

Vytvoření kapacitního modelu výroby v programu Autosched pro podnik ON-SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, s.r.o.

Ing. Martin Burdík

Bakalářská práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav statistiky a kvantitativních metod
akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Ing. Martin Burdík**
Osobní číslo: **M120262**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Management a ekonomika**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **Vytvoření kapacitního modelu výroby v programu Autosched pro podnik ON-SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, s.r.o.**

Zásady pro vypracování:

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Nastudujte a v systematickém přehledu prezentujte poznatky z teorie modelování kapacitních problémů.

II. Praktická část

- Seznamte se s prostředím simulačního nástroje AutoSched AP (ASAP).
- Vytvořte kapacitní model v ASAP v rozsahu aktuálně používaného Excel modelu.
- Ověřte shodu výstupních parametrů nového ASAP modelu a stávajícího Excel modelu.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **40 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

AutoSched AP User's Guide v7.0. Bountiful, UT: Brooks Automation Inc.,
AutoSimulations Division, 2001.

JABLONSKÝ, Josef. Operační výzkum: kvantitativní modely pro ekonomické
rozhodování. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 2007, 323 s. ISBN
978-80-86946-44-3.

ZIMOLA, Bedřich. Operační výzkum. Vyd. 4., nezměn. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve
Zlíně, 2004, 168 s. ISBN 80-7318-208-4.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Ing. Petr Klímek, Ph.D.**
Ústav statistiky a kvantitativních metod
Datum zadání bakalářské práce: **16. února 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. května 2015**

Ve Zlíně dne 16. února 2015



prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka



Ing. Radek Benda, Ph.D.
ředitel ústavu


Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně


.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Předložená práce se zabývá modelováním podnikových procesů souvisejících s výrobou polovodičových součástek. V teoretické části je představen operační výzkum, do kterého tematicky spadá tato práce. Dále je podrobně popsána disciplína operačního výzkumu související se systémy hromadné obsluhy včetně analytického souvisejících výpočtů. V praktické části je potom vytvořen simulační model systému hromadné obsluhy – výroby polovodičových součástek v podniku ON-SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, s.r.o.

Klíčová slova: kapacitní model, simulace, operační výzkum, systém hromadné obsluhy, výroba polovodičů

ABSTRACT

Given thesis deals with modeling of semiconductor factory production. Main topic of theoretical chapters is operational research. One part of operational research, queuing system theory is described closer. In practical chapters of the thesis, dynamic simulation model of semiconductor factory is created - based on data from real factory of ON-SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, s.r.o.

Keywords: capacity model, simulation, operational research, queuing system, semiconductor production

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu, doc. Ing. Petrovi Klímkovi, Ph.D. Děkuji za cenné rady a za motivaci. Díky jeho nadšení do problematiky kvantitativních metod v rozhodování a aplikované statistiky v kombinaci s velmi vstřícným přístupem ke mně jako ke studentovi mi byl cenou podporou, především ve chvílích spojených s komplikacemi při práci.

Rád bych také poděkoval společnosti ON-SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC s.r.o. konkrétně panu Ing. Marcelovi Chovancovi, který se ve společnosti stará o plánování a řízení výroby. Pan Ing. Marcel Chovanec je zároveň autorem statického modelu, ze kterého vychází praktická část této práce. Děkuji za cenné konzultace a za data. Společnosti ON-SEMICONDUCTOR také děkuji za zapůjčenou techniku (počítač včetně potřebného software).

Velké poděkování patří mé rodině. Moje manželka Monika mi svou podporou umožnila studovat a tuto práci napsat. Ve chvílích, kdy jsem se věnoval studiu, převzala péči o domácnost a o rodinu a vše zvládla naprosto perfektně. Za to jsem jí moc vděčný.

Nakonec bych rád poděkoval svým dětem, dceři Valerii a synovi Arturovi za to že jsou - za pozitivní energii, kterou mi svou existencí dávají.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 OPERAČNÍ VÝZKUM	12
1.1 FÁZE OPERAČNÍHO VÝZKUMU	12
1.1.1 Rozpoznání problému v rámci reálného systému a jeho definice.....	13
1.1.2 Formulace ekonomického modelu	14
1.1.3 Formulace matematického modelu	14
1.1.4 Vlastní řešení matematického modelu	15
1.1.5 Interpretace výsledků	16
1.1.6 Implementace řešení.....	16
1.2 DISCIPLÍNY OPERAČNÍHO VÝZKUMU	17
1.2.1 Matematické programování	17
1.2.2 Vícekriteriální rozhodování	18
1.2.3 Teorie grafů.....	18
1.2.4 Teorie zásob	18
1.2.5 Teorie hromadné obsluhy.....	18
1.2.6 Modely obnovy	19
1.2.7 Markovské rozhodovací procesy.....	19
1.2.8 Teorie her	19
1.2.9 Simulace	19
2 SYSTÉMY HROMADNÉ OBSLUHY	20
2.1 PODSTATNÉ CHARAKTERISTIKY SYSTÉMU HROMADNÉ OBSLUH	20
2.2 KLASIFIKACE SYSTÉMŮ HROMADNÉ OBSLUHY	24
2.3 ZÁKLADNÍ VÝPOČTY U MODELU HROMADNÉ OBSLUHY	25
2.3.1 Littleův zákon.....	26
2.4 ANALYTICKÉ A SIMULAČNÍ ŘEŠENÍ SYSTÉMŮ HROMADNÉ OBSLUHY	27
2.4.1 Analytické řešení.....	28
2.4.2 Simulace	28
2.4.3 Nástroje pro simulaci	29
2.4.3.1 Obecné programovací jazyky	29
2.4.3.2 Simulační programovací jazyky	29
2.4.3.3 Programy.....	29
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
3 PŘEDSTAVENÍ PODNIKU	32
3.1 ANALÝZA TRENDU ROZVAHOVÝCH POLOŽEK	33
3.2 ANALÝZA TRENDU VÝKAZU ZISKU A ZTRÁT	35
3.3 ANALÝZA TRENDU CASH-FLOW	36
4 KAPACITNÍ MODEL VÝROBY	37
4.1 STATICKÝ MODEL KAPACITY (SPREADSHEET MODEL).....	38
4.1.1 Podstata statického modelu	39
4.1.2 Další vlastnosti statického modelu	41
4.1.3 Výstupy statického modelu	42

4.2	DYNAMICKÝ MODEL (AUTOSCHED MODEL)	42
4.2.1	Podstata dynamického modelu.....	43
4.2.2	Další vlastnosti dynamického modelu	46
4.2.3	Výstupy dynamického modelu.....	47
4.3	INTERPRETACE VÝSLEDKŮ, SROVNÁNÍ STATICKÉHO A DYNAMICKÉHO MODELU	52
ZÁVĚR		54
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....		56
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....		57
SEZNAM OBRÁZKŮ		58
SEZNAM TABULEK.....		59

ÚVOD

Řešení problémů, a s tím spojené rozhodování, patří k činnostem, kterým člověk musí čelit. Někdy je to jednoduché, nebo se to alespoň jednoduché zdá být. Pokud je jedna varianta na první pohled výrazně lepší, než ostatní – není problém se rozhodnout. Problém ovšem nastává ve chvíli, kdy není jasné, která varianta je ta správná. Člověk v takových chvílích reaguje různě. Existují různé techniky, kvantitativní metody na podporu rozhodování, které jsou schopny identifikovat optimálně, nebo alespoň přibližně optimální variantu a pro tuto se potom může rozhodnout. Pokročilým nástrojem pro takovéto rozhodnutí je potom simulace. Nejenže může vybrat lepší variantu, může také predikovat budoucí chování systému, jehož se problém týká. Člověk díky simulačním modelům může otestovat chování systému v extrémních situacích, připravit se tak na výpadky nebo naopak na skokové navýšení parametrů – například poptávky. To vše může probíhat ve velmi krátkém čase, během několika sekund je možné simulovat průběh delšího období, klidně více alternativ.

Simulace si díky svým přednostem našla uplatnění v různých oblastech lidského počínání. Efektivně lze řešit problémy technického rázu pomocí numerických metod, metody statistiky a pravděpodobností jsou efektivní při řešení problémů ekonomických. A právě řešení problémů ekonomického rázu je věnována tato práce. Použití simulačních modelů při řízení výroby polovodičových součástek je tématem, kterým se v práci budu zabývat.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Abych mohl efektivně řešit předložené téma, považuji za nutné nastudovat a v uceleném přehledu popsat teorii týkající se kapacitních modelů. Celá problematika spadá do vědní disciplíny Operačního výzkumu. Proto se v první kapitole budu operačnímu výzkumu věnovat a popíšu jeho základní charakteristiky. Jelikož je operační výzkum velmi rozsáhlá disciplína, podrobněji se budu věnovat jenom oblasti systémů hromadné obsluhy. Ne proto, že by ostatní byly méně zajímavé, ale protože ostatní disciplíny nejsou tématem této práce. Bude tedy podrobně popsána teorie front respektive teorie systému hromadné obsluhy.

Pro potřebu praktické části je nutné se nejprve seznámit se stávajícím modelem, statickým modelem vytvořeným v programu EXCEL. Model mám v plném rozsahu k dispozici. Z modelu budou následně extrahována data a bude vytvořen model nový, na úrovni stávajícího, ale v programu Autosched, který je vhodnější pro modelování výroby polovodičových součástek. Protože se nový model bude vytvářet na základě původního modelu, budou také jeho výstupy srovnávány s výstupy stávajícího modelu.

Cíle práce jsou tedy následující:

I. Teoretická část

- Nastudujte a v systematickém přehledu prezentujte poznatky z teorie modelování kapacitních problémů.

II. Praktická část

- Seznamte se s prostředím simulačního nástroje AutoSched AP (ASAP).
- Vytvořte kapacitní model v ASAP v rozsahu aktuálně používaného Excel modelu.
- Ověřte shodu výstupních parametrů nového ASAP modelu a stávajícího Excel modelu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 OPERAČNÍ VÝZKUM

Počátky operačního výzkumu spadají do 30. a 40. let dvacátého století. Jsou spojeny mimo jiné se jmény nositelů Nobelovy ceny za ekonomii G. B. Dantzig a L. Kantorovič. Výrazný rozvoj zaznamenal operační výzkum ve druhé světové válce ve Velké Británii, kdy byly sestavovány týmy odborníků za účelem optimalizace a plánování strategických a taktických vojenských akcí. Významnému pokroku operačního výzkumu přispěl také vývoj výpočetní techniky. Nicméně níže si ukážeme na problematice složitosti algoritmu, že nárůst výkonu výpočetní techniky není jediným důvodem rozmachu operačního výzkumu.

V současnosti je po celém světě velké množství pracovišť, které se na operační výzkum specializují, a to jak v akademické sféře (například Massachusetts Institute of Technology, Princetonská universita a mnohé další), tak i soukromé společnosti (Applied materials).

Jméno „Operační výzkum“ možná není z marketingového hlediska ideální – lidé s marketingu si vytvořily název nový, výstižnější, a to „Věda lepšího“ („The Science of the Better“). S tímto názvem přišla společnost INFORS (Institute for Operations Research and Management Science), která současně přišla s definicí, co je operační výzkum. „Operační výzkum můžeme několika slovy charakterizovat tak, že je to disciplína, která aplikuje pokročilé analytické metody s cílem nacházet lepší řešení problémů.“ (Cook, 2012)

1.1 Fáze operačního výzkumu

Co se týká postupu práce při řešení problému operačního výzkumu práce, můžeme ho rozdělit na následující fáze:

- rozpoznání problému v rámci reálného systému a jeho definice
- formulace ekonomického modelu
- formulace matematického modelu
- vlastní řešení matematického modelu
- interpretace výsledků
- implementace řešení

K podrobnějšímu popisu a pro lepší pochopení jednotlivých fází si dovolím použít konkrétní příklad, můj oblíbený matematický problém, tak zvaný „problém obchodního cestujícího“ („Traveling Salesman Problem“, TSP). Na tomto problému se pokusím demonstrovat, v čem podle mne spočívají jednotlivé fáze řešení problému operačního výzkumu.

1.1.1 Rozpoznání problému v rámci reálného systému a jeho definice

V roce 1962 vyhlásila společnost Procter & Gamble reklamní kampaň, která vyvolala velký zájem také mezi matematiky. Součástí kampaně byla soutěž o 10000 dolarů (v roce 1962 to stačilo na koupi domu). Soutěžním úkolem bylo nalézt nejkratší cestu přes 33 daných amerických měst. Na první pohled se nejedná o složitý úkol, nicméně společnost Procter & Gamble moc dobře věděla, o jak komplikovaný problém se jedná. Problém dokonce dodnes zaměstnává hlavy špičkových matematiků. Jedná se totiž o problém, který se přímo dotýká hranic výpočetní složitosti a lidského poznání.

HELP! WE'RE LOST!

HELP "CAR 54"...AND WIN CASH
54...\$1,000 PRIZES
ONE...\$10,000 GRAND PRIZE

START and FINISH

Help Toody and Muldaun find the shortest round trip route to visit all 33 locations shown on the map. All you do is draw connecting straight lines from location to location to show the shortest round trip route.

HERE'S THE CORRECT START...
Begin at Chicago, Illinois. From there, lines show correct route as far as Erie, Pennsylvania. Next, do you go to Carlisle, Pennsylvania or Wana, West Virginia? Check the easy instructions on back of this entry blank for details.

© PROCTER & GAMBLE 1962

OFFICIAL RULES ON REVERSE SIDE

Obrázek 1: Zadání soutěže Procter & Gamble, zdroj: (web)

1.1.2 Formulace ekonomického modelu

Ekonomický model je zjednodušený popis skutečného systému, který zahrnuje jen ty prvky a ty jejich vzájemné vazby, které jsou z pohledu řešeného problému podstatné. Východiskem při „vytváření“ správného ekonomického modelu je systémový přístup. Systémový přístup je naprosto obecnou disciplínou o přístupu k řešení problémů. Za jeho základní kámen považují práci rakouského biologa Karl Ludwiga von Bertalanffy (1901–1972), především jeho práci Obecná teorie systémů. Co se současnosti týká, můj pohled na řešení problémů a systémový přístup nejvíce pozitivně poznamenala práce Profesora Přemysla Janíčka z ústavu mechaniky a biomechaniky brněnského VUT. Vše potřebné je úplně popsáno v jeho publikaci Hledání souvislostí.

