

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

MODELOVÁNÍ A SIMULACE  
2020/2021

Téma č. 8

Diskrétní model výrobního procesu (SHO)

## Obsah

1. Úvod .....	3
1.1 Autor.....	3
1.2 Overenie validity modelu .....	3
2. Rozbor témy a použitých metód / technológií.....	5
2.1 Popis použitých postupov.....	5
2.2 Popis pôvodu použitých metód / technológií .....	5
3. Konceptcia .....	6
3.1 Konceptuálny model.....	8
3.2 Formy konceptuálneho modelu .....	9
3.3 Konceptcia – implementačné téma .....	10
4. Architektúra simulačného modelu .....	11
5. Podstata simulačných experimentov a ich priebeh .....	12
5.1 Postup a dokumentácia experimentovania.....	12
5.1.1 Experiment 1 .....	12
5.1.2 Experiment 2 .....	13
5.1.3 Experiment 3 .....	14
5.1.4 Experiment 4 .....	15
5.1.5 Experiment 5 .....	16
5.1.6 Experiment 6 .....	17
5.1.7 Experiment 7 .....	19
5.1.8 Experiment 8 .....	19
5.1.9 Experiment 9 .....	21
5.1.10 Experiment 10 .....	22
5.2 Závery experimentov.....	22
6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver .....	22
7. Literatúra .....	24

## 1. Úvod

V tejto práci, je riešená implementácia systému hromadnej obsluhy (<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>, slide č. 136) pre firmu HART Tašky s.r.o., ktorá bude použitá pre modelovanie a následnú demonštráciu výrobného procesu v danej firme za účelom zefektívnenia výrobnéj linky a v neposlednom rade pre úsporu výdavkov, ktoré boli spôsobené redundanciou personálneho obsadenia firmy predovšetkým v rokoch, kedy sa zisk firmy kolísal len na pár tisícových obratoch. V prípade malej až strednej firmy akou je aj firma HART Tašky s.r.o. (ďalej len HART), môžu byť takéto výdavky navyše nielenže stratového, ale častokrát až likvidačného charakteru.

Model môže slúžiť nielen samotnej firme, ale taktiež širokej verejnosti, špeciálne občanom, ktorí majú záujem začať maloobchodné podnikanie v tlačiarenskej sfére nakoľko na ňom je možné vytvoriť hrubý odhad celoročného zisku v závislosti na počte zamestnancov a vybavenosti firmy.

### 1.1 Autor

Autorom modelu je Peter Vinarčík (xvinar00, [xvinar00@stud.fit.vutbr.cz](mailto:xvinar00@stud.fit.vutbr.cz)), ktorý model z veľkej časti implementoval podľa bakalárskej práce p. Jana Kobelky. Množstvo informácií – predovšetkým ekonomického charakteru týkajúce sa firmy HART boli dohľadane v databáze obchodného registru Českej republiky. Jednotlivé zdroje, odlinkované, sú uvedené v kapitole Literatúra.

### 1.2 Overenie validity modelu

Overenie validity modelu (<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>, slide č. 37) prebiehalo na školskom serveri VUT FIT, konkrétne na merlin.fit.vutbr.cz. Pri overovaní validity bolo nevyhnutné zamerať sa na reálny generovaný ročný zisk firmy HART. Práve tento ukazateľ bol najdôležitejší faktor pri spomínanej validácii, nakoľko bolo podľa neho možné overiť validitu modelu podľa výslednej zarobenej ročnej

sumy, ktorá bola vypočítaná z implementovaného modelu. Proces validity neprebehol iba raz, ale hneď trikrát, konkrétne na tri po sebe idúce roky, kde firma generovala zisk najmenší, priemerný a najvyšší za celé jej pôsobenie. Reálny zisk firmy HART bol prebratý zo spomínanej bakalárskej práce, avšak pre overenie týchto informácií, bolo tiež nevyhnutné navštíviť obchodný register kde sme mohli potvrdiť správnosť týchto údajov.

Po preskúmaní a predovšetkým porovnaní hore uvedených údajov mohol byť model prehlásený za validný a schopný simulovať výrobný proces firmy.

## 2. Rozbor témy a použitých metod / technológií

Daná téma, ako už názov technickej správy napovedá a ako už bolo v úvode spomenuté, sa zameriava na výrobný proces, konkrétne pre firmu HART. Táto téma však nie je len technicky zameraná, ale taktiež sa na implementovanom modeli odzrkadľuje ekonomická stránka firmy, ktorá je úzko prepojená práve s výrobným procesom.

Samotné informácie o výrobnom procese tejto tlačiarenskej spoločnosti boli prebraté z bakalárskej práce, ktorá detailne popisuje situáciu od prijatia objednávky, cez prípravu grafického resp. cenového návrhu – nutná časť pre experimentovanie s ekonomickou stránkou firmy až po samotný proces výroby, kedy dochádza k potlači tašiek **strojmi ATMA – 45 a ATMA – 45PAB**. Tieto dve tlačiarne sú **sieťotlačové** a taktiež **primárne využívané**, nakoľko najväčšie množstvo zákaziek je tlačených práve pomocou sieťotlače.

