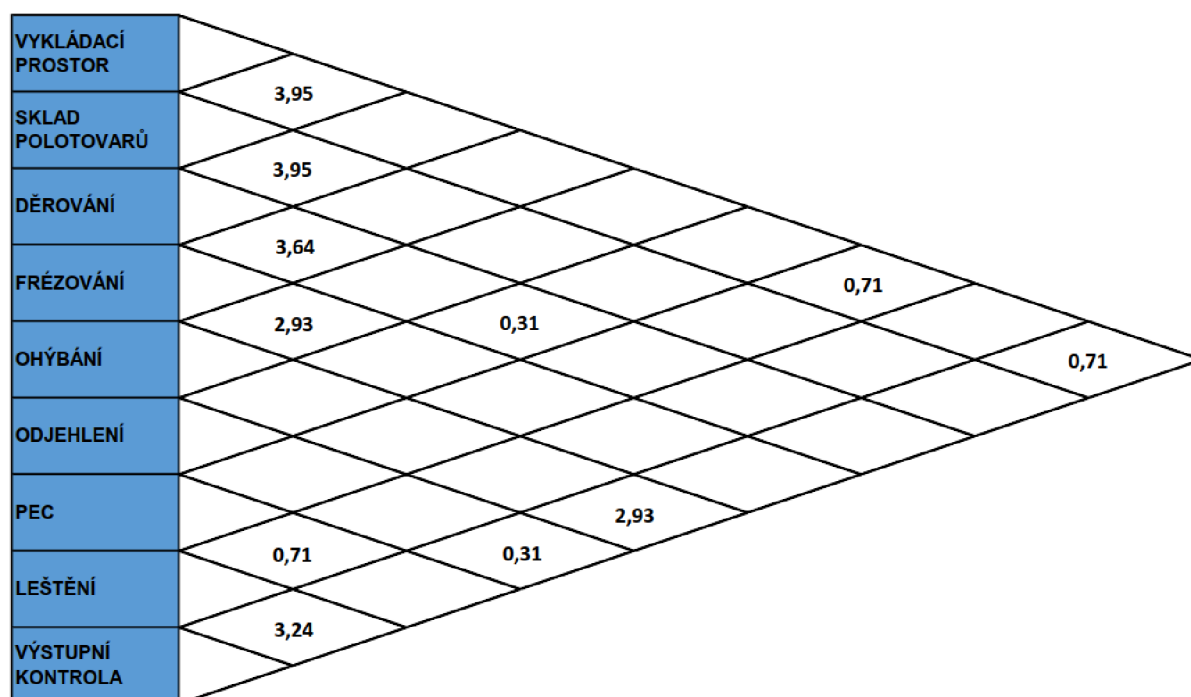
Z provedených analýz je patrné, že současné dispoziční řešení není z pohledu materiálových toků pro výrobu představitelů 1-3 ideální. V následujících kapitolách jsou rozebrány možné varianty nového uspořádání technologických pracovišť.

3.1 Varianta A

Tato varianta je zaměřena na problematiku návaznosti operací s cílem zajistit plynulý a krátký materiálový tok. Proto byly sestrojeny šachovnicové tabulky přímých technologických návazností mezi pracovišti. V tabulce (obr. 26) jsou v polích uvedeny čísla představitelů. V další tabulce (obr. 27) jsou v polích údaje rozšířeny o hmotnosti představitelů. Záměrně je v tabulce uveden i vykládací prostor, který slouží pro vykládání polotovarů a pro nakládání a vykládání dílců, které se přepravují mimo pracoviště za účelem pokovení, a také sklad polotovarů. I tato dvě místa hrají velkou roli v uspořádání pracovišť a jejich umístění v dispozičním řešení lze také měnit.



Obr. 26 Šachovnicová tabulka návazností – zobrazení představitelů.



Obr. 27 Šachovnicová tabulka návazností – zobrazení hmotností.

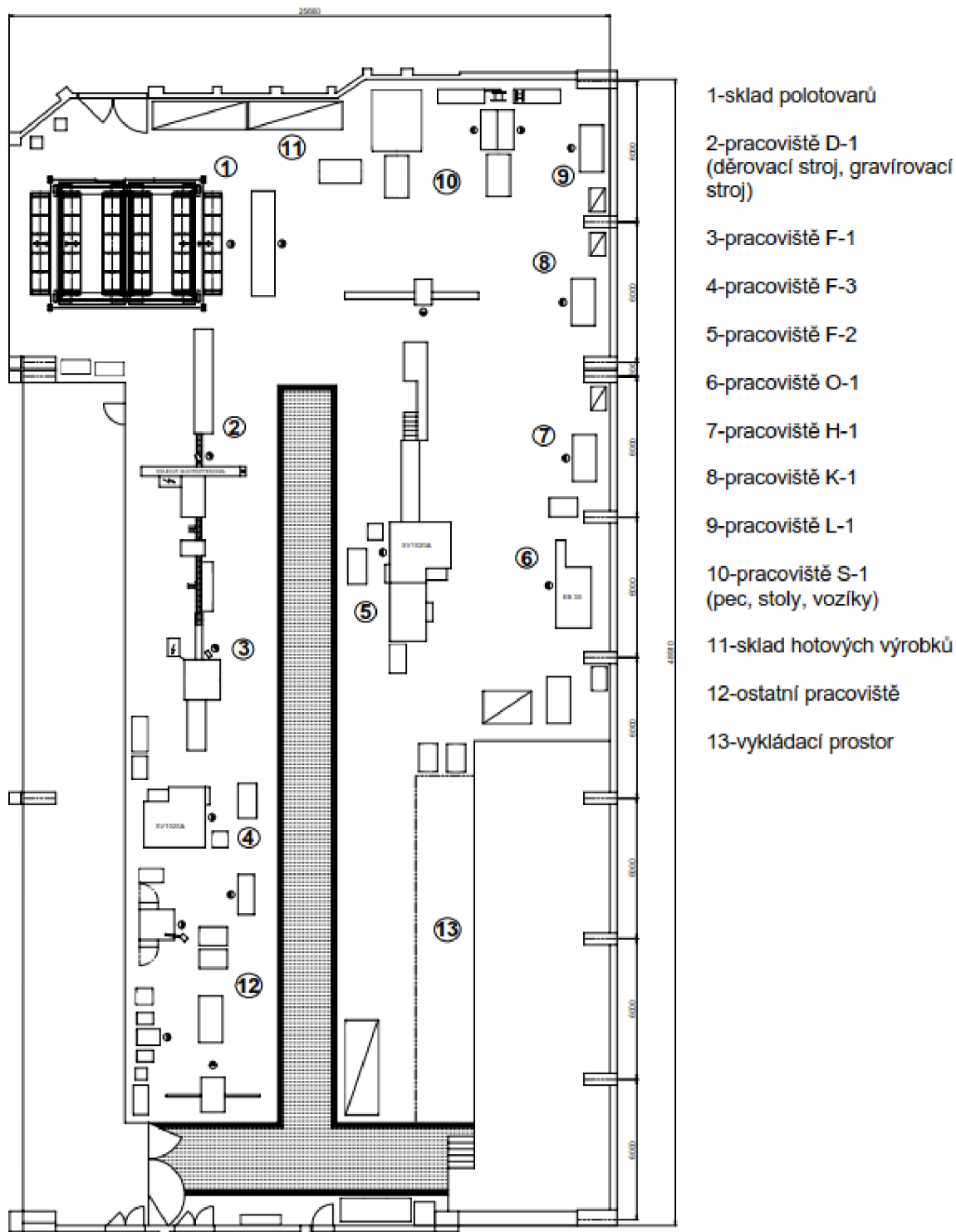
Z šachovnicové tabulky byly sestaveny dvojice objektů a činností, mezi kterými je nejvíce návazností. Tyto dvojice jsou seřazeny podle množství návazností (1=nejvíce návazností, 7=nejméně návazností):

