VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

Optimalizace logistických procesů výroby testovacích stolic v podniku AVL Moravia

Optimization of logistic processes for the production of testing platforms in AVL Moravia

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE Bc. Viktor Váňa

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE Ing. Roman Kubík, Ph.D.

SUPERVISOR

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

BRNO 2013

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie
Akademický rok: 2012/2013

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Viktor Váňa

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

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

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

Optimalizace logistických procesů výroby testovacích stolic v podniku AVL Moravia

v anglickém jazyce:

Optimization of logistic processes for the production of testing platforms in AVL Moravia company

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je analyzovat celkovou meziobjektovou manipulaci v podniku. Tato analýza bude zahrnovat veškeré pohyby materiálu, polotovarů i konečných výrobků mezi výrobními halami, mezisklady, vstupními a expedičními sklady. V dalších krocích bude provedena optimalizace stávající dispozice a rozpracování možných směrů nového řešení s ohledem na limitující podnikové faktory.

Cíle diplomové práce:

1. Analýza stávající meziobjektové manipulace
2. Optimalizace současného rozmístění objektů na základě intenzity materiálových toků
3. Rozpracování možných variant řešení s ohledem na limitující faktory
4. Ekonomické zhodnocení navržených variant
5. Výběr optimální varianty

Seznam odborné literatury:

1. CEMPÍREK, V. Technologie ložných a skladových operací. 1. vyd. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2000. 73 s. ISBN 80-7194-287-1.
2. ČUJAN, Z. Výrobní a obchodní logistika. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně - Fakulta technologická, 2010. 71 s. ISBN 978-80-7318-906-8.
3. HLAVENKA, B. Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. 197 s. ISBN 80-214-2871-6.
4. 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.
5. SAMEK, J. Modely optimálního rozmístění výroby. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989. 150 s.
6. SMETANA, J. Projektování technologických pracovišť. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská, 1990. 195 s. ISBN 80-7078-033-9.
7. 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.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Roman Kubík, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 21.11.2012

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc. Ředitel ústavu	prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c. Děkan fakulty

ABSTRAKT

Hlavním cílem studie je racionalizovat uspořádání výroby a způsoby manipulace v podniku AVL Moravia s.r.o. na základě analýzy intenzity materiálového toku. Ze získaných poznatků je navrženo nové uspořádání výroby a ekonomické zhodnocení návrhu.

Klíčová slova

manipulace s materiálem, materiálový tok, Paretovo pravidlo, Sankeyův diagram

ABSTRACT

The main goal of a study is to rationalize organization of production and material handling in company AVL Moravia s.r.o. via material flow intensity analysis. Analysis results in suggesting new organization of production and economical rating of the suggestion.

Key words

material handling, material flow, Pareto principle, Sankey diagram

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

VÁŇA, V. *Optimalizace logistických procesů výroby testovacích stolic v podniku AVL Moravia.* Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 68 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Roman Kubík, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Optimalizace logistických procesů výroby testovacích stolic v podniku AVL Moravia** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum	Bc. Viktor Váňa

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto nejen vedoucímu práce práce Ing. Romanu Kubíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady při vypracování diplomové práce, ale i rodičům a přátelům za duševní i materiální podporu a pomoc během celého studia.

OBSAH

ABSTRAKT 4
PROHLÁŠENÍ 5
PODĚKOVÁNÍ 6
Obsah 7
ÚVOD 9
1 Teorie 10
Proč se zabývat manipulací 10
1.1 Charakteristika výrobního procesu 10
1.1.1 Vzhledem k plynulosti výroby 10
1.1.2 Vzhledem k počtu vyráběných druhů a kusů – typ výroby 10
1.2 Nástroje a metody racionalizace manipulace s materiálem 12
1.2.1 Sběr informací o manipulovaném materiálu 12
1.2.2 Hlavní podklady pro rozbor manipulace s materiálem [1] 14
1.2.3 Materiálový tok v podniku [1] 14
1.2.4 Rozbor nákladů na manipulaci s materiálem [1] 16
1.3 Metody navrhování rozmístění pracovišť 17
1.3.1 Trojúhelníková metoda [1] 17
1.3.2 Kruhová metoda [1] 18
1.3.3 Metoda trojúhelníkového hodnocení vztahů [1] 19
2 Analýza stávajícího materiálového toku 25
2.1 Charakteristika výrobku 25
2.2 Charakteristika výroby 25
2.3 Popis podniku 26
2.4 Rozbor materiálového toku 26
3 Návrhy racionálnějšího uspořádání pracovišť 33
3.1 Využití trojúhelníkové metody 33
3.2 Využití kruhové metody 35
3.3 Trojúhelníkové hodnocení vztahů 42
3.3.1 Výběr vhodných kritérií pro trojúhelníkové hodnocení 42
3.3.2 Vypracování trojúhelníkové tabulky a grafické znázornění vztahů 45

3.4 Navržení možné varianty nového uspořádání s ohledem na limitující faktory provozu 50
3.4.1 Charakteristika pracovišť s omezením 50
3.4.2 Návrh nového vybudování vrat v severovýchodní stěně haly Sigma 3 55
3.4.3 Navrhovaná vrata 56
3.4.4 Popis vrat EFA-SST® PREMIUM 57
3.4.5 Vybudování otvoru pro vrata v severovýchodní stěně haly Sigma 3 58
3.4.6 Doba návratnosti investice do nových vrat 59
4 Závěr 62
5 Seznam použitých zdrojů 63
6 Seznam obrázků 64
7 Seznam tabulek 66
8 Seznam použitých zkratek, symbolů a veličin 68

ÚVOD

Představení firmy AVL Moravia s.r.o., která je předmětem studie

AVL Moravia byla založena 23. dubna 1996 v Hranicích jako dceřiná společnost rakouské společnosti AVL List GmbH, člena AVL Group – největší soukromé společnosti na světě zabývající se vývojem a simulací hnacích systémů spalovacích motorů a nástrojů pro jejich testování. Společnost AVL jako takovou založil Prof. Dr. Hans List v roce 1948, tehdy se ovšem jmenovala IBL ("Ingenieurbüro List"). V roce 1951 se společnost přejmenovala na AVL("Anstalt für Verbrennungskraftmaschinen", Prof. Dr. Hans List). Od té doby se název nezměnil a stal se zárukou kvality a pokroku. AVL celosvětově zaměstnává více jak 6 200 zaměstnanců. V dnešní době zastřešuje název AVL Group společnosti jako AVL DiTEST GmbH, DIGALOG, AVL SCHRICK GmbH, Piezocryst, Trimerics GmbH, Le Moteur Moderne.

Obr. 0-1 Logo společnosti AVL

Základní údaje o společnosti:

Název společnosti:	AVL Moravia s.r.o.
Právní forma:	Společnost s ručením omezeným
Den zápisu:	23. dubna 1996
Sídlo firmy:	Hranice I. - město Tovární č. p. 605, PSČ 753 01
Certifikace:	ISO 9001: 2008
Předmět podnikání:	Konstrukce, výroba, montáž, uvedení do provozu a servis mechanických a elektrických součástí a systémů testovacích zařízení pro automobilový průmysl a pro signální zařízení

1 TEORIE

Proč se zabývat manipulací

Manipulace je v širším pojetí pojem, označující veškeré operace související hlavně s fyzickým přemísťováním, ale i se skladováním, balením, měřením a tříděním materiálu (surovin, polotovarů, hotových výrobků). Jde tedy o proces výroby, který nevytváří žádnou přidanou hodnotu, nicméně je pro samotný výrobní proces nezbytný. Tím spíše je zapotřebí minimalizovat jeho náklady, jak z hlediska časových úspor, tak i z pohledu čistě ekonomického. Význam výše uvedeného potvrdí následující fakta [1]:

- na hmotnostní jednotku hotového výrobku je zapotřebí až 150 krát více výchozího materiálu;
- manipulace je úsek s největší ztrátovostí hodnot;
- ve výrobních podnicích zaměstnává manipulace s materiálem až 50 % dělníků;
- až 8 manipulačních operací připadá na jednu operaci technologickou;
- z celkové výrobní doby zabírá manipulace (včetně skladování) 20 – 90 %.

1.1 Charakteristika výrobního procesu

Výrobní proces lze popsat dvěma základními způsoby:

1.1.1 Vzhledem k plynulosti výroby

- **výroba plynulá**
- **výroba přerušovaná**

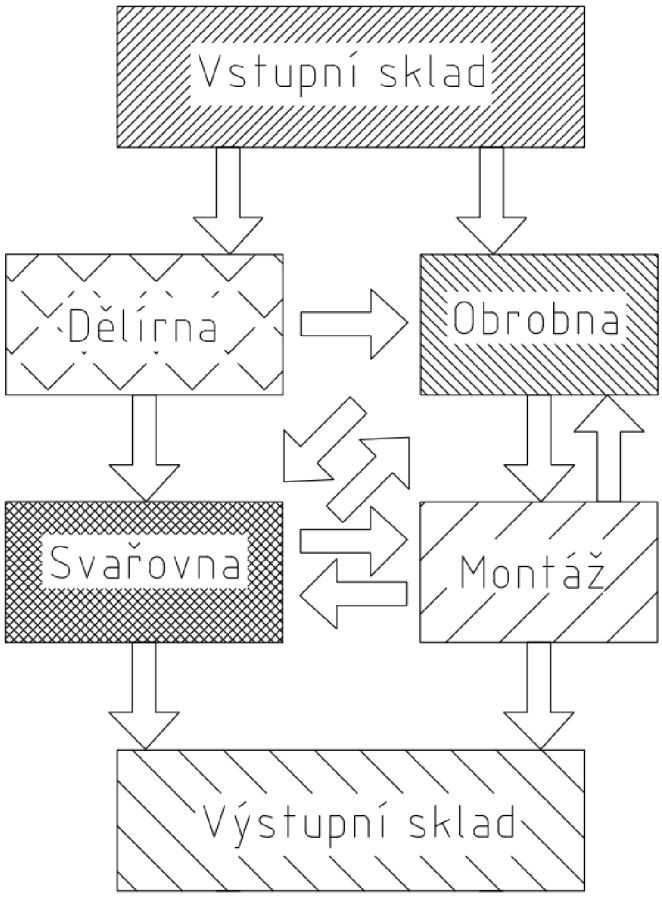
Toto rozdělení rozlišuje výroby dle plynulosti přeměny výchozího materiálu či suroviny v konečný výrobek a je zejména důležité z logistického pohledu. Typickými představiteli plynulé výroby je chemická či hutní výroba – technologické a manipulační procesy jsou bezprostředně spojeny. Ve výrobě přerušované jsou od sebe technologická pracoviště oddělena, tudíž je mezi jednotlivými technologickými operacemi nutná operace manipulační. Typickým představitelem přerušované výroby je výroba strojírenská [2].

1.1.2 Vzhledem k počtu vyráběných druhů a kusů – typ výroby

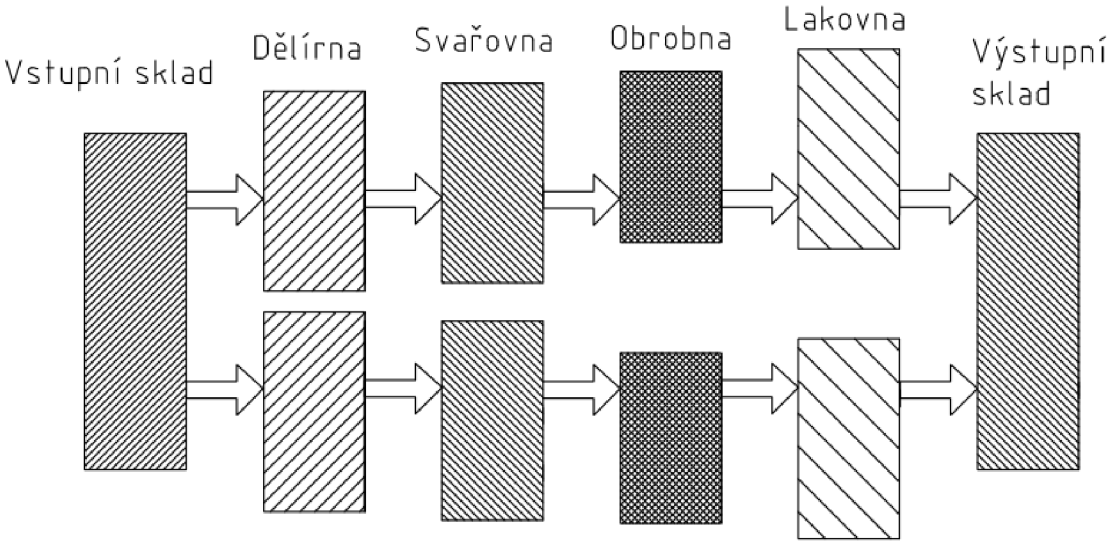
Typ výroby charakterizuje výrobu z hlediska počtu vyráběných kusů a množství typových druhů výrobků, což ovlivňuje opakovatelnost [3]:

- **kusová výroba**

  charakteristická velkým počtem vyráběných druhů s relativně malým počtem výrobků každého druhu. Strojový park se zpravidla skládá z univerzálních strojů schopných různých způsobů obrábění – na jednom stroji provedeno co nejvíce operací. Vlivem různorodosti práce a z toho plynoucího neustálého seřizování, je využití strojů nižší než ve výrobě sériové či hromadné. Stroje obvykle umísťovány dle technologické příbuznosti. Obvykle požadována kvalifikovaná pracovní síla.



Obr. 1-1 Kusová výroba



Obr. 1-2 Hromadná výroba

- **sériová výroba**

  charakteristická menším počtem druhů výrobků, vyráběných v dávkách o větším počtu kusů (v řádu desítek až stovek). Stroje jsou rozmístěny zpravidla předmětně do linek. Větší specializace strojů, které provádí menší počet operací dle technologického postupu. Nižší požadavky na kvalifikaci pracovníků než u výroby kusové.

- **hromadná výroba**

  charakteristická výrobou malého počtu druhů výrobků o velkém počtu kusů. Operace rozloženy tak, aby mohly být prováděny v taktu. Používají se jednoúčelové specializované stroje pro jednoduché operace. Stroje jsou seřazeny do linky dle konkrétního technologického postupu. Linky jsou citlivé na změnu druhu výrobku – každá změna technologie či konstrukce vyžaduje nové uspořádání linky. Vysoká produktivita práce s nízkými požadavky na kvalifikaci pracovníků.

1.2 Nástroje a metody racionalizace manipulace s materiálem

Základem dobrého a použitelného návrhu na zlepšení je správně zvolená metodika. Postup přípravy návrhu probíhá obvykle v těchto etapách[1]:

- **diagnostika**

  odhalení hlavních nedostatků

- **sběr informací**

  získání informací potřebných ke zpracování analýzy

- **rozbor situace**

  analýza toku materiálu, dopravních prostředků, časů a nákladů na manipulaci

- **návrh**

  na základě předešlé analýzy řešit problém

- **realizace**

  vlastní uskutečnění navrženého řešení

1.2.1 Sběr informací o manipulovaném materiálu

V této fázi rozboru by se měl získat všestranný přehled o počtu druhů, množství, intenzitě toku materiálu atd. K tomu je velice užitečná znalost Paretova pravidla 80/20 a z něj vycházející analýzy ABC.

- **Paretovo pravidlo 80/20**

  pojmenováno po Vifredu Paretovi, italském sociologovi, ekonomovi a politologovi, který si všiml faktu, že ve všech zemích ve všech dobách bylo rozdělení příjmů a bohatství velice asymetrické – velmi malá skupina lidí vlastnila většinu bohatství. Tento poznatek formuloval rovnicí:

  $$\log N = \log A + m \log x$$

  kde N je počet lidí v dané zemi a čase bohatších než x, A a m jsou konstanty. Po dosazení hodnot z různých národních ekonomik, dospěl k závěru, že přibližně

80 % bohatství náleží 20 % obyvatel. Tento poznatek se dá použít nejen v oblasti ekonomiky, ale napříč vědními disciplínami [2]:

- 80 % problémů je způsobeno 20 % možných příčin;
- 80 % plochy na skladování zabírá 20 % skladovaných položek;
- 80 % přidané hodnoty vznikne prací 20 % zaměstnanců;
- 80 % příjmů plyne od 20 % odběratelů;
- 80 % výsledků práce se získá v 20 % času;
- 80 % problémů působí 20 % vztahů (mezilidských);
- atd.

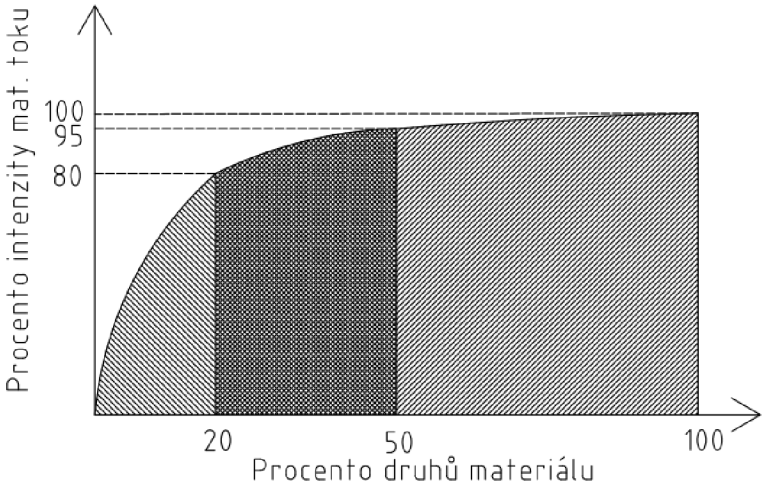
- **Analýza ABC [1]**

vycházející z principů Paretova pravidla, zpracovaná americkým manažerem, poradcem a inženýrem Josephem Moses Juranem. Rozdělil manipulované položky do tří skupin podle procenta zaujímajícího v celkovém objemu materiálového toku. Analogicky s Paretovým pravidlem v analýze ABC zaujímá malý počet druhů manipulovaných položek velké procento celkového objemu materiálového toku.

Skupina A – 20 % druhů materiálu činí 80 % celkového objemu;

B – 30 % druhů materiálu činí 15 % celkového objemu;

C – 50 % druhů materiálu činí 5 % celkového objemu;



Obr. 1-3 Distribuční křivka intenzity materiálového toku

Pokud se tedy podaří získat potřebné množství informací o sledovaném systému, je ABC analýza silným nástrojem pro určení hlavní skupiny výrobků (A) či materiálu k podrobnějšímu zkoumání. To ovšem neznamená, že by se zbylé skupiny B a C mohli úplně ignorovat – pro kompletizaci výrobku jsou většinou nezbytné.

1.2.2 Hlavní podklady pro rozbor manipulace s materiálem [1]

Důkladný a všestranný rozbor nashromážděných informací o výrobě je nezbytný pro komplexní návrh inovací na zlepšení, neboť ekonomika manipulace s materiálem je syntézou mnoha činitelů ležících nejen v oblasti vlastní manipulace. Výsledkem rozboru má být zjištění rezerv, které manipulace s materiálem ovlivňuje přímo (pracnost manipulačních operací – vnitroobjektové, meziobjektové, mezioperační) i nepřímo (prodlužování průběžné doby výroby, nepravidelné dodávky materiálu na pracoviště).

Porovnáním inovačního návrhu se současným stavem se získají rezervy výrobního systému. Návrhová studie musí obsahovat optimální řešení manipulace pro současný stav výroby, ale musí být navržena tak, aby případná budoucí expanze produkce nebyla omezena navrhovanou kompozicí. Proto je nutná znalost nejen současného stavu výroby, ale i výhled do budoucna.