Firma tiež ponúka **digitálnu tlač** pomocou tlačiarne **MIMAKI 4032**, avšak táto tlač je využívaná len **v 1/5 zákaziek**, nakoľko takáto tlač je značne náročná, predovšetkým z finančného hľadiska ako pre firmu tak aj pre zákazníka. Využíva sa pre potlač do 200 kusov. Sieťotlač sa používa pre potlač zákaziek s počtom kusov 200 až 1000.

### 2.1 Popis použitých postupov

Implementácia modelu prebehla **v jazyku C++** predovšetkým z dôvodu, že ponúka **simulačnú knižnicu SIMLIB**, ktorá umožňuje bezproblémové a jednoduché základné prostriedky pre popis spojitých ale predovšetkým **DISKRÉTNYCH modelov** (<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>, slide č. 60) a tiež prostriedky pre riadenie simulácie.

### 2.2 Popis pôvodu použitých metod / technológií

- **SIMLIB** - <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- **C++** - <https://www.cplusplus.com/>

### 3. Koncepcia

Konceptuálny model je primárne zostavený na základe popisu výrobného procesu firmy HART, ktorý vo svojej bakalárskej práci popísal p. Jan Kobelka.

Ako sme sa mohli dočítať v kapitole 2., firma fyzicky vlastní 3 tlačiarne, z čoho sú 2 sieťotlačové a jedna je používaná na tlač digitálnu. To nám rozdeľuje výrobu na digitálnu tlač a sieťotlač. Čas, ktorý je nevyhnutný pre vytlačenie celej zákazky sa pohybuje v časom rozmedzí určenom pomocou rovnomerného rozdelenia na intervale od 240 minút (4 hodiny) – resp. pol pracovného dňa až po 960 minút (16 hodín) – dva celé pracovné dni. Rozdelenie bolo použité hlavne z dôvodu, že počet kusov, ktoré musia byť potlačené sú v jednotlivých zákazkách odlišné. Po vyhotovení, resp. uplynutí času potrebného na vyhotovenie zákazky zákazka opúšťa model (prechádza do expedičného skladu kde je odoslaná zadávateľovi).

Celý **model** však **začína v administratívnej časti** (obrázok 1). Zákazky sú do systému generované v čase, ktorý je udaný výpočtom  $\text{ROČNÝ ZISK}(X) / \text{CENA ZA JEDEN KUS}(6) / \text{PRIEMERNÝ POČET KS V JEDNEJ OBJEDNÁVKE}(750)$ .

$$\frac{\frac{\text{ročnýZisk}(X)}{\text{CENA ZA JEDEN KUS}(6)}}{\text{PRIEMERNÝ POČET KS V JEDNEJ OBJEDNÁVKE}(750)}$$

Ročný zisk je premenná  $X$ , ktorá nám udáva, aký zisk chceme generovať v danom roku. Cena za potlač jedného kusu je prebratá z cenníku firmy HART, ktorý je uvedený v prílohe bakalárskej práce a taktiež z cenníku konkurenčnej firmy DELA.cz (<http://www.dela.cz/cenik-potisku.php>). Priemerná cena 6 korún tak dokáže pokryť širšiu cenovú reláciu, ktorá je závislá na počte kusov v zákazke. Priemerný počet kusov v jednej objednávke je stanovený na 750 kusov. Tento počet musel byť udaný experimentálne, nakoľko v zdrojovej práci bol uvedený iba najčastejší rozsah počtu kusov v zákazke (od 300 do 1000) a to pochopiteľne pre zachovanie firemného tajomstva. Po vyššie zmieňovanom výpočte máme v rukách približný počet zákaziek, ktoré boli v danom roku prijaté pre generovanie zadaného ROČNÉHO ZISKU. Môžeme teda predpokladať, že priemerne príde za deň do firmy 251 (počet pracovných dní –

vzaté do úvahy pre rok 2020) / približný počet zákaziek vypočítaných v predošlom výpočte – skrátené 251 / počet objednávok. To následne vynásobíme počtom minút – 480 (8 hodín) a máme presný čas kedy má do systému vstúpiť ďalšia zákazka. Celý vzorec vyzerá nasledovne:  $480 * (251 / (ROČNÝ ZISK / 6 / 750))$  minút.

$$480 \times \left( \frac{251}{\left( \frac{ROČNÝ ZISK}{6 / 750} \right)} \right) \text{ minút}$$

Po vygenerovaní zákazky zákazníkom, zákazník čaká na kalkulantu z obchodného oddelenia, ktorý objednávku prijme. Model je rozšírený o trpezlivosť zákazníka, ktorá simuluje situáciu, kedy by odozva od firmy na zadanú objednávku neprebehla do 4 pracovných dní. V reálnom čase sú 4 dni bez akejkoľvek komunikácie absolútny nonsens a pre firmu by to mohlo mať katastrofálne následky počnúc negatívnymi recenziami a končiac ušľáknutými ziskmi, ktoré sa môžu vyšplhať až na pol milióna českých korún (detailnejšie sa na takúto situáciu pozrieme v kapitole Experimenty).

V prípade, že je zákazka prijatá, kalkulantom musí v priebehu pár hodín pripraviť cenový a grafický návrh. Komunikácia medzi firmou a zákazníkom môže byť častokrát problematická, ale tiež bezproblémová. Tieto možné komplikácie simuluje čas pripravovania PRVOTNÉHO návrhu pomocou rovnomerného rozloženia na intervale 480 – 960 minút.

