

# **Projekt zefektivnění výrobního procesu ve firmě Schott Flat Glass CR, s.r.o.**

Tomáš Sauer

---

Diplomová práce  
2015



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: 2014/2015

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš Sauer**  
Osobní číslo: **M13440**  
Studijní program: **N6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství**  
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Projekt zefektivnění výrobního procesu ve firmě Schott Flat Glass CR, s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

### Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

#### I. Teoretická část

- Zpracujte literární prameny vztahující se k danému tématu.

#### II. Praktická část

- Analyzujte výrobní proces firmy Schott Flat Glass CR, s.r.o.
- Vytvořte projekt zefektivnění výrobního procesu ve firmě Schott Flat Glass CR, s.r.o.
- Vyhodnoťte rizika a náklady zpracovaného projektu.

### Závěr

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

Seznam odborné literatury:

**BANGSOW, Steffen.** Manufacturing simulation with Plant Simulation and SimTalk: usage and programming with examples and solutions. Berlin: Springer, c2010, xvii, 297 s. ISBN 978-3-642-05073-2.

**BASL, Josef, Pavel MAJER a Miroslav ŠMÍRA.** Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC. 1. vyd. Praha: Grada, 2003, 213 s. ISBN 80-247-0613-x.

**CHROMJAKOVÁ, Felicity a Rastislav RAJNOHA.** Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra. Žilina: GEORG, 2011, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.

**CHUNG, Christopher A.** Simulation modeling handbook: a practical approach. Boca Raton: CRC Press, c2004, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 0-8493-1241-8.

**POPOVIČ, Štěpán.** Výroba a zpracování plochého skla. 1. vyd. Praha: Grada, 2009, 256 s. ISBN 978-80-247-3154-4.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Michal Pivnička**  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů  
Datum zadání diplomové práce: **16. února 2015**  
Termín odevzdání diplomové práce: **27. dubna 2015**

Ve Zlíně dne 16. února 2015

prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková  
*děkanka*



prof. Ing. Felicity Chromjaková, PhD.  
*ředitel ústavu*

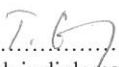
### **Prohlašuji, že**

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

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

Ve Zlíně 20.9.2015

  
.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce se zabývá zefektivněním výrobního procesu. Práce je rozdělena do dvou částí: teoretické a praktické. Teoretická část popisuje průmyslové inženýrství, štíhlou výrobu, počítačové simulace, včetně softwaru pro tvorbu simulačních modelů, a výrobu a zpracování skla. Praktická část popisuje společnost Schott Flat Glass CR, s.r.o. a analyzuje výrobní proces divize Home Appliance, zároveň je vytvořen model výrobního procesu. Součástí praktické části je projekt zaměřený na návrh opatření vedoucí ke zvýšení efektivity výrobního procesu.

Klíčová slova: Počítačová simulace, Tecnomatix Plant Simulation, výrobní proces, TOC, úzké místo, DBR

## **ABSTRACT**

The Diploma thesis is engaged to improve production process. The work is divided into two parts: theoretical and practical. Theoretical part describes industrial engineering, lean production, computer simulation including software for creating simulation models and production and processing of glass. Practical part describes Schott Flat Glass CR, s.r.o. company and analyzes production process of division Home Appliance, together with the creation of simulation model. Analytical part includes project aimed to creating measures leading to improve production process.

Keywords: Computer Simulation, Tecnomatix Plant Simulation, Production Process, TOC, Bottleneck, DBR

Poděkování patří mému vedoucímu Ing. Michalu Pivníčkovi za odborné vedení, cenné rady při tvorbě simulačních modelů a připomínky při psaní diplomové práce. Zároveň bych rád poděkoval svým blízkým za trpělivost a podporu.

*"If everything seems under control, you're just not going fast enough."*

*Mario Andretti, F1 driver*

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE</b> .....	<b>12</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>13</b>
<b>1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ</b> .....	<b>14</b>
1.1 PRŮMYSLOVÝ INŽENÝR.....	14
1.2 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ V MINULOSTI.....	15
1.2.1 Průmyslové inženýrství ve světě.....	15
1.2.2 Průmyslové inženýrství v ČR.....	15
<b>2 ŠTÍHLÁ VÝROBA</b> .....	<b>17</b>
2.1 PRŮTOK SYSTÉMU.....	17
2.2 MANAGEMENT ÚZKÉHO MÍSTA.....	17
2.3 TOC.....	18
2.3.1 Drum-Buffer-Rope.....	18
<b>3 SIMULAČNÍ MODELÝ</b> .....	<b>20</b>
3.1 DŮVODY POUŽITÍ SIMULAČNÍCH MODELŮ.....	20
3.1.1 Proniknutí do fungování systému.....	20
3.1.2 Rozvoj řízení provozu a zdrojů.....	20
3.1.3 Zavádění nového systému.....	20
3.1.4 Získání informací bez zásahů do současného systému.....	21
3.2 POSTUP TVORBY SIMULAČNÍCH MODELŮ.....	21
3.3 VÝHODY SIMULAČNÍCH MODELŮ.....	22
3.3.1 Časová nenáročnost experimentu.....	22
3.3.2 Úspora analytických požadavků.....	22
3.3.3 Snadno prezentovatelné modely.....	22
3.3.4 Další vybrané výhody.....	23
3.4 NEVÝHODY SIMULAČNÍCH MODELŮ.....	23
3.4.1 Nepřesná vstupní data.....	23
3.4.2 Nenabízí jednoduchá řešení komplexních problémů.....	23
3.4.3 Simulace sama nic nevyřeší.....	23
3.4.4 Další vybrané nevýhody.....	24
3.5 VYBRANÉ SIMULAČNÍ SOFTWARE.....	24
3.5.1 Witness.....	24
3.5.2 SIMUL8.....	24
3.5.3 Arena.....	25
<b>4 PLANT SIMULATION</b> .....	<b>26</b>
4.1 GRAFICKÉ PROSTŘEDÍ.....	26
4.1.1 Class library.....	27
4.1.2 Toolbox.....	27
4.1.3 Frame.....	27
4.1.4 Console.....	27
4.2 MODELOVÁNÍ.....	27
4.2.1 Třídy a dědičnost.....	27

4.3	ZÁKLADNÍ OBJEKTY MATERIAL FLOW .....	28
4.3.1	Source.....	28
4.3.2	Drain.....	28
4.3.3	SingleProc .....	29
4.3.4	AssemblyStation a DismantleStation.....	29
4.3.5	Buffer, PlaceBuffer, Sorter, Store .....	29
4.3.6	Line .....	30
4.3.7	Track .....	30
4.3.8	PickAndPlace a FlowControl.....	31
4.4	RESOURCE OBJECTS.....	31
4.4.1	Worker, Workplace, ShiftCalendar.....	31
4.4.2	WorkerPool, Broker, FoothPath.....	32
4.5	MOBILE UNITS .....	32
4.5.1	Entity.....	32
4.5.2	Container .....	32
4.5.3	Transporter .....	32
4.6	GENERAL OBJECTS.....	33
4.7	INFORMATION FLOW OBJECTS .....	33
4.8	USER INTERFACE A STATISTIKA.....	33
4.9	SIMTALK.....	33
4.9.1	Method .....	34
4.9.2	Proměnné.....	34
<b>5</b>	<b>VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ SKLA.....</b>	<b>35</b>
5.1	SKLO JAKO SUROVINA .....	35
5.1.1	Písek.....	35
5.1.2	Potaš a soda .....	35
5.1.3	Ostatní vybrané sklotvorné suroviny .....	36
5.2	TECHNOLOGIE VÝROBY SKLA.....	36
5.3	PLOCHÉ SKLO .....	37
5.3.1	Výroba plochého skla.....	37
5.3.2	Zpracování plochého skla .....	37
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>SKUPINA SCHOTT CELOSVĚTOVĚ.....</b>	<b>40</b>
6.1	HISTORIE SKUPINY SCHOTT.....	40
6.2	PORTFOLIO SKUPINY SCHOTT .....	41
6.3	SCHOTT ČESKÁ REPUBLIKA.....	41
<b>7</b>	<b>SCHOTT FLAT GLASS CR, S.R.O.....</b>	<b>43</b>
7.1	ZÁKLADNÍ ÚDAJE O SPOLEČNOSTI .....	43
7.2	VÝROBKOVÉ PORTFOLIO .....	43
7.3	ORGANIZAČNÍ STRUKTURA SCHOTT FLAT GLASS CR, S.R.O. ....	44
7.4	ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU DIVIZE HOME APPLIANCE .....	45
7.4.1	Řezání a lámání .....	46
7.4.2	Broušení, vrtání .....	47
7.4.3	Tisk.....	48



7.4.4	Temperace .....	49
7.4.5	Mapa výrobního procesu .....	50
7.5	ANALÝZA VÝROBNÍHO TOKU .....	51
7.6	ANALÝZA VÝROBNÍHO PROCESU POMOCÍ POČÍTAČOVÉ SIMULACE .....	53
7.6.1	Vytvoření dílny v simulačním softwaru .....	54
7.6.2	Výrobní program .....	55
7.6.3	Modelování Fast Line .....	56
7.6.4	Modelování 2 CP .....	57
7.6.5	Modelování 3 CP .....	58
7.6.6	Modelování pece SIG .....	59
7.6.7	Modelování odkladiště vozíků a určení správného pořadí výroby .....	61
7.6.8	Výstupy ze simulačního modelu .....	62
7.7	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI .....	63
<b>8</b>	<b>PROJEKTOVÁ ČÁST .....</b>	<b>64</b>
8.1	POPIS PROJEKTU .....	64
8.2	CÍLE PROJEKTU .....	64
8.3	ÚČASTNÍCI PROJEKTU .....	64
8.4	ČASOVÝ HARMONOGRAM .....	64
8.6	LOGICKÝ RÁMEC .....	66
8.7	RIZIKOVÁ ANALÝZA PROJEKTU .....	67
8.7.1	Opatření .....	68
8.8	PROPOJENÍ FL/1 CP A PRŮBĚŽNÉ PECE SIG .....	68
8.8.1	Mobilní dopravník .....	69
8.8.2	Vyrovnávací zásobník .....	69
8.8.3	Počítačová simulace modelu propojení .....	70
8.8.4	Zhodnocení modelu propojení FL/1 CP s SIG .....	72
8.9	VYTVOŘENÍ POZICE STŘÍDAČE NA PECE SIG .....	73
8.9.1	Simulace výroby s pozicí střídače .....	73
8.9.2	Zhodnocení modelu s pozicí střídače .....	74
8.10	INSTALACE DĚLENÉHO OVLÁDÁNÍ SEKCI PECE SIG .....	75
8.10.1	Simulace zvýšení výkonu pece SIG .....	76
8.10.2	Zhodnocení modelu se zvýšeným výkonem pece SIG .....	77
8.11	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ .....	77
8.11.1	Náklady implementace navrhovaných řešení .....	78
8.11.2	Přínosy implementace navrhovaných řešení .....	79
8.11.3	Návratnost investice .....	80
8.12	RIZIKA IMPLEMENTACE NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ .....	81
8.12.1	Opatření .....	82
8.13	ČASOVÝ HARMONOGRAM IMPLEMENTACE NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ .....	82
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....</b>	<b>87</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>89</b>

<b>SEZNAM GRAFŮ .....</b>	<b>90</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>91</b>

## ÚVOD

Průmyslové inženýrství je v současné době velmi žádaným oborem nejen v podnikové sféře. Společnost si žádá efektivní řešení, která jsou zároveň kvalitní a rychlá, pokud možno s nízkými vstupními investicemi. Pryč jsou doby těžkopádných jednostranně orientovaných výrobních strojů, výrobě vládne variabilita a možnost pružné změny. V hlavních rolích jsou člověk, informace a počítač. Trumfem prosperujících podniků současnosti jsou právě lidé, kteří rozumí počítačovým systémům, ať už ovládajícím složité stroje nebo zajišťující náročné plánování výroby. Vyšší efektivita ve výrobě se dnes stává nepostradatelnou konkurenční výhodou.

Nové technologie a nutnost inovovat jsou bezpodmínečnou součástí každodenního fungování výrobních společností. Inovativnost a instalace nejmodernějších strojních zařízení však nejsou zárukou úspěchu. Je nutné ověřit jejich potřebnost a praktické využití ještě před nákladnou investicí.

Významnou roli v tomto úkolu hrají právě počítačové simulace, které dokážou odhalit nedostatky systému ještě před jeho uvedením do chodu. Díky simulačním modelům je možné odzkoušet různé varianty „na sucho“, bez nutnosti změn ve výrobě nebo dokonce úplného odstavení. Stačí zdánlivě málo – vytvořit model reflektující realitu pomocí počítačové simulace. Do tohoto modelu je pak možné implementovat zamýšlené změny ve výrobě a získat tak předpokládané výsledky plánovaných změn.

Diplomová práce je zpracována ve společnosti Schott Flat Glass CR, s.r.o. v divizi Home Appliance, která se zabývá zpracováním plochého skla. Společnost je významným dodavatelem komponentů předních výrobců domácích spotřebičů. Velkou motivací pro zpracování diplomové práce v této společnosti byl požadavek na tvorbu simulačních modelů.

Práce je rozdělena na dvě hlavní části. Teoretická část shrnuje poznatky týkající se průmyslového inženýrství, štihlé výroby, počítačových simulací a výroby a zpracování skla. Podrobně je také rozebrán použitý simulační software. První část poskytuje teoretické podklady pro část praktickou. Praktická část je dále dělena na analytickou a projektovou část. V analytické části práce je představena společnost, dále pak analyzován výrobní proces a vytvořena simulace současného stavu. Vytvořený projekt vychází z analytické části a věnuje se návrhům na zefektivnění výrobního procesu.

## CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem diplomové práce je na základě teoretických poznatků a analýz vytvořit projekt vedoucí k zefektivnění výrobního procesu v dané společnosti. Jako projektový cíl bylo určeno zefektivnění využití úzkého místa v konkrétních ukazatelích jako průtok, efektivita pracovních sil a TEEP (efektivnost využití vztažená ke kalendářnímu času) pece SIG. Velká pozornost je směřována právě na toto zařízení, protože nejenže je pec úzkým místem z hlediska průtoku, je i nepostradatelným a nenahraditelným prvkem v technologickém postupu zpracování plochého skla v uvedené divizi společnosti.

Metodou analyzování dostupných dokumentů a informací je sestavena část popisující společnost v celosvětovém pojetí. Postupnou konkretizací je představena divize, kde dochází ke zpracování práce. Na základě pozorování, rozhovorů s pracovníky společnosti a analýzy interních dokumentů společnosti je zpracována analýza výrobního procesu divize Home Appliance. V navazující části je zpracována analýza výrobního toku, která vychází opět z analýzy interních dokumentů a plánů na další období. Součástí analytické části je také tvorba simulačního modelu, který je dále využit v projektové části práce. Aplikována je také teorie TOC a naplněn první bod, tedy identifikace úzkého místa.

Projektová část využívá v analytické části vytvořený počítačový model současného stavu, který je dále dle teorie TOC formou experimentů rozvíjen. Modely jsou dále pomocí brainstormingu s kompetentními pracovníky společnosti vylepšovány a upravovány dle požadavků společnosti.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 PRŮMYSLOVÉ INŽENÝRSTVÍ

Průmyslové inženýrství je poměrně mladý obor, který z pohledu různých disciplín zkoumá komplexní potřeby podniků ve výrobní i nevýrobní oblasti. Je kombinací technických znalostí a poznatků z podnikového řízení aplikovaných v praxi. Pomocí nich racionalizuje, optimalizuje a zefektivňuje výrobní i nevýrobní procesy. Oborem průmyslového inženýrství je projektování, plánování, zavádění a zlepšování průmyslových procesů a implementace v oblasti inovací. Klade si za cíl zajistit vysokou efektivitu procesů a konkurenceschopnost podniku. (API, ©2005-2015)

Cílem všech organizací je eliminovat plýtvání. Průmyslové inženýrství může být také popsáno jako kombinace technických oborů s principy vědeckého řízení. Klade také velký důraz na porozumění pracovníkům a jejich potřebám s cílem zvýšit produkci a zlepšit činnost údržby. Definice Susan Blake, americké průmyslové inženýrky z roku 2011 je následující: „*Průmyslové inženýrství koordinuje systémy společně s menším plýtváním, lepší kvalitou a méně surovinami*“. (Badiru, 2014, s. 4)

### 1.1 Průmyslový inženýr

Jako průmyslový inženýr bývá často označován člověk, který se pohybuje ve výrobě se stopkami a podložkou pro psaní, který se snaží zvyšovat normy a snižovat počet pracovníků. Tato definice je však dosti neúplná a nepravdivá. Ve skutečnosti je průmyslový inženýr spojkou mezi liniovými pracovníky a manažery firmy. Řeší detailně vztah lidé – stroje – práce. Ve vztahu k lidem pracuje s více, čí méně schopnými a motivovanými operátory, zabývá se správným určením standardů ve výrobě, aby byly spravedlivé pro dělníka a zároveň výhodné pro vedení. Také by měl být schopen s technologií zhodnotit přínosy investic do nových strojů, které ještě nutně nemusejí znamenat zvýšení produktivity nebo úsporu nákladů. Za svůj cíl považuje najít ten nejvýhodnější a nejkratší pracovní postup. Jako ukazatele své práce potom bere vysoký zisk, nejvyšší možnou produktivitu i jakost a zaměřuje se na kontinuální zlepšování procesů při neustálém odstraňování plýtvání. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 82-86)

Oblasti, které v dnešní době řeší průmyslový inženýr:

- Logistika (řízení zásob, průběžné časy výroby, layout)
- Analýza a měření práce (montáž, výroba, přestavby)
- Štíhlá výroba

- Six Sigma
- Štíhlý vývoj (produktů i procesů)
- Inovace
- Minimalizace nákladů
- Zefektivňování procesů
- Týmová práce, motivace, komunikace
- Management znalostí
- Reorganizace a strategie podniku (Průmyslové inženýrství, ©2012)

## 1.2 Průmyslové inženýrství v minulosti

### 1.2.1 Průmyslové inženýrství ve světě

Prvním průkopníkem oboru, dnes popsaného jako průmyslové inženýrství, byl matematik Charles Babbage. Již v roce 1832 popsal efekty rozdělení pracovních operací na menší části. Zabýval se také problematikou časových nároků na zvládnutí pracovních úkonů.

Samostatná kapitola průmyslového inženýrství se začala psát v Japonsku ve čtyřicátých letech minulého století. Hlavní postavou se stal Shingeo Shingo, který založil školu průmyslového inženýrství, ze které dnes čerpá celý svět. Klasické průmyslové inženýrství se věnovalo zejména spotřebě práce a řešení problémů ve výrobních dílnách, jako například vytížení linek, rozmístění strojů, kontrola kvality, organizace práce, řízení výroby i odměňování pracovníků.

V roce 1948 vzniká Americký institut průmyslových inženýrů (AIIE). Začíná tak nová etapa rozšiřující klasické metody o operační výzkum, modelování apod. S rozvojem počítačových technologií roste také obor působnosti PI, který nezkoumá pouze výrobní činnost, ale nahlíží na celopodnikové problémy jako logistika, TOC, dodavatelské řetězce a další. (API, ©2005-2015)

### 1.2.2 Průmyslové inženýrství v ČR

Průmyslové inženýrství jako takové v České republice v podstatě neexistovalo téměř padesát let. Termín „průmyslové inženýrství“ se začíná v naší zemi skloňovat až po roce 1989. Absence tohoto oboru je patrná nejen v samotné průmyslové výrobě, ale i v oblasti služeb jako je zdravotnictví, bankovníctví a poštovní služby nebo administrativa. Přestože se některé postupy, které dnes spadají do oblasti metod PI, používaly již v minulosti, nejednalo

---

se o uplatňování uceleného oboru. Průmyslové inženýrství nebylo možné studovat jako obor studia, v podnicích neexistovaly útvary, které by se tímto oborem zabývaly. (Mašín a Vytlačil, 2000, s. 79-80)



## 2 ŠTÍHLÁ VÝROBA

Obsáhlý, ale čím dál více používaný koncept z oblasti průmyslového inženýrství je „Lean production“ – Štíhlá výroba. Nezaměřuje se pouze na hmatatelné změny ve výrobním systému, ale i na snahu změnit myšlení v oblasti řízení a organizace výroby. Cílem konceptu je dosažení efektivního postupu optimalizace výrobních procesů s podporou lidí, zejména manažerů. Některé klíčové principy využívané pro tvorbu produktů nebo procesů jsou následující:

- Plynulý tok materiálu a informací ve výrobě
- Výroba dle požadavků zákazníka
- Redukce variabilních dílů a procesů
- Aktivní zapojení pracovníků do tvorby přidané hodnoty
- Just-in-time
- Počítačem podporovaná výroba (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 44-45)

### 2.1 Průtok systému

Průtok je veličinou, udávající celkový objem v procesních jednotkách za jednotku času, která projde konkrétním systémem. Tato veličina má význam, pokud je vztahována k určitému cíli a uvažuje existenci minimálně jednoho úzkého místa, které nedovoluje dosáhnout stanovených cílů v neomezené míře. Úzké místo pak brání dosahování vyšší úrovně výstupu. (Chromjaková a Rajnoha, 2011, s. 19)

### 2.2 Management úzkého místa

Každý systém obsahuje alespoň jedno omezení, kvůli kterému nedosahuje vyššího stupně výkonnosti. Omezení systému může být identifikováno na celé řadě míst:

- Výrobní zdroje (nedostatek informací, chybějící kapacita strojů, lidí)
- Marketing (nevyužitá kapacita v důsledku nedostatku objednávek)
- Řízení, směrnice (pravidla, která brání rozvoji)
- Postoje lidí (špatná komunikace, neochota, atmosféra)
- Čas (nedodržování času výroby = nedodržení času dodávky, ztráta zákazníků)  
(Košturiak a Frolík, 2006, s. 49-50)

## 2.3 TOC

Teorie omezení definuje jako hlavní cíl podniku vydělávání peněz (z anglického making money), a to nyní i v budoucnu. Dosahování tohoto cíle je podmíněno třemi metrikami – průtokem, investicemi (zásoby) a provozními náklady. Často využívaným principem na základě metod TOC je princip pěti kroků.

1. Identifikovat omezení systému
2. Maximální využití daného omezení
3. Podřízení všeho v systému tomuto omezení
4. Odstranění omezení
5. Pokud se podaří omezení odstranit, cyklus se opakuje návratem ke kroku č. 1 (Basl, Majer a Šmíra, 2003, s. 31-37)

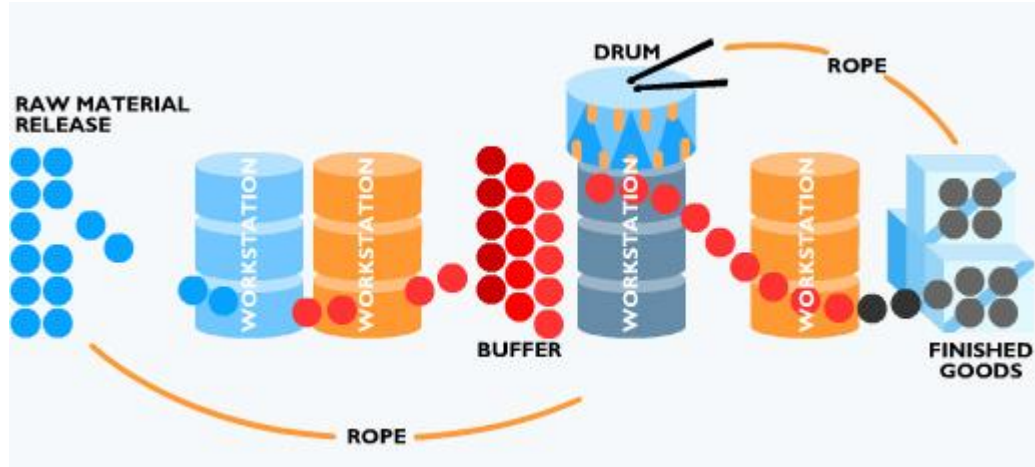
V oblasti plánování a řízení výroby je často používanou metodou vycházející z teorie omezení Drum-Buffer-Rope. (Basl, Majer a Šmíra, 2003, s. 95-97)

### 2.3.1 Drum-Buffer-Rope

**Drum** – „buben“, který udává tempo celému systému. Jedná se o samotné omezení, místo s nejmenším průtokem. Proces nastavení úzkého místa začíná identifikací požadavků na výstup. Na základě těchto požadavků jsou určeny produkční sekvence a velikosti dávek.

**Buffer** – časový „zásobník“, sloužící k vyrovnávání výpadků dodávek z předchozího procesu. Jeho hlavní funkcí je zabezpečit neustálý přísun vstupů do úzkého místa. Důležitým aspektem je určení správné velikosti vyrovnávacího zásobníku.

**Rope** – „lano“, které slouží k tažení materiálu směrem k úzkému místu. Tok materiálu musí být usměrňován tak, aby se vyrovnávací zásobník příliš nezaplnil nebo naopak nebyl téměř prázdný. Dále za úzkým místem bývá již používán systém tlaku. (Cox a Schleier, 2010, s. 185-190)



Obrázek 1 D-B-R (Drum Buffer Rope, ©2015)

### 3 SIMULAČNÍ MODELY

Simulační modely imitují průběh skutečných procesů nebo systémů v průběhu času. Jsou v nich zahrnuty poznatky a pozorování získané v minulosti. Z těchto vstupních dat jsou vyvozeny závěry týkající se vlastností reálného systému, který simulují. Simulace se stávají nepostradatelnou metodou pro řešení širokého spektra existujících problémů. (Banks, 1998, s. 3-4)

Počítačové simulace tak velmi účinně vyplňují mezeru mezi teorií a experimentem. Teoretické podklady založené na jednoduchých modelech mohou být použity pro složitější systémy namodelované pomocí počítačových simulací. (Nemanjic a Svetozar, 2013, s. 100-101)

#### 3.1 Důvody použití simulačních modelů

##### 3.1.1 Proniknutí do fungování systému

Většina systémů (procesů) je natolik rozsáhlých, že je velmi obtížné porozumět jednotlivým operacím a vztahům mezi nimi bez použití dynamických modelů. V reálném světě není možné zkoumat systémové části izolovaně od ostatních komponentů nebo dokonce pozastavit jejich chod. Typickým příkladem může být porozumění úzkému místu ve výrobě bez znalosti celého systému. (Chung, 2004, 1-3)

##### 3.1.2 Rozvoj řízení provozu a zdrojů

V případě existujícího systému, kterému je porozuměno, ale existuje potřeba ho zlepšit, je možné využít dvou možností – změnit řízení provozu nebo zdrojů. Z oblasti řízení provozu může být například jmenována změna plánování priorit zakázek, oblast řízení zdrojů může být zaměřena například na rozvržení operátorů ve výrobě. (Chung, 2004, 1-4)

##### 3.1.3 Zavádění nového systému

Další z důvodů použití simulačních modelů může být zavádění zcela nového systému. Simulace mohou pomoci ukázat, jaké výkonnosti je testovaný model schopen dosáhnout a zda přinese očekávané výsledky. Využití simulačního modelu je v porovnání se skutečnou realizací a instalací nového systému mnohonásobně levnější. Také nám může pomoci odhalit případné nedostatky ještě před samotným uvedením do zkušebního provozu. (Chung, 2004, 1-4)

### 3.1.4 Získání informací bez zásahů do současného systému

Simulace jsou pravděpodobně jedinou metodou, kdy je možné experimentovat se stávajícím systémem bez jeho narušení nebo zastavení. Některé systémy jsou velmi citlivé na změny, proto není možné dělat provozní nebo jiné změny a zároveň provádět efektivní analýzu. Příkladem může být bezpečnostní odbavení na letišti, při reálných experimentech by mohlo dojít ke snížení bezpečnosti nebo omezení plynulosti odbavení. (Chung, 2004, 1-4)

## 3.2 Postup tvorby simulačních modelů

**Formulace problémů a stanovení cílů** – Správně formulovaný problém je zásadním krokem ovlivňujícím úspěšnost projektu. Z definovaného problému by měl vycházet reálný a měřitelný cíl. V této fázi je také důležité určit, zda je vhodné projekt řešit pomocí simulačního modelu.

