

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T007-0 Průmyslové inženýrství a management

Diplomová práce

Změna uspořádání výrobní jednotky ve vztahu k charakteru výroby

Autor: **Bc. Filip Rybníkár**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Jana KLEINOVÁ, CSc.**
Konzultant: **Ing. Konstantin NOVIKOV**

Akademický rok 2018/2019

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2018/2019

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Filip RYBNIKÁR**

Osobní číslo: **S17N0083P**

Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**

Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**

Název tématu: **Změna uspořádání výrobní jednotky ve vztahu k charakteru výroby**

Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Způsoby uspořádání výrobní jednotky
2. Analýza současného stavu uspořádání vybrané výrobní jednotky
3. Návrh změn uspořádání výrobní jednotky
4. Zhodnocení navrhovaných změn výrobní jednotky

Rozsah grafických prací: 0 výkresů

Rozsah kvalifikační práce: 50 - 70 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

1. LAMBERT, D. M., STOCK, R. J., ELLRAM, L. M. *Logistika*. 2. vydání. Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0
2. GUDEHUS, T., KOTZAB, H. *Comprehensive Logistic*. London: Springer, 2011. ISBN 978-3-540-30722-2
3. SYNEK, M. *Manažerská ekonomika*. 4. aktualizované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing a.s., 2007. ISBN 978-80-247-1992-4
4. MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesty k vyšší produktivitě*. Liberec: IPI, 1996.

Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Jana Kleinová, CSc.**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant diplomové práce: **Ing. Konstantin Novikov**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu


Datum zadání diplomové práce: **24. září 2018**
Termín odevzdání diplomové práce: **24. května 2019**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



L.S.



Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 24. září 2018

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci na téma:

Změna uspořádání výrobní jednotky ve vztahu k charakteru výroby

vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé diplomové práce paní Doc. Ing. Janě Kleinové, CSc. a konzultantovi Ing. Konstantinu Novikovovi za důležité podněty, rady a připomínky, které mi velmi pomohly a za vedení, vstřícný přístup a čas, jež mi věnovali. Velmi rád bych také poděkoval svým blízkým za poskytnutou podporu.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Rybníkář	Jméno Filip	
STUDIJNÍ OBOR	2301T007-0 Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Kleinová, CSc.	Jméno Jana	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Změna uspořádání výrobní jednotky ve vztahu k charakteru výroby		

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZDÁNÍ	2019
----------------	---------	----------------	-----	--------------------------	------

POČET STRÁNEK (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	66	TEXTOVÁ ČÁST	53	GRAFICKÁ ČÁST	13
---------------	----	---------------------	----	--------------------------	----

STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Diplomová práce je zaměřena na prostorové uspořádání výrobní jednotky. V úvodní části se zabývá osvojením si důležitých teoretických poznatků týkajících se výrobních systémů, prostorového uspořádání a samotného projektování výrobních jednotek, které jsou později využity v části praktické. Tato část se zabývá analýzou současného stavu, nalezení nedostatků na pracovišti a stanovení kritérií pro budoucí hodnocení. V další fázi jsou tvořeny varianty prostorového uspořádání, které jsou poté hodnoceny a vybrána nejvhodnější. Tato varianta je v závěru porovnána s původním prostorovým uspořádáním.
KLÍČOVÁ SLOVA	Výrobní systém, výrobní jednotka, prostorové uspořádání výroby, projektování výrobních jednotek, analýza, layout, materiálový tok, multikriteriální hodnocení, porovnání

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Rybníkář	Name Filip	
FIELD OF STUDY	2301T007-0 Industrial engineering and management		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Kleinová, Ph.D.	Name Jana	
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Improvement of production unit's spatial arrangement in relation to characteristic of production		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2019
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	66	TEXT PART	53	GRAPHICAL PART	13
----------------	----	------------------	----	-----------------------	----

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The thesis is focused on the spatial arrangement of the production unit. The introductory part deals with mastering important theoretical knowledge relating to production systems, spatial arrangement and design of production units, which are later used in the practical part. This section analyses the current situation, finding gaps in the workplace and setting criteria for future evaluation. In the next phase, proposals of spatial arrangement are created, then evaluated and selected the most suitable proposal. This option is in the end compared with the original spatial arrangement.
KEY WORDS	Production system, production unit, spatial arrangement of production, designing production units, analysis, layout, material flow, multi-criteria evaluation, comparison

Obsah

Seznam obrázků	10
Seznam tabulek	11
Seznam zkratk	12
Úvod.....	13
1 Charakteristika výrobních systémů	14
1.1 Požadavky na výrobní systém	14
1.2 Výrobní jednotky	15
2 Způsoby uspořádání výrobní jednotky	17
2.1 Individuální uspořádání	18
2.2 Skupinové uspořádání.....	18
2.2.1 Technologické uspořádání.....	18
2.2.2 Předmětné uspořádání	19
2.2.3 Modulární uspořádání	20
2.2.4 Buňkové uspořádání.....	21
2.3 Volné uspořádání.....	22
2.4 Pevné uspořádání.....	22
3 Projektování výrobních jednotek	23
3.1 Etapy projektování.....	23
3.2 Analýza vstupních dat pro vytvoření základní koncepce projektu.....	24
3.2.1 Rozbor výrobního procesu a součástkové základny	24
3.2.2 Konstrukčně-technologická podobnost součástek	25
3.2.3 Vliv opakovatelnosti a sériovosti výroby.....	26
3.2.4 Vliv nákladů na projektování	26
3.3 Způsob a možnosti tvorby prostorového uspořádání.....	26
3.3.1 Rozmísťovací metody pro návrh prostorového uspořádání	27
3.3.2 Nástroje pro návrh a tvorbu layoutu.....	27
4 Analýza současného stavu uspořádání výrobní jednotky.....	29
4.1 Popis pracoviště.....	29
4.2 Prostorová studie současného uspořádání výrobní jednotky.....	29
4.2.1 Spaghetti diagram.....	29
4.2.2 Rozměření haly	30
4.2.3 Grafický 2D layout.....	30

4.2.4	Materiálové toky	31
4.2.5	3D model výrobní haly.....	32
4.3	Časová studie činností pracovníka	33
4.4	Časové využití strojů	34
4.5	Výsledky analýzy současného stavu.....	35
4.6	Stanovení kritérií pro budoucí hodnocení	36
5	Návrh na změnu uspořádání výrobní jednotky	38
5.1	Nápravná opatření na jednotlivé nedostatky	38
5.2	Návrhy uspořádání výrobní jednotky	39
5.2.1	Varianta A – stroje za sebou	39
5.2.2	Varianta B – stroje naproti sobě.....	41
5.2.3	Varianta C – Stroje skrz stěnu.....	45
6	Hodnocení variant multikriteriálním hodnocením	48
6.1	Kritéria pro hodnocení variant návrhu.....	48
6.2	Charakteristika variant z hlediska hodnocení kritérií	49
6.3	Výsledné hodnocení variant, porovnání a výběr nejlepší varianty.....	51
6.4	Shrnutí	54
7	Porovnání původního stavu s novým návrhem	55
7.1	Nápravná opatření vyzorovaných nedostatků.....	55
7.2	Porovnání splnění jednotlivých kritérií	57
	Závěr.....	63
	Seznam použité literatury.....	64

Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Výroba jako transformace výrobních zdrojů na požadované výstupy [1].....	14
Obrázek 1-2: Hierarchická struktura výrobního systému [autor].....	16
Obrázek 2-1: Základní struktury materiálových toků [6].....	17
Obrázek 2-2: Technologické uspořádání výroby [8].....	18
Obrázek 2-3: Materiálový tok – technologické uspořádání výroby [9]	19
Obrázek 2-4: Předmětné uspořádání výroby [8]	19
Obrázek 2-5: Materiálový tok – předmětné uspořádání výroby [9].....	20
Obrázek 2-6: Modulární uspořádání výroby [8]	21
Obrázek 2-7: Buňkové uspořádání výroby [8].....	21
Obrázek 2-8: Volné uspořádání výroby [8].....	22
Obrázek 3-1: P-Q diagram [12].....	26
Obrázek 4-1: Ruční zakreslení layoutu a pohybu pracovníků	30
Obrázek 4-2: 2D layout – visTable	31
Obrázek 4-3: Materiálové toky v 2D layoutu.....	31
Obrázek 4-4: 3D model výrobní haly.....	32
Obrázek 4-5: Grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka.....	33
Obrázek 4-6: Grafické znázornění využití jednotlivých strojů	34
Obrázek 4-7: Grafické znázornění využití všech strojů dohromady	34
Obrázek 5-1: 2D layout varianty A	40
Obrázek 5-2: Materiálové toky varianty A	40
Obrázek 5-3: 3D model návrhu varianty A	41
Obrázek 5-4: 2D layout varianty B	42
Obrázek 5-5: Materiálové toky varianta B	43
Obrázek 5-6: 3D model návrhu varianty B	44
Obrázek 5-7: 2D layout varianty C	45
Obrázek 5-8: Materiálové toky varianta C	46
Obrázek 5-9: 3D model návrhu varianty C	47
Obrázek 6-1: Sloupcový graf s porovnáním jednotlivých variant	52
Obrázek 6-2: Paprskový graf jednotlivých variant	53
Obrázek 6-3: Prostorové uspořádání varianty C	54
Obrázek 7-1: Porovnání uspořádání a materiálových toků obou variant	56
Obrázek 7-2: Grafické porovnání využití kapacit strojů obou variant.....	57
Obrázek 7-3: Procentuální porovnání kritérií původního a nového uspořádání	61

Seznam tabulek

Tabulka 2-1: Porovnání technologického a předmětného uspořádání [11].....	20
Tabulka 3-1: Kritéria pro rozbor součástkové základny [11]	25
Tabulka 4-1: Jednotlivá kritéria včetně popisu	37
Tabulka 6-1: Tabulka kritérií pro párové porovnání	49
Tabulka 6-2: Výsledné hodnocení variant	52

Seznam zkratk

FMS	Flexible Manufacturing System
NC	Numerical control
CNC	Computer numerical controlled
K_i	Nenormovaná váha i-tého kritéria
n	Počet kritérií
p_i	Pořadí i-tého kritéria
V_i	Normovaná váha i-tého kritéria
w_t	Hodnota pořadové funkce
$g_r(x_t)$	Hodnota přiřazené pořadové funkce
X	Procentuální úspora materiálového toku
DMT_C	Délka materiálového toku nového návrhu
DMT_0	Délka materiálového toku původního stavu
Y	Procentuální úspora personálního toku
DPT_C	Délka personálního toku nového návrhu
DPT_0	Délka personálního toku původního stavu
MZ	Procentuální rozšíření manipulačního prostoru v okolí strojů
R_C	Maximální rozměr manip. zóny v okolí stroje nového návrhu
R_0	Maximální rozměr manip. zóny v okolí stroje původního stavu
K	Zvýšení využití kapacit dělicích strojů
Z_0	Ztrátový čas původního stavu
Z_C	Ztrátový čas nového návrhu
VK	Procentuální rozdíl využití kolejnic pro manipulaci materiálu
VK_C	Podíl manipulace materiálu pomocí kolejnic z celkového času manipulace materiálu pro nový návrh
VK_0	Podíl manipulace materiálu pomocí kolejnic z celkového času manipulace materiálu pro původní stav
VJ	Procentuální rozdíl využití jeřábu pro manipulaci materiálu
VJ_C	Podíl manipulace materiálu pomocí jeřábu z celkového času manipulace materiálu pro nový návrh
VJ_0	Podíl manipulace materiálu pomocí jeřábu z celkového času manipulace materiálu pro původní stav

Úvod

V současné době je prioritou pro téměř všechny podniky a společnosti zlepšovat svoji výrobu a nadále ji co možná nejlépe zefektivnit. K tomuto účelu slouží různé nástroje a metodiky. Díky těmto nástrojům a metodikám je možné docílit efektivního výrobního systému a dílčích výrobních jednotek. Pro správnou aplikaci racionalizačních metod je velice důležité znát podstatné interní i externí informace daného podniku. Jedním z možných řešení zvýšení efektivity a produktivity výrobní jednotky je zavedení vhodného prostorového uspořádání. Správně navržené uspořádání pracoviště ovlivňuje celou řadu technologických i netechnologických operací. Z tohoto důvodu je pro podniky vhodné věnovat návrhu uspořádání výroby dostatek času a úsilí, protože následné úpravy jsou v drtivé většině případů velice nákladné a složité na realizaci. Zároveň hrozí vznik několika druhů plýtvání při nesprávném návrhu prostorového uspořádání. Plýtvání souvisí především se zbytečně dlouhými materiálovými toky, nesprávně navrženými manipulačními a dopravními cestami, dlouhými přechodovými vzdálenostmi a personálními toky nebo také s nevhodným prostorovým uspořádáním z hlediska bezpečnosti a z hlediska ploch. Cílem podniků je eliminovat veškeré plýtvání na pracovišti, snížit náklady na výrobu a tím docílit vyšší produktivity a efektivity výroby.

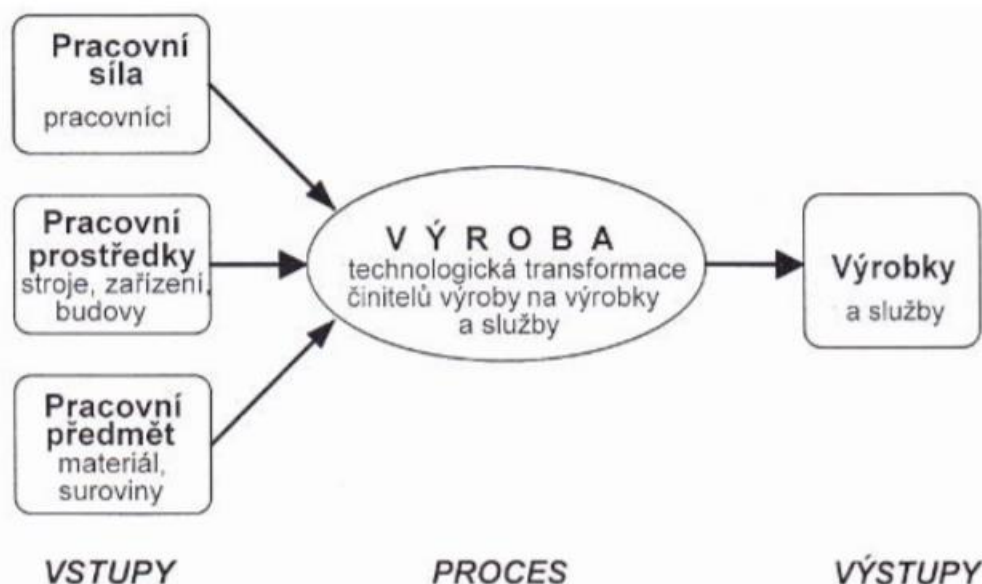
Při řešení prostorového uspořádání výrobní jednotky je nutné se v první řadě věnovat způsobům a metodám navrhování. Výrobní jednotky velmi úzce souvisí s výrobním procesem na daném pracovišti, s typem výroby a s výrobkovou základnou. Je zřejmé, že pro různé typy výroby a výrobního procesu je vhodné jiné prostorové uspořádání. Způsobů uspořádání je celá řada a při navrhování výrobních jednotek je potřeba věnovat velkou pozornost vhodnosti navrhovaného uspořádání ke konkrétní výrobě. Stroje a jejich rozložení ve výrobě je nutné přizpůsobit sortimentu výroby. Návrh prostorového uspořádání výrobní jednotky je oblast spadající do projektování. Součástí projektování je kompletní návrh prostorového uspořádání dle výroby na dané výrobní jednotce. Projektování výrobních jednotek je v současné době podporováno různými softwarovými programy a nástroji, které umožňují 3D zobrazení a další grafické znázornění například materiálových toků.

Správně navržené prostorové uspořádání nelze vytvořit bez vstupních dat, které jsou možné získávat analýzou současného stavu a dalšími možnostmi. Součástí analýzy je definice zásadních faktorů, které ovlivňují efektivitu a produktivitu výroby. Těmito faktory je nutné se ve fázi projektování důkladně zabývat a návrhy přizpůsobit jejich zlepšení a zefektivnění. Zlepšování původního stavu umožňuje vytvořit varianty nového uspořádání, které je nutné následně porovnat a vyhodnotit jejich přínosy. Hodnocení je prováděno různými hodnotícími metodami, například multikriteriálním hodnocením, které umožňuje výběr vhodné varianty na základě míry splnění daného kritéria. Výsledné návrhy je nutné porovnat se současným stavem pro ověření přínosů a následně rozhodnout, zda výsledný návrh bude zaveden do výroby nebo je současné uspořádání vyhovující a není potřeba změn. V tomto případě je nutné pro zlepšení výrobní jednotky využít jiné racionalizační metody, pomocí kterých lze docílit požadovaného stavu.

Těmito zásadami při tvorbě a navrhování nového prostorového uspořádání se zabývá tato práce. Cílem je nalézt a navrhnout nové prostorové uspořádání výrobní jednotky, která se skládá z pracoviště skladu materiálu a dělení materiálu. Základními výstupy této práce je volba nového, vhodného prostorového uspořádání, které bude mít vliv na zvýšení produktivity výrobní jednotky. Součástí výstupu je také 2D výkres nového návrhu a 3D model, který je zpracovaný v programu visTable.

1 Charakteristika výrobních systémů

Výrobu lze obecně charakterizovat jako přeměnu výrobních zdrojů do požadovaných výstupů. Není chápána jako věc jednotlivce, lze ji provádět jen ve společnosti, která je již na určitém stupni vývoje. Schéma výroby lze vidět na Obrázek 1-1.



Obrázek 1-1: Výroba jako transformace výrobních zdrojů na požadované výstupy [1]

Výrobní systémy jsou skupinou všech prvků, které se účastní výroby. Kromě výrobních, technických a přírodních činitelů, kteří přímo souvisí s výrobou, sem patří také vnější i vnitřní sociální, ekonomické, právní, dodavatelské a odběratelské vztahy. Do reálných výrobních systémů vstupuje mnoho činitelů, a proto jsou tyto systémy velice složité [2].

1.1 Požadavky na výrobní systém

Pružnost

Pružnost je jedním ze základních požadavků výrobního systému. Sledovat ji lze různými úhly pohledu:

- Rozdílné výrobky, které lze v daném systému vyrábět,
- Množství vyráběných výrobků,
- Pořadí zadávání dávek do výroby,
- Rychlost reakce na zákazníkův požadavek.

V pružných výrobních systémech (FMS – Flexible Manufacturing System), jejichž pružnost vycházela z NC zařízení (obráběcí centra, stroje bez obsluhy), byl definován souhrn produkce součástek, který lze v tomto systému efektivně vyrábět. V dnešní době se podniky potýkají s problémy v různorodosti zakázek. Často nelze přesně definovat souhrn produkce a výrobní systém nakonec musí plnit takové úkoly, které byly ve fázi projektování neočekávané. Sortiment se dnes mění i v takových výrobních systémech, které se v minulosti řadily k hromadné nebo sériové výrobě. Systém proto musí být už ve fázi projektu uzpůsobený k tomu, aby bylo možné v krátkých cyklech tento systém přestavovat.

Produktivita

Produktivita bývá obvykle v rozporu s pružností. Pokud chceme dosáhnout větší variability ve výrobě, je třeba vynaložit větší úsilí na pružnost zařízení (nástroje, přípravky, funkce), skladové zásoby materiálu a komponentů, lidí a složitosti řízení. Zvyšování produktivity ve své podstatě znamená zvyšování výstupů při snižování vstupů do výroby, tedy více produktivních činností přidávajících hodnotu na výrobku, méně plýtvání materiálem, prostorem, časem a prací. Mezi produktivitou a pružností je třeba vždy najít ideální kompromis. Mnohé firmy to řeší zdokonalením spolupráce tak, že každý výrobce se specializuje na určité skupiny výrobků, které zvládne vyrábět kvalitně, úsporně a je schopný je dodávat do sítě svých odběratelů dle jejich požadavků. Vysoká produktivita znamená snížení nákladů a vysokou úspornost. Vysoká úspornost má i pozitivní dopad na snížení zatížení životního prostředí. Pokud jsme schopni vyrábět s menšími prostory a zařízeními, snižujeme spotřebu energie. Pokud jsme schopni lépe využít materiál a využít recyklace, produkuje méně odpadů. Cestou k vysoké produktivitě může být například reorganizace výroby na výrobní buňky nebo zjednodušení všech procesů ve výrobě.

Kvalita

Kvalita je v dnešní době standardem, o kterém není třeba pochybovat. Výrobní systém musí být projektovaný tak, aby kvalita byla zabudována přímo v systému a aby nebyla potřeba dalších dodatečných opatření. Opatření spočívají v nákladech spojených s udržováním a zlepšováním kvality (opravy, výstupní kontrola). Kvalitu ve výrobních systémech zabezpečují nástroje, které jsou všeobecně známé, a jejich používání je ve většině firem řešeno certifikací ISO 9000. V japonských výrobních systémech je kvalita zajištěna pomocí různých nástrojů a zařízení, které dokáží rychle odhalit zvláštnost a okamžitě ji sdělit řídicímu personálu a zastavit výrobu (jidoka). Další nástroje zabráňují vzniku zmetků (poka yoke – „blbuvzdorné zařízení“) [3].

1.2 Výrobní jednotky

V prostoru výroby rozlišujeme různé výrobní a organizační jednotky. Jako výrobní jednotka je uvažováno pracoviště, na kterém probíhají výrobní procesy. Výroba každé výrobní jednotky je zajištěna pomocí všech výrobních procesů a operací, které jsou ve výrobní jednotce uskutečňovány. V závislosti na charakteru a typu výroby jsou pracoviště rozmístěna individuálně, skupinově nebo v linkách. Takové uspořádání bývá realizováno v různých stupních výrobní jednotky, například ve skupině pracovišť, závodě, podniku, provozu nebo dílně.

Podstatný vliv na časový průběh výrobních procesů, operativní plánování i řízení výroby má struktura výrobních jednotek. Jednotlivá uspořádání výrobních jednotek a rozmístění strojů ovlivňují také délku materiálových toků nebo množství manipulačních operací. Lze tedy říci, že struktura jednotlivých výrobních jednotek definuje úroveň vnitropodnikového řízení.

Skupina výrobních jednotek dohromady tvoří výrobní systém, který vyjadřuje spojení všech úseků. Toto lze vidět na Obrázek 1-2. Při rozdělování výrobních systémů na jednotlivé subsystémy je důležité zachovat vztah nadřazenosti a podřazenosti dílčích jednotek. Dodržením hierarchie celého výrobního systému je docíleno zachování všech vlastností celku [4]. Výrobní jednotky jsou členěny z několika hledisek:

Hledisko výrobního profilu

- Jedná se o odvození strojů a zařízení, technických parametrů výroby a jiné charakteristiky, například technologie. Výrobní profil je určen charakterem, objemem a sortimentem výroby.

