



KAPACITNÍ ŘEŠENÍ TECHNOLOGIÍ A JEJICH PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ V PRŮMYSLOVÉM PODNIKU STOČ 2012

Bc. Vladimír Kostelný,
Západočeská univerzita v Plzni,
Univerzitní 8, 306 14 Plzeň
Česká republika

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá analýzou materiálových toků ve výrobě elektromotorů a dalších elektrických komponent pro pohony kolejových a nekolejových vozidel. Na základě této analýzy jsou vytipovány problémové materiálové toky, které jsou na velkou vzdálenost a s velkým objemem přeprav. Tyto toky je potřeba prověřit a navrhnout přemístění strojů, která povedou ke snížení materiálových toků. Dále se práce zabývá využitím kapacit strojů a pracovníků jednotlivých středisek. Na základě výpočtů je okomentován současný stav a navržena opatření, která vedou k pokrytí plánovaného nárůstu objemu výroby v následujících letech, zejména v roce 2012.

KLÍČOVÁ SLOVA

Kapacitní vytížení výroby, efektivní časový fond, layout, materiálový tok, I-D diagram

ÚVOD

V dnešní době je pro podniky důležité, aby produkovaly kvalitní výrobky podle přání zákazníků, v požadované kvalitě a za přijatelnou cenu. V rámci konkurenceschopnosti, je důležitá snaha snižovat náklady, nebo alespoň se snažit je udržet na stejné úrovni. S výrobou souvisí potřeba přepravovat materiál mezi skladem, jednotlivými pracovišti a exportem. Snahou podniku je mít materiálové toky, jak se tyto přepravy nazývají, na nízké úrovni, to znamená, bez zbytečných přeprav, manipulací apod. Tento příspěvek se zabývá analýzou materiálových toků ve výrobě elektromotorů a dalších součástí pohonů pro kolejová a nekolejová vozidla. Na základě ID-diagramu je cílem určit problémové materiálové toky, které jsou na velkou vzdálenost mezi pracovišti a s velkou intenzitou přepravy. U pracovišť, kterých se vytipované materiálové toky týkají, je zkoumána možnost přesunu pracovišť do výhodnějších pozic tak, aby se celkové materiálové toky zkrátily. Dále se příspěvek zabývá výpočty kapacitního vytížení strojů a pracovníků. Cílem je analýza současného stavu, tedy vytížení jednotlivých pracovišť a na základě výsledků stanovit doporučení, která zajistí pokrytí výroby v následujících letech 2012 - 2015, kdy je plánovaný nárůst ročního objemu výroby, zejména v roce 2012.

ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Popis podniku

Podnik se zabývá výrobou elektromotorů a dalších elektrických komponent pro pohony kolejových a nekolejových vozidel. Jedná se o sériovou výrobu, vyrábějící 13 druhů výrobků. Součástí výrobního programu jsou také opravy a repase 4 typů elektromotorů. Výrobní hala je uspořádána podle technologického uspořádání, kdy jsou jednotlivá pracoviště uspořádána podle druhů strojů, například brusky, karusely, montáž atd. Logistika ve výrobním závodě je realizována převážně mostovými jeřáby. Na některých pracovištích je k dispozici pro místní přesun sloupový jeřáb. Mezi jednotlivými částmi výroby je doprava realizována pomocí elektrických, nebo ručních kolejových vozíků. Elektrický kolejový vozík je také na hlavní uličce, propojující jednotlivé části výroby. Pouze na vstupu materiálu ze skladu do výroby a na exportu jsou použity vysokozdvizné vozíky. Materiál je přepravován pomocí manipulačních jednotek (palety, bedny a větší díly jsou přepravovány samostatně).

