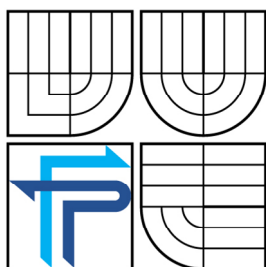


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ
ÚSTAV

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT
INSTITUT OF

OPTIMALIZACE VÝROBNÍHO PROCESU POMOCÍ DISKRÉTNÍ SIMULACE

USAGE OF DISCRETE EVENT SIMULATION TOOLS FOR PRODUCTION PROCESS
OPTIMIZATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. ZUZANA ŠIROKÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. JOSEF ŠUNKA, PH.D.

BRNO 2010

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Zuzana Široká

Řízení a ekonomika podniku (6208T097)

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí děkana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává diplomovou práci s názvem:

Optimalizace výrobního procesu pomocí diskrétní simulace

v anglickém jazyce:

Usage of Discrete Event Simulation Tools for Production Process Optimization

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Vymezení problému a cíle práce

Analýza problému a současné situace

Teoretická východiska práce

Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení

Závěr

Seznam použité literatury

Přílohy

Seznam odborné literatury:

TOMEK, G., VÁVROVÁ, V. Řízení výroby. 2. vyd., Praha: Grada Publishing 2000, 408s., ISBN 80-7169-955-1.

VEJDĚLEK, J. Jak zlepšit výrobní proces. Praha: Grada Publishing 1998, 75s., ISBN 80-7169-583-1.

MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. Cesta k vyšší produktivitě – strategie založená na průmyslovém inženýrství. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, 254s., ISBN 80-902235-0-8.

ŘEPA, V. Podnikové procesy : Procesní řízení a modelování. 2. aktualiz. vyd. Praha : Grada Publishing, a. s., 2007. 281 s. ISBN 978-80-247-2252-8.

DLOUHÝ, M. et al. Simulace podnikových procesů. 1. vyd. Brno : Computer Press, a. s., 2007. 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Šunka, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.



Martina Rašticová

PhDr. Martina Rašticová, Ph.D.
Ředitel ústavu

Anna Putnová

doc. RNDr. Anna Putnová, Ph.D., MBA
Děkanka

V Brně, dne 7.2.2009

Abstrakt

Diplomová práce řeší použití diskretní simulace pomocí simulačního softwaru Witness jako nástroje pro podporu a rozhodování výrobního procesu ve firmě ECKELMANN s.r.o. Práce stručně seznamuje s problematikou modelování a simulace podnikových procesů. Vytvoření modelu reálného výrobního procesu a jeho následná optimalizace nám pomůže zmapovat procesy, které ve firmě probíhají a umožní tak odhalení silných a slabých stránek.

Abstrakt

Diploma thesis describes using discrete simulation using with help Witness simulation software as a tool to support decision-making process and the company ECKELMANN l.l.c. This work briefly introduces business processes modeling and simulation problems. Creating a model of real production process and its subsequent optimization will help us map out the processes that take place in the company, enabling discovery of strengths and weaknesses.

Klíčová slova

Simulace, optimalizace, proces, modelování, Witness, informační systém, procesní řízení

Key words

Simulation, optimization, process, modeling, Witness, information System, process management

Bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690

ŠIROKÁ, Z. *Optimalizace výrobního procesu pomocí diskretní simulace*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, 2010. 97 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Josef Šunka, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma vypracovala samostatně pod vedením vedoucího práce, s použitím literárních pramenů a publikací, které jsem všechny uvedla v seznamu literatury. Jsem si vědoma, že se na vytvořenou práci vztahují práva a povinnosti vyplývající z autorského zákona (zák. č. 121/2000 Sb.).

V Brně dne 15. května 2010

podpis

PODĚKOVÁNÍ

Ráda bych poděkovala vedoucímu diplomové práce Ing. Josefu Šunkovi, Ph.D. za cíleně orientované vedení a pomoc při přípravě a realizaci mé diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat fakultě za poskytnutí potřebného softwaru.

OBSAH

ÚVOD	9
1 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE	10
2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	11
2.1 CHARAKTERISTIKA FIRMY	11
2.2 ANALÝZA FIRMY	13
2.2.1 Zákazníci	13
2.2.2 Tržby a náklady	13
2.2.3 Rozsah služeb	13
2.2.4 SWOT analýza	14
2.3 VÝROBA A PŘEHLED VÝROBKŮ	16
2.3.1 Výroba kabelů.....	17
2.3.2 Výroba rozvaděčů s řízením	20
3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA	22
3.1 PODNIKOVÉ PROCESY.....	22
3.2 PODNIKOVÉ INFORMAČNÍ SYSTÉMY	24
3.2.1 SCM (Supply Chain Management).....	26
3.2.2 ERP a ERP II (Enterprise Resource Planning – Integrované systémy řízení podniku).....	27
3.2.3 CRM (Customer Relationship Management).....	28
3.2.4 APS (Advanced Planning Systems, Advanced Planning and Scheduling Systems).....	29
3.2.5 BSP (Business System Planning) a BPR (Business Process Reengineering)	29
3.3 MODELY ŘÍZENÍ VÝROBY	31
3.3.1 Princip tlaku (push system)	31
3.3.2 Princip tahu (pull system)	32
3.4 MODERNÍ PŘÍSTUPY K ŘÍZENÍ VÝROBY	34
3.4.1 MRP a MRP II (Material Requirement Planning).....	34
3.4.2 TOC (Theory of Constraint)	36
3.4.3 JIT (Just-in-time) a KANBAN.....	37
3.4.4 KAIZEN	39
3.4.5 Diferencované řízení zásob - metoda ABC.....	40
3.5 MODELOVÁNÍ PROCESŮ	41
3.5.1 Rozdělení modelů	41
3.5.2 Diskrétní a spojité simulační modely.....	43
3.5.3 Standardy pro modelování procesů.....	44
3.6 SIMULACE	45
3.6.1 Oblast využití simulace.....	46
3.6.2 Simulační programy	47
4 PRAKTICKÝ POSTUP MODELOVÁNÍ	48
4.1 FÁZE ROZPOZNÁNÍ PROBLÉMU	51
4.1.1 Cíle simulace	51
4.1.2 Výběr výrobků na simulaci	52
4.2 FÁZE VYTVOŘENÍ KONCEPTUÁLNÍHO MODELU	53
4.2.1 Analýza výroby	53
4.2.2 Popis pracovišť.....	54
4.3 FÁZE SBĚRU DAT	57
4.3.1 Sběr dat - měření průběhu výroby	57
4.3.2 Výrobek T80000504	57
4.3.3 Výrobek T80000753	59
4.3.4 Výrobek T80000777	60
4.4 FÁZE TVORBY SIMULAČNÍHO MODELU	61
4.4.1 Witness	61

4.4.2 Tvorba modelu a simulace pomocí Witness.....	62
4.5 FÁZE VERIFIKACE A VALIDIZACE MODELU	69
4.6 PRÁCE S MODELEM	70
4.6.1 Varianta 1 – Základní model.....	71
4.6.2 Varianta 2 – Přidání 3. pracovníka a 3. pracoviště montáže svorkovnice	72
4.6.3 Varianta 3 – Přidání pomocného pracovníka	73
5 NÁVRH ŘEŠENÍ, OPTIMALIZACE A JEHO PŘÍNOSY	75
5.1 ZHODNOCENÍ SIMULAČNÍHO PROCESU A VÝSLEDKŮ	75
5.2 NÁKLADY SPOJENÉ S PROJEKTEM SIMULACE.....	77
5.2.1 Projekt u specialisty	77
5.2.2 Projekt na zakázku.....	78
5.2.3 Náklady na výrobu a zisk.....	78
5.3 PŘÍNOSY NAVRŽENÝCH ZMĚN	79
5.3.1 Měřitelné přínosy	79
5.3.2 Neměřitelné přínosy	80
ZÁVĚR	81
SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK.....	82
SEZNAM POUŽITÉ ODBORNÉ LITERATURY	84
REJSTŘÍK	87
SEZNAM PŘÍLOH.....	88

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je diskrétní simulace a její využití ve výrobě. V dnešní době je pro podnik velmi důležité učinit správná manažerská rozhodnutí. Tato rozhodnutí přináší s sebou různá rizika a jejich důsledky se můžou projevit na špatném fungování podniku. Podnik, který chce uspět v tvrdém konkurenčním prostředí, musí hledat podpůrné manažerské metody. Mezi tyto metody patří bez pochyby také dynamické modelování procesů a jejich simulace. Pro zachování konkurenční schopnosti je třeba neustále zvyšovat úroveň poskytovaných služeb a provádět změny.

Simulace a modelování ještě nejsou příliš rozšířené, ale mají pro firmu velkou budoucnost. Manažeři, kteří se neustále rozhodují na základě své intuice nebo dosavadně získaných zkušeností, mají možnost využít metody diskrétní simulace jako vhodný prostředek pro řešení problému. Počítačová simulace má široké využití, například pro řešení logistických, výrobních nebo personálních úloh. Důvody nízkého využití simulačních programů v malých a středně velkých podnicích jsou jejich vysoké pořizovací náklady, časovou náročnost na sběr dat a informací. Pro menší podniky je tak jedním z možných řešení spolupráce s třetí stranou – poradenskou firmou specializující se na simulaci a modelování.

Pro tuto práci jsem si vybrala simulační program Witness, který má na trhu simulačního softwaru dlouhou tradici. Každý požadavek na změnu technologických či organizačních procesů s sebou přináší jisté riziko. Program Witness pomáhá toto riziko omezit tím, že umožňuje modelovat výrobní procesy a simulovat důsledky různých rozhodnutí. Dosahuje dobrých výsledků a je vhodný jako nástroj pro podporu při manažerském rozhodování. Program nabízí velkou flexibilitu v rozsahu i zaměření simulačních projektů. Samozřejmostí je tvorba modelů v grafickém uživatelském prostředí a práce s knihovny hierarchicky organizovaných standardních objektů.

1 VYMEZENÍ PROBLÉMU A CÍLE PRÁCE

Mým cílem v této diplomové práci je optimalizovat výrobní proces využitím programu Witness k řešení dvou konkrétních problémů a nalezení jejich efektivního řešení. Cílem je tedy vytvoření funkčního modelu. Výsledky se pokusím posoudit z hlediska vhodnosti využití v reálném prostředí podniku. Budu tedy řešit dvě základní otázky. První se týká zkrácení průběžné doby výroby a druhá se týká lepšího využití stávajících pracovišť a jejich rozmístění.

V první kapitole zaměřím na současný stav firmy a její obchodní činnosti. Provedu analýzu firmy, zákazníků, tržeb a SWOT analýzu. Dále se zaměřím především na výrobu a pracovní postupy.

V následující části se budu věnovat teoretickým poznatkům. Stručně seznámím s jednotlivými pojmy, které souvisí s danou problematikou diskrétní simulace, včetně moderních metod řízení výroby a informačních systémů.

Další kapitola se bude zabývat praktickým postupem modelování. Popíšu jednotlivé fáze mého modelování všech vybraných výrobků. Tato část bude řešit rozpoznání problému, vytvoření konceptuálního modelu, průběh sběru dat a informací. V části tvorby simulačního modelu se budu věnovat samotnému simulačnímu programu Witness a jeho funkcím a možnostem. Dále popíšu podrobnou tvorbu modelu, průběh simulace a výsledky, které následně v další kapitole využiji pro další experimentování s modelem.

V poslední kapitole se zaměřím na ekonomické zhodnocení a jednotlivé návrhy řešení. Na základě získaných údajů a poznatků se pokusím návrhy implementovat zpět do výroby a zhodnotit jejich přínosy pro podnik.

Práci bych chtěla doplnit o názorné obrázky a grafy, které umožní lépe se orientovat a pochopit dané téma. K práci jsem využila dvou hlavních softwarů a to Witness a Microsoft Visio.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V této části diplomové práce představím firmu a její partnery, zákazníky, tržby, výrobu a výrobky, rozsah služeb a cíle firmy.

2.1 Charakteristika firmy ¹

Diplomovou práci zpracovávám ve firmě Eckelmann s.r.o. (Tvrdonice, Česká republika), která je členem skupiny ECKELMANN Gruppe (Wiesbaden, Německo). Mateřským podnikem je ECKELMANN AG, Německo. Celkem měla firma v roce 2008 365 zaměstnanců. Závod nacházející v České republice má 23 zaměstnanců a je zaměřen na montáž rozvaděčů s řízením pro chladicí techniku.

ECKELMANN Gruppe:

- *Ferrocontrol Steuerungssysteme GmbH & Co. KG (Herford, Německo)*
- *Eckelmann s.r.o. (Tvrdonice, Česká republika)*
- *Eckelmann AG*

Organizační struktura:

Vedoucí manažer (Plant manager): Ing. Josef Šunka, Ph.D.

Výroba chladících zařízení pro komerční účely:

Manažer dodávek a vývoje (Supplier Q & Development Manager): Tom Shingleton

Inženýr zásobování a vývoje (Supplier Development Engineer) – Yvon Tchobanian

Manažer zboží (Commodity Manager) – Alena Kirová

Eckelmann s.r.o.

Růžová 17

69 153 Trvdonice

Česká republika

¹ <http://www2.eckelmann.de/en/ueberuns.html>



Obrázek 1: Výrobní hala Tvrdonice

ECKELMANN je středně velkými partner při inovacích automatizace u výroby strojů a zařízení. Nabízejí kompletní řešení při použití aplikací CNC (moderní výpočetní číslicově řízené obráběcí stroje), PLC a Motion Control, jakož i komplexní zakázková řešení řízení. Programovatelný automat (PLC) je digitální počítač pro automatizaci procesů, elektromechanických, jako je kontrola a opravy strojů na tratích v montážním závodu. PLC se používají v mnoha průmyslových odvětvích a strojů.

Motion control, neboli řízení pohybu je sub-oblastí automatizace, ve kterém pozice nebo rychlost stroje, jsou kontrolovány pomocí některých typů zařízení, jako je hydraulické čerpadlo, lineární pohon nebo elektrický motor. Řízení pohybu je důležitou součástí robotiky a CNC obráběcích strojů. Řízení pohybu je široce používán při výrobě polovodičů a montáži průmyslu.

Komplexní služby společnosti sahají od poradenství, vývoje technického a programového vybavení přes výrobu a testy až po stavbu skříňových rozvaděčů, uvádění do provozu po celém světě a servisní služby (After-Sales-Service). V oblasti automatizace strojů a zařízení ECKELMANN vyvíjí a dodává hotová automatizační řešení na klíč jako subdodavatel pro výrobce nebo odpovědný smluvní partner koncového uživatele.

2.2 Analýza firmy

Pojem kvality je základním prvkem filozofie řízení firmy a zahrnuje všechny oblasti podnikání a funkce. Cílem je nabízet produkty a služby vynikající kvality a maximální užitek zákazníkům. Zásadním faktorem pro dosažení optimální spokojenost zákazníků tvoří určení a následně splňující požadavky na výrobek nebo službu, které jsou vymezeny zákazníkem dle platných zákonů a norem. Cílem firmy je dostat se na evropský trh a maximální počet servisních středisek.

2.2.1 Zákazníci

V České republice má firma dva hlavní odběratele (Carrier Refrigeration Operation Czech Republic s.r.o.). Prvním je závod Mýto a druhý závod v Berouně. V zahraničí má odběratele ve Švýcarsku, Itálii, Francii. Firma otevřela nové servisní středisko v Praze.

2.2.2 Tržby a náklady

Firma Eckelmann dosáhla v roce 2009 tržeb cca 122 miliónů. Oproti roku 2008 se tak zvýšily tržby o 14% a firma dosahuje vyšších zisků. Náklady na materiál tvoří 68,61% . Vůči roku 2008 se tedy náklady snížily o 16,46%.

2.2.3 Rozsah služeb

Od kompaktního řízení strojů až po kompletní automatizaci velkých průmyslových zařízení. ECKELMANN nabízí proces integrace počínaje automatizačními komponenty až po řešení zhotovenými pro zákazníky na míru tak, že díky poměru cena/výkon umožňují dosáhnout zákazníkům konkurenční výhodu:

- Obráběcí a tvářecí stroje, výrobní systémy
- Chladicí technika pro průmysl a potravinářství
- Papírenský, polygrafický a textilní průmysl
- Elektronika a elektrotechnický průmysl

- Zpracování dřeva
- Zpracování polymerů
- Výroba základních kovů, stavební materiály
- Hutní a kovodělné výrobky
- Chemický a farmaceutický průmysl
- Potravinářský průmysl / výroba krmiv

Spektrum výrobků nabízí řešení hardware a software na všech úrovních automatizace strojů a zařízení:

- Průmyslová PC – řízení, meziprocesorová komunikace, terminály
- Řízení - hardware – Embedded Controllers, IPC, hardPLC, řešení řízení na zakázku, Feldbus - moduly
- Řízení - Software – PLC, CNC, Motion Control, HMI
- Elektrické pohony – digitální servozesilovače, servomotory
- Průmyslové zpracování obrazu – systémová integrace a software
- Kompletní automatizace a systémy na řízení procesů – systémová integrace: PLC a vizualizace, automatizace spočívající na PC, multiprocesorové systémy
- Intralogistika – automatizace skladů a materiálového toku
- Automatizované testovací systémy – plně automatizované testovací systémy na testy doprovázející vývoj a výrobu

2.2.4 SWOT analýza

Silné stránky podniku

Za silnou stránku firmy považují vysoký obrat a flexibilitu firmy. Firma dodává své zakázky do dvou dnů. Výhodou je nízká fluktuace zaměstnanců a tím ušetření času při školení. Firma stále analyzuje svoji výrobu a možnosti ji zlepšit.

Slabé stránky podniku

Slabou stránkou podniku jsou výrobní prostory, které jsou pouze pronajaté. Hlavní slabou stránkou je, že je firma v ČR závislá na nízkém počtu odběratelů.

Příležitosti

Příležitostí by mohli být pro firmu noví a spokojení zákazníci a nové výrobky. Cílem firmy je zajistit co nejvyšší počet servisních středisek.

Hrozby podniku

Hrozbou podniku je také závislost na nízkém počtu zákazníků a tím ztráta těchto odběratelů.

U SWOT analýzy je důležité, že silné stránky nemusí vždy znamenat výhodu. Důvodem může být například nízká důležitost. Obdobně i soustředění na překonání slabých stránek nemusí přinést očekávaný efekt, jestliže náklady na jejich změnu převyšují užitek.

<p>Silné stránky – Strengths</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ flexibilita ▪ 2 dny dopravní interval ▪ konečné 100% automatické testovací funkce ▪ nízká fluktuace zaměstnanců 	<p>Slabé stránky – Weakness</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ pronajaté prostory ▪ pouze montážní procesy ▪ málo zákazníků ▪ rozdíly v objednávkách $\pm 400\%$
<p>Příležitosti – Opportunities</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ nastoupení na nové trhy ▪ noví zákazníci ▪ zvyšování kvalifikace zaměstnanců ▪ nová skupina výrobků ▪ zvýšení počtu servisních středisek 	<p>Hrozby – Threats</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ nedostatečný obrat od zákazníka ▪ nespokojenost zákazníka ▪ závislost na nízkém počtu zákazníků

2.3 Výroba a přehled výrobků

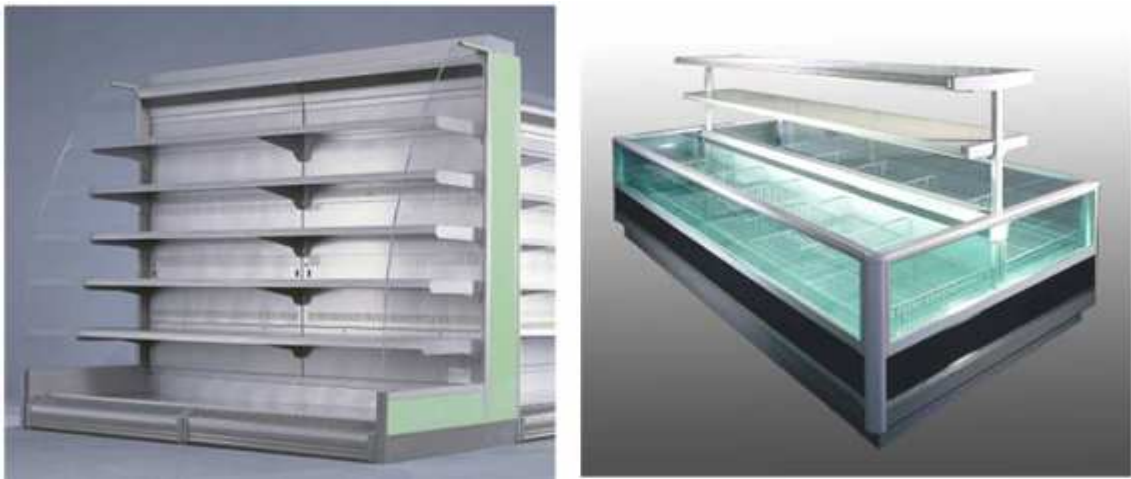
Firma používá ve výrobě jak princip tlaku, tak princip tahu. Společnost vyrábí:

- *kabelovou konfekci, převážně jako vstupní produkt pro rozvaděče s řízením*
- *rozvaděče s řízením*
- *rozvaděče, deskové rozvaděče*

OEM chladicí technika

Eckelmann s.r.o. je specializovaný OEM dodavatel na výrobu a montáž řízení pro chladicí techniku. Společně s ECKELMANN AG vyvíjí a vyrábí komplexní řešení pro automatizaci chladicí techniky pro průmysl a potravinářství:

- *řízení pro chladicí nábytek*
- *sdružená řízení chladících jednotek a zařízení*
- *řízení chlazení supermarketů, obslužné terminály*
- *monitorování a řídicí SW*



Obrázek 2: Chladicí zařízení

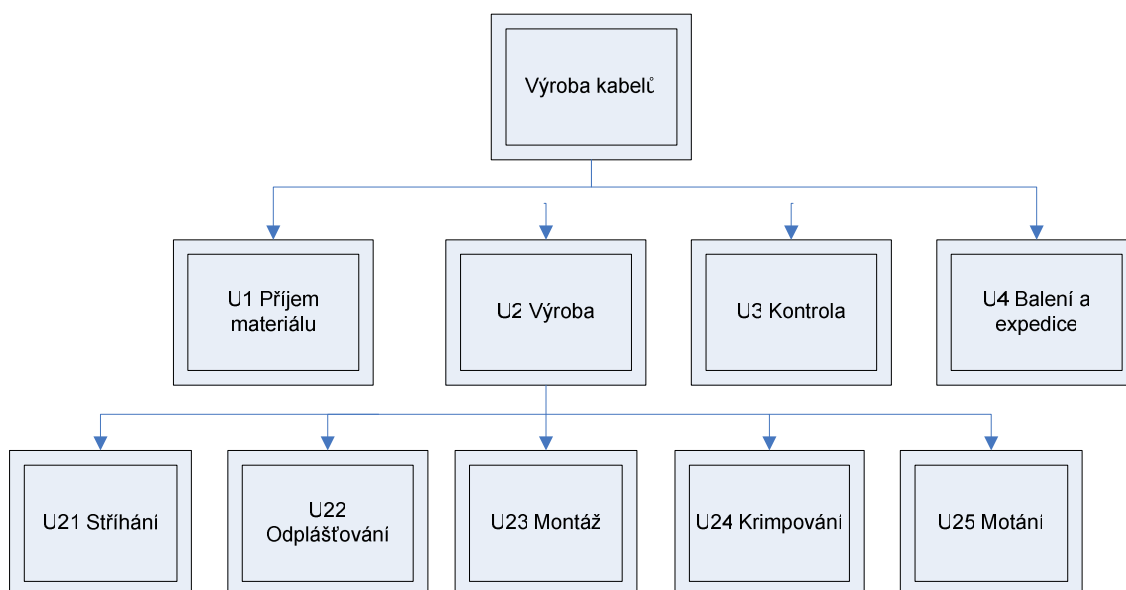
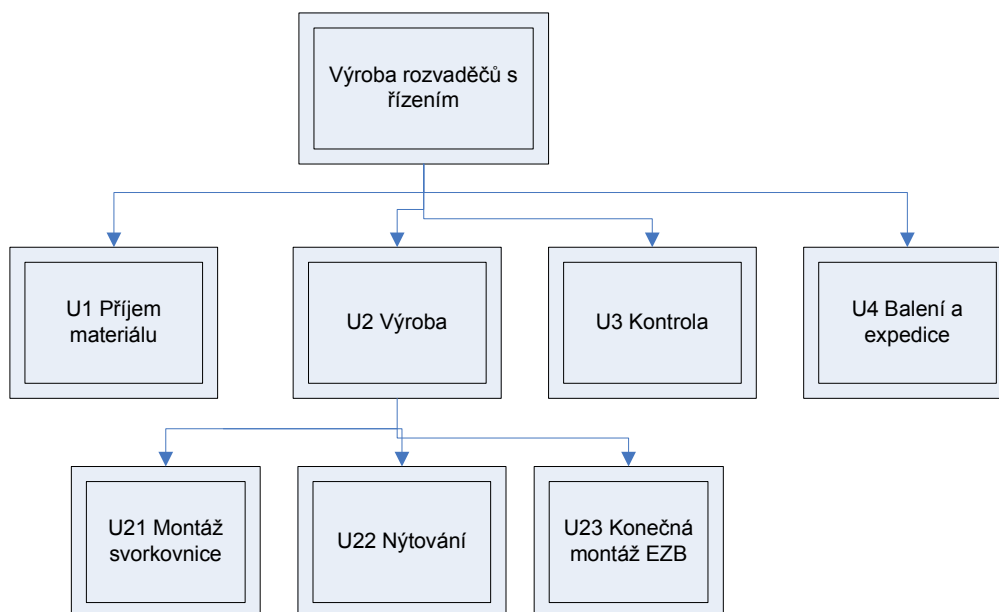
Mateřská společnost poskytuje většinu technické dokumentace stejně jako podporu pro výrobu a zkušební technologie. Mnoho dodavatelů je také určeno zákazníkem. Rozsah výroby a související podmínky jsou specifikovány v různých

