

Návrh layoutu v připravované výrobní hale firmy na výrobu senzorů

Bc. Tomáš Říha

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Tomáš Říha
Osobní číslo:	M210238
Studijní program:	N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Návrh layoutu v připravované výrobní hale firmy na výrobu senzorů

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši z oblasti štihlé výroby se zaměřením na layout nové výrobní haly a formulujte teoretická východiska pro zpracování praktické části diplomové práce.

II. Praktická část

- Vyhodnoťte současný stav pracovišť ve výrobní hale.
- Na základě požadavků vypracujte návrh nové výrobní haly.
- Zhodnoťte vypracovaný návrh.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- DELGADO, Sobrino a Daynier Rolando. *Material flow and layout: an integrative analysis*. Plzeň: Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2016, 93 s. ISBN 978-80-7380-600-2.
- HÄNGGI, Roman, André FIMPE a Roland SIEGENTHALER. *LEAN Production: einfach und umfassend*. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2021, 222 s. ISBN 978-3-662-62701-3.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.
- KOETHER, Reinhard a Klaus-Jürgen MEIER. *Lean Production für die variantenreiche Einzelfertigung: Flexibilität wird zum neuen Standard*. 2. Auflage. Wien: Springer-Verlag, 2020, 279 s. ISBN 978-3-658-30947-3.
- SCHNEIDER, Markus. *Lean Factory Design: Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik*. 2. Auflage. München: Carl Hanser Verlag, 2021, 410 s. ISBN 978-3-446-46729-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Denisa Hrušecká, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2023**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2023

**PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen přípouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: Tomáš Říha

podpisí diplomanta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na návrh layoutu v připravované výrobní hale s cílem efektivního materiálového toku. Dílčím cílem je oddělení velkoobjemových výrobních procesů od zákaznický specifických. Teoretická část objasňuje pojmy jako plánování továrny, plánování layoutu a efektivní rozložení materiálového toku. Praktická část v úvodu představuje společnost, výrobní systém, analyzuje výrobní prostory a pomocí digitálního dvojčete zjišťuje souvislosti toku materiálu. Zde jsou definovány základní příčiny neefektivity. V závěru je formulován konkrétní návrh hrubého layoutu nových výrobních prostor, splňující krátký materiálový tok mezi procesy. Zákaznické procesy jsou zcela odděleny od velkoobjemových. Tento návrh přinese snížení plýtvání, povede k efektivnímu využití pracovního času a k vyšší produktivitě.

Klíčová slova: plánování továrny, layout, materiálový tok, digitální továrna, Sankey diagram

ABSTRACT

The thesis focuses on the design of the layout in the upcoming production hall with the aim of efficient material flow. A sub-objective is to separate high-volume production processes from customer-specific ones. The theoretical part explains concepts such as factory planning, layout planning and efficient material flow distribution. The practical part introduces the company, the production system, analyses the production area and uses a digital twin to find out the material flow context. Here the root causes of inefficiencies are defined. Finally, a concrete design of a rough layout of the new production space is formulated, satisfying the short material flow between processes. Customer processes are completely separated from high-volume processes. This design will result in a reduction of waste, lead to an efficient use of working time and higher productivity.

Keywords: factory planning, layout, material flow, digital factory, Sankey diagram

Velice rád bych chtěl poděkovat své vedoucí práce, Ing. Denise Hruškové Ph.D., za věnovaný čas, za odborné vedení, cenné rady a zkušený pohled na mou diplomovou práci.

Velký díky patří společnosti Innovative Sensor Technology s.r.o., za poskytnutí podpory při studiu a možnosti zabývat se tématem této diplomové práce.

Poděkování putuje také do německé společnosti Plavis GmbH za poskytnutí softwaru pro plánování továrny visTABLE. Bez této podpory by má práce nebyla možná.

V neposlední řadě patří obrovské poděkování mé celé rodině, hlavně pak mé ženě, která mi po celou dobu studia poskytovala důvěru, trpělivost a podporu.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

„An expert is not someone who gives you the answer, it is someone who asks you the right question.“

Eliyahu M. Goldratt

OBSAH

ÚVOD	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 PLÁNOVÁNÍ TOVÁRNY	14
1.1 TOVÁRNA.....	14
1.2 CÍLE PLÁNOVÁNÍ TOVÁRNY.....	15
1.3 PLÁNOVÁNÍ DISPOZIC.....	16
2 PLÁNOVÁNÍ LAYOUTU	17
2.1 LAYOUT.....	17
2.1.1 Definice.....	17
2.1.2 Cíle návržení layoutu.....	17
2.1.3 Štíhlé plánování layoutu.....	18
2.1.4 Postup plánování layoutu.....	19
2.1.5 Rozmístění pomocných ploch výroby.....	22
2.2 DIGITÁLNÍ TOVÁRNA.....	23
2.2.1 CAD.....	24
2.2.2 Software pro plánování továrny.....	24
2.2.3 Virtuální Realita.....	25
2.2.4 Simulace.....	26
2.2.5 Srovnání visTABLE s Technomatix Plant simulation.....	26
2.2.6 Digitální dvojče.....	27
2.3 MATERIÁLOVÝ TOK.....	27
2.3.1 Definice.....	27
2.3.2 Analýza materiálového toku.....	28
2.3.3 Požadavky na materiálový tok.....	29
2.3.4 Cíl plánování materiálového toku.....	30
2.4 METODY PROSTOROVÉHO ROZMÍSTĚNÍ.....	30
2.4.1 Analytické metody.....	30
2.4.2 Metoda CRAFT.....	32
2.4.3 Metoda S.L.P.....	32
2.4.4 D-I-Diagram.....	32
3 VÝROBNÍ SYSTÉM	33
3.1 ČLENĚNÍ VÝROBNÍHO PROCESU.....	33
3.1.1 Podle typu.....	33
3.1.2 Podle formy organizace.....	33
3.1.3 Způsoby rozmístění pracovišť.....	34
3.2 PLÁNOVÁNÍ VÝROBY.....	35
3.2.1 Push typ.....	35
3.2.2 Pull typ.....	35

3.3	VÝROBNÍ PROGRAM	36
3.5	MATERIÁLY VE VÝROBĚ.....	36
4	ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	37
4.1	DEFINICE.....	37
4.3	KOŘENY ŠTÍHLÉ VÝROBY	38
4.4	PLÝTVÁNÍ.....	39
5	PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	41
5.1	ŘÍZENÍ PROJEKTU	41
5.2	LOGICKÝ RÁMEC	41
5.3	ANALÝZA RIZIK.....	42
II	PRAKTICKÁ ČÁST.....	43
6	PŘEDSTAVENÍ PODNIKU	44
6.2	IST ROŽNOV	46
6.3	VÝROBNÍ PROGRAM IST AG	46
6.4	TEPLOTNÍ SENZOR	47
7	ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU	50
7.1	VÝROBNÍ SYSTÉM.....	50
7.1.1	Rozmístění pracovišť ve výrobě	50
7.1.2	Typy výrobních procesů.....	50
7.1.3	Typ výroby	51
7.1.4	Plánování výroby	51
7.1.5	Materiály ve výrobě	51
7.2	ANALÝZA VÝROBNÍCH PROSTOR	52
7.2.1	Vizualizace výrobních ploch.....	53
7.2.2	Bilance výrobních ploch	54
7.3	ANALÝZA MATERIÁLOVÉHO TOKU	56
7.3.1	Procesní kroky.....	56
7.3.2	Procesní časy	57
7.3.3	Objem výroby.....	57
7.3.4	Zpracování dat VisTABLE®logix	58
7.4	VYHODNOCENÍ MATERIÁLOVÉHO TOKU	60
7.4.1	Vizualizace materiálového toku.....	60
7.4.2	Vyhodnocení zjištěných skutečností	62
7.4.3	Zatížení transportní sítě.....	65
7.4.4	D-I-Diagram.....	67
8	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	69
9	CHARAKTERISTIKA PROJEKTU	71
9.1	INFORMACE A CÍLE PROJEKTU	71

9.2	LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU	72
9.3	HARMONOGRAM	72
9.4	ANALÝZA RIZIK.....	73
10	NAVRHOVANÉ KONCEPTY	75
10.1	NOVÁ BUDOVA.....	75
10.2	1. NP – VÝROBA	76
10.3	KRITÉRIA LAYOUTU	77
10.4	NÁVRHY KONCEPTŮ LAYOUTU	78
10.4.1	Koncept 1	78
10.4.2	Koncept 2	81
10.4.3	Koncept 3	84
10.5	POROVNÁNÍ KONCEPTŮ	87
10.6	SROVNÁNÍ KONCEPTU 3 S AKTUÁLNÍM STAVEM VÝROBY V BUDOVĚ M2	87
10.7	POROVNÁNÍ DIAGRAMU VZDÁLENOSTÍ A INTENZIT	88
11	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU.....	90
12	NÁVRHY PRO BUDOUCÍ PROJEKTY	92
	ZÁVĚR	93
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	95
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	99
	SEZNAM OBRÁZKŮ	100
	SEZNAM TABULEK.....	102
	SEZNAM PŘÍLOH.....	103

ÚVOD

Procházíme dobou, která přináší enormní tlak na rozhodování společností. Od roky trvajících růstu k nejistotě posledních dvou let. Existují společnosti, které těží z aktuální situace, a společnosti, jejichž dodavatelsko-odběratelský řetězec se zadrhl. V tuto dobu je důležité zaměřit se na principy štihlé výroby, kvalitu poskytovaných služeb, rozvoj zaměstnanců a být tak do budoucna připraven plnit ty nejnáročnější požadavky zákazníků.

Tím se řídí společnost Innovative Sensor Technology, světový dodavatel širokého portfolia senzorů. IST se zaměřuje nejen na výrobu a prodeje senzorů, ale především na vývoj zákaznický specifických požadavků. Je tak často u zrodu nových technologií, které jsou v dnešní digitalizované době na vzestupu.

Proto, aby i nadále mohla společnost poskytovat kvalitní výrobky a služby, je zapotřebí mít odpovídající zázemí a možnosti růstu. Ty však dosahují v aktuální budově rožnovského závodu svého limitu. Společnost IST se tak v roce 2021 se svým vlastníkem, koncernem Endress+Hauser, rozhodla postavit budovu vlastní, odpovídající dlouhodobé strategii společnosti.

Hlavním cílem této diplomové práce bude návrh layoutu výroby v nové budově, zaměřený na materiálový tok.

Dílním cílem a přáním vedení společnosti bude rozdělení výrobní haly na výrobu pro velkoobjemové zákazníky, zaměřenou na principy štihlé výroby a na výrobu zákaznický specifickou, zaměřenou na individuální požadavky zákazníka.

Tento layout bude sloužit jako podklad pro projekční společnost plánující základní rozmístění přípojek médií ve výrobě a také později jako podklad pro interní týmy zaměřené na detailní layouty jednotlivých pracovišť.

V závislosti na cíli práce je v rámci její teoretické části, jež je zaměřena na rešerše, potřeba rozpracovat téma plánování továrny, plánování layoutu, s ním spojené minimalizace materiálových toků, jednoho z velkých druhů plýtvání.

V první polovině praktické části je provedena analýza stávajícího stavu a zaměříme se na výrobní systém, aktuální rozložení výrobních ploch společnosti a z nich vyplývající nedostatky. V druhé polovině se budeme věnovat projektové části zaměřené na koncepty layoutů. Jednotlivé koncepty budou vycházet ze zadaných kritérií a cílů projektu.

V závěru porovnáme nejlépe vyhodnocenou variantu konceptu s aktuálním stavem a zhodnotíme analyzované výsledky.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cíle

- Hlavním cílem diplomové práce je návrh layoutu v připravované výrobní hale, tak aby došlo ke zkrácení materiálového toku o 30 %.
- Rozdělení výrobní haly na výrobu pro velkoobjemové zákazníky, zaměřenou na principy štíhlé výroby, a výrobu zákaznický specifickou, zaměřenou na individuální požadavky zákazníka.

Metody

V analytické části byly použity tyto metody:

- Sběr dat – data potřebná pro analytickou část byla získána z firemních informačních systémů, nebo osobními náměry přímo ve výrobě.
- Pozorování – další z metod představovalo pozorování pracovníků přímo ve výrobě. Získaná data vedla k ověření dat o materiálovém toku.
- Rozhovory – jedna z nejdůležitějších metod pro získávání informací zaměstnanců ohledně návrhu konceptů v nové budově.
- Analýza materiálového toku – analýza byla provedena v programu pro plánování továrny visTABLE.
- Sankey diagram – Program visTABLE dokáže zadaná data vizualizovat v podobě Sankey diagramu.
- Metody prostorového rozmístění – Metoda CRAFT, S.L.P. a trojúhelníková jsou součástí programu visTABLE.
- D-I-Diagram – diagram intenzit a vzdáleností, dokáže v grafu zobrazit materiálové toky, které můžeme následně zefektivnit.

V projektové části byly použity tyto metody:

- Ripran – metoda určená pro analýzu projektových rizik.
- Logický rámec – metoda, která nám pomáhá s určením základních parametrů projektu.

A taktéž analýza materiálového toku, Sankey diagram, metody prostorového rozmístění a D-I-Diagram.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PLÁNOVÁNÍ TOVÁRNY

Podle Schneidera (2021) je plánování továrny nejvyšší inženýrská disciplína, jsou zde definovány struktury, které mají rozhodující vliv na efektivitu výrobního systému na léta, většinou i desetiletí. Pozdější přizpůsobení daných struktur nebo dispozic již obvykle není možné nebo je spojeno se značnými náklady. Plánování na zelené louce je obvykle možné pouze jednou za několik let, tyto vzácné příležitosti nabízejí jedinečné výzvy, jak fyzicky uspořádat továrnu orientovanou na štíhlou výrobu.

Plánování továrny je systematické, na cíl a proces orientované, strukturované do fází, které na sebe navazují, a prováděné pomocí teorií, modelů, metod a nástrojů pro návrh a provoz továrny, od představy o všech fázích plánování a strukturách životního cyklu továrny (vývoj, výstavba, uvedení do provozu, provoz, demontáž) včetně budovy továrny. Plánování továrny zahrnuje trvalé přizpůsobování se změnám v plánování továrny a výrobních operací. (Schenk a kol., 2014)

Podle Brachta a kol. (2011) je úkolem plánování továrny vytvářet předpoklady pro plnění provozních cílů i sociálních a ekonomických funkcí továrny. To znamená, že plánování závodu musí umožnit, aby výrobní proces probíhal technicky bezchybně a hospodárně s dobrými pracovními podmínkami pro zaměstnance.

Podle Schneidera (2021) je důležité rozlišovat mezi dvěma souvisejícími, ale ne identickými pojmy:

- plánování továrny.
- plánování layoutu, tedy uspořádání.

1.1 Továrna

Továrna je definována jako místo, kde je přidávána hodnota při výrobě průmyslového zboží, prostřednictvím dělby práce, pomocí výrobních faktorů. (Schäfer, 2019)

Jedná se o prostorově uzavřený výrobní areál s definovanými výrobními úkoly na jednom místě. Továrna může mít několik budov. Kromě toho existují vnitřní transportní sítě, venkovní transportní sítě a napojení na závod - externí infrastruktura. Termíny továrna a závod jsou někdy v literatuře používány jako synonyma. (Schäfer, 2019)

Tovární systém představuje podstatnou část hodnotového řetězce a je určen výrobním procesem a pro něj potřebnými výrobními a montážními systémy. Čistě technická úvaha o továrním systému slouží ke klasifikaci součástí továrny. Továrna je především místem inovativní a kreativní tvorby hodnot, kterou plánují a provozují lidé. (Schenk a kol., 2014)

1.2 Cíle plánování továrny

Přestože se cíle a úkoly jednotlivých plánovacích skupin mohou od sebe lišit, podle Grundig (2018) existují tři hlavní cíle v plánování závodu, které by měly být vždy splněny bez ohledu na příslušnou specifikaci plánování:

Udržitelnost vysoké ziskovosti továrny: Při výrobě produktů je třeba dbát na to, aby to bylo prováděno kvalitativně vhodným způsobem s co nejkratšími dobami výroby a rozsáhlým zamezením plýtvání nebo činností, které nepřinášejí přidanou hodnotu. Dále by měl být zaručen logisticky vhodný tok materiálů a výroby a také co nejlepší využití všech kapacit.

Zachování vysoké flexibility a adaptability továrny: Všechny technické, infrastrukturní, ekonomické, sociální struktury a zařízení jsou přizpůsobitelné s ohledem na vnější i vnitřní prostředí.

Udržet vysokou atraktivitu továrny: Vhodnými opatřeními (např. motivující sociální podmínky, plnění ekologických a ekonomických kritérií) by závod měl zůstat vždy atraktivní pro zaměstnance, ale i pro akcionáře a zainteresované strany. (Grundig, 2018)

Cílem plánování továrny je vytvořit továrnu, která na jedné straně slouží k optimálnímu plnění provozních cílů, ale na druhé straně musí plnit i určité sociální a ekonomické funkce. (Schneider, 2021)

Plánování uspořádání závodu sleduje různé cíle, které jsou odvozeny od hlavních cílů plánování závodu. Ty jsou v souladu se strategickými cíli společnosti. (Grundig, 2018)

Schenk zmiňuje, že vzhledem k neustále se měnícím rámcovým podmínkám, jako je rostoucí konkurence v důsledku globalizace, kratší životní cykly výrobků s větší rozmanitostí variant, vyšší požadavky na bezpečnost a spolehlivost nebo rostoucí individualizace požadavků zákazníků, je důležité rozšířit a uspokojit nové cíle. Tato rozšířená škála cílů sahá od ochrany životního prostředí, inovací, spokojenosti zákazníků, designu hodnotového toku, udržitelnosti, až po zvýšení přizpůsobivosti továrny. Především význam adaptability továrny je stále důležitější, pro schopnost zůstat konkurenceschopný ve střednědobém a dlouhodobém horizontu. (Schenk a kol., 2014)

Podle Schäfera (2019) lze cíle továrního plánování rozdělit do čtyř úrovní:

- Cíle továrny.
- Cíle budovy.
- Cíle úseku.

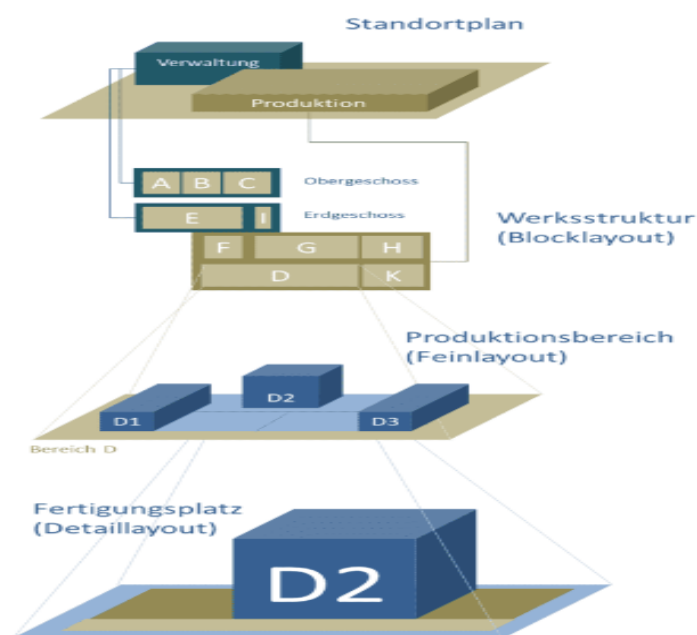
- Cíle pracoviště.

Cíle továrního plánování jsou velmi různorodé a nelze je jednoznačně vyjmenovat. Mimo jiné mezi ně patří: flexibilita, adaptabilita, kvalita produktu a procesu, rychlost a hospodárnost. (Schäfer, 2019)

1.3 Plánování dispozic

Dispoziční plánování je obecně chápáno jako součást plánování stavby a v této souvislosti plní úkol převést výsledky předchozích plánovacích fází (např. stanovení plochy, dimenzování atd.) do reálného referenčního schématu. (Pawellek, 2014)

Jak vidíme na obrázku 1, plánování uspořádání továrny probíhá od hrubého k jemnému detailnímu plánování. Nejdříve zmapujeme výrobní areál, poté rozdělíme tovární objekty na bloky, jednotlivé bloky rozčleníme na objekty pro jemné plánování. Poslední krok je detailní plánování. Finální dispozice pak vede k podrobnému plánu, který slouží k realizaci v továrně a ukazuje budoucí rozmístění veškerých zařízení. (Weber, © 2023)



Obrázek 1 Hierarchie továrního modelu (Weber, © 2023)

2 PLÁNOVÁNÍ LAYOUTU

Plánování layoutu je dílčím úkolem plánování továrny. (Schenk a kol., 2014)

2.1 Layout

Zahrnuje grafické znázornění prostorového uspořádání provozně funkčních a konstrukčních celků (výrobní a montážní pracoviště, sklady, další výrobní prostory atd.). (Schenk a kol., 2014)

2.1.1 Definice

„Layout“ je jednoduchý termín, který musí sdělovat komplexní výsledky mnoha měsíců sběru a analýzy dat. Uspořádání je jen tak dobré, jak dobrá jsou data, na kterých je zálohováno. Uspořádání je vizuální prezentací dat a následnou analýzou plánovačem zařízení. Kombinace přesnosti a důvěryhodnosti dat a logické analýzy informací může vést k dobrému uspořádání. Často špatná nebo neúplná data nebo špatný úsudek ze strany plánovače nebo kombinace obou faktorů mohou vést k méně než žádoucím výsledkům. (Maynard a Zandin, 2001)

2.1.2 Cíle navržení layoutu

Hlavním cílem dispozičního plánování layoutu je učinit výrobní proces hospodárným a bezporuchovým správným uspořádáním konstrukčních celků (např. výrobních procesů nebo úseků) a jejich spojovacích prvků (např. dopravních cest). (Schneider, 2021)

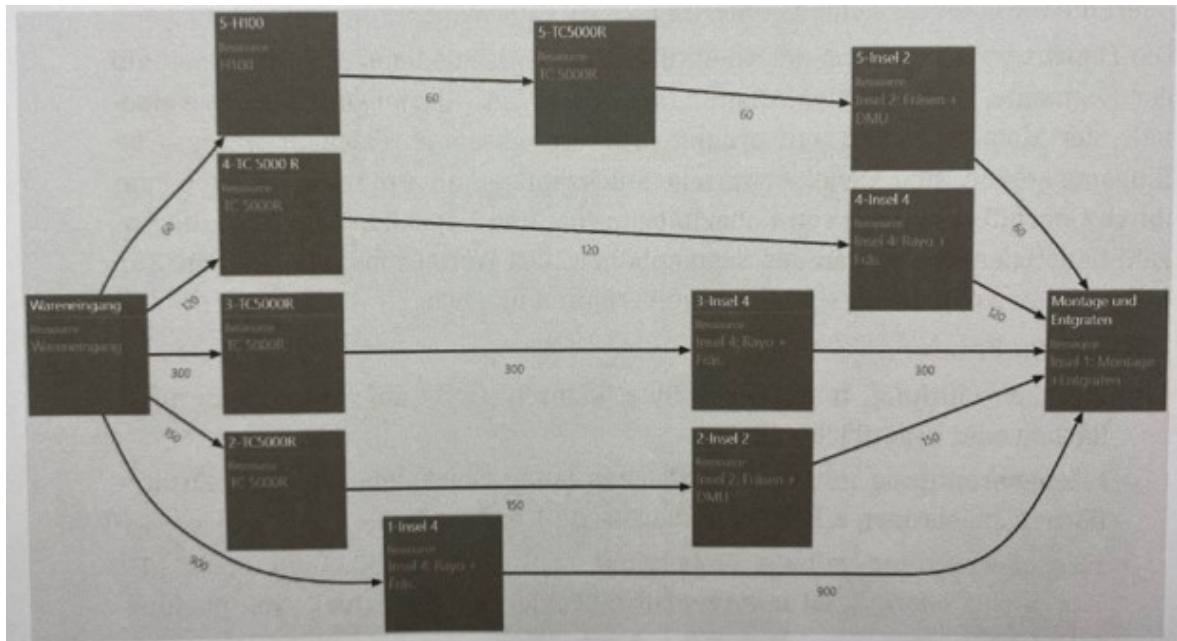
Typické dílčí cíle jsou:

- Sledování moderních výrobních principů orientovaných na tok.
- Uspořádání ploch a strojů orientované na materiálový tok.
- Rozšiřitelnost a proměnlivost.
- Logisticky výhodné přepravní trasy.
- Dobré využití prostoru a zbývajícího prostoru.
- Ergonomie a dostupnost systémů a pracovišť (např. obsluha více strojů současně).
- Jasnost a průhlednost toku materiálu. (Schneider, 2021)

Pro plánování layoutu továrny platí zejména následující:

- Než naplánujeme layout, plánujeme nejdříve procesy a hodnotové toky.
- Plánujeme co nejvíce decentralizovaně, a tak centralizovaně, jak je to nutné! Podle štíhlé filozofie decentralizace vytváří menší, agilnější a flexibilnější pracovní

jednotky. Čím blíže jsou všechny složky hodnotového toku u sebe, včetně podpůrných funkcí, tím efektivněji působí. Uspořádání orientované na materiálový tok je základem nízkého plýtvání. (Schneider, 2021)



Obrázek 2 Analýza materiálových toků v software visTABLE (Schneider, 2021)

Na obrázku 2 Schneider (2021) ukazuje příklad analýzy materiálového toku v softwaru visTABLE. Takto připravená data slouží jako podklad k dalšímu projektování v programu visTABLE. Čísla mezi procesy (zdroji) ukazují intenzity materiálových toků.

2.1.3 Štíhlé plánování layoutu

Výše uvedená slova Schneidera (2021) potvrzuje Košturiak a Frolík (2006), kteří uvádějí, že nesprávně navržený layout vede v mnoha podnicích k největším ztrátám. Podniky, které rychle bez většího plánování rostly a nestačily se zabývat podstatou štíhlého layoutu, se často potýkají s dlouhými materiálovými toky, nadbytečnými činnostmi, nepřehlednými procesy. Cestou nápravy je zaměřit se na štíhlý layout a výrobní buňky. Uspoříme plochu pro novou výrobu, eliminujeme skladovací plochy, snížíme objem zásob a zvýšíme přehled.

Parametry štíhlého layoutu podle Košturiaka a Frolíka (2006) jsou:

- Přímý materiálový tok směrem k montážní lince a expedici.
- Minimalizace přepravních vzdáleností mezi operacemi.
- Minimální plochy na zásobníky a mezisklady.
- Dodavatelé co nejbliže k zákazníkům (přes uličku).

- Přímočaré a krátké trasy.
- Minimální průběžné časy.
- Sklady v místě spotřeby, vizuální kontrola počtu dílů v přepravce nebo na skladovací ploše.
- Odstranění dvojnásobné manipulace.
- FIFO a tahový systém, kanban, DBR.
- Buňkové uspořádání, segmentace a spine layout.
- Flexibilita s ohledem na variabilitu produktů, výrobní množství a změny výrobního layoutu.
- Nízké náklady na instalaci.

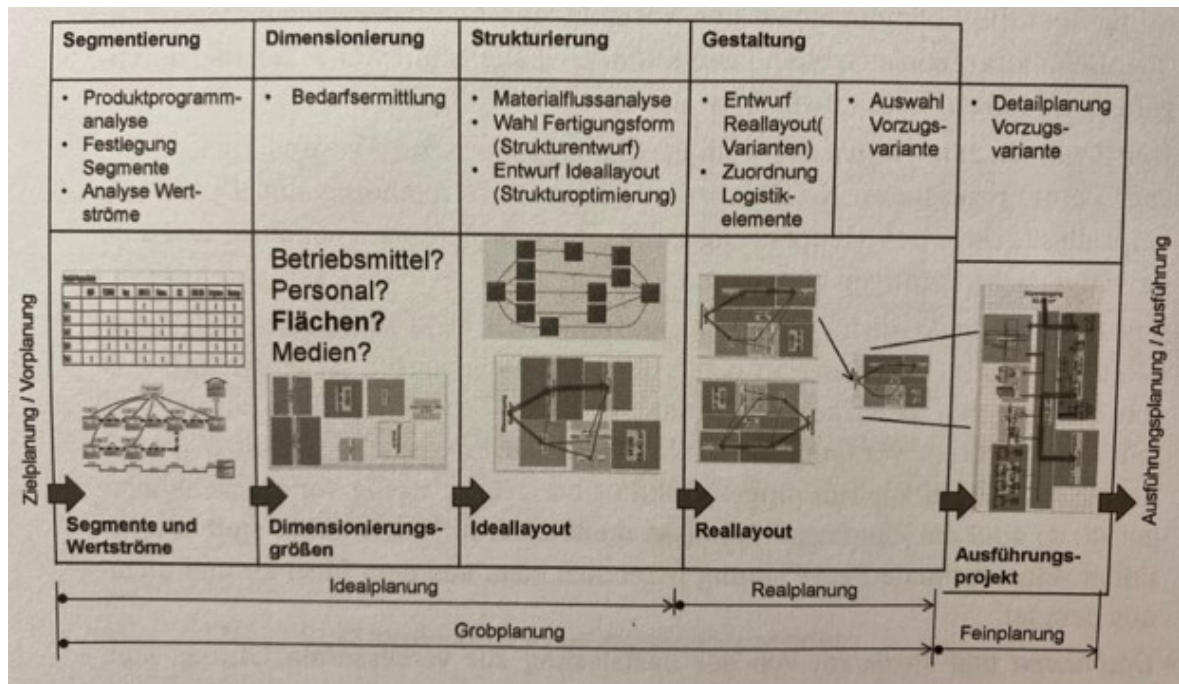
Fáze plánování layoutu podle Schneidera

Schneider (2021) uvádí, jak standardně postupovat při návrhu layoutu. Z jeho pohledu existuje v plánování velká míra volnosti s nekonečným počtem řešení. V postupu však pomáhá držet se určitých vodítek. Ta jsou:

- Protiproudý proces shora dolů a zdola nahoru – je dobré postupovat od celku k detailu a poté zpět k celku.
- Zevnitř ven – jedná se o zpětné myšlení z pohledu zákazníka. Například velikost přepravek přizpůsobit na základě zákaznických požadavků.
- Od centrálního k perifernímu – nejdříve dimenzovat hlavní procesy, až poté vedlejší.
- Optimalizace a variace – vzhledem k vysoké míře volnosti v plánování je vhodné plánovat vždy ve variantách a ty pak v krátkých cyklech vylepšovat.

