

## OPTIMALIZACE FRONT ODBAVENÍ ZÁKAZNÍKŮ NA ZÁKLADĚ SIMULACE PROCESŮ V MS EXCEL

Ing. Dita JANÍKOVÁ, *externě na VUT Brno*

### Anotace

Článek se zabývá návrhem postupu, jak je možné jednoduše řešit problémy s možným čekáním zákazníka ve frontě – nalezením úzkých míst procesu a nastavením počtu zdrojů tak, aby doba čekání byla maximálně do limitu, který je stanoven interními předpisy daného podniku. Celý postup je nastíněn na jednoduchém příkladu z oblasti letecké dopravy, konkrétně na problému příliš dlouhého čekání zákazníků na odbavení, kdy je nejdříve provedena analýza procesu, včetně sběru dat a pak v MS Excel provedena zjednodušeně simulace procesů. Na základě výsledků jsou pak definována opatření vedoucí k optimalizaci počtu zdrojů a tím i regulaci čekacích dob.

### Abstract

*The article deals with procedure proposal for simple solution of the customer waiting in the queue. The key relies on finding process bottlenecks, as well as on setting up the amount of resources, that ensure satisfaction of the company's internal regulation for maximum allowed waiting time. The method is illustrated by an example of air transportation, focusing the problem of passengers long waiting time of their check-in. First step is the process analysis, including data acquisition. Second step is simplified process simulation, using MS Excel. Based on the simulation results, the arrangements are defined for resources optimization, allowing waiting time regulation.*

**Klíčová slova:** *simulace procesu, zlepšování, procesní zdroje, fronta.*

### ÚVOD

Tvorba front bývá v podnikových procesech častým problémem a je pochopitelné, že kromě zbytečných nákladů s sebou přináší i nespokojené zákazníky, ať už interní, kteří musí čekat na výstup kolegy, tak i externí. U externích zákazníků má toto pochopitelně neblahý vliv na jejich návratnost. Představme si nyní klasickou situaci, kdy dochází k dlouhým čekacím dobám na odbavení v některých částech dne na letišti v Praze. Stává se, že někteří zákazníci čekají až 40 min; oddělením Marketingu je přitom stanovena maximální přípustná doba čekání ve frontě na přepážku 10 min. a pokud by oddělení Odbavování řešilo situaci přidáním pracovníků odbavení (tedy zvýšilo počet zdrojů procesu), znamenalo by to neúměrné náklady. Cílem tohoto článku je ukázat poměrně jednoduché řešení této situace pomocí simulace procesů.

Simulace je metodou, která pomocí počítačového modelu podnikového procesu umožňuje manažerům předvídat chování systému při změně vnějších a vnitřních podmínek dle zadaných kritérií a porovnat mezi sebou navrhované alternativy aniž bychom reálně zasáhli do procesu [1].

Simulace je v praxi obecně **vhodná k těmto úlohám:**

- Získání informací o využití výrobních kapacit a zdrojů všech druhů;
- Sledování vývoje front a identifikace úzkých míst procesu;
- Určení doby trvání jednotlivých činností;
- Zjištění údajů o obslužnosti a počtech vyřízených požadavků, včetně závad a reklamací;
- Stanovení přímých, režijních a celkových nákladů na produkty či procesy.

Je nutné podotknout, že jednou z hlavních výhod simulace je těžko měřitelný, ale důležitý proces „učení se“, který nastává u jednotlivých účastníků simulačního projektu [1].

Na trhu existuje již několik vhodných simulačních SW (za všechny jmenujme například SIMPROCCES, SIMUL8, PROMODEL), jejich ceny se však pohybují v hrubém průměru okolo 1,5 tis.\$, což je asi také jeden z důvodů, proč je simulace procesů v našich podnicích tak málo využívaná, ačkoliv její přínosy mohou být značné. Kromě toho, že jsou simulační programy poměrně drahé, panuje též přesvědčení, že je nutné vynaložit spoustu práce a výsledky jsou nevalné. Toto tvrzení bych ráda tímto článkem pomohla vyvrátit – pokud máme k dispozici správná data, stačí papír, tužka a MS Excel a můžeme se dobrat zajímavých výsledků v rozumné době a ušetřit firmě spoustu peněz a nespokojené zákazníky. Ačkoliv je pochopitelně nutné dodat, že pomocí simulačních SW se dobereme k přesnějším výsledkům a lze je použít na široké spektrum projektů.