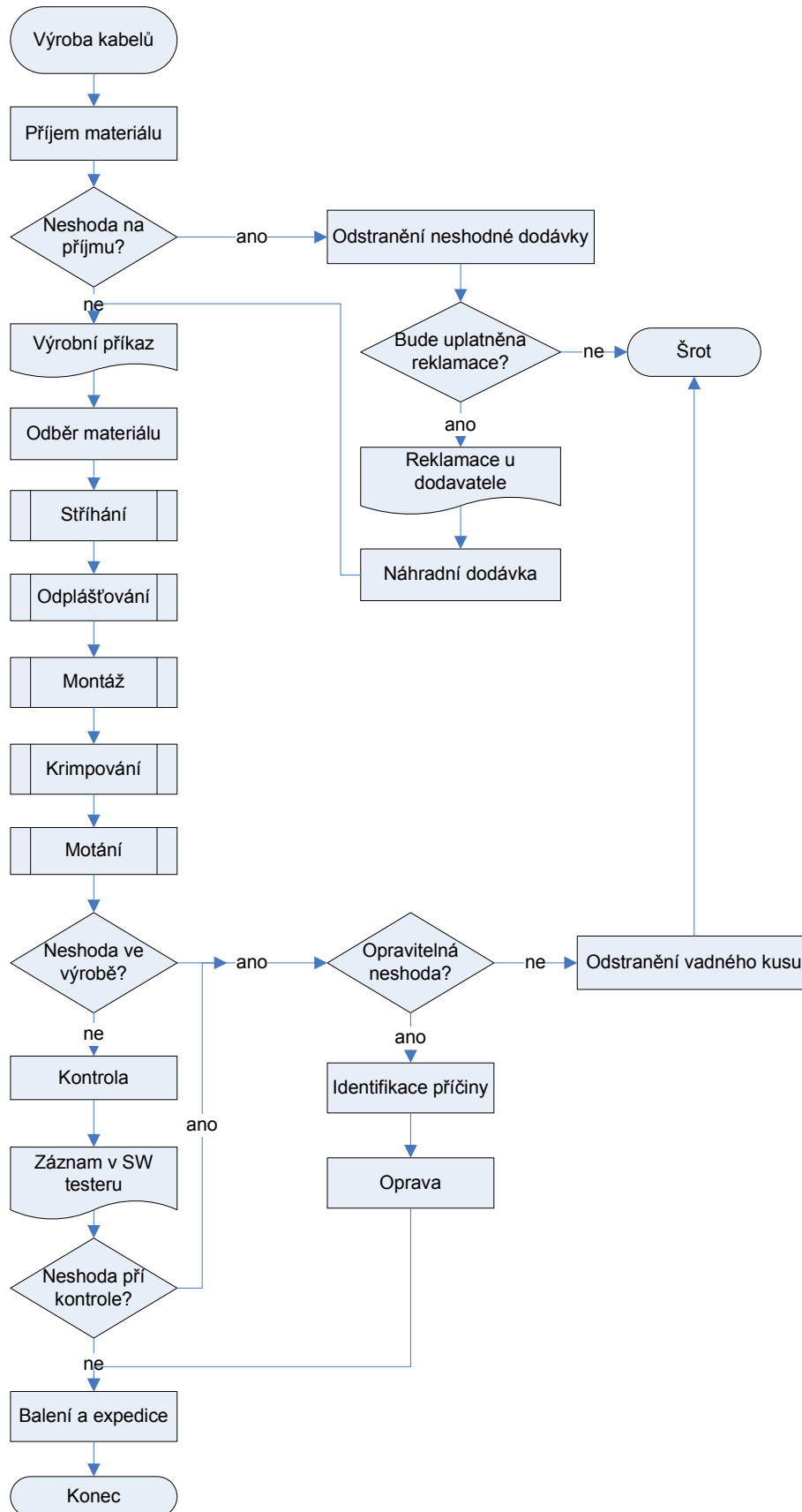
rámcových smlouvách. Každá objednávka zákazníka se vztahuje k všeobecným dodacím podmínkám.

Pravidelná výroba výrobku je spuštěna až po vstupním vzorku a po jeho schválení zákazníkem v související zprávě (Zkušební zpráva o prvních vzorcích). Jednotlivé etapy výroby jsou stanoveny pracovním postupem a zaznamenány na výrobním příkazu. Každý výrobek má své unikátní sériové číslo. Dodací listy, které slouží jako záznam o převzetí dodávky, jsou zasílány přímo zákazníkovi nebo jsou přiloženy k dodávce zajišťované spediční společností. Dodací listy se uchovávají u VZ po dobu 5 let. Faktura je odesílána zvlášť po ukončení zakázky. Záruční lhůty jsou stanoveny v rámcové smlouvě.

2.3.1 Výroba kabelů

Průběh výroby kabelů, včetně postupu v případě zjištění neshod je znázorněn na následujícím vývojovém diagramu – obrázek č. 5. Na základě (e-mailové) odvolávky zákazníka vystaví VZ výrobní příkaz, který pak putuje celým procesem výroby. Zároveň každý pracovník, který na kabelu pracoval, jej po dokončení své operace označí razítkem se svým osobním číslem. Téměř veškerá kabelová konfekce je používána pro výrobu rozvaděčů s řízením, které jsou testovány při výstupní kontrole. Zbývající kabelová konfekce je vizuálně kontrolovány před dodáním.

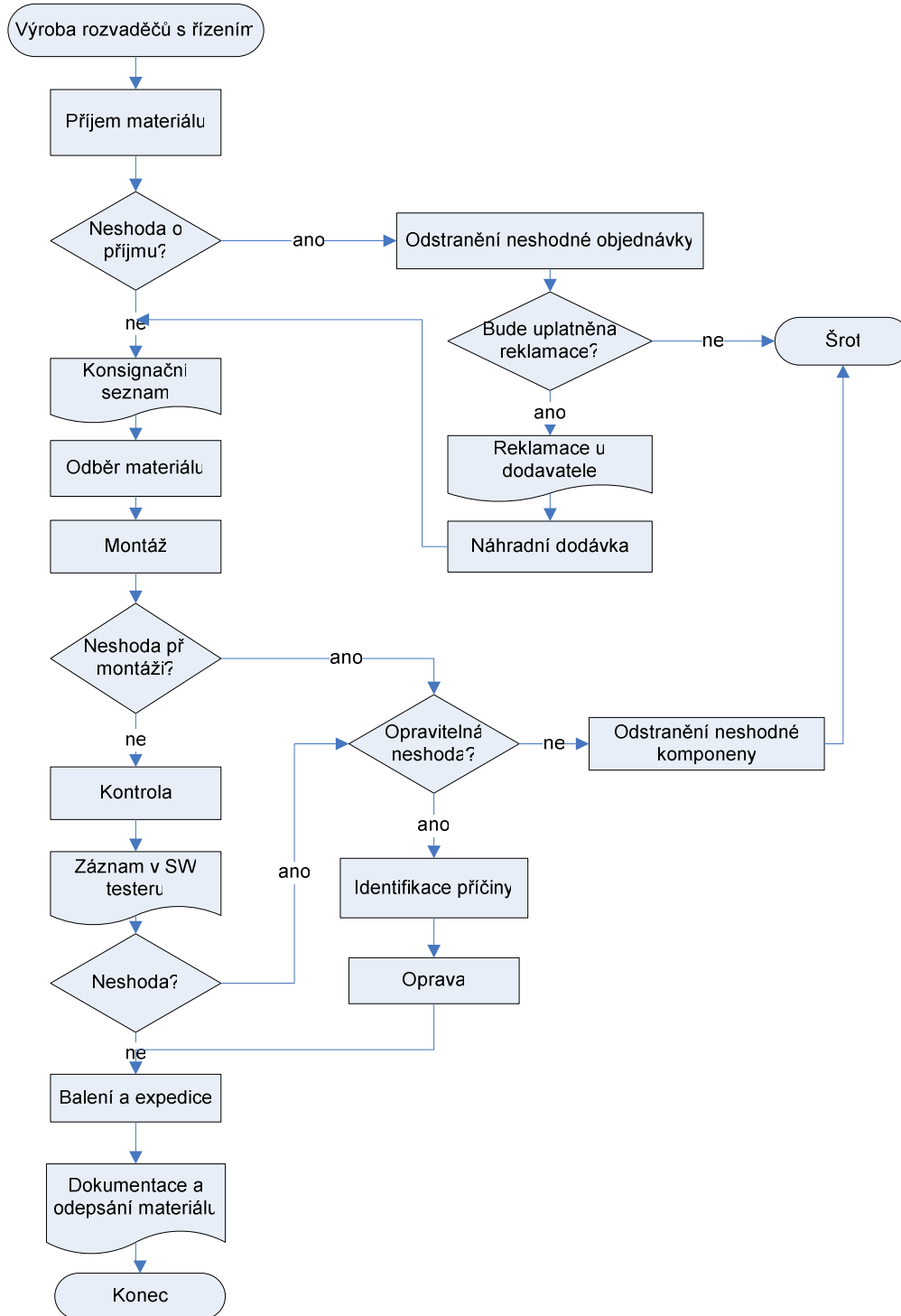
Dekompozice úloh**Obrázek 3: Dekompozice úloh tří úrovní výroby kabelů****Obrázek 4: Dekompozice úloh montáže rozvaděče**



Obrázek 5: Vývojový diagram výroby kabelů

2.3.2 Výroba rozvaděčů s řízením

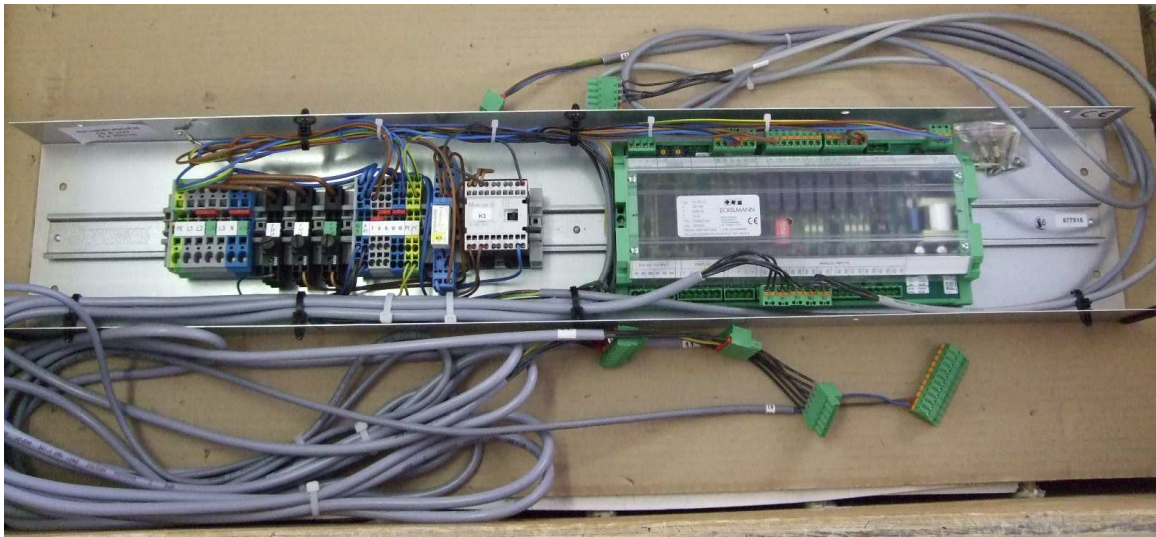
V této diplomové práci se zaměřím právě na výrobu rozvaděčů s řízením a pokusím se tuto výrobu simulovat.



Obrázek 6: Vývojový diagram výroby rozvaděčů s řízením

Hlavní nosnou produktovou skupinou s největším podílem obrátu je montáž rozvaděčů s řízením. Pro tuto práci byla zvolena právě tato skupina, která obsahuje cca 200 aktivních dílů vyráběných v různém objemu. Na následující obrázku č. 7 je hotový smontovaný rozvaděč. Do tohoto výrobku vstupuje i velká část konfesovaných kabelů. Jen malá část z produkce kabelů je prodávána přímo.

Průběh výroby rozvaděčů s řízením, včetně postupu v případě zjištění neshod, je znázorněn na obr. 6. Výroba opět probíhá dle odvolávek zákazníka a materiál je odebírán na základě výrobního příkazu vystaveného VZ/SD. Všechny vyrobené rozvaděče s řízením podléhají elektrické výstupní kontrole na testeru. Všechny bezchybové rozvaděče s řízením jsou označeny štítkem, s uvedením data kontroly a jménem zaměstnance, který tuto kontrolu prováděl. Vyrobený rozvaděč je rovněž identifikován osobním razítkem jednotlivých pracovníků, kteří se na výrobě podíleli, nebo jejich podpisem na výrobním příkazu



Obrázek 7: Hotový výrobek

V této práci vyberu dle ABC analýzy nejdůležitější výrobky a ty pak budu sledovat a simulovat jejich montáž. Tyto výrobky představím blíže v kapitole „Praktický postup modelování – fáze sběru dat“.

Požadavky na výrobu se liší až o 200%, proto je těžké predikovat množství. Rozvaděče jsou objednávány zákazníkem systémem odvolávek jedenkrát týdně s přesností termínu dodání na jeden den. Samotná expedice pak probíhá s periodou dvou pracovních dnů.

3 TEORETICKÁ VÝCHODISKA

Vzhledem k tomu, že je má diplomová práce zaměřená na simulaci podnikových procesů, která má přispět ke zlepšení chodu firmy a lepším výsledkům, základní teoretická východiska jsem hledala v oblasti procesního řízení, analýzy, reengineeringu, modelování a samotné simulaci procesů. Kapitola tedy bude věnována teoretickým poznatkům z oblasti podnikových informačních systémů, podnikových procesů, inovací, moderním metodám a přístupům k řízení výroby a druhům modelů, programům na modelování a simulace podnikových procesů. Procesní přístup je základním principem při řízení firem. Pomůže zmapovat procesy, které ve firmě probíhají a umožňuje tak odhalení silných a slabých stránek.

Jednodušší modely podnikových procesů, jako jsou například modely řízení zásob, model obsluhy, umožňují analýzu pomocí matematických metod. Naproti tomu se reálné podnikové procesy odehrávají v mnohem složitějším prostředí systémů, které vyžadují provázané prvky a dynamické chování. V dnešní době jsou už podnikové procesy tak složité, že je nestačí optimalizovat pomocí jednoduchého matematického modelu. Moderní alternativou, kterou se budu zabývat v této práci, je počítačová simulace.

3.1 Podnikové procesy

Podnikový proces je soubor činností, který vyžaduje jeden nebo více vstupů a tvoří výstup, který má pro zákazníka hodnotu. Jde o posloupnost věcí, které se musí pravidelně vykonávat a vedou k dodání výrobků a služeb přímo k zákazníkovi. Proces se skládá z jednotlivých činností neboli prvků procesu. Procesní přístup v podnicích není spojen s výrobními procesy, ale v současnosti se týká celého podniku včetně nevýrobních činností, např. zákazníci, dodavatelé. Informační podporu pro tyto oblasti představuje SCM, CRM, e-business.

Vazba mezi podnikovými procesy a informačními systémy je velmi úzký. Výsledkem nasazení podnikových informačních systémů do výroby vede k zlepšení dostupnosti dat a to pak dále k vylepšení výrobních procesů.

Pro každou firmu a její udržení na trhu je nezbytnost jednotlivé podnikové procesy stále zlepšovat. Zákazníci si žádají lepší produkty a služby a tak mnoho firem začíná pracovat se svými podnikovými procesy. Procesy je třeba mapovat a zdokumentovat, analyzovat, ověřit a posoudit frekvenci změn.



Obrázek 8: Průběžné zlepšování procesu

Existuje několik druhů procesů:

- **Klíčový proces** – hlavní proces, který je naplňuje poslání firmy, vzniká klíčová přidaná hodnota vedoucí k uspokojení potřeb zákazníka. Jde o sekvenci činností, která leží na cestě od požadavku zákazníka k jeho uspokojení.
- **Podpůrný proces** – zajišťují vnitřnímu zákazníkovi nebo hlavnímu procesu produkt, který je případně možné zajistit i externě bez ohrožení poslání firmy a vykonávají se interně z důvodu omezení rizik nebo pro ekonomickou výhodnost.
- **Vedlejší proces** – vykonává se uvnitř podniku z důvodu ekonomické výhodnosti.²

Další skupinu procesů můžou představovat řídicí procesy. V praxi je známá metodika CMM (Capability Maturity Model), která rozděluje procesy podle jejich zralosti:

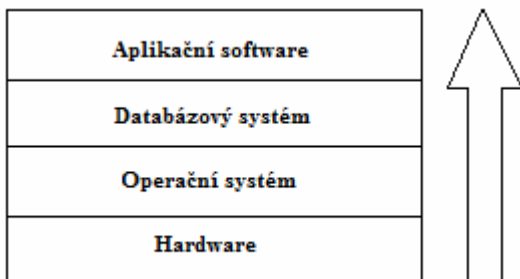
- Neexistující - firma dosud nezpozorovala, že má problémy, které je třeba řešit.
- Náhodný – organizace zjišťuje, že má problémy a chce je řešit.
- Opakovaný, ale pouze intuitivní – snaha o vytvoření standardních procesů, jejich využití je však intuitivní.
- Formalizovaný – zaměstnanci jsou školeni na procesy, které jsou standardizovány.
- Měřitelný – je přidán proces řízení a kontroly, procesy se neustále zlepšují.
- Optimalizovaný – procesy byly vyvinuty do nejlepšího možného stavu.³

² VÍDECKÁ, Z. *Informační podpora procesů*. (přednáška) Brno: VUT 2009.

³ BASL, J. *Podnikové informační systémy*. 2008. s. 115

3.2 Podnikové informační systémy

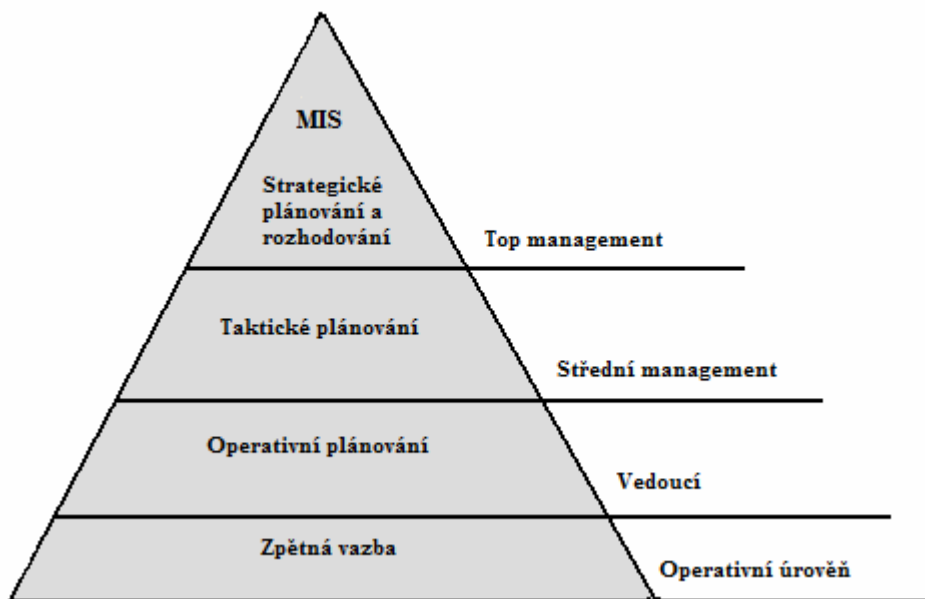
Informační a komunikační technologie se týkají celého podniku, všech jeho oblastí. Informační systém můžeme chápat jako množinu prvků, jejich vzájemných vazeb a určitého chování. Slouží pro sběr, udržování, zpracování a poskytování informací a dat. Datový pohled je taktéž důležitou součástí informační struktury podniku. Lze ho znázornit formou na sebe navazujících vrstev, kde základ tvoří hardware a další vrstvy směřují přes operační, databázový až aplikační software.



Obrázek 9: Technologický model podnikového informačního systému podle Basla

Na informační systémy můžeme nahlížet z několika pohledů:

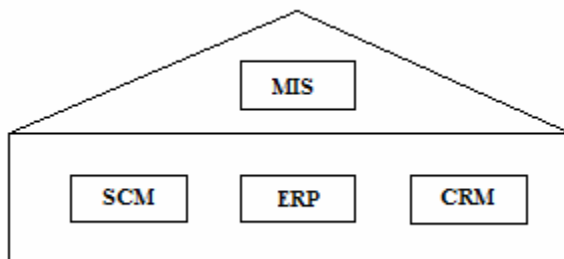
- z pohledu úrovně řízení – strategické, taktické a operativní – viz obrázek 10
- z pohledu okolí – sledujeme klíčové toky dat a úlohy vně podniku
- z pohledu výroby a odbytu – manažerský informační systém



Obrázek 10: Informační systémy z pohledu úrovně řízení

MIS (Management Information Systems - Manažerské informační systémy)

Těmto druhům systémů říkáme také EIS (Executive Information Systems). MIS je systém, který poskytuje informace potřebné k řízení organizace. Manažerské informační systémy jsou považovány za součást celkové vnitřní kontroly v podniku, které se týkají uplatnění technologií, lidí, dokumentů a postupů řízení. MIS je často označováno jako BI (Business Intelligence). Základním cílem BI je eliminace nedostatků informačních systémů, vytvoření lepších předpokladů pro zkvalitnění rozhodovacích procesů a zvýšení konkurenceschopnosti firmy.



Obrázek 11: Informační systém, rozšířený model ERP podle Basla

- **SCM** (Supply Chain Management) – řízení dodavatelského řetězce
- **ERP** (Enterprise Resource Planning) – jádro IS podniku (zahrnuje integraci výroby)
- **CRM** (Customer Relationship Management) – řízení vztahu se zákazníky
- **MIS** (Management Information Systems) – manažerská nástavba, využití datových skladů⁴

Manažerské informační systémy jsou odlišné od pravidelných informačních systémů v tom, že se používají k analýze jiných informačních systémů používaných v operativní činnosti v organizaci.⁵ MIS je na vrcholu pyramidy IS a získává data z nižších stupňů podnikového informačního systému. Díky propojení těchto zdrojů umožňuje efektivní rozhodování managementu.

⁴ KOCH, Miloš. *Management informačních systémů*. 2006. s. 8-9.