Hledisko charakteru, objemu a typu výroby

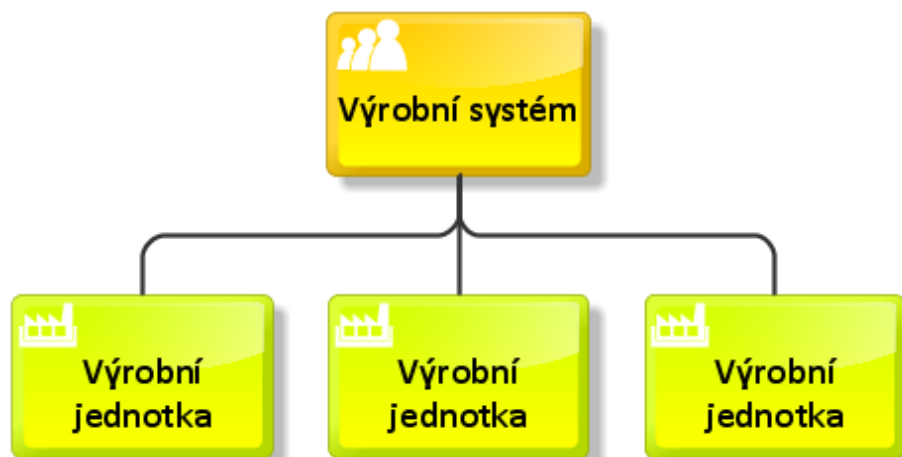
- Z charakteru a objemu výroby je odvozeno, zda se jedná o kusovou, sériovou nebo hromadnou výrobu. Objem výroby a opakovanost je určena typem výroby a požadavky na trhu. Uspořádání výrobních jednotek, jejich specializace a další parametry se volí na základě výše zmíněných kritérií.

Hledisko prostorové struktury

- Prostorovou strukturu navrhuje projektant, přičemž vychází z předešlých hledisek. Jedná se o prostorové uspořádání pracoviště a vybavení výrobní jednotky. Rozhodujícím faktorem je délka materiálových toků, stroje, zařízení a pracovníci.

Hledisko stupně řízení výroby

- Je kritériem pro pracoviště nebo jejich skupinu pro uskupení do vyšších stupňů výrobní struktury. Stupněm rozumíme pracoviště, dílna, provoz, závod, podnik [4].

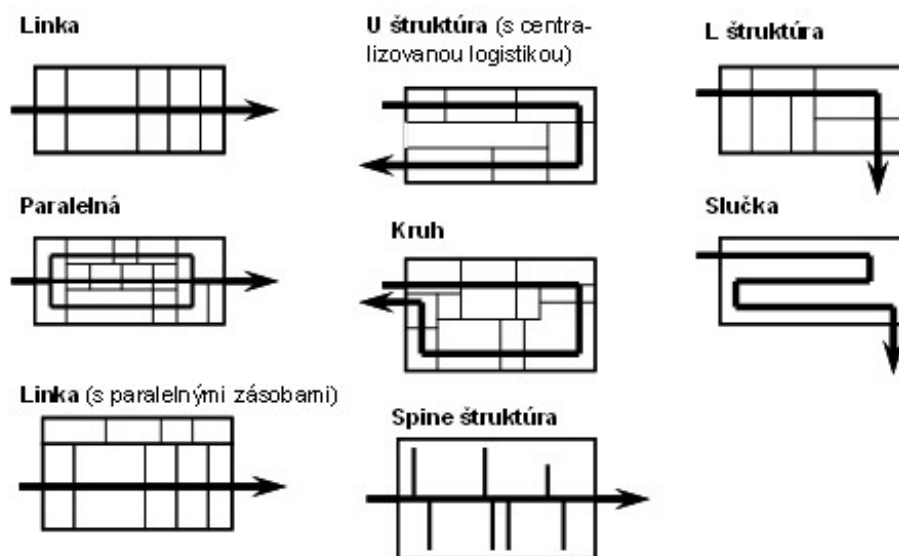


2 Způsoby uspořádání výrobní jednotky

Z hlediska prostorového uspořádání se pracoviště rozdělují na individuální, skupinové a pohyblivé. Individuální uskupení pracoviště se vyskytuje především v těžkém strojírenství a kusové výrobě. Typickým znakem je výroba, kde je nevhodné vytvářet z výrobních zařízení skupiny. Příkladem mohou být laboratoře, dílny a opravy, ve kterých je rozmístění zařízení řešeno podle zvyku a zkušeností, nebo podle omezení daného pracoviště. Skupinové rozmístění již představuje takové rozmístění, kde výrazný vliv na uspořádání pracoviště má technologie výroby nebo výrobní postup. V tomto případě jsou stroje, obsluha i zařízení uspořádané do uskupení, které odpovídá postupu nebo technologii, popřípadě kombinaci obou typů [5].

Základní struktury materiálových toků

Hlavní materiálový tok má různé tvary, které výrazně ovlivňují prostorové uspořádání pracovišť. Již ve fázi přípravy na navrhování uspořádání ve výrobním systému je proto potřeba respektovat různou podobu materiálového toku. Na Obrázek 2-1 jsou vidět klasické struktury materiálových toků.



Obrázek 2-1: Základní struktury materiálových toků [6]

Pro správné řešení uspořádání strojů a pracovišť je potřeba se řídit výsledky z předešlých rozborů a rozmisťovacích metod. Optimální rozmístění je takové, které odpovídá základním požadavkům. Způsoby uspořádání se člení na několik způsobů [7].

- Individuální
- Skupinové
 - Technologické
 - Předmětné
 - Modulární
 - Buňkové
- Volné
- Pevné uspořádání

2.1 Individuální uspořádání

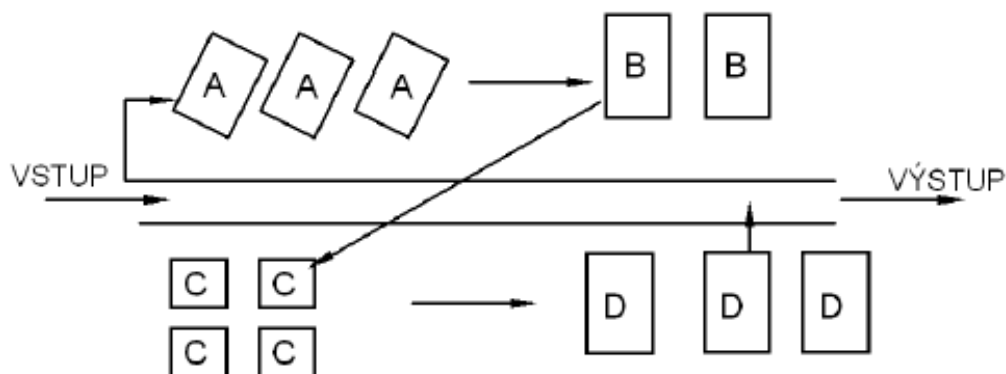
Individuální uspořádání je typické v těžkém strojírenství nebo v kusové výrobě. Příkladem jsou opravy, laboratoře nebo malé dílny. Společným znakem je rozmístění zařízení podle zvyklosti nebo instalace. Tento typ uspořádání je uplatněn zpravidla ve výrobě, ve které je nemožné, obtížné nebo nevhodné seskupovat výrobní zařízení do skupin [5].

2.2 Skupinové uspořádání

Toto uspořádání je charakteristické seskupením jednotlivých strojů a zařízení podle technologie výroby (technologické uspořádání) nebo podle výrobního postupu (předmětné uspořádání). Hojně užívané jsou také kombinace obou typů, které využívají výhod každého ze zmíněných [5].

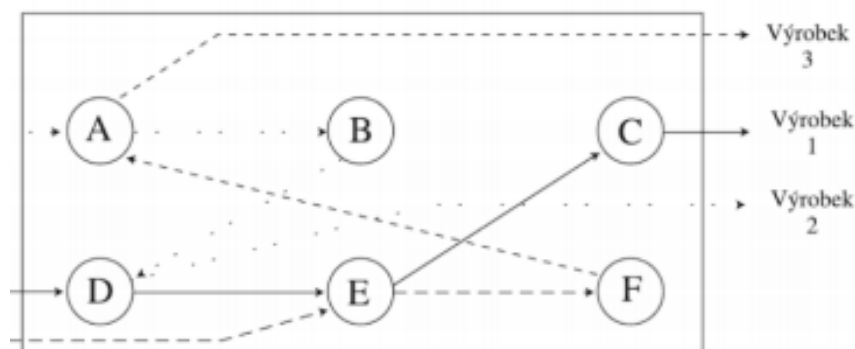
2.2.1 Technologické uspořádání

Toto uspořádání pracovišť je řízeno podle technologického základu a technologických znaků pracovních předmětů. Pracoviště tvoří skupiny stejných nebo podobných strojů sloučených podle podobností operací, například pracoviště frézek nebo soustruhů, a pracovní předmět je mezi nimi přesouván. Ve strojírenské výrobě bývají takto uspořádány kovárny, slévárny, lisovny a také obrobny. Uspořádání je vhodné spíše pro malou opakovanost výroby, tedy pro malosériovou a kusovou výrobu. Tento typ uspořádání je vidět na Obrázek 2-2.



Obrázek 2-2: Technologické uspořádání výroby [8]

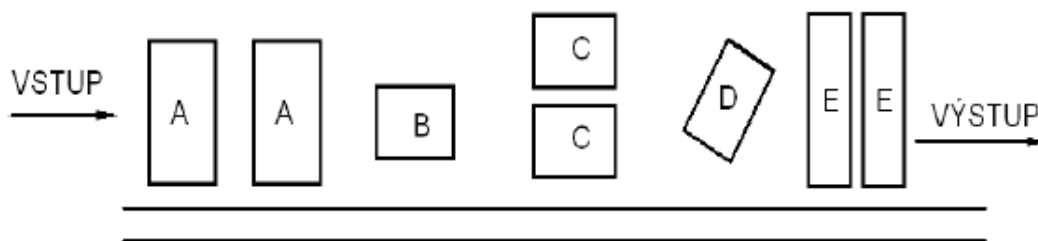
Seskupení pracovišť umožňuje lépe organizovat práci a snadno se přizpůsobit změnám ve výrobním programu. Další z výhod je také efektivnější využívání kapacit strojů, snadnější odstraňování závad a jednoduchá zaměnitelnost strojů. U technologického uspořádání jsou kladeny vysoké nároky na operativní řízení výroby a na manipulaci materiálu mezi skupinami pracovišť. Materiálové toky mohou být relativně dlouhé a mohou se křížovat, což výrazně zvyšuje náklady na manipulaci a také zvětšuje podíl času manipulačních operací, jak je vidět na Obrázek 2-3. Vyšší náklady také plynou ze složitější mezioperační kontroly, ze zásob rozpracované výroby a také na seřízení strojů [2].



Obrázek 2-3: Materiálový tok – technologické uspořádání výroby [9]

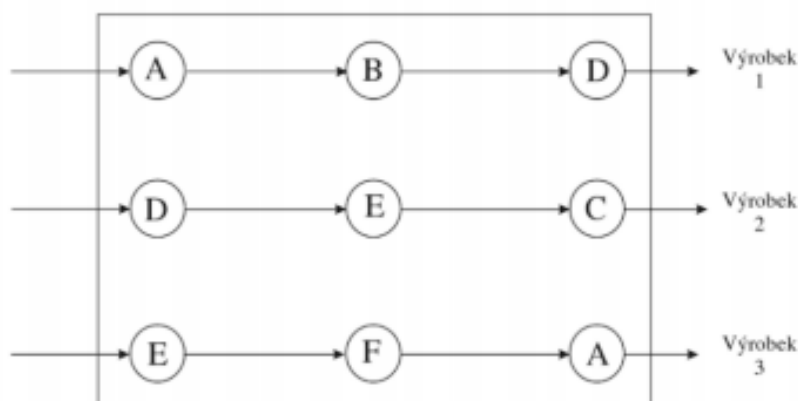
2.2.2 Předmětné uspořádání

V případě předmětného uspořádání výroby je usilováno o to, aby rozmístění jednotlivých pracovišť odpovídalo výrobnímu postupu, což je při širokém sortimentu složité zrealizovat. Důležitým prvkem je vysoká standardizace výrobních operací. Účelem předmětného uspořádání je dosáhnout plynulého, rychlého a objemného toku výrobků. Při souladu technologického postupu s pracovišti je docíleno minimální a plynulé mezioperační přeprave, přičemž technologické operace probíhají postupně za sebou na jednom nebo několika výrobcích. Nejvyšším stupněm předmětného uspořádání jsou automatické synchronizované linky speciálních strojů s dopravníkem, který je zpravidla uzpůsoben výrobě jediného výrobku. Nároky na kvalifikaci dělníků nejsou vysoké z důvodu specializovaných strojů a zařízení, ale je potřeba seřizovačů pro tyto stroje. Předmětného uspořádání je hojně využíváno u velkosériové a hromadné výroby a jeho princip lze vidět na Obrázek 2-4.



Obrázek 2-4: Předmětné uspořádání výroby [8]

Největším přínosem při předmětném uspořádání je dosažení velmi nízkých výrobních nákladů a vysoce efektivní výroby. Úspory jsou docíleny především na nízkých nákladech na výrobní materiál a na nízké kvalifikaci dělníků. Plynulý tok materiálu, jak ukazuje Obrázek 2-5, zajišťuje zkrácení doby výroby, redukci manipulačních operací a snížení nákladů na rozpracovanost výroby. Nevýhodou předmětného uspořádání je nedostatečná pružnost a znehodnocení strojů při změně výroby. Specializované stroje jsou pak velmi náročné na údržbu a při poruchách systému nebo při chybějícím materiálu se výrobní systém jednoduše zhroutí. Dalším faktorem je nízká kvalifikovanost dělníků, kteří nemají zájem o správnou údržbu zařízení a kvalitní výstupy. Je důležité dobře pracovat s jednotvárností výroby, protože výkony dělníků výrazně ovlivňují výkon výrobního systému [10].



Obrázek 2-5: Materiálový tok – předmětné uspořádání výroby [9]

Technologické a předmětné uspořádání jsou dvě nejčastěji se vyskytující typy uspořádání. Jejich porovnání z hlediska různých faktorů je v Tabulka 2-1.

Tabulka 2-1: Porovnání technologického a předmětného uspořádání [11]

Kritéria pro posouzení forem prostorových struktur	Prostorová struktura	
	Technologická	Předmětná
• Změna výrobního programu	Snadná	Obtížná
• Průběžná doba výroby	Delší	Kratší
• Materiálový tok	Složitý přerušovaný	Jednosměrný plynulý
• Plochy mezioperačních skladů	Velké	Malé
• Kooperační vztahy	Složitě	Jednoduché
• Objem zásob (rozpracovaná výroba)	Velký	Malý
• Plánování a řízení výroby	Obtížné	Snadné
• Kvalifikace pracovní síly	Vyšší	Nížší
• Strojní a nástrojové vybavení	Univerzální	Specializované a jednoúčelové
• Nároky na výrobní a manipulační plochy	Značné	Menší

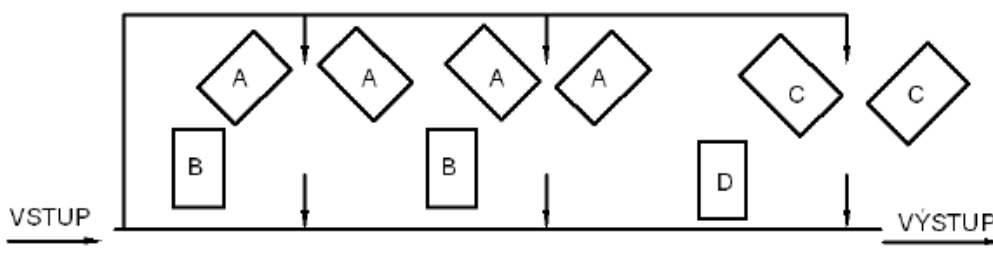
Další způsoby skupinového uspořádání jsou zpravidla modifikace na výše zmíněné typy uspořádání. Může se jednat o modifikaci jednoho z typů nebo jejich kombinaci, kdy je vždy co nejvíce využito výhod daného uspořádání.

2.2.3 Modulární uspořádání

Tento typ uspořádání výroby souvisí s rozšířením moderních automatizovaných NC a CNC strojů. Uspořádání je poměrně nové a je řešeno vytvořením skupin stejných technologických bloků, jejichž úkolem je plnit více technologických funkcí. Tento typ uspořádání je znázorněn na Obrázek 2-6. Stejně nebo podobné skupiny pracovišť, ze kterých je složen výrobní provoz,

se nazývají moduly. Jako příklad modulárního uspořádání lze uvést soustředění více obráběcích center nebo skupin NC strojů v klasicky řízené dílně. Modulární uspořádání se většinou používá při kusové a malosériové výrobě, ve středně těžkém a těžkém strojírenství. Tento typ uspořádání je zpravidla využíván na vícesměnný provoz vzhledem k vysoké produktivitě práce.

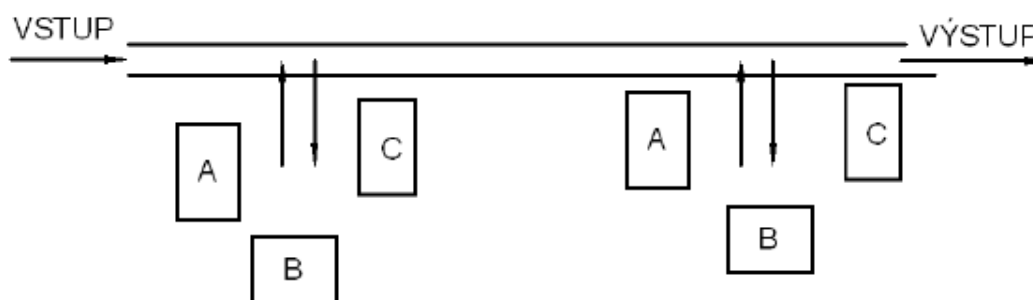
Díky modulárnímu uspořádání je dosaženo zkrácení průběžné doby výroby, operačních časů i manipulačních drah. Díky vysoké produktivitě jsou modulární pracoviště nejdůležitější složkou výrobního systému z hlediska náradí, plánování výroby a také zásobení strojů materiálem. Na modulárních pracovištích jsou většinou velice drahé stroje a zařízení, které vyžadují velké nároky na technickou přípravu výroby [7].



Obrázek 2-6: Modulární uspořádání výroby [8]

2.2.4 Buňkové uspořádání

Základní myšlenkou buňkové organizace je rozdělení výrobního systému na samostatné moduly, které plní zadané výrobní úkoly a jsou navzájem propojené pomocí informačního systému a materiálového toku. Toto uspořádání je kombinací předmětného a technologického uspořádání. Uspořádání strojů je do buněk, které jsou určeny pro výrobu technologicky příbuzných výrobků, jak lze vidět na Obrázek 2-7. Výroba v buňkách je optimalizována pro skupinu výrobků, proto můžeme hovořit o zmenšené samostatné podobě předmětného uspořádání. V jednotlivých buňkách lze upravovat pořadí výrobních operací a materiálový tok. Buňkové uspořádání skýtá dobré pracovní podmínky pro personál, práce není jednotvárná a pracovníci nesou odpovědnost za výrobní buňku, ale je nutná vyšší kvalifikace dělníků. Schopnosti a znalosti pracovníků zajišťují pružnost výrobních buněk z hlediska změn výrobního programu.



Obrázek 2-7: Buňkové uspořádání výroby [8]

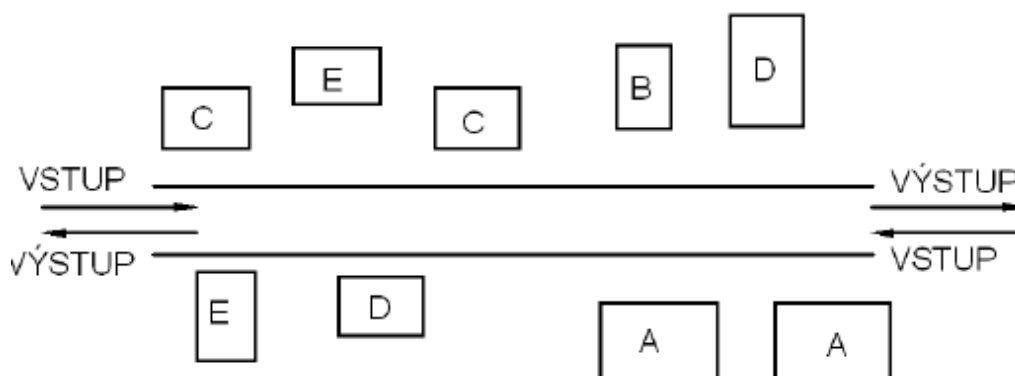
Buňkové uspořádání v sobě nese výhody technologického i předmětného uspořádání. V rámci buňky jsou minimální přepravní vzdálenosti, přehledné a racionální materiálové toky, nízké zásoby, dobře využité plochy a krátké průběžné časy. Přípravné operace se provádějí i v čase chodu pracoviště na pomocném pracovišti. Výhodou je dobrá komunikace, přehledné

řízení a jasně definované kompetence. Buňky jsou efektivní díky vysoké pružnosti modulů a výroba v tomto uspořádání by měla probíhat ve vícesměnném provozu [9].

Automatizovaná verze buňkového uspořádání se nazývá pružný výrobní systém. Tyto systémy umožňují docílit vysokého ekonomického zhodnocení, pokud jsou dobře řízené, výrobní dávky jsou malé a střídají se ve velkém množství. Tyto výrobní systémy jsou vysoce produktivní, pohyb výrobku i začátek práce každého stroje je řízen počítačem, ale náklady na pořízení těchto systémů jsou velice vysoké. Zásahy lidí do těchto systémů jsou omezené a odehrávají se centrálně na úrovni programů řídicích systémů.

2.3 Volné uspořádání

Volné uspořádání je charakteristické tím, že jsou stroje a pracoviště v dílně uskupeny zcela náhodně. Příklad volného uspořádání je znázorněn na Obrázek 2-8. Toto uspořádání se volí ve výrobě, kde není možné definovat návaznosti operací, řídicí a organizační vztahy ještě před samotným zřizováním míst pro stroje. Nejčastěji se vyskytuje v kusových dílnách a v údržbářských dílnách. V dnešní době se od tohoto uspořádání upouští, protože je z hlediska výroby nevhodující.



Obrázek 2-8: Volné uspořádání výroby [8]

2.4 Pevné uspořádání

Tento typ uspořádání je voleno v případě, že nejde o zcela běžnou výrobu, ale je potřebné pro výrobu daného produktu. Typickým příkladem je výroba produktu, který dosahuje velkých rozměrů a nelze s ním ve výrobě pohybovat. Produkt se nachází na stálém místě a jsou k němu směřovány všechny jeho komponenty a výrobní stroje postupně tak, jak je uvedeno ve výrobním postupu. Pevné uspořádání se obvykle využívá u projektové výroby a průběh prací odpovídá předem stanovenému projektovému harmonogramu. Příkladem pevného uspořádání je výroba nového typu obřího letadla, strojní výbava elektrárny, stavba obchodního domu a podobně [10].

3 Projektování výrobních jednotek

Důležitost navrhování a projektování výrobních jednotek se zvyšuje při snaze o dosažení požadovaného optimálního využití rozhodujících vlastností výrobní jednotky. Těmito vlastnostmi bývají většinou snížení energetické a materiálové náročnosti výroby, zkracování průběžné doby výroby, zvýšení kvality výroby a zlepšení produktivity. Společně s nimi roste smysl projektování při požadavcích na vyšší stupeň automatizace a integrace výrobní jednotky. V dnešní době probíhá rozvoj technické základny, například nové automatické stroje nebo robotizovaná pracoviště, a proto je důležité se při projektování na tyto změny adaptovat v metodice a obsahové náplni [11].

3.1 Etapy projektování

Projektování lze obecně rozčlenit do dvou etap, které jsou obsahově rozdílné, ale časově na sebe navazují.

Předprojektová etapa

Tato etapa řeší problémy spojené s definováním vstupních předpokladů pro rozvoj výrobně technické základny, tedy koncepci budoucího stavu. V předprojektové části je třeba vyřešit několik zásadních problémů a faktorů.