**Vytvoření konceptuálního modelu** – Před samotným sestavováním počítačového modelu je dobré si vytvořit představu o modelovaném systému. Důležitými body této fáze je určení kritérií, podle kterých je hodnocena efektivnost systému nebo jak moc do hloubky je nutné systém namodelovat.

**Sběr dat** – Simulace jsou datově náročnou metodou, v některých případech lze pracovat i bez dat pouze však ve spolupráci s experty na základě odhadů. Pro simulace odpovídající realitě je vhodné získat data přímo od klienta v požadovaném formátu, vhodném ke zpracování. Pokud jsou data v normovaných časech, je vhodné ověřit odchylky těchto průměrů.

**Tvorba simulačního modelu** – Implementace konceptuálního modelu do počítačového softwaru. Pokud systém vyžaduje neobvyklé požadavky, může být toto suplováno pomocí programování v daném programu. V této fázi může také dojít k závěru nevhodnosti výběru simulačního softwaru.

**Verifikace a validizace** – Verifikací nazýváme proces ověření, zda je model přenesený do počítačového prostředí shodný s konceptuálním modelem. Naopak validizace je již ověřením správnosti přenesení skutečnosti do počítačového systému. Nejlepším způsobem je simulace současného stavu systému a porovnání výstupů.

**Provedení experimentů a analýza výsledků** – Simulování různých scénářů, opakování simulovaných scénářů. Součástí této fáze jsou také setkání se zadavateli, kde jsou diskutována různá navrhovaná řešení.

**Dokumentace modelu** – Dokumentace je důležitou součástí z důvodu uchování dat při pozdějším návratu k simulovanému modelu nebo jeho rozšiřování.

**Implementace** – Implementační fáze je konečným vyvrcholením simulačního projektu. Je důležité, aby i na tomto kroku měl podíl celý řešitelský tým. Stejně jako všechny předchozí fáze je i ta poslední velmi vázaná na dobrou komunikaci mezi klientem a řešitelským týmem. (Banks, 1998, s. 15-29; Dlouhý, 2007, s. 11-13)

### 3.3 Výhody simulačních modelů

Simulační modely skýtají řadu výhod, dále jsou uvedeny některé vybrané.

#### 3.3.1 Časová nenáročnost experimentu

Díky moderním technologiím a využití počítačových SW je možné namodelovat celý proces v relativně krátkém čase. Některé procesy nebo experimentování s nimi by v reálném čase zabraly měsíce nebo roky, v podání simulací je možné celý proces zkrátit na několik málo sekund. Časová úspora je tedy jednou z hlavních výhod simulačních modelů. (Chung, 2004, 1-5)

#### 3.3.2 Úspora analytických požadavků

V minulosti bylo zkoumání výrobních procesů doménou matematiků pomocí sofistikovaných analytických a výzkumných metod. To v praxi znamenalo, že bylo možné zkoumat získaná data pouze staticky, nikoliv dynamicky jako je tomu díky počítačovým simulacím. Simulační softwary tak umožnily zkoumat systém bez předchozích rozsáhlých kalkulací a programátorských znalostí. Vývoj těchto SW také významně rozšířil pole působnosti simulačních modelů. (Chung, 2004, 1-5)

#### 3.3.3 Snadno prezentovatelné modely

Většina moderních simulačních softwarů nabízí možnost dynamických animací. Tento fakt rapidně zlepšuje potenciál k prezentování výsledků či jen sledování průběhu simulačního modelu. Příjemný pro uživatele je také fakt, že v průběhu simulace může dojít k odhalování problémů a jejich doladění. Výsledky jsou pak snadno pochopitelné i pro ostatní účastníky výrobního procesu. V porovnání se strohými čísly napsanými na kusu papíru mají počítačové simulace jasně navrch. (Chung, 2004, 1-6)

### 3.3.4 Další vybrané výhody

- Nové návrhy rozložení výroby, layoutu nebo transportních cest mohou být otestovány bez přemísťování skutečných komponentů výroby.
- Simulace pomáhají odpovědět na otázky „co, když“.
- Usnadňují identifikaci úzkého místa v oblasti materiálového a informačního toku.
- V oblastech, ve kterých máme omezené znalosti a zkušenosti, mohou být použity jako podklady pro budoucí rozvoj. (Gregor, 1998, s. 17)

## 3.4 Nevýhody simulačních modelů

Přes řadu výhod simulačních modelů je třeba zmínit i některé nevýhody, které se netýkají jen simulace samotné, ale například očekávání nebo vnějších vlivů.

### 3.4.1 Nepřesná vstupní data

Sběr dat je jednou z nejtěžších částí vytváření simulačního modelu. I dokonale nasimulovaný model nemusí dávat správné výstupy, pokud jsou do něj vloženy chybné vstupy. Řada uživatelů stráví dlouhý čas s vývojem simulace, ale nevěnuje dostatečnou pozornost sběru dat. Chybné také může být použití příliš starých či externích dat. Výsledkem je pak selhání celého projektu. (Chung, 2004, 1-6)

### 3.4.2 Nenabízí jednoduchá řešení komplexních problémů

Někteří manažeři věří, že jim simulace poskytnou jednoduchá řešení komplexních a rozsáhlých problematik. Při řešení takto širokých problémů je nutné vzít v úvahu každou součást systému a vztahy mezi nimi. Je možné systém zjednodušit v rámci časové úspory simulačního modelu, není však možné zanedbat podstatné (úzká místa atd.) součásti modelu. Při zjednodušení je nutné počítat s menší přesností modelu. (Chung, 2004, 1-6)

### 3.4.3 Simulace sama nic nevyřeší

Chybnou domněnkou je také názor, že simulace sama vyřeší daný problém. Simulace může pouze nastínit některá řešení problému. Samotná implementace řešení je poté v rukou manažerů. Je dobré zasvětit manažery a zájmové skupiny do projektu, protože celá řada řešení, která vyvstanou, nejsou nikdy nebo jen z části implementovány. (Chung, 2004, 1-6)

### 3.4.4 Další vybrané nevýhody

- Neposkytují záruku optimálního řešení.
- Výsledky simulační studie nejsou ve většině případů přenosné na další podobné problémy.
- Výstup a kvalita simulačních modelů velmi závisí na zkušenostech a znalostech autora.
- „Dokonalá“ simulace složitých systémů může být časově i finančně náročná. (Gregor, 1998, s. 17)

## 3.5 Vybrané simulační softwary

V následujících podkapitolách jsou zmíněny vybrané simulační softwary určené pro diskrétní simulaci, v následující samostatné kapitole je rozebrán detailněji Tecnomatix Plant Simulation.

### 3.5.1 Witness

Witness je simulačním softwarem britské společnosti Lanner Group Ltd., na českém trhu distribuovaný společností Dynamic future s.r.o. V současnosti je k dispozici ve dvou oborových verzích – Manufacturing Performance edition, určený pro výrobní oblast a logistiku a Service and Process Performance edition, která pokrývá oblast služeb. Jádro systému WITNESS doplňují moduly pro optimalizaci procesů, návrh a vyhodnocení experimentů, prezentaci výsledků simulace, zobrazení v prostředí virtuální reality, výměnu informací mezi nástroji WITNESS a Microsoft VISIO, propojení s CAD/CAM systémy, dokumentaci modelů a získávání znalostí z rozsáhlých souborů dat. V nejnovější verzi 14 je možné využít rozšířené funkce 3D. (Witness, ©2010)

### 3.5.2 SIMUL8

SIMUL8 je produktem americké společnosti Simul8 Corporation, na českém trhu jej distribuuje společnost Logio s.r.o. SIMUL8 je určen k simulování výrobních systémů, logistických systémů, administrativního workflow nebo systémů obsluhy zákazníků. Práce se softwarem nespočívá v programování, ale spíše v načrtnutí struktury a následném nastavení vhodných parametrů objektů. Je dodáván ve třech uživatelských verzích – základní verze Standard, rozšířená verze Professional obsahující moduly pro statistickou analýzu nebo



optimalizaci procesů a cenově zvýhodněnou Education verzi určenou pro vzdělávací instituce. (Simul8, ©2015)

### 3.5.3 Arena

Arena je produktem americké společnosti Rockwell Automation. Je jedním z nejrozšířenějších simulačních softwarů, který využívá řada velkých společností jako General Motors nebo Ford Motor Company. Software je nabízen v komerčních balíčcích i v různých verzích pro studijní účely. Arena spolupracuje s balíčkem od Microsoftu, je tedy možné importovat data např. z MS Visio nebo zapisovat data do MS Excel či Access. Řešení nabízí široké spektrum předdefinovaných modelů, které je možné upravit programováním pro vlastní potřebu. (Arena Simulation, ©2015)

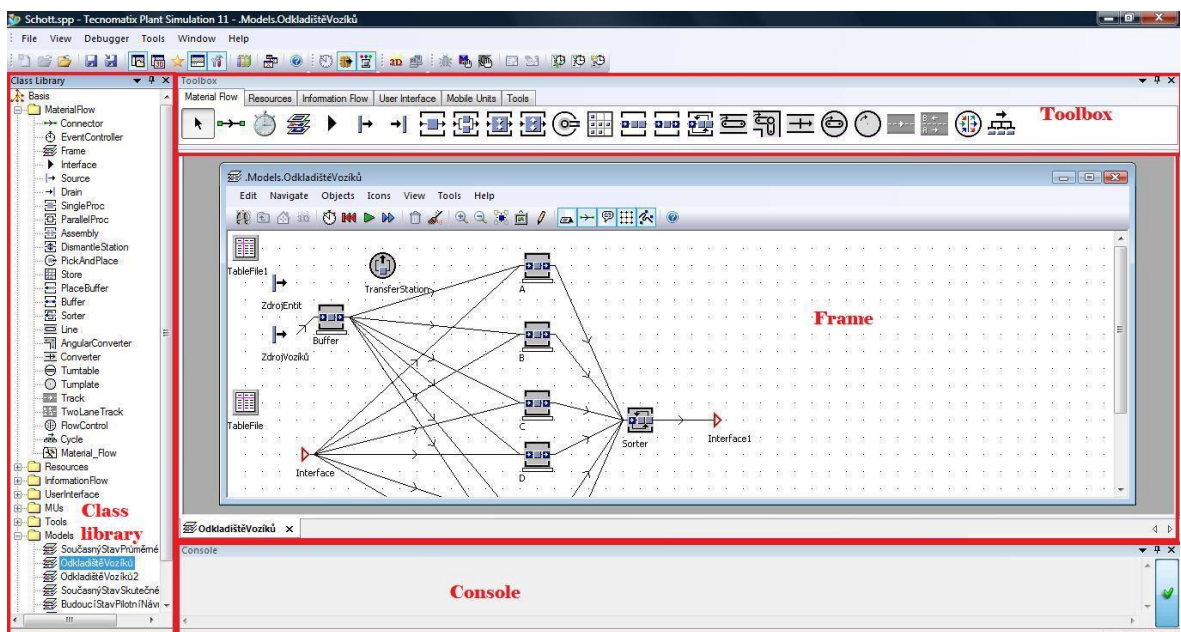
## 4 PLANT SIMULATION

Softwarové řešení Plant Simulation patří do rodiny produktů německé společnosti Siemens. Siemens vytváří široké portfolio softwaru pro řízení životního cyklu (tzv. PLM), které napomáhá dělat správná rozhodnutí v řadě situací. Produkty společnosti Siemens PLM jsou orientovány na oblasti řízení kvality, výroby, plánování robotiky a automatizace, montážní postupy a jiné. Softwarové řešení Plant Simulation je orientováno na návrh a optimalizaci závodu. V této oblasti nabízí Siemens další tři softwarová řešení. Factory-CAD zaměřený na rozmístění a rozvržení závodu, FactoryFLOW sledující manipulaci s materiálem, In-Context Editor koordinující práci týmu.

Plant Simulation spadá do komplexního řešení virtuální továrny Tecnomatix, ale je možné jej provozovat samostatně. Tento nástroj je určen pro simulování diskrétních událostí a pomáhá vytvářet digitální modely výrobních nebo logistických systémů. (Siemens PLM Software, ©2015)

### 4.1 Grafické prostředí

Plant Simulation nabízí vysokou míru nastavitelnosti prostředí dle požadavků uživatele. Většinu nabídek a částí pracovní plochy je možné skrýt. Základní části pracovního prostředí při práci na projektu tvoří *Class library*, *Toolbox*, *Frame* a *Console*. (Bangsow, 2010)



Obrázek 2 Grafické prostředí (vlastní zpracování)

### 4.1.1 Class library

V levé části obrazovky se nachází přehledně strukturovaný adresář *Class library*. V této části je možné libovolně vytvářet a upravovat složky, ale i objekty potřebné k simulaci. Prostřednictvím *Class library* je také možné nahrát objekty z jiných simulačních modelů. (Bangsow, 2010, s. 8-9)

### 4.1.2 Toolbox

*Toolbox* je umístěn v horní části obrazovky. Umožňuje snadný přístup do *Class library* a vyobrazuje objekty v grafické podobě, je také rozdělen na celky dle zaměření a funkce. Objekty v *Toolboxu* je možné dále upravovat a vytvářet vlastní záložky, které je možné plnit upravenými objekty s požadovanými vlastnostmi. (Bangsow, 2010, s. 9)

### 4.1.3 Frame

*Frame* je vlastní pracovní plocha pro vkládání a situování objektů dle potřeby. Součástí *Frame* je také základní ovládání jako spuštění simulace (*Event Controler*), zamčení, přibližování nebo oddalování a další. (Bangsow, 2010, s. 66)

### 4.1.4 Console

*Console* umístěná v dolní části obrazovky zobrazuje informace během simulace, například chybové hlášky. Vhodná je také při tvorbě vlastních metod, kdy je používána k vypisování stavových a kontrolních informací. Pokud nedochází k využití konzole, je možné ji snadno skrýt pomocí křížku. (Bangsow, 2010, s. 9)

## 4.2 Modelování

Modelování v programu Plant Simulation je objektově orientované. K dispozici je omezený počet objektů, které jsou popsány v dalších kapitolách dle tříd. Hierarchicky strukturované modely jsou sestavovány od shora dolů. Systém je tak rozložen na podsystémy a menší funkční jednotky. Hierarchická struktura tak dovoluje přímo adresovat umístění objektu (např. jako umístění v adresáři). (Bangsow, 2010, s. 12-13)

### 4.2.1 Třídy a dědičnost

Základním stavebním kamenem objektově orientovaného programování jsou třídy. Třída je uživatelem definovaný datový typ, umožňuje vytvářet zcela nové objekty a vlastnosti.

Dědičnost je vlastnost umožňující vytvářet duplikáty, potažmo podtřídy k již existujícím třídám. Rozlišujeme duplikaci a derivaci. Duplikace vytváří kopii třídy, nenese však dále propojení směrem k originálu. Derivace vytváří instanci z originální třídy, která nese propojení na originál. Je však možné tuto dědičnost vypnout. (Bangsow, 2010, s. 13-14)

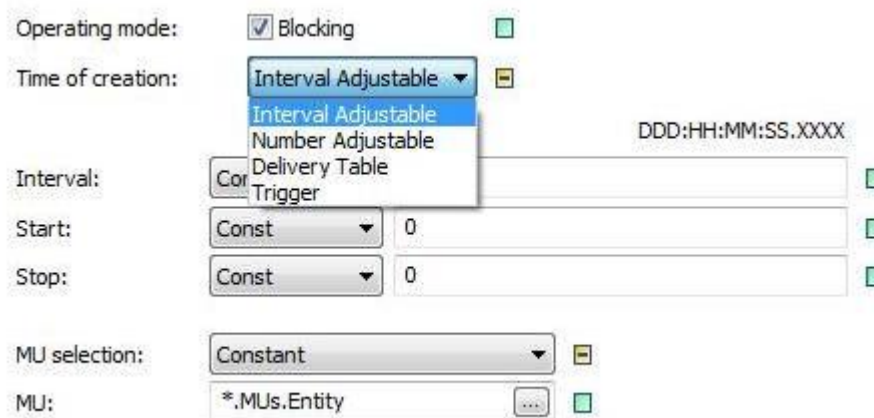
### 4.3 Základní objekty Material Flow

V následujících podkapitolách jsou popsány vybrané objekty materiálových toků a některé důležité vlastnosti.

#### 4.3.1 Source

Pomocí zdroje vstupují do systému mobilní jednotky (MU) dle nastavených parametrů. Je možné nastavit pořadí jednotek, velikosti dávek, časy příchodů. Pokud je zdroj propojen s následujícím objektem pomocí konektoru, dochází k posunu k dalšímu objektu. V případě zatržení „*Blocking*“ nedochází ke generování další jednotky, pokud předchozí jednotka neopustila zdroj.

Nastavit příchod jednotek do systému je možné v intervalu, v daném počtu, v případě složitějších kombinací s využitím tabulky nebo *Triggeru*. (Bangsow, 2010, s. 25-28)



Obrázek 3 Nastavení zdroje (vlastní zpracování)

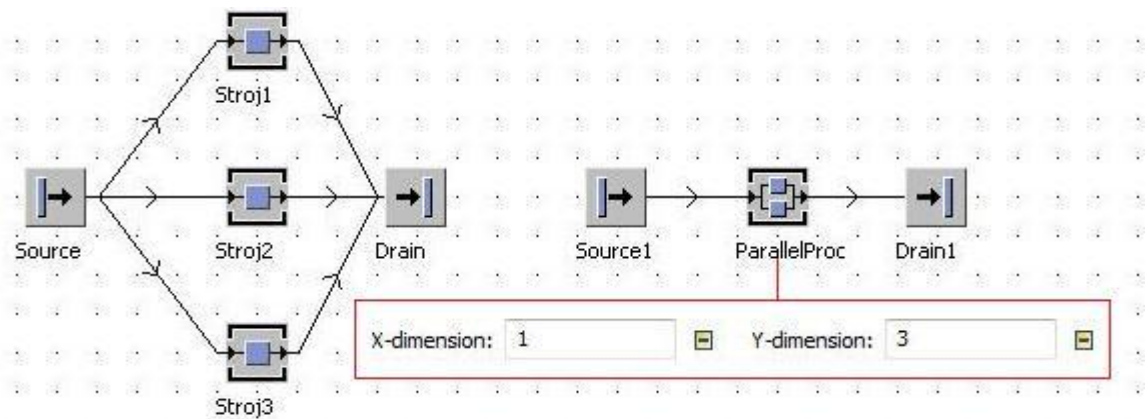
#### 4.3.2 Drain

*Drain* stojí na opačném konci simulace než zdroj. Jedná se o aktivní objekt, který odvádí jednotky ze systému. Je důležitým zdrojem statistických výstupů jako například průtok nebo počet vyprodukovaných jednotek. (Bangsow, 2010, s. 29)

### 4.3.3 SingleProc

Objekt *SingleProc* pojme v danou chvíli pouze jednu jednotku. Využití spočívá zejména v definování procesního času jednotlivým výrobkům. Objekt tedy může představovat kterýkoliv stroj nebo pracovní pozici, kde dochází k postupnému zpracování jednotlivých kusů. Nastavení objektu je velmi široké, záleží na potřebách. Je možné například nasimulovat přestavby, poruchy nebo jakým způsobem mají jednotky opouštět objekt.

Obdobou *SingleProc* je *ParallelProc*, který skýtá podobné možnosti, rozdílem je však skutečnost, že je využíván k simulaci několika paralelně zařazených totožných strojů. Na obrázku 4 je možné vidět rozdíl v namodelování stejné situace pomocí *SingleProc* a *ParallelProc*, kde je nastavena dimenze 3 x 1. (Bangsow, 2010, s. 29-32)



Obrázek 4 Stejná situace namodelovaná dvěma způsoby (vlastní zpracování)

### 4.3.4 AssemblyStation a DismantleStation

*Assembly* neboli montáž je využívána ke spojování jednotek, případně připojování komponentů na hlavní jednotku. Nastavován je počet jednotek, ze kterých se skládá výsledný produkt, případně ze kterých zdrojů vstupující jednotky přicházejí. Podstatné také je, zda vzniká nová jednotka.

*Dismantle* neboli demontáž je opakem montáže. Bývá využívána k modelování rozdělování součástí nebo řezání produktů. (Bangsow, 2010, s. 32-38)

### 4.3.5 Buffer, PlaceBuffer, Sorter, Store

Zásobníky jsou modelovány pomocí objektů typu *Buffer*. Základní *Buffer* je místem s danou kapacitou, bez orientované struktury avšak s možností nastavení FIFO nebo LIFO. Je také možné nastavit čas, který má jednotka v zásobníku setrvat.

*PlaceBuffer* je také zásobníkem s danou kapacitou, ale s danou strukturou pozic po kterých se jednotka v nastaveném čase pohybuje. Kapacita tedy udává, kolik pozic je nutné projít, než bude jednotka poslána dále. (Bangsow, 2010, s. 34-35)

*Sorter* je objektem používaným pro řazení jednotek v daném pořadí. Řazení je možné nastavit dle různých kritérií, například délka pobytu v objektu, dle nastaveného atributu jednotky nebo naprogramovanou metodou. *Sorter* má danou kapacitu, jednotky mohou být řazeny vzestupně nebo sestupně, na vstupu či na výstupu. (Bangsow, 2010, s. 51-54)

*Store* slouží k namodelování odkladiště s danou kapacitou. Jedná se o pasivní statický objekt bez možnosti nastavení procesního času. (Bangsow, 2010, s. 39 – 40)

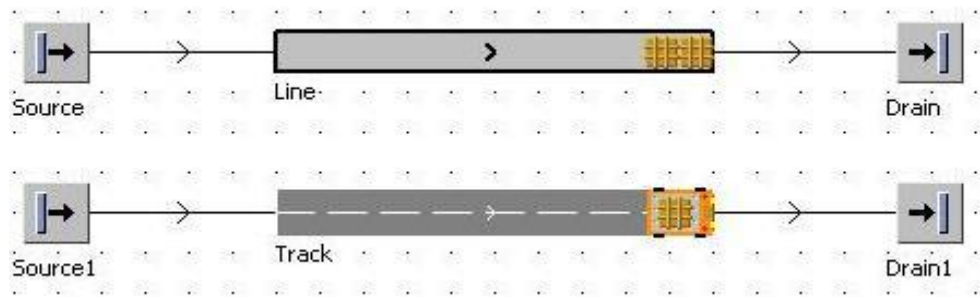
#### 4.3.6 Line

Linka je aktivním objektem sloužícím k modelování materiálového toku. Používá se k modelování dopravníků s danou délkou, kapacitou a rychlostí. Důležitým prvkem dopravníku je možnost akumulace, při zatřžení této možnosti se při blokaci odchodu jednotky z dopravníku začnou hromadit a z dopravníku se stává jakýsi zásobník, v opačném případě (nezatřžení akumulace) dochází k zastavení linky.

Dopravník je možné také zakřivit dle potřeby nastavením úhlu zatačky. Zakomponováním prvku *Turntable* lze dosáhnout průběžného otáčení MU pod požadovaným úhlem za stálého posunu. *Turnplate* plní podobnou funkci, ne však při současném posunu. *AngularConverter* pro změnu plní funkci rohového kusu, kde nedochází ke změně směru natočení MU. (Bangsow, 2010, s. 40-46)

#### 4.3.7 Track

*Track* patří mezi pasivní objekty a slouží k modelování transportních cest, po kterých se pohybuje transportér (auto, vlak atd.). Silnice může být jednosměrná nebo obousměrná, nastavuje se délka a kapacita, je také možné namodelovat požadovaný tvar. Na obrázku 5 je zachycen rozdíl mezi pasivním a aktivním objektem. (Bangsow, 2010, s. 50-51)



Obrázek 5 Line - aktivní objekt a Track - pasivní objekt (vlastní zpracování)

#### 4.3.8 PickAndPlace a FlowControl

Novější verze Plant Simulation (od verze 9) obsahují přednastavený objekt *PickAndPlace*, který představuje robota (robotickou ruku) a slouží k přemísťování MU z jedné pozice pod různými úhly do cílového místa. Je tedy nutné nastavit úhly a časovou potřebu mezi objekty, ze kterých robot odebírá jednotky a do kterých je vkládá. (Bangsow, 2010, s. 46-48)

*FlowControl* neslouží k přemísťování jednotek jako takových, ale pouze usměrňuje jejich tok dle vepsaných pravidel. Zadávány jsou hodnoty na vstupu (*Entry Strategy*) a na výstupu (*Exit Strategy*) tak, aby došlo ke správnému usměrnění toku materiálu. (Bangsow, 2010, s. 55-59)

### 4.4 Resource objects

Objekty v této části jsou využívány pro modelování zaměstnanců, které je možné využít pro obsluhu strojů, opravy a transport součástí. Pro modelování zaměstnanců je nutné využít následujících objektů. (Bangsow, 2010, s. 60-61)

#### 4.4.1 Worker, Workplace, ShiftCalendar

*Worker* představuje daného pracovníka. Jeho nastavení je nutné provádět přímo v *Class library*, protože ostatní nastavení probíhají pomocí *WorkerPool* popsáno níže. Přímou u pracovníka je nastavována rychlost pohybu, priorita, efektivnost, kapacita, směna a *Broker*, který je přiřazen pomocí *WorkerPoolu*.