Po vytvorení návrhu musí byť model poslaný a schválený zákazníkom. V prípade, že zákazník návrh odsúhlasil, môže sa zaktivovať výrobný proces<sup>1</sup>. Pri nesúhlase s návrhom, má zákazník pochopiteľne na výber možnosť prerobiť daný návrh a tým pozdržať prípravu zákazky na ďalší pracovný poľdeň resp. deň (480 – 960 minút). Môže však prísť k situácii, kedy zákazník nebude mať záujem o zmenenie návrhu a tak opúšťa systém. V implementovanom modeli to bude predstavovať stratu na celkovom zisku.

<sup>1</sup>**Po zaktivovaní výrobného procesu (obrázok 2)** príde na vedúcich výroby požiadavka na vyhotovenie objednávky. V prípade, že k nej je to k dispozícii aspoň jeden vedúci, preberá

objednávku a začína s tlačou. Predtým však ešte dôjde k rozhodnutiu či sa jedná o digitálnu alebo sieťovú tlač. Rozhodovanie prebieha na základe percentuálnej pravdepodobnosti. Ako bolo spomenuté vyššie, digitálna tlač sa uplatňuje v 1/5 zákaziek a tak šanca, že sa ide vykonávať práve digitálna tlač je 20 percent a tlačí sieťovej prináleží zvyšných 80. Samotný priebeh tlače bol popísaný na začiatku tejto kapitoly.

### 3.1 Konceptuálny model

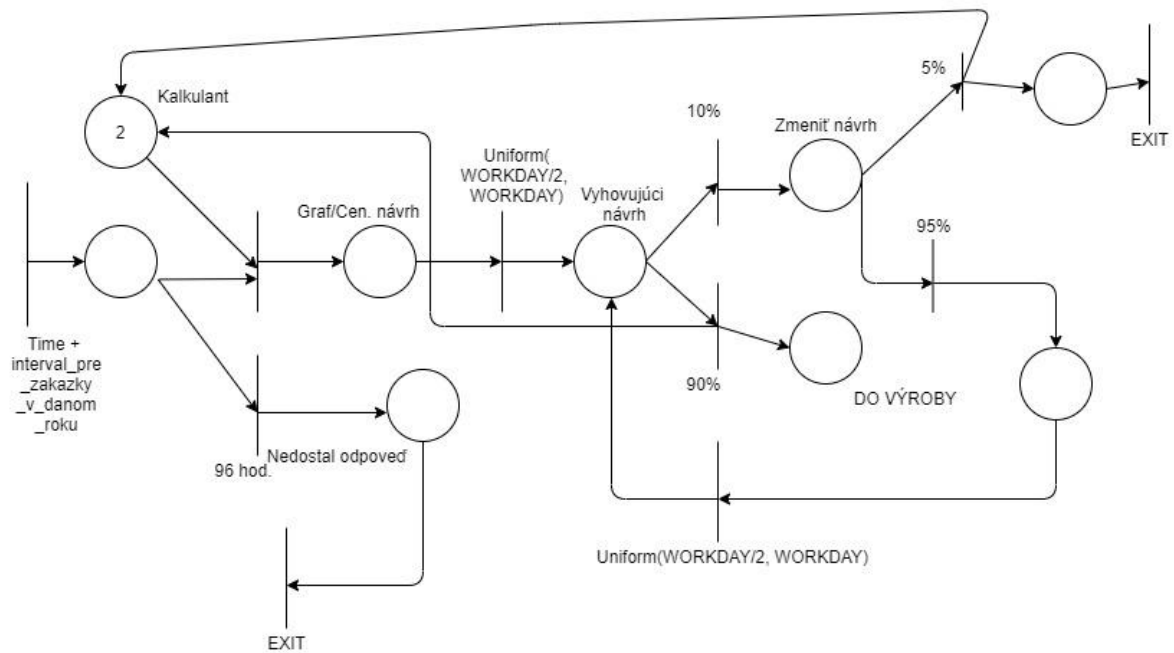
Pre vyjadrenie konceptuálneho modelu (<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>, slide č. 48), bola použitá Petriho sieť (<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>, slide č. 123) a samotná sieť vychádza z popisu, ktorý sa nachádza v úvode kapitoly 3. Pre lepší prehľad a pochopenie príslušnej petriho siete, je sieť rozdelená na dva samostatné obrázky (obrázok 1 a obrázok 2), z ktorých prvý v poradí prezentuje proces administratívy tzn. prijatie a spracovanie objednávky a druhý obrázok prezentuje samotný tlačiarensky proces, z ktorého vziđe hotový produkt.

Na obrázku číslo 1 môžeme pozorovať generátor zákaziek, ktorý generuje zákazky podľa zmieňovaného výpočtu. Následne je zákazka spracovaná podľa popisu v úvode kapitoly.

