

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



Návrh dispozičního řešení výrobního závodu

Diplomová práce

Autor: Bc. Jindřich Kristen

Vedoucí práce: Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.

Praha 2022



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Kristen** Jméno: **Jindřich** Osobní číslo: **473556**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh dispozičního řešení výrobního závodu

Název diplomové práce anglicky:

Production Plant Layout Design

Pokyny pro vypracování:

1. Rešerše problematiky navrhování výrobních systémů
2. Rešerše rozmístovacích metod a metod analýzy materiálových toků
3. Analýza současného stavu
4. Návrh variant řešení
5. Zhodnocení navržených variant

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D. ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **15.03.2022** Termín odevzdání diplomové práce: **29.07.2022**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Jiří Kyncl, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Návrh dispozičního řešení výrobního závodu“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Jiřího Kyncla, Ph.D. s použitím literatury uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

.....

Bc. Jindřich Kristen

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své diplomové práce Ing. Jiřímu Kynclovi, Ph.D. za odborné vedení práce a zejména za jeho cenné rady a vstřícnost při konzultacích. Dále děkuji firmě SOPO s.r.o. a jejím zaměstnancům za poskytnutí potřebných dat a za čas věnovaný při konzultacích návrhu řešení problému.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá návrhem dispozičního řešení výrobního závodu. Ve výrobním závodě již probíhá výroba na několika linkách a je potřeba nastěhovat do něj pracoviště z původního závodu. V úvodu práce je popsána problematika navrhování výrobních systémů včetně vysvětlení základního názvosloví. V druhé části je popsán pojem materiálového toku jeho řízení a správy včetně rozmísťovacích metod. V další části je zanalyzován původní a nový výrobní závod a popsány rozdíly prostorové dispozice a omezující podmínky nového závodu. Na základě analýzy jsou v další kapitole provedeny návrhy variant layoutu výrobního závodu, které splňují omezující podmínky. V poslední kapitole jsou zhodnoceny varianty layoutu, jsou navržena kritéria hodnocení pro vícekritériální hodnocení a po obodování vybrána optimální varianta.

Klíčová slova

Výrobní systém; výrobní proces; layout; materiálový tok; analýza materiálového toku, dispoziční řešení výroby; návrh výrobního závodu; rozmísťovací metody

Annotation

This diploma thesis deals with the design of the layout solution of the production plant. In the production plant, production is already underway on several lines, and it is necessary to move workplaces from the original plant into it. In the beginning of the thesis, the issue of designing production systems is described, including an explanation of the basic terminology. The second part describes the concept of material flow, its management and administration, including deployment methods. In the next part, the original and the new production plant are analyzed and the differences in the spatial layout and the limiting conditions of the new plant are described. On the basis of the analysis, in the next chapter, designs of variants of the layout of the production plant are made, which meet the limiting conditions. In the last chapter, layout variants are evaluated, evaluation criteria for multi-criteria evaluation are proposed, and the optimal variant is selected after evaluation.

Keywords

Production system; production process; layout; material flow; material flow analysis
production layout solution; design of the manufacturing plant; deployment methods

Obsah

1	Úvod.....	10
2	Představení společnosti.....	11
3	Rešerše problematiky navrhování výrobních systémů.....	12
3.1	Výrobní systém.....	12
3.1.1	Kapacita.....	14
3.1.2	Elasticita.....	15
3.2	Výrobní proces a jeho členění.....	15
3.3	P-Q a P-G diagramy a jejich užití.....	18
3.4	Prostorové řešení výrobního systému.....	20
3.4.1	Volné uspořádání.....	21
3.4.2	Technologické uspořádání.....	22
3.4.3	Předmětné uspořádání.....	23
3.4.4	Modulární uspořádání.....	25
3.4.5	Buňkové uspořádání.....	25
3.4.6	Kombinované uspořádání.....	26
3.5	Postup při projektování výrobního systému.....	27
3.6	Závěr.....	28
4	Rešerše rozmísťovacích metod a metod analýzy materiálových toků.....	29
4.1	Materiálový tok.....	29
4.1.1	Informační tok.....	30
4.1.2	Finanční tok.....	30
4.1.3	Hmotný (materiálový) tok.....	31
4.2	Řízení, správa a hodnocení materiálového toku.....	31
4.2.1	Bod rozpojení.....	32
4.2.2	Úzké místo.....	33
4.2.3	Tažný a tlačný systém.....	34
4.2.4	KANBAN.....	35
4.2.5	Just in Time (JiT).....	36
4.2.6	Hodnocení materiálového toku a layoutu.....	37
4.3	Způsoby rozmístění pracoviště.....	38
4.3.1	Šachovnicová metoda.....	39
4.3.2	Trojúhelníková metoda.....	39
4.3.3	Souřadnicová metoda.....	40
4.3.4	Sankeyův diagram.....	41

4.3.5	Metoda CRAFT	41
4.3.6	Metoda těžišť	42
4.3.7	Metoda SLP	43
4.3.8	Layout	44
4.3.9	Spaghetti diagram	45
4.4	Závěr	46
5	Analýza současného stavu	47
5.1	Současný stav výroby v původním závodě	48
5.2	Analýza současného stavu v novém závodě	53
5.3	Porovnání závodů	57
5.4	Závěr	60
6	Návrh variant řešení	61
6.1	Varianta 1	61
6.2	Varianta 2	64
6.3	Varianta 3	68
6.4	Varianta 4	71
6.5	Varianta 5	74
6.6	Závěr	77
7	Zhodnocení navržených variant	78
7.1	Návrh kritérií a zhodnocení variant	78
7.2	Vícekriteriální analýza	79
7.2.1	Zhodnocení analýzy	80
7.3	Závěr	80
8	Závěr	81
9	Seznam použité literatury	83
10	Seznam obrázků	86
11	Seznam tabulek	88

Seznam zkratk

JiT	Just in time
JiS	Just in Sequence
S01.....	Statorová linka 1
S02.....	Statorová linka 2
S03.....	Statorová linka 3
S04.....	Statorová linka 4
R01	Rotorová linka 1
R02	Rotorová linka 2
R03	Rotorová linka 3
R04	Rotorová linka 4
D01.....	Linka dokončení
KPV	Konstrukční příprava výroby
TgPV	Technologická příprava výroby
PPV	Projektová příprava výroby
Metoda CRAFT	Computerized Relative Allocation of Facilities Technique
Metoda SLP	Systematic Layout Planning
TOC.....	Theory of Constrains
DBR.....	Drum, buffer, rope
tkm	Tunokilometr
kskm	Kusokilometr

1 Úvod

Téma diplomové práce je „Návrh dispozičního řešení výrobního závodu“. Diplomová práce se zabývá návrhem layoutu výrobního závodu pro společnost SOPO s.r.o. pro nový výrobní závod v Bystřici nad Pernštejnem. Současný stav výrobního závodu je daný již probíhající výrobou na klíčových výrobních linkách. Jejich provoz a materiálový tok nesmí být při stěhování nových výrobních linek narušen. Cílem diplomové práce je návrh optimálního layoutu výrobního závodu společnosti po integraci další výroby společnosti na základě omezujících podmínek.

Úvod práce je věnován představení společnosti SOPO s.r.o., pro kterou je návrh dispozičního řešení zpracován. V první části práce jsou teoretické poznatky týkající se výrobního systému a procesu, jejich vlastností a členění. Zároveň jsou představeny základní uspořádání výrobních systémů a obecný postup, jak systematicky přistupovat k projektování výrobního systému.

V následující teoretické části jsou představeny základní pojmy spojené s materiálovým tokem, jeho řízením, správou spojené s metodami jeho optimalizace. Na materiálový tok jsou úzce navázané rozmístovací metody a jejich užití.

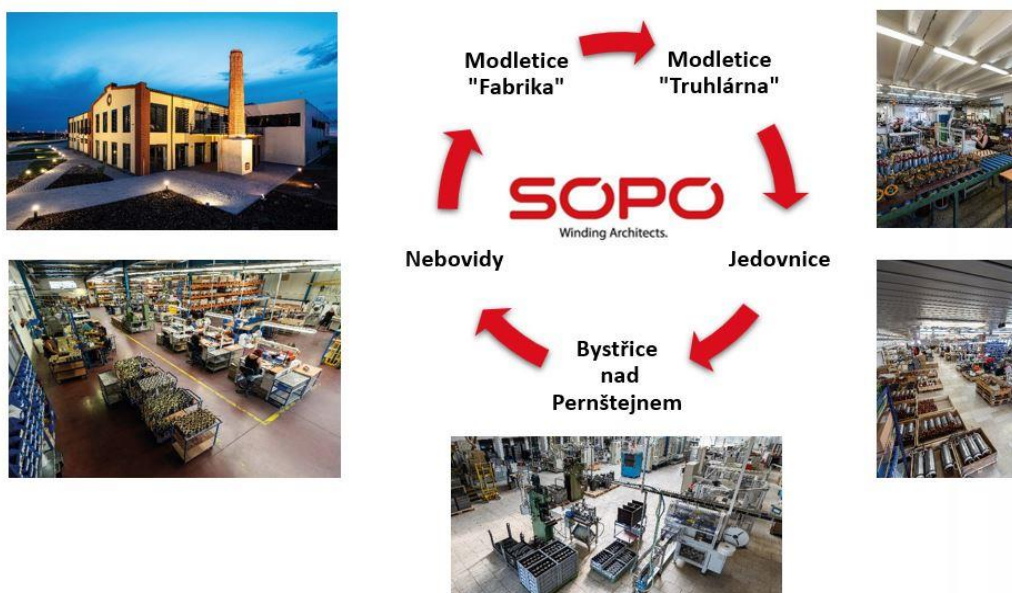
Ve třetí části, která je praktická a navazuje na poznatky z teoretické části, je detailně zanalyzován stav původního výrobního závodu, odkud se stroje stěhují, a stav nového výrobního závodu. V závěru kapitoly jsou na základě analýzy stanoveny omezující podmínky návrhu nového dispozičního řešení výrobního závodu.

Ve čtvrté části je proveden návrh pěti variant layoutu výrobního závodu, které jsou kriticky zhodnoceny, a je provedeno vyhodnocení jejich výhod a nedostatků. Na základě zpracovaného layoutu s vytvořeným materiálovým tokem pro stěžejní výrobní linky je pak možné vyhotovit finální analýzu.

V páté části jsou nastavena kritéria pro hodnocení variant, tato kritéria se skládají ze stěžejních vlastností materiálového toku a dispozičního uspořádání. Na základě zvolených kritérií jsou pak varianty zhodnoceny, a je vybrána vhodná varianta pomocí vícekritériální analýzy.

2 Představení společnosti

Společnost SOPO s.r.o. je česká firma, která na trhu působí již více jak 25 let. Specializací firmy je především výroba a navíjení malých, středních, velkých rotorů a satorů pro elektromotory. S výrobky používající elektromotory od firmy SOPO se pravděpodobně potkává každý z nás denně – ať už se jedná o domácí spotřebiče, ruční nářadí nebo snad drony, elektrokola, motorky a invalidní vozíky. Společnost vyrábí pro velké nadnárodní firmy. Firma se zaměřuje především na export, který tvoří asi 90 % objemu výroby. Podnik vyrábí ve čtyřech lokalitách Bystřice nad Pernštejnem, Jedovnice, Nebovidy a Modletice. Poslední jmenovaný závod je současně i místem, kde má společnost své sídlo. Určitá část výroby probíhá i v jiných závodech, odkud se postupně firma snaží stahovat produkci do svých prostor pod svou kontrolu. Tímto příkladem je i přesun výroby ze stávajícího závodu do Bystřice nad Pernštejnem. Zaměření společnosti je pak charakterizováno na Obr. 1.



Obr. 1: Výrobní portfolio [1]

Hlavní orientací podniku v současnosti je vývoj technologií, rozšiřování svých výrobních kapacit, optimalizace stávajících výrobních systémů a procesů pro přínos co největší kvality za splnění přísných ergonomických norem a plnění společenské odpovědnosti vůči zaměstnancům i humanitárním organizacím fungujícím zejména poblíž lokací závodů. [1]

3 Rešerše problematiky navrhování výrobních systémů

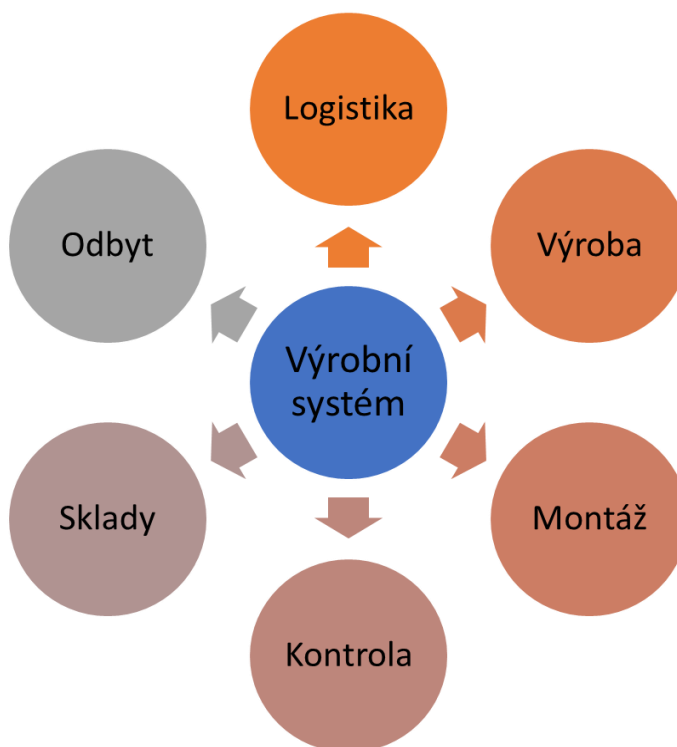
Tato kapitola se zaměřuje na problematiku návrhu výrobních systémů a úskalí jejich tvorby. Pro samotné téma praktické části vyhotovené v podniku je důležité vymezit některé základní pojmy pro hlubší porozumění teorii projektování výrobních systémů. S těmito pojmy bude pracováno v dalších částech této práce. V této kapitole zároveň bude rozveden vztah mezi výrobním systémem a procesem včetně jejich členění. Rovněž bude nastíněn průběh tvorby návrhu výrobního systému.

3.1 Výrobní systém

Pro důležitější porozumění problematice je v úvodu nutné provést definici pojmu výrobní systém a pojmů s ním souvisejících.

Výrobní systém vzniká propojením veškerých výrobních a nevýrobních (pomocných) procesů a prostředků (strojů, dopravní a manipulační techniky, skladů aj.), výrobních sil a předmětů výroby (materiálu, surovin a energií). [2]

Výrobní systém, jak je znázorněno na schématu Obr. 2, zahrnuje veškeré činnosti v podniku, které se účastní procesu výroby. Konkrétně se jedná o vybavení, stroje, zaměstnance a činnosti, které realizují výrobní proces, jenž mění vstupy na výstupy. Dělení výrobního systému lze rozložit na dvě nosné části, kterými jsou výrobní stroje a výrobní zařízení. [2] [3]

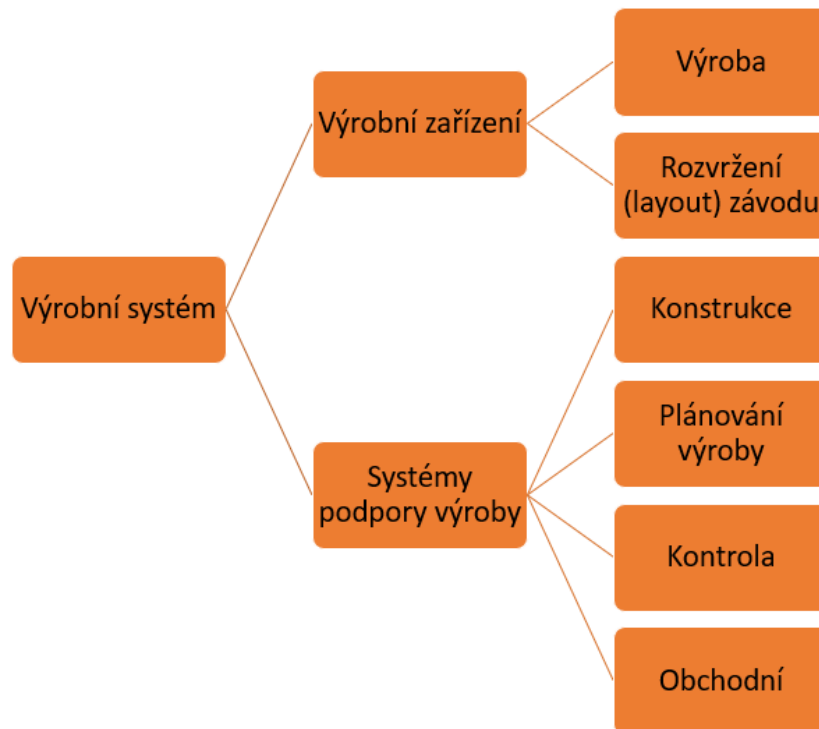


Obr. 2: Schéma důležitosti výrobního systému [3]

Výrobní zařízení tvoří souhrn strojů, budov, nástrojů, manipulační techniky, které řídí a kontrolují výrobní procesy. Mimo jiné sem patří i layout (rozložení) závodu, který určuje layout strojů a výrobních zařízení ve výrobním závodě. [4]

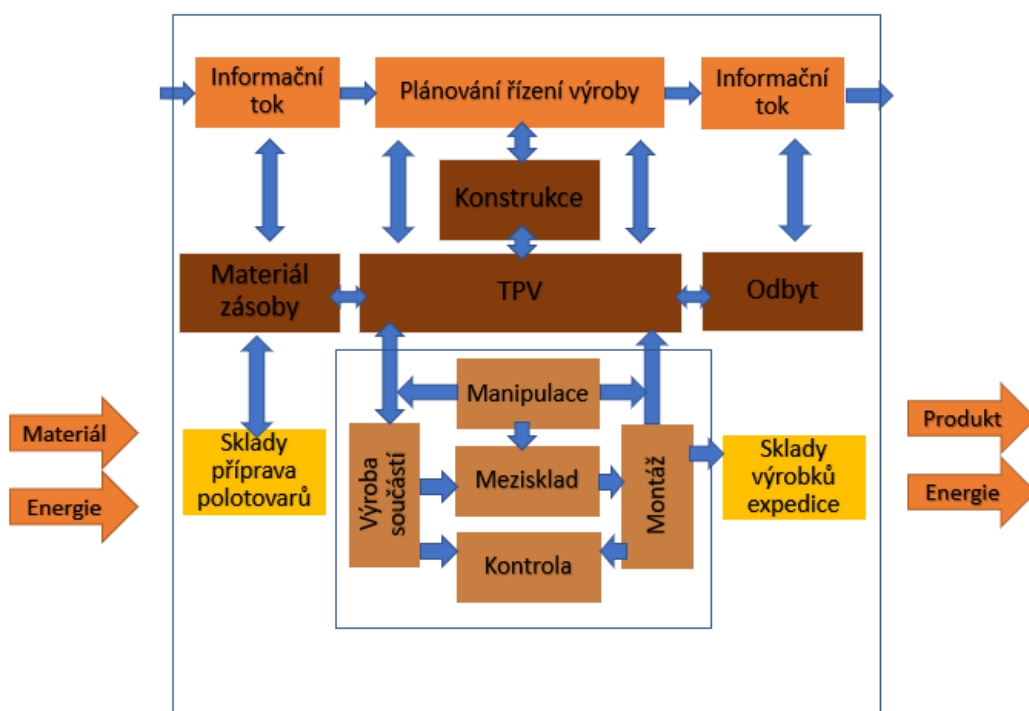
Systémy podporující výrobu jsou postupy, které společnost používá pro řízení výroby a řešení vzniklých technických a logistických problémů. Může se jednat o objednávky materiálu, výrobu či kontrolu kvality.

Tyto skupiny se dají zachytit schématem dělení na Obr. 3 od výrobního systému po jeho podskupiny. [4]



Obr. 3: Rozdělení výrobního systému [4]

Výrobní systémy lze dle podstaty transformace rozdělit na produkující výrobky a služby. Pokud se jedná o strojírenskou praxi, v obecné rovině převládají výrobky nad službami. Pro lepší představu výrobního systému může sloužit schéma výrobně-montážního systému, které je zjednodušeně znázorněno na Obr. 4. [4]



Obr. 4: Zjednodušené schéma výrobně-montážního systému [3]

Výrobní systém lze charakterizovat řadou vlastností. Mezi dvě základní vlastnosti (požadavky) můžeme řadit elasticitu a kapacitu.

3.1.1 Kapacita

Pro plné porozumění vlastnosti kapacity je nejprve vhodné si tento pojem definovat. Kapacita je schopnost výkonu výrobní jednotky nebo systému vyrobit množství výrobků libovolného druhu, velikosti a struktury za daný časový úsek. [5]

Kapacitu lze rozdělit na kapacitu výrobního zařízení a kapacitu pracovní síly. Kapacita pracovní síly je schopnost pracovníka vyrobit daný počet výrobků. Tato vlastnost je závislá na pracovní době, kdy je schopna pracovní síla podávat nejvyšší výkon. Základem jsou pracovníci a jejich individuální psychické i fyzické předpoklady. Kapacita výrobních zařízení je založená na pracovní době podniku, časech potřebných na údržbu a seřizování strojního zařízení. Pracovní doba může být různá v rámci různých firem, ale i oddělení v jedné firmě. Každé strojní zařízení má zároveň různé potřeby údržby a seřizování. Kapacita jednotlivých výrobních zařízení se tedy obvykle liší. [5]

Kapacitu lze popisovat kvalitativně i kvantitativně. Kvantitativně je možno popsat kapacitu jako množství výrobků v daném časovém úseku. Pro měření tohoto výkonu se udává množství výroby v kusech, kilech, tunách, litrech a metrech za jednotky času. Kapacita jako ukazatel je důležitá v podniku, kde máme dané kapacitní možnosti množství produktu, které jsme schopni vyrobit, a poptávkou, která po produktu je. Kvalitativním aspektem poté je kvalita výrobků a jejich druh. [5]

3.1.2 Elasticita

Elasticita je schopnost výrobního systému při změně pracovních úkolů. Elasticita, rovněž jako kapacita, může mít kvalitativní i kvantitativní aspekt. Kvalitativní aspekt spočívá v možnosti využít výrobní zařízení na jiné účely. U výrobních zařízení je potřeba rozlišovat jednoúčelové a univerzální stroje.

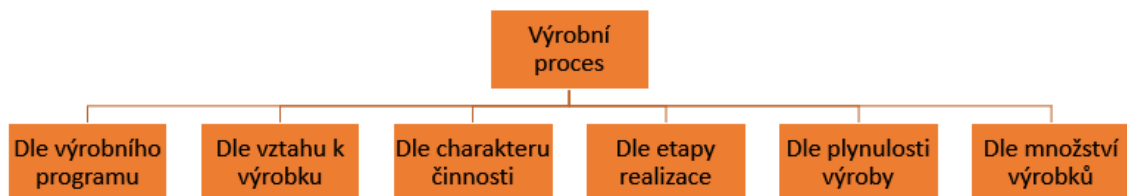
Kvalitativní elasticita je schopnost reagovat na změny v objemu výroby. Intenzivní přizpůsobení kalkuluje s různými rychlostmi provádění operací. Časové přizpůsobení při změně úkolů vyjadřuje dobu přerušení stávající práce kapacitní jednotky, tedy na jak dlouhou dobu je nutné přerušit práci. Kvantitativní elasticita je nejčastěji určovaná tím, jak rychle je možno změnit pracoviště při změně výrobního úkolu. Elasticita pracovní síly spočívá v schopnosti pracovníků provádět různé operace. [5]

3.2 Výrobní proces a jeho členění

Výrobní proces je souhrn pracovních, technologických a přírodních procesů, které mají za úkol změnu tvaru, složení, jakosti nebo spojení pracovních předmětů za účelem získat užitnou hodnotu neboli výrobek. [3]

Ve výrobním podniku probíhá velké množství jednotlivých procesů. Proces se řadí mezi základní jednotky výrobního systému. Proces vyžaduje jeden, případně více různých vstupů, a produkuje dílčí výstupy mající pro zákazníka hodnotu. Materiál je při procesu měněn na výrobek a objednávka na službu zákazníkovi. [3]

Uspořádání výroby a výrobního procesu závisí na charakteru výroby. Zasahuje do něj mnoho vlivů, jako je velikost trhu, objem produkce, použité technologie, velikost a hmotnost výrobků. Od některých z těchto faktorů se odvíjí i členění výrobního procesu, které je zachyceno na Obr. 5. [6]



Obr. 5: Členění výrobního procesu [2]

Jak je patrné ze schématu výrobní proces lze rozdělit podle řady kritérií, kde mezi základní patří složení výrobního programu.

Pro toto členění je nutné uvést pojem výrobní program a osvětlit jeho význam.

Výrobní program jsou výrobky, které podnik vyrábí – jedná se tedy o výrobní portfolio podniku. [3] Hlavní výrobní program je základním výrobním programem, který určuje charakter a identitu výrobního podniku; kdežto doplňkový výrobní program zahrnuje vedlejší výrobu napomáhající lepšímu vyištění strojů, zařízení a výrobní plochy. Jejím úkolem je vyplnit prostor například při situaci, kdy nejsou zakázky na hlavní výrobní program. [7]

Druhým možným členěním je členění dle vztahu výrobního procesu k výrobkům. Může se jednat o hlavní výrobní proces, jehož úkolem je tvorba finálních výrobků, které jsou expedovány mimo podnik. Pomocný výrobní proces, který vyrábí produkty, napomáhá k výrobě hlavního výrobního procesu. Jedná se o přípravky, formy nebo nástroje. Poslední variantou je vedlejší výrobní proces, jehož úkolem je zajistit zásoby, energie a služby pro výrobu. [7]

Třetí varianta rozdělení je podle charakteru činnosti. Zde může mít činnost technologický charakter, což je souhrn technologických činností seřazených v časové posloupnosti výrobního procesu, nebo se může jednat o pracovní proces, který je vykonávaný pracovní silou, například při obsluze strojů, montáži atd. [7]

Čtvrtá možnost je podle etapy realizace. Může se jednat o realizaci v předvýrobní fázi, výrobní fázi nebo fázi dohotovující (po výrobní fázi).