- 1) Konstruktivně-technologická koncepce výrobků – zohledňuje snížení náročnosti energetické, nákladové, tvarové a materiálové.
- 2) Optimalizace struktur výrobních programů – pomocí konstruktivně-technologické standardizace, hospodárné specializace a kooperace výroby je možno docílit ztenčení sortimentu součástkové základny.
- 3) Uplatnění progresivních technologií – dochází ke snížení náročnosti výroby z hlediska energií a materiálů a také snížení pracnosti výroby.
- 4) Perspektiva a stabilita výrobního programu – úměrnost v rámci výrobního profilu.
- 5) Základní koncepce a strategie z hlediska automatizace – stanovení optimálních metod plánování, řízení výroby a prostorových forem výrobních struktur.
- 6) Stanovení časových limitů pro realizaci stavby.

Kvalitní zpracování úkolu je velice široká a náročná část projektování, jak lze vidět z výše uvedených pouze základních faktorů. Pro zdárné zhotovení předprojektové části je důležité získat veškeré podklady od vrcholového managementu. Po následných analýzách podkladů lze vytvořit projektovou studii, která je zaměřena na koncepci rozvoje výrobně technické základny. Výstupy celé předprojektové části by měly zahrnovat cílové řešení se všemi parametry a také optimální cestu k jejich dosažení v požadovaném čase a kvalitě [11].

Projektová etapa

Tato etapa je rozdělena do 3 fází (rozborová, návrhová a realizační) a 2 stupňů, ve kterých se zpracovává a zpřesňuje základní koncepce rozvoje výrobně technické základny.

I. stupeň řeší především konstruktivně-technologické otázky, kterými jsou analýzy rozměrů, jakosti, sériovosti a opakovatelnosti výroby, součástkové základny z hlediska tvarů a vyhledávání vyhovujících variant technologií.

II. stupeň se zaměřuje na dodefinování, zpřesnění a doplnění I. stupně z hlediska technologicko-organizačního charakteru. Mezi tyto otázky patří například navržení

časových, specializačních a prostorových struktur, materiálových a informačních toků a navržení pracovního prostředí.

Výstup projektové a realizační etapy obsahuje projektovou a realizační dokumentaci, která slouží pro realizaci výrobního systému a zahájení výroby [11].

3.2 Analýza vstupních dat pro vytvoření základní koncepce projektu

Koncepce projektu je založena na datové základně, která charakterizuje nejdůležitější prvky a vnitřní i vnější vazby výrobních procesů a systémů. Tuto základnu lze označit jako množinu prvků, která se rozděluje na data proměnného charakteru a data trvalého charakteru. Data proměnného charakteru čerpají z dokumentace konstrukční, technologické a plánovací. Tato data jsou uspořádána do 3 souborů:

- Výrobní program – podává základní údaje o výrobcích
- Struktura výrobku – informace o rozložení výrobku na součásti
- Struktura součástkové základny – data o součástkové základně dle výrobku spolu s charakteristikami a způsoby získání.

Pro data trvalého charakteru je typické, že je u nich zachována jen relativní stálost v závislosti na vývoji technologií, materiálů a na čase. Mezi tyto informace patří katalogy strojů a zařízení, nářadí, rezných podmínek a času, technické podmínky a požadavky pro bezpečnost práce a pracovního prostředí a také technologické instrukce [11].

3.2.1 Rozbor výrobního procesu a součástkové základny

Analýza výrobního programu

Výrobní program je ve většině společností tvořen různými výrobky v různých provedeních a různých velikostech. Existuje několik podmínek, které je třeba dodržovat, aby bylo možné určit vliv výrobního programu na varianty technickoorganizačního uspořádání a technologie výroby.

1. Stupeň konstrukčně-technologické podobnosti
 - Má výrazný vliv na technologickou přípravu výroby a také na vlastní výrobu. To souvisí se zkracováním doby výroby, zlepšení kvality výroby i výrobků, zvýšení výkonového a časového využití strojů a usnadnění plánování a řízení. Tento stupeň je většinou částečně ovlivněn úrovní konstrukční standardizace.
2. Rozsah sortimentu
 - Je obvyklé, že se sortiment výrobků zvětšuje, přičemž objem výroby zůstává stejný. Vhodnou konstrukčně-technologickou standardizací lze dosáhnout uplatnění specializace a koncentrace výroby a také účelného rozšíření sortimentu.
3. Stupeň kooperace
 - Účelný stupeň kooperace kladně ovlivňuje hladinu potřebných investic a efektivnosti výrobního procesu. Částečně také souvisí s koncentrací a specializací výroby. Může být docíleno omezení sortimentu vyráběných komponentů za současného rozšíření sortimentu hotových výrobků.
4. Stupeň předvýrobní připravenosti
 - Stupněm předvýrobní připravenosti je ovlivněna návaznost jednotlivých činností a rovnoměrnost plnění výrobního plánu, tedy především časová struktura výrobního procesu.

5. Sériovost a opakovatelnost výroby
 - Souvisí s příležitostí pro zvýšení stupně automatizace a mechanizace zároveň při dosažení vyšší efektivity výroby.
6. Stabilita a perspektiva výrobního programu
 - Vytváření podmínek pro specializaci technologickou nebo součástkovou [11].

Analýza součástkové základny

Jedná se o směs potřebných součástí pro montáž výrobku, které mohou být vyráběné nebo nakupované. Pro projektování je potřeba znát tyto informace o součástkové základně. K tomuto účelu je ideální jednotka datová základna, pomocí níž je provedena analýza, která by měla být účelná podle charakteru projektu, efektivní z pohledu nákladů a spotřeby času, komplexní a univerzální. V projektování roste význam analýz především u malosériové a sériové výroby vzhledem k rozvoji strojírenských výrobních procesů a používání moderních specializovaných strojů [11].

V Tabulka 2-1 jsou zobrazeny základní kritéria pro rozbor součástkové základny.

Tabulka 3-1: Kritéria pro rozbor součástkové základny [11]

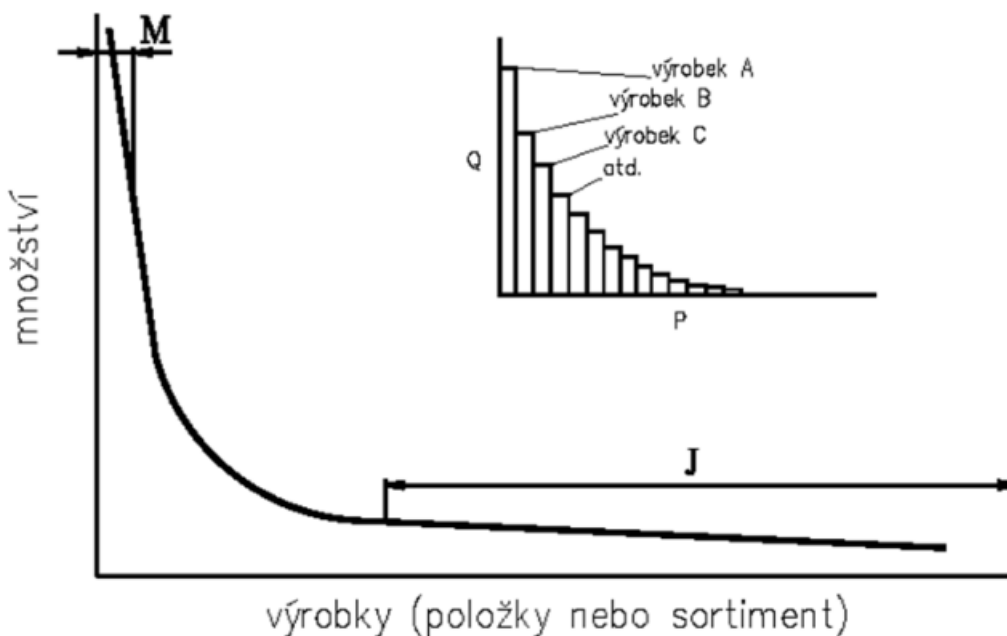
Stupeň výběru	Kritéria pro výběr	Charakteristika vstupních dat
KONSTRUKČNÍ	- tvar, rozměry, materiál, jakost	- rozdělení do základních tvarových a rozměrových skupin
FREKVENČNÍ	- sériovost a opakovatelnost - roční objem výroby	- P-Q diagramy, vztah mezi sortimentem a objemem
TECHNOLOGICKÝ	- posloupnost výroby a kooperace - četnost a pracnost jednotlivých profesí ve výrobě souborů	- rozdělení do podobnostních souborů - podklady pro návrh specializační struktury
KAPACITNÍ	- celkové a dílčí kapacitní nároky jednotlivých technologií ve VS - limitní hodnoty vnějších kooperačních vztahů	- kapacitní nároky podobnostních souborů - podklady pro rozbor úrovně technologie

3.2.2 Konstrukčně-technologická podobnost součástek

Tato podobnost po stránce rozměrů, tvarů a materiálu výrazně ovlivňuje volbu technologické metody výroby, volbu vyhovující formy uspořádání výrobních struktur a výběr stupně, druhu a typu vybavenosti zařízení výrobních, kontrolních a manipulačních. Analýza by měla proběhnout napříč celým sortimentem výrobků. Hlavními představiteli by měly být ty výrobky, u kterých je zajištěna konstrukčně-technologická úroveň výrobku, stabilita výrobního programu a verifikovány možnosti rozšíření výroby, kooperace a možnosti odbytu. Důležité je také brát zřetel na podíl objemu výroby vybraných výrobků k celkovému objemu výroby a na odchylky v kapacitních výpočtech [11].

3.2.3 Vliv opakovatelnosti a sériovosti výroby

Tyto vlastnosti mají velký vliv na dispoziční řešení, tok materiálu a také použité výrobní technologie, které úzce souvisí s hospodárností a produktivitou. K tomuto posouzení zpravidla slouží P-Q diagram, kde P značí produkt a Q sériovost. Příklad diagramu je zobrazen na Obrázek 3-1.



Obrázek 3-1: P-Q diagram [12]

Vzájemná vazba mezi sortimentem a vyráběným množstvím má vliv na metodiku zpracování projektu. Jedná se především o výběr koncepce technologie výroby (stroje, zařízení, vybavení), volbu představitelů produktů nebo součástkových skupin, koncepce specializačních struktur a dispozičního řešení a také o materiálový tok a vztahů mezi jednotlivými prvky výrobního systému [11].

3.2.4 Vliv nákladů na projektování

Mezi celkovými výrobními náklady je jisté procento jednotlivých složek (materiál, mzdy, režie) s určitou vypovídající hodnotou, díky které je možné se vydat při činnostech projektování vhodným směrem. Největší pozornost by měla být věnována 3 základním problémům. Prvním problémem je relativní podíl jednotlivých složek nákladů na výrobní efektivitu, druhým je vliv složek režie na celkovou velikost režie, například odpisy, náklady na nářadí nebo údržbu strojů a posledním je stanovit mezní hodnotu výrobních nákladů nebo cen z hlediska konkurence ze zahraničního trhu [11].

3.3 Způsob a možnosti tvorby prostorového uspořádání

Navržení prostorového uspořádání výrobní jednotky neboli vytvoření layoutu pracoviště významně ovlivňuje efektivnost výrobního procesu. Navržením layoutu pracoviště rozumíme grafické zobrazení dané plochy, na kterém je znázorněno uspořádání a rozmístění výrobního prostoru. Pro návrh a tvorbu layoutu je důležité se držet několika základních kroků. V první řadě je velice důležité získat si pomocí různých metodik důležitá vstupní data. Poté je možné přejít k navrhování různých variant layoutu, které odpovídají zadaným požadavkům. Nakonec

je z variant vybrána nejvhodnější, která odpovídá požadavkům a zároveň je z několika hledisek tou nejefektivnější.

3.3.1 Rozmíst'ovací metody pro návrh prostorového uspořádaní

Pro návrh prostorového uspořádaní existuje několik rozmíst'ovacích metod. Mezi nepoužívanější metody patří:

Šachovnicová tabulka

Používá se pro analýzu materiálového toku, přehledně zobrazuje přesuny materiálu mezi útvary podniku za dané časové období. Vhodná je také pro návrh prostorového uspořádaní podle četnosti a významu přepravovaného množství [13].

Trojúhelníková metoda

Vychází z principu postupného rozmístění jednotlivých strojů tak, že stroje, které mají největší intenzitu materiálového toku, jsou umístěny co nejbližší k sobě. Řeší rozmístění výrobních prvků na disponibilní místa tak, aby bylo dosažení minimálního přepravního výkonu. Tuto metodu lze označit za grafickou, ale lze ji algoritmizovat. Funguje na základě rozhodujícího vztahu mezi pracovišti, podle kterého se snaží co nejvíce zmenšit vzdálenost mezi těmito pracovišti [11].

Těžištní metoda

Tato metoda slouží k určení umístění doplňovaného stroje do stávajícího uspořádaní výrobní linky podle intenzity materiálového toku linky a tohoto stroje. Dopravní objemy k novému stroji jsou uvažované jako rovnoběžné síly a poloha těžnice mezi nimi určuje polohu stroje [11].

Sankeyův diagram

Tento diagram graficky zobrazuje tvar, směr, délku a intenzitu materiálového toku. Tloušťka čáry označuje přepravní objem za dané období, tvar čáry jeho přímočarost nebo členitost, šrafování druh materiálu, šipka směr a délka vzdálenost přepravovaného množství [14].

Metoda CRAFT

Computerized Relative Allocation of Facilities Technique je volně překládána jako „Technika stanovení vzájemné polohy výpočtem“. Pomocí této metody je určována vzájemná poloha pracovišť podle celkových nákladů na manipulaci materiálu. Pomocí této metody lze nalézt takové prostorové uspořádaní, které má minimální náklady na manipulaci [7].

Spaghetti diagram

Tento diagram slouží pro zachycení veškerých pohybů pracovníka na pracovišti v rámci časové studie. Každý pracovník, pokud se jich zakresluje více, bývá zpravidla označen jinou barvou. Je třeba také rozlišit, zda pracovník provádí pohyb s materiálem nebo provádí cestu, kterou by nemusel provést.

3.3.2 Nástroje pro návrh a tvorbu layoutu

Navrhování a tvorbu prostorového uspořádaní výrobní jednotky a její grafické znázornění pomocí layoutu lze provádět v několika softwarech. Jedna skupina těchto nástrojů slouží pro skutečné znázornění výroby ve virtuálním prostředí. Používají koncepci digitálního podniku,

což souvisí s tvorbou digitálního modelu reálného podniku a následným prováděním simulací. Druhá skupina jsou nástroje, které jsou vhodné pouze ke grafickému zobrazení prostorového uspořádání výrobní jednotky. Součástí layoutů je také grafické znázornění materiálových toků, ovšem tyto nástroje nepodporují simulace výrobních procesů. Nástrojů navrhování a tvorby layoutů je celá řada, zde jsou uvedeny nejpoužívanější.

Plavis GmbH

- Produktem této společnosti je nástroj *visTable*, který je vhodný pro návrh a tvorbu layoutu výrobní jednotky včetně zobrazení materiálových toků.

Dassault systémes

- Nástroj *Delmia* je vhodný k návrhu a tvorbě layoutu, ergonomické analýzy pracoviště, stanovení norem a taktu výrobních procesů, tvorbě technologických procesů a robotické simulace.

Autodesk

- Software *Autocad* slouží k tvorbě 2D layoutů, zatímco *Factory design suite* již pro tvorbu 3D návrhů.

Siemens PLM Software

- Nástroj *Process Designer* je určen k tvorbě layoutu, kusovníku, norem a technologických postupů. Pomocí nástroje *Process Simulate* lze také tvořit layout, provádět ergonomickou analýzu a robotickou simulaci. Posledním nástrojem této společnosti je *FactoryCad*, pomocí něhož, kromě tvorby layoutu, lze také parametricky modelovat objekty [14].

4 Analýza současného stavu uspořádání výrobní jednotky

Praktická část této práce byla prováděna na pracovišti ve firmě, která nebyla spokojena s efektivností na daném pracovišti. Výstupem je nový návrh uspořádání s cílem snížit ztrátový čas na pracovišti.

4.1 Popis pracoviště

Jedná se o podnik z oblasti výroby zbraní a střeliv. Tuto práci tedy váže dohoda o mlčenlivosti a vstupní data musí být pozměněna, ovšem konkrétní změna uspořádání jednotky odpovídá skutečnosti.

Návrh nového uspořádání výrobní jednotky je prováděn na pracovišti přípravy materiálu. Toto pracoviště se skládá ze dvou částí, a to skladu materiálu společně s pracovištěm dělení materiálu. Celé pracoviště přípravy materiálu se nachází ve výrobní hale tvořené 2 loděmi. V jedné lodi se nachází pracoviště dělení materiálu společně se skladem materiálu a loď druhá slouží pouze pro skladování. Pracoviště jsou popsána níže.

Sklad materiálu

Toto pracoviště, jak už vypovídá název, slouží pro skladování materiálu pro dělení a následnou výrobu. Skladovaný materiál se nachází v obou lodích výrobní haly. Jedná se především o tyčový materiál rozličných průřezů a průměrů. Materiál je dodavatelé dodáván ve dvou základních délkách, 3 metrové a 6 metrové tyče. Tyče jsou skladované ve stromečkových regálech, které jsou uzpůsobeny délce tyče. Materiál 3 metrové délky je také skladován v jednom z deseti klasických policových regálů. Regály slouží pro uskladnění různého druhu materiálu, přičemž největší objem připadá na ocelové tyče a duralové tyče.

Dělení materiálu

Pracoviště dělení materiálu je součástí stejné haly jako sklad materiálu. Na pracovišti se v současné chvíli nachází 3 automatické pily. Materiál je ze skladu manipulován na válečkové dopravníky, které jsou součástí pily, a následně je materiál nadělen dle zakázky. Nadělený materiál dále pokračuje na váhu, kde se ověří, zda je zakázka připravena na výdej do výroby. Po ověření již probíhá samotná manipulace do výroby. Výroba je na tomto pracovišti malosériová až středně sériová a materiál je dělen na polotovary pro další výrobu s maximálním rozměrem délky do 200 mm.

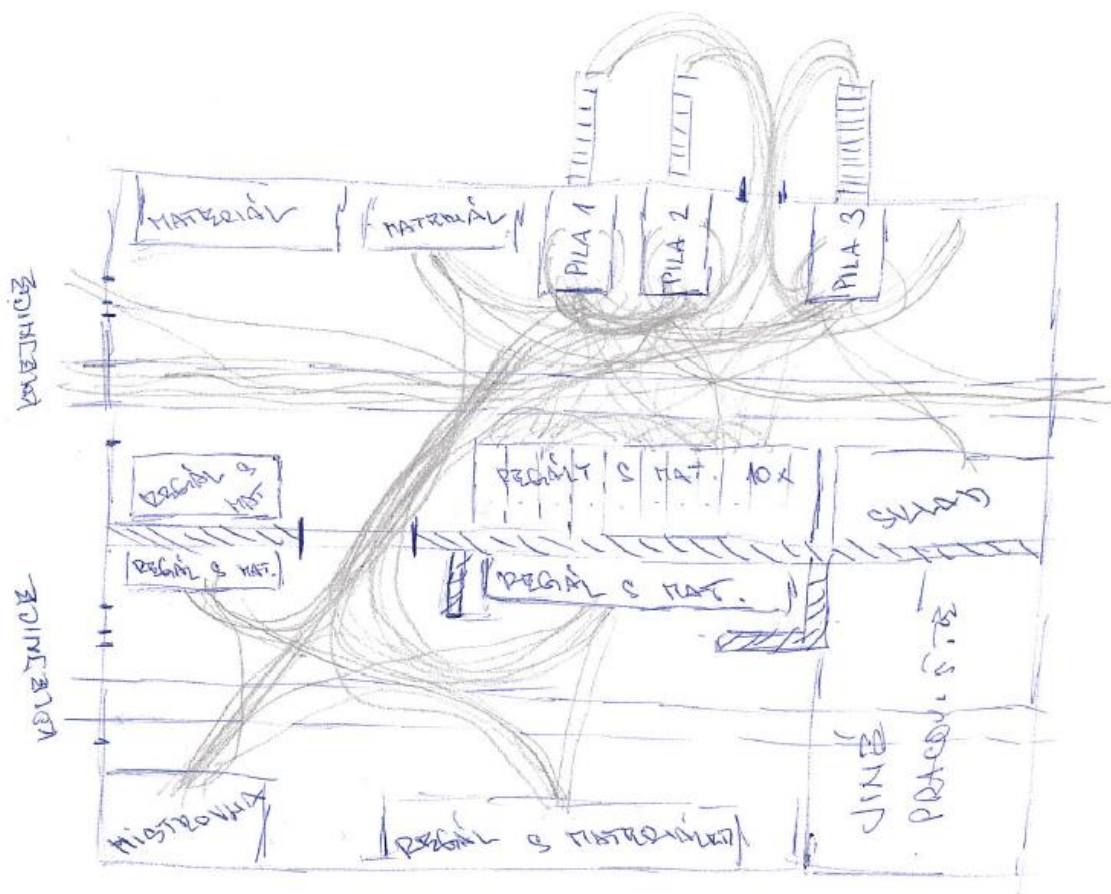
4.2 Prostorová studie současného uspořádání výrobní jednotky

Při analýze současného stavu se vycházelo z jednotlivých návštěv pracoviště. Samotná analýza se skládala z několika kroků, které na sebe přímo navazovaly. Během těchto fází analýzy byly postupně zjišťovány nedostatky v uspořádání haly, v organizaci práce a ve ztrátových činnostech pracovníků.

4.2.1 Spaghetti diagram

Během prvních návštěv pracoviště bylo provedeno pozorování pohybů pracovníků pomocí spaghetti diagramu. Záznam byl proveden v rámci jedné směny a pozorování byli 2 pracovníci. V průběhu sledování a mapování pohybu pracovníků byly zjištěny nedostatky způsobené zbytečnými pohyby a přesuny pracovníka v rámci haly. Zároveň byla při sledování pracovníků vyzorována složitá a zdlouhavá manipulace s materiálem, která výrazně ovlivňovala dobu pro manipulaci a v rámci ergonomických norem byla shledána nevhodnou. Například

pracovník manipuloval s dlouhou 6 metrovou tyčí z druhé haly pouze v rukách bez použití jakýchkoliv manipulačních prostředků. Prvotní sledování pohybů pracovníků bylo zaznamenáno na ručně zakreslený layout pracoviště, který lze včetně těchto pohybů vidět na Obrázek 4-1.



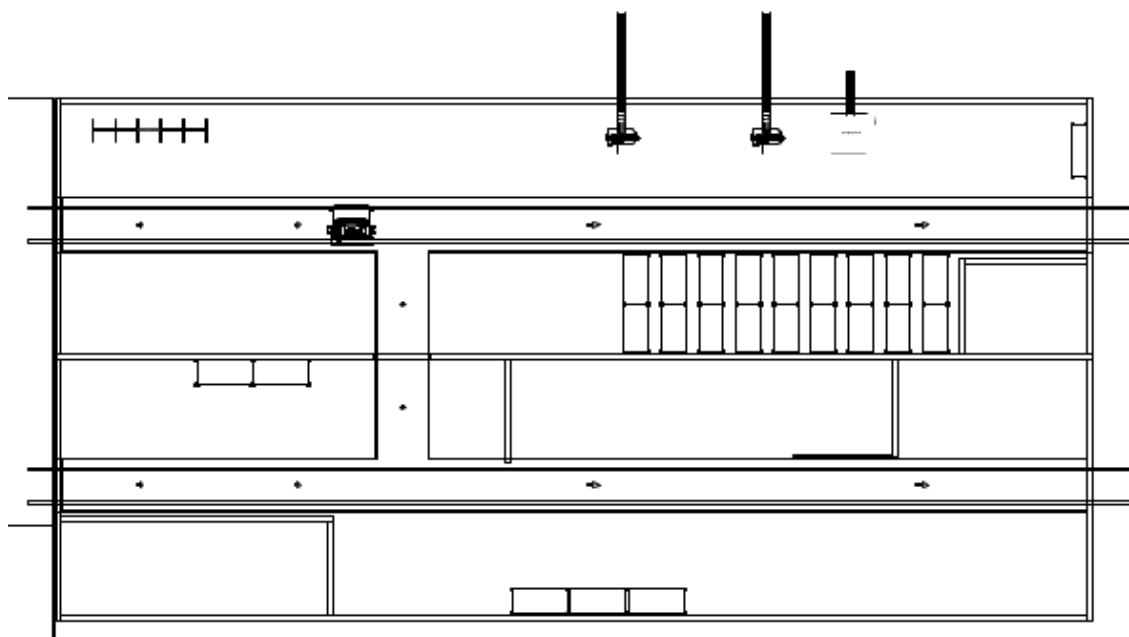
Obrázek 4-1: Ruční zakreslení layoutu a pohybu pracovníků

4.2.2 Rozměření haly

V další fázi prostorové studie byla rozměřena celá výrobní hala, včetně ploch pro stroje a ploch pro regály. Rozměření bylo provedeno pomocí laserového metru, který byl použit pro velké vzdálenosti, a pásma, pomocí něhož byly zaměřeny menší a na měření náročnější plochy. Naměřené vzdálenosti byly zaznamenány do ručně zakreslených mapek a následně s nimi bylo dále pracováno.