2.1.4 Postup plánování layoutu

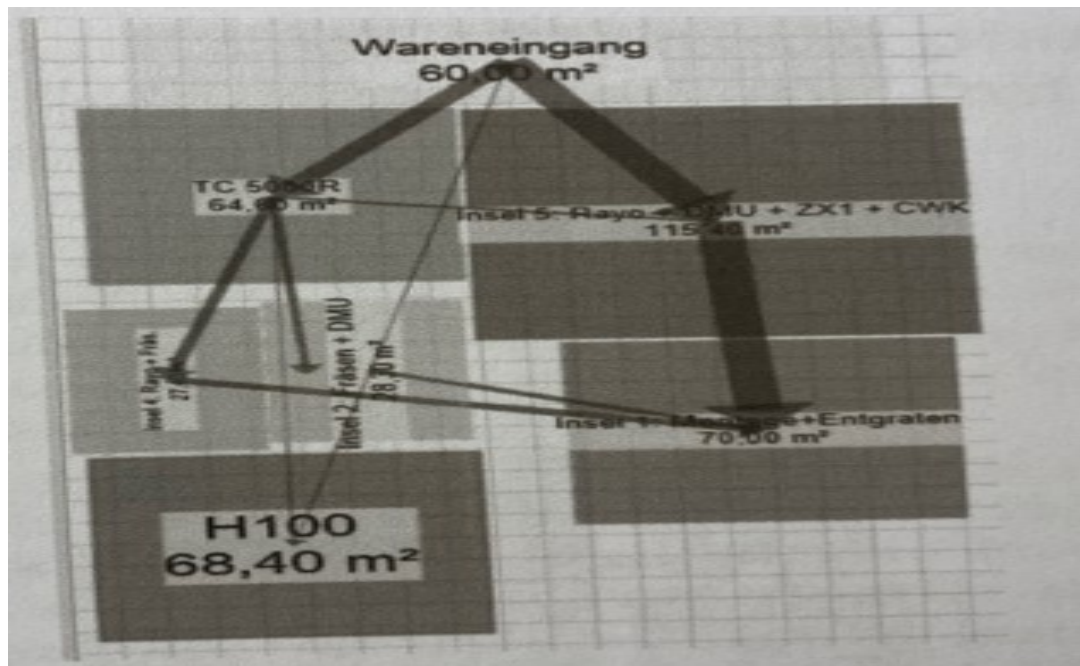
Jak lze vidět na obrázku 3, začíná postup plánování zleva segmentováním čili definováním skupin produktů, které procházejí jednotlivými segmenty neboli zdroji. V segmentaci je cílem učinit složitost továrny zvládnutelnou jejím rozdělením do segmentů. (Schneider, 2021)



Obrázek 3 Štíhlé plánování layoutu (Schneider, 2021)

Druhým z kroků je dimenzování čili posouzení potřeb zdrojů, personálu, celkových ploch a médií. Základní vstupní proměnné představují očekávaná množství a výrobní časy, aby bylo možné určit počet zdrojů požadovaných pro segment nebo hodnotový tok porovnáním dostupné kapacity a poptávky po kapacitě. (Schneider, 2021)

Na konci dimenzování je celková plocha požadované továrny včetně bloků ploch jednotlivých prvků. Aby bylo dosaženo ideálního rozmístění, musí být jednotlivé prvky umístěny ve vztahu. To se provádí strukturováním na základě analýzy materiálového toku. V rámci analýzy materiálových toků jsou zkoumány vztahy mezi zdroji (procesy). Ty jsou rozděleny dle hodnotových toků a opatřeny očekávanými dopravními intenzitami (počet transportů) viz obrázek 2. Platí zde Paretův princip. Přesnost 80 % je zcela dostačující. Přesnější plánování intenzit materiálových toků není možné kvůli četným nejistotám a obvykle nevylepší výsledek plánování. (Schneider, 2021)



Obrázek 4 Ideální rozmístění layoutu, intenzita materiálového toku (Schneider, 2021)

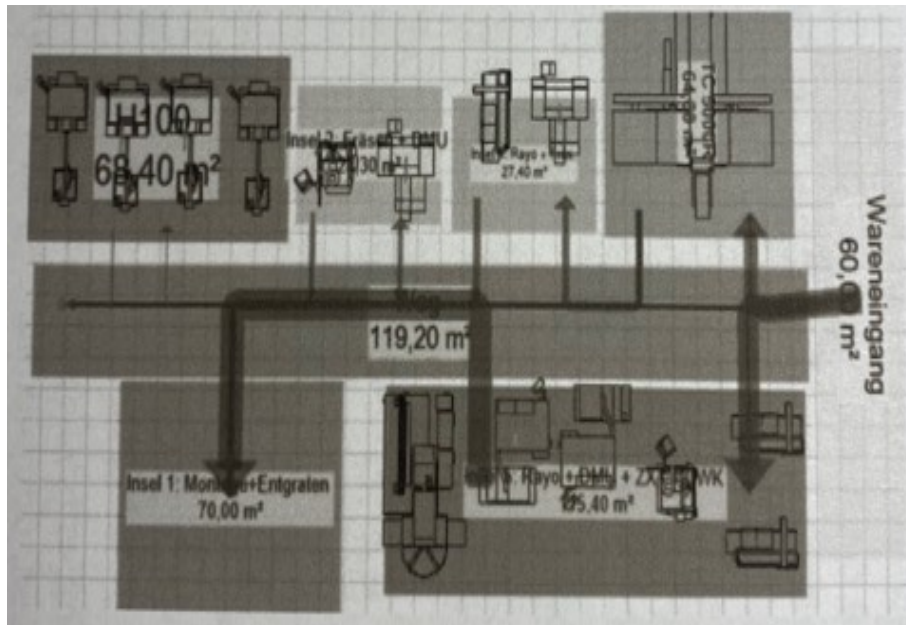
Třetím v pořadí je strukturování, kde se na základě výsledků analýzy materiálového toku nejprve seřadí dvojice bloků s největší intenzitou dopravy. V následujících krocích jsou pak bloky s vysokou dopravní intenzitou umístěny centrálně k již uspořádaným dvou blokům. Bloky s nižší intenzitou jsou tak umísťovány okolo bloků s vyšší intenzitou (Schneider, 2021)

Ideální dispozice vyplývající ze strukturování je zpočátku z velké části bez jakýchkoliv omezení, aby byla umožněna maximální kreativita (obrázek 4). V následné fázi návrhu jsou postupně zaváděna omezení. Následuje přizpůsobení ideální dispozice s přihlédnutím k adaptačním faktorům a principům materiálového toku reálným povrchovým a prostorovým strukturám navržením různých variant řešení. Dále se nejpozději nyní provádí přiřazení logistických prvků (dopravní a skladovací pomůcky) k vazbě materiálového toku v reálných plošných a prostorových strukturách. Skutečné reálné uspořádání je vždy kompromisem, což znamená, že jsou nutné varianty. Po vyhodnocení variant řešení dochází ke konečné fázi, tedy k výběru a podrobnému plánování preferované varianty. (Schneider, 2021)

Podle VisTABLE (© 2023) se ideální uspořádání používá pro první hrubé strukturování továrny. Berou se v úvahu následující aspekty:

- požadavky na plochu nebo prostor.
- vztahy materiálových toků.
- organizační aspekty.

Záměrně ignoruje místní podmínky, jako je stávající struktura budovy včetně sítě dopravních cest, a zobrazuje značně zjednodušený ideální layout. V ideálním layoutu je kladen důraz na produkčně orientovaný design, s upřednostněním prostoru, a především nejkratších přepravních tras.



Obrázek 5 Detailní layout (Schneider, 2021)

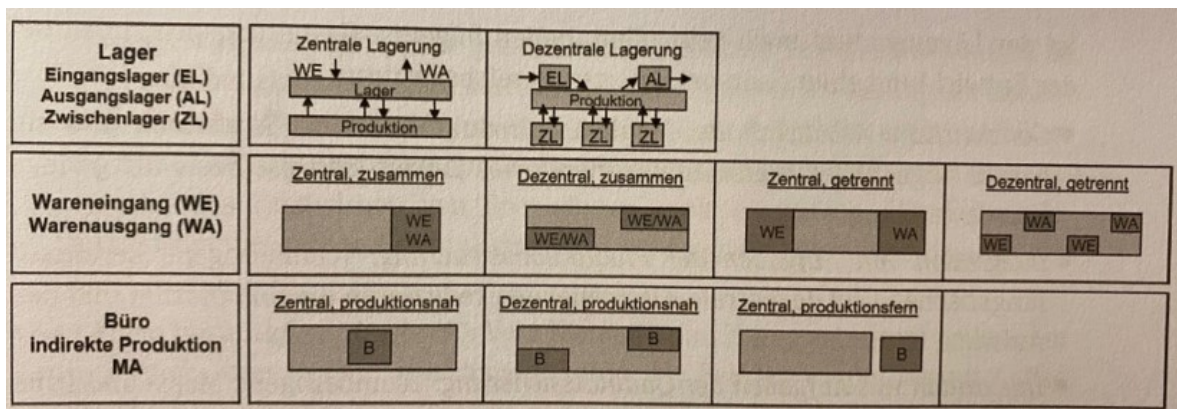
Konečnou fází plánování dispozice je pak detailní plánování vybrané varianty. Zde se plánovací objekty mění z předchozího blokového uspořádání na skutečné objekty, jako jsou stroje, systémy a pracoviště. Cílem detailního plánování je především jemné uspořádání pracovišť s ohledem na bezpečné vzdálenosti, ergonomický a ekonomický design pracoviště a použití materiálů. Dalším cílem je detailní uspořádání dopravní a skladovací techniky včetně rozměrového zařazení (výšky zdvihu a stohování), šířky přepravních tras, skladovacích ploch a také uložení materiálů. Při plánování bychom měli brát v úvahu zásady návrhu, pokyny pro tok hodnot a pravidla plánování. Nezapomenout na vizualizaci výsledků plánování ve formě layoutu a Sankey diagramů. (Schneider, 2021)

2.1.5 Rozmístění pomocných ploch výroby

Schneider (2021) dále ukazuje na obrázku 6, jakým způsobem je možné uspořádat sklady, příjem a výdej zboží, nepřímé produkční prostory jako kanceláře.

Pro ostatní možnosti skladování a nepřímé oblasti související s výrobou platí následující zásada: Co nejvíce decentralizovaně, a tak centralizovaně, jak je to nutné! Podle štíhlé filozofie decentralizace vytváří menší, agilnější a flexibilnější jednotky. Čím blíže jsou

všechny složky hodnotového toku, včetně podpůrných funkcí, u sebe, tím efektivněji působí. (Schneider, 2021)



Obrázek 6 Uspořádání skladů (Schneider, 2021)

2.2 Digitální továrna

Při praktické aplikaci digitální továrny se obvykle používají různé metody a nástroje v kombinacích specifických pro průmysl, z nichž každá má své vlastní speciální požadavky.

Digitální továrna je obecný termín pro komplexní síť digitálních modelů, metod a nástrojů, jako jsou simulace, trojrozměrná vizualizace a propojení s virtuální realitou, které jsou integrovány prostřednictvím komplexní správy dat. Cílem digitální továrny je holistické plánování a hodnocení, stejně jako neustálé zlepšování všech podstatných struktur, procesů a zdrojů skutečné továrny v souvislosti s vyráběným produktem. (IPH, © 2023)

Bracht a kol. (2011) uvádí, že rostoucí důležitostí plánování založeného na IT se v mnoha malých a středních podnicích projevuje nedostatečná kvalita dat pro plánování závodu. Kromě poskytování 3D produktových dat vyžaduje implementace metod a nástrojů digitální továrny také odpovídající tovární data, jako jsou data o budovách a výrobních zařízeních, zásobách médií, dopravníkové technice a dalších zařízeních. Významnými faktory úspěchu při implementaci továrního plánování založeného na 3D CAD v malých a středních podnicích je návrh systémové architektury přizpůsobené firemním procesům a konzistentní systém správy dat. Potenciál moderních 3D CAD systémů a jejich propojení s VR pak může rozhodujícím způsobem podpořit plánovací procesy.

Digitalizace vývoje, plánování výroby a výrobních procesů vyžaduje použití nových metod a digitálních nástrojů v inženýrství virtuálních firem. Digitální továrna jako přístup nepřetržité počítačové podpory při vývoji produktu mapuje všechny aspekty továrny v

digitálním modelu, pomocí které mohou vývojáři a plánovači plánovat a simulovat různé procesy, systémy a varianty. Pro plánování závodu a provoz závodu jsou data ze skutečného závodu analyzována a v digitální továrně cíleně měněna. V souladu s tím poskytuje digitální továrna potřebné metody, modely a nástroje, zejména simulace a virtuální reality. (Schenk a kol., 2014)

Základní vize „digitální továrny“ se projevila spojením všech počítačově podporovaných CAD a plánovacích nástrojů za účelem standardizace řízení pracovního toku. Obecný cíl představovala digitalizace reálné výroby a implementace procesu plánování produktu na CAD a simulaci podporované systémy. Někdy jsou izolovaná řešení dodnes stále využívána pro různé plánovací úlohy, namísto toho, aby byla spravována v komplexní systémové architektuře a následně využívána pro interaktivní spolupráci. Metody a postupy vyhodnocované v průběhu tvoření digitální továrny by měly generovat strategický přínos pro firmy a jejich výhody, například ve zvýšení využití kapacit v závodě. (Schenk a kol., 2014)

Nástroje digitální továrny

2.2.1 CAD

Aplikační program CAD je speciální program, který podporuje uživatele při vývoji, konstrukci, výpočtech, poskytování informací, kreslení a počítačově podporovaném navrhování. V užším slova smyslu je aplikační program CAD kreslicím programem pro technické aplikace. Existují speciálně přizpůsobené programy pro různé inženýrské obory (stavební inženýrství, strojírenství, elektrotechnika atd.). V procesu plánování se CAD používá pro vytváření rozvržení a modelování výrobních závodů. (Schenk a kol., 2014)

2.2.2 Software pro plánování továrny

Softwarový nástroj visTABLE umožňuje jednoduchý interaktivní návrh částí továrny v 2D a 3D. Pomocí modulu visTABLE@touch dokáže nejen vizualizovat uspořádání továrny, ale také vyhodnocovat různé scénáře plánování, tím přispívá ke snížení nákladů na logistiku.

Funkce:

- Plánování a uspořádání továrny.
- Zefektivnění tras (špagetový diagram).
- zlepšení logistických procesů.
- Implementace výsledků z analýzy hodnotového toku.
- Intuitivní koncept ovládání.

- Vztahy materiálových toků a dopravní sítě.
- Analýza a zefektivnění materiálových toků.
- Sankey zobrazení v reálném čase v rozložení.
- Zlepšení uspořádání.
- 3D vizualizace k propojení VR systémů.
- Funkce kótování a měření.
- Kontrola rozestupu zařízení.
- Otevřená knihovna 3D modelů (VisTABLE, © 2023).

Pomocí funkce vyjmutí a vložení můžeme rychle generovat komplexní rozvržení a vytvářet transportní sítě a zaznamenávat materiálové toky. VisTABLE pak ověřuje každý návrh změny s ohledem na tok materiálu, prostorové požadavky a bezpečnou vzdálenost. Okamžitá reprezentace rozvržení objasňuje mnoho praktických problémů před rozhodnutím o implementaci. (VisTABLE, © 2023)

Cílem je racionalizovat a urychlit proces plánování a zároveň zvýšit kvalitu pomocí osvědčených modulů. Plánovací nástroj visTABLE touch je založen na dvourozměrném zobrazení rozvržení, na kterém lze objekty jako stroje, dopravníky, sklady a osoby vybírat, vkládat, otáčet, měnit měřítko nebo přesouvat pomocí dotykové obrazovky z rozsáhlé knihovny modelů. Kontrola vzdáleností slouží k tomu, aby byla pracoviště umístěna v souladu s normami. Pro vyhodnocení jednotlivých dispozic jsou automaticky kalkulovány náklady na materiálový tok mezi pracovišti. Stanovené přepravní náklady dispozičních variant vyplývají z intenzit mezi souvisejícími objekty a délek přepravních cest vyplývajících z uspořádání objektů. Dopravní cesty mohou vést buď jako přímé spoje, nebo po definovaných sítích tras. (Schenk a kol., 2014)

2.2.3 Virtuální Realita

Virtuální realita je počítačově generované prostředí, které na rozdíl od animace a simulace umožňuje interakci v reálném čase. Virtuální prostředí prožívá divák jako skutečné prostřednictvím technických pomůcek a svými přirozenými smysly. Uživatel se může volně pohybovat ve virtuálním prostředí, měnit objekty a okamžitě vyhodnocovat důsledky svých manipulací. Jsou vyžadována vhodná technická vstupní/výstupní zařízení, aby oslovila lidské smysly a přeměnila přirozené lidské pohyby na interakci. Systémy virtuální reality (tzv. VR systémy) jsou stále důležitějšími nástroji při plánování továren. (Schenk a kol., 2014)

2.2.4 Simulace

Jde o systém, kde softwarově vytváříme dynamickými procesy v modelu, na který lze odkazovat za účelem získání znalostí, které lze přenést do reality. Simulace je realizována pomocí simulátorů, simulačních systémů nebo simulačních nástrojů, které se používají synonymně. Simulačním nástrojem se rozumí aplikační program, který zobrazuje systém v simulačním modelu, jehož dynamické chování lze následně zkoumat. (Schenk a kol., 2014)

2.2.5 Srovnání visTABLE s Technomatix Plant simulation

Riks a kol. (2022) podotýká, že výběr správného softwarového programu pro vytvoření digitálního dvojčete může být velmi náročný. V závislosti na oblasti použití a účelu je k dispozici velké množství programů s různými nástroji pro modelování a analýzu. Spolu s kolegy ve své práci porovnává vybrané softwarové programy VisTABLE od Plavis GmbH a Tecnomatix Plant Simulation od společnosti Siemens, které jsou oba známé a rozšířené v průmyslovém a výrobním sektoru.

Dále zmiňují, že visTABLE se více zaměřuje na intuitivní ovládání a rychlé rozvržení. Software je však vhodný pouze pro statické simulace materiálového toku nebo pro územní plánování. Dokáže efektivně analyzovat a výsledky podrobně prezentovat.

Tecnomatix Plant Simulation naproti tomu umožňuje modelování velmi rozsáhlého digitálního dvojčete. S pomocí SimTalk a možností programování, které poskytuje, lze Plant Simulation použít v mnoha oblastech použití. Práce s ním je však časově náročná. (Riks a kol., 2022)

Navzdory různým typům softwaru simulace funguje jako rozhraní k fyzickému systému, který se snaží zachytit jeho aktuální stav. Funguje tedy jako zpětná vazba pro neustálé zlepšování výkonu. Simulace se může vypořádat nejen se současnými stavy systému, ale také s budoucími nejistotami náhodným generováním budoucích poruch nebo podle pravděpodobnosti budoucích poruch, odhadovaných z historie. Simulaci lze také použít ke zkrácení jakéhokoli druhu dlouhodobého procesu testování a také k ověření nových návrhů změn, týkajících se reálných prvků systému, na základě výsledků modelu. (Delgado a Ronaldo, 2016)

2.2.6 Digitální dvojče

Digitální dvojče je výsledkem stále rostoucího propojování průmyslového sektoru s internetem (Internet věcí). Digitální modely vytváří technologický základ pro koncept orientovaný na digitální služby. Základem je fyzický objekt, který je pomocí informací propojen s přidruženým digitálním dvojníkem. Pomocí implementace CAD dat nebo modelů odpovědná osoba vytvoří simulační model, který odráží uspořádání výrobního systému a obsahuje všechna pracoviště a stroje. Pro strukturu simulačního modelu a sběr dat je důležité definovat smysluplnou hranici systému, aby bylo množství dat co nejnižší a aby se předešlo zbytečným datům. V závislosti na aplikaci lze hotové digitální dvojče použít k plnění různých úkolů, jako je snížení nákladů na dopravu ve výrobě. Vždy pracuje s daty v reálném čase, což znamená, že digitální dvojče lze kdykoli na požádání změnit pro různé scénáře. (Riks a kol., 2022)

Günter (2023) říká, že cílem modelů je porozumět souvislostem. Zde jsou například kladeny otázky, proč je tak vysoká doba průchodnosti nebo proč je vytížení strojů tak nízké. Zabezpečení plánování hraje zvláště důležitou roli při předpovídání scénářů. Chcete vědět, co se stane nebo co by se mělo stát za určitých podmínek. Například jaký potřebuji skladovací prostor, když zdvojnásobím výrobu, nebo jak vysoké je přepravní úsilí, když přemístím výrobní linku. Čím podrobnější, ale také srozumitelnější bude tovární model, tím více se bude blížit reálnému dvojčeti, což se vrátí zpět jako zisk vaší práce a vaší společnosti.

2.3 Materiálový tok

2.3.1 Definice

Tok materiálu je dráha, kterou materiál prochází při pohybu továrnou. Analýza toku bere v úvahu nejen cestu, kterou každý materiál urazí továrnou, ale také se snaží minimalizovat dochozí vzdálenost, zpětné sledování, provoz a výrobní náklady. Analýza materiálového toku pomůže projektantovi při výběru nejefektivnějšího umístění procesů. (Schneider, 2021) Podle Refa (2023), materiálový tok představuje logistický řetězec od dodavatele k zákazníkovi, zahrnuje všechny procesy, úpravy a zpracování. Materiálový tok také zahrnuje procesy, které ovlivňují dopravu, skladování, pobyt a testování produktu. Procesy, které probíhají v rámci společnosti, se označují jako interní materiálový tok.

Podle Delgado a Ronaldo (2016) je materiálový tok klíčovým elementem k tvorbě jakéhokoliv výrobního systému. Proto při tvorbě a analýze vyžaduje velkou pozornost.

Principy materiálového toku včetně jejich příslušných výhod a nevýhod jsou v literatuře často diskutovány. V rané fázi projektu nemůže rozhodování vycházet z nákladů nebo užité hodnoty, ale musí být založeno na principech a logice. Aby bylo možné definovat vhodnou makrostrukturu, má smysl podívat se na příslušný hodnotový tok. V žádné literatuře o plánování továren nehrálo uspořádání procesů na základě analýzy toku hodnot významnou roli. Nicméně procesy a vztahy materiálových toků vizualizované v analýze hodnotového toku umožňují vyvodit počáteční smysluplné závěry o makrostruktuře. (Schneider, 2021)

Maynards a Zandin (2001) zmiňuje, že pokud se zlepší tok materiálu, automaticky dojde ke zvýšení ziskovosti. Tok může být zlepšen vývojem tříd nebo rodin produktů či dílů (dílů s podobnými kroky procesu) a implementací konceptu skupinové technologie. Můžete se pokusit přimět každý díl, aby se vydal podobnou dráhou a aby se díly pohybovaly automaticky. Tok dílů, a tedy i rozvržení závodu, se bude značně lišit dvěma základními typy orientace rozmístění – procesně orientovaným rozvržením a produktově orientovaným rozvržením. Produktově orientované rozvržení bude mít méně všeho (část definice štíhlé výroby) než procesně orientované rozvržení, ale velký počet různých dílů nebo produktů s různými procesními kroky může diktovat procesně orientované rozvržení. (Maynards a Zandin, 2001)

2.3.2 Analýza materiálového toku

Před provedením analýzy materiálového toku je třeba nejprve definovat cíle nebo požadované výsledky, kterých má být pomocí analýzy materiálových toků dosaženo.

Možné cíle analýzy materiálového toku jsou:

- Snížení doby průchodnosti.
- Snížení nákladů na skladování a dopravu.
- Strukturované plánování výroby.
- Identifikujte úzká místa,.
- Záznam údajů o toku materiálu. (Arnold a Furmans, 2019)

Každá analýza je založena na datech a má pouze takový význam, jako je kvalita dat. Z tohoto důvodu musí být zaznamenávány údaje o materiálovém a informačním toku, které mají být použity pro analýzu. V zásadě jsou data zaznamenávána pomocí primárního nebo sekundárního průzkumu (Arnold a Furmans, 2019)

Výsledek analýzy materiálového toku představuje upravený aktuální model materiálového toku, který ukazuje slabá místa a potenciál pro zlepšení.

Některé principy návrhu by byly:

- Zkrajte vzdálenosti pro optimální využití dopravních prostředků.
- Nízká doba průchodnosti objednávky.
- Vyhněte se ukládání, abyste ušetřili úložný prostor.
- Propojení dopravy a výroby.