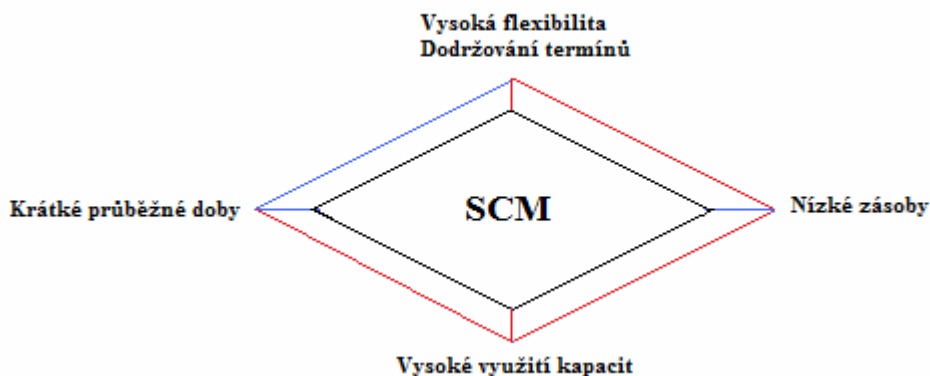
⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Management_information_system

3.2.1 SCM (Supply Chain Management)

Zabývá se řízením dodavatelského řetězce. Dodavatel a firma by měli spolupracovat, vyměňovat si navzájem informace, které by mohly vést ke snížení času dodávek, nákladů spojených se skladováním a zvýšit jejich spolehlivost. Cílem SCM je optimalizovat řízení a maximální efektivitu provozu, dodavatelského řetězce s ohledem na konečného zákazníka. Tedy snížení nákladů, úspora času, zvýšení spokojenosti zákazníka. Řízení dodavatelského řetězce se díky možnostem informačních technologií stává jednou z konkurenčních výhod podniku a zkracuje tak čas na zpracování. Klasický dodavatelský řetězec, který byl znázorněn lineárně:

dodavatel → výrobce → distributor → prodejce → zákazník

Tok zboží směřoval od dodavatele ke konečnému zákazníkovi a hlavní tok finančních prostředků a služeb proudil v opačném směru. Od zákazníka až k dodavateli proudí informační tok. V dnešní době tyto dva toky nebývají sledovány současně a nejsou tak lineárně propojeny. Tok materiálu není synchronizován s tokem peněz. Díky možnostem internetu se mohou podniky propojit a poskytnout tak požadovaný konkurenceschopný produkt za co nejnižší náklady. Následující obrázek značí základní cíle SCM a ERP. Červeně spojené body značí konflikt a modře spojené harmonii.



Obrázek 12: Základní cíle SCM a ERP⁶

⁶ VÍDECKÁ, Z. *Podnikové informační systémy*. (přednáška) Brno: VUT 2008.

SCM sleduje zásobování, výrobu, skladování a distribuci. Hlavní cíl v zásobování je zajištění materiálu a dílů včas. Patří sem procesy jako průzkum trhu, výběr dodavatelů, kontrola zboží, doprava a skladování zboží. Toto je možné zajistit např. databází potencionálních dodavatelů, data mining, integrace dodavatelů. Ve výrobě sleduje procesy řízení zakázky, výrobní plánování, inventury a operativní řízení výroby. Opatřením těchto problémů může být standardizace, pokročilé plánování nebo simulace. V oblasti distribuce jsou procesy vedení evidence dopravců, přepravních tras, čerpacích stanic, dodávek a objednávek. SCM obsahuje jak informační technologie (ERP, APS, Optimalizace, Simulace) tak komunikační technologie (Standardy – XML, EDI a Standardní software - SAP).

3.2.2 ERP a ERP II (Enterprise Resource Planning – Integrované systémy řízení podniku)

ERP jsou v zásadě integrované systémy, které slouží ke správě vnitřních a vnějších zdrojů, včetně hmotného majetku, finančních prostředků, materiálu a lidských zdrojů. ERP systémy jsou součástí softwarové architektury, jejichž cílem je usnadnit tok informací mezi všemi obchodními funkcemi uvnitř podniku a vnějším okolím. Jsou postaveny na centrální databázi, která využívá společné platformy a sjednocuje všechny obchodní činnosti v jednotný celek. ERP ovlivňuje podnikové procesy, které v mnoha případech automatizuje a je také úzce spjat s reengineeringem podnikových procesů.

ERP v podniku zajišťuje hlavně správu kamenných dat, především kusovníků, technologických postupů, pracovišť, skladování a financí. Pomáhá s plánováním zdrojů potřebných pro realizace obchodních zakázek, s dodržováním termínů, sledováním nákladů a zpracování výsledků všech aktivit. ERP pokrývají hlavně dvě funkční oblasti:

- *logistiku – zahrnuje celkovou logistiku, tj. nákup, skladování, výrobu a distribuci*
- *finance – zahrnuje veškeré účetnictví a také podnikový controlling*

Řešení ERP jsou velmi nákladná. Proto pro menší firmy se používají odlehčené verze ERP systémů, jako např. SAP, nebo systémy vzniklé přidáním nových funkcí do účetních balíků, např. ABRA. Podmínkou pro úspěšné zavedení ERP systému do podniku je integrace dodavatele, implementátora a uživatelů.

Přínosem systému ERP je to, že poskytuje rychlý a spolehlivý přístup ke klíčovým informacím. Umožňuje tak sledovat náklady výroby, finanční toky a hodnotu zásob. V systémech ERP můžeme sledovat tři základní přístupy k zefektivnění fungování podniku. Jsou to Just-in-time, MRP II a TOC, budu se jim věnovat v kapitole Moderní přístupy k řízení výroby.

Rozšířením ERP vznikla ERP II (extended ERP), kterou můžeme charakterizovat jako komplexní řešení aplikačních software, zahrnuje v sobě technické vlastnosti a funkcionalitu třech hlavních systémů – SCM, CRM a BI. ERP II má v sobě integrované všechny tyto samostatné aplikace a srozumitelné uživatelské rozhraní.

3.2.3 CRM (Customer Relationship Management)

Customer relationship management je podporovaný proces shromažďování, zpracování a využití informací o zákaznících firmy pomocí databázových technologií. Umožňuje tak poznat, pochopit a předvídat potřeby, přání a nákupní zvyklosti zákazníků a podporuje oboustrannou komunikaci mezi firmou a jejími zákazníky. Jako CRM v přeneseném smyslu se též označuje softwarové, hardwarové a personální vybavení firmy, které je výkonem těchto funkcí pověřeno. Celkovým cílem je najít, přilákat a získat nové klienty, vychovávat a udržet si je a snížit náklady na marketing a klientský servis. CRM využívá různých technologií na udržení zákazníků, např. mobilní technologie, internet, datové sklady. Praktický příklad CRM jsou Call centra.

Existuje několik typů CRM – operativní, analytické a kooperační. Operativní CRM je především podporou business procesů pro "front office", zahrnující prodej, marketing a služby. Všechna komunikace se zákazníkem je sledována a uchována v databázi. Používá se především při tvorbě marketingových kampaní nebo automatizace prodejního servisu. Analytické CRM optimalizuje efektivnost marketingových kampaní a jejich vyhodnocování, hledá potenciální distribuční kanály, analyzuje chování zákazníků a má důležitou roli v rozhodování.⁷

⁷ www.wikipedia.org

3.2.4 APS (Advanced Planning Systems, Advanced Planning and Scheduling Systems)

Součástí SCM je silná vazba na plánování výroby. Tato oblast je v rámci IS označována jako APS, systémy pro pokročilé plánování. Systémy mají podobnou roli jako SCM. Pokročilé plánování a rozvrhování se zabývá procesem řízení výroby tak, aby byly optimální výrobní kapacity a materiál a byly tak uspokojeny všechny poptávky. APS je obzvláště vhodný pro prostředí, kde nemohou být procesy řešeny pomocí jednodušších metod plánování. Tradiční plánování systémů (např. zdroj plánování výroby) využívá postupně přidělovaného materiálu a výrobních kapacit. Tento přístup je jednoduchý, ale těžkopádný, a není snadné se přizpůsobit změnám v poptávce, zdroj kapacity nebo dostupnosti materiálu. Materiály a kapacity se plánují samostatně. APS se využívá, když je přítomna jedna nebo více z těchto podmínek:

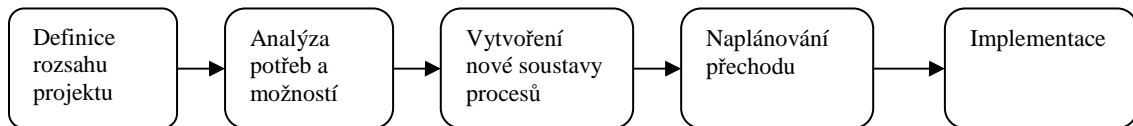
- *kapitál – náročné výrobní procesy, kde je kapacita zařízení omezena*
- *výrobky, které vyžadují velký počet komponent nebo výrobních úkolů*
- *výroba, která vyžaduje v kalendáři časté změny, které nelze předvídat dříve*

APS je přínosem pro podnik v podobě přesných rozvrhů výroby, spolehlivé výrobní plány, neustálý přehled o zakázkách, profil vytížení zdrojů, podstatné zkrácení plánovacích procesů. Do této kategorie můžeme zařadit modelovací software Witness díky své využitelnosti při plánování výroby.

3.2.5 BSP (Business System Planning) a BPR (Business Process Reengineering)

Je to metoda firmy IBM, určená k analýze a návrhu tzv. informační struktury organizace. Zjišťuje se, jaká je současná organizační struktura, jaké existují podnikové strategie a jaké probíhají v podniku procesy a s nimi logicky související rozhodnutí a činnosti potřebné k řízení podnikových zdrojů. BSP pro svoji analýzu využívá techniky informačního kříže nebo maticové shlukové techniky. V této metodě je to nejdůležitější analýza organizace, která se zaměřuje na definování podnikových strategií, definování podnikových procesů, definici třídění dat, analýzu současné informační podpory, projednání výsledků analýzy s vedením a formulace závěrů analýzy.

BPR, dále už jen reengineering, je součástí Business Engineeringu a Business Process Managementu (BPM) a jeho hlavním úkolem je orientace na tržní cíle, diferenciaci výkonů a procesů a optimalizace funkcí podniku. Znamená tedy přehodnocení, radikální rekonstrukci (redesign) a zlepšení podnikových procesů. Výsledkem by mělo být zdokonalení podniku z hlediska výkonnosti, jako jsou náklady, kvalita, rychlost a služby. Hlavní vlastností BPR je zaměření na procesy a organizační strukturu.



Obrázek 13: Model zásadního reengineeringu

V první fázi se definuje rozsah a cíle projektu, pokračuje důkladnou analýzou všech procesů (hlavní, podpůrné a řídicí). Po této důsledné analýze následuje vytvoření nové soustavy procesů a vzájemně je propojit. V závislosti na nové soustavě procesů je třeba naplánovat přechod mezi současným stavem a vizí budoucího stavu procesů a nakonec implementovat. Na jednotlivé etapy použijeme:

- AS – IS: modelování stávajícího stavu procesů a následný popis tohoto stavu, vyhodnocení výsledků a měření.
- TO – BE: návrh a podrobný popis nových procesů a organizační struktury

Principy reengineeringu:

- *vnější zaměření na cílové zákazníky – zjišťuje požadavky a potřeby*
- *vnitřní zapojení maxima lidského potenciálu do činností, které dodávají zákazníkům hodnotu*
- *podněcovat vzdělávací aktivitu zaměstnanců vytvářením kreativního prostředí*
- *zaměřit se na procesy a toky (materiálové, finanční, datové i komunikační)*
- *z procesů odstranit činnosti, které nepřinášejí hodnotu, zrychlit dobu vývoje a zpětné vazby*
- *namísto vstupů se zaměřit na výstupy*
- *změna manažera z „velitele“ na „kouče“, který podněcuje, pomáhá a usnadňuje*
- *liniové vedoucí nahrazovat v organizaci spíše pracovními týmy*

3.3 Modely řízení výroby

Rozeznáváme dva hlavní přístupy k řízení výroby. Termín push a pull je orientován na logistiku a řízení dodavatelského řetězce, ale je také široce používán v oblasti marketingu. Push-pull systém v podniku popisuje pohyb výrobku nebo informací mezi dvěma objekty. Na trzích spotřebitelů se obvykle „tahá“ zboží nebo informace podle jejich potřeb, zatímco nabízející a dodavatelé „tlačí“ ke spotřebitelům.

3.3.1 Princip tlaku (push system)

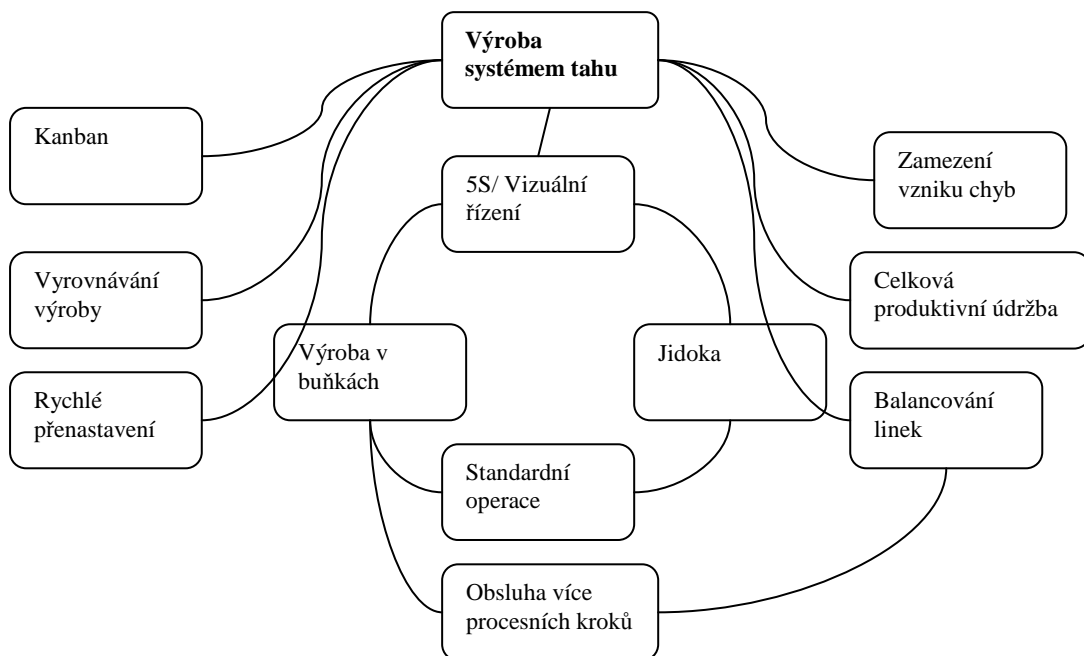
V systému tlaku je produkce realizována dle výrobního plánu a dostupnosti materiálu, který výrobním procesem protlačuje danou zakázku. Jiný význam push strategie v marketingu lze nalézt v komunikaci mezi prodávajícím a kupujícím. V závislosti na použitých informacích může být komunikace buď interaktivní, nebo non-interaktivní. Například, pokud prodávající propagaci prostřednictvím televize nebo rádia, není interakce s kupujícím možná. Na druhé straně, jestliže sdělení je prostřednictvím telefonu nebo internetu, kupující má možnost komunikovat s prodávajícím. V prvním případě jsou informace "tlačeny" ke kupujícímu, zatímco ve druhém případě je možné pro kupující požadovat potřebné informace, podle jeho požadavků. Znaky push systému:

- *používá se na tu část dodavatelského řetězce, kde je poptávka nejistá a relativně malá*
- *výroba a distribuce je založená na dlouhodobých prognózách*
- *neschopnost uspokojit měnící se strukturu poptávky*
- *nepřijatelné úrovně služeb*
- *nadměrné zásoby vzhledem k nutnosti velkých bezpečnostních zásob*
- *menší výdaje na reklamu*

Tento princip využívá metoda MRP a MRS, která stanovuje termíny předem pro objednání zboží na základě struktury výrobního programu.

3.3.2 Princip tahu (pull system)

V "pull" systém spotřebitel požaduje produkt a "vytáhne" ho prostřednictvím poskytovacího kanálu. Příkladem toho je výrobní společnost Ford Austrálie. Ford Austrálie vyrábí pouze automobily, které byly objednány od zákazníků – na zakázku. Jsou to tedy odběratelé a zákazníci, kteří rozhodují o tom, co se bude vyrábět a kdy. Ideální je model, kdy je přesné počet zboží jako počet požadovaný zákazníky. Je to tržně orientovaný přístup k výrobě. Sem patří hlavně metoda KANBAN a JIT. Je to klíčový nástroj používaný ve výrobě systémem tahu. Souvislost s výrobou systémem tahu má i štíhlá výroba nebo výroba právě včas (Just-in-time), je systémem metod pro odstranění plýtvání ve výrobním procesu.



Obrázek 14: Související metody v systému štíhlé výroby

- **5S** – se zaměřuje na plýtvání způsobené nepořádkem, tzn. pohozené nebo chybějící nástroje, které nemají doposud své místo uložení, špatně označené materiály a součástky, skladovací prostory a přeplněné průchody.
- **TPM** – zabývá se ztraceným časem a náklady při neplánovaných odstávkách.
- **Kanban** - napomáhá odstranit nadvýrobu a rozpracované zásoby.
- **Rychlé přenastavení** – se zaměřuje na snížení času potřebného ke změně času nastavení výrobního zařízení.

- **Metody zabezpečení proti chybám** – odstraňuje ztracený čas a náklady spojené s procedurami, které vedou k chybným krokům.
- **Standardizace** – určuje standardní postupy pro každou výrobní operaci a snaží se o její dodržování a zlepšování jednotlivých procesů.
- **Jidoka** – neboli „lidská automatizace“ je proces, který umožňuje pracovníkům zastavit linku v případě, že dochází k vadám, a odstranit zdroje těchto vad.
- **Balancování linek** – přesun pracovníků na linky, kde je největší výroba.⁸

Jediným způsobem na zkrácení průběžné doby výroby je metoda štíhlé výroby. Přejedem na výrobu systémem tahu nezbytně ovlivní informační stranu výroby. Změní se totiž kompletně tok informací a nakonec bude mít vliv na výrobní plán.

Tah versus Tlak

Výroba systémem tahu odstraňuje plýtvání materiálu, které vzniká důsledkem tradiční výroby systémem tlaku, kde je materiál v okamžiku dostupnosti přesouván směrem od začátku ke konci výrobního programu. V systému tlaku je dostupnost surovin to, co dává pokyn k výrobě a nákup materiálu je založen na předpovědi poptávky z minulých období. Tento systém má za následek nadvýrobu nebo zpoždění dodávky. Materiál se nám hromadí ve skladištích a na každé kritické křižovatce. Úzká místa se objevují tam, kde procesy nedrží krok s předcházející výrobou.

Push i pull production určují kvantitativní hlediska výroby, odbytu zboží a definují, kdo a na základě čeho o vyrobeném zboží a jeho množství rozhoduje. Hlavními rozdíly mezi oběma systémy je subjekt, který vede analýzu trhu; a který rozhoduje o tom, kolik kusů zboží se ve výsledku dostane na pulty obchodů. Důležitým aspektem, který rozhodne o objemu výroby, jsou tedy informace.

JIT je typickým představitelem systému tahu a metoda MRP II je označována jako tlačný systém. Nejmladší z těchto metod TOC představuje jejich kombinaci, kde tvoří dělící rovinu mezi pull a push principem tzv. úzké místo.

⁸ Vývojový tým vydavatelství Productivity Press. *Systém tahu ve výrobním prostředí*, s. 2.

3.4 Moderní přístupy k řízení výroby

Za účelem eliminace neefektivnosti dříve používaných systémů výroby byly vyvinuty nové ucelené koncepty výroby, které vychází z určitých principů a přístupů k výrobnímu managementu. Jejich cílem je odstranit nedostatek strategického přístupu k řízení výroby, používání zastaralých koncepcí řízení a odstranit nedostatečnou podporu řízení výroby informačními technologiemi.

3.4.1 MRP a MRP II (Material Requirement Planning)

MRP (plánování požadavků materiálu) je koncept, který byl vyvinut počátkem 60. let v USA. Původně byl zaměřen spíše na řízení zásob materiálu než na plánování a řízení průběhu výroby. Jeho podstatou je nahrazení do té doby všeobecně využívaného řízení zásob dle norem efektivnějším způsobem, který se zakládá na adresném objednávání materiálu dle skutečných potřeb výroby. Při plánování výroby se bere v úvahu i stav disponibilních zásob. Výpočty analýzy MRP jsou poměrně jednoduché, příslušné výpočtové modely jsou součástí programových systémů pro řízení výroby. Při použití MRP systému dojde téměř vždy ke snížení objemu vázaných oběžných prostředků a rovněž ke snížení nákladů na pořizování a udržování zásob. Nevýhodou tohoto systému je v tom, že plánování je uskutečňováno podle informací vycházejících z hrubého rozvrhu výroby.⁹

Mezi základní charakteristiky MRP patří:

- **Orientace na produkt** – funguje na bázi výpočtu, který vychází ze struktury výrobku dané všemi materiálovými položkami potřebnými pro výrobek.
- **Orientace na budoucnost** – místo statických dat vychází při plánování ze základních údajů v souborech a očekávaných potřeb
- **Respektování požadavků v čase** – v úvahu jsou brány nejen kvantitativní požadavky na materiálové položky, ale i jejich průběžné doby objednání
- **Respektování priorit** – s ohledem na potřeby zákazníků a výrobního plánu¹⁰

⁹ KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*, s. 57.

¹⁰ BASL, J. *Podnikové informační systémy*, s. 142.

Výpočet materiálových potřeb v MRP

Pomocí kusovníku, stavu skladových zásob a plánu výroby stanovuje materiálové požadavky. Stanovuje návrhy na nákup materiálu a výrobní příkazy vyráběných skupin a dílů. Základem výpočtu je hodnota požadavků zákazníka nebo prognóza trhu určená pro nejvyšší položku v kusovníku v rámci výrobního plánu. Ta je ponížena o výši skladových zásob a předpokládaných příchodů materiálu.

Požadavky výrobního plánu

+ alokace

- předpokládaná výše skladových zásob

- předpokládané příchody materiálu (objednávky)

= čisté požadavky na materiál, objednávky na nákup či výrobní příkazy

Hlavním problémem MRP systémů je integrita dat. Jestliže jsou nějaké chyby v datech, obvykle v kusovníku nebo ve výrobním plánu (MPS – master production schedule), pak výstupní data budou také nesprávné (GIGO: Garbage in, garbage out). Většina prodejců těchto systémů doporučuje alespoň 99% integrity dat, aby byly užitečné výsledky. Dalším velkým problémem systémů MRP je stanovit, jak dlouho bude trvat firmě, než vyrobí výrobek z jeho částí (za předpokladu, že jsou všechny dostupné). Na použití MRP systému je potřeba proškolení značného množství pracovníků.

Metoda MPR plánuje objednávky s ohledem na minimální skladové zásoby a potřebného času, čímž vede ke snížení finančních prostředků. Lze aplikovat jak na položky, které jsou nakupovány od dodavatelů, tak na sestavy, které jsou součástí složitějších předmětů.

Požadavek na sladění výše rozebraných metod (MRP, CRP, MPS a zpětné vazby) vytváří modernější aplikační metodu nazývanou MRP II (Manufactory Resource Planning, která je napojena i na plán obchodu a nákupu a rovněž finanční analýzu.

V 70. letech zdokonalením systému MRP vznikl systém MRP II, který měl podrobný rozvrh výroby, těsnější propojení objednávek materiálu s podrobným rozvrhem výroby a s kapacitními propočty. Hlavním přínosem je výrazné snížení vázanosti oběžných prostředků, úspory nákladů na pořizování a udržování zásob.