Obvyklé výchozí podklady pro rozbor manipulace s materiálem:

- výhledový plán kapacitního rozvoje jak podniku jako celku, tak i jednotlivých provozů;
- charakteristika výroby z pohledu spotřeby materiálu a dodávek podle druhů a rozměrů;
- prostorové rozložení objektů podniku a komunikací, jejich stavebně-technická charakteristika;
- dispozice výrobního procesu z hlediska manipulace s materiálem;
- schématické znázornění hlavních směrů pohybu materiálu rozdělených podle způsobu manipulace, technických parametrů prostředků a technického stavu;
- roční náklady na manipulaci – mzdy manipulačních dělníků, odpisy zařízení, náklady na údržbu a opravy, náklady na energii, atd.;
- návaznost vnitropodnikové manipulace na vnější závodovou dopravu

Rozbor manipulace s materiálem v celé šíři výroby:

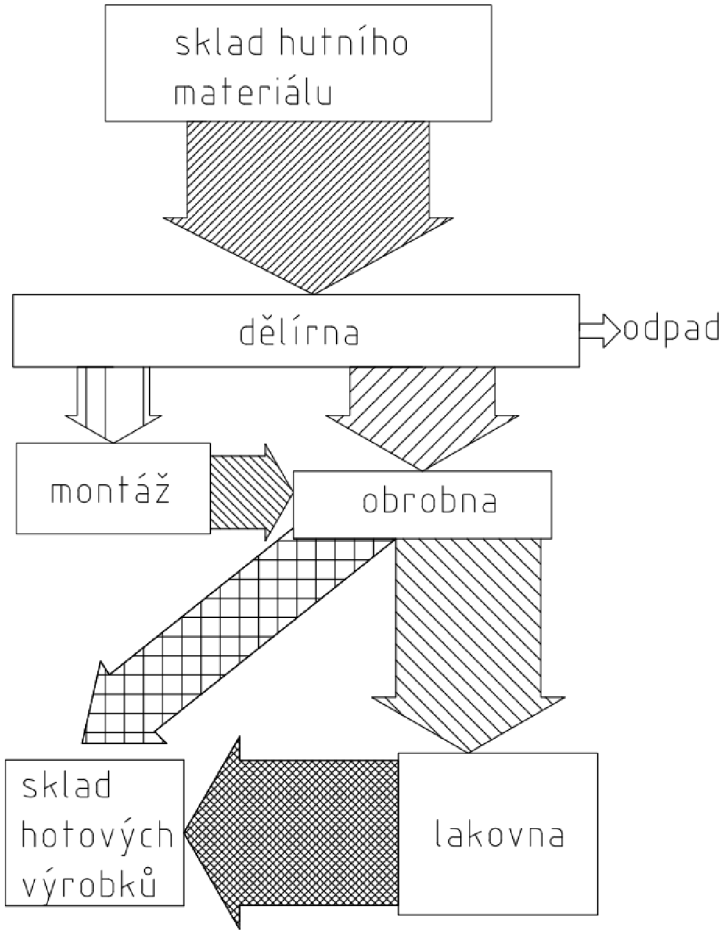
- materiálový to k v podniku, organizace a technika meziobjektové manipulace, hodnocení obratu materiálu mezi jednotlivými pracovišti
- vnitroobjektová manipulace, hodnocení obratu materiálu uvnitř objektů
- mezioperační manipulace, stupeň mechanizace, automatizace strojů a zařízení

1.2.3 Materiálový tok v podniku [1]

Cílem je pomocí přímých měření zjistit skutečný směr pohybu materiálu, polotovarů a výrobků mezi pracovišti a sklady. Obvykle se k vyjádření používají hmotnostní nebo objemové jednotky. Z výsledků měření se sestaví šachovnicová tabulka (Tabulka 1-1)

všech pracovních útvarů, kde je jasně vidět, které z dvojic útvarů představují největší materiálové toky. Těm je nadále věnována hlavní pozornost.

Pro grafické znázornění intenzity materiálového toku poslouží tzv. **Sankeyův diagram** [1]. Šířka proudu znázorňuje materiálový obrat orientovaný k jednotlivým pracovištím a skladům. Sankeyův diagram je podkladem pro variantní řešení výrobního



Obr. 1-4 Sankeyův diagram

procesu při hledání efektivnějšího uspořádání výroby. Obecně platí, že obrat meziobjektové manipulace by měl být co nejmenší, tudíž by těžiště manipulace mělo ležet ve výrobních objektech.

Posouzení účelnosti systému meziobjektové manipulace se provádí na základě tří hlavních kritérií:

- časová náročnost nakládky, přepravy a vykládky za směnu podle druhu použité techniky;
- celkové roční náklady na manipulaci s materiálem ve výrobním procesu, na skladech a při expedici;
- náklady na manipulaci jednotky (váhové nebo objemové) materiálu pro různé varianty technologického řešení.

1.2.4 Rozbor nákladů na manipulaci s materiálem [1]

Obecně je ve většině provozů rozbor nákladů na manipulaci velice obtížný, protože podnikové účetnictví nezaznamenává samostatně jednotlivé položky na manipulaci s materiálem. Náklady na manipulaci se obvykle zahrnují do režijních nákladů a spolu s ostatními nepřímými náklady tvoří režijní přirážku.

Druhové členění nákladů na manipulaci s materiálem:

- materiálové náklady (energie, palivo, náhradní díly);
- mzdy manipulačních dělníků;
- odpisy (včetně pronájmu na manipulační prostředky);
- ostatní (ztráty, pokuty, penále).

Manipulační náklady, obdobně jako technologické, rozdělujeme na fixní (nezávislé na objemu manipulovaného materiálu) a variabilní (závislé na manipulovaném objemu materiálu). Celkové náklady lze pak vyjádřit pomocí nákladové funkce:

$$N_C = N_F + n_V . Q$$

kde N_C – celkové náklady

N_F – fixní náklady

n_V – variabilní náklady (vztažení na jednotku manipulovaného materiálu)

$Q -$ manipulované množství (kusy, hmotnost, objem)

Pro srovnání navrhovaných variant se porovnají jejich nákladové funkce a vypočítá se kritické množství Q_{krit} , pro které jsou porovnávané varianty rovnocenné.

$$N_{C1} = N_{C2}$$

$$N_{F1} + n_{V1} . Q = N_{F2} + n_{V2} . Q$$

$$Q_{krit} = \frac{N_{F1} - N_{F2}}{n_{V2} - n_{V1}}$$

Vypočítané kritické množství říká, že pro $Q < Q_{krit}$ je ekonomicky výhodnější navrhovaná varianta s nižšími fixními náklady a vyššími variabilními náklady. Naopak pro $Q > Q_{krit}$ je ekonomicky výhodnější varianta s vyššími fixními náklady a nižšími náklady variabilními.

1.3 Metody navrhování rozmístění pracovišť

Z vypracovaného rozboru vyplyne řada možností jak navrhnout manipulaci s materiálem a uspořádat výrobu. Jednou z hlavních zásad rozmisťování pracovišť je minimální délka materiálových toků. Z tohoto faktu vychází, mimo jiné, trojúhelníková a kruhová metoda:

1.3.1 Trojúhelníková metoda [1]

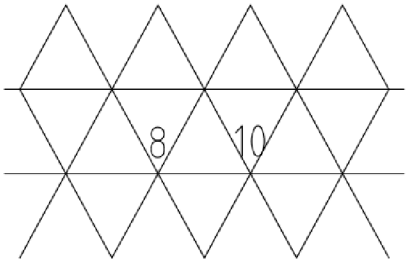
Založena na požadavku, aby místa s největší intenzitou materiálového toku ležela co nejblíže vedle sebe. Princip rozmístění pracovišť:

- toky materiálu mezi „odesílatelem“ a „příjemcem“ z šachovnicové tabulky se očíslují sestupně 1 až n podle objemu dopravovaného materiálu od největšího k nejmenšímu. Tato posloupnost se zapíše do tabulky přeprav. Pro případ oboustranného pohybu materiálu mezi dvěma pracovišti, se vypíší tyto dvě přepravy samostatně vedle sebe.

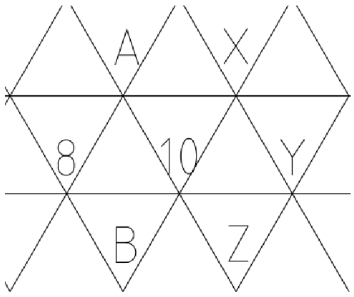
Pořadí	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Odesílatel	8	3	2	3	7	4	4	3	5	2
Příjemce	10	8	5	10	10	8	5	7	10	7
Množství [t]	3458	2849	2481	1984	1749	1482	1387	1190	1040	836

Tabulka 1-1 Šachovnicová tabulka

- do připravené trojúhelníkové sítě se pracoviště rozmisťují dle následující úvahy. Nejprve se umístí dvojice pracovišť s nejintenzivnější vazbou, v tomto konkrétním

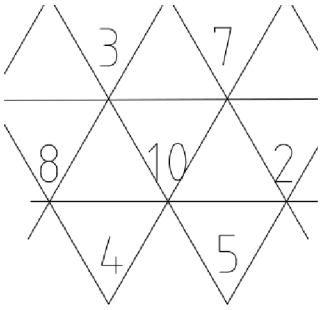


Obr. 1-5 Umístění pracovišť s nejintenzivnější vazbou



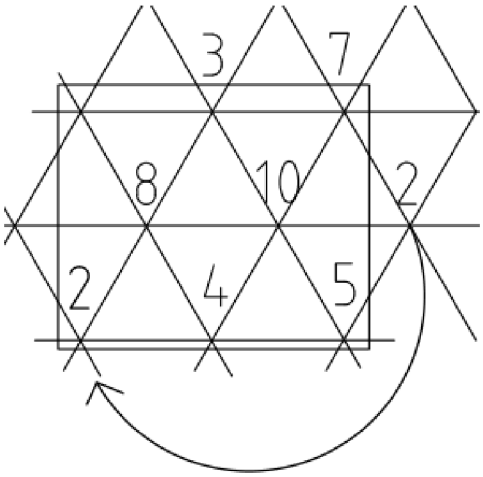
Obr. 1-6 Možné pozice dalších pracovišť

případě jsou to pracoviště s číslem 8 a 10, do dvou sousedních vrcholů trojúhelníkové sítě. Z dalších vztahů v tabulce se vybere takové pracoviště, které má větší vztak již s umístěnými pracovišti 8 a 10. Pokud takové existuje, umístí se do volného vrcholu trojúhelníku (8,10,A) nebo (8,10,B). Dále se budou umísťovat pracoviště se vztahem k jednomu z pracovišť 8, 10. Například umísťuje- li se pracoviště se vztahem k pracovišti číslo 10, zvolí se poloha X, Y nebo Z. Ve stejném duch u se pokračuje v umisťování dalších pracovišť, vždy ve správném vztahu již k umístěným. Stále se musí respektovat pravidlo minimální délky intenzivního mateiálovéh toku.



Obr. 1-7 Varianta finálního rozmístění

- výsledkem takového postupu obvykle bývá více rovnocenných variant odpovídajících základní podmínce metody.
- nakonec se musí toto teoretické rozmístění pracovišť přizůsobit půdorysu výrobní haly, která je předmětem studie.



Obr. 1-8 Přizpůsobení rozmístění pracovišť podniku

1.3.2 Kruhová metoda [1]

Stejně jako metoda trojúhelníková vychází z pravidla nejkratšího toku materiálu. Optimalizačním kritériem je minimální součet součinů manipulovaného množství a přepravní vzdálenosti. Tomu odpovídá podmínka:

$$\sum_{i=1}^{n} G_i \,.\, L_i = min$$

kde G_i - váha přepravovaného materiálu [kg; t];

L_i – dopravní vzdálenost mezi odesílatelem a příjemcem [m]

Za předpokladu, že velikost jednoho činitele (v tomto případě se jedná o hmotnost) součinu je dána, pak je součin minimální, když je druhý činitel nulový. Tohoto případu v reálném životě dosaženo málokdy. Takže odpadá možnost nulové vzdálenosti a je třeba ji zmenšit, jak jen to bude možné. Při rozmisťování pracovišť je nutná znalost vzájemného

měřítka přepravních vztahů. Na základě toho je možno určit pozice odesílatelů a příjemců, kteří musí ležet ve vzájemné blízkosti, a kteří mohou být vzdálenější. Pro tento požadavek se položí:

$$G \,.\, L = 1 \qquad \text{odtud} \qquad L = {}^{1}/_{G}$$

Je zřejmé, že dopravní vzdálenost je nepřímo úměrná množství přepravovaného materiálu. Tím se každému množství přepravovaného materiálu přiřadí určitá vzdálenost mezi odesílatelem a příjemcem. Pevně se zvolí umístění jednoho pracoviště, druhé, které je s prvním ve vztahu, se umístí na kružnici se středem v prvním bodu o poloměru vypočtené vzdálenosti.

Systematický postup:

- opět se vychází z šachovnicové tabulky, jako u metody trojúhelníkové, s tím rozdílem, že se sečte přepravované množství mezi odesílatelem a příjemcem v obou směrech;
- k jednotlivým přepravovaným množstvím se vypočítají poloměry kružnic a zvolí se vhodné měřítko pro grafické vyjádření;
- pro každé pracoviště se samostatně zakreslí všechny poloměry kružnic vypočítaných z přeprav, kterých se dané pracoviště účastní. Středy kružnic se označí číslem základního místa odesílatele. Obvody kružnic se označí čísly příjemců;
- všechny kružnicemi se roztřídí podle velikosti;
- kružnice se pokládají na sebe tak, aby středy kružnic ležely na obvodech kružnic stejně označených; začíná se od nejmenších kružnic;
- v případech, kdy není možné položit některý střed kružnice na obvod korespondující kružnice, posune se kružnice tak, aby větší odchylka v položení středů byla u velkých poloměrů, u malých poloměrů by měly středy ležet na kružnicích (malé kružnice odpovídají většímu manipulovanému množství);
- pokud přichází v úvahu více možností rozložení kružnic, volí se taková varianta, u které nedochází ke křížení spojnic středů anebo kde je takovýchto překřížení nejméně (křížení toku materiálu);

Takto získané rozvržení pracovišť, přestože je ideální, je pouze teoretické. Konkrétní pozice odesílatelů a příjemců se musí přizpůsobit dané dispozici konkrétního podniku.

1.3.3 Metoda trojúhelníkového hodnocení vztahů [1]

V podnicích s nižším typem výroby (kusová výroba) nelze brát materiálový tok jako rozhodující faktor a minimální vzdálenost jako jediné kritérium. Vzhledem k různorodosti výroby se nelze vyhnout křížení materiálových toků ani zpětnému toku materiálu. Dispoziční řešení pak podléhá zcela jiným pravidlům a kritériím. Například to mohou být:

- **Používání stejného zařízení k manipulaci.** K dosažení maximálního využití manipulačního zařízení a rychlého provedení dopravních operací, by měla být vedle sebe pracoviště, která používají stejné druhy manipulačních prostředků.

- **Návaznost na pomocné provozy.** Pomocné provozy (nářaďovna) se přednostně umisťují do těsné blízkosti provozů, které obsluhují. Na propojení pomocného a výrobního procesu závisí průběh hlavní výroby.
- **Využití vícestrojové obsluhy.** V provozech s číslicově řízenými stroji je kvalifikovaný pracovník schopen obsluhovat dva i více strojů zároveň, bez větších časových prodlev, kdy by stroj nečinně stál a čekal na obsluhu. K tomu je ovšem nutné vhodné uspořádání strojů, aby pracovník obsluhy nestrávil většinu času přesunem od jednoho stroje k druhému.
- **Stupeň vzájemného rušení.** Některé technologické operace mohou být negativně ovlivňovány jinými technologickými procesy v jejich blízkosti. Proto je takováto blízkost rušivých technologických postupů vyloženě nežádoucí. Rušivými prvky mohou být chvění, prášení, hluk, škodlivé výpary, atd.
- **Výhledový stav.** Pokud je dopředu znám plánovaný rozvoj výroby, projektuje se uspořádání přednostně dle parametrů stavu budoucího (nemusí zcela vyhovovat stavu současnému).

Trojúhelníkové hodnocení vztahů mezi pracovišti pro ideální rozmístění pracovišť se skládá ze dvou dílčích úkolů:

- vypracování trojúhelníkové tabulky vztahů;
- grafické znázornění vztahů.

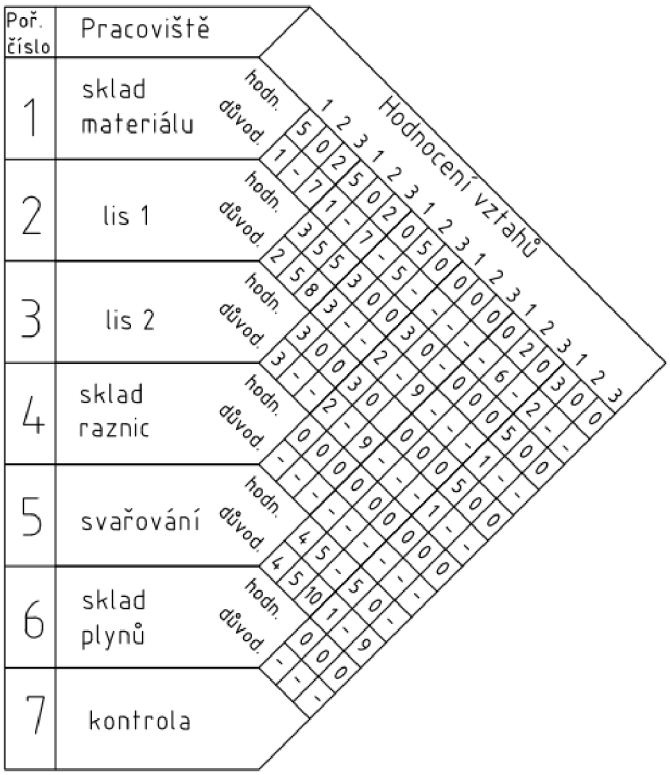
Vypracování trojúhelníkové tabulky [1]:

1) Sepíšou se všechna pracoviště (včetně odkladných ploch, kontroly, pomocných a obslužných provozů). Doporučuje se zapisovat vedle sebe pracoviště umístěná na stejných polohách či stejných útvarech, aby pracoviště porovnávaná podle stejného kritéria byla přehledně vedle sebe.
2) Sestrojí se trojúhelníková tabulka, do níž se zaznamenají názvy všech pracovišť (Tabulka 1-2).
3) Stanoví se vztahy, podle kterých se bude vzájemná vázanost pracovišť posuzovat (Tabulka 1-3).
4) Definují se koeficienty, které vyjadřují relativní důležitost vztahů. Taktéž se zapíší do tabulky (Tabulka 1-3).
5) Stanoví se stupnice nutnosti vzájemné blízkosti pracovišť. Obvykle je stupnice pětibodová, při větším počtu stupňů mohou zanikat rozdíly mezi sousedními stupni (Tabulka 1-4).
6) Zvoleným symbolem se označí průsečíky polí pracovišť, které musí bezpodmínečně ležet vedle sebe.
7) Jiným symbolem se označí průsečíky polí pracovišť, která musí být bezpodmínečně oddělená.

8) Sestaví se formulář pro hodnocení vztahů pracovišť, do jehož druhého sloupce se zapíší sledované dvojice. Do následujících sloupců se zapíší vztahy, podle kterých budou dvojice hodnoceny (včetně koeficientů relativní důležitosti).

9) Všechny dvojice se ohodnotí podle zvoleného (stejného) vztahu použitím stanovené stupnice.

10) Podle dalších vztahů (definovaných v záhlaví sloupců 5, 7, 9) se ohodnotí jednotlivé dvojice, vždy podle stejného vztahu. Hodnocení se zapíše do příslušného průsečíku dvojic trojúhelníkové tabulky. Z tohoto důvodu se jednotlivá pole rozdělí podle počtu kritérií. V horní polovině se zapisuje hodnocení, ve spodní zdůvodnění hodnocení (Tabulka 1-5).



Tabulka 1-2 Trojúhelníková tabulka vztahů

Poř. čís.	Hodnocené vztahy	Koef. relativní důležitosti
1	Objem přepravovaného materiálu	2
2	Vícestrojová obsluha	4
3	Stupeň vzájemného rušení	3

Tabulka 1-3 Hodnocené vztahy a koeficienty významu

11) Hodnocení dvojic pracovišť (zaznamenané v tabulce hodnocení) ve sloupcích 3, 5, 7 se vynásobí koeficientem relativní důležitosti a výsledek se zaznamená do sloupců 4, 6, 8.

12) Součet hodnot sloupců 4, 6, 8 (v řádcích) se zapíše do sloupce 9.

Dle takto vyjádřeného postupu se získá vzájemné hodnocení vztahů pracovišť, které se použije pro optimální rozmístění míst manipulačního systému.

Grafické znázornění vztahů [1]

Podle číselné hodnoty důležitosti vztahů získané z trojúhelníkového hodnocení se sestaví plošná dispozice pracovišť.

1) Jako první se zakreslí pracoviště s požadavkem na bezprostřední blízkost (dvojice s největším číselným ohodnocením). Pracoviště se znázorní očíslovanými symboly a spojnice čtyřmi přímkami reprezentujícími silnou vazbu (vztahy mezi dvojicemi pracovišť se vyznačují určitým typem čar, běžné typy viz Tabulka 1-6).
2) Do výkresu se přidají vztahy druhého stupně důležitosti (vyžadující zvláštní nutnost blízkosti).
3) Použitím stanovených symbolů se zakreslí vztahy s nižšími nároky na vzdálenosti pracovišť. Po přidání každé nové úrovně je většinou nutná reorganizace schématu k udržení přehlednosti. Spojovací čáry by se měly co nejméně křížit. Schéma se zakreslí v několika variantách a vybere se nejvhodnější s nejkratšími vzdálenostmi mezi pracovišti se silnými vztahy a prodlužujícími se vzdálenostmi s klesající důležitostí vztahů. Nakonec se nejvýhodnější rozestavení pracovišť přizpůsobí konkrétnímu půdorysu podniku.