4.2.3 Grafický 2D layout

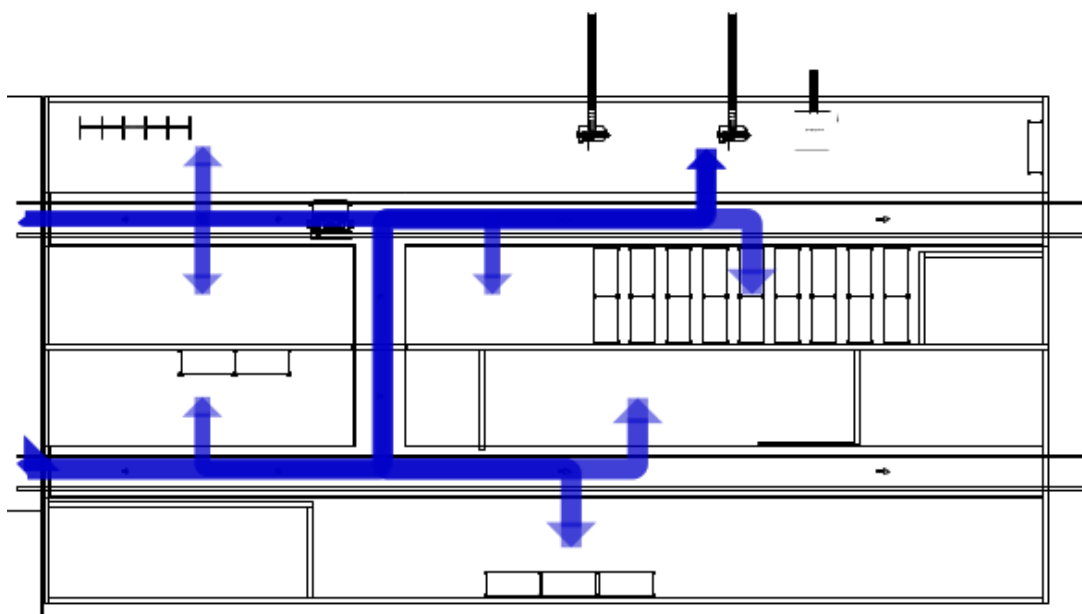
Po rozměření haly následovalo již zakreslení haly v počítačovém software *visTable*. Do layoutu byly zaneseny veškeré stroje, zařízení a výbava pracoviště přípravy materiálu, včetně všech vzdáleností, rozměrů a ploch. Zakreslený 2D layout v počítačovém software lze vidět na Obrázek 4-2, kde lze pozorovat reálné rozmístění 3 dělicích strojů, označených názvem Pila 1-3, reálné rozmístění regálů s materiálem a veškeré zdi, včetně buňky pro mistra.



Obrázek 4-2: 2D layout – visTable

4.2.4 Materiálové toky

Do připraveného 2D layoutu byly v poslední fázi zanesené materiálové toky. Tyto toky byly zaznamenány v rámci první fáze prostorové studie v podobě spaghetti diagramu a odpovídají skutečnému stavu. Fáze zaznamenání materiálových toků je znázorněna na Obrázek 4-3.



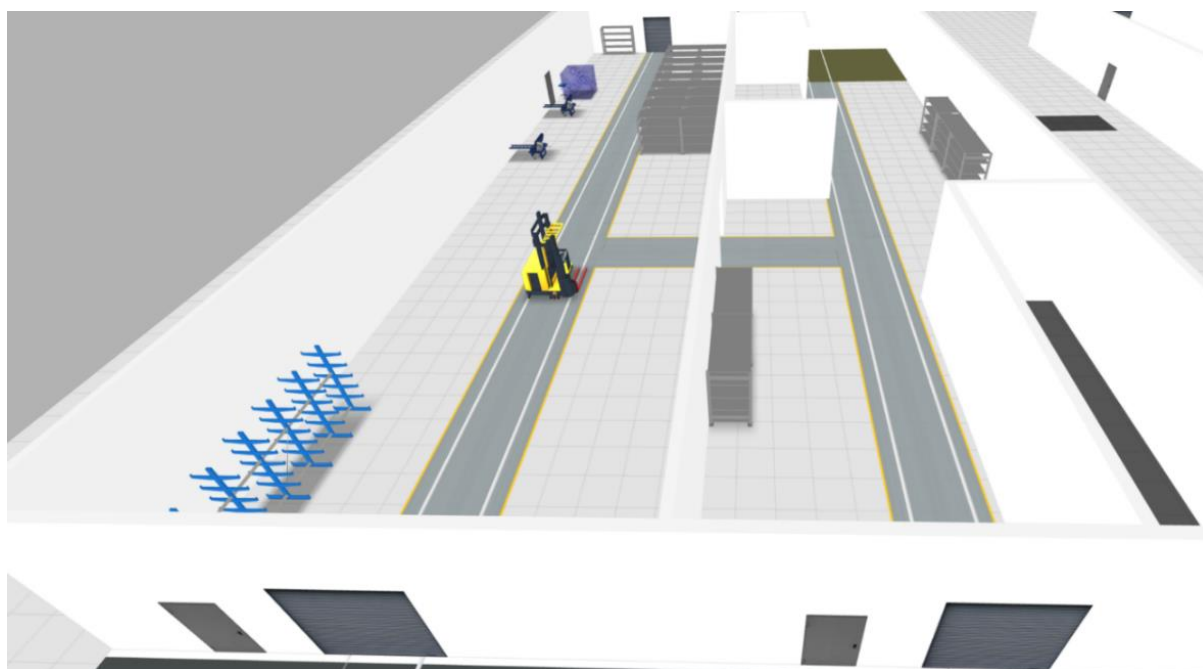
Obrázek 4-3: Materiálové toky v 2D layoutu

Toky odpovídají skutečnému pohybu materiálu od příjmu a jeho manipulaci do skladových pozic, přes dělení na dělicích strojích, uskladnění hotových polotovarů pro další výrobu a následnou manipulaci na výdej do další výroby. Příjem materiálu probíhá do levé i pravé lodi

výrobní haly, což značí neefektivnost při nutné navazující manipulaci materiálu k pilám z druhé lodi. Materiál je uskladněn i v hale, ve které není jeřáb, díky čemuž dochází ke složité manipulaci pomocí vysokozdvizného vozíku nebo náročné a ergonomicky nevhodné ruční manipulaci s dlouhým tyčovým materiálem. Tyto příčiny mají za následek dlouhý materiálový tok, který je pro nové návrhy pracoviště potřebné výrazně zredukovat.

4.2.5 3D model výrobní haly

Pro přehlednost všech strojů a vybavení pracoviště přípravy materiálu byl vytvořen v software visTable přehledný 3D model, ve kterém je toto vybavení znázorněno. Tento model je vidět na Obrázek 4-4. Kamera pro záběr 3D modelu je umístěna nad vstupem do výrobní haly, přičemž v pravé lodi se nachází buňka mistra a v lodi levé pak všechna dělicí zařízení.



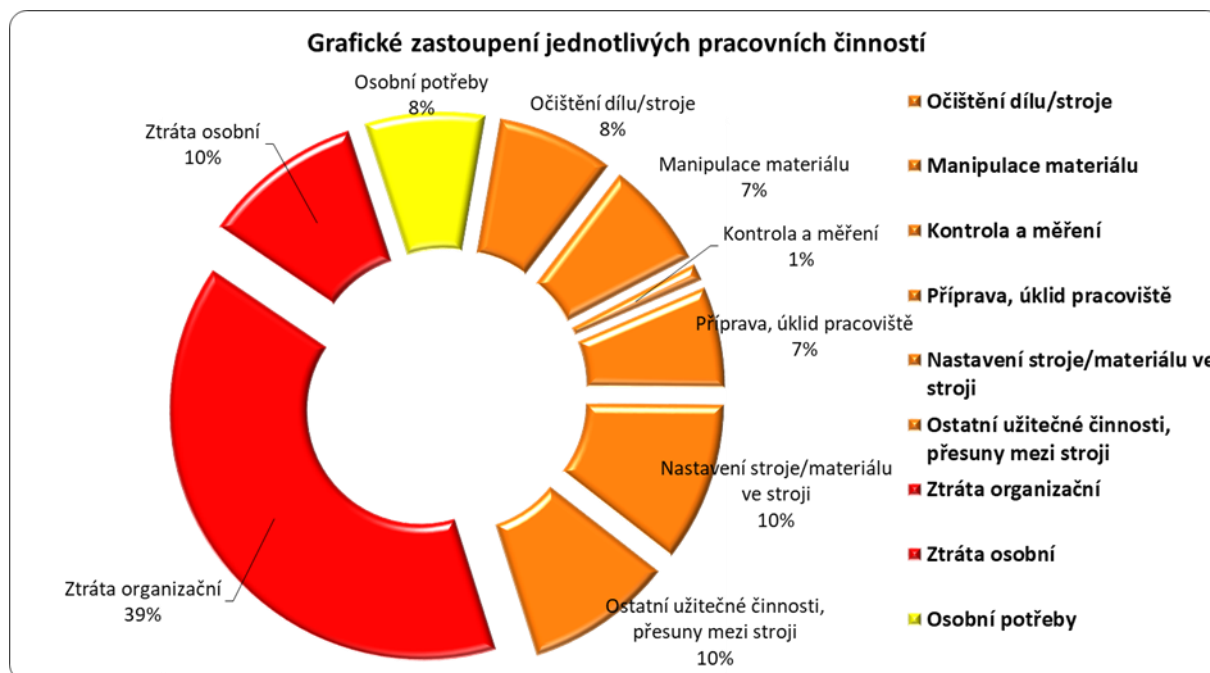
Obrázek 4-4: 3D model výrobní haly

Z původního spaghetti diagramu, následného rozměření haly, vytvořeného 2D výkresu haly včetně materiálových toků a 3D modelu výrobní haly byly zjištěny nedostatky. Tyto nedostatky souvisely především s dlouhými manipulačními vzdálenostmi s materiálem a s nedodržením ergonomických norem pro manipulaci s materiálem. Další nedostatky souvisely s dlouhými a často zbytečnými přechody v rámci pracoviště. Přechody pracovníka se týkaly především chůze do buňky mistra pro vytištění zakázky, aby pracovník věděl, co je plánované k dělení. Další přechody pracovníka byly ven z haly k dopravníkům u jednotlivých dělicích zařízení. Tyto dopravníky jsou situovány právě ven z haly. Z důvodu nevhodné orientace strojů vzniká mnoho ztrátových časů právě zbytečnými přechody pracovníka.

Z důvodu vyzorovaných nedostatků byla provedena časová studie pomocí snímku pracovního dne. Tento snímek podal přehledné informace o podílu času pro manipulaci a přechody v rámci celé směny. V následující kapitole je tato analýza detailně popsána.

4.3 Časová studie činností pracovníka

V rámci analýzy současného stavu byl také proveden snímek pracovního dne na pracovišti dělení materiálu. Pracoviště dělení materiálu a pracoviště skladu jsou vzájemně provázané a tedy pracovník, který dělí materiál, je zároveň také skladníkem. Snímek pracovního dne byl měřen na jednom pracovníkovi, který v daný den prováděl vícestrojovou obsluhu 3 strojů určených k dělení materiálu. Důležité je zmínit, že prováděná činnost pracovníka je obslužná. Na Obrázek 4-5 je vidět poměr jednotlivých činností pracovníka v grafickém zobrazení.



Obrázek 4-5: Grafické zastoupení jednotlivých pracovních činností pracovníka

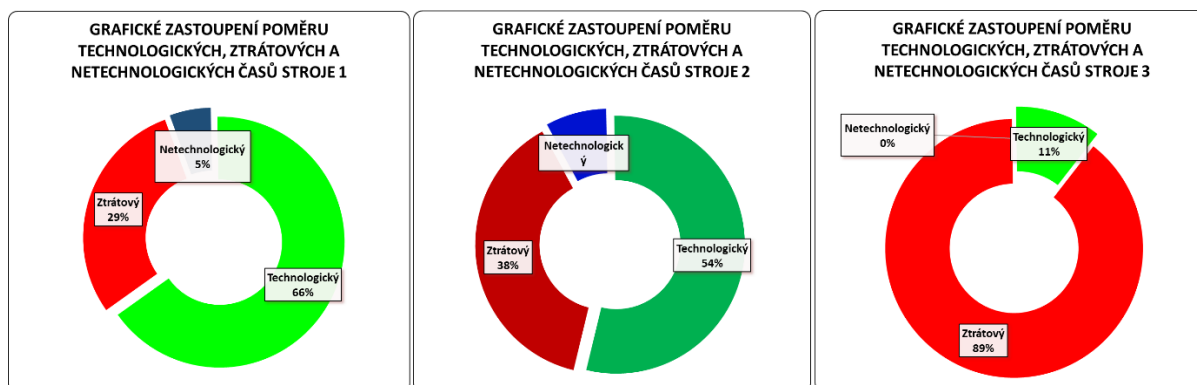
Jak je vidět z pravé části obrázku výše, téměř polovina pracovní doby byla tvořena ztrátovými činnostmi. Do osobních potřeb pracovníka je zahrnuta přestávka, občerstvení pracovníka, popřípadě odchod na toaletu. Podíl osobních ztrát byl způsoben pochybením pracovníka nebo například odchodem na cigaretu mimo přestávku.

Ze snímku byly vyzorovány podíly časů z celkové pracovní směny připadající na předem definované zbytečné a ztrátové činnosti způsobené přechody pracovníka a zdlouhavou manipulací materiálu. Na manipulaci materiálu připadá celkově 7% ze směny pracovníka obsluhy pil. Problém byl pozorován v uskladnění materiálu v obou lodích výrobní haly, kdy je nutné manipulovat s materiálem bez použití manipulačních zařízení a ergonomicky nevhodně. Ostatní užitečné činnosti a přesuny pracovníka mezi stroji připadají na nutné činnosti z důvodu vícestrojové obsluhy. 10% podíl pro nastavení stroje a materiálu ve stroji připadá na samotnou přípravu řezání. Velký podíl časů ze směny pracovníka zahrnují organizační ztráty. Tyto ztráty jsou způsobeny přechody pracovníka do buňky mistra pro vytisknutí zakázky, hledání materiálu v regálech a přechody pracovníka ven z haly k dopravníkům.

Další skupinou těchto organizačních ztrát je prostoj způsobený čekáním u stroje, přičemž nebyla pozorována činnost u dalších dělicích strojů. Tedy zatímco pracovník čekal na nařezání materiálu, na dalším stroji se nedělo nic. Díky časové studii bylo zjištěno, že ztráty vznikají nejen zbytečnými činnostmi, ale i tím, že nejsou plně využity kapacity strojů.

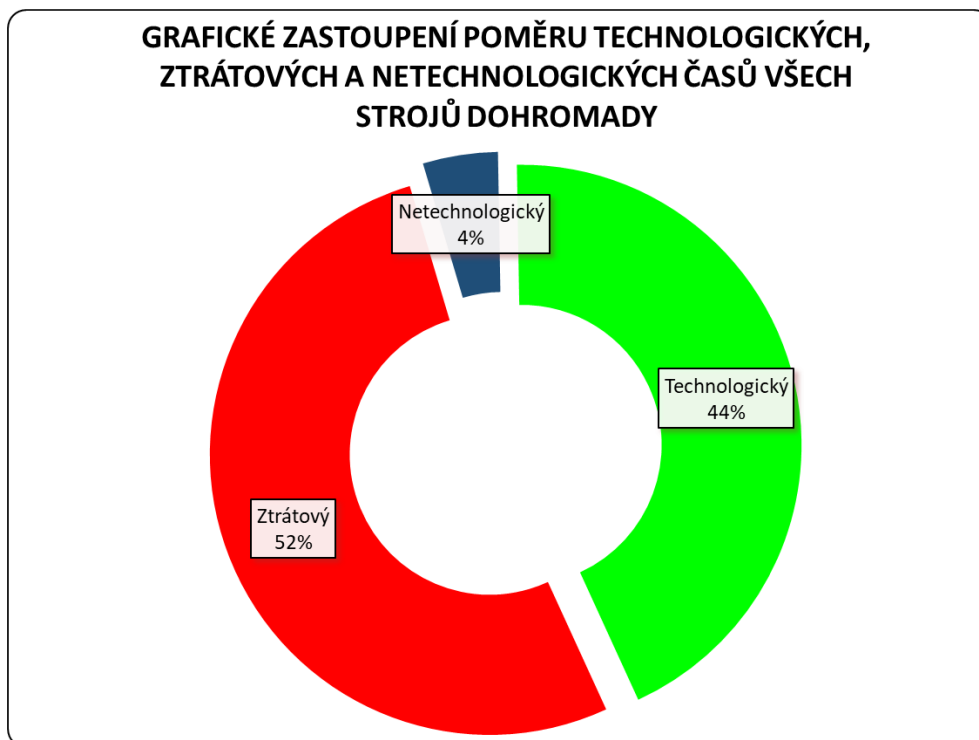
4.4 Časové využití strojů

Zároveň se snímkem pracovního dne bylo provedeno měření časového využití strojů. Využití jednotlivých strojů je znázorněno na Obrázek 4-6. Nedostatečné využití strojů souvisí především s nestandardizovanými činnostmi na pracovišti, chybami pracovníka a jeho osobními prostoji. Zeleně je označen podíl času technologického, modře podíl času netechnologického a červeně ztrátové časy pro jednotlivé stroje, kdy stroj vůbec nebyl v provozu.



Obrázek 4-6: Grafické znázornění využití jednotlivých strojů

Z obrázku výše je patrné, že stroje nejsou vhodně využité a na grafech je znázorněn velký podíl ztrátových činností. Procento jednotlivých částí grafu zobrazuje podíl z celkové pracovní doby. Lze vidět, že na třetím stroji se nic nedělo téměř 90% pracovní doby. Na prvním stroji se pracovalo přes 60% a na druhém přes 50% pracovní doby. To značí, že celkové využití všech strojů, znázorněné na Obrázek 4-7, je pouze 44% z pracovní doby a to ukazuje značnou neefektivitu.



Obrázek 4-7: Grafické znázornění využití všech strojů dohromady

V těchto grafech je zeleně znázorněn podíl doby, kdy byl stroj v provozu, modře jsou označeny časy, které jsou nezbytně nutné pro provoz stroje, například dolítí chladicí kapaliny a červeně je zobrazena doba, kdy stroj nepracoval.

Jedním z důvodů požadavku na nový návrh prostorového uspořádání výrobní jednotky přípravy materiálu je nestíhání tohoto úseku při požadavcích navazující výroby. Je proto velmi důležité pro podnik tento problém rychle vyřešit, protože pracoviště neplní požadavky výroby, ale kapacity strojů jsou výrazně nevyužité.

4.5 Výsledky analýzy současného stavu

Z analýzy současného stavu vyplývá, že na pracovišti je v současné době velké množství nedostatků týkajících se prostorového uspořádání, organizace práce, zbytečným plýtváním z pohybů pracovníka a nedostatečným využitím strojů. V následujícím textu jsou tyto problémy detailněji popsány.

Prostorové uspořádání haly

- Tento nedostatek vyplynul z prostorové a časové studie. Ze spaghetti diagramu je patrné, že na pracovišti je nutné překonávat velké vzdálenosti při manipulaci s materiálem i přechodech. Některý materiál velkých rozměrů (6 metrové tyče) jsou umístěné v lodi, kde nejsou stroje a je potřeba dlouhé tyče manipulovat ke stroji. Tyto činnosti výrazně prodlužují potřebnou dobu přípravy, zatímco stroj stojí, a prodlužují délku materiálového toku. Zároveň nevhodná orientace strojů, kdy k nim přiléhající dopravník je situován směrem ven z haly, výrazně prodlužuje dobu zavážení stroje materiálem a vyžaduje přechody ven z haly právě k těmto dopravníkům.

Ztrátové činnosti pracovníka

- Ztrátové činnosti pracovníka souvisí s prostoji způsobenými čekáním u stroje, přičemž některý stroj stojí. Lepší organizací práce pro vícestrojovou obsluhu by zamezila tomuto plýtvání ve formě nevyužití kapacit strojů společně se ztrátou z čekání pracovníka u stroje. Další ztrátové činnosti jsou způsobeny přechody pracovníka. Jedná se o přechody způsobené nutností chůze do buňky mistra pro vytisknutí průvodky k zakázce a následného hledání materiálu a také přechody ven k dopravníkům kvůli srovnání materiálu před založením do stroje. Zbytečné plýtvání je také způsobeno potřebou pracovníka vykonávat často dlouhou a náročnou manipulaci s materiálem.

Nízké využití kapacit strojů

- Velice důležitým nedostatkem je špatné využití výrobních kapacit strojů, protože pracoviště nestíhá plnit požadavky navazující výroby. Jedním z důvodů tohoto plýtvání je nesprávná organizace práce při vícestrojové obsluze. Je důležité správně nastavit tento standard obsluhy jednotlivých strojů. Dalším problémem z hlediska organizace práce je definice pracovních činností. Obsluha pily je zároveň manipulací materiálu, pracovníci dělají obě činnosti a navzájem si překáží. V kombinaci se současným prostorovým uspořádáním výrobní haly, kdy jsou pracoviště skladu a dělení materiálu spojená, vznikají prostoje strojů při manipulaci materiálu ke stroji a následnému upravení na dopravnících z důvodu špatné orientace strojů.

Bezpečnost

- Poslední skupinou nedostatku jsou bezpečnostní nedostatky především z hlediska manipulace materiálu. Pro manipulaci materiálu by měly být dodrženy určité hmotnosti, ergonomické a hygienické limity, které při manipulaci s dlouhým a těžkým materiálem dodrženy nejsou. Jedná se především o nedostatečné manipulační zóny pro dlouhé tyče v okolí strojů, častou a dlouhou ruční manipulaci těžkého materiálu a nedodržování manipulační roviny. Zároveň je bezpečnost ohrožena špatnou organizací práce, kdy si pracovníci navzájem překáží a ohrožují se navzájem právě při manipulaci dlouhého tyčového materiálu.