Předvýrobní fáze se skládá z příjmu zakázky od zadavatele, technickou přípravu výroby a zásobování. [10] V této fázi je nutné zajistit konstrukční přípravu výroby (KPV), což zahrnuje dokumentaci nutnou k výrobě součástí. Technologická příprava výroby (TgPV) má zde za úkol vymyslet technologie k vyrobení daného výrobku – jestli je v silách podniku produkt vyrábět na současných zařízeních, případně jaké stroje jsou potřeba či jak výrobek upravit. To zásadně váže technologickou přípravu a konstrukční přípravu výroby. Další útvar účastníci se předvýrobní fáze je projektová příprava výroby (PPV), která úzce spolupracuje s ostatními útvary. Předmětem PPV je, kolik kusů je potřeba vyrobit, zda je výrobní kapacita dostačující a zaplánování do výrobního plánu. Během všech těchto příprav je nezbytné dodržet spolupráci jednotlivých výrobních a nevýrobních úseků. [8] [9]

Ve výrobní fázi probíhá samotný výrobní proces, kde se díky veškerému zařízení (stroje, nástroje), materiálu a pracovní síle mění vstupy (polotovary) na výstupy (hotový výrobek). Někdy se tato fáze dále dělí ještě na předzhotovující, zhotovující a dohotovující fázi. V první jmenované probíhá příprava materiálu, kování výkovků, odlívání odlitků a další; ve druhé (zhotovující) probíhají činnosti výroby součástí a práce na montáži a v poslední fázi se uskutečňují konečné úpravy, nátěry, povrchové úpravy, balení a konzervace. [8] [9]

Výsledkem dohotovující fáze (po výrobní etapy) je finální výrobek. Tato fáze se někdy označuje také jako prodejní či odbytová. Řeší se zde marketing, logistika a distribuce k zákazníkovi, servis, reklamace nebo likvidace výrobku. [8] [9]

Předposlední zmíněné členění je dle plynulosti výroby. Zde máme možnost plynulé a přerušované výroby.

Při plynulé (kontinuální) výrobě probíhají technologické a manipulační procesy nepřetržitě – výjimku zde tvoří opravy z důvodu poruch, které nelze započítat. Výhodou plynulé výroby je menší potřeba zásob, méně rozpracované výroby a konstantnější výkony. Mezi tyto výroby by se dala zařadit chemická, hutní nebo i klasická linková výroba probíhající v automobilových výrobních závodech. [11]

Přerušovaná (diskrétní) výroba je kombinovaným procesem, kde se spojuje technologický proces s manipulačními procesy. Pomocí manipulačních činností je materiál, rozpracovaná výroba či polotovary přepravován z jednoho pracoviště na druhé. Přerušovaná výroba probíhá pouze v určených a předem stanovených časech. Výhodou je lepší údržba strojů. Příkladem může být výroba v technologickém rozmístění pracovišť, kdy jsou rozděleny jednotlivé technologie a na jednom z pracovišť probíhá předvýroba. [11]

Poslední členění je podle množství vyráběných výrobků. V tomto rozdělení je zahrnuto množství a počet typů výrobků, které jsou produkovány během určitého časového období, ale také je zde zahrnuta sériovost.

Kusová výroba je charakteristická velkým počtem druhů vyráběných výrobků a malým počtem vyráběných kusů jednotlivých druhů. Výroba se může buď opakovat (opakovaná kusová výroba), anebo být jednorázová (neopakovaná kusová výroba). Rozdílem od sériové výroby je její častá proměnnost a každý kus může být originál (na míru přizpůsobený zákazníkovi). Problémem je náročná předpověď poptávky a požadavků a dlouhé dodací lhůty. Využívají se zejména univerzální stroje a zařízení. Kvalifikace zaměstnanců by měla být vysoká. Příkladem kusové výroby může být výroba hřidel, forem, zápusťek nebo přípravků. Vyrábí se jeden až 10 kusů výrobku bez pravidelnosti intervalů. [4] [11]

Sériová (masová) výroba vytváří značné množství stejných výrobků (je zde malý počet druhů o různém počtu kusů od 100 ks do 100 000 ks) využívá se standardizovaných součástí a dílů. U sériové výroby je často velmi výrazně zapojena robotizace, automatizace a využívá se montážních linek. Sériová výroba vyžaduje přesné řízení, vysoký stupeň plánování a logistiky. Dnes se často využívá podpůrných systémů pro plánování výroby a logistiky v podobě ERP systémů s navázanými moduly. [4] [11]

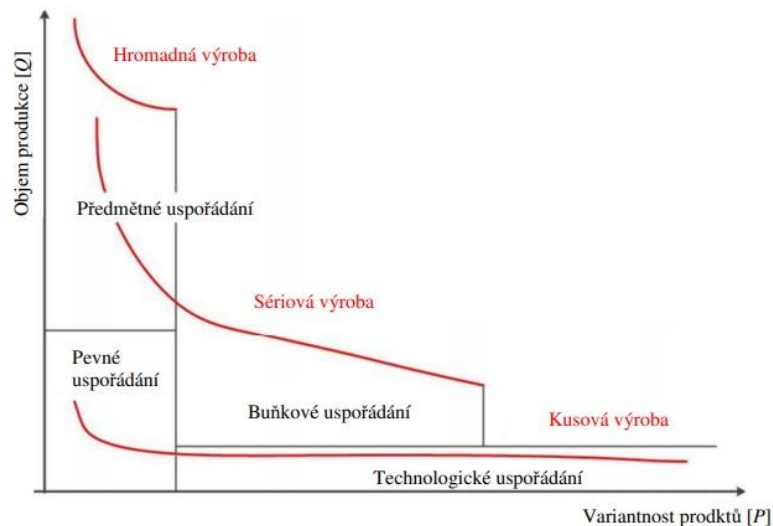
Výroba probíhá v daných sériích – podle velikosti série existuje malosériová, velkosériová nebo výroba středně velkých sérií. Velikost série není přesně daná, liší se v závislosti na odvětví výroby a výrobním podniku. V základu by se dalo říci, že malosériová výroba navazuje na kusovou a začíná na 10 ks. Po ní následuje sériová výroba zhruba od 50–100 ks a velkosériová zhruba od 500–10 000 ks. Příkladem je výroba motocyklů, počítačů, strojů. [4] [11]

Při hromadné výrobě se vyrábí jeden druh, maximálně jednotky druhů výrobku ve velkém množství. Typická výrobní zařízení jsou jednoúčelové stroje nebo výrobní linky. S ohledem na vysokou produkci každý minimální ztrátový čas při výrobě jednoho výrobku vytvoří obrovskou finanční ztrátu. Není zde potřeba vysoká kvalifikace pracovníků jako v kusové výrobě; v tomto ohledu by se dala nazvat pravým opakem. Pro zajištění efektivity se využívá předmětné uspořádání pracovišť. Může se jednat například o výrobu šroubů, matek, gum i procesorů. [11]

3.3 P-Q a P-G diagramy a jejich užití

P-Q a P-G diagramy jsou základní nástroje, které umožňují kategorizaci výroby z hlediska její četnosti a členitosti. Poskytují informace doporučujícího charakteru sloužící jako podklad k rozhodnutí o uspořádání výrobního systému a dimenzování koridorů logistiky. Lze z nich vyčíst, zda se jedná o kusovou, sériovou nebo hromadnou výrobu. Tyto diagramy nabízí užitečný náhled do výrobního systému. Lze z nich poznat stupeň využití automatizace, typ výroby, organizaci výroby nebo poznatky o logistice. Největším problémem těchto diagramů je spolehlivost údajů s ohledem na proměnnost dat v jednotlivých měsících. Pro podniky může být náročné určovat výrobní sortiment a množství na dlouhodobý horizont, což může způsobit vysokou proměnnost diagramů. [13]

P-Q diagram je grafická závislost zobrazující závislost objemu výroby na její variabilitě. Příklad P-Q diagramu je zobrazen na Obr. 6. P-Q diagramy se zároveň mohou využít pro určení způsobu uspořádání výrobních zařízení a strojů ve výrobním systému. Jak je patrné z obrázku, na ose y leží objem produkce a na ose x počet výrobků (představitelů). Pomocí těchto diagramů se rozdělí na sériovou, kusovou, hromadnou a dle toho je možno zvolit typ uspořádání strojů. [3] [13]



Obr. 6: P-Q diagram pro jednotlivé druhy výrob [12]

Z diagramu výše je vidět možnosti uspořádání pracovišť s ohledem na objem produkce a variantnost produktů. Důležité je však, že tento diagram má určitý doporučující charakter a nemusí být takové uspořádání vždy vhodné.

P-G diagramy jsou diagramy zobrazující závislost hmotnosti (q) a představitel výroby. Takový vztah dává náhled na problematiku uspořádání výrobních systémů. Poskytuje další část pohledu na portfolio produktů.

Strukturu součástkové základny lze rozdělit dle hmotnosti, rozměru, technologie a pracnosti rozdílných skupin. [3]

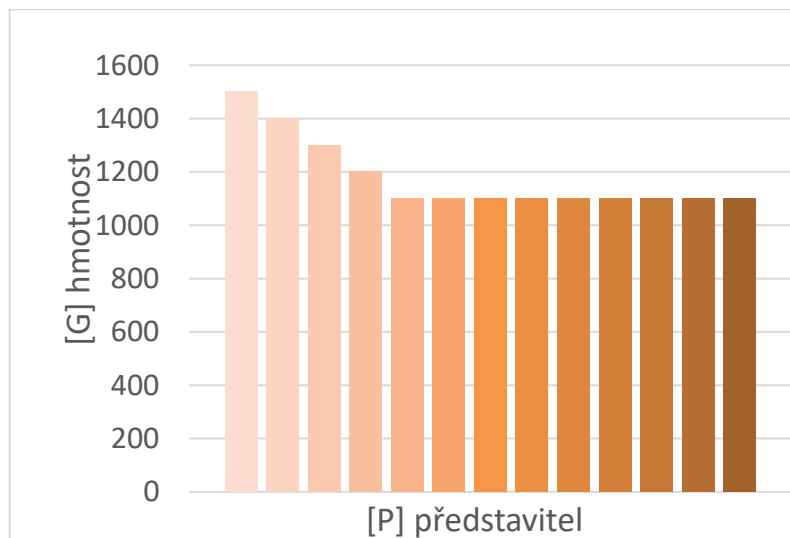
Skupina A má charakter základových a nosných prvků (stojany, skříně, lože...). Zde jmenované součásti jsou technologicky, materiálově i časově náročné. Navíc je charakterizuje vysoká náročnost na kvalifikaci pracovníků. Kvůli této složitosti je potřeba zajistit co největší efektivitu v závislosti s jejich nakládáním, protože v každé další fázi, kde se zjistí chyba, je daleko nákladnější ji odstranit.

Někdy se uvádí, že s každou následující fází výroby stojí 10× tolik chybu odstranit. Proto je důležité zakročit již v první fázi (návrhu výrobku).

Skupina B obsahuje součástky všeobecného charakteru (hřídel, ozubené kolo a další). Nároky jsou nižší než u předchozí skupiny. Lze v malé míře vyrábět na sklad.

Skupinu C tvoří převážně normalizované součásti, případně unifikované, typizované (šrouby, nýty, čepy). Vyrábí se ve velkém množství.

Příkladem P-G diagramu je diagram na Obr. 7, který zachycuje P-G diagram s mělkou křivkou. [3]



Obr. 7: P-G diagram [3]

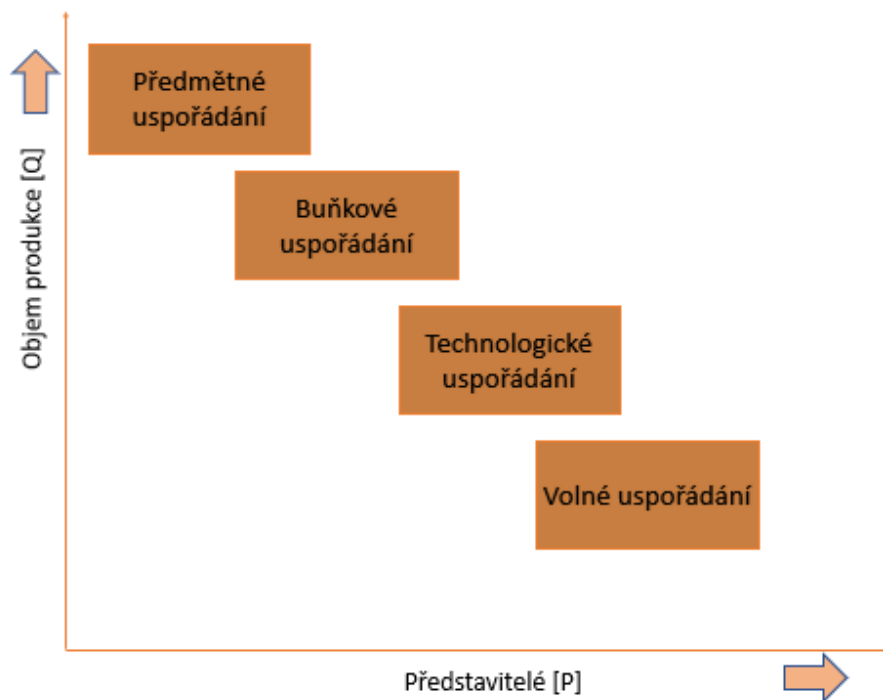
Mezi P-Q a P-G diagramy lze vyzorovat spojitost v představitelích, kde hromadná výroba často odpovídá váhové skupině C, sériová skupině B a malosériová skupině A. Zjednodušeně by se dalo říct, že čím těžší jsou součásti, tím menší série se jich obvykle vyrábí. [3]

3.4 Prostorové řešení výrobního systému

Při navrhování výrobního systému se obvykle tvůrce potýká s problémem omezeného prostoru. Jen zřídka kdy dostane projektant za úkol navrhnout výrobní systém na zelené louce. Základem je tedy technickoorganizační návrh na omezené ploše závodu. Aby bylo možné správně volit typ prostorové struktury, jsou důležité zejména následující faktory.

- sériovost, výrobní program, opakovatelnost výroby, rozsah sortimentu a hmotnost součástí
- výrobní procesy, zejména jde o podobnost vyráběných součástí a náročnost výroby
- integrace a úroveň specializace [3]

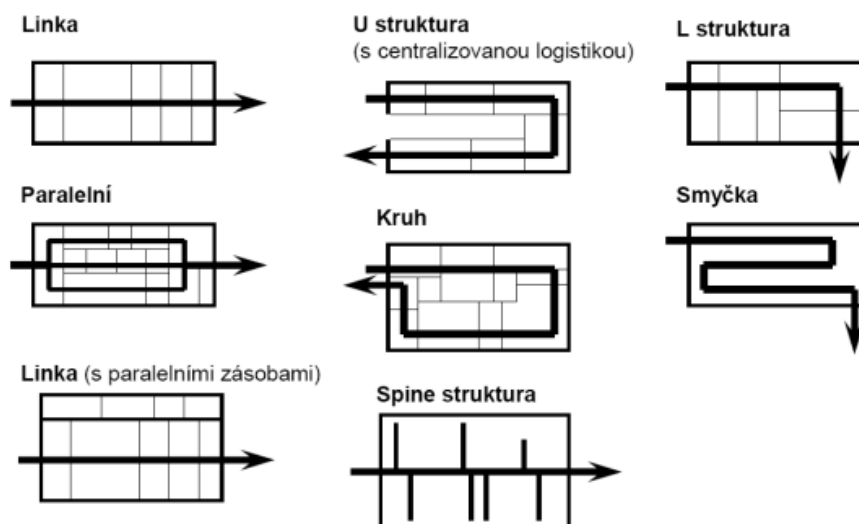
Velkou část z těchto aspektů dokáží zaznamenat v předchozí části zmiňované P-Q a P-G diagramy. Pro lepší představu je zde uveden Obr. 8. P-Q diagram pro prostorové řešení. [3]



Obr. 8: P-Q diagram pro prostorové řešení [6]

Při návrhu prostorového řešení výrobních systémů se dá uvažovat několik základních tvarů materiálového toku. Tyto tvary znázorněné na Obr. 9 určí uspořádání pracovišť ve výrobním systému.

Při tvorbě layoutu a rozmístění strojů rozlišujeme několik základních způsobů, které jsou dále v této kapitole detailně rozebrány.

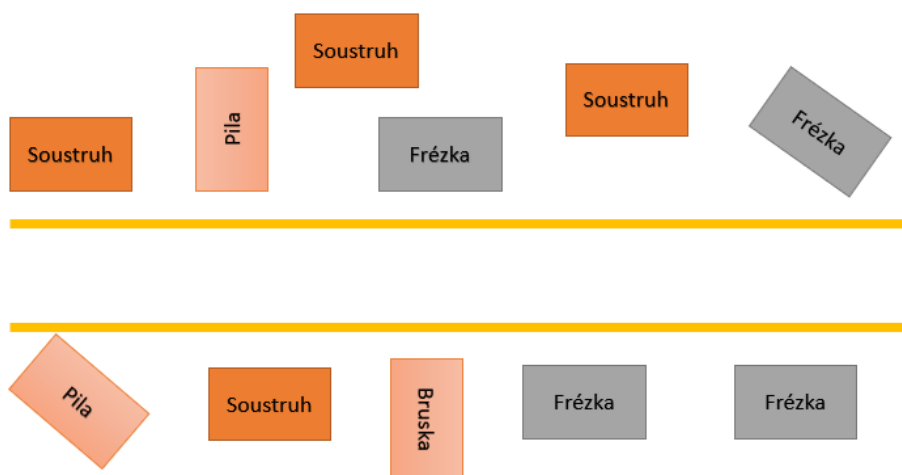


Obr. 9: Základní tvary pracovišť ve výrobním systému [22]

Z obrázku výše je patrné, že existuje celá řada variant tvarů pracovišť, každý z tvarů je obvykle charakteristický pro některé uspořádání výrobních strojů a zařízení.

3.4.1 Volné uspořádání

Tento typ prostorového uspořádání výrobních strojů vychází nejčastěji z postupného vzniku výrobního závodu, kdy stroje přibývaly. Byly rozmístovány, kde bylo zrovna místo, a materiálový tok se příliš neřešil. Občas je možné vidět volné uspořádání i ve větších firmách, například při prudkém růstu, v některé části výroby zůstalo volné uspořádání. Nejsou zde určeny organizační, řídicí a materiálové vazby ani posloupnost operací. Tuto skutečnost můžeme pozorovat na Obr. 10. [16]



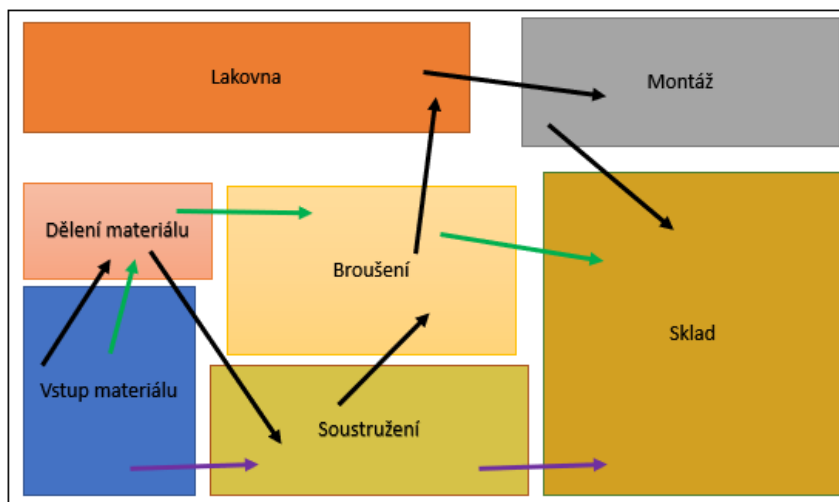
Obr. 10: Volné (Individuální) rozmístění strojů [16]

Toto uspořádání je charakteristické pro údržbářské dílny nebo výroby kusové či prototypové. I když toto uspořádání je volné a stroje jsou rozmístěny tam, kde je místo, je třeba dodržet základní zákonné limity. Mezi tyto limity patří výrobní, hygienická a bezpečnostní kritéria. Pro velké výroby je tento druh velmi nevhodný a je lepší od něj co nejdříve upustit, v rámci zlepšení produktivity i ergonomie výrobního systému.

3.4.2 Technologické uspořádání

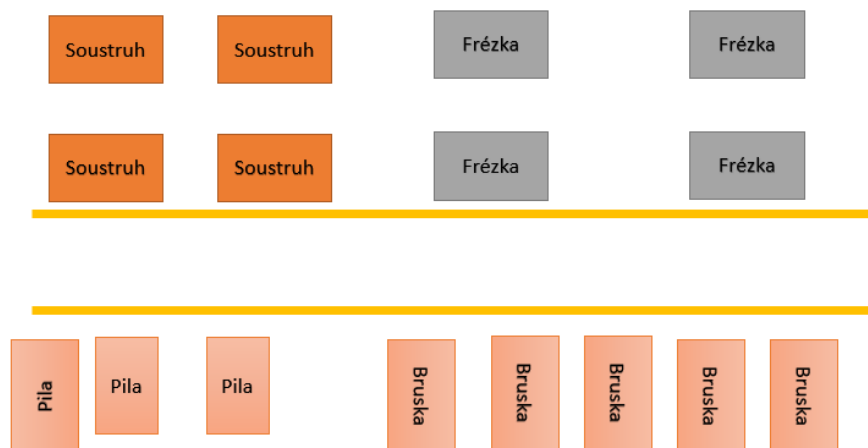
Výrobní stroje a zařízení ve výrobním systému jsou v technologickém uspořádání stavěny dle příbuznosti a technologické specifikace. Operace jsou zde slučovány podle příbuznosti v technologickém postupu. Operace spojené s obráběním jsou na obrobě, operace se svařováním na svařovně a podobně. Jednotlivé části jsou pak rozčleněny u sebe. Pro představu je vyčleněn prostor pro soustruhy, pily, frézky atd. Jednotný směr materiálového toku se nedá určit s ohledem na různorodost vyráběného sortimentu. Využití této prostorové struktury je zejména v kusové, malosériové výrobě a těžkém strojírenství. Využívá se zde univerzálních strojů a dělníci jsou vysoce kvalifikovaní. [3] [5]

Příklady technologického uspořádání prezentují Obr. 11 a Obr. 12, ze kterých je vidět tok materiálu v tomto uspořádání a možnost uspořádání.



Obr. 11: Materiálový tok v technologickém uspořádání [3]

Ze schématu je patrné, že materiálový tok v technologickém uspořádání může být značně rozličný. To komplikuje přehled o hmotném toku.



Obr. 12: Technologické uspořádání výroby [3]

Na schématu je vidět jeden z možných příkladů běžné obrobky s technologickým uspořádáním výrobních strojů.

Technologické uspořádání může být ve dvou variantách podle skladování.

- Bez meziskladu se vyznačuje nepravidelnou přepravou mezi jednotlivými výrobními stroji a ukládáním komponent ve výrobním prostoru.
- S meziskladem, kde jde po každé operaci polotovaru do meziskladu. Výhodou jsou menší nároky na plochu u výrobních zařízení a snadnější řízení výroby. Problém je ovšem v nutnosti vyčlenit prostor pro mezisklad a nutnost vícenásobné manipulace s materiálem (polotovarem). [17]

Dále se struktura technologického uspořádání dělí na jednotlivá pracoviště a dílny:

- Struktura jednotlivých pracovišť obsahuje profesně shodná výrobní zařízení, ale každé z nich není kooperačně vázáno s jiným zařízením ve stejném výrobním systému. Každý stroj je samostatná výrobní jednotka. Operace se koncentrují na jednom pracovišti, jde o díly, které se vyrábí například na jedno upnutí při obrábění.
- Struktura dílenského uspořádání se často vyskytuje v obrobkách, kde jsou zvláště umístěny soustruhy, frézky, pily, brusky, vrtačky, hoblovky a další zařízení. [17]

Výhody technologického uspořádání jsou flexibilita a univerzálnost při změně výrobního programu, větší prostor pro rozhodování všestranně kvalifikovaných pracovníků, větší prostor pro údržbu strojů, kvalifikovaní pracovníci, vyšší variabilita produkce díky univerzálním strojům a široké spektrum zakázek. [18] [19]

Nevýhody tohoto rozmístění jsou časová a prostorová nepřehlednost (špatně se drží přehled o rozpracované výrobě), dlouhé a nejednotné materiálové toky, vysoké nároky na manipulaci s materiálem, nutnost více skladovacích prostor, složitější řízení výroby. [18] [19]

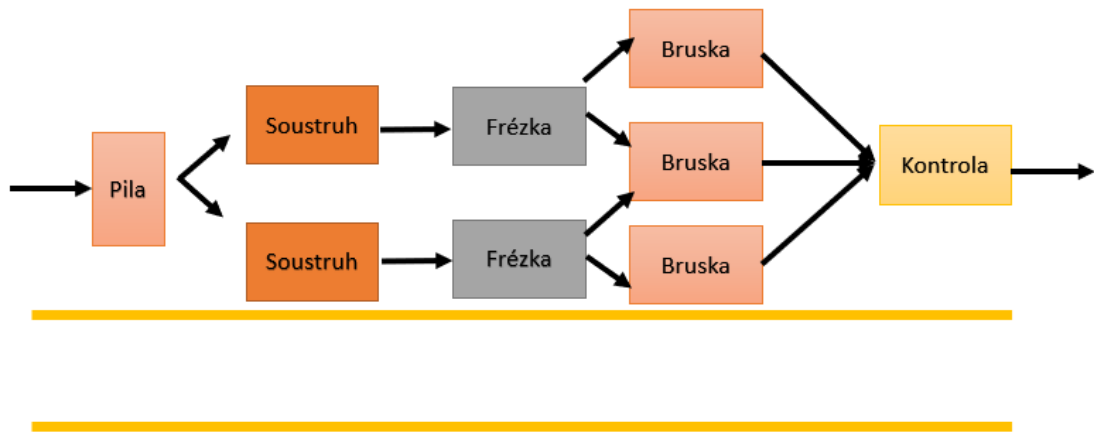
3.4.3 Předmětné uspořádání

U tohoto uspořádání jsou technologicky odlišná pracoviště seskupena dle technologického postupu. Využívá se při výrobě s vyšší sériovostí, kdy je snaha dosáhnout co nejmenších prostojů je vhodné na místa, kde se vyrábí méně výrobků ve větším množství. Převládají zde krátké mezioperační časy a minimalizuje se manipulace v prostoru výrobní haly. Při využití předmětného uspořádání je doporučeno standardizovat a pracovat na směny, aby nedocházelo k prostojům. Standardizace se zavádí, aby došlo k co největšímu využití stroje a nebylo nutné stroj často seřizovat pro výrobu jiné součásti. Jedná se o proudovou výrobu, výrobky plynou výrobou a nemají nikde prodlevy. Dělníci zde nemají vysokou kvalifikaci, využívá se specializovaných strojů a nástrojů. Stroje seřizují kvalifikovaní pracovníci a obsluhu samotnou již provádí méně kvalifikovaní pracovníci. Technická příprava výroby zde zabere větší čas než při kusové výrobě. Výrobu je nutné co nejlépe naplánovat, aby nedocházelo k časovým ztrátám. [12] [20]

Předmětnou strukturu lze dále rozlišit na dva druhy.