1. vykládací prostor – sklad polotovarů
1. sklad polotovarů – děrování
2. děrování - frézování
3. leštění – výstupní kontrola
4. frézování – ohýbání
4. ohýbání – Výstupní kontrola
5. vykládací prostor – pec
5. vykládací prostor – výstupní kontrola
6. pec – leštění
7. děrování – odjehlení
7. odjehlení – výstupní kontrola

3.1.1 Dispoziční řešení pro variantu A

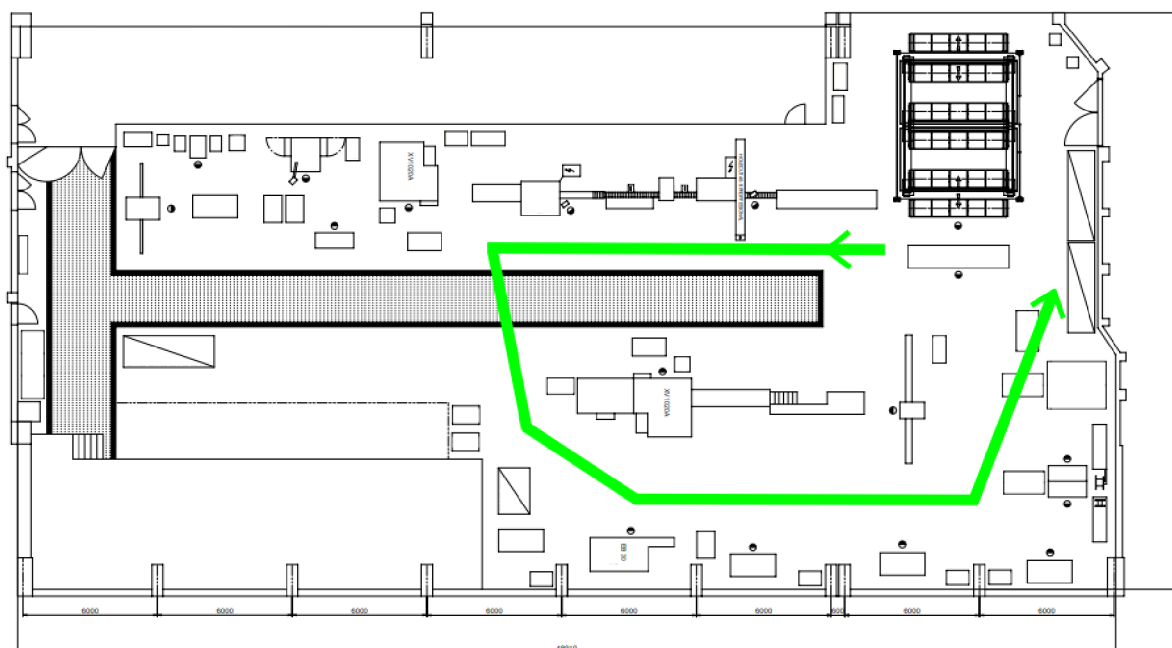
Na základě zjištěných návazností operací byl proveden návrh nového dispozičního řešení (obr. 28). V této variantě zůstává na původním místě pouze pracoviště F-2 se zakladačem a pilou a všechny ostatní stroje a zařízení se přemísťují. Přesto, že nejvíce návazností je mezi vykládacím prostorem a skladem polotovarů, v návrhu toto není zohledněno. Důvodem je skutečnost, že změna

umístění těchto dvou objektů je z pohledu realizace (zejména nutné stavební práce) velmi nákladná.

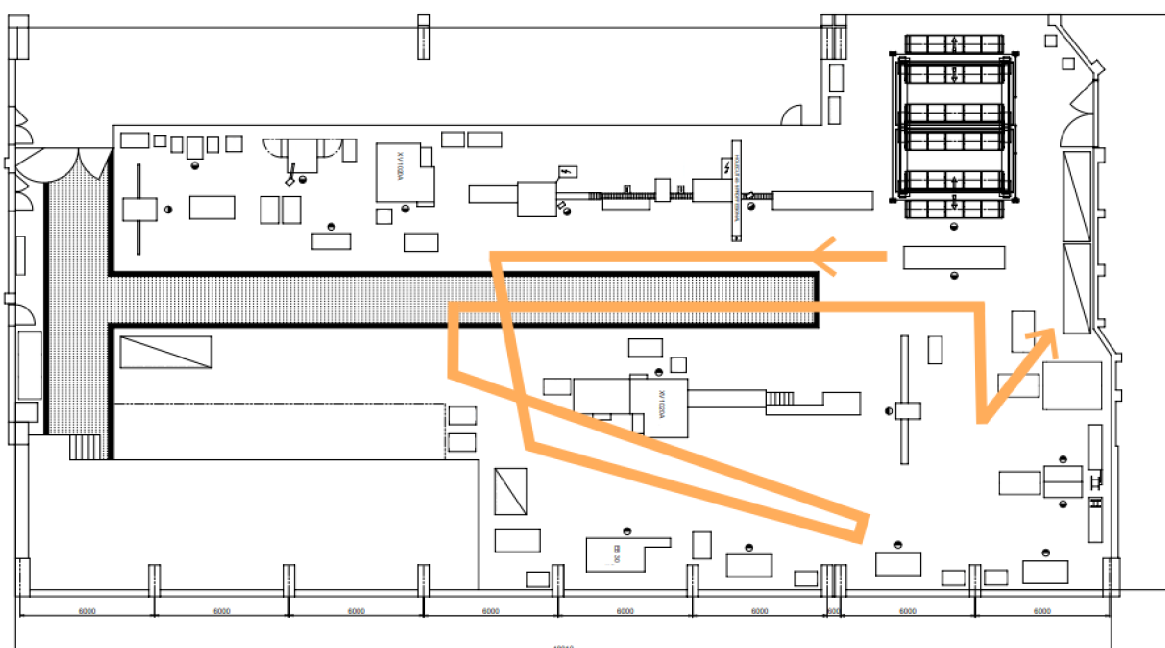


Obr. 28 Návrh nového dispozičního řešení pro variantu A.

Pro znázornění postupu materiálu dílnou byly pro nové dispoziční řešení zakresleny čáry, představující tento pohyb (obr. 29 a obr. 30).



Obr. 29 Grafické znázornění pohybu představitelů 1-3 v navrženém dispozičním řešení.