Při konečném zefektivnění nebo plánování materiálového toku je důležité si předem ujasnit, zda se jedná o greenfield (nové plánování) nebo brownfield (přeplánování). V případě přeplánování je třeba dodržet určité okrajové podmínky týkající se stavby, jako je nosnost podlahy nebo speciální rozteč podpěr. (Martin, 2016)

Je třeba také poznamenat, že na materiálový tok, vzhledem k jeho velkému významu pro plánování továren, přepravních a skladovacích procesů atd., je nutné vždy nahlížet holisticky v kombinaci s tokem informací, lidí a energie (Martin, 2016). Podobně jako u analýzy materiálových toků existuje také klasický precedens pro plánovací přístup, který může vypadat takto (Arnold a Furmans, 2019):

1. Vývoj fází plánování.
2. Vyhodnocení variant plánování.
3. Plánování rozložení.

Vývoj plánovacích fází

Každé plánování se musí potýkat s různými omezeními, se kterými je třeba počítat a plánovat je. Možnými omezeními by byly například dodržení termínů nebo nedostatek kapacity. Z tohoto důvodu je rozdělení plánování materiálového a informačního toku do různých fází dobrým způsobem, jak zvýšit šance na realizaci. Při plánování materiálových toků se obvykle rozlišuje hrubé, ideální, reálné a podrobné plánování. (Arnold a Furmans, 2019)

Je třeba poznamenat, že všechny fáze nejsou od sebe odděleny, ale navazují na sebe. Kromě toho by neměla být přijímána žádná důležitá rozhodnutí v rané fázi plánování na základě nejistých informací. (Arnold a Furmans, 2019)

2.3.3 Požadavky na materiálový tok

Logistika výrobního procesu představuje řízení materiálových toků uvnitř podniku. Materiálové toky musí splňovat řadu požadavků. Musí být:

- Přímocharé.
- Přehledné.
- Bez vracení.
- Bez problémového křížení.
- Co nejkratší. (Jurová, 2013)

Materiálové toky jsou vyjádřeny:

- Směrem.
- Intenzitou.
- Frekvencí. (Jurová, 2013)

Průběh materiálových toků se vyjadřuje tzv. Sankey diagramem (Jurová,2013)

2.3.4 Cíl plánování materiálového toku

Nejdůležitějším cílem při plánování materiálových toků je minimalizace přepravních nákladů. Přepravní náklady se skládají z množství přepravovaného materiálu a vzdálenosti, kterou je třeba ujet. Vzdálenost mezi jednotlivými hodnototvornými kroky zase rozhodující měrou závisí na prostoru, který zdroje (oblasti/pracoviště) vyžadují a na požadovaných dopravních trasách mezi nimi. (VisTABLE, © 2023)

2.4 Metody prostorového rozmístění

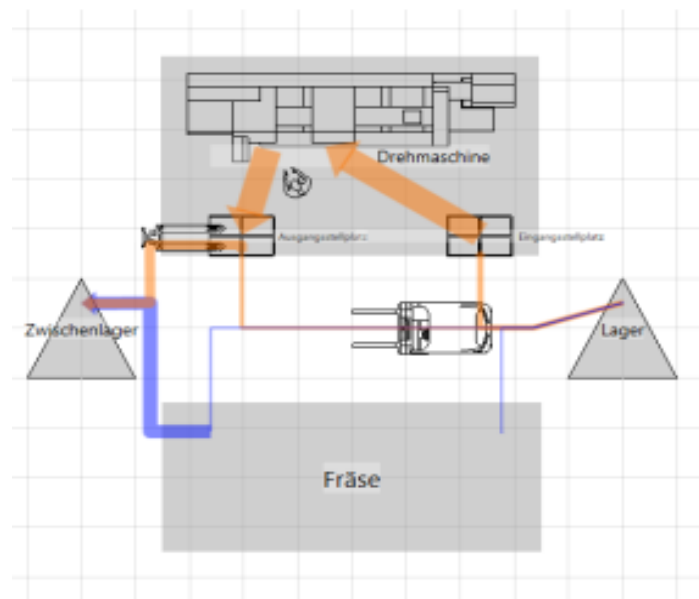
Jurová (2013) říká, že práce projektanta spočívá v optimálním rozmístění, tak aby bylo dosaženo plynulých materiálových toků. Optimální rozmístění využívá těchto metod:

2.4.1 Analytické metody

Šachovnicová metoda – zobrazuje přehledně přesuny materiálu mezi procesy za časové období. Kromě stanovení materiálového toku ji můžeme použít k stanovení prostorového rozmístění z hlediska významu a četnosti vztahu mezi procesy. (Jurová, 2013)

Trojúhelníková metoda – nám pomáhá při rozmístění pracoviště, v jejímž případě není třeba brát v úvahu stálé umístění. Využíváme k tomu opět šachovnicovou tabulku, avšak zajímají nás jen hmotné vztahy mezi procesy. (Jurová, 2013)

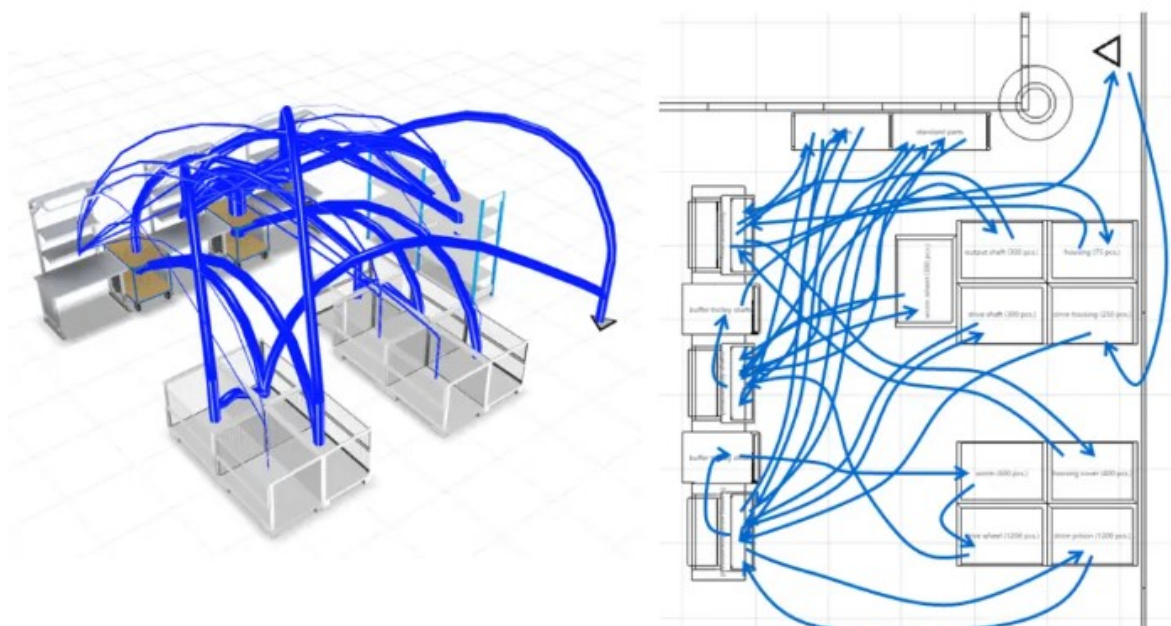
Sankey diagram – v této metodě je využito grafické znázornění materiálových toků. Délka čáry mezi jednotlivými procesy, vyznačuje vzdálenost, tloušťka vyznačuje intenzitu, šipky směr materiálového toku. Barva určuje druh materiálu. (Jurová, 2013)



Obrázek 7 Sankey diagram (VisTABLE, © 2023)

Spaghetti diagram – jde o nástroj, který vizualizuje počty a směr pohybů pracovníka na pracovišti. Díky této analýze můžeme zlepšit rozložení pracoviště a zamezit tak plýtvání. Pro rychlé a efektivní porovnání rozložení slouží softwaru digitální továrny. (VisTABLE, © 2023)

H. Riall Sankey dal své jméno Sankey diagramu. Sankey je specifický typ vývojového diagramu, ve kterém je šířka šipek zobrazena úměrně k průtoku. Tyto diagramy se obvykle používají k vizualizaci faktorů, jako je přenos energie, materiálový tok. (Riegel, © 2023)



Obrázek 8 Spaghetti diagram (VisTABLE, © 2023)

2.4.2 Metoda CRAFT

Metoda CRAFT: (Computerized Relative Allocation of Facilities Technique) jedná se o metodu prostorového uspořádání, kde sestavujeme vzájemné polohy pracovišť. Cílem metody je rozmístění pracovišť tak, aby odpovídalo nejnižším nákladům. Se změnou polohy pracoviště se mění vzdálenost, a tedy i náklad. Výrobek musí projít všemi pracovišti v technologickém postupu. Pracoviště jsou posouvána do té doby, dokud již řešení nelze zlepšit. (Jurová, 2013)

Modrovský (2019) ve svém článku píše, že díky využití výpočetní techniky pro použití metody CRAFT je možno vytvářet množství modelů při nízkých nákladech a vybrat tak model s nejvyšší úsporou. To napomáhá zlepšování procesů, zefektivnění podnikových činností a lepšímu využití podnikových zdrojů.

2.4.3 Metoda S.L.P

Metoda S. L. P neboli „Systematic Layout planning“ se používá k zefektivnění závodu. Opírá se přitom o vztah pracovišť s největší intenzitou. Tato pracoviště by měla být umístěna co nejbližší u sebe. Hodnocení může záviset na jednom či více kritériích. Na základě hodnocení se vyplní trojúhelníková metoda. S. L. P je procesním základem pro většinu komerčních softwarů používaných projektanty pro návrh layoutů. (Richardmuther, © 2023)

2.4.4 D-I-Diagram

Diagram vzdálenosti a intenzity znázorňuje přehled toků materiálu ve formě bodů na diagramu. Ty jsou na osách grafu seřazeny podle intenzity (obvykle počtu přeprav) a podle vzdálenosti (délky toku materiálu) mezi zdroji (VisTABLE, © 2023)

3 VÝROBNÍ SYSTÉM

„Výrobu lze definovat jako transformaci výrobních faktorů do ekonomických statků a služeb, které pak procházejí spotřebou“. (Keřkovský, 2012, s. 2)



Obrázek 9 Schéma transformace procesu (vlastní zprac. podle Tomek a Vávrová, 2014)

3.1 Členění výrobního procesu

3.1.1 Podle typu

Kusová – jedná se o výrobu v malých množstvích, velké portfolio výrobků, individuální přístup.

Sériová výroba – jedná se o výrobu identického výrobku v různě velkých sériích. Dále můžeme dělit na velkosériovou a malosériovou.

Hromadná výroba – jedná se o výrobu velkého množství jednoho nebo skupiny výrobků. (Jurová, 2013)

3.1.2 Podle formy organizace

Podle formy uspořádání výrobního procesu a tím i řízení materiálových toků dělí Jurová (2013) výrobu na:

Proudovou

Proudová výroba se orientuje na jeden až několik podobných výrobků. Jedná se o plynulou výrobní linku, která se dá lehce upravit pro příbuzný výrobek. Využití prostoru podléhá zcela layoutu výrobní linky. Jsou zde vyloučeny mezioperační zásoby. Jednotlivá pracoviště mohou být zcela automatizována.

Skupinovou

U skupinové výroby se jedná o výrobu několika výrobků s ustáleným množstvím. Každý výrobek má přesně stanovenou trasu. Každý z výrobků však může být rozpojen pomocí mezioperačních zásob. Co se týká průběžné doby ve výrobě, je oproti proudové výrobě delší.

Prostor u této výroby musí být více flexibilní, tak aby se mohla výroba přizpůsobit více výrobkům, výroba však bude oproti proudové méně hospodárná.

Fázovou

Ve fázové výrobě se vyrábí různá množství výrobků nejen standardních, ale také výrobků pro konkrétního zákazníka, jež procházející odlišnými trasami ve výrobě. Tento systém zahrnuje různé trasy i časy výroby, je tedy náročný na průběžnou dobu výroby i na rozpracovanost ve výrobě. Oproti předchozím dvěma výrobám je tato z pohledu výkonu méně efektivní. Zařízení jsou uspořádána do funkční skupin, jedná se tedy o technologické uspořádání.

3.1.3 Způsoby rozmístění pracovišť

Technologické (skupinové) uspořádání se orientuje na výrobní proces, výrobní operace se slučují podle své příbuznosti (např. řezací automaty u sebe, montáže blízko sebe atd.). Tato organizace výroby má své nevýhody:

- Složitě plánování a řízení výroby.
- Balancování kapacit.
- Náročná manipulace.
- Příprava a hromadění zásob.
- Nerovnoměrný materiálový tok.
- Dlouhé průběžné časy výroby.
- Těžko identifikovatelné chyby. (Jurová, 2013)

Předmětné uspořádání se orientuje převážně na výrobek, menší jednotky vytvářejí část nebo celý výrobek. Zde je důležité provést analýzu sortimentu, zvolíme si skupiny výrobků a snažíme se o decentralizaci, zjednodušení. (Jurová, 2013)

Buňkové uspořádání má pracoviště uspořádána do skupin, tak aby procesní úkony mohly být uskutečněny v jednom místě. (Keřkovský, 2012)

Podle Jurové spojuje buňkové rozmístění výhody technologického a předmětného rozmístění. Jde o prostorové uspořádání rozdílných druhů strojů na jednom místě. (Jurová, 2013)

Buňka je v podstatě výrobní linka (nebo uspořádání podle produktu) pro skupinu nebo rodinu podobných položek. Je to alternativa k uspořádání a organizaci podle procesu, ve kterých se materiály obvykle pohybují po sobě následujících odděleních podobných procesů nebo operací. Toto uspořádání podle procesu obecně vede k vyšším zásobám, protože díly se hromadí mezi odděleními, zejména pokud se vyrábí větší šarže. K přesunu dílů mezi

odděleními je zapotřebí více manipulace s materiálem a celková doba zpracování je delší. Vystavení problémům s kvalitou je větší, protože může uplynout více času a může být vyrobeno více neshodných dílů, než navazující oddělení zaznamená problém. (Maynards a Zandin, 2001)

Výhody buněk

Hlavní fyzickou změnou provedenou ve výrobní buňce je snížení vzdálenosti mezi operacemi. To snižuje manipulaci s materiálem, časy cyklů, zásoby, problémy s kvalitou a požadavky na prostor.

Závody, které instalují buňky, konzistentně vykazují následující výhody ve srovnání s procesně orientovanými uspořádáními a organizacemi:

- Snížená manipulace s materiálem – snížení ujeté vzdálenosti o 67 až 90 procent není neobvyklé, protože provozy sousedí ve vyhrazené oblasti.
- Snížení zásob v procesu – 50 až 90 procentní snížení zásob, protože materiál nečeká před vzdálenými operacemi zpracování. V buňce se také používají menší dávky nebo tok po jednotlivých kusech, což dále snižuje množství materiálu v procesu.
- Kratší doba ve výrobě – ze dnů na hodiny nebo minuty, protože díly a produkty mohou rychle proudit mezi sousedními operacemi. (Maynards a Zandin, 2001)

3.2 Plánování výroby

Plánování výroby je řízeno predikcí z produkce minulých let a předpokládaných požadavků trhu, nebo přímých objednávek zákazníků.

3.2.1 Push typ

Podnik vyrábí výrobky podle svého plánu a předpokládané situace na trhu. Až když výrobky vyrobí, snaží se je dostat ke konečnému zákazníkovi. Systém využívá potřeby meziskladů, kde hotové výrobky uskládá a odtud je tlačí směrem ke spotřebiteli.

3.2.2 Pull typ

Souhrnně lze říci, že princip pull vychází z aktuálních potřeb zákazníka (myšleno z pohledu zákazníka). Jednoduchý princip, který dává „nadprodukcí“ odpadu do pevných mezí. (Hänggi a kol., 2021)

Na rozdíl od všeobecného mínění není pro rozlišení push a pull rozhodující, zda vyrábíte pouze na zákaznickou objednávku, nebo zda vyrábíte na sklad bez zákaznické objednávky.

je důležité pouze to, aby nebylo překročeno stanovené maximální množství. (Hänggi a kol., 2021)

3.3 Výrobní program

Souhrn výrobků, které konkrétní společnost vyrábí nebo je schopna nabídnout svému zákazníkovi. Sestavení výrobního programu se opírá o průzkum trhu.

3.4 Výrobní strategie

Výrobní strategie je základní filozofií výrobního systému. Projevuje se to jako vzorec rozhodování managementu v čase, sortiment a seskupování produktů, typy používaných podpůrných systémů, výběr a uspořádání zařízení, zaměstnanci a jejich postoje. Výrobní strategie by měla být jasná, konzistentní a dobře promyšlená (Maynards a Zandin, 2001)

Bez ohledu na propracovanost strategie managementu by měl projektant navrhující uspořádání zařízení znát vizi nebo strategii, kterou bude jedle následovat. Rozvržení pak může tuto strategii odrážet a podporovat. (Maynards a Zandin, 2001)

3.5 Materiály ve výrobě

Výrobní materiál

Pod pojmem výrobní materiály je možné si představit ty materiály, které jsou součástí kusovníku, a tedy i konečného výrobku.

Pomocný materiál

Jedná se o materiál, který přímo nevstupuje do kusovníku, ale pomáhá při výrobě. Může být vyžit pro výrobu více kusů.

4 ŠTÍHLÁ VÝROBA

4.1 Definice

Štíhlý podnik je takový, který dělá jen takové činnosti, které jsou potřebné, dělá je na poprvé, za méně peněz a v kratším čase než konkurenční podnik. (Košturiak a Frolík, 2006)

Štíhlost neznamena více šetřit, ale jde o to, zvyšovat výkon podniku tím, že na stejné ploše, se stejným počtem lidí, vyrobíme více výrobků než konkurence (Košturiak a Frolík, 2006)

Výrobnímu systému říkáme „štíhlý“, pokud produkuje požadované výstupy s minimálními náklady. (Baridu, 2014)

Základní filozofii štíhlé výroby je eliminovat plýtvání. (Baridu, 2014)

Womack et

Jones (2003) tvrdí, že štíhlé myšlení je lék na plýtvání. Existuje 5 štíhlých principů:

- Určení hodnoty - hodnotu může definovat pouze konečný zákazník.
- Identifikace toku hodnot - hodnotový tok jsou všechny akce potřebné k přivedení produktu k zákazníkovi.
- Tok - zajistěte, aby kroky vytvářející hodnotu plynuly. Odstraňte oddělení, která provádějí proces s jedním úkolem velké dávky.
- Pull - nechte zákazníka, aby od vás „vytáhl“ produkt. Prodej jeden. Udělej jeden.
- Usilujte o dokonalost - proces snižování času, prostoru, nákladů a chyb nikdy nekončí. Lean dělá více s méně. Použijte co nejmenší množství úsilí, energie, vybavení, času, prostoru zařízení, materiálů, a kapitálu – a přitom dejte zákazníkovi přesně to, co chce.

Mike Rother (2017), který studoval metody společnosti Toyota, zmiňuje ve své knize Toyota Kata, že procesy v podniku se musí neustále zlepšovat, aspoň po maličkých krůčcích, jen tak dojde k neustálé konkurenční výhodě.

4.2 Zásady štíhlé výroby

Schneider (2021) staví štíhlou výrobu na těchto 8 zásadách

1. Soulad s taktem zákazníka. Výroba musí být v souladu se zákaznickým cyklem, protože to je předpokladem kontinuální tokové výroby s malou nebo žádnou zásobou mezi jednotlivými procesy.

2. Kdekoli je to možné, rozvíjejte výrobu s kontinuálním tokem, integrujte procesy. Nepřetržitý průtok nepřerušuje procesy, má stabilní pořadí od začátku do konce, nízké zásoby, krátkou definovanou dobu průchodnosti, nízké kontrolní úsilí a rovnoměrné využití zdrojů. „One-Piece-Flow“ představuje optimum výroby s kontinuálním průtokem.
3. Po sobě jdoucí výrobní procesy, které nelze z technologických důvodů integrovat do průtokové výroby, je třeba navrhnout v sériové výrobě ve FIFO.
4. Použijte supermarketové pull systémy k řízení výroby.
5. Pokuste se zahájit plánování výroby pouze v jednom bodě toku hodnot. Předpokladem stabilní posloupnosti v průběhu celé výroby je řízení pouze jednoho procesu
6. Vytvořte počáteční „tah“ ve svém hodnotovém toku uvolněním a odstraněním malého, rovnoměrného množství práce.
7. Rozložte produkci různých produktů v procesu kardiostimulátoru rovnoměrně po dobu, která je k dispozici (vyvážený výrobní mix).
8. Uvolňování výrobních zakázek může být nutné regulovat v závislosti na navazujících procesech s úzkým místem. Úzké místo je definováno jako dílčí proces výroby s nejdelší dobou cyklu. Je rozhodující pro výstup celého procesu, protože určuje nejnižší možnou dobu cyklu pro všechny dílčí procesy.

4.3 Kořeny štíhlé výroby

Snahu o efektivnost své práce měli lidé odedávna. První snahy o popsání lze zaznamenat například u F. W. Taylora, který se v roce 1890 zabýval časovými studiemi a eliminací plýtvání. Dalším, který přispěl velkou měrou, byl Henry Ford a jeho masová výroba aut. Ford dokázal jednotlivé montáže spojit do výrobní linky, zefektivnil tak postupně celkový proces, výrazně zkrátil čas na vyrobené auto a tím i náklady na jeho výrobu. (Svozilová, 2011)

Ve stejném odvětví, ale na jiném místě světa byl další z průkopníků v této oblasti Taiichi Ohno, manažer linky ve firmě Toyota. Ohno přišel s technikou SMED. Jednalo se o techniku rychlé přestavby linky, tak aby byla výroba flexibilnější a mohla dodávat více typových řad. Další jeho poznatek představovalo zjištění, že velké skladové dávky jsou neefektivní a je výhodné je snižovat a častěji doplňovat. (Svozilová, 2011)

Z těchto všech poznatků vznikl postupem času systém zvaný TPS. Tento systém je zdokonalován až do dnešní doby.

Neméně známé jméno spjaté se štíhlou výrobou je James Womac. Zabýval se systémy řízení průmyslu v Německu, USA a Japonsku. Jím navržený systém zahrnoval nejen výrobní procesy, ale také propojení s procesy v celém podniku. Tento systém pojmenoval „Lean Manufacturing“, česky tedy štíhlá výroba. Celý svět přijal tento systém neustálého procesního zlepšování. (Svozilová, 2011)

4.4 Plýtvání

Liker (2004), který se zabýval TPS, popisuje 8 druhů plýtvání takto:

1. Nadvýroba – výroba do zásoby, zákazník si ještě neobjednal a my už máme výrobky na skladě. Vzniklé ztráty z přezaměstnanosti, skladování a transportu.
2. Čekání (disponibilní čas) – pracovníci čekající na stroj vykonávající proces, než se dokončí předchozí operace, nebo opraví stroj. Všechno tento čas musí být využito na činnosti přidávající hodnotu.
3. Nepotřebné transporty – vzdálené procesy, vzdálené sklady vedou k neefektivním přepravám materiálu a pohybu personálu.
4. Nadbytečné procesy – provádění nadbytečných procesních kroků při práci. Zde spadá i plýtvání, kdy je vytvářena kvalita vyšší než zákazník požaduje.
5. Nadbytečné zásoby – materiál na skladě, rozpracovaná výroba, hotové výrobky na skladu bývají příčinou dlouhé průběžné doby, zastarávání, zakrývají problémy, jsou nákladné na skladování.
6. Zbytečné pohyby – pohyby, které musíme udělat navíc, ať už je to chůze, natahování se pro pomůcky nebo hledání náradí.
7. Vady – výroba neshodných dílů, následné opravy, zmařený materiál, opakovaná kontrola.
8. Nevyužitý potenciál zaměstnanců – ztráty z nevyužití dovedností pracovníků, nenaslouchání jejich zlepšovacím návrhům a vůli se učit.

Koether a Meyer (2020) zmiňují, že Audi ve svém výrobním systému integrovalo další dva druhy plýtvání:

1. Plýtvání způsobené špatnou ergonomií - vede k únavě a může dlouhodobě ovlivnit zdraví pracovníků.
2. Plýtvání způsobené neefektivním přenosem informací, které pak vede k nesprávným činnostem, které jsou zase plýtváním.

Často lze jeden odpad snížit pouze zvýšením druhého. Zásoby lze snížit, pokud se sníží velikost šarže. Menší velikost šarže vyžaduje častější nastavování, což lze zase považovat za nadbytečnou činnost. Výrobní procesy bez plýtvání jsou v realitě těžko představitelné, takže ideálního stavu nelze dosáhnout. (Koether a Meyer, 2020)

5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

5.1 Řízení projektu

Projektové řízení je proces, ve kterém jsou využíváni jednotlivci, nebo projektové týmy, za účelem dosažení plánovaného cíle. (Křivánek, 2019)

5.2 Logický rámec

Logický rámec – jedná se o systémový rámec, kde si odpovídáme na tyto správně položené otázky:

- Vize projektu: Proč začínáme s projektem, přináší nám zákazník hodnotu?
- Přesvědčivý příběh: Jsme schopni během velice krátké doby popsat, co očekáváme na konci projektu? Pro koho je projekt a k čemu byl vytvořen?
- Očekávání: Máme jasno jestli má projekt užitek nebo ne? Kdy projekt uspěje? Jakým způsobem poznáme tento úspěch?
- Výsledek (produkt) projektu: Dokážeme vyjádřit cíle a cílový produkt, kterého chceme dosáhnout? Umíme vyjádřit přínosy?
- Zájmové skupiny projektu: Rozumí všechny zainteresované osoby cílům a dodávkám projektu jednotně? Zůstala některá ze skupin opomenuta??
- Jaké jsou předpoklady úspěchu? Kroky projektu jsou nám jednoznačně známy dříve, než projekt začne, v jeho průběhu a na jeho konci? Dá se ověřit správnost projektových kroků?? Co pro to musíme udělat? (Křivánek, 2019)

Aby zainteresované strany chápaly projekt identicky, slouží logický rámec jako ideální komunikační nástroj. Při sestavování logického rámce je potřeba komunikace s lidmi zainteresovanými v projektu a docílit tak jasných kritérií projektu. Je nutné uplatňovat systémové myšlení. Správně nastavený cíl je spojen s myšlenkou na výsledek projektu. (Křivánek, 2019)

Na obrázku 10 vidíme jasnou strukturu logického rámce projektu.

Smysl projektu PROČ?	CO?	JAK?	PŘEDPOKLADY?
přínosy	hmatatelné i nehmatatelné, ale objektivně ověřitelné	způsob ověření – zdroje dat a informací	předpoklady, aby přínosy naplnily smysl projektu
cíle	slovní opis cílů	jak poznám, že projekt naplňuje cíle – zdroje ověření (metrika, KPI)	předpoklady, aby splnění cílů realizovalo přínosy
výstupy	specifikace dodávek projektu k daným milníkům	kritéria kvality (čas, peníze, soulad s požadavky)	předpoklady, aby dodání výstupů vedlo k dosažení cílů
klíčové aktivity	rozvrh činností a událostí	harmonogram, milníky, zdroje, lidé	předpoklady, aby klíčové činnosti dodaly očekávané výstupy
případné předběžné podmínky a omezení, které ovlivňují klíčové aktivity			

Obrázek 10 Logický rámec projektu (Křivánek, 2019)

5.3 Analýza rizik

Ripran – metoda pro analýzu rizik projektů je vhodná pro střední a velké projekty. Vychází z procesního pojetí rizik. (RIPRAN, © 2023)

Analýza jako proces se rozděluje do těchto fází:

- Příprava.
- Identifikace.
- Kvantifikace.
- Návrh opatření snižující riziko.
- Zhodnocení rizik projektu.
- Sledování a vyhodnocování během projektu. (RIPRAN, © 2023)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ PODNIKU

Výrobní a také z části vývojová společnost Innovative Sensor Technology s.r.o. sídlící v Rožnově pod Radhoštěm je již více než 25 let součástí mateřské firmy IST AG sídlící ve švýcarském Ebnat-Kappel.

IST AG se specializuje na vývoj a výrobu tenkovrstvých a tlustovrstvých platinových a niklových RTD teplotních senzorů, termických průtokových senzorů, senzorů vlhkosti, senzorů elektrické vodivosti a senzorů biologických. Nad rámec vývoje a výroby standardních senzorů nabízí vysoce kvalifikovaný technický tým poradenství a vývojové služby v oboru sensorové technologie, přizpůsobené specifickým požadavkům zákazníků. Celosvětově společnost zaměstnává okolo 500 zaměstnanců. Aktuální roční produkce je 60 milionů senzorů, zákazník si může vybrat ze 4000 druhů, případně spolupracovat na individuálním vývoji.

Díky úzké spolupráci se širokou sítí partnerů, univerzit a technických institutů překonává limity stávající technologie, vytváří inovace, které splňují rostoucí požadavky zákazníků v různých odvětvích. To je kompetence, díky které zákazníci získávají konkurenční výhodu.

6.1 Historie společnosti

Před více než 30 lety odešlo několik inženýrů z bývalé společnosti Tesla Rožnov do švýcarského Wattwilu, kde se stali součástí týmu švýcarské nově založené firmy Innovative Sensor Technology AG. Po dvou letech byla založena v České republice dceřiná společnost, která zajišťovala část výroby a také se podílela na vývoji. Během let se obě součásti společnosti úzce a kontinuálně vyvíjely až do dneška, kdy ve Švýcarsku pracuje okolo 200 zaměstnanců a v Rožnově také okolo 200 zaměstnanců. V roce 2005 se stala společnost součástí skupiny Endress+Hauser Group, světového lídra v oblasti měřicích přístrojů, služeb. V posledních letech společnost IST provedla několik akvizic - Jobst Technologies GmbH, AJ Innuscreen, INFRASOLID, Senstech.



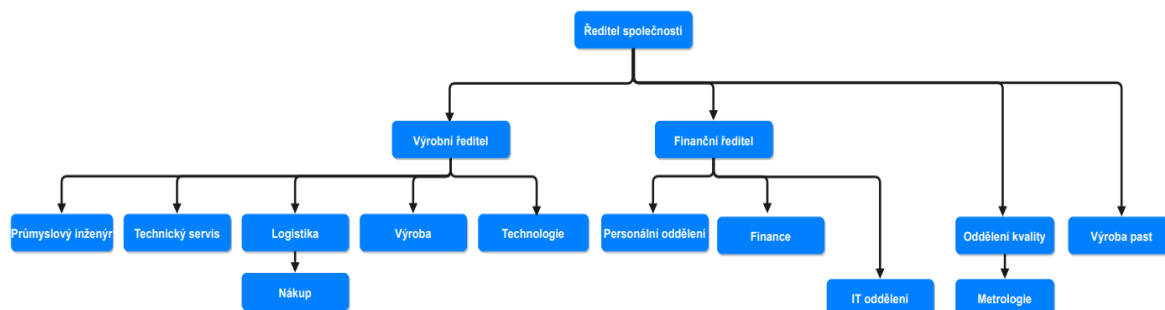
Obrázek 11 Mapa sídel společností skupiny IST AG (interní dokumenty IST)

Historické milníky společnosti

- 1991 - Založení Innovative Sensor Technology IST AG ve Wattwilu ve Švýcarsku, vstup na trh senzorů s výrobou a prodejem niklových teplotních senzorů.
- 1993 - Zahájení vývoje a výroby platinových snímačů teploty.
- 1994 - Otevření výrobního závodu (montáže) v Rožnově pod Radhoštěm, Česká republika, zahájení vývoje a výroby průtokových snímačů.
- 1995 - Zahájení prodeje na místě v Las Vegas, USA, prostřednictvím exkluzivní agentury
- 1999 - Zahájení vývoje a výroby snímačů vlhkosti.
- 2004 - Zahájení vývoje a výroby senzorů vodivosti a modulů vlhkosti.
- 2005 - Převzetí IST AG skupinou Endress + Hauser.
- 2006 - Založení 100% dceřiné společnosti v Las Vegas, USA.
- 2012 - Centrála IST AG se stěhuje z Wattwilu do vlastní nové budovy v Ebnat-Kappel.
- 2015 - Převzetí Jobst Technologies GmbH ve Freiburgu, Německo.
otevření obchodních zastoupení v Šanghaji v Číně a v Praze v České republice.
- 2019 - IST AG rozšíření budovy.
- 2020 - Převzetí AJ Innuscreen v Berlíně v Německu.
- 2021 - Převzetí INFRASOLID.
- 2022 – IST AG otevření výroby Heater v USA – Greenwood.

6.2 IST Rožnov

V posledních 5 letech rožnovský závod zdvojnásobil svou výrobní plochu i počet zaměstnanců. To si vyžádalo změnu organizační struktury platnou od 1. 1. 2023.