3.4.2 TOC (Theory of Constraint)

Teorie omezení (TOC) je celková filozofie řízení zavedená Dr. Eliyahu M. Goldratt v jeho 1984 knize s názvem *The Goal*, který je zaměřen na pomáhání organizacím k dosažení jejich cíle. Název pochází z tvrzení, že jakkoliv zvládnutý systém je omezen v dosažení svého cíle tím velmi malým počtem omezení, a že je vždy alespoň jedno omezení. Základním předpokladem teorie omezení je skutečnost, že organizace mohou být měřena a kontrolována na tři opatření: propustnost, provozní náklady a zásoby. Propustnost jsou peníze (nebo cíl jednotek), které vznikají při prodeji. Zásoby jsou peníze investované do systému, aby prodával své zboží a služby. Provozní náklady jsou všechny peníze, které utratí systém, aby zásoby měly propustnost. Proces TOC se snaží identifikovat omezení a restrukturalizovat zbytek organizace kolem ní, pomocí pěti kroků:

1. *Identifikuje se omezení (zdroj, který brání podniku dosažení vyšších cílů).*
2. *Rozhodněte se, jak využívat omezení (ujistěte se, že omezení čas není promarněný dělat věci, které by neměl dělat).*
3. *Podřídit všechny další procesy výše uvedenému rozhodnutí (přizpůsobit celý systém nebo organizace na podporu rozhodnutí).*
4. *povýšit omezení (v případě potřeby nebo je-li to možné, trvale zvýšit kapacitu omezení; "koupit více").*
5. *Jestliže je v důsledku těchto kroků omezení v pohybu, vraťte se na krok 1.*

Těchto pět kroků mají za cíl zajistit zlepšování úsilí hledání omezení v organizaci. V literatuře je TOC jen jako "proces neustálého zlepšování" (POOGI). Tyto kroky jsou klíčové kroky k zaměření rozvoji specifických aplikací uvedených níže.

Omezení je cokoli, co brání systému dosáhnout více svých cílů. Existuje mnoho způsobů, jak omezení můžeme ukázat, ale základní zásady v rámci TOC je, že nejsou desítky nebo stovky omezení. Tam je přinejmenším jeden a nanejvýš několik v daném systému. Omezení mohou být interní nebo externí k systému. Interní omezení jsou zjevná, když vyžaduje více ze systému, než je schopen dodávat. Pokud tomu tak je, pak zaměření organizace by měla být na zjištění, že se zde nachází omezení a pomocí pěti kroků jej odstranit. Vnější omezení existuje, pokud systém může produkovat více, než

je trh schopen unést. Pokud je tomu tak, pak by organizace měla zaměřit na mechanismy vytvoření větší poptávky po jejích produktech nebo službách.

Součástí TOC je OPT (Optimized Production Technology). Snaží se využívat kapacitu úzkoprofilových pracovišť, tzv. bottlenecks (úzkých hrdel). Přínosem OPT je snížení průběžných dob a celkové zvýšení průchodnosti výrobního systému. Plánovací algoritmy OPT jsou vybudovány na následujících pravidlech:

- *rozhodující jsou výrobní toky ve smyslu odstraňování úzkých míst*
- *případné nevyužití některých pracovišť je důsledkem jiných omezení (nemá však smysl, aby nevyužitá pracoviště vyráběla více, pokud úzká místa nemohou absorbovat jejich produkci)*
- *hodina ztráty na úzkém místě je hodinou ztráty celého systému*
- *hodina ušetřená na pracovišti, kde není úzké místo, nemá smysl – je fiktivní*
- *úzká místa určují výkon celého systému a úroveň rozpracované výroby*
- *výrobní dávka by měla být proměnná*
- *dopravní dávka by neměla být rovna výrobní dávce*

Jádrem systému OPT jsou plánovací moduly. OPT je uskutečňováno ve dvou etapách. V první etapě – předběžné plánování se uskutečňuje ve zpětném rozvrhu. Cílem této etapy je odhalit úzká místa a identifikovat kritické a nekritické výrobní zdroje. V následující etapě – finální plánování – plánování pomocí dopředného rozvrhu.

3.4.3 JIT (Just-in-time) a KANBAN

Just-in-time (JIT) je soupis strategie, která usiluje o zlepšení obchodní návratnosti investic snížením zpracovávaného materiálu a související provozní náklady. JIT se soustředí na plynulost toku materiálu. Jsou snižovány průběžné časy výroby redukováním prostoje a přetypováním stroje. Využívá se proměnlivá velikost výrobních dávek. Ke splnění cíle JIT se proces opírá o systém Kanban. Podle systému Kanban lze výrobu rozdělit na „prodavače“ a „kupující“, který pošle štítek (kanban) s požadavkem. Prodavač reaguje dodáním požadovaného výrobku kupujícímu. Metoda vyžaduje

jednosměrný materiálový tok a synchronizaci operací.¹¹ Tento systém, pokud je provedený správně, může zlepšit JIT výrobní organizace návratnost investic, kvality a efektivitu.

Filozofie JIT je jednoduchý, orientuje se na eliminaci pěti základních druhů ztrát: plynoucích z nadprodukce, čekání, dopravy, udržování zásob a nekvalitní výroby. Stručně řečeno, just-in-time systém evidence je zaměřen na materiál, ve správný čas, na správném místě a přesná částka, bez záchranné sítě zásob. Systém JIT je typický pro nákladové strategie:

- *klade důraz na minimalizaci rozpracované výroby*
- *podstatné zkracování průběžných dob výroby*
- *poptávkou tažený systém plánování*
- *redukce seřizovacích časů*
- *používají se velmi malé výrobní dávky*
- *snaha zkracovat přepravní vzdálenost mezi jednotlivými pracovišti*
- *jednoduchost a průhlednost systému*
- *motivace pracovníků a jejich angažování*
- *nevyrábět nic, co se může jinde nakoupit levněji¹²*

Přínosem JIT pro podnik pak bude redukce zásob a rozpracované výroby, redukce skladovacích prostor a kratší průběžné a seřizovací časy, vyšší produktivita a využití pracovišť a strojů, snížení režijních nákladů a zvýšení kvality. Samostatné zavedení JIT je ale náročné a vyžaduje značné náklady.

Lean management

Štíhlá výroba, která je často označována jednoduše jako „Lean“, je výrobní postup, který se domnívá, že vydaje zdrojů pro jakýkoli cíl, než je vytváření hodnoty pro koncového zákazníka, je plýtvání a tak cíl odstranění. Štíhlá výroba je variací na téma účinnost založené na optimalizaci toku, to je současný výskyt opakující se téma v dějinách lidstva ke zvyšování efektivitu, snižování odpadů a pomocí empirických metod

¹¹ BASL, J. *Podnikové informační systémy*, s. 140.

¹² KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*, s. 62.

rozhodnout, na čem záleží a nikoli nekriticky přijímá nápady. Štíhlá výroba je často viděna jako jemnější verze starších úsilí, které naváže na práci předchozích vůdců, jako je Taylor nebo Ford a učení se z vlastních chyb.

3.4.4 KAIZEN

Kaizen znamená zdokonalení a pochází z Japonska, kde je toto jedno z nejčastěji používaných slov. Kaizen (Japonec pro "zlepšení" nebo "změny k lepšímu") se odkazuje na filozofii nebo postupy, které se zaměřují na neustálé zlepšování procesů ve výrobě, strojírenství, podporu podnikových procesů a řízení. Kaizen se odkazuje na činnosti, které je potřeba neustále zlepšovat, všechny funkce a zahrnuje všechny zaměstnance z generálního ředitele až po pracovníky montážní linky. To se vztahuje i na procesy jako je nákup a logistika, přes organizaci dodavatelského řetězce. Od té doby rozšířila po celém světě. Kaizen obsahuje několik stěžejních praktik:

- *orientace na zákazníky*
- *absolutní kontrola kvality a zdokonalování kvality*
- *robotika automatizace*
- *kroužky kontroly kvality*
- *systém zlepšovacích návrhů*
- *disciplína na pracovišti a absolutní údržba výrobních prostředků*
- *Just-in-time a kanban*
- *žádné kazové zboží*
- *dobré vztahy mezi pracovníky všech linií*
- *vývoj nových produktů¹³*

5 kroků hnutí KAIZEN

1. *SEIRI (vytvoř pořádek), identifikuj potřeby a ujasni si, co potřebuješ, co je nezbytné a zbytečné a co odložené – nepoužité nástroje, defektní výrobky, doklady a dokumenty.*

¹³ MASAACKI, Imai. *Kaizen: metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*, s. 24.

2. *SEITON (předměty uskladni na správném místě), věci musejí mít své místo, aby bylo v případě potřeby okamžitě najít a použít.*
3. *SEISO (čistota a úklid), je potřeba udržovat na pracovišti pořádek (nástroje, zařízení i pracovní místo).*
4. *SEIKETSU (osobní vztah k čistotě), přijmout čistotu prostředí za osobní zvyk.*
5. *SHITSUKE (disciplína), je důležité se řídit pracovními postupy dílny.*

Kaizen představuje humanistický přístup, jelikož se předpokládá, že se zapojí všichni pracovníci. Je založena na přesvědčení, že každý pracovník může přispět k zlepšování. Strategie Kaizen se snaží věnovat jak procesu, tak výsledku.

3.4.5 Diferencované řízení zásob - metoda ABC

Vychází ze známého Paretova principu 20/80. Tvoří zákonitost mezi příčinou a následkem. Obecně lze tedy vyjádřit pravidlo tak, že 20% příčin způsobuje 80% následků. Prakticky je to, že 20% výrobků tvoří 80% zisku. Metoda je založená na diferencovaném přístupu k zásobám nebo určitým aktivitám, které se zařazují do tří skupin. Skupina A zahrnuje malý počet druhů zboží, ale velký podíl na celkové spotřebě podniku. Věnuje se jí největší pozornost. Skupina C zahrnuje velký počet druhů zboží s malým podílem na spotřebě, skupina B je střední podíl, tj. různorodé druhy zboží.

Paretovo pravidlo neplatí pro systém vzájemně závislých prvků. Při zlepšování firmy nedojde k vyřešení 80% problémů při odstranění 20% příčin, ale je nutné najít to 1% příčin, které odstraní 99% problémů. Analýza není náročná, stačí použít údaje o tržbách uplynulého období podle jednotlivých vybraných výrobků, seřadit je podle velikosti stoupajícího obratu a určit podíl tržeb v procentech z celkových tržeb firmy. Realizuje se v několika krocích: definování místa analýzy, sběr a uspořádání dat, lorenzova kumulativní křivka (tato křivka vznikne tak, že se kumulativně sečtou hodnoty u jednotlivých dat a vynesou se do grafu), stanovení kritéria rozhodování, identifikace hlavních příčin a stanovení nápravných opatření.

3.5 Modelování procesů

Není důležité jen znát, jak vypadá simulace, ale je také ji třeba umět naprogramovat. Pomůže nám tak reprezentovat model výroby v počítači. Psaní programu můžeme rozdělit na dvě části. První je simulační jádro a druhé vlastní realizace konkrétních objektů. Simulační jádro obsahuje jednotlivé procesy a události, zajišťují hlavní běh simulace. Procesy mohou být naplánovány nebo zrušeny. Pokud je simulace interaktivní, musíme mít možnost jednotlivé procesy krokovat, abychom si stihli pořádně promyslet, co se kde děje. Druhá část už je pak závislá na konkrétní simulaci.¹⁴

Vlastní proces sestavení modelu označujeme jako modelování. K popisu podnikových procesů slouží řada nástrojů, základním je diagram procesů. Základem modelu jsou objekty, které s procesem souvisejí:

- *Cíle – kterých chceme pomocí procesu dosáhnout.*
- *Vstupy – objekty, které proces přetváří nebo spotřebovává.*
- *Výstupy – objekty, které jsou výsledkem nebo produktem procesu.*
- *Podpůrné objekty – informace, které jsou procesem využívány.*
- *Řídící objekty – řídí běh procesu.*¹⁵

3.5.1 Rozdělení modelů

Vzhledem k rozsáhlosti a složitosti reálných objektů se musíme rozhodnout, jaký druh modelů použijeme. Je celá řada způsobů a hledisek rozdělení modelů a uvedu zde jen některé klasifikace:

1. podle I. Grose¹⁶

- *dle fyzické podoby modelu*
 - analogové modely – funkční obdoby reálných modelů
 - matematické modely – vyjádřené pomocí matematických výrazů a symbolů

¹⁴ URL: <http://kam.mff.cuni.cz/~kuba/vyuka/programovani/xaver/diskretni_simulace.html>

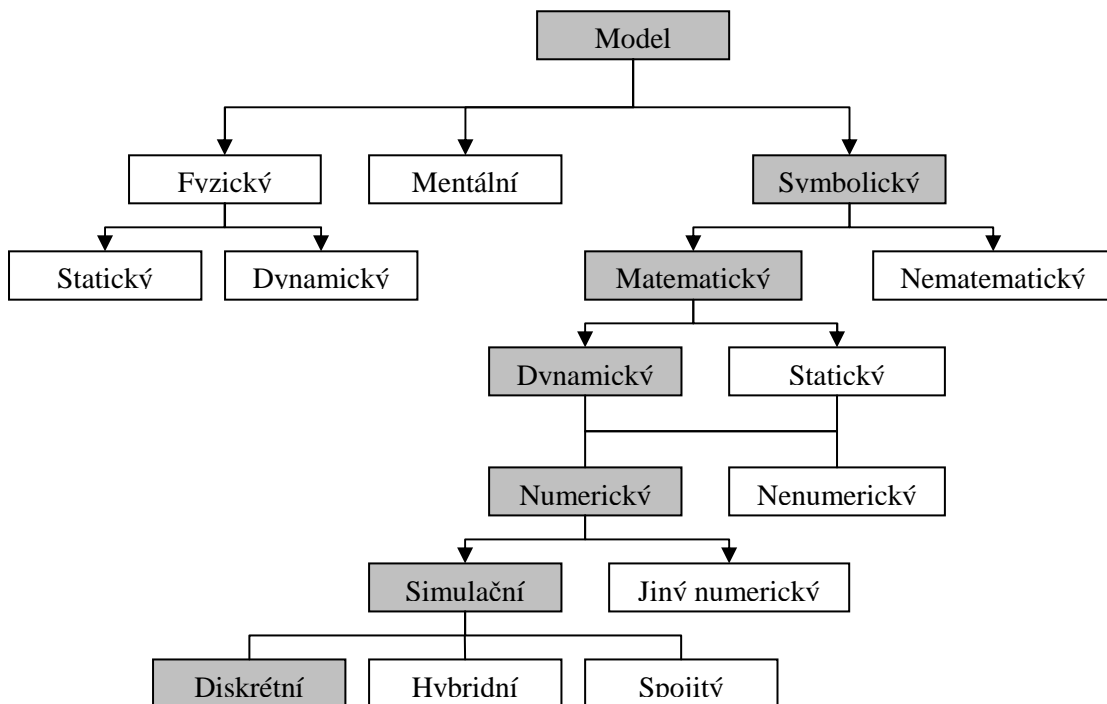
¹⁵ BASL, J. *Podnikové informační systémy*. 2008. s. 113.

¹⁶ GROS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 2003. s. 19.

- zmenšené repliky reálných modelů
- *dle očekávaného použití*
 - popisné modely – vyjadřují základní vztahy v reálném objektu a snaží se vytvořit podklady pro hodnocení jeho úrovně. Dávají manažerům možnost jednoduchého srovnávání různých variant řešení problémů
 - prognostické modely – jsou používány pro odhad budoucího vývoje. Opírají se o statistickou analýzu vývoje časových řad, a proto je označujeme za statistické modely
 - optimalizační modely – cílem těchto modelů je hledat nejlepší variantu řešení

Proces tvorby modelu není jednoduchá záležitost, a proto je dobrým východiskem pro vlastní sestavení modelu jeho grafické znázornění.

2. podle J. Daňka¹⁷



Obrázek 15: Klasifikace modelů

¹⁷ <http://www2.humusoft.cz/www/pub/witness/ppt/inovacia2002/index.htm>

Jako další rozdělení můžeme považovat na matematické, schematické a grafické. V mé práci se zaměřím na simulační modely, konkrétně na diskrétní. Diskrétní modely jsou založené na velmi podrobné simulaci a poskytují detailní výsledky.

3.5.2 Diskrétní a spojité simulační modely

V případě diskrétních-simulace, je provoz systému reprezentován jako chronologický sled událostí. Každá událost nastala v okamžiku v čase a představuje změnu stavu v systému. Diskrétní simulační modely slouží většinou pro modelování konkrétních operací. Díky těmto operacím je pak možné sladit potřeby různých pracovišť, snížit náklady na výrobu nebo zlepšit průchod výrobou. Diskrétní simulace využívá některé složky, které jsou pro ni typické a reprezentují každý diskrétní systém. Složky diskrétní simulace:

- **Čas** – mění se skokově v závislosti na nastavené jednotky (dny, hodiny, atd.)
- **Události** – jsou to změny v daném systému, který simulujeme (např. příchod zákazníka do obchodu). Můžeme je vyjádřit změnou stavu entity a časem, kdy ke změně dochází. Události jsou prováděny postupně nebo současně zaráz. Vystává ovšem problém synchronizace a zajištění správné následnosti událostí.
- **Generátor náhodných čísel** – ke generování čísel se využívají pseudonáhodné generátory. Pseudonáhodná čísla se využívají k napodobení reálných podmínek.
- **Statistiky** – výstupem simulace jsou statistická data získaná při simulaci, která musíme dále zpracovat, abychom získali výsledné informace.
- **Koncové podmínky** – Simulace by mohla pokračovat do nekonečna, a proto je nutné zavést koncové podmínky, kdy simulace skončí.¹⁸

Diskrétní model je užitečný na nižších úrovních řízení podniku, například při řízení výrobních procesů. Na strategické úrovni již takové uplatnění nenacházejí, protože jejich podrobnost, konkrétnost a zaměření na určitý proces neumožňuje efektivně vnímat podnik jako celek.

¹⁸ http://cs.wikipedia.org/wiki/Diskrétní_simulace

Spojité modely, na rozdíl od diskrétních, jsou používány na agregované úrovni, tzn. že reprezentují jejich stavy a změny v čase. Takovým agregovaným stavem může být např. výkonnost podniku. V praxi spojité modely používáme například jako nástroj pro podporu strategického rozhodování, marketingových plánů a pro zpracování podnikatelského plánu.¹⁹

3.5.3 Standardy pro modelování procesů

Oblast modelování podnikových procesů je relativně čerstvá problematika, proto je zde důležitá standardizace. Z nedostatečné standardizace oblasti plynou problémy. Celkový přehled významných standardů v oblasti modelování podnikových procesů udává například institut CIMOSA Association e.V. Standardy pro modelování procesů jsou:

- **ISO 14528** – specifikuje základní pojmy a pravidla modelování organizace za účelem dosažení univerzálnosti modelování podnikových procesů. Definuje životní cyklus systému a jeho základní fáze.
- **ISO 15704** – požadavky na referenční architekturu organizace a metodiky. Metodikami rozumíme jakékoliv metodiky modelování podniku obecně. Tento standard vyjmenovává požadavky na vlastnosti podnikových referenčních architektur a metodik.
 - *Rámce – obsah a celkový přehled modelování a vazby modelu na reálný systém*
 - *Jazyky – způsob modelování podniku a jeho procesů (UML²⁰, BPML²¹, BPMN²², WfMC²³)*
 - *Moduly – zaměřené přímo na automatizaci podnikových procesů*
- **ISO 18629** – Process specification language - zahrnuje sémantiku pro popis základních pojmů výrobního procesu

¹⁹ <http://www.simulace.cz/media/art/modsim.pdf>

²⁰ UML – Unified Modeling Language

²¹ BPML – Business Process Modeling Language

²² BPMN – Business Process Modeling Nation

²³ WfMC – Workflow Management Coalition

Standardy IDEF (the Integrated DEFinition) jsou pro komplexní podporu modelování podnikové architektury. V současné době je v rámci IDEF vyvinuto šest metod (IDEF0, IDEF1, IDEF2, IDEF3, IDEF4, IDEF5), dalších osm metod je ve vývoji. Vzhledem k zaměření mé diplomové práce je nejzajímavější IDEF3, která se věnuje popisu procesů. IDEF3 byla vytvořena pro popis chování systému a všech procesů, které se v něm vyskytují. Metoda využívá k popisu dvě základní strategie: strategii zaměřenou na procesy a strategii zaměřenou na objekty.

3.6 Simulace

Simulace je napodobování nějaké skutečné věci, stavu nebo procesu. Simulace je používána v mnoha kontextech, včetně modelování přírodních systémů nebo lidských systémů s cílem získat vhled do jejich fungování. Další kontexty zahrnují simulační technologie pro optimalizaci výkonu, bezpečnostní inženýrství, testování, školení a vzdělávání.

Počítačová simulace je moderním nástrojem pro analýzu všech složitých podnikových procesů. Pokouší se vytvořit na počítači model reálného života nebo hypotetickou situaci tak, aby mohla být studována, jak systém funguje. Změnou proměnné pak může být sledováno chování systému. Počítačová simulace se stala užitečnou součástí modelování mnoho přírodních systémů ve fyzice, chemii a biologii, a lidských systémů v ekonomice a společenských vědách, stejně jako ve strojírenství získat vhled do fungování těchto systémů. Moderní použití termínu "počítačové simulace" může zahrnovat prakticky jakékoli počítačově založené reprezentace.

Simulace je také numerická metoda, která studuje složité pravděpodobnostní dynamické systémy pomocí experimentování s počítačovým modelem. Konkrétně touto simulací se budu zabývat v mé diplomové práci. Cílem je popis modelovaného systému, poznání funkcí a struktury a nakonec nalezení vhodného řešení daného problému. Počítačová simulace diskretních událostí se stává důležitým podpůrným nástrojem v oblasti zefektivňování provozu výrobních systémů. To je způsobeno mimo jiné její schopností napodobovat a sledovat stochastické i dynamické vlastnosti jednotlivých procesů a tak předpovídat jejich chování v systému.

3.6.1 Oblast využití simulace²⁴

Počítačová simulace má široké využití jako nástroj při manažerském rozhodování. Počítačovou simulaci je možné nasadit při řešení celé řady projekčních, logistických, obchodních, výrobních, popř. personálních úloh. Pro simulaci získáváme data, která jsou nezbytná pro model a která nebyla doposud sledována. Poskytuje nám možnost vizualizace procesu výroby, což samo o sobě může poskytnout nový pohled na výrobu. Využívá se při:

- *„Optimalizaci“ obchodních procesů:*
 - stanovení „optimální“ výrobní strategie
 - předpovídání „skutečných“ nákladů na zakázku
- *Plánování a řízení výroby:*
 - plánování celopodnikových zdrojů a dílenské výroby
 - přidělování zakázek jednotlivým výrobním celkům
- *Analýze výrobních systémů:*
 - identifikování a odstranění úzkých míst
 - odhalování rezerv důkladným rozborem nejrůznějších činností
 - „co - když“ analýzy
- *Zlepšení logistických koncepcí:*
 - eliminace skladů a zásob
 - redukce rozpracované výroby a průběžných dob
 - určování výrobních a transportních dávek
 - sladění dodávek surovin a polotovarů s výrobou
 - zabezpečení expedice
- *Projektování výrobních systémů:*
 - projektování inovačních změn stávajících výrobních systémů;
 - zjištění požadavků na kapacity pro zajištění plynulosti výroby;
 - návrh dispozičního uspořádání;
 - „optimalizace“ uspořádání jednotlivých prvků celku;
 - zkušební provoz.

²⁴ <http://www.humusoft.cz/archived/pub/witness/manlig/manlig2.htm>

3.6.2 Simulační programy

V dnešní době je na trhu velké množství simulačního softwaru a nabízejí komfortní vizuální prostředí. Uvádím tedy zde jen stručný přehled produktů pro získání základní orientace. Lze je prakticky rozdělit na aplikační simulační programy a simulační jazyky univerzálního určení. Většina simulačních programů má formu tzv. vizuálního interaktivního modelovacího systému.

ARENA – je obecný simulační jazyk s grafickou animační nadstavbou. Je to simulační a automatizační software vyvinutý Rockwell Automation. Používá procesor Siman a simulační jazyk. ARENA simulační software pomáhá chránit firmu analyzováním dopadu nových procesů, "what-if" podnikatelské nápady, pravidla a strategie před implementováním do reálného života, aniž by došlo k narušení provozu.

MEDMODEL se používá hlavně na simulaci ve zdravotnictví a byl vyvinut společností PROMODEL Corporation. Umožňuje nemocnicím, ostatním zdravotnickým zařízením a zdravotním pojišťovněm plánovat kapacity, reengineering, analýzu na pacienta orientované péče, plánování personálu, plánování zdrojů, design ordinací a prostorů, plánování technického vybavení, logistickou analýzu, plánování pohotovostních služeb a hledání cest ke snižování nákladů.²⁵

PROMODEL – projektování a plánování výrobních systémů.