4.6 Stanovení kritérií pro budoucí hodnocení

Tvorba kritérií vychází z výsledků analýzy současného stavu a zjištěných nedostatků současného uspořádání výrobní jednotky. Některá kritéria byla stanovena jako měřitelná, která lze dobře vyjádřit. Jiná kritéria nejsou měřitelná a jejich hodnocení vyplývá z kvalitativního posouzení současného uspořádání a mírou hodnocení daného kritéria. Rozdíl jednotlivých kritérií spočívá v tom, zda se jedná o kritérium minimalizační, u něhož je předpokladem dosažení nejlepšího výsledku co nejnižší hodnota tohoto kritéria, nebo o kritérium maximalizační, u něhož je předpokladem pro dosažení nejlepšího výsledku co nejvyšší hodnota kritéria. Jednotlivá kritéria jsou popsána v Tabulka 4-1 a budou dále použita pro hodnocení jednotlivých variant návrhu nového uspořádání výrobní jednotky. Kritéria $K_1 - K_6$ slouží k porovnání jednotlivých variant a k jejich výběru. Kritérium K_7 slouží k porovnání nákladovosti těchto variant. Kritéria jsou závislá na vypořizovaných nedostatcích současného uspořádání a jejich hodnocení bude provedeno dle míry vyřešení nebo odstranění daného nedostatku.

Tabulka 4-1: Jednotlivá kritéria včetně popisu

Název kritéria	K	Popis kritéria
Délka materiálového toku	K ₁	Minimalizační kritérium, cílem je dosažení co nejmenší hodnoty materiálové toku.
Délka personálního toku	K ₂	Minimalizační kritérium, cílem je dosažení co nejmenší hodnoty personálního toku.
Manipulační zóny	K ₃	Maximalizační kritérium, cílem je dosažení nejvhodnějšího uspořádání z hlediska dodržení manipulačních zón, kdy zároveň nedochází k zabránění velké plochy výrobní jednotky.
Organizace práce	K ₄	Maximalizační kritérium, cílem je dosažení a umožnění nejlepší organizace práce z hlediska rozdělení činností pracovníka a zavedení vícestrojové obsluhy.
Využití kolejnic pro manipulaci materiálu	K ₅	Maximalizační kritérium, cílem je dosažení největšího využití kolejnic pro usnadnění a zrychlení manipulace při zavážení více materiálu ke stroji.
Využití jeřábu pro manipulaci materiálu	K ₆	Maximalizační kritérium, cílem je dosažení největšího využití jeřábu pro usnadnění a zrychlení manipulace při zavážení více materiálu ke stroji.
Náklady	K ₇	Minimalizační kritérium, cílem je dosažení co nejmenších nákladů na reorganizaci pracoviště.

5 Návrh na změnu uspořádání výrobní jednotky

Z analýzy současného stavu byly zjištěny základní nedostatky v řešené výrobní jednotce. Nedostatky se týkaly organizace práce, definice pracovních činností pro pracovníky a správné využití vícestrojové obsluhy. Nejzásadnější nedostatek související se všemi výše zmíněnými nedostatky je ovšem současný stav uspořádání výrobní jednotky. Z toho důvodu byly provedeny návrhy na nové uspořádání výrobní jednotky, které zavádějí nápravná opatření na jednotlivé nedostatky a díky kterým je dosaženo určitého zlepšení.

5.1 Nápravná opatření na jednotlivé nedostatky

Nedostatky byly detailně popsány v kapitole Výsledky analýzy současného stavu. Zde jsou uvedena některá základní nápravná opatření proti těmto nedostatkům. V rámci tvorby návrhu na nové uspořádání výrobní jednotky byla zohledněna nápravná opatření a nový návrh byl proveden pro co nejlepší dosažení těchto opatření.

Prostorové uspořádání haly

Základním nápravným opatřením pro nevhodně uspořádané pracoviště je změna původního uspořádání výrobní jednotky za nový návrh. Návrh nového uspořádání je třeba přizpůsobit materiálovým tokům, pohybům pracovníka a plochám v navrhované výrobní jednotce. Tento návrh by měl vyhovovat konceptu podniku z hlediska nákladů a z hlediska přínosů. Přínosy spočívají v první řadě v poklesu množství objemu manipulace ve výrobě. Dosažením tohoto snížení lze dosáhnout také úspory nákladů vynaložených právě na manipulaci s materiálem a potřebných časů pro manipulaci. Díky správnému návrhu prostorového uspořádání je možno redukovat úzká místa ve výrobě. V neposlední řadě dojde také k efektivnímu využití prostoru ve výrobní hale a s ohledem na požadavky bezpečnost a hygienu práce i k dosažení tvorby vhodných pracovních podmínek. Nový návrh předpokládá zlepšení řízení zásob a skladování materiálu, zlepšení toku materiálu, jeho přepravy a manipulace s materiálem. Materiálový tok je řešen pomocí doby manipulace a objemu manipulace jako přepravní výkon, který lze stanovit přesnou metrikou. Zároveň je nutné pro zefektivnění současné výroby dosáhnout také zkrácení personálních toků.

Ztrátové činnosti pracovníka

V tomto bodě je důležité eliminovat ztrátové činnosti pracovníka vhodnými metodikami. Pro podnik je cílem zvýšení produktivity pracoviště, kterého lze docílit právě i odhalením a nápravou nedostatků ve stávajícím systému. V rámci nového návrhu uspořádání výrobní jednotky je proto třeba dbát na eliminaci plýtvání způsobeného pracovníkem, využitím jeho času, využitím materiálu, jeho včasného zásobování ke strojům a také samotné využití strojů a zařízení. Správným proškolením pracovníka a jeho vedením se může dosáhnout eliminace osobních prostoje pracovníka. Organizační prostoje je nutné řešit pomocí organizačních opatření. Je třeba správně zavést standard pro pracoviště, tento standard udržovat a nadále kontrolovat. Pro dosažení snížení ztrátových činností a tím i dosažení zvýšení produktivity a efektivnosti pracoviště je vhodné využít různé racionalizační metody. Změny většinou souvisí s používanými pracovními pomůckami, organizací pracoviště a dodržením ergonomických zásad. Společně s tím by mělo být také docíleno snížení pracovní zátěže a redukce pohybů pracovníka. Posledním důležitým krokem je správná organizace práce a správné využití vícestrojové obsluhy.

Nízké využití kapacit strojů

Tento nedostatek je složité vyřešit, neboť je třeba důkladně zmapovat celý proces. Po zmapování je teprve možno provádět nápravná opatření. Nízké využití může být způsobeno různými důvody. Může se jednat o plýtvání způsobené pracovníky, plýtvání způsobené vysokou poruchovostí strojů, nedostatkem materiálu či nedostatkem požadavků. Pro zvýšení využití kapacit výrobních zařízení je tedy třeba znát skutečné kapacity a eliminovat prostoje vznikající z různých důvodů. Přestože některé ztráty nelze ovlivnit, stále je dost těch, které lze ovlivnit a výrazně je snížit. Pokud podnik nemá k dispozici dostatek výrobních kapacit, může se vydat několika možnými cestami. Podnik může buď snížit výrobu anebo naopak výrobu navýšit zavedením další směny nebo nákupem nového stroje. V opačném případě, kdy podnik disponuje dostatkem výrobních kapacit, ale jsou malé požadavky na výrobu, může naopak zvýšit výrobu nebo snížit počet směn, popřípadě prodat nevyužité stroje. Je ovšem důležité znát požadavky na výrobu a dostupné výrobní kapacity.

Bezpečnost

Z hlediska bezpečnosti je při návrhu nového uspořádání výrobní jednotky důležité věnovat se bezpečnostním požadavkům a normám. Návrh je třeba provést v souladu s těmito požadavky a co nejlépe se jim přizpůsobit. Z hlediska ergonomie je třeba dbát dodržení manipulačních zón a manipulačních rovin.

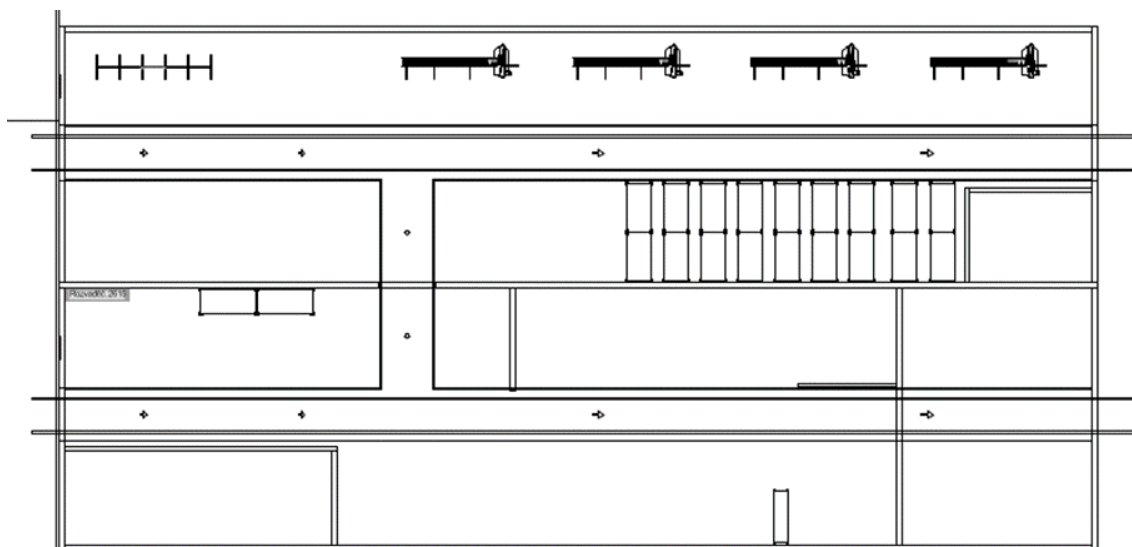
5.2 Návrhy uspořádání výrobní jednotky

Nové návrhy uspořádání výrobní jednotky byly tvořeny na základě zjištěných nedostatků a k nim definovaných nápravných opatření. V každé navržené variantě je snaha o co nejlepší eliminaci nedostatků pomocí nápravných opatření. Některá varianta klade větší důraz na některý nedostatek, jiná varianta na jiný nedostatek. Cílem je najít nejvhodnější variantu, která kombinuje nápravu nejvíce nedostatků.

Před samotnou tvorbou variant návrhů nového uspořádání výrobních jednotek je nutné si shrnout nový vstup zadaný podnikem. Protože požadavky výroby stále rostou a předpokládaný růst se udrží i v následujícím období, současné kapacity výrobních zařízení nestačí požadavkům výroby. Porovnání požadovaných kapacit se současně dostupnými bylo provedeno společností. Kapacity by tedy nestačily ani při plném vytížení všech 3 dělicích strojů na pracovišti přípravy materiálu. Proto podnik provedl investici při koupi nových 2 dělicích strojů, přičemž 1 ze stávajících, nejstarší pilu, z pracoviště odstraní. Při návrzích nových uspořádání bylo tedy nutno přihlídnout k tomuto faktu a pracoviště navrhovat s počtem celkem 4 dělicích zařízení.

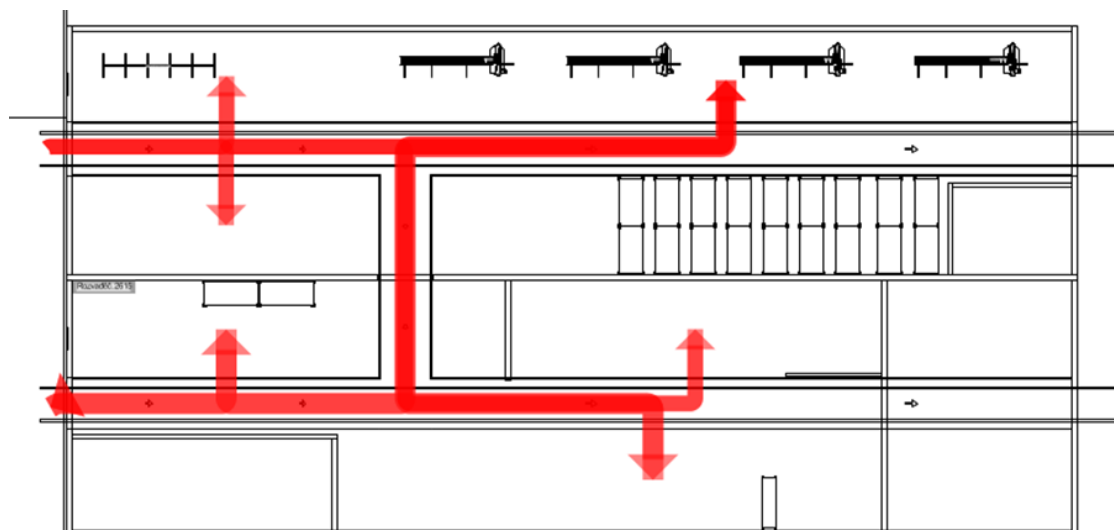
5.2.1 Varianta A – stroje za sebou

První vytvořená varianta spočívá ve změně orientace strojů a dopravníků k nim přilehajících do vhodné polohy pro následnou manipulaci. Na Obrázek 5-1 lze vidět 4 stroje umístěné v levé lodi postupně za sebou. Z hlediska přesunů je v tomto návrhu nutné přesunout pouze jeden regál s materiálem, na jehož místo je situováno 4. dělicí zařízení. Díky změně orientace strojů došlo k úspoře přechodů ven z haly z důvodu srovnání materiálu na dopravníku. Zároveň je díky podélné orientaci strojů docíleno efektivnějšího a snadnějšího zavážení materiálu ke strojům a jeho následného založení do stroje. Z toho hlediska lze dobře využít kolejnice umístěné rovnoběžně se stroji nebo jeřáb, který se také v této lodi výrobní haly nachází.



Obrázek 5-1: 2D layout varianty A

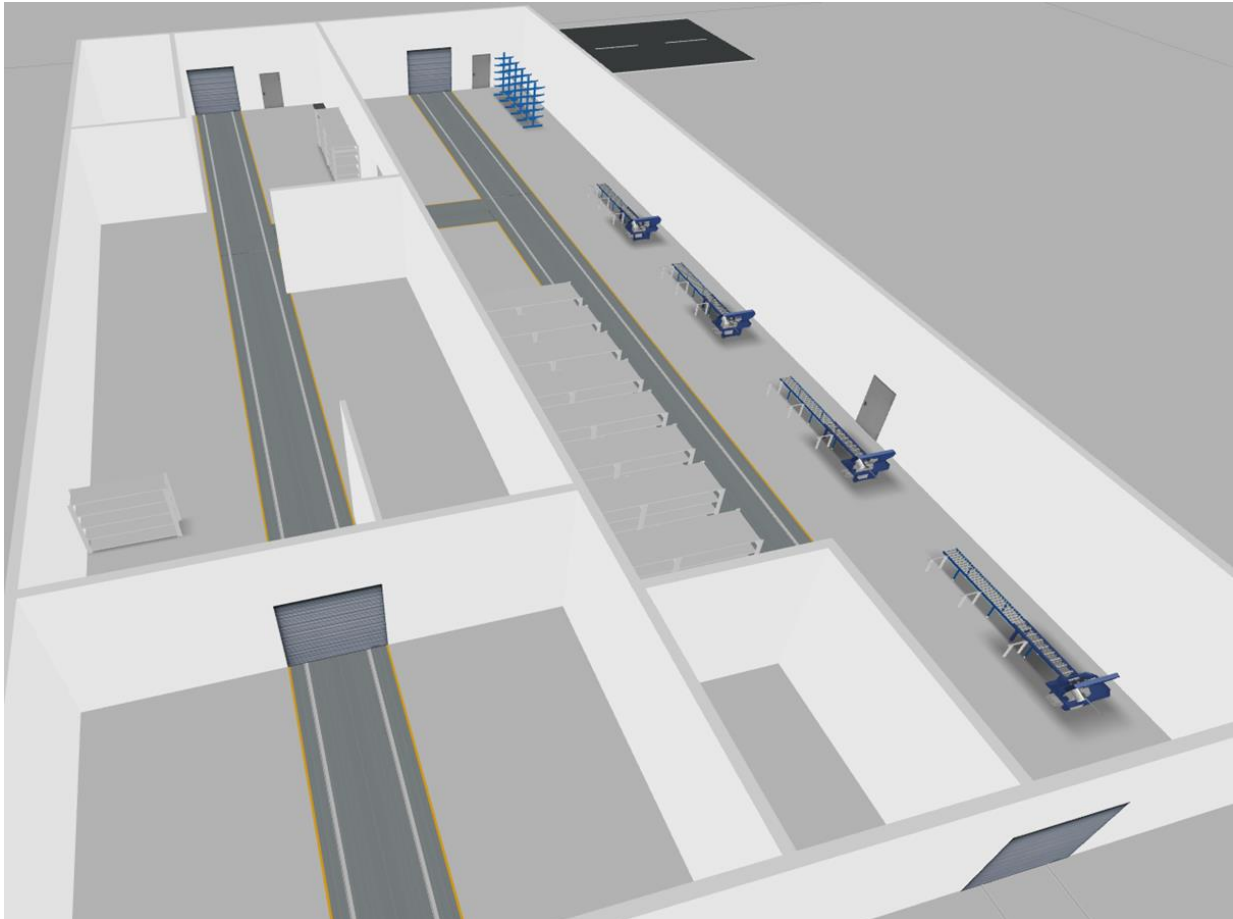
Tato varianta klade větší důraz na zvýšení využití kapacit strojů a usnadnění manipulace materiálu ke stroji. Díky dostatečně velkým manipulačním zónám pro každý stroj, kde není problém manipulovat i dlouhou 6 metrovou tyč, dochází ke zvýšení bezpečnosti. Za použití manipulačních prostředků dochází také k dodržení manipulačních rovin při manipulaci materiálu. V další fázi návrhu varianty A byly vytvořeny nové materiálové uzly, na které navazují nové materiálové toky. Tok materiálu je zobrazen na Obrázek 5-2.



Obrázek 5-2: Materiálové toky varianty A

Podobné umístění strojů jako u původního stavu, tedy v levé lodi výrobní haly, výrazně nezkracuje materiálový tok. Převážný výkon se částečně zkrátí díky odstranění jednoho regálu. Z rozmístění materiálových toků lze pozorovat, že stále probíhá manipulace materiálu z pravé lodi výrobní haly, ve které není umístěn jeřáb. Z tohoto důvodu dochází stále ke zdoluhavé a ergonomicky nevhodné manipulaci materiálu ke stroji. Zároveň nedochází k eliminaci personálních toků při chůzi pro vytisknutí zakázky, přičemž následně pracovník hledá materiál. Z hlediska organizace práce je dobře nastavitelná vícestrojová obsluha při současném

rozmístění dělicích zařízení. Standardizací činností lze přesně definovat, které stroje má v danou chvíli pracovník obsluhovat. Stále je ovšem problém v organizaci z hlediska rozdělení pracovních činností na obsluhu a manipulanta, takže nadále dochází k prostojům strojů z důvodu čekání na obsluhu. Pro usnadnění představy pracoviště byl vytvořen 3D model návrhu varianty A. Na Obrázek 5-3 je pohled tohoto modelu umístěn na druhé straně haly než je vchod do haly, tedy opačně než u modelu současného uspořádání.



Obrázek 5-3: 3D model návrhu varianty A

Výhody:

- Efektivnější zavážení materiálu ke stroji v kombinaci s manipulačními prostředky.
- Dodržení ergonomických zásad pro manipulaci materiálu přímo do stroje.
- Z hlediska organizace práce je dobře nastavitelná vícestrojová obsluha.

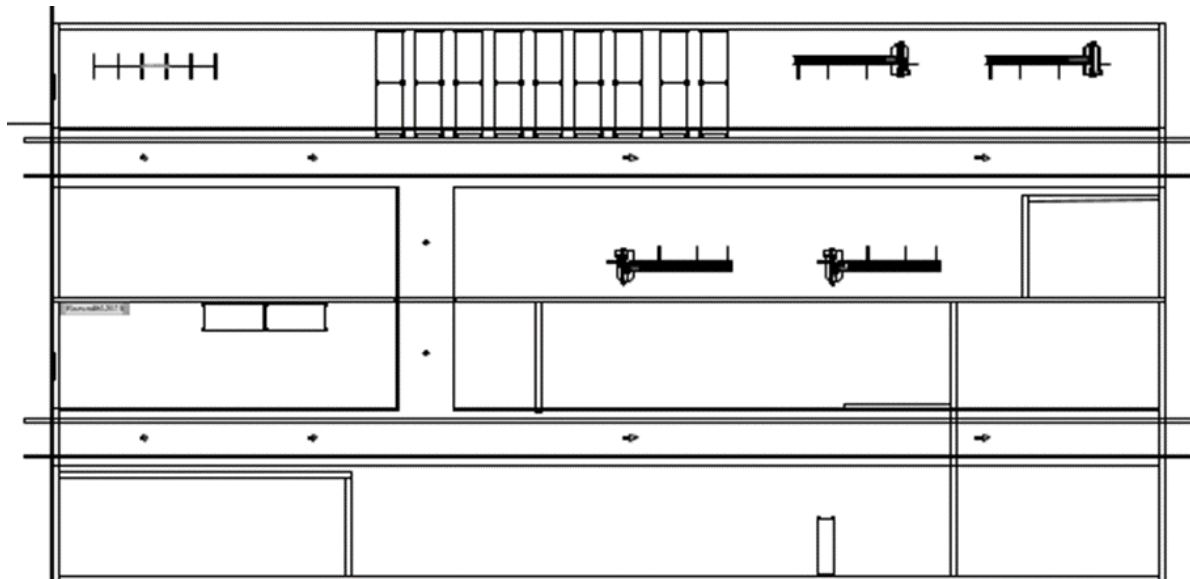
Nevýhody:

- Složitá manipulace materiálu z vedlejší lodi.
- Není docíleno výrazné redukce materiálových a personálních toků.
- Obtížně dělitelná pozice pracovníka na dvě dílčí pozice, a to pracovníka obsluhy strojů a pracovníka skladu.

5.2.2 Varianta B – stroje naproti sobě

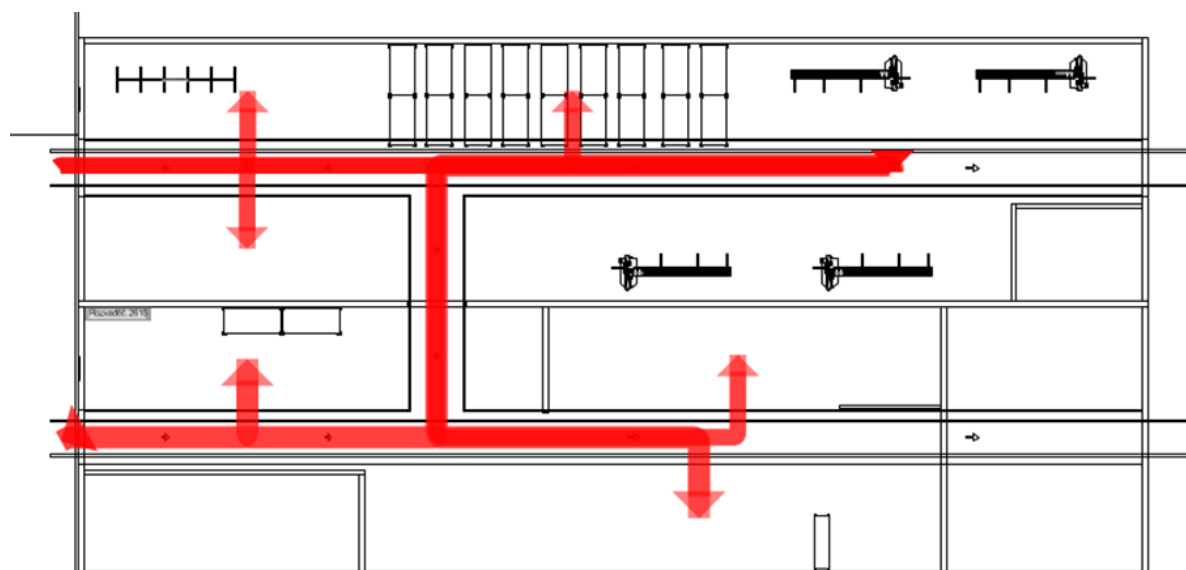
Ve druhé variantě jsou opět stroje spolu se svými dopravníky orientovány směrem do haly. Uspořádání, jak je vidět na Obrázek 5-4, je velmi podobné variantě A, ovšem stroje zde nejsou

situovány za sebou podél jedné stěny, ale ve dvojicích naproti sobě podél obou stěn levé lodi výrobní haly. Opět je zde z důvodu požadavků podniku pracováno s celkem 4 dělicími stroji. Změna orientace i rozmístění strojů zde vyžaduje přesun všech policových regálů. Regály jsou přesunuty z pravé stěny levé lodi výrobní haly na levou stěnu této lodi, kde je pro ně více místa. Změna orientace strojů umožňuje opět lepší, efektivnější a snadnější zavážení materiálu ke stroji a jeho založení do stroje. Orientace směrem dovnitř haly také brání vykonávání zbytečných přechodů ven z haly směrem k dopravníkům. Z důvodu rovnoběžného umístění strojů společně s pozemními kolejnicemi a kolejnicemi pro jeřáb je zde docíleno možnosti vyššího využití těchto manipulačních prostředků.