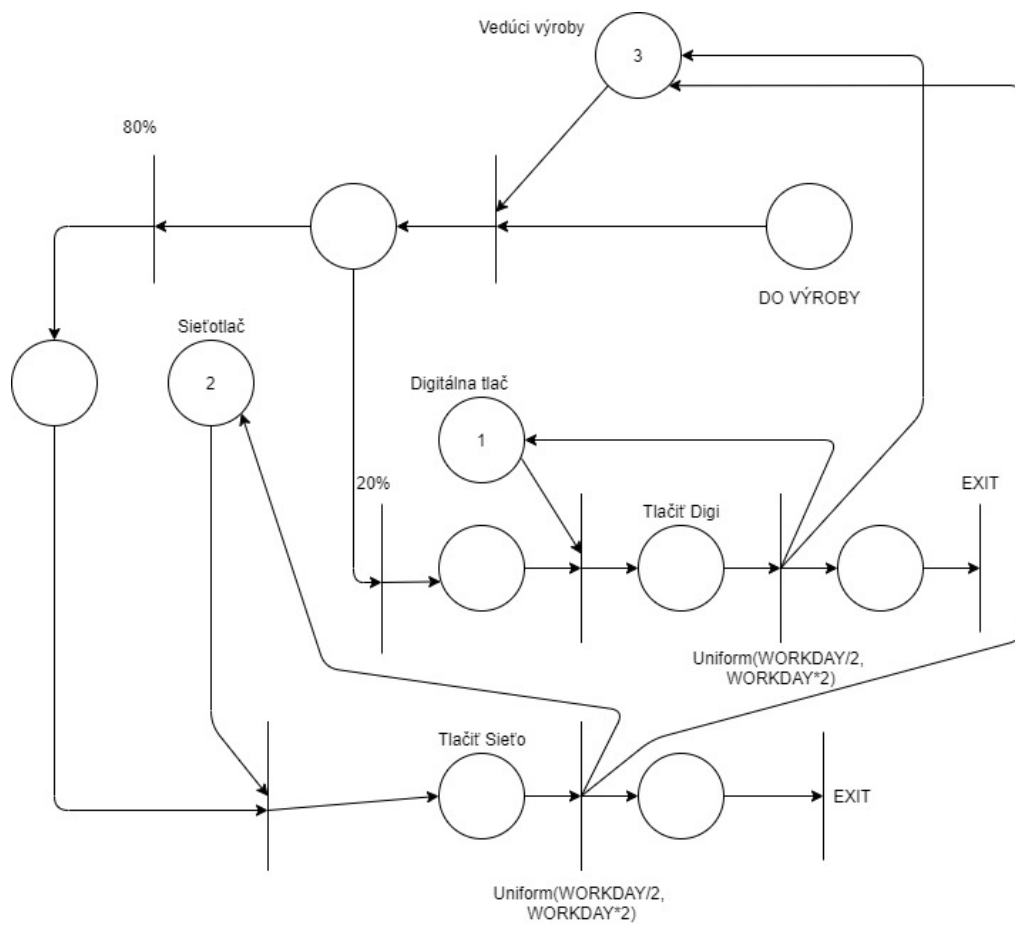
Obrázok 2 vyjadruje proces výroby. Táto časť je automaticky spustená po príchode prvej zákazky a beží nonstop (počas pracovných dní) až kým nie je vytlačený posledný kus z poslednej zákazky. Detailnejší popis spracovania sme mohli vidieť v úvode kapitoly.



### 3.2 Formy konceptuálneho modelu



Obrázok 1



Obrázok 2

### 3.3 Koncepcia – implementačné téma

Samotný princíp činnosti daného programu je detailne popísaný v úvode kapitoly avšak je vhodné predviesť jeho činnosť aj v rámci samotnej implementácie (resp. naznačiť ako je jeho činnosť implementovaná), ktorá prebehla podľa Petriho siete. Jednoduchý princíp činnosti je možné pozorovať na pseudokóde nižšie:

```
generuj_novu_zakazku_za(Akt_cas + interval)
generuj_novu_zakazku_za()
    if(kalkulant.notEmpty())
        zaber_kalkulanta()
        pripravuj_navrh(Cas_cakania)

        if(navrh_vyhovuje)
            vyrabaj_zakazku()
            uvolni_kalkulanta()
        else
            if(chce_prerobit)
                prerob_zakazku()
                pripravuj_navrh(Cas_cakania)
            else
                uvolni_kalkulanta()

    else
        cakaj_vo_fronte_na_kalkulanta()
```

```
vyrabaj_zakazku()
    if(veduci.notEmpty())
        zaber_veduceho()

        if(zakazka_sitotiskova)
            zaber_sitotiskarnu()
            tlac(casNaTlacenie)
            uvolni_sitotiskarnu()
        else
            zaber_digitiskarnu()
            tlac(casNaTlacenie)
            uvolni_digitiskarnu()

        uvolni_veduceho()

    else
        cakaj_vo_fronte_na_veduceho()
```

## 4. Architektúra simulačného modelu

V konceptuálnom modeli bolo uvedené, že celý výrobný proces sa delí na dve etapy. Administratívna časť – prijatie a spracovanie objednávky a samotná výroba, kedy dochádza k potlačí.

V samotnej implementácii môžeme tieto dve časti nájsť pod dvoma rôznymi triedami. Prvá trieda – „Zakazka“ je podtriedou triedy „Process“. Táto trieda (Zakazka) popisuje svoje chovanie pomocou metódy Behaviour(), v ktorej sa nachádza dané správanie naimplementované. S konceptuálnym modelom úzko súvisí – a to predovšetkým kvôli faktu, že je v spomínanej metóde naimplementované správanie súvisiace práve s Administratívnou časťou – teda prijatím a spracovaním objednávky.

Ďalšou nemenej dôležitou triedou, ktorá je taktiež podtriedou triedy „Process“ je trieda „Vyroba“. Správanie je taktiež popísané v jej metóde Behaviour(). Metóda je naimplementovaná tak, aby popisovala chovanie, ku ktorému dochádza až v samotnom procese výroby – teda pri samotnom tlačení.

