

Analýza výrobního procesu linky TIG z pohledu flexibility procesních a fyzických toků ve společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.

Adam Večerek

Bakalářská práce
2020



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: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Adam Večerek
Osobní číslo: M17372
Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Řízení výroby a kvality
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Analýza výrobního procesu linky TIG z pohledu flexibility procesních a fyzických toků ve společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Proveďte průzkum literárních pramenů a zpracujte literární rešerši týkající se výrobního procesu z pohledu flexibility procesních a fyzických toků.

II. Praktická část

- Zpracujte analýzu výrobní linky za účelem vytvoření teoretických modelů linky.
- Na základě modelů vytvořte návrh základních scénářů pro různé stavy výrobní linky.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: cca 40 stran
Forma zpracování bakalářské práce: Tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

CHROMJAKOVÁ, Felicity, David TUČEK a Roman BOBÁK. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 105 s. ISBN 9788074546808.
KUCHARČÍKOVÁ, Alžbeta. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. Brno: Computer Press, 2011, 344 s. ISBN 9788025125243.
PYZDEK, Thomas a Paul A. KELLER. *The handbook for quality management: a complete guide to operational excellence*. 2nd ed. New York: McGraw-Hill, 2013, 484 s. ISBN 9780071799249.
TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada, 2014, 366 s. ISBN 9788024744865.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Felicity Chromjaková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2020**
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2020**

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 6. ledna 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním 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 bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl jsem seznámen s tím, že na moji 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 – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-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 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 bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují 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 bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zaměřuje na analýzu výrobního procesu linky TIG z pohledu flexibility procesních a fyzických toků ve společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. s využitím nejnovějších trendů konceptu Průmyslu 4.0 a informačních technologií.

Práce je rozdělená na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části je proveden průzkum literárních pramenů a zpracování literární rešerše týkající se výrobního procesu z pohledu flexibility procesních a fyzických toků.

Praktická část obsahuje popis společnosti, analýzu současného stavu výrobní linky a simulaci výrobní linky v simulačním softwaru. Poté je provedeno zhodnocení a navržení teoretických modelů výrobní linky, které zohledňují stav výrobního procesu.

Klíčová slova: Výrobní proces, Flexibilita, Procesní tok, Fyzický tok, Výrobní linka, Průmysl 4.0, Simulace

ABSTRACT

The bachelor thesis focuses on the analysis of the production process of the TIG line from the point of view of the flexibility of process and physical flows in the company SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. using the latest trends in the concept of Industry 4.0 and IT technologies.

The thesis is divided into theoretical and practical part.

The theoretical part is a survey of literary sources and processing of literary research related to the production process in terms of flexibility of process and physical flows.

The practical part contains a description of the company, analysis of the current state of the production line and simulation of the production line in simulation software. Then, the evaluation and design of theoretical models of the production line are performed, which take into account the state of the production process.

Keywords: Production process, Flexibility, Process flow, Physical flow, Production line, Industry 4.0, Simulation

Touto formou bych chtěl poděkovat paní prof. Ing. Felicitě Chromjakové, Ph.D. za její velmi pozitivní přístup, cenné rady, trpělivost, objektivní kritiku a strávený čas při odborném vedení bakalářské práce.

Stejně tak chci poděkovat společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o., která mi umožnila zpracování bakalářské práce, děkuji také za jejich ochotu věnovat se mi a za pomoc při tvorbě.

Poděkování patří také zástupcům společnosti FlexSim, kteří mi umožnili využít plnou verzi jejich simulačního softwaru a zpřístupnili manuály potřebné pro zpracování simulace.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝROBNÍ PROCES	12
1.1 CHARAKTERISTIKA VÝROBNÍHO PROCESU.....	12
1.2 TYPOLOGIE VÝROBNÍHO PROCESU.....	14
1.2.1 Členění podle míry plynulosti výrobního procesu.....	14
1.2.2 Členění podle množství a počtu druhů výrobků se rozlišuje výroba:.....	15
1.2.3 Členění z časového hlediska výrobního procesu.....	15
1.2.4 Členění z hlediska prostorové struktury.....	15
1.3 ŘÍZENÍ VÝROBNÍHO PROCESU.....	17
1.4 ZLEPŠOVÁNÍ VÝROBNÍHO PROCESU.....	17
1.4.1 KAIZEN.....	18
1.4.2 Teorie omezení (TOC).....	19
1.4.3 Six Sigma.....	19
1.4.4 Vývojové trendy pro průmysl 4.0.....	19
2 ŠTÍHLÁ VÝROBA	21
2.1 ŠTÍHLÝ LAYOUT.....	22
2.2 PLÝTVÁNÍ.....	22
2.2.1 Procesní analýza.....	23
2.2.2 Eliminace plýtvání.....	23
2.3 METODY ZLEPŠOVÁNÍ PRO ŠTÍHLOU VÝROBU.....	23
2.3.1 5S.....	24
2.3.2 Mapování toku hodnot.....	24
2.4 METODY MĚŘENÍ.....	24
2.4.1 Chronometráž.....	24
2.4.2 Snímek pracovního dne.....	25
2.4.3 MTM.....	25
2.4.4 MOST.....	26
2.5 DEFINICE VYBRANÝCH METRIK VÝROBNÍHO PROCESU.....	27
3 SIMULAČNÍ MODELOVÁNÍ	28
3.1 MODELOVÁNÍ.....	28
3.2 SIMULACE.....	28
3.3 APLIKACE SIMULACÍ.....	28
3.4 TYPY SIMULAČNÍCH MODELŮ.....	29
3.4.1 Mentální modely.....	29
3.4.2 Fyzické modely.....	30

3.4.3	Matematické modely	30
3.4.4	Výpočetní modely	30
3.5	VÝHODY A NEVÝHODY SIMULACE	31
3.6	SIMULAČNÍ PROGRAMY	32
3.6.1	Witness Horizon	32
3.6.2	Arena	32
3.6.3	Tecnomatix Plant Simulation	33
3.6.4	FlexSim	33
II	PRAKTICKÁ ČÁST	34
4	SKUPINA SCHOTT V ČESKÉ REPUBLICE.....	35
4.1	VÝROBNÍ LOKALITA V LANŠKROUNĚ	35
4.2	VÝROBNÍ LOKALITA VE VALAŠSKÉM MEZIRÍČÍ.....	36
4.2.1	SCHOTT CR, s.r.o.	36
4.2.2	SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.	36
4.3	VÝROBKY.....	37
5	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY.....	38
5.1	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU	38
5.2	PROCESNÍ ANALÝZA	42
5.3	LAYOUT A ROZDĚLENÍ PRACOVNÍKŮ	43
5.4	VIZUALIZACE A BEZPEČNOST NA PRACOVÍŠTI	44
5.5	SIMULACE SOUČASNÉHO STAVU	46
5.5.1	Vstupní údaje	46
5.5.2	Prostředí simulačního programu	47
6	ZHODNOCENÍ SIMULACE SOUČASNÉHO STAVU	50
7	NÁVRH SCÉNÁŘŮ PRO RŮZNÉ STAVY VÝROBNÍ LINKY.....	51
7.1	SCÉNÁŘ PRO MAXIMÁLNÍ VÝSTUP LINKY.....	51
7.1.1	Ekonomické vyhodnocení pro maximální výstup linky.....	52
7.1.2	Rozložení pracovníků pro scénář s maximálním výstupem linky	53
7.2	SCÉNÁŘ PRO OPTIMÁLNÍ VÝSTUP LINKY	54
7.2.1	Ekonomické zhodnocení pro optimální výstup linky.....	55
7.2.2	Rozložení pracovníků pro scénář s optimálním výstupem linky	56
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	59
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	63
	SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

V dnešní době, při nízké nezaměstnanosti, je pro společnosti obzvlášť těžké najít kvalitní a spolehlivé zaměstnance. Náklady na jednotlivé zaměstnance se neustále zvyšují, přitom požadavky zákazníků na cenu zboží jsou stále stejné, ne-li nižší. Na základě toho je na společnosti vyvíjen velký tlak, zákazníka totiž nezajímá nedostatek kvalifikovaných pracovníků, ale přidaná hodnota výrobku. To může způsobit, že se společnosti snaží využít služeb personálních agentur a zaměstnat zahraniční pracovníky.

Nejčastějším problémem při tomto řešení je však jazyková bariéra. Pro zahraniční pracovníky musí být připraveny takové podmínky, aby byli schopni efektivně vykonávat úkoly a aby byla dodržena bezpečnost na pracovišti a při pohybu ve výrobě, případně zajištěné ubytování poblíž vykonávané práce. V dnešní době existuje mnoho agentur, které zajišťují pro tyto pracovníky jazykové kurzy, poradenství a ubytování. Pokud chtějí společnosti využít služeb zahraničních pracovníků je potřeba tyto služby zprostředkovat. Dalším problémem při tomto řešení může být nepředpokládaná situace, kdy se zahraniční pracovníci nebudou moct dostat do České republiky, případně na své pracoviště. Jedna z takových situací nastala v roce 2020, kdy byly z důvodu pandemie COVID-19 na několik měsíců uzavřené hranice a zahraniční pracovníci je nemohli překročit. Většina společností nebyla na tuto situaci připravena a musela rozdělit nebo dokonce dočasně uzavřít výrobu. Řešením tohoto problému je pomocí IT a trendů konceptu Průmysl 4.0 připravení scénářů pro různý počet zaměstnanců ve výrobě a optimální rozdělení jejich práce.

Mezi společnostmi, které využívají služeb zahraničních pracovníků se nachází i SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o., která je lokalizovaná ve Valašském Meziříčí. Společnost patří pod skupinu SCHOTT a primárně se zabývá zpracováním a úpravou plochého skla, především pro domácí spotřebiče a vitríny. Cílem mé práce je analýza výrobního procesu a navržení teoretických modelů výrobní linky TIG pro různé stavy, s cílem připravit rozmístění různého počtu pracovníků.

Práce se rozděluje na teoretickou a praktickou část, přičemž teoretická část se zaměřuje na výrobní proces, konkrétně na charakteristiku výrobního procesu, metody a nástroje štíhlé výroby pro jeho správnou analýzu a využití simulace pro zobrazení potřebných výstupů.

V praktické části je představena společnost, pomocí vstupních údajů a simulačního softwaru je vytvořena simulace současného stavu linky a v závěru práce jsou dle stanovených cílů představeny scénáře pro různé stavy výrobní linky.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem práce je analýza výrobního procesu linky TIG z pohledu flexibility procesních a fyzických toků ve společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. pomocí vybraných nástrojů a metod štihlé výroby a nejnovějších trendů z oblasti konceptu Průmyslu 4.0 za účelem zhodnocení současného stavu. Výstupem je simulace, která byla v rámci analýzy zpracována a návrh teoretických modelů pro různé stavy linky.

Pro sběr požadovaných vstupních údajů byly využity interní materiály společnosti, pozorování, měření a rozhovory se zaměstnanci společnosti. Získané informace byly použity na analýzu pomocí vybraných metod a nástrojů, které jsou popsány v teoretické části a poté použity v praktické části. Pro detailní pochopení výrobního procesu je zpracována procesní analýza a layout, na kterém jsou vyznačeny a popsány jednotlivé pozice pracovníků a operace, na kterých pracují. Pro získání časových údajů bylo potřeba rozdělit výrobní linku na několik menších úseků a poté zpracovat chronometráž. Konkrétní rozdělení úseků bylo vytvořeno na základě umístění jednotlivých pracovišť a počet náměrů byl proveden na základě komunikace s manažery společnosti. Časové údaje, které nejsou v chronometráži byly převzaty z interních materiálů společnosti.

Na základě všech získaných vstupních údajů je v simulačním softwaru zpracována simulace, která má za úkol co nejpřesněji napodobit reálný stav výrobní linky. Výstupem z této simulace je graf vytíženosti jednotlivých pracovníků a výstup linky, v podobě počtu hotových výrobků za danou jednotku času. Nejdůležitějším kritériem při tvorbě simulace je správnost vstupních údajů, největší chybou je podcenění sběru dat.

Pro dosažení hlavního cíle jsou zhodnoceny všechny nedostatky a poté prováděny desítky experimentů v simulačním softwaru za účelem získání a navržení ideálního rozložení pracovníků a rozdělení jejich práce v různých stavech výrobní linky. Hlavními kritérii při volbě jednotlivých modelů výrobní linky byly počet hotových výrobků za danou jednotku času, počet pracovníků a proveditelnost operace danými pracovníky s ohledem na jejich zaškolení a bezpečnost, přičemž přesné požadavky jsou popsány při analýze vizualizace současného stavu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝROBNÍ PROCES

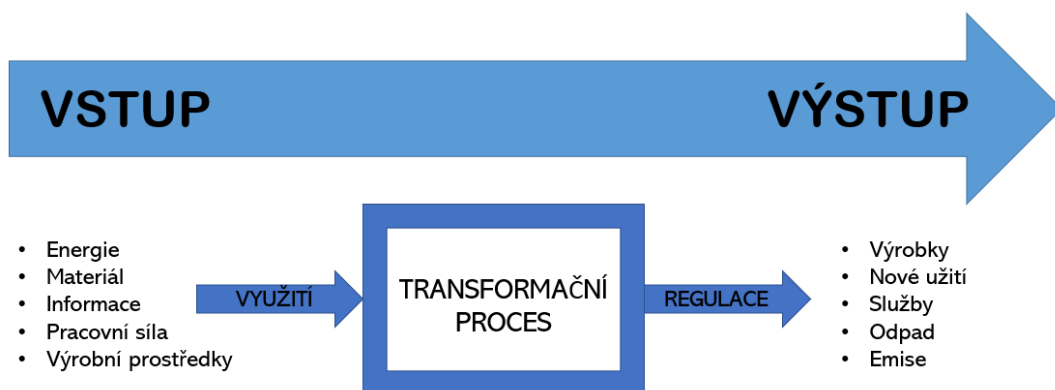
Výrobní faktory jsou základní ekonomické zdroje a v podobě služeb a statků představují vstupy do ekonomických procesů. Tyto vstupy jsou omezené, oproti tomu potřeby lidstva jsou neomezené. Kombinace výrobních faktorů přináší efektivní výstupy (výsledky). (Kucharčíková, 2011. s. 23)

Vytvořením služeb a věcných statků umožňuje výroba uspokojení požadavků zákazníka. Je rozhodující částí hodnototvorného řetězce, díky jeho efektivnímu fungování je možné dosáhnout konkurenční výhody a zajištění silné pozice společnosti na trhu. (Tomek a Vávrová, 2014, s. 26).

1.1 Charakteristika výrobního procesu

Podle Heřmana (2001, s. 10) lze za výrobní proces považovat postoupnou nebo jednorázovou přeměnu materiálu a polotovaru na hotový produkt, výrobek. Za začátek výroby je považován vstup materiálu do procesu zpracování, naopak koncem je vytvoření konečného produktu, určeného k expedici.

Výrobní proces může být také chápán jako vlastní realizační část hodnototvorného procesu, je to důsledek cílevědomého lidského chování, kdy transformační proces zajišťuje, použitím vhodných vstupních faktorů, co nejhodnotnější výstup. Výroba se tedy dá považovat za kombinaci faktorů za účelem vytvoření věcných statků a služeb. Realizovat lze pomocí podnikového výrobního systému. (Tomek a Vávrová, 2014, s. 26)



Obrázek 1 Transformační proces (vlastní zpracování, zdroj: Tomek a Vávrová, 2014, s. 26)

Podle Tučka a Bobáka (2006, s. 24) lze podstatu výrobního procesu rozdělit z 3 hledisek:

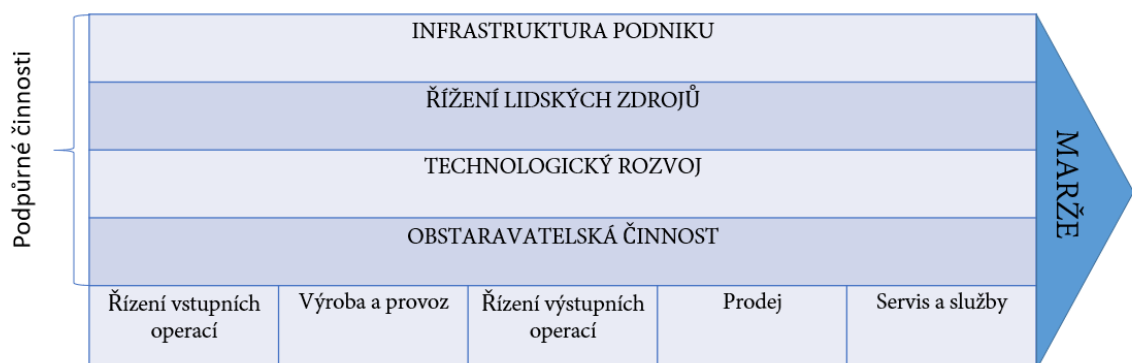
Technické hledisko

K účelnému propojení výrobních faktorů (vstupů a zdrojů) dochází v jisté posloupnosti operací. Využitím výrobních zařízení přímou nebo nepřímou účastí pracovníků dochází k změně vlastností, tvaru, složení (fyzického a chemického), ale především k přeměně materiálu na hmotné statky a služby. (Tuček a Bobák, 2006, s. 25)

Ekonomické hledisko

Ekonomické hledisko pohlíží na výrobu jako na činnost, která má uspokojovat svou nabídkou poptávku na trhu. Výrobní proces tedy může nabývat podobu:

- pracovního procesu – statek, výrobek, služba,
- zhodnocovacího procesu – tržby,
- inovačního procesu – nová kvalita výrobních podmínek a výstupů, výsledkem je přírůstek zisku. (Tuček a Bobák, 2006, s. 27)



Obrázek 2 Hodnotový řetězec (vlastní zpracování dle Portera)

Transformační hledisko

Z Transformačního hlediska je možné výrobní procesy:

- rozdělit do transformačních skupin – na 86 odvětví průmyslu a služeb, podle klasifikace OSN – ISIC (International Standard Industrial Classification),
- rozdělit dle OKEČ (odvětvové klasifikace ekonomických činností),
- zobecnit a zprůhlednit různorodost výrobních procesů. (Tuček a Bobák, 2006, s. 27)

1.2 Typologie výrobního procesu

Podle Keřkovského (2009, s. 8) lze chápat výrobu v užším a v širším pojetí a je důležité si ujasnit, co zahrnuje výrobní proces, kdo je zákazník a co je výrobek/služba.