Obrázek 12 Struktura společnosti IST s.r.o. (vlastní zpracování)

6.3 Výrobní program IST AG

IST AG

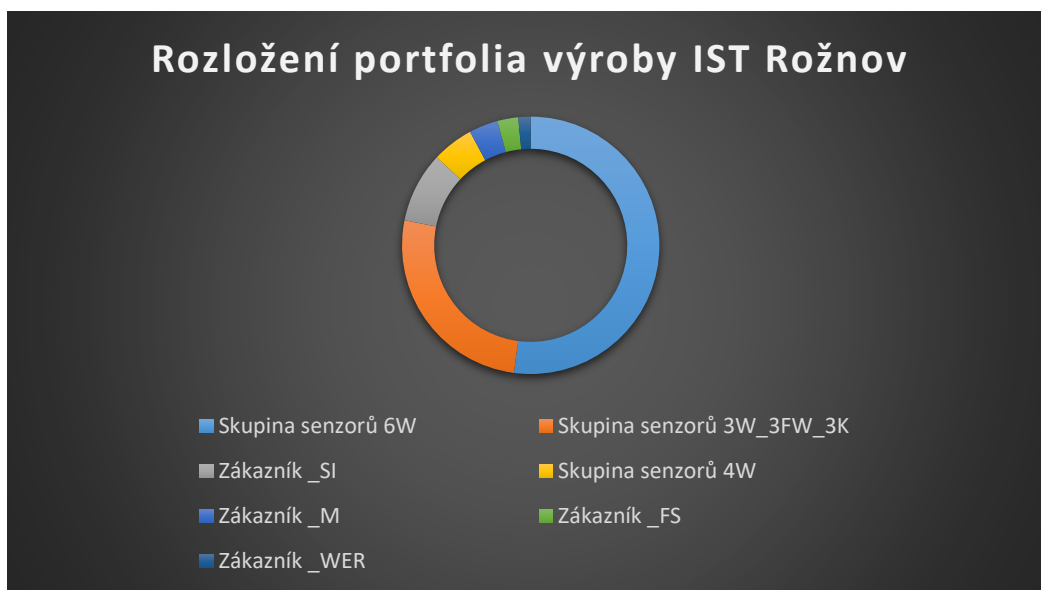
Portfolio výrobků společnosti je rozsáhlé, součástí jsou teplotní senzory, senzory vodivosti, mikro ohřívače, průtokové senzory, senzory vlhkosti, bio senzory, aplikace pro extrakci DNA a RNA, tepelné infrazářiče, snímače síly.



Obrázek 13 Kompletní portfolio výrobků IST AG (interní dokumenty IST)

IST Rožnov s.r.o.

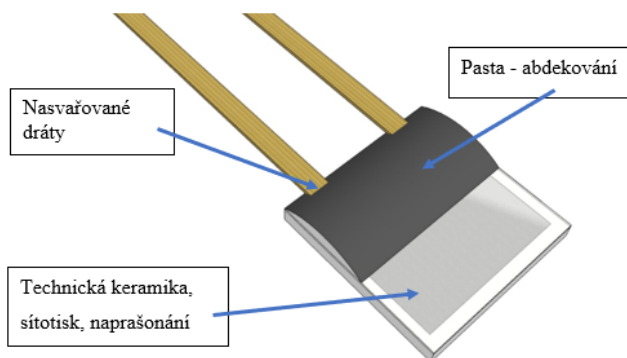
Výroba IST v Rožnově pod Radhoštěm se specializuje na určité typy senzorů z portfolia firmy. Největší podíl zaujímají různé druhy teplotních senzorů dělených do skupin podle specifikace a materiálu. Ty mohou být platinové, nebo niklové. Kromě teplotních senzorů se ve výrobě setkáme i s průtokovými senzory a se speciální automatizovanou výrobou mikro Heater (mikro ohřivačů).



Obrázek 14 Rozložení portfolia výroby teplotních senzorů (vlastní zpracování)

6.4 Teplotní senzor

Na obrázku 15 vidíme graficky znázorněný teplotní senzor. Standardní senzor se skládá z keramické části s meandrem, k ní navařených drátů nebo lanek a tyto sváry jsou překryté pastou, která musí projít pecí, aby zatvrdla. Teprve poté se senzor může změřit, jestli odpovídá specifikaci.



Obrázek 15 Ukázka teplotního senzoru (vlastní zpracování)



Obrázek 16 Zvětšené foto teplotního senzoru (interní dokumenty IST)

V roce 2020 přešla celá společnost na systém SAP Hana. Byl to velice složitý a riskantní krok, kde i po dvou letech společnost stále pracuje na doladování softwaru. Důležité bylo, že tato náročná změna nepoznamenala dodávky pro koncového zákazníka. SAP se stalo součástí všech procesů ve společnosti od výroby, skladu, logistiky, přes účetní a personální oddělení. Systém je jednotný v mateřské i v dceřiné společnosti. Postupně se přechází na bezpapírovou výrobu.

Tabulka 1 ukazuje SWOT analýzu, ze které zřetelně vychází silná příležitost v podobě vybudování nové výrobní haly. Největší slabinu představuje nedostatek potřebných výrobních prostor.

Tabulka 1 SWOT analýza

Silné stránky	Váha	Body	Celkem	Příležitosti	Váha	Body	Celkem
Silná pozice na trhu	0,2	4	0,8	Rozšíření sort. - biolog čidla	0,1	4	0,4
Zákaznická specializace	0,2	5	1	Nový systém SAP	0,3	5	1,5
Malá konkurence	0,2	3	0,6	Indický trh	0,1	3	0,3
Benefity pro zaměstnance	0,1	4	0,4	Otevřené pracovní pozice	0,1	4	0,4
Silný majitel za zády	0,3	5	1,5	Nová budova	0,4	5	2
SILNÉ STRÁNKY CELKEM			4,3	SLABÉ STRÁNKY CELKEM			4,6
Slabé stránky	Váha	Body	Celkem	Hrozby	Váha	Body	Celkem
Slabá organizační struktura	0,1	-2	-0,2	Nedostatek materiálů	0,3	-4	-1,2
Prostory firmy	0,5	-5	-2,5	Nedostatek personálu	0,2	-3	-0,6
Nedostatečně nastavené procesy	0,3	-3	-0,9	Nemožnost cestovat	0,1	-2	-0,2
Komunikace mezi závody CZ a CH	0,2	-2	-0,4	Krachy zákazníků	0,3	-5	-1,5
Vyšší ceny některých výrobků	0,1	-4	-0,4	Náhrady složek v abdekovacích pastách	0,1	-4	-0,4
PŘÍLEŽITOSTI CELKEM			-4,4	HROZBY CELKEM			-3,9

(vlastní zpracování)

V minulých letech se firmě obzvláště dařilo. Roční nárůsty produkce byly v řádech desítek procent. Tento trend je však ve stávající budově neudržitelný, proto bylo vedením společnosti Endress+Hauser, jakožto hlavního investora, rozhodnuto zahájit činnosti spojené s hledáním nových prostor. Dlouhodobá strategie společnosti E+H podporuje, pokud možno, výstavbu vlastních výrobních závodů. Proto došlo v roce 2021 k vytipování pozemku a zahájení inženýrských prací a žádostí o výstavbu. Zdlouhavý proces se nyní nachází ve fázi územního rozhodování. Předpokládané dokončení výstavby a možné stěhování je plánováno na konec roku 2025.

7 ANALÝZA STÁVAJÍCÍHO STAVU

V této části práce bude přiblížen stávající stav rožnovského závodu z pohledu rozmístění výrobních ploch v budově, analýzy tras mezi procesy, vytíženosti tras, bilance druhů výrobních ploch, mapování materiálových toků a identifikace výroby.

7.1 Výrobní systém

Výroba v IST má charakter lehké průmyslové výroby. Jedná se o čisté prostředí s lehkou hlukností. Směnový systém je kombinovaný. Malá část výrobních zaměstnanců pracuje na jednosměnný provoz, zpravidla se jedná o specialisty operátory, kteří mají několikaleté zkušenosti se stroji na určitém procesu. Největší zastoupení má dvousměnný provoz. Trojsměnný provoz je nejmladší, začalo se ho využívat s nárustem produkce, aby se navýšila kapacita a využitelnost zařízení.

7.1.1 Rozmístění pracovišť ve výrobě

Z pohledu rozložení výroby se jedná o uspořádání kombinované. V části výroby jde o technologické uspořádání, kde nalezneme skupiny podobných strojních zařízení umístěných u sebe. Jedná se o procesy řezání, svařování, abdekování, sušení, měření, krimpování, prodlužování, pájení, pouzdření a balení. V další části výroby zase předmětné a buňkové uspořádání. Zde se jedná o část výroby, kde se nachází specifická montáž pro konkrétního zákazníka.

7.1.2 Typy výrobních procesů

Hlavní procesy

Řezání – první pracoviště ve výrobě, jsou zde rozřezávány keramické desky, tzv. substráty viz obrázek 17 níže. Toto je prováděno na high speed cuttig automatech společnosti Disco.

Svařování – na nařezané pásky senzorů jsou na jedinečných svařovacích automatech svařovány dráty, lanka nebo hřebínky různých délek a tloušťek

Abdekování – přes vytvořený svár je nanesena krycí pasta různých vlastností, poté materiál projde průběžnou pecí a je dále lámán nebo řezán na jednotlivé senzory

Sušení – materiály musí projít několikahodinovým sušením, aby došlo k vytvrzení materiálu a ustálení jeho vlastností.

Měření – každý ze senzorů je naložen do měřicí karty a změřen. Poté je dle naměřených hodnot zařazen do jedné z kategorií A, B, C, X, Y.

Zákaznický specifický procesy

Krimpování – jedná se o proces, kde je na drát pomocí krimpovacího zařízení připevněn krimp.

Prodlužování – cínování, pájení a další speciální ruční práce pro zákazníky.

Laser – další z forem manuálního svařování drátu k připraveným senzorům.

Pouzdrění – zalívání senzorů do specifických držáků, konektorů, trubiček.

Pájení – pájení senzorů k plíškům a dalším typům materiálu.

Montáže – různé druhy ručních prací, které přidávají hodnotu výrobku a požaduje je zákazník. Zpravidla se jedná o zašlauchování, tzn. překrytí senzoru s dráty specifickou formou bužírky, aby byl senzor dostatečně zaizolován.

7.1.3 Typ výroby

Společnost se snaží přizpůsobit zákazníkovi, proto se ve výrobě setkáme s kusovou, sériovou i hromadnou výrobou.

Největší zastoupení má hromadná výroba, jedná se o základní procesy. V tomto případě zákazník dostává základní senzor z portfolia výrobků. Sériová výroba zahrnuje většinou výrobky montované, kdy pro zákazníka doplní senzor o prodloužené dráty, konektory nebo krimpy, případně další požadavky. Kusová výroba je velice specifická, většinou se mění technologie sváření na sváření pomocí laseru. Zde je velice úzká spolupráce s technologií a zákazníkem.

7.1.4 Plánování výroby

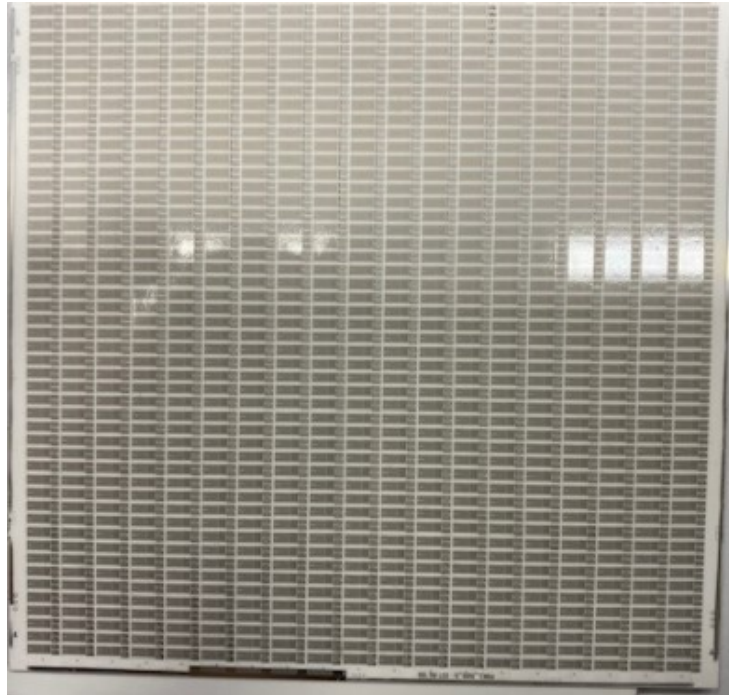
Plánování výroby je opět kombinované. Systém funguje na pull i push systému. Většina výroby je řízena tahem od zákazníka, jsou však vybrány skupiny výrobků, které se vyrábí na minimální sklady. To pomáhá výrobě s rychlejšími dodávkami zákazníkům, dochází k lepšímu vybalancování výroby, ať už v době snížených nebo zvýšených objednávek. Zakázky se plánují v systému SAP.

7.1.5 Materiály ve výrobě

Ve výrobě se vyskytují dvě kategorie materiálu. Výrobní materiály a pomocné materiály.

U výrobního materiálu jde převážně o dráty, lanka, epoxid, šlauchy, pasty. Každý takovýto materiál má své specifické číslo v SAP.

Specifickým a jedinečným výrobním materiálem je substrát neboli keramická destička oxid hlinitý (Al_2O_3), na kterou jsou různými technikami napařovány tenké vrstvy dalších specifických materiálů. Substrát vyrábí mateřská společnost IST AG. Má pro tuto výrobu vyhrazenou speciální technologii v tzv. čistých prostorách.



Obrázek 17 Vstupní keramický substrát (vlastní zpracování)

Druhá kategorie, pomocné materiály, představuje všechny ostatní materiály. Jedná se převážně o materiál, jakým jsou sáčky, kartony, jehly, etikety.

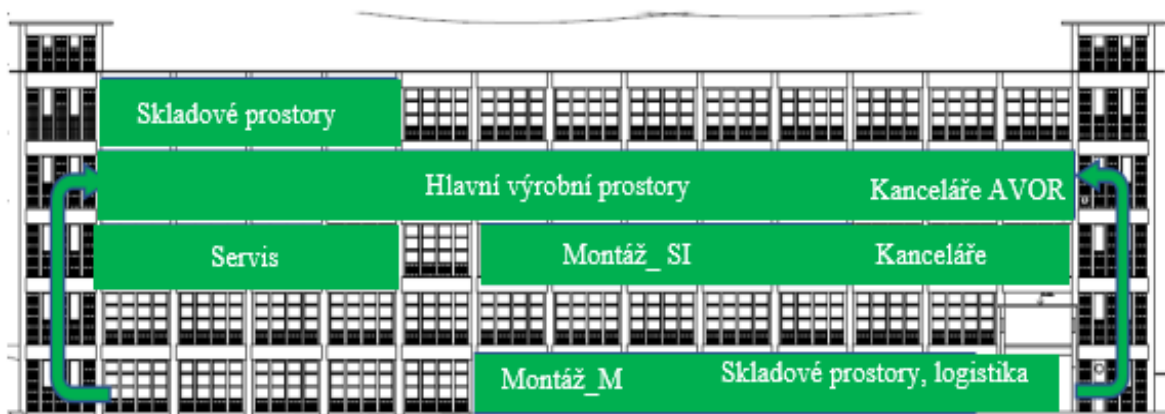
7.2 Analýza výrobních prostor

Všechny výrobní prostory společnosti IST se nacházejí v budově M2, umístěné v průmyslovém areálu bývalé Tesly. Budova M2 společně s architektonicky totožnými budovami M1 a M3 tvoří dominanty areálu Tesly. Budova má dvě postranní schodiště, jeden osobní a jeden nákladní výtah.



Obrázek 18 Budova M2 (vlastní zpracování)

IST nesídlí v budově sama, část prostor si pronajímají stejně jako IST i jiné společnosti. Hlavní výrobní plochy IST se rozkládají ve 4. NP. Jedná se přibližně o plochu 744,4 m². Ve 3. NP zabírá výrobní plochu 74,2 m² a v 1. NP 106,6 m². Celková čistá výrobní plocha byla stanovena na 924,8 m². Do této plochy se nezapočítává oddělení vývoje a výroby past.



Obrázek 19 Pronajaté plochy IST (vlastní zpracování)

7.2.1 Vizualizace výrobních ploch

IST doposud postrádala ucelený detailní layout všech výrobních ploch, proto došlo k vyhotovení skic a následnému zakreslení všech výrobních místností, ploch, zařízení a dalšího dílenského nábytku v rýsovacím programu AutoCAD. Na obrázcích níže lze vidět rozvržení výrobních ploch ve 4. NP, 3. NP a přízemí. Jedná se o detailní formu návrhu.



Obrázek 20 Budova M2 layout 4.NP (vlastní zpracování)

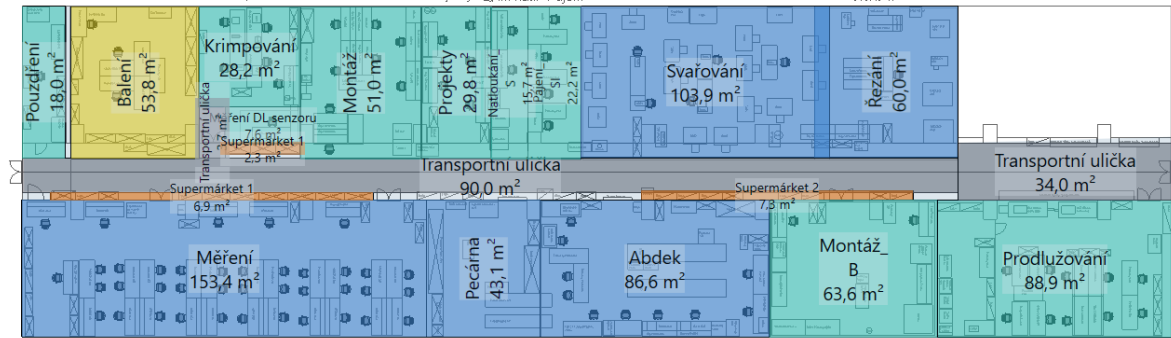


Obrázek 21 M2 layout 3. NP + M2 Layout přízemí (vlastní zpracování)

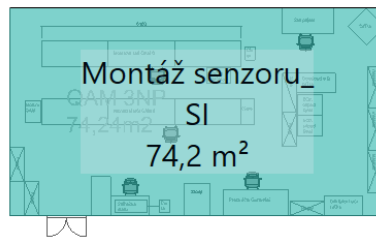
Náměry probíhaly tzv. za provozu. Během náměrů bylo formou rozhovoru zjišťováno, jak aktuální layout na pracovišti vyhovuje a v čem vidí operátorky potenciál na zlepšení. Náměry bylo v aktuálních prostorách zjištěno minimální možné množství ploch pro další růst výroby. Některé části jednotlivých procesů, například regály nebo skříně s materiálem, jsou umístěny na chodbě. V případě doplňování a odebírání vstupních a spotřebních materiálů může docházet k zúžení obousměrné uličky.

7.2.2 Bilance výrobních ploch

V další části byla analyzována plocha procesů. K této analýze byl využit software visTABLE. VisTABLE představuje nástroj pro digitální plánování továrny. Skládá se z více modulů, které dokáží zpracovaná data různými způsoby vizualizovat. Jednou z funkcí je bilance výrobních ploch. Bylo zapotřebí označit všechny plochy související s výrobou přesným rozměrem a také druhem plochy, který byl v programu předem definován. Kancelář AVOR, která vychystává substráty pro zakázky, byla do této bilance také zahrnuta.



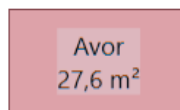
Obrázek 22 M2 layout 4. NP bilance výrobních ploch (vlastní zpracování)



Obrázek 23 M2 layout 3. NP
Montáž_Si (vlastní zpracování)



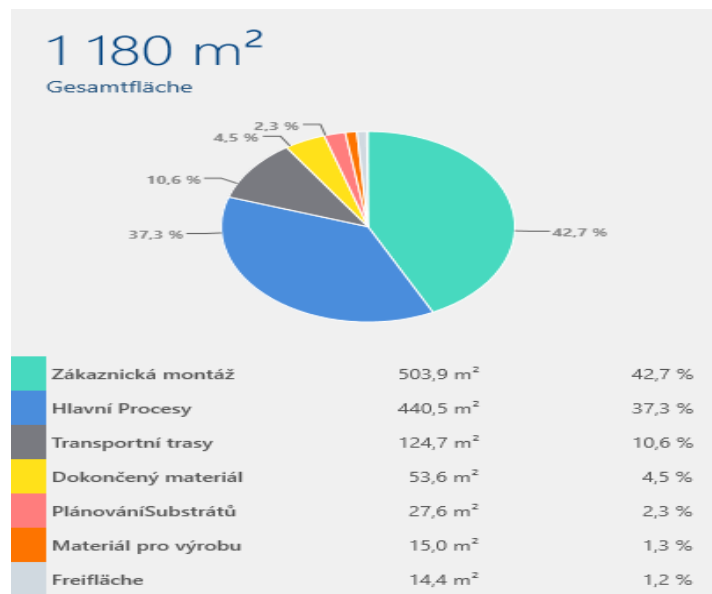
Obrázek 24 M2 layout 1. NP
Montáž_M (vlastní zpracování)



Obrázek 25 M2
layout 4. NP
AVOR (vlastní
zpracování)

Jak lze vidět na obrázku 26, převládá zelená barva. Celková plocha u této kategorie je 503,9m² a zaujímá 42,7 % z hodnocené plochy. Jedná se o výrobní procesy zákaznický specifické, kde převládají montážní procesy. Bohatě obsazenou kategorií v modré barvě s celkovou hodnotou 37,3 % a plochou 440,5m² představují hlavní výrobní procesy. Třetí nezanedbatelnou položkou jsou transportní uličky s šedou barvou. Plocha zaujímá 10,6 %

a 124,7m². Další plochy, jako např. balení, materiál pro výrobu, zaujímají zanedbatelnou část viz obrázek 26.



Obrázek 26 M2 bilance ploch spojených s výrobou (vlastní zpracování)

Z vyhodnocení grafu na obrázku 24 je patrné, že z celkové plochy 1180m² obsažené pro tuto analýzu, 80% tvoří hlavní a montážní procesy.

7.3 Analýza materiálového toku

Pro analýzu materiálového toku byl použit jeden z modulů programu visTABLE nazvaný visTABLE®logix. Tento nástroj dokáže zpracovat data z výroby a proměnit je v mapu materiálového toku, a ty pak dále používat v podobě podkladů pro další analýzy.

Jako podklady slouží důležité informace z výroby popsané níže, například procesní kroky, procesní časy, objem výroby.

7.3.1 Procesní kroky

Procesní kroky u jednotlivých skupin výrobků vycházejí z firemního systému SAP Hana a byly zobrazeny v transakci CA03 – zobrazení pracovního postupu. Zde se nacházejí jednotlivé kroky pracovního postupu, které musíme přiřadit k jednotlivým procesům v produkci. Na obrázku 27 je jako příklad uveden postup jednoho ze skupiny senzorů 6W.

Oper...	Pod	Pracoviště	Závod	Řídic...	Klíč standar...	Popis
0010		1010001	1010	ZQ02		CZT2K04_Svařování-KD
0020		1010003	1010	PP01		CZT2K07_Abdekování_a_hotplate
0030		1010010	1010	PP01		CZT2K07_Sušení_Pec_1
0040		1010010	1010	PP01		CZT2K07_Sušení_Pec_2
0050		1010008	1010	PP01		CZT2G15_Vypalování
0060		1010006	1010	ZQ02		CZT2K03_Lámání_Optická kontrola
0070		1010016	1010	PP01		CZT2M03_Měření před stámutím
0080		1010019	1010	PP01		CZT2G05_Stámutí-LN2
0090		1010015	1010	PP01		CZT2G05_Stámutí
0100		1010002	1010	PP01		CZT2G14_Cyklování
0110		1010016	1010	PP01		CZT2M03S07S10_Měření-KD_Optická kontrola
0120		1010005	1010	PP03		CZT2S30_Balení_Etikety

Obrázek 27 Pracovní postup skupina senzorů 6W (interní zdroj)

7.3.2 Procesní časy

V téže transakci máme i jednotlivé časy, z kterých bylo vycházeno ve visTABLE@logix.

Zákl.	množství	Mě...	Přípravný čas	Je...	Druh vý...	Strojní čas	Je...	Druh vý...	Pracovní čas	Je...	Druh vý.
100		KS	5	MIN	RU02	15	MIN	MA02	7	MIN	PA02
100		KS		MIN	RU02	3	MIN	MA02	3	MIN	PA02
1		KS	3	MIN	RU02	4	H	MA02	5	MIN	PA02
1		KS	1	MIN	RU02	20	MIN	MA02	1	MIN	PA02
2,184		KS	3	MIN	RU02	80	MIN	MA02	15	MIN	PA02
100		KS		MIN	PA02		MIN		0.500	MIN	PA02
2,184		KS		MIN	RU02	15	MIN	MA02	20	MIN	PA02
1		KS	5	MIN	PA02	30	MIN	MA02	5	MIN	PA02
1		KS	5	MIN	RU02	360	MIN	MA02	2	MIN	PA02
1		KS	5	MIN	RU02	24	H	MA02	2	MIN	PA02
200		KS		MIN	PA02	15	MIN	MA02	45	MIN	PA02
100		KS		MIN	PA02		MIN		2.500	MIN	PA02

Obrázek 28 Procesní časy skupina senzorů 6W (interní zdroj)

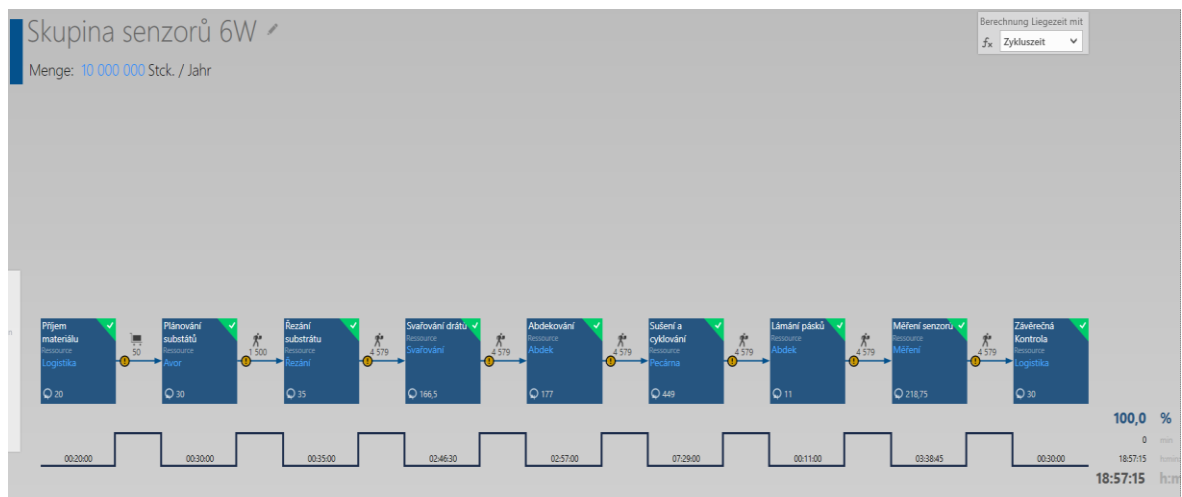
7.3.3 Objem výroby

Pro analýzu bylo počítáno se zaokrouhlenými daty o objemu výroby v uzavřeném roce 2022.

Skupina senzorů 6W	10 000 000ks
Skupina senzorů 3W_3FW_3K	5 000 000ks
Skupina senzorů 4W	1 000 000ks
Zákazník _M	700 000ks
Zákazník _SI	1 700 000ks
Zákazník _WER	300 000ks
Zákazník _FS	500 000ks

7.3.4 Zpracování dat VisTABLE®logix

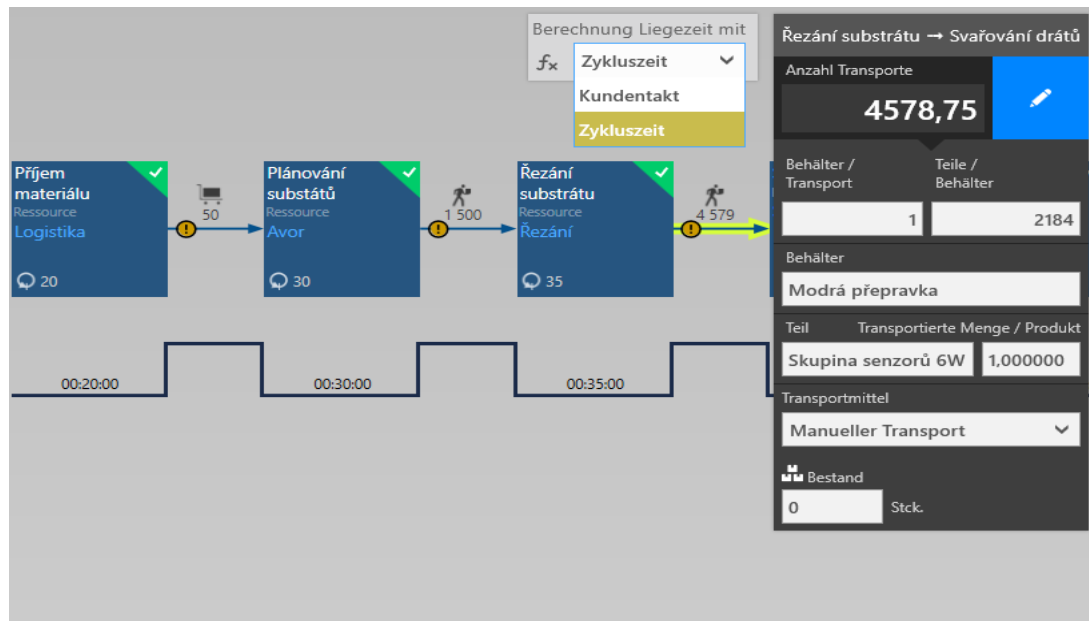
Jak už bylo v úvodu řečeno, IST má široký výrobní program. Aby bylo možné zmapovat tok materiálu, byly vybrány tři nejpočetnější skupiny produktů procházející hlavními procesy a dále pak čtyři zákaznické specifické, kde je navíc prováděna montáž. Jedná se o skupinu senzorů 6W, 3W_3FW_3K, 4W a zákaznické montáže M, SI, WER, FS. Za každou skupinu velkoobjemových senzorů a zákaznickou montáž byl vybrán senzor, který zákazníci nejčastěji poptávají. U každého z takto vybraných senzorů byla zhotovena mapa materiálového toku, jak vidíme na obrázku 29. Mapu tvoří jednotlivé procesy, v programu nazývané též zdroje, propojené v reálném pořadí mezi sebou. Každé propojení má jasně definované četnosti, velikosti jedné dávky a druh transportu. Tyto údaje byly přidány ke každému procesnímu kroku.