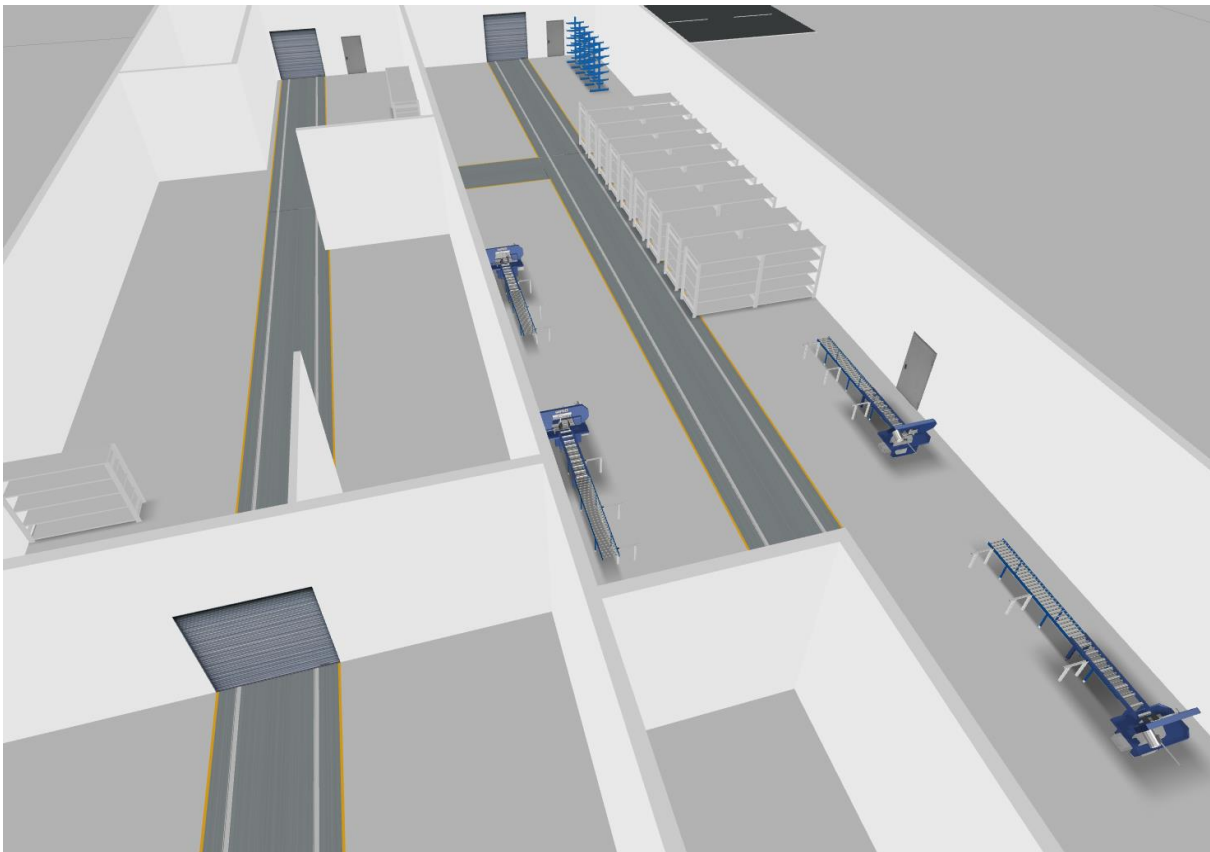
Obrázek 5-4: 2D layout varianty B

Při tvorbě této varianty byl kladen důraz na zvýšení výrobní kapacity všech strojů a usnadnění manipulace materiálu ke stroji a jeho následné založení. Pro zavážení materiálu ke stroji je vhodné použít manipulační prostředky, které lze využít vzhledem k rovnoběžnosti s dopravníky přilehajícími ke stroji. Při takto prováděné manipulaci jsou dodrženy manipulační roviny a hmotnostní limity. Vzhledem k rozložení strojů lze počítat s dostatečně velkými manipulačními zónami i pro 6 metrové tyče, takže dosáhneme zvýšení bezpečnosti. Pro vizualizaci materiálových toků byl opět vytvořen 2D náčrtek právě se zanesenými materiálovými toky, jenž je zobrazen na Obrázek 5-4.



Obrázek 5-5: Materiálové toky varianta B

Uspořádání je podobné původnímu stavu z hlediska umístění strojů, které se opět nachází pouze v levé lodi výrobní haly. Díky změně orientace a umístění strojů a přesunu regálů bylo dosaženo zkrácení materiálového toku, ale stále je zde nutno počítat s manipulací z pravé lodi. Právě manipulace z pravé lodi výrobní haly je opět zdlouhavá a náročná pro pracovníka. Při této manipulaci je obtížné využít manipulační prostředky. Přesto dochází k ještě větší úspoře v přepravním výkonu než u varianty A. Z hlediska personálních toků dojde ke zkrácení, protože pracovník nemusí odcházet k dopravníkům ven z haly. Stále však přetrvává chůze do buňky mistra pro vytisknutí zakázky a následné hledání materiálu v hale. Lze dosáhnout dobré organizace práce z hlediska vícestrojové obsluhy, protože jsou stroje umístěné v jedné lodi a po dvojici u sebe. Pracovník má na starosti své dva stroje a jsou pro něj definované a standardizované činnosti. Opět zde vyvstává problém s organizací práce z hlediska rozdělení pracovišť a pracovních činností pro manipulanta a obsluhu pily, což stále způsobuje prostoje z důvodu čekání na obsluhu při zastaveném stroji. Na Obrázek 5-6 je vizualizace modelu návrhu varianty B, kdy je pohled kamery umístěn podobně jako u varianty A na druhé straně haly než je vchod.



Obrázek 5-6: 3D model návrhu varianty B

Výhody:

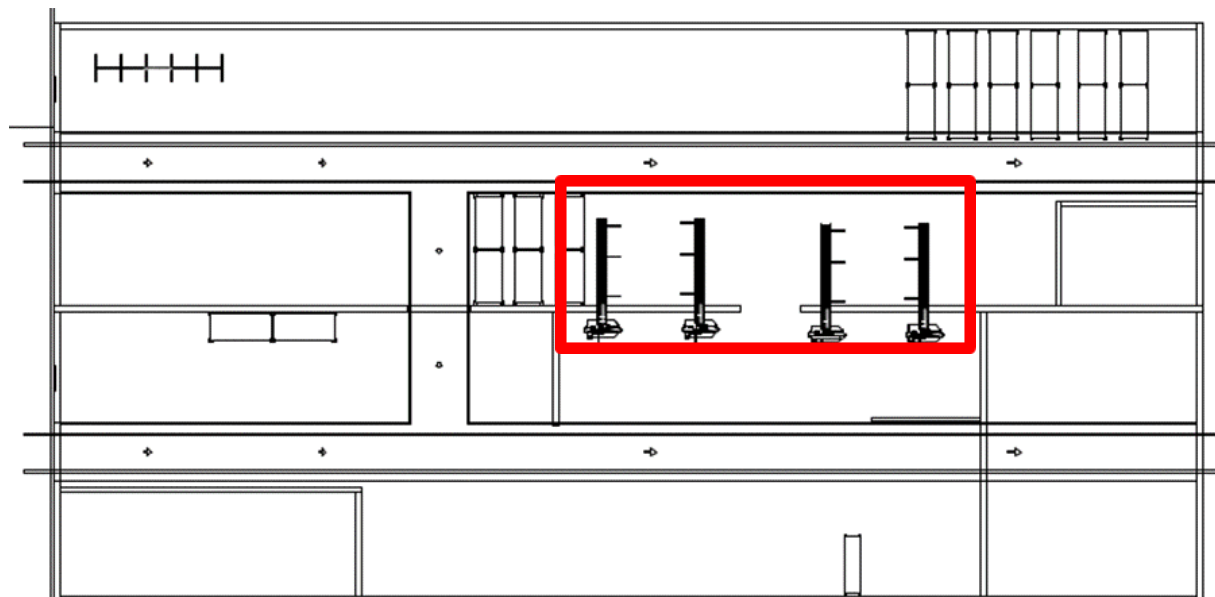
- Zefektivnění závozu materiálu ke stroji.
- Vyšší využití manipulačních prostředků.
- Náprava ergonomických nedostatků pro manipulaci s materiálem přímo u stroje.
- Díky uspořádání možnost efektivního nastavení vícestrojové obsluhy.
- Snížení materiálových toků díky přesunu strojů a regálů.
- Snížení personálních toků díky odstranění přechodů ven z haly k dopravníkům

Nevýhody:

- Zdlouhavá a ergonomicky nevhodná manipulace materiálu z vedlejší lodi.
- Materiál prochází i pravou lodí výrobní haly, stále prodlužuje materiálový tok.
- Organizace práce z hlediska rozdělení pozic – obtížná definice činností pracovníka obsluhy a manipulanta materiálu.
- Vyšší náklady na přesun policových regálů.

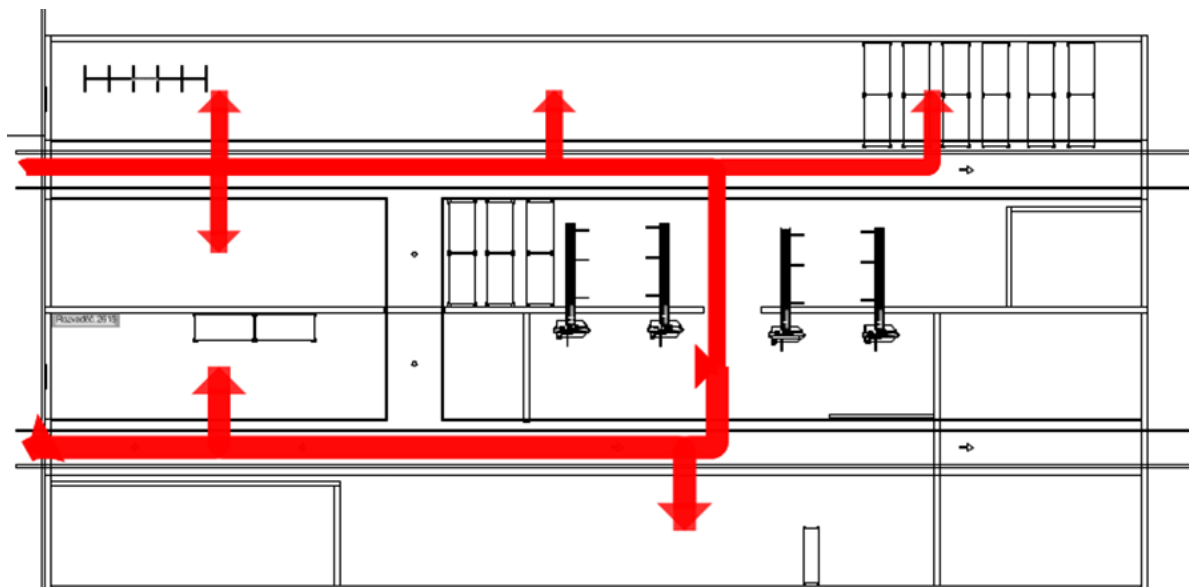
5.2.3 Varianta C – Stroje skrz stěnu

V této variantě nebyla provedena výrazná změna v orientaci strojů, ale byla provedena změna v rozmístění strojů. Podle Obrázek 5-7 lze vidět, jakých změn v rozmístění bylo docíleno. Stroje se již nenachází v levé lodi výrobní haly, ale byly přesunuty do pravé lodi. Orientace strojů byla ponechána dle původního stavu. Dopravníky přiléhající ke strojům byly umístěny skrz stěnu mezi pravou a levou loď výrobní haly. Z důvodů požadavků podniku bylo podobně jako u dalších variant navrženo pracoviště se 4 dělicími stroji. Přestože jsou stroje situovány do pravé lodi výrobní haly, dopravníky jsou umístěny stále v lodi levé. Takovéto uspořádání vyžaduje přesun 10 policových regálů s materiálem a probourání děr ve stěně pro dopravníky, popřípadě pro chůzi obsluhy. Ponechaná orientace jako u původního stavu nebyla z hlediska manipulace materiálu ke stroji tak efektivní jako předchozí varianty, nicméně manipulační zóny v okolí strojů jsou dostatečně velké pro zavážení 6 metrových tyčí na dopravníky ke stroji. Z důvodu nového rozmístění je možno využívat i kolejnice umístěné v pravé lodi výrobní haly.



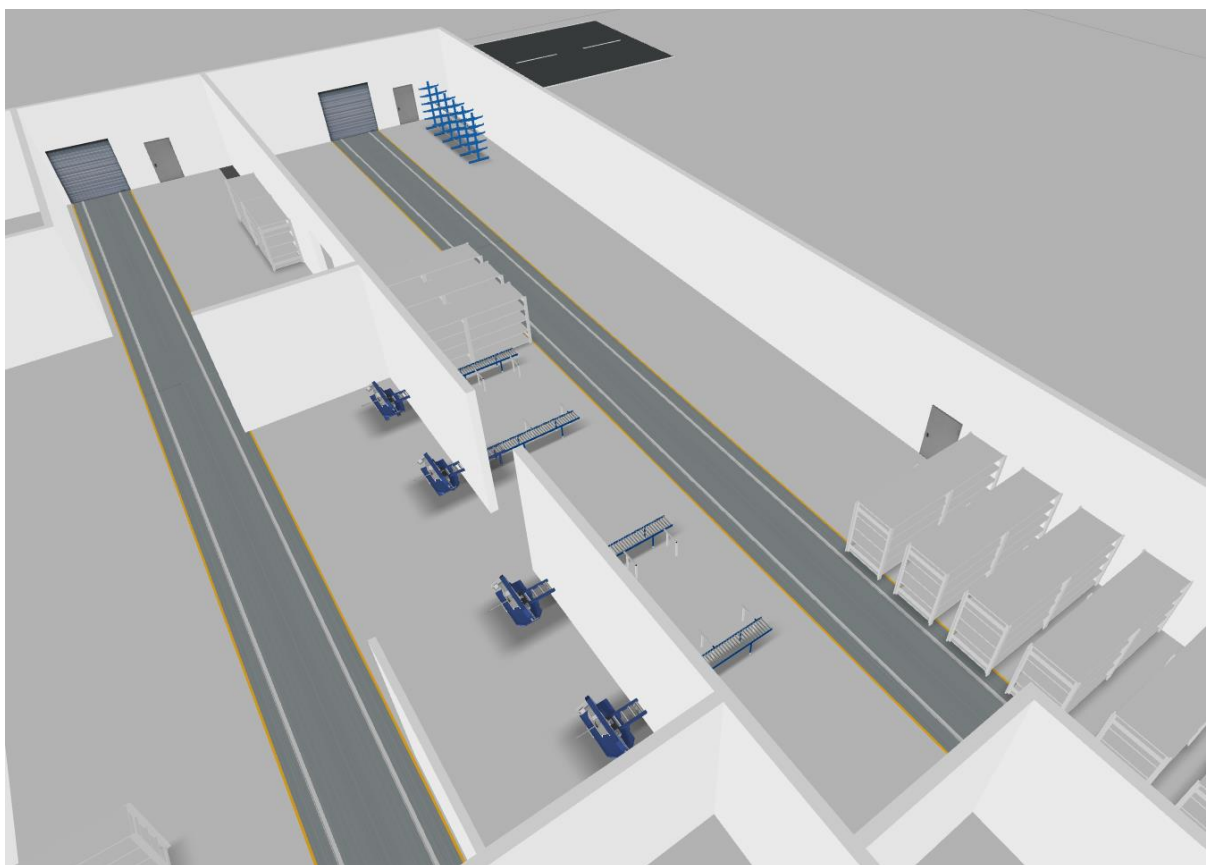
Obrázek 5-7: 2D layout varianty C

Při tvorbě této varianty byl snížen důraz kladený na co největší usnadnění manipulace materiálu ke stroji, ale přesto byl docílen tento požadavek vzhledem k situování dopravníků přímo v lodi s materiálem. Pro zavážení materiálu ke stroji je možno využít kolejnice i jeřábu v levé lodi výrobní haly a pro odvážení naděleného materiálu je možno využít kolejnic umístěných v pravé části lodi. Tímto uspořádáním došlo ke zlepšení materiálového toku do U, které je vidět na Obrázek 5-8. Větší důraz při tvorbě této varianty byl tedy kladen na redukci materiálových a personálních toků.



Obrázek 5-8: Materiálové toky varianta C

Vzhledem k orientaci strojů a dopravníků je umístění podobné jako u původního stavu, ale přesto mnohem více efektivní. Díky přesunu strojů do pravé lodi vznikl prostor pro umístění materiálu z velké části do lodí levé a tím došlo v levé lodi výrobní haly k vytvoření skladu. Pouze některý málo obrátkový materiál zůstal umístěn v pravé lodi. Není tedy nutné počítat s obtížnou a náročnou manipulací materiálu mezi oběma loděmi. Vzhledem k materiálovému toku ve tvaru U došlo k výrazné úspoře přepravního výkonu oproti dalším variantám a původnímu stavu. Z hlediska personálních toků také došlo k výrazné úspoře, protože byly eliminovány právě náročné manipulace z druhé lodi a dále byly zkráceny přechody pracovníků do buňky mistra pro vytisknutí zakázky. Umístění strojů po dvojicích nabídlo zlepšení organizace práce při vícestrojové obsluze, kdy každý pracovník obsluhuje právě dva stroje. Pro tyto dva stroje má definované a standardizované činnosti. Zároveň díky přesunu strojů do pravé lodi výrobní haly a materiálu do lodí levé došlo z hlediska organizace práce i k vyřešení jednoho z největších problémů, sloučeného pracoviště a sloučených pracovních pozic. Díky rozdělení haly na 2 části je možno levou loď výrobní haly považovat za sklad materiálu, ve kterém se pohybuje skladník a manipulát. Tento pracovník má v popisu práce pouze zásobovat stroje dostatkem materiálu, tím přichází ke stroji více materiálu a stroje jsou více využité. Pravou loď lze považovat za pracoviště dělení materiálu a sklad hotových polotovary pro další výrobu. Nachází se zde pracovníci obsluhy pil, kteří mají v popisu práce pouze dělit materiál, popřípadě odvážet hotové polotovary. Je tedy docíleno snížení prostojů z čekání u stroje a snížení prostojů stroje z důvodu čekání na obsluhu při zastaveném stroji. Vizualizace návrhu pomocí 3D modelu je zobrazena na Obrázek 5-9 a pohled kamery je směřován podobně jako u dalších variant na druhou stranu haly od vchodu.



Obrázek 5-9: 3D model návrhu varianty C

Výhody:

- Úspora manipulace z pravé lodi výrobní haly.
- Úspora materiálových toků při organizaci toku do U.
- Úspora personálních toků – odstranění přechodů k dopravníku a redukce přechodů do buňky mistra.
- Využití manipulačních prostředků pro zavážení materiálu ke stroji a při odvážení hotových polotvarů.
- Zvýšení bezpečnosti práce zvětšením manipulačních zón.
- Rozdělení haly na pracoviště skladu a pracoviště dělení materiálu.
- Rozdělení pracovních pozic pro skladníka/manipulanta a pro obsluhu výrobních zařízení.
- Nastavení předpokladů pro standardizaci vícestrojové obsluhy.

Nevýhody:

- Náklady spojené s přesuny regálů a s probouráním děr mezi loděmi výrobní haly.
- Nutnost převracet materiál o 90° při zavážení materiálu ke stroji.

6 Hodnocení variant multikriteriálním hodnocením

Vzhledem k výhodám a nevýhodám jednotlivých variant, kdy každá varianta má svoje plusy v určitých oblastech a v určitých oblastech svoje mínusy, se hledá kompromis mezi variantami, který nejlépe napravuje zjištěné nedostatky. Hodnocení je provedeno multikriteriálním hodnocením. Toto hodnocení je provedeno stanovením hodnotícího kritéria s váhou pro každé kritérium. Váhy kritérií jsou provedeny metodou párového porovnávání a byly stanoveny skupinou expertů z podniku. Váha kritéria určuje stupeň důležitosti pro kritérium. Dle míry splnění daného kritéria pro jednotlivé varianty jsou kritéria pro každou variantu ohodnoceny metodou pořadové funkce. Varianta ohodnocená nejvíce body je ve vyhodnocení zvolena za nejlepší. Pro hodnocení byla použita stejná kritéria, která byla stanovena při analýze současného stavu v kapitole Stanovení kritérií pro budoucí hodnocení. Kritéria souvisí se zjištěnými vyzorovanými nedostatky z úvodní analýzy a jejich hodnocení je závislé na míře odstranění daného nedostatku.

6.1 Kritéria pro hodnocení variant návrhu

Porovnání důležitosti stanovených kritérií bylo provedeno skupinou expertů z podniku, kteří porovnání provedli metodou párového srovnání. Tato metoda pracuje na principu stanovení pořadí kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité. Srovnání je zobrazeno v rovnici (1). V tomto pořadí jsou kritéria zapsána do tabulky, kdy všechna kritéria se vyskytují ve stejném pořadí v řádcích i sloupcích, viz Tabulka 6-1. Následně probíhá rozhodování. Pokud je kritérium ve sloupci důležitější než v řádce, zapíše se 0, pokud je tomu naopak, zapíše se 1. Dále je potřeba stanovit nenormované váhy jednotlivých kritérií dle (2), které říkají, kolikrát je kritérium významnější než ostatní kritéria pro porovnávacího experta. Výsledná váha důležitosti kritéria je stanovena dle vztahu (3) [15].

$$K_1 > K_2 > K_7 > K_4 > K_5 > K_6 > K_3 \quad (1)$$

$$K_i = n + 1 - p_i \quad (2)$$

K_i – nenormovaná váha i -tého kritéria

n – počet kritérií

p_i – pořadí i -tého kritéria

$$V_i = \frac{K_i}{\sum_{i=1}^n K_i} \quad (3)$$

V_i – normovaná váha i -tého kritéria

K_i – nenormovaná váha i -tého kritéria

n – počet kritérií [15]

Tabulka 6-1: Tabulka kritérií pro párové porovnání

	K_1	K_2	K_7	K_4	K_5	K_6	K_3	K_i	V_i
K_1		1	1	1	1	1	1	7	0,25
K_2	0		1	1	1	1	1	6	0,21
K_7	0	0		1	1	1	1	5	0,18
K_4	0	0	0		1	1	1	4	0,14
K_5	0	0	0	0		1	1	3	0,11
K_6	0	0	0	0	0		1	2	0,07
K_3	0	0	0	0	0	0		1	0,04
<i>Suma</i>								28	1

6.2 Charakteristika variant z hlediska hodnocení kritérií

Následující kapitola popisuje míru splnění jednotlivých variant ve všech kritériích a pro každou variantu jsou jednotlivá kritéria detailněji popsána. Pokud jsou kritéria měřitelná, je zde uvedena hodnota kritéria pro každou variantu společně s hodnotou pořadové funkce v rámci hodnocení variant. Pokud varianta není měřitelná, je zde uveden slovní popis míry splnění s příslušnou hodnotou pořadové funkce v rámci hodnocení variant.