*Workplace*, neboli pracovní místo musí být propojeno s příslušným objektem stroje a to za účelem opravy nebo obsluhy. Platí, že každé pracovní místo může být v jednu chvíli obsazeno pouze jedním pracovníkem. (Bangsow, 2010, s. 63-64)

Objekt *ShiftCalender* umožňuje zakomponování směn do výrobní simulace, nemusí se nutně jednat jen o zaměstnanecké směny. (Bangsow, 2010, s. 215-216)

#### 4.4.2 WorkerPool, Broker, FoothPath

*WorkerPool* je místem pro pracovníky, jsou zde vytvářeni, případně shromažďováni, když nemají přidělenou práci. Pomocí *Brokera* jsou zaměstnanci přes *WorkerPool* propojeni se svým úkolem na daném pracovišti.

*Broker* zprostředkovává propojení, v samotném objektu není nic nastavováno.

*FoothPath* tvoří cesty, po kterých se pracovníci pohybují. Stejně jako u *Tracku* je možné nastavit délku a různá zakřivení. (Bangsow, 2010, s. 61-63)

### 4.5 Mobile units

MUs představují pohyblivé části simulace, které se pohybují mezi objekty. Obsahují vlastnosti jako délku, šířku, jsou reprezentovány ikonami, které je možné graficky upravovat. (Bangsow, 2010, s. 139-141)

#### 4.5.1 Entity

Entita představuje výrobek nebo produkt, který prochází systémem z objektu do objektu. Neobsahuje přednastavené chování, může v sobě však nést atribut, který určuje jeho putování systémem. (Bangsow, 2010, s. 142)

#### 4.5.2 Container

Slouží k přepravě ostatních MU, především entit. Stejně jako entity nemají kontejnery přednastaveno chování. Na rozdíl od entity má kontejner možnost nastavení kapacity. V praxi bývá tato MU použita pro modelování boxu nebo palety. (Bangsow, 2010, s. 143)

#### 4.5.3 Transporter

Jedinou mobilní jednotkou, která se pohybuje po dráze (*Track*) je právě transportér. Slouží k modelování aut nebo vlaků. Jednotlivé transportéry je možné spojovat a vytvořit tak vlakovou soupravu. Nastavovány jsou atributy jako rychlost, kapacita, zda se jedná o tahač či nikoliv. Pomocí metod je také možné naprogramovat chování transportéru, například pořadí zastávek na trati nebo proměnlivou rychlost v průběhu jízdy. (Bangsow, 2010, s. 158-164)



## 4.6 General Objects

Do této skupiny patří objekty, bez kterých se simulace neobejde. Typickým příkladem je *Connector*, který propojuje jednotlivé objekty, je směrově orientovaný, určuje tak směr toku. *EventController* slouží k ovládání času v simulačním modelu. Je možné nastavit rychlost běhu simulace, počátek i trvání simulování a další. *Interface* umožňuje propojení jednotlivých *framů* a *podframů*. (Bangsow, 2010, s. 68-72)

## 4.7 Information Flow Objects

Objekty ze třídy *Information Flow* jsou určeny k importu/exportu dat nebo pro práci s informacemi a daty. Nejpoužívanějším objektem je *TableFile*, který představuje tabulku. Po jejím naformátování nebo propojení na jiné objekty však dostáváme multifunkční objekt. *CardFile*, *QueueFile*, *StackFile* a *TimeSequence* lze shrnout do skupiny objektů vytvářejících seznamy, pořadí a skýtající široké statistické i funkční použití. *Trigger* a *Generator* spouštějí potřebné sekvence nebo pokyny v daných intervalech. Slouží k synchronizaci linek. (Bangsow, 2010, s. 183-217)

## 4.8 User Interface a statistika

Komponenty programu určené pro interakci s uživatelem. Od tlačítek, *DropDownList* *CheckBox* a *button* pro komentáře, po objekty *Chart* a *Display*, které uživatele informují o statistikách. Objekt *Display* je možné propojit s objekty typu *MaterialFlow*, přičemž sleduje různá data v reálném čase nebo v intervalech. *Chart* slouží ke grafickému zobrazení sledovaných parametrů v režimu *watch* nebo *sample*. (Bangsow, 2010, s. 230-263)

Nástroje ze záložky *Tools* lze zařadit také do této třídy. Patří sem *Sankey Diagram*, který graficky zobrazuje materiálový tok pomocí čar různé tloušťky, dle průtoku. *Bottleneck Analyzer* nabízí prvotní náhled do souhrnných statistik v oblasti transportu, produkce a skladování. (Bangsow, 2010, s. 238-242)

## 4.9 SimTalk

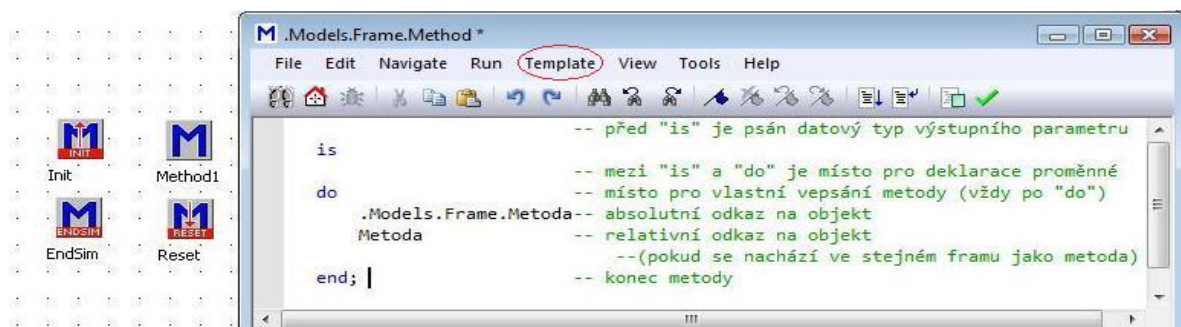
Pro rozšíření základních přednastavených funkcí objektů nabízí Plant Simulation programovací jazyk *SimTalk*, pomocí kterého je možné dosáhnout požadovaného chování objektů a celkově simulaci více přiblížit realitě. Pomocí základních objektů a jejich předdefinovaných funkcí by bylo v podstatě nemožné věrohodně namodelovat reálný model. Standardně

je programovací kód vepisován do objektu *Method*, který najdeme v záložce *Information Flow*. (Bangsow, 2010, s. 85)

#### 4.9.1 Method

Metoda může být vynesena jako objekt do pracovní plochy (*Frame*), po otevření se však zobrazí textový editor pro vložení zdrojové kódu, nebo může být skryta přímo v objektu. Kód je možné psát ručně nebo pomocí tzv. *Template*, který obsahuje přednastavené šablony jako „*If-then*“, které usnadňují programování. Odkaz na další objekty vepsané do metody může být proveden absolutní nebo relativní cestou (rozdíl je vidět na obrázku 6).

Při přejmenování objektu metody na následující jména dojde k provázání metody na určitou část simulačního procesu. *Reset* je vykonán při resetování simulace, *Init* je aktivován spuštěním simulace a *EndSim* se spouští při dosažení konce simulace. Zmiňované metody jsou rovněž na obrázku 6. (Bangsow, 2010, s. 85-94)



Obrázek 6 Struktura metody (vlastní zpracování)

#### 4.9.2 Proměnné

Proměnnou nazýváme místo v paměti, kam program ukládá informace. Rozlišujeme lokální a globální proměnnou. Lokální proměnná je definovatelná právě v metodě mezi „is“ a „do“ a to názvem a datovým typem (*boolean* – true/false, *integer* – číselná hodnota a další). Globální proměnná je objekt, který je možné nalézt na záložce *Information Flow* jako *Variable*, je viditelná pro všechny metody. Využívá se pro výměnu dat mezi komponenty. (Bangsow, 2010, s. 95-98)

## 5 VÝROBA A ZPRACOVÁNÍ SKLA

### 5.1 Sklo jako surovina

V přírodě se čisté sklo v podstatě nevyskytuje. Je možné nalézt nerosty, které jsou svou vnější podobou blízké – sopečný obsidián, horský křišťál nebo některé formy křemene. Sklo jak ho známe, je nutné nejprve vyrobit, poté zpracovávat. První zmínky o sklu se datují do doby bronzové (3. tisíciletí př. n. l.), kde vznikalo jako vedlejší produkt keramické výroby.

Z fyzikálního hlediska je podstatou procesu výroby skla ochlazování taveniny. Výsledkem tohoto procesu je homogenní, amorfní, křehká, obvykle průhledná hmota. Vlastnosti této látky závisí na samotném složení skla. Pro výrobu skla z chemického hlediska je potřeba značné množství surovin, v závislosti na požadovaných vlastnostech výsledného produktu. Směs smíchaná ze vstupních surovin je nazývána sklářský kmen, který je základním technologickým pojmem a současně tradiční sklářskou mírou. (Vondruška, 2002, s. 15-17)

#### 5.1.1 Písek

Sklářský písek je sloučenina křemene, obsahující oxid křemičitý ( $\text{SiO}_2$ ). Běžná skla obsahují 60-80 % oxidu křemičitého, tvoří tak největší množství prvek skla. Sklářské písky se dnes upravují, aby měly optimální vlastnosti. Jsou plaveny a prány (odstraňovány mikroskopické nečistoty a je snižován obsah železa), poté sušeny a prosévány. Používány jsou také další úpravy jako chemické čištění, magnetická separace, otírání, to vše s ohledem na budoucí použití skla. Pro výrobu křišťálového skla je nutný co nejnižší obsah železa, naopak pro užitková nebo plochá skla není třeba příliš kvalitní písek. V současné době se kvalitní sklářské písky v České republice těží pouze ve třech lokalitách, u Jičína a na dvou místech u České Lípy. Z evropských států se kvalitní sklářský písek těží například v Německu, Francii, Belgii nebo Maďarsku. (Vondruška, 2002, s. 18-19)

#### 5.1.2 Potaš a soda

Nejdůležitější suroviny podporující proces tavení jsou sodné a draselné přísady. Sodu je možné získávat těžbou (ložiska objevena až ve 20. století) nebo spalováním mořských rostlin, v jejichž popelu je obsažena. Dnešní moderní postupy dovolují sodu získat i La Blancovým postupem z chloridu sodného (sůl kamenná) nebo z Glauberovi soli, což je syntetický síran sodný.

Potaš se v minulosti získávala pálením dřeva z popela. Tato technologie je poměrně jednoduchá, ale náročná na množství dřeva. Z hmoty spáleného dřeva vzniká jen asi 0,2 % až 2 % popela. Popel je poté rozpouštěn ve vodě, která se pomalu odpařuje, čímž jsou odstraněny některé nežádoucí soli. Po odpaření popela dochází k vyžihání. Tímto způsobem je získávána kvalitní, až 75% potaš. V současnosti je potaš získávána jako vedlejší produkt zpracování cukrové řepy. Do České republiky je dovážena hydrátová potaš z Ruska a Rumunska, která je velmi kvalitní, ale vykazuje vysokou prašnost. (Vondruška, 2002, s. 19-21)

### 5.1.3 Ostatní vybrané sklotvorné suroviny

**Borax** – Bor jako prvek zlepšuje proces tavby skla a současně zvyšuje odolnost proti chemickým látkám i mechanickému poškození.

**Kazivec a kryolit** – Fluor obsažený v kazivci (přírodní surovina) urychluje rozpad krystalické mřížky oxidu křemičitého a napomáhá tak procesu tavby. Kryolit, v minulosti těžený na jediném místě na světě (v Grónsku), se dnes vyrábí synteticky, je čistější než kazivec.

**Živec a znělec** – Tyto nerosty obsahují oxidy uhlíku, které umožňují tavbu oxidu křemičitého. Přírodní suroviny jsou také postupně nahrazovány syntetickými surovinami (hydrát hlinitý).

**Olovnaté suroviny** – Olovo je schopno významně příznivě chemicky působit na tavení. Olověná skla se vyznačují vysokým indexem lomu, jsou tak používána pro broušení.

**Barnaté suroviny** – Olovnaté sloučeniny je možné do určité míry nahradit právě oxidem barnatým. Skla s obsahem barnatých sloučenin jsou mimo jiné vhodná pro výrobu speciálních optických skel.

Mezi další suroviny používané při výrobě skla patří například sloučeniny lithia, fosforu, síranu a dalších v závislosti na požadovaných vlastnostech výsledného výrobku. (Vondruška, 2002, s. 21-24)

## 5.2 Technologie výroby skla

Základní výroba skla je rozdělena do čtyř dílčích technologických postupů. Jsou jimi příprava vsázky, tavení, tvarování a chlazení.

V první fázi, příprava vsázky, jsou suroviny osušeny, rozemlety a upraveny. Mísením a homogenizováním v požadovaném poměru vzniká tzv. sklářský kmen. Mísení je dnes

prováděno strojně ve speciálních zařízeních. Druhá fáze (tavení) je rozdělena do tří etap. Samotné tavení, čerění a homogenizace a chlazení. Teploty dosahované při tavení se pohybují v rozmezí 1400-1600 °C. Palivo používané v tavicích zařízeních je nejčastěji zemní plyn. Následující fází je tvarování skla, kde je využíváno viskózní deformace a závislosti viskozity skloviny na teplotě. Tvarování může být ruční nebo plně automatizované za využití technik foukání, tažení, válcování, lití nebo lisování. V poslední fázi je sklo ochlazené na výrazně nižší teplotu (v rozmezí 400-700 °C) ve speciálních chladících pecích. Řízeným ochlazením se zabraňuje pnutí uvnitř skla a zvyšuje se jeho pevnost. Po ochlazení je možné sklo dále zpracovávat – brousit, leštit, pískovat, leptat nebo jinak upravovat. (Jirásek a Vavro, ©2008)

### **5.3 Ploché sklo**

Ve fázi tvarování je sklo vytvarováno do tenkých vrstev. Je možné vyrábět skla o tloušťce od necelého milimetru až po více než centimetrová skla. Ploché sklo můžeme zařadit mezi technické nebo také stavební sklo. Je nejrozšířenějším typem skla podle vyráběného množství. Chemicky se jedná o složení odvozené ze systému  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{CaO}$  a  $\text{SiO}_2$ . (Hlaváč, 1988, s. 225-261)

#### **5.3.1 Výroba plochého skla**

Ploché sklo je možné vyrábět několika způsoby. V minulosti bylo i ploché sklo vyráběno ručně a to až do nedávné minulosti. Vyráběno bylo např. technologií foukání válců nebo válcováním skla. Postupnými požadavky na větší objem produkce a velikost rozměrů vyrobených skleněných tabulí došlo k mechanizaci výroby. Mezi nejrozšířenější technologie výroby plochého skla patří tažení a lití. Nejmodernější technologie výroby tzv. plaveného skla využívá kontinuálního plavení na hladině roztaveného cínu tzv. Float Process. (Popovič, 2009, s. 19-55)

#### **5.3.2 Zpracování plochého skla**

Surové ploché sklo bývá dále opracováno dle potřeby použitím různých postupů. Mezi základní technologie používané pro studené opracování skla patří mechanické postupy (broušení, řezání, vrtání). Dále jsou v průmyslové výrobě používány postupy tepelné (např. tvrzení) a barvicí (např. sítotisk).

**Broušení** – rozdělujeme na broušení hrubé a jemné, tzv. jemnění, kterým je vytvářen leštitelný povrch. Používána jsou brusiva přírodní (křemenný písek, korund, smirek, diamant a jiné) nebo syntetická (karbid bóru, syntetický diamant, elektrokorund, siliciumkarbid a další). Broušením je vytvořen hrubý nebo jemně matový povrch, jehož „hrubost“ je dána velikostí zrn použitého brusiva. Častou broušenou částí jsou hrany nejen z důvodu estetického, ale i technického. Takto opracovaná skla vykazují menší procento lomu při následném tvrzení.

**Řezání** – způsob dělení, ale i zpracovávání plochého skla. Rozlišujeme dělení na principu lámání povrchově naříznuté tabule (používané k prvotnímu dělení velkých plochých skel), řezání pomocí diamantového kotouče (používané u skel s větší tloušťkou), laserem (rytí linie pro další lámání nebo přímo vyvolané pnutí způsobující trhlinu) a vodním paprskem (materiál není tepelně ani chemicky namáhán, velmi čistý řez).

**Vrtání** – většinou jsou používány diamantové vrtáky, technicky se jedná o vybrušování úzkého mezikruží. Vrtací soupravy bývají konstruovány se dvěma vřeteny, vrtajícími proti sobě, aby nedošlo k vyštípnutí výstupní strany skla.

**Sítotisk** – patří mezi nejrozšířenější způsoby barvení povrchu skla. Principem je umístění čistého skla v horizontální poloze pod sítotiskovou maticí. Matrice je spuštěna s požadovaným umístěním, poté je aplikována barva ze zásobníku a za pomoci stěrky protlačena přes matici v nastaveném vzoru. Sítotisk může být nanesen i ve více vrstvách.

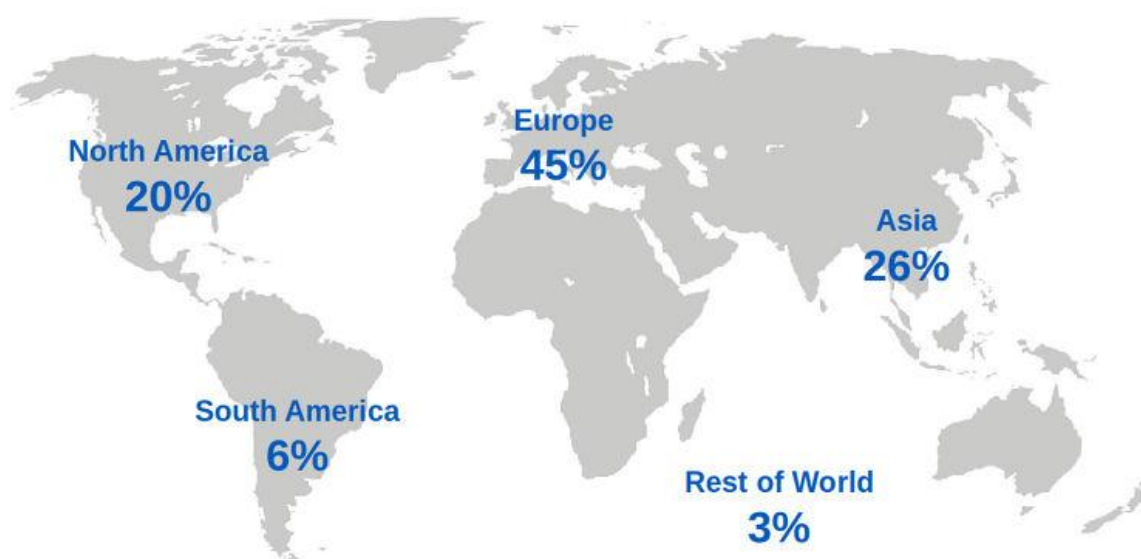
**Tvrzení** – technika tvrzení spočívá ve vyhřátí skla na určitou, technologickým postupem danou, teplotu a následným prudkým a stejnoměrným ochlazením. Ochlazení probíhá proudem vzduchu nebo ponořením do kapaliny. Takto upravené sklo má vyšší mechanickou a také tepelnou odolnost. (Popovič, 2009, s. 127-190)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 6 SKUPINA SCHOTT CELOSVĚTOVĚ

Schott je vysoce dynamická technologická skupina, která na trhu působí již více než 125 let v oblastech jako zpracování speciálního skla, materiálů, komponentů a systémů, které lidem zlepšují život a práci. Mateřská společnost Schott AG sídlí v Německu ve městě Mohuč a jejím jediným akcionářem je Nadace Carla Zeisse.

Skupina Schott působí ve více než 35 zemích po celém světě. V současné době zaměstnává 15 400 zaměstnanců, z toho 5 100 v Německu. V minulém fiskálním roce 2013/2014 generovala skupina celosvětově tržby 1,87 bilionů EUR. Největší část tržeb je realizována v Evropě, 86 % z celkových tržeb však mimo Německo. (Schott, ©2015)



Obrázek 7 Tržby 2013/2014 skupiny Schott celosvětově (Schott, ©2015)

### 6.1 Historie skupiny Schott

Začátky dnešní skupiny Schott se datují do roku 1884, kdy Otto Schott, Ernst Abbe a Carl a Roderich Zeiss založili laboratoř v německém městě Jena. Ve stejném roce Otto Schott vyvíjí nové optické sklo a poskytuje tak vědecký základ pro rozvoj specializovaných skel. V nastoleném trendu pokračuje skupina i v dalších letech, kdy svými vynálezy přispívá k dynamickému rozvoji oboru. Po druhé světové válce se původní továrna nachází v sovětské okupační zóně a dostává se tak do vlastnictví státu. Roku 1952 je tedy přestavěn závod v západní části Německa, ve městě Mohuč, pod vedením Ericha Schotta, syna zakladatele Otto Schotta. V roce 1954 je v Brazílii otevřena první výroba mimo území Německa. Následuje otevření pobočky v USA (New York) a Schott se tak stává mezinárodní skupinou.



Po obsazení trhu v Americe následuje po roce 1966 expanze na asijské trhy. Spojením rozděleného Německa po roce 1989 přebírá Schott zpět původní závod v Jeně, renovuje ho a začleňuje do skupiny Schott. Od roku 1993 se také skupina začíná orientovat na východní část Evropy. (Schott, ©2015)

## 6.2 Portfolio skupiny Schott

Výrobní portfolio lze obecně rozdělit do devíti nejdůležitějších skupin. Jsou jimi:

- **Vyspělá optika** – nabízí širokou nabídku nejmodernějších komponentů a materiálů pro optické a litografické aplikace.
- **Architektura** – architektonické sklo je určeno pro venkovní i vnitřní použití. Do této skupiny patří skla antireflexní, ohnivzdorná nebo protiradiační.
- **Koncentrovaná solární energie** – vývoj, výroba a prodej vysoce účinných přijímačů na výrobu solární energie s využitím technologie parabolického žlabu.
- **Pouzdra na elektroniku** – výroba komponentů pro dlouhodobou ochranu citlivé elektroniky a hermeticky uzavřená pouzdra.
- **Osvětlení a zobrazování** – technicky vyspělá řešení na míru pro automobilový průmysl, lékařství, letectví a obranu jako jsou senzory, mikroskopy a další.
- **Ploché sklo** – estetická řešení ze skla na míru pro trouby, varné desky, lednice, myčky, pračky a obytné prostory.
- **Technika pro domácnost** – technická řešení založená na sklokeramických technologiích pro „horké“ i „studené“ aplikace.
- **Farmaceutické balení** – stříkačky, lahvičky, ampule, kazety a speciální výrobky z trubicového skla nebo polymerů určená pro farmaceutický průmysl.
- **Trubice** – trubicové sklo pro průmyslové využití i elektroniku. Ve vnějších rozměrech od 0,3 mm až po 10 m. (Schott, ©2015)

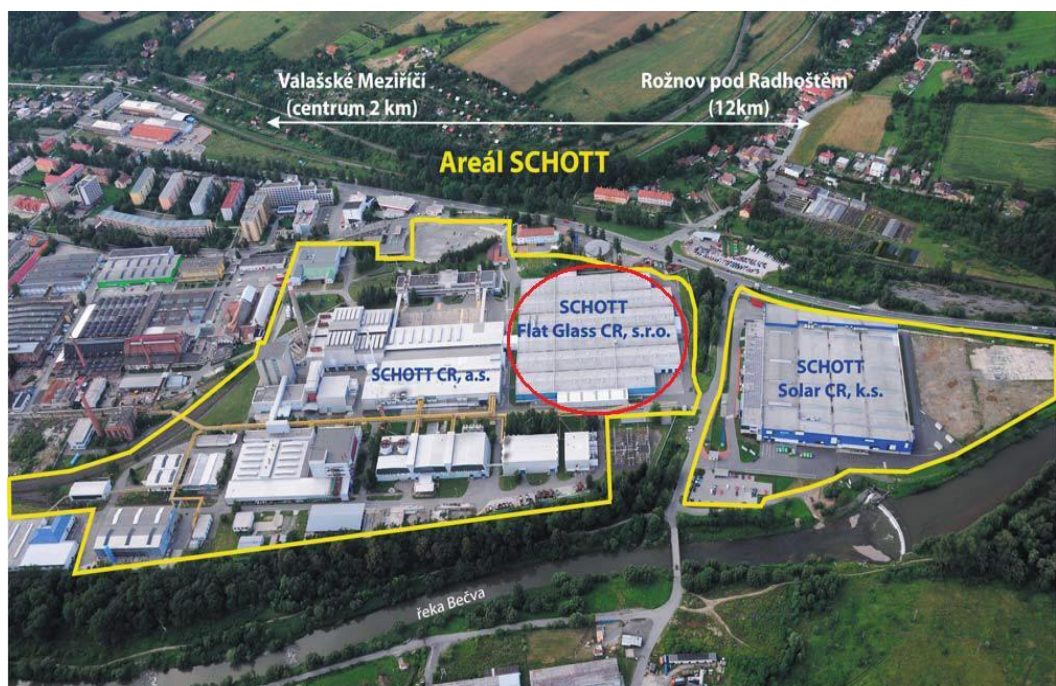
## 6.3 Schott Česká republika

V České republice má společnost Schott dvě územní působišť. První se nachází v Pardubickém kraji ve městě Lanškroun. V této lokalitě soustředěné na automobilový průmysl je zaměstnáváno přibližně 450 zaměstnanců. Závod Electronic Packaging v Lanškrounu byl založen roku 1993 a je významným dodavatelem elektrotechnického průmyslu.

Druhou lokalitou využívanou společností Schott v České republice je Valašské Meziříčí v kraji Zlínském, kde pracuje asi 250 zaměstnanců. Zde se nacházejí dvě společnosti skupiny Schott:

- **SCHOTT CR, s.r.o. *Division Lighting and Imaging***  
Společnost SCHOTT CR, s.r.o., divize Lighting and Imaging, je zaměřena na montáž výrobků z průmyslových optických vláken a LED diod, které slouží pro osvětlení. Firma zajišťuje zakázkovou výrobu pro segmenty trhu jako je automobilový a letecký průmysl, osvětlení a zdravotnictví. Díky zvládnutí technologie skla, optických vláken, LED diod a jejich vývoje, přináší společnost na trh výrobky s mimořádnými vlastnostmi.
- **SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.**  
SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o. zpracovává ploché sklo a skleněné výrobky určené pro domácí spotřebiče a zaměřuje se na výrobu vitrín pro profesionální prezentaci chlazeného a mraženého zboží. (Schott, ©2015)

Diplomová práce je zaměřena na výrobní proces ve společnosti Schott Flat Glass CR, s.r.o., která bude dále rozebírána v následujících kapitolách.



Obrázek 8 Schéma areálu ve Val. Meziříčí (Schott prodej, upraveno, @2011)

## 7 SCHOTT FLAT GLASS CR, S.R.O.

Společnost specializující se na zpracování plochého skla je dále rozdělena na dvě divize. Divize Home Appliance (domácí spotřebiče) vyrábí skleněné části dvířek a ovládacích panelů pro bílou techniku. Divize Food Display je zaměřena na výrobu prosklených částí chladících vitrín určené jak pro supermarkety, tak i pro náročné privátní zákazníky.