Oborové, technologické, objemové i historické tendence požadují, aby v uspořádání výrobních procesů byl brán potaz na odlišnosti, které se projeví hlavně ve způsobu plánování požadavků na výrobu, organizaci výrobního procesu, jeho stupňovitosti nebo kontinuitě, těsností vazby na konkrétního zákazníka apod.

Hodnototvorný proces je řízeným souhrnem různých vstupů, jejich kapacit, technické charakteristiky a kvality, v praxi to znamená lidí, strojů, zařízení, prostředků (dopravních, skladovacích, manipulačních) a využitelných prostor. Nastavení vlastního výkonového systému závisí hlavně na rozčlenění celkového výrobního systému na jednotlivé části a okruhy, které mohou nést plnou zodpovědnost za plnění cílů systému jako celku. Ve spojení s komplexností a různorodostí problémů výrobních procesů lze nastavit řadu kritérií, která mohou být základem pro vlastní typologii, vytvoření charakteristických výrobních systémů. Zobecnění umožňuje omezit následující množinu kritérií. (Tomek a Vávrová, 2014, s.40)

1.2.1 Členění podle míry plynulosti výrobního procesu

- Plynulá – Z technologických nebo jiných důvodů probíhá výroba nepřetržitě. To znamená, že kromě přerušení vyvolaných nutnými opravami strojů a výrobních zařízení probíhá výroba prakticky celý rok bez přestávky (24 hod. denně, 7 dní v týdnu, po celý rok).
- Přerušovaná – výrobu je možné po určitých částech na chvíli zastavit a pokračovat jindy. Přerušovaná výroba většinou probíhá v předem určených časech, jde např. o 5 dní v týdnu nebo ranní a odpolední směny.

Ekonomické aspekty jsou hlavní kritérium, které musí brát společnost v potaz, pokud se rozhoduje, jestli organizovat výrobu jako plynulou nebo přerušovanou. Jelikož plynulá výroby probíhá v noci, o svátcích a víkendech, tak bývá nákladnější, naopak u přerušované výroby může zase nastat problém prodloužením průběžné doby výroby (např. než se nastartují stroje na začátku směny nebo naopak vypnou). (Keřkovský, 2009, s. 9)

1.2.2 Členění podle množství a počtu druhů výrobků se rozlišuje výroba:

- kusová,
- sériová,
- hromadná.

Hlavním rozdílem mezi nimi spočívá ve způsobu přidělování potřebných faktorů, jde například o využití a uspořádání strojního vybavení, míře specializace pracovníku apod. Sériová a hromadná výroba většinou používá plně automatizované linky s nízkou potřebou pracovní síly. Kusová výroba je většinou uskutečňována ve velmi malých množstvích pomocí univerzálních zařízení a strojů. (Keřkovský, 2009, s. 9-10)

1.2.3 Členění z časového hlediska výrobního procesu

Zahrnuje především řešení:

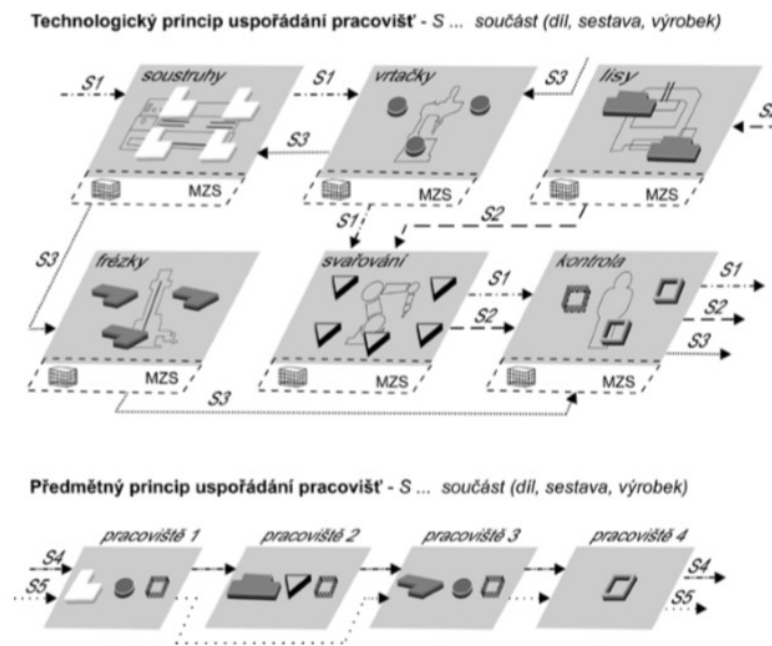
- Časového uspořádání výrobního procesu – je založeno na stanovení správné posloupnosti operací, které se postupně zpracují jednotlivými pracovišti, a také ve stanovení předpokládaných termínů realizace na daných pracovištích.
- Výrobní a dopravní dávky – výrobní dávka je skupina součástí zadávaných do výroby společně, používá se zejména ve strojírenské výrobě.
- Průběžné doby výroby – potřebný čas na uskutečnění části výrobního procesu.

A dalších řešení, např. využití výrobních kapacit, prostojů pracovišť, rozpracované výroby. (Keřkovský, 2009, s. 14-15)

1.2.4 Členění z hlediska prostorové struktury

Členění z hlediska prostorové struktury je úzce spojeno s časovou strukturou. Jde o organizační formy, které na rozdíl od časové struktury umožňují časové charakteristiky nebo jim mohou být podřízeny. Při vytváření základních organizačních forem výrobního procesu je třeba rozlišit, zda se jedná o princip výkonu nebo princip objektu, typickými zástupci těchto principů jsou:

- Dílenská výroba (technologický princip)
- Proudová výroba (předmětný princip)



Obrázek 3 Technologické a předmětné uspořádání pracovišť (Tomek a Vávrová, 2014, s. 43)

Dílenská výroba

Dílenská výroba předpokládá, že je k dispozici skupina strojů se shodnou nebo podobnou funkcí a na základě technologických postupů daných produktů není jednotné pořadí zpracování. U tohoto druhu výroby není nutné přesné určení stroje, ale jen funkce daná příslušným technologickým postupem. Pracoviště jsou soustředěna prostorově do jedné dílny (organizační jednotky), jde tedy například o lisovny, dílny obráběcích strojů apod. Mezi jednotlivými pracovišti musí mít každá zakázka definovaný svůj postup. Problémem je mezioperační doprava, která se stává velmi složitou. Toto uspořádání je typické hlavně ve strojírenském průmyslu (výroba dílů) a elektrotechnické výrobě. (Tomek a Vávrová, 2014, s. 42-44)

Proudová výroba

Stroje jsou sestaveny tak, jak to požaduje technologický postup dané součásti, uzlu nebo výrobku. Stroje jsou za sebou řazeny podle průběhu výroby a produkt je předáván nejkratší cestou z jednoho pracoviště přímo na druhé. Při výrobě stejných nebo podobných předmětů se tedy dá dosáhnout maximálního zkrácení průběžné doby výroby. Využívá se u sériové a hromadné výroby jednoho nebo nejvíce několika málo druhů výrobků, případně u více tvarově nebo rozměrově různých součástek, které jsou technologicky podobné např. válcování, tažení, stříhání, tepelné zpracování. (Heřman, 2001, s. 23)

1.3 Řízení výrobního procesu

Podle Heřmana (2001, s.54) je řízení výrobního procesu založeno na sledování stanovených cílů, zajištění transformace vstupních materiálů a surovin v požadované výstupy ve formě konečných produktů. Úkolem tohoto procesu je také zabezpečení vlastního průběhu výroby a její uspořádání (věcné, časové a prostorové). V současné situaci je nutné, aby firma zaujala silné postavení na trhu, díky kterému získá ekonomickou prosperitu a existenční stabilitu.

Vedle všeobecných cílů společnosti by měly být určeny i cíle specifické, které jsou definované pro oblasti její činnosti: pro marketing a prodej, finance, řízení, personální rozvoj, vývoj výrobků, výrobu a její kvalitu, využití informačních technologií atd. Cíle lze rozdělit na strategické, taktické a operativní, podle úrovně řízení, ke které se cíle vztahují. Cíle lze rozhodit i z časového hlediska, záleží, kdy mají být splněny, dělíme je na: dlouhodobé (strategické), střednědobé (taktické) a krátkodobé (operativní).

1.4 Zlepšování výrobního procesu

„Postav se do kruhu v dílně a s čistou myslí a bez předpojatosti pozoruj výrobní proces. Při každém problému se pětkrát zeptej proč?“ Taiichi Ohno

Chromjaková a Rajnoha (2011, s. 81) charakterizovali zlepšování procesů jako aktivitu, v které dochází, za účelem zvýšení efektivnosti, ke změně důležitých procesů ve firmě. Všichni pracovníci firmy mohou přispět ke zlepšování firemních procesů, každý svou částí a schopností podpořit změny v procesech, které jsou jim vlastní. Na změně, která je dynamickým prvkem zlepšení, profituje nebo krachuje mnoho procesů zlepšování.

Mezi hlavní důvody, proč zlepšovat procesy patří:

- zvýšení efektivnosti, výkonnosti,
- snaha o ulehčení pracovní operace (zjednodušení),
- nutnost eliminace neproduktivní činnosti a nalezení úspory všeho druhu,
- zlepšení fungování informačních toků,
- snížení negativních vztahů mezi výrobou – administrativou – organizací výroby,
- dosáhnutí 100% spokojenosti pracovníků.

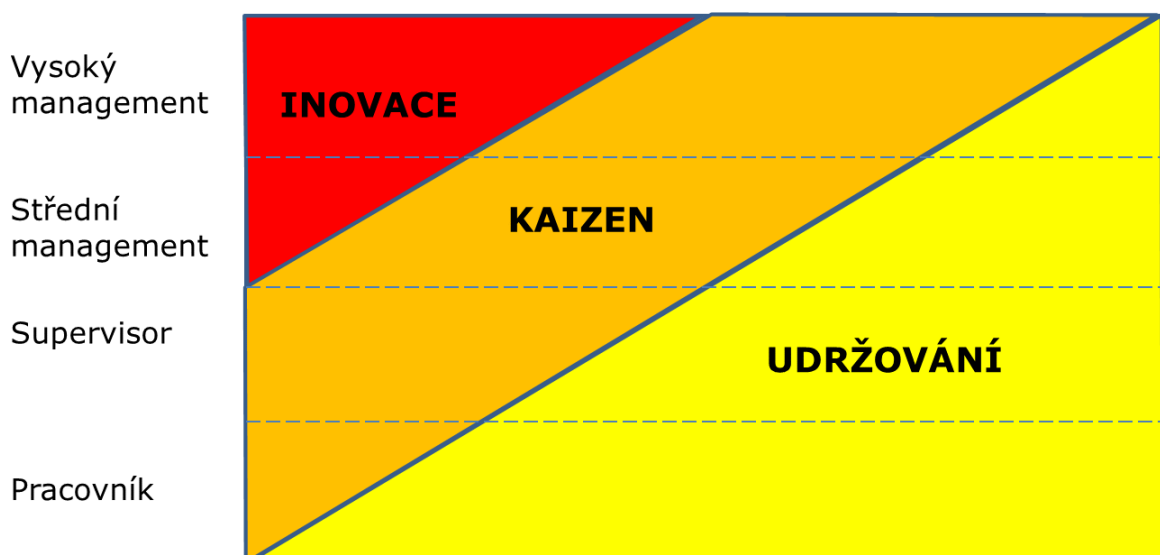
Zlepšování není nucené, dělá se podle inspirace nebo potřeby udělat změnu, která by vedla ke zlepšení, nedělá se tedy v předem určených pracovních hodinách, ale je to způsob života podniku.

Podle Pyzdeka a Kellera (2013) existují 2 možné metody implementace zlepšování výrobního procesu. První z těchto možností je zlepšení výkonu současného systému a druhá metoda je zlepšení samotného systému. Zlepšení výkonu v rámci současného systému lze dosáhnout, tím, že jednotlivci pracují samostatně. Studie také naznačují, že tato metoda je zodpovědná za přibližně 5 až 15 procent zlepšení. Zbývajících 85 až 95 procent zlepšení bude vyžadovat změnu samotného systému.

1.4.1 KAIZEN

Jednou z neznámějších metod používaných v oblasti zlepšování procesů je strategie KAIZEN, v překladu z japonštiny „změna k lepšímu“.

Košturiak a Frolík (2006, s. 119) ve své knize nepopisují KAIZEN jako zlepšování, ale jako neustálé zlepšování, které probíhá napříč všemi odděleními, od dělníků až po vrcholové manažery. V tradičním managementu je dáno, že ve firmě jsou 2 skupiny lidí. První skupina jsou ti, kteří přemýšlejí, inovují a snaží se přispět ke zlepšení a druhá skupina jsou ti, kteří pracují. KAIZEN je založený na přesném opaku, jde o to, že zaměstnanci by neměli být rozdělení, ale všichni by měli umět používat svůj rozum stejně dobře jako svaly a ruce.



Obrázek 4 Porovnání dělby práce metody KAIZEN, inovací a udržování
(©BusinessInfo.cz)

1.4.2 Teorie omezení (TOC)

Učí nás, že jedině pomocí posílení nejslabšího článku procesního řetězce lze zlepšit jeho fungování. Výsledkem je zvyšování přidané hodnoty v procesu za danou jednotku času. (Košturiak, 2010, s. 38)

1.4.3 Six Sigma

Metodika Six Sigma lze charakterizovat jako snahu o redukci variability v procesech. Většina společností před zavedením této metodiky zaznamenávala neúspěchy pomocí ukazatelů uvedených v procentech, po zavedení musela zavést novou metriku (DPM – defects per million nebo PPM – part per million). Tímto však dali zákazníkovi novou hodnotu a mohli tak získat konkurenční výhodu. Při procesu Six Sigma jsou náklady na nekvalitu minimální a procesy tedy musí být dokonalé. Six Sigma se snaží společnosti vést k myšlence, že pomocí stabilizace procesů vyprodukují při menších nákladech vyšší hodnotu. (Košturiak, 2010, s. 38)

1.4.4 Vývojové trendy pro průmysl 4.0

Koncept Průmysl 4.0 rozšiřuje klasické metody zlepšování procesů o digitální dimenzi. Implementací tohoto konceptu nastává zásadní změna v chápání procesů kontinuálního zlepšování.

Kontinuální zlepšování výrobních systémů v prostředí konceptu Průmysl 4.0 lze podle Chromjakové, Tučka a Bobáka (2017, s. 92) charakterizovat jako: „*Optimalizace hodnotových toků v prostředí autonomně řízeného digitalizovaného výrobního systému a dynamické výroby s využitím disponibilních technologií daných kyber-fyzikálním systémem platformy 4.0.*“

Nejvýznamnější vývojové trendy:

- 3D modelování a simulace výrobních procesů – cílem je nastavit standardizované komponenty a prvky výrobních procesů, tak aby je lze flexibilně kombinovat zákazníkem již při specifikaci objednávky.
- Virtuální výroba – Virtuální výroba je postavena na cloudové architektuře, díky které je možno konfigurovat, vybírat a využívat služby komplexních kyber-fyzikálních systémů. Nabízí velký prostor pro plánování, rozvrhování a organizování výroby

(např. využití virtuální reality na virtuální identifikaci layoutu, výrobních nebo materiálových toků).