Náš ekonomický model má tedy následující podobu:

- Cíl – určit pořadí měst, kterými pojede obchodní cestující při své cestě.
- Procesy – procesem je pohyb obchodního cestujícího s tím, že každé místo potřebuje navštívit alespoň jednou.
- Činitelé ovlivňující procesy – pro tento konkrétní případ považují za hlavní a zároveň jediný činitel ovlivňující procesy vzdálenost mezi jednotlivými městy.
- Popis vzájemného vztahu – chceme minimalizovat vzdálenost, kterou při své okružní cestě přes 33 daných měst urazí obchodní cestující s tím, že každé město navštíví jednou a vrátí se do místa, odkud vyjel.

1.1.3 Formulace matematického modelu

Ekonomický model je v podstatě slovní a numerický popis daného problému – něco jako zadání slovní úlohy v matematice. Matematický model už je formalizovaný, řešitelný standardními prostředky. Pro výše uvedený případ problému obchodního cestujícího bude matematický model vypadat následovně:

Minimalizujeme:

$$z = \sum_{i=1}^n \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n d_{ij} x_{ij}$$

1

Za podmínek:

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad 2$$

$$j = 1, 2, \dots, n; i \neq j$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad 3$$

$$i = 1, 2, \dots, n; i \neq j$$

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad 4$$

$$i, j = 2, 3 \dots, n; i \neq j$$

$$\forall x_{ij} = 0 \text{ nebo } 1, \quad \forall u_{ij} \geq 0 \quad 5$$

Vzdálenost mezi městem i a městem j je v modelu d_{ij} , snažíme se tedy minimalizovat účelovou funkci. První dvě podmínky zajistí, že cestující každé město navštíví a opustí jen jednou, další podmínka eliminuje možnost sub-cesty. Takováto formulace je známa jako Eklidovská formulace problému obchodního cestujícího, kde platí symetrie vzdálenosti $d_{ij} = d_{ji}$, dále se předpokládá platnost trojúhelníkové nerovnosti $d_{ij} + d_{jk} \geq d_{ik}$ pro všechny různé i, j a k .

1.1.4 Vlastní řešení matematického modelu

Až do této fáze se problém obchodního cestujícího zdá být relativně snadnou úlohou. Nabízí se řešení hrubou silou, kdy spočteme všechny možné pořadí okružní trasy (permutace), k těmto dopočteme vzdálenost a potom vybereme nejkratší.

Problém tohoto přístupu je v jeho časové náročnosti. Pokud budeme předpokládat, že cesta začíná ve stejném městě – řekněme v Chicagu. Máme tedy 32 možností, kudy se vydat. Ve druhém městě potom 31 – potom 30 a celkem 32! (32 faktoriál) možností. Zjednodušením je předpoklad výše uvedené symetrie, je jedno, kterým směrem jedeme. Celkový počet je tedy poloviční.

$$\frac{32!}{2} = 131\,565\,418\,466\,846\,765\,083\,609\,006\,080\,000\,000$$

„V dnešní době by to samozřejmě nikdo nezkoušel ručně, ale spolehl by se na počítač. Tak zvolme nějaký hodně výkonný – třeba IBM Roadrunner Cluster Ministerstva energetiky USA za 133 000 000 dolarů. Jedná se o stroj se 129 600 procesory, který byl s výkonem 1457 biliónů aritmetických operací za sekundu v roce 2009 v čele tabulky 500 nejrychlejších počítačů na světě. Předpokládejme pro jednoduchost, že počítači zabere jen jednu aritmetickou operaci, aby zkontroloval jednu cestu. Pak by řešení našeho problému obchodního cestujícího o 33 městech trvalo počítači Roadrunner 28 biliónů let; což je hodně, vzhledem k tomu, že se odhaduje, že náš vesmír je jen 14 miliard let starý“ (Cook, 2012)

Do hry tedy vstupují pokročilé techniky operačního výzkumu. Teorie grafů, lineární programování a moderní heuristické algoritmy dokážou problém efektivně řešit v akceptovatelném čase. V současnosti je rekord z roku 2006 nalezení nejkratší cesty obchodního cestujícího přes 85 900 měst ve Švédsku.

1.1.5 Interpretace výsledků

Tato fáze je velmi podstatná. Použitý model je totiž účelně zjednodušenou realitou, zahrnuje jen veličiny, o nichž se domníváme, že jsou podstatné. Pokud bychom do modelu nezahrnuli některou podstatnou veličinu, výstupy budou naprosto zcestné a nereálné. Proto je k interpretaci potřeba mít důkladnou znalost v oblasti, které se problém týká.

1.1.6 Implementace řešení

Po interpretaci výsledků následuje implementace. V našem případě se cestující vydává na svou cestu.

1.2 Disciplíny operačního výzkumu

S ohledem na různorodost řešených problémů v rámci operačního výzkumu vyvstala potřeba specifických přístupů k řešení problémů jednotlivých tříd problémů. Jejich rozdělení není v literatuře jednotné, podle (Jablonský, 2007) se ustálily následující relativně samostatné disciplíny operačního výzkumu.

1.2.1 Matematické programování

Jedná se zpravidla o nalezení extrému účelové funkce:

$$z = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad 6$$

za podmínek:

$$\begin{aligned} g_1(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq 0 \\ g_2(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq 0 \\ &\vdots \\ g_m(x_1, x_2, \dots, x_n) &\geq 0 \\ x_j &\geq 0, j = 1, 2, \dots, n \end{aligned} \quad 7$$

Z matematického hlediska tedy hledáme hodnoty proměnných x_1, x_2, \dots, x_n , tak aby byly respektovány podmínky (7) a byla dosažena extrémní hodnota účelové funkce (6). Jsou-li všechny podmínky a účelová funkce vyjádřeny lineární rovnicí nebo lineární nerovnicí, jedná se o lineární programování. Pokud některé funkce podmínku nespĺňuje, jedná se o nelineární programování – to se pro svou komplikovanost využívá jen málo. Oproti tomu lineární programování je velmi hojně používanou technikou, řeší se úlohy jako:

- optimalizace výrobního programu
- směšovací problémy (finanční směs)
- strategie reklamy
- návrh výživy (nutriční problém)

1.2.2 Vícekriteriální rozhodování

Spočívá v analýze rozhodovacích úloh, v nichž jsou varianty, mezi nimiž se rozhodujeme posuzovány podle více kritérií zároveň. Cílem analýzy bývá často řešení konfliktu mezi jednotlivými kritérii – ty mohou být ve vzájemném konfliktu.

1.2.3 Teorie grafů

Grafy jsou objekty tvořené uzly a spojnicemi mezi nimi, hranami. Pomocí těchto grafů můžeme znázorňovat reálné systémy. V předchozím textu byl představen problém obchodního cestujícího, kdy máme mapu, na ní seznam měst a chceme najít nejkratší cestu mezi městy. V teorii grafů potom města znázorníme vrcholy, vzdálenosti mezi městy hranami a řešíme optimalizační úlohu, jejíž cílem je nalézt Hamiltonovskou kružnici¹ v grafu. Často se také teorie grafů používá při řízení projektů - hrany představují jednotlivé činnosti, vrcholy dílčí cíle, milníky projektu. Hrany se ohodnotí s ohledem na časovou či nákladovou náročnost projektu a cílem analýzy je potom časový či nákladový rozbor realizace projektu.

1.2.4 Teorie zásob

Zásobovací proces a stejně tak i skladování je nutné řídit, v obou případech špatně zvolená strategie přináší zbytečné navýšení nákladů, ztráty. V teorii zásob se tedy řeší optimální velikost dodávky a skladové množství s ohledem na požadavky podniku, možnosti dodavatele.

1.2.5 Teorie hromadné obsluhy

Zkoumá systémy, ve kterých se vyskytují dva požadavky, které vstupují do systému, a požadují obsluhu a obslužné linky. Obslužné linky jsou schopny podle svých vlastností uspokojit požadavky, ty potom systém opouští. Omezená kapacita obslužné linky a časová náročnost samotné obsluhy způsobí vznik fronty čekajících požadavků. Odtud také alternativní název disciplíny - teorie front. V praxi hojně používáno při dimenzování dopravních staveb, výrobních linek či pokladen v supermarketu. Této disciplíně je v této práci věnována celá samostatná kapitola.

¹ Hamiltonovská kružnice je spojnice v grafu, která prochází všemi jeho uzly.

1.2.6 Modely obnovy

Zkoumají systémy, ve kterých se jejich jednotky postupně opotřebovávají, poté selžou a je potřeba je vyměnit. Doba bezporuchového provozu je náhodná veličina. Cílem analýz je odhadnout věkovou strukturu a predikovat počet jednotek, které v daném období selžou.

1.2.7 Markovské rozhodovací procesy

Obecný prostředek pro popis dynamických systémů. Základním cílem je predikce budoucího stavu systému.

1.2.8 Teorie her

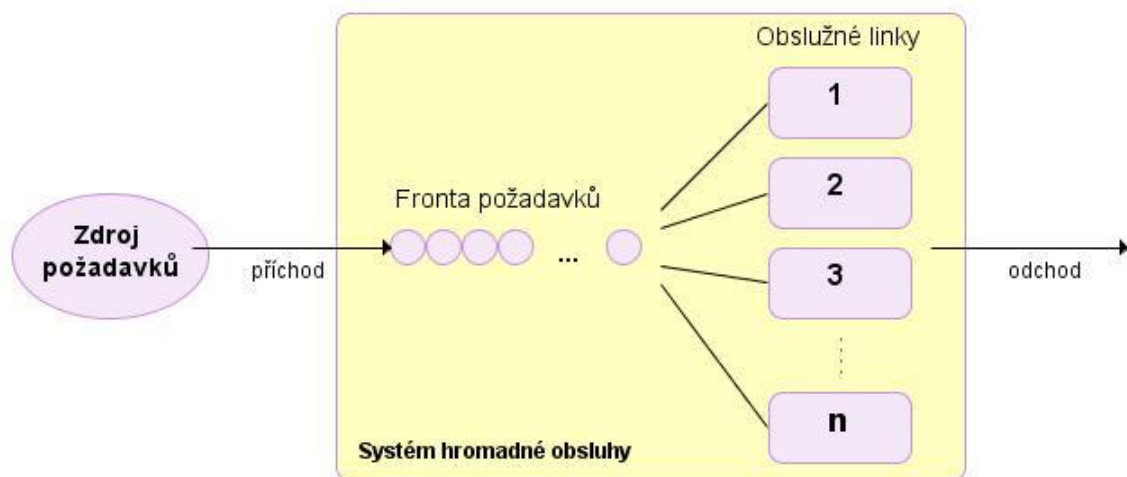
Popisuje rozhodovací situace s více než jedním rozhodovatelem jako hru, kde hráči volí určité strategie, na kterých závisí jejich výhra. Teorie her zkoumá a určuje optimální strategie pro rozhodování.

1.2.9 Simulace

Není tak úplně samostatnou disciplínou. Je to spíše nástroj pro řešení složitých problémů jednotlivých disciplín operačního výzkumu. Podle reálného systému vytvoříme počítačový model, na něm provedeme experimenty a získané zkušenosti převedeme zpátky na reálný systém. Simulace bude klíčovým bodem praktické části této práce.

2 SYSTÉMY HROMADNÉ OBSLUHY

Teorie hromadné obsluhy je jednou z disciplín operačního výzkumu. Za jejího zakladatele se považuje dánský inženýr Agner Krarup Erlang (1878–1929), který se vědecky zabýval problematikou telefonních sítí a automatických telefonních ústředen. Z jeho práce vzešel mimo jiné také Erlangův vzorec, určující poměr volajících v čase, kdy je síť používána. O další rozvoj teorie se zasloužil především ruský matematik Andrej Nikolajevič Kolmogorov (1903–1987), zakladatel moderní teorie pravděpodobnosti a teorie složitosti algoritmu. Teorie hromadné obsluhy se zabývá systémy, kde dochází k procesům obsluhy vstupních prvků (zákazníci, volající, polotovary) obsluhujícími centry (prodejna, ústředna, výrobní linka). V literatuře se můžeme setkat také s alternativním názvem, teorií front - oba termíny jsou často volně zaměňovány. Později uvidíme, že existují také systémy hromadné obsluhy, kde fronta nevzniká, jedná se o systémy bez čekání. Název teorie hromadné obsluhy je obecnější než teorie front, budu se ho v této práci držet.