### 7.1 Základní údaje o společnosti

Obchodní název: SCHOTT Flat Glass CR, s.r.o.

Sídlo: Zašovská 850, Krásno nad Bečvou, 757 01 Valašské Meziříčí

Identifikační číslo: 25640551

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Datum zápisu: 26. ledna 1998

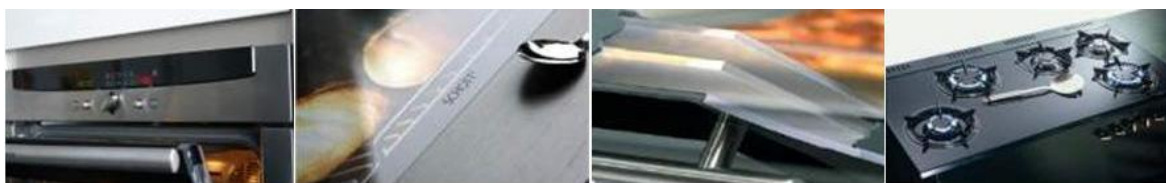
Základní kapitál: 7 500 000 Kč

Společník: Schott Flat Glass B.V., 4104AC Culemborg, Randweg 3A, Nizozemské království (obchodní podíl 100%)

Jednatel: Michal Hronek (Schott Flat Glass CR, s.r.o., ©2000-2015)

### 7.2 Výrobní portfolio

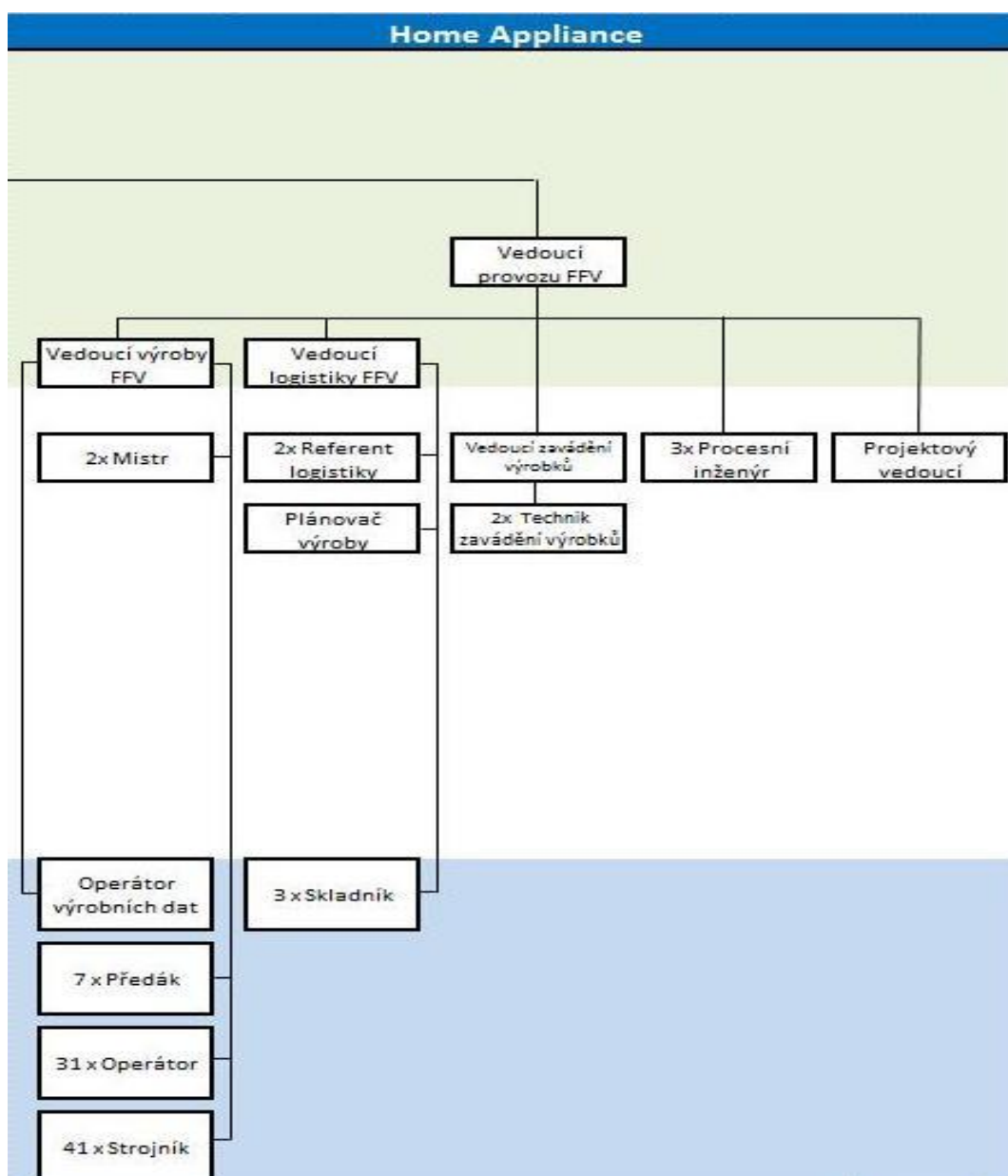
Výrobky divize Home Appliance, ve které je diplomová práce zpracována, slouží jako komponenty pro domácí spotřebiče širokého spektra značek světových výrobců. Mezi nejvýznamnější zákazníky patří Whirlpool, Mora, Gorenje, Indesit, Fagor a další. Nejčastěji se jedná o komponenty pro horkovzdušné trouby, plynové sporáky, chladničky, myčky nádobí, pračky a další prvky v kuchyních a obytných interiérech jako jsou dvířka, ovládací panely, skleněné kryty a polotovary pro divizi Food Display (mrazící skříně a vitríny).



Obrázek 9 Výrobní portfolio Home Appliance (vlastní zpracování)

### 7.3 Organizační struktura Schott Flat Glass CR, s.r.o.

Na obrázku 10 je část organizačního schématu společnosti. Celá organizační struktura je vzhledem k velikosti umístěna v přílohách práce. Ke dni 1. října 2014 společnost zaměstnává 251 pracovníků, z toho 185 na dělnických pozicích a 66 jako THP. Divize Home Appliance a divize Food Display mají některé jednotky sdílené. Mezi sdílené jednotky patří i specialista a technik štíhlé výroby, se kterými probíhala úzká spolupráce na tvorbě projektové části práce. Zobrazená část schématu je věnována divizi Home Appliance, ve které je zpracována diplomová práce. Spolupráce probíhala na úrovni vedoucího provozu, procesních inženýrů i mistrů výroby.

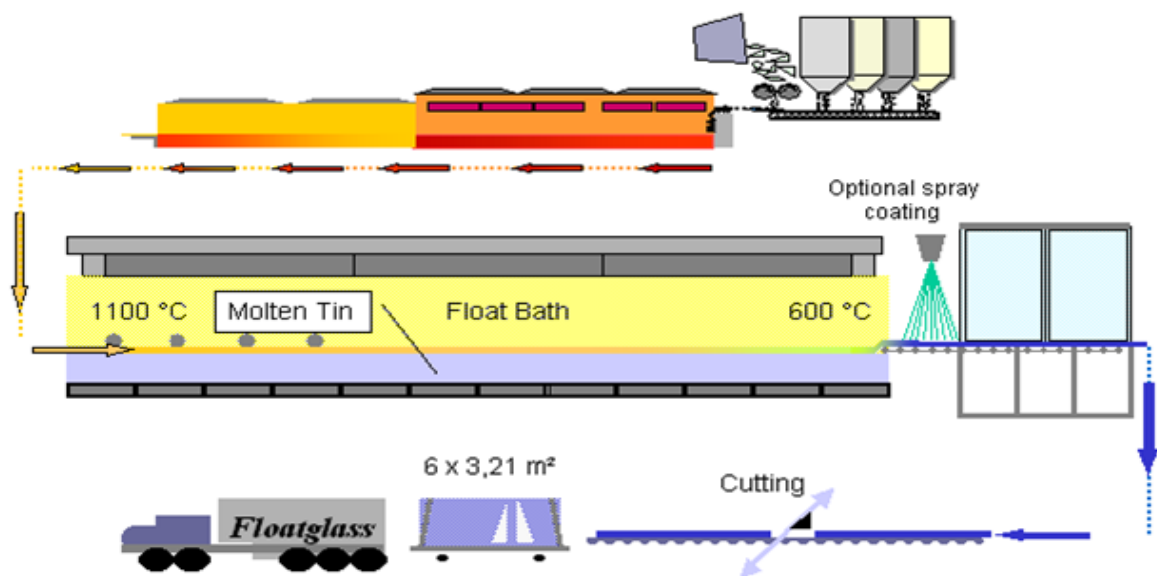


Obrázek 10 Organizační schéma společnosti (interní materiály společnosti)

## 7.4 Analýza výrobního procesu divize Home Appliance

Následující kapitoly jsou zpracovány za pomoci interních materiálů společnosti a vlastních zkušeností a poznatků vycházejících z pozorování a působení ve firmě.

Celý výrobní proces začíná výrobou plochého skla, která je popsána v teoretické části práce. Tento proces je znázorněn na obrázku 11 a je prováděn mimo areál společnosti ve Valašském Meziříčí. Ve Valašském Meziříčí dochází pouze ke zpracování plochého skla, výroba je zajišťována společností AGC.



Obrázek 11 Plavení plochého skla (interní materiály společnosti)

Výroba v areálu firmy ve Valašském Meziříčí začíná vyložením a skladováním tzv. „Jumbo Sheet“, tedy velkých plátů plochého skla, přepravovaných ve speciálních přívěsech nákladních automobilů, jehož poloautomatickou vykládku přímo ve skladovací hale je možné vidět na obrázku 12. Divize Home Appliance funguje na třísměnný provoz (3 x 7,5 hodiny + 0,5 hodiny přestávka), 5 dní v týdnu.



Obrázek 12 Vykládání skla ve Valašském Meziříčí (vlastní zpracování)

#### 7.4.1 Řezání a lámání

Po vyložení z nákladních automobilů jsou tabule skla uloženy ve speciálních přepravních přípravcích umístěny do skladovací haly vstupního materiálu, odkud jsou následně odbírány pomocí manipulátorů podle potřeb výroby. Prvním krokem, který je společný pro všechny výrobky, je řezání a následné lámání velkých skel na menší části. Zakládání do řezací linky probíhá automaticky pomocí přísavkových podavačů. Sklo je poté naříznuto a pravidelně nalámáno. Dělení je možné ve dvou osách (x i y) pro dosažení potřebných rozměrů pro další výrobní postup. Na výstupu je nalámané sklo operátory zkontrolováno a přemístěno ve speciálních přepravkách na další krok výroby. Veškerá ruční manipulace se sklem je prováděna v ochranných rukavicích, které nejen chrání pracovníka proti poranění, ale zamezují také styku skla a pokožky, tudíž zanechání otisků na sklech.



Obrázek 13 Manipulace, řezání, lámání (vlastní zpracování)

#### 7.4.2 Broušení, vrtání

Nařezané a nalámané sklo putuje na další zpracování na brusné a vrtací linky. Zde jsou sraženy rožky, opracovány hrany, případně navrtány otvory dle potřeb finálního výrobku. V současné době jsou k dispozici tři brousící (a vrtací) linky.

První linkou je *Fast Line* (FL). FL začíná nakládacím robotem, který pomocí přísavek vkládá skla na dopravník do první brusné stanice (MB1), následuje křížový dopravník, který zajišťuje pravoúhlý posun skla k další brusné stanici (MB2), kde dochází k opracování zbylých dvou stran skla. Dalším strojem v lince je myčka, která se stará o očištění nečistot po předchozím opracování. Následujícím komponentem linky je již propojená tiskárna (1 CP) pomocí vyrovnávacího zásobníku a obracecího dopravníku, který vede výrobek na zmíněný tisk (popis tisku v další části), za kterým je umístěna suška a výstupní dopravník. Zde výrobky odebírají dva pracovníci a ukládají do přepravních vozíků.

Druhou linkou je *Bilateral Line* (BL), kde dochází opět k automatickému zakládání nalámaného skla pomocí robota. Výrobek projde brusnou stanicí (MB1), poté je pomocí dopravníkové točny otočen o devadesát stupňů a dochází k opracování zbylých stran skla (bruska MB2). Přes dopravníkovou točnu putuje sklo k vrtacím stanicím (BF1 a BF2), kde jsou vyvrtány otvory v potřebných průměrech (od 3,5 do 300 mm) a roztečích. Po vrtání jsou skla pomocí dopravníku přesunuta do myčky, kde dochází k očištění nečistot po vrtání

a broušení. Na konci linky je opět vizuální kontrola pracovníkem a zakládání do přepravních vozíků.



Obrázek 14 Nakládací robot a bruska BL (vlastní zpracování)

Poslední možností opracování je na strojích typu *CNC* (*CNC 1* a *CNC 2*) do kterých je sklo zakládáno ručně a po opracování pomocí dopravníků přesunuto k vrtacím stanicím (*Janbac 1,2,3*). Po vyvrtání otvorů je na konci linky opět umístěna myčka, která sklo zbaví nečistot po opracování.

### 7.4.3 Tisk

Zbroušené (případně vyvrtané) sklo je již v některých případech ručně přepravováno k temperaci, ve většině případů však upraveno tiskem. V oblasti zpracování plochého skla je používán sítotisk. Pomocí rámu s předem připravenými síty dochází k nanášení barvy na sklo v požadovaných vzorech a motivech. Tisk je možný v nepřeberném množství barevných kombinací v minimální tloušťce 0,3 mm.

V praxi dochází ke třem variantám potištění skla. První možností je jednotisk (1 CP), kdy dochází k potištění skla pouze v jedné vrstvě. Ve výrobní hale Home Appliance je jednotisk zařazen přímo za FL, dále pak sestavena linka pro dvoutisk (2 CP) a trojtisk (3 CP). Tiskařská linka pro 2 CP je tvořena vstupním automatickým zakladačem, tiskárnou, na kterou navazuje suška a výstupním dopravníkem. Zde je možnost sklo vyjmout (umožňuje 1 CP i z jiných linek než FL) nebo dále vložit do druhé sériově uspořádané tiskárny, za



kterou následuje opět suška a výstupní dopravník s jedním pracovníkem, který se stará o odebrání a kontrolu potištěného skla. Trojtisk je realizován obdobně pomocí sériově uspořádaných strojů. Vstupní sklo je však vkládáno ručně, poté následuje sestava tiskáren a sušek, kdy je tisk nanesen a usušen ve třech vrstvách. Výstup je znova osazen dopravníkem a obsluhou, která sklo odebírá a kontroluje.



Obrázek 15 Postupný výsledek 3 CP (interní materiály společnosti)

#### 7.4.4 Temperace

Temperace, kalení nebo také tvrzení skla je poslední fází zpracování plochého skla ve výrobě. Tvrzení spočívá v zahřátí skla na určitou, poměrně vysokou teplotu (až 700 °C) a následném prudkém ochlazení vzduchovou sprchou. Díky tomuto procesu získává sklo požadované vlastnosti jako vyšší odolnost nebo jinou strukturu lomu při destrukci. Pro tyto účely jsou ve výrobní hale instalovány dvě pece.

Pec *Cattin* má pouze jednu komoru a vstupují do ní zhruba pouze 3 % celkové produkce. Je obsluhována jedním operátorem na směnu a je schopná pojmout skla o rozměrech až 1200 x 1500 mm.

*SIG* je průběžnou pecí osazenou systémem Simatic S7, která je na vstupu obsluhována dvěma pracovníky. Ti vkládají sklo na vstupní dopravník v daných rozestupech. Sklo je

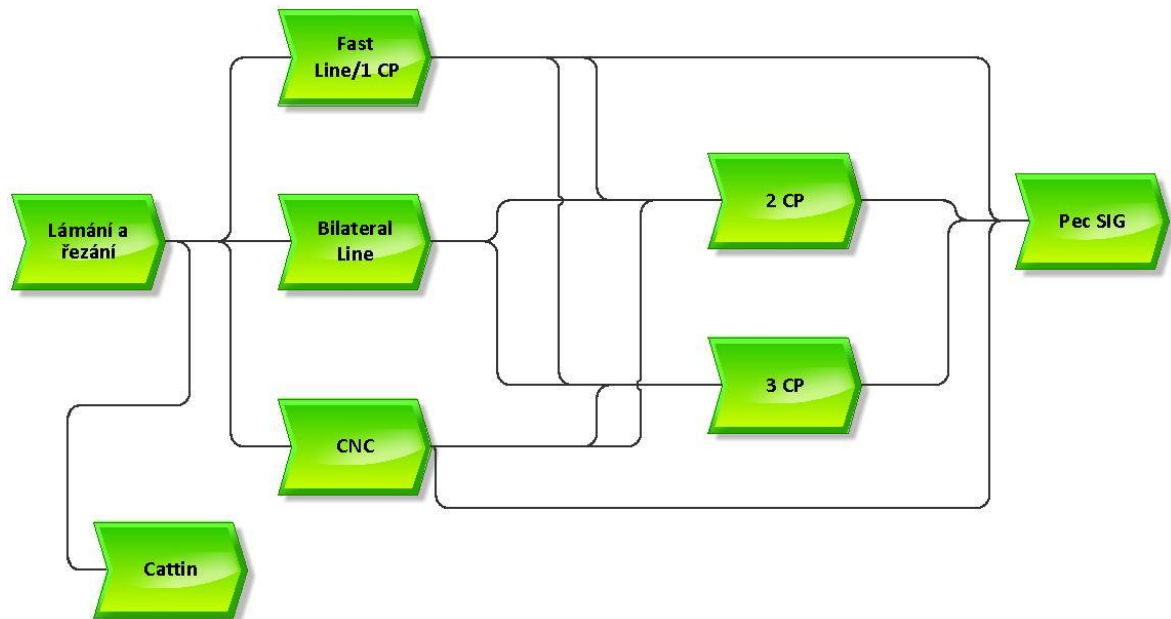
možné vkládat v jedné nebo ve dvou řadách, rovněž, případně pod různým úhlem. Samotná pec se skládá z dvanácti nahřívacích sekcí, komora je 900 mm široká a 26,7 m dlouhá. Každá sekce obsahuje šest horních a šest dolních nahřívacích elementů, jejichž ovládání odděleně je možné pouze po sekcích. Po nahřívací sekci následuje quench a chladicí sekce, kde je sklo zchlazeno. Na konci průběžné pece je instalována myčka, po které je již sklo dopravováno k výstupní kontrole a balení (expedici). Na výstupu pece jsou umístěni čtyři pracovníci kontrolující kvalitu a tři pracovníci expedice a balení. Pec je osazena kamero-  
vým a varovným systémem pro případ poruchy. V roce 2012 byl nainstalován také stand-  
by mód pro víkendové odstávky. Nastavení pece probíhá manuálně dle aktuálních 453  
druhů receptur. Celkem pecí prochází 1783 druhů výrobků.



Obrázek 16 Vstupní dopravník do pece SIG (interní materiály společnosti)

#### 7.4.5 Mapa výrobního procesu

Pro přehlednost je zpracována mapa výrobního procesu. Na začátku procesu je pracoviště lámání a řezání, poté brusné a vrtací linky, následně tiskařské linky a posledním procesem je temperace v peci (SIG).



Obrázek 17 Procesní mapa (vlastní zpracování)

## 7.5 Analýza výrobního toku

Následující tabulka shrnuje produktovou matici, nebo také možné kombinace výrobního toku. V záhlaví jsou uvedeny jednotlivé kroky výrobního procesu seřazeny logicky dle výrobního postupu od řezání, přes opracování (FL, BL nebo CNC), vrtací stanice (JB), tisk (1,2,3 CP) a následnou temperaci (SIG nebo Cattin). Dle výrobního postupu je možné klasifikovat výrobky do produktových rodin, které mají identický výrobní tok.

Tabulka 1 Produktová matice (vlastní zpracování)

Produktová rodina	Cutting	FL grinding	Bilateral	CNC I	CNC II	JanBac 8400	JanBac 3000	Grinding	1 CP (FL)	1 CP (BL)	2 CP	3 CP	SIG	Cattin
FDV cut	X													
FDV tempered	X							X						X
FL	X	X											X	
FL 1 CP	X	X							X				X	
FL 2 CP	X	X									X		X	
FL 3 CP	X	X										X	X	
FL JB 1 CP	X	X					X		X				X	
FL JB 2 CP	X	X					X				X		X	
FL JB 3 CP	X	X					X					X	X	
BL	X		X										X	
BL 1 CP	X		X							X			X	
BL 2 CP	X		X							X	X		X	
BL 3 CP	X		X									X	X	
CNC	X			X									X	
CNC 1 CP	X			X					X				X	
CNC 2 CP	X			X							X		X	
CNC 3 CP	X			X								X	X	
CNC I 1 CP	X			X			X		X				X	
CNC I 2 CP	X			X			X				X		X	
CNC I 3 CP	X			X			X					X	X	
CNC II 1 CP	X				X	X			X				X	
CNC II 2 CP	X				X	X					X		X	
CNC II 3 CP	X				X	X						X	X	

Křížkem je označen stroj nebo linka, pokud tato produktová rodina prochází uvedenou částí výroby. V tabulce je červeně vyznačena průběžná pec SIG, přes kterou prochází téměř celé výrobní portfolio s výjimkou rodiny FDV tempered, která je tvrzena v peci Cattin a FDV cut, která temperací neprochází. V relativním vyjádření pecí SIG prochází 97,1 % celkové produkce, která je určena k temperaci, z celkové produkce je to pak 92,5 %. Je také nutné zmínit, že veškerá produkce je přemísťována mezi linkami na ručních vozících.

Tabulka č. 2 pak zobrazuje relativní četnost vypočítanou z plánované produkce pro jednotlivé produktové rodiny na rok 2015. Absolutní četnost počtu výrobků není z důvodu citlivosti dat uvedena. Některé produktové rodiny jsou vynechány, protože se s jejich výrobou

pro rok 2015 nepočítá. Z tabulky je možné vyčíst, že největší část výrobního portfolia je zpracovávána na Fast Line a následně osazena jednotiskem (36,1 %). Celkem produkce FL a FL 1 CP tvoří 41,7 % produkce procházející pecí SIG. Zároveň je možné zjistit, že zanedbatelné množství produkce mimo FL jde do pece SIG bez tisku (pouze 2,2 % celkové produkce z CNC).

Tabulka 2 Relativní četnost výrobních rodin (vlastní zpracování)

Produktová rodina	FDV cut	FDV tempered	FL	FL 1 CP	FL 3 CP	FL JB 3 CP	BL 1 CP	BL 2 CP	BL 3 CP	CNC	CNC 2 CP	CNC 3 CP	CNC I 3 CP	CNC II 2 CP	CNC II 3 CP
% ks	4,6	2,9	2,5	36,1	3,1	1,8	18,1	13,5	4,3	2,0	6,8	0,2	1,9	0,6	1,6

Z analýzy vyplývá, že do pece SIG směřují výrobky nejčastěji přímo z linky FL nebo z některé z tiskařských linek (2 CP nebo 3 CP), přičemž na 2 CP je prováděn i jednotisk.

Pro vyšší vypovídající hodnotu analýzy je také nutné zmínit průměrný průtok jednotlivých linek, ze kterých výrobky směřují do pece SIG a pece SIG samotné. Linka FL je schopná produkovat 535 ks/h, s jednotiskem 500 ks/h. Dvou a tří tisk je schopen za směnu (7,5h) zpracovat 4100 kusů, což odpovídá 274 ks/h na 2 CP i 3 CP. Průtok pece je uveden v metrech čtverečních skla za hodinu, což po přepočtu odpovídá zhruba 900 ks/h, v závislosti na rozměrech temperovaného skla. Pokud budeme pracovat s průměrnými hodnotami a plným výkonem linek, před pecí SIG se každou hodinu vytvoří zásoba 148 kusů.

Tabulka 3 Průtok (vlastní zpracování)

Linka	Průtok
FL	535 ks/h
FL 1 CP	500 ks/h
2 CP	274 ks/h
3 CP	274 ks/h
SIG	185 m <sup>2</sup> /h = 900 ks/h

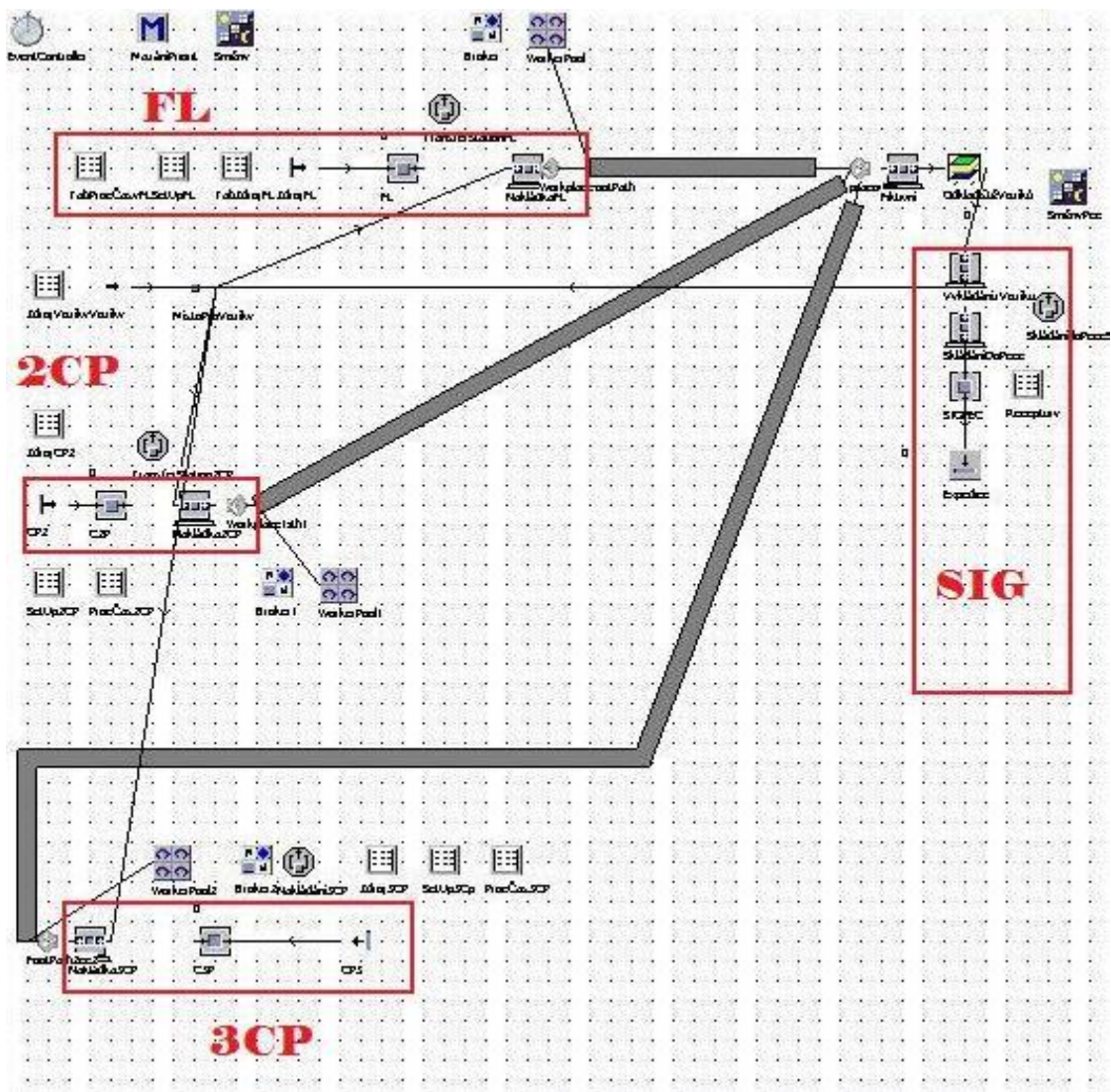
## 7.6 Analýza výrobního procesu pomocí počítačové simulace

Pro podrobnou analýzu výrobního procesu je nutné vzít v úvahu všechny aspekty. Po odzkoušení konceptuálního modelu, kde bylo zvoleno šest reprezentativních výrobků, nastá-

veny průměrné hodnoty přestavby linek a různé velikosti dávek, bylo stanoveno rozhodnutí nasimulovat celý výrobní den, tedy tři směny (24 hodin). Jako nejvhodnější byl určen den 29. duben 2014, který byl označen za běžný výrobní den, bez abnormalit, s širokým spektrem výrobků. Pozornost je věnována zejména průtoku výrobků pecí SIG, která se v předchozích analýzách jeví jako úzké místo. Do simulačního modelu jsou také zahrnuty směny a zákonné přestávky pracovníků.