- Big Data – Díky velké rozmanitosti datových úložišť a souborů se objevují nové možnosti ke zlepšování procesů. Pro bezchybnou funkčnost cloudových technologií a obecnou technologickou podporu konceptu Průmyslu 4.0 je technologie big data nezbytná.
- 3D tisk – Pro zhotovení výrobku jsou potřeba materiály a suroviny. Často se tedy můžeme setkat s požadavkem na zmenšení spotřeby materiálů a surovin, které jsou pro zhotovení nezbytné. 3D tisk využívá geometrické nastavení komponent v prostředí rapid prototypingu a díky tomu umožňuje spojení více výrobních technologií do méně procesních kroků.
- Další trendy – Cloud computing, 3D vývoj produktů, Rozvrhování výroby, Člověk v digitálním schématu, Příležitost v otevřenosti

Pokud se na zlepšování procesů díváme z tradičního hlediska, tak lze zůstat u zlepšování pomocí technik Lean, ale jakmile chceme do podniku zabudovat koncept Průmysl 4.0, tak bude nutné rozšíření o výše uvedené vývojové trendy. (Chromjaková, Tuček a Bobák, 2017, s. 95-99)

2 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Koncept štíhlé výroby lze charakterizovat jako komplexní systém, v kterém jsou na podnět lidí (manažerů), realizovány změny myšlení v oblasti řízení a organizace výrobních procesů. Cílem je dosažení efektivního řízení postupu optimalizace výrobních procesů a také operací, které s tím souvisí. Koncept štíhlé výroby začínají postupem času využívat také oblasti administrativních a obslužných procesů, které mají podobný charakter jako výrobní procesy. Pro úspěšnou implementaci štíhlé výroby do podniku je důležitá správná motivace a účast zaměstnanců na všech procesech optimalizace a zlepšování. Implementací štíhlé výroby lze získat prostor pro realizaci inovací a kontinuální zlepšování procesů. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 45)



Obrázek 5 Štíhlá výroba (vlastní zpracování, zdroj: Košturiak a Frolík, 2006, s. 23)

Klíčové principy pro implementaci konceptu štíhlé výroby:

- Just-in-Time (JIT) – aby mohla výroba probíhat plynule a mohl by být realizován průtok je potřeba eliminovat neproduktivitu v tocích procesních časů, materiálů a dostupnosti materiálů a dílců.
- Total Quality Control – podstatou tohoto principu je prevence chyb, které mohou ve výrobě nastat. Ve zlepšování kvality výrobků i procesů má každý zaměstnanec stejné

slovo. TQC se řídí heslem „dělat věci správně napoprvé“ a nezabývá se odstraněním již vzniklých chyb.

- Totálně preventivní údržba (TPM) – Podle tohoto principu je základem minimalizace neproduktivních prostojů z titulu poruchy stroje nebo zařízení a vychází z principu potřeby správné údržby zařízení a strojů, která se dá považovat za hlavní předpoklad pro spolehlivost a plynulost realizace výrobních operací.
- Počítačem podporovaná výroba – Je založen na řízení výroby produktu s podporou dostupných integračních technologií a od komplexní integrace činností, které jsou úzce spojeny se vznikem produktu. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 45)

2.1 Štíhlý layout

Jednou z hlavních příčin plýtvání v podnicích je chybně navržený layout. Ke špatně navrženému layoutu mohly vést např. změny ve výrobě, které proběhly bez organizace a pod časovým nátlakem nebo přesun výroby ze zahraničí. Výsledkem těchto změn mohou být dlouhé materiálové toky, nepřehledné procesy a množství činností, které nepřidávají žádnou hodnotu.

Řešením je štíhlý layout, který je zaměřen na přímý materiálový tok směrem k montážní lince. Cílem je minimalizace přepravních vzdáleností mezi operacemi (snížení činností, které nepřidávají hodnotu) a zmenšení ploch na zásobníky a mezisklady. Štíhlého layoutu lze docílit přesunutím dodavatelů co nejbližší k zákazníkům (přes uličku), vytvoření přímočarých a krátkých tras a přemístění skladů do místa spotřeby. Implementace štíhlého layoutu přinese flexibilitu s ohledem na variabilitu produktů nebo výrobní množství a nízké náklady na instalaci, vyznačuje se heslem „v jednoduchosti je krása“. (Košturiak a Frolík, 2006)

2.2 Plýtvání

„Čas nevyužitý na přeměnu materiálu na konečný výrobek je časem ztraceným.“ Tomáš Baťa

Plýtvání lze charakterizovat jako vše co zvyšuje náklady na produkt, a přitom nepřidává žádnou hodnotu pro zákazníky. Každý den se ve světě setkáváme s tímto pojmem, ale většinou se nedozvíme způsob, jakým plýtvání odstranit, popsat nebo analyzovat vznik. V dnešní době je důležité umět pružně reagovat na požadavky zákazníka, být flexibilní. Snaha být flexibilní a eliminovat plýtvání se stává základem štíhlého podniku.

Taiichi Ohno (Toyota) definoval 7 základních druhů plýtvání, ke kterému se v poslední době přidává osmý druh plýtvání, proto se často můžeme setkat s pojmem 7+1 druhů plýtvání, konkrétně jde o: nadprodukcí, čekání, zbytečnou přepravu materiálu, vysoké zásoby, zbytečný pohyb, zmetky, nadbytečnou práci + nevyužitý potenciál pracovníka.

Plýtvání může být zapříčiněno nedostatkem pořádku a čistoty, špatnou komunikací mezi pracovníky, poruchami strojů, a naopak může způsobit úzká místa, vysoké prostoje a vysoký počet zmetků, včetně nesplnění plánu. (Pavelka, 2015)

2.2.1 Procesní analýza

Procesní analýza se využívá k mapování výrobních, ale také nevýrobních procesů ve společnosti. Řadí se mezi analytické metody popisující výkonnost a účinnost kritických operací obsahujících všechny činnosti, které nepřidávají hodnotu (přesun, čekání, překážky). Výstupem procesní analýzy je procesní diagram, který je znázorněn pomocí symbolů. Lze tak přehledně vidět návaznosti jednotlivých činností, procesů a překážek. (Pavelka, 2015)

2.2.2 Eliminace plýtvání

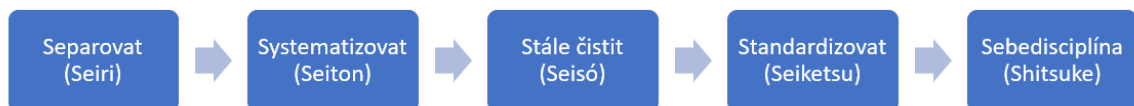
Jakmile zjistíme nedostatky je nutné zavést nápravná opatření, která se mohou rozdělit z hlediska náročnosti zavedení na blesková (ta, která se mohou vyřešit ihned nebo do několika dnů), krátkodobá a dlouhodobá. Jelikož na bleskové opatření není potřeba velké množství času, tak ani náklady na nápravu nebudou vysoké, je nutné se na ně tedy zaměřit. Při implementaci krátkodobých a dlouhodobých opatření je potřeba znalost zásad a principů štíhlého podniku, lze využít např. zavedení 5S, změna pozic vstupního materiálu nebo zásobování linky. (Pavelka, 2015)

2.3 Metody zlepšování pro štíhlou výrobu

Při implementaci na štíhlý podnik nám může pomoci celá řada metod z oblasti lean a průmyslového inženýrství. Tyto metody musíme považovat jen za podpůrné prostředky, které nám mohou pomohou řešit každodenní problémy v podniku. Cílem tedy je změna myšlení pracovníků, změna způsobu práce nebo snaha o kontinuální zlepšování a porovnávání s konkurencí. Důležité je vědět kdy a jak se vyplatí dané metody použít, mohlo by se totiž stát, že čas strávený implementací metod bude mnohem nákladnější než samotná přidaná hodnota. (©API Akademie, 2005)

2.3.1 5S

Základním stavebním kamenem každého štíhlého pracoviště je metoda 5S. Tato metoda se zaměřuje na odstranění všech předmětů, které nepatří na pracoviště (předměty, které nepřidávají hodnotu) a ponechání jen potřebných věcí, na místech které jsou k tomu určena. Důležité je, aby byl udržován pořádek na pracovišti, standardizace uspořádání a organizace. (Bejčková, 2016)



Obrázek 6 Metoda 5S (vlastní zpracování, zdroj: Bejčková, 2016)

2.3.2 Mapování toku hodnot

Mapování toku hodnot se využívá pro zobrazení skutečného stavu procesních toků, může se tedy uplatnit ve výrobě, ale i v administrativních procesech. Tato metoda je efektivní, ale implementace je časově náročná. Základem je objem hodnoty, která proudí za danou jednotku času produkčním systémem. Díky tomu lze jednoduše identifikovat ztráty, ale i potenciály, které mohou být pro podnik příležitostí k zeštíhlení procesů a mohou být návodem na zvýšení efektivnosti a výkonnosti. Cílem je sledovat, jak proudí materiál, informace nebo služby od zákazníka k dodavateli a zakreslit každý proces ve formě obrázků. Následně je důležité definovat skupiny klíčových otázek, které shrnují stěžejní problémy a zakreslit budoucí stav. (Chromjaková a Rajnoha, 2011 s. 51)

2.4 Metody měření

Cílem měření je určení co nejobjektivnější normy spotřeby času. Mezi nejpoužívanější metody patří přímé měření, které je založeno na stanovení spotřeby času pomocí stopek, formulářů. V dnešní době jsou už stopky nahrazované softwary, které ušetří čas při přepisování výsledků do elektronické formy, negativum je cena těchto softwarů. Druhou metodou využívanou pro měření jsou systémy předem určených časů, kde je norma určena z předem definovaných časů, které přísluší danému pohybu. (Dlabač, 2015)

2.4.1 Chronometráž

Patří mezi nejpoužívanější způsoby stanovení výkonové normy, chronometráž je založena na rozdělení měřené operace (úkonu) na několik menších úseků nebo měřících bodů, tím

jsou vyloučeny extrémní hodnoty jednotlivých úseků a je zajištěna poměrně vysoká spolehlivost měření. Využívá se primárně při stanovení délky trvání určité operace a při balancování operací (přesouvání jednotlivých operací mezi pracovníky). (Dlabač, 2015)

2.4.2 Snímek pracovního dne

Snímek pracovního dne lze charakterizovat jako nepřetržité pozorování veškeré spotřeby času, většinou za jednu směnu. Cílem tohoto snímku je získání komplexního přehledu o spotřebě času, identifikace plýtvání a určení poměru činností přidávajících a nepřidávajících hodnotu. Snímek pracovního dne se často využívá pro získání informací o využití jednotlivých pracovníků nebo jako podklad pro stanovení velikosti přírážky. Při tomto měření je nutné dodržovat řadu pravidel, které ve většině firem nejsou dodržována a výsledky jsou tak neobjektivní. (Dlabač, 2015)

2.4.3 MTM

MTM (Methods Time Measurement) je postup, založený na analýze pohybů, které omezují jiné pohyby a na identifikaci neefektivních nebo zbytečných pohybů. Používá se při zlepšování výrobních procesů a snížení potřeby práce nebo při výběru efektivního zařízení.

Metoda pracuje s informací, že každou manuální práci lze rozdělit na základní pohyby, které pomáhají pro zpětné vytvoření pracovního postupu. Při analýze těchto pohybů jsou většinou brány v potaz vzdálenosti (měřené v cm), hmotnost (vyjádřená v kg), úhel a typ pohybů.

Pohyby jsou měřené v časových jednotkách TMU (Time Measurement Unit). Pro efektivnější využívání metody bylo vyvinuto 5 stupňů. (Dlabač, 2015)

Tabulka 1 Členění MTM podle stupňů (vlastní zpracování, zdroj: Křišťák, 2017)

Stupeň MTM	Podrobnost členění analýzy	Trvání operace v min.
MTM1	Základní pohyby	0,1 – 0,5
MTM2	Komplex pohybů	0,5 – 3
MTM3	Části operace	3 – 30
MTM4	Úseky operace	30 – 1800
MTM5	Operace jako celek	Víc než 1800

2.4.4 MOST

Cílem metody MOST je eliminace plýtvání se zaměřením na přidanou a nepřidanou hodnotu, je založena na skutečnosti, že jakákoliv práce se dá považovat za přemísťování hmoty nebo objektu a může být popsána jedním ze čtyř sekvenčních modelů. Ke každému parametru sekvenčních modelů jsou dále přiřazované indexy. (Dlabač, 2015)

Rodina MOST

Pro zjištění délky trvání analyzované činnosti a požadované přesnosti lze aplikovat jednu ze tří možností:

- Mini MOST (trvání činnosti 2-10 s),
- Basic MOST (trvání činnosti 10 s-10 min),
- Maxi MOST (trvání činnosti 2 min a více).

Tabulka 2 Sekvenční modely pro systém Basic MOST (Dlabač, 2015)

Sekvenční modely pro systém Basic MOST		
Aktivita/druh pohybu	Sekvenční model	Parametr
Obecné přemístění	ABGABPA	A - Action distance (Akce na určitou vzdálenost)
		B - Body motion (Pohyb těla)
		G - Gain control (Získání kontroly)
		P - Placement (Umístění)
Řízené přemístění	ABGMXIA	M - Move controlled (Přesun řízený)
		X - Processtime (Procesní čas)
		I - Alignment (Vyrovnání)
Použití ručního nástroje	ABGABP*ABPA	F - Fasten (Utáhnout)
		L - Loosen (Uvolnit)
		C - Cut (Dělit)
		S - Surface treat (Povrchová úprava)
		M - Measure (Měřit)
		R - Recor (Zaznamenat)
Použití ručního jeřábu	ATKFVLVPTA	T - Think (Myslet)
		T - Transport unloaded (Transport prázdný)
		K - Hook up and unhook (Zaháknutí a vyháknutí)
		F - Free object (Uvolnění objektu)
		L - Loaded mode (Transport naložený)
V - Vertical Move (Vertikální přemístění)		

A ₁₀	B ₆	G ₃	A ₁₀	B ₀	P ₁	A ₀
-----------------	----------------	----------------	-----------------	----------------	----------------	----------------

2.5 Definice vybraných metrik výrobního procesu

- **Procesní čas** – Za procesní čas, může být považován čas, který je potřebný k provedení a dokončení řady operací na jednom výrobku, ale také část pracovního cyklu, kdy je výrobek strojně opracován nebo obráběn podle dané specifikace a není řízený operátorem. (©BusinessInfo.cz, 2009)
- **Průběžná doba výroby** – celková doba mezi přijetím surovin nebo materiálu do výroby a dokončením výrobního procesu, při kterém se vyrobí produkty. (©BusinessInfo.cz, 2009)
- **Takt linky** – interval, ve kterém zákazník odeberá hotový výrobek nebo službu. Na tomto základě se vytvoří představa, v jakém tempu by se měl výrobek pohybovat mezi jednotlivými operacemi, aby byl umožněn plynulý tok a byl splněn požadavek zákazníka. Vypočítá se jako: celková pracovní doba / celkový požadavek výroby = sek (min., hod., dny) / ks (m, m², kg). (Zlochová, 2015)
- **Cyklový čas** – lze charakterizovat jako standardizovaný čas potřebný pro vykonání operace pracovníkem nebo strojem. (©BusinessInfo.cz, 2009)

3 SIMULAČNÍ MODELOVÁNÍ

Tato kapitola se zaměřuje na vymezení pojmu simulace, rozdělení různých typů simulačních modelů a vysvětlení potřeby a úlohy simulace v systému plánování a řízení výroby (AROP).

Simulace systému nebo simulační modelování je obecně napodobovací činností provozu reálného systému v počítači se zaměřením na toky procesů, logiku a dynamiku. Simulace tedy znamená vytvoření zjednodušené reprezentace originálu. Stejně jako model letadla zachycuje mnoho důležitých fyzikálních vlastností skutečného letadla, tak simulační model zachycuje důležité provozní vlastnosti skutečného systému. Příkladem systémové simulace je každodenní provoz banky, hodnota akciového portfolia za časové období, provoz montážní linky v továrně a přiřazení personálu nemocnici. (El-Haik a Al-Aomar, 2006, s.85)

3.1 Modelování

Pojem modelování lze v systému plánování a řízení výroby považovat za koncept procesního dynamického plánování výroby. Vyřešení metody dynamického plánování výroby v reálném čase je hlavním cíle modelování. Tento koncept využívá k řešení objektový a procesní přístup, tudíž zahrnuje diskrétní metody typu MRP a MRP II.

Základní změnou je tedy pohled na plánování výroby, který spočívá v přizpůsobení všech událostí a změn, které zasahují do existujícího rozpisu výrobních aktivit, zdrojů a kapacit v reálném čase. Každá změna je promítnuta do dynamického plánu výroby automaticky a bez specializované činnosti uživatele. Výsledkem je virtualizace výrobního procesu na bázi simulačních metod. (Tuček a Bobák, 2006, s. 81)

3.2 Simulace

Simulace je široce používaný termín ve vztahu k počítačovým simulačním modelům, které představují produkt nebo proces. Takové modely jsou vytvořeny na základě matematických i logických vztahů zakomponovaných ve struktuře systému. Například analýza konečných prvků je matematickým základem pro simulační model produktu vačkového hřídele a provoz závodu je základem pro model výrobního procesu. (El-Haik a Al-Aomar, 2006, s.85)

3.3 Aplikace simulací

V dnešní době se simulace používají pro širokou škálu aplikací nejen ve výrobě ale oblasti poskytování služeb. Jako výkonný nástroj se používají simulační modely výrobních systémů pro:

- Stanovení vytíženosti výrobní buňky nebo montážní linky.
- Stanovení počtu operátoru v daném výrobním procesu.
- Určení počtu automatizovaných vozidel při manipulaci s materiálem.
- Zjištění potřebné velikosti skladovacích prostor.
- Zjištění nejlepšího systému objednávek pro systém řízení zásob.
- Ověření výrobního plánu při plánování spotřeby materiálu.
- Plánování kapacity vedlejších sestav, které zásobují hlavní výrobní linku.