- **Struktura hnízdová** má tvořené prostorové uspořádání výrobních zařízení v závislosti na požadavcích předem vybraného sortimentu součástí. Realizují se zde dílčí výrobní procesy pro konstrukčně a technologicky podobné skupiny součástek. Jsou to defacto dílčí výrobní systémy s nižším stupněm komplexnosti výroby. V závislosti na sortimentu, sériovosti, opakovatelnosti a dalších faktorech může být realizovaná jako volně rozptýlená, buňková nebo řadová.
- **Struktury linkové** jsou využívány u menšího sortimentu výrobků a většího množství technologicky podobných produktů. Podle rozsahu mohou být pružné (více předmětné) či proudové linky (jedno předmětné).

Příklad linkové struktury předmětného uspořádání je vidět na Obr. 13.



Obr. 13: Předmětné uspořádání výroby [14]

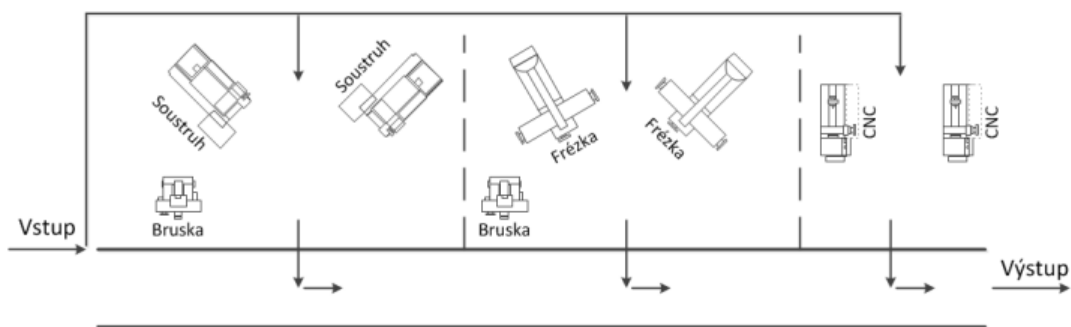
Výhodou této organizační struktury je zkrácení průběžné doby výroby, a tím snížení vázaných peněz v materiálu, skladovacích plochách a podobně. Další výhodou je snížení mezioperačních časů a nákladů vynaložených na manipulaci s rozpracovanou výrobou. Materiálový tok je přehledný díky své plynulosti (nemělo by zde docházet k vracení rozpracované výroby). Jsou zde nízké požadavky na kvalifikaci pracovníků. [5] [6] [14]

Nevýhodou je, že výrobní program není pružný a jeho změna vyvolává zdlouhavé seřizování strojů, případně celého uspořádání strojů. Problémy nastávají i s údržbou a opravou strojů, kdy je vyřazena celá jedna výrobní sestava. Výrobní stroje jsou jednoúčelové a dražší, jejich výroba i údržba je nákladná a náročná. [5] [6] [14]

3.4.4 Modulární uspořádání

Uspořádání vzniklo s rozšířením moderní techniky v podobně souřadnicově řízených strojů (NC strojů, CNC strojů). Jde o charakteristické seskupování stejných technologických bloků, z nichž každý plní více technologických funkcí. Celý provoz se skládá ze stejných nebo podobných modulů – skupin výrobních zařízení. Charakteristický příklad je skupinové nasazení NC strojů na klasicky řízené dílně nebo více obráběcích center v jednom místě. Mají vyšší produktivitu práce, a proto mají prioritní postavení z hlediska obsluhy materiálem, náradím a plánováním výroby. Kromě vyšší produktivity jsou pro ně charakteristické i vysoké pořizovací náklady. Takové uspořádání je optimální umístit do podniku, kde se pracuje na dvě nebo tři směny. Používá se ve všeobecném, těžkém i středně těžkém strojírenství pro kusovou a malosériovou výrobu. [14]

Pro příklad je uveden Obr. 14 s řadou modulárních pracovišť na obrobně.



Obr. 14: Modulární uspořádání výroby [21]

Výhody modulárního uspořádání jsou vysoká produktivita práce, kratší mezioperační časy než u volného nebo technologického uspořádání, zkrácení průběžné doby výroby, kratší manipulační dráhy, lepší organizace práce a řízení výroby a zásob. [14]

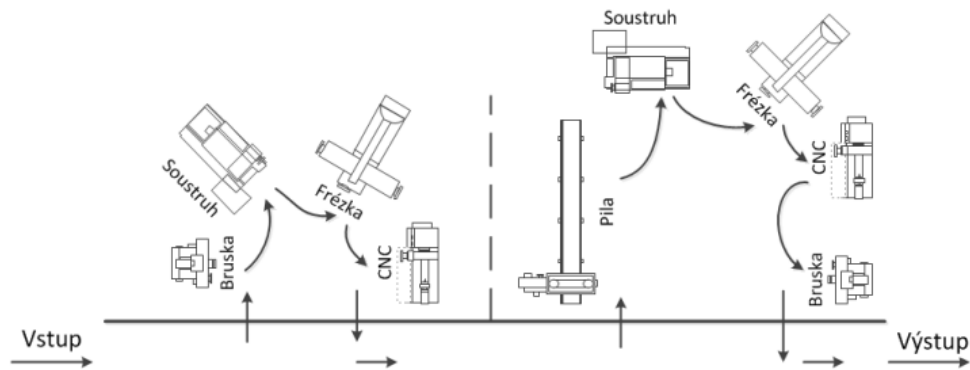
Nevýhody jsou vyšší nároky na technickou přípravu výroby. Vysoká pořizovací cena strojů a zařízení (je třeba mít dobře kalkulovanou návratnost). [14]

3.4.5 Buňkové uspořádání

Vychází se zde z rozdělení výrobního systému na samostatné moduly (buňky), které autonomně plní definované výrobní úkoly. Jsou propojeny materiálovým a informačním tokem. Podobné výrobky po buňce cestují stejnou trasou a produkt může některou operaci přeskočit. Kombinuje výhody technologického a předmětného uspořádání, kterého lze dosáhnout při dobře fungujícím řídicím informačním systému. [14]

Buňka je složena z vysoce produktivního stroje s mechanizovaným nebo automatizovaným okolím, například robotické rameno pro zakládání obrobků. Tyto buňky musí být zabezpečeny stálým, dostatečně objemným, výrobním programem. Přípravné operace se provádí na pomocném pracovišti, a to i v čase chodu hlavního pracoviště. Takto uspořádaná pracoviště by měla fungovat v třísměnném provozu. [14] [21]

Buňkové uspořádání, kde je buňka složena z několika na sebe navazujících strojů znázorňuje Obr. 15.



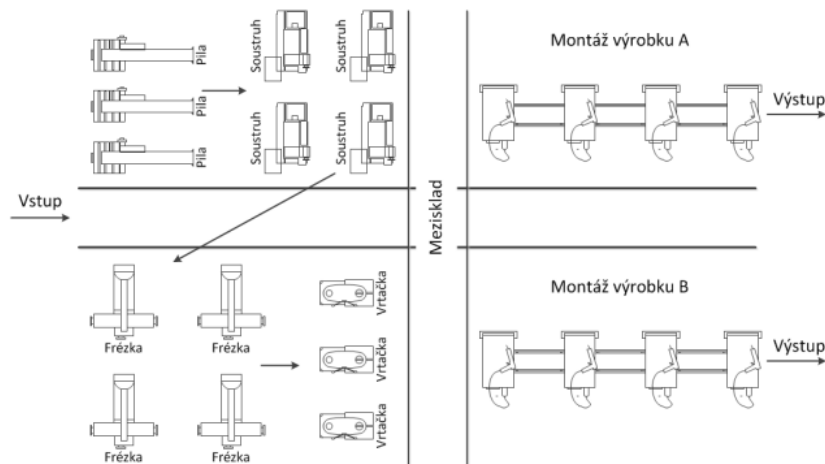
Obr. 15: Buňkové uspořádání [21]

Výhodou buňkového uspořádání jsou minimální vzdálenosti, přehledné informační a materiálové toky, dobrá komunikace, přehledné řízení, nízké zásoby a krátké průběžné časy. Moduly jsou vysoce pružné a plocha je racionálně využita.

Nevýhodou je, že jsou zde, obdobně jako u modulárního uspořádání, drahé stroje a náročnější technická příprava výroby. [14]

3.4.6 Kombinované uspořádání

Pro projektování větších výrobních závodů projektant obvykle nevyužívá jen jednoho způsobu uspořádání pracovišť. Vhodné je sáhnout k více způsobům, nejméně dvěma. V mechanicko-technologických provozech je často velké množství součástek vyráběných na sklad. V technologicky uspořádané obrobne a montáži podskupin a finálních výrobků je možno organizovat výrobu do předmětně uspořádané linky. Taková linka může být představena schématem na Obr. 16.



Obr. 16: Kombinace technologického a předmětného uspořádání [14]

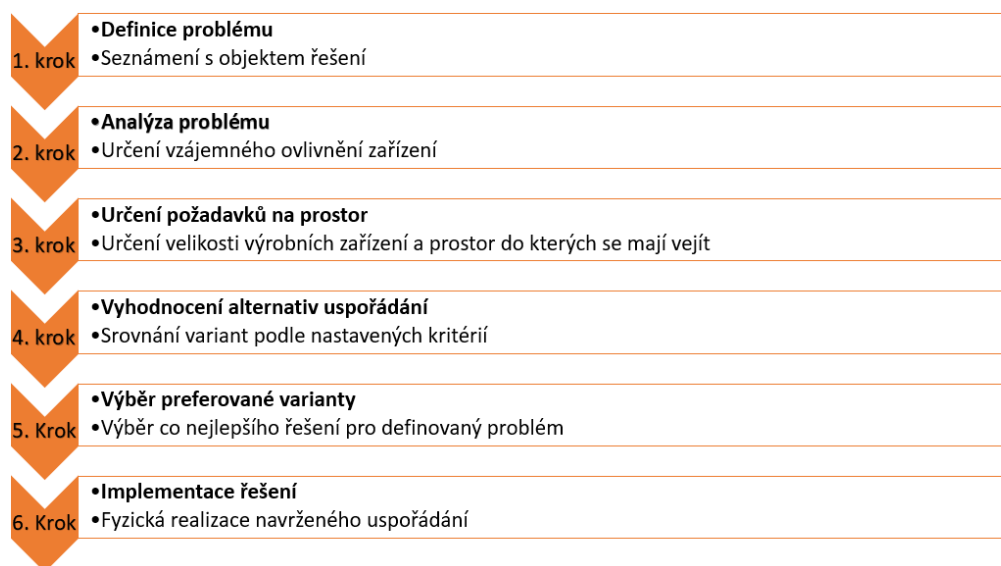
Při plánování se užívá smíšený či souběžný způsob výroby malých dávek. Strojní zařízení jsou univerzální nebo stavebnicová, nářadí a nástroje využívají univerzální až speciální. Pracují zde zaučení nebo kvalifikovaní dělníci. Snažíme se maximalizovat výhody metod a eliminovat nevýhody. [14]

3.5 Postup při projektování výrobního systému

Postup při projektování výrobních systémů se dá rozdělit do několika etap. Počet etap, ale i celý postup uspořádání a projektování výrobního systému se liší podle rozsahu návrhu. Tato část si klade za cíl vyjmenovat a popsat jednotlivé etapy při tvorbě návrhu výrobního systému.

V dnešní době není příliš běžné navrhovat nové výroby (výrobní haly na zelené louce). Zpravidla se racionalizují již existující výrobní závody. V těchto závodech se může často racionalizovat jen určitý úsek výrobního systému a je potřeba brát zřetel na zadání úkolu racionalizace.

O přístupu k projektování výrobního systému píše řada autorů. Většina z nich se v podstatě jednotlivých etap shoduje. Rozdílem bývá počet kroků, na které proces návrhu výrobního systému dělí. Příklad rozdělení je na Obr. 17.



Obr. 17: Fáze projektování výrobního systému [22]

V rozdělení byly uvedeny body, které jsou dále rozvedeny pro co lepší představu o metodickém přístupu k projektování výrobních systémů. Těmito body jsou:

1) Definice problému

Určení objektu řešení pro projektanta výrobního systému. Projektant se seznámí se základním problémem ve výrobním systému, který má řešit. Tento krok je nezbytný pro kroky navazující; v některé literatuře se ale například slučuje s druhou fází. Postup není přesně ohraničen a jednotlivé etapy se prolínají. To může být důvodem různých členění postupu projektování výrobního systému. [14] [22]

2) Analýza problému

Určení vzájemné návaznosti problému a vzájemných ovlivnění výroby jak kvantitativně, tak kvalitativně. Pro tuto část je nezbytné sesbírat potřebná data, prognózy výroby a potřeb kvalitativních parametrů vyrobených výrobků. Součástí analýzy problému je provedení rozboru dat. V potaz je potřeba vzít standardizaci a její možnosti. Nutné je

zanalyzovat současná a potřebná strojní zařízení, vybavenost, potřeby náradí a speciálního vybavení. Důležitý je i rozbor materiálových toků a dispozičního řešení stávající výrobní haly. Tento krok se částečně překrývá s následujícím krokem, kdy se určí požadavky na prostor z výsledků analýz. [22] [23]

3) Určení požadavků na prostor

Stanoví se všechny požadavky na prostor při výrobě s ohledem na materiál a veškeré vybavení. Při racionalizaci stávající výroby vycházíme ze stávajícího stavu, zjišťujeme nezbytně nutné množství materiálu a snažíme se jej optimalizovat. Je zde nutné veškerá data pečlivě ověřit. Zejména velikosti výrobních strojů, zařízení rozpracované výroby. Po určení požadavků se vypracují varianty ve formě layoutu, který zachycuje navržený stav se všemi potřebami výroby a rozmístěním strojů a zařízení. [14] [22]

4) Vyhodnocení variant

Zpracované varianty layoutu se vyhodnotí podle daných kritérií. V této části se snažíme co nejobektivněji i co nejsubjektivněji vyhodnotit varianty. Z pravidla se v této fázi potká projektant s řadou vedoucích v podniku i pracovníků u strojů samotných a snaží se zhodnotit spolu s vedením nejvhodnější variantu. [14] [22]

5) Výběr preferované varianty

Určení a výběr nejlepšího uspořádání, které je vhodné pro naplnění podnikových cílů a je řešením prvotně definovaného problému. Při výběru preferované varianty jsou již zpracované připomínky a projekt se chystá do fáze realizace. Důležitým faktorem při výběru preferované varianty je cena a návratnost investice. [22]

6) Realizace

Posledním krokem je realizace samotná, která ověří správnost návrhu, za kterou ručí projektant. Výrobní systém musí vyhovět, prostorově být plně funkční a splňovat požadavky. Vady v celém návrhu se projeví v počáteční fázi provozu výrobního systému. [13]

Realizaci je možno realizovat vlastními silami, dodavatelsky, nebo kombinovaně.

Někdy se jako sedmý krok uvádí sledování provozu a zapracovávání změn.

3.6 Závěr

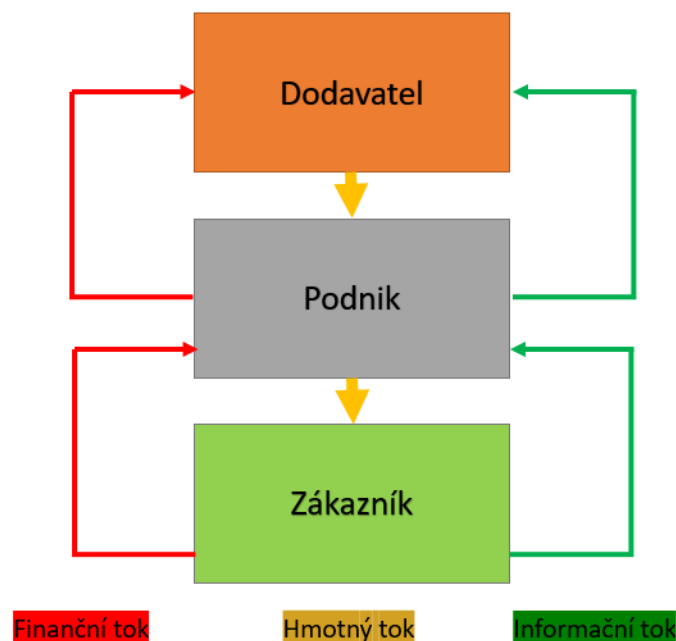
V první kapitole proběhlo seznámení se základními pojmy z projektování výrobních systémů, jako je výrobní systém, výrobní proces a jejich základní členění s charakteristikami. Kromě členění výrobního systému je popsán účel P-Q a P-G diagramů v projektování výrobních systémů, jeho důležitost a vhodnost se současným provázáním s prostorovým řešením výrobního systému. Kapitola současně rozvádí teoretický průběh projektování výrobního systému a dává jednotlivé části do souvislosti tak, aby získané poznatky bylo možné použít pro praktickou část práce.

4 Rešerše rozmisťovacích metod a metod analýzy materiálových toků

Pro rozklíčování možností efektivního rozmístění strojů se mohou používat rozmisťovací metody. Těchto metod bylo v průběhu dekad vymyšlena celá řada, tato kapitola cílí na přiblížení vybraných metod a seznámení s nimi. Pro tyto metody je nutné seznámení s materiálovými toky a jejich funkcí v podniku. A proto je vhodné začít s definicí materiálových toků a jejich významem.

4.1 Materiálový tok

Materiálový tok lze chápat dvojím způsobem. Buď v obecném pojetí jako pohyb materiálu, financí a informací v podniku, nebo jako tok hmoty (výroby) v podniku. K přenosu materiálového toku dochází pomocí dopravních, přepravních, identifikačních či technických prostředků, tak aby byly k dispozici včas ve správné kvalitě a na správném místě. Schéma materiálového toku pak zobrazuje schéma na Obr. 18. [28]



Obr. 18: Schématické znázornění materiálových toků v podniku [29]

Materiálový tok je organizovaný pohyb ve výrobním procesu. Je charakteristický intenzitou, směrem, délkou, výkonem a frekvencí. Pokud chce být podnik úspěšný, musí se snažit, aby byl materiálový tok co nejpřímější, nejjednodušší a nejefektivnější. Materiálový tok vychází z impulzu od zákazníka a jde přes podnik k dodavateli materiálu. Ten dodá materiál podniku, který vyrobí výrobek a vyexpeduje k zákazníkovi, kterému vzniká závazek zaplatit. Následuje finanční tok, kde putují peníze od zákazníka k výrobcí, který platí dodavateli za materiál. [24]

4.1.1 Informační tok

Informační tok zabezpečuje jednotlivé cesty dodávek materiálu, provazuje jednotlivé pracoviště pomocí dokumentace, mapuje systémy řízení a plánování výroby. Pro možnost správně řídit firmu a plnit strategické cíle a vize je nutné disponovat relevantními informacemi. K získání takových informací je potřeba mít systém, který usnadní rozhodování a identifikuje různé informační toky. Základní dělení informačního toku je na vnitřní a vnější. Vnitřní tok informací posílá informaci uvnitř podniku, zatímco vnější působí mimo firmu zejména v komunikaci se zákazníkem. [27]

Informace mohou být podávány ústně, písemně, telefonicky a elektronicky. V dnešní době se často přechází k využívání pokročilých informačních systémů (ERP systémů), zároveň je dnes možné získávat řadu dat a může nastat problém s přílišným množstvím informací nebo při nedostatečné informační struktuře nedostatkem informací. U informačního toku stejně jako u všech ostatních je snaha dosáhnout optimálního toku informací s dostatečnou kvalitou se správnou dobou a požadovanou destinací. [28] [29] V případě odchylky od optimálního toku dochází k plýtvání neboli ne hospodárnému vynaložení nákladů z důvodu nadbytku či nedostatku informací. Může docházet například k nedostatku materiálu vinou pozdní informace o nedostatku materiálu nebo ke dvojímu objednání zásob z důvodu zadání některých údajů dvakrát. [27]

4.1.2 Finanční tok

Finanční tok může být znázorněn pomocí cash-flow, která bývá součástí přílohy k účetní závěrce. Balance cash-flow podává informace o příjmech a výdajích podniku. Finanční řízení a řízení finančních toků je pro podnik nezbytně nutné. Podnik by měl mít nastavené financování, aby mohl disponovat určitou rezervou kvůli různé splatnosti faktur. Na faktury jsou zpravidla výrobky společnostmi odebírány. Rozhodující je řídit finanční toky zejména pro malé a střední podniky. Ty obvykle nedisponují dlouhodobou rezervou a krátkodobý nedostatek financí musí pokrýt krátkodobými úvěry. Problematické mohou být obchody velkého a malého podniku, kde se liší rozdílnost splatnosti faktor. Malý podnik musí splatit své závazky do 30 dní, ale velký podnik splatí své závazky až za 60 dní od posledního dne v měsíci, kdy byla vystavena faktura. Současně podnik musí hradit výdaje za energie, mzdy pracovníků a další fixní náklady. Proto se pro malý podnik i přes značnou výnosnost zakázky může obchod stát značně riskantním a pro firmu existenčně ohrožujícím činem. Podniky mají značné množství výdajů, ale položek, ze kterých může plynout příjem, je menší množství. Mezi položky, z kterých může plynout příjem, patří dotace, prodeje a pronájmy. Zatímco výdaje jsou nájmy, úhrady pohledávek za zboží, platby energií, mzdy zaměstnancům, daně odváděné státu a v neposlední řadě investice. [31]

4.1.3 Hmotný (materiálový) tok

Hmotný (materiálový) tok je řízeným pohybem materiálu v podniku. Ve výrobním podniku se vyskytuje celá řada faktorů, které ovlivňují požadavky na manipulaci i způsob manipulace. Mezi faktory ovlivňující manipulaci patří hmotnost, skupenství, fyzikální vlastnosti, množství kusů, objem, tvar a rozměry výrobků. Rozbor materiálového toku určuje hlavní přesuny materiálu mezi vstupy a výstupy. Kvůli důležitosti materiálový tok analyzovat vznikla celá řada metod analýzy materiálových toků. Nejčastěji používané a v literatuře uváděné jsou šachovnicová tabulka, Sankeyův diagram, CRAFT metoda, lineární programování, hodnotová analýza, souřadnicová metoda a další. [24] [25]

Často analyzovanou veličinou u materiálového toku je přepravní výkon. Ten zjišťuje pohyb manipulačních a přepravních prostředků. Údaje zobrazené v materiálovém proudu zobrazují zatížení logistických cest a klíčových logistických bodů jako jsou sklady a regály. [24]

Hmotný tok je zajištěn pomocí aktivních a pasivních prvků. Pomocí aktivních prvků jsou realizovány logistické funkce pasivních prvků. Mezi pasivní prvky patří zboží, materiál, suroviny, výrobky, ale i obaly, odpady apod. Aktivní prvky umožňují pohyb pasivních složek. Těmito prostředky jsou manipulační stroje a zařízení dále zařízení na skladování a balení. [25]

Pro správnou funkci logistiky ve výrobním systému je nutné materiálový tok řídit a spravovat. Pro tyto činnosti se využívá metod, jejichž pomocí se měří výkony v daných sektorech. Faktory, které ovlivňují materiálové toky, jsou velikosti výrobních dávek, objem rozpracované výroby, disponibilní výrobní kapacity a průběžná doba výroby. Zásadní jsou rovněž četnost a intenzita materiálového toku, počet zaměstnanců a další. [26]

4.2 Řízení, správa a hodnocení materiálového toku

Stejně jako výrobu a pracovníky je nutné pro správnou funkci materiálový tok řídit a spravovat. Aby probíhal materiálový tok precizně, je důležité zavést určité metody, podle kterých můžeme posuzovat přepravní výkon daného podniku. To znamená, že musí být zaveden mechanismus měření a vykazování výkonu, aby jej bylo možné zlepšovat. [32]

Se správou materiálového toku úzce souvisí některé pojmy a metody řízení systému. Důležitými pojmy jsou zejména pojem bod rozpojení, tlačný a tažný systém, úzké místo, Just in Time (JiT), Just in Sequence (JiS), Kanban a další. Tyto pojmy budou v této kapitole vysvětleny pro porozumění problematice řízení a správy materiálového toku.