Trieda „Generator“, spolu s triedou „Timeout“ sú podtriedy triedy „Event“. Prvá menovaná trieda súvisí s generovaním novoprichádzajúcich zákaziek do systému. Presnejší princíp generovania už bol popísaný. Dôležité je však podotknúť, že počet zákaziek, ktoré generátor vytvorí, je závislý na vstupnom parametri očakávaného ročného zisku (obratu).

Trieda „Timeout“ slúži pre simuláciu chovania zákazníka, ktorému nebolo včas (do 96 hodín) odpovedané z administratívneho oddelenia. V jej vnútri je mimo metódy Behaviour() aj premenná „customer\_leave\_count“, ktorá počet odchádzajúcich zákazníkov kvôli neskorej komunikácii počíta. Táto štatistika je nemenej dôležitá, nakoľko každý neuzavretý obchod znamená pre našu spoločnosť možnú stratu ako peňažnú tak aj morálnu.

## 5. Podstata simulačných experimentov a ich priebeh

Pri prvých troch experimentoch dochádza k potvrdeniu validity modelu vzhľadom k realite. V nich sa zameriame na to, či model zvládol vygenerovať výsledný zisk taký, aby sa so skutočným ziskom zhodoval, respektíve aby jeho hodnota bola približne rovnaká. Drobná odchýlka môže byť spôsobená predovšetkým pri generovaní väčších ziskov, nakoľko v simulácii môže dôjsť k viacerým odchodom zákazníkov, než tomu bolo v skutočnosti k danému roku. Tieto hodnoty sú však vzhľadom na potvrdenie validity zanedbateľné.

V ďalších piatich experimentoch dôjde k simulácii, pri ktorej sa bude demonštrovať situácia, keď by do firmy prišlo za jeden pracovný rok toľko zákaziek, aby bol celkový generovaný zisk dvakrát taký, než doterajší najväčší obrát firmy. V experimente budú kontrolované vyťaženia jednotlivých zariadení a postupne bude model upravovaný do podoby, aby nedochádzalo k preťaženiu jednotlivých liniek a firma mohla bez problémov generovať dvojnásobný zisk.

Pri posledných dvoch experimentoch sa pozrieme na situáciu a roky, kedy to pre firmu nebolo z finančného hľadiska jednoduché a kedy firma negenerovala miliónové zisky, ale práve naopak – bojovala o prežitie. Pozornosť bude zameraná na ekonomickú sféru, konkrétne na redundanciu v personálnej časti firmy, ale tiež v časti industriálnej. V experimentoch dôjde k ušetreniu výdavkov v nepotrebných častiach a ušetreniu takmer jedného milióna korún.

### 5.1 Postup a dokumentácia experimentovania

#### 5.1.1 Experiment 1

Prvý experiment je spojený s už spomínanou validáciou modelu, kedy sa snažíme overiť, či je model validný. Na vstupe sa teda snažíme vygenerovať celkový zisk 117.000 českých korún, ktorý táto firma reálne vygenerovala v roku 2010. Tento rok bol pre firmu tiež druhý najhorší za celú jej doterajšiu existenciu. V tabuľkách nižšie môžeme pozorovať, že v danom roku bolo prijatých len 26 zákaziek. Môžeme vidieť že jednotlivé obslužné linky (<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>, slide č.

136) boli vyťažené len minimálne. K tejto informácii pristúpime neskôr v samotnom experimente. V aktuálnom experimente nás však prioritne zaujíma tabuľka číslo 2, ktorá nám udáva práve počet zákaziek v danom roku, ale predovšetkým, či bol model pri aktuálnom nastavení schopný vygenerovať zisk 117.000 ako tomu bolo v realite.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	2	3	2	1
Maximálny využitý počet	1	1	1	1
Priemerná vyťaženosť	4%	4%	5.5%	2%

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk
26	22	4	117.000 czk

Tabuľka 2

### 5.1.2 Experiment 2

Druhý experiment je taktiež s prívlastkom validačný a plní rovnakú funkciu ako experiment predchádzajúci s tým rozdielom, že očakávaný zisk z modelu bude približne 151.000 CZK, podobne ako tomu bolo v realite v roku 2011.

Na tabuľkách nižšie môžeme vidieť jemné zvýšenie vyťaženia jednotlivých liniek oproti experimentu 1, avšak toto zvýšenie nie je nijak závažné a stále je tu veľká dávka redundancie. Tiež vidíme, že v tabuľke 2 došlo k vygenerovaniu zisku 148.500 CZK čo je bez zanedbateľného rozdielu očakávaný výstup modelu.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	2	3	2	1
Maximálny využitý počet	1	1	1	1
Priemerná vyťaženosť	5%	5.3%	7%	2.1%

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk
33	28	5	148.500 czk

Tabuľka 2

### 5.1.3 Experiment 3

Tretí experiment je posledný z časti validačných experimentov avšak dá sa povedať, že má prívlastok najdôležitejší, nakoľko simuluje najúspešnejší rok, kedy zisk firmy vzrástol na 1.724.000, teda o 1141.7%. Takýto razantný skok je teda nevyhnutné overiť v tejto časti, aby bolo modelu možné dôverovať v ďalších experimentoch, ktoré sa budú týkať zvyšovania ako zisku, tak pracovnej vyťaženia jednotlivých liniek.