SIMPROCESS – simulace podnikových procesů. Integruje v sobě mapování procesů, diskrétní simulaci a activity-based costing

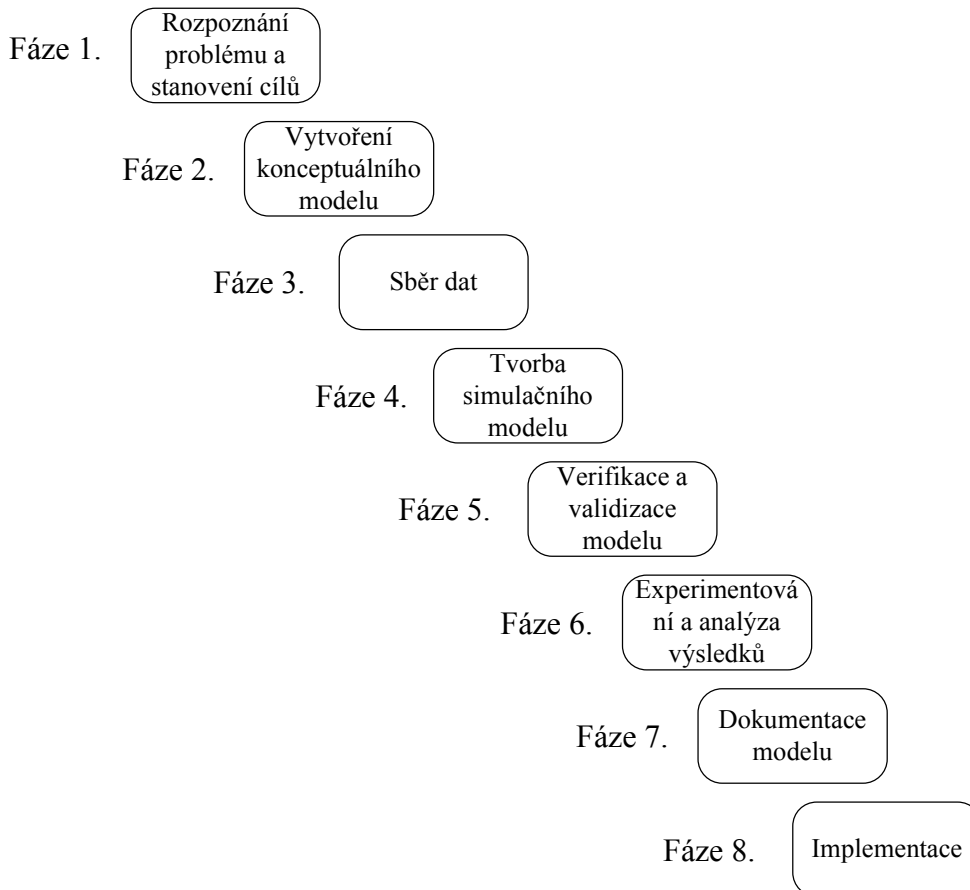
SIMUL8 – simulace podnikových procesů a podpora rozhodování. SIMUL8 umožňuje vytvořit vizuální model zkoumaného systému a nabízí animaci běhu modelu.

WITNESS – vyvinutý firmou Lanner Group, kterou na českém trhu zastupuje firma HUMUSOFT. Je určen zejména pro simulaci a optimalizaci výrobních procesů. Tomuto programu se budu věnovat konkrétněji v další kapitole.

²⁵ <http://www.proverbs.cz/default.asp?id=5&mnu=5>

4 PRAKTICKÝ POSTUP MODELOVÁNÍ

Cílem mého simulačního projektu je zlepšení podnikových procesů a procházejí určitými fázemi projektu. Tato část diplomové práce se zabývá praktickým postupem modelování tak, aby byl dodržen správný postup tvorby. Tuto simulaci provedu interně (ve firmě). V práci budu simulaci procesů vypracovávat podle těchto jednotlivých fází:

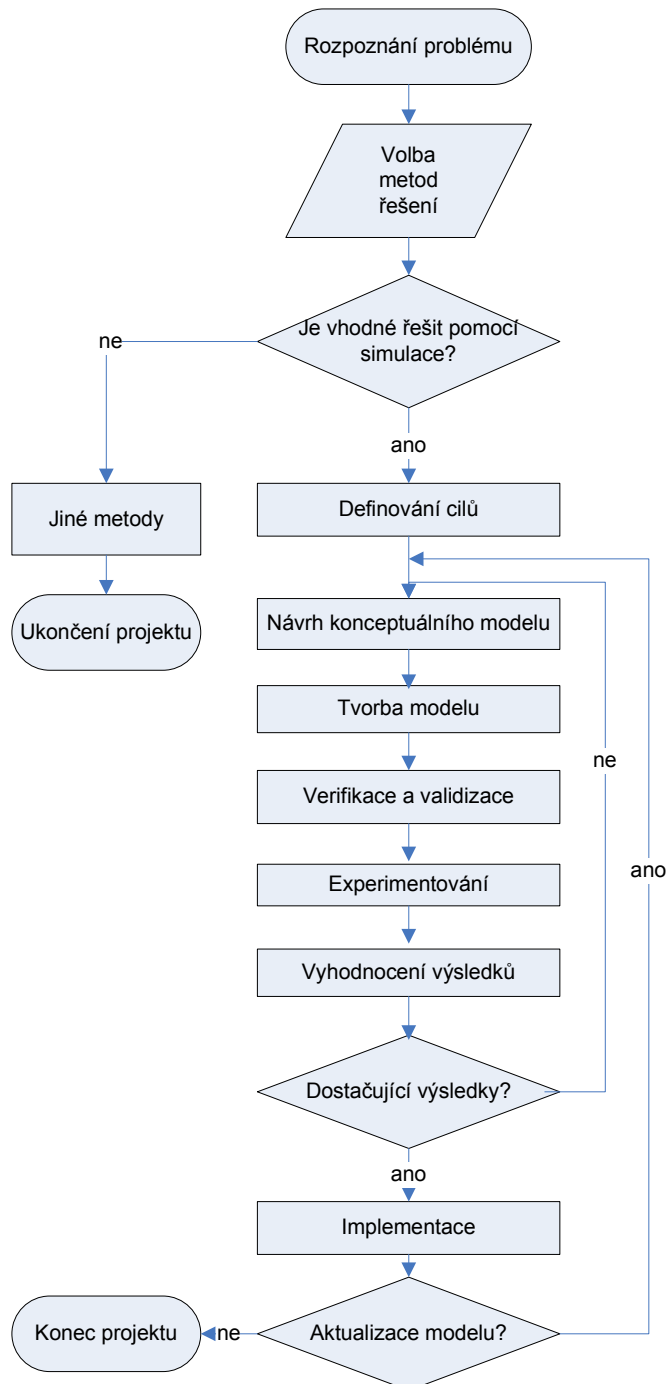


Obrázek 16: Fáze při simulaci procesů

Simulace a modelování jsou časově velmi náročné a vyžadují jistý stupeň odbornosti. Mé znalosti programu Witness jsou omezené a potřebovala bych ještě hodně času na zdokonalování těchto znalostí. V mém modelu jsem použila jen zlomek toho, co program Witness dokáže. Nároky podle F. Manliga²⁶ :

²⁶ <http://www.humusoft.cz/archived/pub/witness/manlig/manlig2.htm>

- *příprava simulačního projektu – cca 2 h;*
- *sběr a vyhodnocování dat – cca 14 dní;*
- *tvorba simulačního modelu – cca 1 den;*
- *experimentování a dokončení simulačního projektu – cca 2 dny.*



Obrázek 17: Etapy simulačního projektu

Na předcházejícím vývojovém diagramu je znázorněna počítačová simulace podnikových procesů. Základem je rozpoznat problém ve firmě a rozhodnout se, jestli je vhodné simulaci použít. Pokud vyhodnotíme, že není třeba řešit problém pomocí simulace, rozhodneme se pro jiné metody a ukončíme projekt.

Pokud vyhodnotíme, že je vhodné použít simulaci, pokračujeme podle jednotlivých fází. Jestliže zjistíme, že jsou dosažené výsledky nevyhovující, vrátíme se zpět na začátek simulace.

Důvody proč simulovat

Důvody pro využívání počítačové simulace lze shrnout do následujícího desatera:

1. Simulací lze řešit i velmi složité systémy, které nelze řešit analytickými metodami.
2. Simulace umožňuje studium chování systému v různých časech.
3. Zkušenosti z tvorby simulačního modelu mohou vést k návrhům na zlepšení řízení.
4. Simulace nabízí celkový pohled a podnikové procesy na problém a umožňuje tak důkladnou analýzu.
5. Simulace vede k týmové práci a podporuje tvůrčí části.
6. Pozorování činnosti simulačního modelu vede k lepšímu pochopení reálného systému. Při změně jednoho parametru systému lze sledovat jeho vliv na chování zkoumaného systému.
7. Pomocí simulace je možné vyzkoušet různé varianty řešení. To umožňuje minimalizovat rizika chybných rozhodnutí, popř. připravit varianty pro nečekané události.
8. Možnost využití již jednou vytvořeného simulačního modelu i v dalších činnostech podniku.²⁷

Z těchto důvodů je určitě jasné, že firma ani nemusí vidět problém ve výrobě. Nasimulovaná výroba může firmě pomoci i při rozhodování dodavatelů a zákazníků. Uspadňuje vedení firmy rozhodování o výrobě a dalším vývoji.

²⁷ <http://www.humusoft.cz/archived/pub/witness/manlig/manlig2.htm>

4.1 Fáze rozpoznání problému

Základem pro úspěšnost simulace je správné identifikování problému a cílů, kterých chci dosáhnout. V této fázi rozhoduji, zda je simulace vhodnou metodou ke zlepšení. Je důležité vymežit to, co problém obsahuje, jaký mám cíl a prostředky na uskutečnění při řešení problému. Dále se zde identifikují symptomy, které se projevují ve výrobě, například klesání tržeb nebo zvyšující se počet kazových výrobků.

Definice problému proto vyžaduje zaměření se na následující oblasti:

- *Formulaci cíle, kterého chceme řešením problému dosáhnout*
- *Vymezení hlavních cest dosažení stanoveného cíle*
- *Výběr hlavních faktorů působících na řešení problému*
- *Určení omezujících podmínek, v nichž se řešení může pohybovat²⁸*

Základní otázkou tedy je, kdy použít metodu simulace a zapojení simulačního softwaru do výrobního procesu. Efektivnost rozhodování je závislé na správných informacích. Simulaci je vhodné použít:

- *když neuspějí jiné metody a nástroje*
- *pokud je nebezpečí špatného rozhodnutí příliš vysoké*
- *když je dostatek času na experimenty a optimalizaci*
- *když umíme definovat cíle projektu*
- *když umíme naplnit model potřebnými daty*
- *pokud simulujeme celý životní cyklus výrobku*

4.1.1 Cíle simulace

Pomocí simulace bych chtěla dosáhnout těchto cílů:

- *zlepšení materiálového toku ve firmě*
- *zjednodušit firmě rozhodování pomocí modelu ve Witnessu*

²⁸ GROS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*, str. 17.

- zjistit, kde má výroba úzké místo
- lepšího využití pracovišť a jejich rozmístění
- zkrácení průběžné doby výroby

4.1.2 Výběr výrobků na simulaci

Pro simulaci bylo třeba vybrat nejdůležitější výrobky, které chci modelovat od jejich vstupu do výroby, až po konečné balení a expedici. Není možné provést analýzu u všech cca 200 různých výrobků a to jak z kapacitních důvodů, tak z důvodu, že nebudou všechny ve sledovaném období vyráběny. Pro tento výběr jsem využila paretovu analýzu, kde základním kritériem není čas ani náklady, ale objem vyráběných výrobků. Vybírala jsem z celkových 196. položek a v tabulce pak vyjádřila v procentech. Paretova analýza byla provedena na celém souboru výrobků za rok 2009 a pro vstupní analýzu bylo vybráno 6 výrobků s největším obratem.

V následující tabulce č. 1 je seznam výrobků podle jejich obratu a obrat vyjádřený v procentech ve firmě.

Obrat výrobků

ID výrobku	Obrat	%
T80000777	2225	15,8%
T80000753	1117	7,9%
T80000506	707	5,0%
T80000508	634	4,5%
T80000778	438	3,1%
T80000504	360	2,6%

Tabulka 1: Obrat jednotlivých výrobků

Tyto tři zvýrazněné výrobky budu měřit a následně modelovat. Výrobek T80000777 tvoří 16% z celkového obratu, výrobek T80000753 8% a T80000504 tvoří 3%. I když mají výrobky T80000506, T80000508 a T80000778 velký obrat, v době měření se nevyráběly.

4.2 Fáze vytvoření konceptuálního modelu

V této části vytvořím konceptuální model, který se skládá ze tří komponent: simulační struktury a dat, procesní logiky a kontrolních dat. Jde o základní představu o modelovaném systému. Příprava dat a modelu je možná nejdůležitější aspekt počítačové simulace. Je dobré si model nejdříve nakreslit a promyslet všechny vstupní data. Konceptuální model jsem vytvářela v programu Visio.

V této fázi je důležité:

1. *Vypracování celkového koncepčního modelu (symbolický nefunkční model) – Příloha č. 4.*
2. *Na základě tohoto koncepčního modelu začít realizaci simulovatelného modelu, tzn. počítačově zpracovat*
3. *Konzultace s vedoucím ohledně správnosti modelu*

4.2.1 Analýza výroby

Ve firmě probíhá výroba ve dvou halách – v příloze č. 2, které jsou vzájemně propojeny širokým průchodem. V první hale, která je rozdělená na polovinu, se montují rozvodné desky a rozvaděče s řízením. V druhé hale se vyrábí kabely potřebné pro další montáž. Výrobou kabelů se nebudu již dále zabývat. Materiál je přesouván pomocí vozíků a palet. U každého pracoviště je místo pro odložení materiálu. Manipulační prostor mezi jednotlivými pracovišti není velký a je omezen velikostí haly.

Výroba probíhá v těchto fázích:

1. Montáž svorkovnice a propojení svorkovnice vodiči
2. Mezioperační sklad rozpracované výroby
3. Opracování plechu – nýtování lišty na plech
4. Mezioperační sklad rozpracované výroby
5. Konečná montáž EZB – montáž řízení, případná montáž do plechových rozvodnic, montáž kabelů a kabelových svazků
6. Mezioperační sklad - výrobky před kontrolou
7. Elektronické testování skládající se ze tří fází, tj. PE test, HV test a test funkčnosti

8. Balení a konsignace na paletu
9. Mezioperační sklad rozpracované výroby - výrobky po kontrole před balením
10. Skladování

Pracovníci (celkem 8):

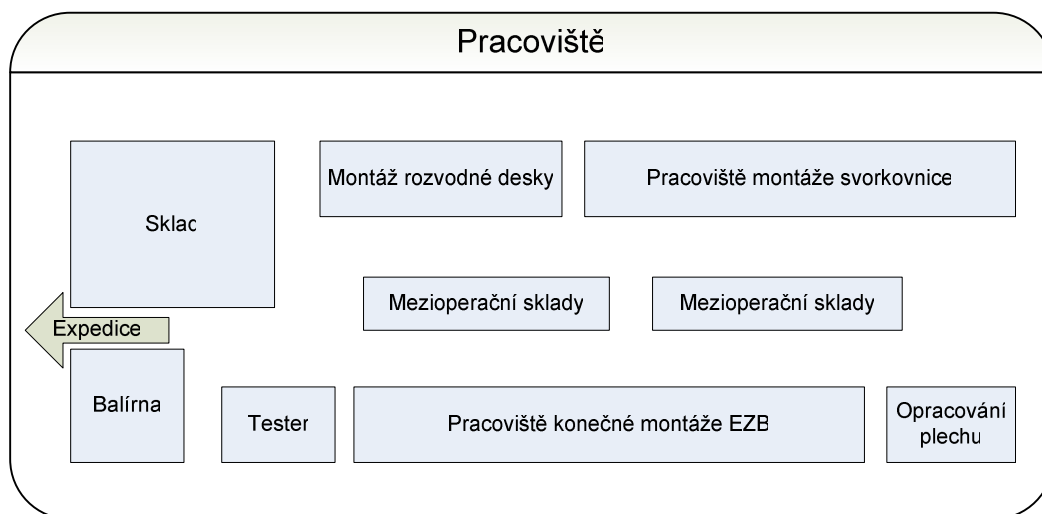
1. Montáž svorkovnice - 2 pracovníci
2. Nýtování - 1 částečně využitý pracovník
3. Finální montáž - 4 pracovníci
4. Kontrola - 1 pracovník
5. Balení - 1 částečně využitý pracovník

Další důležité informace

- Směny jsou 8 hodin + půl hodiny přestávka na oběd, 5x týdně.
- Veškerá montáž se provádí ručně, není třeba žádných strojů. Všechno tedy závisí na pracovní síle.

4.2.2 Popis pracovišť

Pro správné tvoření modelu je nezbytné porozumět reálnému systému. Popíšu tedy zjednodušeně výrobní proces, který budu modelovat. Na následující obrázku č. 16 je zobrazena montáž v hale výroby rozvaděčů s řízením a rozvodných desek.



Obrázek 18: Přehled pracovišť

1. Pracoviště montáže svorkovnice

Na tomto pracovišti pracují celkem 2-3 pracovníci. Na základě objednávky, viz Příloha č. 1, dokumentace o výrobku a seznamu potřebného materiálu (kusovníku) pracovník montuje svorkovnici. Potřebné komponenty jsou vychystávány skladníkem a dostupné na pracovišti. Na lištu přilepí označení. Následně jednotlivé komponenty propojí pomocí vodičů. Hotový výrobek společně s technickou dokumentací a výrobním příkazem přesouvá na rozpracovanou výrobu, případně přímo na další pracoviště.



Obrázek 19: Pracoviště osazování lišt

2. Pracoviště opracování plechu (nýtování)

Pracovník vezme nosný plech, nanýtuje šroubky a znovu odkládá na rozpracovanou výrobu. Zde pracuje pracovník, který je zrovna volný k dispozici, popř. skladník.

3. Rozpracovaná výroba a výrobky před kontrolou

Rozpracovaná výroba a výrobky před kontrolou jsou umístěny na mezioperačních skladech.

4. Konečná montáž EZB

Celkem 4 pracovníci. Podle kusovníku výrobku si vyzvednou ze skladu potřebný počet kabelů. Na základě technické dokumentace a výrobního příkazu si pracovníci vyzvednou ze skladu supermarketovým způsobem potřebný počet kabelů,

kabelových svazků a plechových rozvodnic. Sklad i samotná výroba kabelů je umístěna v druhé hale. Na pracovišti konečné montáže EZB se vmontuje řízení a propojí pomocí kabelových svazků. Vyplní dokumenty a hotové výrobky přesouvá na mezisklad výrobků před kontrolou.



Obrázek 20: Pracoviště montáže EZB

5. *Montáž rozvodné desky*

Zde se montují rozvodné desky. Jimi se v mé práci zabývat nebudu. Celkem 2 pracovníci.

6. *Pracoviště testeru*

Všechny vyrobené rozvaděče s řízením podléhají elektrické výstupní kontrole na testeru. Testování probíhá pomocí automatického testeru s příslušným hardwarem. Všechny bezchybové rozvaděče s řízením jsou označeny štítkem, s uvedením data kontroly a jménem zaměstnance, který tuto kontrolu prováděl. K testování je určen jeden proškolený pracovník.

7. *Balárna*

Balárna je umístěna přímo u východu. Balí se zde hotové výrobky podle konsignačního seznamu. V balárně pracuje určený pracovník, který v periodě odzkoušené díly vybaví dokumentací a zabalí. Po zbytek času provádí práci na jiných pracovištích

8. Sklad

Zboží na expedici v dalších dnech je umístěno do skladu hotové výroby. Vyroběný rozvaděč je rovněž identifikován osobním razítkem jednotlivých pracovníků, kteří se na výrobě podíleli, nebo jejich podpisem na výrobním příkazu.

4.3 Fáze sběru dat

Simulace je náročná na data. Ve fázi sběru dat potřebných pro simulaci získávám data statisticky nebo měřením časů délky jednotlivých procesů. Je důležité dávat pozor, jak byla data získána a zda jsou věrohodné, protože chceme, aby simulační model co nejvíce odpovídal realitě.

4.3.1 Sběr dat - měření průběhu výroby

Za tímto účelem jsem navštívila firmu a měřila časy jednotlivých operací. Celkem jsem měřila 5 výrobků. V období měření se vyráběly pouze tyto výrobky:

ID výrobku	Celkem	%
T80000777	2225	15,8%
T80000753	1117	7,9%
T80000504	360	2,6%
T80000496	53	0,4%
T80000494	35	0,2%

Tabulka 2: Měřené výrobky

4.3.2 Výrobek T80000504

Zakázka byla na 10ks. Pro představu popíšu u prvního sledovaného výrobku podrobný postup výroby na jednotlivých pracovištích tak, jak byla přesně měřena. V dalších případech už převedu do tabulek. V modelu jsem pak sekundy zaokrouhlovala na minuty nahoru. Pracovníci už mají některé komponenty přichystané, tyto časy jsem se taktéž pokusila zavést do modelu.

Podrobný technologický postup výroby T80000504 – celkem 10 ks**1. Pracoviště montáže svorkovnice (10ks , začátek 00:00:00)**

- a) příprava materiálu – drátky a svorkovnicové lišty – 10 minut
- b) připevnění komponent na lištu – 22 minut
- c) oštitkování, označení – 9 minut
- d) příprava a propojení vodiči – 32 minut
- e) přemístění na rozpracovanou výrobu a sepsání dokumentace – 1 minuta

(Konec 01:14:00) 10ks = 74 minut

2. Pracoviště nýtování (začátek 01:20:00)

Vezme se plech (840x152x60 mm) a pomocí pistole se nastřelí šroubky (nýtování), znovu se odkládá na další rozpracovanou výrobu. Tato operace trvá celkem 9minut 10ks. (konec 01:29:00)

3. Konečná montáž EZB (začátek 01:35:00)

- a) nachystání materiálu – přivezení kabelu ze skladu 13 minut
- b) připojení drátků a kabelů – první kus 9 minut
2. kus 7 minut
3. kus 9 minut
4. kus 9 minut
5. kus 13 minut (řešení chyby na jednom kuse)
6. kus 7 minut
7. kus 9 minut
8. kus 9 minut
9. kus 10 minut
10. kus 8 minut

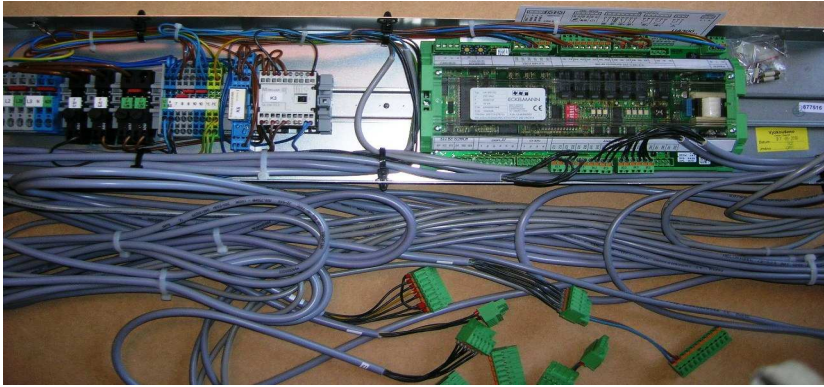
(Konec 03:18:00) Přesun výrobků na mezisklad výrobků pře kontrolou.

4. Pracoviště testeru

Pomocí počítače pracovník testuje výrobek na funkčnost. Po otestování přidává k výrobku návod a potvrzení o testování. Každý výrobek trval 3 minuty otestovat. Potom se přesouvá na sklad hotových výrobků a podle požadavků se balí.

5. Balení (1 pracovník, který dělá ve volném čase jinde)

Příprava dokumentace a balení 25minut (10ks) a přesun na sklad.