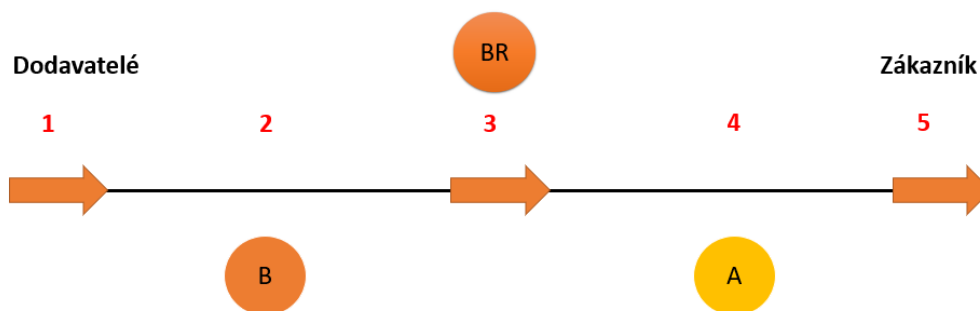
4.2.1 Bod rozpojení

Bod rozpojení je bodem, kde do materiálového toku vstupuje objednávka zákazníka. Tento bod se v závislosti na času vstupu zákazníka do toku může posouvat v řetězci. Funkci bodu rozpojení v dodavatelsko-odběratelském řetězci znázorňuje schéma na Obr. 19.



Obr. 19: Schéma bodu rozpojení v dodavatelsko-odběratelském řetězci [24]

Jak znázorňuje schéma, pokud dojde k výrobě před bodem rozpojení, jedná se o výrobu na sklad (podle predikce trhu). Za bodem rozpojení se jedná o výrobu na objednávku zákazníka. Tuto skutečnost zachycuje schéma na Obr. 20.



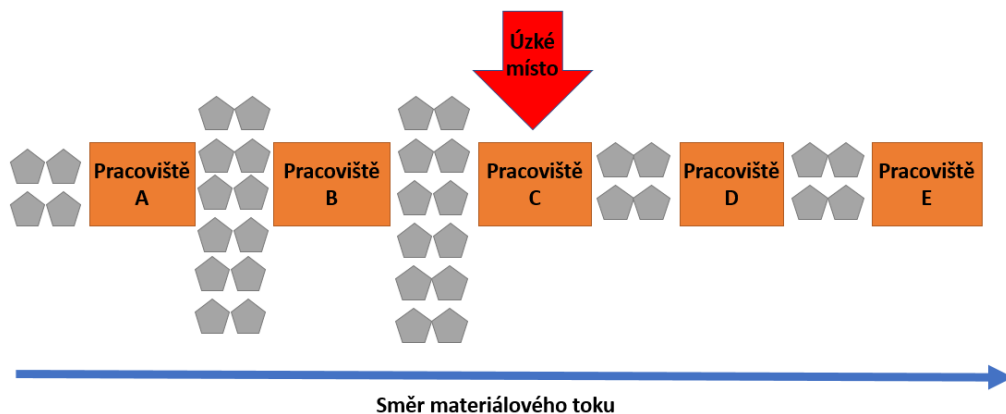
Obr. 20: Bod rozpojení v dodavatelsko-odběratelském řetězci [24]

Pro lepší pochopení významu bodu rozpojení se dá tento bod popsat jako místo v logistickém řetězci, kde se dotýkají dva okruhy a způsoby řízení výrobního procesu. Zároveň je bod rozpojení místo, kde mohou být zásoby – toto místo má zásadní vliv na pružnost výroby. S jeho umístěním v řetězci jsou spojena rizika, a to zejména pokud je výroba nezávislá na zákazníkovi a vyrábí se dle predikce. Toto místo odpovídá ve schématu na obrázku bodu označenému, jako B. Vznikají zde větší či menší zásoby výrobků – to je z pohledu štíhle výroby plýtváním. Pokud se jedná o bod A, tak je výroba řízena zákazníkem a vyrábí se výrobky na míru. Tato situace zase nese riziko, že zákazník odejde ke konkurenci, která má výrobek skladem, a zákazník na něj nemusí čekat. Snahou výrobních podniků je bod rozpojení posunout co nejbližší dodavatelům. [32]

S pojmem bodu rozpojení úzce souvisí i jeho řízení, které je pro funkci celé výroby klíčové.

4.2.2 Úzké místo

Úzké místo je bod, kde probíhá výroba pomaleji než v ostatních úsecích. V anglické literatuře je toto místo označováno jako bottleneck (hrdlo lahve), což symbolizuje omezení hrdlem, které je menší než celkový průměr lahve a dochází tam tedy k celkovému zpomalení toku. Je využita analogie tekutiny – materiálu pro popis tohoto jevu. Úzké místo může fungovat v řadě pojetí, může se jednat o úzké místo z pohledu informačního, hmotného nebo i finančního toku. V podstatě zde dochází k zadržení nebo zpoždění prostředků, a to může tvořit ve výrobních podnicích značné potíže. Takové místo má pak zásadní vliv na výkon a kapacitu celého výrobního systému. [33] Pro přiblížení, jak může úzké místo vypadat v hmotném toku, slouží Obr. 21.



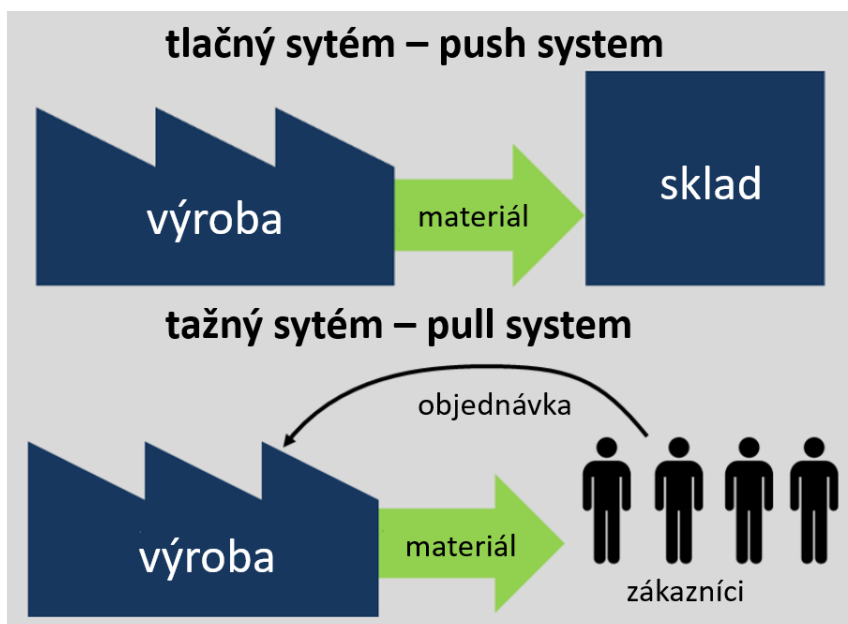
Obr. 21: Úzké místo v materiálovém toku [34]

Tento příklad úzkého místa může symbolizovat obrobnu, kde se nachází pila, soustruh, frézka, bruska a pracoviště kontroly. Na pile a na soustruhu probíhá výroba velmi rychle a produktivně. Následně vznikne úzké místo na frézce, kde je potřeba obrobít větší část součástí. Na dalších pracovištích už může výroba probíhat rychleji, ale pracovníci v dalších úsecích jsou bržděni produktivitou frézky. Úzké místo, jak je patrné, lze řešit a částečně eliminovat posílením strojního vybavení, zkrácováním doby seřízení, dodatečným školením obsluhy a podobně. Problémem ovšem je, že když se povede jedno úzké místo odhalit a vyřešit, zpravidla vznikne další úzké místo v řetězci, které je znovu potřeba eliminovat. Hlavní snahou je, aby úzké místo neohrožovalo naplnění podnikových cílů na vyrobení požadovaných zakázek. [34]

V případě vzniku úzkého místa je nutné před úzké místo zařadit buffer (z anglického nárazník) umožňující skladování rozpracované výroby čekající na kapacitu úzkého místa. [33] Zásadní pro maximální funkci výroby je řízení úzkého místa. Existuje celá řada metod řízení toku výroby. Hlavní metodou, která se specializuje přímo na úzká místa, je TOC – Theory of Constraints. V této metodě je nezbytné nejprve nalézt úzké místo; poté následuje snaha o maximální využití úzkého místa, podřízení všeho ostatního úzkému místu a zlepšení úzkého místa. Následně se celý postup opakuje. Pro zlepšení úzkých míst se využívá postupu DBR – drum, buffer, rope – který představuje podstatu řízení úzkého místa. Úzké místo stejně jako buben udává rytmus výrobního systému. Před úzké místo se umístí zásoba (buffer), která zabezpečuje jeho plynulou činnost a maximální využití. Díky tomu vzniká jakési lano (rope), které táhne díly z předchozích pracovišť, a tím určuje jejich počet. [45]

4.2.3 Tažný a tlačný systém

Tažný a tlačný systém patří do řady pojmů, které jsou při řízení materiálových toků často zmiňované. Přestože spolu zmíněné pojmy úzce souvisejí, jsou pravými opaky. Při **tlačném systému** se zásoby a výroba řídí plánem. Důležité u tlačného systému je znát požadavky zákazníků, aby nedocházelo ke skladování nepotřebných materiálů a výrobků. Výroba je tlačena výrobním plánem – z toho byl odvozen i název. Pro možnost plánovat výrobu i zásoby je nutné umět predikovat poptávku na krátkodobý i dlouhodobý horizont. Výroba zde probíhá na sklad a pokud se vrátíme zpět k pojmu bod rozpojení, tlačný systém odpovídá bodu označeného písmenem B. Tlačný systém je situace, které se výrobní podniky v dnešní době snaží vyvarovat. I přes již zmíněné nevýhody, tlačný systém nabízí i určité výhody, které je vhodné mít na paměti při řízení výroby. Mezi hlavní výhody patří možnost vytvářet větší výrobní dávky – výroba je méně závislá na poptávce, a tak může odpadnout například problém s úzkými místy v systému. Je zde zároveň snazší optimalizace výrobního procesu a podnik je schopen v kratší době expedovat výrobu a zároveň své zboží dodat přesně v stanovený čas. Takový systém s sebou bohužel nese zvýšené náklady na skladování a v samotném principu odporuje dnešní snaze vyrábět bez plýtvání. [14] [35] Obr. 22 představuje rozdíl tažného a tlačného systému.



Obr. 22: Tlačný systém a tažný systém [44]

Druhým pojmem je **tažný systém**. Výroba v tažném systému je řízena poptávkou zákazníků. Tato situace je pro podnik žádoucí, protože odpadají náklady na skladování a odpovídá metodě JiT. Pro tažný systém je nezbytné využití nových logistických systémů a nejrůznějších metod řízení materiálového toku; ERP systémů a pokročilých systémů plánování výroby. Zákazník si zde stanoví termín dodání požadovaného výrobku – při zadání zakázky se od požadovaného termínu dodání odečtou časy nezbytné k výrobě a manipulaci; podle toho se určí datum zahájení prací na zakázce. Zásoby jsou částečně řízeny předpovědí a částečně požadavky zákazníka. Pokud se jedná například o materiály, které je nutné shánět s velkým předstihem, je snahou jich mít alespoň minimální zásobu. Mezi největší výhody tažného systému patří minimalizace zásob, tím

dochází k odstranění jednoho ze základních 8 druhů plýtvání. Zároveň se sníží podíl rozpracované výroby, tím se výroba zpřehlední a stává se lépe říditelná. Je zde snižené riziko velkých finančních ztrát, které se vážou k poklesu poptávky na trhu. [4] [35]

4.2.4 KANBAN

KANBAN je metoda vyvinutá firmou Toyota Motors. Tato japonská firma je průkopníkem optimalizačních opatření pro snižování nákladů, odstranění plýtvání a zvyšování efektivity výroby. KANBAN je japonský název pro lístek nebo kartu, na které je z velké části tato metoda postavena. Karty jsou zde umístěny jednak na tabuli, kde je mezi nimi tvořena návaznost, tak jsou přiloženy i k samotné rozpracované výrobě, což značně usnadňuje identifikaci rozpracované výroby putující po výrobním závodě. KANBAN a JiT fungují na podobných principech. KANBAN představuje bezzásobovou technologii – tento systém vychází z několika základních principů, jako jsou samořiditelné okruhy, které tvoří dodavatel s odběratelem a jsou propojeny tažným systémem. [4] Základním objednávacím množstvím je jeden plně naložený přepravní prostředek. Dodavatel ručí za kvalitu a odběratel je povinen objednávku převzít. Kapacita odběratele a dodavatele je díky tažnému systému vyvážená, funguje u nich vzájemná součinnost obou stran. Hlavní výhodou je, že dodavatel ani odběratel nemají zásoby. KANBAN je v pojetí firmy založen na přepravních kartách, které jsou při jakémkoliv pohybu výrobku mezi pracovišti přiloženy v přepravní jednotce. Příklad KANBAN karty je pak vidět na Obr. 23. Současně se data o přepravě zanesou do systému a je jedno, jestli se jedná o pokročilé systémy nebo tabulkové editory. Při tomto systému je nutné dopředu stanovit, co je předmětem, kdo se bude na výrobě podílet a do kdy musí být zakázka hotova. [15] [35] [36]

SOPO	KANBANOVÁ KARTA
číslo položky	01-04-08-024
název položky	něco dalšího
druh balení	cívka
místo	003
01-04-08-024	
Příloha PP.06.01/10 Kanbanová karta	

Obr. 23: KANBAN karta SOPO

Materiálový a informační tok v KANBAN systému mají čtyři základní kroky.

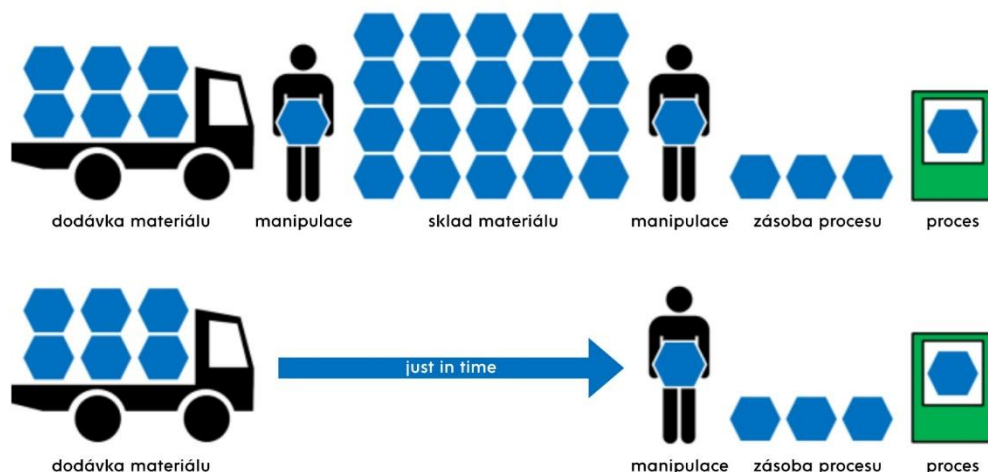
- Odběratel dodavateli pošle prázdný přepravní prostředek, jehož součástí je štítek s průvodkou.
- Prázdný přepravní prostředek a průvodka jsou důvodem zahájení výroby objednávky.

- Velikost dávky je daná přepravním prostředkem, který se po naplnění opět s příslušnou kartou pošle dále.
- Odběratel má za povinnost objednávku zkontrolovat a převzít. [35] [36]

4.2.5 Just in Time (JiT)

JiT je logistická technologie, která vznikla v Japonsku a USA – jedná se o pojem přístupu k výrobě, kdy je umožněno podniku vyrábět určené množství v čase požadovaném zákazníkem. V přesném překladu Just in Time znamená přesně včas, což je přesně to, co zákazník od dodavatele u tohoto systému očekává. Musí zde docházet k dokonalé spolupráci a koordinaci činností mezi dodavatelem a odběratelem. [32]

JiT není jeden princip, nýbrž jde o soubor metod a filosofie řízení zaměřující se na identifikování a odstranění ztrát a všech druhů plýtvání v podniku. Just in Time pomáhá odstraňovat většinu druhů plýtvání jako je nadprodukce, čekání, zásoby, zmetky, pohyb, přeprava. V tom dnešní podniky vidí nezpochybnitelnou výhodu a alespoň částečně se snaží JiT implementovat, pokud to je v jejich silách. [35] [36] Rozdíl mezi klasickým systémem výroby a systémem JiT zobrazuje Obr. 24.



Obr. 24: Porovnání Just in time a klasické výroby [43]

Pro zavedení technologie JiT musí být splněny některé předpoklady. Hlavní je, že odběratel je dominantní článek řetězce a dodavatel se přizpůsobuje jeho potřebám. Velkou roli zde tvoří přeprava, ta musí být dokonale zvládnutá. Je snahou zadat přepravu co nejkvalitnějšímu dopravci. Nejvíce se cení spolehlivost a přesnost, rychlost je až druhořadá. Dále je optimální, aby místa výroby a spotřeby byla v co nejkratší vzdálenosti. Tím se snižuje riziko nepřesnosti času dodání. Obvykle se JiT uplatňuje tam, kde je poptávka velmi stabilní. Typickým příkladem je výroba v automobilkách, kde je JiT zcela základním principem fungování, a dokonce se aplikují i vyšší formy jako je JiS, kde už nezáleží jen na přesnosti, ale je podstatné i v jakém pořadí jdou díly po sobě. Obvykle se tento příklad uvádí u bočních dveří automobilů, kde je vytvořena zásoba dveří ve správném pořadí, v jakém mají být namontovány podle barvy, výbavy apod. [32]

Dodavatel může realizovat výrobu a dodávky podle klíčů, které by měl pečlivě zvážit a propočítat. Existují dvě strategie – synchronizační a emancipační. U synchronizační se vyrábí a následně okamžitě odesílá přesně požadované množství v daném čase.

Výhodou zde je, že jsou menší náklady na skladování, ale zvyšují se nároky přepravu hlavně přesnost dodávek. U emancipační strategie dochází k výrobě několika dávek najednou; ty se ovšem musí skladovat, a tím se zvyšují náklady na skladování. Výhodou je naopak snížení výrobních nákladů či pružnost dodavatele při výkyvech odběratele. [32]

Jako každá metoda i Just in Time s sebou může nést určitá negativa. U této metody se jedná zejména o zvýšení nutnosti přepravovat častěji, a to i malé dávky. Tím dochází ke zvýšení počtu vozidel, výfukových plynů a vznikají problémy u naplňování časového rámce v souvislosti se stále hustější dopravou ve velkých městech a jejich aglomeracích, kde se často výrobní závody nachází. [32]

4.2.6 Hodnocení materiálového toku a layoutu

Hodnocení materiálového toku je důležitá součást při návrhu a výběru variant rozmístění výrobních strojů. Pro hodnocení jsou klíčové popisné charakteristiky materiálového toku a manipulačních zařízení. Mezi nejdůležitější parametry patří dispoziční rozměry pro manipulaci ať už u jednotlivých pracovišť nebo velikosti hlavních přepravních koridorů a disponibilního místa pro skladování věcí. Další důležitý parametr hodnocení je přepravní výkon. Ten se obvykle udává jako hmotnost přepravená na vzdálenosti [tunokilometr/tkm], případně jako počet kusů přepravený na danou vzdálenost [kusokilometr/kskm]. [22] [32] Snahou u přepravního výkonu je, aby celkový výkon byl minimální. Snažíme se přepravit co nejvíce hmoty na co nejkratší vzdálenost. [22] [32]

$$PV = \sum_i \sum_j I_{ij} \cdot l_{ij} \quad (1)$$

kde

PV = přepravní výkon [$t \times m/\text{čas}$; $kg \times m/\text{čas}$]

I_{ij} = intenzita materiálových toků [$t/\text{čas}$; $kg/\text{čas}$] mezi prvky i a j

l_{ij} = vzdálenost mezi prvky i , j [m]

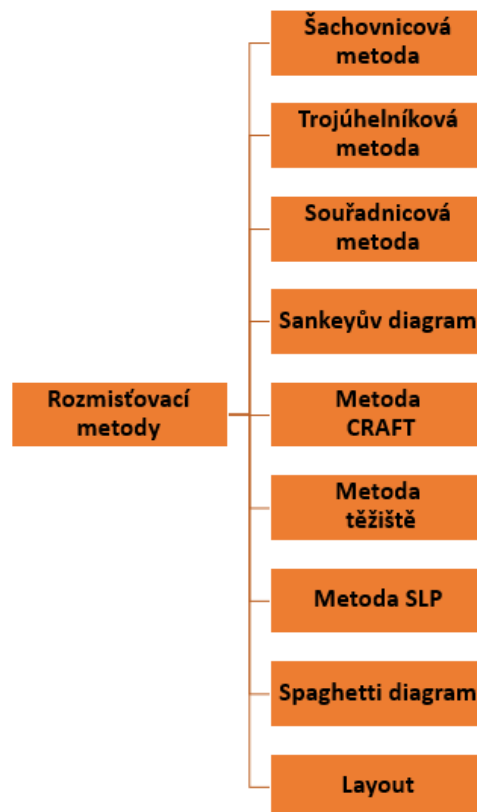
i, j = index prvku

Jedním z hlavních cílů uspořádání výrobních strojů, a zároveň hodnocení materiálového toku je vytvořit co nejplynulejší materiálový tok. To znamená takový tok, kde dochází k co nejmenšímu počtu křížení, vracení se materiálového toku a k co nejmenšímu problému zavážení linek. Zavážení linek je vhodné provádět z hlavních přepravních koridorů, protože jsou vymezeným místem pro přepravu a v cestě se dle předepsaných limitů nesmí vyskytovat překážky. Další důležitou součástí hodnocení je hodnocení délky elektrických přívodů, přívodů stlačeného vzduchu, odsávání a dalšího. [14] [46]

4.3 Způsoby rozmístění pracoviště

V závislosti na materiálovém toku existuje celá řada rozmisťovacích metod, které slouží jako pomocník projektantovi ke správné volbě rozmístění strojů a výrobních zařízení. Některé metody existují již řadu let, některé zažívají období rychlého růstu zejména s nástupem počítačů a zlepšováním počítačových softwarů. Pro uspořádání pracovišť existuje řada důležitých zásad, které je dobré dodržet a řídit se nimi. Zejména by měla být výroba bezporuchová, spolehlivá a měl by se brát důraz na charakter výroby. Tvůrce layoutu by měl dbát na minimalizaci nákladů na umístění výrobních zařízení a snažit se využít již existujících technologií, elektrických rozvodů, rozvodů stlačeného vzduchu a podobně. Systém by měl být schopný pružně reagovat na změnu, materiálové toky by měly být co nejkratší a dopravní procesy maximálně efektivní. Je důležité zde zohlednit i vedlejší plochy potřebné pro výrobu. [13] [14]

Vhodné je vytvořit schematické zobrazení materiálového toku pro jeho řešení. V kapitole jsou zachyceny všechny potřebné údaje, které s materiálem a manipulací s ním souvisí. Pro řadu z rozmisťovacích metod je důležité mít vytvořený layout neboli grafické rozmístění výrobních strojů a zařízení, výrobních prostor, dílen i skladů. Pro rozmístění pracovišť existuje řada metod, kterých se využívá. Nejdůležitější metody, které budou dále rozepsány, shrnuje schéma na Obr. 25. [13]



Obr. 25: Rozmísťovací metody [14]

4.3.1 Šachovnicová metoda

Mezi jednu ze základních analytických metod pro prostorové uspořádání patří šachovnicová tabulka. Její základ spočívá v zápisu toku mezi pracovišti do tabulky. Takový tok může být dán například hmotností, kusy, objemem materiálu za jednotku času. Názvy pracovišť jsou v prvním sloupci a řádku tabulky, každý z nich se nachází v řádku a sloupci jednou. Průsečík shodných názvů je na diagonále. Tabulka má relace mezi pracovišti tak, že pracoviště v prvním sloupci odesílá a pracoviště v prvním řádku odebírá. Poslední sloupec i řádek jsou shrnutí. Příklad šachovnicové tabulky ukazuje Tab. 1. [34]

Tab. 1: Šachovnicová tabulka [34]

	Výdej	Sklad	Provoz 1	Provoz 2	Provoz 3	Provoz 4	Sklad	Odpady	Celkem
Příjem		10 000							10 000
Sklad			3 000	3 500	1 500	2 000			10 000
Provoz 1				750	1 500	450		300	3 000
Provoz 2					2 000	2 000		250	4 250
Provoz 3						2 500	2 200	300	5 000
Provoz 4							6 550	400	6 950
Sklad	8 750								8 750
Odpady	1 250								1 250
Celkem	10 000	10 000	3 000	4 250	5 000	6 950	8 750	1 250	49 200

Šachovnicová tabulka může být jedním z prvních analytických nástrojů pro posouzení objemu materiálového toku. Místa s největším počtem kontaktů a objemem materiálu by měla být co nejbližší u sebe. V tabulce je vidět její jednoduchost, která může být dvojsečná – je rychlá a jednoduchá, ale nemusí poskytnout plně adekvátní informace o výrobě, případně se může tabulka stát nepřehlednou, pokud by byla výroba značně rozsáhlá. [5]

4.3.2 Trojúhelníková metoda

Tato metoda využívá jako zdroj dat šachovnicovou tabulku. Jsou zde vyhodnocena pracoviště s největšími materiálovými toky. Na základě Tab. 1 se vytvoří druhá tabulka, kde se vyznačí pořadí toků od největší intenzity po nejmenší. [5]

Na základě Tab. 1 byla vytvořena Tab. 2 zachycující pořadí u trojúhelníkové metody.