V tabuľkách nižšie môžeme vidieť oproti predchádzajúcim dvom experimentom enormný nárast ako vyťaženia, tak počtu objednávok. Celé to má na svedomí práve ročný generovaný zisk. Upriamiť pozornosť treba tiež na našu prioritu a to generovaný zisk z nášho modelu. Vidíme, že zisk z modelu je 1.705.000 czk, pričom bol navyše simulovaný odchod jedného zo zákazníkov, čo malo za následok drobnú odchýlku, ktorá je však vzhľadom na celkové sumy zanedbateľná. K vyťaženia môžeme na základe tohto experimentu už predom odhadnúť (skôr než vykonáme samotné experimenty), že v prípade, že firma by chcela generovať vyšší zisk – zvládať viac objednávok, bude treba rozšíriť jednotlivé obslužné linky. Dôvodom je, že sa začínajú tvoriť fronty (queue). Čakacia doba je v aktuálnom stave únosná, dá sa však predpokladať, že prípadný nárast spôsobí značné zdržania. Detailnejšie sa tejto téme budeme venovať od experimentu 4, až po experiment 8.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	2	3	2	1
Maximálny využitý počet	2	3	2	1
Priemerná vyťaženosť	62%	73.3%	75.5%	38.5%

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk
381	302	77	1.705.500 czk

Tabuľka 2

#### 5.1.4 Experiment 4

V tomto experimente sa pozrieme na situáciu, kedy by počet generovaných zákaziek narástol oproti minulému roku o 100% resp. očakávaný ročný generovaný zisk na vstupe by bol  $1.724.000 * 2$ , teda 3.448.000 CZK. V tomto počiatočnom experimente ešte nepríde k modifikácii kapacity obslužných liniek aby sme videli, čo sa s jednotlivými linkami udeje a prípadne aká čakacia doba pri nich nastane.

V tabuľke číslo 1 môžeme pozorovať oproti experimentom predchádzajúcim, že niektoré vyťaženosť liniek sa limitne blížila k 100% čo má za následok tvorenie až dá sa povedať z reálneho pohľadu nekonečných front. Vidíme, že na vedúcich tlače (tzn. situácia, kedy je zákazka spracovaná administratívne a poslaná do výroby avšak samotná výroba zákazky ešte neprebehla, nakoľko si ju žiadny vedúci nezobral) sa častokrát čaká v priemere okolo 16000 minút čo je v prepočte neuveriteľných 266 hodín, teda niečo vyše 11 dní. Každopádne tento problém je aktuálne až sekundárny, nakoľko prvotný problém vzniká už pri prijímaní objednávok. V tabuľke číslo 2 vidíme, že až 128 zákazníkov opustilo systém z dôvodu neprijatia objednávky a boli bez odpovede celých 96 hodín. Takáto strata pre nás znamená fakt, že sme práve prišli približne o 576.000 korún keď berieme do úvahy priemerné množstvo v jednej zákazke pri cene spomínaných 6 czk.

Taktiež ďalší významný fakt je, že očakávaný zisk z daného roku bude okolo 3.448.000 českých korún pri počte objednávok 762, avšak výsledky sú značne odlišné. Môžeme vidieť, že zisk tvorí iba 1.989.000 korún a zvládli sme prijať iba 598 objednávok, z ktorých navyše viac ako 100 nebolo stále poslaných do výroby.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	2	3	2	1
Maximálny využitý počet	2	3	2	1
Priemerná vyťaženosť	99.9%	99.3%	90%	48.7%
Priemerná dĺžka queue	31	80	0	0
Priemerná čakacia doba v queue (min)	5017	16317	288	441
Maximálna čakacia doba v queue	5760	31216	769	1494

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk	Neprijatá objednávka do 96 hodín
598	347	95	1.989.000 czk	128

Tabuľka 2

#### 5.1.5 Experiment 5

Piaty experiment nadväzuje na experiment predchádzajúci. V tomto experimente bude našou snahou odstrániť avizovaný prvotný problém, ktorý vzniká už pri čakaní na prijatie objednávky. Ako sme si mohli povšimnúť v Tabuľke 2 v Experimente 4, až 128 zákazníkov svoje objednávky stiahlo z dôvodu absencie komunikácie zo strany firmy. Preto sa pokúsime zvýšiť kapacitu kalkulantov v obchodnom oddelení na počet 3 a uvidíme, či bude problém eliminovaný a či bude každá zákazka včas spracovaná.

V tabuľke číslo 2 môžeme skutočne pozorovať, že počet objednávok, ktorý stihol byť spracovaný je na čísle 761, čo je dvojnásobne viac ako tomu bolo v predchádzajúcom roku. To



znamená, že obchodné oddelenie resp. kalkulanti, stihli spracovať každú jednu prichádzajúcu zákazku. Potvrdzuje to aj fakt, že v stĺpci „Neprijatá objednávka do 96 hodín“ vystupuje hodnota 0. Môžeme však pozorovať nárast vo fronte vedúcich, konkrétne došlo k zvýšeniu hodnôt o 50 až 60 percent. Keďže z koncepcie modelu vieme, že vedúci sú predovšetkým zadržiavaný pri samotnej práci a drvivá väčšina zákaziek je sieťotlačových, dochádza k situácii, kedy vedúci nemôže vyhotoviť zákazku, z dôvodu absencie sieťovej tlačiarne. V ďalšom experimente sa pokúsime tento neduh odstrániť.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	3	3	2	1
Maximálny využitý počet	3	3	2	1
Priemerná vyťaženosť	84.7%	99.6%	94.5%	44.4%
Priemerná dĺžka queue	0	154	0	0
Priemerná čakacia doba v queue (min)	110	24912	285	380
Maximálna čakacia doba v queue	461	48198	795	1044