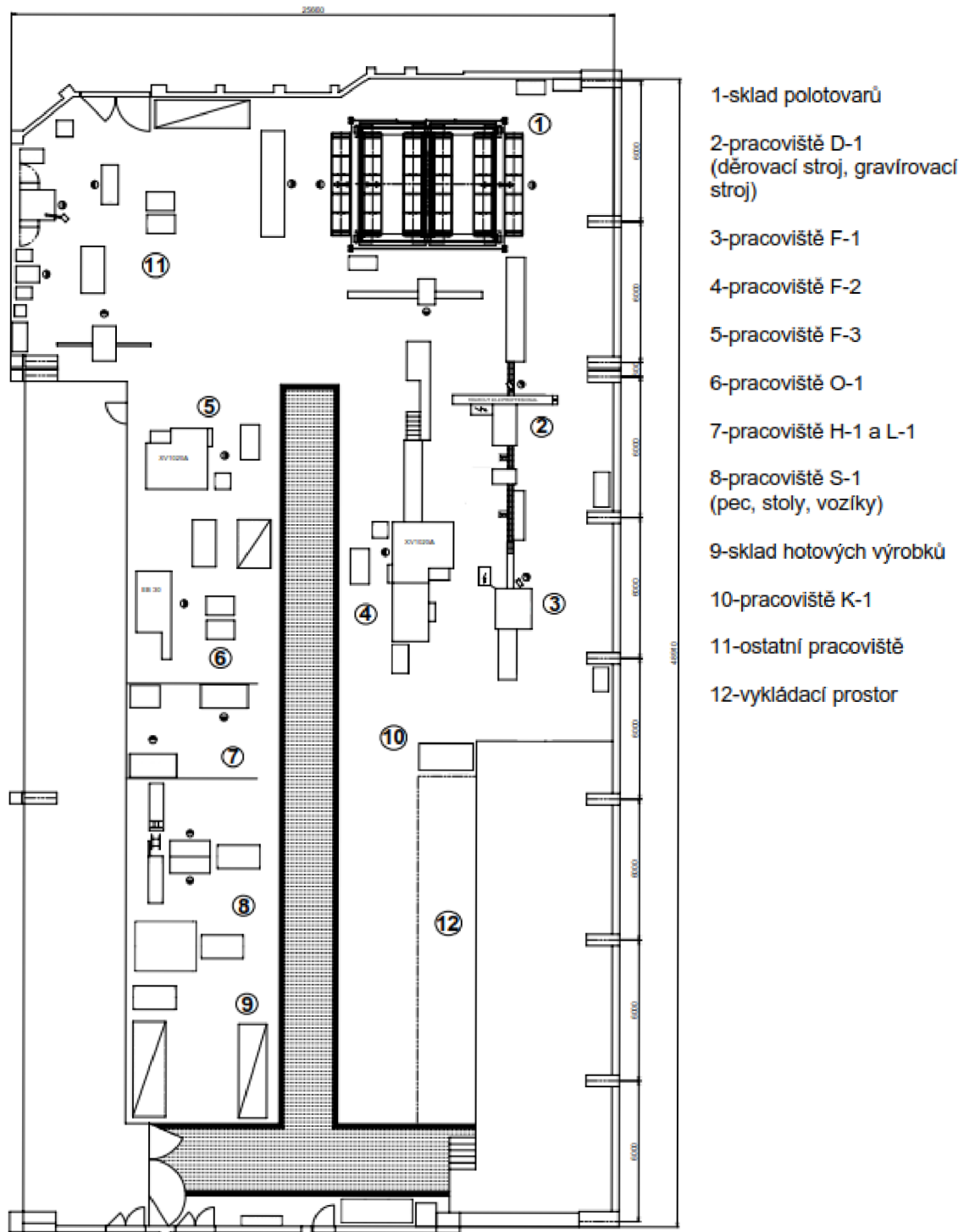


Obr. 30 Grafické znázornění pohybu představitel 4 v navrženém dispozičním řešení.

3.2 Varianta B

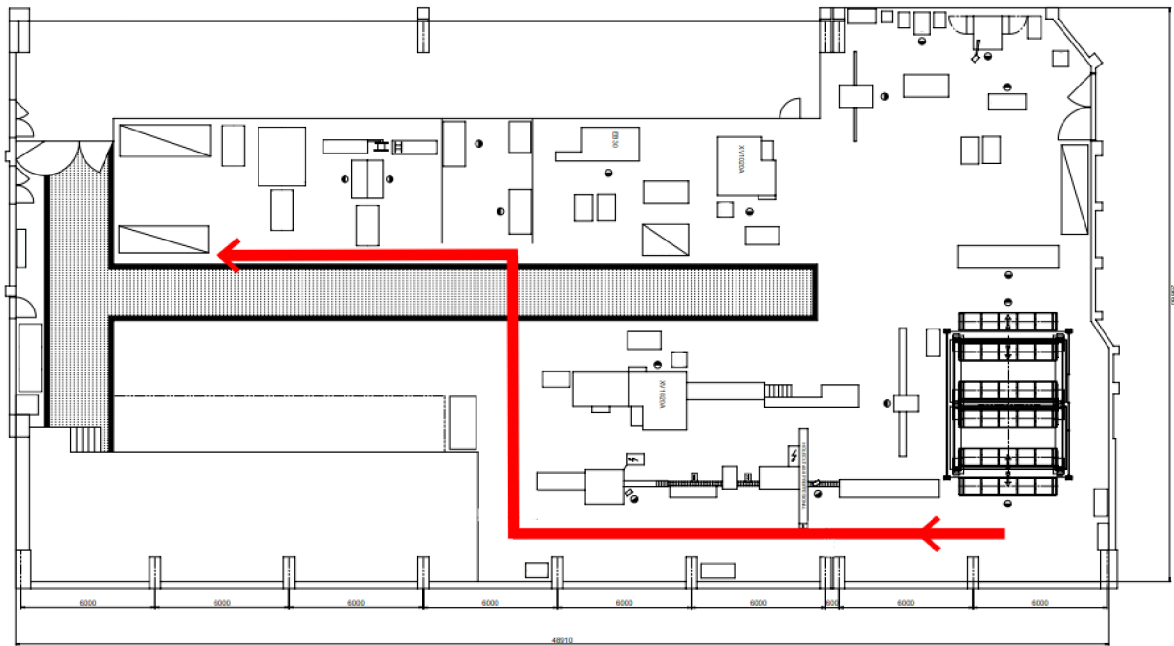
Tato varianta je také zaměřena na návaznosti operací. Vychází se ze zjištěných návazností (viz kapitola 4.1), ale je zde kladen důraz na co nejmenší počet přemísťovaných strojů a pracovišť, který je nutný pro realizaci návrhu. V tomto návrhu je přemísťováno pracoviště, které není pro výrobu představitel skupiny výrobků A využíváno, do prostoru, kde se nachází pracoviště H-1. Pracoviště H-1 se přesouvá do uvolněného prostoru a do stejného prostoru se přesouvá i pracoviště L-

1. Tato dvě ruční pracoviště jsou od ostatních pracovišť oddělena zástěnou z důvodu zamezení šíření prachu. Dispoziční řešení pro variantu B je na obr. 31.

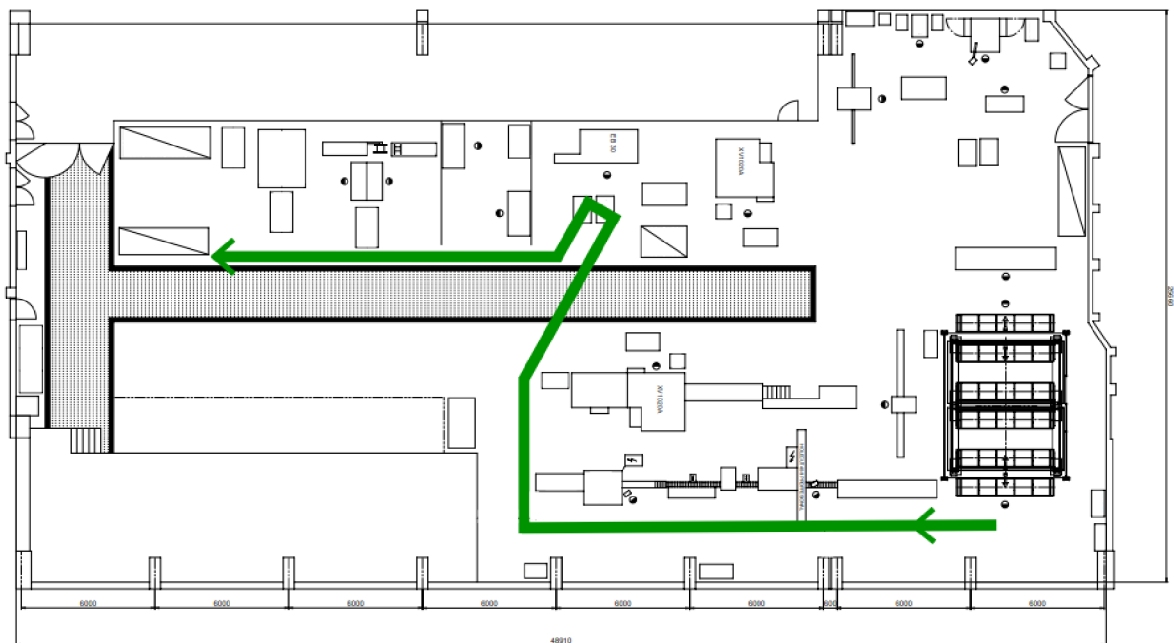


Obr. 31 Návrh nového dispozičního řešení – Varianta B.