### 7.6.1 Vytvoření dílny v simulačním softwaru

Umístění linek je simulováno dle interních materiálů (layout) a osobních poznatků. Simulace jsou zpracovávány v softwaru Tecnomatix Plant Simulation, který byl podrobně rozebrán v teoretické části práce.



Obrázek 18 Celkový pohled na dílnu v simulačním SW (vlastní zpracování)

Na obrázku 18, který znázorňuje celkový pohled na dílnu vytvořenou v simulačním softwaru, jsou zobrazeny linky FL včetně 1 CP, tiskařské linky 2 CP i 3 CP a průběžná temperační pec SIG. Od každé z linek je znázorněna trasa, po které jsou výrobky dopravovány na speciálních vozících k odkladišti vozíků před vstupem do pece SIG. Tyto vozíky jsou tlačeny obsluhou a mají kapacitu 70 a 100 kusů.

### 7.6.2 Výrobní program

Výrobní program z uvedeného dne obsahuje celkem 23 druhů výrobků, které se liší procesními časy, nastavením strojů, ale i průchodem různých linek. V tabulce jsou uvedena čísla výrobků dle skutečného označení ve výrobě, pro přehlednost simulačního modelu byly nahrazeny písmeny.

Tabulka 4 Převodní tabulka výrobků (vlastní zpracování)

Název výrobku v simulačním programu	Číslo výrobku dle skutečnosti
A	1471297
B	1242791
C	1455791
D	1471271
F	1512374
G	1447562
H	1462285
I	1519497
J	1208586
K	1295580
L	1447562
N	1298227
O	1479554
P	1260685
Q	1447695
R	1473314
S	1295630
T	1295722
U	1442470
V	1441456
W	1500540
X	1443933
Y	1207577

Dále jsou v simulaci použity označení výrobků jako A1, D1 atd. které slouží pouze k simulačním účelům (rozdělení výrobních dávek apod.), výrobní časy, nastavení a další atributy jsou dodrženy. Výrobky označené písmeny E a M chybějí záměrně, protože odpovídají výrobkům již použitým a vyráběným na předchozí směně, proto jsou sloučena v pozdější fázi pod jednotná označení.

### 7.6.3 Modelování Fast Line

Tabulka 5 zobrazuje vstupní data z interního informačního systému pracoviště 19104000, tedy FL s jednotiskem. Je rozdělena na ranní (10), odpolední (20) a noční (30) směnu. Vždy je uveden výrobek, který se na dané lince zpracovával, počet kusů kvalitních a počet kusů neshodných. Dále tabulka obsahuje informace o potřebě času v hodinách. Konkrétně strojním času, který byl spotřebován na shodné i neshodné výrobky, času potřebném pro nastavení stroje na daný výrobek a STOP času, kdy linka stála.

Tabulka 5 Vstupní data Fast Line (vlastní zpracování)

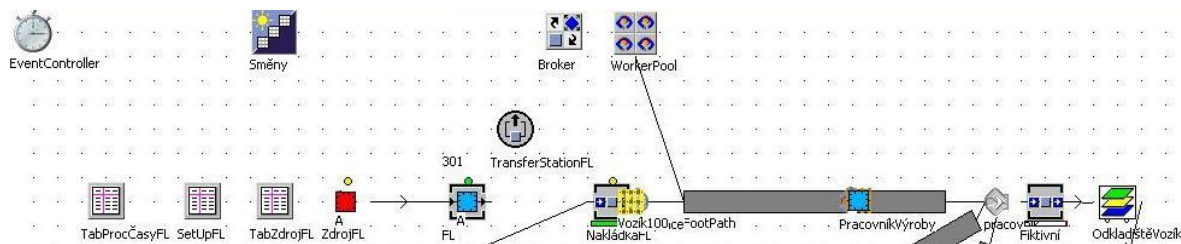
Pracoviště	Směna	Materiál	Dobré (ks)	Špatné (ks)	Nastavení (h)	Strojní čas (h)	STOP (h)	Špatné (h)
19104000 FL/1CP	10	1471297	4165	20	0,25	7		0,035
		(Prázdné)					0,25	
	20	1242791	223	4		0,416		0,01
		1455791	2136	20	0,333	3,916		0,036
		1471271	815		0,333	1,417		
	30	(Prázdné)					0,417	
		1471271	3246	32		5,833		0,056
		(Prázdné)					0,167	
Celkem z 19104000			10585	76	0,916	18,582	0,834	0,137

Údaje o kusech produkovaných na FL jsou zaneseny do zdrojové tabulky, časy nastavení přepočítány na minuty a nastaveny v záložce set-up. Procesní časy jsou dány součtem strojního času a času pro neshodné kusy, podělené celkovým počtem kusů. Například procesní čas výrobku A je po zaokrouhlení na čtyři desetinná místa 6,0516 sekundy.

Na obrázku 19 se nachází výřez modelu zachycující FL při produkci výrobku A s jeho následným transportem k odkladišti před vstupem do pece SIG. Správný počet kusů je zajištěn objektem typu *Source* se zdrojovou tabulkou. Procesní časy a nastavení jsou namodelovány objektem *SingleProc*. Nakládka na vozík je modelována objektem *TransferStation* za pomoci fiktivního *Bufferu*. Z tohoto místa vozík, který představuje mobilní jednotka



Container o kapacitě 70 nebo 100, odváží pracovník k odkladišti, kde výrobky čekají na vkládání do pece.



Obrázek 19 Model FL s přepravou vozíků k odkladišti (vlastní zpracování)

### 7.6.4 Modelování 2 CP

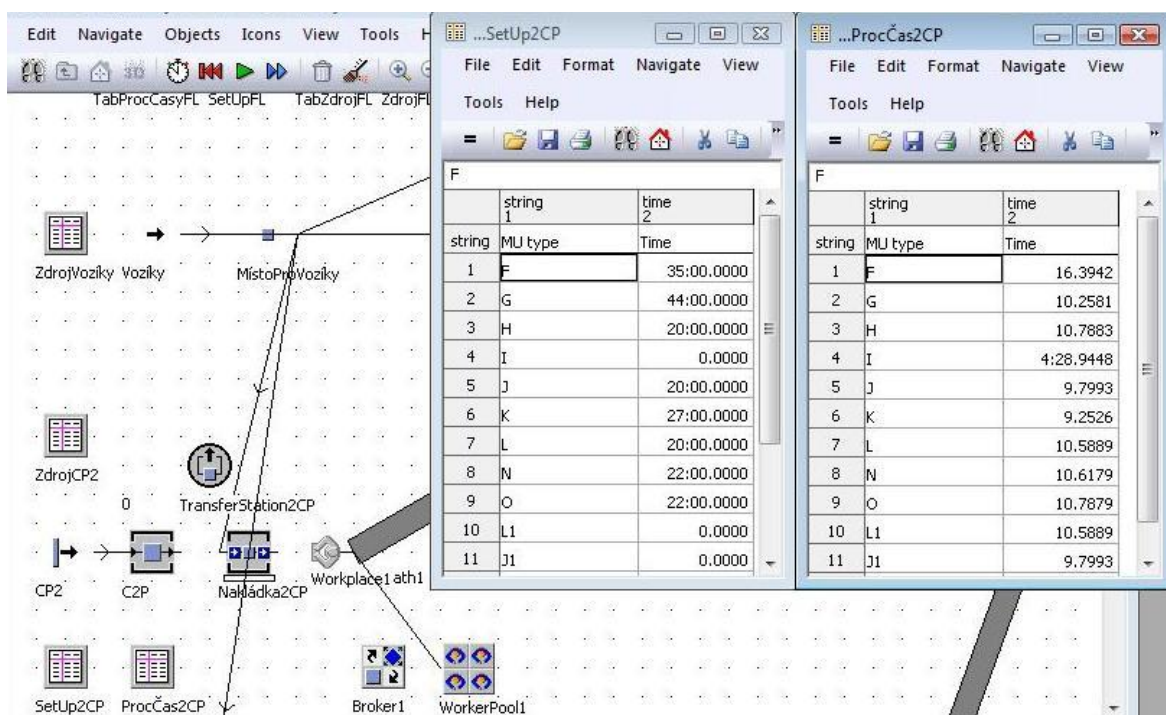
Pracoviště 2 CP je označeno jako 19104100 (19104120 pokud je na něm prováděn pouze jednotisk). Situace, kdy na lince 2 CP je realizován jednotisk, je v případě, že z brusných linek (BL nebo CNC) je třeba výrobek osadit jednotiskem. K tomuto účelu bývá využita linka 2 CP. V tabulce jsou vstupní data z interního informačního systému vztahující se k uvedenému dni.

Tabulka 6 Vstupní data 2 CP (vlastní zpracování)

Pracoviště	Směna	Materiál	Dobré (ks)	Špatné (ks)	Nastavení (h)	Strojní čas (h)	STOP (h)	Špatné (h)
19104100	30	1512374	447	35	0,584	2,083		0,112
Celkem z 19104100			447	35	0,584	2,083		0,112
2 CP	10	1447562	1450	5	0,733	4,133		0,013
		1462285	306	1	0,333	0,917		0,003
		1519497	56	2		4		0,333
	20	1208586	275	22	0,331	0,825		0,036
		1295580	436	13	0,45	1,133		0,041
		1447562	1403	13	0,33	4,131		0,034
	30	1208586	550	20	0,366	1,467		0,032
		1298227	164	4	0,366	0,5		0,014
		1479554	525	10	0,367	1,6		0,032
Celkem z 19104120			5165	90	3,276	18,706		0,538

Obrázek 20 je ukázkou z namodelované linky 2 CP, která je nasimulována na podobném principu jako popisovaná linka FL. Vyobrazeny jsou také vstupní tabulky pro nastavení strojů a procesních časů jednotlivých výrobků. Z tabulek lze vyčíst, že pokud jsou výrobky rozděleny např. na L1 a J1, mají již nulové časy nastavení strojů, ale stejné procesní časy, protože se jedná o totožný výrobek. Toto rozdělení je jen pro účely simulace, v tomto pří-

padě kvůli rozdílnému času vstupu do pece SIG a oddělení neshodných kusů, které již do pece nevstupují. Za zmínku stojí také poměrně výrazné časy nastavení tiskařské linky 2 CP pro jednotlivé výrobky, které se pohybují v desítkách minut.



Obrázek 20 2 CP model se vstupními tabulkami pro nastavení (vlastní zpracování)

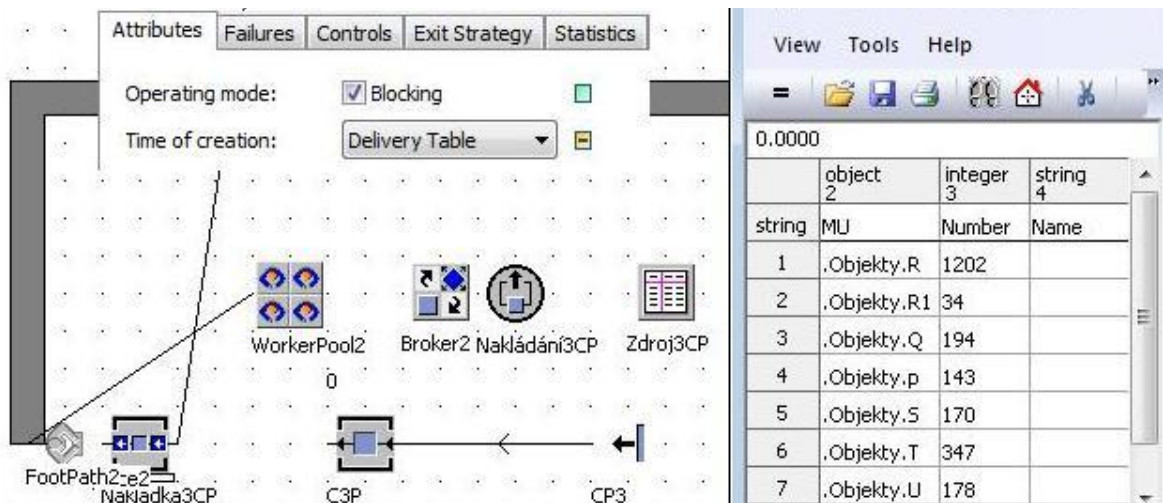
### 7.6.5 Modelování 3 CP

Pracoviště 19104200, označující tiskařskou linku 3 CP, bylo v provozu uvedený den pouze na dvě směny. Zajímavostí jsou téměř totožné časy nastavení stroje při změně výrobního programu a poměrně malá zmetkovitost pohybující se v řádech jednotek kusů.

Tabulka 7 Vstupní data 3 CP (vlastní zpracování)

Pracoviště	Směna	Materiál	Dobré (ks)	Špatné (ks)	Nastavení (h)	Strojní čas (h)	STOP (h)	Špatné (h)
3 CP	10	1260685	134	9	0,444	0,344		0,029
		1447695	189	5	0,439	0,488		0,015
		1473314	1229	7	0,448	3,292		0,022
	20	1295630	157	13	0,45	0,631		0,052
		1295722	347		0,45	0,917		
		1442470	173	5	0,45	0,5		0,015
		(Prázdné)						0,8
Celkem z 19104200			2229	39	2,681	6,172	0,8	0,133

Dle layoutu je opačně orientováno, proto je z tohoto pracoviště nejdelší přepravní vzdálenost k odkladišti pro vozíky před vstupem do pece SIG. Tato vzdálenost je téměř 70 metrů, které musí pracovník s vozíkem urazit.



Obrázek 21 3 CP s tabulkou vstupů a nastaveným zdrojem (vlastní zpracování)

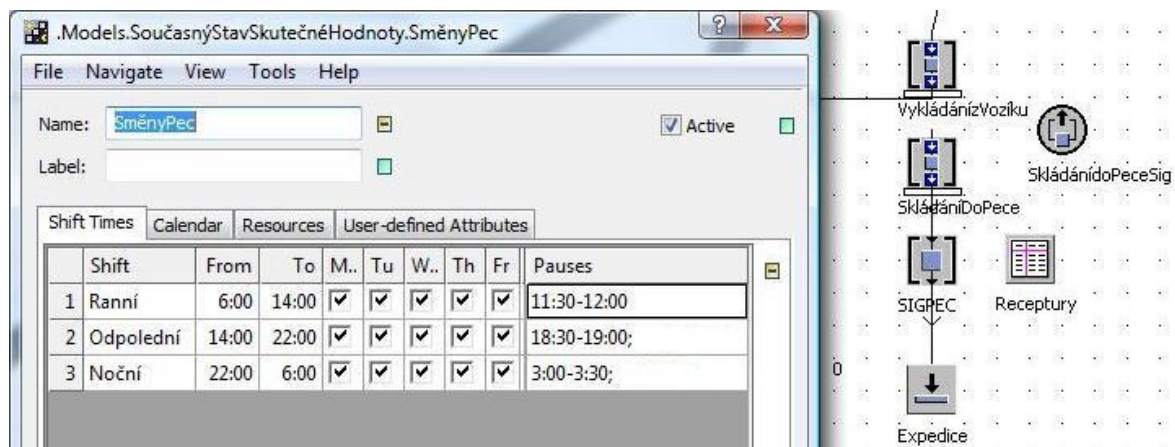
### 7.6.6 Modelování pece SIG

Data v tabulce dokumentující pracoviště 19105000, tedy průběžnou pec SIG, pocházejí opět z interního informačního systému. Rozdíl je v označování směn, kdy směna 10 je opět ranní směnou, ale směna odpolední má číslo 30 a noční číslo 20. Toto je způsobeno týdenní rotací směn. Dále je v tabulce u čísla materiálu, který je řazen vzestupně podle systémového kódu, uvedeno pořadí, ve kterém byl vkládán do pece SIG. Na ranní směně nedošlo k žádné neočekávané přestávce, na odpolední a noční směně však nastal problém s quenchem, pec bylo nutné na 15 minut odstavit. Problém spočíval v prasknutí skel v quenchi, který pro další průběh vyžadoval vyčištění od úlomků skla. Na odpolední směně se k tomuto výpadku přidal ještě problém s posuvnými válečky, které však byly vyměněny souběžně s čištěním quenche. Tyto informace pocházejí ze záznamů z jednotlivých pracovních směn a jsou současně zaneseny v tabulkách jako časový údaj STOP. Současně byla data ze systému porovnávána s těmito záznamy prováděnými operátory. Důležitým údajem z tabulky je celkový průtok pecí, v tomto případě také výstup celého systému, protože za pecí již následuje pouze kontrola kvality a expedice. Za sledovaný den byl průtok pecí 19 860 kusů celkem, z toho 19 235 kvalitních kusů a 625 neshodných kusů. Nastavení pece při změně výrobního programu se významně neodchyluje od průměru, který je 5 minut.

Tabulka 8 Vstupní data pec SIG (vlastní zpracování)

Pracoviště	Směna	Materiál	Dobré (ks)	Špatné (ks)	Nastavení (h)	Strojní čas (h)	STOP (h)	Špatné (h)	
19105000 PEC SIG	10	3-1242791	1821	26	0,082	1,318		0,021	
		1-1441456	124		0,083	0,167			
		4-1443933	766	24	0,082	0,982		0,035	
		7-1447562		15	0,001	0,018		0,02	
		6-1455791	867	53	0,083	1,064		0,065	
		5-1462285	1264	39	0,082	1,717		0,053	
		2-1500540	1291	69	0,083	1,634		0,094	
	20	13-1207677	990	27	0,083	0,995		0,018	
		11-1208586	811	7	0,082	0,661		0,007	
		10-1455791	1121	62	0,082	1,314		0,079	
		9-1471271	483	4	0,083	0,497		0,005	
		12-1471297	3186	79	0,084	2,821		0,057	
		(Prázdné)						0,25	
	30	7-1447562	1929	77	0,081	2,439		0,105	
		9-1471271	3425	98	0,082	3,123		0,117	
		8-1473314	1157	45	0,081	1,303		0,061	
		(Prázdné)						0,25	
	Celkem z 19105000			19235	625	1,154	20,053	0,5	0,737

Na obrázku 22 je zachyceno nastavení směn, které je propojeno s objektem simulujícím pec SIG. Namodelovány jsou zákonné pauzy pro pracovníky i výpadky výroby na odpolední a noční směně. Zakládání do pece je namodelováno pomocí virtuálních *bufferů*, kde první slouží k zastavení plného vozíků a druhý pro vykládku jednotlivých skel a jejich následné vkládání do pece.

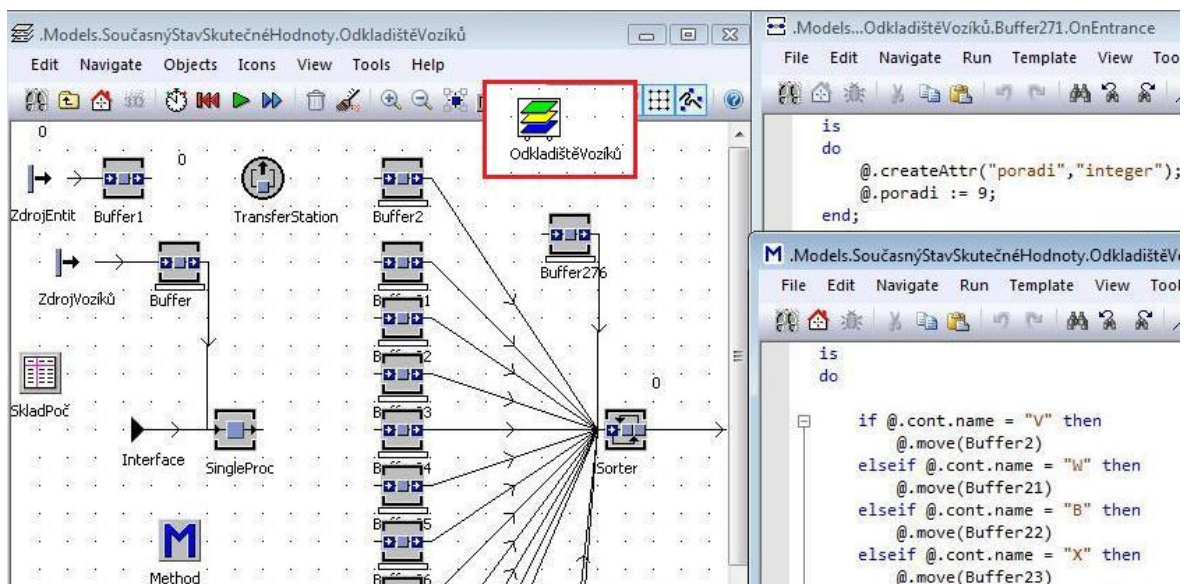


Obrázek 22 Nastavení směn na peci (vlastní zpracování)

### 7.6.7 Modelování odkladiště vozíků a určení správného pořadí výroby

V reálném prostředí je odkladiště vozíků místem, kde skla z předchozích procesů čekají na následující výrobní proces, tedy temperaci v průběžné peci SIG. Výrobním plánem je také dáno pořadí, ve kterém je mají operátoři vkládat do vstupního dopravníku pece. Úkolem simulačního modelu je dodržet tato pravidla a co nejvěrohodněji odrážet realitu.

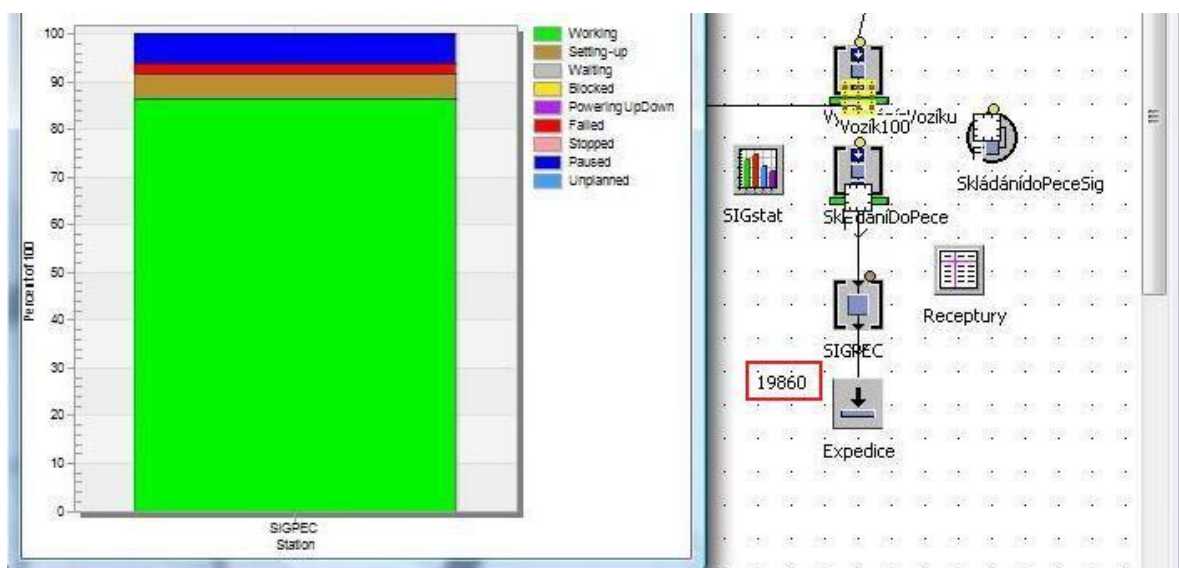
Odkladiště vozíků před vstupem do pece je tedy v simulačním modelu namodelováno jako *podframe*, ve kterém se skrývá objekt *Sorter*, který zajišťuje správné pořadí vozíků před vkládáním do pece. Objekt *Sorter* sám, však umí pouze seřadit objekty dle zvolených atributů. V tomto případě však nebylo možné vybavit materiál atributem na začátku simulace, protože do odkladiště putují celé vozíky. Vozíky pak musejí nést informaci o pořadí vstupu do pece SIG. Ve vytvořeném simulačním modelu je tato vlastnost dána metodou, která zkoumá obsah vozíku dle názvu výrobku, následně je vozík poslán do virtuálního skladu, kde mu je přidělena priorita pomocí skryté metody na vstupu do skladu. Na obrázku 23 je vidět část virtuálního odkladiště (otevřený *podframe* vyznačený v červeném rámečku), spolu s částí kódu pro posun k určitému *bufferu* (vpravo dole), kde je pomocí metody vytvářen atribut pořadí (vpravo nahoře). Atribut pořadí pak zkoumá zmiňovaný objekt *sorter* a řadí vozíky dle skutečných dat. Po vyložení je vozík přemístěn do místa pro vozíky, kde mu je pomocí metody na vstupu odebrán atribut s pořadím a vozík může být znova použit pro naplnění výroby.