Obrázek 2: Systém hromadné obsluhy, zdroj: (Kočička, 2009)

2.1 Podstatné charakteristiky systému hromadné obsluhy

Vstupní proud

Vstupní proud či vstupní tok představuje žádosti na obsluhu, které přicházejí do systému. Zpravidla bývá charakterizován dobou mezi dvěma po sobě následujícími příchody. Pokud je tato doba konstantní, mluvíme o tzv. deterministickém vstupním toku. Pokud má tento

interval náhodný charakter – mluvíme o stochastickém vstupním toku. V případě stochastického vstupního toku je tedy nutné znát rozdělení náhodné veličiny a jeho parametry. Velmi často se předpokládá, že doba mezi dvěma po sobě následujícími požadavky má exponenciální rozdělení, pro počet požadavků za jednotku času se potom použije rozložení Poissonovo. Pokud nemáme dost informací (neznáme rozdělení, nebo jeho parametry), použijeme statistické metody k jeho určení. Nabízí se test dobré shody rozdělení. Postup může být například pro často používané exponenciální rozložení doby mezi dvěma požadavky následující:

1. Formulujeme nulovou a alternativní hypotézu, například:

H_0 : data se řídí exponenciálním rozdělením

H_1 : data se exponenciálním rozdělením neřídí

2. Zvolíme hladinu významnosti
3. Rozdělíme výběr do k -tříd s krajními body a_i a posledním $a_k = \infty$
4. Odhadneme parametr λ (z_i je střed třídy)

$$E(X) = \frac{1}{\lambda} = \bar{X} = \sum_{i=1}^k \frac{1}{n} m_i z_i \quad 8$$

5. Spočteme hodnotu testového kritéria:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_i - np_i)^2}{np_i} \quad 9$$

m_i jsou četnosti jednotlivých tříd, n je počet prvků výběru a teoretická pravděpodobnost je dána vztahem:

$$p_i = e^{-\frac{a_i-1}{\lambda}} - e^{-\frac{a_i}{\lambda}} \quad 10$$

6. Hodnotu testového kritéria srovnáme s kritickou hodnotou
7. Zamítneme/nezamítneme nulovou hypotézu

Další charakteristiky vstupního proudu:

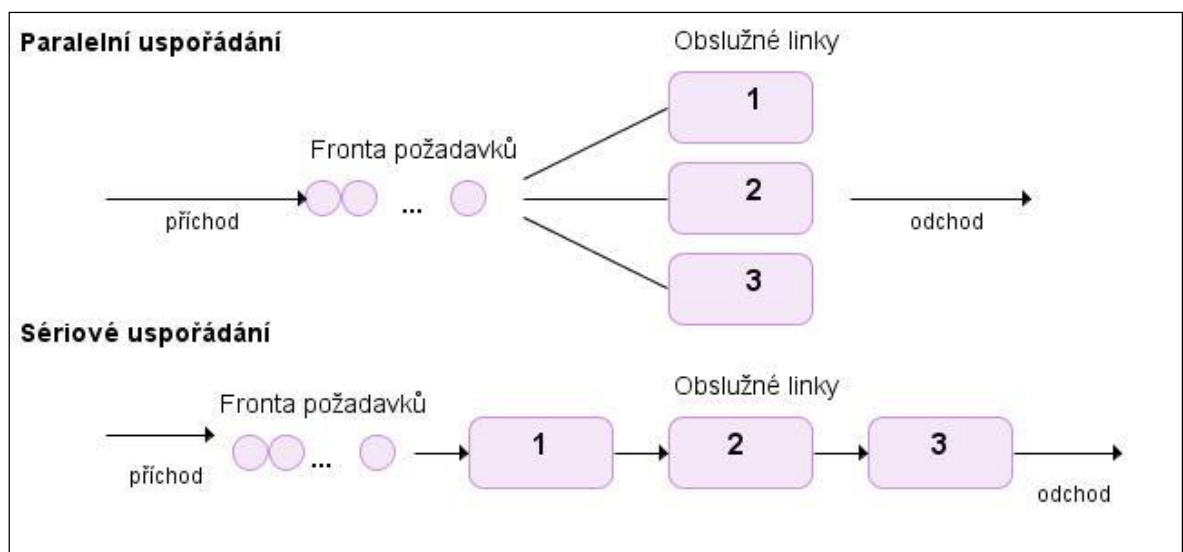
- **Stacionarita** (homogenita) – pokud jsou intervaly mezi příchody časově závislé, jedná se o nestacionárnost vstupního toku. V takovém případě se většinou doba sledování rozdělí na úseky, kde je vstupní proud stacionární (špička – mimo špičku) a řeší se samostatně.
- **Ordinarita** – pokud se v systému v jednom okamžiku nevyskytuje více než jeden požadavek na obsluhu - hovoříme o ordinárním vstupním toku. V řeči pravděpodobnosti řekneme, že pravděpodobnost výskytu více než jednoho jevu v dostatečně malém intervalu delta je zanedbatelně malá. (Šeda)
- **Nezávislost přírůstků** – počet jevů, které se vyskytnou v jednom časovém intervalu, nezávisí na počtu jevů v jiných intervalech.

Pokud jsou splněny všechny tři výše uvedené kritéria u stochastického proudu, tedy stacionarita, ordinarita a nezávislost přírůstků, potom se jedná o Poissonův (Markovův) proces. (Šeda)

Sít obslužných linek

Je charakterizována počtem linek a jejím uspořádáním. Co se uspořádání týká, můžeme se setkat s:

- paralelním uspořádáním
- sériovým uspořádáním
- kombinace



Obrázek 3: Paralelní a sériové uspořádání SHO, zdroj: (Kočička, 2009)

Doba obsluhy na jednotlivých linkách

Doba obsluhy pro jednotlivé požadavky na jednotlivých obslužných linkách může být podobně jako vstupní proud deterministická nebo náhodná veličina. V případě náhodné stochastické veličiny potřebujeme opět znát rozdělení a jeho parametry. Situace se může dále komplikovat, doba obsluhy může být závislá na čase (únava dělníka, opotřebení stroje). Mohou nastat také nepravidelné výpadky spojené s poruchou. V případě stochastické charakteristiky je potřeba stejně jako u vstupního proudu určit rozdělení – často se předpokládá exponenciální.

Pravidla pro odchod z fronty do obsluhy (Zimola, 1999):

- **FIFO – First In, First Out**
 - U pravidla FIFO je jako první obslužen požadavek, který do systému vstoupil jako první. Toto pravidlo používáme například v bance nebo samoobsluže.
- **LIFO – Last In, First Out**
 - U pravidla LIFO je jako první obslužen požadavek, který do systému vstoupil jako poslední. Toto pravidlo si můžeme představit při ukládání polotovarů nebo skleněných tabulí ve skladu na sebe na hromadu.
- **SIRO – Selection In Random Order**
 - U pravidla SIRO je pořadí odchodu z fronty do obsluhy náhodné.
- **PRI – PRIority**
 - U pravidla PRI je vybrán k obsluze požadavek s nejvyšší prioritou. Pokud existuje více požadavků se stejnou prioritou, vytvoří se několik dílčích front a přednostně jsou obslouženy požadavky fronty s nejvyšší prioritou – opět podle určitého pravidla, například FIFO.
- **GD – General Discipline**
 - GD představuje obecný řád fronty.

Specifické vlastnosti systému

Mezi specifické vlastnosti patří především podmínky omezující frontu – omezující počet požadavků čekající ve frontě. Z tohoto pohledu může být fronta bez čekání ("netrpělivé požadavky" opouští systém, pokud nejsou okamžitě obslouženy), omezená fronta (nad určitou hodnotou počtu prvků ve frontě se už další do fronty nepřidávají - odchází ze systému bez obsluhy) a nakonec fronta neomezená.

2.2 Klasifikace systémů hromadné obsluhy

Východiskem pro řešení problémů spojených se systémem hromadné obsluhy je vytvoření matematického modelu. S tím souvisí potřeba klasifikace systémů. Britský vědec David George Kendall (1918–2007) zavedl klasifikaci na základě tří hlavních hledisek (Šeda), (Jablonský, 2007).

Kendallova klasifikace systému hromadné obsluhy:

Kendall zavedl klasifikaci systémů hromadné obsluhy na základě následujících třech parametrů – uváděnou ve tvaru **A/B/n**, kde

- **A** charakterizuje typ pravděpodobnostního rozdělení náhodné veličiny doba mezi příchodem dvou po sobě následujících požadavků do systému
- **B** charakterizuje typ pravděpodobnostního rozdělení náhodné veličiny doba obsluhy požadavku
- **n** počet paralelně uspořádaných obslužných linek

Typ rozdělení u charakteristik A a B bývá následující:

M – exponenciální rozdělení

E_k – Erlangovo rozdělení

D – konstanta

G – obecné (nespecifikované) rozdělení

Rozšířená klasifikace systémů hromadné obsluhy

Výše bylo uvedeno, že existují další podstatné vlastnosti systému hromadné obsluhy. Proto byla původní Kendallova klasifikace pomocí třech parametrů rozšířena na zápis s šesti parametry. Tento je běžně uváděn ve tvaru **A/B/n/D/E/F**, kde význam parametrů A, B a n je stejný jako u Kendallova původního popisu, parametry D, E a F jej rozšiřují a mají následující význam:

D – maximální počet požadavků v systému, kapacitu systému. Pokud není explicitně omezeno, předpokládá se nekonečno.

E – maximální počet požadavků ve vstupním proudu. Pokud není explicitně omezeno, předpokládá se nekonečno.

F – pravidlo fronty (FIFO/LIFO/SIRO/PRI). Pokud není explicitně omezeno, předpokládá se FIFO.

2.3 Základní výpočty u modelu hromadné obsluhy

Základní charakteristiky SHO

Obecně u všech typů modelů systému hromadné obsluhy počítáme následující parametry:

$N(t)$ – počet jednotek přítomných v systému (ve frontě i v obslužných linkách)

T_n – okamžik vstupu n -té jednotky do systému

t_n – doba mezi vstupem $(n - 1)$ a n -té jednotky do systému. $t_n = T_n - T_{n-1}$

x_n – doba obsluhy n -té jednotky

w_n – doba čekání ve frontě n -té jednotky

s_n – doba strávená v systému n -tou jednotkou. $s_n = w_n + x_n$

Základní výpočty

$\alpha(t)$ – počet příchodů do systému v době $(0, t)$

$\beta(t)$ – počet odchodů ze systému v době $(0, t)$

$$N(t) = \alpha(t) - \beta(t) + N(0) \quad 11$$

$\gamma(t)$ – celková doba, kterou strávily jednotky v systému

$$\gamma(t) = \int_0^t N(t) dt \bar{\lambda}_t \quad 12$$

$\bar{\lambda}_t$ – průměrná intenzita vstupu do systému za dobu $(0, t)$

$$\bar{\lambda}_t = \frac{\alpha(t)}{t} \quad 13$$

\bar{T}_t – průměrná doba, kterou strávila jedna jednotka v systému

$$\bar{T}_t = \frac{\gamma(t)}{\alpha(t)} \quad 14$$

\bar{N}_t – průměrný počet požadavků v systému v době (0, t)

$$\bar{N}_t = \frac{\gamma(t)}{t} \quad 15$$

2.3.1 Littleův zákon

Průměrná doba čekání a průměrný počet požadavků čekajících na obsluhu v systému jsou podstatné parametry pro manažery. Littleův zákon popisuje závislost těchto dvou parametrů přes intenzitu vstupního proudu, respektive přes průměrný počet požadavků vstupujících do systému. Tento jednoduchý zákon nachází četné uplatnění při operativním řízení a manažerském rozhodování. Ve většině publikací jsou mu věnovány dva až čtyři řádky. Přijde mi svou jednoduchostí natolik zajímavý, že mu věnuji celou jednu krátkou kapitolu této práce.

Vyjdeme ze vztahu (15)

$$\begin{aligned} \bar{N}_t &= \frac{\gamma(t)}{t} \\ \bar{N}_t &= \frac{\gamma(t)}{t} = \frac{\gamma(t)}{\alpha(t)} \times \frac{\alpha(t)}{t} = \bar{T}_t \times \bar{\lambda}_t \end{aligned} \quad 16$$

Pokud předpokládáme existenci následujících limit:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} \bar{\lambda}_t &= \bar{\lambda} \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \bar{N}_t &= \bar{N} \\ \lim_{t \rightarrow \infty} \bar{T}_t &= \bar{T} \end{aligned} \quad 17$$

Potom platí Littleův vztah (18)

$$\bar{N} = \bar{\lambda} \times \bar{T} \quad 18$$

\bar{N} – průměrný počet požadavků v systému

\bar{T} – průměrná doba čekání požadavku

$\bar{\lambda}$ – průměrný počet požadavků přicházejících do systému za jednotku času

Příklad – výroba polovodičů (volně přeloženo z Little)

Polovodičové součástky jsou vyráběny v kapitálově velmi náročných procesech. Aby se z křemíkového monokrystalu stal integrovaný obvod, musí proběhnout často až stovky kapitálově velmi náročných výrobních procesů. Pro náš příklad budeme předpokládat, že továrna na polovodiče hodlá odstartovat výrobu 1 000 polovodičových desek každý den (průměrně). Zároveň víme, že průměrný počet desek v systému je 45 000 (WIP – Work In Process). Potom tedy platí:

$$\bar{N} = 45000$$

$$\bar{\lambda} = 1000$$

po dosazení do (18)

$$\bar{T} = \frac{\bar{N}}{\bar{\lambda}} = \frac{45000}{1000} = 45 \text{ (dní)}$$

Můžeme tedy říci, že každý požadavek stráví v systému 45 dní, respektive vyrobit jednu polovodičovou součástku trvá 45 dní.

2.4 Analytické a simulační řešení systémů hromadné obsluhy

Výše uvedené parametry můžeme získat v zásadě dvěma způsoby – analytickým řešením nebo simulací na počítači.

2.4.1 Analytické řešení

"Analytické řešení spočívá v tom, že analytik zná nebo je schopen odvodit pro jednotlivé charakteristiky systému konkrétní vztahy (vzorce), do kterých stačí potom dosadit parametry systému (například počet obslužných linek, intenzitu příchodů nebo intenzitu obsluhy). Stačí dosadit do příslušných vzorců a požadované charakteristiky jsou okamžitě k dispozici. Problém je v tom, že analytické řešení je možné použít pouze u nejjednodušších modelů. Nelze jej použít například u sériově řazených linek nebo v modelech s kombinovaným uspořádáním obslužných linek stejně jako ne u modelů s nějakými speciálními rysy (omezená trpělivost, preferenční řazení fronty)." (Jablonský, 2007)

Pro praktickou část této práce je tedy analytické řešení nepoužitelné. Nebudu zde tedy podrobněji rozebírat typické analytické modely typu M/M/1, M/M/n. Tyto jsou velmi dobře a podrobně popsány v literatuře (Jablonský, 2007), (Zimola, 1999), (Šeda).

2.4.2 Simulace

Řešení s využitím simulace na počítači odstraňuje nedostatky analytického řešení. Princip spočívá ve vytvoření modelu - počítačového programu, jehož úkolem je ve správné časové a logické sekvenci napodobit příchody požadavků, jejich řazení do fronty, pobyt v obslužných linkách a výstupy ze systému. Problémy se stochastickými prvky se překonávají tak, že program generuje hodnoty náhodných veličin podle jejich rozdělení, charakteristiky systému se potom spočtou z údajů získaných z průchodu jistého počtu požadavků modelem. (Zimola, 1999)

Existují různé výklady toho, co znamená pojem simulace. Osobně se ztotožňuji s následujícím, převzatým z webu poradenské organizace Dynamic Future.