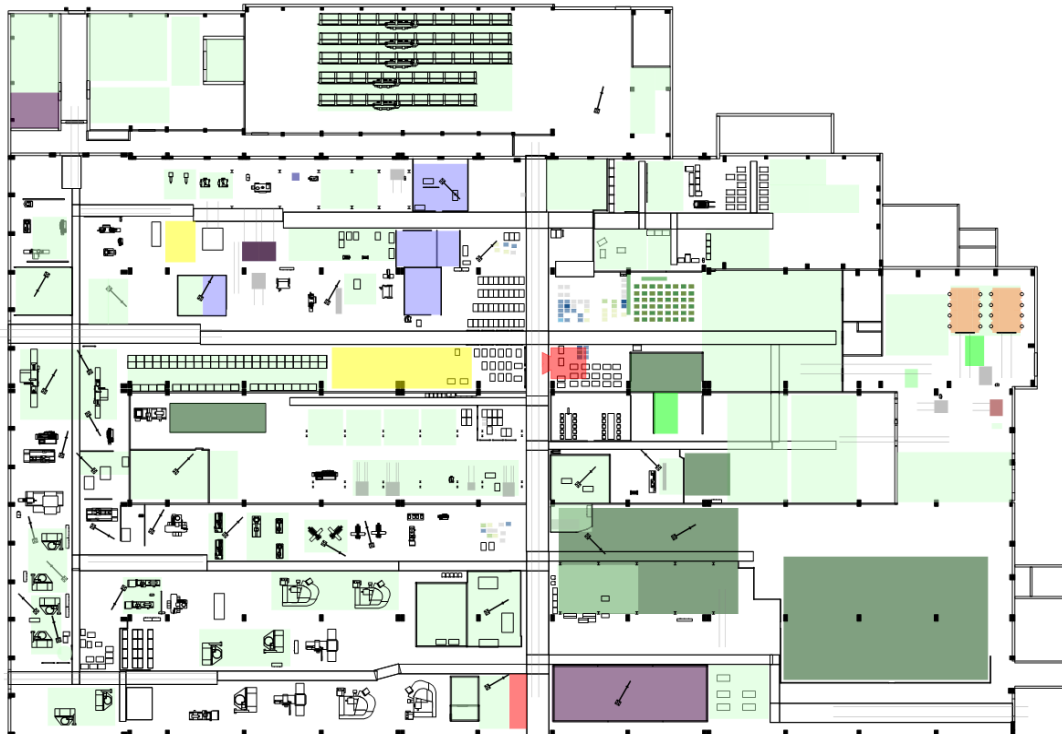
Tvorba layoutu

Před začátkem řešení kapacitních výpočtů bylo nutné seznámit se důkladně se zkoumaným výrobním systémem. Toto seznámení zahrnovalo pohovory s vedoucími výroby, technologie, atd. Na základě pohovorů byla vytvořena rámcová představa o chodu výroby a potenciálních problémech, na které by bylo dobré se při další analýze výrobního systému zaměřit. Poté bylo nutné zpracování současného layoutu výroby s přesným znázorněním jednotlivých strojů (pracovišť), skladovacích prostor a dalších prvků ve výrobě. Tvorba layoutu vycházela z dodané výkresové dokumentace. U dodaného výkresu byly ověřeny hlavní rozměry hal a šíře uliček, které byly totožné se skutečností.

Tvorba layoutu probíhala pomocí softwaru VisTable. Na základě všech podkladů byl vytvořen skutečný layout současného stavu, který byl následně použit pro další analyzování výrobního systému. Ukázka layoutu je zobrazena na následujících obrázcích (viz. Obrázek 1 a Obrázek 2). Na posledním obrázku je vidět porovnání 3D modelu se skutečností (viz. Obrázek 3).



Obrázek 1 3D pohled na výrobní halu (současný stav)