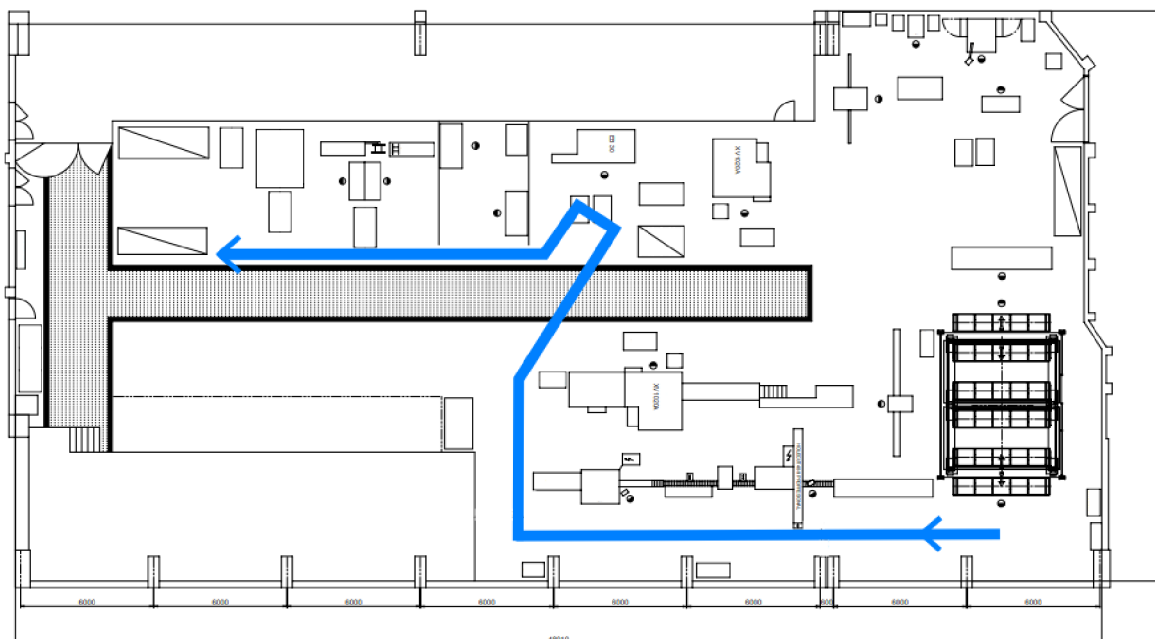
Grafické znázornění pohybu představitelů 1-4 v navrženém dispozičním řešení je zobrazeno níže (obr. 32, 33, 34, 35).



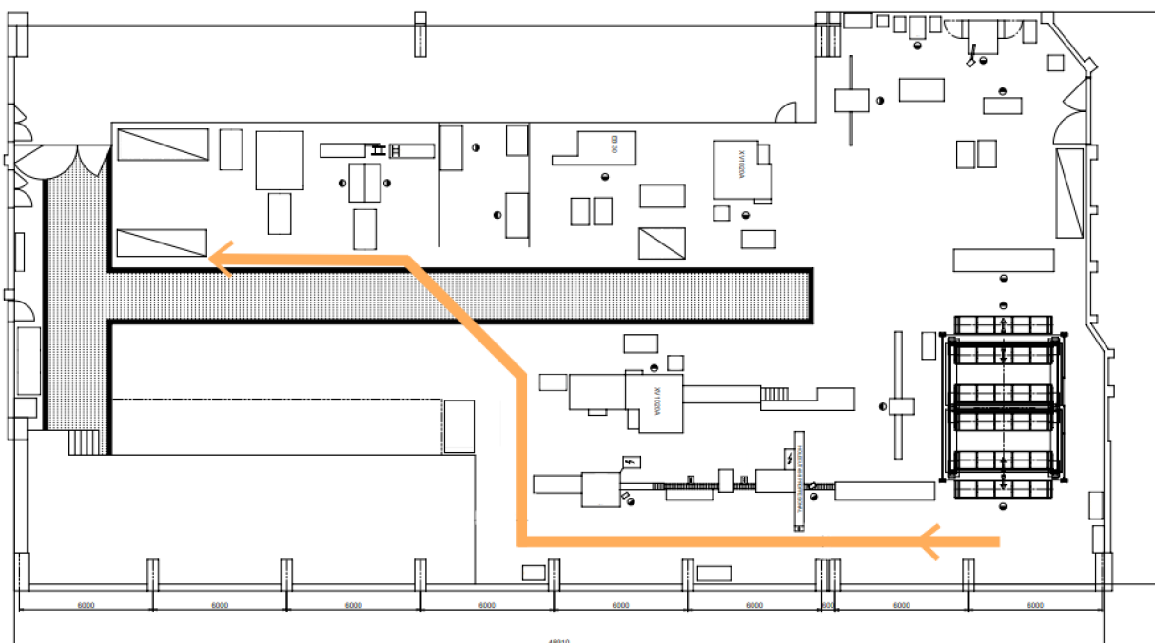
Obr. 32 Grafické znázornění pohybu představitel 1 v navrženém dispozičním řešení.



Obr. 33 Grafické znázornění pohybu představitel 2 v navrženém dispozičním řešení.



Obr. 34 Grafické znázornění pohybu představitele 3 v navrženém dispozičním řešení.