Varianta A

Délka materiálového toku

- Varianta A dosahuje délky materiálového toku 104,59 metru, což z ní činí variantu v pořadí na 3. místě.

Délka personálního toku

- Varianta A dosahuje délky personálního toku 80,4 metru, což z ní činí v pořadí variantu na 3. místě.

Manipulační zóny

- Varianta A je umístěna z hlediska manipulačních zón s počtem 67,2 m² na 3. místě v pořadí variant.

Organizace práce

- Z hlediska organizace práce týkající se rozdělení činností obsluhy a manipulanta a týkající se vhodné standardizaci více strojové obsluhy je varianta A umístěna na 3. pozici v hodnocení variant.

Využití kolejnic pro manipulaci materiálu

- Využití kolejnic pro manipulaci materiálu a zrychlení zavážení materiálu ke stroji je varianta A umístěna na 2. místě v pořadí variant.

Využití jeřábu pro manipulaci materiálu

- Využití jeřábu bylo shledáno u varianty A jako největší, a proto se tato varianta nachází na 1. pozici v tomto kritériu.

Náklady

- Z hlediska nákladů, kdy je u varianty A nutno přesunout pouze 1 regál, se tato varianta nachází na 1. pozici v hodnocení variant.

Varianta B*Délka materiálového toku*

- Varianta B dosahuje délky materiálového toku 90,018 metru, což z ní činí variantu v pořadí na 2. místě.

Délka personálního toku

- Varianta B dosahuje délky personálního toku 78,1 metru, což z ní činí v pořadí variantu na 2. místě.

Manipulační zóny

- Varianta B je umístěna z hlediska manipulačních zón s počtem 64,0 m² na 2. místě v pořadí variant.

Organizace práce

- Z hlediska organizace práce týkající se rozdělení činností obsluhy a manipulanta a týkající se vhodné standardizaci více strojové obsluhy je varianta B umístěna na 2. pozici v hodnocení variant.

Využití kolejnic pro manipulaci materiálu

- Využití kolejnic pro manipulaci materiálu a zrychlení zavážení materiálu ke stroji je varianta B umístěna na 3. místě v pořadí variant.

Využití jeřábu pro manipulaci materiálu

- Využití jeřábu u varianty B je hodnoceno 2. pozicí v tomto kritériu.

Náklady

- Z hlediska nákladů, kdy je u varianty B nutno přesunout 10 policových regálů, se tato varianta nachází na 2. pozici v hodnocení variant.

Varianta C*Délka materiálového toku*

- Varianta C dosahuje délky materiálového toku 78,444 metru, což z ní činí variantu v pořadí na 1. místě.

Délka personálního toku

- Varianta C dosahuje délky personálního toku 69,4 metru, což z ní činí v pořadí variantu na 1. místě.

Manipulační zóny

- Varianta C je umístěna z hlediska manipulačních zón s počtem 23,8 m² na 1. místě v pořadí variant.

Organizace práce

- Z hlediska organizace práce týkající se rozdělení činností obsluhy a manipulanta a týkající se vhodné standardizaci více strojové obsluhy je varianta C umístěna na 1. pozici v hodnocení variant.

Využití kolejnic pro manipulaci materiálu

- Využití kolejnic pro manipulaci materiálu a zrychlení zavážení materiálu ke stroji je varianta C umístěna na 1. místě v pořadí variant.

Využití jeřábu pro manipulaci materiálu

- Využití jeřábu u varianty C je hodnoceno jako nejhorší, a proto se nachází na 3. pozici.

Náklady

- U varianty C spočívají náklady v reorganizaci pracoviště v přesunu 10 policových regálů a probourání dřev ve stěně pro dopravníky, a proto se tato varianta jeví jako nejnákladnější, v pořadí 3. varianta.

6.3 Výsledné hodnocení variant, porovnání a výběr nejlepší varianty

Hodnocení variant je provedeno metodou pořadové funkce. Pomocí této metody je určeno pořadí variant podle hodnot jednotlivých kritérií. Nejvyšší hodnotu pořadové funkce (nejvyšší pořadí) má nejlepší varianta v daném kritériu. Výsledné hodnocení jednotlivých variant je počítáno dle (4) [16].

$$w_t = \sum_{K=1}^n V_i * g_r(x_t) \quad (4)$$

w_t – hodnota pořadové funkce

V_i – váha důležitosti kritéria

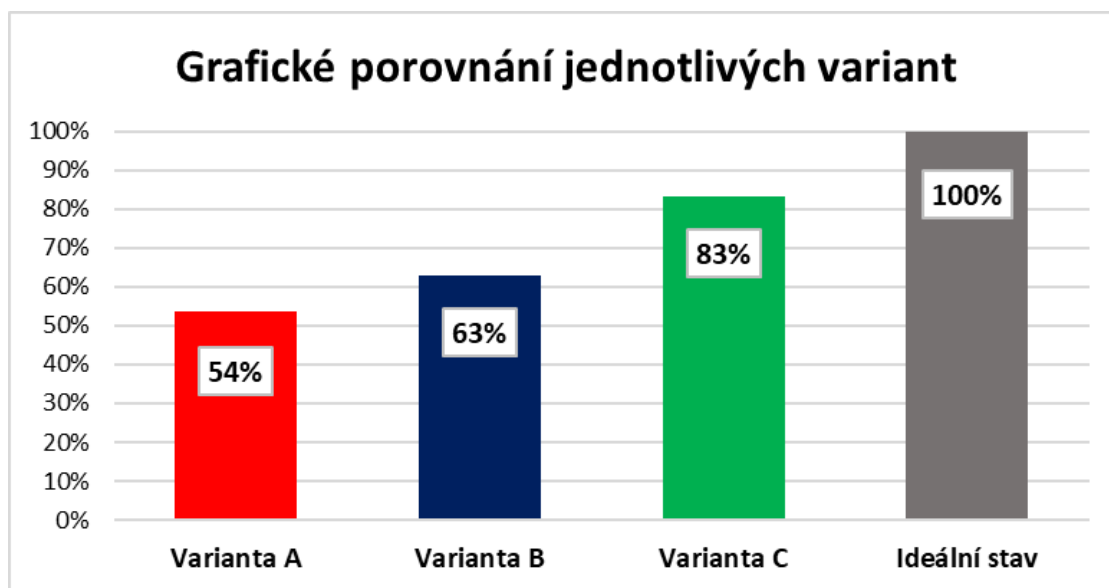
$g_r(x_t)$ – hodnota přiřazené pořadové funkce

Pro vyhodnocení pořadí jednotlivých variant v rámci jednotlivých kritérií metodou pořadové funkce byla vytvořena Tabulka 6-2, kde je toto vyhodnocení znázorněno.

Tabulka 6-2: Výsledné hodnocení variant

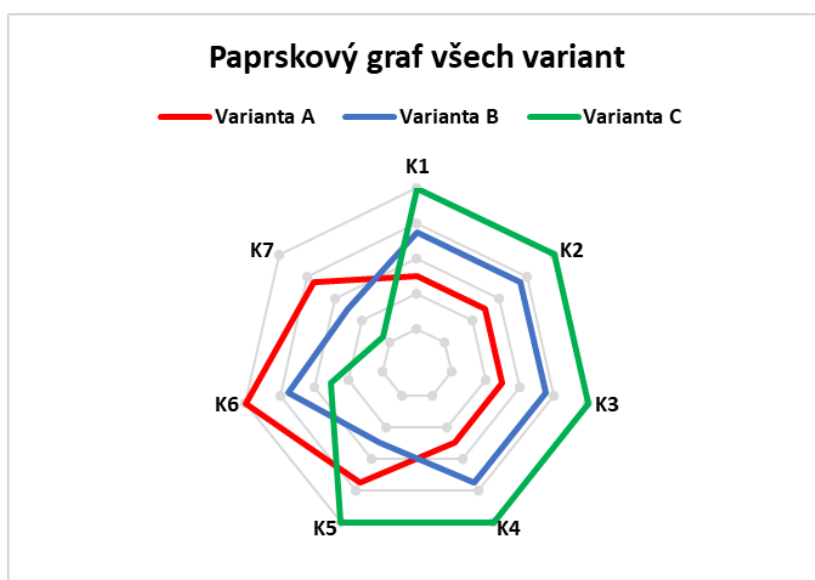
Kritérium	Váha	Varianta A		Varianta B		Varianta C	
		g_r	w_i	g_r	w_i	g_r	w_i
K₁	0,25	1	0,25	2	0,50	3	0,75
K₂	0,21	1	0,21	2	0,42	3	0,63
K₃	0,04	1	0,04	2	0,08	3	0,12
K₄	0,14	1	0,14	2	0,28	3	0,42
K₅	0,11	2	0,22	1	0,11	3	0,33
K₆	0,07	3	0,21	2	0,14	1	0,07
K₇	0,18	3	0,54	2	0,36	1	0,18
Suma			1,61		1,89		2,50

Pro grafické znázornění celkové sumy hodnot pořadové funkce pro jednotlivé varianty byl vytvořen sloupcový graf. Z Tabulka 6-2 a z grafu na Obrázek 6-1 vyplývá, že nejlepší a nejvhodnější variantou zvolenou ke změně uspořádání výrobní jednotky je varianta C.



Obrázek 6-1: Sloupcový graf s porovnáním jednotlivých variant

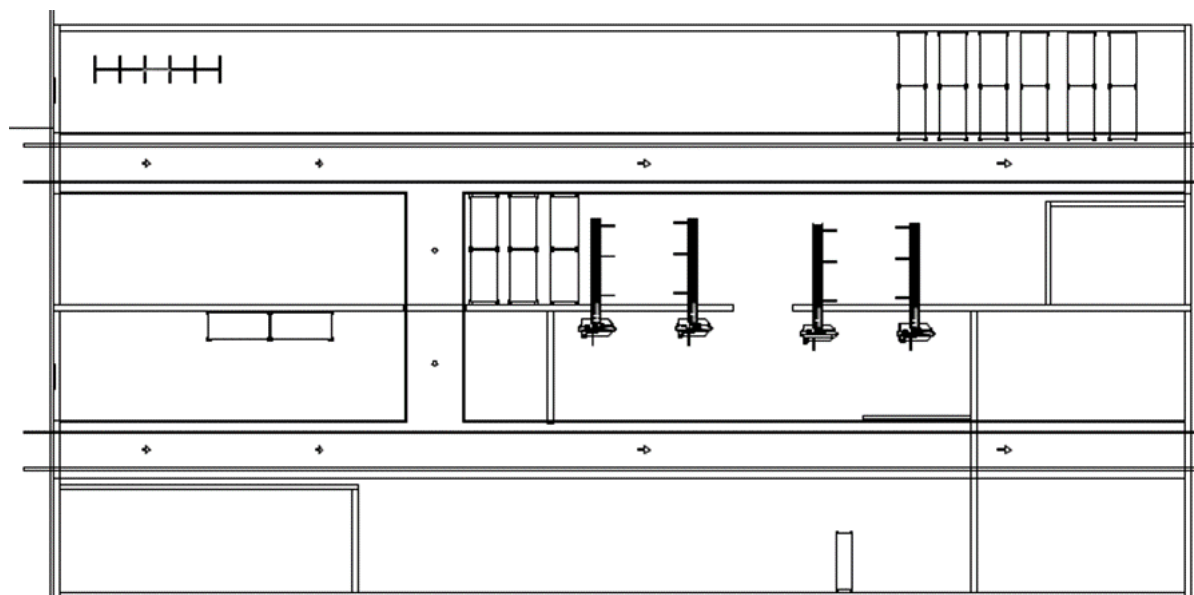
Na Obrázek 6-2 je zobrazen paprskový graf, který vyznačuje hodnoty pořadové funkce jednotlivých variant pro každé kritérium. Kritéria mají své samostatné osy, které začínají ve středu paprskového grafu a končí na vnějším prstenci. Tento graf je výhodné využít pro porovnávání několika proměnných. Pro vytvoření grafu je třeba jednotlivé parametry, v tomto případě hodnoty pořadových funkcí, přepočítat na stejnou hodnotu, tedy osy paprsků mají jednotné měřítko. Proto byly hodnoty pořadových funkcí pro jednotlivé varianty procentuálně přepočítané. Na grafu je uvedena míra splnění daných kritérií jednotlivými variantami.



Obrázek 6-2: Paprskový graf jednotlivých variant

6.4 Shrnutí

Z hodnocení a srovnání jednotlivých variant bylo zjištěno, že nejlepší variantou je varianta C. Pro připomenutí je na Obrázek 6-3 znázorněn návrh na prostorové uspořádání výrobní jednotky této varianty. Jedná se o variantu, kde jsou stroje přemístěné do pravé lodi výrobní haly, kde je vytvořeno pracoviště dělení materiálu. Tato varianta počítá s náklady na vytvoření děr pro dopravníky přiléhající ke strojům, které jsou situovány do levé lodi výrobní haly, kde je vytvořeno pracoviště skladu materiálu.



Obrázek 6-3: Prostorové uspořádání varianty C

Detailní popis návrhu na uspořádání výrobní jednotky varianty C je popsán výše v kapitole Varianta C – Stroje skrz stěnu. Zde jsou uvedeny veškeré informace o nápravných opatřeních na vyzorované nedostatky a konkrétní úpravy spojené se změnou uspořádání výrobní jednotky. V následující části práce bude tato varianta porovnávána se současným stavem.

7 Porovnání původního stavu s novým návrhem

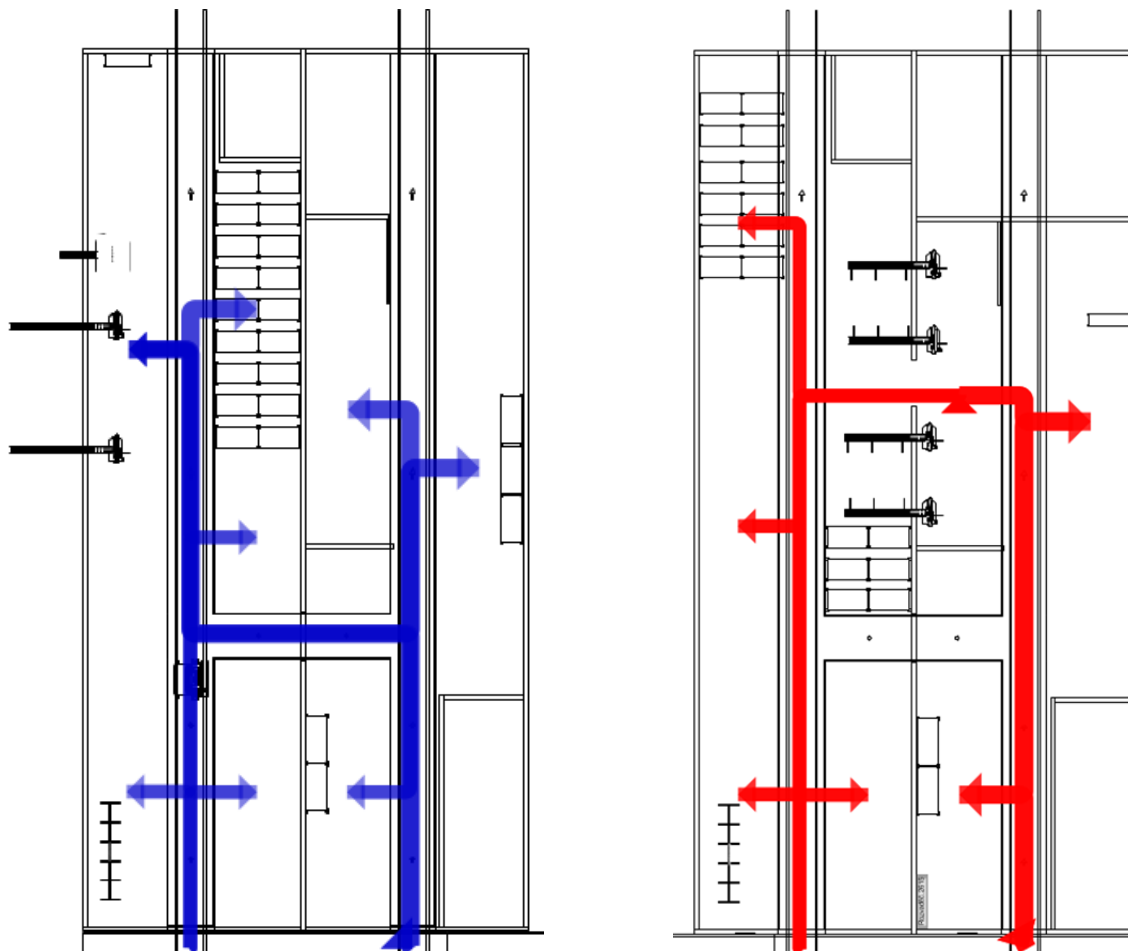
V této kapitole je porovnáván původní stav s nově navrženým stavem uspořádání výrobní jednotky. Jsou zde podrobně rozepsána nápravná opatření na nedostatky původního uspořádání a následně porovnávány oba stavy z hlediska jednotlivých kritérií, která byla stanovena v kapitole Stanovení kritérií pro budoucí hodnocení.

7.1 Nápravná opatření vypořádaných nedostatků

Nový návrh uspořádání výrobní jednotky byl tvořen na základě definovaných nedostatků vyplývajících z analýzy současného stavu v kapitole Výsledky analýzy současného stavu v souladu s napravením těchto nedostatků.

Prostorové uspořádání haly

Díky novému návrhu prostorové uspořádání výrobní jednotky je docíleno výrazného zkrácení právě materiálových a personálních toků. Návrh je přizpůsoben pohybům pracovníků a plochám výrobní jednotky, přičemž zohledňuje i vhodné umístění a orientaci strojů v rámci výrobní jednotky. Zde se jedná o napravení nedostatku situování dopravníků přiléhajících ke stroji směrem ven z haly. Dopravníky jsou u nového uspořádání již vhodně umístěny uvnitř výrobní haly. Snížení toků vyhovuje potřebám podniku k dosažení vyšší produktivity na pracovišti a poklesu objemu manipulace materiálu ve výrobě. Redukce toků a manipulace materiálu snižuje také náklady spojené právě s netechnologickými činnostmi na pracovišti. Nové uspořádání výrobní jednotky způsobuje efektivnější využití prostoru v obou lodích výrobní haly a umožňuje vhodné pracovní podmínky z hlediska bezpečnosti a hygienických podmínek na pracovišti. Přepravní výkon závislý na době manipulace a objemu manipulovaného materiálu je v tomto návrhu optimalizován pro potřeby podniku. Je také docíleno lepšího řízení zásob na pracovišti skladu materiálu a jeho skladování díky rozdělení výrobní haly na loď s pracovištěm skladu materiálu a loď s pracovištěm dělení materiálu. Návrh uzpůsobuje pracoviště vhodně pro dostupné manipulační prostředky, kterých je možno více využívat v obou lodích výrobní haly. Pro docílení zlepšení v oblasti prostorového uspořádání výrobní jednotky je nutné vynaložit určité investice na přesun skladovacích regálů a vytvoření děr pro dopravníky mezi oběma loděmi výrobní haly. Na Obrázek 7-1 je znázorněno porovnání původního a nového uspořádání na 2D výkresu včetně materiálových toků obou variant.



Obrázek 7-1: Porovnání uspořádání a materiálových toků obou variant

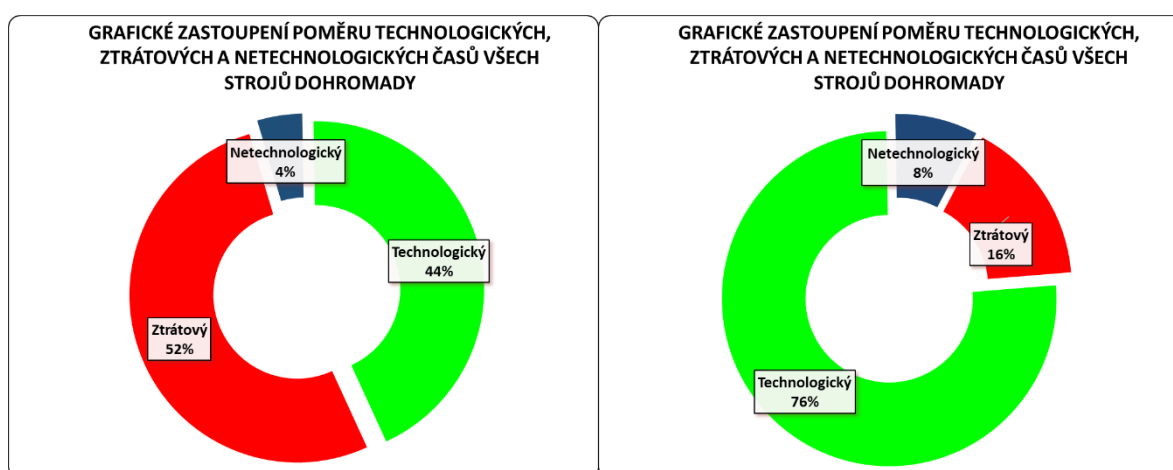
Ztrátové činnosti pracovníka

Nový návrh uspořádání výrobní jednotky redukuje materiálové a personální toky, čímž výrazně redukuje podíl netechnologických činností pracovníka. Tyto činnosti souvisí především s dlouhou manipulací materiálu a dlouhými přechody pracovníka pro zakázky do buňky mistra. Cílem bylo také redukovat prostoje způsobené čekáním pracovníka u stroje vhodným nastavením vícestrojové obsluhy a organizace práce. Z hlediska organizace práce a celého pracoviště skladu a dělení materiálu došlo k rozdělení pracovních pozic na skladníka a obsluhu pily a zároveň došlo k rozdělení pracoviště skladu a výroby materiálu. Společně se standardizací práce a dodržením ergonomických podmínek na pracovišti bylo docíleno zvýšení efektivity a produktivity pracovníků skladu materiálu a dělení materiálu. Byl snížen podíl ztrátových časů a časů podmíněně nutných pro vykonávání pracovní činnosti.

Nízké využití kapacit strojů

Součástí nového návrhu prostorového uspořádání je i správná organizace a standardizace práce pracovníků. Zvýšení využití kapacit strojů je docíleno především ve správném nastavení vícestrojové obsluhy. Jedním z požadavků podniku bylo vytvořit návrh pro 4 dělicí stroje. Z toho důvodu byla nastavena vícestrojová obsluha na tento počet strojů. Pracovník obsluhy pily nemusí vykonávat manipulaci s materiálem. Oproti původnímu uspořádání se zde pracovník skladu, tedy manipulátor materiálu, stará o včasnou manipulaci a dostatečné zásobování strojů materiálem, přičemž pracovník obsluhy se stará pouze o výrobu na výrobních

zařízeních. Pracovníci si tedy navzájem nepřekáží a středisko je výrazně produktivnější. Díky vhodné orientaci strojů a vhodné situování dopravníků přiléhajících ke strojům je umožněna manipulaci bezpečná, efektivní a ergonomicky vhodná manipulace materiálu ke stroji. Prostorové uspořádání také umožňuje pro manipulaci využít manipulační zařízení, která jsou ve výrobní hale k dispozici. Na Obrázek 7-2 je znázorněno porovnání využití všech strojů původního uspořádání a nového uspořádání výrobní jednotky. Lze vidět, že bylo docíleno výrazného zvýšení podílu technologického času a vyššího využití kapacit strojů.