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk	Neprijatá objednávka do 96 hodín
761	367	88	2.047.500 czk	0

Tabuľka 2

#### 5.1.6 Experiment 6

Ako bolo načrtnuté v experimente 5, v tomto experimente sa pokúsime do firmy prikúpiť novú sieťovú tlačiareň a eliminovať tak situáciu, kedy dochádza k situácii, že tlačiareň tohto typu nie je dostupná.

V tabuľke 1 môžeme vidieť, že týmto pridaním tlačiarne sme sa síce vo fronte pre vedúcich dostali naspäť na začiatok (priemernú čakaciu dobu sme znížili len približne o 1000 oproti pôvodnému experimentu 4) avšak podstatný rozdiel nastal vo fronte pre sieťotlač. Môžeme vidieť, že celá fronta je eliminovaná, čakacia doba na obsluhu tlačiarne je nulová a jej vyťaženosť je len 75% a vyťaženosť digitálnej tlače je len okolo 44%. Z toho môžeme usúdiť, že vybavenosť našej firmy je dostačujúca a má stále určitú rezervu. K zmene teraz bude musieť dôjsť v časti vedúci, čo bude témou ďalšieho experimentu.

Taktiež je možné sledovať v Tabuľke 2, že generovaný zisk sa dvíhol na dva aj pol milióna, čo pre nás znamená, že postupným experimentovaním sa dostávame bližšie k očakávanému generovanému zisku.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	3	3	3	1
Maximálny využitý počet	3	3	3	1
Priemerná vyťaženosť	81.7%	99.6%	75%	44.4%
Priemerná dĺžka queue	0	95	0	0
Priemerná čakacia doba v queue (min)	79	15257	0	432
Maximálna čakacia doba v queue	351	30100	0	1136

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk	Neprijatá objednávka do 96 hodín
759	448	118	2.547.000 czk	0

Tabuľka 2

### 5.1.7 Experiment 7

V tabuľke 1 sme sa pokúsili o zvýšenie počtu vedúcich tlače na 6, čo podľa predpokladov spôsobilo obrovský pokles čakania vo fronte. Konkrétne došlo k poklesu priemernej doby čakania z 15257 na 1332 minút. Maximálna čakacia doba, kedy zákazka čakala na prijatie do výroby (tlače) klesla z 30100 minút na 3301 minút.

V tabuľke 2 zas môžeme porovnať zisk, ktorý sa po tomto experimente vyšplhal už na 3.330.000 korún, čo sa už začína blížiť k požadovanej sume 3.448.000. Stále je však rozdiel nezanedbateľný a tak pokračujeme ďalším experimentom.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	3	6	3	1
Maximálny využitý počet	3	6	3	1
Priemerná vyťaženosť	83.7%	96.3%	94.7%	75.1%
Priemerná dĺžka queue	0	6	2	0
Priemerná čakacia doba v queue (min)	72	1332	366	814
Maximálna čakacia doba v queue	344	3301	929	2364

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk	Neprijatá objednávka do 96 hodín
757	586	154	3.330.000 czk	0

Tabuľka 2

### 5.1.8 Experiment 8

V poslednom experimente, ktorý sa týka zvyšovania zisku sa ešte naposledy skúsime priblížiť požadovanej sume 3.448.000 korún. V predošlých experimentoch (konkrétne v experimente číslo 6) sme zistili, že po pridaní sieťotlačovej tlačiarne klesli čakacie doby vo

frontách ako u samotnej tlačiarne – kde dokonca došlo k úplnej eliminácii fronty a v čakacej dobe na vedúceho klesol čas takmer o polovicu (z 24912 na 15257). Skúsime teda zvýšiť počet sieťovej tlače z 3 na 4.

V tabuľke 1 v stĺpci vedúci skutočne došlo k výraznému poklesu v čakacej dobe a to isté môžeme povedať aj o čakaní na sieťotlač. Jediný vzniknutý avšak zanedbateľný problém je, že došlo k miernemu pozdržaniu digitálnej tlače. Argumentom však ostáva fakt, že aj napriek priemernej čakacej dobe okolo 1000 minút – teda zhruba jeden pracovný deň je priemerná dĺžka fronty len na hodnote 1, čo nijak významne nepozdrží celkovú výrobu.