Stupnice nutnosti blízkosti	Hodnocení
Bezpodmínečně nutná	5
Zvláště nutná	4
Důležitá	3
Doporučená blízkost	2
Bez zvláštních požadavků na blízkost	1
Blízkost bezvýznamná	0
Blízkost naprosto nežádoucí	–

Obr. 1-4 Stupnice hodnocení důležitosti vztahů

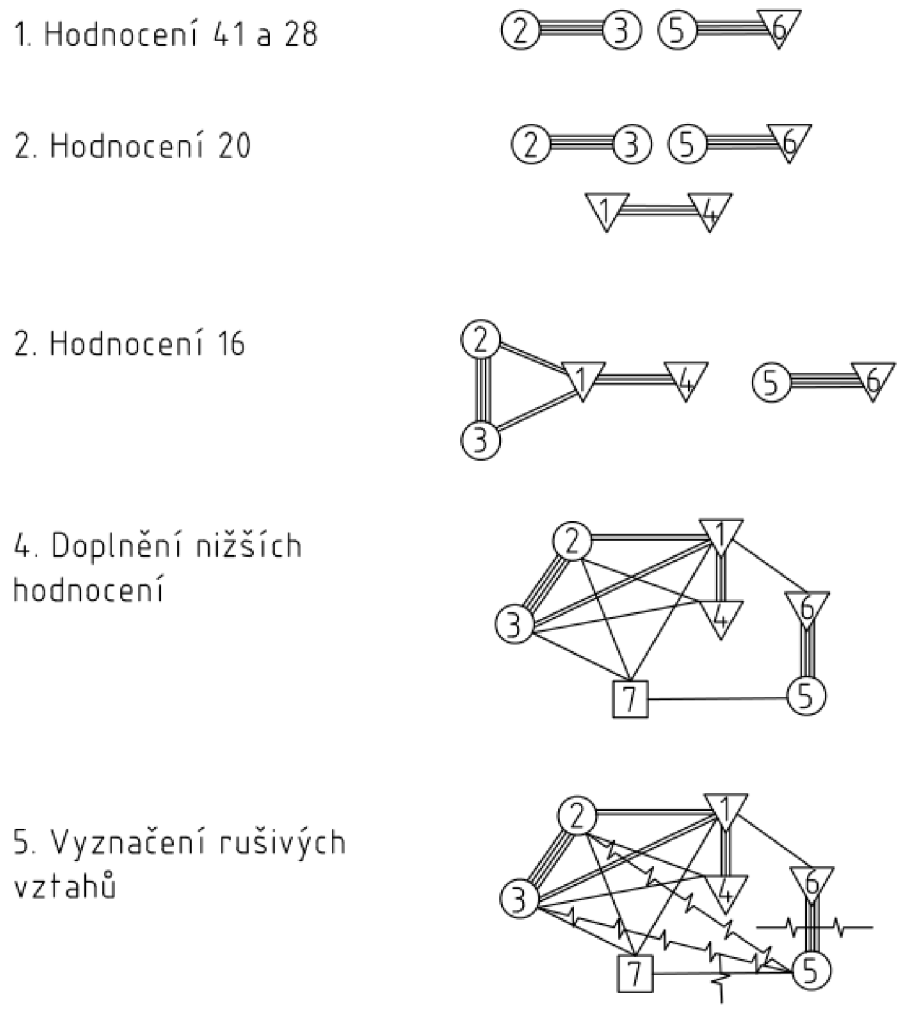
Pokud je racionalizována výroba již stávajícího podniku, na rozdíl od nové výstavby, polohu některých technologických pracovišť nelze měnit. Vztahy takovýchto pracovišť se pak zakreslují jako první se zachováním stávající pozice.

Poř. čís.	Důvod hodnocení
1	následná pracoviště dle technologického postupu
2	částečná kooperace
3	manipulace s těžkými součástmi
4	přívodní potrubí a výměna lahví
5	vícestrojová obsluha
6	přísun materiálu stejným pracovníkem
7	hrubé provozy, neruší se navzájem
8	pracoviště jsou zdrojem stejných rušivých vlivů
9	ruší světelným zářením a zplodinami
10	nebezpečí výbuchu

Tabulka 1-5 Zápis důvodů pro udělení jednotlivých stupňů

Stupeň	Slovní označení	Druh čáry
1	Bezpodmínečně nutná blízkost	4 přímky
2	Zvláště nutná blízkost	3 přímky
3	Blízkost je důležitá	2 přímky
4	Blízkost se doporučuje	1 přímka
5	Bez zvláštních nároků na blízkost	-
6	Blízkost je nežádoucí	1 lomená
7	Blízkost je naprosto nepřípustná	2 lomené

Tabulka 1-6 Grafické značení vztahů



Obr. 1-9 Postup grafického znázornění trojúhelníkového hodnocení vztahů

2 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO MATERIÁLOVÉHO TOKU

2.1 Charakteristika výrobku

Předmětem výroby společnosti AVL Moravia jsou především testovací stolice (dynamometry) pro dopravní prostředky (minoritními zakázkami vyráběnými v kooperaci pro ostatní členy AVL Group se tato studie zabývat nebude, tudíž na ně ani z hlediska manipulace nebude brána zřetel). Testovací stolice jsou vyráběny v různých variantách, lišících se dle požadavků zákazníka.

Hlavní dělení testovacích stolic dle:

- **počtu rotačních válců:** jednoválec;
  dvouválec;
- **velikosti (pouze pro jednoválce)**

  Typ dopravního prostředku, pro který je stolice určena, je základním kritériem. Prakticky se stolice dělí do tří skupin dle průměru rotačního válce simulujícího vozovku:

  1) Průměr válce 20“-25“ je určen pro motocykly, skútry (i sněžné) a malé osobní automobily.
  2) Průměr válce 48“ je určen pro osobní automobily a menší užitkové vozy (do 5,4 tuny).
  3) Průměr válce 72“ je určen pro velké nákladní automobily, tahače, traktory a jiné těžké stroje;
- **počtu hnaných náprav**

  Pro vozidla s jednou hnanou nápravou jsou uzpůsobeny testovací stolice s rotačními válci na jedné ose, přičemž je možná varianta společného zátěžného systému (válce jsou mechanicky spojeny) nebo dvou oddělených zátěžných systému pro každý rotační válec samostatně.

  Pro vozidla typu 4x4 je nutné ustavení čtyř rotačních válců na dvou osách, a to ve variantách se dvěma nebo čtyřma zátěžnými systémy (analogicky k jednoosým stánkům).
- **speciální stolice**

  Pro splnění určitých testů je nutno zajistit odpovídající podmínky. Například k testu hlučnosti vozidla je nutná akustická komora, pro test jízdních vlastností v povětrnostních podmínkách je zapotřebí vzdušný tunel. Některá vozidla jsou určena pro provoz v extrémních podmínkách, tudíž je nutno tyto podmínky nasimulovat i při testech. Obvyklými extrémními podmínkami jsou nadmořská výška (až 5 000 m. n. m.), teplota (-40°C), vlhkost, prašnost, atd.

2.2 Charakteristika výroby

Firma AVL Moravia ročně vyprodukuje cca 25 kusů standartních dvouosých stolic, 40 jednoosých stolic a zbytek produkce představují stolice speciální, což bývá okolo 65 kusů. Společnost tedy ročně vyprodukuje okolo 130 kusů testovacích stolic, což vzhledem

k počtu i různorodosti nelze charakterizovat jinak než jako výrobu kusovou. Tento fakt je z hlediska racionalizace materiálového toku velice nepříjemný, neboť není možné se vyhnout zpětnému tečení materiálu.

Dle údajů ze skladového hospodářství se více jak 8 000 komponent nakupuje, tudíž je naprosto bezúčelné zabývat se pohybem těchto součástí a pozornost bude věnována pouze dílům, které se v podniku vyrábějí. Každý díl je součástí konkrétní podsestavy, z nichž se skládají sestavy a ze sestav se montuje finální testovací stolice.

2.3 Popis podniku

Výrobní haly a sklady AVL Moravia nebyly účelně postaveny pro potřeby podniku, ale nachází se v bývalých prostorách společnosti Sigma Pumpy Hranice. Z tohoto důvodu není uskupení výrobních a skladových prostor ideální. Současná výroba se rozprostírá ve třech halách.

V první hale, nesoucí označení „černá," se nachází řezárna, tryskáč, svařovna, montáž – černá a sklad č.4b. K této hale je přistaven sklad hutního materiálu (pouze zastřešení, nikoliv hala).

V druhé hale s názvem Sigma III se nachází hlavní výrobní uskupení – obrobna, lakovna, kontrola, vyvažovací pracoviště, montáž a sklad č.4a. V této hale jsou k dispozici 4 mostové jeřáby a v prostorách obrobny ještě další 4 sloupové jeřáby.

Třetí, nejodlehlejší hala (Sigma II), je v současné době v pronájmu z důvodu nedávného rozšíření výrobní kapacity. V hale Sigma II se neuskutečňuje žádná výrobní činnost, pouze finální montáž. Jsou zde k dispozici dva mostové jeřáby.

2.4 Rozbor materiálového toku

Vzhledem k typu výroby není možné (v reálném čase) sledovat pohyby všech nakupovaných a vyráběných součástí. Manipulace s nakupovanými díly se skládá z pouze z přepravy ze skladu na montáž, tudíž těmto položkám nebude nadále ve studii věnována pozornost.

Nejnáročnější požadavky na manipulaci mají díly vyráběné z hutního materiálu. S využitím poznatků analýzy ABC (viz 1.2.1) se vyberou nejobtížněji manipulovatelní představitelé, tudíž součásti s největší hmotností. Dle podkladů získaných od vedení podniku jsou to součásti zaznamenané v Tabulka 2-1 (názvy ponechány v originále, neboť by vzhledem k absenci výkresů mohlo dojít k nepřesnostem v překladu).

V tabulce jsou uvedeny nejtěžší díly stolice. Bez velkého zjednodušení je možno uvažovat, že každá stolice s skládá z těchto dílů. Pokud se sečtou hmotnosti všech dvanácti představitelů, dostane se celková hmotnost 6 268 kg.

Název dílu	Hmotnost [kg]	Název dílu	Hmotnost [kg]
Laufrolle geschweisst	1082	Oberbau	400
Welle geschweisst	927	Motor Rahmen	300
Welle bearbeitet	719	Oberbau breit geschw.	292
Laufrolle	700	Klappe geschweisst	242
Welle Rundstahl	635	Klappe bearbeitet	235
Rahmen	606	Rahmen Abdeckung	130

Tabulka 2-1 Představitelé manipulovaných součástí

Největší testovací stolice mají hmotnost okolo osmi tun (dle údajů vedení společnosti). Pokud se tyto dva údaje porovnají, dostane se:

$$\frac{6\,268}{8\,000} = 0{,}7835$$

Vybrané díly tedy představují 78% hmotnosti hotové stolice, což koresponduje s teoretickou metodou ABC.

Pokud se hmotnosti vynásobí počtem stolic vyrobených za rok (130 ks), získá se roční hmotnostní materiálový tok podniku.

Název dílu	Manipulované množství za rok [kg]	Název dílu	Manipulované množství za rok [kg]
Laufrolle geschweisst	140660	Oberbau	52000
Welle geschweisst	120510	Motor Rahmen	39000
Welle bearbeitet	93470	Oberbau breit geschw.	37960
Laufrolle	91000	Klappe geschweisst	31460
Welle Rundstahl	82550	Klappe bearbeitet	30550
Rahmen	78780	Rahmen Abdeckun	16900

Tabulka 2-2 Představitelé manipulovaných součástí v kg za rok

Pro ověření vhodnosti vybraných představitelů je možno ještě použít hmotnost nakupovaného hutního materiálu, která je dle vedení společnosti 1 200 tun za rok. Součet manipulovaných součástí za rok dává hmotnost 814 849 tun. Porovnáním se dostane:

$$\frac{814\,849}{1\,200\,000} \cong 0{,}679$$

Menší podíl (68%) v tomto porovnání je dán zahrnutím odpadu a neuvažováním dílů vyráběných v kooperaci pro členy AVL Group. Nicméně i tak lze o vybraných představitelích tvrdit, že mají dobrou vypovídací hodnotu.

V šachovnicové tabulce vztahů jsou zachyceny materiálové toky a vzdálenosti mezi jednotlivými pracovišti a sklady. Hodnoty jsou uvedeny v kilogramech na jednu stolici.

odkud\kam	sklad hut. materiálu	dělírna	tryskač	obrobna	kooperace	montáž - černá
sklad hut. materiálu		1757 kg 12,5 m	0	700 kg 180 m	848 kg 76 m	0
dělírna	0		1970 kg 18 m	635 kg 166 m	0	0
tryskač	0	0		1670 kg 161 m	300 kg 80 m	1382 kg 26 m
obrobna	0	0	0		1119 kg 92 m	3482 kg 135 m
kooperace	0	242 kg 71 m	1382 kg 80 m	2036 kg 92 m		606 kg 42 m
montáž - černá	0	0	0	1800 kg 135 m	2280 kg 42 m	
svařovna	0	0	0	400 kg 152 m	2009 kg 60 m	1970 kg 16 m
lakovna	0	0	0	0	700 kg 74 m	0
kontrola	0	606 kg 136 m	0	606 kg 47 m	235 kg 95 m	0
vyvažování	0	0	0	0	0	0
sklad č.4a	0	0	0	0	719 kg 62 m	1082 kg 86 m
sklad č.4b	0	0	0	235 kg 122 m	0	0
Celkem materiálu do pracoviště		2605kg	3352 kg	8082 kg	8210 kg	8522 kg

Tabulka 2-3 Šachovnicová tabulka pracovišť-část 1.

odkud\kam	svařovna	lakovna	kontro - la	vyvažo - vání	sklad č.4a	sklad č.4b	celkem materiálu z pracoviště
sklad hut. mat.	0	0	0	0	0	0	3305 kg
dělírna	0	0	0	0	0	0	2605 kg
tryskač	0	0	0	0	0	0	3352 kg
obrobna	1064 kg 152 m	700 kg 76 m	0	0	1717 kg 50 m	0	8082 kg
kooperace	0	719 kg 74 m	606 kg 95 m	700 kg 104 m	927 kg 62 m	992 kg 28 m	8210 kg
montáž - černá	2388 kg 16 m	130 kg 69 m	841 kg 109 m	0	0	1083 kg 15 m	8522 kg
svařovna		0	0	0	0	0	4379 kg
lakovna	0		0	0	1549 kg 24 m	0	2249 kg
kontrola	0	700 kg 60 m		0	0	0	2147 kg
vyvažování	0	0	700 kg 11 m		0	0	700 kg
sklad č.4a	927 kg 86 m	0	0	0		0	2728 kg
sklad č.4b	0	0	0	0	0		235 kg
celkem materiálu do pracoviště	4379 kg	2249 kg	2147 kg	700 kg	4193 kg	2075 kg	

Tabulka 2-4 Šachovnicová tabulka pracovišť-část 2.

Vzhledem k rozměrům musela být tabulka rozdělena, což ubralo na přehlednosti. Údaje z tabulky poslouží k sestrojení Sankeyova diagramu. Pro větší přehlednost jsou vztahy mezi pracovišti a sklady vypsány níže a seřazeny dle materiálového toku. Hmotnosti opět vztažené k jedné testovací stolici.

3482 kg / 135 m	obrobna - mont. černá	848 kg / 76 m	sklad hut. mat. – koop.
2388 kg / 16 m	mont. černá – svař.	841 kg / 109 m	mont. černá - kontrola
2280 kg / 42 m	mont. černá – koop.	719 kg / 74 m	koop. - lakovna
2036 kg / 92 m	koop. – obrobna	719 kg / 62 m	sklad č.4a – koop.
2009 kg / 60 m	svař. – koop.	700 kg / 76 m	obrobna - lakovna
1970 kg / 18 m	dělírna – tryskač	700 kg / 74 m	lakovna – koop.
1970 kg / 16 m	svař. – mont. černá	700 kg / 60 m	kontrola - lakovna
1800 kg / 135 m	mont. černá – obrobna	700 kg / 180 m	sklad hut. mat. - obrobna
1757 kg / 12,5 m	sklad hut. mat -dělírna	700 kg / 11 m	vyvažování - kontrola
1717 kg / 50 m	obrobna - sklad č.4a	700 kg / 104 m	koop. - vyvažování
1670 kg / 161 m	tryskač - obrob	635 kg / 166 m	dělírna - obrobna
1549 kg / 24 m	lakovna - sklad č.4a	606 kg / 95 m	koop. - kontrola
1382 kg / 80 m	koop. - tryskač	606 kg / 47 m	kontrola - obrobna
1382 kg / 26 m	tryskač - mont. černá	606 kg / 42 m	koop. - mont. černá
1119 kg / 92 m	obrobna – koop.	606 kg / 136 m	kontrola - dělírna
1083 kg / 15 m	mont. černá - sklad č4b	400 kg / 152 m	svař. - obrobna
1082 kg / 86 m	sklad č.4a - mont. černá	300 kg / 80 m	tryskač – koop.
1064 kg / 152 m	obrobna – svař.	242 kg / 71 m	koop. - dělírna
992 kg / 28 m	koop. - sklad č.4b	235 kg / 95 m	kontrola - koop
927 kg / 86 m	sklad č.4a – svař	235 kg / 122 m	sklad č.4b - obrobna
927 kg / 62 m	koop - sklad č.4a	130 kg / 69 m	mont. černá - lakovna

Tabulka 2-5 Vztahy mezi jednotlivými pracovišti

Všech 12 sledovaných pracovišť je provázáno celkem 42 materiálovými vztahy. Pro názornost je uvedena ještě tabulka obratu materiálu v jednotlivých pracovištích.

pracoviště	materiál dovnitř [kg]	materiál ven [kg]	suma obratu materiálu [kg]
montáž - černá	8522	8522	17044
kooperace	8210	8210	16420
obrobna	8082	8082	16164
svařovna	4379	4379	8758
sklad č.4a	4193	2728	6921
tryskač	3352	3352	6704
dělírna	2605	2605	5210
lakovna	2249	2249	4498
kontrola	2147	2147	4294
sklad hut. mat.	0	3305	3305
sklad č.4b	2075	235	2310
vyvažování	700	700	1400

Tabulka 2-6 Celkové sumy materiálu na vstupu a výstupu pracovišť

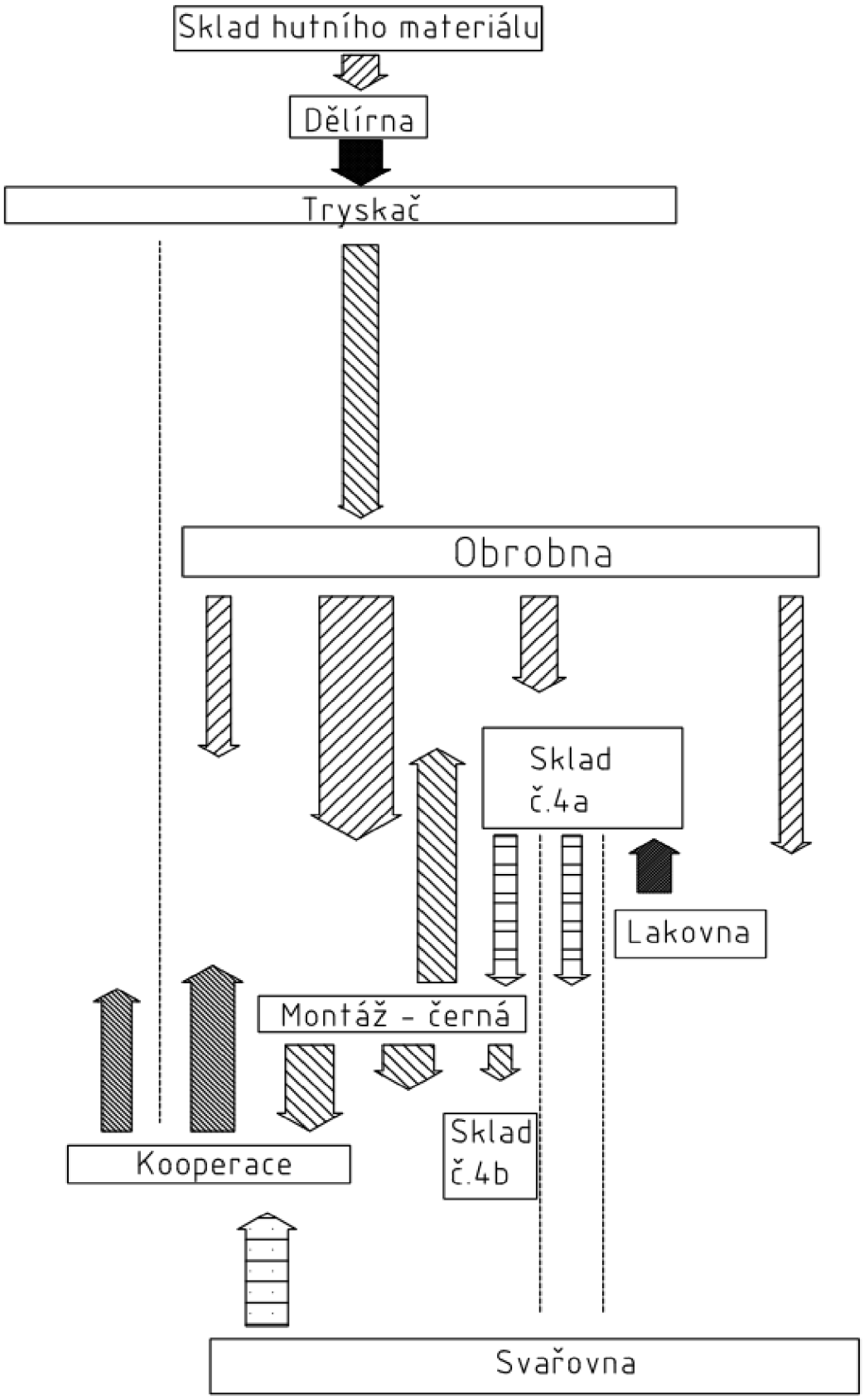
Suma materiálu jdoucí do pracoviště odpovídá sumě materiálu z pracoviště vycházející u všech pracovišť, kromě vstupních a výstupních skladů. Z tabulky je zřejmé, že hlavními uzly dopravy jsou montáž – černá, kooperace a obrobna, neboť obrat materiálu v těchto pracovištích značně (téměř dvojnásobně) převyšuje obraty materiálu pracovišť ostatních.