Obrázek 7-2: Grafické porovnání využití kapacit strojů obou variant

Bezpečnost

Nový návrh prostorového uspořádání pracovišť skladu a dělení materiálu byl tvořen s ohledem na bezpečnostní, hygienické a ergonomické předpisy a normy. V souvislosti s manipulací materiálu bylo docíleno eliminace potřeby ruční manipulace s těžkým materiálem a současně dodrženy manipulační roviny pro ruční manipulaci. Byly vytvořeny také dostatečně velké manipulační zóny pro bezpečnou manipulaci s materiálem všech rozměrů, které se na pracovišti vyskytují. Rozdělení pracovních činností pracovníků obsluhy a manipulace materiálu má také pozitivní vliv na bezpečnost práce, kdy si pracovníci navzájem nepřekáží a neohrožují se manipulací materiálu nebo obsluhou výrobního stroje.

7.2 Porovnání splnění jednotlivých kritérií

Na základě analýzy současného stavu a vyzorovaných nedostatků byla ve spolupráci s odborníky z podniku stanovena jednotlivá kritéria pro hodnocení uspořádání, která lze vidět v kapitole Stanovení kritérií pro budoucí hodnocení. Návrhy nového uspořádání výrobní jednotky byly tedy hodnoceny dle těchto kritérií a na základě vyhodnocení míry splnění jednotlivých variant v daném kritériu byl zvolen návrh, který nejlépe kritéria splňuje. V této kapitole je podrobně vysvětleno porovnání zvoleného nového návrhu uspořádání s původním uspořádáním právě dle zvolených kritérií.

K₁ – Délka materiálového toku

- Jedná se o minimalizační kritérium, takže bylo cílem pro výslednou variantu dosáhnout co nejnižšího toku materiálu. Materiálový tok výrazně ovlivňuje dobu a náročnost manipulace, která má výrazný vliv na včasné zásobování strojů materiálem a tedy i na produktivitu pracoviště dělení materiálu. Délka materiálového toku původního stavu činila 111,32 metru. Materiálový tok dle nového návrhu má délku toku 78,44 metru,

takže bylo docíleno vysoké úspory v metrech manipulace přepravovaného materiálu. Délka materiálového toku vychází z přepravního výkonu, který značí závislost mezi objemem výroby a délkou manipulace. Materiálový tok je veden ve tvaru písmene U, což je jedna z nejuvhodnějších variant. Záměrem tohoto kritéria bylo co nejvíce zkrátit materiálový tok. Bylo zde docíleno oproti původnímu stavu, dle vztahu (5), zkrácení materiálového toku o 29,5%.

$$X = 1 - \frac{DMT_C}{DMT_0} * 100 [\%] \quad (5)$$

X – Procentuální úspora materiálového toku

DMT_C – Délka materiálového toku nového návrhu

DMT₀ – Délka materiálového toku původního stavu

K₂ – Délka personálního toku

- Dalším důležitým kritériem s celkovým vlivem na výkonnost a produktivitu výrobní jednotky je délka personálního toku. Úsporou personálního toku dochází k vyššímu využití kapacit strojů a pracovníci mohou více času ze směny věnovat výrobě na dělicích zařízeních. Záměrem tohoto kritéria bylo docílit co nejnižší hodnoty personálního toku. V původním uspořádání tato délka dosahovala 83,2 metru. Personální toky souvisí především s přechody pracovníků kvůli nutnosti vytisknutí zakázky nebo přechodům z důvodu nevhodné orientace a uspořádání strojů. Délka personálního toku při novém návrhu činí 69,4 metru, což z něj činí lepší variantu. U nového návrhu bylo dle vztahu (6) dosaženo zkrácení personálního toku o 16,6% oproti původnímu stavu.

$$Y = 1 - \frac{DPT_C}{DPT_0} * 100 [\%] \quad (6)$$

Y – Procentuální úspora personálního toku

DPT_C – Délka personálního toku nového návrhu

DPT₀ – Délka personálního toku původního stavu

K₃ – Manipulační zóny

- Původní uspořádání výrobní jednotky je z důvodu nedostačujících manipulačních zón v okolí stroje při manipulaci dlouhých 6 metrových tyčí nevyhovující. Cílem nového návrhu bylo tedy dodržení manipulačních zón v okolí strojů i pro manipulaci nejdelšího materiálu, který je na pracovišti dělen. Zároveň bylo nutné zabývat se tím, aby manipulační zóny nebyly zbytečně velké. Nový návrh dosahuje velikosti manipulačních zón vždy pro dva stroje dohromady o velikosti 23,8 m², která vyhovuje bezpečnostním požadavkům a zároveň nezaujímá v hale zbytečně velké množství prostoru. Nedostačující velikost manipulačních zón u původního stavu, která činila v okolí stroje největší rozměr 4 metrů, je pro manipulaci největších 6 metrových tyčí materiálu nevhodná. Proto byla pro bezpečnou manipulaci v prostoru kolem strojů manipulační zóna nového návrhu rozšířena na 8 metrů, což je pro manipulaci 6 metrových tyčí dostačující a došlo k odstranění obtížné manipulace v těchto prostorech. Dle vztahu (7) došlo tedy ke zlepšení o 50% oproti původnímu stavu.

$$MZ = \frac{R_C}{R_0} * 100 [\%] \quad (7)$$

MZ – Procentuální rozšíření manipulačního prostoru v okolí strojů

R_C – Maximální rozměr manipulační zóny v okolí stroje nového návrhu

R_0 – Maximální rozměr manipulační zóny v okolí stroje původního stavu

K4 – Organizace práce

- Z hlediska organizace práce je obtížné vyčíslit vyhodnocení a porovnání obou variant. Za asistence odborníků z podniku byl dle vyzorovaných nedostatků stanoven požadavek na rozdělení výrobní haly na pracoviště skladu materiálu a pracoviště dělení materiálu. Rozdělení do dvou úseků se týkalo i pracovních pozic a pracovních činností pracovníka skladu materiálu – manipulanta a pracovníků dělení materiálu – obsluhy pil. Míra splnění daného kritéria vycházela z kvalitativního posouzení daného kritéria pro jednotlivé varianty. Původní uspořádání nebylo uzpůsobeno vhodné organizaci práce při rozdělení pracovišť. Nový návrh umožňuje této skutečnosti dosáhnout především z důvodu přesunutí výrobních strojů do pravé lodi výrobní haly a přesunutí skladu materiálu do levé lodi výrobní haly. Pracovní náplní pracovníka skladu materiálu je tedy včasné zásobování strojů materiálem a pracovní náplní pracovníka obsluhy pily je vyrábět hotové polotovary pro další výrobu. Toto kritérium je dané podílem ztrátových časů ve využití strojů. Dle grafického porovnání využití kapacit strojů původního uspořádání a nového stavu znázorněného na Obrázek 7-2 je vidět, že došlo k úspoře plýtvání způsobeného nedostatečným využitím strojů. Dle vztahu (8) je dosaženo zvýšení využití kapacit strojů o 36%.

$$K = Z_0 - Z_C [\%] \quad (8)$$

K – Zvýšení využití kapacit dělicích strojů

Z_0 – Ztrátový čas původního stavu

Z_C – Ztrátový čas nového návrhu

K5 – Využití kolejnic pro manipulaci materiálu

- V původním uspořádání z důvodu nevhodné orientace strojů a z důvodu skladování materiálu v obou lodích výrobní haly nebyly vhodně využity kolejnice pro manipulaci materiálu. Materiál manipulovaný po kolejnicích výrazně snižuje náročnost a dobu manipulace. Nový návrh při zachování navážení materiálu ke vstupu do levé lodi výrobní haly umožňuje využít kolejnice již při zavážení materiálu do skladu. Následně je materiál nadělen a hotové polotovary pro další výrobu jsou opět kolejnicemi manipulovány na výstup v pravé lodi výrobní haly. Tím se výrazně zvýší průchodnost materiálu přes výrobu, při tvaru materiálového toku do U. Kolejnice jsou při současném uspořádání nejvhodnější manipulační prostředek pro vstupní materiál i pro výstupní hotové polotovary pro další výrobu. Vyšší využití kolejnic zvyšuje množství navedeného materiálu ke stroji a tím zvyšuje i produktivitu a efektivitu dělicích zařízení. Zároveň je docíleno snížení náročnosti manipulace a ulehčené pracovní činnosti pracovníkům. Z celkového podílu času manipulace materiálu bylo u původního stavu 11% manipulací provedeno pomocí kolejnic. Při novém stavu je podíl manipulace materiálu pomocí kolejnic 54% z celkového podílu času manipulace. Procentuální využití kolejnic je tedy dle vztahu (9) u nového stavu celkově o 43% vyšší než u stavu původního.

$$VK = VK_C - VK_0 [\%] \quad (9)$$

VK – Procentuální rozdíl využití kolejnic pro manipulaci materiálu

VK_C – Podíl manipulace materiálu pomocí kolejnic z celkového času manipulace materiálu pro nový návrh

VK_0 – Podíl manipulace materiálu pomocí kolejnic z celkového času manipulace materiálu pro původní stav

K₆ – Využití jeřábu pro manipulaci materiálu

- Původní stav není vzhledem k orientaci strojů a vzhledem k situování ke strojům přiléhajících dopravníků ven z haly příliš vhodný pro manipulaci materiálu pomocí jeřábu. Pomocí jeřábu byl manipulován pouze těžký materiál, který pracovníci nebyli schopni manipulovat ručně. Materiál byl u původního uspořádání skladován v obou lodích, přičemž jeřáb se nachází pouze v lodi levé. V novém návrhu je přesunuto pracoviště skladu pouze do levé lodi výrobní haly, tedy lze výhodněji využít jeřáb pro manipulaci těžkého materiálu. Tato varianta ale stále počítá s příčnou orientací strojů, takže potenciál jeřábu není využit na vysokém stupni. Manipulace pomocí jeřábu snižuje náročnost na manipulaci materiálu a zvyšuje množství navezeného materiálu ke stroji, které má vliv na efektivitu strojů a produktivitu výroby. Z celkového času manipulace materiálu bylo u původního stavu provedeno 34% manipulace materiálu pomocí jeřábu. Pro nový stav je podíl manipulace materiálu pomocí jeřábu 46% z celkového času manipulace materiálu. Využití jeřábu pro manipulaci je, dle vztahu (10), pro nový návrh o 12% vyšší oproti původnímu stavu.

$$VJ = VJ_C - VJ_0 [\%] \quad (10)$$

VJ – Procentuální rozdíl využití jeřábu pro manipulaci materiálu

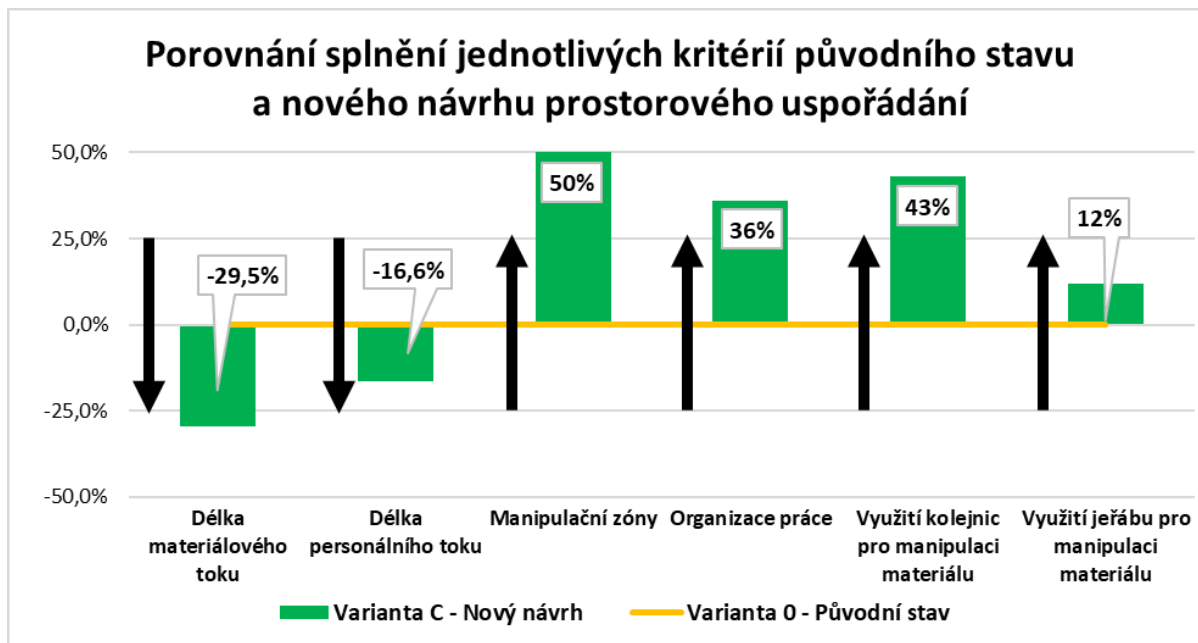
VJ_C – Podíl manipulace materiálu pomocí jeřábu z celkového času manipulace materiálu pro nový návrh

VJ_0 – Podíl manipulace materiálu pomocí jeřábu z celkového času manipulace materiálu pro původní stav

K₇ – Náklady

- Kritérium nákladů sloužilo pouze k porovnání jednotlivých variant a k výběru nejvhodnější, protože každá varianta vyžadovala pro její zavedení ve výrobní jednotce různě vysoké náklady. Původní stav nevyvolával žádné náklady, tudíž nelze toto kritérium zařadit do porovnávání původního stavu a nového návrhu prostorového uspořádání výrobní jednotky

Na Obrázek 7-3 je graficky znázorněno procentuální porovnání jednotlivých kritérií nového prostorového uspořádání výrobní jednotky oproti původnímu uspořádání. Šipky u jednotlivých kritérií označují, zda jde o kritérium minimalizační, označené šipkou dolů, nebo o kritérium maximalizační, které je označené šipkou nahoru.



Obrázek 7-3: Procentuální porovnání kritérií původního a nového uspořádání

Nový návrh odstranil v různé míře jednotlivé nedostatky původního stavu, které byly zjištěny při analýze – viz kapitola Výsledky analýzy současného stavu. Kritéria pro hodnocení byla postavena tak, aby pokrývaly zjištěné nedostatky. Lze tedy říci, že vypořádané nedostatky byly odstraněny v různé míře dle hodnocení jednotlivých kritérií.

Prostorové uspořádání haly

Pro nedostatek plynoucí z prostorového uspořádání původního stavu byla vytvořena kritéria hodnotící délku materiálového toku a délku personálního toku, jejichž cílem bylo co nejvíce snížit hodnoty těchto toků. Dle grafu je tedy patrné, že došlo k úspoře v obou těchto kritériích. Pro délku materiálového toku došlo ke zkrácení o téměř 30% a pro délku personálního toku přibližně o 15%. Pro další zkrácení personálních toků je potřeba provést další racionalizaci pracoviště, především ustoupit od přechodů pro vytisknutí zakázky do buňky mistra.

Ztrátové činnosti pracovníka

Pro plýtvání způsobené nevhodnými činnostmi pracovníka bylo stanoveno kritérium organizace práce. Z grafu je vidět, že došlo ke zlepšení, což je způsobeno standardizací práce pracovníků skladu a pracovníků obsluhy pily. Zlepšení se projevilo ve zvýšení výrobní kapacity strojů nového návrhu o 36% oproti původnímu stavu. Zároveň díky zlepšení organizace práce došlo ke snížení organizačních ztrát způsobených čekáním na materiál, čekáním na zakázku a dalšími ztrátami nezpůsobené pracovníkem.

Nízké využití kapacit strojů

Pro hodnocení nápravy tohoto nedostatku byla stanovena kritéria využití kolejnic a jeřábu pro manipulaci materiálu. Cílem bylo zajistit včasnou a efektivní manipulaci materiálu ke stroji. Dle grafu je vidět, že podíl manipulace pomocí kolejnic z celkového podílu manipulace materiálu byl zvýšen o 43%. Zvýšení využití jeřábu o 12% je také pozitivní, ale není příliš výrazné. Tento fakt je způsoben také změnou orientace strojů, situováním k nim přílehlých dopravníků a také umístěním jeřábu pouze v jedné lodi výrobní haly.

Bezpečnost

Nedostatek plynoucí z bezpečnosti a hygieny práce byl řešen pomocí kritéria manipulačních zón. Vhodné rozšíření manipulačních zón bylo klíčové pro dosažení vhodné manipulace materiálu a zvýšení bezpečnosti při manipulaci s materiálem. Dle grafu je toto kritérium zvýšeno u nového návrhu o 50% oproti původnímu stavu.

Dle grafu na Obrázek 7-3 lze tedy říci, že došlo ke zlepšení ve všech stanovených hodnotících kritériích. Některá kritéria dosahují vysokých hodnot zlepšení, jiná kritéria hodnot nižších. Důležité pro posouzení a potvrzení zvýšení produktivity a efektivity výrobní jednotky je právě lepší hodnocení jednotlivých kritérií nového návrhu oproti původnímu stavu.

Závěr

Pro zajištění funkčnosti a konkurenceschopnosti podniků je velmi důležité neustále zlepšovat a zefektivňovat svoji výrobu. Jedním z důležitých faktorů na efektivitu a produktivitu výroby je prostorové uspořádání. Tato část má výrazný vliv na různé druhy plýtvání, které lze vhodným prostorovým uspořádáním eliminovat nebo alespoň částečně redukovat. Proto je pro podniky důležité tomuto tématu věnovat vysokou pozornost, aby dokázaly uspořít náklady na výrobu a tím obstály v silném konkurenčním prostředí.

Tato práce se zabývá oblastí návrhu nového prostorového uspořádání výrobní jednotky. Tento návrh byl tvořen v souladu s charakterem výroby a s požadavky podniku na zvýšení produktivity pracoviště. V prvních fázích bylo nutné se seznámit s požadovanou teorií související s prostorovým uspořádáním a s jeho projektováním. Tyto poznatky byly následně uplatněny pro návrh nových variant prostorového uspořádání, ze kterých byla dle stanovených kritérií zvolena nejvhodnější varianta. Pro posouzení přínosů nové varianty byl tento nový návrh porovnán s původním stavem a byly zjištěny konkrétní přínosy pro podnik. Porovnání potvrdilo přínosy nového návrhu oproti původnímu stavu, kdy došlo u každého kritéria ke zvýšení trendu v jeho hodnocení. Změna tedy vedla ke zvýšení produktivity pracoviště, jeho efektivity, bezpečnosti práce a dodržení ergonomických a hygienických norem.

Výstupy z práce jsou grafické znázornění 2D výkresu výrobní haly včetně 3D modelu pro znázornění a případné úpravy. Tento výstup je vhodný pro další etapy racionalizace a zlepšování procesů, úspory nákladů a zvyšování produktivity. Výstupy práce jsou dobrým podkladem pro zlepšování v dalších oblastech. Těmito oblastmi jsou především logistické procesy, ergonomické faktory, racionalizační zlepšování a zvýšení efektivity výroby. Dalším řešením v těchto oblastech je podnik schopen dosáhnout dalších úspor a zvyšovat svou pozici v konkurenčním prostředí.

Seznam použité literatury

- [1] G. HORVÁTH a J. BASL, Metodika řízení výroby: základy, Plzeň: ZČU, 1995. ISBN 80-7082-171-X.
- [2] V. LÍBAL, Organizace a řízení výroby, Praha: SNTL, 1989. ISBN 80-02-00050-5.
- [3] J. KOŠTURIÁK, Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie, Žilina: EDIS, 2000. ISBN 80-7100-553-3.
- [4] J. Ing. CSc. NOVÁK a kol., Organizace a řízení, VŠB Ostrava, 2007. ISBN 80-248-1223-1.
- [5] M. LORENC, „3MA112,“ 2007-2013. [Online]. Available: <http://lorenc.info/3MA112/rozmisteni-pracovist.htm>. [Přístup získán 21 Listopad 2018].
- [6] D. KUČERÁK, „Výrobní systémy,“ 19 Leden 2007. [Online]. Available: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/vyrobní-systémy>. [Přístup získán 21 Listopad 2018].
- [7] B. HLAVENKA, Projektování výrobních systémů: Technologické projekty I. 3.vyd., Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., 2005. ISBN 978-80-2142-871-3.
- [8] P. RUMÍŠEK, Technologické projekty, Brno: VUT - FSI, 1991. ISBN 80-214-0385-3.
- [9] M. KEŘKOVSKÝ a O. VALSA, Moderní přístupy k řízení výroby. 3. dopl. vyd, Praha: C.H. Beck, 2012. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [10] M. KAVAN, Výrobní management I, Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999. ISBN 80-01-02068-1.
- [11] A. ZELENKA a M. KRÁL, Projektování výrobních systémů, Praha: ČVUT, 1995. ISBN 80-10-01302-2.
- [12] J. VAVRUŠKA, „Layout pracoviště a řízení: Rozvrhování pracovníků,“ Leden 2011. [Online]. Available: <https://docplayer.cz/33043731-Layout-pracoviste-a-rizeni-rozvrhovani-pracovniku.html>. [Přístup získán 5 Prosinec 2018].
- [13] J. KOŠTURIÁK, „IPA,“ 30 Listopad 2007. [Online]. Available: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/analyza-a-vytvareni-materialovych-toku>. [Přístup získán 2 Prosinec 2018].
- [14] V. ŠRAJER, Uspořádání výrobního systému s ohledem na konstrukčně-technologické řešení produktu, *Disertační práce (Ph.D.)*. Plzeň: Západočeská univerzita, Fakulta strojní, 2014.
- [15] J. a. k. FOTR, Manažerské rozhodování: postupy, metody a nástroje, Třetí přepracované vydání, Praha: Ekopress, 2016. ISBN 978-80-87865-33-0.
- [16] V. ŽÁČEK, Management podniku. Vydání první, Praha: Nakladatelství ČVUT, 2009. ISBN 978-80-01-04370-7.

- [17] M. JUROVÁ, Výrobní procesy řízené logistikou. 1. vyd., Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-2650-059-9.
- [18] G. TOMEK a V. VÁVROVÁ, Řízení výroby a nákupu, Praha: Grada publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1479.
- [19] M. Ing. Ph.D. BOTEK a L. Ing. Ph.D. ADAMEC, Sbíрка příkladů z inženýrské ekonomiky a managementu, Praha: Vydavatelství VŠCHT Praha, 2004. ISBN 80-7080-544-7.
- [20] T. GUDEHUS a H. KOTZAB, Comprehensive Logistic, London: Springer, 2011. ISBN 978-3-540-30722-2.
- [21] D. LAMBERT, R. J. STOCK a L. M. ELLRAM, Logistika, 2. vydání, Brno: CP Books, 2005. ISBN 80-251-0504-0.
- [22] I. MAŠÍN a M. VYTLAČIL, Cesty k vyšší produktivitě, Liberec: IPI, 1996. ISBN 80-902235-0-8.
- [23] M. SYNEK, Manažerská ekonomika, 4. aktualizované a rozšířené vydání, Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1992-4.

Evidenční list

Souhlasím s tím, aby moje diplomová (bakalářská) práce byla půjčována k prezenčnímu studiu v Univerzitní knihovně ZČU v Plzni.

Datum:

Podpis:

Uživatel stvrzuje svým podpisem, že tuto diplomovou (bakalářskou) práci použil ke studijním účelům a prohlašuje, že ji uvede mezi použitými prameny.

Jméno	Fakulta/katedra	Datum	Podpis