Pro obchodní operace lze simulační modely použít pro zjištění počtu bankomatů, které mají za následek snížení čekací doby zákazníka, pro návrh distribuční a přepravní sítě za účelem zlepšení výkonu logistických a prodejních systémů nebo pro návrh provozních zásad v restauraci s rychlým občerstvením, tak aby se zkrátil čas v systému a zvýšila se spokojenost zákazníků. (El-Haik a Al-Aomar, 2006, s. 91-92)

Tabulka 3 Příklady aplikace simulací (vlastní zpracování, zdroj: El-Haik a Al-Aomar 2006)

Výrobní oblast	Služby
Automobilový průmysl	Bankovní sektor
Letectví a kosmonautika	Zdravotnické systémy
Plastikářský průmysl	Hotelnictví
Papírny	Komunikační služby
Domácí spotřebiče	Počítačové sítě
Výroba nábytku	Transakční systémy
Chemický průmysl	Pošty

3.4 Typy simulačních modelů

V minulé kapitole bylo uvedeno několik důvodů k čemu jsou modely užitečné a nyní je důležité zjistit jakým nejlepším způsobem lze tyto modely aplikovat. Existuje celá řada typů modelů, které lze rozdělit na mentální, fyzické, matematické a výpočetní.

3.4.1 Mentální modely

Podle pana je i naše myšlení založené na podvědomém použití mentálních modelů. Realitu vnímáme pomocí našich smyslů, nikoli přímo. I samo vnímání tedy představuje informační

filtr, další filtrování pak probíhá v mozku, který si nepamatuje všechno. To, co vnímáme jako realitu není opravdová realita, ale zjednodušený model. Rozhodnutí tedy děláme s využitím analýz a simulací mentálního modelu reality. (Pelánek, 2011, s.47)

3.4.2 Fyzické modely

S fyzickými modely se setkáváme celý život, za tyto modely můžeme brát mnohé hračky (autíčka, panenky), hry a další předměty pro děti, které slouží především k zábavě. Fyzické modely však nemusí sloužit jen pro zábavu, ale také pro simulaci dopravních prostředků, které se snaží důvěryhodně napodobit realitu. Může jít tedy například o simulaci kokpitu letadla, pomocí které se mohou učit piloti v bezpečném prostředí. V dnešní době se z velkých finančních a časových nákladů využívá místo fyzických modelů počítačové simulace. (Pelánek, 2011, s.47-48)

3.4.3 Matematické modely

Jedním z dalších typů je model tvořený matematickými rovnicemi. Matematické modely lze dále rozdělit na dvě kategorie, první z nich jsou popisné modely, které jsou založeny na vztahu mezi proměnnými v určitém časovém okamžiku, aniž by vysvětlovaly, proč tento vztah platí (jde například o statistické regresní modely – vztah mezi HDP a očekávanou délkou života).

Pod druhou kategorií spadají dynamické modely, které popisují, jak se mění hodnoty proměnných v čase. Jde o diferenciální rovnice (vztah mezi poptávkou a nabídkou), se kterými se pracuje pomocí exaktní analýzy, a to většinou tak, že se snažíme vyřešit systém rovnic. (Pelánek, 2011, s.48)

3.4.4 Výpočetní modely

V případě výpočetních modelů se jedná o matematické zápisy (soustava rovnic) nebo speciální program. Oproti matematickým modelům, které využívají analytiky, jsou výpočetní modely postavené na simulaci. Výslednou simulaci lze získat pomocí řešení rovnic nebo spuštěním programu. Výpočetní modely lze využívat i pomocí tužky a papíru, ale většina systémů v podnicích je tak složitá, že použití počítače a speciálního softwaru je nutností. (Pelánek, 2011, s.48)

Tabulka 4 Srovnání matematických a výpočetních modelů (vlastní zpracování, zdroj: Pelánek, 2011)

	Matematické modely	Výpočetní modely
Předmět zájmu	Rovnováha	Dynamika
Přesnost výsledků	Vysoká	Nízká
Flexibilita modelů	Nízká	Vysoká
Počet částí	1, 2, ∞	Středně velký
Struktura	Fixní	Proměnlivá
Heterogenita	Nízká	Vysoká
Centralizace	Vysoká	Nízká

3.5 Výhody a nevýhody simulace

Výhody

- Experimentování v komprimovaném čase – Jelikož je model simulován na počítači, tak mohou být experimenty prováděny v komprimovaném čase. To je jedna z hlavních výhod, protože dokončení procesů může trvat měsíc nebo taky rok. Dlouhá procesní časy mohou ztěžovat nebo znemožnit provedení robustní analýzy. U počítačové simulace lze simulovat provoz dlouhých procesů během několika sekund, znamená to tedy, že jde spustit neomezený počet každého simulačního běhu, tak aby se zvýšila statistická spolehlivost analýzy.
- Snížení analytických požadavků – v minulých letech, když ještě nebyla možná počítačová simulace, byli analytici nuceni používat analyticky náročné nástroje, i průměrný analytik tedy musel ovládat velké množství znalostí z oblasti matematiky a operačního výzkumu.
- Snadno předvedené modely – většina nejnovějších softwarových programů určených pro simulaci má schopnost dynamicky měnit model, a tudíž je animace užitečná jak pro ladění modelu, tak také pro demonstraci fungování a sledování nedostatků v procesu. (Chung, 2004, s. 4-5)

Nevýhody

- Simulace nemůže poskytnout přesné výsledky, pokud budou nepřesná vstupní data. Pokud nemá model přesná vstupní data, tak nemůže analytik očekávat, že získá přesná výstupní data, sběr dat je bohužel považován za nejobtížnější součást

simulačního procesu. Navzdory tomuto je většinou při vytváření simulačního modelu vyčleněno více času na vývoj modelu než na sběr dat, a tak bývají velmi nepřesné.

- Simulace nemůže poskytnout snadné odpovědi na složité problémy – Pokud má analyzovaný proces nebo systém mnoho komponent a interakcí, není zaručeno, že díky simulaci dostaneme odpovědi na všechny otázky a problémy, které proces má. Simulace se tedy zaměřuje jen na nejdůležitější problémy a nejde více do hloubky procesu, to může někdy způsobit přehlédnutí důležitých problémů a simulace se tak stane méně efektivní.
- Samotná simulace nemůže vyřešit problémy – manažeři si většinou myslí, že problém může vyřešit provádění simulačního modelu a projektu analýzy, ale tato myšlenka je zavádějící. Simulace totiž poskytuje potenciální řešení k vyřešení problému, ale samotný problém nevyřeší. Navrhované změny provádějí a implementují jednotliví odpovědní vedoucí pracovníci. V praxi to většinou tedy funguje tak, že se navrhnou a vyvinou některé řešení, ale nikdy nebo špatně se implementují. (Chung, 2004, s. 5-6)

3.6 Simulační programy

3.6.1 Witness Horizon

Společnost Lanner charakterizuje svůj software WITNESS Horizon jako nejflexibilnější, nejúčinnější a osvědčenou technologii pro simulaci procesů. Umožňuje profesionálním modelářům rychle vyvíjet modely, které poskytují funkce poskytující bezkonkurenční vzhled prostřednictvím dynamické vizualizace dat a možnost testovat volby v bezrizikovém virtuálním prostředí.

WITNESS Horizon dále nabízí navržené rozvržení modelu a efektivní rozvíjení logiky ve 2D půdorysu před přepnutím na 3D vizualizaci, která obsahuje nejmodernější technologii pro poskytnutí pohlcujícího zážitku z modelu a výkonu virtuální reality.

Díky otevřené konektivitě k běžným datům včetně databází a souborů lze použít „big data“ k vytváření modelů, inicializaci nebo k experimentům. (©Lanner.com, 2020)

3.6.2 Arena

Software Arena od společnosti Rockwell Software nabízí simulaci diskrétních událostí, jde například o metodiku modelování vývojového diagramu, která zahrnuje velkou knihovnu

předdefinovaných stavebních bloků pro modelování procesu bez potřeby vlastního programování nebo kompletní řady možností statistické distribuce pro přesné modelování variability procesů. Základem Areny je schopnost definovat cesty objektů a trasy pro simulaci, provádění statistické analýzy a tvorby zpráv. Mezi hlavní výhody patří zlepšení viditelnosti v důsledku změn systému nebo procesu, diagnostika a náprava problémů, omezení nebo eliminace úzkých míst a zlepšení finančních předpovědí, případně zkrácení dodací lhůty. (©arenasimulation.com, 2020)

3.6.3 Tecnomatix Plant Simulation

Technomatix Plant Simulation je efektivní nástroj pro vytváření digitálního modelu logického systému (výroby nebo logistiky). Umožňuje vytvoření dynamické simulace disktrétních událostí a zkoumání charakteristiky systémů a optimalizace jejich produktivity. Na těchto modelech lze poté vytvářet v dostupném čase rozsáhlé experimenty a scénáře bez narušení reálných systémů. Pomocí nástroje Plant Simulation lze tedy simulovat různé varianty řešení podle scénářů, optimalizovat výkon systému a eliminovat úzké místo.

„Plant Simulation uživateli nepodsouvá řešení, ale umožňuje provádět a testovat různé varianty řešení a odpovídá na otázky typu: „Co se stane, když...“ (©axiomtech.cz)

3.6.4 FlexSim

FlexSim je objektově orientovaný software, který se používá k vývoji, modelování, simulaci, vizualizaci a sledování dynamických toků a systémů.

Flexsim nabízí kompletní sadu vývojových nástrojů pro vývoj simulačních aplikací. Prostředí Flexsim je zcela integrováno s programovacím jazykem C++ a přímo používá FlexScript (upravená knihovna C++). Animaci lze zobrazit ve 2D, 3D a virtuální realitě. Všechny pohledy lze zobrazit souběžně během vývoje modelu nebo fáze spuštění. FlexSim se využívá k modelování výroby, skladování, zobrazení procesů manipulace s materiálem, výroby polovodičů. (Nordgren, 2002)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 SKUPINA SCHOTT V ČESKÉ REPUBLICCE

SCHOTT je technologický koncern, který již přes 130 let vyrábí speciální komponenty, materiály a vyvíjí nejnovější systémy, které přispívají ke zlepšení životních i pracovních podmínek.

Koncern SCHOTT se zaměřuje hlavně na farmaceutický průmysl, odvětví průmyslu domácích spotřebičů, solární energii, elektroniku, automobilový průmysl a optiku. SCHOTT zaměstnává přes 15 000 zaměstnanců ve 35 zemích světa, všichni zaměstnanci přispívají společně k celosvětovému obratu společnosti, který činí přes 2,05 miliardy EUR. V České republice se nacházejí celkem 2 výrobní lokality skupiny SCHOTT. První lokalita je Valašské Meziříčí, kde je zaměstnáno přibližně 350 zaměstnanců, druhá výrobní lokalita se nachází v Lanškrouně, tam je zaměstnáno přibližně 450 zaměstnanců a je zaměřena na automobilový průmysl. (Interní materiály)



Obrázek 7 Společnost SCHOTT ve Valašském Meziříčí (Interní materiály)

4.1 Výrobní lokalita v Lanškrouně

Závod Electronic Packaging v Lanškrouně patří do společnosti SCHOTT CR, s.r.o. a byl založen v roce 1993. Od té doby se stal renomovaným výrobcem a dodavatelem elektrotechnického průmyslu s vysokým výrobním a výrobním standardem. Závod v Lanškrouně je jedním z nejlepších dodavatelů hermetických pouzder, průchodek a speciálních skel. Klíčovými trhy pro tyto výrobky jsou automobilový průmysl a optoelektronika. (Interní materiály)

4.2 Výrobní lokalita ve Valašském Meziříčí

Ve Valašském Meziříčí se nachází druhá výrobní lokalita v České republice, jelikož je zde vyráběno široké spektrum výrobků založených na špičkové technologii, tak je zde výroba soustředěna do dvou společností:

- SCHOTT CR, s.r.o.
- SHOTT Flat Glass CR, s.r.o. (Interní materiály)

4.2.1 SCHOTT CR, s.r.o.

První divizí jsou Servisy, jedná se o nevýrobní část, která poskytuje služby ostatním společnostem skupiny SCHOTT ve Valašském Meziříčí, zejména v oblasti, ekonomiky, personalistiky, logistiky a zásobování, IT, technických servisů, kvality, ekologie a bezpečnosti.

Druhá divize Lighting and Imaging se zaměřuje na montáž výrobků z LED diod a průmyslových optických vláken, které slouží pro osvětlení. Společnost primárně pracuje na zakázkovou výrobu pro automobilový a letecký průmysl, osvětlení a zdravotnictví. Díky speciální technologii úpravy skla, optických vláken a LED diod, včetně jejich vývoje, mají výrobky mimořádné vlastnosti. (Interní materiály)

4.2.2 SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.

Druhá ze společností ve Valašském Meziříčí se zabývá zpracováním plochého skla a skleněných výrobků určených pro domácí spotřebiče a zaměřuje se na výrobu vitrín pro prezentaci chlazeného a mraženého zboží.

Divize Home Appliance (domácí spotřebiče) je primárně zaměřena na výrobu skleněných částí dvířek a ovládacích panelů pro bílou techniku.

Divize Food Display vyrábí prosklené části chladících vitrín určené pro supermarkety a pro náročné privátní zákazníky. Společnost nabízí také dovybavení existujících chladících vitrín a tím i spotřebu elektrické energie. Inovací při výrobě jsou alternativní světelné zdroje a řešení s minimální spotřebou elektřiny. (Interní materiály)

4.3 Výrobky

- Vyspělá optika – vyspělá optika, která nabízí širokou nabídku nejnovějších komponentů a materiálů pro optické a litografické aplikace (Aspherical Lenses, Contrast Enhancement Filters, Cylindrical Lenses, Optical Filters, Optical Glass).
- Architektura – Architektonické sklo pro venkovní i vnitřní využití nabízí spoustu možností (Antireflexní skla, Sklo s barevnými efekty, Designové sklo, Ohnivzdorné sklo, Fúzované sklo, Zrcadlové sklo, Protiradiační sklo)
- Pouzdra pro elektroniku – Společnost SCHOTT Electronic Packaging je nejvýznamnějším výrobcem a vývojářem hermetických pouzder a dalších komponentů pro dlouhodobou ochranu citlivé elektroniky (Automobilový průmysl, Řízení frekvence, Rozměrné průchodky, Optoelektronika, Speciální sklo, Tepelné pojistky)
- Osvětlení a zobrazování – Společnost SCHOTT Lighting and Imaging nabízí vyspělá řešení na míru pro lékařství, průmysl, automobilový průmysl, letectví a obranu (Součástky CCD, Lékařství, Mikroskopie, Obrana, Senzory, metrologie a řízení).
- Ploché sklo – Společnost SCHOTT Flat Glass vyrábí estetická řešení ze skla pro varné desky, lednice, trouby, myčky, kuchyně a obytné prostory (SCHOTT Termofrost, Ploché sklo SCHOTT).
- Technika pro domácnosti – Na základě zkušeností se sklokeramikou nabízí společnost výrobcům domácích spotřebičů moduly a komponenty pro horké i studené aplikace (Ohnivzdorné sklo, Borokřemičité sklo).
- Farmaceutické balení – SCHOTT je jedním z předních výrobců farmaceutických obalů a analytických laboratorních služeb.
- Trubice – Díky výrobní kapacitě okolo 110 000 tun je společnost SCHOTT jedním z největších skleněných trubic na světě (Renewable energies, Display Technology, Engineering). (Interní materiály)

5 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU LINKY

Následující kapitola se týká analýzy poloautomatické výrobní linky na úpravu plochých skel, z kterých se následně skládají dveřní systémy (ISO packy) pro chladicí a mrazicí zařízení (primárně do obchodů). Tyto ISO packy jsou navrženy, tak aby zboží za nimi vypadalo atraktivně a aby se lépe prodávalo. Jelikož se tyto dveřní systémy používají hlavně v obchodech a v blízkosti potravin musí splňovat všechny nejnovější standardy.

Předmětem analýzy je vytvoření detailního popisu výrobního procesu, představení layoutu včetně rozdělení pracovníků s popisem jejich práce, zhodnocení vizualizace jednotlivých pracovišť, vytvoření procesní analýzy a naměření dat pomocí chronometráže. Závěrem jsou získané data využity jako vstupní data pro vytvoření simulace v simulačním softwaru. Linka TIG funguje jen na jednu směnu, s tím že se obsazení pracovníky mění. Pro větší objektivnost naměřených dat probíhalo sledování pracovních činností a měření práce několikrát a v různé dny. Nejprve proběhla analýza veškerých operací prováděných pracovníky, tak aby bylo možné získat jejich vytíženost a v další fázi proběhlo přenesení těchto dat do simulačního softwaru.

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce společnost SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. se potýká s nedostatkem pracovníků, a právě proto byla pro analýzu zvolena právě linka TIG. Jedná se totiž o linku, na které při současném stavu pracuje 14 pracovníků, 8 kterých se stará o přímých chod linky a 6 pracovníků, kteří vykonávají potřebné pomocné práce (lepení, loupání, atd...). Pracovníci, kteří vykonávají pomocné práce jsou většinou nováčci nebo právě zahraniční pracovníci, kteří nemají moc zkušeností a jsou nespolehliví. Velmi často se stává, že právě tito pracovníci nejsou přítomni na pracovišti a jejich práci si náhodně přidělují ostatní. Vedení společnosti se tedy rozhodlo na vypracování analýzy a rozdělení práce pro různé stavy linky. Na základě provedené analýzy linky, vytvoření simulace a návržení teoretických modelů linky může společnost dosáhnout ušetření pracovníků a nákladů až o 30 procent. Pracovníci, kteří již nebudou potřeba na lince TIG, nemusí být propuštěni, ale mohou být využiti na jiných výrobních linkách.