"Princip simulace je jednoduchý - místo toho, abychom sledovali dynamické chování nějakého procesu, který nás zajímá (objektu), a jeho reakce na provedené organizační a technické změny, sledujeme chování jeho modelu. Takovým modelovaným objektem může být například výrobní linka, systém hromadné obsluhy, sklad velkoobchodu, tok informací v pobočce banky apod. Tento způsob práce přináší mnohé výhody - můžeme např. vytvářet modely ještě neexistujících systémů a navrhnout tak hned napoprvé systém, který svým chováním přesně odpovídá našim představám. Simulační čas může běžet mnohem rychleji než reálný, a tak je možné rychle vyhodnotit různé varianty navrhovaného řešení problému." (web)

Modely vytváříme zpravidla na počítači. Existuje celá řada programů, které jsou k tomu určené. Kromě jednoduchého intuitivního ovládání nabízí také grafické rozhraní pro snazší vytvoření modelu, kontrolu jeho správnosti a vyhodnocení získaných výsledků.

2.4.3 Nástroje pro simulaci

Při tvorbě simulačního modelu mám v podstatě možnost volit ze tří skupin programových prostředků:

2.4.3.1 Obecné programovací jazyky

Existuje velké množství programovacích jazyků, C, C++, C#, Pascal, Fortran, mé oblíbené Java a Python a další. Při jejich používání máme velkou flexibilitu, často nízké (nebo žádné) náklady na licence). Tíha je kladena na programátora – v případě schopného a zkušeného programátora můžeme vytvořit jakýkoliv model libovolně složité struktury. Nicméně začíná se od základu, jazyky nemají předpřipravené prostředky pro tvorbu simulačních modulů. Použití je tedy velmi zdlouhavé.

2.4.3.2 Simulační programovací jazyky

Simulační programovací jazyky jsou postaveny na obecných programovacích jazycích, které jsou doplněny o hotové moduly k simulacím. Častou jsou doplněny i o grafické rozhraní, usnadňující tvorbu modelů – kódů.

V minulém odstavci jsem uvedl, že simulační programovací jazyky jsou postaveny na obecných. Historicky to však neplatí. Simulační programovací jazyk SIMUL byl první, který zavedl objektově orientované programování (OOP) a událostmi řízené programování. Dnes jsou tyto techniky převažujícím přístupem u obecných programovacích jazyků (C#, Java).

2.4.3.3 Programy

WITNESS

Witness je simulační nástroj pro simulaci diskrétních událostí společnosti Lanner Group Ltd. Modelovací prostředí je objektově orientované a je založené na teorii front. Ke generování náhodných čísel využívá šesti sekvencí, které se dají uživatelem změnit.

Produkt na českém trhu distribuuje HUMUSOFT. Základní licence více než 700 000 Kč.

AUTOSCHED AP

Autosched AP je simulační nástroj vytvořený společností Aplyed Materials. Jedná se o nástroj určený pro simulaci výrobních toků a s tím spojené plánování kapacit při výrobě. Jedná se o nástroj zaměřený na simulaci výrobních procesů při výrobě polovodičových součástek. Právě díky této specializaci nástroje můžeme snadno simulovat všechny procesy s výrobou polovodičů související (výrobní dávky, re-work a tak dále). O tomto nástroji bude podrobněji pojednáno v praktické části této práce.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 PŘEDSTAVENÍ PODNIKU

Nadnárodní společnost ON SEMICONDUCTOR s celosvětovou působností nabízí zákazníkům komplexní inovativní řešení pro energeticky úspornou elektroniku. Společnost nabízí ucelené portfolio polovodičových součástek pro zákazníky napříč odvětvími. Nadnárodní společnost ON SEMICONDUCTOR zaměstnává více než 20000 zaměstnanců na celém světě. V ČR ovládá 3 společnosti (v Rožnově a v Brně) s celkem 1600 zaměstnanci.

Největší z nich je ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC, která zaměstnává více než 1300 zaměstnanců v Rožnově pod Radhoštěm. Jedná se o výrobní společnost specializující se na výrobu křemíkových desek a polovodičových čipů. Co se týká historie společnosti, vznikla v roce 2003 fúzí společností TESLA SEZAM (výroba polovodičových čipů) a TEROSIL (výroba křemíku). Obě uvedené společnosti byly nástupnickými organizacemi bývalého státního podniku TESLA, na jehož tradici současná polovodičová výroba navazuje. (web)

Co se týká organizační struktury společnosti, odkáží na výroční zprávy společnosti. Nepovažuji za nutné informace přepisovat s ohledem na zaměření této práce. Zdůrazním jen, že mateřská společnost ON SEMICONDUCTOR vlastní prostřednictvím dvou společností 100% obchodního podílu společnosti ON SEMICONDUCTOR CZECH REPUBLIC (SCG Czech Design Center, s.r.o 95 % a ON Semiconductor Trading Ltd., 5 %) (VS ONSEMI).

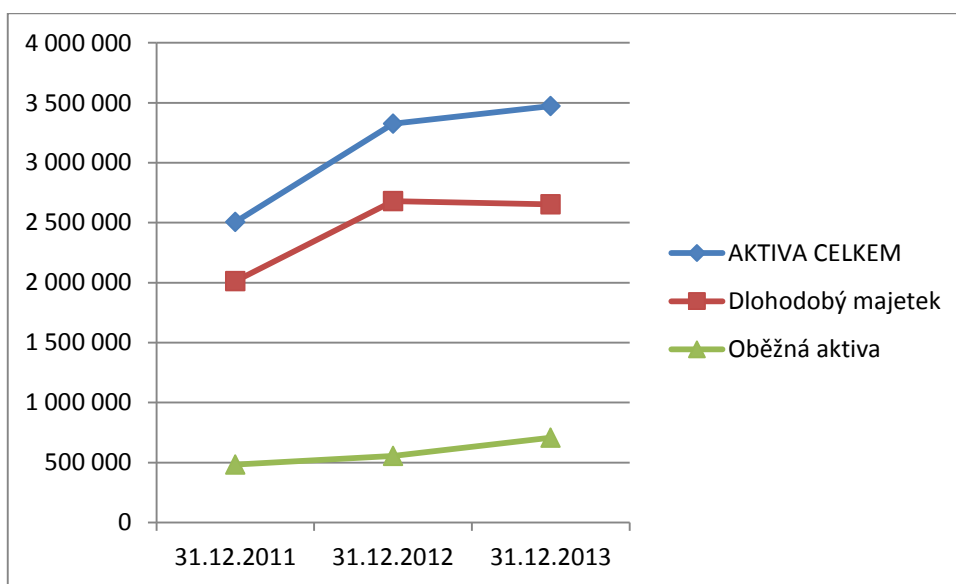
Společnost zaměstnávala v roce:

- **2011** – 1058 zaměstnanců
- **2012** – 1128 zaměstnanců
- **2013** – 1295 zaměstnanců

V době, kdy jsem psal tuto práci, jsem měl dostatek informací k ekonomickým analýzám společnosti za roky 2011, 2012 a 2013. Těmito roky se tady budu zabývat v následujících odstavcích.

3.1 Analýza trendu rozvahových položek

Celková aktiva za poslední tři roky každoročně rostla. Mezi koncem roku 2011 a 2012 vzrostla o 33 % (v absolutních číslech šlo o nárůst o 818 853 tis. Kč). Mezi roky 2012 a 2013 došlo také k růstu celkových aktiv, nicméně výrazně menšímu – o 4 %. Na velkém růstu v roce 2012 se výrazně podílel dlouhodobý majetek. Došlo k jeho navýšení o 667 661 tis. Kč v netto hodnotě, což je 33 % DM a 27 % celkových aktiv. V roce 2013 dlouhodobý majetek klesl o 27 664 tis. Kč. Což je jen velmi malá změna ve srovnání s předchozím rokem. Vše nasvědčuje, že v roce 2012 došlo k navýšení dlouhodobého majetku s tím, že veškeré změny se odehrály na straně dlouhodobého hmotného majetku. Lze tedy usuzovat, že společnost v roce 2012 investovala do dlouhodobého majetku. Patrně se jednalo o rozšíření výroby a výrobních prostor. Investice začaly zřejmě již před rokem 2011. Usuzují tak především podle rozvahové položky nedokončený DHM. Investice potom směřovaly do staveb a samostatných movitých věcí. Na straně oběžného majetku došlo také ke změně, v prvním sledovaném období rostla o 16 % (absolutně o 74 476 tis. Kč), ve druhém období, tj. v roce 2013 rostla více, oběžná aktiva celkem o 27 % (absolutně o 150 075 tis. Kč).



Obrázek 4: Analýza trendu rozvahových položek – aktiva,

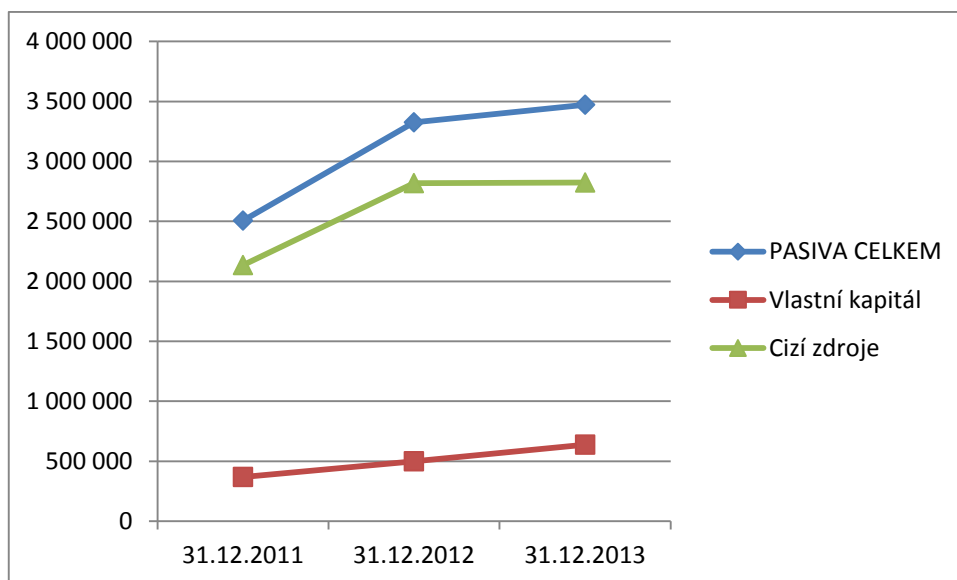
zdroj: (vlastní)

Vše v tisících	31.12.2011	31.12.2012	31.12.2013
AKTIVA CELKEM	2,506,618	3,325,471	3,472,898
Dlouhodobý majetek	2,012,291	2,679,902	2,652,238
Dlouhodobý nehmotný majetek	12,524	13,137	13,930
Dlouhodobý hmotný majetek	1,999,764	2,666,762	2,638,305
Dlouhodobý finanční majetek	3	3	3
Oběžná aktiva	481,824	556,300	706,375
Zásoby	154,776	164,472	161,882
Krátkodobé pohledávky	129,913	316,047	337,080
Krátkodobý finanční majetek	197,135	75,781	207,413
Časové rozlišení	12,503	89,269	114,285

Tabulka 1: Analýza trendu rozvahových položek – aktiva,

zdroj: (vlastní)

Podle bilančního principu došlo ke stejným změnám na straně aktiv a na straně pasiv. Vzrostl majetek podniku, v roce 2012 o 818 853 tis. Kč a v roce 2013 147 427 tis. Kč. O tuto částku musely vzrůst také zdroje financování, tedy pasiva. Menší část této změny na straně pasiv je ve vlastním kapitálu. V roce 2012 byl vlastní kapitál navýšen o 130 086 tis. Kč. Podobně v roce 2013 o 138 677 tis. Kč. V obou letech šlo převážně o výsledek hospodaření běžného období (119 milionů v roce 2012 a 107 milionů v roce 2013). Zbylá část přírůstku bilanční sumy je na straně pasiv vysvětlena cizími zdroji. V roce 2012 došlo k navýšení závazků k ovládané nebo ovládající osobě o 753 035 tis. Kč. V roce 2013 byla změna minimální. Vše tedy nasvědčuje tomu, že investice do dlouhodobého majetku v roce 2012 byla pokryta cizími zdroji.



Obrázek 5: Analýza trendu rozvahových položek – pasiva,
zdroj: (vlastní)

Vše v tisících	31.12.2011	31.12.2012	31.12.2013
PASIVA CELKEM	2,506,618	3,325,471	3,472,898
Vlastní kapitál	368,157	498,243	636,920
Základní kapitál	540,000	540,000	540,000
Kapitálové fondy	35,538	46,209	78,290
Rezervní fondy a ostatní fondy ze zisku	126,462	129,131	136,400
Výsledek hospodaření minulých let	-360,531	-336,512	-224,971
Výsledek hospodaření běžného účetního období	26,688	119,415	107,201
Cizí zdroje	2,133,814	2,818,743	2,824,396
Rezervy	11,640	11,024	24,339
Dlouhodobé závazky	1,808,268	2,561,303	2,541,660
Krátkodobé závazky	313,906	246,416	258,397
Časové rozlišení	4,647	8,485	11,582

Tabulka 2: Analýza trendu rozvahových položek – pasiva,
zdroj: (vlastní)

3.2 Analýza trendu výkazu zisku a ztráty

Z analýzy trendu položek rozvahy, strany aktiv vyplývá, že firma v roce 2012 realizovala a dokončila větší investici do dlouhodobého hmotného majetků - patrně do rozšíření výrobních a souvisejících prostor. S tím souvisí navýšení výkonu výroby v letech 2012 a především potom v roce 2013. Podle dostupných informací naběhla výroba nového typu výrobku – křemíkových desek o rozměru 200 mm. Přidaná hodnota podle výkazu zisku a ztrát vzrostla v roce 2012 o 185 405 tis. Kč a v roce 2013 o dalších 114 979 tis. Kč. Tato čísla se

podílela na výsledku hospodaření, který meziročně rostl v roce 2012, a to na 122 751 tis. Kč (před zdaněním). V roce 2013 poklesl na hodnotu 114 864 tis. Kč.