Obrázek 29 Tok produktu skupina senzorů 6W (vlastní zpracování)

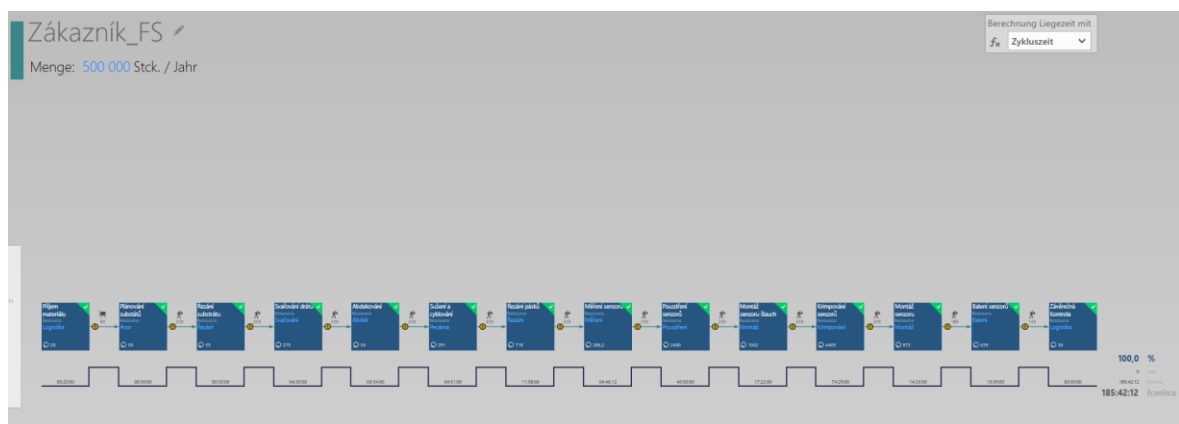
Vyhotovení mapy

Pro další postup bylo nutné zhotovení kostky s názvem činnosti, připojí se zdroj, v tomto případě je myšlen proces ve výrobě, například řezání. Vždy se doplní pracovní čas. Šipka znamená transport. Nad ní se nachází roční počet transportů a symbol druhu transportu. Například manuální vozík, vysokozdvizný vozík, přepravní pás. Počet transportů se dopočítá automaticky z celkového ročního objemu, a nastavené velikosti jedné transportní dávky. Dále může být nastaven výpočet doby taktu zákazníka, nebo čas cyklu. Pro analýzu byl nastaven manuální transport ve výrobě a manuální vozík pro trasy z logistiky a zpět.



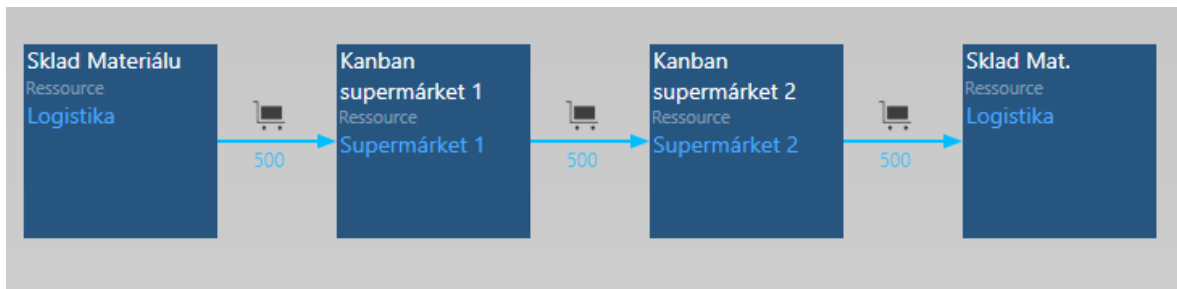
Obrázek 30 Příklad tvorby mapy materiálového toku 6W (vlastní zpracování)

U některých produktů je mapa toku materiálu dlouhá. Lze vidět, že si tyto výrobky prochází velkým počtem procesních kroků viz. obrázek 31.



Obrázek 31 Mapa toku materiálu senzor_FS (vlastní zpracování)

Aby bylo zmapování vytížení tras kompletní, bylo potřeba zaznamenat zásobování materiálem z logistiky k jednotlivým procesům, kde jsou umístěny regály nebo skříně. V programu nazváno jako „supermarket“. Tyto malé mezisklady obsahují výrobní i spotřební materiál. Logistika doplňuje chybějící materiál na pravidelné bázi, poprvé dvě hodiny po začátku ranní směny a podruhé hodinu po začátku odpolední směny. Dále pak na zavolání. Materiál se přepravuje v ručním vozíku.



Obrázek 32 Mapa pro zásobování materiálem (vlastní zpracování)

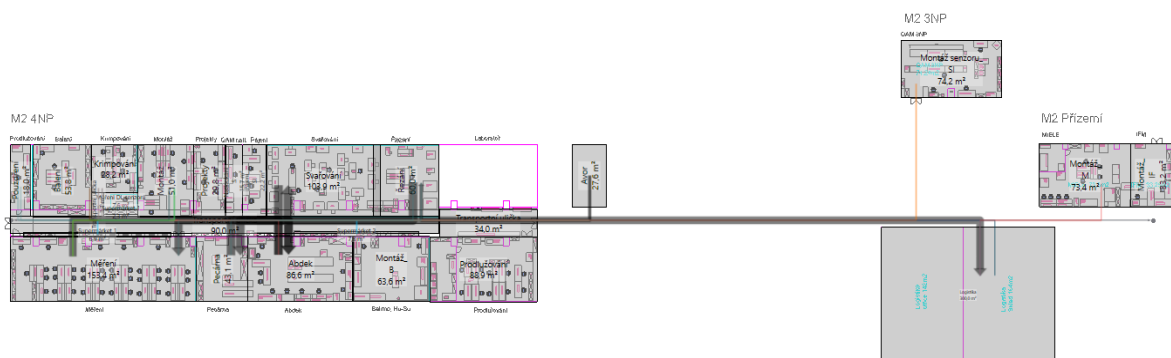
7.4 Vyhodnocení materiálového toku

Především kroky v programu visTABLE vedly k tomu, že program nyní dokáže vyhodnocovat data z různých pohledů. Využívá k tomu metody prostorového rozmístění CRAFT, S.L.P, trojúhelníková metoda a jiné. Vizualizace je formou Sankey diagramu.

7.4.1 Vizualizace materiálového toku

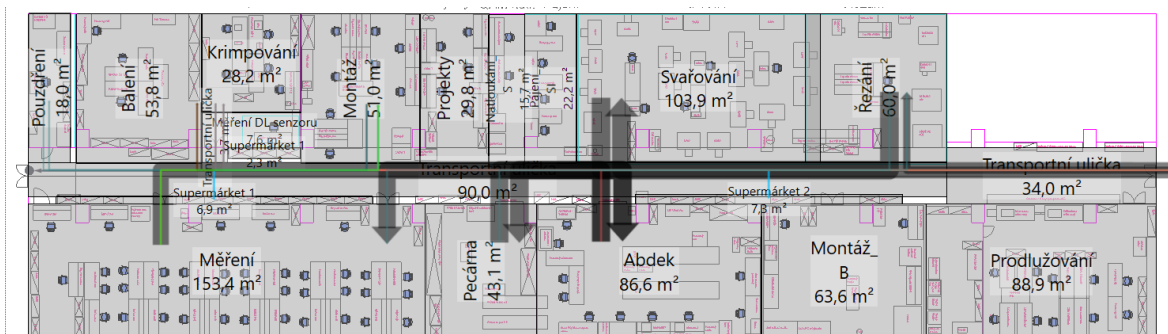
Jak ukazují vypracované layouts v úvodu analýzy, společnost IST se rozkládá v několika patrech objektu M2. Některé výrobní procesy, které máme zahrnuté v analýze, se nacházejí v 3. NP a přízemí. Logistika, kterou máme také zahrnutu v toku hodnot produktu, se nachází v přízemí. Jako počáteční a konečný proces je pro tuto analýzu nepostradatelná. Všechny trasy začínají a končí na logistice.

Pro správné nastavení vyhodnocení tras a vizualizaci Sankey diagramem bylo nutno vyměřit vzdálenosti mezi výrobou ve 4. NP a logistikou. Totéž bylo provedeno u ostatních výrobních prostor z 3. NP a přízemí. Tyto vzdálenosti byly zahrnuty do nákresu layoutu. Díky tomuto narovnání vzdáleností dokáže program visTABLE s těmito daty pracovat a analýza může být provedena. Na obrázku 33, lze vidět kompletní layout výrobních ploch spojen Sankey diagramem, jehož základem je celková mapa materiálového toku.



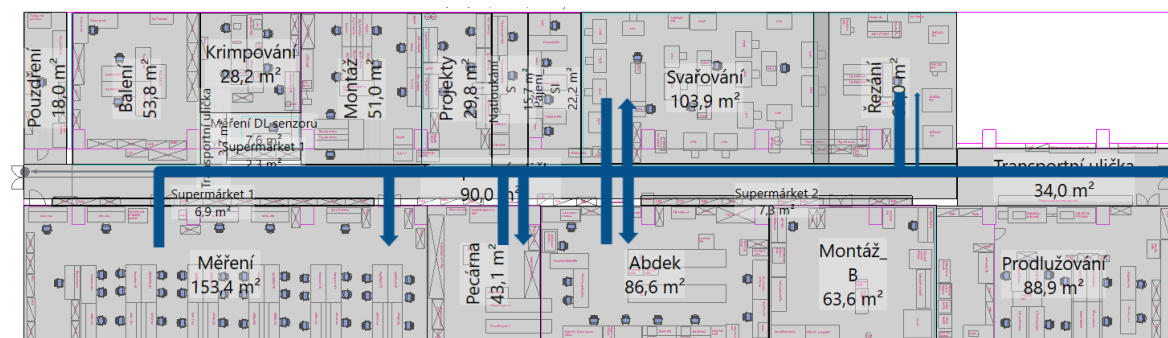
Obrázek 33 Celkový layout Sankey diagram (vlastní zpracování)

Na zvětšeném detailu výroby ve 4. NP lze vidět trasy jednotlivých skupin produktů, tak jak byly nastaveny ve visTABLE@logix. Tloušťku čáry určuje objem materiálového toku za dané období. V tomto případě roční období. Nejintenzivnější trasy jsou vyznačeny tmavě. Při detailnějším zaměření si lze povšimnout barevného odlišení produktů, tak jak jsme si předdefinovali v programu.



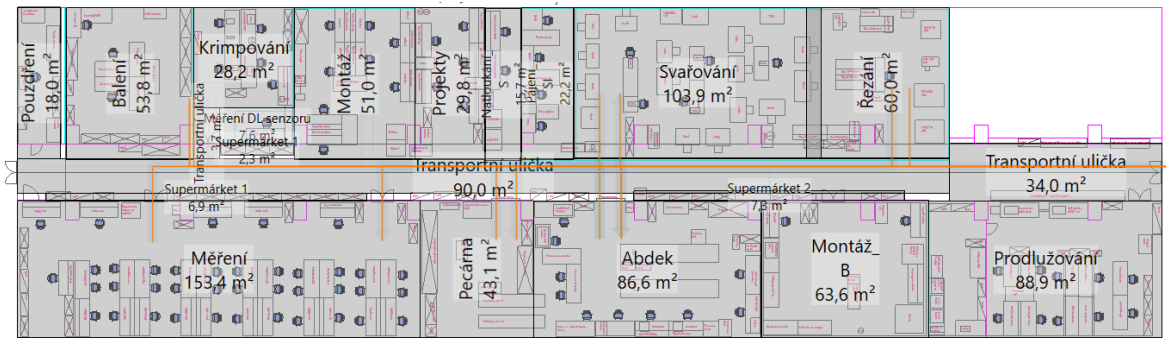
Obrázek 34 Layout 4.NP - Sankey diagram (vlastní zpracování)

Z analýzy vyplývá, že nejzatíženější jsou trasy mezi hlavními procesy, kde je objem přesouvaného materiálu největší. Pokud si program přepneme z vizualizace všech produktů například na objemově největší 6W senzor, vidíme na obrázku xx, že produkt prochází opravdu jen hlavními procesy a intenzita je značná.



Obrázek 35 Layout 4. NP skupina senzorů 6W - Sankey diagram (vlastní zpracování)

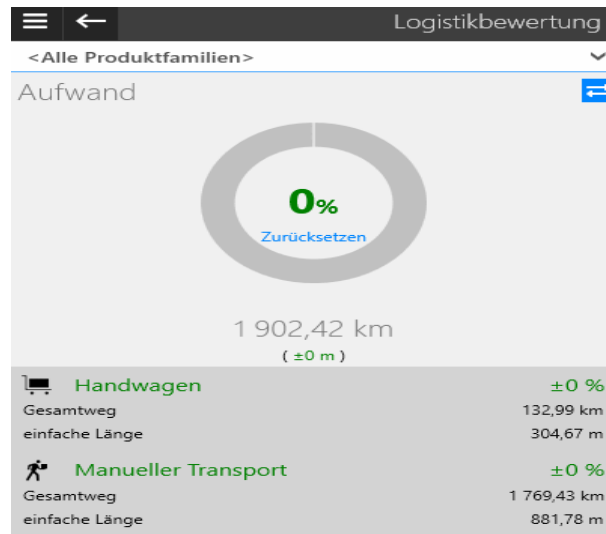
Při srovnání pohybů nejvíce objemového senzoru 6W obrázek 35 a nejvíce objemového zákaznického senzoru SI na obrázku 36, vidíme, že intenzita u druhého jmenovaného je vizuálně ztlačně nižší.



Obrázek 36 Layout 4. NP skupina senzorů SI - Sankey diagram (vlastní zpracování)

7.4.2 Vyhodnocení zjištěných skutečností

Díky zadaným výrobním datům v bodu 6.4 bylo programem provedeno vyhodnocení materiálových toků a nákladů. Jak lze vidět na obrázku 37 graf ukazuje procentuální změnu směrem k referenčním hodnotám. Pro tuto diplomovou práci považujeme aktuálně analyzovaný stav ve výrobě jako výchozí bod pro analýzu, tedy 0 %. Při hodnocení celého portfolia zvolených senzorů (Alle Produktfamilien) byla v hodnotícím časovém období jednoho roku zjištěna celková délka materiálových toků 1902 km. Jedná se o součet všech příslušných vzdáleností, vynásobený příslušnou frekvencí dopravy mezi zdroji. Využity byly dva typy dopravních prostředků. Ruční vozík (Handwagen) a manuální transport (Manueller Transport). Ruční vozík představuje všechny transporty z logistiky do výroby. V rámci výpočtu se jedná o totožné náklady jako na manuální transport. Pohyb je vykonáván člověkem za stejnou časovou jednotku. Celková délka transportu (Gesamtweg) ručního vozíku za sledované období jednoho roku je 133 km, u manuálních transportů je součet materiálových toků 1769 km. Dále zde máme celkovou sumu délek jedné trasy od každého produktu z námi analyzovaného portfolia (einfache Länge).



Obrázek 37 VisTABLE - Vyhodnocení délky toku materiálu celkem (vlastní zpracování)

V tabulce najdeme celkové vyhodnocení rozdělené na jednotlivé typy vybraných produktů. Za zmínku stojí Montáž_SI, u kterého materiál urazí cestu bezmála 450 m, než se vrátí zpět na logistiku jako hotový výrobek a je připraven na odeslání zákazníkovi. Senzor 6W ročně překoná vzdálenost materiálového toku 919 km. Podílí se tak polovinou na celkové délce transportů ve výrobě.

Tabulka 2 Vyhodnocení délek materiálových toků

Vyhodnocení materiálových toků		Vybrané portfolio produktů pro analýzu								
Typ přepravy	Vzdálenost mezi definovanými procesy	6W	4W	3W,3PW,3K	Montáž_M	Montáž_SI	Montáž_WER	Montáž_FS	Materiál	Celkem
Manuální transport	Celková délka tras (Km)	918,7	94,72	368	75,1	218,29	28,03	66,59		1769,43
	Jedna cesta celkem (m)	219,81	219,8	219,81	236,66	446,96	252,65	334,45		1930,15
Ruční vozík	Celková délka tras (Km)	2,88	2,88	2,88	4,25	2,88	2,88	2,88	111,45	132,99
	Jedna cesta celkem (m)	57,61	57,61	57,61	81,76	57,61	57,61	57,61	222,91	650,33
Celkem transporty	Délky tras	921,58	97,6	370,88	79,35	221,17	30,91	69,47	111,45	1902,42

(vlastní zpracování)

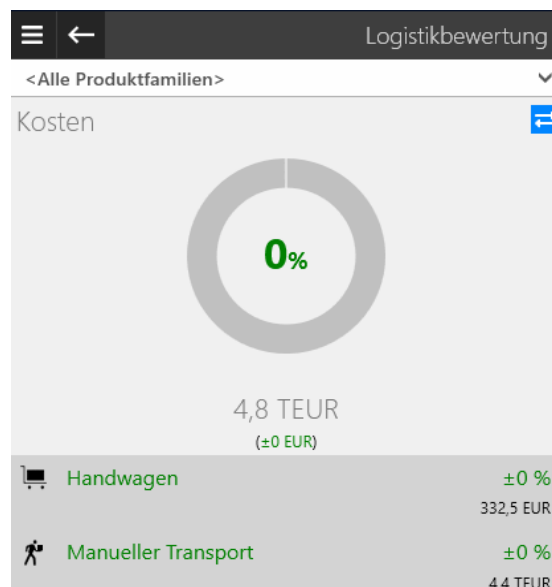
Díky výpočtu délek toků materiálu v předcházející části a vypočítané průměrné hodnotě nákladu na 1 metr chůze zaměstnance logistiky a výroby, dostaneme hodnoty nákladů na transport.

Tabulka 3 Výpočet nákladu na 1m chůze

Průměrný personální náklad	300	Kč/h	
Kurz (23.2.2023)	23,67		
Průměrný personální náklad (hod)	12,7	Eur/h	
Průměrný personální náklad (sek)	0,0035	Eur/s	Průměrný personální náklad (hod)/3600
Průměrná rychlost chůze člověka	1,39	m/s	
Náklad chůze na 1metr	0,0025	Eur/m	Průměrný personální náklad (sek)/Průměrná rychlost chůze člověka

(vlastní zpracování)

Výpočet je proveden v eurech, hodnota je zadána do programu visTABLE, který data propojí a vizualizuje nám vypočtené hodnoty. Na obrázku 38 lze vidět celkové vypočtené náklady na transporty ve výši takřka 4759 EUR za rok. Manuální transporty se podílí ve výši 4427 EUR, přepravy materiálu ručním vozíkem 332,5 EUR.



Obrázek 38 VisTABLE – Celkové vyhodnocení nákladů (vlastní zpracování)

Rozdělená data z programu se nachází v tabulce 4. Podle očekávání kopírují náklady délky tras.

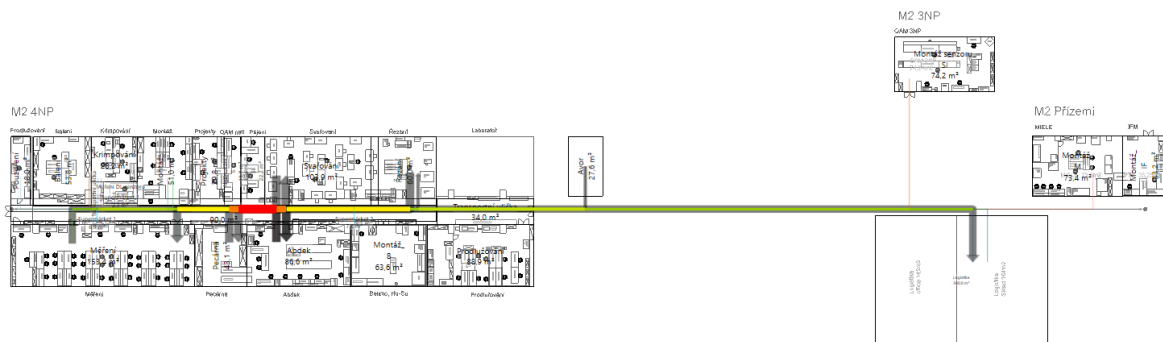
Tabulka 4 Vyhodnocení nákladů na materiálové toky

Vyhodnocení nákladů na materiálové toky		Vybrané portfolio produktů pro analýzu								
Cena přepravy	Cena transportního času mezi definovanými procesy	6W	4W	3W,3FW,3K	Montáž_M	Montáž_SI	Montáž_WER	Montáž_FS	Materiál	Celkem
Manuální transport	Eur	2300	236,8	920	187,8	545,7	70,1	166,5		4426,9
Ruční vozík	Eur	7,2	7,2	7,2	10,6	7,2	7,2	7,2	278,6	332,4
Cena celkem	Eur	2307,2	244	927,2	198,4	552,9	77,3	173,7	278,6	4759,3

(vlastní zpracování)

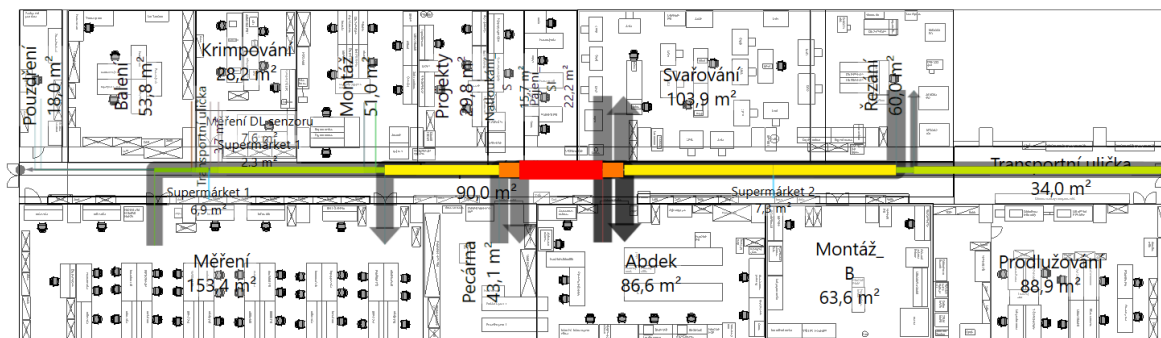
7.4.3 Zatížení transportní sítě

Dalším z úhlů pohledu, kterým se analýza stávajícího stavu zabývá, je pohled na zatížení transportní sítě. Nejvíce vytížené uličky jsou uprostřed hlavní výrobní haly, jak je zobrazeno na obrázku 39. Zvýrazněno červenou barvou. Celá škála intenzity je dále rozlišena přechodem od červené, přes žlutou, k zelené barvě. Z detailu na obrázku 40 vyplývá, že mezi procesy abdekování a sušení na pecárně, dochází k největší intenzitě materiálového toku. Počty těchto transportů jsou uvedeny níže na obrázku



Obrázek 39 VisTABLE – Zatížení transportní sítě (vlastní zpracování)

Při pozorování ve výrobě byla potvrzena tato vysoká intenzita zatížení. Společnost IST má přibližně dva roky nainstalovány automatické dveře na senzor v místě vstupu do místnosti abdekování a také do místnosti pecárny. To velice pomohlo plynulosti přecházení, protože mezi těmito procesy dochází k permanentnímu přenášení rozpracovaného materiálu. Tato trasa vede přes hlavní uličku ve výrobě. V tomto úseku je zvýšené riziko kolize s pracovníky z jiných procesů.

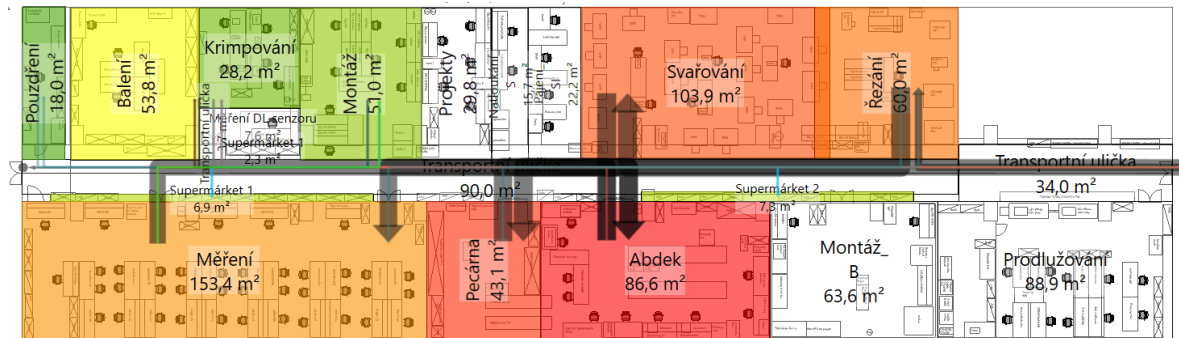


Obrázek 40 VisTABLE – Zatížení transportní sítě detail (vlastní zpracování)

Nejvíce frekventovaným místem projde celkově 34050 transportů. Jak lze vidět na obrázku xx nejčastěji (8017x) z abdeku do pecárny, (7782x) z pecárny na abdek, (7453x) z abdeku na měření a (6886x) z měření na logistiku.

Transporte	Transportmittel	Detail
34 050	Manueller Transport, Handwagen	34 050 Manueller Transport, Handwagen ABC: 100.0% 8 017 (7 Warenströme) von: Abdek nach: Pecárna Manueller Transport
26 268	Manueller Transport, Handwagen	7 782 (6 Warenströme) von: Pecárna nach: Abdek Manueller Transport
26 033	Manueller Transport, Handwagen	7 453 (5 Warenströme) von: Abdek nach: Měření Manueller Transport
18 486	Manueller Transport, Handwagen	6 886 (3 Warenströme) von: Měření nach: Logistika Manueller Transport
18 486	Manueller Transport, Handwagen	705 (3 Warenströme) von: Balení nach: Logistika Manueller Transport
18 016	Manueller Transport, Handwagen	629 Zákazník_SI von: Montáž_senzoru_SI nach: Balení Manueller Transport
13 103	Manueller Transport, Handwagen	500 Materiál pro výrobu von: Logistika nach: Supermáket 1 Handwagen
11 439	Manueller Transport, Handwagen	500 Materiál pro výrobu von: Supermáket 1 nach: Supermáket 2 Handwagen
10 909	Manueller Transport, Handwagen	459 Zákazník_SI von: Měření nach: Montáž_senzoru_SI Manueller Transport
10 884	Manueller Transport, Handwagen	329 Zákazník_M von: Krimpování nach: Montáž_M Manueller Transport
10 357	Handwagen, Manueller Transport	235 Zákazník_FS von: Pecárna nach: Řezání Manueller Transport
10 328	Manueller Transport, Handwagen	235 Zákazník_FS von: Řezání nach: Měření Manueller Transport
10 242	Manueller Transport, Handwagen	
9 320	Manueller Transport	
9 270	Handwagen, Manueller Transport	
8 615	Manueller Transport	
7 691	Manueller Transport	
1 236	Handwagen, Manueller Transport	
470	Manueller Transport	
386	Manueller Transport, Handwagen	
235	Manueller Transport	

Obrázek 41 VisTABLE – Vyhodnocení zatížení transportní sítě (vlastní zpracování)



Obrázek 42 VisTABLE – vizualizace procesů (vlastní zpracování)

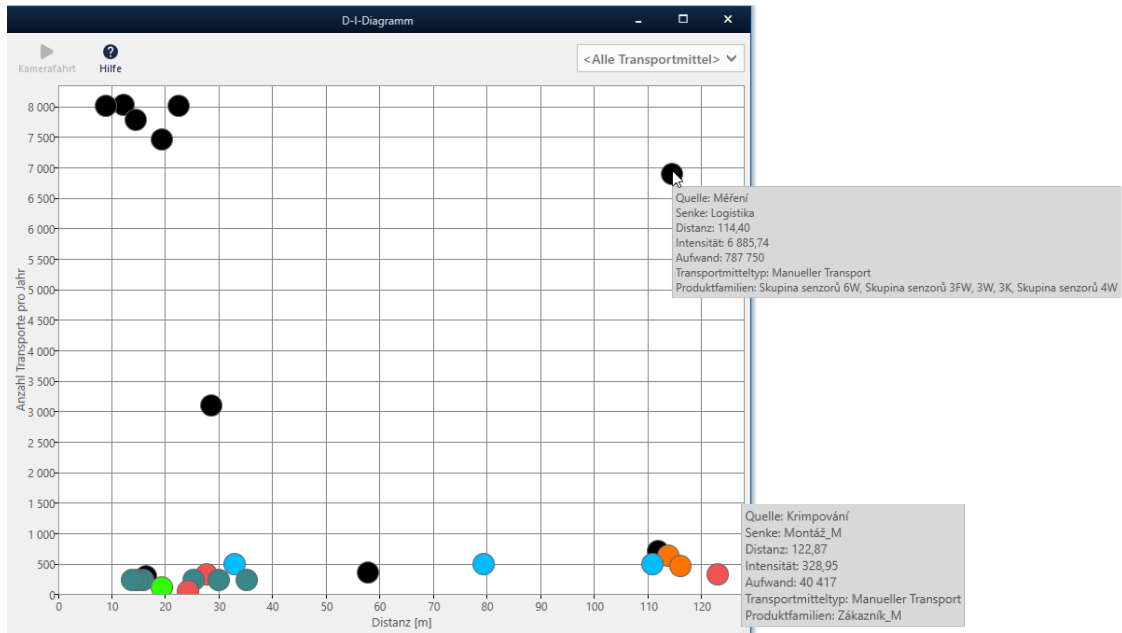
Po vizualizaci procesů podle logiky transportní sítě vyplývá, že rozmístění procesů není optimální. Hlavní výrobní procesy, kde probíhají větší četnosti přeprav, by měly být umístěny co nejblíže u sebe. Opět byla programem použita logika barev od sytě červené, nejvíce frekventovaný proces, po zelenou, méně frekventovaný proces.