Obrázek 23 Odkladiště vozíků před vstupem do pece SIG (vlastní zpracování)

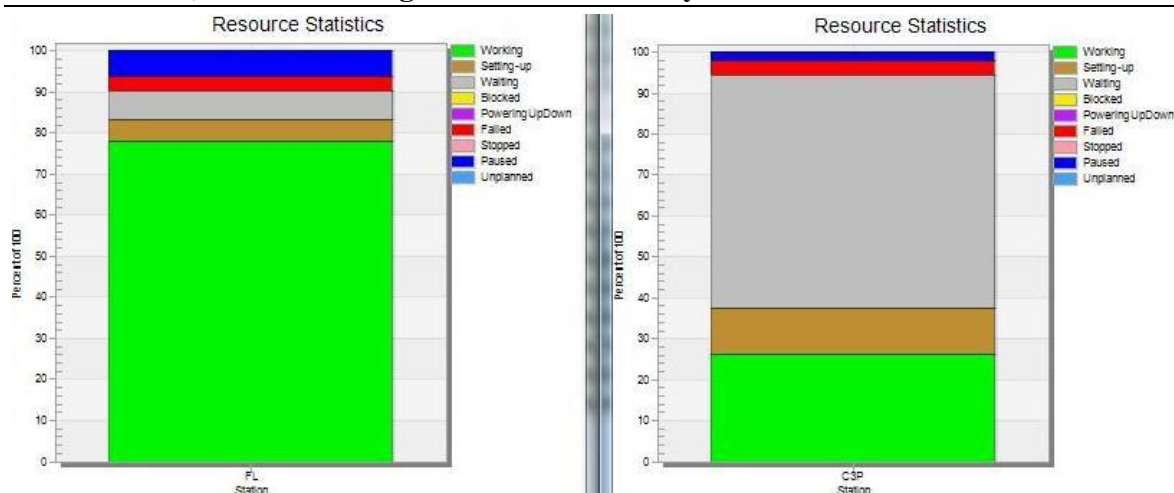
### 7.6.8 Výstupy ze simulačního modelu

Vytvořený simulační model slouží zejména k ověření správnosti simulačního postupu, který je pak dále rozvíjen v projektové části práce. Tento fakt je podložen průtokem systému, kdy na konci dne, tedy po 24 hodinách je výstup z pece SIG 19 860 kusů (827,5 ks/hod) stejně jako ve skutečnosti. Použitím simulačního modelu je také zjištěno, že část výrobků vstupujících do pece SIG pochází z předešlých dnů (konkrétně výrobky V, W, X, Y) a čekaly tedy jako rozpracovanost. Zároveň části dávek výrobků vyráběných uvedený den byly již také připraveny k temperaci. Zajímavé jsou také statistiky, kdy pec SIG, kromě zákonných přestávek pracovníků v délce 1,5 hodiny (modrá, 6,25 %) a dvou patnáctiminutových výpadků (červená, 2,08 %), je stále využita (zelená, 86,55 %). Hnědou barvou jsou označeny nastavení pece při změně výrobního programu (5,11 %). Nevyskytuje se zde žádné čekání. Důležitým poznatkem je také to, že výrobky z linky FL jsou ve většině případů ještě téhož dne temperovány v peci SIG. Výrobky z ostatních linek čekají na zpracování déle.



Obrázek 24 Průtok systémem a graf využití pece SIG (vlastní zpracování)

Ne všechny analyzované linky jsou však využity jako SIG. Například linka 3 CP vykazuje pouze necelých 9 hodin, kdy je v činnosti (počítáno i s nastavením). Zbytek času tvoří zákonné přestávky (modrá), 0,8 hodiny zastavení linky z důvodu poruchy (červená) a doba, kdy linka nepracuje (šedá). Linka FL vykazuje 77,96 % pracovního času, 3,47 % tvoří zastavení linky, 6,25 % jsou zákonné přestávky, zbytek tvoří nastavení stroje (5,21 %). Čas kdy není linka využita, zobrazuje šedá část grafu (7,11 %). Na obrázku 25 je srovnání využití obou linek.



Obrázek 25 FL a 3 CP srovnání využití (vlastní zpracování)

Pro přehlednost jsou předchozí data vztahující se k využití jednotlivých strojů zanesena do následující tabulky.

Tabulka 9 Srovnání využití zařízení (vlastní zpracování)

Činnost	FL/1 CP (%)	2 CP (%)	3 CP (%)	pec SIG (%)
Výroba	77,96	77,78	26,21	86,55
Zákonné přestávky	6,25	6,25	2,08	6,25
Nastavení	5,21	15,97	11,18	5,11
Výpadky výroby	3,47	-	3,33	2,08
Čekání	7,11	-	57,19	-

## 7.7 Shrnutí analytické části

V analytické části práce byla představena společnost a podrobně rozebrán výrobní proces divize Home Appliance. Dále pak byly charakterizovány jednotlivé linky a jejich provázanost. Důraz byl kladen zejména na výrobní tok. Tímto bylo zjištěno velké vytížení průběžné temperační pece SIG. Zároveň byla zjištěna velká míra výrobků směřujících z FL přímo do pece SIG. V rámci analytické části byl také vytvořen simulační model reálného výrobního dne v programu Tecnomatix Plant Simulation. Simulační model vykazuje stejný průtok systému (19 860 ks za 24 hodin) jako dne 29. dubna 2014 ve skutečnosti. Vytvořený model byl tímto ověřen, je možné jej považovat za věrohodný a dále s ním pracovat v projektové části. Použitím simulačního modelu byly také zjištěny statistiky týkající se pece SIG. Pro potřeby srovnání navrhovaných opatření je vypočítáno TEEP jako součin dostupnosti (66,96 %), kvality (96,46 %), výkonu (94,74 %) a využití (97,5 %). Celková hodnota TEEP pro pec SIG v současném stavu je 59,66 %.

## 8 PROJEKTOVÁ ČÁST

Projektová část navazuje na část analytickou a věnuje se návrhu řešení, která mají za úkol splnit projektové cíle.

### 8.1 Popis projektu

Projekt zefektivnění výrobního procesu byl zadán společností Schott Flat Glass CR, s.r.o. v březnu 2014. Na základě požadavků společnosti je největší pozornost směřována k průběžné peci SIG, kterou prochází téměř celá výroba. Správnost požadavků společnosti byla ověřena v analytické části, ze které vyplynulo, že pec je úzkým místem.

### 8.2 Cíle projektu

Hlavním cílem je zefektivnění výrobního procesu v uvedené společnosti, divizi Home Appliance. Projektovým cílem je pak zefektivnění využití úzkého místa – průběžné temperační pece SIG v konkrétních ukazatelích jako průtok, efektivita pracovních sil a TEEP.

### 8.3 Účastníci projektu

Tomáš Sauer, diplomant, zodpovědnost za analýzy, simulační modely a návrhy řešení;

Ing. Michal Pivnička, konzultant simulačních modelů;

Ing. Miroslav Merenda, Operational Manager HA, zadavatel projektu, schvalování rozpočtu a implementace návrhů;

Ing. Alena Buriánková, Lean Manager, koordinace projektu s ohledem na štíhlou výrobu;

Ing. Jan Křivan, Process Engineer, zodpovědnost za proces temperace, jednání s dodavateli a implementaci návrhů;

Lukáš Žniva, mistr výroby, zajištění plynulosti výrobního procesu.

Na projektu se podíleli i další lidé ze zadavatelské firmy při získávání vstupních dat a také účastí na pravidelných prezentacích postupu projektu.

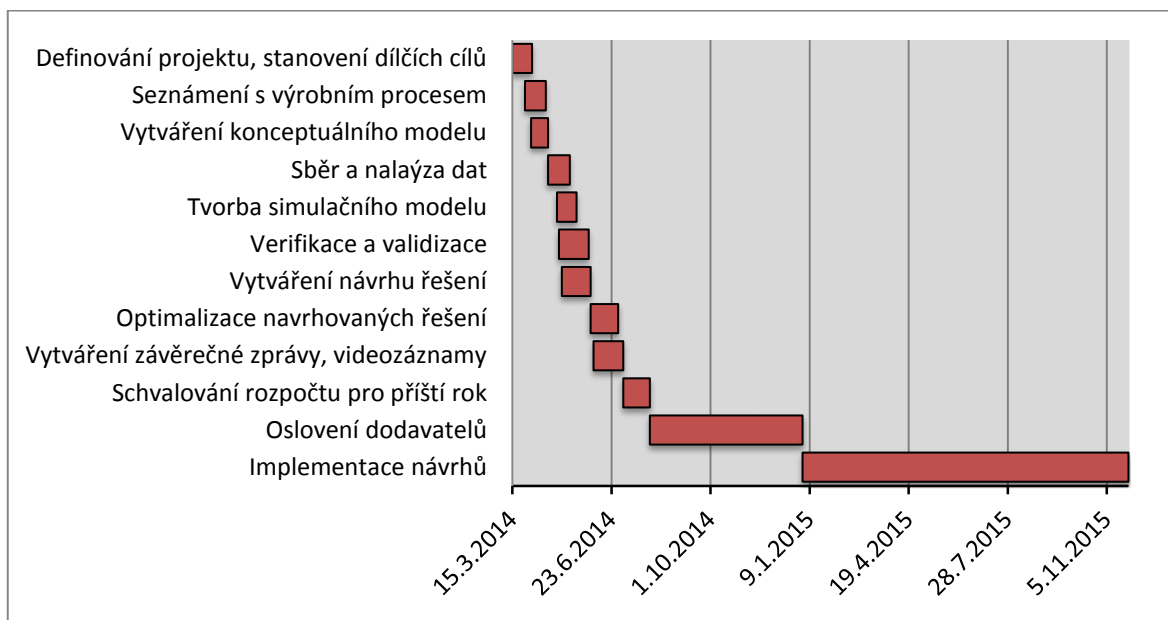
### 8.4 Časový harmonogram

Časový harmonogram zachycený v grafu 1 znázorňuje časové ohraničení projektu. Celý projekt začíná definováním požadavků společnosti v březnu 2014. Časový harmonogram implementace projektu je dále podrobně rozebrán v kapitole 8.13.



Tabulka 10 Harmonogram projektu (vlastní zpracování)

Činnosti	Datum zahájení	Doba trvání
Definování projektu, stanovení dílčích cílů	15.3.2014	20
Seznámení s výrobním procesem	28.3.2014	21
Vytváření konceptuálního modelu	3.4.2014	17
Sběr a analýza dat	20.4.2014	22
Tvorba simulačního modelu	29.4.2014	20
Verifikace a validizace	1.5.2014	30
Vytváření návrhu řešení	4.5.2014	29
Optimalizace navrhovaných řešení	2.6.2014	28
Vytváření závěrečné zprávy, videozáznamy	5.6.2014	30
Schvalování rozpočtu pro příští rok	5.7.2014	27
Oslovení dodavatelů	1.8.2014	154
Implementace navrhovaných řešení	2.1.2015	329



Graf 1 Ganttův diagram projektu (vlastní zpracování)

## 8.6 Logický rámec

Tabulka 11 Logický rámec projektu (vlastní zpracování)

Popis projektu	Objektivně ověřitelné ukazatele	Prostředky ověření	Předpoklady
<b>Hlavní cíl</b>			
Zefektivnění výrobního procesu HA	Zvýšení průtoku systému o 5 %	PIS, celkový objem produkce	
<b>Projektový cíl</b>			
Zefektivnění využití úzkého místa	5% zvýšení TEEP pece SIG, 5% zvýšení průtoku pece, 5% zvýšení efektivity pracovních sil	Záznamy ze směn, PIS	Pec SIG je úzkým místem
<b>Výstupy</b>			
Vytvořen simulační model výroby	Simulační soubory	Videozáznamy, simulační SW	Vstupní data, osobní poznatky
Návrh propojení FL a SIG	System dopravníků a automatického zásobníku	Počet přepravních vozíků	Důsledné plánování výroby
Změny v počtu pracovníků	Snížení personálních nákladů	Mzdové účetnictví	Fungování navrženého propojení
Nové vyhřevné elementy SIG	Zvýšený výkon pece	Vyšší průtok zařízením	Dočasná odstávka pece SIG
<b>Klíčové činnosti</b>	<b>Vstupy a zdroje</b>	<b>Časový rámec</b>	
Tvorba simulačního modelu	Plant Simulation, MS Excel, Draft Sight	V/VI 2014	SW vybavení, počítačové znalosti
Vytváření návrhů na zlepšení, prezentace	Výrobní plán na následující období, analýzy	VI 2014	Správnost modelu současného stavu
Schvalování rozpočtu na příští rok	Porada vedení společnosti	VII 2014	Dostatek finančních prostředků
Oslovení dodavatelů	Vypracované požadavky na technologie	VIII/XII 2014	Existující technologické řešení
Instalace dopravníků a zásobníku	Technologie, instalace dodavatelem	II/IV 2015	Dodání technologií dodavatelem
Vytvoření pozice střídače	Interní personální zdroje	VII 2015	Fungující propojení FL/1 CP-SIG
Instalace vyhřívacích elementů	Technologie, instalace dodavatelem	VII/VIII 2015	Dodání technologií dodavatelem
	<b>Předběžné podmínky</b>	Potřeba řešení problému ve společnosti, zájem společnosti o předložený projekt	

## 8.7 Riziková analýza projektu

Pro rizikovou analýzu projektu byla vybrána analýza RIPRAN, která vychází z logiky procesů. Z následujícího obrázku 26 vychází hodnocení jednotlivých rizik, jejich dopadu a následné reakce na danou situaci.

PRAVDĚPODOBNOST			HODNOTA RIZIKA A REAKCE		MP	SP	VP
MP	Malá	0,01 – 0,2	VHR	vyhnutí se riziku	MD	MHR	SHR
SP	Střední	0,21-0,66	MHR	akceptace	SD	MHR	VHR
VP	vysoká	0,67-0,99	SHR	tvorba rizikového plánu	VD	SHR	VHR

ŠKODA (DOPAD)		
MD	Malý dopad	Dopady vyžadují určité zásahy do plánu projektu. Škoda do 0,5 % z celkové hodnoty projektu.
SD	Střední dopad	Ohrožení týmu, nákladů, zdrojů, což bude vyžadovat mimořádné akční zásahy do plánu projektu. Škoda 0,5% až 20%.
VD	Velký dopad	Ohrožení cíle. Ohrožení koncového termínu, možnost překročení celkového rozpočtu. Škoda přes 20% z celkové hodnoty.

Obrázek 26 Tabulky pro hodnocení RIPRAN (vlastní zpracování)

RIPRAN analýza na počátku projektu je zpracována v tabulce 11 a vychází z uvedené metodiky.

Tabulka 12 RIPRAN analýza (vlastní zpracování)

ID	Hrozba	P-st hrozby	Scénář	P-st scénáře	Celková P-st	Dopad	Hodnota rizika
1	Nespolupráce firmy	10 %	Neochota poskytovat informace	60 %	6 %	VD	SHR
2	Nezájem firmy o výsledek	5 %	Projekt nebude realizován	90 %	4,5 %	VD	SHR
3	Změny ve výrobě v průběhu projektu	30 %	Neaktuálnost výsledků	30 %	9 %	VD	SHR
4	Neshody s technologií	40 %	Blokování projektu	50 %	20 %	SD	MHR
5	Chybné závěry vstupních analýz	40 %	Nepřesné modely návrhů řešení	70 %	28 %	VD	VHR
6	Zaměstnanci bez zájmu o projekt	60 %	Nedodržení harmonogramu projektu	30 %	18 %	SD	MHR

Výstupem ze zpracované RIPRAN analýzy jsou nápravná opatření v případě, že by nastal uvedený scénář. Pokud je hodnota rizika hodnocena jako malá, je možná jeho akceptace.

### 8.7.1 Opatření

- ID 1: Použití pouze nezbytných informací, ujištění firmy o diskrétním zacházení s choulostivými informacemi.
- ID 2: Komunikace s firmou, vysvětlení důležitosti projektu pro samotnou firmu, prezentace postupu projektu.
- ID 3: Pravidelné informování o stavu projektu, v případě změn ve výrobě implementace nových údajů.
- ID 4: Akceptace rizika.
- ID 5: Ověření správnosti vstupních analýz.
- ID 6: Akceptace rizika.

## 8.8 Propojení FL/1 CP a průběžné pece SIG

Z analytické části vyplývá, že výrobky z linky FL tvoří největší část současné produkce procházející pecí SIG. Tento fakt podtrhuje i plán na další rok, kdy výrobky z FL tvoří téměř 42 % produktů, které projdou průběžnou pecí SIG.

Prostudování layoutu a osobním pozorováním bylo zjištěno, že vzdálenost od výstupu FL do vstupu pece SIG je nejkratší ze všech linek (přímým měřením 9,82 metrů). Přesto po opracování na FL jsou výrobky dvěma pracovníky ručně skládány na vozíky a přepravovány ke vstupu do pece, kde jsou z vozíků opět ručně zakládány dvěma pracovníky do pece SIG. Zde vzniká poměrně zbytečná manipulace s náchylnými výrobky a je nutné vzít v úvahu, že přeprava probíhá na vozících o kapacitě 100 (70) kusů, může tedy dojít k plýtvání při dokončování výrobní dávky. Jako příklad lze uvést situaci, kdy na peci SIG probíhá temperace výrobku „A“, na FL dojíždí série výrobků „A“, která je přímo zpracována v peci a operátoři čekají na zbývajících 5 ks výrobku, zatímco mají na vozíku naloženo 95 kusů, které již mohly být v tomto čase vkládány do pece (pec není využita). Tyto situace skutečně ve výrobě nastávají.

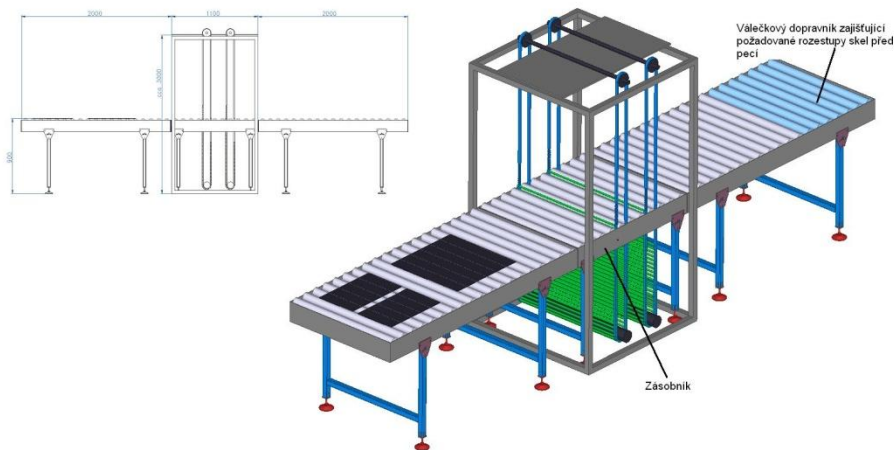
Již v minulosti bylo realizováno přímé propojení FL a tiskárny 1 CP pomocí mobilního dopravníku. Přímé propojení FL/1 CP a průběžné temperační pece se nabízí jako další logický krok k podpoře návaznosti a plynulosti výrobního procesu. Je však potřeba vyřešit několik problematických míst.

### 8.8.1 Mobilní dopravník

Propojení linek je vhodné realizovat pomocí dopravníku, který by však měl být mobilní a tedy umožňovat pružné reakce výroby na požadavky zákazníků nebo případné technické problémy. Pro přemísťování plochého skla je vhodný válečkový dopravník s vlastním pohonem a možností nastavení proměnné rychlosti. Směr pohybu přemísťovaných výrobků je kolmo na osu otáčení válečků usazených pevně v rámech. S podobnou technologií propojení jsou již ve společnosti dobré zkušenosti. Umístění dopravníku by mělo respektovat layout, zároveň však umožňovat ruční zakládání výrobků z ostatních linek do pece SIG. Není tedy možné dopravník instalovat v přímém směru, je třeba zohlednit i prostor pro odkládání vozíků s výrobky z jiných linek.

### 8.8.2 Vyrovnávací zásobník

Z podstaty TOC vycházející koncept DBR rozebraný v teoretické části práce počítá se zařazením vyrovnávacího zásobníku před úzké místo. Tento zásobník je nutný zařadit i mezi uvedené linky, protože v praxi by docházelo ke zpomalování obou propojených linek. V případě kdy by FL vykazovala průměrný průtok 500 ks/h, tento průtok by vykazovala i pec SIG a nedocházelo by tak k jejímu plnému využití (které se pohybuje okolo 900 ks/h v závislosti na velikosti skla). V opačném případě, pokud by měly být do pece SIG vkládány k temperaci výrobky ručně z ostatních linek, bylo by nutné odstavit linku FL. Umístění zásobníku by bylo nejvhodnější mezi jednotlivé systémy dopravníků, aby byla dodržena výstupní frekvence FL a zároveň zajištěna požadovaná frekvence vstupu a rozestupy skel při vstupu do pece SIG. Na obrázku 27 je grafický návrh zakladače od dodavatelské společnosti, který počítá s maximální výškou měřenou od podlahy cca. 3 metry s ohledem na prostorové možnosti výrobní haly a bezpečnost.



Obrázek 27 Zakladač s dopravníkem (interní materiály společnosti)

Princip fungování dopravníku je stohování jednotlivých skel (možné i ve dvou řadách) do výšky pomocí jednotlivých pater. Zakladač také musí splňovat parametry dané potřebami výroby. Měla by být zajištěna kompatibilita s dalšími navazujícími prvky.

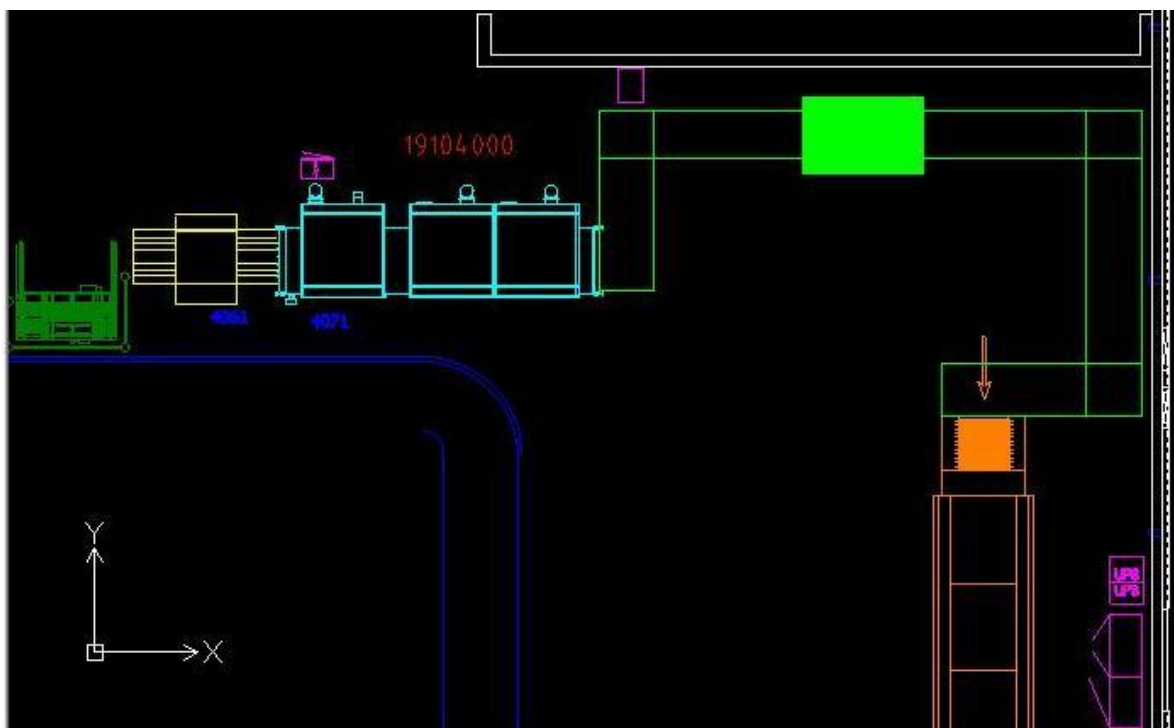
#### Technické požadavky na zásobník:

- Napájení je možné jednofázové (230 V) i trojfázové (400 V).
- Vkládací i vykládací válečkový dopravník o rozměrech 900 x 2000 x 900 mm.
- Minimální pracovní teplota je 10 °C, maximální 50 °C.
- Minimální pracovní vlhkost 50 %, maximální 100 %.
- Tloušťka skla v rozmezí od 4 do 10 mm.
- Přesnost vkládání příčného i podélného +/- 10 mm.
- Minimální možný rozměr skla 120 mm x 180 mm, maximální 800 mm x 800 mm.
- Reakce na STOP systému – zastavení nakládání do pece, dokončení naložení do zásobníku.
- Strojní (automatické) zakládání do zásobníku.
- Zakládání v jedné i ve dvou řadách s minimální vzdáleností 50 mm mezi skly.
- Možný provoz systému s aktivním zásobníkem i bez něj.

#### 8.8.3 Počítačová simulace modelu propojení

Pro simulaci modelu s propojením linky FL a průběžné pece SIG pomocí válečkového dopravníku se zásobníkem byl využit původní simulační model. Vstupy do systému jsou nezměněné, stejně tak procesní časy, nastavení strojů a jiné atributy. V simulaci je namo-

delován dopravník vycházející z následujícího obrázku 28, který je částí layoutu zachycující výstup z linky FL 19104000 (žlutá – tiskárna 1 CP, světle modrá – suška s výstupním dopravníkem) a vstup do pece SIG (oranžová s označením směru toku výrobků), který je propojen pomocí systému dopravníků (světle zelená). Systém se skládá z dopravníku před zásobníkem (3,5 metrů ve směru osy Y, 6 metrů ve směru osy X), zásobník popsaný výše, dopravník směřující od zásobníku ke vstupu do pece SIG (6,5 metrů ve směru osy X, 7 metrů v záporném směru osy Y a 3 metry v záporném směru osy X). Celková délka dopravníkového systému je 26 metrů. Tímto uspořádáním však není nijak omezeno odkladiště vozíků před vstupem do pece ani ruční vkládání výrobků z ostatních linek.