Vše v tisících	2011	2012	2013
Výkony	1,760,241	2,022,814	2,409,831
Výkonová spotřeba	1,039,722	1,116,890	1,388,928
Přidaná hodnota	720,519	905,924	1,020,903
Provozní výsledek hospodaření	69,599	219,325	192,223
Finanční výsledek hospodaření	-41,938	-96,574	-77,359
Výsledek hospodaření za běžnou činnost	26,688	119,415	107,201
Výsledek hospodaření za účetní období	26,688	119,415	107,201
Výsledek hospodaření před zdaněním	27,661	122,751	114,864

Tabulka 3: Analýza trendu výkazu zisku a ztráty,

zdroj: (vlastní)

3.3 Analýza trendu cash-flow

Skutečnosti popsané v předchozích kapitolách jsou pěkně vidět také v analýze cash-flow. Investice do dlouhodobého majetku probíhající v roce 2011 vyvrcholila v roce 2012. Cash-flow s investiční činností -992 873 tis. Kč potvrzuje investice do rozšíření výrobních a souvisejících prostor. Z analýzy trendu rozvahy, strany pasiv, vyplývá další zajímavá skutečnost a totiž informace o zdrojích krytí investice. Celková bilanční suma narostla na konci roku 2012 meziročně o 818 853 tis. Kč. O 753 035 tis Kč narostly cizí zdroje podniku – závazky vůči ovládané nebo ovládací osobě. Je tedy zřejmé, že podnik investici pokryl z cizích zdrojů. Toto je vidět také na cash-flow z finanční činnosti v roce 2012. Cash-flow z investiční činnosti potom zahrnuje uvedené investice do DHM.

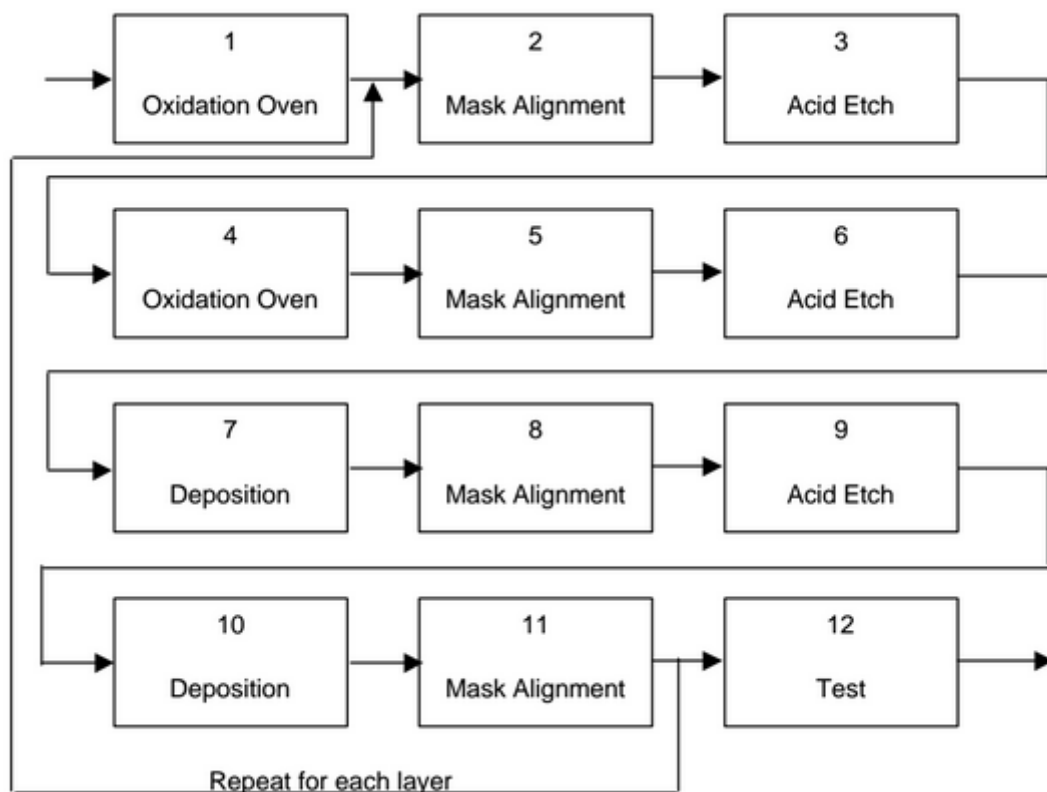
Vše v tisících	2011	2012	2013
Stav PP a ekvivalentů na začátku účetního období	171,888	197,135	75,781
CF z provozní činnosti	252,702	136,347	400,357
CF z investiční činnosti	-387,603	-992,873	-254,431
CF z finanční činnosti	160,148	735,172	-14,294
CF celkem	25,247	-121,354	131,632
Stav PP a ekvivalentů na konci účetního období	197,135	75,781	207,413

Tabulka 4: Analýza trendu cash-flow,

zdroj: (vlastní)

4 KAPACITNÍ MODEL VÝROBY

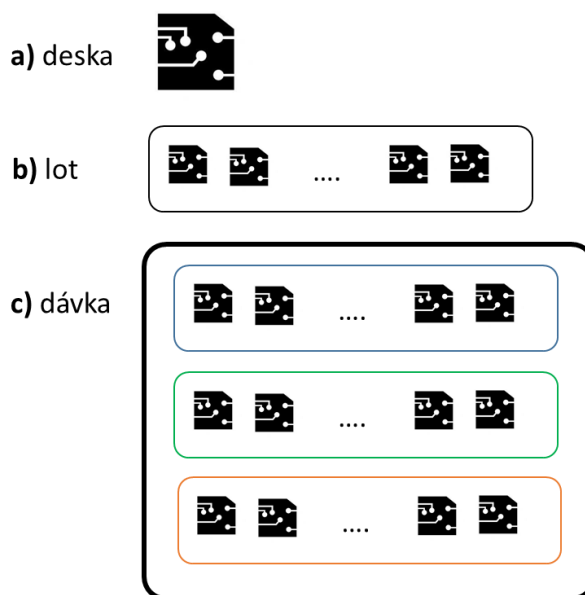
Výroba polovodičových součástek je v určitých ohledech specifická. Pro výrobu jedné součástky je nutné postupně provést často až stovky složitých kroků – jednotlivých procesů. Každé z vyráběných součástek (PARTU) je tedy přiřazen seznam jednotlivých kroků (bývá označován jako FLOW, toto označení budu držet i v této práci). Výrobu polovodičových součástek si za určitého předpokladu zjednodušení můžeme rozdělit na vytvoření několika vrstev. Každou z těchto vrstev tvoří série kroků. Tyto série se potom opakují pro každou vrstvu. Schématické znázornění typického FLOW výroby součástky je na (Obrázek 6). Výroba začíná na kroku číslo 1 a postupuje až ke kroku číslo 11 (nanesení fotorezistivního laku). Po jedenáctém kroku, kdy je první vrstva dokončena, se pokračuje další vrstvou, znovu od kroku 2, a tímto způsobem pořád dokola pro všechny vrstvy. Po dokončení poslední vrstvy následuje testování. Typický počet kroků pro jednotlivé FLOW bývá mezi 300 a 600. (Robinson, 1998)



Obrázek 6: Typické kroky při výrobě polovodičových součástek,
zdroj: (Robinson, 1998)

Některé kroky při výrobě jsou proveditelné pouze po jednotlivých kusech (deskách), některé jsou proveditelné najednou pro skupiny (loty) a některé jsou proveditelné najednou pro dávky (skupina lotů - budeme připouštět různé typy polovodičových součástek do dávky). Lot většinou obsahuje 24 nebo 48 desek (Robinson, 1998). Společnost ON-SEMICONDUCTOR přešla v roce 2013 na 25 desek v lotu. Budeme tedy pracovat s:

- deskami (wafers) – Obrázek 7 a)
- loty (25 desek) – Obrázek 7 b)
- dávky (skupina lotů, nemusí být stejného partu) – Obrázek 7 c)



Obrázek 7: Dávkové operace,
zdroj: (vlastní)

4.1 Statický model kapacity (Spreadsheet model)

V současnosti se používá statický model vytvořený v tabulkovém procesoru Excel. Tento model se dlouhodobě ukazuje jako vhodný nástroj pro řešení problému typu "co - když". Jeho výstupy se považují za dostatečně přesné. Je jednoduchý na použití, výsledky jsou snadno interpretovatelné, výpočty jsou rychlé. Není však schopen podat informaci o parametrech souvisejících s dynamikou procesů. Parametry související s hromadnou obsluhou, jako WIP (work in proces), čas strávený v systému (cycle time) a skutečnou kapacitu celé výroby už statický model ze své podstaty určit nemůže.

4.1.1 Podstata statického modelu

Je dán seznam zařízení, která mají danou kapacitu. Počáteční kapacita je 100 % (typicky 24 hodin na den, 7 dní v týdnu tedy 168 hodin). Tato kapacita je ponížena o faktory zohledňující nedostupnost zařízení, jako jsou poruchy, odstávky, údržbu a nastavení. Nedostupnost je obecně zadávána v procentech a tyto se odečtou od počáteční kapacity. Údaje o nedostupnosti zařízení vychází z historie, jsou dostupné v informačním systému. Další důležitou vlastností zařízení jsou certifikáty (CAPABILITY). Na základě těchto certifikátů se vybere zařízení, které je schopné (nastavené atd.) obsloužit požadavek. Tento parametr je pro současný statický model velmi důležitý.

Area	Equipment	Equipment ID	Equipment type	Capability	Availability
Diffusion	Laserový popisovač 1	ADLSC01	ADLSC		90%
Diffusion	Laserový popisovač 2	ADLSC02	ADLSC		90%
:	:	:	:	:	:
Furnaces	Pec V1 - rozdíf a reox	ADHTRV1	ADHTRV	ADD517T	90%
:	:	:	:	:	:
<i>Celkem 522 zařízení</i>					

Tabulka 5: Statický model, zařízení – záložka MODEL,

zdroj: (vlastní)

V dalším kroku je na základě seznamu požadovaného výrobního sortimentu nutné určit požadovaný strojní čas obsluhy. Pro každý výrobek - PART máme přidělený FLOW. Každý z těchto FLOW sestává z kroků, kde každému kroku je přiřazen strojní čas potřebný na obsluhu, velikost výrobní dávky a obslužné zařízení, respektive skupina zařízení schopných požadavek obsloužit. O tom, které zařízení může požadavek obsloužit, se rozhodne podle certifikátu (bez ohledu na název skupiny). Pokud u kroku není uveden certifikát, použije se zařízení podle názvu skupiny. Tato vlastnost bude klíčovou především v další části, kdy budu srovnávat chování statického modelu s novým modelem dynamickým. Tímto se vypočte požadovaný strojní čas a o tento se sníží kapacita zařízení.

Part ID	FlowPrcd	EqpType	Capability	BLT	MLS
21139-001-FAB.03	F-A6YBIPO-02.05	ADLSC		0.3	50
:	:	:	:	:	:
WT6MC3303900N.02	F-A6E3100-01.06	ADHTRV	ADD227F	12.0	250
:	:	:	:	:	:
<i>Celkem 352210 záznamů</i>					

Tabulka 6: Statický model, výrobní kroky – záložka FLOW,

zdroj: (vlastní)

Statický model se používá pro plánování kapacit pro týdny. Uživatel do modelu zadá, kolik kusů jednotlivých PARTů požaduje během týdne vyrobit a model mu rychle odpoví, jakým způsobem se to projeví ve vytížení obslužných zařízení.

Vstupem tedy je tabulka, ve které jsou uvedeny požadované jednotky z vyráběného sortimentu.

Part ID	Q
21139-001-FAB.03	1000
WT6MC3303900N.02	2500
:	:

Tabulka 7: Statický model, požadované množství – záložka START,

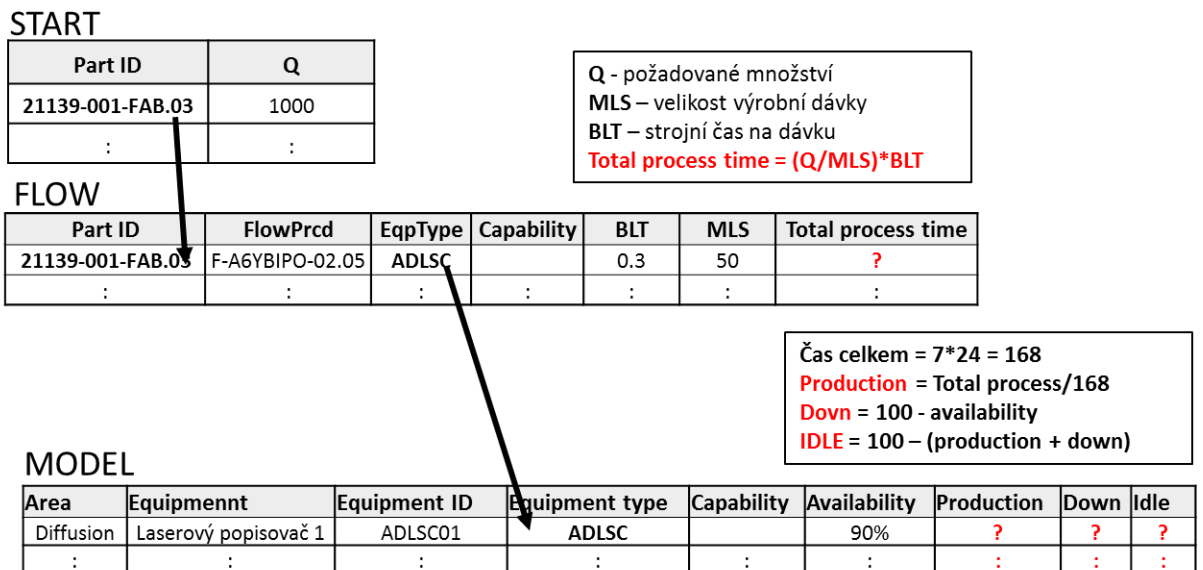
zdroj: (vlastní)

Na základě tabulky START a tabulky FLOW (Tabulka 7, Tabulka 6) se určí požadovaná kapacita obslužných linek. O tuto hodnotu se potom poníží dostupná kapacita konkrétního zařízení v tabulce MODEL (Tabulka 5). Výstupem je potom odhad celkového vytížení jednotlivých obslužných linek.