7.4.4 D-I-Diagram

Na obrázku 44 je patrný diagram vzdálenosti a intenzity, kde je ve formě bodů znázorněn přehled toků. V levém horním rohu se nacházejí toky s vysokým počtem opakování a nízkou mezioperační vzdáleností. Jde zejména o základní procesy ve výrobě. V pravém dolním rohu se nalézají toky s nízkým počtem opakování za rok, ale s vysokou mezioperační vzdáleností. Do budoucna by bylo vhodné zhodnotit umístění těchto procesů, snížit vzdálenost a tím pádem snížit i náklady, eliminovat plýtvání nadbytečným transportem. Jedná se o transport mezi:

- krimpování → montáž_M
- měření → montáž_SI
- montáž_SI → balení
- balení → logistika
- logistika → supermárket 1.

Nejvíce znepokojující parametry byly zjištěny v pravém horním rohu D-I-Diagramu. Tento tok materiálu mezi měřením a logistikou se vyznačuje vysokou intenzitou, avšak i velkou vzdáleností mezi oběma procesy. Jde o typický příklad plýtvání a neefektivního využití pracovního času. Pokud v blízké době nepůjde upravit vzdálenost mezi těmito dvěma procesy, bude nutné snížit počet transportů za definované období a transportovat více produktů najednou.



Obrázek 43 VisTABLE – D-I-Diagram (vlastní zpracování)

8 SHRUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI

- V analytické části byl popsán výrobní systém společnosti, který není jednoznačný. V různých aspektech je kombinovaný, v mnoha směrech flexibilní, a to odpovídá filozofii společnosti, být zaměřen na vysokoobrátkové zákazníky, ale i na vysoce specifické individuální požadavky zákazníků.
- Dále bylo nutné v AUTOCAD zakreslit aktuální detailní layout všech výrobních prostor. Definovat výrobní plochy jednotlivých výrobních procesů. Díky tomu byla možná bilance všech výrobních ploch. Takto detailní celkový layout výroby se stal spolu se zpracovanými daty z SAP podkladem pro software na plánování továren visTABLE.
- V softwaru byly vytvořeny mapy materiálových toků pro každou vybranou skupinu produktů. Mapa spojuje jednotlivé procesy, určuje intenzity a má jasně definované vzdálenosti. Vyhodnocení v podobě Sankey diagramu, může být vizualizováno za celek, případně jednotlivě.
- Data z D-I-Diagramu nám ukázala dlouhé materiálové toky mezi hlavními procesy. Zákaznický specifické montáže byly v některých případech v jiných patrech budovy a byl zde nutný transport zpět do hlavní výroby, na pracoviště měření a balení.
- Získaná data z analýzy nám poskytla přehled o vytížení dopravních tras a nákladech s nimi spojenými. Celkové materiálové toky vybraných skupin senzorů jsou dlouhé 1902 km za rok. Náklady na tyto transporty jsou 4,8 tis. Eur.
- Díky vizualizaci zatížení tras bylo ve výrobě identifikováno úzké místo mezi abdekem a pecárnou, V obou směrech zde probíhá intenzivní přenos materiálu. Bylo by vhodné se na toto místo zaměřit.
- Všechna výrobní pracoviště byla zcela zaplněna a využita. Některé z procesů, jako například svařování, musely uličky mezi stroji přizpůsobit omezenému prostoru. Z hlediska bezpečnosti práce je potřeba do budoucna odstup zvětšit podle normy.
- Možnost růstu některého z pracovišť je realizovatelný jedině přesunutím některého z méně potřebných pracovišť. Nevyužitá pracoviště se však ve výrobě vyskytují minimálně a nárazově je jich potřeba.

- Do budoucna vzniká riziko, že nově příchozí projekty nebudou mít dostatek místa, muselo by tak dojít k pronájmu a úpravě dalších prostor v objektu M2, mimo aktuální pronajatou výrobní plochu. Budova je však aktuálně plně obsazena jinými nájemci n

9 CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Vedením společnosti IST ve Švýcarsku bylo rozhodnuto o záměru vybudovat v Rožnově vlastní budovu. Hlavní důvody jsou tyto:

1. Majitel pronajal budovu od roku 2026 jinému subjektu.
2. Filozofie majitelů koncernu Endress+Hauser je vlastnit své, nejlépe nové, energeticky méně náročné budovy, šetrné k životnímu prostředí.
3. Goodwill společnosti, jasný dojem na zákazníka.
4. Firemní procesy zaměřené na přidanou hodnotu zákazníkovi, eliminující plýtvání.
5. Sociální zázemí pro zaměstnance.

Vypracovaná analýza současného stavu potvrdila neefektivnost aktuálního materiálového toku mezi výrobními procesy a celkového rozložení výrobních ploch v budově. Z analýzy také vyplývá, že aktuální rozložení výroby a layouty procesů nejsou podle zásad štíhlé výroby a eliminace plýtvání. V nové budově bude při navrhování layoutu nutné se na tato témata zaměřit.

9.1 Informace a cíle projektu

Název projektu: Projekt rozvržení hrubého layoutu nové výrobní haly

Cíl projektu: Návrh layoutu v připravované výrobní hale, tak aby došlo ke zkrácení materiálového toku o 30 %.

Dílčí cíle projektu:

- Rozdělení výrobní haly na výrobu pro velkoobjemové zákazníky, zaměřenou na principy štíhlé výroby a výrobu zákaznickou specifickou zaměřenou na individuální požadavky zákazníka

Tým projektu:

- Ředitel společnosti
- Výrobní ředitel
- Vedoucí výroby
- Vedoucí servisu
- Vedoucí výroby IST Ebnat-Kappel (zástupce mateřské firmy)

- Průmyslový inženýr (autor diplomové práce)

Zahájení projektu: 9/2022

Ukončení projektu: 4/2023

Rozpočet projektu: Pro tento projekt nebyl žádný rozpočet stanoven.

9.2 Logický rámec projektu

Logický rámec pomáhá projektovému týmu a další účastníkům projektu pochopit cíl projektu a aktivity s ním spojené. Díky logickému rámci máme přehled o celkovém projektu.

Tabulka 5 Logický rámec projektu

Hierarchie cílů		Objektivně měřitelné ukazatele	Prostředky ověření	Rizika a předpoklady
Obecný cíl	Možnost růstu, posílení konkurenceschopnosti přesunem do nové výrobní haly	Zvýšení plochy výroby	Bilance ploch program visTABLE	Nedělení tavebního povolení
Účel / Hlavní cíl	Návrh layoutu v připravované výrobní hale, tak aby došlo ke zkrácení materiálového toku o 30 %.	Výsledky analýzy materiálových toků aktuální stav a nejlepší z konceptů	Ukazatel vyhodnocení v programu VisTABLE.	Špatně zvolené metody, práce se programem vistable
Výstupy	1.1. Tři vypracované koncepty layoutu 1.2. Porovnání konceptů 1.3. Porovnání původního stavu s nejlepším konceptem 1.4. Ekonomické zhodnocení projektu	1.1. Navržené koncepty v programu visTABLE 1.2. Programem prezentované výsledky 1.3. Programem prezentované výsledky 1.4. Programem prezentované výsledky	Kontrolní schůzky projektového týmu	Nepřítomnost projektového týmu. Neochota zaměstnanců předávat informace
Klíčové aktivity	1.1.1. Analýzy materiálových toků	Potřebné zdroje:	Časový rámec aktivit:	Časový rámec projektu nebude dodržen
	1.1.2. Vytížení dopravní sítě 1.1.3. Bilance ploch 1.2.1. Vyhodnocení koncept 1.3.1. Porovnání nejlepšího konceptu s aktuálním 1.3.2. Porovnání D-I-Diagramu vzdáleností a 1.4.1. Ekonomické zhodnocení projektu	Projektový tým Rozhovory visTABLE SAP Layouty nové budovy	1.1. - 2023 týden 1-5 1.2. - 2023 týden 6-7 1.3. - 2023 týden 8-9 1.4. - 2023 týden 10	

(vlastní zpracování)

9.3 Harmonogram

Harmonogram představuje nedílnou součást projektu. Důležité milníky jsou zaznamenány a celkový přehled nám pomáhá soustředit se na jednotlivé úkoly a předejít tak zpoždění.

Tabulka 6 Harmonogram projektu

Projektové kroky	září	říjen	listopad	prosinec	leden	únor	březen	duben
Definice projektu	■							
Seznámení se s procesy		■	■					
Vypracování stávajícího layoutu			■	■	■			
Analýza současného portfolia výrobků				■	■			
Kontrolní schůzka týmu				■				
Zpracování dat v software pro digitální navrhování továrny				■	■	■		
Vypracování tří variant nového layoutu					■	■	■	
Kontrolní schůzka týmu						■		
Vyhodnocení nejlepších variant						■	■	
Porovnání nejlepších variant s aktuálním stavem							■	
Zhodnocení projektu								■
Prezentace výsledků projektovému týmu								■
Předání podkladů projekční společnosti								■

(vlastní zpracování)

9.4 Analýza rizik

Informace o metodě RIPRAN™

Metoda RIPRAN™ (RIsk PROject ANalysis) je určena zejména pro analýzu projektových rizik. Autorem metody je Branislav Lacko. Metoda vznikla původně za účelem analýzy rizik automatizačních projektů. Praxe ukázala, že metodu je možno aplikovat pro analýzu rizik širokého spektra různých projektů a v určitých případech i pro analýzu jiných druhů rizik, než jsou projektová rizika. RIPRAN™ je ochranná známka registrovaná Úřadem průmyslového vlastnictví Praha pod registračním číslem 283536.

Pro analýzu rizik byla vybrána metoda RIPRAN. Nejprve byly zajištěny podklady pro tuto analýzu, stanoveny hrozby projektu a posléze doplněny adekvátní scénáře. Pomocí tabulky pro přiřazení třídy hodnot rizika byly stanoveny míra pravděpodobnosti a dopady.

Tabulka 7 Tabulka pro přiřazení třídy rizika

Přiřazení hodnot rizika	Velký dopad na projekt	Střední dopad na projekt	Malý dopad na projekt
Vysoká pravděpodobnost	Vysoká hodnota rizika	Vysoká hodnota rizika	Střední hodnota rizika
Střední pravděpodobnost	Vysoká hodnota rizika	Střední hodnota rizika	Nízká hodnota rizika
Nízká pravděpodobnost	Střední hodnota rizika	Nízká hodnota rizika	Nízká hodnota rizika

(vlastní zpracování)

Tabulka 8 Identifikace rizik

Pořadí	Hrozba	Scénář	Pravděpodobnost	Dopad na projekt	Hodnota rizika
1	Nedodržení termínů	Pozdní předání podkladů projekční firmě, spoždění stavebního povolení	Střední pravděpodobnost	Střední dopad na projekt	Střední hodnota rizika
2	Nechota zaměstnanců předávat informace	Opoždění harmonogramu	Nizká pravděpodobnost	Nizký dopad na projekt	Nizká hodnota rizika
3	Časové vyčerpání členů týmu	Vedení společnosti nebude mít prostor na schůzky	Střední pravděpodobnost	Střední dopad na projekt	Střední hodnota rizika
4	Nedostatečná znalost problematiky	Nesplnění hlavního cíle projektu	Nizká pravděpodobnost	Střední dopad na projekt	Nizká hodnota rizika
5	Slabé kompetence	Některé z metod nebudou provedeny správně	Nizká pravděpodobnost	Střední dopad na projekt	Nizká hodnota rizika
6	Špatně provedená analýza	Chybné provedení projektu	Nizká pravděpodobnost	Velký dopad na projekt	Střední hodnota rizika

(vlastní zpracování)

Z tabulky identifikovaných rizik vychází, že se střední hodnota rizika nachází ve třech případech. Tyto byly hlouběji analyzovány a následně byla aplikována navrhovaná opatření. Těmito opatřeními došlo ke vzniku nové hodnoty rizik, která se řadí mezi nízké hodnoty rizik s malou pravděpodobností a malým dopadem na projekt, viz tabulka 9.

Tabulka 9 Opatření rizik

Pořadí	Hrozba	Scénář	Opatření	Nová hodnota rizika
1	Nedodržení termínů	Pozdní předání podkladů projekční firmě, spoždění stavebního povolení	Kontrola harmonogramu s projektovým týmem, dostatečně časové rezervy	Nizká hodnota rizika
3	Časové vyčerpání členů týmu	Vedení společnosti nebude mít prostor na schůzky	Pravidelné schůzky s projektovým týmem. (1x týdně). Vždy minimálně 2 členové vedení společnosti přítomni.	Nizká hodnota rizika
7	Špatně provedená analýza	Chybné provedení projektu	Pravidelné konzultace s vedoucím DP	Nizká hodnota rizika

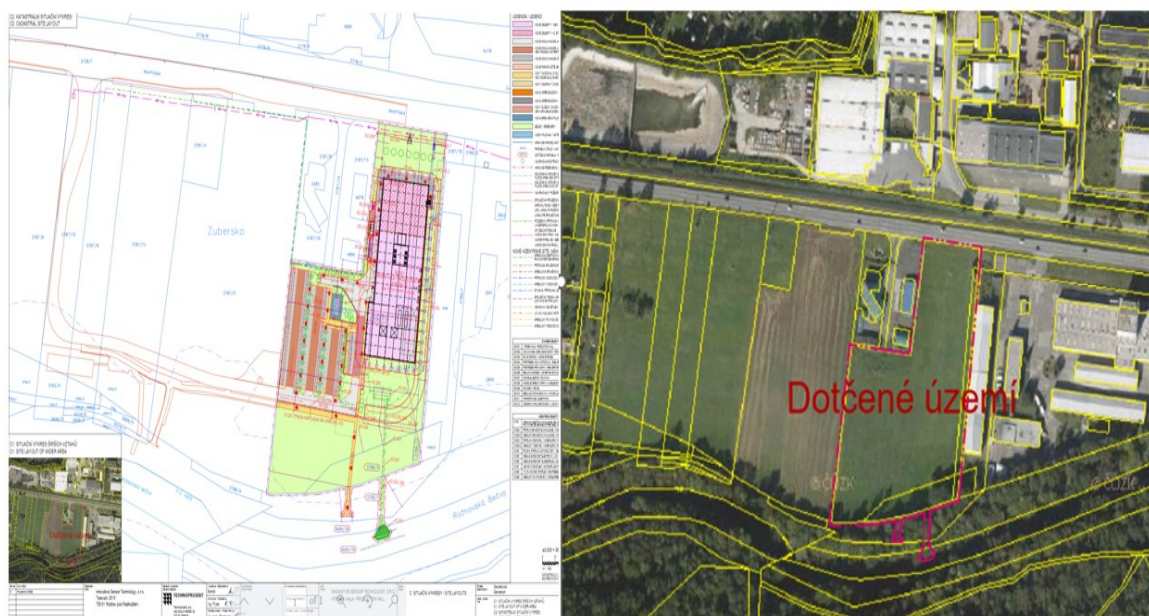
(vlastní zpracování)

Rizika stanovená metodou RIPRAN jsou nízká a akceptovatelná. Díky definování rizik se nabízí lepší přehled o potencionální zvýšené hodnotě rizika v některé z budoucích fází.

10 NAVRHOVANÉ KONCEPTY

10.1 Nová budova

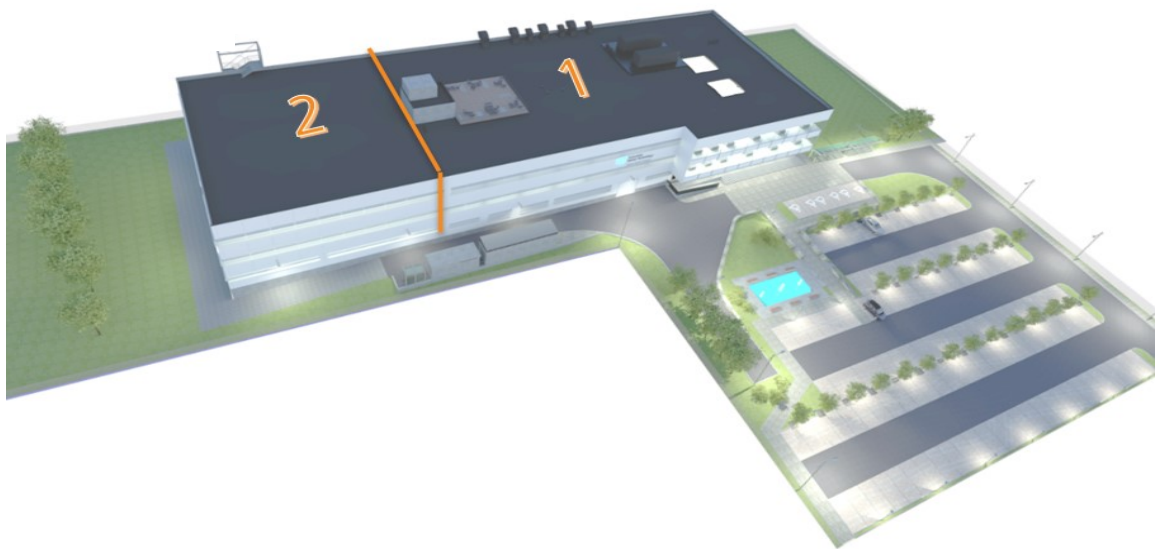
Společnost IST čeká na územní rozhodnutí stavebního úřadu, po jeho kladném vyjádření je naplánováno detailní projektování jednotlivých částí nové budovy. Dotčený stavební pozemek se svými legislativními limity dovolil omezený tvar nové budovy. Výsledný půdorys zastavěné plochy je zobrazen na obrázku 44. Tento koncept byl rozdělen na dvě etapy, jak vidíme na obrázku 46 a 47. Na základě výsledného konceptu layoutu bude rozhodnuto, zda stavět první, nebo rovnou obě etapy. Bude záležet na predikci vedení společnosti ohledně budoucích let. Pokud se volné plochy ve výrobní hale po zakreslení aktuálního stavu ukáží jako nevyhovující a bude existovat předpoklad potencionálního růstu, nabízí se v tu chvíli výhodnější řešení, totiž stavět rovnou obě fáze najednou. Celková plocha navrhované budovy zaujímá 11200 m², z toho první etapa 8000 m² a druhá etapa 3200 m². Vnější rozměry jsou 37 x 73 (103) x 14 m. Budova je dělena na přízemí a dvě nadzemní podlaží. V přízemí se nachází laboratoř, logistika, sklady, technické zázemí, šatny, muzeum. První patro je vyhrazeno výrobě a její podpoře. Druhé patro obsadila jídelna, kanceláře, posilovna a rezervní prostor.



Obrázek 44 Půdorys budovy a dotčené území (interní dokumenty IST)



Obrázek 45 Vnější vizualizace budovy (interní dokumenty IST)



Obrázek 46 3D model budovy (interní dokumenty IST)

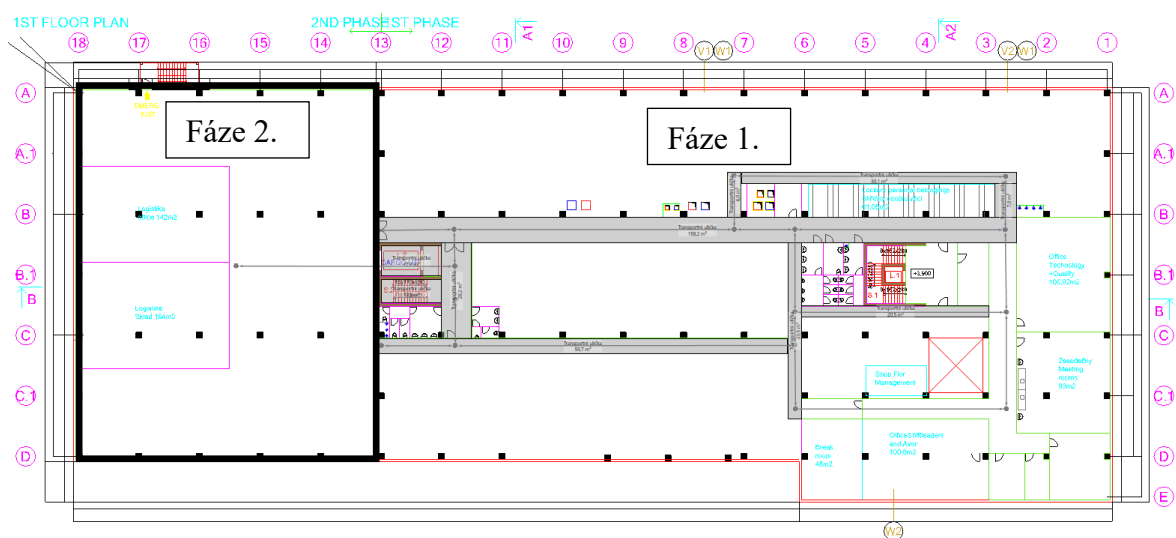
10.2 1. NP – Výroba

Hlavním cílem projektu je návrh layoutu v připravované výrobní hale, tak aby došlo ke snížení materiálového toku o 30 %. Navržená výrobní hala má svá specifika, která musí být brána v úvahu. Pro tento projekt a hrubé plánování rozmístění ploch procesů bude brána v úvahu jen první fáze budovy. Se svou rozlohou 2779 m² bude plně dostačovat. V levé části první fáze budovy uprostřed se nachází schodiště a nákladní výtah. Ten vede do přízemí a je spojen s logistikou. Zde budou probíhat materiálové toky do výroby a zpět na logistiku.

Uprostřed haly je možno najít další ostrůvek se schodištěm, osobním výtahem a šatnou pro přezouvání do výrobních prostor. Přes chodbu jsou plánovány odkládací skříňky operátorů. Na pravé straně se nachází kancelářské prostory, zasedací místnosti a místnost určená pro krátké pauzy.

Umístění kancelářských prostor v této části podlaží na pravé straně bylo ve spolupráci architektem navrhováno záměrně, z důvodu návaznosti na kanceláře v 2. NP a hlavním vchodem pod touto částí v přízemí. Celá tato strana budovy byla architektonicky umístěna směrem do zeleně. Druhá strana budovy směrem k hlavní komunikaci a průmyslové zóně Tesla.

Pokud vyčleníme všechny výše zmiňované plochy z plochy výrobní haly, tak jak bylo provedeno v analýze staré budovy M2, dostaneme celkovou plochu výroby (včetně dopravních uliček) 2026 m². Čistá výrobní plocha byla vypočtena na 1664 m².



Obrázek 47 Layout nové budovy 1. a 2. fáze (vlastní zpracování)

Na obrázku 47 v levé části budovy - fáze 2 – se nachází dva růžové obdélníky. Byly zakresleny z důvodu simulace materiálového toku o patro níže na logistiku v přízemí. Toto řešení bylo z

voleno z důvodu správnosti výpočtu softwaru visTABLE.

10.3 Kritéria layoutu

Zde bylo vycházeno z hlavního a dílčího cíle, tedy požadavků vedení společnosti. V novém layoutu se ukázalo potřebným zaměřit se na efektivní materiálový tok s co nejnižšími vzdálenostmi mezi navazujícími procesy. Dále bylo nutné brát zřetel na rozdělení výroby,

na část zaměřenou na zákazníky požadující vysoké objemy základních senzorů a na druhou skupinu zákaznický specifické montáže. Na každou z těchto skupin bude kladen jiný důraz. U skupiny senzorů, které prochází ve velkých objemech jen hlavními procesy a poté odchází k zákazníkovi, je zapotřebí, aby co nejefektivněji prošly výrobou. Nově na ně budou aplikovány principy štihlé výroby tak, aby došlo k zamezení plýtvání a výroba se stala co nejefektivnější. U druhého typu zákaznický specifických senzorů je kladen důraz na kvalitu výroby, individuální požadavky zákazníka a flexibilitu pracovního prostoru.

Z velké části dojde k otevření všech výrobních prostor z toho důvodu, aby nedocházelo k limitům layoutu a vytvořila se tak optimální flexibilita jejich rozmístění. Uzavřena budou pracoviště měření, a to z důvodů prašnosti a teplotní stability, dále pak pecárna a abdekování, kde se manipuluje s pastami.

10.4 Návrhy konceptů layoutu

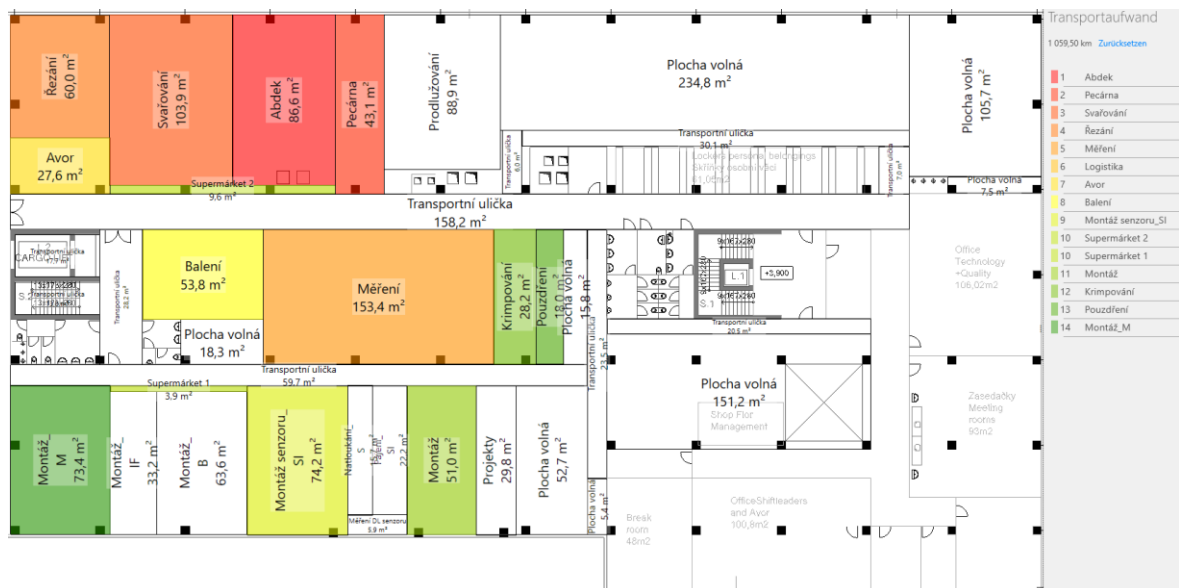
Pro analyzování nejvhodnějšího rozmístění ve výrobní hale byly vypracovány tři koncepty. Každý z konceptů se pokouší naplnit kritéria a cíle.

Stejně jako při analýze stávajícího stavu byl pro tvoření konceptů opět použit software pro digitální plánování továren. Velikost použitých ploch pracovišť neboli procesů je totožná s aktuálními velikostmi výrobních procesů v budově M2. Dopravní uličky byly tvořeny v přímých liniích a jsou využívány výhradně pro výpočet tras.

10.4.1 Koncept 1

Koncept 1 byl vytvořen z prvních úvah vedení společnosti. Nabízela se zde myšlenka umístit AVOR (plánování zakázek) vedle výtahu, základní materiál (keramický substrát) tak může být dopraven z logistiky na AVOR nejkratší možnou cestou. Po založení potřebné zakázky se vydává připravená výrobní dávka na první proces řezání. Dále pak postupuje hlavními navazujícími procesy a opisuje tvar „U“ svařováním, abdekem, pecárnou na měření. Po měření se senzory podle zakázky rozdělují na hotové, odcházející na logistiku k naskladnění a druhá skupina pokračuje dále na zákaznický specifické montáže. Jak vidíme na obrázku číslo 48, program visTABLE, v kterém byly jednotlivé výrobní procesy uspořádány barevně, červeně zobrazuje nejvytíženější procesy. Procesy zbarvené zeleně jsou vytíženy z pohledu objemu výroby méně a vzdálenost u nich nehraje tak velkou roli. Procesy označené bílou barvou nejsou součástí portfolia výrobků, vybraného pro tento projekt. Skupiny výrobků jimi neprocházejí, proto barvu nemají. Proces balení byl umístěn

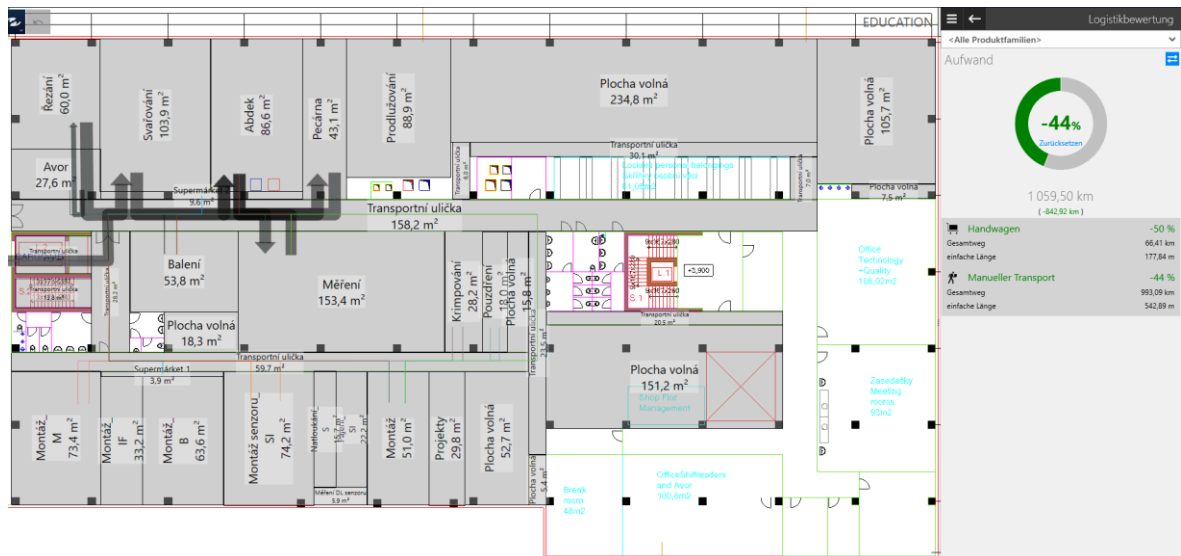
co nejlíže výtahu. Na tento závěrečný proces se dostává všechen hotový materiál zpracováváný na zákaznický specifických montážích.