Sankeyův diagram (Obr. 2-1) graficky znázorňuje hlavní materiálové toky. Z důvodu velkého počtu pracovišť a jejich vzájemné provázanosti nebylo kvůli přehlednosti možné zakreslit všechna pracoviště (12 pracovišť, 42 vzájemných vztahů). Z významnějších vztahů byl vynechán tryskač – montáž černá. Vzhledem k zachování vzdáleností pracovišť v měřítku a rovnoběžnosti znázorňujících šipek nebylo možné tento vztah zakreslit.

Dále je nutno charakterizovat sklady č.4, neboť jejich povaha není obvyklá. Jedná se spíše o abstraktní objekt, který slouží jako odkládací plocha, pokud není přichystána následující operace (obvykle montáž). Výběr skladu pro uložení se provádí dle předcházející operace. Pokud je předcházející operace lakování nebo obrábění (frézování, soustružení nebo vrtání), zůstane součást v objektu haly Sigma III, je tedy uložena na sklad č.4a. V případě, že je předcházející operace prováděna na montáži – černá nebo v kooperaci (obvykle žárové pozinkování), uloží se součást na sklad č.4b. Výše uvedené platí pouze za předpokladu, že z nějakého důvodu není připravena navazující operace. Pokud navazující operace připravena je, součást se na sklady č.4 vůbec nedostane a je přepravena přímo na následující pracoviště, obvykle montáž. V tomto případě se součást fyzicky na sklady č.4 nedostane, pouze je operace uskladnění odškrtnuta v průvodním listu součásti.

Výše popsaná situace nelze popsat žádným pravidlem, tudíž bude v rozboru nadále uvažováno, že každá součást se fyzicky dostaví na jeden ze skladů č.4. Ze skladů č.4 putují součásti na finální montáž. Vzhledem k tomu, že finální montáž probíhá ve dvou oddělených halách, budou tato pracoviště nazývána montáž I (v hale Sigma III) a montáž II (v hale Sigma II). Rozdělení materiálu ze skladů č.4 bude uvažováno následovně: Na montáži I probíhá kompletace speciálních stolic, na montáži II kompletace běžných jednoosých a dvouosých testovacích stolic. Jelikož speciální stolice představují polovinu produkce, bude i materiál ze skladů č.4 rozdělen rovným dílem.

Dále bude v rozboru či návrzích pracováno s materiálem potřebným na jednu stolici, což neubírá na obecnosti vzhledem k tomu, že celkový materiálový tok je pouze násobek materiálu potřebného na jednu stolici.



Obr. 2-1 Sankeyův diagram pro AVL

3 NÁVRHY RACIONÁLNĚJŠÍHO USPOŘÁDÁNÍ PRACOVIŠŤ

V této kapitole budou rozpracovány návrhy na efektivnější uspořádání pracovišť vzhledem k materiálovému toku. Ke stanovení nové dispozice budou použity metody popsané v teoretické části (1.3).

3.1 Využití trojúhelníkové metody

V prvním kroku nechť jsou pracovištím následovně přiřazena čísla:

sklad hutního materiálu	1	lakovna	8
dělírna	2	kontrola	9
tryskač	3	vyvažování	10
obrobna	4	sklad č.4a	11
kooperace	5	sklad č.4b	12
montáž - černá	6	montáž I	13
svařovna	7	montáž II	14

Tabulka 3-1 Pracoviště a k nim přiřazená čísla

Vzhledem k charakteru výroby a ze Sankeyova diagramu zřejmého, častého zpětného tečení materiálu, nebude nadále nutno v této metodě rozlišovat odesílatele a příjemce. Materiálové toky mezi dvojicemi pracovišti se sečtou bez ohledu na směr. Tím se získá zjednodušená tabulka vztahů (Tabulka 3-2).

Nejintenzivnější materiálový tok je mezi pracovišti 4 a 6 (obrobna – montáž černá). Umístí se tedy jako první dvojice do sousedících vrcholů. Pracoviště 7, zůstane zatím neumístěno, přestože vztah 6 – 7 představuje druhý nejintenzivnější tok, neboť dvě následující pozice zahrnují vztah pracoviště 5 k oběma pracovištím již umístěným. Pracoviště 5 (kooperace) se umístí do vrcholu sousedícího s pracovišti 4 a 6.

Následující dva vztahy (11 - 13, 11 - 14) se prozatím přeskočí, protože nemají vztah k žádnému umístěnému pracovišti. Tímto se umisťování opět dostává k pracovišti číslo 7. Materiálový tok je nejintenzivnější s místy 5 a 6, umístí se tedy do vrcholu sousedícího s oběma zmíněnými pracovišti.

Jako další se hojně vyskytuje pracoviště číslo 3. Nejintenzivnější vztahy má k pracovištím 5, 4 a 6 sestupně. Umístí se do vrcholu trojúhelníku sousedícího s pracovišti 4 a 5.

Dále ve významnějším vztahu k již umístěným pracoviště číslo 2. Je ve vztahu pouze s 3 a 5, není tedy žádný problém s umístěním.

Dvojice pracovišť	Materiálový tok [kg]	Dvojice pracovišť	Materiálový tok [kg]
obrobna - mont. černá (4-6)	5282	sklad č.4b - montáž I (12-13)	1038
mont. černá – svař (6-7)	4358	sklad č.4b - montáž II (12-14)	1038
obrobna – koop (4-5)	3155	koop - sklad č.4b (5-12)	992
koop - mont. černá (5-6)	2886	sklad č.4a – svař (11-7)	927
sklad č.4a - montáž I (11-13)	2097	sklad hut. mat. – koop (1-5)	848
sklad č.4a - montáž II (11-14)	2097	koop – kontrola (5-9)	841
svařovna – koop (7-5)	2009	mont. černá – kontrola (6-9)	841
dělírna – tryskač (2-3)	1970	sklad hut. mat. – obrobna (1-4)	700
sklad.hut.mat –dělírna (1-2)	1757	obrobna – lakovna (4-8)	700
obrob - sklad č.4a (4-11)	1717	koop – vyvažování (5-10)	700
tryskač – koop (3-5)	1682	kontrola – lakovna (9-8)	700
tryskač – obrobna (3-4)	1670	vyvažování – kontrola (10-9)	700
koop - sklad č.4a (5-11)	1646	dělírna – obrobna (2-4)	635
lakovna - sklad č.4a (8-11)	1549	kontrola – dělírna (9-2)	606
obrobna- svařovna (4-7)	1464	kontrola – obrobna (9-4)	606
koop – lakovna (5-8)	1419	koop – dělírna (5-2)	242
tryskač – mont. černá (3-6)	1382	sklad č.4b – obrobna (12-4)	235
mont. černá - sklad č.4b (6-12)	1083	mont. černá- lakovna (6-8)	130
sklad č.4a - mont. černá (11-6)	1082		

Tabulka 3-2 Materiálové toky mezi pracovišti

Sklad číslo 1 je ve vztahu s 2, 5 a 4 sestupně, proto je pro něj vhodná pozice vrcholu trojúhelníku společná s 2 a 5.

Sklad číslo 11 je, z již umístěných pracovišť, v nejsilnější vazbě s 4, 5, 6. Nejvhodnější umístění je pozice v trojúhelníku (4, 6, 11).

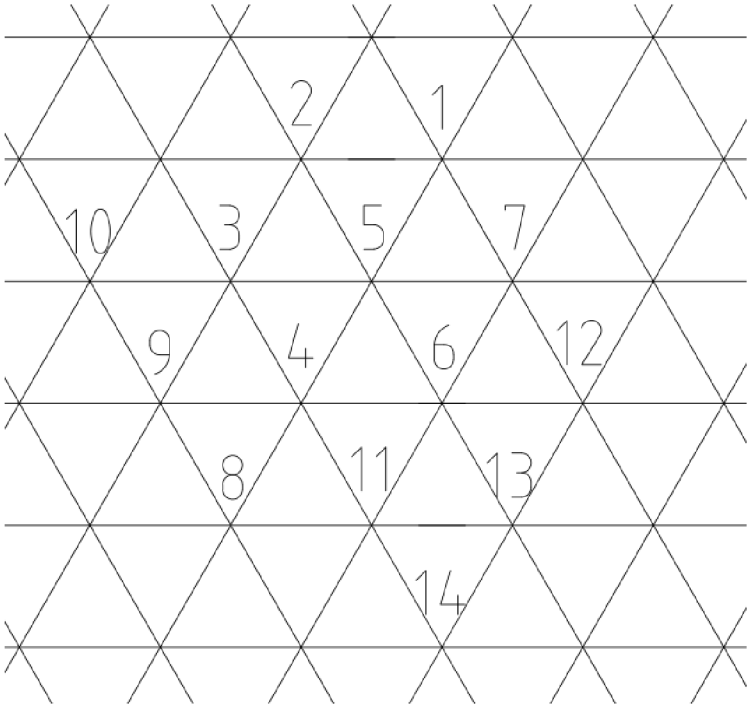
Nyní zbývá umístit pracoviště 8, 9, 10, 12, 13, 14. Z tabulky je zřejmé, že montáže 13 a 14 jsou ve vztahu pouze se sklady 11 a 12. Bylo by proto vhodné zvolit pozici skladu 12 v blízkosti 11. Sklad 12 je ve vztahu se stejnými pracovišti jako 11, nejvhodnější pozice by proto byla na již obsazeném místě 11. Nabízí se pozice (6, 7, 12) nebo (6, 11, 12). Vzhledem k následnému umístění montáží 13 a 14 bude vhodnější pozice (6, 7, 12). Zvolením této pozice se dosáhne i menšího rozptylu pracovišť po síti a určí umístění montáží 13 a 14.

Pracoviště 8 je ve vztahu s 11, 5, 4, 9 a 6. Pracoviště 9 ještě není umístěno a příhodná pozice vzhledem k ostatním vztahům je (4, 11, 8).

Pracoviště 9 je ve vztahu s 5, 6, 8, 2 a 4. Nenabízí se jiná vhodnější pozice než (4, 8, 9).

Nakonec zbývá pracoviště 10, které je vztahu pouze s 5 a 9. Nejkratší cesta po trojúhelníkové síti k oběma pracovištím je z pozice (3, 9, 10).

Výsledné rozložení (prozatím bez zohlednění objektů podniku) by mohlo vypadat, jak znázorňuje obrázek (Obr. 3-1).



Obr. 3-1 Rozložení pracovišť podle trojúhelníkové metody

3.2 Využití kruhové metody

Data k této metodě budou převzata z předchozí podkapitoly, konkrétně (Tabulka 3-2). Zůstane zachováno i stejné očíslování pracovišť a skladů (Tabulka 3-1). Pro získání optimální vzdálenosti pracovišť dle této metody poslouží kritérium minimálního součtu součinu vzdáleností a přepravovaného materiálu, tzn. velký objem materiálu → malé vzdálenosti; malý objem materiálu → větší vzdálenosti. Matematicky zapsáno a upraveno na tvar:

$$L = {}^{1}/_{G}$$

Jde o převrácené hodnoty intenzity materiálového toku. Po aplikaci výše uvedeného vztahu bude tabulka materiálových toků mezi pracovišti (Tabulka 3-2) vypadat následovně:

Dvojice pracovišť	$L = {}^{1}/_{G}$	Dvojice pracovišť	$L = {}^{1}/_{G}$
obrobna - mont. černá (4-6)	0,000189	sklad č.4b - montáž I (12-13)	0,000963
mont. černá – svař (6-7)	0,000229	sklad č.4b - montáž II (12-14)	0,000963
obrobna – koop (4-5)	0,000317	koop - sklad č.4b (5-12)	0,001008
koop - mont. černá (5-6)	0,000347	sklad č.4a – svař (11-7)	0,001079
sklad č.4a - montáž I (11-13)	0,000477	sklad hut. mat. – koop (1-5)	0,001179
sklad č.4a - montáž II (11-14)	0,000477	koop – kontrola (5-9)	0,001189
svařovna – koop (7-5)	0,000498	mont. černá – kontrola (6-9)	0,001189
dělírna – tryskač (2-3)	0,000508	sklad hut. mat. – obrobna (1-4)	0,001429
sklad.hut.mat –dělírna (1-2)	0,000569	obrobna – lakovna (4-8)	0,001429
obrob - sklad č.4a (4-11)	0,000582	koop – vyvažování (5-10)	0,001429
tryskač – koop (3-5)	0,000595	kontrola – lakovna (9-8)	0,001429
tryskač – obrobna (3-4)	0,000599	vyvažování – kontrola (10-9)	0,001429
koop - sklad č.4a (5-11)	0,000608	dělírna – obrobna (2-4)	0,001575
lakovna - sklad č.4a (8-11)	0,000646	kontrola – dělírna (9-2)	0,00165
obrobna- svařovna (4-7)	0,000683	kontrola – obrobna (9-4)	0,00165
koop – lakovna (5-8)	0,000705	koop – dělírna (5-2)	0,004132
tryskač – mont. černá (3-6)	0,000724	sklad č.4b – obrobna (12-4)	0,004255
mont. černá - sklad č.4b (6-12)	0,000923	mont. černá- lakovna (6-8)	0,007692
sklad č.4a - mont. černá (11-6)	0,000924		

Tabulka 3-3 Vzájemné vztahy pracovišť vzhledem ke kruhové metodě

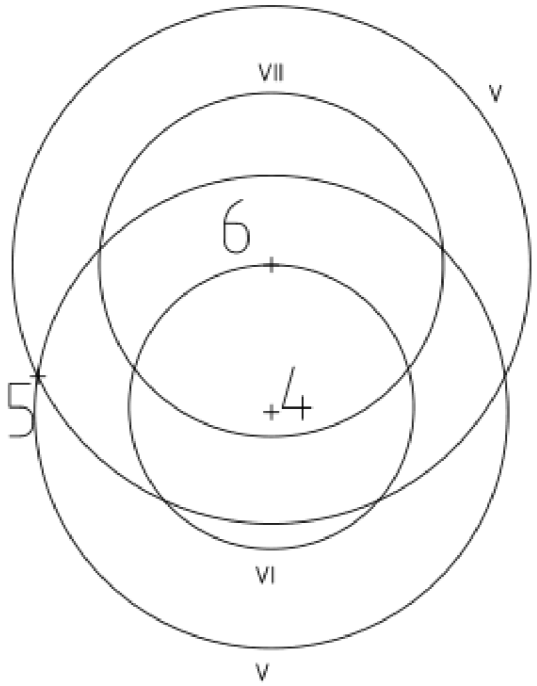
Dvojice pracovišť	$L = {}^{1}/_{G}$;	Dvojice pracovišť	$L = {}^{1}/_{G}$;
obrobna - mont. černá (4-6)	9,5	sklad č.4b - montáž I (12-13)	48,2
mont. černá – svař (6-7)	11,5	sklad č.4b - montáž II (12-14)	48,2
obrobna – koop (4-5)	15,8	koop - sklad č.4b (5-12)	50,4
koop - mont. černá (5-6)	17,3	sklad č.4a – svař (11-7)	53,9
sklad č.4a - montáž I (11-13)	23,8	sklad hut. mat. – koop (1-5)	59,0
sklad č.4a - montáž II (11-14)	23,8	koop – kontrola (5-9)	59,5
svařovna – koop (7-5)	24,9	mont. černá – kontrola (6-9)	59,5
dělírna – tryskač (2-3)	25,4	sklad hut. mat. – obrobna (1-4)	71,4
sklad.hut.mat –dělírna (1-2)	28,5	obrobna – lakovna (4-8)	71,4
obrob - sklad č.4a (4-11)	29,1	koop – vyvažování (5-10)	71,4
tryskač – koop (3-5)	29,7	kontrola – lakovna (9-8)	71,4
tryskač – obrobna (3-4)	29,9	vyvažování – kontrola (10-9)	71,4
koop - sklad č.4a (5-11)	30,4	dělírna – obrobna (2-4)	78,7
lakovna - sklad č.4a (8-11)	32,3	kontrola – dělírna (9-2)	82,5
obrobna- svařovna (4-7)	34,2	kontrola – obrobna (9-4)	82,5
koop – lakovna (5-8)	35,2	koop – dělírna (5-2)	206,6
tryskač – mont. černá (3-6)	36,2	sklad č.4b – obrobna (12-4)	212,8
mont. černá - sklad č.4b (6-12)	46,2	mont. černá- lakovna (6-8)	384,6
sklad č.4a - mont. černá (11-6)	46,2		

Tabulka 3-4 Vzájemné vztahy pracovišť upravené pro grafické vyjádření

Pro dosažení větší přehlednosti a možná i lepší představitelnosti se vypočítaná vzdálenost L vynásobí, v tomto případě, 50 000 a zaokrouhlí na jedno desetinné místo (Tabulka 3-4).

Nyní jsou vztahy mezi pracovišti připraveny pro grafické znázornění. Pravidla pro postup jsou uvedena v teoretické části studie (1.3.2). Obvody kružnic budou pro větší přehlednost označeny římskými číslicemi.

První bude zakreslen kružnice se středem 4 o poloměru 9,5. Na této kružnici označené římskou číslicí VI se libovolně umístí střed pracoviště 6. Tento bod je středem kružnice VII o poloměru 11,5, která udává možná umístění středu pracoviště 7. Další nejmenší poloměr v pořadí je 15,8 mezi pracovišti 4 a 5. Pracoviště 4 je již umístěno, proto bude tohoto vztahu využito k určení pozice pracoviště 5. Sestrojí se kružnice V, se středem ve 4, o poloměru 15,8, možno zapsat také V(4; 15,8). K přesnému určení pozice pracoviště 5 bude ještě využito vztahu 5–6, tedy druhé kružnice V(6; 17,3). Průnik dvou kružnic označených na obvodu číslem 5 určuje dvě možná umístění pracoviště 5. V této fázi



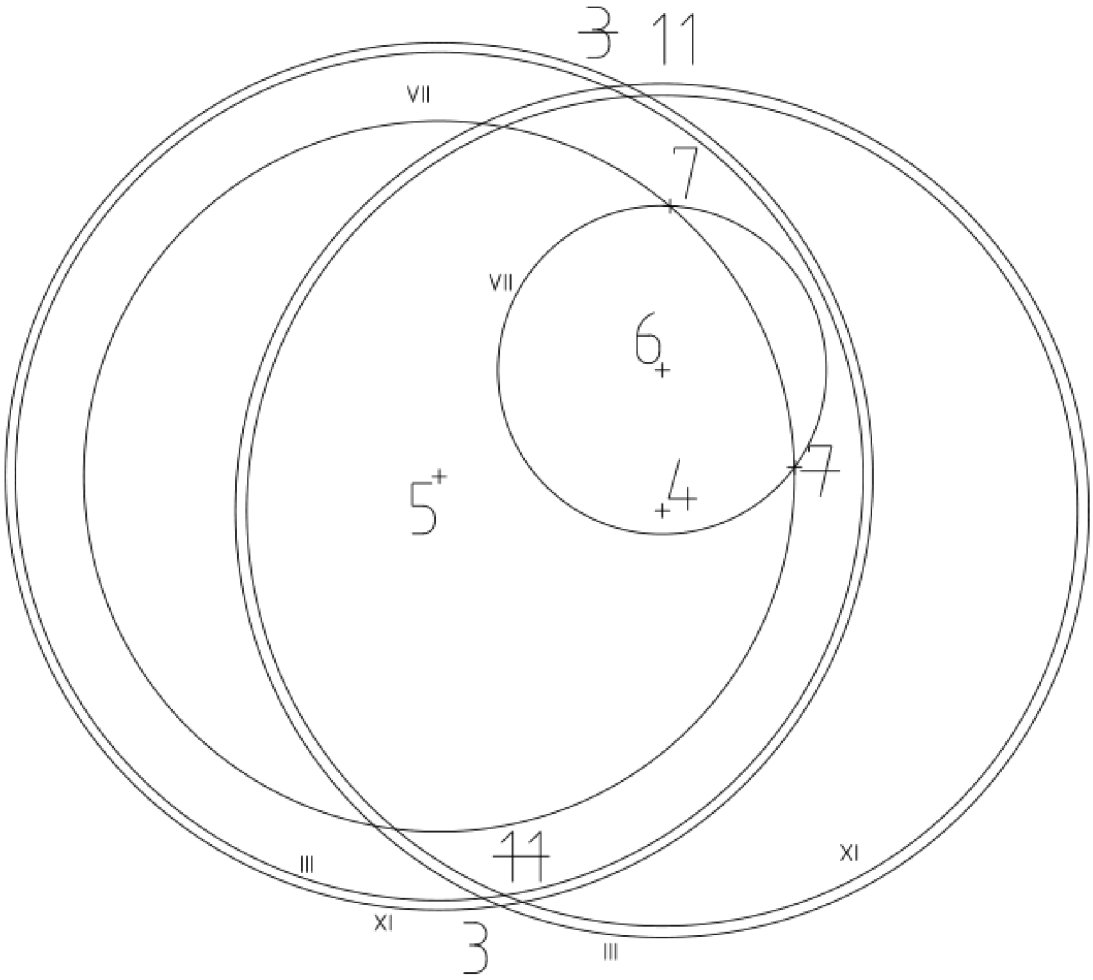
Obr. 3-2 Grafické znázornění postupu umístění pracovišť 4, 5 a 6

rozmisťování jsou obě pozice naprosto rovnocenné, nechť je tedy pracoviště umístěno vlevo od spojnice středů pracovišť 4 – 6. Sestrojením kružnice VII(5; 24,9) a její průnikem s kružnicí VII(6; 11,5) se získá průsečík označený číslem 7, tedy pozice pracoviště 7 (průniky kružnic VII(6; 11,5) a VII(5; 24,9) vzniknou dva body, ale vzhledem k nežádoucí blízkosti druhého průsečíku 7 k pracovišti číslo 4 bude pracoviště 7 umístěno dle Obr. 3-3).