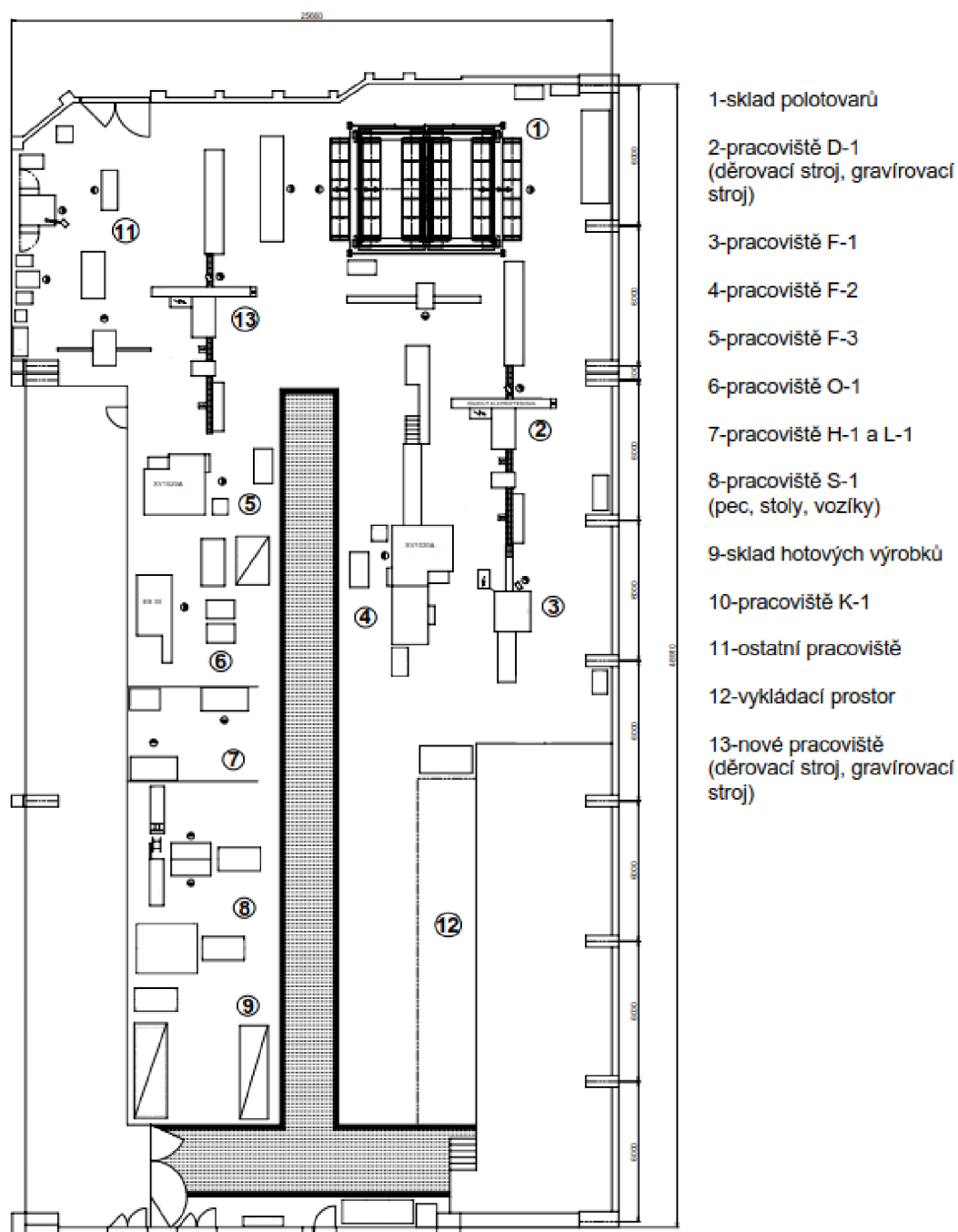


Obr. 35 Grafické znázornění pohybu představitele 4 v navrženém dispozičním řešení.

3.3 Varianta C

Tato varianta je řešena v návaznosti na provedený kapacitní propoččet, ze kterého plyne, že v případě zvýšení vyráběného množství je nutné dílnu vybavit dalším pracovištěm, které zajistí provedení první operace. V aktuálním dispozičním řešení není příliš mnoho místa pro umístění nových pracovišť a situaci komplikuje i skutečnost, že při výběru vhodného místa pro nové pracoviště je nutné vzít úvahu hlavně vztah se skladem polotovarů. Ve variantě C tedy nové pracoviště získává

místo mezi skladem polotovarů a pracovištěm F-2. Pro zajištění plynulosti materiálových toků a návaznosti operací je v tomto návrhu aplikováno (stejně jako ve variantě B) přemístění pracovišť L-1 a H-1 do prostoru, kde se v současné době nachází ohraňovací lis. Dispoziční řešení pro variantu B je na obr. 36.



Obr. 36 Návrh nového dispozičního řešení – Varianta C.

4 VÝBĚR VHODNÉ VARIANTY

Pro výběr vhodné varianty byla stanovena kritéria (tab. 4), kterým bylo přiřazeno váhové hodnocení, které vyjadřuje důležitost při posuzování (1=nejméně důležité, 5=nejvíce důležité).

Tab. 4 Kritéria pro výběr optimální varianty.

Kritérium	Váhové hodnocení	Poznámka
Manipulace s materiálem	4	Zajištění krátkých přepravních vzdáleností
Zvýšení vyráběného množství	2	Zohlednění možnosti vybavení pracoviště novými stroji a zařízeními
Bezpečnost práce	5	Zajištění bezpečnosti práce
Náklady na realizaci	5	Náklady na přemístění strojů a pracovišť
Výrobní časy	5	Posouzení vlivu návrhu na redukci výrobních časů

4.1 Hodnocení Varianty A

Tab. 5 Hodnocení kritérií varianty A.

Kritérium	Váhové hodnocení	Získané hodnocení	Celkové hodnocení
Manipulace s materiálem	4	3	12
Zvýšení vyráběného množství	2	0	0
Bezpečnost práce	5	4	20
Náklady na realizaci	5	0	0
Výrobní časy	5	2	10
Celkem			42

Varianta A zajišťuje plynulý materiálový tok s výjimkou součásti č. 9, jejíž pohyb dílnou při výrobě není ideální. Hlavní nevýhodou je nutnost přemístění většiny strojů, zařízení a pracovišť. Z toho je patrné, že náklady na realizaci tohoto návrhu jsou příliš vysoké. Zkrácení vzdáleností pro manipulaci s materiálem, kterých se dosáhne realizací návrhu, není zejména kvůli představiteli 4 významné. V porovnání s variantou B jsou vzdálenosti pro manipulaci delší.

4.2 Hodnocení Varianty B

Tab. 6 Hodnocení kritérií varianty B.

Kritérium	Váhové hodnocení	Získané hodnocení	Celkové hodnocení
Manipulace s materiálem	4	4	16
Zvýšení vyráběného množství	2	0	0
Bezpečnost práce	5	4	20
Náklady na realizaci	5	4	20
Výrobní časy	5	3	15
Celkem			71

Pro realizaci návrhu varianty B jsou potřeba minimální náklady, což představuje velkou výhodu. Přemísťují se pouze pracoviště L-1, H-1 a lis. Do nákladů je třeba zahrnout i vybudování zástěny, která prostor ručních pracovišť L-1 a H-1 oddělí od ostatních pracovišť. Touto variantou se dosáhne zkrácení cest při manipulaci s materiálem a plynulého materiálového toku, což představuje úsporu času výroby.

4.3 Hodnocení Varianty C

Tab. 7 Hodnocení kritérií varianty C.

Kritérium	Váhové hodnocení	Získané hodnocení	Celkové hodnocení
Manipulace s materiálem	4	3	12
Zvýšení vyráběného množství	2	4	8
Bezpečnost práce	5	3	15
Náklady na realizaci	5	2	10
Výrobní časy	5	4	20
Celkem			65

V této variantě se počítá s navýšením počtu strojů, což představuje vysoké náklady na realizaci. Další nevýhodou je, že přidáním nových pracovišť se výrazně zmenšuje prostor v dílně, což může vést ke zhoršení plynulosti materiálových toků a také např. k ohrožení bezpečnosti práce. Zkrácení výrobních časů se dosáhne zvýšením počtu nejvytíženějšího pracoviště, čímž se výrazně zkrátí čas 1. operace. Vzhledem k využití ostatních pracovišť se ale celkový čas na výrobu představitelů významně nezkrátí. Do nákladů na realizaci je nutné zahrnout především cenu nových strojů a mzdu nového pracovníka.

4.4 Vybraná varianta

Vybrána byla varianta B, protože získala největší počet bodů. Do kalkulace nákladů je nutné zahrnout práci externí firmy, která zajistí přemístění strojů a zařízení a vybudování zástěny. Pro vyjádření přínosu vybrané varianty byly změřeny vzdálenosti, které jsou nutné pro manipulaci s materiálem pomocí vysokozdvizného vozíku (tab. 8). Vyjádření celkové roční manipulace s výrobní dávkou je uvedeno v tab. 9. Některé zanedbatelné dráhy nebyly v měření zahrnuty.