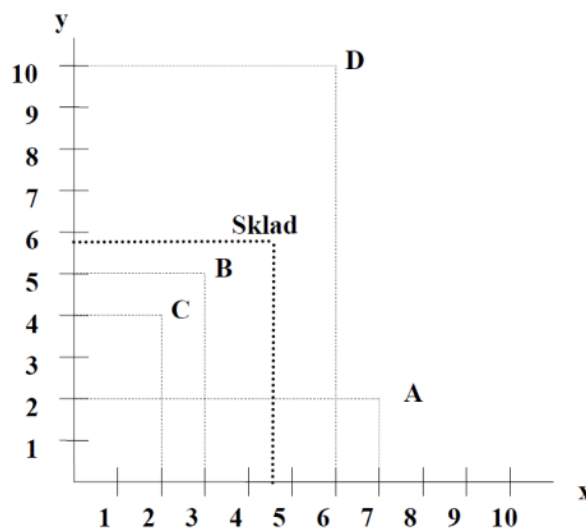
Tab. 2: Tabulka pořadí hmotných vazeb na základě Tab. 1 [5]

	1	2	3	4	5	6	7	8
1		1						
2			5	4	9	8		
3				11	9	12		13
4					8	8		14
5						6	7	13
6							3	12
7	2							
8	10							

Za první dva body jsou určena pracoviště s největšími materiálovými toky, to jsou dva hlavní body. Tato pracoviště vytvoří jednu stranu rovnoramenného trojúhelníku. Jako vrchol pak slouží pracoviště, které má nejvíce vazeb či největší tok materiálu s původními dvěma pracovišti, které tvoří protilehlou stranu trojúhelníku. Tím vznikne jeden rovnoramenný trojúhelník, který tvoří centrum pracoviště. Pak se vybere strana, která tvoří další základnu pro trojúhelník, a postup se opakuje, dokud nejsou rozmístěna všechna pracoviště. U tohoto postupu nás může omezit velikosti objektu, a proto není možné jej vždy sestavit; i tak se dá ideálu přiblížit. Dalším problémem je, že rozdělení do trojúhelníkové sítě nepostihuje technologické vlivy a variabilitu. Metoda je tedy vhodná, když je možné manipulovat s pracovišti s minimálními náklady a není nutno budovat stálé manipulační prostředky. [5]

4.3.3 Souřadnicová metoda

Souřadnicová metoda je založená na rozmístění objektů v co nejkratší vzdálenosti, aby tok materiálu mezi pracovišti byl co nejkratší a minimalizovaly se tak náklady na přepravu a pohyb zaměstnanců. Tato metoda se uplatňuje v centrálních objektech. To jsou objekty s velkým tokem materiálu s okolními pracovišti, které jsou již prostorově umístěny. Příklad souřadnicové metody je zobrazen na Obr. 26. [5] [37]



Obr. 26: Souřadnicový systém [37]

Jak je patrné z obrázku, tato metoda patří mezi matematicko-grafické metody. A lze k ní tedy přiřadit i příslušný vzorec, který nám udá vzdálenost.

$$X = \frac{\sum x_i \cdot q_i}{\sum q_i} \quad (2)$$

$$Y = \frac{\sum y_i \cdot q_i}{\sum q_i} \quad (3)$$

kde

X, Y = hledané souřadnice objektů

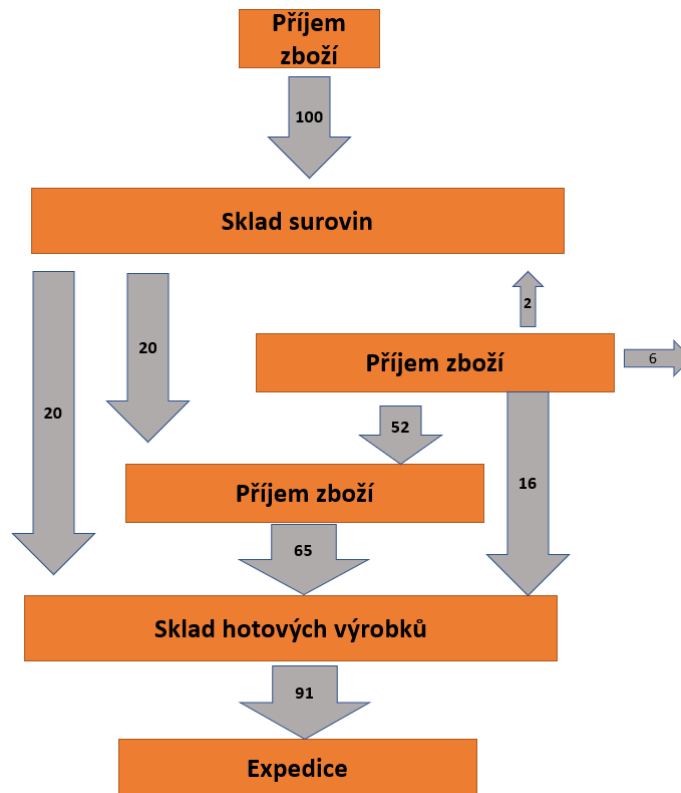
x_i, y_i = souřadnice objektů

q = váha vztahu daného a hledaného objektu

Tato metoda závisí již na zvoleném uspořádání a je vhodná pro umístování jednoho, maximálně jednotek pracovišť do stávajících výrobních závodů. [5] [37]

4.3.4 Sankeyův diagram

Jedna z důležitých grafických metod znázorňující materiálové toky je Sankeyův diagram. Zahrnuje délku, tvar, směr, druh materiálu a intenzitu materiálového toku. Příklad materiálového toku v Sankeyově diagramu je vidět na Obr. 27. [12]



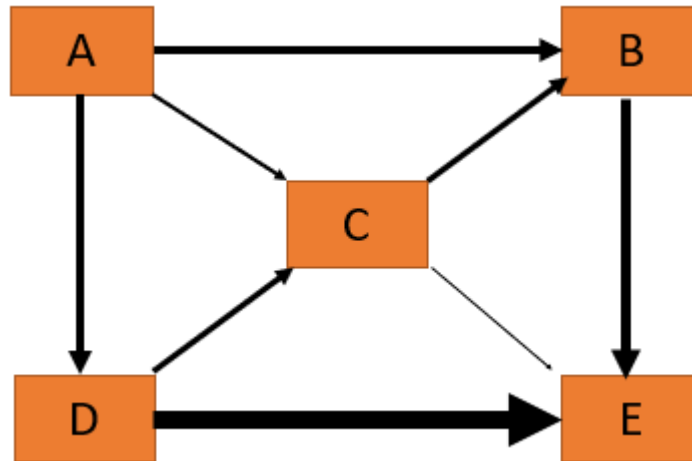
Obr. 27: Sankeyův diagram [34]

Sankeyův diagram může vypadat například jako schéma na obrázku. Další možností je zanechat šipky znázorňující intenzitu materiálového toku přímo do layoutu. Vstupními daty pro tento diagram jsou matice mezi dílenskými vztahy. Materiálové toky v layoutu mohou mít různé barvy, které mohou znázorňovat polotovary, rozpracovanou výrobu a hotové výrobky. Tento diagram může být vhodný jak pro posouzení současného stavu, tak i pro hledání nového řešení. [5] [37]

4.3.5 Metoda CRAFT

CRAFT metoda neboli Computerized Relative Allocation of Facilities Technique je metoda mající za úkol vytvořit rozmístění, které minimalizuje náklady na manipulaci s materiálem a výrobní časy tak, aby byly co nejkratší. Tato metoda předpokládá své využití v podniku se sériovou či hromadnou výrobou s co nejpravidelnějším tokem materiálu a možnou manipulací s jednotlivými výrobními stanovišti, ale dá se využít i u pracovišť neměnného charakteru. Provádí se ekvivalentní zaměňování pracovišť, dokud nedojde k nalezení vhodného řešení. Pro řešení uspořádání pracoviště se zde využívá i Sankeyova diagramu. [37]

CRAFT metoda může mít jak početní, tak grafickou podobu. Ve výpočtové podobě probíhá práce ve formě matic, kde jsou informace o materiálovém toku. Pro možnost využití této metody je důležité znát přepravní výkon mezi pracovišti, variabilitu rozmístění pracovišť a náklady spojené s manipulací materiálu na jednotku vzdálenosti. Příklad metody CRAFT spolu se Sankeyovým diagramem je vidět na Obr. 28.



Obr. 28: Sankeyův diagram v metodě CRAFT [37]

Jak je vidět z diagramu vzdálenost i intenzita na jednotlivých tranzitních bodech je různá. Z toho důvodu je dobré nalézt co nejlepší řešení. Aby bylo možné najít perfektní variantu, jsou hodnoty kvantifikovány a přepočteny vzorcem kritériální funkce.

$$N = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} \times l_{ij} \quad (4)$$

n = počet pracovišť

c_{ij} = náklad na manipulaci (mezi pracovišti i a j na jednotkovou vzdálenost)

l_{ij} = vzdálenost (mezi jednotlivými pracovišti i a j v jednotkách vzdálenosti)

Pracoviště můžeme měnit tak dlouho, dokud není společnost spokojena.

4.3.6 Metoda těžiště

Metoda se zabývá rozmístěním strojů ve výrobní dílně. Pomocí výpočtu momentů se určí, jak mají jít stroje za sebou. Moment vyjadřuje velikost toku materiálu, který směřuje k danému stroji nebo pracovišti. Velikost materiálového toku je určena součinem hmotnosti a vzdálenosti, na kterou se materiál přepravuje. Údaje se zaznamenají do tabulky, kde v řádcích máme jednotlivé stroje a v sloupcích operace, jak dokumentuje Tab. 3. Poté se do tabulky zapracuje celková hmotnost zpracovávaných součástí za určitou dobu a označení součástí. Z těchto dat se pak určuje nejvhodnější umístění každého stroje pomocí vzorce momentu. [38]

Tab. 3: Tabulka pro metodu těžiště [38]

Výrobní stroj	Číslo operace					Kapacita za rok	Počet zařízení
	1	2	3	4	5		
Rýsovací deska	B 300/15 E 125/5 425/20	C 350/10 D 1250/25 1600/35				2 052	1
Pila	A 750/20 C 200/10 D 625/25 1575/55	E 200/5				1 775	1
Soustruh			A 1100/20 C 300/10 1400/30	D 1500/25 E 425/5 1925/30		3 325	2
Vrtačka		A 625/20	B 400/15 D 500/25 E 200/5 1100/45	C 150/10		1 875	1
Frézka		B 1125/15		A 1300/20	C 700/10 E 415/5 1115/15	3 540	3

Pro názornou ukázkou je zde uvedena tabulka, která znázorňuje, jak metoda těžiště funguje. Na první pohled je vidět, že metoda není úplně snadná na vypracování a nese s sebou řadu úskalí. Je nutné mít precizně připravené podklady a zvládnout co nejpřesněji spočítat moment. [39]

Pro metodu těžiště se počítá pravotočivý moment pro výrobu přicházející a levotočivý pro výrobu odcházející z pracoviště. Výpočet znázorňuje následující vztah.

$$M = \left| \sum M_l + \sum M_p \right| \quad (5)$$

$$M_{l(p)} = Q_1 \cdot a_1 + Q_2 \cdot a_2 + \dots + Q_n \cdot a_n \quad (6)$$

Q = hmotnost materiálu

A = délka momentu (vzdálenosti strojů)

Tato metoda je vhodná hlavně pro rozmisťování strojů u více předmětných linek. V této metodě je snaha najít optimální umístění, to znamená umístění s nejmenším momentem. [39]

4.3.7 Metoda SLP

Systematic Layout Planning je systematické plánování výrobního uspořádání. Je to jedna z nejobsáhlejších a zároveň nejpropracovanějších metod tvorby layoutu. Využívá desítky technik a zabývá se fázemi optimalizace, zahrnuje plánování a šablony pro činnosti. Na rozdíl od většiny předchozích metod, SLP nevyžaduje složitou matematiku ani vzorce či drahý počítačový software, ale využívá selského rozumu člověka. SLP zvyšuje know-how

projektanta, ale zároveň i apeluje a snaží se vzbudit zájem ve všech, kterých se problematika týká. Jen takové řešení má v sobě teoretické i technické vědomosti a praktické detaily konkrétní problematiky. Díky zapojení lidí napříč firmou je mnohem snazší výsledné řešení implementovat do praxe a toto řešení díky součinnosti všech bude i lépe přijato. [40]

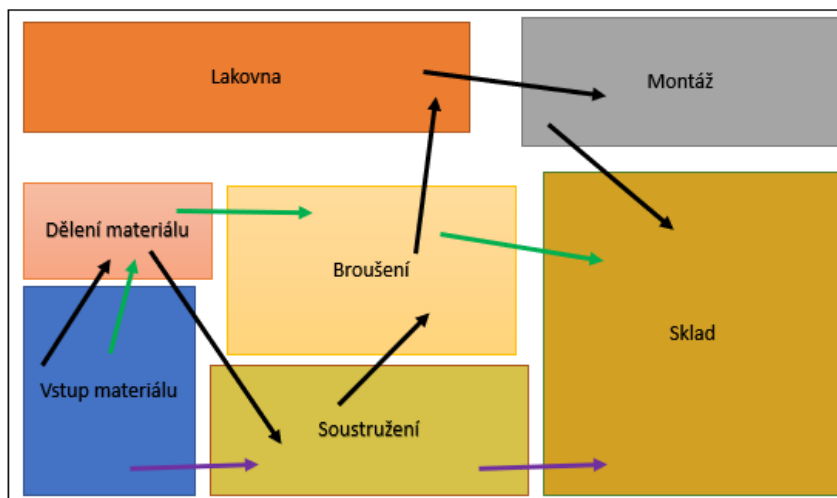
Tato metoda využívá tři zásadních věcí, nehledě na typ výroby, výrobku a vlastnostech. Důležité jsou vztahy, relativní stupeň blízkosti, který je požadován mezi optimalizovanými prvky. Dále prostor, jeho množství, druh, tvar a uspořádání výrobních zařízení, která optimalizujeme. Poslední věcí je sladění, tedy co nejlepší uspořádání s ohledem na podmínky místa, času a prostoru.

Prvním krokem je analýza vstupů, ze kterých vyplynou přibližné požadavky na prostor a druh uspořádání pracoviště. Následně se definují a znázorní vztahy mezi výrobními faktory s ohledem na průběh procesu. Obvykle se tvoří podrobná analýza materiálového toku. V metodě SLP se obvykle využívá šachovnicové tabulky a vývojového diagramu mapujícího tok materiálu. [40] [41]

Jelikož tato metoda nabízí velmi komplexní a propracovaný pohled na výrobní systém a jeho tvorbu, bude dále využita v praktické části práce.

4.3.8 Layout

Layout je půdorysný náčrt pracoviště se všemi výrobními prostředky, sklady, dopravními a logistickými cestami. Provádí se prostřednictvím ruční skici na papír se zvoleným měřítkem, případně kombinovanou formou (PC náčrt). Daleko častěji se dnes layout tvoří pomocí počítačových softwarů, ať už jde o tvorbu samotného výkresu nebo tvorbu layoutu z 3D modelu výrobní haly. Do zhotoveného výkresu se zakreslí materiálové toky a vytvoří se různé varianty uspořádání některých strojů. Při řešení optimálního prostorového uspořádání se dá využít Sankeyův diagram, kde je zobrazena hustota materiálového toku. Zjednodušeným příkladem může být schematický náčrt na Obr. 29, kde je vidět materiálový tok na zjednodušeném schématu výrobní haly. [34] [42]



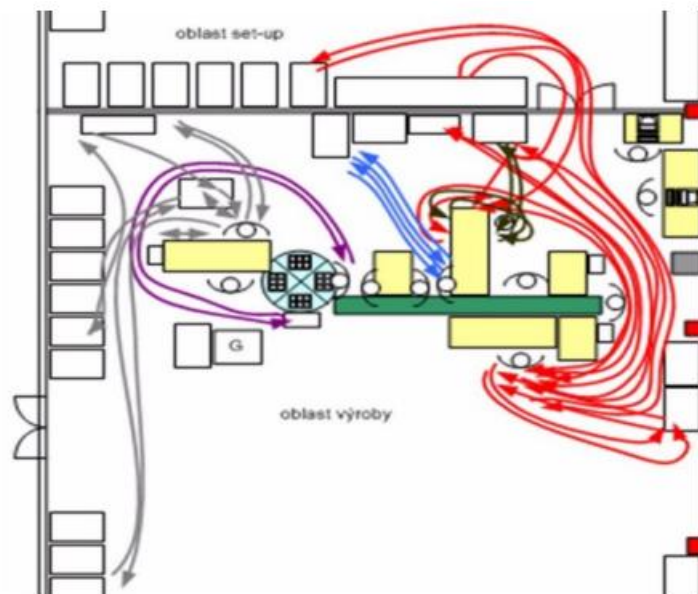
Obr. 29: Schéma layoutu [3]

Při použití layoutu se snadno odhalí chyby a v případě vytvoření modelů v softwaru lze snadno model i materiálové toky předělat, čímž se odstraní chyby a nežádoucí uzly na materiálovém toku. [15] [34] [42]

Při prostorovém řešení výrobního systému se využívá počítačových simulací, jako je ALDEP, CORELAP a další. V praxi lze ale do značné míry využít i klasické CAD softwary, kde si rozvrhne halu. Obecně se dá využít všech CAD softwarů.

4.3.9 Spaghetti diagram

Spaghetti diagram, v češtině častěji kvůli svému tvaru označován jako špagetový diagram, je diagram udávající pohyb pracovníka za určité časové období (nejčastěji směna a týdny). Tento diagram se vytváří při snímkování pracovního dne, kdy je veškerý pohyb pracovníka znázorňován do layoutu pracoviště. Pomocí této metody je možné odhalit množství zbytečných pohybů, které pracovník vykonává, a díky tomu se lze zaměřit na jejich eliminaci. Obvykle se tato metoda používá pro změnu stávajícího layoutu, případně pro změnu náplně práce pracovníka. Obr. 30 zobrazuje příklad spaghetti diagramu. [46] [47]



Obr. 30: Spaghetti diagram [46]

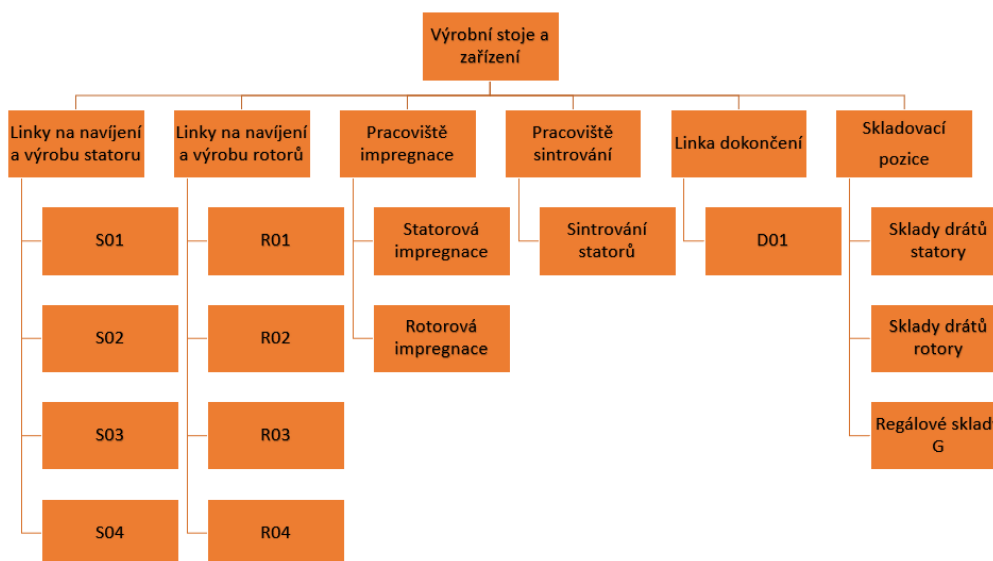
Výhodou je, že se jedná se o velmi levný, jednoduchý a efektivní nástroj, jak zmapovat pohyb pracovníka během pracovního dne. Tato metoda nevyžaduje žádné speciální přístroje nebo techniky. Lze jej snadno kontrolovat druhou osobou, případně je možné pracovníka vybavit přístrojem na měření počtu kroků a pracoviště opatřit například kamerou. [10]

4.4 Závěr

V rešeršní části práce byly podrobně vysvětleny pojmy materiálový tok včetně pojmů náležících k němu, jako je hmotný, informační a finanční tok. Kromě pojmů souvisejících s materiálovým tokem byla podrobně vysvětlena problematika řízení materiálového toku a důležitosti jeho řízení z pohledu projektování výrobních systémů. Díky informacím získaným z této části je možno vystavět návaznost postupů plánování materiálového toku včetně metod sloužících k zamezení plýtvání zdroji. Tyto metody současně přináší snížení finančních rizik v podobě zásob. Proběhlo seznámení s metodami rozmístění pracovišť, které využívají matematických, grafických a logických principů. Byly popsány výhody a případné možnosti využití metod s ukázkou funkce metody. Poznatky nabyté při rešeršní činnosti jsou dále aplikovány v praktické části.

5 Analýza současného stavu

Cílem této práce je vytvoření vhodného dispozičního řešení závodu. pro vytvoření je ovšem nutné seznámit se s výchozí situací. Jelikož tato práce vznikla s ohledem na požadavek vedení společnosti SOPO s.r.o. přestěhovat současné strojní vybavení z jednoho výrobního závodu do výrobní haly SOPO s.r.o. v Bystřici nad Pernštejnem, je stěžejní provést analýzu jak závodu původního, tak závodu v Bystřici. Jelikož výrobní závod samotný již disponuje několika výrobními linkami a je do něj nutné přestěhovat výrobní stroje z původního závodu. je nutné postupovat se značnou citlivostí, aby nebyl narušen současný materiálový tok v závodě v Bystřici. Linky určené ke stěhování představuje Obr. 31.



Obr. 31: Výrobní stroje a zařízení v původním závodě k přestěhování

S ohledem na výše zmíněné faktory byly vytvořeny layouty obou výrobních závodů, kde je vyznačeno rozmístění jednotlivých výrobních strojů a zařízení, materiálový tok a skladovací plochy. Jedním z klíčových faktorů, které bylo nejprve nutné ověřit, byla velikost jednotlivých ploch a zda je vůbec možné provést stěhování případně, jestli je nutné vymyslet větší zásah do výroby. V kapitole je detailně popsán současný stav původní výrobní haly. Popis současného stavu souvisí s vytvořením layoutu, zmapování výrobní a skladovací plochy a vytvoření materiálových toků. Kromě současného stavu haly původní je detailně, popsán současný stav nového výrobního závodu v Bystřici. V závěru kapitoly jsou porovnány plochy obou výrobních závodů a zhodnocena proveditelnost stěhování.

5.1 Současný stav výroby v původním závodě

Pro prvotní analýzu výrobního závodu v původní výrobní hale byly k dispozici přibližné nákresy strojů strojních zařízení od firmy SOPO s.r.o., které vycházely z hrubého náčrtu haly dle zaměstnanců firmy. Firma rovněž poskytla podklady o rozměrech výrobní haly. První náčrt od společnosti znázorňuje Obr. 32.



Obr. 32: Prvotní skica původní závod

Z původní skici a získaných informací byl zhotoven 3D model výrobní haly včetně strojů a strojních zařízení, kterými firma disponuje. Po konzultaci s firmou bylo určeno, že se některé stroje stěhovat nebudou, protože už jimi firma disponuje ve výrobním závodě v Bystřici nad Perštejnem. Případně má firma záměr pořídit zařízení zcela nová a není tedy žádoucí je stěhovat. Prvotní model bylo nejprve nutno rozpracovat do jednotlivých výkresů a přeměřit hlavní rozměry výrobních linek, které se v závodě především nachází. Bylo nutné změřit veškerá výrobní zařízení skladovací prostory a množství zásob pro možnost zapracovat všechny údaje do přepracovaného layoutu výrobní haly. Zásadní bylo zjistit přesnější rozměry zejména skladovacích pozic, které byly jen velmi hrubě odhadnuty a zapracovány v prvotním modelu. Při tvorbě prvních přibližných modelů bylo zjištěno, že současná výroba je značně rozsáhlá a přestěhovat ji do nových prostor bude náročné. S ohledem na vzniklý požadavek firmy vejít se současným strojním zařízením a značnou částí skladů do plochy menší než, kterou doposud disponovala v původním závodě. Bylo nutné pečlivě ověřit, jaké plochy zabírají samotné stroje a jakou plochu zabírají sklady. Kromě těchto faktů bylo nutné zjistit, i jakým způsobem probíhá materiálový tok v rámci výrobního závodu. Od počátečního bodu, kde zaměstnanci vyskladní potřebný materiál pro výrobu a připraví si ho k práci na lince, až po koncový bod výrobního procesu na skladě před expedicí.

Po seznámení se se základními náležitostmi výroby, bylo nutné provést ověření rozměrů strojů. Při přeměření byly odstraněny veškeré nesrovnalosti ohledně velikosti, ale i rozmístění strojů a strojního zařízení a zjištěna fyzická plocha, kterou zabírá rozpracovaná výroba a sklady. Z těchto nově získaných informací byl přepracován model výrobní haly a jednotlivé rozměry upraveny, aby odpovídaly reálnému stavu. Při návštěvě výroby bylo zároveň zaměstnanci firmy upřesněno, že se některé věci stěhovat nebudou z důvodu zakoupení nového strojního vybavení nebo volnou kapacitou

obdobného zařízení ve výrobních prostorech v Bystřici. Stav po přemodelování strojů podle skutečných rozměrů s upřesněným rozmístěním znázorňuje Obr. 33.



Obr. 33: 3D model původní výroby s upravenými rozměry

Na obrázku jsou vidět přemodelované stroje a několik strojů, kterých se přemodelování nedotklo. Stroje, které nejsou přemodelovány, nebudou stěhovány. Zároveň se ještě nebude stěhovat některé další vybavení, které bude dále zmíněno. V této fázi také došlo k upřesnění materiálového toku a vytvoření layoutu.