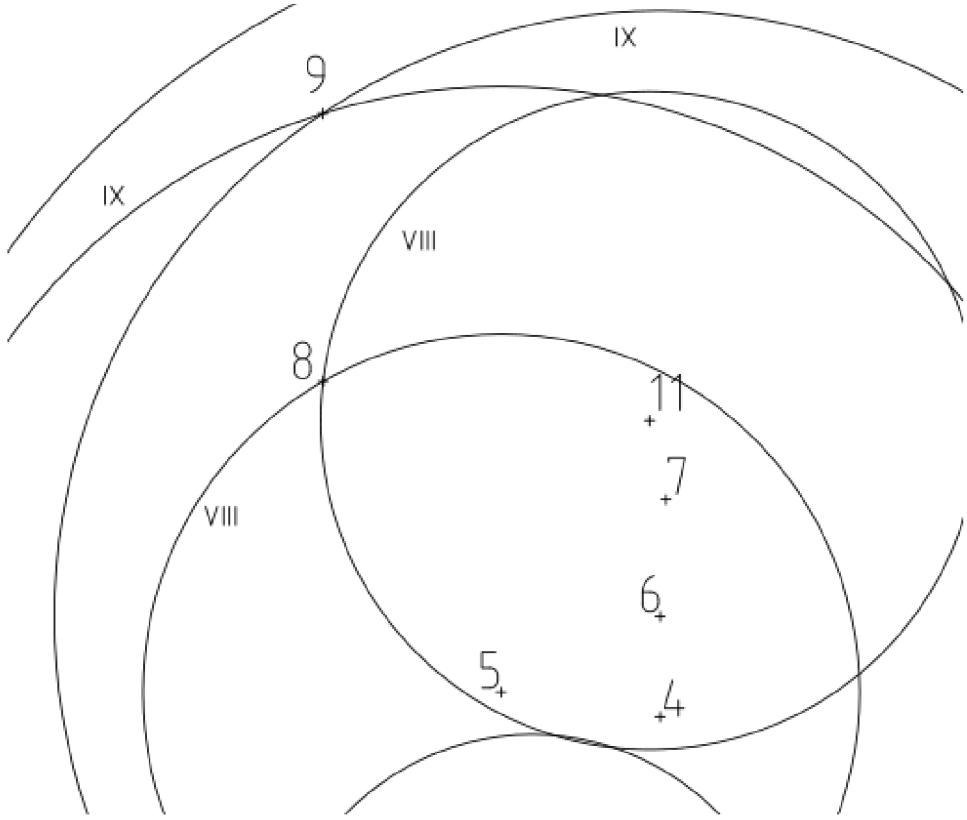
Nyní jsou vyčerpány 4 nejintenzivnější vazby mezi pracovišti a pomocí nich rozmístěna pracoviště 4, 5, 6 a 7. Podle tabulky vzájemných vztahů pracovišť by mělo následovat rozmístění pracovišť ze vztahů 11-13 a 11-14, ale jelikož není žádné z těchto pracovišť ve vztahu s žádným doposud umístěným pracovištěm, přejde se ke vztahům mezi pracovišti 3-5 a 3-4. Sestrojením kružnic III(5; 29,7) a III(4; 29,9) vzniknou dvě možná

umístění pracoviště 3. Umístění ~~3~~ se zamítne vzhledem k nevyžadované blízkosti pracoviště 7 a méně významnému vztahu 3-6.

Na základě intenzity vztahů pracovišť 4-11 a 5-11 budou sestrojeny dvě kružnice XI(4; 29,1) a XI(5; 30,4). Vzniknou opět dva průsečíky 11 a ~~11~~. Vzhledem k nepotřebné blízkosti ~~11~~ a 3, bude zvolena pozice 11 (viz Obr. 3-3). Zohledněna je téže vazba 7-11, která sice méně významná, ale existuje na rozdíl od neexistující vazby 3-11.



Obr. 3-3 Grafické znázornění postupu umístění pracovišť 7, 3 a 11



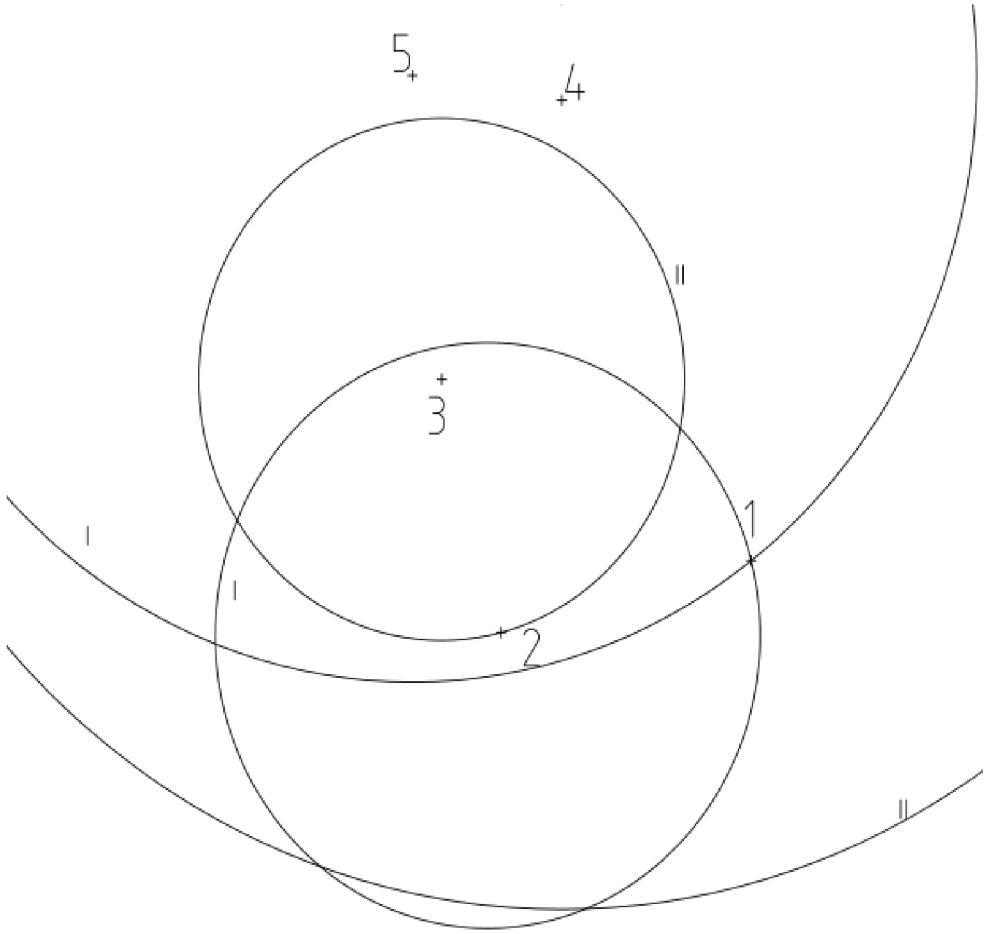
Obr. 3-4 Grafické znázornění umístění pracovišť 8 a 9

S umístěným pracovištěm 11 je již možno určit pozici pracoviště 8 ze vztahů 5-8 a 8-11. Sestrojením kružnic VIII (11; 32,3) a VIII (5; 35,2) vzniknou dva průsečíky, z nichž kvůli nízké důležitosti vztahů pracoviště 8 s ostatními pracovišti bude vybrán průsečík odlehlejší od centra manipulace.

Ze vztahů 5-9 a 6-9, které mají stejnou váhu, se sestrojí kružnice IX(5; 59,5) a IX(6; 59,5). Z jejich průniků je na výběr buď pozice poblíž pracoviště 3 anebo 8. Vzhledem k tomu, že pracoviště 9 není ve vztahu s 3, zvolí se pozice poblíž pracoviště 8.

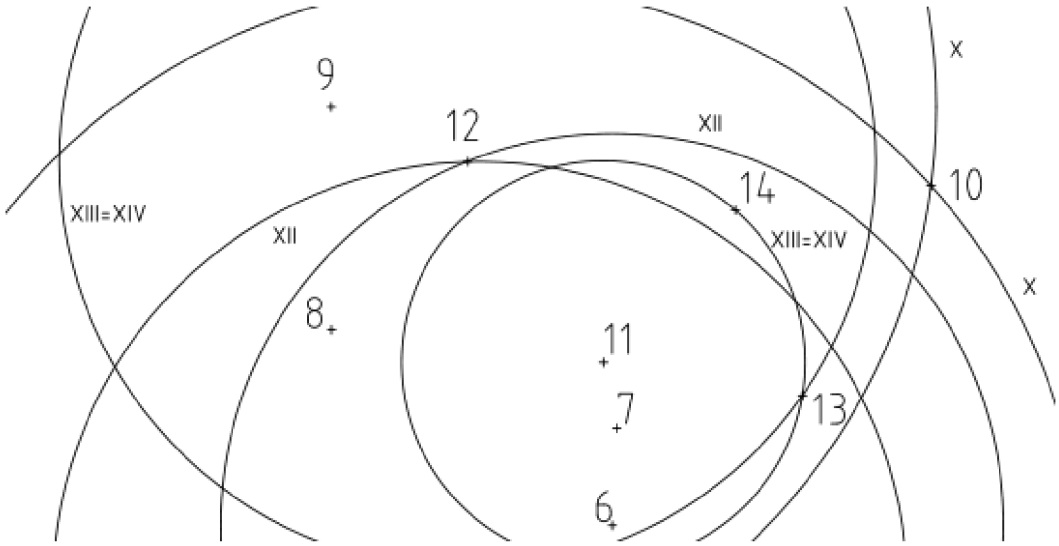
Za účelem umístění pracoviště 2 se sestrojí kružnice II(3; 25,4) a II(4; 78,7), které se ovšem neprotnou (II(3; 25,4) leží uvnitř II(4; 78,7)). Střed pracoviště 2 se umístí na menší z kružnic v místě, kde jsou obě kružnice méně vzdálen, tak aby pracoviště 4,3 a 2 neležela na jedné přímce.

Po umístění pracoviště 2 již nebude problém umístit 1. Sestrojeném kružnic I(2; 28,5) a I(5; 59) vzniknou 2 průsečíky, z nich je vybráno umístění blíže pracovišti 4 z důvodu menšího křížení toků materiálu.



Obr. 3-5 Grafické znázornění umístění pracovišť 1 a 2

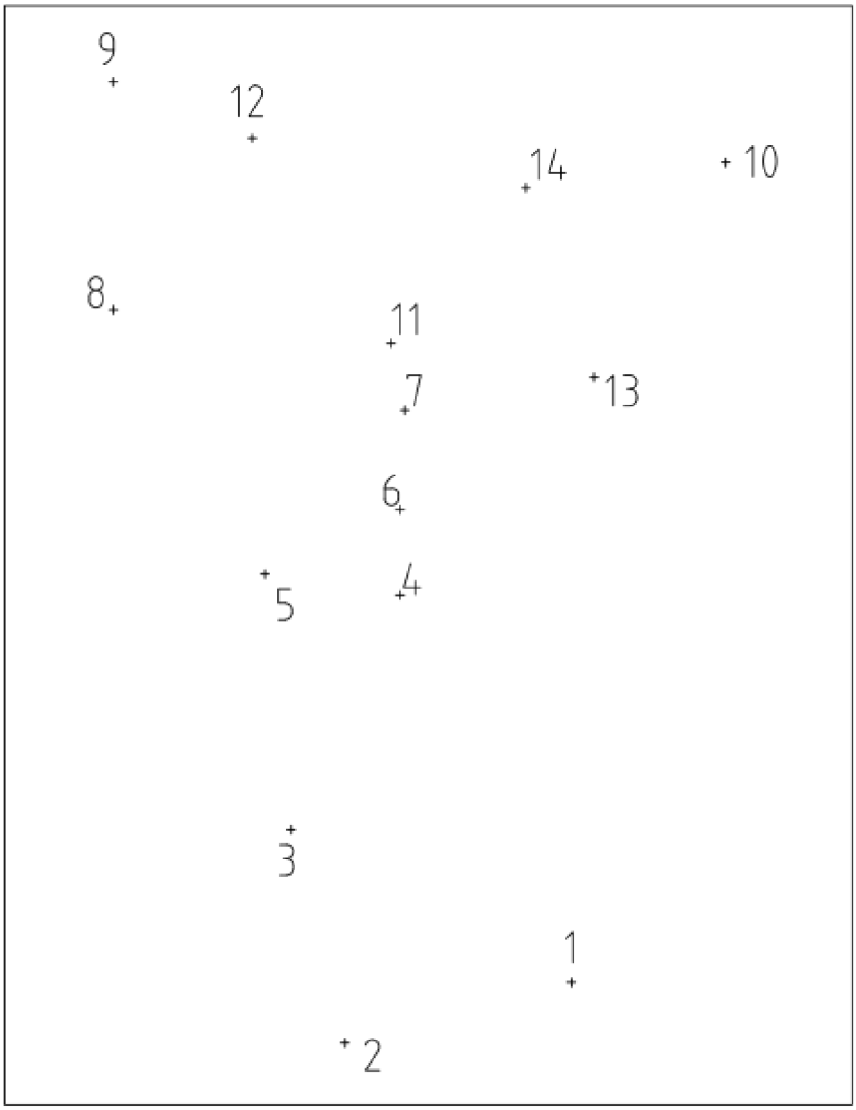
Nyní zbývají umístit ještě pracoviště 10, 12, 13 a 14. Pracoviště 10 se vyskytuje pouze ve dvou méně významných vztazích, a proto se bude umisťovat až jako poslední. Pracoviště 13 a 14 představují stejně silné vazby, ale nelze je umístit bez znalosti pozice pracoviště 12, proto se sestrojí kružnice XII(6; 46,2) a XII(5; 50,4). Ze dvou vzniklých



Obr. 3-6 Grafické znázornění umístění pracovišť 13, 14 a 10

průniků se pracoviště 12 umístí do pozice bližší pracovišti 11, neboť obě tyto pracoviště jsou ve vztahu s pracovišti 13 a 14, tím pádem je jejich blízkost výhodná.

V tomto okamžiku je možno sestrojit kružnice pro umístění pracovišť 13 a 14. V tomto případě budou kružnice určující vztah pracoviště 11-13 a 11-14 splývat (mají stejný počátek i poloměr). Stejný případ nastane i pro vztahy 12-13 a 12-14. Z tohoto důvodu se sestrojí pouze dvě kružnice, a to XIII=XIV(11; 23,8) a XIII=XIV(12; 48,2). Jeden průnik se nachází v oblasti mezi pracovišti 4, 5, 6, proto bude tato pozice zamítnuta. K dispozici zůstává jeden průnik kružnic, který se využije pro umístění pracoviště 13. Jelikož pracoviště 14 nelze umístit na průsečík kružnic označených číslicí XIV, bude se možné umístění uvažovat na kružnici XIV s menším poloměrem, tedy XIV(11; 23,8). Příhodné místo k umístění pracoviště 14 na této kružnici je na okraji celkového uskupení pracovišť, neboť zde nebude docházet k rušivému křížení materiálových toků.



Obr. 3-7 Rozmístění pracovišť dle kruhové metody

Z jediných dvou vztahů pracoviště 10 se sestrojí kružnice X(5; 71,4) a X(9; 71,4). Vzdálenější průnik těchto kružnic od centra manipulace by byl pro umístění pracoviště vhodnější z důvodu nekřížení žádného jiného materiálového toku. Z druhého pohledu by to znamenalo umístění pracoviště 10 na místě odlehlém od ostatních pracovišť. Zvolí se raději umístění blíže centra manipulace ovšem za cenu křížení materiálových toků.

Dle kritéria kruhové metody by rozmístění středů pracovišť mohlo vypadat, jak znázorňuje schéma na Obr. 3-7.

3.3 Trojúhelníkové hodnocení vztahů

3.3.1 Výběr vhodných kritérií pro trojúhelníkové hodnocení

Vzhledem k charakteru výroby je většina manipulace obstarávána vysokozdvižnými a paletovými vozíky, na kterých se přepravuje samostatná součást (pokud je rozměrnější či má větší hmotnost) anebo je využito palet. Ke skládání součástí do podsestav a podsestav do sestav je využito mostových jeřábů, které jsou k dispozici na všech finálních montážích. Z tohoto důvodu není možné použít kritéria společného manipulačního prostředku.

Vícestrojová obsluha je možná pouze u číslicově řízených strojů a to nejlépe za předpokladu, že se na všech strojích obsluhovaných jedním pracovníkem vyrábí stejná součást nebo se na každé, stroji vyrábí jiná součást opakovaně – není nutno měnit naprogramování stroje. Ani jeden z výše uvedených předpokladů není ve výrobním procesu AVL Moravia splněn. Pro názornost je v tabulce níže uveden seznam strojů na obrobně s rokem výroby a řídícím programem (Tabulka 3-5).

Typ stroje	Rok výroby	Řídící systém
FNG 40 CNCA – univerzální frézka	2003	TNC 426M
TH 160 – univerzální frézka	1977	0
FGS 50 NCP – univerzální frézka	1986	NS632A
OF 10 – odvalovací soustruh	1981	0
SHW UF 41 – univerzální frézka	1986	TNC 155Q
WH 10 NC – horizontální frézka	1989	TNC 530
WHN 13.8A – horizontální frézka	1974	TNC 530i Heidenhein
SK 16 – karusel	1991	0
SU 80 NC – konvenční soustruh	2003	Fagor 8055/A-T
SU 50A – konvenční soustruh	1989	0
SUI 40 – konvenční soustruh	1986	0
SUI 63 – konvenční soustruh	1991	0
HU 19 – stojanová vrtačka	1998	0
VR 4 A – stojanová vrtačka	1959	0

Tabulka 3-5 Seznam vybraných strojů na obrobně

Je tedy zřejmé, že strojový park je značně zastaralý a některé stroje postrádají číslicové řízení. Pro vícestrojovou obsluhu je nepříjemná i rozmanitost řídících systémů.

Pro potřeby podniku AVL Moravia budou vhodná kritéria:

- **Stupeň vzájemného rušení** – nadměrným zářením, vibracemi, zplodinami, výpary, hlukem, prašností, atd.
- **Návaznost technologických operací** – vyjádřena intenzitou materiálového toku mezi pracovišti
- **Shodností klimatických podmínek** – především teplota na provozně

V následující tabulce bude jednotlivým kritériím přiřazen koeficient relativní důležitosti o bodové hodnotě 1–4.

Pořadové číslo	Kritérium	Koeficient relativní důležitosti
1	Stupeň vzájemného rušení	4
2	Návaznost technologických operací	2
3	Shodnost klimatických podmínek	3

Tabulka 3-6 Kritéria hodnocení a jejich váhy

Stupnice nutnosti blízkosti pracovišť bude analogická ke stupnici uvedené v teoretické části (Tabulka 1-4), tedy pětistupňová. Také bude přejata tabulka grafického znázornění vztahů (Tabulka 1-6).