Area	Equipmennt	Equipment ID	Equipment type	Production	Down	Idle
Diffusion	Laserový popisovač 1	ADLSC01	ADLSC	=	=	=
Diffusion	Laserový popisovač 2	ADLSC02	ADLSC	=	=	=
:	:	:	:	:	:	:
Furnaces	Pec V1 - rozdíf a reox	ADHTRV1	ADHTRV	=	=	=
:	:	:	:	:	:	:
<i>Celkem 522 zařízení</i>						

Tabulka 8: Statický model, odhad vytížení – záložka MODEL,

zdroj: (vlastní)



Obrázek 8: Statický model, schéma výpočtu,
 zdroj: (vlastní)

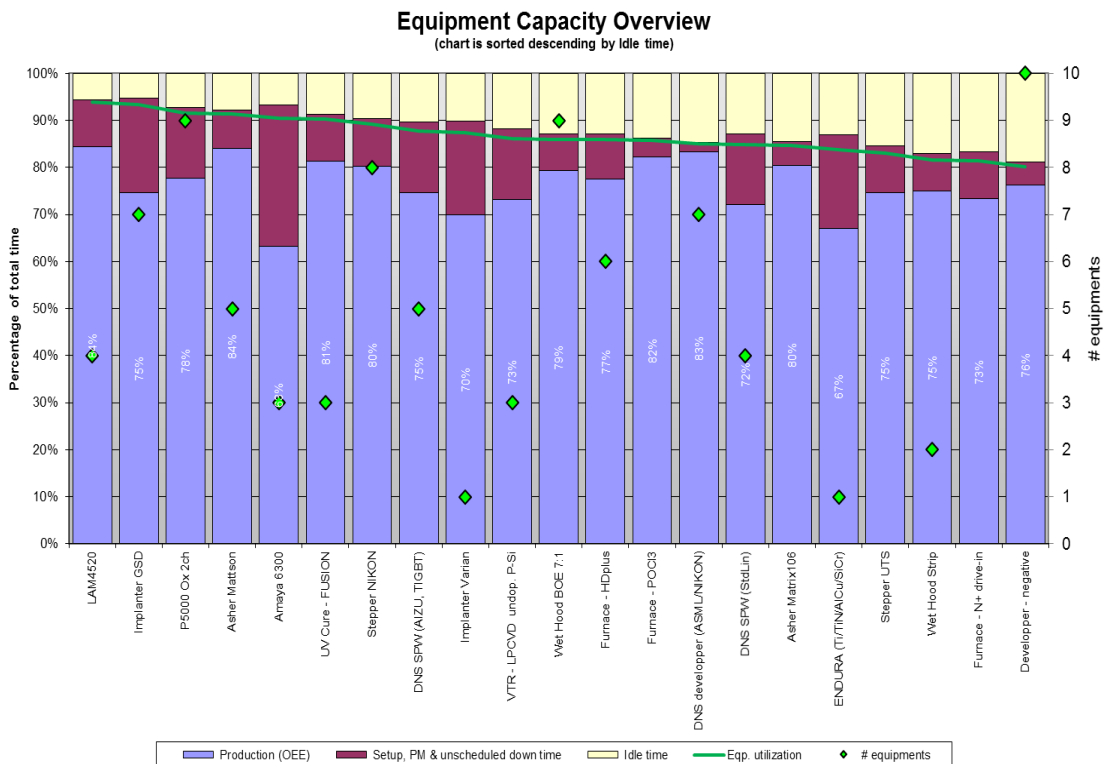
4.1.2 Další vlastnosti statického modelu

Pro lepší výsledky, respektive predikci, obsahuje model další vlastnosti. Jednou z nich je dávkování. Z historie dat z informačního systému je zřejmé, že některé dávkové operace neprobíhají pro plnou dávku. Pokud je při výrobě zařízení obsazeno jen částečně a delší dobu nepřichází další požadavky, obsluha je spuštěna pro dávku menší. Toto je v modelu zohledněno. Pro vybraná zařízení se používá namísto teoretického strojního času a teoretické velikosti várky dle FLOW hodnoty průměrné – vycházející z historie. O tyto se potom upraví „total proces time“ daného kroku (Obrázek 8). Jedná se především o pece, podrobněji se tím nebudu v této práci zabývat.

Další zpřesnění bylo provedeno na základě zahrnutí takzvaných REVORK operací. Pokud se některý krok nepovede, není nutné součástku úplně odepsat. Nicméně s opravou souvisí další, přídavné operace (odstranění špatné vrstvy) a následné opakování původních kroků. Potom se může pokračovat v dalších krocích podle FLOW. Tomuto fenoménu se podobně jako fenoménu z předchozího odstavce nebudu podrobně věnovat, oba budou v doporučení pro další rozšíření.

4.1.3 Výstupy statického modelu

Výstupem modelu je tedy odhad kapacitního využití jednotlivých zařízení. Toto využití se dále zpracuje do reportu podle skupin (průměruje). Výstup je znázorněn na Obrázku 9.



Obrázek 9: Statický model, výstup – znázornění vytížení agregováno přes skupiny,

zdroj: (vlastní)

4.2 Dynamický model (Autosched model)

V minulé kapitole jsem představil statický model a princip jeho funkce. Jeho hlavní výhody, jednoduchost a rychlost jej předurčují k řešení problémů typu "co-když" ("what-if") při plánování kapacit. Nicméně některé situace při plánování kapacit a řízení výroby vyžadují detailnější analýzu. Statický model dává pouze statický odhad vytíženosti jednotlivých zařízení, neřeší dynamiku výroby. Ve statickém modelu sečteme požadovaný strojní čas obsluhy a tento odečteme od celkové kapacity, kterou máme k dispozici. U statického modelu je přípustné, aby se odhad vytíženosti dostal nad 100 %. Neřeší se vývoj potřeby v čase. Při výrobě ale může dojít k situacím, kdy je vývoj v čase podstatný. Může docházet k hromadění neuspokojených požadavků před obslužným zařízením – vzniku fronty. Tím je potom ovlivněno vytížení následujících obslužných zařízení, množství výrobků v systému (WIP) a také

množství výstupu – produkce. Pokud nás zajímají tyto parametry, je potřeba pracovat s dynamickým modelem.

4.2.1 Podstata dynamického modelu

Statický model představený v minulé kapitole byl používán ve formě, v jaké je v podniku. Dynamický model byl vytvořen. Jako vstup pro dynamický model byl model statický. Data nebylo možné pouze exportovat z Excelu a následně importovat do Autoschedu. Bylo nutné je upravit, zpracovat. Statický model není tak citlivý na nekonzistenci dat. Ukázalo se, že v dynamické simulaci je citlivost výrazně vyšší. Proto jsem vytvořil program v jazyce Java, který data zpracuje, provede požadované kontroly a opraví nedostatky. Aby byla zachována návaznost na dodaná data, je ke každému upravenému záznamu přiřazen popis provedených změn (parametr DESC) s krátkým popisem provedených změn.

Podle dokumentace jsou minimální nutné vstupy pro dynamickou simulaci následující:

- **Station File** (soubor obsahující informace o všech výrobních zařízeních)
- **Parts File** (soubor obsahující informace o sortimentu výroby)
- **Routes File** (popis jednotlivých FLOW, obsahující všechny kroky)
- **Orders File** (požadované množství výroby)

Station File obsahuje informace o továrně. Vychází ze záložky MODEL statického modelu.

STNFAM	STN	STNCERT	STNGRP	RULE
Laser Scribe	ADLSC01		ADLSC	rule_FIRST
Laser Scribe	ADLSC02		ADLSC	rule_FIRST
:	:	:	:	:
HTR_Screen	ADHTRV1	ADD227F	ADHTRV	rule_FIRST
:	:	:	:	:
<i>Celkem 506</i>				

Tabulka 9: Dynamický model, zařízení – soubor stn.txt,

zdroj: (vlastní)

U dynamického modelu je pro směřování požadavku na obslužnou linku použito kategorie zařízení (STNFAM). Je-li u konkrétního kroku požadována obsluha na zařízení s tzv. certifikátem (u dynamického modelu STNCERT, u statického modelu CAPABILITY), použije se to zařízení ze skupiny STNFAM které má příslušný certifikát. Toto je zásadní rozdíl statického a dynamického modelu. Statický model v případě požadovaného certifikátu vybíral ze všech zařízení, které disponovaly daným certifikátem, bez ohledu na kategorii zařízení.

U dynamického modelu se použijí pouze zařízení, které jsou z dané kategorie a které disponují požadovaným certifikátem. Z principu tedy může dynamický model používat u některých kroků menší skupinu obslužných zařízení, to může způsobit pokles výkonu.

Z principu dynamického modelu je potřeba zadat více parametrů, než kolik potřeboval model statický. Co se zařízení týká, je nutné doplnit parametr určující, v jakém pořadí budou uspokojeny požadavky přicházející k zařízení – řád fronty (více v kapitole 2.1). U všech zařízení bude použito řádu First In - First out (FIFO).

Parts file obsahuje informaci o názvu produktu – PART a přiřazuje mu výrobní postup, který je v Autoschedu označován jako ROUTE (u statického modelu se používalo označení FLOW)

PART	ROUTE
21139-001-FAB.03	F-A6YBIPO-02.05
:	:
WT6MC3303900N.02	F-A6E3100-01.06
:	:
<i>Celkem 60</i>	

Tabulka 10: Dynamický model, výrobky – soubor part.txt,

zdroj: (vlastní)

Routes file obsahuje informace o výrobních postupech, respektive o výrobních krocích.

ROUTE	STEP	DESC	STNFAM	STNCERT	PTIME	PTUNITS	PTPER
F-A6Y..	1	xxx	ADLSC		0.25	hr	batch
:	:	:	:	:	:	:	:
F-A6E..	3456	xxx	ADHTRV	ADD517T	10	hr	batch
:	:	:	:	:	:	:	:

- -	BATCHMIN	BATCHMAX	BATCHPER	WNLTIME	WNLTUN
- -	1	50	pices	10	hr
- -	:	:	:	:	:
- -	1	250	pices	10	hr
- -	:	:	:	:	:

Tabulka 11: Dynamický model, postupy výroby – soubor route.txt,

zdroj: (vlastní)

První část tabulky se zařízeními se výrazně neliší od statického modelu, respektive záložky model. O parametru DESC jsem se již zmínil výše, je to popis změn, které bylo nutné provést oproti zdrojovým datům z důvodu jejich nekonzistence. PTIME, tak jak je dále zadán spolu PTUNITS a PTPER představuje čas, který obslužné zařízení potřebuje pro uspokojení požadavku jedné výrobní dávky.

Parametry BATCHMAX a BATCHMIN udávají maximální a minimální velikost výrobní dávky. Tyto parametry souvisí ryze s dynamickým modelem. O tom, jak velká výrobní dávka se bude spouštět, se rozhoduje na základě parametru WNLTIME („wait no longer time“). Zařízení neuspokojuje požadavky, pokud jich není BATCHMAX, čeká na další příchody, dokud se počtu BATCHMAX nedosáhne. Pokud se ale počtu BATCHMAX nedosáhne během WNLTIME (používám 10 hodin) a zároveň je počet čekajících požadavků alespoň BATCHMIN (používám 1), spustí se dávka menší. Tohle je jeden z velkých přínosů dynamického modelu. U statického modelu se toto řešilo pomocí průměrné velikosti výrobní dávky (kapitola 4.1.2.).

Orders file obsahuje informaci o požadovaném množství výroby. Kromě identifikace konkrétního produktu a požadovaného množství je na rozdíl od statického modelu nutné zadat také čas, kdy bude požadavek na výrobu aktivován. Pro lepší práci s modelem se ukázalo vhodné přidat do modelu další soubor periods.txt, ve kterém se definují časové období. Tyto období pak používám pro vyhodnocení.

LOT	PART	PIECES	START	RPT#
T1L1	WT6...	25	1.1.2015 12:00	50
:	:	:	:	:
T3L1	WT6...	25	15.1.2015 12:00	50
:	:	:	:	:

Tabulka 12: Dynamický model, množství výroby – soubor orders.txt,

zdroj: (vlastní)

Parametr LOT je označení, pod kterým bude v modelu dohledatelný požadavek, PART je id PARTU, které musí být v souboru parts.txt. PIECES udává, kolik kusů je v lotu, který chceme vyrobit. START představuje datum a čas, kdy požadavek vstoupí do systému. Je potřeba dát pozor na globální nastavení modelu, konkrétně na datum spuštění simulace a počet dní, po které bude simulace spuštěna.

4.2.2 Další vlastnosti dynamického modelu

Aby byl dynamický model ekvivalentní statickému, je nutné zohlednit nedostupnost zařízení v době poruch, odstávek a údržby. Ve statickém modelu je toto realizováno pomocí parametru DOWN, který udává v procentech z celkové kapacity nedostupnost pro jednotlivá zařízení. V dynamickém modelu tento fenomén zahrnu pomocí dvou volitelných souborů.

- **Downcall.txt** (soubor obsahující různé typy nedostupnosti zařízení)
- **Attach.txt** (soubor přiřazující typ nedostupnosti konkrétnímu zařízení)

Downcall.txt definuje různé typy nedostupností. Pro jeho vytvoření jsem použil program, který jsem za tímto účelem napsal v jazyce Java. Data jsem exportoval ze záložky model statického modelu a transformoval do následující podoby.