Layout s vyznačenými koridory interní logistiky ukazuje značnou rozsáhlou výrobu a zároveň velikost linek, které zaujímají velký prostor a které není možné v žádném případě rozdělit. K jednotlivým linkám se váží i příslušné materiálové toky. Které jsou podřízené materiálovému toku v celém závodě. Na obrázku Obr. 34 jsou schematicky znázorněny koridory interní logistiky. Kromě koridorů interní logistiky jsou vyznačeny linky na výrobu statorů S01 – S04 a linky pro výrobu rotorů R01 – R04.



Obr. 34: Rozmístění strojů a vyznačení koridorů interní logistiky

Kromě oranžové šipky, která zvýrazňuje hlavní logistické cesty, jsou zde i šipky znázorňující tok materiálu na pracovišti. Zelená šipka znázorňuje vstup a červená výstup.

Na obrázku je možné si povšimnout, že tři satorová pracoviště jsou blízko sebe s pracovištěm dokončení a poslední satorové pracoviště je značně vzdáleno. Důvod pro tuto skutečnost je, že čtvrtá linka se využívá nejméně.

Kromě výrobních linek je potřeba přesunout i další důležité součásti výroby, které jsou zmíněny ve schématech, tím je sintrovačka, pracoviště rotorové impregnace a satorové impregnace. Jelikož jsou tato pracoviště značnou ekologickou zátěží (zvýšená prašnost, používání a skladování potřebných chemických látek, které jsou hořlavé, nutné externí výduchy zplodin). Je nutné přistoupit s maximální pečlivostí na jejich umístění v závodě v Bystřici. Zároveň je ovšem žádoucí, aby nebyly příliš daleko od linek, protože po výrobě na lince putují rotory a statory na tato pracoviště.

Kromě výše zmíněných pracovišť je potřeba přestěhovat i další stroje – lisy na termosety, hrotovou brusku a soustruh, na kterých se některé výrobky dodělávají. Rovněž je potřeba přestěhovat skladovací pozice pro vložky na hotové výrobky, rozpracovanou výrobu a další. Pro lepší představu materiálového toku je uveden ještě materiálový tok jedné v části výrobní haly a materiálový tok pro běžný sator. Schéma znázorněné na Obr. 35 představuje jednu z linek výroby satoru.



Obr. 35: Schéma materiálového toku pro výrobu satoru

Výroba běžného statoru sestává ze šesti kroků. Začíná naskladněním potřebných vstupních materiálů a končí u kontroly. Statory putují při kontrole na samostatné stanoviště, zatímco rotory se kontrolují u dokončení.

Jednotlivé vstupy materiálu probíhají nejprve z bodu 1.1, kde se nachází centrální sklad. Ze kterého se naskladní cívky s dráty na sklad drátů (1.2) a do regálových pozic u statorových linek (1.3) se naskladní segmenty pro výrobu statorů.

Pro podrobnější popis materiálového toku pak slouží následující schéma na Obr. 36.



Obr. 36: Materiálový tok pro výrobu statorů

Kromě analýzy celkového materiálového toku byl také analyzován tok materiálu výrobní linkou. Jelikož se jedná o výrobní linku, tok je nepřetržitý a v celé řadě míst má linka tvar U (zejména u výroby statorů). Pracoviště na výrobu statorů na rozdíl od rotorových linek neobsahují dopravníky a zaměstnanec zde působí v rámci celé linky a provádí jednotlivé technologické operace. Každé statorové pracoviště je obsluhováno jedním operátorem. Linky na výrobu statorů jsou dohromady v závodě 4, přičemž první dvě pracoviště jsou stěžejní a vyrábí se na nich drtivá většina produkce. Jedná se o pracoviště S01 a S02. Pro materiálový tok je důležitá i četnost doplňování drátu pro jednotlivá pracoviště, kdy se za směnu spotřebují 2 až 4 cívky (špulky) drátů v závislosti na lince. Jednotlivé špulky jsou umístěny na pojízdných vozíčkách a brány jednou maximálně dvakrát za směnu na pracoviště. S ohledem na to jsou dráty pro statory situovány co nejbližší statorovým linkám. Sklad s dráty pro rotory je zase situován u rotorové linky tak, aby nebránil v materiálovém toku při výrobě statorů a byl co nejbližší rotorovým linkám. Rovněž regály, které se nachází u linek slouží k okamžitému zásobování jednotlivých pracovišť. Statorové regály jsou situovány co nejbližší statorovým linkám a rotorové regály jsou umístěny do části, kde se nachází první rotorové linky. Jelikož výroba rotorů a statorů na sebe úzce váže, je v závodě stejný počet rotorových a statorových linek. Tedy i rotorové linky jsou čtyři a opět linka R01 a R02 vyrábí hlavní část výrobního programu a R04 je linka nejméně vytížená. Pro rotorové linky stejně jako pro statorové platí, že první tři se nachází blízko sebe a mají u sebe regálové pozice, kde jsou naskladněny segmenty pro výrobu. U linky R02 se pak nalézá sklad drátů pro výrobu rotorů, aby byla co nejkratší logistická cesta pro manipulaci s těžkými cívkami drátů. Na Obr. 37 je vidět schéma materiálového toku pro výrobu rotorů.



Obr. 37: Trasa materiálového toku pro výrobu rotorů

Rotorové linky na rozdíl od statorových obsahují dopravníky a operátor obsluhuje akorát konec a začátek výrobní linky, kde zakládá hřídelky a na konci odebírá hotové rotory. Pro rotorové linky platí podobné schéma výroby jako pro statory. Toto schéma je zachyceno na Obr. 38.



Obr. 38: Materiálový tok pro rotorové linky

Schéma výroby rotorů je kratší o pracoviště kontroly, kdy kontrola probíhá u pracoviště dokončení a zároveň se rotory nesintrují. Stejně jako u schéma výroby statorů je bod 1.1 centrální sklad, ze kterého se zásobuje rotorový sklad drátů (1.2) a regálové pozice (1.3).

5.2 Analýza současného stavu v novém závodě

Pro analýzu závodu v Bystřici nad Pernštejnem byly získány základní údaje v podobě 3D modelu výrobní haly, který vznikl v rámci předchozích projektů pro společnost SOPO, a byly přesně známy rozměry strojů a strojního zařízení včetně skladovacích ploch. Jelikož ve výrobním závodě již probíhá výroba a stěhování strojů z původní haly má pomoci výrobní halu v Bystřici doplnit o další výrobní program, je potřeba postupovat velmi citlivě k současné výrobě a nenarušit materiálový tok. Jelikož závod některými zařízeními disponuje, nebude se z původního závodu stěhovat veškeré strojní zařízení. Takovým případem může být pracoviště páření rotorů. Dále se nebude stěhovat pracoviště vyvažování, protože podnik již jedním zařízením ve výrobním závodě disponuje. Prvotní stav výrobního závodu v Bystřici nad Pernštejnem je na Obr. 39 a zachycuje současné rozmístění strojů a volnou plochu výrobního závodu.



Obr. 39: Pohled na výrobní závod v Bystřici nad Pernštejnem

Na obrázku je vidět volná výrobní plocha, které je možné využít. Celkově je tato plocha menší než v původním závodě a bylo tedy nutné vypracovat analýzu prostorové dispozice. Pro skladování je zde možno využít skladovacích ploch v centrálním skladu a ve skladu „plecháč“, kde se ovšem nedají skladovat veškeré materiály, jelikož sklad není trvale vytápěn. Skladování výrobků lze tedy provádět ve dvou místech v závislosti na čase expedice nebo vyskladnění pro výrobu.

Při analýze současného stavu byl vytvořen layout závodu Obr. 40, kde jsou zachyceny stávající výrobní linky včetně skladů. Kromě toho je možno vidět i administrativní prostory.



Obr. 40: Layout výrobního závodu "Bystřice"

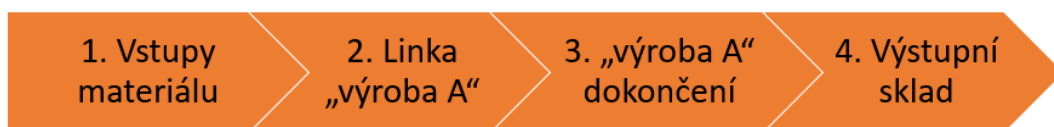
Ve výrobním závodě je možno si povšimnout dvou stávajících výrobních linek a lepení magnetů. Tyto linky budou dále uvedeny pro lepší pochopení materiálového toku v podniku. Zejména první dvě linky „výroba A“ a „výroba B“ jsou důležité pro výrobní závod, neboť vyrábí stěžejní část produkce závodu. Připadá na ně asi 80 % celkové produkce v této výrobní hale. Proto je nutné dát důraz na materiálový tok právě u těchto linek, aby se při nastěhování a zprovoznění dalších linek materiálový tok nenarušil, ale byl vhodně doplněn o materiálový tok na dalších linkách tedy statorová 1–4 a rotorová 1–4, které budou nastěhovány. Ve spodní části závodu je vidět i lis na termoplasty. Sekce s tímto lisem bude doplněna o další dva lisy na termosety, pracoviště brusky a soustruhu. Kromě pracoviště brusky a soustruhu je potřeba vytvořit místo, kde se budou skladovat formy a s nimi spojený manipulační jeřáb.

Na Obr. 41 je znázorněn materiálový tok linky „výroba A“ pro co nejlepší přehled o materiálovém toku ve výrobním závodě a zjištění, jak vypadají logistické cesty a místa, kde by mohly vznikat problémy.



Obr. 41: Trasa materiálového toku na lince „výroba A“

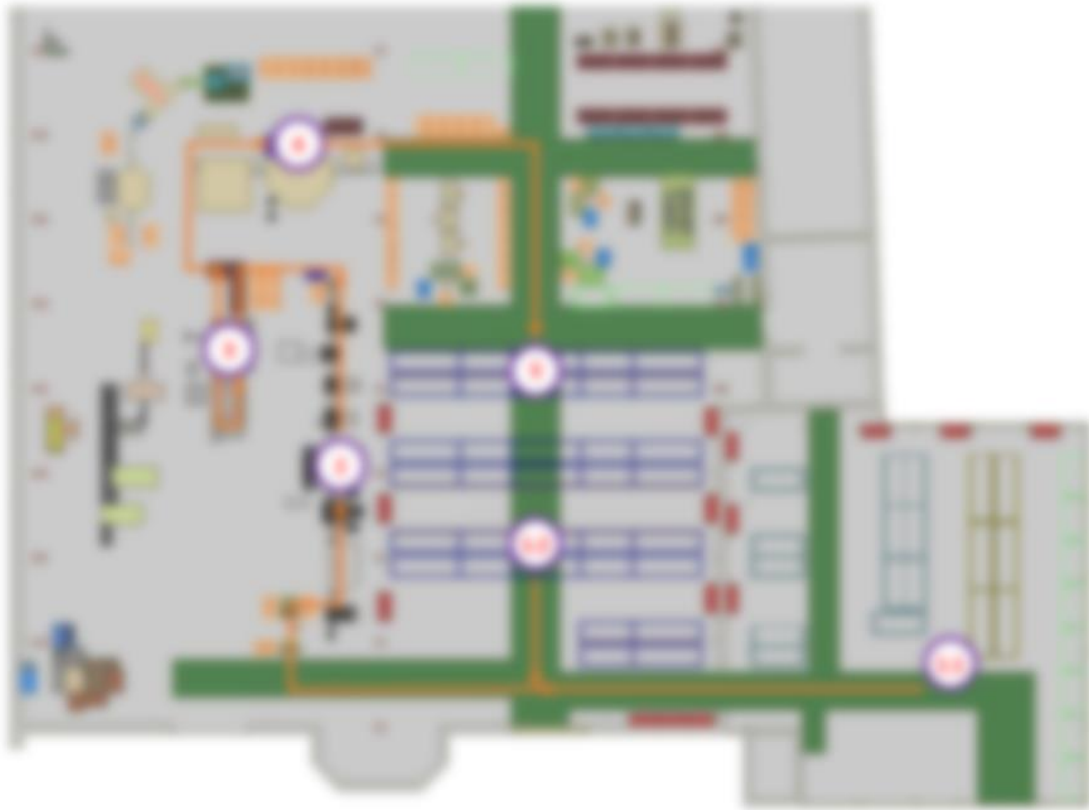
Celý materiálový tok této linky začíná v hlavních skladech, kde se vyskladní potřebný materiál pro výrobu. Některé komponenty se skladují ve skladu (1.1) tzv. „plecháč“ a jiné v skladu ve výrobní hale (1.2). První není trvale vytápěn, takže je nutné počítat s touto podmínkou, zatímco druhý je trvale vytápěn. Pro lepší představu o materiálovém toku na lince „výroba A“ pak slouží Obr. 42.



Obr. 42: Materiálový tok „výroba A“

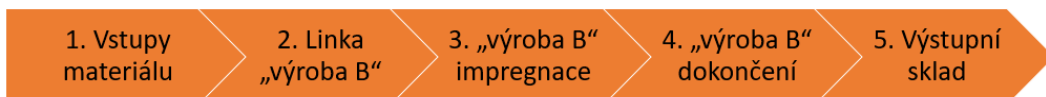
U tohoto linkového pracoviště je značná část úkonů aplikována do jednotlivých částí linky a jsou tedy shrnuty do celkových kroků. Prvotní část výroby probíhá v kroku linka „výroba A“ následující vyvažování, dokončení a kontrola pak v části „výroba A“ dokončení. Po dokončení pak výroba putuje na centrální sklad, odkud je expedována k zákazníkům.

Kromě předešlé linky je zásadní pro podnik i linka „výroba B“. Její materiálový tok kopíruje tok výše zmíněné linky „výroba A“. Průběh toku linkou „výroba B“ zobrazuje Obr. 43.



Obr. 43: Trasa materiálového toku na lince „výroba B“

Materiálový tok linkou je opět obdobný jako u předchozí linky. Začíná ve skladu (1.1) a centrálním skladu (1.2), odkud pokračuje na linku, od které putuje do centrálního skladu. Odtud je možné zboží dále expedovat. Schéma z Obr. 44 ukazuje tok materiálu při výrobě na této lince.



Obr. 44: Materiálový tok „výroba B“

Linka „výroba A“ a „výroba B“ mají dále ještě jednu společnou věc a tou je impregnace, které leží mezi linkami, a část výrobků z obou linek se tam impregnuje. Vzniká tedy ještě jeden mezikrok mezi první částí linky (2. Linka „výroba B“) a druhou částí (4. výroba B dokončení). Tím mezikrokem je 3. výroba B impregnace.

5.3 Porovnání závodů

Již při samotném zadávání práce bylo jasné, že původní výrobní plochy jsou menší než výrobní plochy v novém závodě. Před kompletní analýzou ovšem nebylo zřejmé, jak jsou rozdíly velké, a nebylo jisté, zda bude možné jednotlivé stroje do haly poskládat, aby se daly vytvořit logické návaznosti a vytvořit plynulá výroba a zásobování linek. Při analýze byla zjištěna celková plocha výroby, skladů a logistických cest. Tato data byla zakreslena do disponibilních výrobních prostorů na Obr. 45.



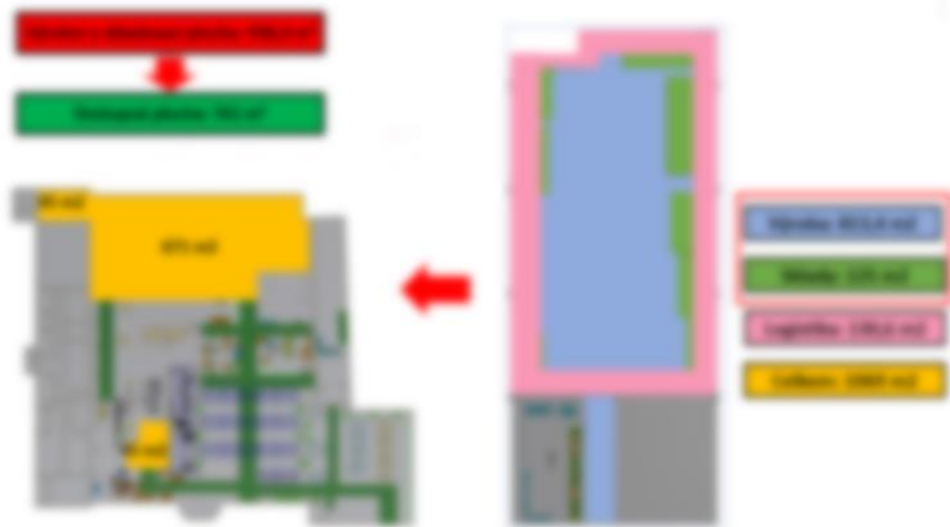
Obr. 45: Disponibilní prostory v původním závodě

V druhém závodě byla provedena stejná rozměrová analýza, kde byly vzaty prostory, kam je možno nastěhovat výrobní linky. Tyto skutečnosti jsou zachyceny na Obr. 46.



Obr. 46: Disponibilní výrobní plochy v novém závodě

Z dostupných údajů z výchozí analýzy tedy plyne, že v původním závodě zabíraly plochy pro výrobní stroje a zařízení 813,4 m², sklady 125 m² a logistické cesty 130,6 m² dohromady se tedy jedná o 1 069 m², které je nutné dostat na plochu o rozměru 761 m², která je volná v Bystřici. Celkový rozdíl by činil 309 m². Reálný rozdíl je ovšem menší díky možnosti částečně využívat stávající regály a prázdné skladovací pozice v nich, které je možnost doplnit o některé regály z původního závodu. Rovněž je možné odpočítat logistické cesty, které mohou být do značné míry optimalizovány a zkráceny a současně se mohou vhodně navázat na stávající logistické cesty. Rozdíl by se tedy nechal sumarizovat na součet skladů, protože do centrálních skladů nebude možné zaskladnit vše (s ohledem na potřeby okamžité spotřeby materiálu na lince) a součet výrobních ploch. Rozdíl tedy činí 177,4 m². Obr. 47 poskytuje přímé porovnání obou výrobních ploch a sumarizuje, jaký prostor je k dispozici pro výrobu, která se přemísťuje.



Obr. 47: Porovnání disponibilních výrobních ploch

S ohledem na omezující podmínky, které znázorňuje následující schéma na Obr. 48. Budou vytvořeny jednotlivé varianty rozložení výrobních linek.



Obr. 48: Omezující podmínky závod Bystřice

Kromě těchto omezujících podmínek je nutné zachovat skladovací pozice pro sklady drátů a regály u statorových a rotorových linek, které slouží k okamžité spotřebě na lince během směny.

Nejprve vznikla krátká studie proveditelnosti, kde byly zkušebně přesunuty původní modely strojů a vytvořeny přibližné logistické cesty. Tato studie slouží jako podklad pro tvorbu variant provedení, které budou uvedeny v následující kapitole. Studie spočívala v přibližném rozložení výrobních linek podle dostupných informací na základě dohody s podnikem. Současně se v této fázi konkretizovalo, které linky se budou a nebudou finálně stěhovat a podle toho byla studie provedena.

Při studii byla umístěna všechna zařízení, která je dle dohody s vedením podniku třeba přestěhovat. Konkrétně se jedná o sintrování, impregnaci, rotorové a statorové linky, brusku, lisy na termosety a soustruh, kromě toho se bude realizovat pracoviště údržby forem pro lisy na termosety po vzoru původního, ale nebude přestěhováno. Bylo rozhodnuto, že se nebude stěhovat linka na Lanka, vyvažování, část linky dokončení a již zmíněný jeřáb. Prvotní schéma studie proveditelnosti znázorňuje Obr. 49, kde jsou prvotně umístěny veškeré linky.



Obr. 49: Studie umístění výrobních strojů

Ze schématu je patrné, že se veškeré stroje a strojní zařízení do nového výrobního závodu vejdou a je tedy možné pokračovat dále již s upravenými modely a vytvořit sérii variant, ze které vyplyne finální řešení výrobního závodu.

5.4 Závěr

V této kapitole proběhly analytické metody pro zpracování jednotlivých variant. Tyto kroky probíhaly v následujícím pořadí. Nejprve proběhla analýza současného stavu v obou závodech. Byly ověřeny rozměry veškerého strojního vybavení, jednotlivé rozměry na základě měření byly upraveny a přepracovány. Poté byl vytvořen layout. Byla vypracována analýza interní logistiky s analýzou dominantních linek. Dále byla určena disponibilní výrobní plocha. Na základě analýzy byly vytvořeny omezující podmínky transferu výroby do nového závodu. Těmi jsou zejména menší dostupná plocha nežli v původním závodě, zachování materiálového toku jak původních linek umístěných v závodě, tak materiálového toku nových linek, ekologická zátěž některých pracovišť a řešení skladovacích prostor.

6 Návrh variant řešení

V této části budou vytvořeny jednotlivé varianty rozmístění výrobních strojů a zařízení, které budou splňovat požadavky, co nejkratší materiálové toky, minimalizaci ekologických dopadů na výrobu. Současně při návrzích bude dbáno na zachování současné výroby s maximální kvalitou a stávajícími materiálovými toky. U přestěhovaných linek bude maximalizována snaha o co nejplynulejší a nejkratší materiálový tok, který bude odpovídat co nejnižšímu přepravnímu výkonu. Jelikož výrobky prochází při výrobě řadou stanišť, je žádoucí zpracovat několik různých variant s maximální snahou, aby stěžejní linky měly co nejkratší materiálový tok. Varianty zpracované v této části budou posléze zpracovány a dle nastavených klíčů v dalších částech i vyhodnoceny. Všechny varianty musí splnit omezující podmínky.

6.1 Varianta 1

První varianta pracuje s rozložením většiny rotorových linek v horní části výrobní haly. R04 je pak umístěna vedle satorových linek. Celkový layout znázorňuje Obr. 50.



Obr. 50: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 1)

Varianta 1 má rozložené statorové linky blízko sebe. S ohledem na disponibilní prostor byly rotorové linky rozděleny do třech ostrůvků, kdy R04 byla umístěna vedle statorových linek. Linky R03 a R02 na ostrůvku vedle rotorové impregnace a R01 vedle sintrování statorů. Jednou z nevýhod této varianty je umístění rotorové linky vedle sintrování statorů. To prodlužuje celý materiálový tok ze statorových linek. V dalších variantách bude upraveno rozložení statorových a rotorových linek. Všechny varianty operují s rozmístěním sintrování a impregnací v horní části. Jejich umístění se ale mění a v některých případech i značně. Jsou umístěna u stěny maximálně blízko okraji haly. Kvůli jejich prašnosti a ekologii (odtahy).

Z obrázku výše můžeme vidět, že rotorová impregnace byla umístěna, aby vedle ní mohl fungovat i chemický sklad, který je potřeba mít u takovýchto zařízení. Statorová impregnace byla z technických důvodů umístěna vedle pracoviště dokončení. Z pohledu materiálového toku na statorových linkách je to sice vhodné, ale pracoviště sintrování je jedno z ekologicky náročných a prašných pracovišť. A bylo by vhodnější se snažit ho situovat s ohledem na situaci dále od dokončení.

Kromě těchto pracovišť se stěhují i pracoviště brusky, lisů na termosety a soustruhu. Lisy na termolisy byly umístěny s maximální citlivostí s ohledem na současnou výrobu na výrobních linkách „výroba A“ a „výroba B“, aby nedošlo k narušení materiálového toku. Kromě tohoto pracoviště můžeme na bočních stranách vidět sklady pro prázdné obaly, bedny a podobně. Kromě skladu u stěny s prázdnými obaly jsou u linek sklady drátů a regály na zásobu pro okamžitou výrobu při směně. V dalších variantách se bude měnit hlavně umístění skladu drátů.

Schéma materiálového toku v layoutu znázorňuje materiálový tok při výrobě statorů na statorové lince S01 (ve schéma oranžová šipka s fialovými kroužky) a materiálový tok při výrobě rotorů na rotorové lince R01 (ve schéma žlutá šipka s červenými). Tyto linky budou používány u všech variant jako představitelé výroby, protože se na nich vyrábí největší část výroby. Zároveň se jedná o párové linky, které vyrábí stejné množství kusů. Rotorů se vyrobí stejně jako statorů.

Obr. 51 ukazuje materiálový tok pro statorové linky.



Obr. 51: Materiálový tok statorů

Na Obr. 52 je zachycen materiálový tok výroby statorů.



Obr. 52: Materiálový tok pro výrobu rotorů

Materiálový tok je zakreslen v layoutu na Obr. 53. Celý tento tok výrobou byl výše popsán pomocí stručného popisu materiálového toku linek na Obr. 51 a Obr. 52.



Obr. 53: Materiálový tok pro linky S01 a R01 (varianta 1)

Pro jednotlivé varianty je potřeba znát i přepravní výkon, který se zakládá na přepravené hmotnosti na přepravní vzdálenosti. Jelikož se snažíme minimalizovat vzdálenost, na kterou přepravujeme hmotu, snažíme se minimalizovat i přepravní výkon. Přepravní výkon zachycuje Tab. 4.

Tab. 4: Přepravní výkon (varianta 1)

Varianta 1			
Pracoviště	Vzdálenost [m]	Dávka [ks]	Přepravní výkon [ksxm]
S01	185,5	100	18 550
S02	187,2	50	9 360
S03	191,3	20	3 826
S04	187,5	10	1 875
Σ	751,5	180	33 611
R01	189,6	100	18 960
R02	180,5	50	9 025
R03	188	20	3 760
R04	182,5	10	1 825
Σ	740,6	180	33 570
Σ	1 492	360	67 181

Na základě přepravního výkonu, ekologie, prostorů pro buffery, křížení materiálového toku a dispozičního řešení byly zpracovány hlavní výhody a nevýhody varianty. Tyto výhody a nevýhody shrnuje Tab. 5.