5.1 Popis výrobního procesu

Pro návržení optimálních scénářů a pochopení materiálových a informačních toků na výrobní lince TIG je potřeba znát výrobní proces krok po kroku. Předmětem analýzy bude tedy jen výrobní proces linky, nikoliv celého podniku. Linka slouží pro výrobu ISO packů,

do výroby tedy vždy vstupuje přední a zadní strana skla. Zadní strana neprochází kroky 4. až 7., které jsou popsány níže (po těchto krocích probíhá lisování a spojení).

1. Dovoz skla – Jakmile má firma k dispozici požadovaný typ skla, zadá se příkaz skladníkovi, který sklo přiveze na předem vyznačené a určené místo.
2. Upevnění skla – Po dovezení probíhá umístění a upevnění skla do stojanů poblíž vstupní stanice GAL. Operátor dá stanici příkaz, který sklo přisaje pomocí přísavek ze stojanu. Sklo se poté automaticky přesune do myčky.



Obrázek 8 Stojany s připravenými skly (vlastní zpracování)

3. Mytí skla – Pomocí automatické myčky probíhá na pásu umytí a přesunutí skla na další operaci.
4. Vizuelní kontrola – Operátor, který zadal příkaz vstupní stanici provede po myčce vizuelní kontrolu skla, jakmile objeví nedostatky pokusí se je odstranit speciálním hadrem. V případě, že se nedostatky nepodaří odstranit, vloží sklo znovu do myčky. Čisté sklo poté přesune na Air Float table.

5. Osazení první strany PMMA spacerem – Řízeným pohybem se přesune sklo po stole a umístí do zářezek, stlačením nožního pedálu se poté přisaje. Následně se aplikuje VHB páska, odřízne se konec a aplikuje spacer. Stlačením nožního pedálu probíhá odsátí skla a opatrné přesunutí na další operaci

6. Osazení druhé strany PMMA spacerem – Osazení druhé strany skla PMMA spacerem probíhá totožně jako osazení prvního spaceru, jen s rozdílem, že probíhá na druhé straně skla. Výrobní proces poté pokračuje opatrným přesunutím na osazení TIG spaceru.



Obrázek 9 Stůl pro přesun sklad a osazení PMMA spaceru (vlastní zpracování)

7. Osazení TGI spaceru – Sklo se opatrně posune do osazovací pozice a stlačí se nožní pedál pro přisátí skla. Operátor poté získá TIG spacer ze stojanu a osadí ho mezi PMMA spacery (s péčí, 2 strany). Operace pokračuje dotlačením TIG spaceru, stlačením nožního pedálu a odsátím skla, následně se sklo posune na osazení ALU profilem.

8. Osazení ALU profilu – Pomocí špachtle se upraví butyl v rozích na obou stranách, vezme se ALU profil a osadí s péčí na obě strany. Poté je sklo přesunuto na pás a pokračuje do lisu.

9. Vkládání skla do lisu – Sklo je vloženo na pás, je provedena vizuální kontrola a očištění hadrem. Následně je potřeba odstranění červené krycí fólie a stisknutí tlačítka pro uvolnění do lisu.

10. Lisování – Sklo prochází montážním a plnicím automatem, následuje distanční proklad, proložka a automatické nalepení.

11. Vyjímání ISO packů – Po lisu následuje přesun skla na tmelicí stůl. K přesunu slouží rameno k přísavkami, které ovládá operátor.

12. Tmelení – Poslední operace ve výrobním procesu začíná přesunutím dveří po kolečkovém stole a umístěním korku na horní stranu ISO packu. Následně si operátor vezme krycí pásku a umístí ji na dveře s přesností (konec pásky odtrhne). Odloží drženou pásku na odkládací místo a pomocí speciální pistole provádí tmelení. Po tmelení odstraní pásku, odhodí ji do koše a umístí korek na roh dveří. Následuje očištění přetoků a umístění ISO packu na stojan (s péčí).



Obrázek 10 Operace na tmelení (vlastní zpracování)

5.1.1 Pomocné operace na pracovišti

Na pracovišti kromě hlavních operací probíhají také pomocné operace, které jsou nezbytné pro správný chod linky. Tyto operace se většinou opakují a mohou je provádět noví pracovníci po krátkém zaškolení. Pracovníci, kteří jsou ve výrobě krátkou dobu jsou většinou označeni žlutým tričkem. Na výrobní lince TIG jde konkrétně o: čištění, sypání, olepení a nýtování ALU profilu, řezání, aplikace butylu a stříhání butylu. Při aktuálním stavu tyto operace provádí 6 operátorů.

5.2 Procesní analýza

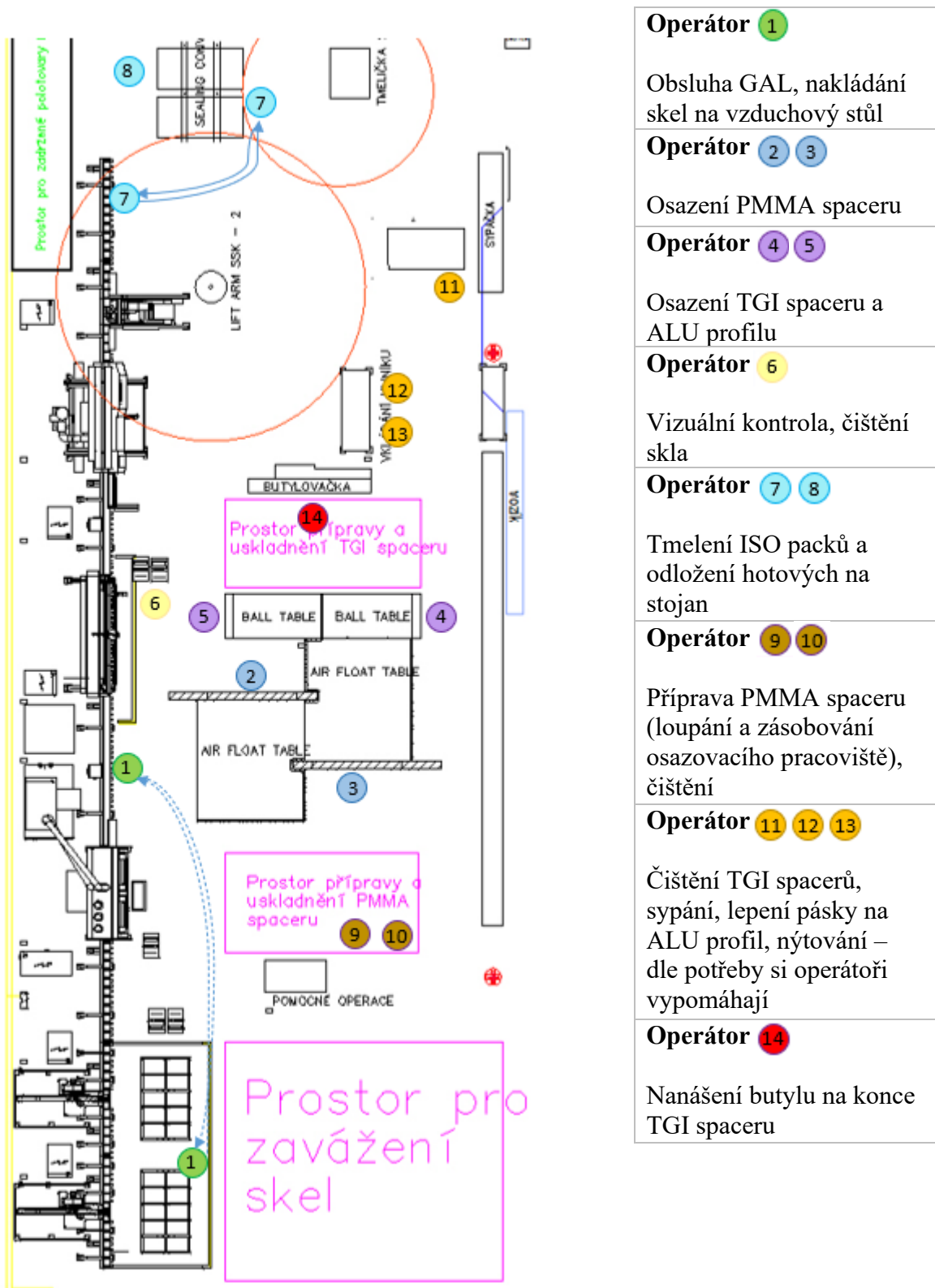
Pro správnou analýzu, znázornění a pochopení jednotlivých procesů na výrobní lince TIG byl zpracována procesní analýza. Tato analýza by měla napomoci k pochopení a zlepšení daných procesů a bude základem při optimalizaci a zlepšení výkonnosti. Data pro procesní analýzu byla získána přímo z výroby, správnost a přesnost dat je totiž jedním z důležitých faktorů. Pokud by data nebyla přesná, tak se snižuje účinnost analýzy.

Procesní analýza byla zpracována na základě výrobního procesu, který je popsán v předešlé kapitole. Jelikož má zadní strana skla stejný výrobní proces jako strana přední, jen bez některých částí, tak bude provedena jen analýza přední části.

Tabulka 5 Procesní analýza výrobní linky TIG (vlastní zpracování)

č.	PROCESNÍ ANALÝZA VÝROBNÍ LINKA TIG Činnost	Diagram					Vzdálenost (m)	Doba trvání (sek)	Počet prac.
		Operace	Transport	Kontrola	Skladování	Čekání			
1.	Přemístění na stojan		→				2		1
2.	Přísátí skla – GAL	○						45	
3.	Mytí skla	○						33	
4.	Vizuální kontrola			□				30	
5.	Přenesení skla na air float table		→				1		
6.	Osazení první strany PMMA spacerem	○						78	1
7.	Transport		→				0,5		
8.	Osazení druhé strany PMMA spacerem	○						78	1
9.	Transport		→				0,5		
10.	Osazení TGI spaceru a ALU profilu	○						130	2
11.	Transport		→				0,5		
12.	Vizuální kontrola			□				30	1
13.	Lisování	○						45	
14.	Přesunutí ISO packu na tmelící stůl		→				1		1
15.	Tmelení jedné strany	○						118	
16.	Transport		→				0,2		
17.	Tmelení druhé strany	○						118	1
18.	Transport		→				0,2		
19.	Zaskladnění					▽		30	
Celkem:	Četnost	8	8	2	1				8
	Součet času (sek)							735	
	Vzdálenost (m)						5,9		

5.3 Layout a rozdělení pracovníků



Operátor 1	Obsluha GAL, nakládání skel na vzduchový stůl
Operátor 2 3	Osazení PMMA spaceru
Operátor 4 5	Osazení TGI spaceru a ALU profilu
Operátor 6	Vizuální kontrola, čištění skla
Operátor 7 8	Tmelení ISO packů a odložení hotových na stojan
Operátor 9 10	Příprava PMMA spaceru (loupání a zásobování osazovacího pracoviště), čištění
Operátor 11 12 13	Čištění TGI spacerů, sypání, lepení pásky na ALU profil, nýtování – dle potřeby si operátoři vypomáhají
Operátor 14	Nanášení butylu na konce TGI spaceru

Obrázek 11 Layout současného stavu linky (vlastní zpracování dle interních materiálů)

5.4 Vizualizace a bezpečnost na pracovišti

Udržení vizuálních standardů je důležitou součástí každé výrobní linky nebo pracoviště. Na daném pracovišti by mělo mít vše předem určené místo a každý proces by měl být jasně definován a popsán. Díky vizualizaci lze dosáhnout zkrácení operací (až o 30 %), snížení pracovního prostoru (až o 40 %) nebo může být dosaženo zlepšení motivace zaměstnanců.

Při analýze výrobní linky a okolních prostor (toalety, šatna, jídelna) bylo zjištěno, že společnost si na vizualizaci dává záležet a je myšleno opravdu na všechno. Základem vizualizace na výrobní lince je označení každého pracoviště, případně každé operace, včetně správného popisu, jak by měly být dané operace provedeny. Jelikož na některých pracovištích mohou pracovat také zahraniční pracovníci, tak je u těchto pracovišť uveden popis v češtině i angličtině. Na výrobní lince je pro pracovníky umístěna také tabule, na které je uvedena plánovaná produktivita, plánový počet kusů, přehled prostojů, reálný počet vyrobených kusů, rozdíl od plánu, kód aktuálního výrobku, počet zaměstnanců na lince a využití linky.



Obrázek 12 Vizualizace popisu operace v češtině a angličtině (vlastní zpracování)

Jelikož se jedná o výrobní linku, na které se pracuje se sklem, je potřeba speciálních opatření, které pomohou zamezit úrazům. Povinností každé osoby, která se pohybuje ve výrobě, je mít obuv s pevnou podrážkou a dlouhé kalhoty. Tato opatření neplatí jen pro zaměstnance společnosti, ale také pro návštěvy, auditory, dodavatele a další, ve společnosti je na to kladen velký důraz. Každé pracoviště je na zemi označeno barevnými čarami a obrázky, na kterých je vyznačeno, jaké bezpečnostní pomůcky by měl pracovník mít. Při práci se sklem se většinou jedná o ochranné brýle, dlouhé rukávy na ruku a rukavice. Na bezpečnost zaměstnanců je myšleno i při pohybu mimo pracoviště, pomocí čar jsou na zemi vyznačené cesty, po kterých se lze bezpečně pohybovat. Kromě čar umožňujících bezpečný pohyb jsou označeny také prostory, které zabírají dveře při otevření, tak aby nedošlo k úrazu (toalety, šatny) nebo úseky, v kterých se pohybují vozidla včetně zaznačených přechodů.



Obrázek 13 Pokyn pro využití ochranných brýlí (vlastní zpracování)

5.5 Simulace současného stavu

Pro zjištění reálného výkonu, vytížení pracovníků a navržení optimálního rozvržení práce pracovníků na výrobní lince TIG při současném stavu byla vytvořena 3D simulace. Pro tvorbu simulace je potřebný software, několik těchto softwarů je detailně popsáno v kapitole 3.6. Jelikož by software neměl sloužit jen pro jeden projekt, ale pro kontinuální zlepšování, tak byla volba softwaru ponechána na manažerech společnosti. Při výběru konkrétního softwaru byl brán ohled na několik zásadních faktorů. Pořízení je poměrně nákladná záležitost, a proto jedním z hlavních faktorů byla právě cena daného softwaru, dalším byly nabízené funkce a práce s velkým množstvím dat.

Po zhodnocení všech faktorů byl vybrán simulační software FlexSim, který nabízí několik verzí, včetně verze FlexSim Express, která je zdarma a nabízí stejné funkce jako placená verze jen v omezeném množství. Pro tvorbu této analýzy byla využita verze FlexSim Educational, která je určena pro studenty a nabízí všechny potřebné funkce. Výhodou tohoto softwaru je také možnost importu dat v různých formátech a import vlastních objektů pro zobrazení přesnější podoby výrobní linky.

5.5.1 Vstupní údaje

Základem vytvoření této simulace bylo detailní zpracování 3D layoutu výrobní linky. Pro přesné zobrazení linky a přiblížení skutečnosti je důležité znát každý detail, včetně přesných vzdáleností mezi stroji a pracovišti. Jako nejlepší pomůcka při tvorbě layoutu se ukázaly fotografie a videa výrobní linky. Všechny úseky a operace byly několikrát zdokumentovány a poté využity při tvorbě.

Jednotlivé cyklové časy procesů výrobní linky byly sestaveny pomocí chronometráže, která je detailně popsána v kapitole 2.4.1. Po konzultaci s manažery společnosti bylo na každé části provedeno 10 po sobě jdoucích náměrů a do simulace byl vždy použit průměr dané operace. Chronometráž byla rozdělena podle charakteristiky, v tabulce 6 se nachází všechny operace, které souvisí s hlavním chodem výrobní linky TIG. Jednotlivé části na sebe úzce navazují.

Další potřebné vstupní materiály jako jsou rozměry zařízení, vzdálenosti a časové údaje, které nejsou zahrnuty v chronometráži, byly získány z interních materiálů společnosti a poté zohledněny v simulaci.