Tab. 8 Vzdálenosti pro manipulaci s jednou výrobní dávkou.

	Aktuální dispoziční řešení s doplněnými pracovišti	Varianta B
Představitel 1	96m	25m
Představitel 2	43,5m	25m
Představitel 3	64m	25m
Představitel 4	25m	25m

Tab. 9 Vzdálenosti pro manipulaci s jednou výrobní dávkou za rok.

	Aktuální dispoziční řešení s doplněnými pracovišti	Varianta B
Představitel 1	169,4km	44,1km
Představitel 2	427,8km	245,9km
Představitel 3	183km	71,5km
Představitel 4	66,1km	66,1km

4.4 Vyčíslení nákladů a přínosů

Ekonomické hodnocení je provedeno pouze pro vybranou variantu B, protože pro ostatní varianty nebylo možné určit všechny potřebné položky pro výpočet. Varianta A navíc nemá větší přínos než varianta B a náklady na realizaci jsou vyšší.

Úspora manipulace

Vyjádření úspory je provedeno pomocí porovnání manipulačních vzdáleností při výrobě představitelů 1-3 (tab. 8) v současném a navrhovaném dispozičním řešení. U představitele 4 nedochází ke zkrácení vzdálenosti, proto není ve výpočtech zahrnut.

Představitel 1

1. Počet manipulací za rok:

$$p_1 = \frac{N_{p1}}{d} = \frac{17651}{10} = 1765,1 \quad (4.1)$$

Kde:

p_1 – počet manipulačních přeprav při výrobě představitele 1 za rok
 d – počet kusů v dávce [ks]

2. Dráha vozíku (aktuální stav):

$$s_{A1} = p_1 \cdot s_{11} = 1765,1 \cdot 0,096 = 169,4km \quad (4.2)$$

Kde:

s_{A1} – celková vzdálenost manipulací představitele 1 v současném stavu za rok [km]
 s_{11} – vzdálenost manipulace jedné dávky představitele 1 v současném stavu [km]

3. Dráha vozíku (varianta B):

$$s_{B1} = p_1 \cdot s_{12} = 1765,1 \cdot 0,025 = 44,1km \quad (4.3)$$

Kde:

s_{B1} – celková vzdálenost manipulací představitele 1 v navrhovaném stavu za rok [km]
 s_{12} – vzdálenost manipulace jedné dávky představitele 1 v navrhovaném stavu [km]

4. Roční úspora manipulace představitele 1 v kilometrech:

$$u_{p1} = s_{A1} - s_{B1} = 169,4 - 44,1 = 125,3km \quad (4.4)$$

5. Vyjádření roční úspory manipulace představitele 1 v tunokilometrech:

$$u_{m1} = u_{p1} \cdot m_1 \cdot d = 125,3 \cdot 0,31 \cdot 10 = 388,4tkm \quad (4.5)$$

Kde:

m_1 – hmotnost představitele 1 [kg]
 d – počet kusů v dávce [ks]

Představitel 2

1. Počet manipulací za rok:

$$p_2 = \frac{N_{p2}}{d} = \frac{98342}{10} = 9834,2 \quad (4.6)$$

Kde:

p_2 – počet manipulačních přeprav při výrobě představitele 2 za rok
 d – počet kusů v dávce [ks]

2. Dráha vozíku (aktuální stav):

$$s_{A2} = p_2 \cdot s_{21} = 9834,2 \cdot 0,0435 = 427,8km \quad (4.7)$$

Kde:

s_{A2} – celková vzdálenost manipulací představitel 2 v současném stavu za rok [km]

s_{21} – vzdálenost manipulace jedné dávky představitel 2 v současném stavu [km]

3. Dráha vozíku (varianta B):

$$s_{B1} = p_1 \cdot s_{22} = 9834,2 \cdot 0,025 = 245,9 \text{ km} \quad (4.8)$$

Kde:

s_{B2} – celková vzdálenost manipulací představitel 2 v navrhovaném stavu za rok [km]

s_{22} – vzdálenost manipulace jedné dávky představitel 2 v navrhovaném stavu [km]

4. Roční úspora manipulace představitel 2 v kilometrech:

$$u_{p2} = s_{A2} - s_{B2} = 427,8 - 245,9 = 181,9 \text{ km} \quad (4.9)$$

5. Vyjádření roční úspory manipulace představitel 2 v tunokilometrech:

$$u_{m2} = u_{p2} \cdot m_2 \cdot d = 181,9 \cdot 2,22 \cdot 10 = 4038,2 \text{ tkm} \quad (4.10)$$

Kde:

m_2 – hmotnost představitel 2 [kg]

Představitel 3

1. Počet manipulací za rok:

$$p_3 = \frac{N_{P3}}{d} = \frac{28595}{10} = 2859,5 \quad (4.11)$$

Kde:

p_3 – počet manipulačních přeprav při výrobě představitel 3 za rok

d – počet kusů v dávce [ks]

2. Dráha vozíku (aktuální stav):

$$s_{A3} = p_3 \cdot s_{31} = 2859,5 \cdot 0,064 = 183 \text{ km} \quad (4.12)$$

Kde:

s_{A3} – celková vzdálenost manipulací představitel 3 v současném stavu za rok [km]

s_{31} – vzdálenost manipulace jedné dávky představitel 3 v současném stavu [km]

3. Dráha vozíku (varianta B):

$$s_{B3} = p_3 \cdot s_{32} = 2859,5 \cdot 0,025 = 71,5 \text{ km} \quad (4.13)$$

Kde:

s_{B3} – celková vzdálenost manipulací představitel 3 v navrhovaném stavu za rok [km]

s_{32} – vzdálenost manipulace jedné dávky představitel 3 v navrhovaném stavu [km]

4. Roční úspora manipulace představitele 3 v kilometrech:

$$u_{p3} = s_{A3} - s_{B3} = 183 - 71,5 = 111,5 \text{ km} \quad (4.14)$$

5. Vyjádření roční úspory manipulace představitele 3 v tunokilometrech:

$$u_{m3} = u_{p3} \cdot m_3 \cdot d = 181,9 \cdot 0,71 \cdot 10 = 791,65 \text{ tkm} \quad (4.15)$$

Kde:

m_2 – hmotnost představitele 2 [kg]

d – počet kusů v dávce [ks]

Úspora času

Rychlost vysokozdvizného vozíku je 6km/h [10]. Z údaje o rychlosti vozíku a vzdálenosti je vypočítán čas potřebný pro manipulaci, resp. úspora času manipulace.

1. Roční časová úspora manipulace pro představitele 1:

$$u_{t1} = \frac{u_{p1}}{v} = \frac{125,3}{6} = 20,9 \text{ h} \quad (4.16)$$

Kde:

v – rychlost vysokozdvizného vozíku [km/h]

2. Roční časová úspora manipulace pro představitele 2:

$$u_{t2} = \frac{u_{p2}}{v} = \frac{181,9}{6} = 30,3 \text{ h} \quad (4.17)$$

3. Roční časová úspora manipulace pro představitele 3:

$$u_{t3} = \frac{u_{p3}}{v} = \frac{115,5}{6} = 19,25 \text{ h} \quad (4.18)$$

4. Celková roční úspora času manipulace:

$$u_t = u_{t1} + u_{t2} + u_{t3} = 20,9 + 30,3 + 19,25 = 70,45 \text{ h} \quad (4.19)$$

Celková úspora manipulace

Průměrný hrubý měsíční plat na pozici operátor strojů a zařízení pro Českou republiku je 17113Kč [12].