Obrázek 48 Rozložení layoutu koncept 1 (vlastní zpracování)

Vyhodnocení materiálového toku

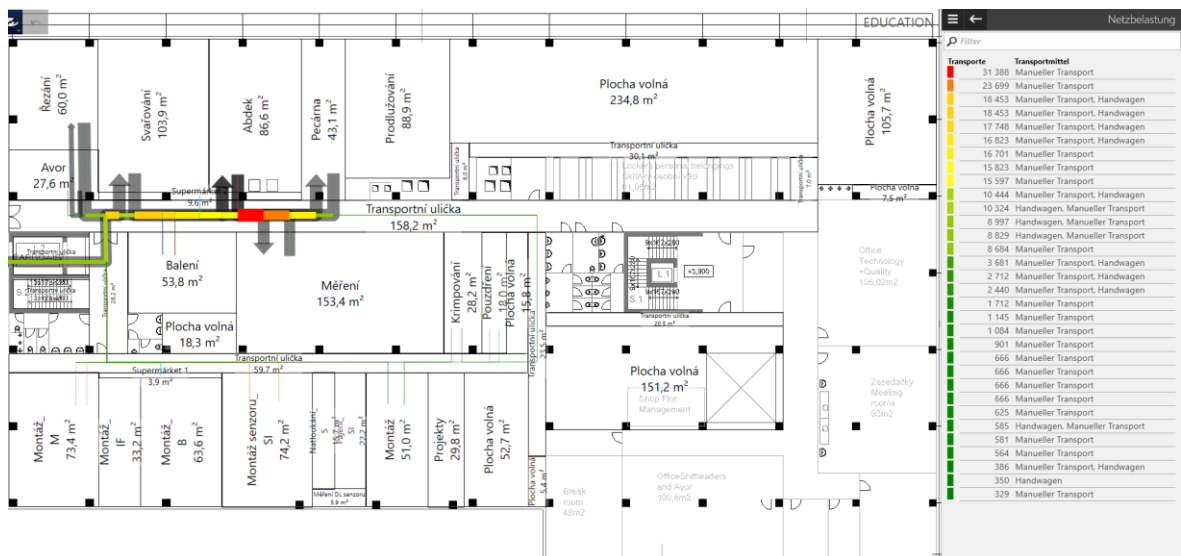
Při rozložení procesů podle konceptu 1 bylo vyhodnoceno, že úspora v materiálovém toku mezi stávajícím stavem a konceptem 1 je 44 %. Jde celkem o úsporu 843 km za rok, na nových 1060 km za rok. Z obrázku 49 můžeme velice dobře vidět Sankey diagram, vizualizovaný mezi jednotlivými procesy. Jednotlivé skupiny produktů prochází různými procesy. Sankey diagram každého z produktů je označen jinou barvou. Z obrázku je patrné, že nejvíce vytižené trasy nám určují materiálové toky mezi hlavními procesy. Umístění Montáže M, Motáže _IF a Montáže _B bylo plánováno co nejlíže výtahu, jelikož materiál pro tato pracoviště a hotové výrobky je umístěn na paletách.



Obrázek 49 Hodnocení materiálových toků koncept 1 (vlastní zpracování)

Vytížení dopravní sítě

Z layoutu vytížení sítě lze spatřit detailnější vyhodnocení zatížení uliček. Barevná vizualizace znázorňuje největší vytížení uličky, a tudíž nutnost se na tuto oblast vizualizovanou červeně, oranžově a žlutě zaměřit. Na pravé straně obrázku 50 je možno vidět počty přesného množství materiálových toků.

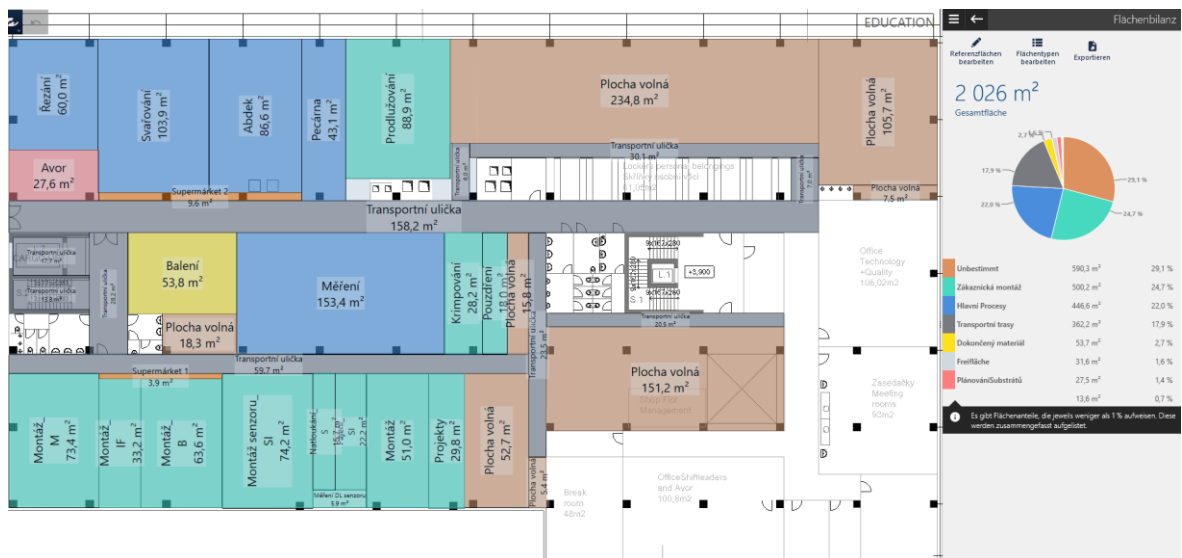


Obrázek 50 Layout vytížení sítě koncept 1 (vlastní zpracování)

Bilance ploch

Vyhodnocení bilance ploch umožnila dobrou vizuální orientaci v rozmístění hlavních (modrá barva) a zákaznický specifických (zelená barva) skupin výrobků. Byla respektována myšlenka oddělení těchto dvou skupin. S ohledem na budoucí vývoj společnosti a přicházející trend výroby zákaznický specifických výrobků disponuje společnost IST

dostatkem volného místa (hnědá barva) pro tyto nové zákazníky. Celkový rozměr volných ploch byl vypočten na 590 m². Z hlediska rozšiřování hlavní procesů je zde limitující umístění procesu řezání svařování a abdek. Tyto procesy využívají velká zařízení a v případě nutnosti zvětšení layoutu by bylo nutné náročné stěhování a případné rekvalifikace zařízení. Abdek a pecárna představují navíc procesy, které vyžadují uzavřenou místnost.

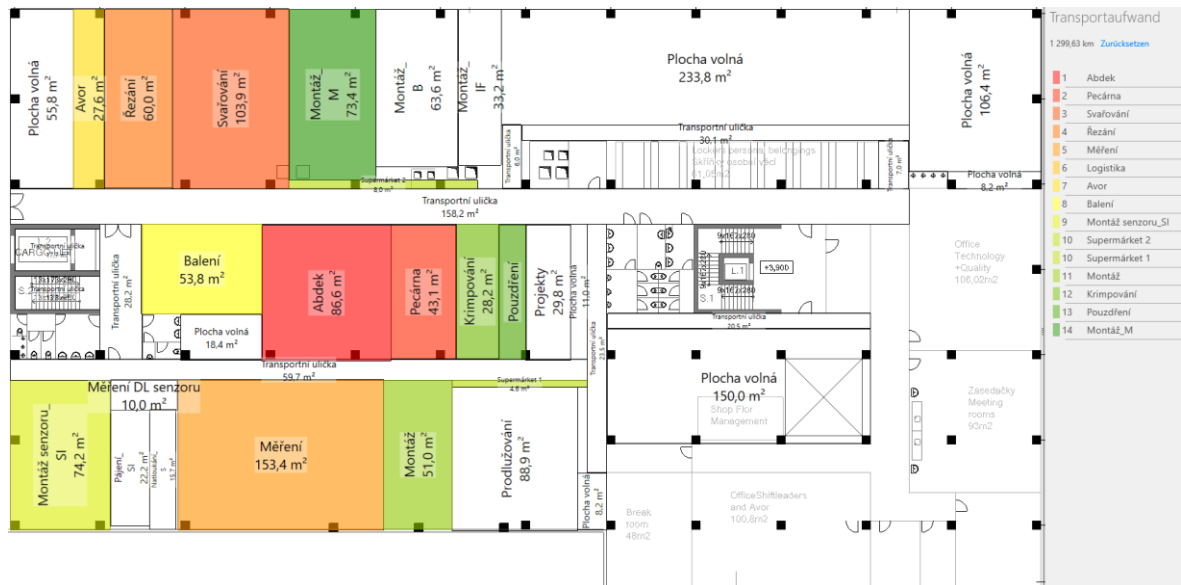


Obrázek 51 Bilance ploch koncept 1 (vlastní zpracování)

10.4.2 Koncept 2

V konceptu 2 byl hlavní důraz kladen na možný růst hlavních výrobních procesů. Při pohledu na obrázek 52 je opět zřetelné plánování vstupního materiálu AVOR z kraje výrobní haly v blízkosti procesu řezání. Řezání a svařování byla navržena s možností růstu do jedné ze stran. U všech montážních procesů bylo počítáno s možností posunutí. Pracoviště potřebují z pravidla jen pracovní stůl, popřípadě odtah, elektřinu a tlakový vzduch. Tato média budou připravena ve stropní části, a to s pravidelným odstupem. Všechna tato pracoviště se budou nacházet v otevřeném prostoru. Montážní procesy jsou tedy zcela flexibilní a je možné s nimi v případě potřeby hýbat.

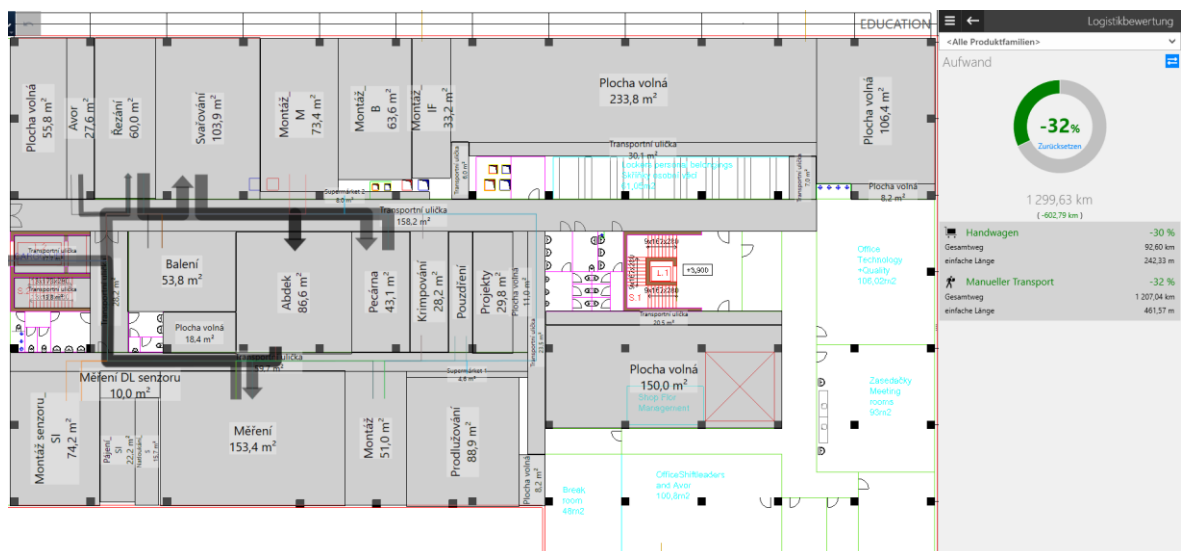
Proces abdekování a svařování se oproti konceptu 1 posunuly na střed výrobní haly. Díky pozici abdekování z obou stran uliček, zde bylo počítáno se vstupem materiálu z jedné uličky a výstupem do druhé uličky rovnou na navazující pracoviště měření. Hlavní procesy již nejsou tak blízko u sebe, jsou rozloženy po celé šíři haly a opisují tak tvar „O“.



Obrázek 52 Rozložení layoutu koncept 2 (vlastní zpracování)

Hodnocení materiálového toku

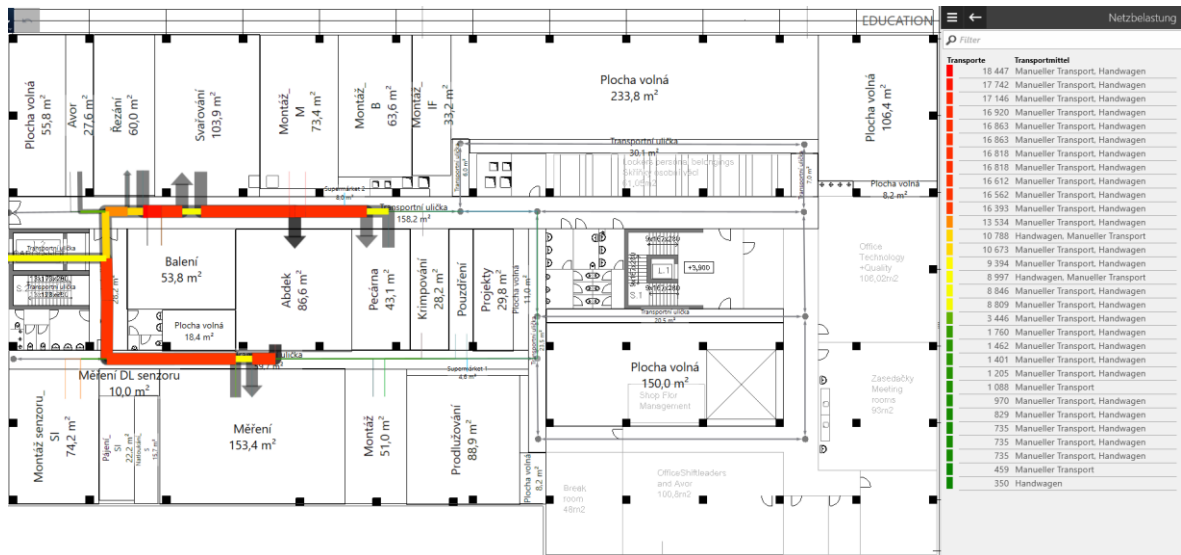
Z hodnocení materiálového toku na obrázku 53 je opět zřetelný detailní Sankey diagram celého vybraného portfolia výrobků. Vytížené trasy se rozšířily do obou uliček vedoucích z a do výtahu. Vyhodnocení vytížení materiálových toků srovnáním s aktuálním stavem došlo k maximální možné úspoře 32 %. V tomto konceptu by tedy sečtené roční vzdálenosti odpovídaly 1300 km a úspora by činila 603 km oproti výchozímu stavu v aktuální budově M2



Obrázek 53 Hodnocení materiálových toků koncept 2 (vlastní zpracování)

Vytížení dopravní sítě

Vytížení dopravní sítě je vyobrazeno na obrázku 54. Jak vidíme, není optimální. Oproti konceptu 1, kde bylo jedno místo vysoce zatížené (sytě červená barva), se nám nyní rozprostřelo do prakticky celé sítě, ale intenzita je nižší, vybarvena do sytě oranžové.



Obrázek 54 Layout vytížení sítě koncept 2 (vlastní zpracování)

Bilance ploch

Bilance ploch je prakticky identická s konceptem 1. Bylo změněno jen rozložení procesů a návaznosti, ale procentuální složení druhů ploch se neměnilo.

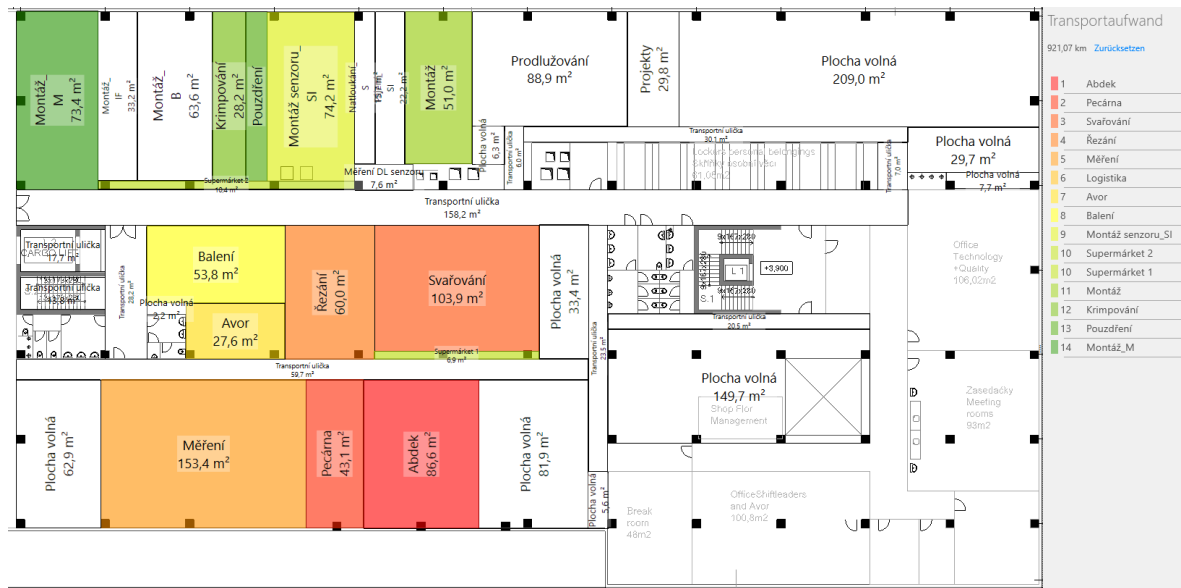


Obrázek 55 Bilance ploch koncept 2 (vlastní zpracování)

10.4.3 Koncept 3

Třetí koncept počítá s umístěním hlavních procesů ve tvaru „U“. Počáteční proces řezání byl přesunut do centrální plochy haly. Toto bylo provedeno z důvodu možnosti budoucího růstu dvěma směry. Nabízela by se možnost zvětšovat na úkor pracoviště balení, případně na úkor pracoviště svařování. Svařování je tvořeno několika navazujícími hnízdy svářeček, pokud by byla nutnost posunutí, bylo zde počítáno s posunutím celého hnízda svářeček, a to směrem doprava k toaletám, nebo doprava vedle vchodu na schodiště. Zde se nachází volná plocha 150 m². Tato plocha byla naplánovaná jako volná z části s využitím pro ranní Shop Floor Management. Spolu s řezáním byla přesunuta i kancelář plánování výrobních zakázek AVOR. Díky této pozici si stále udržela místo blízko vstupu materiálu do výroby. Přes uličku bylo počítáno s dvěma pracovišti, která mezi sebou mají nejvytíženější trasy. Jelikož se z technologických důvodů jedná o uzavřená pracoviště s teplotně náročnými zařízeními, v případě průběžných pecí rovněž rozměrově náročná, je nutné, aby naplánované umístění strojů bylo do budoucna konstantní. V případě expanze výroby bylo počítáno s rozšířením do přilehlých volných ploch a v případě místnosti pecárny o rozšíření směrem k měření. U pracoviště měření se jedná vesměs o měřicí stoly, které nejsou na stěhování náročné. ESD podlaha, nutná pro toto pracoviště, bude v rámci nové budovy rozšířena v celém rozsahu výrobní haly, limit původní aktuální výrobní haly pozbyde tedy podstaty.

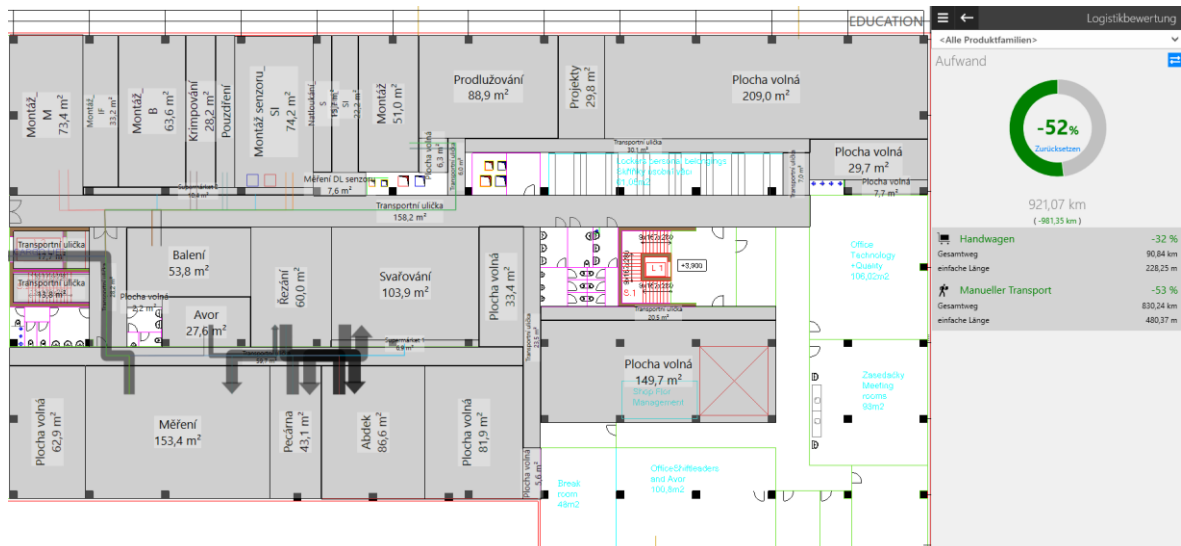
Na protější straně výrobní haly, byla naplánována všechna pracoviště se zákaznickými specifickými procesy. Pracoviště jsou řazena dle materiálové náročnosti a využívání palet k transportu. Cílem byly co nejkratší trasy s ručním paletovým vozíkem, a na chodbách tak nedocházelo k zbytečnému zatížení. Jedná se o pracoviště Montáž_M, Montáž_IF a Montáž_B. Hotový materiál je na pracovištích balen a přímo z pracovišť transportován na logistiku. U ostatních montážních procesů se jedná spíše o menší množství materiálů, které po ukončení a odhlášení putují na pracoviště balení.



Obrázek 56 Rozložení layoutu koncept 3 (vlastní zpracování)

Hodnocení materiálového toku

Takto navržený koncept byl vyhodnocen Sankey diagramem, kde na obrázku 57 lze vidět rozdíly v intenzitách materiálových toků u hlavních procesů a zákaznický specifických montáží. Při srovnání délky materiálového toku ve výrobě pro portfolio vybraných skupin senzorů bylo dosaženo úspory 52 % ve srovnání se stávajícím stavem v budově M2. Délka toku materiálu se snížila o 981 km na velice dobrých 921 km.

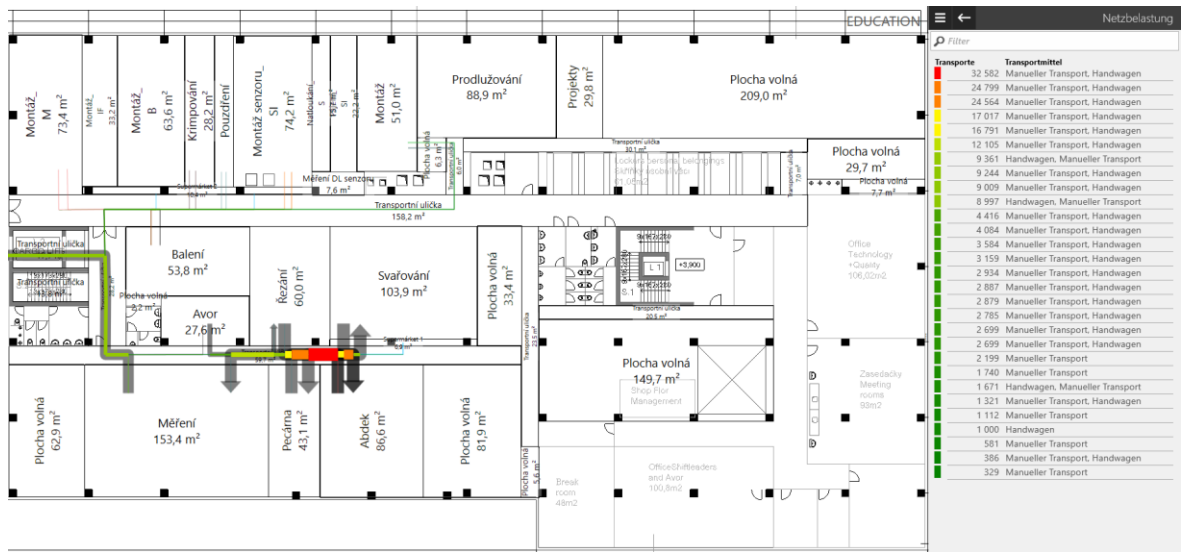


Obrázek 57 Hodnocení materiálových toků koncept 3 (vlastní zpracování)

Vytížení dopravní sítě

Z pohledu vytížení dopravní sítě, se ukázal jasný signál, že část transportní uličky mezi hlavními procesy bude extrémně vytížená. Jedná se o nejméně 32582 transportů vykonaných

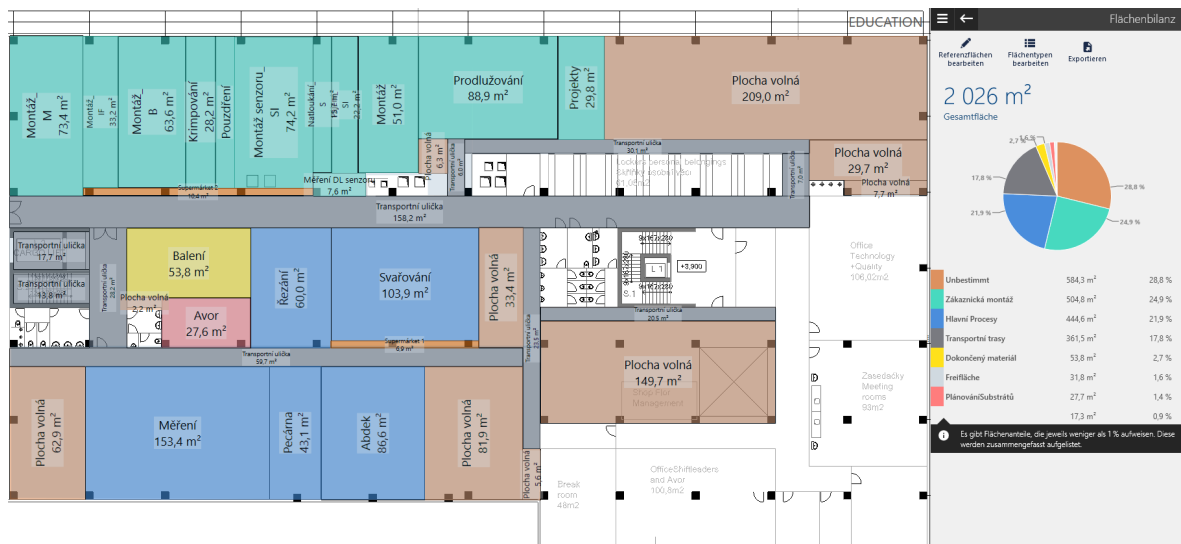
v jednom úseku mezi pracovištěm abdeku a pecárny, a také řezáním a svařováním. Tím však nejnáročnější úsek končí, zbylé trasy byly vytíženy spíše méně, viz obrázek 58.



Obrázek 58 Layout vytížení sítě koncept 3 (vlastní zpracování)

Bilance ploch

Bilance ploch zůstala z pohledu porovnání stále stejná. Barevným odlišením ploch byla jasně definovaná struktura dvou odlišných druhu procesů. Různé druhy ploch byly poskládány podle logické souvislosti, a to se promítlo do vizualizace na obrázku 59. Zvětšenou verzi najdeme v příloze číslo I.