Číslo	Důvod hodnocení
1	Následnost dle technologického postupu
2	Nadměrná hlučnost
3	Nerušící se navzájem
4	Zdroje stejných rušivých vlivů
5	Světelné záření a zplodiny
6	Možné rušení vibracemi
7	Narušení čistoty provozu
8	Společné nároky na teplotu na pracovištích
9	Nutnost použití ochranných pomůcek
10	Nutnost odsávání

Tabulka 3-7 Důvody hodnocení

3.3.2 Vypracování trojúhelníkové tabulky a grafické znázornění vztahů

| Poř. číslo | Pracoviště | | Hodnocení vztahů | | |

Hodnocené vztahy		Stupeň vzájemného rušení		Návaznost technolog. operací		Shodnost klimatických podmínek			Poznámka
Koeficient relativního významu hodnocení vztahů		4		2		3			
Pořadové číslo	Dvojice pracovišť	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	sklad hut. mat. - dělírna	2	8	5	10	1	3	21	
2	sklad hut. mat. - tryskač	2	8	0	0	1	3	11	
3	sklad hut. mat. - obrobna	0	0	2	4	0	0	4	
4	sklad hut. mat. - kooperace	0	0	3	6	0	0	6	
5	sklad hut. mat. -montáž(černá)	0	0	0	0	1	3	3	
6	sklad hut. mat. -svařovna	0	0	0	0	1	3	3	
7	sklad hut. mat. - sklad č.4a	0	0	0	0	3	9	9	
8	sklad hut. mat. - sklad č.4b	0	0	0	0	3	9	9	
9	dělírna - tryskač	3	12	5	10	2	6	28	
10	dělírna - obrobna	-	0	2	4	0	0	(4)	vyloučit škodlivé vlivy
11	dělírna - kooperace	0	0	1	2	0	0	2	
12	dělírna - montáž (černá)	3	12	0	0	3	9	21	
13	dělírna - svařovna	0	0	0	0	0	0	0	
14	dělírna - lakovna	-	0	0	0	1	3	(3)	vyloučit škodlivé vlivy
15	dělírna - kontrola	-	0	2	4	0	0	(4)	vyloučit škodlivé vlivy
16	dělírna - sklad č.4a	1	4	0	0	1	3	7	
17	dělírna - sklad č.4b	1	4	0	0	1	3	7	
18	tryskač - obrobna	0	0	5	10	0	0	10	
19	tryskač - kooperace	0	0	5	10	0	0	10	
20	tryskač - montáž (černá)	3	12	4	8	2	6	26	
21	tryskač - svařovna	2	8	0	0	2	6	14	
22	tryskač - sklad č.4a	0	0	0	0	2	6	6	
23	tryskač - sklad č.4b	0	0	0	0	2	6	6	
24	obrobna - kooperace	1	4	3	6	0	0	10	
25	obrobna - montáž (černá)	1	4	5	10	1	3	17	

Tabulka 3-9 Formulář hodnocení vztahů-1. část

Hodnocené vztahy		Stupeň vzájemného rušení		Návaznost technolog. operací		Shodnost klimatických podmínek			Poznámka
Koeficient relativního významu hodnocení vztahů		4		2		3			
Pořadové číslo	Dvojice pracovišť	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	
26	obrobna - svařovna	0	0	1	2	1	3	5	
27	obrobna -lakovna	1	4	1	2	3	9	15	
28	obrobna - kontrola	0	0	1	2	3	9	11	
29	obrobna - vyvažování	-	0	0	0	3	9	(9)	vyloučit škodlivé vlivy
30	obrobna - sklad č.4a	1	4	2	4	0	0	8	
31	obrobna - sklad č.4b	1	4	0	0	0	0	4	
32	obrobna - montáž I	1	4	0	0	3	9	13	
33	obrobna - montáž II	1	4	0	0	3	9	13	
34	obrobna - svařovna	0	0	1	2	1	3	5	
35	kooperace - montáž (černá)	1	4	5	10	0	0	14	
36	kooperace - svařovna	3	12	4	8	2	6	26	
37	kooperace - lakovna	1	4	3	6	0	0	10	
38	kooperace - kontrola	1	4	2	4	0	0	10	
39	kooperace -vyvažování	1	4	2	4	0	0	10	
40	kooperace - sklad č.4a	1	4	3	6	0	0	10	
41	kooperace - sklad č.4b	1	4	2	4	0	0	8	
42	kooperace - montáž I	1	4	0	0	0	0	4	
43	kooperace - montáž II	1	4	0	0	0	0	4	
44	montáž (černá) - svařovna	3	12	4	8	4	12	32	
45	montáž (černá) - lakovna	-	0	0	0	2	6	(6)	vyloučit škodlivé vlivy
46	montáž (černá) - kontrola	0	0	1	2	0	0	2	
47	montáž (černá) - sklad č.4a	0	0	1	2	1	3	5	
48	montáž (černá) - sklad č.4b	0	0	1	2	1	3	5	

Tabulka 3-10 Formulář hodnocení vztahů-2. část

Hodnocené vztahy		Stupeň vzá-jemného rušení		Návaznost technolog. operací		Shodnost klimatic-kých podmínek			Poznámka
Koeficient relativního významu hodnocení vztahů		4		2		3			
Pořadové číslo	Dvojice pracovišť	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	Hodnocení blízkosti	
49	svařovna - lakovna	-	0	0	0	3	9	(9)	vyloučit škodlivé vlivy
50	svařovna - sklad č.4a	0	0	1	2	1	3	5	
51	svařovna - sklad č.4b	0	0	1	2	1	3	5	
52	lakovna - kontrola	1	4	3	6	2	6	16	
53	lakovna - vyvažování	1	4	0	0	2	6	10	
54	lakovna - sklad č.4a	1	4	5	10	0	0	14	
55	lakovna - sklad č.4b	1	4	0	0	0	0	2	
56	kontrola - vyvažování	1	4	0	0	2	6	10	
57	kontrola - sklad č.4a	1	4	0	0	0	0	4	
58	kontrola - sklad č.4b	1	4	0	0	0	0	4	
59	kontrola - montáž I	1	4	0	0	2	6	10	
60	kontrola - montáž II	1	4	0	0	2	6	10	
61	vyvažování - sklad č.4a	1	4	0	0	0	0	4	
62	vyvažování - sklad č.4b	1	4	0	0	0	0	4	
63	vyvažování - montáž I	1	4	0	0	2	6	10	
64	vyvažování - montáž II	1	4	0	0	2	6	10	
65	sklad č.4a - sklad č.4b	1	4	0	0	3	9	13	
66	sklad č.4a - montáž I	1	4	5	10	0	0	14	
67	sklad č.4a - montáž II	1	4	5	10	0	0	14	
68	sklad č.4b - montáž I	1	4	5	10	0	0	14	
69	sklad č.4b - montáž II	1	4	5	10	0	0	14	
70	montáž I - montáž II	1	4	3	6	0	0	10	

Tabulka 3-11 Formulář hodnocení vztahů-3. část

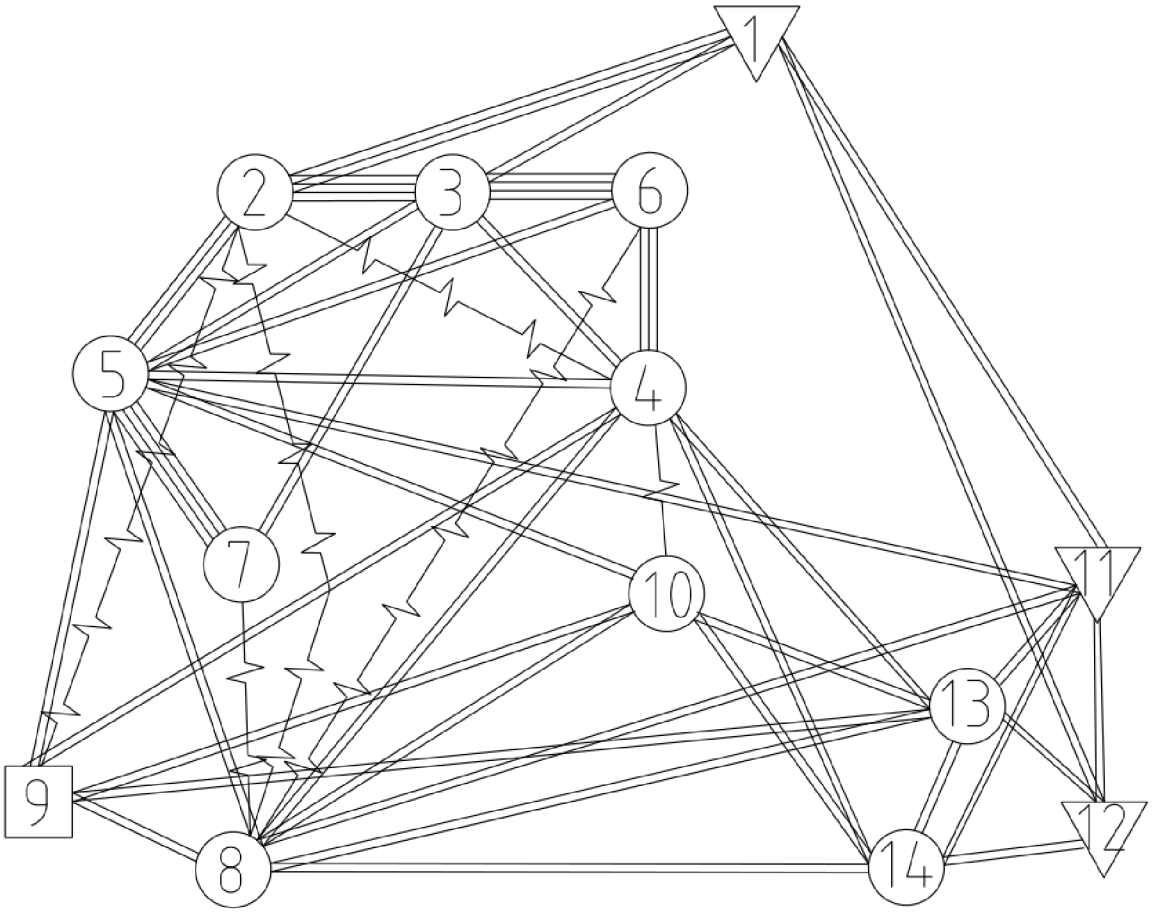
Z tabulky hodnocení vztahů jsou záměrně vynechány vztahy s nulovým hodnocením. Tím se celkový počet vztahů zredukoval z 91 na 70.

Největšího počtu bodů v trojúhelníkovém hodnocení vztahů dosáhly pracoviště montáž (černá) – svařovna a to 32. Nadále se bude používat čtyř stupňového systému hodnocení blízkosti vztahů pro pracoviště s hodnocením 1–32. Stupnice bude rozdělena do čtyř kategorií:

Bodové hodnocení	Grafické znázornění	Slovní popis
32 – 25	4 přímky	Bezpodmínečně nutná blízkost
24 – 17	3 přímky	Zvláště nutná blízkost
16 – 9	2 přímky	Blízkost důležitá
8 – 1	1 přímka	Blízkost doporučená

Tabulka 3-12 Rozdělení vztahů do kategorií

Vztahy s hodnocením 0 nebudou znázorněny a rušivé vztahy budou znázorněny lomenou čarou.



Obr. 3-8 Grafické znázornění trojúhelníkového hodnocení vztahů

Z grafického znázornění vztahů musely být vynechány vztahy s bodovým hodnocením 1-8, protože již tak je obrázek (Obr. 3-8) značně přehuštěn vztahy.

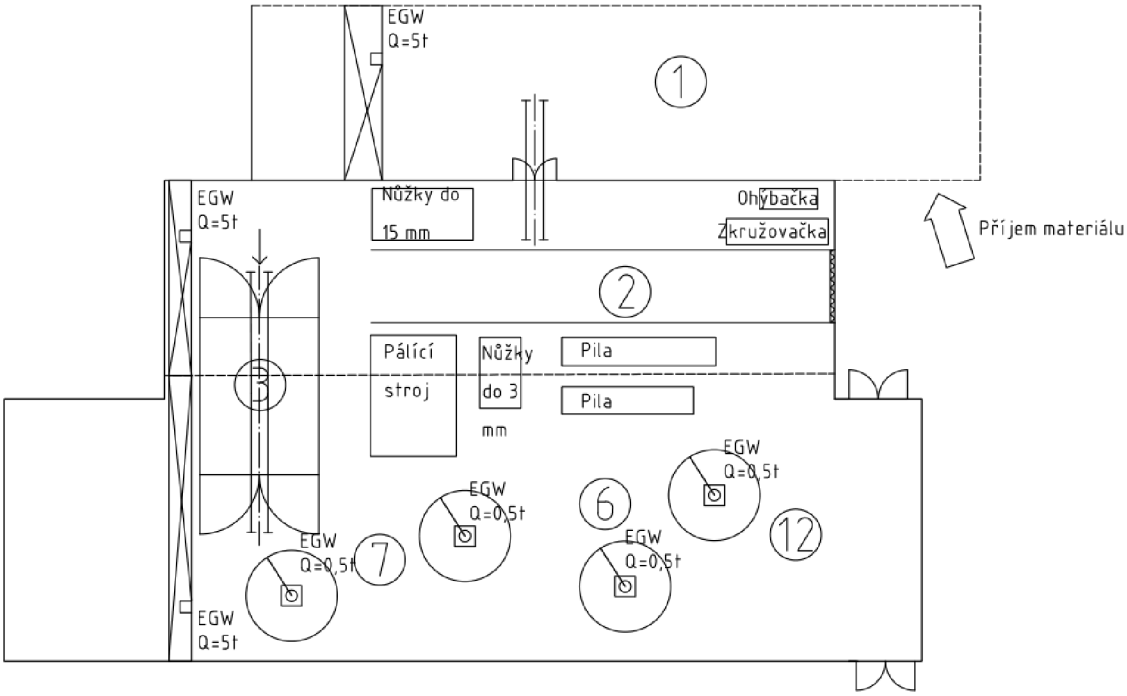
3.4 Navržení možné varianty nového uspořádání s ohledem na limitující faktory provozu

Využitím metod pro racionální uspořádání pracovišť se získala představa o teoreticky ideální dispozici. Tuto představu je nutno přizpůsobit s ohledem na již zaběhlou výrobu a technická omezení.

3.4.1 Charakteristika pracovišť s omezením

1. **Sklad hutního materiálu (1)** – neleží v uzavřené hale, je to pouze zastřešený otevřený prostor, což je naprosto dostačující ke krátkodobému uskladnění hutního materiálu, ale nemůže být použit jako umístění jiného pracoviště. K manipulaci s materiálem ve skladu slouží mostový jeřáb EGW o nosnosti 5 tun a vozík na kolejích, na kterém se materiál dopravuje do dělírny. Umístění skladu hutního materiálu zůstane zachováno.
2. **Dělírna (2)** – manipulaci s materiálem zajišťuje mostový jeřáb EGW o nosnosti 5 tun, který obsluhuje na vstupu i tryskač. Vybavením dělírny jsou pásové pily Meba 340A a Transverse 610.440GANC, pálící stroj RS 515 B, nůžky do 3 mm ZS NG-3c, ruční ohýbačka XOM/2000/4B. Umístění dělírny materiálu je výhodně zvoleno vzhledem k blízkosti skaldu hutního materiálu, tudíž se minimalizuje přepravní vzdálenost velkého množství materiálu.
3. **Tryskač (3)** – TNT 200, uvnitř tryskače manipulace pomocí vozíků na kolejích.
4. **Svařovna (7)** – vybavena mobilními svářečkami FirCUT 203W, KS 350, Origo ARC 200, DTE 255 AC/DC. Manipulace s materiálem zajištěna pomocí dvou sloupových jeřábu EGW o nosnosti 500 kg a mostovým jeřábem EGW o nosnosti 5 tun, který zároveň obsluhuje i tryskač na výstupu. Jednotlivá svářecí pracoviště jsou oddělena přenosnými zástěnami.
5. **Montáž – černá (6)** – manipulaci s materiálem obstarávají dva sloupové jeřáby EGW o nosnosti 500 kg a společný mostový jeřáb se svařovnou. Na tomto pracovišti probíhá montáž komponent, tedy nařezaný materiál se sestaví do požadovaného tvaru, bodově svaří a pošle dále na svařovnu. Nedílnou součástí toho pracoviště je i odjehlování.
6. **Sklad č.4b (12)** – pouze označení plochy pro odkládání hotových součástí z montáže – černé nebo kooperace, pro které není ještě přichystána následující operace. Manipulaci obstarává společný mostový jeřáb se svařovnou.

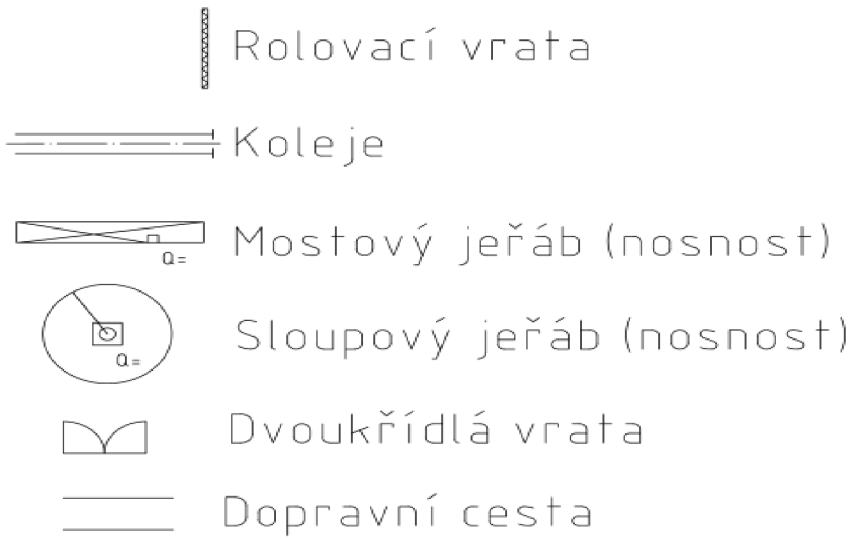
Všechna výše uvedená pracoviště (body 1–6) jsou umístěna ve stejném komplexu budov. Kromě skladů patří všechna pracoviště do skupin, která by se dala nazvat „špinavá," neboť jsou zdroji velkého množství hluku, prachu, zplodin a světelného záření.



Obr. 3-9 Rozmístění pracovišť a manipulačních prostředků ve „špinavé“ výrobě

Takovéto uspořádání pracovišť je velmi efektivní vzhledem k intenzitě materiálového toku i vzhledem ke kritériím použitým při trojúhelníkovém hodnocení vztahů. Současnému uspořádání těchto pracovišť nelze v podstatě nic vytknout ani jej nějak vylepšit. Stejně tak se dají stěží najít rezervy ve vnitroobjektové manipulaci. Celá plocha objektu je pokryta mostovými jeřáby, které jsou doplňovány sloupovými jeřáby na pracovištích s větším obratem materiálu.

Ve všech schematických nákresech bude použito těchto symbolů:

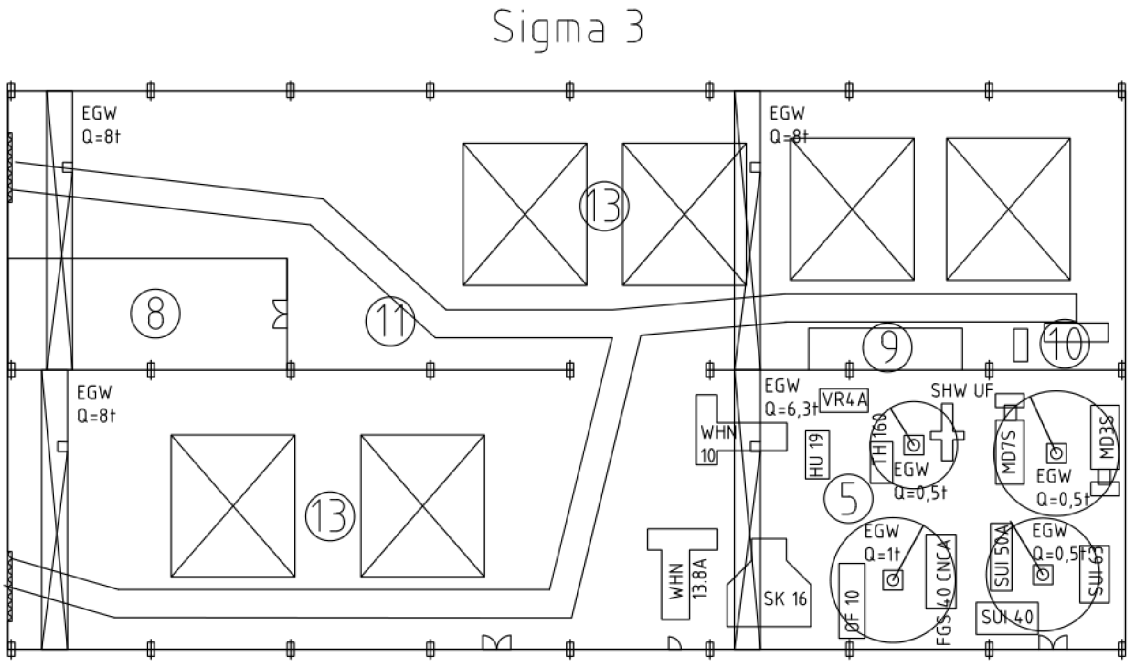


Obr. 3-10 Legenda k půdorysným výkresům hal

7. **Kooperace (5)** – není ve své podstatě pracoviště, pouze označení místa kde probíhá nakládka a vykládka součástí, na kterých jsou prováděny operace v kooperaci.