DOWNCALNAME	DOWNCALTYPE	DOWNCALTYPE	
ADLSC01		mttf_by_cal	
:	:	:	

- -	MTTF	MTTFUNITS	MTTR	MTTRUN	MTTFDIST	MTTRDIST
- -	90	hr	10	hr	constant	constant
- -	:	:	:	:	:	;

Tabulka 13: Dynamický model, typy nedostupnosti – soubor downcall.txt,
zdroj: (vlastní)

Příklad uvedený v tabulce odpovídá 10% nedostupnosti. U dynamického modelu je nedostupnost zařízení popsána pomocí parametrů MTTF a MTTR. MTTF („mean time to failure“) je střední doba mezi poruchami. Parametr MTTFDIST udává pravděpodobnosti rozdělení této veličiny – používám konstantní. Druhý nezbytný parametr je MTTR („mean time to repair“) střední doba opravy. V tomto případě zahrnuje všechny možné nedostupnosti zařízení. MTTRDIST podobně jako MTTFDIST udává rozdělení této veličiny – používám konstantní. 10% nedostupnost je tedy představena 90 hodinami provozu a následnými 10 hodinami nedostupnosti.

Attach.txt je relační tabulka, která přiřadí každému zařízení nedostupnost ze souboru downcall.txt.

RESTYPE	RESNAME	CALTYPE	CALNAME
stn	ADLSC01	down	ADLSC01
:	:	:	:

Tabulka 14: Dynamický model, typy nedostupnost zdroje – soubor attach.txt,
zdroj: (vlastní)

4.2.3 Výstupy dynamického modelu

Simulace je spuštěna na 42 dny – tedy 6 týdnů. Pro porovnání se statickým modelem použijí výsledky z posledního týdne, kdy je výroba naplněná. Pro interpretaci však bude zajímavé zdokumentovat také vývoj v čase od začátku, tedy proces naplnění výroby.

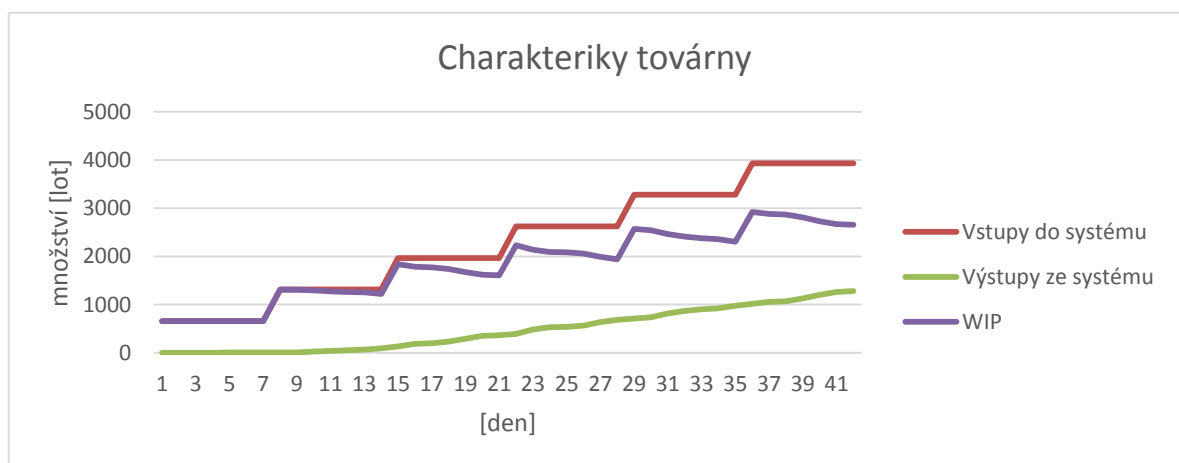
Dynamický model nabízí několik typů výstupu

- Globální charakteristiky továrny
- Detailní přehled vytíženosti jednotlivých zařízení
- Ganttovy digramy pro jednotlivá zařízení

Ad a) Globální charakteristiky továrny

Mezi nejzajímavější charakteristiky továrny patří množství požadavků v systému – WIP (Work In Process). Je to v podstatě rozdíl mezi množstvím vstupních požadavků a množstvím výstupu – hotové produkce. Z těchto výsledků je již na první pohled zřejmé, že továrna nestíhá vyrábět požadované množství. Na začátku každého týdne vstoupí do systému požadavek na výrobu 656 lotů různých výrobků. Nicméně výstup těchto hodnot nedosahuje.

V prvním týdnu nemá smysl vyhodnocovat výstup – továrna začíná prázdná. Dalších týdnech výstup postupně narůstá – v šestém týdnu je výstup 305 lotů (vstup 656 lotů).



Obrázek 10: Výstupy dynamického modelu – charakteristiky továrny,

zdroj: (vlastní)

Den	Vstupy do systému	Výstupy ze systému	WIP
1	656	0	656
2	656	0	656
3	656	0	656
4	656	0	656
5	656	1	655
6	656	1	655
7	656	2	654
8	1312	4	1308
9	1312	6	1306
10	1312	21	1291
11	1312	35	1277
12	1312	49	1263
13	1312	61	1251
14	1312	89	1223
15	1968	130	1838
16	1968	182	1786
17	1968	197	1771
18	1968	230	1738
19	1968	293	1675
20	1968	350	1618
21	1968	365	1603
22	2624	391	2233
23	2624	483	2141
24	2624	531	2093
25	2624	538	2086
26	2624	565	2059
27	2624	634	1990
28	2624	683	1941
29	3280	707	2573
30	3280	736	2544
31	3280	815	2465
32	3280	867	2413
33	3280	901	2379
34	3280	921	2359
35	3280	974	2306
36	3936	1014	2922
37	3936	1053	2883
38	3936	1067	2869
39	3936	1126	2810
40	3936	1204	2732
41	3936	1263	2673
42	3936	1279	2657

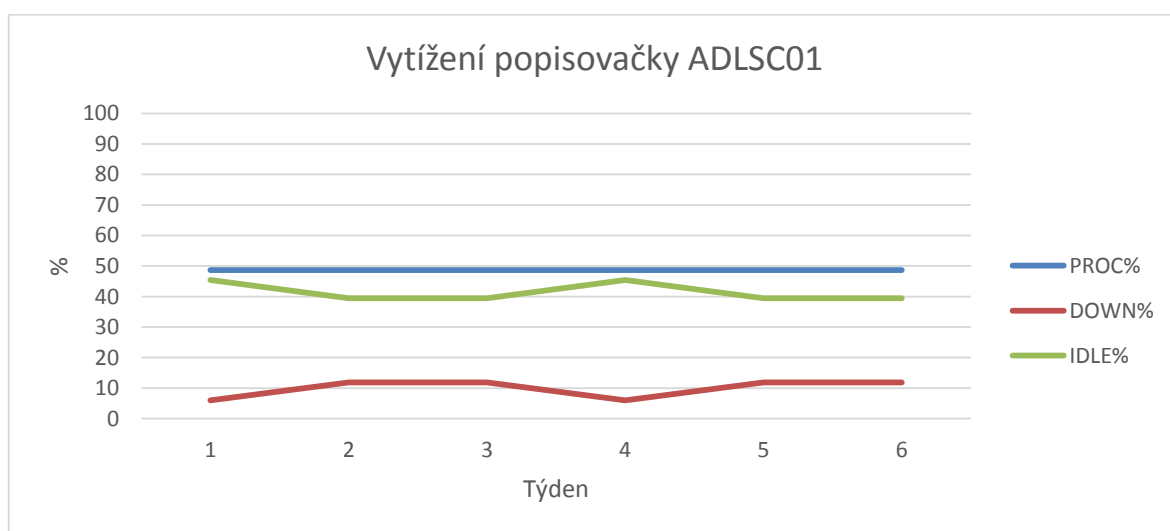
Tabulka 15: Výstupy dynamického modelu – charakteristiky továrny,

zdroj: (vlastní)

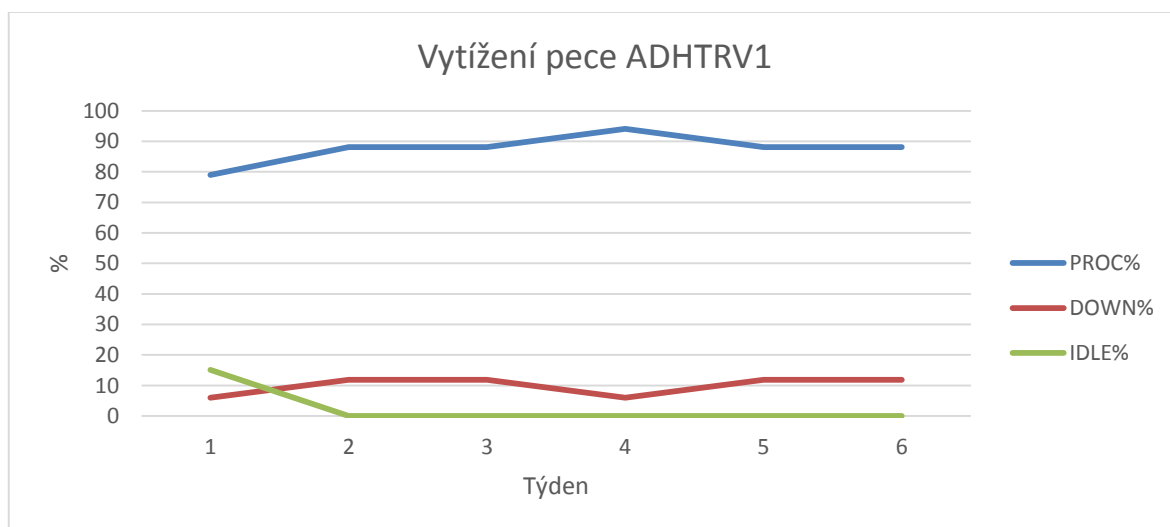
Ad b) Detailní přehled vytíženosti jednotlivých zařízení

V podrobnějším přehledu umožňuje dynamický model sledovat vytížení jednotlivých zařízení v jednotlivých periodách (týdnech). Na výsledcích prezentovaných v předchozím odstavci je patrné, že se požadavky v systému hromadí, systém je nestíhá obsloužit. V detailním přehledu potom bude možné získat statistiky o vytíženosti jednotlivých zařízení.

Není možné prezentovat v této práci statistiky všech zařízení – kvůli velikosti modelu by to zabralo stovky stran. Proto bude výstupy prezentovat pro dvě konkrétní zařízení, laserovou propisovačku (ADLSC01) a pec (ADHTRV1).



Obrázek 11: Výstupy dynamického modelu – vytížení popisovačky ADLSC01, zdroj: (vlastní)



Obrázek 12: Výstupy dynamického modelu – vytížení pece ADHTRV1, zdroj: (vlastní)

PERIOD	STN	LOTCOMPS	CYCLECUR	CYCLEAVG	PROC%	DOWN%	IDLE%
Týden 1	ADLSC01	327	0:15:00	0:15:00	48,66	5,95	45,39
Týden 1	ADHTRV1	230	5:52:48	5:55:56	78,97	5,95	15,08
Týden 2	ADLSC01	327	0:15:00	0:16:50	48,66	11,9	39,43
Týden 2	ADHTRV1	258	4:08:24	5:59:57	88,1	11,9	0
Týden 3	ADLSC01	327	0:15:00	0:16:50	48,66	11,9	39,43
Týden 3	ADHTRV1	213	14:27:00	6:42:42	88,1	11,9	0
Týden 4	ADLSC01	327	0:15:00	0:15:00	48,66	5,95	45,39
Týden 4	ADHTRV1	237	6:37:48	6:35:37	94,05	5,95	0
Týden 5	ADLSC01	327	0:15:00	0:16:50	48,66	11,9	39,43
Týden 5	ADHTRV1	220	5:52:48	6:53:02	88,1	11,9	0
Týden 6	ADLSC01	327	0:15:00	0:16:50	48,66	11,9	39,43
Týden 6	ADHTRV1	234	16:37:48	6:53:10	88,1	11,9	0

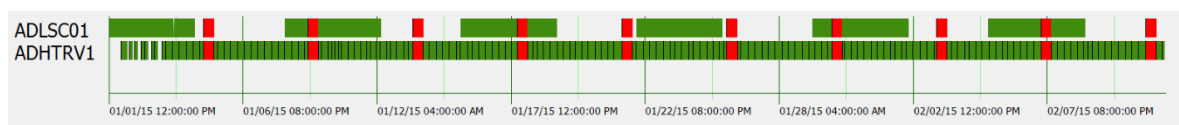
Tabulka 16: Výstupy dynamického modelu – vytížení vybraných zařízení,

zdroj: (vlastní)

Z výsledků (Obrázek 11, Obrázek 12, Tabulka 16) je vidět vytížení laserové popisovačky během simulace v šesti periodách – každá odpovídá jednomu týdnu. Vytížení (PROC%) je v podstatě konstantní 48,6 %. Po odečtení času nedostupnosti (DOWN%) zbývá 39 – 45 % kapacity zařízení nevytížené. Celá situace je úplně jiná pro pec. Prakticky od začátku je pec vytížená úplně. Po zohlednění času nedostupnosti je zbylá kapacita 0 %. Takovýto stav je obecně nežádoucí. Patrně se jedná o jedno z úzkých hrdel systému, které se přezpívá k hromadění požadavků v systému (WIP). Při práci s modelem bude dílčím krokem identifikovat tyto zařízení a zabývat se jejich kapacitou.

Ad c) Ganttovy diagramy pro jednotlivá zařízení

Ganttovy digramy umožňují sledovat posloupnost jednotlivých operací, které na zařízení probíhají (Obrázek 13). Zeleně označené bloky odpovídají době, kdy je zařízení v provozu. Červeně označené bloky představují nedostupnost zařízení. Nevybarvené oblasti potom představují nevyužitou kapacitu zařízení.



Obrázek 13 Výstupy dynamického modelu – Ganttův diagram

Zdroj: vlastní

Z kteréhokoliv místa Ganttova diagramu je možné získat report, co přesně zařízení v danou dobu dělá (Tabulka 17, Tabulka 18). V tabulce je mimo jiné uvedena doba, kdy operace začala, kdy byla dokončena a tedy také, jak dlouho trvala. Cenou informací je také popis dávky, která byla vyráběna. V tomto popisu je označení lotu, počet kusů a označení produktu i s označením konkrétního kroku z výrobního postupu.