Obrázek 59 Bilance ploch koncept 3 (vlastní zpracování)

10.5 Porovnání konceptů

Koncepty byly navrženy tak, aby se držely stejných zásad, předem promyšlených kritérií, snažila se naplnit cíle projektu, avšak rozmístění bylo zcela jiné, a projevily se tak silné a slabé stránky každé z variant. Výše uvedené koncepty byly jednotlivě prezentovány v rámci určeného projektového týmu, u každé z variant byly probrány výhody a nevýhody. Největší váhu na rozhodnutí měl hlavní cíl projektu, tedy snížení materiálového toku. Významnou roli hrála i logika rozdělení výrobní haly na výrobu pro velkoobjemové zákazníky, zaměřenou na principy štíhlé výroby a výrobu zákaznický specifickou zaměřenou na individuální požadavky zákazníka.

Analyzovaná data z programu visTABLE, jednoznačně ukázala, že koncept 3 je nejefektivnější z hlediska délky materiálového toku. Rozdíl mezi druhým v pořadí konceptem 1 byl 8 %, s rozdílnou délkou 139 km. U konceptu 2 byl ještě markantnější rozdíl, a to více než 20 % a v celkovém pohledu 379 km. V přiložených vizualizacích bilance ploch je možno sledovat, kde nejlépe jsou rozložena pracoviště hlavních procesů a zákaznický specifických montáží. Zde po krátké diskusi projektového týmu bylo konstatováno, že koncept 3 má i v tomto úhlu pohledu navrch. Hlavní procesy byly navrženy v těsné blízkosti, s minimálními materiálovými toky. Materiál přicházející výtahem a vracející se zpět z měření na logistiku počítá s nejkratší možnou cestou. Pokud budeme hodnotit možnosti dalšího rozšíření pracovišť, u konceptu 1 by bylo nutno hýbat již umístěnými zařízeními, a také místnostmi abdeku a pecárny, by bylo nutné přesouvat. U konceptů 2 a 3 lze zvětšovat kapacitu pracoviště rozšířením. Jako velice přínosným shledal projektový tým ucelenost všech montážních pracovišť konceptu 3 v jedné linii. Pracoviště mají své specifické materiály oproti hlavním procesům a bude možno zde vybudovat síť supermarketů tak, aby materiály byly okamžitě k dispozici.

Po vyhodnocení všech úhlů pohledu bylo projektovým týmem rozhodnuto orientovat jednotlivá pracoviště dle konceptu 3.

10.6 Srovnání konceptu 3 s aktuálním stavem výroby v budově M2

Plocha výrobních prostor v nové budově narostla z 1180 m² budovy M2 na 2026 m². Nárůst o 846 m² v první fázi výstavby je dostačující pro optimální mikro layout pracovišť a případné rozšíření výroby.

Z porovnaných hodnot materiálových toků na obrázku 60 je rozdíl konceptu 3 oproti výrobě v M2 markantní. Byla dosažena úspora 52 %. Vzdálenost, kterou pracovníci ušetří a nebude tak docházet k nadbytečnému plýtvání transportem, je 981 km. Původních 1902 km bylo sníženo na 921 km. Materiálový tok transportovaný ručním vozíkem se nám oproti stávajícímu stavu snížil o 32 %. Transport manuální vykonávaný personálem se snížil o 53 %.



Obrázek 60 VisTABLE – Porovnání materiálového toku layout 3 (vlastní zpracování)

Detailní srovnání dat je k vidění v příloze číslo II. Byly zde srovnány jednotlivé skupiny senzorů a také celkové výsledky.

10.7 Porovnání diagramu vzdáleností a intenzit

Snížení transportních vzdáleností bylo logicky zaznamenáno i v diagramu vzdáleností a intenzit. V pravé části obrázku 61 porovnávací D-I-Diagram byl zaznamenán znatelný posun ve vzdálenosti (Distanz) na ose x. Aktuálně musí materiálový tok některých skupin senzorů překonávat vzdálenost mezi procesy až 120 m, a to v konceptu 3 maximálně 60 m. Hlavní procesy znázorněny černou tečkou převážně v levém horním rohu D-I-Diagramu zlepšily vzdálenost, která byla mezi 10-20 m na 5-10 m. Nejkritičtější tok materiálu mezi měřením a logistikou, černý bod v pravé horní části, který se v analýze vyznačoval velkou intenzitou, avšak i velkou vzdáleností, mezi oběma pracovišti, snížil vzdálenost z 115 m na

nových 40 m. V celkovém množství všech transportů tak bylo ušetřeno výše avizovaných 981 km.



Obrázek 61 VisTABLE – D-I-Diagram porovnání (vlastní zpracování)

11 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PROJEKTU

Motivací stavět novou budovu společnosti bylo více, končící dlouhodobý nájem, strategie vlastníka mít své společnosti ve vlastních udržitelných budovách, šetrných k životnímu prostředí. Goodwill, silný dojem na zákazníka, podnik zaměřený na principy štlhlé výroby a nadprůměrné sociální zázemí pro zaměstnance. To jsou silné argumenty, které podporují finančně náročnou investici do nové budovy. Ta je předběžně stanovena na 8 mil. EUR pro první část budovy. Pokud tuto částku vydělíme ročním nájmem 120 000 EUR ve staré budově (pronajímaných 2000 m²), vyšla by návratnost na 66 let. Vezmeme-li však v úvahu velikost ploch v nové budově 8000 m² a případný pronájem této 4x větší plochy, byla by návratnost přibližně 16 let. To už je zajímavý údaj. Pokud se společnost zaměří na solární zisky, výstavbu nízkoenergetického pláště budovy a recyklaci průmyslově spotřebované vody, ušetří dodatečné náklady oproti aktuálnímu stavu. Další z uspořených nákladů v rámci snižování materiálových toků jsou vyčísleny v následujícím ekonomickém zhodnocení projektu.

V projektu bylo vycházeno z analýzy stávajícího stavu rozmístění pracovišť (procesů), kterými jednotlivé materiály procházejí, dat z SAP a vlastních pozorování a rozhovorů s pracovníky IST. Zjištěné informace byly použity v softwaru pro plánování tovarů visTABLE. Program spojuje v programu navržené layouty s daty použitými z analýzy a poskytuje ucelený přehled výsledků potřebných pro rozhodování.

Pro ekonomické zhodnocení, opět jako v analýze, využijeme vypočítané průměrné hodnoty nákladů na jeden metr chůze zaměstnance ve výši 0,0025 EUR. Celkové náklady na tok materiálu v nově navrženém layoutu konceptu 3 jsou ve výši 2306 EUR. Ty se dělí na náklady na transport ručním vozíkem ve výši 227 EUR a manuální transport prováděný personálem 2079 EUR.



Obrázek 62 VisTABLE – Vyhodnocení nákladů koncept 3 (vlastní zpracování)

Porovnáním s daty analýzy stávajícího stavu bude ročně ušetřeno 52 % nákladů ve výši 2453 EUR.

Přehledné srovnání dat lze vidět v příloze číslo III. Byly zde detailně srovnány náklady na materiálový tok jednotlivých skupin senzorů.

Uspořené náklady nejsou konečné, nově vytvořený layout bude mít dopad na další pohyby zaměstnanců v rámci výroby, odchodů a příchodů na pauzy.

Díky takto získaným časům eliminujícím plýtvání, přispěje produkce v nové budově k efektivnímu využití pracovního času a k vyšší produktivitě všech zaměstnanců

Shrnutí přínosů navrženého layoutu:

- Zkrácení materiálového toku.
- Rozdělení hlavních a zákaznických procesů.
- Výroba orientovaná v jednom patře.
- Layouty pracovišť na volných plochách bez omezení.
- Krátké trasy pracovníků.
- Snadná možnost rozšíření layoutu.
- Flexibilní napojení médií.

12 NÁVRHY PRO BUDOUCÍ PROJEKTY

Rozpracování detailních layoutů – diplomová práce bude sloužit jako podklad pro projektanty vnitřních částí nové budovy, rozmístění vzduchotechniky a dalších médií. Po dokončení podkladů pro stavební povolení by bylo dobré vytvořit týmy složené z technologů, mistrů, předáků, průmyslového inženýra, vedoucího výroby a začít pracovat na detailním layoutu rozmístění pracovišť.

Ergonomie pracovišť – některá z pracovišť nesplňují ergonomické standardy. Bylo by vhodné zanalyzovat tato pracoviště a v nové budově nastavit ergonomické standardy.

8 druhů plýtvání – společnost by si ráda udržela cenovou atraktivitu pro zákazníka, bylo by proto v nové hale vhodné zaměřit se u všech tvořených pracovišť na snížení plýtvání.

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navržení layoutu v připravované výrobní hale na výrobu senzorů. Téma bylo zvoleno na základě aktuálních požadavků vedení firmy, která připravuje podklady pro stavební povolení.

Zpracování literární rešerše k tématu diplomové práce bylo součástí teoretické části. Aby bylo možné porozumět obsáhlému tématu, bylo třeba hlubší seznámení. Hlavní pozornost této části byla věnována plánování továrny, byly tak načerpány základy problematiky související s plánováním layoutu. Další důležitou částí teorie bylo seznámení se s tématem materiálového toku.

Praktická část nám představila společnost, detailně nás seznámila s požadavky vedení společnosti. Jedním z hlavních kroků této části bylo analyzovat stávající stav výrobních prostor a výrobního systému společnosti. Pozorování, rozhovory se zaměstnanci a vedením firmy v Česku i ve Švýcarsku, analýza materiálového toku, to vše představovalo základní použité metody. Pro analýzu navržení digitálního dvojčete byl použit nástroj pro digitální plánování továrny visTABLE. Tento nástroj v sobě využíval řadu metod, které dokázaly poukázat na nedostatky stávajícího stavu. Zjištěné nedostatky:

- Příliš dlouhé toky materiálu.
- Přetížená transportní síť mezi abdekem a pecárnou.
- Odstupy mezi zařízeními nevyhovují standardům.

V rámci praktické části byl zadán vedením společnosti projekt na rozvržení hrubého layoutu nové výrobní haly, tak aby došlo ke zkrácení materiálového toku o 30 %. Dílčím cílem projektu bylo rozdělení výrobní haly na výrobu pro velkoobjemové zákazníky, zaměřenou na principy štlíhlé výroby a výrobu zákaznický specifickou, zaměřenou na individuální požadavky zákazníka.

Na základě provedené analýzy a vědomostí načerpaných v teoretické části byly navrženy tři koncepty, držící se předem daných kritérií pro návrh layoutu. Zejména na potřebu co nejkratšího materiálového toku mezi navazujícími procesy a rozdělení výroby, na část zaměřenou na zákazníky požadující vysoké objemy základních senzorů, a druhou skupinu, zákaznický specifické montáže.

Po posouzení navržených variant layoutu byl projektovým týmem zvolen koncept 3, který nejlépe splňoval požadovaná kritéria. V závěru byl koncept srovnán s analyzovaným aktuálním stavem, tak aby mohly být prezentovány výsledky projektu.

Závěrečné srovnání aktuálního stavu s navrženým konceptem nám ukázalo, jak nevyhovující je aktuální rozložení výrobních ploch. Celkový sledovaný roční materiálový tok byl z původních 1902 km snížen na 921 km. Rozdíl činí 981 km. Tento výsledek ukázal, že hlavní cíl projektu byl splněn. Podařilo se navrhnout koncept snižující materiálový tok o 52 %, také dílčí cíl v podobě jasného oddělení výroby na vysoko objemovou výrobu a zákaznický specifické montáže se podařilo naplnit.

Ekonomické zhodnocení nám ukázalo, že materiálové toky vybraných skupin výrobků navržené štíhlým způsobem nám dokážou ročně uspořit 2453 EUR.

Pokud se zamyslíme, kolik dalších pohybů během jednoho pracovního dne zaměstnanci ve výrobě vykonají, bude v celkovém důsledku toto číslo ještě mnohem vyšší.

Tento návrh se promítne ve snížení plýtvání, povede k efektivnímu využití pracovního času a tím pádem k vyšší produktivitě.

Navržený layout digitální továrny byl odsouhlasen českým i švýcarským vedením společnosti a bude podkladem pro navazující plánovací činnosti. Náplň práce tak byla splněna.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ARNOLD, Dieter a Kai FURMANS. *Materialfluss in Logistiksystemen*. 7. vydání. Berlín: Springer Vieweg, 2019, 431 s. ISBN 978-3662603871.

BADIRU, Adedeji Bodunde, 2014. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 1452 s. Industrial innovation series. ISBN 978-1-4665-1504-8.

BRACHT, Uwe, Dieter GECKLER a Sigrid WENZEL. *Digitale Fabrik: Methoden und Praxisbeispiele*. Heidelberg: Springer-Verlag, 2011. ISBN 978-3-540-89038-6.

DELGADO, Sabrina a Daynier ROLANDO. *Material Flow and Layout: An Integrative Analysis*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2016, 94 s. ISBN 978-80-7380-600-2.

Digitale Fabrik als Fabrik der Zukunft. In: *IPH Institut für Integrierte Produktion Hannover* [online]. Hannover: Copyright 2023 IPH gGmbH, 2023 [cit. 2023-04-13]. Dostupné z: <https://www.iph-hannover.de/de/information/fabrikplanung/digitale-fabrik/>

GRUNDIG, Claus-Gerold. *Fabrikplanung: Planungssystematik - Methoden - Anwendungen*. 6. vydání. Mnichov: Carl Hanser Verlag, 2018, 333 s. ISBN 978-3446454002.

GÜNTHER, Uwe. Wem im Team nutzt mein Fabrikmodell als Digital Twin?. In: *Vistable* [online]. Chemnitz: © 2006 plavis, 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://www.vistable.com/de/blog/digitale-fabrik/welchen-nutzen-haben-andere-von-meinem-fabrikmodell-als-digital-twin/>

HÄNGGI, Roman, Andre FIMPEL a Roland SIEGENTHALER. *LEAN Production: Einfach und umfassend*. Berlin: Springer Vieweg, 2021, 222 s. ISBN 978-3-662-62701-3.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, 2013. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štihlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.

JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. Brno: BizBooks. ISBN 978-80-265-0059-9.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav a Ondřej VALSA, 2012. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. Praha: C.H. Beck, 176 s. ISBN 978-80-7179-319-9.3938-0.

KOETHER, Reinhard a Klaus Jürgen MEIER. *Lean Production für die variantenreiche Einzelfertigung: Flexibilität wird zum neuen Standard*. 2.vydání. Wiesbaden: Springer Gabler, 2020. ISBN 978-3-658-30947-3.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

KŘIVÁNEK, Mirko. *Dynamické vedení a řízení projektů: Systémovým myšlením k úspěšným projektům*. Praha: Grada, 2019, 208 s. ISBN 978-80-271-0408-6.

LIKER, Jeffrey K., 2004. *The Toyota way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York: McGraw-Hill, 330 s. ISBN 0-07-139231-9.

MARTIN, Heinrich. *Transport- und Lagerlogistik: Systematik, Planung, Einsatz und Wirtschaftlichkeit*. 10. Vydání. Wiesbaden: Springer Vieweg, 2016, 582 s. ISBN 978-3658145514.

Materialfluss. *Refa* [online]. Copyright © 2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://refa.de/service/refa-lexikon/materialfluss>

MAYNARD, Harold Bright a Kjell B. ZANDIN, 2001. *Maynard's industrial engineering hand-book*. 5th ed. New York: McGraw-Hilly. 2567 s. ISBN 978-0070411029.

Metoda pro analýzu projektových rizik. *Ripran* [online]. RIPRAN © Všechna práva vyhrazena [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://ripran.cz/>

MUTHER, Richard. SYSTEMATIC PLANNING METHODS. *Richardmuther* [online]. Richard Muther & Associates., Copyright © 2003-2023 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z: <https://richardmuther.com/systematic-planning-methods/>

PAWELLEK, Günther. *Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung*. 2.vydání. Berlín: Springer Vieweg, 2014, 459 s. ISBN 978-3662437278.

RIKS, Robert, Florian BROSS a Jürgen WÜNDERLICH. *Materialflussoptimierung mittels Digitalen Zwillings* [online]. Landshut, 2022 [cit. 2023-04-11]. Dostupné z:

https://www.researchgate.net/publication/366440751_Materialflussoptimierung_mittels_Digitalen_Zwillings. Pracovní zpráva. Hochschule Landshut.

ROTHER, Mike. *Toyota Kata: Systematickým vedením lidí k výjimečným výsledkům*.

Praha: Grada, 2017, 288 s. ISBN 978-80271-0435-2

SCHÄFER, Simon F. *Intuitive digitale Fabriklayoutplanung: Entwicklung eines Werkzeugs zur Unterstützung der Fabrikstrukturplanung in der Automobilindustrie*. Düren, 2019. Disertační práce. Technische Universität Clausthal. Vedoucí práce Prof. Dr.-Ing. Uwe Bracht.

SCHENK, Michael, Siegfried WIRTH a Egon MÜLLER. *Fabrikplanung und Fabrikbetrieb: Methoden für die wandlungsfähige, vernetzte und ressourceneffiziente Fabrik*. 2.vydání. Berlín: Springer Vieweg, 2014, 844 s. ISBN 978-3-642-05458-7

SCHNEIDER, Markus. *Lean Factory Design: Gestaltungsprinzipien für die perfekte Produktion und Logistik*. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, 08/2021. München: Carl Hanser Verlag, 2021, 410 s. ISBN 978-3-446-46729-3.

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vydání. Praha: Grada, 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5

Was Sie über Fabrikplanung unbedingt wissen sollten. *Vistable* [online]. Chemnitz: © plavis, 2006 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z:

<https://www.vistable.com/de/blog/fabrikplanung/>

WEBER, Thomas. Groblayout vs. Feinlayout. In: *Vistable* [online]. Chemnitz: Plavis, 2023 [cit. 2023-04-10]. Dostupné z:

<https://www.vistable.com/de/blog/layoutplanung/groblayout-vs-feinlayout/>

WOMACK, James P. a Daniel T. JONES, 2003. *Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation*. New York: Free Press, 396 s. ISBN 0-74-324927-5.

Was Sie über Fabrikplanung unbedingt wissen sollten. *Vistable* [online]. Chemnitz: © plavis, 2006 [cit. 2023-04-12]. Dostupné z:
<https://www.vistable.com/de/blog/fabrikplanung/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

AVOR	Auftrag Vorbereitung
CAD	Computer-aided design
DBR	Drum Buffer Rope
FIFO	First in, First out
IST	Innovative Sensor Technology
SMED	Single Minute Exchange of Die
TPS	The Toyota Production System
VSM	Value stream mapping
VR	Virtual Reality
3D	Three-dimensional space

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Hierarchie továrního modelu (Weber, © 2023)	16
Obrázek 2 Analýza materiálových toků v software visTABLE (Schneider, 2021).....	18
Obrázek 3 Štíhlé plánování layoutu (Schneider, 2021)	20
Obrázek 4 Ideální rozmístění layoutu, intenzita materiálového toku (Schneider, 2021)	21
Obrázek 5 Detailní layout (Schneider, 2021)	22
Obrázek 6 Uspořádání skladů (Schneider, 2021)	23
Obrázek 7 Sankey diagram (VisTABLE, © 2023).....	31
Obrázek 8 Spaghetti diagram (VisTABLE, © 2023).....	31
Obrázek 9 Schéma transformace procesu (vlastní zprac. podle Tomek a Vávrová, 2014) .	33
Obrázek 10 Logický rámec projektu (Křivánek, 2019).....	42
Obrázek 11 Mapa sídel společností skupiny IST AG (interní dokumenty IST).....	45
Obrázek 12 Struktura společnosti IST s.r.o. (vlastní zpracování)	46
Obrázek 13 Kompletní portfolio výrobků IST AG (interní dokumenty IST).....	46
Obrázek 14 Rozložení portfolia výroby teplotních senzorů (vlastní zpracování)	47
Obrázek 15 Ukázka teplotního senzoru (vlastní zpracování)	47
Obrázek 16 Zvětšené foto teplotního senzoru (interní dokumenty IST)	48
Obrázek 17 Vstupní keramický substrát (vlastní zpracování)	52
Obrázek 18 Budova M2 (vlastní zpracování)	53
Obrázek 19 Pronajaté plochy IST (vlastní zpracování)	53
Obrázek 20 Budova M2 layout 4.NP (vlastní zpracování).....	54
Obrázek 21 M2 layout 3. NP + M2 Layout přízemí (vlastní zpracování).....	54
Obrázek 22 M2 layout 4. NP bilance výrobních ploch (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 23 M2 layout 3. NP Montáž_Si (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 24 M2 layout 1. NP Montáž_M (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 25 M2 layout 4. NP AVOR (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 26 M2 bilance ploch spojených s výrobou (vlastní zpracování)	56
Obrázek 27 Pracovní postup skupina senzorů 6W (interní zdroj)	57
Obrázek 28 Procesní časy skupina senzorů 6W (interní zdroj).....	57
Obrázek 29 Tok produktu skupina senzorů 6W (vlastní zpracování)	58
Obrázek 30 Příklad tvorby mapy materiálového toku 6W (vlastní zpracování)	59
Obrázek 31 Mapa toku materiálu senzor_FS (vlastní zpracování).....	59
Obrázek 32 Mapa pro zásobování materiálem (vlastní zpracování).....	60
Obrázek 33 Celkový layout Sankey diagram (vlastní zpracování).....	60
Obrázek 34 Layout 4.NP - Sankey diagram (vlastní zpracování)	61

Obrázek 35 Layout 4. NP skupina senzorů 6W - Sankey diagram (vlastní zpracování).....	61
Obrázek 36 Layout 4. NP skupina senzorů SI - Sankey diagram (vlastní zpracování).....	62
Obrázek 37 VisTABLE - Vyhodnocení délky toku materiálu celkem (vlastní zpracování)	63
Obrázek 38 VisTABLE – Celkové vyhodnocení nákladů (vlastní zpracování).....	64
Obrázek 39 VisTABLE – Zatížení transportní sítě (vlastní zpracování).....	65
Obrázek 40 VisTABLE – Zatížení transportní sítě detail (vlastní zpracování).....	66
Obrázek 41 VisTABLE – Vyhodnocení zatížení transportní sítě (vlastní zpracování).....	66
Obrázek 42 VisTABLE – vizualizace procesů (vlastní zpracování)	67
Obrázek 43 VisTABLE – D-I-Diagram (vlastní zpracování).....	68
Obrázek 44 Půdorys budovy a dotčené území (interní dokumenty IST).....	75
Obrázek 45 Vnější vizualizace budovy (interní dokumenty IST)	76
Obrázek 46 3D model budovy (interní dokumenty IST).....	76
Obrázek 47 Layout nové budovy 1. a 2. fáze (vlastní zpracování)	77
Obrázek 48 Rozložení layoutu koncept 1 (vlastní zpracování)	79
Obrázek 49 Hodnocení materiálových toků koncept 1 (vlastní zpracování).....	80
Obrázek 50 Layout vytížení sítě koncept 1 (vlastní zpracování).....	80
Obrázek 51 Bilance ploch koncept 1 (vlastní zpracování)	81
Obrázek 52 Rozložení layoutu koncept 2 (vlastní zpracování)	82
Obrázek 53 Hodnocení materiálových toků koncept 2 (vlastní zpracování).....	82
Obrázek 54 Layout vytížení sítě koncept 2 (vlastní zpracování).....	83
Obrázek 55 Bilance ploch koncept 2 (vlastní zpracování)	83
Obrázek 56 Rozložení layoutu koncept 3 (vlastní zpracování)	85
Obrázek 57 Hodnocení materiálových toků koncept 3 (vlastní zpracování).....	85
Obrázek 58 Layout vytížení sítě koncept 3 (vlastní zpracování).....	86
Obrázek 59 Bilance ploch koncept 3 (vlastní zpracování)	86
Obrázek 60 VisTABLE – Porovnání materiálového toku layout 3 (vlastní zpracování) ...	88
Obrázek 61 VisTABLE – D-I-Diagram porovnání (vlastní zpracování)	89
Obrázek 62 VisTABLE – Vyhodnocení nákladů koncept 3 (vlastní zpracování).....	91

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 SWOT analýza.....	48
Tabulka 2 Vyhodnocení délek materiálových toků	63
Tabulka 3 Výpočet nákladu na 1m chůze	64
Tabulka 4 Vyhodnocení nákladů na materiálové toky	65
Tabulka 5 Logický rámec projektu	72
Tabulka 6 Harmonogram projektu.....	73
Tabulka 7 Tabulka pro přiřazení třídy rizika	73
Tabulka 8 Identifikace rizik	74
Tabulka 9 Opatření rizik	74

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Bilance ploch layout koncept 3

Příloha P II: Porovnání materiálových toků stávající stav a koncept 3

Příloha P II: Porovnání nákladů na transport stávající stav a koncept 3

**PŘÍLOHA P II: POROVNÁNÍ MATERIÁLOVÝCH TOKŮ
STÁVAJÍCÍ STAV A KONCEPT 3**

Vyhodnocení materiálových o toku	Typy přepravy		Manuální transport		Ruční vozík		Celkem transporty
	Vzdálenost mezi definovanými procesy		Celková délka tras (Km)	Jedna cesta celkem (m)	Celková délka tras (Km)	Jedna cesta celkem (m)	Délka tras (Km)
Vybrané portfolio produktů pro analýzu	6W	Budova M2	918,7	219,8	2,88	57,61	921,58
		Koncept 3	433,98	101,5	2,27	45,46	436,25
		úspora délky	484,72	118,3	0,61	12,15	485,33
		úspora v %	53%	54%	21%	21%	53%
	4W	Budova M2	94,7	219,8	2,88	57,61	97,58
		Koncept 3	44,4	101,5	2,27	45,46	46,67
		úspora délky	50,3	118,3	0,61	12,15	50,91
		úspora v %	53%	54%	21%	21%	52%
	3W 3FW 3K	Budova M2	368,00	219,80	2,88	57,61	370,88
		Koncept 3	174,20	101,50	2,27	45,50	176,47
		úspora délky	193,80	118,30	0,61	12,11	194,41
		úspora v %	53%	54%	21%	21%	52%
	Montáž_M	Budova M2	75,10	236,67	4,25	81,76	79,35
		Koncept 3	33,79	106,70	4,38	82,63	38,17
		úspora délky	41,31	129,97	-0,13	-0,87	41,18
		úspora v %	55%	55%	-3%	-1%	52%
	Montáž_SI	Budova M2	218,29	446,96	2,88	57,61	221,17
		Koncept 3	69,70	150,40	2,27	45,50	71,97
		úspora délky	148,59	296,56	0,61	12,11	149,2
		úspora v %	68%	66%	21%	21%	67%
	Montáž_WEP	Budova M2	28,03	252,65	2,88	57,61	30,91
		Koncept 3	20,89	188,26	2,27	45,50	23,16
		úspora délky	7,14	64,39	0,61	12,11	7,75
		úspora v %	25%	25%	21%	21%	25%
	Montáž_FS	Budova M2	66,59	334,45	2,88	57,61	69,47
		Koncept 3	53,29	250,68	2,27	45,50	55,56
		úspora délky	13,30	83,77	0,61	12,11	13,91
		úspora v %	20%	25%	21%	21%	20%
Material	Budova M2			111,46	222,91	111,46	
	Koncept 3			72,81	145,62	72,81	
	úspora délky			38,65	77,29	38,65	
	úspora v %			35%	35%	35%	
Celkem	Budova M2	1769,41		132,99		1902,40	
	Koncept 3	830,25		90,81		921,06	
	úspora délky					981,34	
	úspora v %					52%	

**PŘÍLOHA P III: POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA MATERIÁLOVÝ TOK
STÁVAJÍCÍ STAV A KONCEPT 3**

Vyhodnocení nákladů na tok materiálu	Náklad přepravy		Manuální transport	Ruční vozík	Celkem náklady
	Náklad transportního času mezi definovanými procesy		EUR	EUR	EUR
Vybrané portfolio produktů pro analýzu	6W	Budova M2	2300	7,2	2307,2
		Koncept 3	1087	5,7	1092,7
		úspora nákladů	1213	1,5	1214,5
		úspora v %	53%	21%	53%
	4W	Budova M2	236,8	7,2	244
		Koncept 3	111	5,7	116,7
		úspora nákladů	125,8	1,5	127,3
		úspora v %	53%	21%	52%
	3W 3K 3PW	Budova M2	920,00	7,20	927,2
		Koncept 3	435,50	5,70	441,2
		úspora nákladů	484,50	1,50	486
		úspora v %	53%	21%	52%
	Montáž_M	Budova M2	187,80	10,60	198,4
		Koncept 3	84,50	11,00	95,5
		úspora nákladů	103,30	-0,40	102,9
		úspora v %	55%	-4%	52%
	Montáž_SI	Budova M2	545,70	7,20	552,9
		Koncept 3	174,20	5,70	179,9
		úspora nákladů	371,50	1,50	373
		úspora v %	68%	21%	67%
	Montáž_WER	Budova M2	70,10	7,20	77,3
		Koncept 3	52,20	5,70	57,9
		úspora nákladů	17,90	1,50	19,4
		úspora v %	26%	21%	25%
	Montáž_FS	Budova M2	166,50	7,20	173,7
		Koncept 3	133,20	5,70	138,9
		úspora nákladů	33,30	1,50	34,8
		úspora v %	20%	21%	20%
	Materiál	Budova M2		278,60	278,6
		Koncept 3		182,00	182
		úspora nákladů		96,60	96,6
		úspora v %		35%	35%
Celkem	Budova M2	4426,90	332,4	4759,30	
	Koncept 3	2077,60	227,20	2304,80	
	úspora nákladů			2454,50	
	úspora v %			52%	