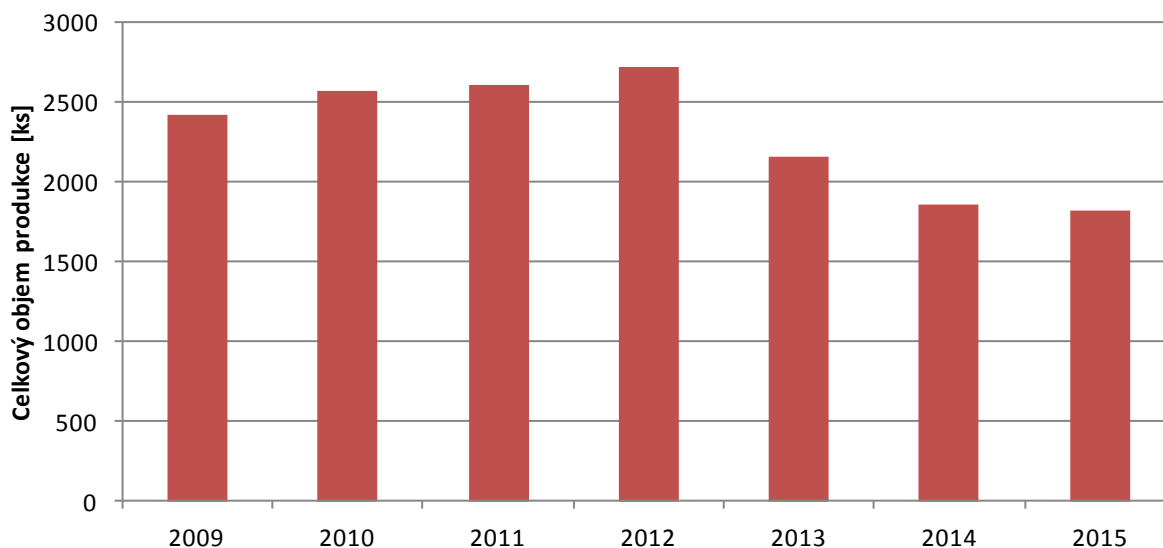
Obrázek 2 2D pohled na výrobní halu v programu VisTable (současný stav)



Obrázek 3 Porovnání reálného pohledu s virtuálním (současný stav)

Analýza výrobních dat

Při optimalizaci layoutu (např. snížení materiálových toků) a kapacitních propočtech je vhodné vycházet z budoucího plánu produkce. Návrh nového uspořádání by pak měl respektovat plán budoucího odbytu a také strukturu výrobního programu. Ve skutečnosti je však velice obtížné optimalizovat layout tak, aby byl vyhovující pro všechny typy výrobků. Z tohoto důvodu bylo na základě konzultací s pracovníky společnosti vybráno celkem 13 představitelů výrobků, kteří reflektují současnou výrobu a také určují vývojový trend do budoucna. Představitelé byli vybráni pracovníky společnosti na základě podobnosti a způsobu výroby jednotlivých výrobků. Na následujícím grafu (viz. Obrázek 4) je znázorněn celkový objem produkce v letech 2009 – 2015. Z grafu je vidět, že v dlouhodobém horizontu je nárůst objemu produkce, do budoucna je vidět mírný pokles celkového objemu výroby, který je způsoben tím, že v letech 2013 – 2015 ještě nejsou uzavřeny všechny kontrakty. Po uzavření kontraktů se objem produkce zvýší. Objemy jednotlivých výrobků v letech 2011 – 2015 jsou vidět v souhrnné tabulce (viz. Tabulka 1). Po uzavření kontraktů se celkový objem produkce v následujících letech může zvýšit a přiblížit k současnému objemu produkce. V této práci je dělána optimalizace pro roky 2011 a 2012, v tabulce zvýrazněné žlutě.



Obrázek 4 Celkový objem produkce v letech 2009 – 2015



Představitel	2011	2012	2013	2014	2015	2011	2012	2013	2014	2015
	dávka	dávka	dávka	dávka	dávka	objem	objem	objem	objem	objem
Výrobek A	11	11	7	5	5	54	92	30	40	60
Výrobek B	4	7	6	6	6	163	414,4	561,6	420	440
Výrobek C	12	6	6	6	6	402	62	40	20	20
Výrobek CM	8	8	4	0	0	321	248	28	0	0
Výrobek D	6	6	6	6	0	20	45	65	65	0
Výrobek E	7	10	10	10	10	79	75	57	60	70
Výrobek F	11	12	7	7	7	76	232	60	70	140
Výrobek G	10	5	5	5	5	414	142	135	148	172
Výrobek H	10	8	8	6	5	86	110	120	144	168
Výrobek HM	6	6	0	0	0	294	144	0	0	0
Výrobek I	11	12	5	5	5	54	57	20	40	50
Výrobek IM	4	4	0	0	0	96	96	0	0	0
Výrobek J	4	5	4	5	5	113	282,4	294	192	200
Výrobek JM	4	3	4	4	4	72	70	16	12	12
Výrobek K	4	4	0	4	4	20	6	0	30	30
Výrobek L	21	16	16	16	16	318	608	716	616	460
Výrobek M	1	1	1	1	1	12	12	12	12	12