Obrázek 21: Výrobek T80000504

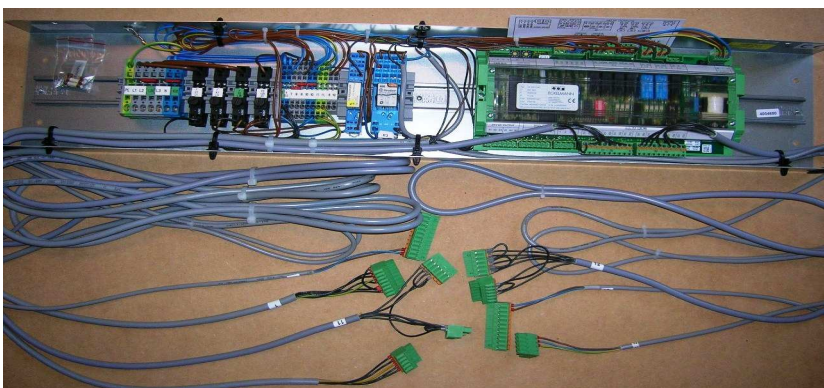
Vše je shrnuto v následné tabulce:

Pracoviště	Začátek	Konec	Celkem (min)	1ks/min
Montáž svorkovnice (15ks)	0:00:00	1:14:56	74	8
Nýtování (15ks)	1:20:00	1:29:00	9	1
Montáž EZB	1:35:00	3:18:00	90	9
Testování	3:20:00	3:50:00	30	3
Balení	3:58:00	4:23:00	25	3

Tabulka 3: Naměřené časy u výrobku T80000504

4.3.3 Výrobek T80000753

Zakázka byla na 15 kusů. Při mém měření se stihlo na pracovišti konečné montáže EZB smontovat 8 kusů z 15 plánovaných, protože byl výrobek dvě a půl hodiny na rozpracované výrobě. 7 výrobků zůstalo na další směnu a bylo doměřeno další den. Na obrázku číslo 18 je znázorněn výrobek před testováním.



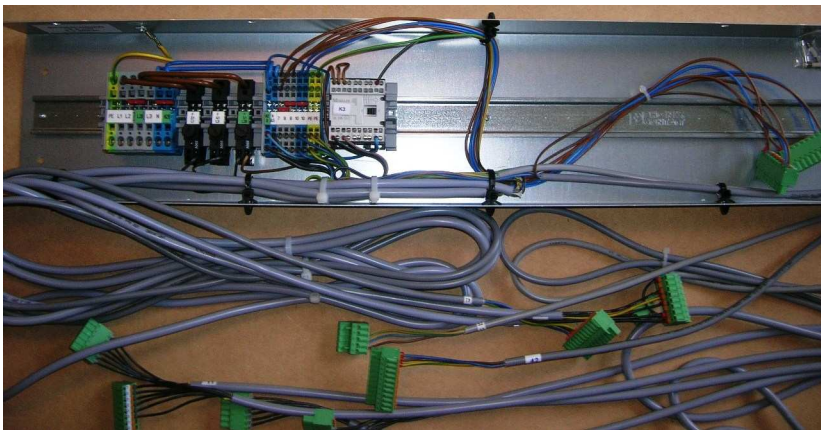
Obrázek 22: Výrobek T80000753

Pracoviště	Začátek	Konec	Celkem (min)	1ks/min
Montáž svorkovnice (15ks)	0:00:00	1:23:56	84	6
Nýtování (15ks)	4:03:00	4:18:00	15	1
Montáž EZB (15ks)	4:28:00	7:04:00	140	10
Testování	7:11:00	7:56:00	45	3
Balení	8:02:00	8:44:00	42	3

Tabulka 4: Naměřené časy u výrobku T80000753

4.3.4 Výrobek T80000777

Tento výrobek je nejčastěji vyráběným. V den měření byla zakázka na 15ks. Jeho montování je rychlejší, než dva předešlé.



Obrázek 23: Výrobek T80000777

Pracoviště	Začátek	Konec	Celkem (min)	1ks/min
Montáž svorkovnice (15ks)	0:00:00	1:13:00	73	5
Nýtování (15ks)	1:16:00	1:31:00	15	1
Montáž EZB	1:33:00	3:48:00	130	9
Testování	3:50:00	4:35:00	45	3
Balení	4:38:00	5:17:00	39	3

Tabulka 5: Naměřené časy u výrobku T80000777

Ostatní měřené výrobky

Při mé návštěvě jsem měřila všechny montované výrobky. Naměřila jsem i výrobky, které mají nízký obrat oproti třem výše uvedeným. Byly vyráběny jen po jednom kuse a proběhla pouze montáž svorkovnice.

4.4 Fáze tvorby simulačního modelu

Tvorba modelu znamená kódování konceptuálního modelu do počítačového programu. Je to první kontrola konceptuálního modelu. Svou diplomovou práci modeluji v programu Witness Simulation solution.

4.4.1 Witness

Používá dynamický přístup (BPM) – procesní modelování, simulace a optimalizace. Software vytvořila britská společnost Lanner Group, na českém trhu tento program distribuuje firma HUMUSOFT, s. r. o. Je to základní pracovní prostředí pro tvorbu modelů a interaktivní simulaci procesů.

Modely v programu WITNESS dynamicky zobrazují pohyb materiálu či zákazníků systémem, stavy jednotlivých prvků, prováděné operace, aktuální využití zdrojů. Zároveň jsou zaznamenávány všechny události, které v systému nastaly. Uživatel tak může sledovat dynamiku procesu a má k dispozici i údaje potřebné k vyhodnocení výkonnosti daného systému podle zvolených kritérií

WITNESS může být použit k analýze jakýchkoliv procesů, kde je zapotřebí měřit dopad navržených změn a podloženě kvantifikovat alternativy řešení. Kromě snadného vytváření modelů, které dobře odpovídají realitě, je velmi důležitá i možnost interaktivní práce se studovaným modelem. Je tak možné provádět analýzy typu "what-if". V libovolném čase můžeme simulaci zastavit, změnit parametry systému, například velikosti zásobníků, počet pracovníků na směně nebo směrování materiálu, a poté v simulaci pokračovat. Ihned můžeme sledovat důsledky takovýchto změn.

WITNESS existuje ve dvou oborových verzích - pro oblast výroby a logistiky je určena verze "Manufacturing Performance Edition", pro oblast služeb je to verze "Service and Process Performance Edition". 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.

Nejnovější verze Witness 2009 nám umožňuje funkci „Quick 3D“. Vytvořený model ve 2D nám jednoduše zobrazí ve 3D pohledu. Funkce je přístupná všem uživatelům, nejenom těm, kteří mají VR modul. Na základě mnoha konzultací s uživateli v různých aplikačních oblastech se společnost Lanner rozhodla implementovat třírozměrnou grafiku způsobem, který považuje za chytrý a nejpraktičtější - pro rychlou tvorbu modelu je určena práce v 2D layoutu, uživatelé, kteří ocení animaci v 3D prostoru mohou okamžitě vytvořit odpovídající 3D scénu modelu. Uživatelé modulu VR mohou navíc takto vzniklé 3D scény kombinovat s virtuálními modely prostředí - továrních hal apod.²⁹

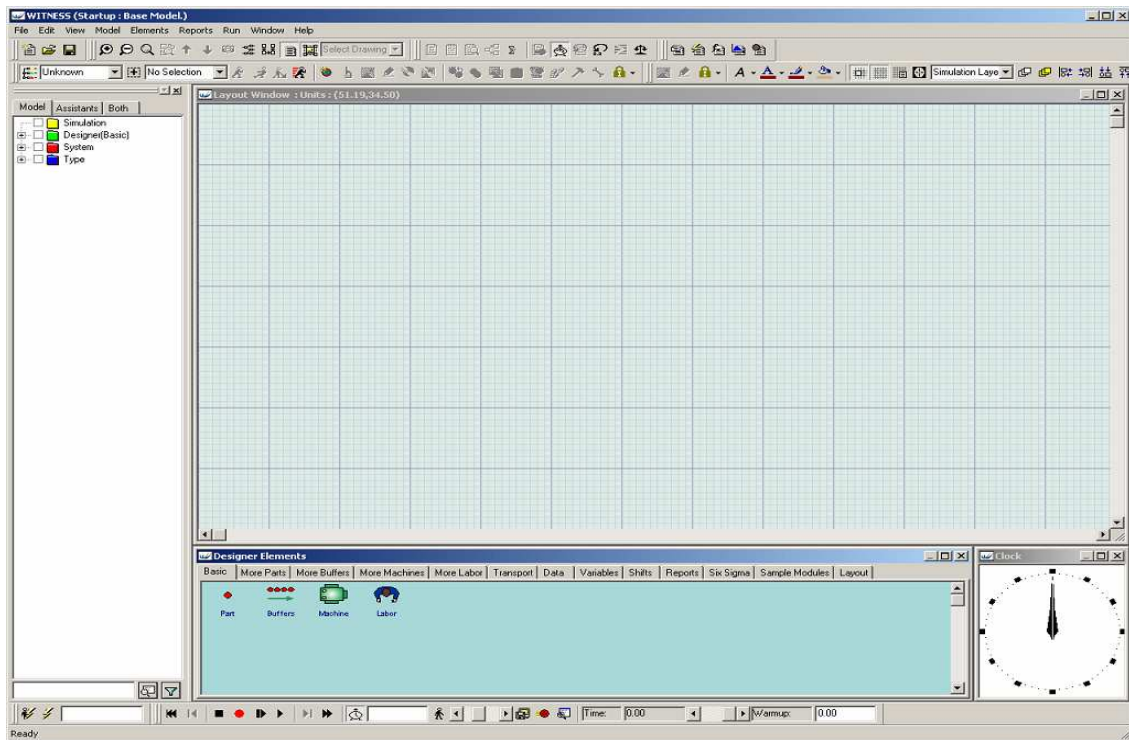
VR (Virtual Reality) umožňuje modelování ve 3D. Je důležitý v případech, kde je potřeba prostorová orientace. Ve vytvořeném modelu se dá pohybovat ve všech směrech a volit libovolný úhel pohledu.

Documentator je modul, který je určen k vytváření přehledné dokumentace o simulovaném modelu. Shrnuje všechny vložené poznámky, vytváří přehledný seznam. Dokumentace je pak vytvořena automaticky a připravena pro další použití.

4.4.2 Tvorba modelu a simulace pomocí Witness

Po otevření modelu programu Witness se objeví následující obrazovka (obrázek č. 17). Witness má velmi dobré, uživatelsky příjemné pracovní prostředí. Na obrázku jsou tři základní okna. V levé části je okno s výběrem elementů, které obsahuje záložky Simulation, Designer, Systém a Type, po otevření těchto složek lze vybírat požadovaný element. V dolní části se nachází okno knihovny elementů. Pomocí spodní lišty se spouští běh modelu. Podle konceptuálního modelu jsem vytvořila model v programu Witness, který je znázorněn v Příloze č. 4. K dispozici také rozsáhlá nápověda.

²⁹ <http://www.humusoft.com/>



Obrázek 24: Pracovní prostředí programu Witness

Part

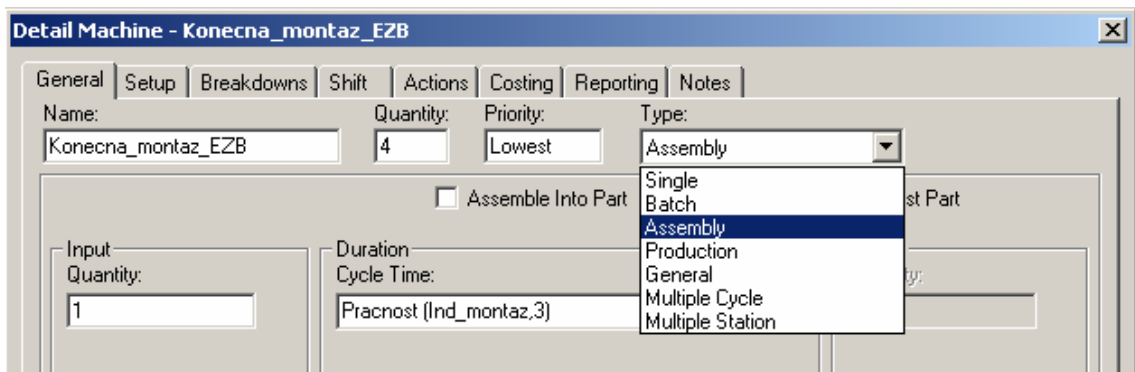
Jako první vložím do modelu „Part“, který reprezentuje vstupní materiál. Všechny mají přiřazený typ pasivní, jelikož nechci stanovovat žádná pravidla pro vstup do modelu. Při použití aktivního typu se stanovuje množství prvků, doba mezi příchody (vhodné použít při modelu například čerpací stanice). Při výstupu z modelu jsem u pracoviště „balení“ použila volbu „PUSH to SHIP“, což znamená, že výrobky vystupují s procesu výroby bez jakýchkoliv komplikací.

Buffer

Mezi každým elementem je „buffer“, který slouží jako zásobník, v mém případě sklady a mezisklady s rozpracovanou výrobou. Lze nastavit způsob výstupu ze zásobníku, např. metoda FIFO (first-in, first-out) nebo LIFO (last-in, first-out), apod. V jiných případech mohou zásobníky reprezentovat frontu, čekárnu, atd. Lze také nastavit „Delays“ neboli zdržení součástí v zásobníku. V mém modelu mají všechny mezisklady nastavenou metodu FIFO.

Machine

V modelu „Machine“ (stroje) zastupují pracoviště. Stroj je element, který dostává součásti, zpracuje a posílá je na další operaci. Každé pracoviště se liší svým technologickým zaměřením. Každý stroj má možnost svého nastavení. Na obrázku č. 18 jsou znázorněny možnosti výběru typu stroje.



Obrázek 25: Dialogové okno stroje z prostředí Witness

Lze definovat celkem šest typů strojů podle toho, kolik součástí stroj najednou zpracovává. „Single type“ znamená, že jedna součást vstupuje dovnitř a také jeden vystupuje. Tento typ jsem volila u nastavení testeru a balení. Tester vezme jeden kus hotového výrobku, otestuje a výstupem je zase jeden kus. Dalším typem je „Assembly machine“ (do stroje vstupuje mnoho součástí a jedna ven), pro vstup součástí se používá obvykle pravidla SEQUENCE místo PULL. Typ „Assembly machine“ jsem volila u všech pracovišť kromě pracoviště testeru a balení. Ve všech případech vstupuje větší počet materiálu a vystupuje jeden výrobek. Pro příklad uvádím vstup výrobků u pracoviště konečné montáže EZB:

SEQUENCE/WAIT Sklad_kabelu #(3), Rozprac_vyroba_2 #(1)

Další typy jako je „Multiple cycle“ (stroj s vícenásobným cyklem) a „Multiple station“ (několika stupňový stroj) by se daly využít při montáži např. 5 kusů naráz.

U stroje lze také nastavit „Quantity“, můžeme tím jednoduše přidávat do modelu další stroje při experimentování. Ke každému stroji také přiřadíme pracovní sílu, viz níže Labour. Poruchovost, doba oprav nebo časy seřizování nebylo třeba doplňovat, protože vše se provádí na pracovištích s manuální prací. Při definování vztahů mezi

pracovišti jsem použila možnosti „PULL“ (táhnout) a „PUSH“ (tlačit). Pomocí záložky SETUP si může uživatel nastavit parametry pro přenastavování stroje (například u Testeru přepnutí na jiný program).

Labour

Prvek představuje zdroje, které jsou požadovány ostatními elementy, aby provedli operaci, seřízení či opravu. Jsou to zpravidla lidské zdroje nebo nástroje. V modelu se pohybuje celkem 8 až 9 pracovníků. Ke každému zase přiřadíme směnu (Shift – Tyden). Při experimentování lze pomocí „Total Quality“ zase jednoduše přidat dalšího pracovníka.

Shift

Počáteční model je nastaven na časový interval jedné směny. V podniku trvá jedna směna 8,5 hodiny včetně půl hodinové pauzy. Celý model je nastaven na minuty, tudíž jedna pracovní směna trvá 480 minut a 30 minut přestávky. Použitím elementu *Shift*, nastavím jednotlivé časy pro týden. U všech pracovišť pak musím v záložce „shift“ tuto směnu. Při spuštění tak zadávám čas 2880, který značí dva dny, dvě směny. Směna poté bude vypadat takto:

- *Working Time* – doba práce
- *Rest Time* – volný čas
- *Overtime* - přesčas
- *Sub Shift Name* – název subshiftu, který je nastaven zvlášť. Sub Shift Pracovní pak bude vypadat následovně:

Pracovní	Hodiny	Čas
Rest time	0:00 - 6:30	390 min
Work time	6:30 - 11:00	270 min
Rest time	11:00 - 11:30	30 min
Work time	11:30 - 15:00	210 min
Rest time	15:00 - 0:00	540 min
Celkem		1440 min

Tabulka 6: Sub Shift "Pracovní"

	Period Type	Working Time	Rest Time	Overtime	Sub Shift Name	Total
1	Sub Shift	480	960	0	Pracovni	1440
2	Sub Shift	480	960	0	Pracovni	1440
3	Sub Shift	480	960	0	Pracovni	1440
4	Sub Shift	480	960	0	Pracovni	1440
5	Sub Shift	480	960	0	Pracovni	1440
6	Sub Shift	0	1440	0	Sobota	1440
7	Sub Shift	0	1440	0	Nedele	1440
Total		2400	7680	0		10080

Obrázek 26: Obrazový výstup elementu shift programu Witness

Nastavení modelu

Důležité je nastavení modelu a funkce, které se vykonají při spuštění simulace z času 0. Používá se pro to „Initialize Action“. V této tabulce stanovíme proměnné a funkce. V mém modelu to bude konkrétně načítání dat z Excelu „Casy.xls“ ze záložky „Postup“. Dále bylo třeba nastavit proměnné.

Technologické operace		Výrobek		
		1	2	3
Číslo	Postup	T80000777	T80000753	T80000504
1	Osazovani_list	5	6	8
2	Opracovani_plechu	1	1	1
3	Konecna_montaz_EZB	9	10	9
4	Testovani	3	3	3
5	Pracoviste_baleni	3	3	3

Tabulka 7: Tabulka s měřenými časy

```
! Pracnost vyrobku T80000777
!
Pracnost (1,1,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "C5")
Pracnost (1,2,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "C6")
Pracnost (1,3,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "C7")
Pracnost (1,4,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "C8")
Pracnost (1,5,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "C9")
!
! Pracnost vyrobkuT80000753
!
Pracnost (2,1,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "D5")
Pracnost (2,2,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "D6")
Pracnost (2,3,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "D7")
Pracnost (2,4,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "D8")
Pracnost (2,5,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "D9")
!
! Pracnost vyrobku T80000504
!
Pracnost (3,1,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "E5")
Pracnost (3,2,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "E6")
Pracnost (3,3,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "E7")
Pracnost (3,4,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "E8")
Pracnost (3,5,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "E9")
!
! Poradi ve vyrobni davce
!
Davka (1,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I3")
Davka (1,2) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I4")
Davka (1,3) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I5")
Davka (1,4) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I6")
Davka (1,5) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I7")
Davka (1,6) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I8")
Davka (1,7) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I9")
Davka (1,8) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I10")
Davka (1,9) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I11")
Davka (1,10) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "I12")
!
! Typ dilu ve vyrobni davce
!
Davka (2,1) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J3")
Davka (2,2) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J4")
Davka (2,3) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J5")
Davka (2,4) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J6")
Davka (2,5) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J7")
Davka (2,6) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J8")
Davka (2,7) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J9")
Davka (2,8) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J10")
Davka (2,9) = XLCellToInteger ("Casy.xls", "Postup", "J11")
!
! Inicializace vnitřních promenných
!
Ind_osaz = 1
Ind_oprac = 1
Ind_montaz = 1
Ind_test = 1
Ind_baleni = 1
!
!
Poradi = 1
Pocet = 0
```

Funkce vstupů výrobků do procesu

Pro vstup výrobků do procesu bylo třeba nastavit funkci, která v první části ošetří rozdělení výrobků podle typu a dále zjišťuje, jestli celá dávka proběhla. Když proběhne celá dávka, do výroby automaticky vstupuje další výrobek.

```
IF Davka (2, Poradi) = 80000777
    Dil = 1
ELSE
    IF Davka (2, Poradi) = 80000753
        Dil = 2
    ELSE
        IF Davka (2, Poradi) = 80000504
            Dil = 3
        ENDIF
    ENDIF
ENDIF
!
Pocet = Pocet + 1
!
IF Davka (3, Poradi) = Pocet
    Poradi = Poradi + 1
    Pocet = 0
ELSE
    IF Poradi = 999
        kon = "konec"
    ENDIF
ENDIF
```

Grafický vzhled

Pro doplnění grafického vzhledu jsem pomocí záložky, na spodním okně výběru elementů, vybrala element „Reports“. Přidala jsem koláčové grafy od všech pracovišť pro jednodušší přehled zatížení těchto pracovišť. Tyto grafy jsem použila také pro využití pracovníků na pracovištích. Program dále nabízí široké možnosti grafické úpravy modelu. Každý stroj může mít vlastní vzhled umístěn na v různě oddělených kolonkách. V mém případě jsem umístila model na plochu polovinu první haly tak, jak je i ve skutečnosti. Model jsem doplnila o názorné obrázky z místa montáže pomocí importu obrázků.

Omezení modelu:

I když model chápeme jako zjednodušení reality, v mém navrženém modelu jsou jisté nedostatky a omezení. Tento model nepočítá se vstupy jiných neměřených výrobků. Výsledky jsou tedy pouze pro konkrétní výrobky. V samotném procesu simulace a modelu jsem se ale dopustila řady zjednodušení a nepřesností, které vyplývají z důsledků mých znalostí Witnessu a modelování.

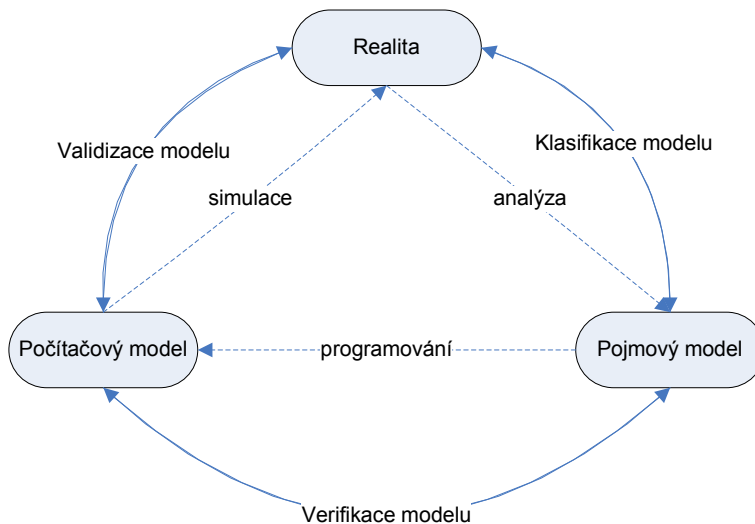
4.5 Fáze verifikace a validizace modelu

Po vytvoření modelu následuje jeho validace a verifikace, kdy se snažím ověřit, zda se chová model správně a podle předpokladů. Jestli je počítačový model v souladu s původním konceptuálním modelem. Validizace pak znamená, jestli je počítačový model shodný s realitou. Jedná se o kritické části systému řízení kvality, jako ISO 9000. Ověření správnosti a věrohodnosti je znázorněno na následujícím obrázku.

Vysvětlení základních pojmů:

- **Realita** – systém, který byl zvolen pro analýzu
- **Pojmový model** – verbální a matematický popis
- **Počítačový model** – program, který implementuje pojmový model
- **Kvalifikace modelu** – stanovení adekvátnosti pojmového modelu k realitě ve vymezené oblasti zamýšlených aplikací
- **Verifikace modelu** – ověření, zda počítačový model reprezentuje pojmový model s danou mírou přesnosti
- **Validizace modelu** – ověření že počítačový model v oblasti při implementaci prokazuje uspokojivou míru shody s realitou v souladu s cílem modelu³⁰

³⁰ http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Psi/01-Simulace-S%20.pdf



Obrázek 27: Ověřování věrohodnosti modelu ³¹

Po této fázi nastává část analýzy modelu a následná implementace. Výstup ze simulace porovnáváme s kontrolními daty, a pokud je model korektní a úplný, můžeme přistoupit k experimentování s modelem. Tato fáze je zajímavá, protože začíná přinášet výsledky a porovnání. Je dobré si vybrat několik variant experimentování s modelem, aby bylo možné srovnávat a vybírat. Konkrétněji se budu věnovat experimentování v následující kapitole „Návrh řešení, optimalizace a jeho přínosy“.