Vydeme-li z obecné definice procesu, je to soubor aktivit měnící vstupy na výstupy **pomocí zdrojů** a za účasti **regulátorů** procesu. Požadovaný výstup z procesu, neboli produkt má kvantifikovatelné vlastnosti, jejichž hodnota **kolísá okolo ideální hodnoty stanovené zákazníkem**; velikost tohoto kolísání vyjadřuje směrodatná odchylka  $\sigma$ . Výstup z procesu má střední hodnotu  $\mu$ , kterou nejčastěji odhadujeme pomocí aritmetického průměru  $\bar{x}$  [3]. Velikost kolísání výstupu ovlivňuje **kvalita vstupů** a **schopnost řízení procesních parametrů**; stačí tedy „pouze“ pochopit důležitost jednotlivých faktorů, vliv jejich vzájemných interakcí, stanovit pro ně cílové hodnoty a přípustné kolísání a potom řídit proces. Právě proto by bylo chybou pracovat pouze s jedním průměrným údajem procesu za celý den a nerespektovat variabilitu v jednotlivých fázích dne. **Množství zdrojů**, které jsou v procesu k dispozici, pak určuje **dobu zpracování procesní entity** (v našem případě je to odbavovaný zákazník) a tím i **délku možné fronty**, pokud do systému vstupuje více entit, než je kapacita zdrojů v procesu [2].

## 1. POPIS PROBLÉMU

Vraťme se nyní k našemu příkladu s odbavováním zákazníků. Nejdříve je třeba mít k dispozici data o procesu:

- a) **Jak proces probíhá** – sestaveno procesní schéma (pro nakreslení použito MS Visio) na základě dokumentace a reálného pozorování procesu. Procesní schéma odbavovacího procesu je uvedeno na obr.1 níže.
- b) **Průběžná doba jednotlivých subprocesů** – stanovena jejich pozorování u 5 různých pracovníků odbavení po dobu 1 hodiny – viz. tab.1.

**Tab. 1** Průměrná doba trvání jednotlivých subprocesů.

Proces	Doba trvání
Nalezení záznamů o cestujícím	30s + - 15
Kontrola dokladů cestujícího a určení místa v letadle	1min + - 20s
Kontrola a vážení zavazadel	30s + - 25
Vložení poznámky do odbavovacího systému a výpočet ceny	2min + - 20s
Zaplacení vypočtené ceny za nadváhu	3min+- 40s
Tisk štítků a označení zavazadel	20s + - 10s
Finalizace záznamů v odbavovacím systému	30s + - 25
Odeslání zavazadel do třídírny	2s
Tisk palubní vstupenky	5s

- c) Zjištění, zda dochází k nějakým **odchylkám či neshodám** v daném procesu – pozorováním nebo diskusí se zkušenými vedoucími směn odbavování - viz tab. 2

**Tab. 2** Přehled odchylek, které mohou v procesu nastat.

Událost	Způsob zjištění	Pravděpodobnost	Doba trvání	Náklady
Odbavené zavadlo má nadváhu	Statistické údaje oddělení Odbavování	0,18	x	x
Nastane výjimečná událost, která vyžaduje další řešení	Kvalifikovaný odhad 5 vedoucích směn (zprůměrováno)	0,04	6 min + - 2min	x
Puštěn cestující s neplatnými doklady*	Statistické údaje oddělení Bezpečnosti	0,001	x	1,5 tis. eur za případ
Zavazadlo je odesláno na chybnou linku	Statistické údaje oddělení Odbavování	0,02	x	30 eur za případ

\***Poznámka:** Pokud je při odbavování přehlédnuta chyba v cestovních dokladech zákazníka, např. neplatné vízum, a ten je pak odmítnut destinaci přeletu, musí jej letecká společnost na vlastní náklady dopravit zpět a ještě zaplatit pokutu.