Poznámky:

pouze demontáž a montáž

Tabulka 1 Plán výroby v letech 2011 – 2015

ANALÝZA MATERIÁLOVÝCH TOKŮ

Tato kapitola se zabývá zakreslením materiálových toků do výkresu a jejich následnou analýzou, která se snaží případnou změnou uspořádání výroby o jejich zkrácení. Veškeré zde popsané analýzy vycházejí především z analýzy technologických kusovníků a výrobních postupů, výkresu současného stavu uspořádání výroby a pozorování ve výrobním systému.

Zásady pro vhodné materiálové toky:

- přímé a nejkratší dopravní cesty bez zbytečného křížení a zbytečných pohybů
- vyloučení zbytečných manipulací
- rytmičnost, nepřetržitost a plynulost materiálových toků
- vytvoření vhodných pracovních podmínek [1]

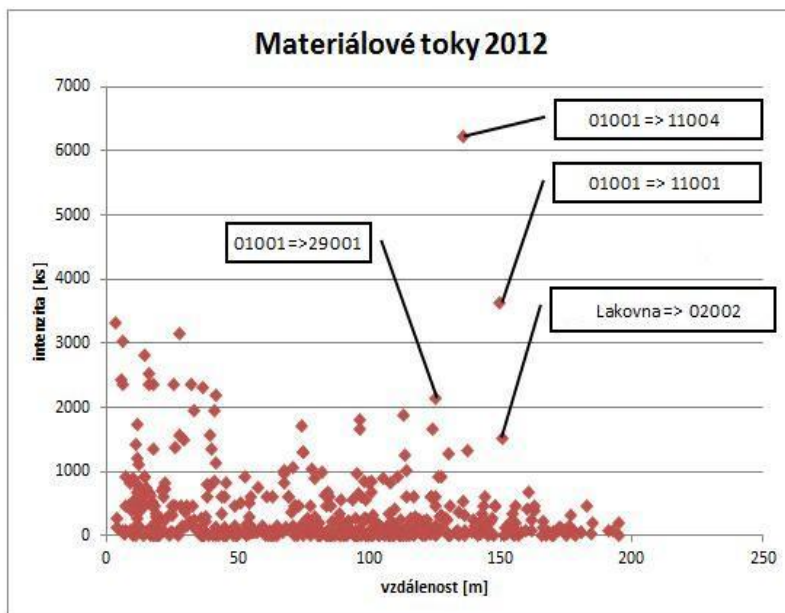
Jednotky objemu materiálového toku jsou nejčastěji uváděny v jednotkách, např. t . m – tunometry, vyjadřují přepravní výkon, kde základní jednotkou je hmotnost přepravované jednotky; ks . m, paleta . m. V této práci je používána jednotka mj . m – v podniku jsou používány různé druhy manipulačních jednotek, proto je používáno obecné označení manipulační jednotka [2]

Pro analýzu materiálových toků bylo nejprve zapotřebí identifikovat počátky a konce jednotlivých materiálových toků. K tomuto účelu byly využity již dříve zpracovaná data pracovních postupů. V tomto případě bylo nezbytné sledovat souběžné materiálové toky pro všechny vybrané představitele. Ve skutečnosti nastávají situace, kdy je pro stejný začátek a konec materiálového toku manipulováno s díly pro několik představitelů. Pak je třeba hodnoty jednotlivých toků sloučit. Materiálový tok je definován intenzitou. Pro hodnocení intenzity jednotlivých materiálových toků jsem vycházel z předpokládaného objemu produkce v následujících letech, z množství daného dílu v celkové sestavě a z velikosti přepravované dávky. Dále byly do souhrnné tabulky pro analýzu materiálových toků, zaznamenávány následující informace: výchozí pracoviště, koncové pracoviště, druh manipulace – použity následující druhy (VZV – manipulace vysokozdvíhým vozíkem, paletovým ručním vozíkem, atd., Koleje – manipulace pomocí jeřábu a kolejových vozíků, Jeřáb – manipulace pouze portálovým jeřábem), označení představitele, druh manipulační jednotky – použity následující druhy (B-bedna, D-dávka, R-přípravek na rotory, SA-sada, SM-samostatně), počet kusů v sestavě, manipulační vzdálenost [m].