Poslední fází je implementace, kdy se snažíme projekt vtáhnout do praxe. Dokumentace modelu má zásadní význam, protože bez popisu modelu, jeho struktury, vývoje a výsledku experimentů, je pak prakticky nemožné se k modelu vrátit. Řízená dokumentace je založena na procesním modelu. Ten zajišťuje přehlednou a snadno aktualizovatelnou, dobře přístupnou platformu pro průběžné zlepšování.

4.6 Práce s modelem

V této fázi si klademe otázky, zda jsou vstupní data úplná. Zkoušíme, zda je model věrohodný a zkusíme různé testy modelu. Tyto pokusy mohou tvořit větší část časové náročnosti tvorby modelu. Jde také o doplnění modelu o různé funkce a správné nastavení, které jsme na začátku nesledovali nebo nevěnovali jim takovou pozornost.

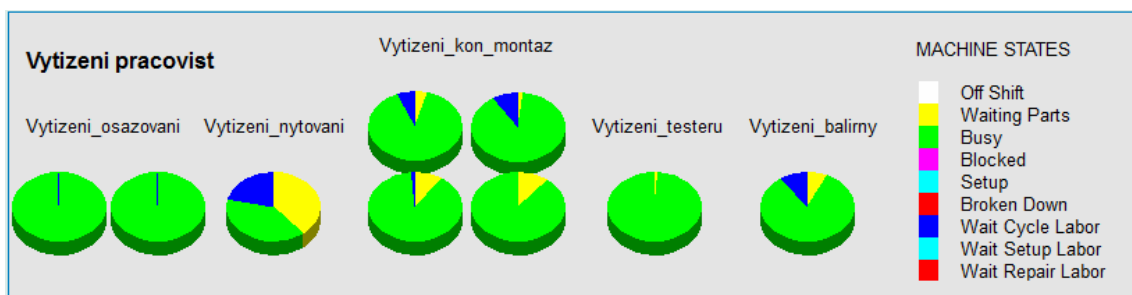
³¹ http://www.kod.tul.cz/info_predmety/Psi/01-Simulace-S%20.pdf

V této fázi se hledají úzká místa ve výrobě. Účelem je maximálně využít stávající pracoviště.

4.6.1 Varianta 1 – Základní model

Jako základní model považuji využití pouze dvou pracovišť montáže svorkovnice a dvou pracovníků přiřazených na tyto pracoviště. Dále je jeden pracovník, který se střídá na balení a nýtování. V hale jsou celkem čtyři pracoviště konečné montáže EZB, na kterých pracují čtyři pracovníci a jedno pracoviště testeru s proškoleným pracovníkem. Pracoviště testeru je prakticky vždy využité a nečeká na žádné výrobky. Tento průběh simulace je měřen v minutách, tudíž jeden pracovní den trvá 1440 minut. Čistá pracovní doba trvá 480 minut a 30 minut přestávky. Při spouštění programu zadávám 2880 minut, dvě směny.

Na následujícím obrázku jsou znázorněny koláčové grafy z modelu, kde je vidět využití pracovišť v základním výrobním procesu. K jednotlivým grafům jsou zobrazeny vysvětlivky. Zelená barva znamená vytížení pracoviště, žlutá nečinnost z důvodu čekání na materiál nebo předcházející výrobku. Častým případem v modelech je barva modrá, která značí čekání na pracovníka. Pracoviště čeká na pracovníky, protože se střídají u různých pracovišť podle potřeby.



Obrázek 28: Koláčové grafy z programu Witness – Základní model

Z následujících grafů tedy vyplývá, že pracoviště montáže svorkovnice, konečné montáže EZB, testeru a balení jsou téměř neustále vytíženy. Při výrobě nedochází k blokacím z důvodu poruchy strojů a tak vše závisí na pracovních silách. Tento model můžeme posoudit také díky datovému výstupu „statistiky“. Vyjadřuje procentuální stavy modelu.

Name	% Idle	% Busy	% Filling	% Emptying	% Blocked	% Cycle Wait Labor	% Setup	% Setup Wait Labor	% Broken	% Repair Wait	No. Of Operation
Montaz_sv	0.00	99.79	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	95
Montaz_sv	0.00	99.79	0.00	0.00	0.00	0.21	0.00	0.00	0.00	0.00	95
Nyrovani	38.54	39.38	0.00	0.00	0.00	22.08	0.00	0.00	0.00	0.00	189
Konecna_m	6.46	88.13	0.00	0.00	0.00	5.42	0.00	0.00	0.00	0.00	47
Konecna_m	4.58	87.71	0.00	0.00	0.00	7.71	0.00	0.00	0.00	0.00	46
Konecna_m	9.79	87.50	0.00	0.00	0.00	2.71	0.00	0.00	0.00	0.00	46
Konecna_m	12.71	87.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46
Tester	3.75	96.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	154
Baleni	9.17	81.46	0.00	0.00	0.00	9.38	0.00	0.00	0.00	0.00	130

Obrázek 29: Datový výstup základní varianty

Vysvětlivky:

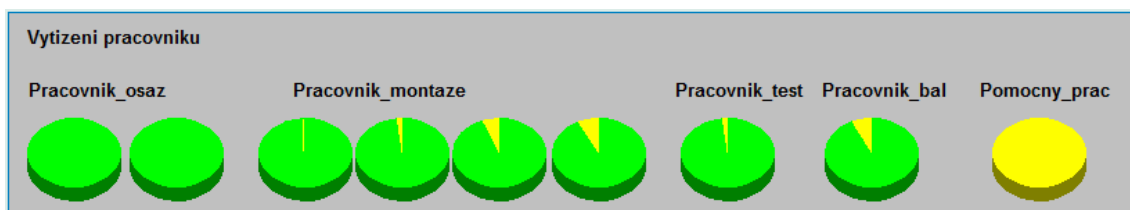
Idle – čekání na materiál

Busy – vytížení

Cycle Wait Labour – čekání na pracovníka

No. Of Operation – počet operací

Jako rozhodující kritérium pro ekonomické zhodnocení výstupu беру celkový počet vyrobených kusů za jednu směnu, které opustily model. Při výše stanovených podmínkách a nastavení je při jedné směně u výstupu z modelu 130ks hotových výrobků a při druhé 136 kusů připravených na expedici. **Celkem se za dvě směny vyrobilo 266 kusů.** Zohlednění a ocenění rozpracované výroby bylo v modelu velmi obtížné. Pro zajímavost ještě dodávám grafy využití jednotlivých pracovníků. Pomocný pracovník nebyl v základním modelu použit. Pracovníci montáže svorkovnice jsou plně využiti.



Obrázek 30: Vytížení pracovníků

4.6.2 Varianta 2 – Přidání 3. pracovníka a 3. pracoviště montáže svorkovnice

Pro druhou variantu jsem do výrobního procesu přidala třetí pracoviště montáže svorkovnice a přiřadila k němu dalšího pracovníka. Za těchto podmínek se vyrobilo během dvou směn **celkem 312 ks.** Oproti základnímu modelu je to velký skok, ale tato

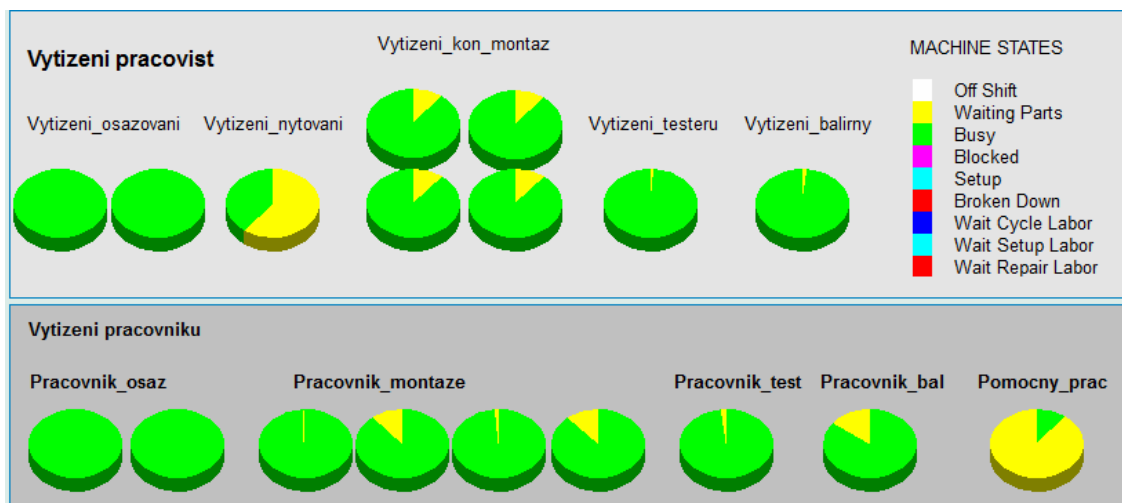
varianta se ukázala jako nevhodná, protože by přidání dalšího pracoviště znamenalo velkou reorganizaci a zmenšení manipulačních prostor. Dále vzniká velký počet zboží na mezioperačních skladech, konkrétně před pracovištěm konečné montáže EZB. Je to způsobeno pomalým odběrem. Výroba nově vzniklé zboží nestačí zpracovávat. Není tak možné zajistit plynulý chod výroby.

Name	% Idle	% Busy	% Filling	% Emptying	% Blocked	% Cycle Wait Labor	% Setup	% Setup Wait Labor	% Broken	% Repair Wait	No. Of Operation
Montaz_sv	0.00	99.38	0.00	0.00	0.00	0.63	0.00	0.00	0.00	0.00	95
Montaz_sv	0.00	99.17	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	95
Montaz_sv	0.00	99.17	0.00	0.00	0.00	0.83	0.00	0.00	0.00	0.00	95
Nytovani	36.88	40.21	0.00	0.00	0.00	22.92	0.00	0.00	0.00	0.00	193
Konecna_m	1.67	90.00	0.00	0.00	0.00	8.33	0.00	0.00	0.00	0.00	48
Konecna_m	1.88	89.58	0.00	0.00	0.00	8.54	0.00	0.00	0.00	0.00	47
Konecna_m	2.50	88.96	0.00	0.00	0.00	8.54	0.00	0.00	0.00	0.00	47
Konecna_m	3.33	88.54	0.00	0.00	0.00	8.13	0.00	0.00	0.00	0.00	47
Tester	3.75	96.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	154
Baleni	5.21	93.54	0.00	0.00	0.00	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	149

Obrázek 31: Datový výstup druhé varianty

4.6.3 Varianta 3 – Přidání pomocného pracovníka

Poslední testovanou variantou je přidání pomocného pracovníka na pracoviště balení, nýtování a konečné montáže EZB. Při takovém nastavení modelu bylo vyhotoveno za dvě směny **309 výrobků**. Vytížení pracovišť je vidět na následujícím obrázku koláčových grafů. Přidání jednoho pomocného pracovníka způsobilo, že žádné pracoviště nečeká na pracovníka, pouze na rozpracované výrobky. Samotné vytížení pracovníka je ale minimální. Poměr vyrobených výrobků oproti základnímu modelu je vysoký, a proto bych doporučila firmě tuto variantu zvážit. Firma by tohoto pracovníka mohla zaměstnat i na jiných místech a zvýšit tak jeho vytíženost.



Obrázek 32: Obrazový výstup třetí varianty

5 NÁVRH ŘEŠENÍ, OPTIMALIZACE A JEHO PŘÍNOSY

Cílem mého projektu bylo vytvořit reálný model výroby tak, aby mohl firmě ihned pomoci při operativním řízení a rozhodování. Pomocí vytvořeného modelu je možné sledovat jednotlivé subprocesy hlavního procesu podniku a hodnotit výsledky simulace.

5.1 Zhodnocení simulačního procesu a výsledků

Po provedení všech výše uvedených fází simulace a získávání výsledků vyhodnocuji použití simulace jako vhodný prostředek pro sledování výrobního procesu. Firma stále analyzuje výrobu a snaží se správně rozhodovat a tato simulace jejich rozhodování určitě usnadní. Sběr dat žádným způsobem neomezil reálný chod výroby a program Witness se ukázal jako vhodný prostředek pro optimalizaci daného výrobního procesu s možností rozsáhlých statistik.

Jak jsem již zmínila, samotný model má řadu zjednodušení a omezení, které vyplývaly z mých znalostí simulačního programu Witness. Dále nejsou v modelu zohledněny všechny jevy, které výrobu ovlivňují. Do modelu vstupuje mnoho výrobků a naměřit takové množství by znamenalo spoustu času (měření by nebylo otázka týdnů, ale měsíců, aby se vyráběly všechny výrobky). Model je tak omezen jen na určité výrobky a jediný výrobní proces, proto jsou výsledky simulace aplikovatelné pouze na jednu část v podnikovém procesu. Tato skutečnost ovšem nebrání v možnosti představení simulace jako vhodného prostředku při rozhodování.

Při simulaci si každý podnik najme specialistu, kterého musí proškolit a seznámit s výrobou a všemi procesy, které ve firmě probíhají. V mém případě šlo o externí výpomoc podniku, kterou mi umožnila hlavně škola díky možnosti použít potřebný software. První případ využití specialisty jsem vyhodnotila jako hůře uskutečnitelné, protože firma v ČR není velká a náklady spojené se simulací, zaškolení specializovaného pracovníka a nákupem potřebného softwaru by převýšily užitek.

Časové zhodnocení projektu

Každý projekt má své časové nároky. Ve fázi rozpoznávání problému jsem uvedla časové nároky podle odborníka a pro srovnání uvádím čas, který jsem potřebovala k vyhotovení projektu já. Vzhledem k mým omezeným znalostem simulačního programu Witness byly potřeba na můj projekt následující časové nároky:

- *příprava simulačního projektu – cca 4 hodiny;*
- *sběr a vyhodnocování dat – cca 7 dní;*
- *tvorba konceptuálního modelu – cca 1 den;*
- *tvorba simulačního modelu – cca 30 dní;*
- *experimentování a dokončení simulačního projektu – cca 14 dní;*
- *dokumentace a vyhodnocení výsledků – cca 20 dní.*

Oproti nárokům odborníka došlo ke zkrácení času sběru a vyhodnocování dat na nižší počet vypuštěním některých výrobků, u kterých nebylo nutné provádět tolik měření. Naproti tomu došlo k mnohonásobnému prodloužení fáze tvorby simulačního modelu z důvodů seznamování se softwarem. U expertů, jejichž denní náplň je práce s modely, je pochopitelné, že tato doba odpovídá již zmíněnému odhadu tří dnů.

Za přípravu simulačního projektu považuji rozpoznání problému a definování základních cílů. Nejdůležitější částí je pak sběr a vyhodnocování dat. Získaná data rozhodují o věrohodnosti daného modelu. Nejdélší částí projektu byla tvorba simulačního modelu a experimentování s ním. Bylo třeba správně nastavit chod modelu a validovat jej.

Z uvedených časů vyplývá, že celý projekt vyžadoval hodně času a ještě by jej bylo mnoho potřeba. Z tohoto důvodů budu dále na simulaci pokračovat. Využiji také nabídky na zúčastnění se mezinárodní konference Witnessu 2010 v Praze. Tato konference je pořádána ve spolupráci s Fakultou podnikatelskou VUT Brno.

5.2 Náklady spojené s projektem simulace

Při využití simulace by se mělo brát v úvahu základní pravidlo, že simulace je výhodná, když přínosy převýší náklady. Ne vždy jsou ale přínosy vyčíslitelné. Přínos simulace můžeme rozdělit na kvantitativní a kvalitativní. Kvantitativní přínos (např. úspora pracovních sil) je snadno vyčíslitelný oproti kvalitativnímu (např. spolehlivost procesu, chybné rozhodnutí). Přínosy a náklady se mění v souvislosti problému konkrétního projektu. Náklady také závisí na tom, jestli jde o prvotní projekt nebo o opakovaný. U prvotního projektu jsou náklady vyšší z důvodu pořízení potřebného softwaru. U opakovaného projektu už náklady zahrnují jen údržbu tohoto softwaru. U obou příkladů je potřeba experta na simulaci a modelování.

5.2.1 Projekt u specialisty

V případě, že by si firma nechala vypracovávat projekt u specialisty, byly by náklady na simulaci následující:

- *náklady na pořízení technického vybavení (HW, SW) – např. náklady na nákup softwaru Witness a jeho údržbu.*
- *personální náklady – náklady na nájem experta*

Náklady na pořízení simulačního softwaru

Cena základní verze programu WITNESS MPE (Manufacturing Performance Edition) včetně údržby je 556 960 Kč a přídatného modulu Optimizer 209 960 Kč.

Určitě se také vyplatí zvýhodněný balík WITNESS MPE Continuous + Documentator + Optimizer + VR za 743 980 Kč

Personální náklady

Mezi personální náklady patří náklady na zaměstnání specialisty na simulaci, další náklady mohou vzniknout z proškolení ostatních zaměstnanců. Samotného specialistu je potřeba seznámit s průběhem výroby a všemi procesy probíhajícími v podniku. Všechny výše uvedené náklady jsou shrnuty v následující tabulce:

Popis	Poznámky	Cena
Software	WITNESS MPE Continuous + Documentator + Optimizer + VR	743 980 Kč
Údržba	Údržba softwaru	132 980 Kč
IT specialista		25 000 Kč
Celkem		901 960 Kč

Tabulka 8: Náklady na simulaci

5.2.2 Projekt na zakázku

Tento případ nastává, když si objednáme simulaci u třetí osoby. Platíme pouze za specialistu a za pronájem simulačního programu, samotný program nemusíme kupovat. Tyto náklady se nedají přesně vyčíslit jako u prvního případu, ale pohybují se okolo 200 000 – 500 000 Kč. Záleží také na složitosti modelu.

V případě, že dělám model sama, nemusí firma hradit žádné náklady. Pouze čas, který vedoucí podniku stráví při získávání materiálů a komunikaci se mnou. Náklady zřejmě vzniknou v případě, že bude chtít firma pokračovat na modelu a jeho dalším rozšíření.

5.2.3 Náklady na výrobu a zisk

Pro zajímavost ještě uvedu náklady spojené s výrobou. Jsou to především fixní náklady, náklady na držení zásob (WIP – Work in process). Náklady na jednoho pracovníka jsou na jednu směnu 37€.

Rozpracovaná výroba

Často označována jako WIP (Work in process). Patří sem zásoby, které zůstaly ve výrobě. V mém případě jde o rozpracovanou výrobu. Tyto výrobky ještě nejsou dokončeny a čekají na další zpracování. Management si většinou klade minimalizovat tyto zásoby v procesu. Práce ve výrobním procesu vyžaduje úložný prostor a představuje tak vázaný kapitál a nese jisté riziko. Náklady na držení zásob tvoří cca 20%.

5.3 Přínosy navržených změn

Jak už jsem výše uvedla, přínosy mohou být měřitelné a neměřitelné. Ze zkušeností se ukazuje, že přínosy několikanásobně převyšují náklady a v případě jednorázového simulačního projektu to bývá cca 2:1 poměr přínosu proti nákladům.

5.3.1 Měřitelné přínosy

Výsledkem mé simulace byly dva hlavní přínosy. Navýšená kapacita výroby se odráží v budoucích tržbách a snížení zásob nám umožní úsporu nákladů na držení zásob rozpracované výroby (WIP).

V každé ze simulovaných variant byly jiné zásoby na mezioperačních skladech. U těchto zásob odhadujeme jejich snížení na cca 10 – 15%. Z výsledovky vychází, že WIP tvoří v prvním čtvrtletí 76 000 €. Úspory na držení zásob by tak byly ve výši 1520 – 2280 €. Je ale nutné vzít v úvahu, že u WIP ve výsledovce je také rozpracovaná výroba kabelů a desek, což výsledný efekt snižuje.

Zisk z výrobků

Tržby z prodeje rozvaděčů bez řízení činí cca 100 €/ks, z toho tvoří zisk 15% = 15 €/ks. Tržby z prodeje rozvaděčů s řízením jsou vyšší – cca 250 €/ks a zisk 37,5 €/ks.

- Základní varianta měla u výstupu po dvou směnách 266 výrobků. Tržby by tak činily cca 53 200 €, zisk 7980 €.
- V první variantě došlo na zvýšení výroby oproti základnímu modelu o 46 výrobků. Za dva dny by se tak tržby zvýšily o 9200 €, zisk 1380 € a personální náklady o 148 €. Oproti základnímu modelu to je o 14,7% vyšší zisk. Bylo drženo nejvíce zásob na mezioperačních skladech z důvodů pomalého odebírání na pracovišti konečné montáže. V této variantě jsou ještě nevyčíslitelné náklady a to náklady na přidání dalšího pracoviště.

- Poslední varianta přinesla nejlepší výsledky. Došlo na zvýšení tržeb o cca 8600€, zisk činil 1290 €, tj. 13,9% vyšší oproti základnímu moddu a zvýšení nákladů na pomocného pracovníka o 148 € za dvě směny. Zisk je jen o trochu větší, než u druhé varianty a náklady na změnu by byly podstatně nižší. Na žádném pracovišti se nečekalo na pracovníka, pouze na rozpracované výrobky. Byly zde také nejnižší zásoby na mezioperačních skladech.

Pro přehled jsem výsledky převedla do tabulky:

Varianta řešení	Počet vyrobených výrobků / 2 směny	Tržby / €	Zisk / €
Základní model	266	53 200	7 980
Varianta č. 1	312	62 400	9 360
Varianta č. 2	309	61 800	9 270

Tabulka 9: Zhodnocení tržeb

5.3.2 Neměřitelné přínosy

- *lepší poznání výroby*
- *existující model umožňuje podporu při rozhodování*
- *nově získané naměřené časy, které neexistovaly a tyto nově získané časy znamenají vytvoření podkladů pro kalkulaci*
- *zjištění využití pracovníků a pracovišť*
- *přehled o úzkých místech ve výrobě*

Firma pomocí simulace lépe pozná výrobu, její úzká místa a tím i zjednoduší budoucí rozhodování. Ve výrobě neexistovaly naměřené časy. Tyto časy jsem naměřila a poskytují tak vedení firmě možnost dalšího využití.

Hlavní náplní návrhové části bylo vytvořit funkční model tak, aby simuloval reálný chod výroby. Tento cíl považuji za splněný a vedoucím pracovníkům tak mohla být poskytnuta odpověď na zadané problémy. Z těchto přínosů je patrné, že je simulace ideální nástroj pro optimalizaci výroby.

ZÁVĚR

Diplomovou práci jsem zaměřila na simulaci, jako podporu při rozhodování a optimalizaci výroby. Tím, že tato metoda ještě není příliš rozšířená, simulaci považuji jako výhodu oproti konkurenci. Podnik tak dokonale zná všechny probíhající procesy v podniku a umožňuje vyzkoušet fungování různých variant procesů. Využije tak fiktivní obraz výrobního prostředí bez omezení chodu reálné výroby. Měsíce výroby v reálném čase mohou znamenat při použití simulace hodinu času v modelovaném systému.

I přes snahu co nejvěrohodněji zachytit realitu, jsem se nevyvarovala jistým zjednodušením a omezením modelovaného procesu. Metoda simulace klade velký požadavek na dostatek a věrohodnost informací a dat, a proto je vhodné ji kombinovat s dalšími druhy manažerských informačních systémů. I když je simulace nákladná a náročná na čas, přínosy několikanásobně převyšují náklady. Považuji tedy program Witness jako efektivní nástroj pro řešení daného problému.

Na základě provedených simulací lze říci, že výsledný návrh splňuje požadavky zadání. První cíl se týkal zkrácení průběžné doby výroby, tudíž zvýšení počtu vyrobených kusů za stejnou dobu. První hypotéza se mi podařila pomocí simulace a jejím následném experimentování splnit. Druhý cíl se týkal lepšího využití stávajících pracovišť a jejich rozmístění. Lepší rozmístění pracovišť nebylo možné z důvodu omezení kapacity haly splnit, ale z mého pohledu má firma pracoviště velmi dobře rozmístěné a není třeba do tohoto schématu zasahovat.