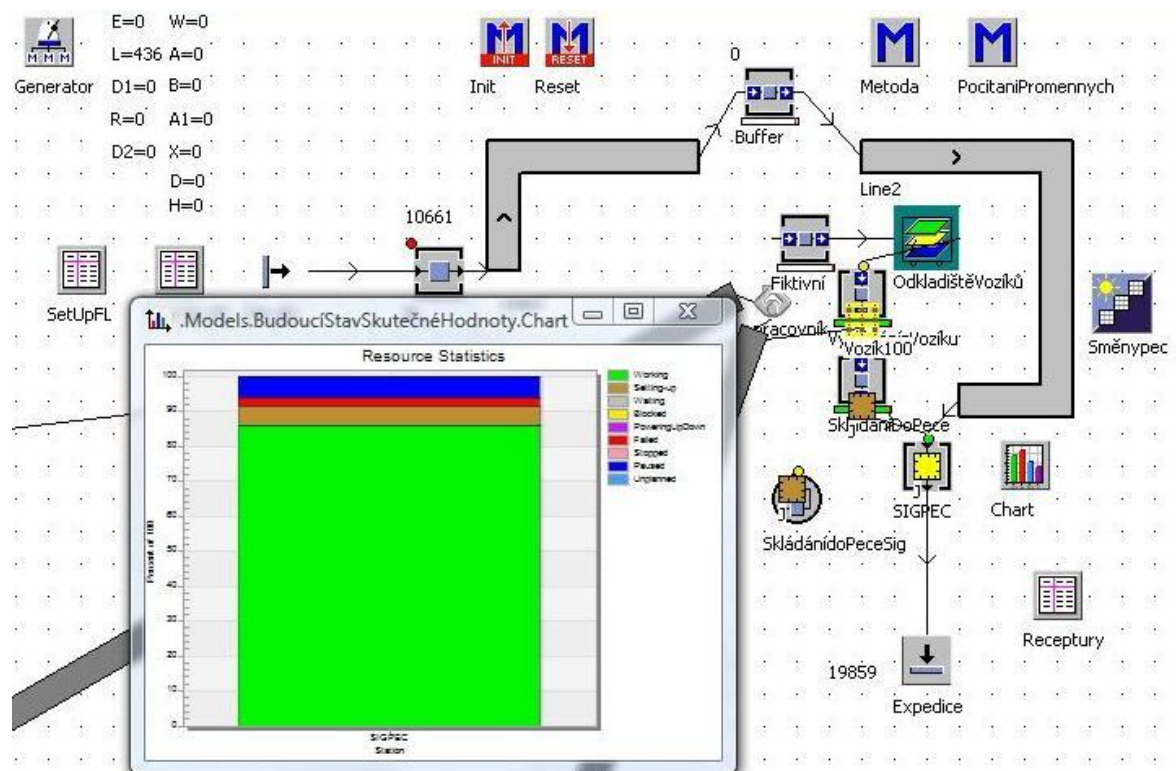


Obrázek 28 Propojení FL a SIG s dopravníkem a zásobníkem (vlastní zpracování)

Namodelování této situace přineslo kromě modelování dopravníku se zásobníkovým systémem několik potřeb pro programování dalších metod do modelu. V první řadě je nutné zajistit střídání dvou vstupů do pece SIG, tedy automatický dopravník z FL a odkladiště vozíků (výrobky z ostatních linek). Programované metody jsou přiloženy jako příloha II.

Vzhledem k propojení je nutné dbát na kontinuální výrobu a tedy upřednostňovat výrobky z FL, aby nedošlo k zastavení předcházejícího procesu na FL. V praxi to znamená, že musí být výroba plánována tak, aby nedošlo k zaplnění vyrovnávacího zásobníku. Kapacita vyrovnávacího zásobníku byla testována v simulačním modelu a nakonec určena na 1500 kusů. V simulačním modelu propojení jsou zpracovávány stejné výrobky jako v modelu

současného stavu, pozměněno s ohledem na zásobník a plynulou výrobu je jejich pořadí vstupu do pece SIG, tedy podřízení všeho v systému úzkému místu dle TOC. Simulace je spuštěna shodně na 24 hodin a průtok celého systému je 19 859 kusů (827,46 ks/hod), o jeden kus méně než v případě skutečnosti bez propojení. Tento rozdíl je způsoben rozdílnými procesními časy jednotlivých výrobků vstupujících do pece SIG. Je možné tedy tvrdit, že průtok systému zůstává stejný jako bez propojení. Maximální zaplnění zásobníku v průběhu simulace bylo 1485 kusů. Na obrázku 29 z konce simulace je graf využití pece SIG, který je téměř totožný s původním grafem současného stavu. 6,25 % (modrá) tvoří přestávky pro operátory, kdy stojí zároveň i pec.



Obrázek 29 Výstup z modelu propojení (vlastní zpracování)

#### 8.8.4 Zhodnocení modelu propojení FL/1 CP s SIG

Podstatnou skutečností plynoucí z propojení je možnost odebrat dva pracovníky výstupu linky FL, kteří v současnosti skládají skla na připravené vozíky. Zároveň jsou bez využití zhruba polovinu směny dva pracovníci, kteří vkládají výrobky ručně do pece (při vstupu z dopravníku). Celkem tedy propojení šetří personální náklady na 3 pracovníky. Nabízí se tedy jejich využití v jiné části výroby. Tato možnost bude podrobněji rozebrána v další kapitole. Simulací modelu propojení byly také vyvráceny obavy technologů a procesních



inženýrů ze zpomalení procesu kalení v průběžné peci v případě propojení s předchozím procesem. Tento model však vyžaduje nezbytné investice do dopravníků a zásobníku.

Tabulka 13 Srovnání současného stavu a propojení (vlastní zpracování)

	Současný stav	Propojení FL/ 1CP s pecí SIG
Průtok celkový	19 860 ks	19 859 ks
Průtok průměrný	827,5 ks/hod	827,46 ks/hod
Počet pracovníků (výstup FL + SIG)	11/směna	8/směna

## 8.9 Vytvoření pozice střídače na peci SIG

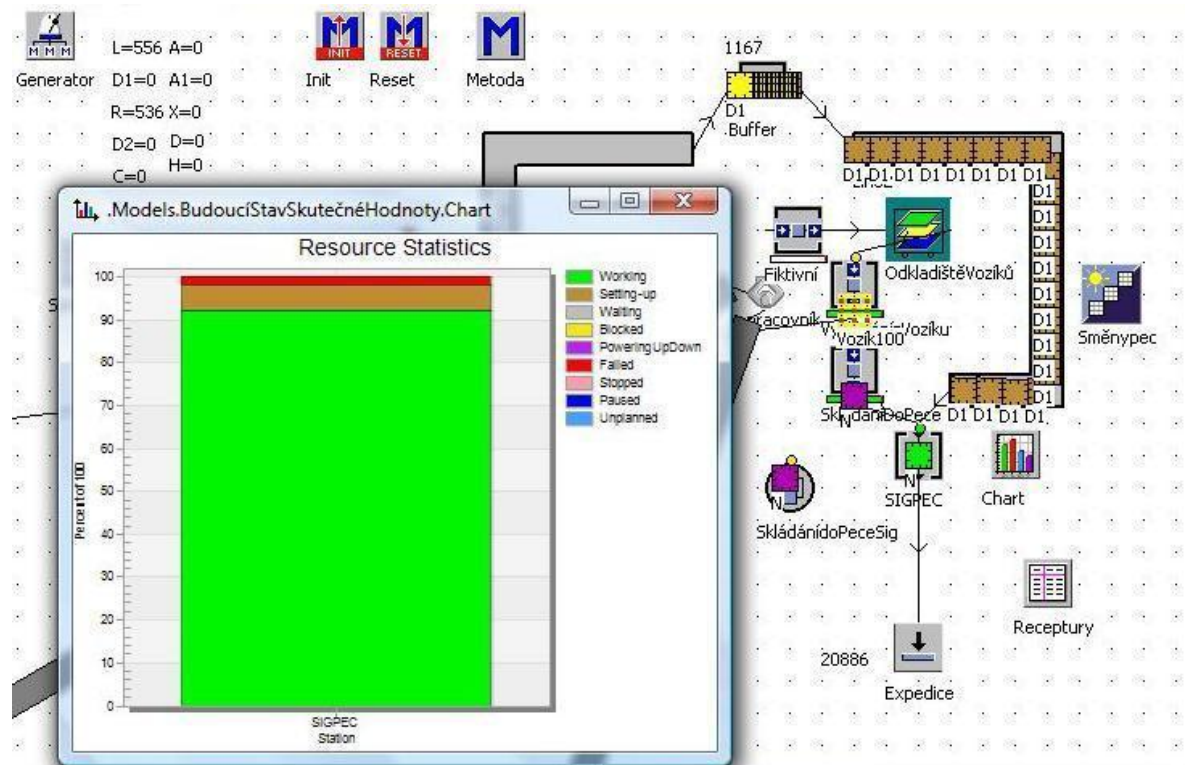
Z předchozí situace propojení vyplývá, že jsou k dispozici celkem 3 volní pracovníci po dobu každé směny. Tyto 3 pracovníky tvoří 2 pracovníci na celou směnu, pro které momentálně ve výrobě není jiné využití. Dva pracovníky na poloviční směnu, ušetřené na vstupu pece SIG při vkládání výrobku dopravníkem, je možné efektivně využít ve výrobě. Polovinu směny by tvořilo ruční skládání výrobků jako v navrhovaném propojení, zbylou část směny by jeden pracovník prováděl vizuální kontrolu výrobků vstupujících do pece SIG automatickým dopravníkem. Druhý pracovník by vytvořil tak zvanou pozici střídače. V praxi by pak střídali 7 pracovníků na výstupu z pece (kontrola kvality + expedice a balení) na půlhodinových přestávkách, celkem tedy 3 a půl hodiny. V součtu tedy normální osmihodinová směna. V tomto systému je tedy využito 9 pracovníků na plný úvazek, avšak dostupnost pece se zvyšuje o 0,5 hodiny na směnu, tedy 1,5 hodiny denně. Z hlediska plánování výroby je tedy možné počítat s dostupností pece 24 hodin denně, 5 dní v týdnu. Při úvaze o průměrných hodnotách průtoku (900 ks/h) by měl být průtok díky zvýšení dostupnosti vyšší o 1350 ks. Tato úvaha bude však ověřena simulačním modelem.

### 8.9.1 Simulace výroby s pozicí střídače

Vytvořením pracovní pozice střídače na zařízení SIG je získán dostupný čas 24 hodin denně, v simulačním modelu je však počítáno i s původním odstavením výroby 2 x 15 minut. Spuštěním simulačního modelu s propojením s původními parametry je dosaženo průtoku 20 751 kusů / 24 hodin. Průběžná pec SIG však není plně využita, protože výrobní program počítal s odstavením všech linek v zákonných přestávkách. 2,62 % nyní tvoří čekání pece, která není využita. V případě vytvoření pozice střídače je pro vybraný simulační den

opět nutné přeplánovat výrobu na peci SIG, aby došlo k plnému využití úzkého místa, respektive nedocházelo k naplnění zásobníku ani jeho úplnému vyprázdnění.

Pozměněný výrobní program s ohledem na naplnění zásobníku je schopný produkovat 20 886 kusů za 24 hodin. Pec pracuje v 92,02 % času, 5,9 % jsou nastavení při změně výrobního programu a 2,08 % tvoří výpadky výroby. Při výpočtu TEEP hraje významnou roli nárůst dostupnosti na 71,43 %, součinem všech činitelů dostáváme hodnotu 63,4 %.



Obrázek 30 Model propojení s pozicí střídače (vlastní zpracování)

### 8.9.2 Zhodnocení modelu s pozicí střídače

Průtok pece SIG a tedy i celého systému je o 1026 kusů vyšší než v současném stavu, vyjádřeno v procentech, jedná se o 5,17% navýšení průtoku. Průměrný průtok je pak 870,25 ks/hod. Vzhledem k vytvoření pozice střídače a kontroly kvality (obojí na poloviční úvazek), dochází k nárůstu potřeby pracovníků o jednoho oproti předchozí variantě. Vztaheno k současnému stavu, jsou stále ušetřeni dva pracovníci na celou směnu.

Tabulka 14 Srovnání navrhovaných variant (vlastní zpracování)

	Současný stav	Propojení FL/1 CP s pecí SIG	Propojení FL/1 CP/SIG se střídačem
Průtok celkový	19 860 ks	19 859 ks	20 886 ks
Průtok průměrný	827,5 ks/hod	827,46 ks/hod	870,25 ks/hod
Počet pracovníků (výstup FL + SIG)	11/směna	8/směna	9/směna
TEEP (SIG)	59,66 %	59,66 %	63,4 %

### 8.10 Instalace děleného ovládání sekcí pece SIG

V analytické části práce bylo zmíněno, že pec SIG disponuje dvanácti nahřívacími sekcemi, které je možné ovládat pouze jednotlivě. Je tedy možné při jednom nastavení pece temperovat pouze jeden druh výrobku. Stejná teplota je nastavena v pravé i levé části nahřívací sekce. Pokud by bylo možné ovládat odděleně levou a pravou stranu nahřívacích elementů, bylo by možné produkovat dva různé výrobky zároveň. Touto instalací je možné zvýšit průtok pece SIG přímo. Nový vyhřívací systém pece je již v současnosti teoreticky možné instalovat, cena je však vysoká, potenciálním dodavatelem byla určena přibližně na 260 000 EUR. Technologové si od instalace nového systému vyhřívání pece slibují zvýšení výkonu pece o 50 % a průtok kolem 1 300 kusů za hodinu. Instalace tohoto systému také vyžaduje zvýšení počtu obsluhy na výstupu (kontrola + balení) o 4 pracovníky. Na obrázku 31 je pohled do útroby pece, konkrétně na nahřívací elementy napříč sekcemi.

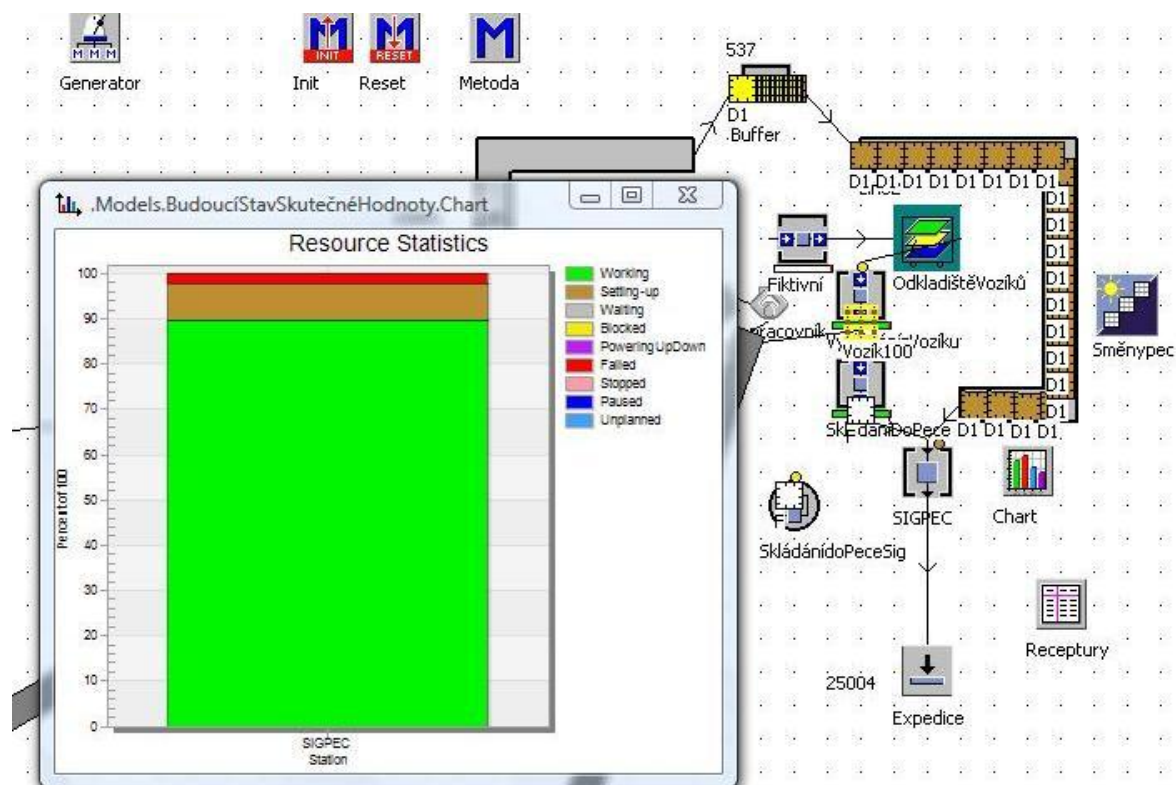


Obrázek 31 SIG (interní materiály společnosti)

### 8.10.1 Simulace zvýšení výkonu pece SIG

Simulační model vychází z předchozího návrhu propojení s pozicí střídače. Vzhledem k zmírnění optimistických odhadů je výkon pece v simulačním modelu zvýšen o 20 %. Dále bylo také nutné opět přeplánovat výrobu s ohledem na úzké místo a zaplněnost zásobníku před ním. Vstupy z ostatních linek jsou v původních hodnotách. Pokud by byl pouze zvýšen výkon pece o 20 % a nepřeplánována výroba, průtok pecí by byl 22 433 kusů za 24 hodin. Využití pece by však nebylo velké, 12,32 % by tvořilo čekání, pracovní čas naopak pouze 79,35 % z 24 hodin. Samotné zvýšení výkonu o 20 % tedy přináší pouze 7,5% navýšení průtoku.

Model, který zohledňuje zvýšený výkon pece SIG již při plánování výroby generuje průtok 25 004 kusů za 24 hodin. Vzhledem k tomu, že ostatní linky nejsou k takovému zvýšení výkonu uzpůsobené, větší část tvoří nastavení při změně výrobního programu (8,27 %), pracovní činnost pec vykazuje 89,62 % času. Výrobní dávky jsou tedy menší, s ohledem na naplnění zásobníku před pecí.



Obrázek 32 Výstup modelu se zvýšeným výkonem pece SIG (vlastní zpracování)

### 8.10.2 Zhodnocení modelu se zvýšeným výkonem pece SIG

Přeplánováním výroby s ohledem na zvýšený výkon pece SIG je zvýšen průtok na 25 004 kusů, tedy o 19,72 % oproti předchozí variantě. Vzhledem k tomu, že pec SIG je skutečně úzkým místem, zvýšení výkonu na peci o 20 % je zvýšením průtoku celého systému téměř o 20 %. Zvýšený průtok také znamená nutnost zvýšit personální obsazení na peci. V případě zvýšení výkonu pece o 50 % je počítáno s navýšením počtu pracovníků na výstupu o 4. Simulační model zachycuje zvýšení výkonu o 20 %, potřeba pracovníků expedice je tedy o 2 vyšší. Průměrný průtok modelu je 1041,83 kusů za hodinu, což z teoretického hlediska vyrovnává součet průměrných hodnot předchozích procesů. Z této úvahy vyplývá, že zvýšením výkonu pece o 20 % dochází k eliminaci úzkého místa. Vzhledem k propojení s předchozím procesem FL/ 1CP by bylo na místě v další fázi uvažovat o možnostech navýšení výkonu této linky, zejména pokud by instalací děleného ovládání sekcí na peci SIG přineslo vyšší průtok než simulovaných 20 %.

Tabulka 15 Srovnání návrhů (vlastní zpracování)

	Současný stav	Propojení FL/1 CP s pecí SIG	Propojení FL/1 CP/SIG se střídačem	Zvýšený výkon pece SIG
Průtok celkový	19 860 ks	19 859 ks	20 886 ks	25 004 ks
Průtok průměrný	827,5 ks/hod	827,46 ks/hod	870,25 ks/hod	1041,83 ks/hod
Počet pracovníků (výstup FL + SIG)	11/směna	8/směna	9/směna	11/směna

### 8.11 Zhodnocení navrhovaných řešení

Následující kapitoly shrnují náklady a přínosy jednotlivých návrhů. Pro přepočítání nákladů vyčíslených v Eurech je použit kurz ČNB ze dne 14. dubna 2015, tedy 27,395 Kč. Personální náklady vycházejí z interních materiálů firmy. Operátor ve výrobě v průměru stojí firmu 27 000 Kč měsíčně. Hodnocení přínosů vychází z předpokladu, že zákaznická poptávka je dostatečná a nedochází k neočekávaným výpadkům výroby. Změny v průtoku

jsou hodnoceny pouze v produkčních jednotkách nikoliv v peněžním vyjádření z důvodu citlivosti informací.

### 8.11.1 Náklady implementace navrhovaných řešení

První navrhované řešení je propojení FL/ 1CP s průběžnou pecí SIG. Toto řešení vyžaduje investice do dopravníkového systému a automatického zásobníku před pecí SIG. Náklady jsou odhadovány po konzultaci s procesním inženýrem, vzhledem k jeho znalosti problematiky a nabídkám potenciálních dodavatelů. Zásobník v případě jednoho kusu je ohodnocen na 2,5 milionu Kč, systém dopravníků pak na 2 miliony Kč.

Druhá navrhovaná varianta vychází z varianty první (vyžaduje tedy stejné náklady na investice), dochází však k efektivnímu využití jedné odebrané pracovní síly a její uplatnění (na zbylý poloviční úvazek) jako střídače na výstupu pece SIG a při vizuální kontrole kvality. Tento návrh tedy zvyšuje náklady o jednoho pracovníka na plný úvazek na směnu oproti předchozí variantě. V porovnání se současným stavem jsou stále ušetřeny náklady na dva pracovníky.

Třetí navrhované řešení vychází z předchozích návrhů, náklady na instalaci odděleného ovládání vyhřívání pravé a levé strany jednotlivých sekcí, umožňující zpracování nehomogenní produkce ve stejném čase, jsou odhadovány na 260 tis. EUR, tedy 7 122 700 Kč. Zároveň se zvýšeným výkonem pece je nutné posílit expedici o dva pracovníky.

Tabulka 16 Srovnání investic jednotlivých variant (vlastní zpracování)

Investice	Propojení FL/SIG	Propojení FL/SIG s pozicí střídače	Zvýšení výkonu pece SIG
Dopravníky	2 000 000 Kč	2 000 000 Kč	2 000 000 Kč
Automatický zásobník	2 500 000 Kč	2 500 000 Kč	2 500 000 Kč
Elementy vyhřívání	-	-	7 122 700 Kč
Celkem	4 500 000 Kč	4 500 000 Kč	11 622 700 Kč

V prvních dvou zmiňovaných variantách dochází vzhledem k původnímu stavu k úspoře personálních nákladů, které jsou započítány jako přínosy implementace navrhovaných řešení.

### 8.11.2 Přínosy implementace navrhovaných řešení

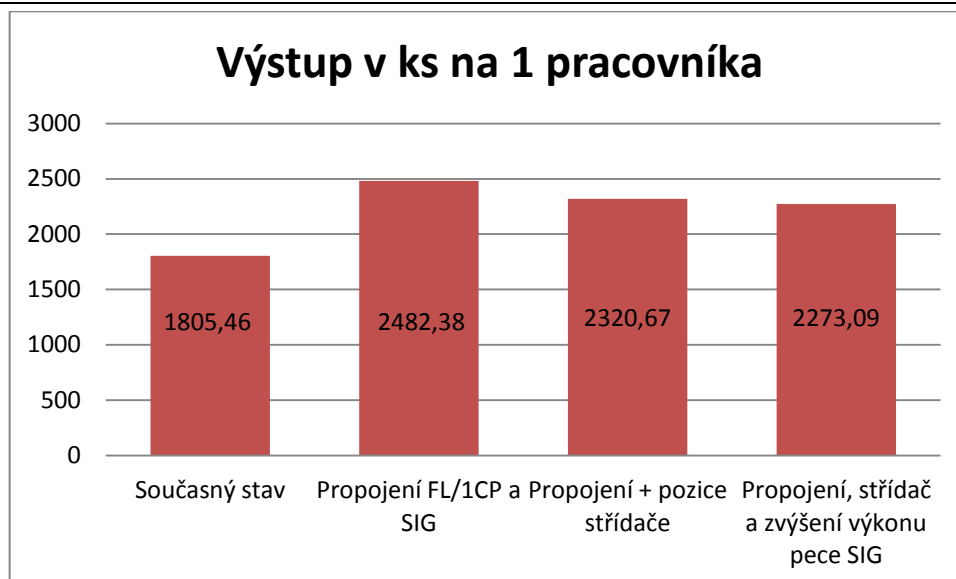
Jako výchozí bod pro výpočet přínosů je současný stav, ve kterém je průtok systému 19 860 kusů za jeden pracovní den a personální náklady systému FL-SIG počítané na 11 pracovníků.

Přínosem první varianty propojení FL/1 CP s pecí SIG je úspora personálních nákladů v počtu 3 pracovníci na každou směnu. Tedy 9 pracovníků denně. V měsíčních personálních nákladech úspora na 9 pracovníků tvoří 243 000 Kč, pro roční srovnání je to 2 916 000 Kč. Pouhým propojením nedošlo k navýšení průtoku systému, není tedy hodnocen jako přínos. Důsledkem tohoto řešení je také snížena manipulace s výrobky, což by mělo vést ke snížení poškození při manipulaci. Tato položka je obtížně vyčíslitelná ve finančních jednotkách, proto není zahrnuta do finančních přínosů.

Varianta s pozicí střídače počítá s úsporou 2 pracovníků na směnu (6 pracovníků na den) oproti současnému stavu, vyjádřeno v peněžních jednotkách na měsíc 162 000 Kč, ročně pak 1 944 000 Kč. Díky zvýšení disponibilního času pece SIG o 1,5 hodiny je zvýšen průtok systému o 1026 kusů denně (5,2 % oproti původnímu stavu) a hodnota TEEP zvýšena z 59,66 % na 63,4 %.

Návrh na zvýšení výkonu pece SIG o 20 % instalací děleného ovládání vyhřívacích elementů, společně s předchozími návrhy, vyžaduje 11 pracovníků na směnu. To je hodnota stejná jako v současném stavu. Tato varianta však generuje společně s předchozími návrhy průtok systému 25 004 kusů za 24 hodin, což je nárůst o 5 144 kusů (25,9 %) oproti současnému stavu.

Pro srovnání přínosů jednotlivých variant je vypočítán výstup na jednoho pracovníka v daném systému. Výpočet je podílem celkového výstupu a počtu pracovníků v jednotlivých variantách. Největší efektivitu vztaženou k jednotce práce vykazuje první návrh propojení s 8 pracovníky a 19 859 kusy výstupu. Přepočteno na jednoho pracovníka 2482,38 kusů (zvýšení efektivity o 37,5 % oproti původnímu stavu).



Graf 2 Efektivita využití pracovníků (vlastní zpracování)

### 8.11.3 Návratnost investice

Návrhy by měly být implementovány v pořadí, ve kterém jsou popisovány. Návratnost investice je počítána pro první variantu, tedy variantu propojení, kde jsou jasně dané příno- sy i investice v peněžních jednotkách. K investičním nákladům je také nutné připočítat náklady na provoz systému dopravníků a automatického zakladače (energie, SW vybavení, údržba), které jsou vyčísleny na 92 485 Kč měsíčně. Životnost systému je stanovena na 15 let, hodnota ročního lineárního odpisu 300 000 Kč. Diskontní sazba je určena jako bezrizi- ková úroková míra plus riziková přírážka na 5 %. Daňové zatížení vychází z aktuální da- ňové sazby z příjmu právnických osob v České republice, konkrétně 19 %. Výpočet ná- vratnosti investice je stanoven následujícím způsobem pomocí diskontovaného cash flow pro jednotlivé roky:

CF je vypočítáno jako roční úspory personálních nákladů mínus roční náklady na provoz systému a roční lineární odpis, tedy  $2\,916\,000 - 1\,109\,496 - 300\,000 = 1\,506\,504$  Kč, po zdanění (19 %)  $1\,220\,268$  Kč.