Pro vyhodnocení materiálových toků je nejvhodnější grafické znázornění pomocí I-D diagramu.

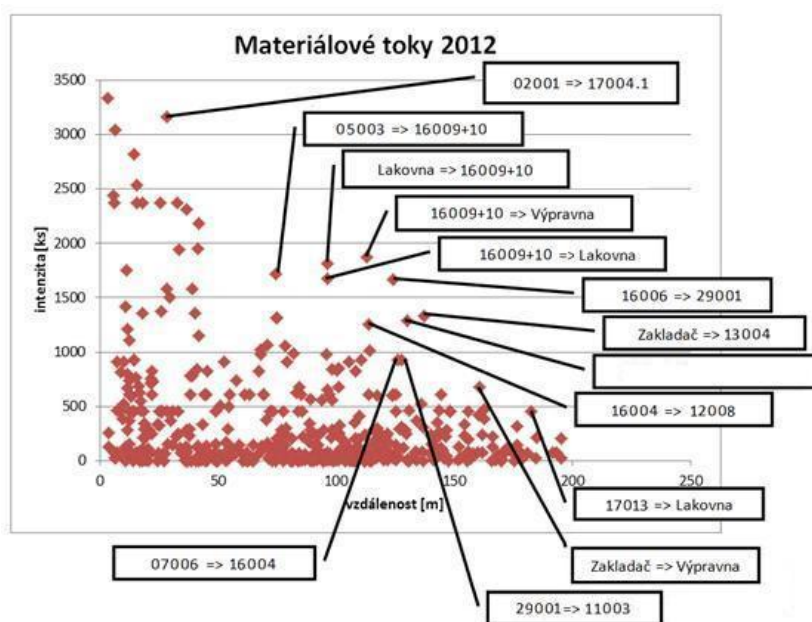
Na následujícím I-D diagramu (viz. Obrázek 5) jsou znázorněny všechny materiálové toky představitelů ve výrobě v roce 2012. Vyznačeny jsou materiálové toky, které jsou daleko od ideálního tvaru křivky (Vysoká intenzita + vysoká vzdálenost). Tyto materiálové toky mají největší potenciál na úsporu manipulace.



Obrázek 5 2I-D diagram 2012 s vyfiltrovanými nejvzdálenějšími toky

Na základě vyhodnocení I-D diagramu byly nalezeny následující materiálové toky: 01001 => 11004, 01001 => 11001, 01001 => 29001 a Lakovna => 02002

Pro další optimalizaci bylo nutné tyto již identifikované toky vyselektovat, aby nedocházelo ke zkreslování I-D diagramu. Výsledkem je pak diagram na následujícím obrázku (viz. Obrázek 6).



Obrázek 6 1 I-D diagram materiálových toků pro rok 2012



Po selekci již identifikovaných toků byly v I-D diagramu nalezeny následující materiálové toky:

02001 => 17004.1, 05003 => 16009+10, Lakovna => 16009+10, 16009+10 => Výpravna, 16009+10 => Lakovna, 16006 => 29001, Zakladač => 13004, 16004 => 12008, 17013 => Lakovna, 29001 => 11003, 07006 => 16004

Shrnutí: Po analýze materiálových toků mezi pracovišti bylo zjištěno, že vyjmenovaná pracoviště, kterých se potencionálně změna týká, není možno z technologických, případně jiných důvodů přesunout. V jednotlivých letech se mění objemy produkce jednotlivých představitelů a tím se mění také materiálové toky, proto doporučuji rozmístění výroby zanechat v současném rozmístění. Návratnost případných změn by byla příliš dlouhá a vzhledem k měnícím se objemům jednotlivých představitelů v jednotlivých letech by nepřinesla požadovaný efekt.