Tabulka 6 Chronometráž hlavního chodu výrobní linky (vlastní zpracování)

Chronometráž výrobní linky TIG													
Hlavní chod výrobní linky (měřeno v sekundách)												Průměr	
P.č.	Název měřené části	Konečný mezní bod	Pořadová čísla měření (kusů, cyklů)										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Uchycení stojanu ze skly	Z: Uchycení skla K: Přísátí skla	40	36	37	37	37	36	36	36	35	38	36,8
2	Přísátí skel	Z: Přísátí skla K: Vstup do myčky	49	54	49	50	51	50	51	51	46	45	49,6
3	Mytí skla	Z: Vstup do myčky K: Výstup z myčky	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
4	Vizuální kontrola	Z: Výstup z myčky K: Položení na stůl	88	80	75	82	83	85	87	88	86	79	83,3
5	Osazení první strany PMMA spacerem	Z: Položení na stůl K: Přesunutí na 2 stranu	112	100	130	149	128	124	111	125	120	128	122,7
6	Osazení druhé strany PMMA spacerem	Z: Přesunutí na 2 stranu K: Přesunutí na TGI spacer	96	99	107	86	110	115	112	108	105	111	104,9
7	Osazení TGI spaceru	Z: Přesunutí na TGI spacer K: Přesunutí na ALU profil	45	45	39	51	41	43	36	39	43	44	42,6
8	Osazení ALU profilu	Z: Přesunutí na ALU profil K: Přenesení na pás	65	62	63	54	58	57	56	56	61	52	58,4
9	Vkládání skla do lisu	Z: Přenesení na pás K: Vstup do lisu	26	28	28	24	21	33	35	31	31	34	29,1
10	Lisování	Z: Vstup do lisu K: Výstup z lisu	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
12	Vyjmání ISO packů	Z: Uchycení operátorem K: Položení na stůl	16	14	15	13	12	20	25	13	14	13	15,5
13	Tmelení	Z: Položení na stůl K: Uložení ISO packu	154	132	139	148	131	153	161	150	138	132	143,8
Suma (celková délka trvání)			851	810	842	854	832	876	870	857	839	836	846,7

V tabulce 7 se nachází seznam všech pomocných operací, tyto operace na sebe nenavazují a nejsou součástí hlavního chodu výrobní linky.

Tabulka 7 Chronometráž pomocných operací (vlastní zpracování)

Chronometráž výrobní linky TIG													
Pomocné operace (měřeno v sekundách)												Průměr	
P.č.	Název měřené části	Konečný mezní bod	Pořadová čísla měření (kusů, cyklů)										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Lepení pásky na ALU profil	Z: Uchopení ALU profilu K: Odložení do zásobníku	49	48	49	50	47	40	46	48	47	45	46,9
2	Čištění TGI spaceru	Z: Ustříhnutí otřepů K: Odložení 2 lišt	38	37	35	35	39	39	36	33	31	30	35,3
3	Sypání	Z: Získání 2 lišt K: Odložení hotových lišt	37	39	37	38	35	36	34	40	35	36	36,7
4	Nýtování ALU profilu	Z: Získání ALU lišty K: Umístění zanytované lišty	128	126	118	116	135	115	112	108	105	111	117,4
5	Loupání PMMA spaceru	Z: Navléknutí rukavic K: Přesunutí na čištění	14	15	14	17	17	16	14	16	18	16	15,7
6	Čištění PMMA spaceru	Z: Úchop spaceru K: Odložení hadry	13	14	15	16	16	16	15	14	13	15	14,7
Suma (celková délka trvání)			279	279	268	272	289	262	257	259	249	253	266,7

5.5.2 Prostředí simulačního programu

Po překreslení a zobrazení 3D layoutu byl díky znalosti výrobních postupů ISO packů vytvořen materiálový tok odpovídající realitě. Aby tok správně fungoval je potřeba propojení jednotlivých kroků, umístění pracovníků na pracoviště a jejich spojení s jednotlivými stroji nebo úkoly. Pro lepší zobrazení layoutu jsou pracovníci označeni čísly, tak jako v layoutu zobrazeném v kapitole 5.3 a zvýraznění barvou trička. Modré tričko značí pracovníky, kteří obsluhují linku a žluté tričko značí pracovníky vykonávající pomocné práce.

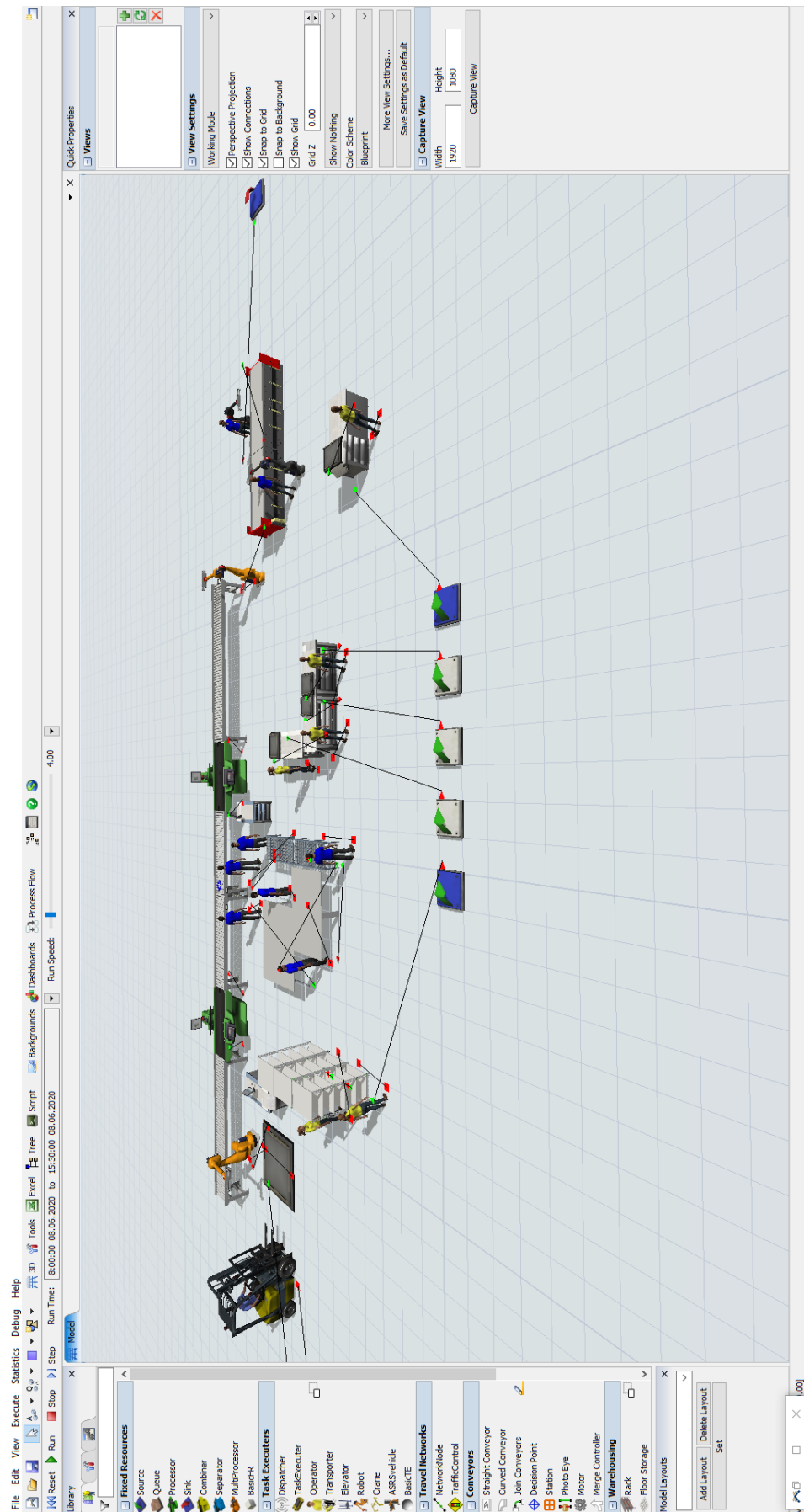


Obrázek 14 Označení pracovníků (vlastní zpracování)

Základem každého simulačního modelu jsou objekty. FlexSim nabízí více typů objektů, které plní různé účely a funkce. Mezi nejčastější objekty patří:

- Flow Items – objekty, které se pohybují z jedné stanice na jinou. Tyto objekty mohou představovat zákazníky, výrobky, produkty, součástky a jakékoliv jiné položky, které se přesunují na různé stanice v simulačním modelu.
- Fixed Resources (nehybné objekty) – každý z těchto objektů vykonává určitou funkci, základem je zdroj, který vytvoří položky toku v zadaných intervalech a zobrazí je v simulaci. Fronta slouží pro ukládání položky mezi operacemi. Nejpoužívanějším objektem je stanice, která slouží ke zpracování položek v toku. Dále se v této kategorii nachází kombinátor (spojuje nebo balí položky) a oddělovač (odděluje položky). Tyto dva objekty lze přirovnat k montáži a demontáži.
- Task Executors – objekty, díky kterým lze v simulačním modelu pohybovat a provádět transport položek. Typickým a nejběžnějším typem těchto objektů je operátor, který v simulaci zastupuje pracovníka.

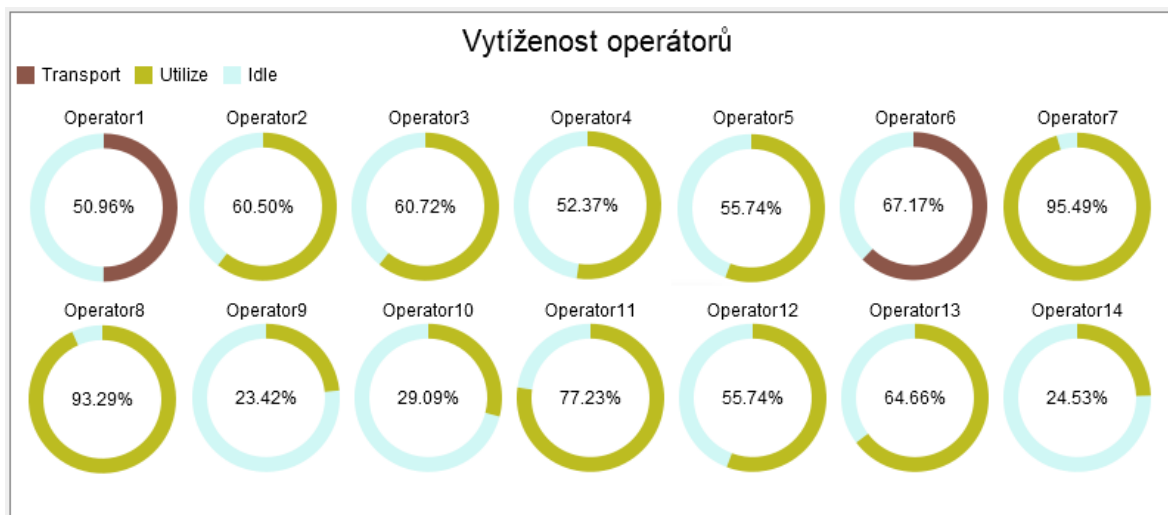
Kromě těchto zmíněných typů obsahuje software mnohem více typů objektů, které lze v simulačním modelu využít. Každý z těchto objektů má definovaný vzhled, který lze ale jednoduše změnit. Většina objektů v provedené simulaci byla nahrazena pomocí softwaru SketchUp a poté importována místo předchozí vzhledu. Tímto bylo zajištěno lepší zobrazení daných objektů podle reality.



Obrázek 15 Prostředí simulačního softwaru FlexSim (vlastní zpracování)

6 ZHODNOCENÍ SIMULACE SOUČASNÉHO STAVU

Dle stanovených cílů je simulace současného stavu výrobní linky zaměřena na vytíženost pracovníků, jejich rozmístění na výrobní lince a zjištění úzkého místa. Jedním z výstupů simulace je tedy graf vytíženosti 14 pracovníků, přičemž jsou všichni rozděleni do samostatných grafů. Díky tomu lze jednoduše rozpoznat, který pracovník je vytížený a naopak, který je nepotřebný. Na Obrázku 16 lze vidět, že operátoři č. 9, 10 a 14 jsou vytíženi jen přibližně z 25 %, důvodem jsou výrazně kratší časy než u ostatních operací. Tito pracovníci provádějí pomocné operace, a tudíž mohou být nahrazeni. Naopak operátoři č. 7 a 8, kteří provádějí tmelení a odkládání hotových výrobků, jsou vytíženi maximálně a může se tedy stát, že v některých případech nedokážou zpracovat všechny výrobky v požadovaném čase, množství a kvalitě. Maximální vytíženost je způsobena náročností operace s tmelící pistolí a nutností přenášení ISO packů z pásu a poté odkládání hotových produktů na stojan. 3D layout současného stavu je zobrazen v příloze P I.



Obrázek 16 Vytíženost operátorů při současném stavu (vlastní zpracování)

Důležitým parametrem při analýze současného stavu výrobního procesu je ekonomické zatížení a zjištění maximálního počtu hotových výrobků za danou časovou jednotku (Tabulka 8). Náklady na jednotlivé pracovníky jsou stanoveny na 35 000 Kč za jednoho pracovníka měsíčně, což je při současném stavu 490 000 Kč.

Tabulka 8 ISO packy současný stav (vlastní zpracování)

Počet hotových ISO packů za hodinu	
Object	Throughput
Výstup	29

7 NÁVRH SCÉNÁŘŮ PRO RŮZNÉ STAVY VÝROBNÍ LINKY

Na základě analyzování, pozorování a provedení simulace současného stavu výrobního procesu a pomocných operací linky TIG bylo provedeno několik experimentů s možným rozmístěním pracovníků a rozdělení jejich pracovních činností. S ohledem na bezpečnost a proveditelnost bylo při volbě návrhů potřeba zvážit s čím pracovník pracuje a jaké bezpečnostní pomůcky jsou pro danou operaci potřeba. Z tohoto důvodu nebylo například možné přesunout pracovníka, který provádí nýtování na vizuální kontrolu. Po konzultaci s manažery firmy a po zvážení všech faktorů, které do této analýzy vstupují, byly nakonec vybrány 2 návrhy.

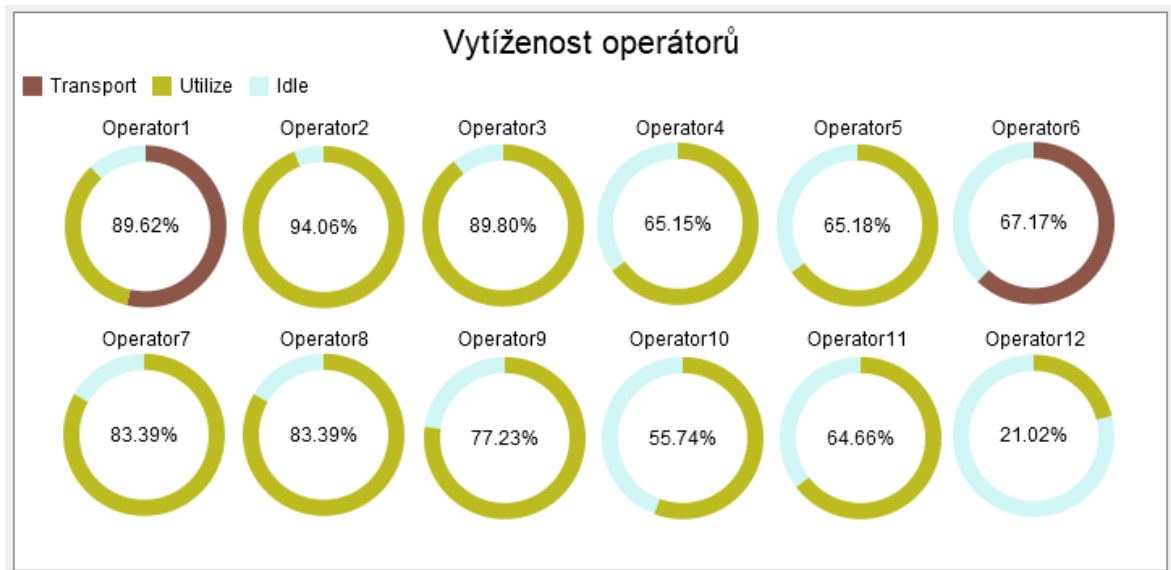
7.1 Scénář pro maximální výstup linky

První teoretický model výrobní linky je zaměřen na maximální výstup výrobní linky. Dle této podmínky je v první řadě důležité odstranit úzké místo. Pomocí analýzy a simulace současného stavu bylo zjištěno úzké místo na poslední operaci výrobního procesu, konkrétně na tmelení. Tuto operaci vykonávají 2 pracovníci, přičemž jsou oba vytíženi přibližně z 95 procent. K těmto pracovníkům byl tedy přidán další pomocný pracovník, který má za úkol vyjímání ISO packů na tmelící stůl a výpomoc při výměně stojanů. Odstraněním úzkého místa se následně zvýšil maximální výstup linky oproti současnému stavu o 2 ks za hodinu, což je nárůst o 6,5 %.

Tabulka 9 ISO packy maximální výstup (vlastní zpracování)

Počet hotových ISO packů za hodinu	
Object	Throughput
Výstup	31

Přidáním 1 pracovníka na tmelení by vznikly další náklady, a tudíž dalším krokem je snížení a rozdělení ostatních pracovníků na výrobní lince. Analýzou současného stavu bylo zjištěno, že pracovníci, kteří pracují na přípravě PMMA spaceru a pracovník, který nanáší butyl na konce TGI spaceru jsou vytíženi jen přibližně z 25 %. Tito pracovníci byli proto odstraněni a jejich práce byla rozdělena mezi ostatní. Konkrétní rozdělení pracovníků a jejich práce je zobrazeno v kapitole 7.1.2., 3D layout je poté znázorněn v příloze P II.



Obrázek 17 Vytíženost operátorů pro maximální výstup linky (vlastní zpracování)

7.1.1 Ekonomické vyhodnocení pro maximální výstup linky

Jelikož se díky tomuto návrhu zvýšil výstup o 6,5 % oproti současnému stavu, tak se nám zvýší i příjmy za tyto výrobky. Přesná cena jednotlivých ISO packů se liší typem skla a je interní záležitostí firmy, v závislosti na tomto fakt lze určit jen zvýšení výstupu v %, nikoliv přesná částka.