Následující pracoviště se nacházejí v prostorách haly Sigma 3.

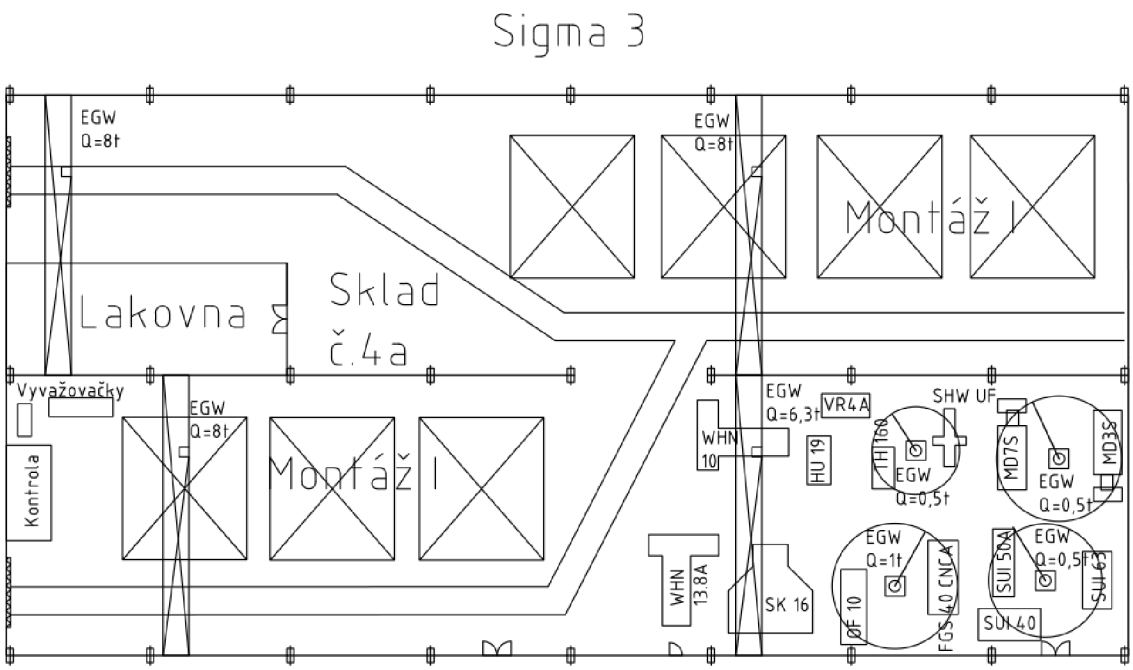
8. **Obrobna (4)** – manipulaci obstarávají čtyři sloupové jeřáby EGW o nosnostech 500 kg nebo 1 000 kg a mostový jeřáb EGW o nosnosti 6,3 tuny. Strojové vybavení je popsáno v Tabulka 3-5.
9. **Lakovna (8)** – standardní pracoviště, kvůli velkému množství výparů oddělené od okolních pracovišť stěnou. Velmi intenzivně odvětráváno. Současná pozice vyhovuje výsledkům trojúhelníkového hodnocení vztahů – nenachází se v blízkosti žádného pracoviště, které by mohlo negativně ovlivňovat výsledky práce. Z hlediska intenzity materiálového toku se lakovna neúčastní žádného významnějšího vztahu. Umístění u vrat haly je příhodné, vzhledem k tomu, že lakovna bývá obvykle posledním pracovištěm, které provádí práci na součásti.
10. **Kontrola (9)** – běžné pracoviště, které není třeba nijak komentovat. Pouze umístění v zadní části haly je poněkud nepraktické vzhledem ke skutečnosti, že zvolené součásti, kterými se práce zabývá, přicházejí na pracoviště kontrola z pracovišť mimo halu Sigma 3 (kooperace, montáž – černá). Jedinou výjimku tvoří dvojce kontrola – vyvažování, u které by bylo vhodné blízkost zachovat.
11. **Vyvažování (10)** – obsluha zajištěna mostovým jeřábem EGW o nosnosti 8 tun. Pozice pracoviště není zvolena vhodně vzhledem k blízkosti obrobny, která může být zdroji vibrací (soustružení nesymetrických součástí, přerušovaný řez, proměnný záběr ostří). Vyvažování probíhá na strojích UA 1000 a ZE 300 TCN.



Obr. 3-11 Současné uspořádání haly Sigma III

12. **Sklad č.4a (11)** – odkladná plocha v prostoru před lakovnou pro hotové výrobky z lakovny nebo obrobny, pro které ještě není přichystána následující operace.
13. **Montáž I (13)** – manipulace zajištěna třemi mostovými jeřáby EGW o nosnosti 8 tun. Na montáži I probíhá montáž hotových součástí v konečný výrobek.

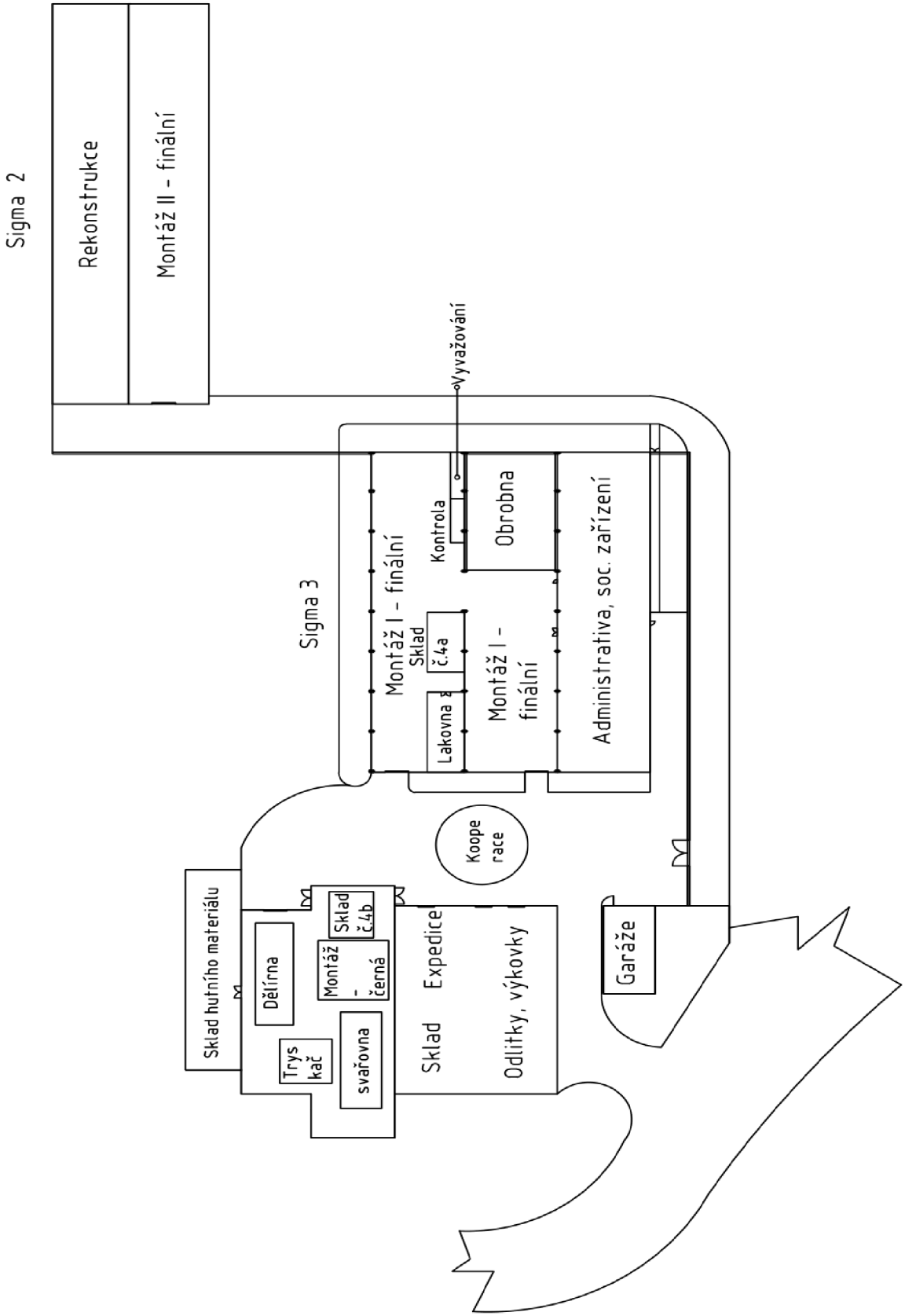
V hale Sigma 3 jsou seskupena pracoviště s podobnou mírou čistoty práce, nerušící se navzájem. Jedinou výjimku tvoří dvojce pracovišť obrobna – vyvažování, kterou by bylo, vzhledem k rušení, vhodné přesunout. Z hlediska materiálového toku by bylo vhodné zvolit umístění poblíž vrat. Jelikož prostor u horních vrat je již obsazen lakovnou, zbývají pouze vrata spodní. S vyvažovacími stroji je vhodné přesunout i stanoviště kontroly – rozšíří se cesta, popřípadě vznikne odkládací plocha. Po přesunutí obou pracovišť by mohla dispozice haly Sigma 3 vypadat následovně:



Obr. 3-13 Uspořádání haly Sigma 3 po přesunu pracovišť kontrola a vyvažování

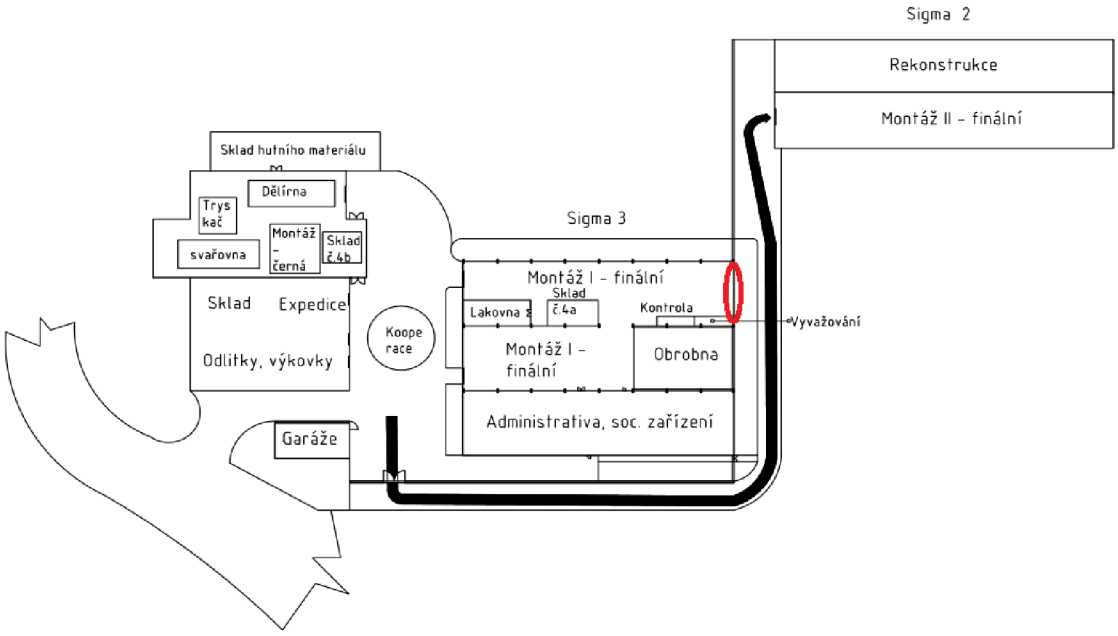
Naznačeným přesunem se rovněž uvolní prostor pro navržení nového vjezdu do haly Sigma 3, který je popsán níže.

14. **Montáž II (14)** – nachází se v prostorách haly Sigma II, která je určena pouze k montáži. Manipulaci na hale zajišťují dva mostové jeřáby ZDVIHMONT o nosnostech 12,5 tuny a 8 tun. V zadních prostorách haly nesmí být podlaha namáhána velkým zatížením, neboť se pod ní nachází jídelna. Z tohoto důvodu zde nesmí být umístěny těžké stroje a montují se zde pouze lehčí komponenty.



Obr. 3-15 Současná dispozice areálu AVL Moravia

3.4.2 Návrh nového vybudování vrat v severovýchodní stěně haly Sigma 3



Obr. 3-16 Vyznačení přístupové trasy do haly Sigma 2

Hala Sigma 2 byla pro potřeby podniku pronajata teprve před 4 lety jako důsledek nutného navýšení kapacity produkce. Její umístění je značně odlehlé od centra manipulace, za které se dá považovat stanoviště kooperace (viz Obr. 3-16). S rostoucí vzdáleností rostou manipulační časy a tím pádem náklady na manipulaci, potažmo náklady na výrobu.

Pro názornost, vzdálenost mezi halou Sigma 2 a pracovištěm kooperace je za současného stavu (jak znázorňuje Obr. 3-16) 328 metrů – měřeno ze středu kooperace na střed pracoviště montáž II. To je vzdálenost, kterou urazí manipulační prostředek pohybující se průměrnou rychlostí 10 km/h za 118 sekund, tedy téměř 2 minuty. Vzdálenost kooperace – montáž II není největší, při přepravě součásti z obrobny na montáž II je vzdálenost ještě větší. Zvláště manipulace mezi těmito dvěma pracovišti by se značně urychlila vybouráním otvoru v severovýchodní stěně (pozice označena červenou elipsou viz Obr. 3-16) a instalací rychloběžných vrat.

V následující tabulce jsou uvedeny vzdálenosti pracovišť (pouze těch, které jsou uvedeny jako poslední ve výrobně-technologickém postupu vybraných představitelů součástí s největší četností a skladů č.4) k montáži II s potencionálním využitím nových vrat a za současného stavu (bez vrat).

Z pracoviště	Vzdálenost při současném stavu [m]	Vzdálenost po instalaci nových vrat [m]	Rozdíl [m]
Obrobna	388	186	202
Lakovna	378	181	197
Montáž – černá	376	259	117
Kooperace	328	235	93
Sklad č.4a	387	168	219
Sklad č.4b	348	241	107

Tabulka 3-13 Zkrácení vzdáleností při použití nových vrat

Průměrně se vybudováním nových vrat zkrátí manipulační vzdálenost z vybraných pracovišť na montáž II o 156 metrů. K převozu součástí na montáž II se používá dieselových vysokozdvižných vozíků Still RX 70-35 a Still R 70-70 s maximální možnou rychlostí 21 km/h. Pro výpočet času bude uvažována stejná průměrná rychlost jak pro jízdu se zatížením, tak naprázdno, a to 14 km/h. Čas ušetřený na jednom převozu materiálu a návrat zpět bude:

$$t_m = \frac{2 * 156 * 3{,}6}{14} = 80\ s$$

Při pozorování bylo průměrně napočítáno 20 dodávek součástí na pracoviště montáž II, což po vynásobení ušetřeným časem dává možnou úsporu až 26,67 minut denně.

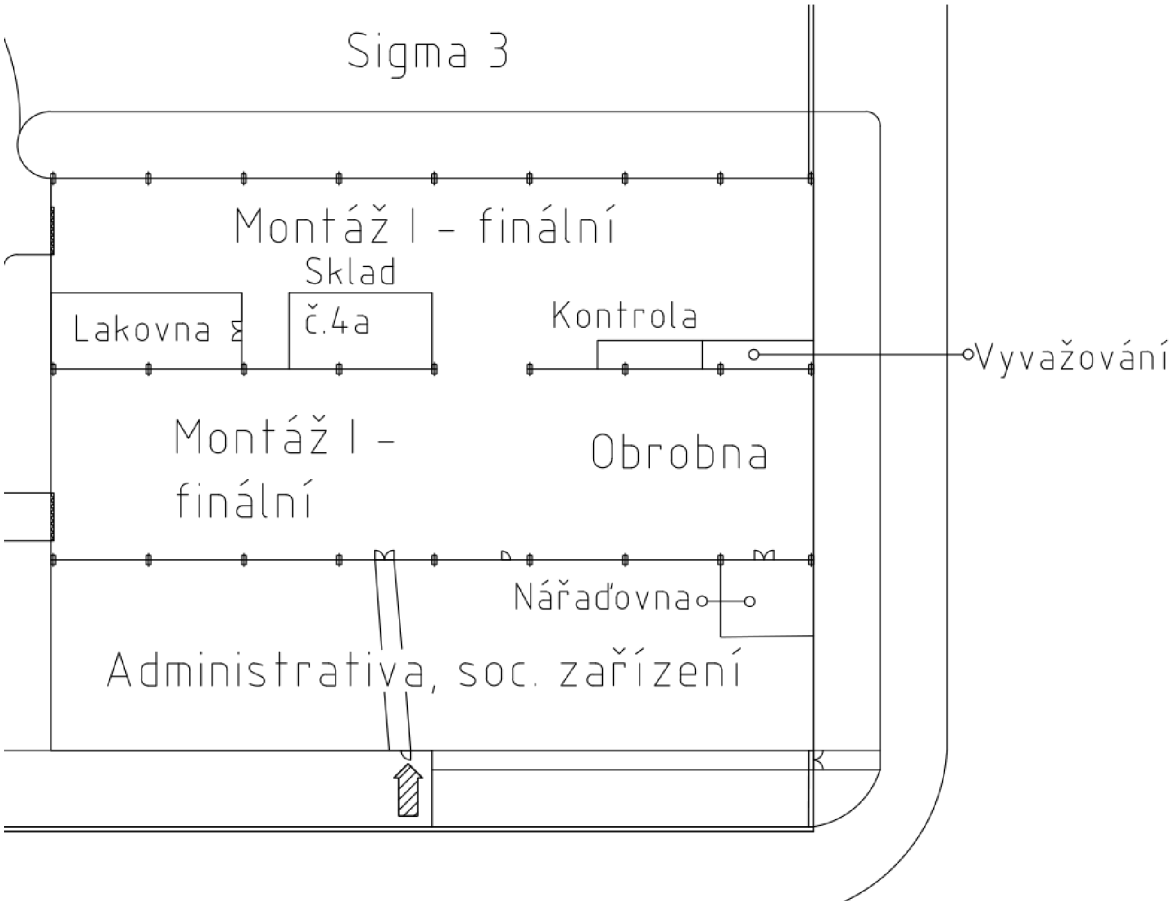
Úspora času při manipulaci s materiálem není jediným podmětem k vybudování nových vrat. Další čas by ušetřili dělníci na montáži II při cestě do nářaďovny, neboť méně často používané nástroje a přístroje (momentový klíč, přesná měřidla, příklepová vrtačka) nemají dělníci ve své standardní výbavě v osobním pracovním stole. Dle výpovědí dělníků musí každý z 15 montážníků pracujících na hale Sigma II minimálně jednou denně absolvovat cestu do nářaďovny. Pokud dělník použije průchod do haly Sigma III přes administrativní budovu, v současné době nejkratší trasu, urazí 276 metrů (trasa naznačena na Obr. 3-17). Kdyby využil navrhovaných vrat, trasa se zkrátí na 205 metrů, což je víc jak o čtvrtinu. Časová úspora by tak při průměrné rychlosti chůze 5 km/h byla:

$$t_w = \frac{2 * 71 * 3{,}6}{5} = 102\ s$$

Vynásobením ušetřeného času t_w počtem dělníků (15), se získá ušetřený čas za den 0,425 hodiny.

3.4.3 Navrhovaná vrata

Jako potencionální dodavatel vrat byla zvolena firma EFAFLEX – CZ s.r.o., která je v oblasti rychloběžných vrat skutečným odborníkem. Zvolená vrata typu SST® Premium (o rozměrech 5000 x 4000 mm) jsou svými vlastnostmi jedny z nejlepších ve své třídě, což se také projeví na ceně. Pro potřeby výroby by jistě postačovaly vrata nižších tříd, ale na druhou stranu je zde jistota, že zvolená vrata nebudou brzdou dalšího rozvoje podniku.