Je-li průměrný počet pracovních hodin v měsíci 160, tak je hodinová sazba pracovníka 107Kč. Celková roční úspora se tedy vypočítá:

$$u_c = u_t \cdot 107 = 70,45 \cdot 107 = 7538 \text{ Kč} \quad (4.20)$$

Ostatní úspory spojené s úsporou manipulace (např. úspora energie) jsou zanedbatelné.

Náklady na realizaci

Náklady na vybudování zástěny externí firmou byly odhadnuty na 25000Kč. Hodinová sazba externí firmy, která zajistí přepravu strojů a pracovišť je odhadnuta na 200Kč. Čas potřebný pro tuto činnost byl odhadnut na 8h.

Celkové náklady na realizaci:

$$n_c = n_z + (n_e \cdot 8) = 25000 + (200 \cdot 8) = 26600 \text{ Kč} \quad (4.21)$$

Doba návratnosti investice

$$D_i = \frac{n_c}{u_c} = \frac{26600}{7538} = 3,5 \text{ roku} \quad (4.22)$$

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zefektivnit provoz výroby měděných dílců zkrácením jejich výrobních časů. Problém byl řešen navržením nového uspořádání pracovišť, které zohledňuje sled jednotlivých technologických operací.

Shrnutí výsledků práce:

- Byla provedena analýza výrobního sortimentu. Byl vybrán představitel skupiny výrobků a následně byli zvoleni představitelé jednotlivých součástí.
- Z popisu představitelů, analýzy materiálového toku a z provedeného kapacitního propočtu jsou patrná místa, na která je třeba se zaměřit. Konkrétně jsou to vzdálenosti na přepravu materiálu mezi jednotlivými operacemi a využití jednotlivých pracovišť.
- Pro zajištění plynulého materiálového toku byly vytvořeny dva návrhy nového uspořádání, které vychází z návazností jednotlivých operací.
- Pro zajištění plynulého materiálového toku a zohlednění případného zvýšení objemu výroby byl vytvořen návrh, ve kterém se počítá se zvýšením počtu nejvytíženějšího pracoviště, tedy D-1.
- Ze tří navržených variant nového dispozičního řešení byla vybrána varianta B. Výběr byl proveden na základě splnění zvolených kritérií. Pro tuto variantu bylo provedeno ekonomické hodnocení.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. RUMÍŠEK, Pavel. *Technologické projekty*. Brno: VUT, 1991. Učební texty vysokých škol. ISBN 80-214-0385-3.
2. HLAVENKA, Bohumil. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
3. KUBÍK, Roman a Jan STREJČEK. *Technologické projekty a manipulace s materiálem*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2015, 183 stran. ISBN 978-80-214-5260-2.
4. *Centre for Industrial Engineering: Sankeyův diagram* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/sankeyuv-diagram>
5. *Centre for Industrial Engineering: Šachovnicová tabulka a metoda souřadnic* [online]. Plzeň, 2013 [cit. 2016-05-02]. Dostupné z: <http://www.cie-plzen.cz/index.php/cz/lexikon-metod/sachovnicova-tabulka-a-metoda-souradnic>
6. Značky pro postupové grafy. *Odbor technologie tváření kovů a plastů* [online]. 2015 [cit. 2015-05-17]. Dostupné z: http://ust.fme.vutbr.cz/tvareni/cviceni_soubory/etm__znacky_pro_postupove_grafy__stroner.pdf
7. *EHRT CNC Punching Machine Holecut 40-9 Professional* [online]. Marseille: DIRECT INDUSTRY, ©2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://pdf.directindustry.com/pdf/ehrt/holecut-40-9-professional/102363-292677.html>
8. *XV-1020A: Vertical Machining Center With MXP100iB Control* [online]. Biddeford: Precision Screw Machine Products, Inc., ©2009 [cit. 2016-05-01]. Dostupné z: http://www.psm.com/sitefiles/File/machine-specs/XV1020A_MXP100iB.pdf
9. *EHRT BENDING STANDARD LINE: Data sheet EB 30_40_60 CNC.pdf* [online]. Rheinbreitbach: EHRT Maschinenbau GmbH, ©1963-2016 [cit. 2016-05-03]. Dostupné z: <http://www.ehrt.de/en/downloads.html>
10. *Linde Material Handling: Katalogový list* [online]. Praha: Linde Material Handling Česká republika s.r.o., ©2006-2013 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.linde-mh.cz/katalogove-listy/elektricky-vysokozdvizny-vozik-BR1172-L10B-12I.pdf>
11. *Elsankey 4 pro trial version* [počítačový program]. Ver. 4.0.3.604. Hamburg: ifu Hamburg GmbH, ©1998-2016 [cit. 2016-05-16]. Dostupné z: <http://www.e-sankey.com/en/download/>
12. *Platy na pozicích: Operátor strojů a zařízení* [online]. Praha: Profesia CZ, s.r.o., 2016 [cit. 2016-05-14]. Dostupné z: <http://www.platy.cz/platy/vyroba/operator-stroju-a-zarizeni>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
CAD	-	Computer Aided Design - počítačem podporované navrhování
CNC	-	Computer Numerical Control – číslicové řízení počítačem
t_k	Nmin	čas kusový
t_{AC}	Nmin	čas jednotkové práce
t_{BC}	Nmin	čas dávkové práce
d	ks	počet kusů v dávce
N_P	ks/rok	přepočtený počet kusů představitel
n_i	ks/rok	počet i-tého výrobku
t_i	Nh	pracnost i-tého výrobku
t_p	Nh	pracnost zvoleného představitel
m	ks	počet vyráběných druhů výrobků
E_r	hod./rok	efektivní časový fond ručního pracoviště
K_c	-	celkový počet dnů v roce (kalendářní počet)
S	dny/rok	počet sobot
N	dny/rok	počet nedělí
S_v	dny/rok	počet státních svátků
E_s	hod./rok	efektivní časový fond strojního pracoviště
P_{thi}	-	teoretický počet pracovišť pro provedení i-té výrobní operace
t_{ki}	-	předpokládaný čas potřebný k provedení i-té operace
N	-	plánovaný počet vyráběných kusů za rok
S_r	-	směnnost ručních pracovišť
k_{pnr}	-	koeficient překračování norem pro ruční pracoviště
S_s	-	směnnost ručních pracovišť
k_{pns}	-	koeficient překračování norem pro strojní pracoviště
η_i	%	časové využití strojního pracoviště v i-té operaci
P_{ski}	-	skutečný počet strojů pro i-tou operaci
p_1	-	počet manipulačních přeprav při výrobě představitel 1 za rok
p_2	-	počet manipulačních přeprav při výrobě představitel 2 za rok
p_3	-	počet manipulačních přeprav při výrobě představitel 3 za rok
SA_1	km	celková vzdálenost manipulací představitel 1 v současném stavu za rok
S_{11}	km	vzdálenost manipulace jedné dávky představitel 1 v současném stavu
SB_1	km	celková vzdálenost manipulací představitel 1 v navrhovaném stavu za rok
S_{12}	km	vzdálenost manipulace jedné dávky představitel 1 v navrhovaném stavu