KAPACITNÍ VYTÍŽENÍ VÝROBY

Cílem této kapitoly je určit kapacitní vytížení jednotlivých středisek (strojů) a pracovníků. Při hodnocení kapacity vytížení strojů a pracovníků se vycházelo z celkového ročního efektivního pracovního fondu stroje (střediska), nebo pracovníka a z konkrétního vytížení strojů (střediska) a pracovníků dle času připadajícího na jednotlivé operace (viz Tabulka 2). Hodnoty byly zjištěny z technologických postupů.

Středisko	Stroj	Čas nastavení	Čas výroby	Čas obsluhy výroby	Kusů	Představitel	2011				
							Objem	Dávka	Čas nastavení	Čas výroby	Čas obsluhy vyr.
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	96	Výrobek F	76	11	0	656,64	656,64
Středisko 01	01001	0	0,18	0,18	48	Výrobek F	76	11	0	656,64	656,64
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	96	Výrobek F	76	11	0	656,64	656,64
Středisko 01	01001	0	0,27	0,27	1	Výrobek F	76	11	0	20,52	20,52
Středisko 01	01001	0	0,18	0,18	1	Výrobek F	76	11	0	13,68	13,68
Středisko 01	01001	0	0,198	0,2	1	Výrobek B	163	4	0	32,274	32,6
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	1	Výrobek B	163	4	0	14,67	14,67
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	1	Výrobek B	163	4	0	14,67	14,67
Středisko 01	01001	0	0,18	0,18	1	Výrobek B	163	4	0	29,34	29,34
Středisko 01	01001	0	0,198	0,2	1	Výrobek B	163	4	0	32,274	32,6
Středisko 01	01001	0	1,44	1,44	1	Výrobek B	163	4	0	234,72	234,72
Středisko 01	01001	0	0,18	0,18	48	Výrobek E	79	7	0	682,56	682,56
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	144	Výrobek E	79	7	0	1023,84	1023,84
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	48	Výrobek E	79	7	0	341,28	341,28
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	8	Výrobek G	414	10	0	298,08	298,08
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	54	Výrobek G	414	10	0	2012,04	2012,04
Středisko 01	01001	0	0,18	0,18	54	Výrobek G	414	10	0	4024,08	4024,08
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	108	Výrobek G	414	10	0	4024,08	4024,08
Středisko 01	01001	0	0,09	0,09	54	Výrobek G	414	10	0	2012,04	2012,04
Středisko 01	01001	0	0,18	0,18	18	Výrobek G	414	10	0	1341,36	1341,36

Tabulka 2 Ukázka tabulky pro výpočet kapacity pracovišť

Pro výpočet pracovních fondů byly využity standardně používané hodnoty (počet pracovních dnů, atd. – viz Tabulka 3) a data poskytnutá firmou:

- Nemocnost a návštěvy u lékaře pro jednotlivá střediska.
- Vytížení strojů – efektivní časy.

počet pracovních dnů v roce 2011	253 dní
dovolená zaměstnance v roce 2011	25 dní
pracovní doba	7,5 hodiny
celozávodní dovolená	14 dní

Tabulka 3 Počet pracovních dnů pro výpočet

Celá problematika byla hodnocena ve dvou částech a to vytížení pracovníků a vytížení strojů (středisek).

Vyhodnocená střediska jsou seřazena vzestupně podle jejich označení. Výsledky jsou zobrazeny přehledně v tabulkách a obsahují komentář s doporučením změn na pracovištích. Výpočtem vyšly jako problémová následující střediska:

- Středisko 29 – Karusel
- Středisko 26 – Horizontka
- Středisko 05 – Brusky
- Středisko 07 – Frézky, vrtačky
- Středisko 13 – Čištění, povrchové



- Středisko 17 – Skládání
- Středisko 19 – Karusel
- Středisko 21 – Karusel

Na tato střediska je potřeba dbát zvýšenou pozornost.