Tab. 5: Výhody a nevýhody (varianta 1)

Zhodnocení varianty 1	
Výhody	Nevýhody
Umístění statorových linek jeden ostrůvek	Problémy se zavážením rotorových linek
Ekologie (sintrování a impregnace)	Obtížnější zavážení linky dokončení
Prostor pro buffery 10 m ²	Problémy s umístěním skladů drátů
	Křížení materiálového toku

Výhodou této varianty je velký prostor pro buffery 10 m², krátká délka hadic odtahu pro filtrace z pracovišť sintrování a rotorové impregnace 7 m, problematické je zavážení rotorové linky R02 a R03, které se nedají zavážet pohodlně z hlavního přepravního koridoru. Zároveň dochází k četným křížením hlavních materiálových toků, kterých je u hlavních dvou linek až sedm. Celkově se jich dá na všech linkách napočítat až k třiceti. Další varianty se budou snažit omezit křížení materiálových toků a vyřešit problém s umístěním drátů, které zabírají 18 m² přímo u linky R02 a R03 a zhoršují přístup zavážení linek z hlavního logistického koridoru.

Pro další varianty budou nahrazeny rotorové linky statorovými a naopak. Tím by mělo dojít ke zlepšení materiálového toku a snížení počtu křížení a zvýšení možnosti zavážet linky přímo z hlavního logistického koridoru.

6.2 Varianta 2

Druhá varianta má oproti první variantě změněné rozložení rotorových a statorových linek. Ty byly umístěny co nejbliže sobě. Mezi těmito linkami se nachází cívky s dráty a regály pro okamžitou potřebu. Kromě změny rozložení rotorových a statorových linek se změny dotkly i linky dokončení, která byla přesunuta k statorovým linkám nahoru, a rotorové linky byly nechány samostatně ve spodnější části. Toto rozložení eliminuje nedostatky předchozí varianty v materiálovém toku zejména u linky dokončení a rotorové linky R01, která se nacházela blízko pracovišť sintrování statorů a statorové impregnace. To činilo značný problém, protože se materiálový tok vracel, v důsledku toho mohlo docházet k uzlování materiálového toku. V této variantě došlo i k vylepšení možnosti zavážení linky R02 a R03, které lze nyní zavážet přímo z hlavního logistického koridoru. Rozložení statorových a rotorových linek v layoutu zobrazuje Obr. 54.



Obr. 54: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 2)

Z obrázku výše je možné si udělat představu o celkovém rozložení statorových a rotorových linek ve výrobní hale. Současně si lze povšimnout umístění rotorové impregnace do přístavku vlevo. Statorová impregnace se nachází vedle linky dokončení. Pro přehled materiálového toku v této variantě následují postupová schémata a layout s rozmístěním výrobních strojů a zakresleným materiálovým tokem stěžejních linek.

Materiálový tok pro statorové linky znázorňuje Obr. 55.



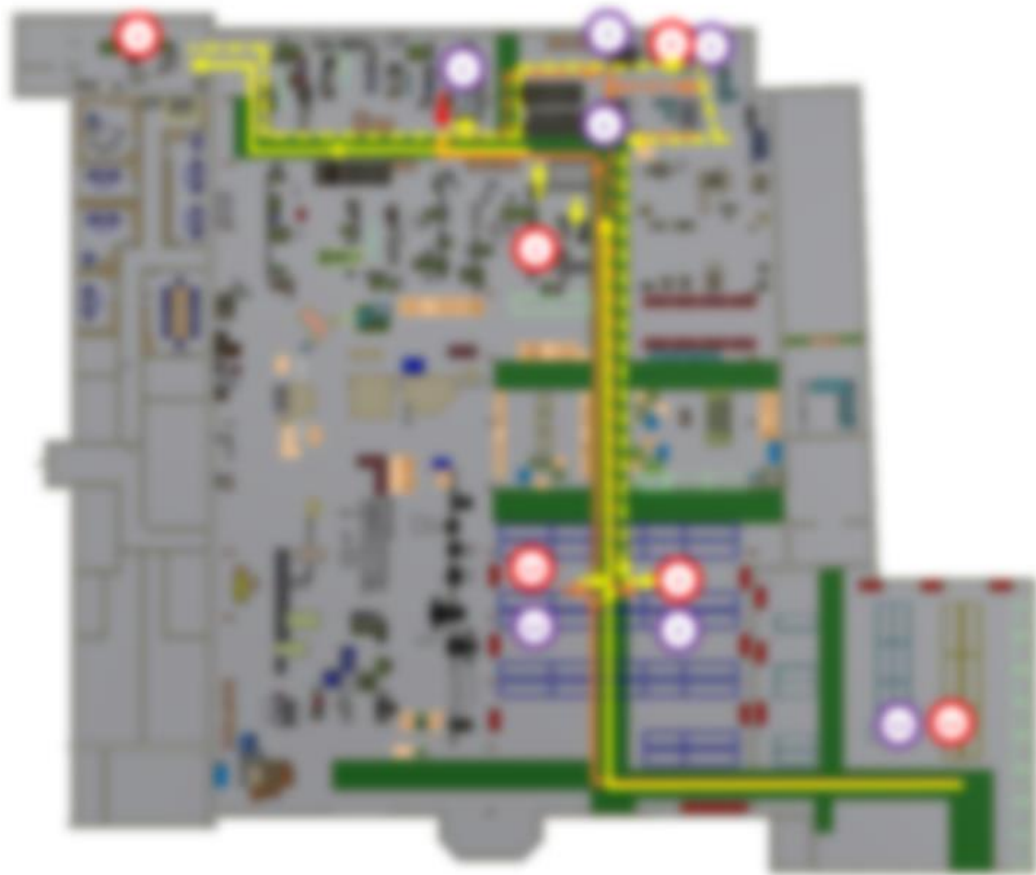
Obr. 55: Materiálový tok statorových linek

Obr. 56 představuje materiálový tok pro rotorové linky.



Obr. 56: Materiálový tok pro rotorové linky

Materiálový tok pro stěžejní statorovou linku S01 (oranžová a fialová barva) a rotorovou linku R01 (žlutá a červená barva) u varianty 2 je představen na Obr. 57.



Obr. 57: Materiálový tok statorové a rotorové linky (varianta 2)

V této variantě zůstaly sklady obalů u stěny stejně, tak se změny nedotkly skladu forem pro termolisy. Sklady drátů byly přemístěny s ohledem na disponibilní místo a nyní již netvoří překážku zavážení u linky R02 a R03. Při přesunu statorové impregnace ovšem nastal problém se zavážením linky dokončení, který je vidět v materiálovém toku. Je patrné, že materiálový tok je na statorové i rotorové lince značně složitý a místy dochází ke křížení. Největší problémy mohou nastávat u statorových linek u impregnace a sintrování s dokončením, které jsou vedle sebe, a prostor je značně stísněný. Dalším problémem je prašnost impregnace a sintrování kvůli situování u linky dokončení. Zároveň by docházelo k zavážení dokončení přes sintrování, což může opět působit problémy. Další varianta se pokusí odstranit problémy se zásobováním dokončení a sintrováním.

Tab. 6 zobrazuje přepravní výkon pro variantu 2.

Tab. 6: Přepravní výkon (varianta 2)

Varianta 2			
Pracoviště	Vzdálenost [m]	Dávka [ks]	Přepravní výkon [ks×m]
S01	167	100	16 700
S02	171	50	8 550
S03	174,75	20	3 495
S04	177	10	1 770
Σ	689,75	180	30 515
R01	196,5	100	19 650
R02	198	50	9 900
R03	197,5	20	3 950
R04	199,5	10	1 995
Σ	791,5	180	35 495
Σ	1 481	360	66 010

Hlavní výhody a nevýhody této varianty zachycuje Tab. 7.

Tab. 7: Výhody a nevýhody (varianta 2)

Zhodnocení varianty 2	
Výhody	Nevýhody
Zkrácení přepravní vzdálenosti S linek	Prostory pro buffery 4 m ²
Zlepšení křížení materiálového toku	Obtížné zavážení linky dokončení
Nižší přepravní výkon než u varianty 1 (66010 ks×m)	Ekologie (délka výdechů 14 m)
	Problémy s umístěním skladu drátů

Oproti variantě 1 se povedlo snížit přepravní výkon o 1 171 ks × m povedlo se snížit počet křížení materiálového toku z původních sedmi křížení na dvou hlavních linkách na čtyři. Byla zkrácena přepravní vzdálenost u statorových linek. To ovšem vyvolalo prodloužení přepravní vzdálenosti u rotorových linek. Nevýhodou této varianty je, že se zmenšil prostor pro buffery z 10 m² na 4 m². Zároveň se zvýšil počet zavážení, které nejsou z hlavního přepravního koridoru, jedná se o veškeré závozy linky dokončení. Je zde osm případů, kdy výrobky budou muset procházet pracovištěm sintrování a impregnace statorů. To přináší značný problém zavážení. Zároveň se prodloužila délka odvodů zplodin ze sintrování a impregnací z původních 8 na 14 metrů. V následující variantě budou zjištěné nevýhody zapracovány, aby došlo k jejich maximální eliminaci.

6.3 Varianta 3

Layout třetí varianty je zachycen v Obr. 58. Oproti předchozí variantě bylo změněno umístění linky dokončení, která byla v layoutu zaměněna se sintrováním a statorovou impregnací. Díky tomu se umožní snadnější zavážení linky dokončení. Zároveň bude jedna z nejprašnějších linek nejvíc v rohu haly. Je tedy nejvíce vzdálena od ostatních linek. Z předchozí varianty zůstalo obdobné rozložení statorových a rotorových linek.



Obr. 58: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 3)

Na výše zobrazené variantě vidíme již ustálené umístění rotorových linek. Toto umístění statorových linek je s ohledem na materiálový tok i dostupnou plochu závodu zvoleno jako nejlepší. A bude s ním pracováno ve všech dalších variantách. Tato varianta odstraňuje některé z nedostatků předchozích variant. Výhodou u této varianty bude částečné napravení křížení materiálového toku, které vznikalo u předchozích variant. Už z prvního pohledu je zde možné označit i jednu nevýhodu. Tou je linka dokončení hned u sintrování, což by mohlo způsobovat problémy s čistotou hotových výrobků, případně i kvalitou hotových výrobků.

V této variantě byly zároveň upraveny polohy pracovišť impregnace a stanoviště sintrování statorů. Tato pracoviště stejně jako u předchozích variant byla umístěny s maximálním ohledem na ekologii a možnost zbudovat chemické sklady. Byla snaha je umístit co nejdál od stěžejních výrob a pokud možno i oddělit do samostatné místnosti, jako je tomu u rotorové impregnace. Dále se i u této varianty liší rozmístění skladu drátů a regálových skladů. Sklad na obaly, který je u boční stěny i zde zůstává v nezměněné podobě, stejně jako jeřáb na formy.

Materiálové toky pro statorové linky znázorňuje Obr. 59.



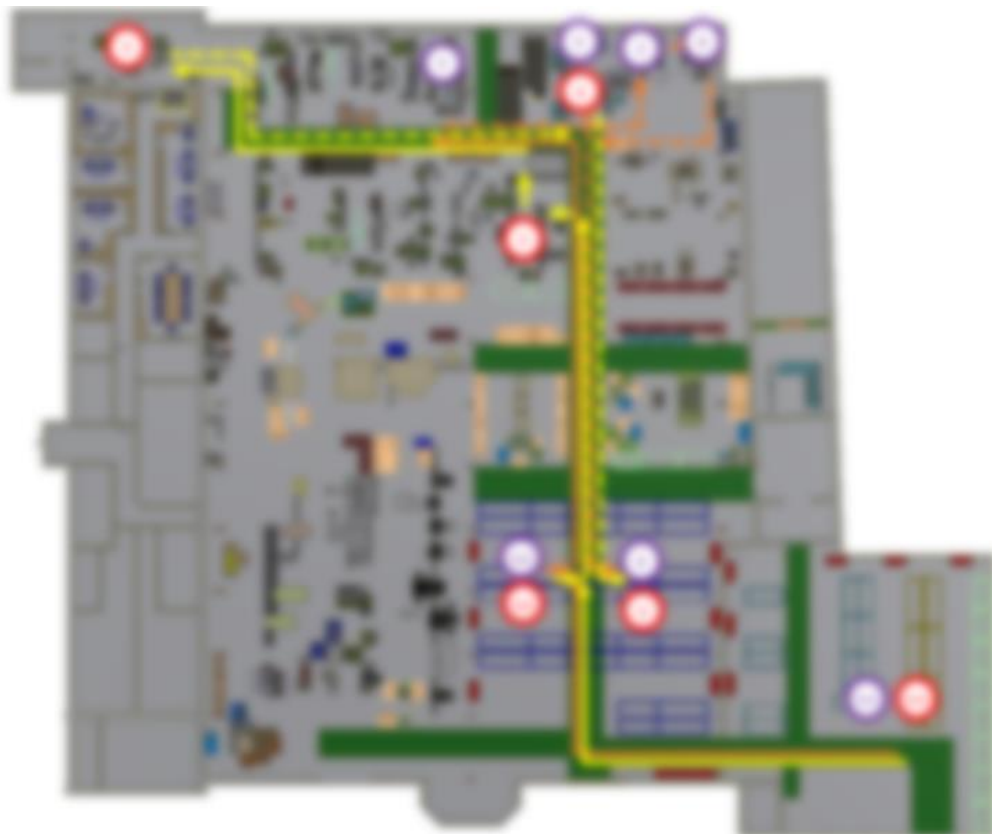
Obr. 59: Materiálový tok statorové linky

Dále je důležité znát i materiálový tok pro rotorové linky, to znázorňuje Obr. 60.



Obr. 60: Materiálový tok rotorové linky

Materiálový tok pro statorovou linku S01 (fialové kroužky a oranžový tok) a rotorovou R01 (červené kroužky a žlutý tok) pro variantu 3 zachycuje Obr. 61.



Obr. 61: Materiálový tok statorových a rotorových linek (varianta 3)

Přepravní výkon třetí navržené varianty udává Tab. 8.

Tab. 8: Přepravní výkon (varianta 3)

Varianta 3			
Pracoviště	Vzdálenost [m]	Dávka [ks]	Přepravní výkon [ks×m]
S01	174,2	100	17 420
S02	178,3	50	8 915
S03	188	20	3 760
S04	195	10	1 950
Σ	735,5	180	32 045
R01	182,5	100	18 250
R02	187	50	9 350
R03	210	20	4 200
R04	203	10	2 030
Σ	782,5	180	33 830
Σ	1 518	360	65 875

Stejně jako veškeré navržené varianty i tato má některé výhody a nevýhody, ty zachycuje tabulka Tab. 9.

Tab. 9: Výhody a nevýhody (varianta 3)

Zhodnocení varianty 3	
Výhody	Nevýhody
Nevznikají problémy se zavážením	Křížení materiálového toku
Prostor pro buffery 11 m ²	Prašnost u linky dokončení
Vyřešeny problémy se sklady drátů	
Ekologie (délka výdechů 7m)	
Nižší přepravní výkon než u předchozí varianty	

V této variantě se povedlo vyřešit problém se zavážením linky dokončení. Problém ovšem vznikal u materiálového toku statorových linek, kde mezi body 2 až 5 vznikají křížení. V další variantě proběhne pokus o vylepšení materiálového toku s ohledem na veškeré možnosti plochy výrobního závodu. Oproti předchozí variantě se povedlo zvýšit prostor na buffery ze 4 na 11 m². Sklady drátů se povedlo umístit, aby netvořily překážky při zavážení linek. Povedlo se zároveň zkrátit délku výdechů od sintrování a impregnací z 14 m na 7 m. Znovu se povedlo i snížit přepravní výkon o 135 ks × m. Jedním z problémů, co má tato varianta, je umístění sintrování a impregnace hned vedle linky dokončení. Což může způsobit ulpívání prachu na hotových výrobcích a z toho důvodu bude linka přesunuta na druhý kraj výrobní haly.

6.4 Varianta 4

Čtvrtá z variant pracuje s rozložením rotorových linek ve spodní části ohraničeného prostoru na layoutu výrobní haly Obr. 62. Do horní části jsou situovány statorové linky. Oproti předchozí variantě byla linka dokončení posunuta do levé části za všechny statorové linky. Za účelem snížení prašnosti ve finální fázi a zároveň za účelem zpřehlednit materiálový tok ve výrobě. Kromě přesunutí pracoviště dokončení bylo přesunuto i sintrování a statorová impregnace, které byly umístěny do samostatné místnosti kvůli snížení prašnosti. Toto umístění má ovšem úskalí ve velmi omezeném prostoru, který přístavek poskytuje a může v místnosti vznikat velký přetlak výroby.



Obr. 62: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 4)

Z layoutu je patrné, že rotorové linky se veškeré nachází v spodní části, kde je pro ně vytvořen prostor. Mezi jednotlivými linkami se pak nachází sklady s dráty a regály pro okamžitou spotřebu během směny na lince. U části regálových pozic se předpokládá ještě dodatečná úprava po konzultaci s pracovníky výroby. Statorové linky s označením S se pak nachází v horní části stejně jako linka dokončení (D01). Rotorová impregnace se poté nachází v pravé části vedle statorových linek. Sintrování statorů a statorová impregnace se nachází vlevo v malém přístavku.

Pro tuto variantu následuje materiálový tok výroby na statorových linkách, to znázorňuje Obr. 63.



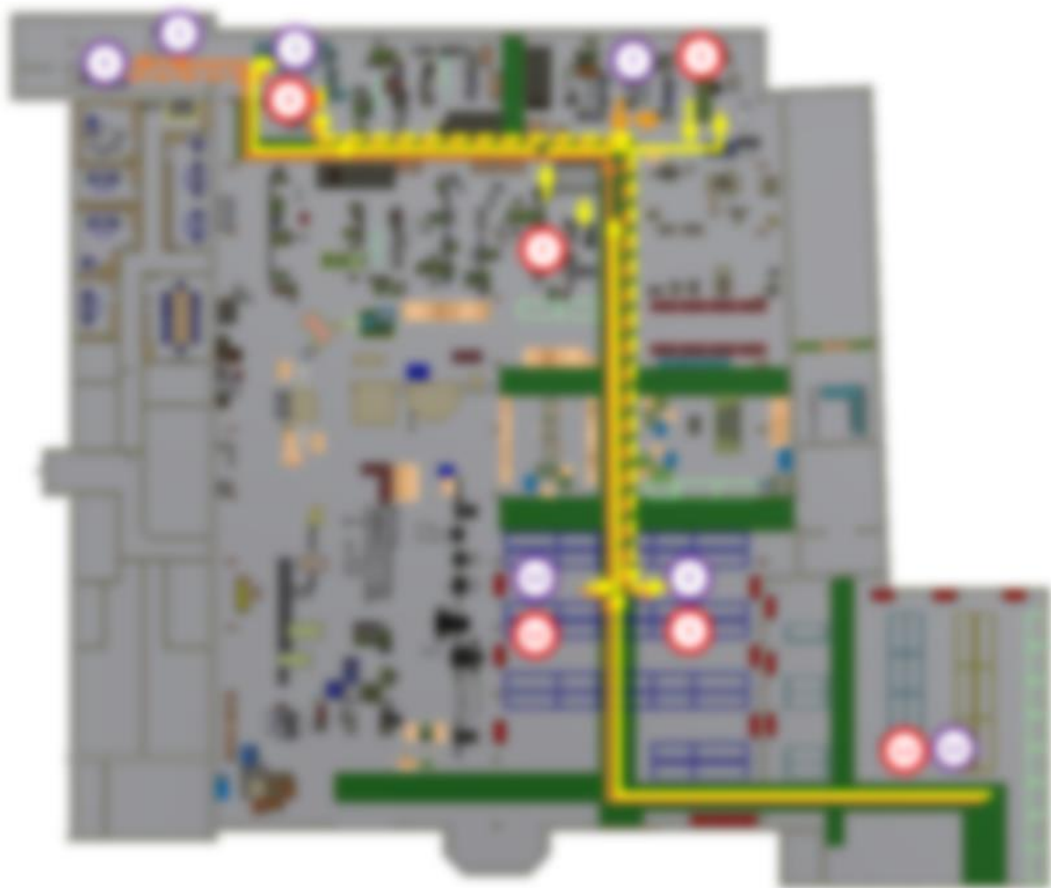
Obr. 63: Materiálový tok statorové linky

Materiálový tok výroby rotorů znázorňuje Obr. 64.



Obr. 64: Materiálový tok výroby rotorů

Materiálový tok pro výrobní linku S01 (oranžová čára a fialové kroužky) a výrobní linku R01 (žlutý materiálový tok a červená kolečka) zachycuje Obr. 65.



Obr. 65: Materiálový tok pro statorové a rotorové linky (varianta 4)

Jak je patrné, materiálový tok prochází větší částí haly. To zejména kvůli vzdáleným skladům od impregnace. Stěžejní část výroby je ovšem mezi body dva a pět, kde samotná výroba probíhá. Pro případné propočty ovšem není nutné počítat celkovou vzdálenost, ale stačí počítat vzdálenost od centrálního skladu místo skladu (1.1 „plecháč“), protože tam nebudou uskladněny všechny materiály. Pro rotorové linky je materiálový tok kratší, ale problém nastává u rotorové impregnace, která by se stávala úzkým místem z důvodu velmi stísněného prostoru.

Přepravní výkon této varianty udává následující Tab. 10.

Tab. 10: Přepravní výkon (varianta 4)

Varianta 4			
Pracoviště	Vzdálenost [m]	Dávka [ks]	Přepravní výkon [ks×m]
S01	183,4	100	18 340
S02	189,5	50	9 475
S03	203	20	4 060
S04	213,8	10	2 138
Σ	789,7	180	34 013
R01	187	100	18 700
R02	171,5	50	8 575
R03	177,5	20	3 550
R04	183,5	10	1 835
Σ	719,5	180	32 660
Σ	1 509	360	66 673

Zhodnocení výhod a nevýhod této varianty nabízí Tab. 11.

Tab. 11: Výhody a nevýhody (varianta 4)

Zhodnocení varianty 4	
Výhody	Nevýhody
Snížení prašnosti u dokončení	Vyšší přepravní výkon (66673 ksm)
Zmenšení počtu křížení na 2	Málo místa pro buffery (3 m ²)
	Překážky při zavážení impregnace

U této varianty došlo k snížení prašnosti a zároveň zvýšení plynulosti díky eliminaci křížení. Problém ovšem nastal u přepravního výkonu, který se zvýšil, což je nežádoucí s ohledem na růst počtu metrů u přepravní vzdálenosti. Zároveň vznikly překážky zavážení impregnace vlivem přesunu impregnací. A ukázalo se, že je lepší jejich umístění volit podle varianty 3. Zároveň se snížilo místo pro buffery na 3 m². Délka odvodů se zvýšila na 8 m.

6.5 Varianta 5

Pátá varianta odstraňuje hlavní nedostatek varianty číslo 4, kterým je pracoviště impregnace a sintrování umístěné v přístavku, který je značně stísněný pro tuto výrobu. Tato dvě pracoviště tam budou vyměněna s pracovištěm rotorové impregnace, což umožní plynulejší materiálový tok bez zbytečných uzlů a úzkých míst. Layout poslední varianty zachycuje Obr. 66.



Obr. 66: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 5)

Větší část výroby zůstala proti předchozí variantě beze změn. Největší změnou je rozmístění statorové impregnace a sintrování statorů spolu s rotorovou impregnací. Díky tomu se povedlo opět navýšit místo pro buffery a udělat plynulejší materiálový tok.

Materiálový tok pro statorové linky znázorňuje Obr. 67.



Obr. 67: Materiálový tok statorových linek

Pro rotorové linky platí materiálový tok z Obr. 68.



Obr. 68: Materiálový tok výroby rotorů

Obr. 69 znázorňuje materiálový tok páté varianty pro linku S01 (fialové kroužky a oranžový tok) a linku R01 (žlutý materiálový tok s červenými kolečky).



Obr. 69: Materiálový tok pro statorové a rotorové linky (varianta 5)

Přepravní výkon této poslední varianty uvádí Tab. 12.

Tab. 12: Přepravní výkon (varianta 5)

Varianta 5			
Pracoviště	Vzdálenost [m]	Dávka [ks]	Přepravní výkon [ks×m]
S01	174	100	17 400
S02	181,2	50	9 060
S03	192	20	3 840
S04	201,5	10	2 015
Σ	748,7	180	32 315
R01	177	100	17 700
R02	179,5	50	8 975
R03	181	20	3 620
R04	185	10	1 850
Σ	722,5	180	32 145
Σ	1 471	360	64 460

Přepravní výkon se zde citelně povedlo snížit díky mnohým předchozím zásahům a zároveň přemístění pracovišť sintrování.

Výhody a nevýhody varianty č. 5 zachycuje Tab. 13.

Tab. 13: Výhody a nevýhody (varianta 5)

Zhodnocení varianty 5	
Výhody	Nevýhody
Povedlo se snížit počet křížení na 1	Linka dokončení u rotorové impregnace
Zavážení linek z hlavního koridoru	
Dostatek místa pro buffery (12 m ²)	
Ekologie (délka odtahu 6 m)	
Vyřešeno umístění skladů drátů	

U této varianty se povedlo vyřešit většinu nedostatků předchozích variant. Povedlo se maximalizovat místo pro buffery u impregnací a sintrování, které jsou úzkými místy výroby. Zároveň se povedlo srovnat materiálový tok, aby nedocházelo ke křížení, ale toky jednotlivých linek více fungovaly paralelně. U hlavních linek už dochází jen k jednomu křížení. Povedlo se najít řešení zavážení všech linek z hlavního logistického koridoru. Délka odtahu se dostala na 6 m, což je nejkratší délka, které lze s dodržением předpisů dosáhnout. Největší nevýhodou je umístění linky dokončení u rotorové impregnace. Tato nevýhoda je ovšem částečně eliminována jednak díky odtahu a také díky umístění rotorové impregnace v samostatném přístavku, takže hotové výrobky budou chráněny od prachu.