SA2	km	celková vzdálenost manipulací představitele 2 v současném stavu za rok
S21	km	vzdálenost manipulace jedné dávky představitele 2 v současném stavu
SB2	km	celková vzdálenost manipulací představitele 2 v navrhovaném stavu za rok
S22	km	vzdálenost manipulace jedné dávky představitele 2 v navrhovaném stavu
SA3	km	celková vzdálenost manipulací představitele 3 v současném stavu za rok
S31	km	vzdálenost manipulace jedné dávky představitele 3 v současném stavu
SB3	km	celková vzdálenost manipulací představitele 3 v navrhovaném stavu za rok
S32	km	vzdálenost manipulace jedné dávky představitele 3 v navrhovaném stavu
Up1	km	roční úspora manipulace představitele 1
Up2	km	roční úspora manipulace představitele 2
Up3	km	roční úspora manipulace představitele 3
Um1	tkm	roční úspora manipulace představitele 1
Um2	tkm	roční úspora manipulace představitele 2
Um3	tkm	roční úspora manipulace představitele 3
m1	kg	hmotnost představitele 1
m2	kg	hmotnost představitele 2
m3	kg	hmotnost představitele 3
Ut1	h	roční časová úspora manipulace pro představitele 1
Ut2	h	roční časová úspora manipulace pro představitele 2
Ut3	h	roční časová úspora manipulace pro představitele 3
Ut	h	celková roční úspora času manipulace
Uc	Kč	celková roční úspora
nc	Kč	odhadované náklady na práci externí firmy
nz	Kč	odhadovaná hodinová sazba externí firmy
Di	roky	doba návratnosti investice

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Technologické postupy a časy pro součásti č. 1-9
- Příloha 2 Dispoziční řešení pro variantu B

Technologický postup a časy pro součást č. 1				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,56	0,03
2	H-1	Odjehlení	0,75	0,01
3	H-1	Páska	1,05	0,02
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
Suma:			5,16	0,09

Technologický postup a časy pro součást č. 2				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,50	0,03
2	H-1	Odjehlení	0,75	0,01
3	H-1	Páska	1,05	0,02
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
Suma:			5,10	0,09

Technologický postup a časy pro součást č. 3				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,62	0,03
2	F-1	Frézování	3,40	0,06
3	O-1	Ohýbání	1,30	0,02
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
Suma:			8,12	0,14

Technologický postup a časy pro součást č. 4				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,88	0,03
2	F-1	Frézování	3,30	0,06
3	O-1	Ohýbání	2,50	0,04
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
Suma:			9,48	0,16

Technologický postup a časy pro součást č. 5				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,59	0,03
2	F-2	Frézování	2,50	0,04
3	O-1	Ohýbání	0,80	0,01
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
Suma:			6,69	0,11

Technologický postup a časy pro součást č. 6				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,62	0,03
2	F-1	Frézování	3,40	0,06
3	O-1	Ohýbání	1,80	0,03
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
6	S-1	Smršťovací hadice	7,94	0,13
Suma:			16,56	0,28

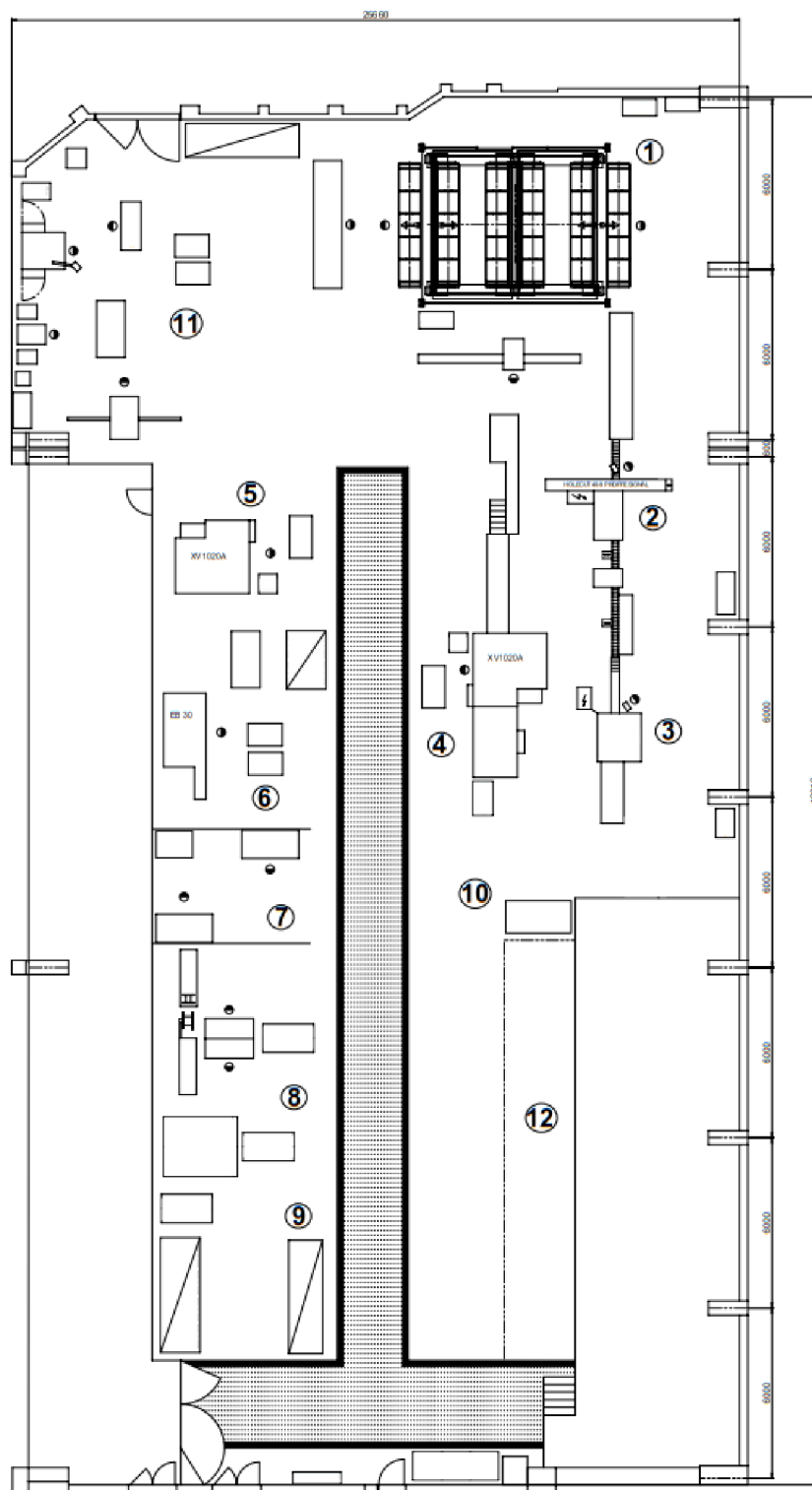
Technologický postup a časy pro součást č. 7				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,62	0,03
2	F-1	Frézování	1,80	0,03
3	O-1	Ohýbání	1,80	0,03
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
6	S-1	Smršťovací hadice	7,94	0,13
Suma:			14,96	0,25

Technologický postup a časy pro součást č. 8				
Operace	Pracoviště	Popis operace	t _K [Nmin]	t _i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,62	0,03
2	F-2	Frézování	3,40	0,06
3	O-1	Ohýbání	1,80	0,03
4	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
5	L-1	Leštění	1,80	0,03
6	S-1	Smršťovací hadice	7,94	0,13
Suma:			16,56	0,28

Technologický postup a časy pro součást č. 9

Operace	Pracoviště	Popis operace	t_k [Nmin]	t_i [Nh]
1	D-1	Děrování	1,59	0,03
2	F-1	Oblení konců	2,60	0,04
3	K-1	Výstupní kontrola	0,00	0,00
4	Kooperace	Pokovení	0,00	0,00
5	S-1	Smršťovací hadice	3,43	0,06
Suma:			7,62	0,13

Příloha 2



1-sklad polotovarů

2-pracoviště D-1
(děrovací stroj, gravírovací stroj)

3-pracoviště F-1

4-pracoviště F-2

5-pracoviště F-3

6-pracoviště O-1

7-pracoviště H-1 a L-1

8-pracoviště S-1
(pec, stoly, vozíky)

9-sklad hotových výrobků

10-pracoviště K-1

11-ostatní pracoviště

12-vykládací prostor