Hodnoty vytížení vždy vycházejí ze současného stavu a jsou barevně rozděleny do tří kategorií:

- Vytížení více než 150% (červená barva), toto středisko je potřeba výrazně posílit.
- Vytížení 50 – 150% (zelená barva), lze pokrýt se současnými zdroji.
- Vytížení méně než 50% (modrá barva), velmi nízké vytížení.

* Vytížení 100% = 1 směna

Ukázka vyhodnocení pracovišť - Středisko 05 - Brusky

Středisko 05 - Brusky		
Nemocnost [dny]	Úplaty [hod]	
21	109	
Stroj	Efektivní čas/stroj/směna	Počet pracovních dnů
05001	7,17	239
05002	7,17	239
05003	7,17	239

Tabulka 4 Vstupní data pro středisko 05

Středisko	Současný počet pracovníků	Vytížení pracovníků					Vypočítané maximální množství pracovníků na středisko	
		2011	2012	2013	2014	2015		Max
Středisko 05	2	128,16%	196,76%	200,04%	173,06%	194,92%	200,04%	5

Tabulka 5 Vytížení pracovníků na středisku 05

Středisko	Stroj	Současný stav			Využití strojů/pracovišť						Navrhované změny		
		Počet strojů	Počet směn	Počet pracovníků	2011	2012	2013	2014	2015	Max	Počet strojů	Počet směn	Počet pracovníků
Středisko 05	05003	1	1	1	161,49%	267,23%	256,08%	211,14%	243,17%	267,23%	1	3	3
Středisko 05	05001	1	1	1	60,39%	81,65%	97,95%	87,42%	93,71%	97,95%	1	1	1
Středisko 05	05002	1	1	x	5,31%	1,59%	0,00%	7,97%	7,97%	7,97%	1	1	1

Tabulka 6 Vytížení strojů na středisku 05

Vyhodnocení: Výpočtem vyšlo, že je potřeba navýšení počtu pracovníků z 2 na 5. Doporučuji navýšení pouze na 4 pracovníky. Stroje 05-05001 a 05-05002 by nadále měly být obsluhovány 1 pracovníkem. Na stroji 05-05003 doporučuji navýšit počet pracovníků z 1 na 3 a zároveň navýšit směnnost z 1 na 3.

Pozn.: stroj 05002 je obsluhován jiným pracovníkem v rámci střediska, pro výpočet je používáno číslo 1.

Shrnutí: Cílem této části příspěvku bylo zjistit kapacitní vytížení jednotlivých středisek a strojů. Po analýze a vyhodnocení bylo zjištěno, že většinu překročení kapacit lze vyřešit navýšením počtu pracovníků a navýšením směnnosti. Významnější problémy s nedostatečnou kapacitou se vyskytly u střediska 20 – Karusel B a střediska 26 - Horizontka, kde je možnost převést část práce na podobný stroj – ze střediska 20 – Karusel B na středisko 21 – Karusel C a ze střediska 26 - Horizontka na středisko 25 CNC centra. Poté nebude nutné pořizovat z kapacitních důvodů další stroje. Celkový počet pracovníků se zvýší z 240 na 271 vlivem navýšení směnnosti.

ZÁVĚR A DOPORUČENÍ

Cílem tohoto příspěvku bylo analyzovat materiálové toky ve výrobě. Na základě této analýzy vyšlo doporučení ponechat rozmístění strojů v současné poloze. Dále bylo analyzováno kapacitní vytížení strojů a zaměstnanců. Na základě této analýzy byla stanovena doporučení ke změně počtu pracovníků a změně směnnosti u některých pracovišť tak, aby byl pokryt nárůst objemu výroby v následujících letech. Plánovaný nárůst objemu výroby podnik zvládne vyrobit bez nutnosti nákupu nových strojů.

LITERATURA

[1] Němec, J.: *Projektování manipulace s materiálem*. Plzeň: ZČU, 1998

[2] Šrajber, V.: *Racionalizace materiálových toků v podniku HP Pelzer Žatec k.s.*, ZČU – KPV, 2008