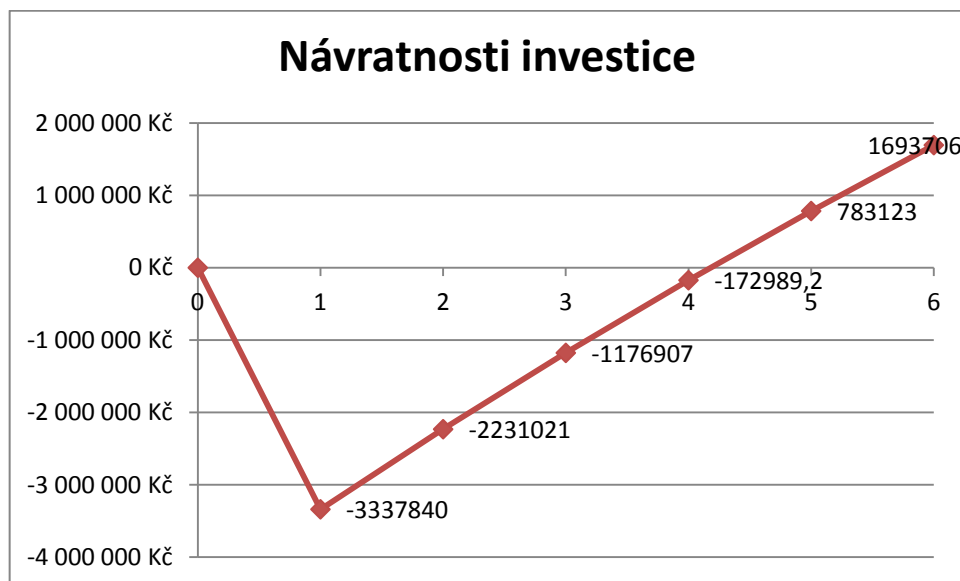
$$DCF = \frac{CF}{(1 + i)^n}$$

Po dosazení pro první rok ( $n=1$ ) tedy:  $DCF = \frac{1220268}{(1,05)^1} = 1\,162\,160$  Kč.

Přičtením k původní investici ( $-4\,500\,000$ )  $+1\,162\,160 = -3\,337\,840$  Kč je vypočítán stav investice v prvním roce. Analogicky jsou vypočítány další roky a stav, kdy je bilance



investice 0 Kč, tedy bod návratu investice. Návratnost investice propojení FL/1 CP a SIG je 4,2 roku.



Graf 3 Návratnost investice (vlastní zpracování)

## 8.12 Rizika implementace navrhovaných řešení

Pro potřeby vyjádření rizik souvisejících s implementací navrhovaných řešení je využita znova metoda RIPRAN. Hodnocení vychází ze zdrojových tabulek (Obrázek 26). Největším rizikem se jeví špatně naplánovaná výroba, v případě propojení SIG bude skutečně plánování výroby o poznání složitější, vždy je nutné brát zřetel na využití úzkého místa a na zaplnění zásobníku před ním. Výpadek dopravníku a následné zastavení výstupu FL je hodnoceno malou pravděpodobností a středním dopadem, protože v případě dlouhodobějšího výpadku je možné se dočasně vrátit k ručnímu zakládání výrobků do pece z FL. Firma spolupracuje s personální agenturou, zajištění pracovníků v krátkém časovém horizontu není problém. Pokud se dostane neshodný výrobek do pece, zbytečně zabírá kapacitu pece, je však možná akceptace tohoto rizika, navržena je i vizuální kontrola na dopravníku, která by toto riziko měla minimalizovat. V případě, že by došlo k výrazné změně požadavků výroby (nižší podíl výrobků z FL), je možné dopravníky a zakladač instalovat do jiné části výroby. Shodně střední hodnotou rizika jsou hodnoceny nekompatibilita a zpoždění dodávky systému, je nutné správně vybrat dodavatele, který tyto věci garantuje.

Tabulka 17 RIPRAN implementace navrhovaných řešení (vlastní zpracování)

ID	Hrozba	P-st hrozby	Scénář	P-st scénáře	Celková P-st	Dopad	Hodnota rizika
1	Špatně naplánovaná výroba	60 %	Využití pece nižší než 80 %	70 %	42 %	VD	VHR
2	Výpadek dopravníku	5 %	Zastavení výstupu FL	80 %	4 %	SD	MHR
3	Porušení výrobní série	30 %	Nutný set-up	90 %	27 %	SD	SHR
4	Neodhalení neshodného výrobku	30 %	Neshodný výrobek zabírá kapacitu pece	30%	9 %	MD	MHR
5	Nové rozložení výroby	10 %	Malý poměr výrobků z FL	60 %	6 %	VD	SHR
6	Nekompatibilita dopravníků a zásobníku	20 %	Nefunkční automatické zakládání do pece SIG	90 %	18 %	VD	SHR
7	Zpoždění dodávky technologií	10 %	Zpoždění celého projektu	95 %	9,5 %	VD	SHR

### 8.12.1 Opatření

- ID 1: Velký důraz na plánování výroby, zohledňování využití úzkého místa a zaplnění zásobníku před pecí SIG.
- ID 2: Akceptace rizika.
- ID 3: Plánování výroby s ohledem na počet nastavení SIG již na FL/1 CP.
- ID 4: Akceptace rizika.
- ID 5: Dopravníky i zásobník jsou mobilní, je možné je instalovat za jinou linku, případně dočasně odstavit mimo provoz.
- ID 6: Zvolení vhodného dodavatele, který zaručí kompatibilitu s ostatními prvky systému.
- ID 7: Komunikace s dodavatelem, dlouhá časová rezerva pro výběr dodavatele, zvolení takového, který bude smluvně garantovat dodání v termínu.

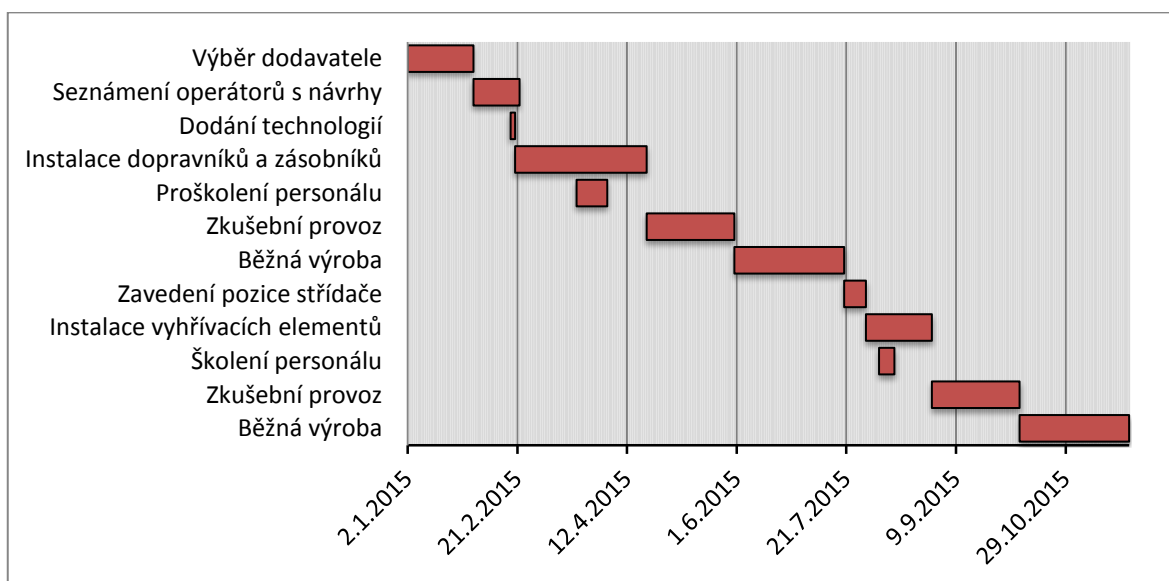
### 8.13 Časový harmonogram implementace navrhovaných řešení

Časový harmonogram implementace projektu zachycuje postupné implementování jednotlivých návrhů dle posloupnosti. Prvním je propojení FL/1 CP s pecí SIG pomocí dopravníků a zásobníku. Následně po zkušebním a dostatečně dlouhém běžném provozu (50 dní) je zavedena pozice střídače, na kterou je možné přejít během několika dní. Po desetidenním

ustálení nové pozice střídače dochází k instalaci vyhřevných elementů pece SIG. Po dobu instalace je nutné pec odstavit. Po proškolení personálu a zkušebním provozu následuje běžná výroba (50 dnů). V případě bezproblémové výroby (instalovaných komponentů) je projekt úspěšně ukončen.

Tabulka 18 Harmonogram implementace projektu (vlastní zpracování)

Činnosti	Datum zahájení	Doba trvání
Výběr dodavatele	2.1.2015	30
Seznámení operátorů s návrhy	1.2.2015	21
Dodání technologií	18.2.2015	2
Instalace dopravníků a zásobníku	20.2.2015	60
Proškolení personálu	20.3.2015	14
Zkušební provoz	21.4.2015	40
Běžná výroba	31.5.2015	50
Zavedení pozice střídače	20.7.2015	10
Instalace vyhřívacích elementů	30.7.2015	30
Školení personálu	5.8.2015	7
Zkušební provoz	29.8.2015	40
Běžná výroba	8.10.2015	50



Graf 4 Harmonogram implementace projektu (vlastní zpracování)

## ZÁVĚR

Efektivita výrobního procesu je základem moderní výroby. Cílem této práce je zefektivnění výrobního procesu v uvedené společnosti. S tímto cílem byly v projektové části práce navrženy opatření vedoucí ke zvýšení efektivity, zejména průtoku ve zkoumané výrobě. Opatření jsou navržena s velkou pozorností na úzké místo výroby – průběžnou pec SIG. Veškerá navrhovaná opatření jsou implementována do simulačního modelu vytvořeného jako součást analytické části práce. Společnost, ve které byla diplomová práce zpracována, projevila o tyto modely velký zájem.

Navrhované propojení linky FL a průběžné pece SIG pomocí dopravníkového systému s automatickým zásobníkem před pecí je navrženo v duchu teorie omezení a z ní vycházejícího konceptu DBR. Výsledkem tohoto propojení je úspora tří pracovníků při shodném průtoku systému, tedy s vyšší efektivitou využití pracovní síly. Nástavbou na první popisovaný návrh je vytvoření pozice střídače na peci SIG a pozice vizuální kontroly výrobků na dopravníkovém systému, obě na zkrácený úvazek, přičemž dochází k využití jedné odebrané pracovní síly. Vytvořením pozice střídače dochází ke zvýšení dostupného času pece o 1 a půl hodiny na 24 hodin, 5 dní v týdnu a zároveň zvýšení průtoku systému o 5,2 %. Posledním navrhovaným a zároveň simulovaným opatřením byla instalace odděleného ovládání vyhřívacích elementů pece. Definované zvýšení výkonu pece o 20 % se projevilo, po uzpůsobení výrobního programu, jako zvýšení výstupu celého systému o téměř 20 % v porovnání s předchozí variantou. Zvýšení výkonu právě o zmiňovanou hodnotu vyrovnává součet průměrných průtoků procesů předcházejících úzkému místu, vede tedy k teoretickému odstranění úzkého místa. Logickým následným krokem by mělo být zrychlování propojené linky FL. V současné době, ale i v blízké budoucnosti, bude pozornost upírána stále na pec SIG, protože i když nebude po realizaci opatření teoretickým úzkým místem, je to stále proces, kterým musí projít téměř všechny výrobky společnosti a který je v současné době pro společnost nenahraditelný.

Počítačové modely nejen výrobních systémů hrají a v budoucnu budou hrát ještě větší roli v experimentech, které lze v reálném prostředí jen těžko provádět.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY****Knižní zdroje:**

- BADIRU, Adedeji Bodunde, c2014. *Handbook of industrial and systems engineering*. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, xxvi, 1452 s. ISBN 978-1-4665-1504-8.
- BANGSOW, Steffen, c2010. *Manufacturing simulation with Plant Simulation and SimTalk: usage and programming with examples and solutions*. Berlin: Springer, xvii, 297 s. ISBN 978-3-642-05073-2.
- BANKS, Jerry, c1998. *Handbook of simulation: principles, methodology, advances, applications, and practice*. New York: Wiley, xii, 849 s. ISBN 0-471-13403-1.
- BASL, Josef, Pavel MAJER a Miroslav ŠMÍRA, 2003. *Teorie omezení v podnikové praxi: zvyšování výkonnosti podniku nástroji TOC*. 1. vyd. Praha: Grada, 213 s. ISBN 80-247-0613-x.
- COX, James F a John G SCHLEIER, c2010. *Theory of constraints handbook*. New York: McGraw-Hill, xxxvi, 1175 s. ISBN 978-0-07-166554-4.
- DLOUHÝ, Martin, c2007. *Simulace podnikových procesů*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.
- GREGOR, Milan, 1998. *Simulation of manufacturing systems*. Bielsko-Biala: Politechnika Łódzka, 134 s. ISBN 8387087114.
- HLAVÁČ, Jan, 1988. *Základy technologie silikátů*. 2. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 516 s.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita a Rastislav RAJNOHA, 2011. *Řízení a organizace výrobních procesů: kompendium průmyslového inženýra*. Žilina: GEORG, 138 s. ISBN 978-80-89401-26-0.
- CHUNG, Christopher A, c2004. *Simulation modeling handbook: a practical approach*. Boca Raton: CRC Press, 1 sv. (různé stránkování). ISBN 0-8493-1241-8.
- KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK, 2006. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 237 s. ISBN 80-86851-38-9.
- MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 2000. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 311 s. ISBN 80-902235-6-7.

NEMANJIC, Boris a Navenka SVETOZAR, c2013. *Computer simulations: technology, industrial applications and effects on learning*. New York: Nova Science Publishers, x, 236 s. ISBN 978-1-62257-580-0.

POPOVIČ, Štěpán, 2009. *Výroba a zpracování plochého skla*. 1. vyd. Praha: Grada, 256 s. ISBN 978-80-247-3154-4.

VONDRUŠKA, Vlastimil, 2002. *Sklářství*. 1. vyd. Praha: Grada, 273 s., [8] s. obr. příl. ISBN 80-247-0261-4.

### Internetové zdroje:

API [online]. © 2005-2015 [cit. 2015-01-19] Dostupné z:<http://e-api.cz>

Arena Simulation [online], © 2015. [cit. 2015-01-15] Dostupné z: <https://www.arenasimulation.com/>

Drum Buffer Rope, © 2015. *Tocca* [online]. [cit. 2015-01-13] Dostupné z: <http://www.tocca.com.au/services/drumBufferRope.asp>

JIRÁSEK, Jakub a Martin Vavro, © 2008. *Nerostné suroviny a jejich využití* [online]. Ostrava: Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy ČR & Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava. [cit. 2015-01-11]. ISBN 978-80-248-1378-3. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/sklo.html#technologieskla>

Průmyslové inženýrství, © 2012. *IPA Czech* [online]. [cit. 2015-01-18] Dostupné z: [www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/prumyslove-inzenyrstvi](http://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/prumyslove-inzenyrstvi)

Schott [online], © 2015. [cit. 2015-02-22] Dostupné z: <http://www.schott.com/czechia/czech/>

Schott Flat Glass CR, s.r.o., © 2000-2015. *Obchodní rejstřík* [online]. [cit. 2015-03-09] Dostupné z: <http://obchodnirejstrik.cz/schott-flat-glass-cr-s-r-o-25640551/>

Schott prodej, © 2011. *Buyczechland* [online]. [cit. 2015-03-03] Dostupné z: <http://buyczechland.eu/cz/schott-prodej.php#204a205>

Siemens PLM Software © 2015. *Siemens* [online]. [cit. 2015-01-15] Dostupné z: [http://www.plm.automation.siemens.com/de\\_de/](http://www.plm.automation.siemens.com/de_de/)

Simul8 [online], © 2015. [cit. 2015-01-15] Dostupné z: <http://www.simul8.cz/>

Witness, © 2010. *Dynamic Future* [online]. [cit. 2015-01-15] Dostupné z: <http://www.dynamicfuture.cz/witness/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

AIIE American Institute of Industrial Engineers

BL Bilateral Line

CaO Oxid vápenatý

CP Color Print

FIFO First in First out

FL Fast Line

LIFO Last in First out

MU Mobile Unit

Na<sub>2</sub>O Oxid sodný

PI Průmyslové inženýrství

PLM Product Lifecycle Management

SiO<sub>2</sub> Oxid křemičitý

SW Software

TEEP Total Effective Equipment Performance

THP Technicko-hospodářský pracovník

TOC Theory of Constraints

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 D-B-R (Drum Buffer Rope, @2015) .....	19
Obrázek 2 Grafické prostředí (vlastní zpracování) .....	26
Obrázek 3 Nastavení zdroje (vlastní zpracování) .....	28
Obrázek 4 Stejná situace namodelovaná dvěma způsoby (vlastní zpracování).....	29
Obrázek 5 Line - aktivní objekt a Track - pasivní objekt (vlastní zpracování) .....	31
Obrázek 6 Struktura metody (vlastní zpracování) .....	34
Obrázek 7 Tržby 2013/2014 skupiny Schott celosvětově (Schott, ©2015).....	40
Obrázek 8 Schéma areálu ve Val. Meziříčí (Schott prodej, upraveno, @2011).....	42
Obrázek 9 Výrobní portfolio Home Appliance (vlastní zpracování).....	43
Obrázek 10 Organizační schéma společnosti (interní materiály společnosti) .....	44
Obrázek 11 Plavení plochého skla (interní materiály společnosti).....	45
Obrázek 12 Vykládání skla ve Valašském Meziříčí (vlastní zpracování) .....	46
Obrázek 13 Manipulace, řezání, lámání (vlastní zpracování) .....	47
Obrázek 14 Nakládací robot a bruska BL (vlastní zpracování).....	48
Obrázek 15 Postupný výsledek 3 CP (interní materiály společnosti).....	49
Obrázek 16 Vstupní dopravník do pece SIG (interní materiály společnosti).....	50
Obrázek 17 Procesní mapa (vlastní zpracování).....	51
Obrázek 18 Celkový pohled na dílnu v simulačním SW (vlastní zpracování).....	54
Obrázek 19 Model FL s přepravou vozíků k odkladišti (vlastní zpracování).....	57
Obrázek 20 2 CP model se vstupními tabulkami pro nastavení (vlastní zpracování) .....	58
Obrázek 21 3 CP s tabulkou vstupů a nastaveným zdrojem (vlastní zpracování).....	59
Obrázek 22 Nastavení směn na peci (vlastní zpracování) .....	60
Obrázek 23 Odkladiště vozíků před vstupem do pece SIG (vlastní zpracování) .....	61
Obrázek 24 Průtok systémem a graf využití pece SIG (vlastní zpracování) .....	62
Obrázek 25 FL a 3 CP srovnání využití (vlastní zpracování).....	63
Obrázek 26 Tabulky pro hodnocení RIPRAN (vlastní zpracování) .....	67
Obrázek 27 Zakladač s dopravníkem (interní materiály společnosti) .....	70
Obrázek 28 Propojení FL a SIG s dopravníkem a zásobníkem (vlastní zpracování).....	71
Obrázek 29 Výstup z modelu propojení (vlastní zpracování) .....	72
Obrázek 30 Model propojení s pozicí střídače (vlastní zpracování) .....	74
Obrázek 31 SIG (interní materiály společnosti) .....	75
Obrázek 32 Výstup modelu se zvýšeným výkonem pece SIG (vlastní zpracování) .....	76



**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Produktová matice (vlastní zpracování) .....	52
Tabulka 2 Relativní četnost výrobních rodin (vlastní zpracování) .....	53
Tabulka 3 Průtok (vlastní zpracování) .....	53
Tabulka 4 Převodní tabulka výrobků (vlastní zpracování) .....	55
Tabulka 5 Vstupní data Fast Line (vlastní zpracování) .....	56
Tabulka 6 Vstupní data 2 CP (vlastní zpracování) .....	57
Tabulka 7 Vstupní data 3 CP (vlastní zpracování) .....	58
Tabulka 8 Vstupní data pec SIG (vlastní zpracování) .....	60
Tabulka 9 Srovnání využití zařízení (vlastní zpracování) .....	63
Tabulka 10 Harmonogram projektu (vlastní zpracování) .....	65
Tabulka 11 Logický rámec projektu (vlastní zpracování) .....	66
Tabulka 12 RIPRAN analýza (vlastní zpracování) .....	67
Tabulka 13 Srovnání současného stavu a propojení (vlastní zpracování) .....	73
Tabulka 14 Srovnání navrhovaných variant (vlastní zpracování) .....	75
Tabulka 15 Srovnání návrhů (vlastní zpracování) .....	77
Tabulka 16 Srovnání investic jednotlivých variant (vlastní zpracování) .....	78
Tabulka 17 RIPRAN implementace navrhovaných řešení (vlastní zpracování) .....	82
Tabulka 18 Harmonogram implementace projektu (vlastní zpracování) .....	83

**SEZNAM GRAFŮ**

Graf 1 Ganttův diagram projektu (vlastní zpracování).....	65
Graf 2 Efektivita využití pracovníků (vlastní zpracování) .....	80
Graf 3 Návrh návratnosti investice (vlastní zpracování) .....	81
Graf 4 Harmonogram implementace projektu (vlastní zpracování) .....	83

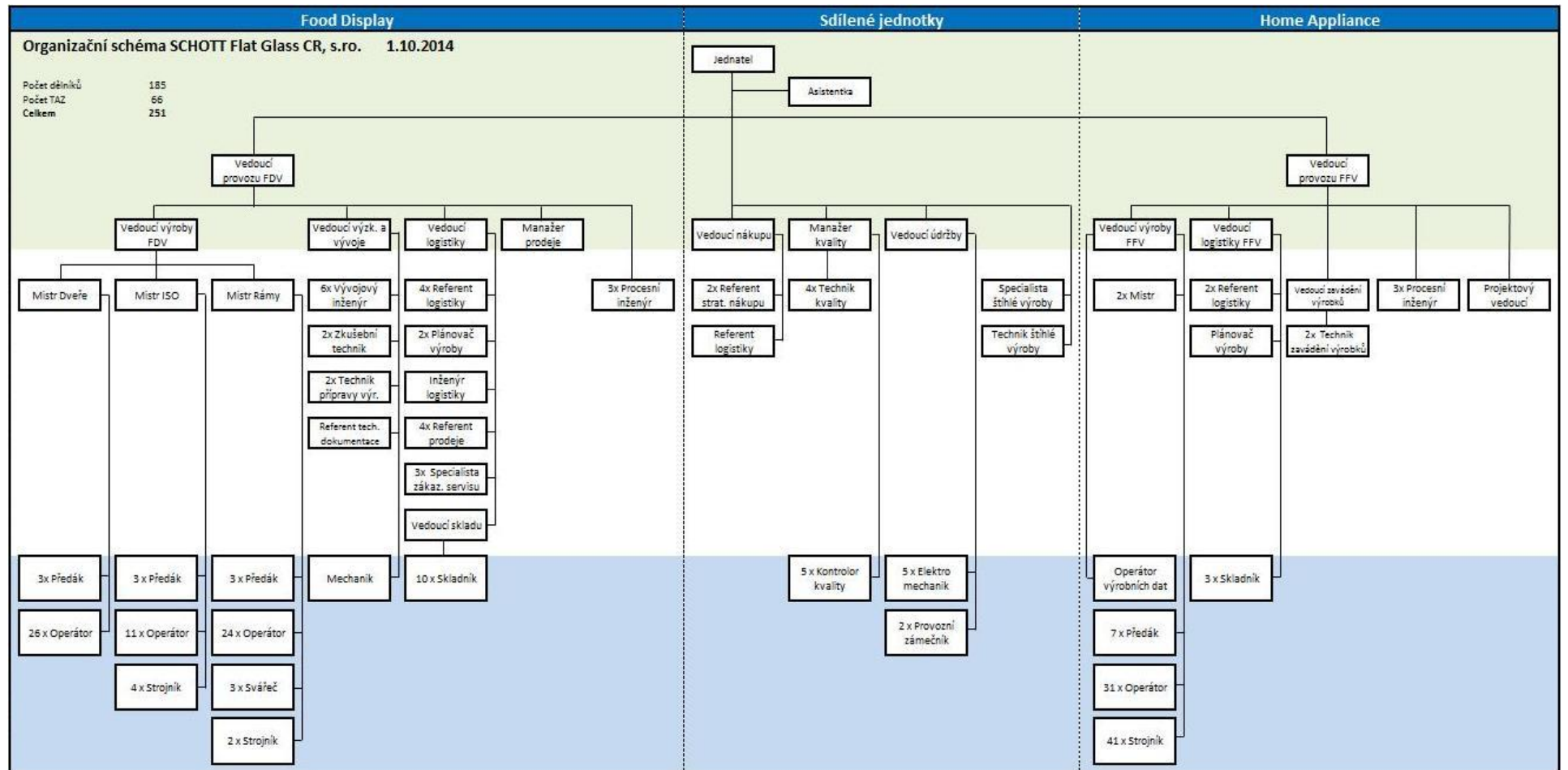
---

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Organizační struktura společnosti

Příloha P II: Metody použité v simulaci propojení

# PŘÍLOHA P I: ORGANIZAČNÍ STRUKTURA SPOLEČNOSTI



## PŘÍLOHA P II: METODY POUŽITÉ V SIMULACI PROPOJENÍ

The image displays four windows from a simulation environment, each showing a different method. The windows are arranged in a 2x2 grid. Each window has a menu bar (File, Edit, Navigate, Run, Template, View, Tools, Help) and a toolbar. The code is written in a structured text language.

```
M .Models.BudouciStavSkutečnéHodnoty.Reset
is
do
  W := 0;
  A := 0;
  B := 0;
  A1 := 0;
```

```
M .Models.BudouciStavSkutečnéHodnoty.Init
is
do
  Line2.exitlocked := true;
  SkládáníDoPece.exitlocked := false;
end;
```

```
M .Models.BudouciStavSkutečnéHodnoty.PocitaniPromennych
do
  if @.name = "W" then
    W := W + 1
  elseif @.name = "A" then
    A := A + 1
  elseif @.name = "B" then
    B := B + 1
  elseif @.name = "A1" then
    A1 := A1 + 1
  elseif @.name = "X" then
    X := X + 1
  elseif @.name = "D" then
    D := D + 1
  elseif @.name = "H" then
    H := H + 1
  elseif @.name = "E" then
    E := E + 1
```

```
M .Models.BudouciStavSkutečnéHodnoty.Metoda
do
  if W = 1360 then
    SkládáníDoPece.exitlocked := true;
    Line2.exitlocked := false;
    W := 0;
  elseif A = 2000 then
    SkládáníDoPece.exitlocked := false;
    Line2.exitlocked := true;
    A := 0;
  elseif B = 1847 then
    SkládáníDoPece.exitlocked := true;
    Line2.exitlocked := false;
    B := 0;
  elseif A1 = 2185 then
    SkládáníDoPece.exitlocked := false;
    Line2.exitlocked := true;
    A1 := 0;
```

The taskbar at the bottom shows the following tabs: M PocitaniPromennych, M Metoda x, M Init, M Reset.