Snížením počtu pracovníků z 14 na 12, vzniká úspora nákladů na pracovníky 14,3 %. Pokud bychom tedy počítali s průměrnými měsíčními náklady na jednoho pracovníka 35 000 Kč, jde o ušetřených 70 000 Kč za jeden měsíc.

Shrnutí oproti současnému stavu

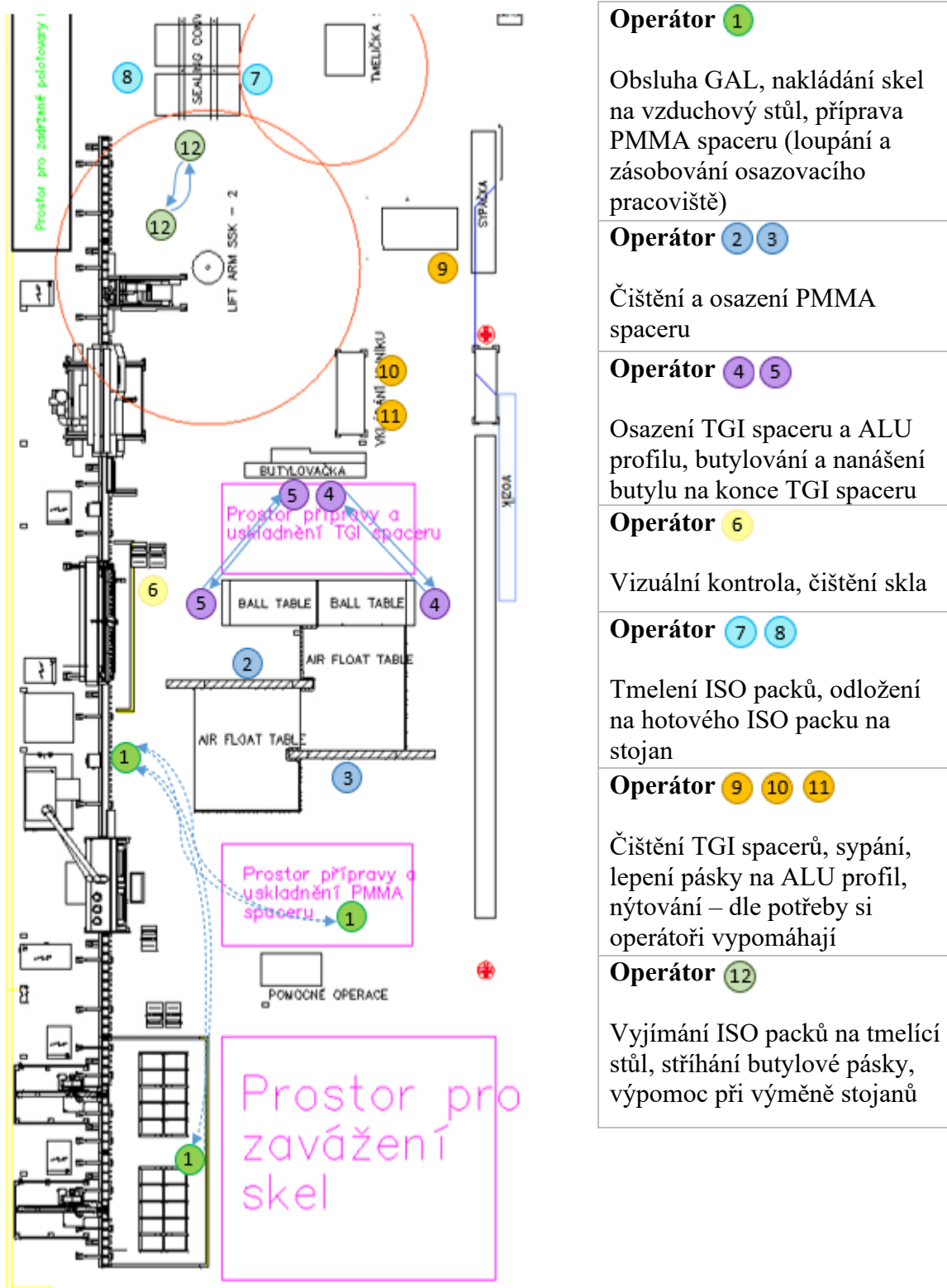
Výstup linky (současný stav) = 29 ks/hod

Výstup linky (scénář pro maximální výstup linky) = 31 ks/hod (**nárůst 6,5 %**)

Počet pracovníků (současný stav) = 14

Počet pracovníků (scénář pro maximální výstup linky) = 12 (**snížení o 14,3 %**)

7.1.2 Rozložení pracovníků pro scénář s maximálním výstupem linky



Obrázek 18 Layout pro maximální výstup linky (vlastní zpracování dle interních materiálů)

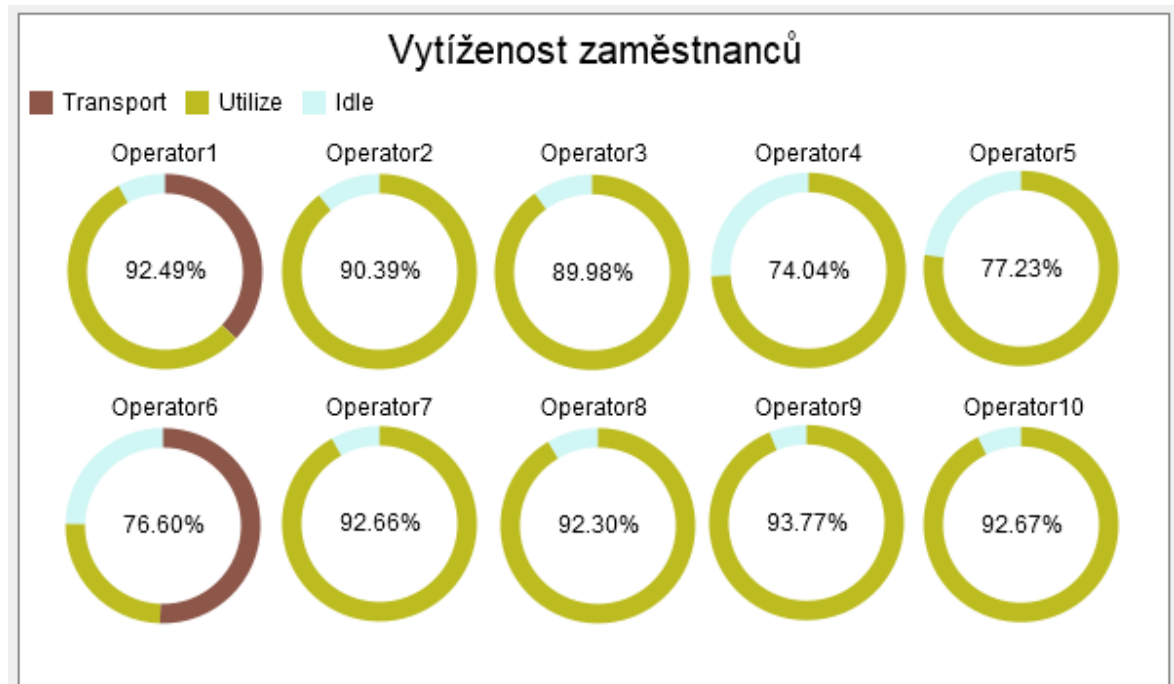
7.2 Scénář pro optimální výstup linky

Společnost má zájem o nalezení optimálního řešení při výstupu linky a počtu pracovníků, kteří se na ní nachází. S ohledem na tento požadavek je vytvořen teoretický model pro optimální výstup linky, který kombinuje výstup linky v poměru s počtem pracovníků. Tak jako v návrhu, který je popsán v kapitole 7.1 musí být i v tomto návrhu při dělbě práce brán ohled na typ operace. Při tvorbě modelu byly provedeny desítky experimentů, přičemž byl brán ohled na maximální výstup linky (kapitola 7.1) a poté na další snížení počtu zaměstnanců, rozdělení jejich práce a proveditelnost. Po provedení simulace a analýze je navržen model, který zajišťuje optimální vytiženost všech zaměstnanců. Tento model je založen na odstranění pomocného pracovníka, který pomáhal při tmelení a při výměně stojanů. Odstraněním tohoto pracovníka by, tak jako v současném stavu mohlo při této operaci vzniknout úzké místo, proto je v modelu navržena změna dělby práce při vyjímání ISO packů, která tomuto zabrání. Tímto řešením je zajištěno snížení vytiženosti těchto pracovníků o několik procent oproti současnému stavu a zvýšení výstupu linky o 1 ISO pack za hodinu.

Tabulka 10 ISO packy optimální výstup linky (vlastní zpracování)

Počet hotových ISO packů za hodinu	
Object	Throughput
Výstup	30

Další změnou je odstranění jednoho z pomocných pracovníků, kteří provádějí čištění TGI spacerů, sypaní, lepení pásky a ALU profil a nýtování. V modelu pro maximální výstup linky provádějí tyto operace 3 pracovníci, kteří mají vytiženost okolo 60 %. V tomto návrhu je tedy jeden z těchto pracovníků odstraněn a tyto operace budou provádět jen 2 pracovníci, přičemž jejich vytiženost se tímto zvýší na přibližně 90 %. Konkrétní rozdělení pracovníků a jejich práce je zobrazeno v kapitole 7.2.2., 3D layout je poté znázorněn v příloze P III.



Obrázek 19 Vytíženost operátorů pro optimální výstup linky (vlastní zpracování)

7.2.1 Ekonomické zhodnocení pro optimální výstup linky

Při navrhování optimálního výstupu linky nebyl brán ohled jen na výstup linky, ale na kombinaci výstupu a počtu pracovníků. Podobně jako u ekonomického zhodnocení předešlého návrhu, popsaného v kapitole 7.1.1., je možné určit změnu výstupu linky jen v procentech, nikoliv v peněžní hodnotě, přesná částka ISO packů je interní záležitostí společnosti.

V souhrnu se tedy oproti současnému stavu výrobní linky jedná o snížení z 14 pracovníků na 10. Díky rozdílnému rozdělení práce je také odstraněno úzké místo při tmelení, což znamená zvýšení výstupu linky přibližně o 1 ISO pack za hodinu, což je navýšení o 3,3 %.

Dle stanovených průměrných nákladů na 1 pracovníka, vzniká ušetření 140 000 Kč, což je snížení o 28,5 %. Díky této úspoře v kombinaci s navýšením výstupu o 3,3 % je navržen model jako optimální řešení.

Souhrn oproti současnému stavu

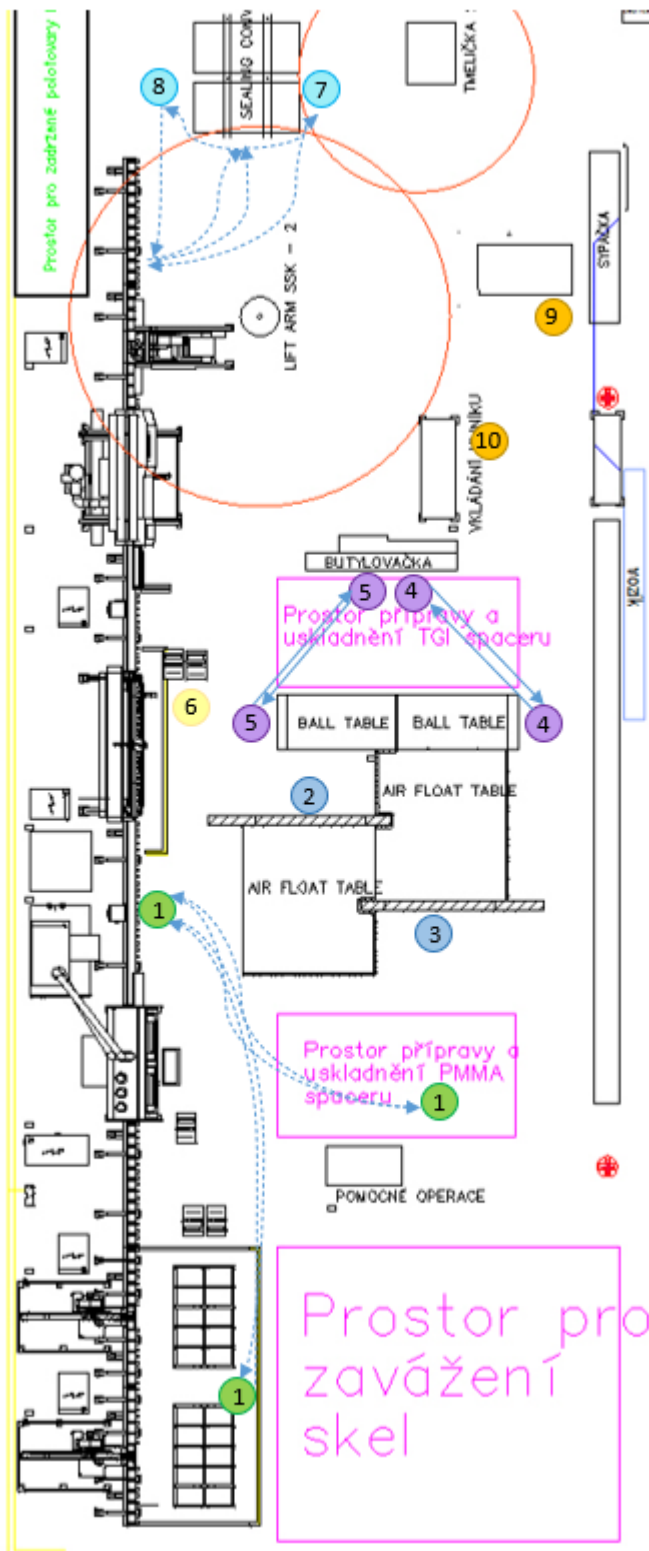
Výstup linky (současný stav) = 29 ks/hod

Výstup linky (scénář pro optimální výstup linky) = 30 ks/hod (**nárůst 3,3 %**)

Počet pracovníků (současný stav) = 14

Počet pracovníků (scénář pro optimální výstup linky) = 10 (**snížení o 28,5 %**)

7.2.2 Rozložení pracovníků pro scénář s optimálním výstupem linky



Operátor 1
Obsluha GAL, nakládání skel na vzduchový stůl, příprava PMMA spaceru (loupání a zásobování osazovacího pracoviště)
Operátor 2 3
Čištění a osazení PMMA spaceru
Operátor 4 5
Osazení TGI spaceru a ALU profilu, butylování a nanášení butylu na konce TGI spaceru
Operátor 6
Vizuální kontrola, čištění skla
Operátor 7 8
Vyjímání ISO packů na tmelící stůl, tmelení ISO packů, odložení na hotového ISO packu na stojan, výměna stojanů
Operátor 9 10
Čištění TGI spacerů, sypání, lepení pásky na ALU profil, nýtování – dle potřeby si operátoři vypomáhají

Obrázek 20 Layout pro optimální výstup linky (vlastní zpracování dle interních materiálů)

ZÁVĚR

Předmětem této bakalářské práce bylo provedení analýzy výrobního procesu linky TIG z pohledu flexibility procesních a fyzických toků ve společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. a na základě současného stavu navržení teoretických modelů linky pro různé stavy, zejména pro situace, kdy je na pracovišti k dispozici méně pracovníků.

V teoretické části jsem se zaměřil na získání důležitých poznatků, které mi pomohly pochopit výrobní proces, jeho správné řízení, metody a nástroje pro zlepšování, včetně nejnovějších trendů zaměřených na koncept Průmysl 4.0. Díky lepšímu pochopení těchto trendů jsem si udělal vlastní pohled, jak celý koncept funguje a jak je důležitý pro každou společnost. Postupem času budou zárukou úspěchu společnosti na trhu právě implementace některých nástrojů konceptu Průmysl 4.0, a ty společnosti, které se nedokážou adaptovat, nemohou být na trhu úspěšné. Následující kapitoly teoretické části se zaměřují na popis metod a nástrojů štíhlé výroby a získání povědomí o simulačním modelování. Bez znalostí těchto metod a nástrojů by nebylo možné zpracování praktické části.

V praktické části jsem nejprve představil společnost SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. a jejich produkty. Poté jsem se za účelem provedení analýzy výrobního procesu zaměřil na využití nástrojů a metod štíhlé výroby. Začal jsem detailním popisem výrobního procesu, který byl základem pro zpracování procesní analýzy. Následovalo zobrazení layoutu pracoviště, na kterém byli ikonami vyznačeni jednotliví pracovníci. Pomocí sledování jejich činností přímo ve výrobě byl ke každému přidán rozpis činností. Pro lepší pochopení výrobní linky následuje kapitola, která se zaměřuje na vizualizaci na a v okolí pracoviště. Ve většině společností bývá kamenem úrazu vizualizace na a v okolí pracoviště, to se však netýká společnosti, ve které byla prováděna analýza. Ve společnosti je vše popsáno v několika jazycích tak, aby tomu porozuměli i zahraniční pracovníci. Vizualizace je důležitá také při motivaci zaměstnanců.