6.6 Závěr

V této kapitole byly zpracovány jednotlivé varianty rozmístění výrobních strojů a vytvořeny layouts a 3D modely jednotlivých variant. Postupně byly všechny varianty zlepšovány, až došlo k odstranění některých na první pohled viditelných nedostatků. Z výchozí varianty rozložení rotorových linek v horní části byly linky na výrobu rotorů přesunuty na místo statorových linek a tím došlo k lepšímu rozprostření výroby. V dalších variantách došlo k úpravám umístění impregnací a linky dokončení. U všech variant byly zároveň shrnuty jejich výhody a nevýhody, které budou nápomocné u vícekritériálního rozhodování v další kapitole. Díky zpracovaným variantám v této části práce je možné pokročit k vyhodnocení navržených variant dle adekvátních klíčů řešení pro objektivní zjištění, která varianta je nejvhodnější.

7 Zhodnocení navržených variant

V této kapitole jsou porovnány jednotlivé varianty dispozičního řešení závodu, které představuje kapitola 5. Jednotlivé varianty jsou zhodnoceny pomocí vícekriteriální analýzy. Díky využití vícekriteriálního rozhodování je vybrána nejvíce vyhovující varianta, která je následně doporučena k realizaci. Tato varianta by měla zejména splňovat požadavky úzce související s materiálovým tokem a ekologií – kromě toho je zároveň důležité, aby vyhovovala omezujícím podmínkám.

7.1 Návrh kritérií a zhodnocení variant

Při analýze byly získány omezující podmínky, které varianty musí splňovat a na základě kterých byly varianty vytvořeny. Omezující podmínky společně s vlastnostmi materiálového toku jsou pro výrobu stěžejní a na základě toho jsou vytvořena kritéria vícekriteriální analýzy, která bude následně zpracována. Jednotlivé varianty doznávají úprav zejména v přemístění výrobních strojů v horní části haly. Tyto úpravy s sebou přináší některé problémy, na které si je nutné dávat pozor. Kritéria, která byla určena jako stěžejní, ukazuje Obr. 70.



Obr. 70: Kritéria pro vícekriteriální analýzu

Kritérium křížení materiálového toku představuje negativum – čím větší množství křížení se vyskytuje, tím je materiálový tok horší. Materiálový tok by měl mít co nejméně křížení; nejlépe však žádné, což v praxi většinou nelze. Lze ovšem navrhnout materiálový tok s minimálním počtem křížení a paralelními toky. Druhým kritériem je přepravní výkon, ten je charakterizován jako vzdálenost \times přepravená hmota. Toto kritérium se dá určit i v rámci času, například přepravní výkon za týden, měsíc či rok. Mezi nejdůležitější patří hmotnost kusů či velikost dávek a vzdálenost. Platí tedy, že je vhodné mít linky s nejvyšší výrobou s co nejkratším materiálovým tokem. Třetí kritérium cílí na bezproblémovost zavážení linek – v praxi to znamená, jestli se nezaváží linky přes jiná pracoviště a jestli je logistická cesta dostatečně velká pro závoz materiálu na výrobní linku. Čtvrté kritérium řeší kritická úzká místa materiálového toku. Jedná se o místa, kde se částečně materiál hromadí z různých technologických a provozních důvodů, proto je nutné řešit zásobu u tohoto pracoviště formou tzv. bufferů. To mohou být různé vozíčky, bedny a podobně, z čehož plyne, že je pro ně důležité takové místo mít vyčleněné. Pro případ této výroby se jedná zejména o pracoviště impregnací a sintrování, kde bude docházet ke kumulaci materiálu. Pátým kritériem je ekologie; jedná se zejména o nutnost výduchu u pracovišť sintrování a impregnace zplodin ven z výrobního závodu pomocí dutiny. Z toho důvodu je žádoucí, aby varianta byla co nejbližně stěně, kde je možné takovýto vývod udělat a tím

byl odvod zplodin ze závodu co nejkratší. Kromě zplodin je nutné řešit pro sintrování a impregnace i chemické sklady.

7.2 Vícekriteriální analýza

Označení pro jednotlivé varianty layoutů výrobního závodu pro vícekriteriální analýzu je následující:

- V1 Návrh layoutu varianta č. 1
- V2 Návrh layoutu varianta č. 2
- V3 Návrh layoutu varianta č. 3
- V4 Návrh layoutu varianta č. 4
- V5 Návrh layoutu varianta č. 5

Jednotlivá kritéria byla nastavena v předchozí podkapitole, zde jsou pak znovu jmenována a uvedena s označením pro vyhotovení analýzy.

- K1 Křížení materiálového toku
- K2 Přepravní výkon
- K3 Layout (prostorová dispozice a zavážení linek)
- K4 Prostory pro buffery (kritická místa)
- K5 Ekologie

Jednotlivá kritéria jsou obodována podle dat zjištěných v předchozí kapitole, která jsou zanesena do tabulky a ta obodována v bodovací stupnici od 1 do 5. Bodování znázorňuje Tab. 14.

Tab. 14: Obodovaná kritéria pro vícekriteriální hodnocení

Kritéria					
Body	Počet křížení materiálového toku	Přepravní výkon [ks×m]	Počet zavážení mimo koridor	Prostory pro buffer [m ²]	Ekologie - délka odvodu zplodin [m]
1	7	67 181	4 +	3	14
2	5, 6	66 673	3	4	10
3	3, 4	66 010	2	10	8
4	1, 2	65 875	1	11	7
5	0	64 460	0	12	6

Dle této bodovací tabulky byl ke každému kritériu přiřazen počet bodů. Tyto hodnoty jsou uvedeny v Tab. 15. Nejlepší varianta je ta, která má nevíce bodů.

Tab. 15: Tabulka s výsledky a konečným pořadím variant

Varianta	K1	K2	K3	K4	K5	Vážený součet	Pořadí
V1	1	1	2	1	4	9	5
V2	3	3	1	2	1	10	4
V3	3	4	5	4	4	20	2
V4	4	2	5	1	3	15	3
V5	4	5	5	5	4	23	1

7.2.1 Zhodnocení analýzy

Při provedení vícekritériální analýzy bylo zjištěno, že nejlepší řešení poskytuje varianta 5. Vícekritériální analýza podpořila předpoklad, že by se mohlo jednat o nejlepší variantu, jelikož měla za úkol eliminovat většinu nedostatků předchozích variant. Ve variantě 5 bylo eliminováno křížení na materiálovém toku, zároveň byl získán dostatek prostoru pro buffery v kritických místech, u rotorové a statorové impregnace a sintrování statorů. Zároveň se povedlo vyřešit problémy se zavážením linek, kdy se veškeré linky dají zavázat z hlavního přepravního koridoru. Díky umístění Impregnací a sintrování na kraje výrobní haly se povedlo vyřešit výduchy zplodin od strojů směrem ven z výrobního závodu. U páté varianty se zároveň povedlo snížit přepravní výkon, což vede ke zvýšení efektivity přepravy, protože se přepravuje materiál na kratší vzdálenost. Oproti první variantě se podařilo výrazně snížit počet křížení a materiálový tok je více plynulý. Na hlavních materiálových tocích dochází maximálně k jednomu křížení, což oproti původní variantě i vzhledem k výrazně menším prostorům než v původním závodě, patří mezi hlavní úspěchy varianty. Varianta 5 tedy bude doporučena k realizaci. Za variantou 5 se umístila varianta 3, která vychází z podobného základu, ale linka dokončení je posunuta do pravé části haly, což se s ohledem na většinu kritérií neukázalo jako nejvhodnější řešení. Následuje varianta 4, která získala 15 bodů z možných 25, čtvrtá skončila varianta 2, která doplatila zejména na problémy se zavážením a na dlouhé odtahy. Poslední skončila varianta 1, kde se projevilo nevhodné umístění linek do nejsvrchnější části haly.

7.3 Závěr

V této kapitole byla navržena kritéria pro zhodnocení jednotlivých návrhů výrobního závodu. Tato kritéria byla navržena v souladu s omezujícími podmínkami závodu, které jednotlivé varianty musely splnit. Po navržení jednotlivých kritérií následovalo obodování hodnotících kritérií dle dat zjištěných při návrhu variant. Po obodování proběhlo samotné zhodnocení vícekritériální analýzou. Nejvyšší počet bodů získala dle předpokladu varianta č. 5, která si kladla za cíl eliminovat veškeré nedostatky předchozích variant – jelikož varianta č. 5 získala nejvíce bodů, bude doporučena k realizaci.

8 Závěr

Předmětem této práce bylo navrhnout dispoziční řešení výrobního závodu pro výrobní závod v Bystřici nad Pernštejnem pro firmu SOPO s.r.o. Jelikož v tomto výrobním závodě již probíhá výroba, bylo nutné navrhnout přesun výrobních strojů z původního závodu do nového v Bystřici s minimálním zásahem do současné výroby. Zároveň je nutné splnit omezující podmínky nového závodu.

V úvodu práce byla krátce představena společnost SOPO s.r.o., pro kterou byl návrh zpracován. V první teoretické části práce byla stručně představena teorie problematiky navrhování výrobních systémů, byly rozebrány pojmy výrobního systému, výrobního procesu, jejich rozdíly a členění. Po rozdělení výrobního procesu práce představila možnosti prostorového řešení výrobních systémů v závislosti na výrobě a obecný postup pro projektování výrobního systému. Tyto poznatky bylo nutné získat pro pochopení výrobních systémů a náležitostí navrhování výrobního systému zejména pro analýzu současného stavu závodu a metodiku projektování výrobních závodů.

V druhé rešeršní kapitole práce rozebírá materiálový tok a jeho náležitosti, které jsou stěžejní pro návrh layoutu výrobního závodu a řešení veškerého toku skrz výrobu. Proběhlo seznámení s pojmy řízení materiálového toku a jeho správy – informace zde získané umožnily provedení analýzy materiálového toku a odhalení hlavních problémů jak stávající výroby, tak návrhů layoutu pro nový závod. Současně byly představeny metody pro rozmístění pracovišť ve výrobě, na jejichž základě byly vytvořeny varianty návrhu layoutu pro nový výrobní závod.

Další kapitola této práce se zabývala analýzou současného stavu výroby ve společnosti v novém a původním závodě a jejich porovnáním. Z porovnání obou závodů pak vznikly omezující podmínky, které činí zejména disponibilní plocha nového závodu a zachování současné výroby v novém závodě. Zároveň zde proběhla krátká studie proveditelnosti stěhování výrobních strojů, která spočívala v zhodnocení disponibilních ploch a ploch, které zabírají výrobní stroje, zařízení a jednotlivé sklady

V následující čtvrté kapitole byly vytvořeny jednotlivé varianty layoutu výrobního závodu na základě informací získaných v analýze současného stavu. Na základě toho bylo vypracováno 5 variant layoutu a pro všechny varianty byl navržen materiálový tok pro stěžejní linky S01 – statorová linka 1 a R01 – rotorová linka. Materiálový tok pro tento výrobní závod je specifický v tom, že bylo nutné zachovat současnou výrobu a nenarušit tak její materiálový tok nově přistěhovanými linkami. Zároveň se pro všechny varianty povedlo vyřešit problém s omezenou disponibilní plochou, která je o 177,4 m² menší než v původním závodě. Jednotlivé varianty měly postupnou návaznost ve snaze eliminovat problémy předchozích variant. U každé z variant byly shrnuty její hlavní výhody a nevýhody.

V poslední části byly zhodnoceny jednotlivé varianty. Nejprve byla nastavena kritéria hodnocení pro vícekritériální rozhodování. Kritéria se skládala z nejdůležitějších věcí pro materiálový tok a výrobní závod; jednalo se zejména o vyřešení uzlování materiálového toku, ekologii a přepravní vzdálenost (výkon). Po návrhu kritérií následovalo samotné vícekritériální hodnocení. Nejprve byla vytvořena bodovací tabulka, která objektivně hodnotí jednotlivá kritéria body; ty se pak přiřadí variantám a provede se jejich součet. Díky vícekritériální analýze byla vybrána optimální varianta řešení. Z řady návrhů byla nakonec vybrána varianta č. 5, která byla následně doporučena k realizaci. U této varianty se povedlo splnit veškeré omezující podmínky a zároveň plně vyhověla nastaveným kritériím.

Bylo navrženo dispoziční řešení nového závodu, do kterého bylo nutno přestěhovat výrobní stroje a zařízení z původních prostorů, které byly o 177,4 m² větší než nové prostory. Zároveň byl vytvořen materiálový tok, který plně respektuje jak již probíhající výrobu, tak nově přestěhovanou výrobu, a je v něm minimalizováno křížení materiálových toků, které je nežádoucí. Nově přistěhovaná výroba respektuje i ekologické nároky na části výroby, které tvoří zvýšenou zátěž, a plně vyhovuje ekologickým standardům. Tím se povedlo naplnit veškeré cíle diplomové práce.

9 Seznam použité literatury

- [1] SOPO s.r.o. [online]. [cit. 2022-06-21]. Dostupné z: <https://www.sopo.cz>
- [2] JUROVÁ, Marie. Výrobní procesy řízené logistikou. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.
- [3] ZELENKA, Antonín a Mirko Král Projektování výrobních systémů. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1995. ISBN 80-10-01302-2.
- [4] GROOVER, Mikell P. Automation, production systems, and computer-integrated manufacturing. Fifth edition. Hudson Street, New York: Pearson Education, [2019]. ISBN 978-0-13-460546-3.
- [5] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. Řízení výroby. 2., rozš. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2000. Expert (Grada). ISBN 80-7169-955-1.
- [6] KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [7] ZELENKA, Antonín a Vratislav PRECLÍK. Projektování výrobních procesů II: (obrábění a montáže). Praha: České vysoké učení technické, 1992. ISBN 80-01-00863-0.
- [8] HORVÁTH, Gejza a Josef BASL. Metodika řízení výroby: základy. 1. Plzeň: Západočeská univerzita, 1994. ISBN 80-708-2171-X.
- [9] ZELENKA, Antonín. Projektování výrobních procesů a systémů. Praha: Nakladatelství ČVUT, 2007. ISBN 978-80-01-03912-0.
- [10] SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
- [11] HORVÁTH, G., Logistika výrobních procesů a systémů, Plzeň: ZČU, 2000, ISBN 80-7082-625-8.
- [12] MILLER, Antonín et al. Projektování výrobní základny - teoretická část [CD-ROM]. [Plzeň]: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-30-9.
- [13] PRECLÍK, Vratislav. Průmyslová logistika. v Praze: ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02556-X
- [14] HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systémů: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
- [15] STEPHENS, Matthew P.; MEYERS, Fred E. Manufacturing facilities design and material handling. Purdue University Press, 2013.
- [16] KOPEČEK, Pavel a Miroslav MALAGA. Plánování a řízení výroby a DP. [Plzeň]: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-14-9.
- [17] PAVELKA, Marcel. Studie inovace technologie výroby strojírenských dílů [online]. Akademie productivity a inovací s.r.o. [online]. 2010 [cit. 2022-07-09]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/16205064-Studie-inovace-technologie-vyroby-strojirenskych-dilu.html>

- [18] TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. Výrobní systémy. Zlín: Univerzita Tomáše Bati. ISBN 80-7318-381-1
- [19] HIREGOUDAR, Chandrashekar a B. Raghavendra REDDY. Facility Planning & Layout Design: An Industrial Perspective. First Edition. Pune: Technical Publications Pune, 2007, 354 s. ISBN 81-8431-291-1.
- [20] RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. Brno: VUT Brno, 1991. ISBN 80-214-0385-3.
- [21] FIALA, Petr. Modelování a analýza produkčních systémů. Praha: Professional Publishing, c2002. ISBN 80-86419-19-3.
- [22] TOMPKINS, James A., John A. WHITE, Yavuz A. BOZER a J. M. A. TANCHOCO. Facilities Planning. 4. vydání. Wiley, 2010. ISBN 9781119016076.
- [23] PHILLIPS, Edward J. Manufacturing plant layout: fundamentals and fine points of optimum facility design. Dearborn, Mich.: Society of Manufacturing Engineers, c1997. ISBN 0872634841.
- [24] RYBANSKÝ, Rudolf, Helena VIDOVÁ a Pavol BOŽEK. Výrobná logistika. Bratislava: STU v Bratislave, 2006. ISBN 80-227-2463-7.
- [25] OUDOVÁ, Alena. Logistika: základy logistiky. Vyd. 1. Kralice na Hané: Computer Media, 2013, 104 s. ISBN 978-80-7402-149-7.
- [26] SYNEK, Miloslav a Eva KISLINGEROVÁ. Podniková ekonomika. 5., přeprac. a dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 2010. Beckovy ekonomické učebnice. ISBN 978-80-7400-336-3. 9
- [27] JAKUBÍKOVÁ, Dagmar. 2013. Strategický marketing: strategie a trendy. 2., rozš. vyd. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4670-8
- [28] SLACK, Nigel, Alistair BRANDON-JONES a Robert JOHNSTON. 2013. Operations management [online]. 7th edition. Boston: Pearson [cit. 2018-04-04]
- [29] VANĚČEK, Drahoš a Toušek RADEK. 2017. Řízení dodavatelského řetězce [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Ekonomická fakulta, [cit. 2018-03-30]. ISBN 978-80-7394-644-9. Dostupné z: <http://omp.ef.jcu.cz/index.php/EF/catalog/book/43>
- [30] přednášky z projektování výrobních systémů
- [31] Finanční toky [online]. [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: <http://www.testyzucetnictvi.cz/slovnicek-ucetnich-pojmu.php?pojem=penezni-toky>
- [32] SIXTA, Josef a Václav MAČÁT. Logistika: teorie a praxe. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0573-3.
- [33] URBAN, Wieslaw a Patrycja ROGOWSKA. The Case Study of Bottlenecks Identification for Practical Implementation to the Theory of Constraints. Multidisciplinary Aspects of Production Engineering [online]. 2018, 1(1), 399-405 [cit. 2022-05-27]. ISSN 2545-2827. Dostupné z: [doi:10.2478/mape-2018-0051](https://doi.org/10.2478/mape-2018-0051)

- [34] MÁLEK, Zdeněk a Zdeněk ČUJAN. *Základy logistiky*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2008, 122 s. ISBN 978-80-7318-729-3.
- [35] JUROVÁ, Marie. *Obchodní logistika*. 2. doplněné a přepracované vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s. r. o. Brno, 2006. ISBN 80-214-3128-8
- [36] SALVENDY, Gavriel. *Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management*, 3rd Edition. 3rd edition. Wiley, 2007. ISBN 9780471330578.
- [37] Rozmísťovací metody [online]. Moravská vysoká škola Olomouc, 2021 [cit. 2022-05-30]. Dostupné z: <https://is.mvso.cz/el/mvso/zima2021/XMVYR/243008/layout-1cv.pdf>
- [38] VANĚČEK, Drahoš, Ludvík FRIEBEL a Vladimír ŠTÍPEK. *Operační management*. České Budějovice: Jihočeská univerzita, Ekonomická fakulta, 2010. ISBN 978-80-7394-196-3.
- [39] MACUROVÁ, Pavla a Naděžda KLABUSAYOVÁ. *Praktikum z logistického managementu*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0104-3.
- [40] MUTHER, Richard. *Systematic layout planning*. 2d ed. [rev. and enl.]. Boston: Cahners Books, 1973. ISBN 0843608145.
- [41] BAZALA, Jaroslav a kol. *Logistika v praxi*. Praha: Verlag Dashöfer, 2006. 386 s. ISBN 80-86229-71-8.
- [42] KAVAN, Michal. *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada, 2002, ISBN 80-247-0199-5.
- [43] ROSER, Prof. Dr. Christoph. *Just in Time*. Allaboutlean [online]. [cit. 2022-07-15]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/ship-to-line/>
- [44] ROSER, Prof. Dr. Christoph. *Push a Pull system*. Allaboutlean [online]. [cit. 2022-07-15]. Dostupné z: <https://www.allaboutlean.com/push-pull/>
- [45] BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V., *Modelování a optimalizace podnikových procesů*, Plzeň : Západočeská univerzita, 2002. ISBN 80-7082-936-2.
- [46] MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. *Logistika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2014. ISBN 978-80-248-3791-8.
- [47] PAVELKA, Marcel, 2015. *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání*. Academy of productivity and inovations [online]. [cit. 2022-07-16]. Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25781n-nauctese-videt-a-odstranovat-plytvani>

10 Seznam obrázků

Obr. 1: Výrobní portfolio [1]	11
Obr. 2: Schéma důležitosti výrobního systému [3].....	12
Obr. 3: Rozdělení výrobního systému [4]	13
Obr. 4: Zjednodušené schéma výrobně-montážního systému [3]	14
Obr. 5: Členění výrobního procesu [2].....	15
Obr. 6: P-Q diagram pro jednotlivé druhy výrob [12].....	18
Obr. 7: P-G diagram [3]	19
Obr. 8: P-Q diagram pro prostorové řešení [6].....	20
Obr. 9: Základní tvary pracovišť ve výrobním systému [22]	21
Obr. 10: Volné (Individuální) rozmístění strojů [16]	21
Obr. 11: Materiálový tok v technologickém uspořádání [3].....	22
Obr. 12: Technologické uspořádání výroby [3].....	22
Obr. 13: Předmětné uspořádání výroby [14].....	24
Obr. 14: Modulární uspořádání výroby [21]	25
Obr. 15: Buňkové uspořádání [21].....	26
Obr. 16: Kombinace technologického a předmětného uspořádání [14]	26
Obr. 17: Fáze projektování výrobního systému [22]	27
Obr. 18: Schématické znázornění materiálových toků v podniku [29].....	29
Obr. 19: Schéma bodu rozpojení v dodavatelsko-odběratelském řetězci [24]	32
Obr. 20: Bod rozpojení v dodavatelsko-odběratelském řetězci [24].....	32
Obr. 21: Úzké místo v materiálovém toku [34]	33
Obr. 22: Tlačný systém a tažný systém [44]	34
Obr. 23: KANBAN karta SOPO	35
Obr. 24: Porovnání Just in time a klasické výroby [43].....	36
Obr. 25: Rozmísťovací metody [14]	38
Obr. 26: Souřadnicový systém [37].....	40
Obr. 27: Sankeyův diagram [34]	41
Obr. 28: Sankeyův diagram v metodě CRAFT [37].....	42
Obr. 29: Schéma layoutu [3]	44
Obr. 30: Spaghetti diagram [46]	45
Obr. 31: Výrobní stroje a zařízení v původním závodě k přestěhování.....	47
Obr. 32: Prvotní skica původní závod	48
Obr. 33: 3D model původní výroby s upravenými rozměry	49
Obr. 34: Rozmístění strojů a vyznačení koridorů interní logistiky.....	49
Obr. 35: Schéma materiálového toku pro výrobu statoru	50
Obr. 36: Materiálový tok pro výrobu statorů	51
Obr. 37: Trasa materiálového toku pro výrobu rotorů.....	52
Obr. 38: Materiálový tok pro rotorové linky	52
Obr. 39: Pohled na výrobní závod v Bystřici nad Pernštejnem.....	53
Obr. 40: Layout výrobního závodu "Bystřice".....	54
Obr. 41: Trasa materiálového toku na lince „výroba A“	55
Obr. 42: Materiálový tok „výroba A“	55
Obr. 43: Trasa materiálového toku na lince „výroba B“	56
Obr. 44: Materiálový tok „výroba B“	56
Obr. 45: Disponibilní prostory v původním závodě	57
Obr. 46: Disponibilní výrobní plochy v novém závodě	57

Obr. 47: Porovnání disponibilních výrobních ploch.....	58
Obr. 48: Omezující podmínky závod Bystřice	58
Obr. 49: Studie umístění výrobních strojů.....	59
Obr. 50: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 1)	61
Obr. 51: Materiálový tok statory	62
Obr. 52: Materiálový tok pro výrobu rotorů.....	62
Obr. 53: Materiálový tok pro linky S01 a R01 (varianta 1)	63
Obr. 54: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 2)	65
Obr. 55: Materiálový tok statorových linek.....	65
Obr. 56: Materiálový tok pro rotorové linky	65
Obr. 57: Materiálový tok statorové a rotorové linky (varianta 2)	66
Obr. 58: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 3)	68
Obr. 59: Materiálový tok statorové linky.....	69
Obr. 60: Materiálový tok rotorové linky	69
Obr. 61: Materiálový tok statorových a rotorových linek (varianta 3).....	69
Obr. 62: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 4)	71
Obr. 63: Materiálový tok statorové linky.....	72
Obr. 64: Materiálový tok výroby rotorů	72
Obr. 65: Materiálový tok pro statorové a rotorové linky (varianta 4).....	72
Obr. 66: Layout s rozložením linek pro nový závod (varianta 5)	74
Obr. 67: Materiálový tok statorových linek.....	75
Obr. 68: Materiálový tok výroby rotorů	75
Obr. 69: Materiálový tok pro statorové a rotorové linky (varianta 5).....	75
Obr. 70: Kritéria pro vícekritériální analýzu.....	78

11 Seznam tabulek

Tab. 1: Šachovnicová tabulka [34]	39
Tab. 2: Tabulka pořadí hmotných vazeb na základě Tab. 1 [5]	39
Tab. 3: Tabulka pro metodu těžiště [38].....	43
Tab. 4: Přepavní výkon (varianta 1).....	63
Tab. 5: Výhody a nevýhody (varianta 1)	64
Tab. 6: Přepavní výkon (varianta 2).....	67
Tab. 7: Výhody a nevýhody (varianta 2)	67
Tab. 8: Přepavní výkon (varianta 3).....	70
Tab. 9: Výhody a nevýhody (varianta 3)	70
Tab. 10: Přepavní výkon (varianta 4).....	73
Tab. 11: Výhody a nevýhody (varianta 4)	73
Tab. 12: Přepavní výkon (varianta 5).....	76
Tab. 13: Výhody a nevýhody (varianta 5)	76
Tab. 14: Obodovaná kritéria pro vícekritériální hodnocení.....	79
Tab. 15: Tabulka s výsledky a konečným pořadím variant	80