Obr. 3-17 Nářaďovna a vchod přes administrativní budovu

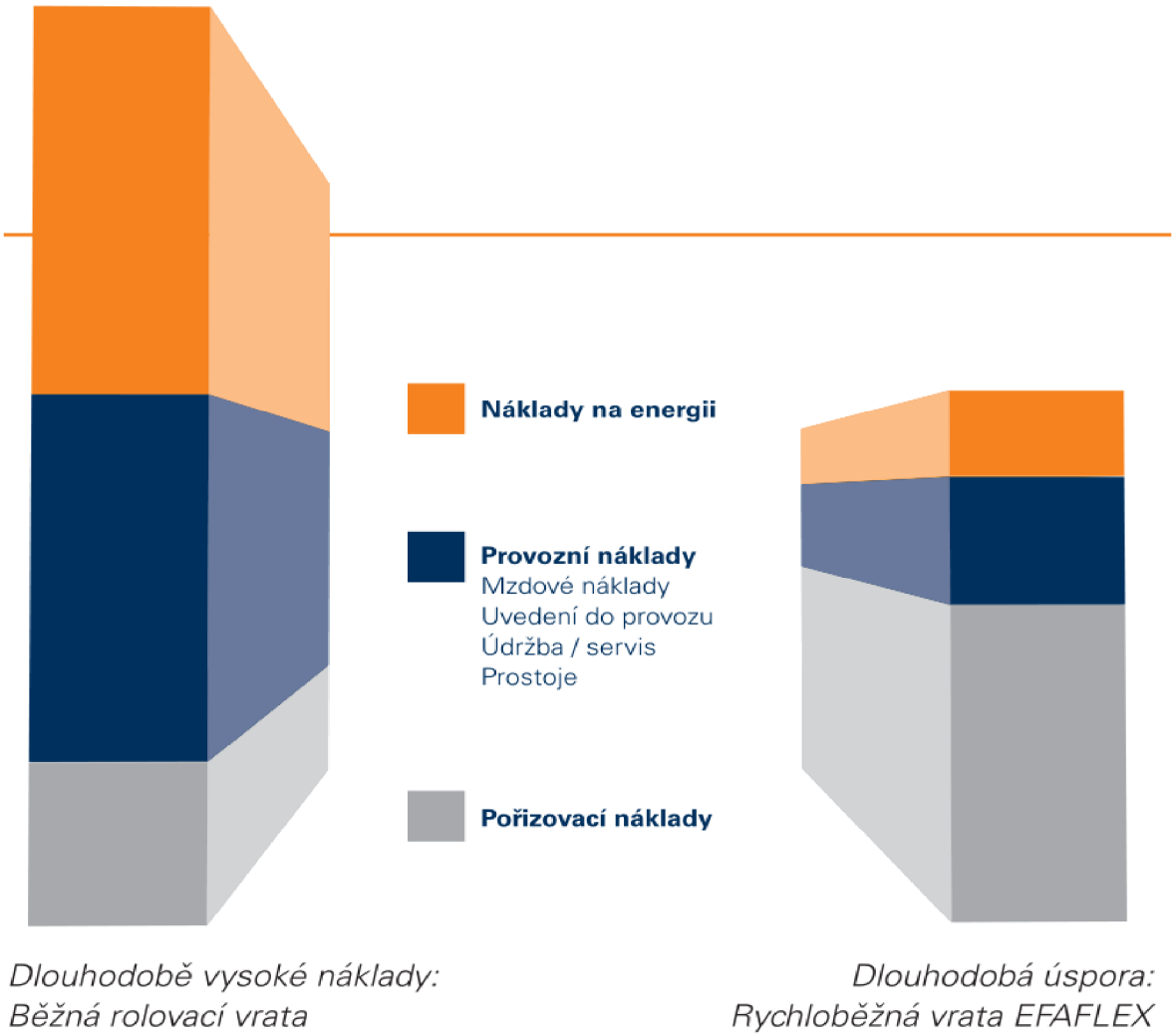
3.4.4 Popis vrat EFA-SST® PREMIUM

Jsou koncipována pro trvalé průmyslové používání s garancí 250.000 pracovních cyklů mezi servisními intervaly.

Rychlost otevírání	2 m/s
Rychlost zavírání	1 m/s
Max. zatížení větrem	27 – 41 m/s
Součinitel prostupu tepla U	1,52 W/m^{2}K
Uchycení listu vrat	Kruhová spirála
Pohon	Elektromotor s frekvenčním měničem
Přívod	Připojení k síti 230V/50Hz
Bezpečnostní zařízení	EFA-TLG® světelná mříž v rovině zavírání vrat

Tabulka 3-14 Základní technické údaje navrhovaných vrat

Orientační cena vrat i s montáží je dle Ing. Evy Pivokonské z oddělení prodeje EFAFLEX – CZ s.r.o. 460.000 Kč. Tato cena je oproti konkurenci vysoká, ale výrobce garantuje budoucí úspory v podobě nízkých nákladů na energie a provoz vrat (viz Obr. 3-18).



Obr. 3-18 Porovnání nákladů na pořízení a provoz vrat EFAFLEX s konkurencí [9]

3.4.5 Vybudování otvoru pro vrata v severovýchodní stěně haly Sigma 3

Délka stěny mezi krajním a prostředním pilířem je 19 metrů. Do výšky 3 metrů je stěna vyzděná z cihel, výše jsou ocelové rámy s drátěným sklem. Střešní konstrukce je nesena pilíři, takže vybourání otvoru ve stěně nevede k narušení stavby.

Dále je nezbytné spojit halu v místě vybudovaných nových vrat s nejbližší dopravní cestou, tzn. nahradit travnatou plochu mezi halou a cestou. Za materiál je zvolen asfalt, neboť tento druh vozovky pokrývá veškeré venkovní dopravní prostory areálu podniku. Pro přibližnou kalkulaci nákladů na vybudování této plochy poslouží ceník firmy ASFALT Jiří Pergl [10].

Ruční pokládka živičných ploch	299 – 400 Kč/m^2
Pracovní náklady na zpracovanou tunu živice	2.750 Kč/t

Tabulka 3-15 Ceny firmy Asfalt

Šířka vjezdu bude stejná jako šířka vrat, tedy 5 metrů. Délka vjezdu odpovídá šířce travnaté plochy, která činí 7 metrů. Celková plocha, kterou je nutno vyasfaltovat, činí 35 m^2. Při průměrné tloušťce vozovky 50 mm, bude celková spotřeba živice:

$$V = 5 * 7 * 0{,}05 = 1{,}75\ m^3$$

Hustota živice je udávána v rozmezí 1 100 – 1 200 kg/m^3 [7], pak potřebná hmotnost živice bude:

$$m = 1{,}75 * 1\ 150 = 2\ 0125\ kg$$

Náklady na zpracovanou tunu živice:

$$N_{ž} = 2{,}015 * 2\ 750 = \ 5\ 535\ K\check{c}/\mathrm{t}$$

Náklady na pokládku:

$$N_p = 35 * 350 = 12\ 250\ K\check{c}$$

3.4.6 Doba návratnosti investice do nových vrat

Náklady na pořízení:	460.000 Kč	- nákup vrat
	5.535 Kč	- náklady na zpracování živice
	12.250 Kč	- náklady na pokládku

Celkové náklady na pořízení činí **477.785 Kč**

Očekávané úspory:

- Úspory na mzdách manipulačních dělníků: pokud se uvažuje průměrná hrubá hodinová mzda manipulačního dělníka 103 Kč, pak za celkový čas ušetřený za jeden den t_{mc} = 26,67 minuty se uspoří:
$$U_m = \frac{103\ * 26{,}67}{60} = 45{,}78\ K\check{c}$$
- Úspory na pohonných hmotách vysokozdvižných vozíků: dle údajů výrobce, dieselový vysokozdvižný vozí Still RX 70-35 za hodinu spotřebuje 3 litry nafty. Při současné průměrné cenně nafty v ČR 35,57 Kč [8] – bez DPH 29,64 Kč se na naftě ušetří:
$$U_n = \frac{26{,}67\ * 29{,}64}{60} = 13{,}17\ K\check{c}$$
- Úspory na mzdách montážních dělníků: hrubá hodinová mzda montážního dělníka je 130 Kč. Při uspořením čase t_{wc} = 0,425 hodiny/den se za jeden den ušetří:
$$U_w = 130 * \ 0{,}425 = 55{,}25\ K\check{c}$$

Předpokládané úspory na jeden den činí: $U = U_m + U_n + U_w = 114{,}2\ K\check{c}$

Ekonomická návratnost bude:

$$DN = \frac{477\,785}{114{,}2} = 4\,183{,}76\ dn\text{ů}$$

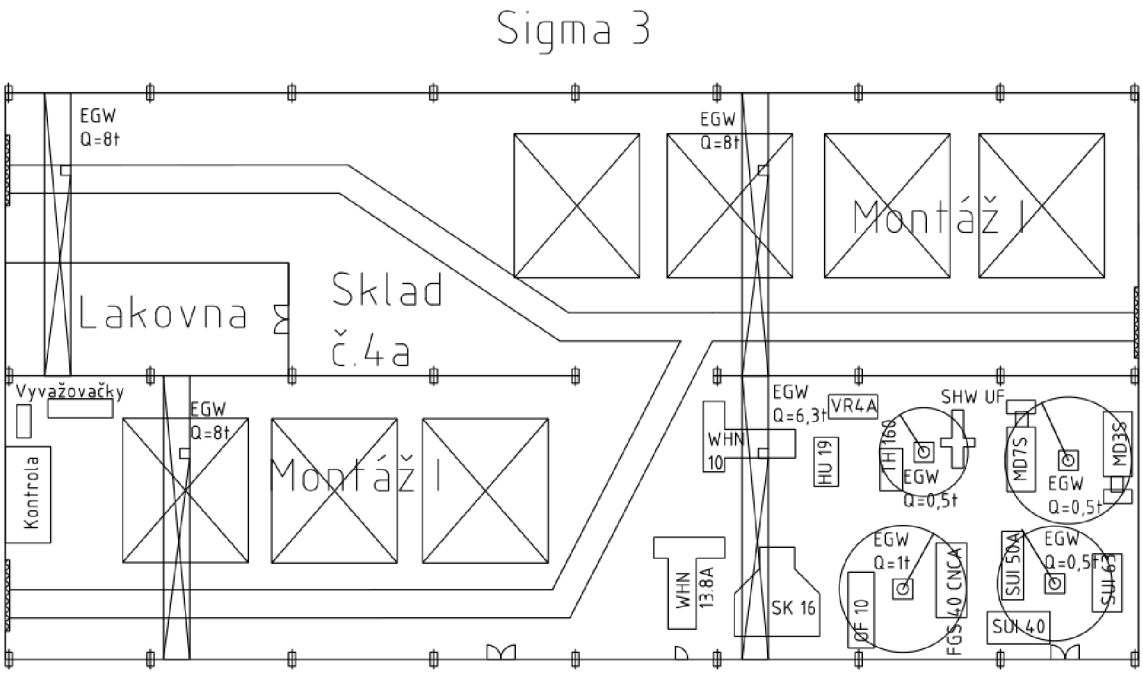
Pro přepočítání pracovních dnů na roky bude použit rok 2013, který má 252 pracovních dnů. Potom doba návratnosti v letech bude:

$$DN = \frac{4\,183{,}76}{252} = 16{,}6\ let$$

Doba návratnosti 16,6 let je nesmírně dlouhá a mohla by na první pohled odrazovat. Musí se ovšem vzít v potaz, že byly vybrány jedny z nejlepších, tím pádem i nejdražších, vrat na trhu.

Doba návratnosti je počítána pouze z přímých nákladů. Pokud by se do kalkulace započítaly i náklady na pořízení provoz a údržbu vozíků, doba návratnosti by poklesla.

Pokud by se doba návratnosti této jednorázové investice počítala z ročního zisku podniku, byla by jistě pouze zlomkem vypočítaných 16 ti roků. Takové informace jsou bohužel interní záležitostí podniku a nebyla ke kalkulaci k dispozici.



Obr. 3-19 Uspořádání haly Sigma 3 po vybudování nových vrat

Dalším důležitým faktem je, že nová vrata byla navrhována s cílem využít manipulačních rezerv podniku.

Z jiného pohledu je vybudování nových vrat jistým usnadněním práce manipulačních a montážních dělníků. Dovolím si zde odcitovat výpověď jednoho z montážníků: „Domů z práce nepřicházím ani tak unaven, jako nachozen.“

4 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo racionalizovat manipulaci s materiálem a uspořádání pracovišť ve strojírenském podniku AVL Moravia. Hlavním podkladem pro analýzu materiálového toku byly výrobně-technologické postupy nejobtížněji manipulovatelných součástí. Vzhledem k tomu, že podnik AVL Moravia se zabývá výrobou testovacích stolic dopravních prostředků, tedy výrobou kusovou, musel být ve studii brán ohled i na jiné faktory ovlivňující chod výroby.

Z analýzy stávajícího stavu manipulace nebyly zjištěny žádné zásadní nedostatky, neboť k meziobjektové manipulaci podnik využívá vysokozdvižných vozíků. Při vnitroobjektové manipulaci pro přemisťování lehčích součástí se používá ručních nebo elektrických paletových vozíků, pro přemisťování těžších dílu se využívají mostové nebo sloupové jeřáby. Využití palet a vozíků je pro svou univerzálnost nejvhodnější vzhledem k různorodosti kusové výroby.

Pro analýzu rozmístění pracovišť bylo použito metody trojúhelníkového hodnocení vztahů, která vyústila v návrh přemístění dvou pracovišť v rámci jedné haly. Tímto přesunem se zároveň vytvořil prostor pro navržení nových vrat. Vybudováním těchto vrat by se zmenšili dopravní vzdálenosti mezi všemi pracovišti a finální montáží.

Doba návratnosti investice do nových vrat byla spočítána pouze z úspor provozních nákladů, a proto nevyšla příznivě. Pokud by ke kalkulaci byly k dispozici údaje o ročním zisku společnosti a vypočítalo se, za jak dlouho podnik vydělá na jednorázovou investici do nových vrat, vyšla by doba návratnosti diametrálně odlišně. Bohužel takovéto informace jsou velmi citlivé a z tohoto důvodu nebyly informace poskytnuty.

5 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

[1] 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.

[2] ČUJAN, Z. *Výrobní a obchodní logistika*. 1. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, 2010. 71 s. ISBN 978-80-7318-906-8.

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

[4] *Optimalizace zásobovacích cest*: 20.-21.11.1984. Ostrava: Dům techniky ČSVTS, 1984, 83 s.

[5] ŠULC, Jiří. *Základy optimalizace nákladů a času*: programová učebnice. Praha: Institut pro výchovu vedoucích pracovníků chemického průmyslu, 1969, 228 s.

[6] CENEK, Petr, Valent KLIMA a Jaroslav JANÁČEK. *Optimalizace dopravních a spojových procesů*. 1. vyd. Žilina: Vysoká škola dopravy a spojov, 1994, vi, 343 s.

[7] Asfalt. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Asfalt

[8] Vývoj ceny benzínu a ceny nafty. *Peníze.cz* [online]. © 2000 - 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.penize.cz/interaktivni-grafiky/97013-vyvoj-ceny-benzinu-a-ceny-nafty

[9] *Efaflex: rychlá a bezpečná vrata* [online]. © 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.efaflex.com/cz/rychla-a-bezpecna-vrata.html

[10] Asfalt: ceník. *Asfalt* [online]. © 1995-2008 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.asfalt.cz/cenik

[11] Paretova (ABC) analýza. *BusinessVize.cz* [online]. © 2010-2011 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: http://www.businessvize.cz/rizeni-a-optimalizace/paretova-abc-analyza-mocny-nastroj-v-logistice-marketingu-i-obchodu

6 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 0-1 Logo společnosti AVL 9

Obr. 1-1 Kusová výroba 11

Obr. 1-2 Hromadná výroba 11

Obr. 1-3 Distribuční křivka intenzity materiálového toku 13

Obr. 1-4 Sankeyův diagram 15

Obr. 1-5 Umístění pracovišť s nejintenzivnější vazbou 17

Obr. 1-6 Možné pozice dalších pracovišť 17

Obr. 1-7 Varianta finálního rozmístění 18

Obr. 1-8 Přizpůsobení rozmístění pracovišť podniku 18

Obr. 1-9 Postup grafického znázornění trojúhelníkového hodnocení vztahů 24

Obr. 2-1 Sankeyův diagram pro AVL 32

Obr. 3-1 Rozložení pracovišť podle trojúhelníkové metody 35

Obr. 3-2 Grafické znázornění postupu umístění pracovišť 4, 5 a 6 37

Obr. 3-3 Grafické znázornění postupu umístění pracovišť 7, 3 a 11 38

Obr. 3-4 Grafické znázornění umístění pracovišť 8 a 9 39

Obr. 3-5 Grafické znázornění umístění pracovišť 1 a 2 40

Obr. 3-6 Grafické znázornění umístění pracovišť 13, 14 a 10 40

Obr. 3-7 Rozmístění pracovišť dle kruhové metody 41

Obr. 3-8 Grafické znázornění trojúhelníkového hodnocení vztahů 49

Obr. 3-9 Rozmístění pracovišť a manipulačních prostředků ve „špinavé“ výrobě 51

Obr. 3-10 Legenda k půdorysným výkresům hal 51

Obr. 3-11 Současné uspořádání haly Sigma III 52

Obr. 3-12 Uspořádání výroby a manipulačních prostředků na hale Sigma 3 53

Obr. 3-13 Uspořádání haly Sigma 3 po přesunu pracovišť kontrola a vyvažování 53

Obr. 3-14 Současné schematické rozmístění pracovišť 54

Obr. 3-15 Současná dispozice areálu AVL Moravia 54

Obr. 3-16 Vyznačení přístupové trasy do haly Sigma 2 55

Obr. 3-17 Nářaďovna a vchod přes administrativní budovu 57

Obr. 3-18 Porovnání nákladů na pořízení a provoz vrat EFAFLEX s konkurencí [9] 58

Obr. 3-19 Uspořádání haly Sigma 3 po vybudování nových vrat 60

7 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-1 Šachovnicová tabulka 17

Tabulka 1-2 Trojúhelníková tabulka vztahů 21

Tabulka 1-3 Hodnocené vztahy a koeficienty významu 21

Tabulka 1-4 Stupnice hodnocení důležitosti vztahů 22

Tabulka 1-5 Zápis důvodů pro udělení jednotlivých stupňů 23

Tabulka 1-6 Grafické značení vztahů 23

Tabulka 2-1 Představitelé manipulovaných součástí 27

Tabulka 2-2 Představitelé manipulovaných součástí v kg za rok 27

Tabulka 2-3 Šachovnicová tabulka pracovišť-část 1. 28

Tabulka 2-4 Šachovnicová tabulka pracovišť-část 2. 29

Tabulka 2-5 Vztahy mezi jednotlivými pracovišti 30

Tabulka 2-6 Celkové sumy materiálu na vstupu a výstupu pracovišť 30

Tabulka 3-1 Pracoviště a k nim přiřazená čísla 33

Tabulka 3-2 Materiálové toky mezi pracovišti 34

Tabulka 3-3 Vzájemné vztahy pracovišť vzhledem ke kruhové metodě 36

Tabulka 3-4 Vzájemné vztahy pracovišť upravené pro grafické vyjádření 36

Tabulka 3-5 Seznam vybraných strojů na obrobně 43

Tabulka 3-6 Kritéria hodnocení a jejich váhy 44

Tabulka 3-7 Důvody hodnocení 44

Tabulka 3-8 Trojúhelníkové hodnocení vztahů 45

Tabulka 3-9 Formulář hodnocení vztahů-1. část 46

Tabulka 3-10 Formulář hodnocení vztahů-2. část 47

Tabulka 3-11 Formulář hodnocení vztahů-3. část 48

Tabulka 3-12 Rozdělení vztahů do kategorií 49

Tabulka 3-13 Zkrácení vzdáleností při použití nových vrat 56

Tabulka 3-14 Základní technické údaje navrhovaných vrat 57

Tabulka 3-15 Ceny firmy Asfalt 58

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

Zkratka	Veličina	Popis
m	(kg)	hmotnost
n_v	(Kč/ks)	variabilní náklady
t_m	(s)	úspora času manipulace
t_{mc}	(min)	úspora času manipulačního dělníka za den
t_w	(s)	úspora času montážního dělníka za den
x	(měna)	bohatství
A	(-)	konstanta
DN	(den)	doba návratnosti
G_i	(kg, t)	hmotnost přepravovaného materiálu
L_i	(m)	přepravní vzdálenost
M	(-)	konstanta
N	(-)	počet obyvatel dané země
N_C	(Kč)	celkové náklady
N_F	(Kč)	fixní náklady
N_p	(Kč)	náklady na pokládku
$N_ž$	(Kč/t)	náklady na zpracování živice
Q	(ks, kg)	množství
U	(Kč)	celkové předpokládané úspory za den
U_m	(Kč)	úspory mezd manipulačních dělníků
U_n	(Kč)	úspory pohonných hmot
U_w	(Kč)	úspory mezd montážních dělníků
V	(m^3)	objem