Firma má velký zájem na další spolupráci a rozšíření modelu a naměření dalších časů. Jejím cílem je zavést koncept lean manufacturing. Budu tedy dále pokračovat na projektu a pokusím se o co nejpřesnější kopii výroby v reálném čase, aby mohla firma zjistit úzká místa ve výrobě.

Tato diplomová práce mi byla velkým přínosem, jak z pohledu teoretických poznatků, tak hlavně z pohledu praktických zkušeností z oblasti výroby a simulace.

SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK

Obrázek 1: Výrobní hala Tvrdonice	12
Obrázek 2: Chladicí zařízení.....	16
Obrázek 3: Dekompozice úloh tří úrovní výroby kabelů.....	18
Obrázek 4: Dekompozice úloh montáže rozvaděče.....	18
Obrázek 5: Vývojový diagram výroby kabelů.....	19
Obrázek 6: Vývojový diagram výroby rozvaděčů s řízením	20
Obrázek 7: Hotový výrobek.....	21
Obrázek 8: Průběžné zlepšování procesu	23
Obrázek 9: Technologický model podnikového informačního systému podle Basla.....	24
Obrázek 10: Informační systémy z pohledu úrovně řízení	24
Obrázek 11: Informační systém, rozšířený model ERP podle Basla	25
Obrázek 12: Základní cíle SCM a ERP	26
Obrázek 13: Model zásadního reengineeringu	30
Obrázek 14: Související metody v systému štíhlé výroby	32
Obrázek 15: Klasifikace modelů.....	42
Obrázek 16: Fáze při simulaci procesů.....	48
Obrázek 17: Etapy simulačního projektu.....	49
Obrázek 18: Přehled pracovišť	54
Obrázek 19: Pracoviště osazování lišt	55
Obrázek 20: Pracoviště montáže EZB	56
Obrázek 21: Výrobek T80000504	59
Obrázek 22: Výrobek T80000753	59
Obrázek 23: Výrobek T80000777	60
Obrázek 24: Pracovní prostředí programu Witness	63
Obrázek 25: Dialogové okno stroje z prostředí Witness	64
Obrázek 26: Obrazový výstup elementu shift programu Witness	66
Obrázek 27: Ověřování věrohodnosti modelu	70
Obrázek 28: Koláčové grafy z programu Witness – Základní model.....	71
Obrázek 29: Datový výstup základní varianty.....	72
Obrázek 30: Vytížení pracovníků	72

Obrázek 32: Datový výstup druhé varianty	73
Obrázek 33: Obrazový výstup třetí varianty	74
Tabulka 1: Obrat jednotlivých výrobků	52
Tabulka 2: Měřené výrobky	57
Tabulka 3: Naměřené časy u výrobku T80000504	59
Tabulka 4: Naměřené časy u výrobku T80000753	60
Tabulka 5: Naměřené časy u výrobku T80000777	60
Tabulka 6: Sub Shift "Pracovní"	65
Tabulka 7: Tabulka s měřenými časy	66
Tabulka 8: Náklady na simulaci	78
Tabulka 9: Zhodnocení tržeb	80

SEZNAM POUŽITÉ ODBORNÉ LITERATURY

Literatura:

- [1] BASL, Josef; BLAŽÍČEK, Roman. *Podnikové informační systémy: Podnik v informační společnosti*. 2., výrazně přepracované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, a. s., 2008. 283 s. ISBN 978-80-247-2279-5.
- [2] DLOUHÝ, Martin, et al. *Simulace podnikových procesů*. 1. vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2007. 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.
- [3] GROS, I. *Kvantitativní metody v manažerském rozhodování*. 1.vyd. Praha: Grada Publishing, 2003. 432 s. ISBN 80-247-0421-8
- [4] HAMMER, Michael; CHAMPY, James. *Reengineering - radikální proměna firmy: Manifest revoluce v podnikání*. 3. vyd. Praha: Management Press, 2000. 212 s. ISBN 80-7261-028-7.
- [5] JÁČ, Ivan; RYDVALOVÁ, Petra; ŽIŽKA, Miroslav. *Inovace v malém a středním podnikání*. 1.vyd. Brno: Computer Press, a. s., 2005. 174 s. ISBN 80-251-0853-8.
- [6] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1.vdy. Praha: C. H. Beck, 2001. 115 s. ISBN 80-7179-471-6.
- [7] KOCH, Miloš; DOVRTĚL, Jan. *Management informačních systémů*. 1.vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2006. 174 s.
- [8] MASAÁKI, Imai. *Kaizen : metoda, jak zavést úspornější a flexibilnější výrobu v podniku*. Brno: Computer Press, a. s., 2004. 272 s. ISBN 80-251-0461-3.
- [9] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *Cesta k vyšší produktivitě – strategie založená na průmyslovém inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1996, 254s. ISBN 80-902235-0-8.

- [10] PITRA, Zbyněk. *Příprava a provádění organizačních změn*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 1998. 206 s.
- [11] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: Procesní řízení a modelování*. 2. aktualiz. vyd. Praha: Grada Publishing, a. s., 2007. 281 s. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [12] JOSEF, Šunka. *Směrnice 27-01. Realizace výroby*. 2007, 01, s. 14.
- [13] TOMEK, Gustav; VÁVROVÁ, Věra. *Řízení výroby*. Praha: Grada Publishing, a. s., 2000. 408 s. ISBN 80-7169-955-1.
- [14] VEJDĚLEK, J. *Jak zlepšit výrobní proces*. Praha: Grada Publishing 1998, 75s., ISBN 80-7169-583-1.
- [15] Vývojový tým vydavatelství Productivity Press. *Systém tahu ve výrobním prostředí*. 1.vyd. New York: Productivity Press, 2008. 95 s. ISBN 978-80-904099-0-3.
- [16] Vývojový tým vydavatelství Productivity Press. *5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště*. New York: Productivity Press, 2009. 105 s. ISBN 978-80-904099-1-0.

Přednášky:

- [17] Eckelmann s.r.o. *Value stream Mapping Event* (prezentace) Tvrdonice, 2010
- [18] VÍDECKÁ, Z. *Informační podpora procesů*. (přednáška) Brno: VUT, 2009.
- [19] VÍDECKÁ, Z. *Podnikové informační systémy*. (přednáška) Brno: VUT, 2008.

Elektronické zdroje:

- [20] *BPM slovník* [online]. 2003-2007 [cit. 2009-11-09]. Dostupný z WWW: <<http://bpm-slovník.blogspot.com/>>. ISSN 1802-5676.

- [21] DANĚK, J. *Využití simulace jako inženýrského nástroje během životního cyklu výrobků a procesů*. Dostupný z WWW:
<http://www2.humusoft.cz/www/pub/witness/ppt/inovacia2002/sld008.htm> [cit. 2009-04-15]
- [22] MANLIG, F. *Počítačová simulace výrobních procesů*. Dostupný z WWW:
<http://www.humusoft.cz/archived/pub/witness/manlig/manlig2.htm> [cit. 2009-04-12]
- [23] <http://kam.mff.cuni.cz/~kuba/vyuka/programovani/xaver/diskretni_simulace.htm
l> [cit. 2009-11-09]
- [24] VOJTKO, V. *Modelování a simulace v podnikových procesech*. Dostupný z
WWW: <http://www.simulace.cz/media/art/modsim.pdf> [cit. 2009-04-22]
- [25] Witness 2006. *Uživatelská příručka*, 2006. 80 s.

Další elektronické zdroje:

- <http://www2.eckelmann.de/en/>
<http://www.wikipedia.org>
<http://www.humusoft.cz>
<http://www.lanner.com>
<http://www.bpm-slovník.blogspot.com>
<http://www.systemonline.cz/>

REJSTŘÍK

A

ABC analýza	21, 41, 53
Analýza	
firmy	13
SWOT	14
výroby	54
APS	29

B

BPR	30
BSP	30
Buffer	64

C

CMM	23
CRM	26, 28

D

Documentator	63
--------------------	----

E

ERP	25, 27
ERP II	28

F

Funkce	69
--------------	----

J

Jidoka	33
Just-in-time	32, 38

K

KAIZEN	39
Kanban	32, 33
KANBAN	38

L

Labour	67
Lean management	39

M

Machine	65
MIS	25
model	
analogový	42
diskrétní	44
konceptuální	53

matematický	42
optimalizační	43
popisný	42
prognostický	43
spojitý	44
Motion control	12
MRP	35
MRP II	34, 36

O

OPT	37
-----------	----

P

Part	64
PLC	12
Podnikové procesy	22
proces	
klíčový	23
podpůrný	23
vedlejší	23
přínosy	
měřitelné	80
neměřitelné	81
Pull system	32
Push system	31

R

Reengineering	22, 31
---------------------	--------

S

SCM	25, 26
Shift	66
Simulační programy	47
Standardizace	33

T

TOC	36
TPM	33

V

validizace	70
verifikace	70
VR	63
Výroba	
kabelů	17
rozvaděčů s řízením	20

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: Ukázka výrobního příkazu	89
Příloha 2: Hala Tvrdonice	90
Příloha 3: Kusovník	91
Příloha 4: Konceptuální model	92
Příloha 5: Seznam výrobků montovaných v roce 2009	93
Příloha 6: Obsah přiloženého CD	97
Příloha 7: Model ve Witnessu.....	97

Příloha 2: Hala Tvrdonice



Příloha 3: Kusovník

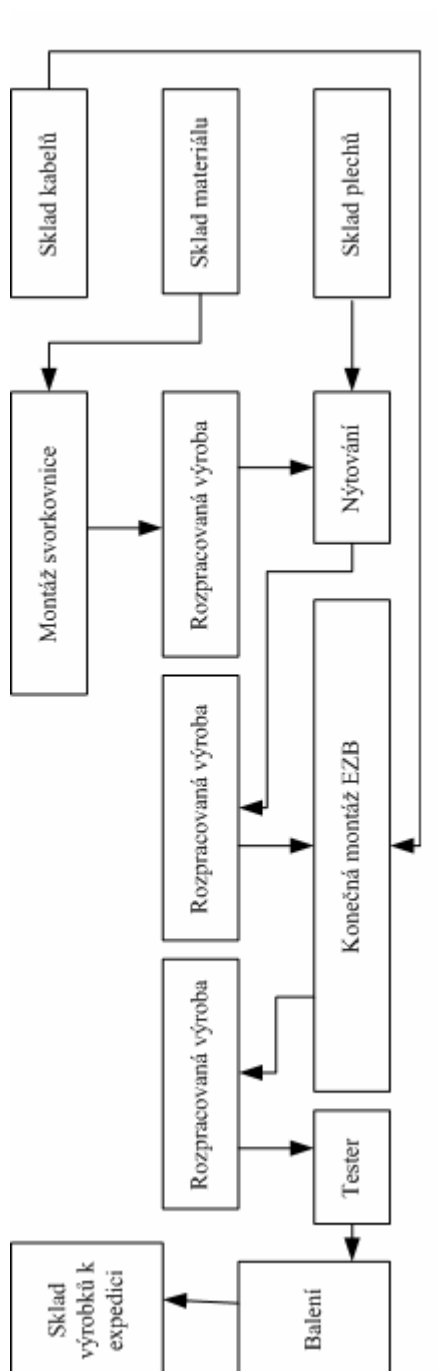
SEITE: 1

7.05.2010

Strukturstückliste zu Teilenummer 80000506

BEZEICHNUNG ELEKTROZUB-400V-50/60HZ UA300CC/UA121 2K 877602 IDX B PRG. E5 REGALE

St	Posn	Teilenummer/Teilbezeichnung	Einsatzmenge	Datum	Dat.-änd.	Änderer	ABGEKÜNDIGT	STRAT.	EINK.
0	2	750800070 MONTAGEBLECH 860X162X60MM FÜR KÜHLREGALE ES, IDX A	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
0	3	BNK0X6 NIEB, BLIND-, FORH A 4 X 6 AL-ST-AIP DIN 7337	3,00000	20.11.2008					SYSTEM
0	4	T64400002 KANTENSCHUTZ SCHWARZ	0,12000	20.11.2008					SYSTEM
1	5	T70600240 BAUGRUPPE KLEMLEISTE 877515/877525	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	2	750800078 HUTSCHIENE 35X7,5 8,15 MM LANG N.ZCHNG. F. MONTAGEBL. KÜHLREGAL ES 50800070	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	3	T62200162 CLIPFIX 35 ENDHALTER FÜR MS 35	8,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	4	T62000357 KLEHME ST6	4,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	5	T62000358 KLEHME ST6 BU	2,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	6	T62000333 KLEHME ST6-PE	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	7	T62200249 DECKEL D-ST6	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	8	T62200293 FFS 2-8 STECKERBRÜCKE 2-POL. FÜR ST6, ROHS	2,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	9	T62000389 KLEHME DT2,5-QUATTRO	3,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	10	T62000390 KLEHME DT2,5-QUATTRO BU	4,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	11	T62000391 KLEHME DT2,5-QUATTRO-PE	2,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	12	T62200286 DECKEL D-ST2,5-QUATTRO	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	13	T62200225 FFS 2-5 STECKERBRÜCKE 2-POL. FÜR ST2,5, ROHS	3,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	14	T62000393 KLEHME DT 6/2,5-DREHSILLA 5X20	3,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	15	T65100063 ZB 5/ WH-100: UNBEDRÜCKT FÜR KLEHMBREITE 5,2MM	8,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	16	T65100143 ZB 5/ GN-100: UNBEDRÜCKT	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	17	T65100016 ZB 7,5 / WH-100: UNBEDRÜCKT	5,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	18	T65100084 ZB 8 / GN-100: UNBEDRÜCKT	2,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	19	T65100017 ZB 10 / WH-100: UNBEDRÜCKT	2,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	20	T65100083 ZB 10 / GN-100: UNBEDRÜCKT	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	21	T52000307 SCHUTZ DILEH-10-C230VAC-50/60HZ BAL.GVP MIT FEDERSÜCKL. KLEINSCHÜTZ 4KM 4S >>>	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	22	REL1W25016 RELAIS IN 250VAC/16A (AG/NT) S8230VAC >>>	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	23	REIFA02POL RELAIS-FASSUNG 2-POL SERIE 40-41 MIT ZUGFEDERTECHNIK >>>	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	24	T60000280 LEITUNG H07V-U 4,0MM², PVC, BRAUN 100M RING	0,50000	20.11.2008					SYSTEM
0	7	LUW3N0002 * KÜHLSTELLENREGLER UA300CC VERS. N TMR 855718 MIT CAN >>>	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	8	T70600002 BAUGRUPPE KABELST. 3P. NETZ 861259 Zc. 861259 IDX D	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	2	T62600290 KLEHME FK 2,5/5-ST-5,08 BD:PE L N	1,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	3	T60900085 ADERENDHÜLSE AI 0,75-8 6Y-B	6,00000	20.11.2008					SYSTEM
1	4	T60000009 LEITUNG H05V-K 0,75MM², PVC, BRAUN, FASS	0,80000	20.11.2008					SYSTEM
1	5	T60000010 LEITUNG H05V-K 0,75MM², PVC-BLAU, FASS	0,80000	20.11.2008					SYSTEM

Příloha 4: Konceptuální model

Příloha 5: Seznam výrobků montovaných v roce 2009

ID	ENTN	Vraceno	CELKEM	POPIS
T80000777	2225	0	2225	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K/2K F. FREMDST.
T80000753	1117	0	1117	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC/UA121E 2K
T80000506	707	0	707	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 2K
T80000508	634	0	634	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 1K
T80000778	438	0	438	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000504	360	0	360	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 3K
T80000535	339	0	339	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 2K
T80000502	332	0	332	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 4K
T80000776	317	0	317	ELEKTROZUBEHÖR M. UA11A O. SICHERUNGEN
T80000862	299	0	299	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ
T80000531	293	0	293	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 CE
T80000533	281	0	281	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 3K
T80000779	278	0	278	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000564	255	0	255	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 1K
T80000735	254	0	254	E-ZUBEH.400V,50/60HZ,UA300DAC/UA111X/XP
T80000500	214	0	214	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 1K
T80000755	208	0	208	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 2K
T80000867	207	0	207	Elektrozub.3PH/N/PE,400V,50/60Hz EKC414A1
T80000578	203	0	203	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA121 2K
T80000762	199	0	199	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K
T80000376	176	0	176	THEKENSTEUERUNG MIT UA 300CC MIT CAN
T80000538	145	0	145	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300TC/UA131 1K
T80000536	146	2	144	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300TC/UA131 2K
T80000667	144	0	144	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 2K
T80000752	134	0	134	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC/UA121E 1K
T80000858	133	0	133	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 2K
T80000780	122	0	122	ELEKTROZ.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 1-4K
T80000498	118	0	118	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 2K
T80000881	115	0	115	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ OHNE AHZ
T80000660	110	0	110	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000871	110	0	110	Elektrozubehör 3PH/N/PE,400V,50/60Hz
T80000951	105	0	105	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 2K
T80000950	101	0	101	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000580	83	0	83	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA121 1K
T80000562	82	0	82	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 2K
T80000509	79	0	79	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 1K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000902	76	0	76	DANFOSS ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000909	72	0	72	DANFOSS
T80000825	72	0	72	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K M2000
T80000758	70	0	70	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K
T80000537	69	0	69	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 1K
T80000824	64	0	64	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K M2000
T80000668	63	0	63	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 1K
T80000619	60	0	60	TEMPERATURFÜHLER L243 VERGOSSEN
T80000882	60	0	60	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 1K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000904	59	0	59	DANFOSS
T80000507	57	0	57	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 2K
T80000754	57	0	57	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K

T80000496	53	0	53	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 3K
T80000297	52	0	52	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000501	51	0	51	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 1K
T80000534	50	0	50	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300TC/UA131 3K
T80000884	50	0	50	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 1K
T80000908	48	0	48	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000505	43	0	43	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 3K
T80000558	43	0	43	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 4K
T80000666	43	0	43	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 1K
T800000914	40	0	40	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T80000572	40	0	40	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA121 1K
T80000672	40	0	40	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ FÜR FREMDST. 1K
T80000367	39	0	39	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000676	39	0	39	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000387	37	0	37	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000765	37	0	37	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 2K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T800000910	36	0	36	DANFOSS
T80000494	35	0	35	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300CC/UA121 4K
T80000560	35	0	35	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300CC/UA131 3K
T80000565	35	0	35	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300TC/UA131 1K
T80000885	35	0	35	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 3K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000958	34	0	34	UA300EAC
T80000689	33	0	33	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST. ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC50/60HZ 2K MIT
T80000920	32	0	32	HAUBE
T80000959	31	0	31	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000684	36	6	30	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000756	28	0	28	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K
T80000759	28	0	28	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 2K
T80000960	28	0	28	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 2K
T80000621	26	0	26	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 2K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000903	26	0	26	DANFOSS
T80000757	25	0	25	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 2K
T80000853	25	0	25	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 2K
T80000887	25	0	25	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 3K
T80000888	25	0	25	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 2K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000905	25	0	25	DANFOSS
T80000952	25	0	25	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T800000925	24	0	24	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T80000579	24	0	24	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300TC/UA121 2K
T80000865	24	0	24	Elektrozub. 3PH/N/PE,400V,50/60Hz EKC202D
T80000901	24	0	24	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000907	24	0	24	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000499	21	0	21	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 2K
T80000715	21	0	21	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 1K M2000
T80000764	21	0	21	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T800000911	20	0	20	DANFOSS
T80000388	20	0	20	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000763	20	0	20	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K
T80000873	20	0	20	Elektrozubehör 3PH/N/PE,400V,50/60Hz 1K
T80000878	20	0	20	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE, 400V 50/60HZ 2K

T80000879	20	0	20	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE/400V 50/60HZ 1K
T80000886	20	0	20	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 2K
T800000922	18	0	18	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T80000750	18	0	18	ELEKTROZUBEHÖR 400V,50/60HZ MIT AHZ M2000
T80000497	17	0	17	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 3K
T80000570	17	0	17	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA121 2K
T80000377	16	0	16	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000954	16	0	16	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000410	15	0	15	THEKENSTEUERUNG MIT UA 300TC MIT UHR
T80000563	15	0	15	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300TC/UA131 2K
T80000890	15	0	15	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 4K
T80000953	15	0	15	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 2K
T80000365	14	0	14	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000622	14	0	14	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 1K
T800000924	13	0	13	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T80000643	12	0	12	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T800000921	11	0	11	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T800000971	11	0	11	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 2K
T80000390	11	0	11	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000503	11	0	11	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 4K
T80000581	11	0	11	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300TC/UA121 1K ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T800000928	10	0	10	DANFOSS
T80000295	10	0	10	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000663	10	0	10	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 4K
T80000688	10	0	10	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 2K FÜR FREMDST.
T80000872	10	0	10	Elektrozubehör 3PH/N/PE,400V,50/60Hz 1K
T80000889	10	0	10	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 2K
T80000956	10	0	10	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T800000929	9	0	9	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000292	9	0	9	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000386	9	0	9	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000642	9	0	9	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000685	9	0	9	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 4K FÜR FREMDST.
T80000906	9	0	9	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T800000912	8	0	8	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T80000289	8	0	8	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000291	8	0	8	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000425	8	0	8	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000532	8	0	8	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ UA300TC/UA131 CE
T80000620	8	0	8	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 3K
T80000751	8	0	8	ELEKTROZUBEHÖR 400V,50/60HZ O. AHZ M2000
T800000970	7	0	7	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000665	7	0	7	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 2K
T80000791	7	0	7	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300VCC/UA111V 4K
T80000301	6	0	6	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000383	6	0	6	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000423	6	0	6	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T800000923	5	0	5	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T800000984	5	0	5	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ
T80000664	5	0	5	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD 3K
T80000669	5	0	5	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ CE FÜR FREMDST.
T80000679	5	0	5	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ 2K FÜR FREMDST.

T80000686	5	0	5	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 3K FÜR FREMDST.
T80000766	5	0	5	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC CE
T80000788	5	0	5	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300VCC/UA111V 1K
T80000883	5	0	5	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 1K
T80000071	4	0	4	ELEKTROZUBEHÖR 400V/50HZ THERM.
T800000974	4	0	4	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K
T80000378	4	0	4	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000392	4	0	4	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000760	4	0	4	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 1K
T80000761	4	0	4	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 2K
T80000957	4	0	4	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 2K
T80000065	3	0	3	ELEKTROZUBEHÖR 380V/50 HZ THERM.
T800000913	3	0	3	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 1K CAREL
T80000246	3	0	3	Elektrozubehör 400V/50/60HZ ohne UA
T80000294	3	0	3	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000362	3	0	3	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000391	3	0	3	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000573	3	0	3	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300TC/UA121 1K
T80000683	3	0	3	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ 2K FÜR FREMDST.
T80000812	3	0	3	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300VXC/UA131V 3K
T800000975	2	0	2	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ 2K
T80000424	2	0	2	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000510	2	0	2	ELEKTROZUBEHÖR 400V,50/60HZ TH VANTIS CE
T80000659	2	0	2	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA131DD CE
T80000661	2	0	2	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ 2K FÜR FREMDST.
T80000697	2	0	2	ELEKTROZUBEHÖR 400V,50/60HZ THERM. 1K
T80000066	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 380V/50 HZ THERM.
T80000067	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 380V/50 HZ THERM.
T800000930	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 1K FKV001B
T800000931	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 2K FKV001B
T800000932	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE,400V,50/60HZ 1K FKV001B
T800000985	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400VAC 50/60HZ
T80000298	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000300	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000380	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000382	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 3PH/N/PE 400V 50/60HZ
T80000405	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 400V3PH/UA 300TC/UA 121
T80000486	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 400V,50/60HZ THERM. 4K
T80000491	1	0	1	ELEKTROZUBEHÖR 400V,50/60HZ THERM. 3K
T80000495	1	0	1	ELEKTROZUB.400V,50/60HZ,UA300TC/UA121 4K
T80000566	1	0	1	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300CC/UA121 4K
T80000571	1	0	1	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300TC/UA121 2K
T80000680	1	0	1	ELEKTROZUB. 400V,50/60HZ 1K FÜR FREMDST.
T80000768	1	0	1	ELEKTROZ.400V,50/60HZ UA300EAC 2K
T80000868	1	0	1	Elektrozub.3PH/N/PE,400V,50/60Hz EKC414A1

Příloha 6: Obsah přiloženého CD

1. Diplomová práce
2. Vývojové diagramy v programu Visio
3. Model ve Witnessu

Příloha 7: Model ve Witnessu