V tabuľke 2 tiež sledujeme nárast celkového generovaného zisku, ktorý dosiahol 3.379.500 korún, čo sa významne približuje k požadovanej hodnote. Drobná odchýlka je spôsobená modelovou situáciou odchodu zákazníka, ktorý nemali záujem o prerobenie návrhu.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	3	6	4	1
Maximálny využitý počet	3	6	4	1
Priemerná vyťaženosť	82.7%	80.3%	73.3%	78.1%
Priemerná dĺžka queue	0	1	0	1
Priemerná čakacia doba v queue (min)	74	521	103	1002
Maximálna čakacia doba v queue	238	1411	496	3080

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk	Neprijatá objednávka do 96 hodín	Odmietli prerobenie návrhu
756	594	157	3.379.500 czk	0	8

Tabuľka 2

### 5.1.9 Experiment 9

Posledné dva experimenty budú už v úvode spomínaného - ekonomického charakteru. V prvom experimente tejto časti sa vrátíme naspäť do rokov 2010 a 2011 kedy mala firma len veľmi malé zisky oproti roku 2012. V Experimente číslo 1, sme si mohli vo výstupe modelu všimnúť, že aj napriek tomu, že máme k dispozícii troch vedúcich a dvoch kalkulantov, pričom maximálne súbežný počet využitých kalkulantov a vedúcich tlače bol len 1. V experimente teda skúsime redukovať počet vedúcich a kalkulantov na 1 (pre rok 2010) a pozrieme sa, či pri takomto personálnom rozložení budú schopný vygenerovať zisk 117.000 korún.

Vidíme, že vyťaženosť jednotlivých liniek sa po odobratí dvoch vedúcich tlače a jedného kalkulantu zvýšili len veľmi minimálne. Po takejto personálnej zmene by sme pri priemernom plate v Českej republike v roku 2011 (ktorý činil 24 319 Kč) ušetrili  $24\,319\text{ Kč} \cdot 12\text{ (mesiacov)} \cdot 3\text{ (zamestnanci)}$  čo činí 875 484 Kč. Táto čiastka by nebola vedená ako výdavok a čistý zisk firmy za rok 2010 by tak vzrástol.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	1	1	2	1
Maximálny využitý počet	1	1	1	1
Priemerná vyťaženosť	8.5%	13%	5.5%	2%

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk
26	22	4	117.000 czk

Tabuľka 2

#### 5.1.10 Experiment 10

Posledný experiment je v princípe zhodný s experimentom číslo 9, avšak pozrieme sa na rok 2011 kedy firma generovala zisk v hodnote 151 000 a či po personálnych zmenách uvedených vyššie bude schopná tento zisk vygenerovať opäť.

V tabuľke číslo 2 vidíme, že firma pri takomto personálnom obsadení dokáže generovať rovnaký zisk ako pred personálnymi zmenami, takže môžeme prehlásiť, že aj v roku 2011 bolo možné ušetriť približne 875 000 korún na mzdách.

X	Kalkulanti	Vedúci	Sieťotlač	Digitálna tlač
Celkový počet	1	1	2	1
Maximálny využitý počet	1	1	1	1
Priemerná vyťaženosť	10%	16%	6.5%	2.2%

Tabuľka 1

Počet objednávok	Sieťotlač objednávky	Digitálna tlač obj.	Celkový gener. Zisk
33	28	5	148.500 czk

Tabuľka 2

#### 5.2 Závery experimentov

Celkovo bolo prevedených 10 experimentov, z ktorých 3 boli experimenty validačné, experimenty s číslom 4 až 8 sú zamerané na zdokonalenie výrobného procesu vo firme HART a experimenty 9 a 10 sa zameriavajú na šetrenie zbytočných výdavkov v neúspešných rokoch.

### 6. Zhrnutie simulačných experimentov a záver

Z výsledkov experimentov vyplýva, že v prípade, že by na firmu bol väčší nápor objednávok, než tomu bolo v ich najúspešnejšom roku (2012) pri danom personálnom a technickom rozložení, firma by takýto nápor nezvládla čo by viedlo k negatívnym recenziám a predovšetkým k ušlým ziskom. Preto v rámci projektu vznikol nástroj, ktorý môže predikovať

zvládanie takéhoto náporu a dokáže firmu pripraviť na personálne a technické zmeny. Taktiež je vhodné pre použitie na ekonomickú stránku firmy.

## 7. Literatúra

- [1] KOBELKA, J.: Možnosti zvyšování výkonnosti podniku HART Tašky, s.r.o. racionalizací výrobního procesu. Bakalárska práca, VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMICKÁ V PRAHE Fakulta podnikohospodářská, Podniková ekonomika a management, 2015, [cit. 2020-12-07].
- [2] PERINGER, P.; HRUBÝ, M.: Modelování a simulace. [online], Posledná aktualizácia 4.9.2019, [cit. 2020-12-07]. Dostupné z:  
<https://wis.fit.vutbr.cz/FIT/st/cfs.php.cs?file=%2Fcourse%2FIMS-IT%2Flectures%2FIMS.pdf&cid=13998>
- [3] PERINGER, P.: SIMLIB. [online], Posledná aktualizácia 19.10.2018, [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: <https://www.fit.vutbr.cz/~peringer/SIMLIB/>
- [4] kurzy.cz: Průměrná mzda – vývoj průměrné mzdy, 2020. [online], [cit. 2020-12-07]
- [5] Obchodní rejstřík: Veřejný rejstřík a Sbírka listin. [online], Posledná aktualizácia 20.1.2020, [cit. 2020-12-07]. Dostupné z: [https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=300066&fbclid=IwAR2DJBYYsdl-YjzL-B\\_k4v0inKvHovmNUQss10A37PCCryz5jxub8aXRLY](https://or.justice.cz/ias/ui/vypis-sl-firma?subjektId=300066&fbclid=IwAR2DJBYYsdl-YjzL-B_k4v0inKvHovmNUQss10A37PCCryz5jxub8aXRLY)