Entity	Event Start	Event End	Time (hrs)	State	User Message
ADLSC01	01/31/15 03:15:36 PM	01/31/15 03:30:36 PM	0.250	PROCSTATE	STN=ADLSC01 LOT=T5L55_23 PCS=25 PART=WT614051BF5700Z.02 STEP=1370
ADLSC01	01/31/15 03:30:36 PM	01/31/15 03:45:36 PM	0.250	PROCSTATE	STN=ADLSC01 LOT=T5L2_24 PCS=25 PART=WT6MC78L0531N.01 STEP=4254
ADLSC01	01/31/15 03:45:36 PM	01/31/15 04:00:36 PM	0.250	PROCSTATE	STN=ADLSC01 LOT=T5L7_24 PCS=25 PART=WT6NC4269A5202M.03 STEP=4465

Tabulka 17: Výstupy dynamického modelu – detaily s Ganttova diagramu
(ADLSC01),

zdroj: (vlastní)

Laserový popisovač ADLSC01 pracuje s výrobní dávkou 1 lot, tedy 25 kusů. Informace o složení výrobní dávky je tedy snadno interpretovatelná. Pec ADHTRV1 pracuje s výrobní dávkou větší. Najednou tedy může v jedné operaci obsloužit více požadavků. Informace o tom, které požadavky aktuálně obsluhuje je také rozepsána USER_MESSAGE.

Entity	Event Start	Event End	Time (hrs)	State	User Message
ADHTRV1	1.1.2015 23:27	1.2.2015 5:20	5.880	PROCSTATE	STN=ADHTRV1 BATCH=T1L4,T1L4_2,T1L4_3 PCS=75 PART=WT6NCV4949A00S.02 STEP=5074 (T1L4 PCS=25, T1L4_2 PCS=25, T1L4_3 PCS=25)

Tabulka 18: Výstupy dynamického modelu – detaily s Ganttova diagramu
(ADHTRV1),

zdroj: (vlastní)

4.3 Interpretace výsledků, srovnání statického a dynamického modelu

Při dynamické simulaci se velmi rychle vyčerpá kapacita některých obslužných zařízení. Tím vznikne omezení – něco jako úzké hrdlo a požadavky v systému se začnou hromadit (nárůst WIP). S tímto je spojený zásadní rozdíl mezi statickým a dynamickým modelem. Totiž, pokud požadavek není obslužen – čeká ve frontě u obslužné linky. Zatížení obslužné linky následující po tomto kroku se tedy realizuje až po obslužení u stávající. Klesá tím tedy vytížení linek za „úzkým hrdlem“. Ve srovnání se statickým modelem, který tento fenomén ze své podstaty není schopen postihnout. Statický model připouští vytížení větší než 100 %, tento fakt je nutné brát v potaz. Statický model není schopen počítat množství nespokojených požadavků, WIP a další faktory související s dynamikou procesu výroby. Srovnání je možné udělat například podle celkového vytížení zařízení.

	Statický model			Dynamický model		
	PRODUCTION	DOWN	IDLE	PRODUCTION	DOWN	IDLE
ADLSC01	46%	10%	44%	49%	12%	39%
ADHTRV1	92%	10%	-2%	88%	12%	0%
APSTP01	75%	10%	15%	56%	12%	32%

Tabulka 19: Výstupy statického a dynamického modelu – srovnání,

zdroj: (vlastní)

Není tedy dost dobře možné porovnat výsledky výstupy modelu statického s výstupy modelu dynamického. Pro lepší představu uvádím 10 nejvytíženějších zařízení z každého modelu.

PROMIS Equipment ID	Statický model		
	Produ- ction	Setup, PM & unscheduled down	Idle
ADHTRA1	161%	4%	-65%
ADHTRZ4	157%	10%	-67%
ADHTRA3	140%	4%	-44%
ADHTRB4	134%	10%	-44%
ADHTRA2	133%	4%	-37%
AIIMP31	131%	20%	-51%
AEASH21B	119%	8%	-27%
AIIMP33	117%	20%	-37%
ADHTRT3	116%	10%	-26%
ADHTRK1	108%	5%	-13%

Tabulka 20: Výstupy statického modelu – 10 nejvytíženějších zařízení,

zdroj: (vlastní)

Dynamický model						
STN	LOTCOMPS	CYCLECUR	CYCLEAVG	PROC%	DOWN%	IDLE%
ADHTRV1	234	16:37:48	6:53:10	88,1	11,9	0
ADHTRW1	186	9:50:24	7:50:35	88,1	11,9	0
ADHTRE2	218	15:21:00	6:41:38	88,1	11,9	0
ADHTRF1	99	11:36:00	6:22:45	94,05	5,95	0
ADHTRF2	108	10:47:24	6:15:16	94,05	5,95	0
ADHTRF3	97	5:05:24	6:40:00	94,05	5,95	0
ADHTRF4	104	5:05:24	6:30:51	94,05	5,95	0
AFCVD41	40	2:45:36	4:24:20	66,67	33,33	0
AEDES52	77	1:31:48	2:10:59	76,19	23,81	0
AEDES71	12	43:09:36	10:26:36	56,67	41,67	1,67

Tabulka 21 Výstupy dynamického modelu – 10 nejvytíženějších zařízení

Zdroj: vlastní

Rozdílné výsledky patrně nejsou způsobeny chybou v modelu, ale patrně se jedná o nedostatek ve zdrojových datech. Statický model nebyl ze své podstaty tak citlivý. Dá se říct, že vyčerpání kapacity jednoho některého z obslužných zařízení nemělo vliv na hodnocení dalších. U dynamického modelu tomu tak není. Pokud požadavek uvízne ve frontě před zařízením, jehož kapacita byla vyčerpána, nedojde bezprostředně k následujícím operacím a klesne tím vytížení dalších zařízení.

ZÁVĚR

Je obecně uznávanou pravdou, že pokud máme při modelování vstupní data přesné a korektní z 80 %, nemůžeme očekávat výstupy z modelu s přesností 80%. Toto tvrzení se mi opět potvrdilo při vytváření této práce.

V první polovině teoretické části byl představen operační výzkum jako věda, která se začala uplatňovat ve druhé světové válce a od té doby až dodnes její popularita stoupá. Díky výraznému pokroku na polích výpočetní techniky a přírodních (popřípadě ekonomických) věd se stal operační výzkum efektivním nástrojem k řešení praktických problémů s různých odvětví působení člověka. Jako ukázkou jsem použil můj oblíbený problém obchodního cestujícího, na kterém jsem také demonstroval jednotlivé fáze operačního výzkumu a jeho sílu.

Ve druhé polovině je pojednáno o jedné z disciplín operačního výzkumu, o teorii front. V celé práci jsem se dále zabýval teorií systémů hromadné obsluhy, což je obecnější název pro teorii front. Popsal jsem základní teoretické poznatky o SHO na úrovni dostupné literatury. Nad rámec dostupné literatury jsem se podrobněji věnoval Littleovu zákonu. Tento jednoduchý zákon umožní řídicím pracovníkům „na prstech“ počítat důležité charakteristiky celé továrny. Touto jednoduchostí mne zaujal. Proto jsem ho demonstroval na příkladu továrny na polovodičové součástky.

V úvodu praktické části je popis podniku, rozbor rozvahových položek a výkazu zisku a ztráty.

Těžištěm této práce je potom druhá část praktické části. Začíná popisem a poměrně podrobnou analýzou statického modelu. Tento model byl součástí zadání práce, je vytvořen a v podniku se dodnes používá. Nicméně při práci se ukázaly některé jeho vlastnosti, které predikci na jeho základě minimálně komplikují.

Programem, který jsem si vytvořil v jazyce Java, jsem ze statického modelu extrahoval data a tyto transformoval (opět vlastním programem) do podoby vhodné jako vstup do dynamického modelu. Původně jsem se pokoušel vytvořit model na úrovni stávajícího – tedy statický model v programu Autosched. Postupně jsem ale došel k závěru, že takto vytvořený model nebude použitelný, vyhodnotil cestu jako slepou ulici a začal pracovat na dynamickém modelu. Vytvořený dynamický model simuluje chování celé továrny. Ukázal jsem některé z možností detailnějších pozorování jednotlivých procesů, které dalece převyšují možnosti původního modelu. Vytvořený model tedy není na úrovni stávajícího, ale je sofistikovanější

a detailnější. Umožňuje řadu dalších rozšíření, analýz reportů. Pro efektivní řízení je to určitě vhodnější nástroj. Nicméně ukázalo se, že sofistikovanější model má vyšší nároky na kvalitu vstupních dat. Protože vstupní data byla extrahována z jiného, méně složitého modelu, může a patrně dochází k určitému rozdílu v chování dynamického modelu a reálného systému – továrny (jedná se vlastně o model modelu). Nicméně srovnání chování nového modelu s reálným systémem není součástí zadání, svým rozsahem by tedy překračovalo rozsah této práce. V této práci tedy provedeno nebylo a nabízí se jako jedno z doporučení pro další práce.

Doporučení pro další práce:

- **Validovat dynamický model** na charakteristiky továrny. Data budou patrně k dispozici v informačním systému společnosti, bude nutné je zpracovat.
- **Rozšířit dynamický model** o robotické podavače, alternativní kroky, re-work operace.
- **Napojit model na informační systém společnosti**, tak aby měl k dispozici vždy aktuální data. Program Autosched umožňuje rozšíření a individuální nastavení, popřípadě doprogramování vlastních modulů.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

COOK, William a Radek HONZÍK. 2012. *Po stopách obchodního cestujícího: matematika na hraničních možnostech*. 1. vyd. v českém jazyce. Překlad Veronika Doučková. Praha: Dokořán, 255 s. Zip, sv. 28. ISBN 978-802-5707-067.

JABLONSKÝ, Josef. 2007. *Operační výzkum: kvantitativní metody pro ekonomické rozhodování*. 3. vyd. Praha: Professional Publishing, 323 s. ISBN 978-80-86946-44-3

ZIMOLA, Bedřich. 1999. *Operační výzkum*. 1. vyd. Zlín: VUT v Brně, 168 s. ISBN 80-214-1394-8.

KOČIČKA, Petr. *Simulační metody jako nástroj pro rozhodování podniku - modelování pomocí programu Witness* [online]. 2009 [cit. 2015-02-11]. Diplomová práce. Masarykova univerzita, Ekonomicko-správní fakulta. Vedoucí práce Radoslav Škapa. Dostupné z: <http://is.muni.cz/th/2840/esf_m/>.

ROBINSON, Jennifer K. a Richard GIGLIO. *Capacity planning for semiconductor wafer fabrication with time constraints between operations* [online]. [cit. 2015-05-11]. ISBN 10.1145/324138.324545.

ŠEDA, Miloš. *Modely hromadné obsluhy* [online]. [cit. 2015-01-01]. Dostupné z: <http://web2.vslg.cz/fotogalerie/acta_logistica/2011/2_cislo/3_seda.pdf >.

ŠTĚRBA, Ladislav. *Teorie front* [online]. [cit. 2015-01-01]. Dostupné z: <vyuka.salamon.cz/forum/download.php?id=275>.

ON Semiconductor: výroba čipů. *Web společnosti* [online]. [cit. 2015-01-01]. Dostupné z: <<http://www.onsemi.com/PowerSolutions/content.do?id=15003>>.

DYNAMICFUTURE S.R.O. *Web společnosti* [online]. [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <<http://www.dynamicfuture.cz/witness/simulace-procesu/>>.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FIFO	Řád fronty (First in – first out)
LIFO	Řád fronty (Lirst in – first out)
MTTF	Střední doba do poruchy (Mean time to failure)
MTTR	Střední doba opravy (Mean time to repair)
SHO	System hromadné obsluhy
WIP	Množství požadavků v systému (Work in proces)

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Zadání soutěže Procter & Gamble	13
Obrázek 2: Systém hromadné obsluhy	20
Obrázek 3: Paralelní a sériové uspořádání SHO.....	22
Obrázek 4: Analýza trendu rozvahových položek – aktiva	33
Obrázek 5: Analýza trendu rozvahových položek – pasiva.....	35
Obrázek 6: Typické kroky při výrobě polovodičových součástek	37
Obrázek 7: Dávkové operace	38
Obrázek 8: Statický model, schéma výpočtu.....	41
Obrázek 9: Statický model, výstup – znázornění vytížení agregováno přes skupiny.	42
Obrázek 10: Výstupy dynamického modelu – charakteristiky továrny.....	47
Obrázek 11: Výstupy dynamického modelu – vytížení popisovačky ADLSCO1	49
Obrázek 12: Výstupy dynamického modelu – vytížení pece ADHTRV1	49
Obrázek 13: Výstupy dynamického modelu – Ganttův diagram.....	50

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Analýza trendu rozvahových položek – aktiva.....	34
Tabulka 2: Analýza trendu rozvahových položek – pasiva	35
Tabulka 3: Analýza trendu výkazu zisku a ztráty.....	36
Tabulka 4: Analýza trendu cash-flow	36
Tabulka 5: Statický model, zařízení – záložka MODEL	39
Tabulka 6: Statický model, výrobní kroky – záložka FLOW.....	39
Tabulka 7: Statický model, požadované množství – záložka START	40
Tabulka 8: Statický model, odhad vytížení – záložka MODEL.....	40
Tabulka 9: Dynamický model, zařízení – soubor stn.txt	43
Tabulka 10: Dynamický model, výrobky – soubor part.txt.....	44
Tabulka 11: Dynamický model, postupy výroby – soubor route.txt	44
Tabulka 12: Dynamický model, množství výroby – soubor orders.txt	45
Tabulka 13: Dynamický model, typy nedostupnosti – soubor downcall.txt	46
Tabulka 14: Dynamický model, typy nedostupnost zdroje – soubor attach.txt.....	47
Tabulka 15: Výstupy dynamického modelu – charakteristiky továrny	48
Tabulka 16: Výstupy dynamického modelu – vytížení vybraných zařízení.....	50
Tabulka 17: Výstupy dynamického modelu – detaily s Ganttova diagramu (ADLSC01)	51
Tabulka 18: Výstupy dynamického modelu – detaily s Ganttova diagramu (ADHTRV1).....	51
Tabulka 19: Výstupy statického a dynamického modelu – srovnání	52
Tabulka 20: Výstupy statického modelu – 10 nejvytíženějších zařízení.....	52
Tabulka 21: Výstupy dynamického modelu – 10 nejvytíženějších zařízení	53