K splnění hlavního cíle, vytvoření teoretických modelů linky, jsem vytvořil simulaci. Základním kamenem každé simulace jsou správné vstupní data, pokud tedy máme chybné vstupní údaje, tak je celá simulace zbytečná. Sběr dat byl tedy prováděn velmi detailně a vždy konzultován s pracovníky společnosti. Pro vytvoření simulace byl zástupci společnosti vybrán software FlexSim. Na začátku jsem společnosti nabídnul všechny softwary, které jsou popsány v teoretické části, řekl jim o všech výhodách, vlastnostech a předchozích zkušenostech. Primárně kvůli ceně a jednoduché 3D vizualizaci byl poté vybrán právě

FlexSim. Po vytvoření simulace byly přidány grafy s vytižeností jednotlivých pracovníků a počet hotových výrobků za hodinu. Tyto dvě kritéria jsou poté zohledněny při návrhů modelů linky. Ze zhodnocení těchto kritérií bylo zřejmé, kde se nachází úzké místo, a že vytiženost některých pracovníků nepřekračuje 25 %. Po tomto zhodnocení byly provedeny různé experimenty s rozmístěním pracovníků a vzhledem k očekávanému výstupu linky, byly nakonec navrženy 2 základní modely.

První model výrobní linky je primárně zaměřen na maximální výstup linky a možné snížení pracovníků. U tohoto modelu bylo zjištěno, že nejvyšší možný výstup linky, bez investice do modernizace strojů, je 31 ks/hod, což je o 2 ks více než u současného stavu. Rozdělením práce a rozdílným rozmístěním pracovníků bylo zjištěno, že je možné snížit množství pracovníků o 2 na celkový počet 12, tudíž snížit náklady na pracovníky přibližně o 14,3 %.

Další model výrobní linky je zaměřen na optimální kombinaci výstupu a počtu obsluhujících pracovníků. Tak jako v předchozím návrhu bylo vytvořeno několik experimentů, přičemž jako nejlepší varianta vyšla možnost s využitím 10 zaměstnanců a výstupem linky 30 ks/hod. Využití 10 pracovníků znamená snížení o 4 pracovníky oproti současnému stavu a 2 pracovníky oproti předchozímu modelu. V kombinaci s výstupem 30 ks/hod a snížením nákladů na pracovníky o 28,5 % se jedná o optimální řešení. Pokud bychom chtěli odstranit ještě jednoho pracovníka, znamenalo by to radikální snížení výstupu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Arena Simulation [online], © 2020 Rockwell [cit. 25.05.2020]. Dostupné z: <https://www.arenasimulation.com/what-is-simulation/discrete-event-simulation-software>

BEJČKOVÁ, Jana, 2006. *Začněte s námi: metoda 5S – předpoklad pro další zlepšování* [online]. Želevčice: API - Akademie produktivity a inovací [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25814n-zacnete-s-nami-metoda-5s-predpoklad-pro-dalsi-zlepsovani>

DLABAČ, Jaroslav, 2017. *Analýza a měření práce* [online]. Želevčice: API - Akademie produktivity a inovací [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>

EL-HAIK B., AL-AOMAR R., 2006. *Simulation-based lean six sigma and design for six-sigma*. Hoboken, NJ: Wiley. ISBN 0471694908

HEŘMAN, Jan, 2001. *Řízení výroby*. Slaný: Melandrium. ISBN 8086175154.

CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: Georg. ISBN 9788089401260.

CHROMJAKOVÁ, Felicita, David TUČEK a Roman BOBÁK, 2017. *Projektování výrobních procesů pro Průmysl 4.0*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074546808.

CHUNG, Christopher, 2004. *Simulation modeling handbook: a practical approach*. Boca Raton: CRC Press, Industrial and manufacturing engineering series. ISBN 0-8493-1241-8.

Interní materiály společnosti SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.

Kaizen [online]. © BusinessInfo [cit. 25.05.2020]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/Kaizen.htm>

KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. V Praze: C.H. Beck. C.H. Beck pro praxi. ISBN 9788074001192.

KRIŠŤAK, Jozef, 2017. *MTM – Methods Time Measurement* [online]. IPA Slovakia [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://www.ipaslovakia.sk/clanok/mtm-methods-time-measurement>

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing. Management studium. ISBN 8086851389.

- KOŠTURIÁK, Ján, 2010. *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno: Computer Press. Praxe manažera (Computer Press). ISBN 9788025123492.
- KUCHARČÍKOVÁ, Alžbeta. 2011. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. Brno: Computer Press. ISBN 9788025125243.
- PAVELKA, Marcel, 2015. *Naučte se vidět a odstraňovat plýtvání* [online]. Želečovice: API - Akademie produktivity a inovací [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25781n-naucte-se-videt-a-odstranovat-plytvani>
- PELÁNEK, Radek. 2011. *Modelování a simulace komplexních systémů: jak lépe porozumět světu*. Brno: Masarykova univerzita. ISBN 978-80-210-5318-2.
- Plant Simulation* [online], © AXIOM TECH s.r.o. [cit. 25.05.2020]. Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/25357-texnomatix-plant-simulation>
- PYZDEK, Thomas, Paul KELLER, 2013. *Handbook for Quality Management: A Complete Guide to Operational Excellence*. 2nd ed. McGraw-Hill Education. ISBN 9780071799249
- TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. Praha: Grada. Expert (Grada). ISBN 9788024744865.
- TUČEK, David a Roman BOBÁK, 2006. *Výrobní systémy*. Vyd. 2., upr. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 8073183811.
- Slovník průmyslového inženýrství* [online], 2009, © BusinessInfo [cit. 25.05.2020]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/slovník-prumysloveho-inzenyrstvi/>
- W.B. Nordgren, 2002. *Flexsim simulation environment*. Proceedings of the Winter Simulation Conference, San Diego, CA, USA. ISBN 0-7803-7614-5
- WITNESS Simulation Modeling Software* [online], © Lanner [cit. 25.05.2020]. Dostupné z: <https://www.lanner.com/en-gb/technology/witness-simulation-software.html>
- ZLOCHOVÁ, Martina, 2015. *Optimalizace výrobních buněk* [online]. Želečovice: API - Akademie produktivity a inovací [cit. 20.05.2020]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25780n-optimalizace-vyrobnich-bunek>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

COVID-19	Infekční onemocnění
IT	Informační technologie
JIT	Just in Time
MRP	Material Requirements Planning
MOST	Maynard Operation Sequence Technique
MTM	Methods Time Measurement
PMMA	Polymethylmethakrylát
TMU	Time Measurement Units
TPM	Total Productive Maintenance
TQC	Total Quality Control

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Transformační proces (vlastní zpracování, zdroj: Tomek a Vávrová, 2014, s. 26)	12
Obrázek 2 Hodnotový řetězec (vlastní zpracování dle Portera)	13
Obrázek 3 Technologické a předmětné uspořádání pracovišť (Tomek a Vávrová, 2014, s. 43)	16
Obrázek 4 Porovnání dělby práce metody KAIZEN, inovací a udržování (©BusinessInfo.cz)	18
Obrázek 5 Štíhlá výroba (vlastní zpracování, zdroj: Košturiak a Frolík, 2006, s. 23)	21
Obrázek 6 Metoda 5S (vlastní zpracování, zdroj: Bejčková, 2016)	24
Obrázek 7 Společnost SCHOTT ve Vlašském meziříčí (Interní materiály).....	35
Obrázek 8 Stojany s připravenými skly (vlastní zpracování)	39
Obrázek 9 Stůl pro přesun sklad a osazení PMMA spaceru (vlastní zpracování)	40
Obrázek 10 Operace na tmelení (vlastní zpracování)	41
Obrázek 11 Layout současného stavu linky (vlastní zpracování dle interních materiálů) ..	43
Obrázek 12 Vizualizace popisu operace v češtině a angličtině (vlastní zpracování)	44
Obrázek 13 Pokyn pro využití ochranných brýlí (vlastní zpracování)	45
Obrázek 14 Označení pracovníků (vlastní zpracování)	48
Obrázek 15 Prostředí simulačního softwaru FlexSim (vlastní zpracování)	49
Obrázek 16 Vytíženost operátorů při současném stavu (vlastní zpracování)	50
Obrázek 17 Vytíženost operátorů pro maximální výstup linky (vlastní zpracování)	52
Obrázek 18 Layout pro maximální výstup linky (vlastní zpracování dle interních materiálů)	53
Obrázek 19 Vytíženost operátorů pro optimální výstup linky (vlastní zpracování).....	55
Obrázek 20 Layout pro optimální výstup linky (vlastní zpracování dle interních materiálů)	56

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Členění MTM podle stupňů (vlastní zpracování, zdroj: Křišťák, 2017)	25
Tabulka 2 Sekvenční modely pro systém Basic MOST (Dlabač, 2015)	26
Tabulka 3 Příklady aplikace simulací (vlastní zpracování, zdroj: El-Haik a Al-Aomar 2006)	29
Tabulka 4 Srovnání matematických a výpočetních modelů (vlastní zpracování, zdroj: Pelánek, 2011)	31
Tabulka 5 Procesní analýza výrobní linky TIG (vlastní zpracování)	42
Tabulka 6 Chronometráž hlavního chodu výrobní linky (vlastní zpracování)	47
Tabulka 7 Chronometráž pomocných operací (vlastní zpracování)	47
Tabulka 8 ISO packy současný stav (vlastní zpracování)	50
Tabulka 9 ISO packy maximální výstup (vlastní zpracování).....	51
Tabulka 10 ISO packy optimální výstup linky (vlastní zpracování)	54

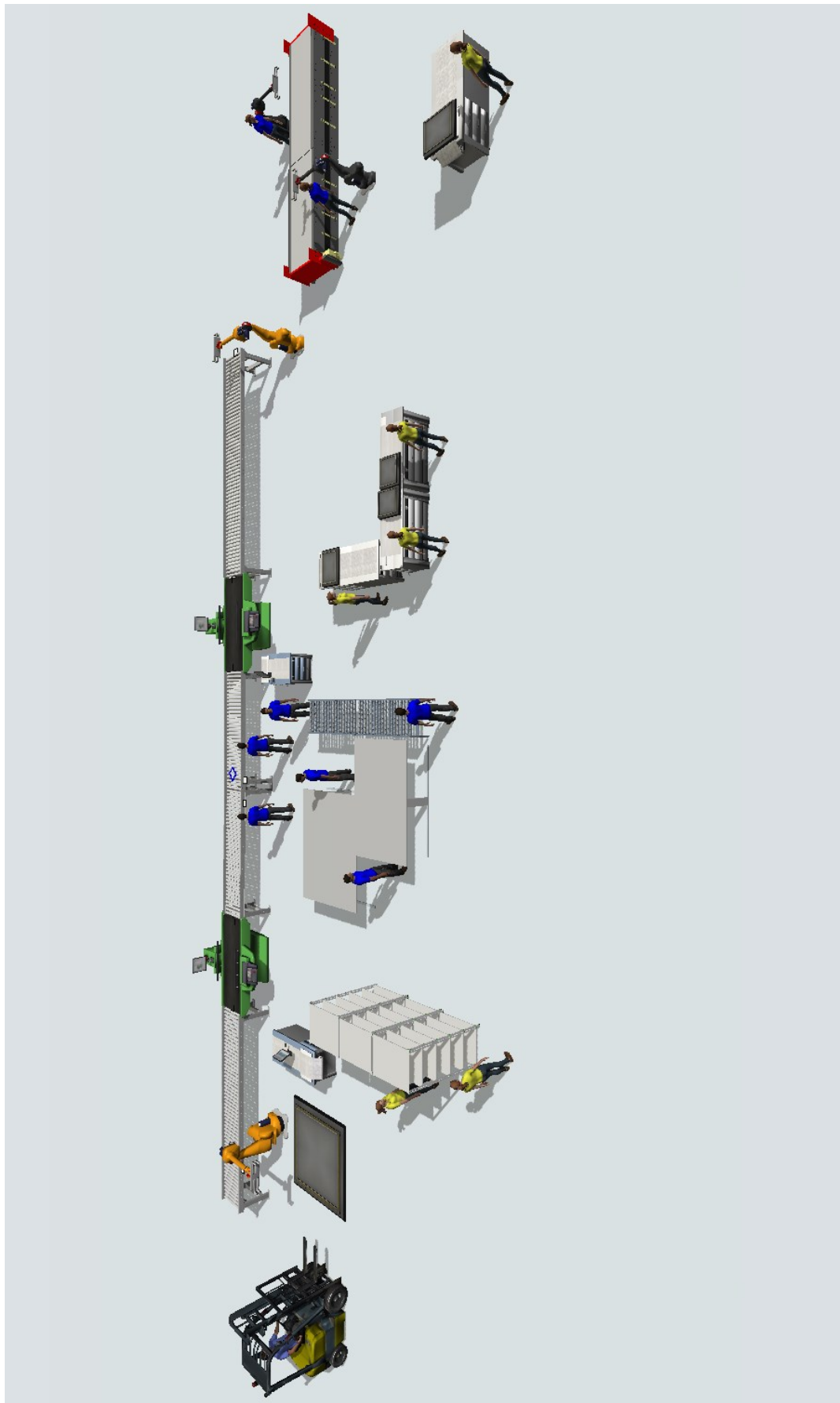
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 3D Layout současného stavu linky

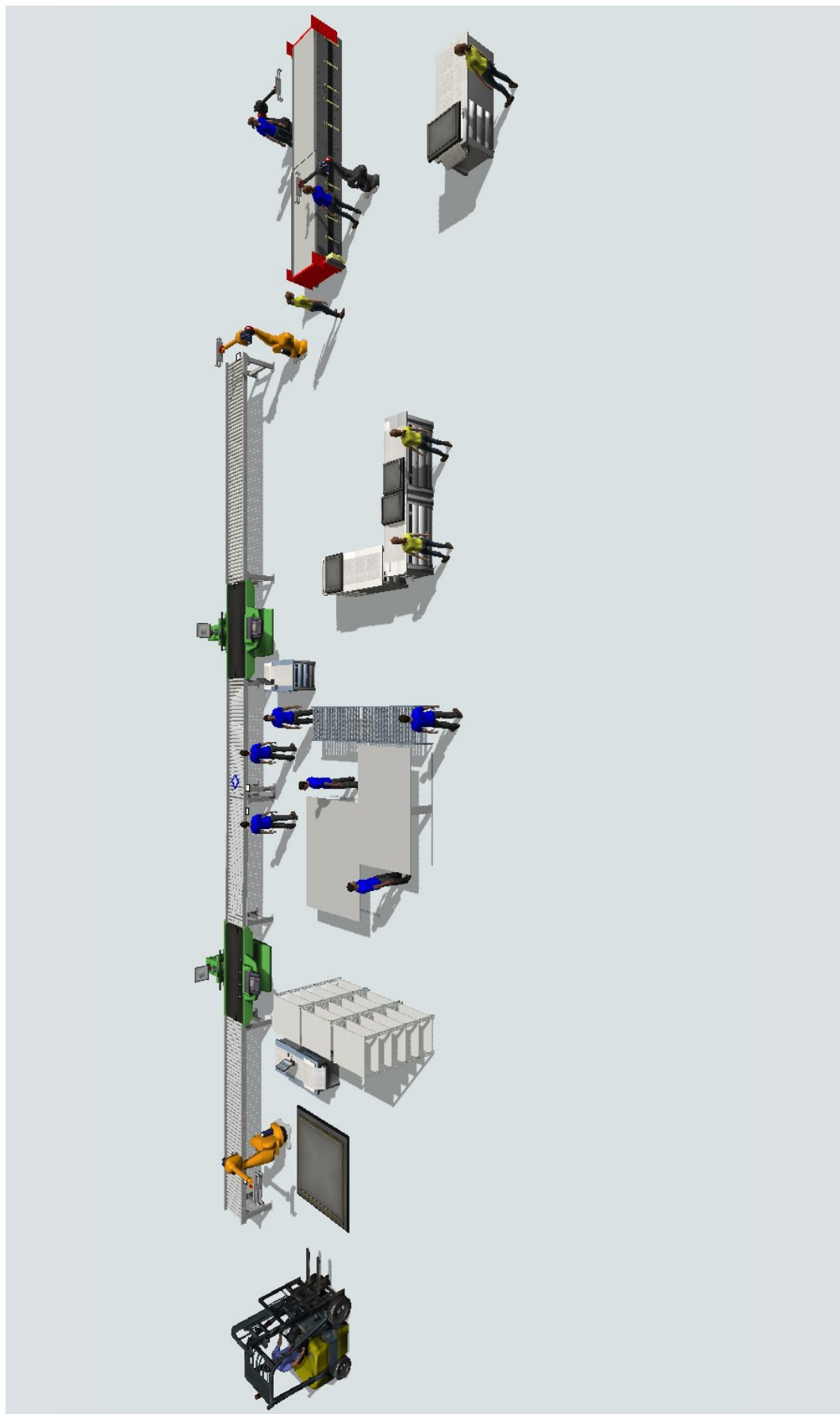
Příloha P II: 3D Layout pro maximální výstup linky

Příloha P III: 3D Layout pro optimální výstup linky

PŘÍLOHA P I: 3D LAYOUT SOUČASNÉHO STAVU LINKY



PŘÍLOHA P II: 3D LAYOUT PRO MAXIMÁLNÍ VÝSTUP LINKY



PŘÍLOHA III: 3D LAYOUT PRO OPTIMÁLNÍ VÝSTUP LINKY