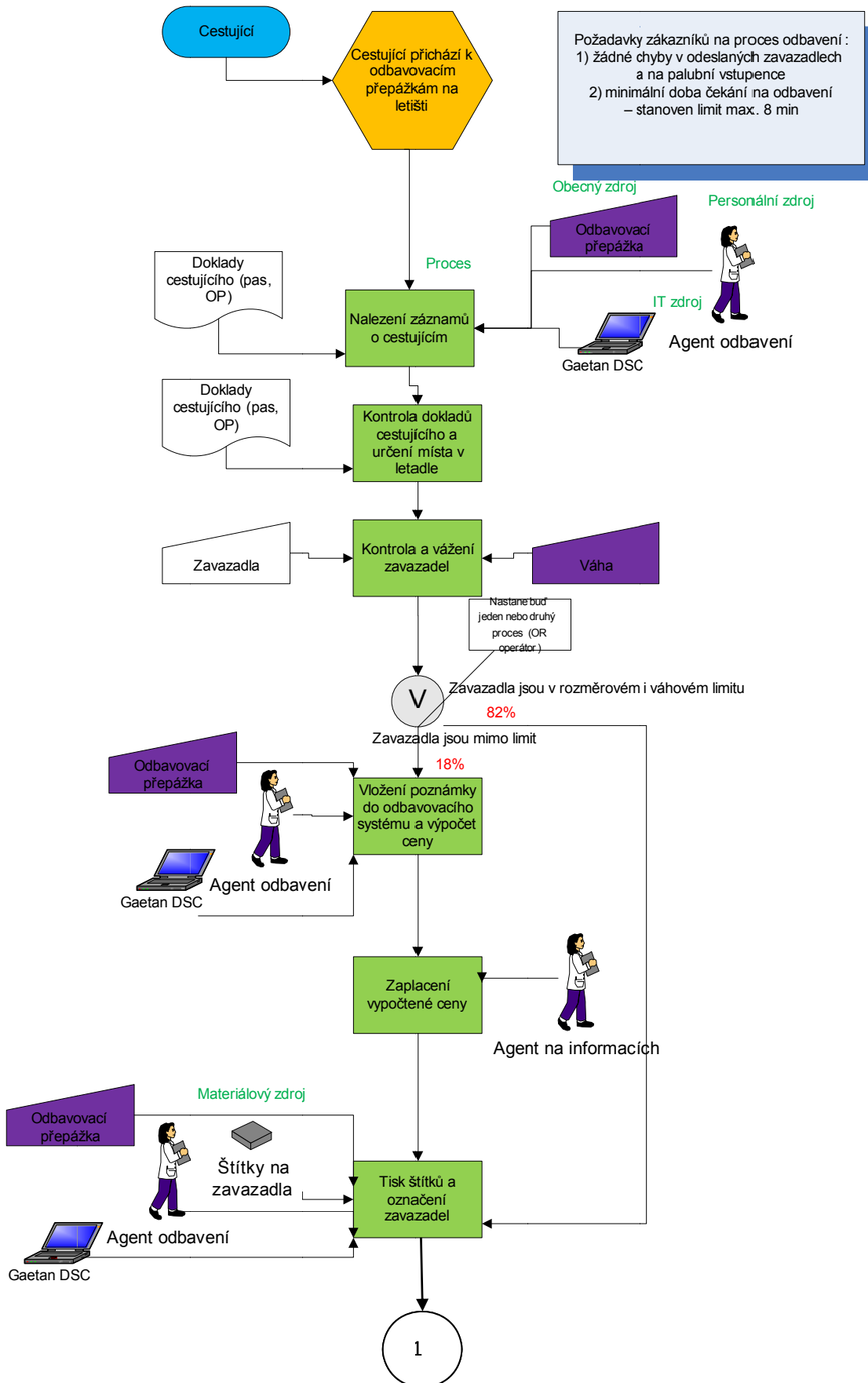
- d) Stanovení **rozdělení příchodů zákazníků** k odbavovacím přepážkám během dne – viz tab.3.

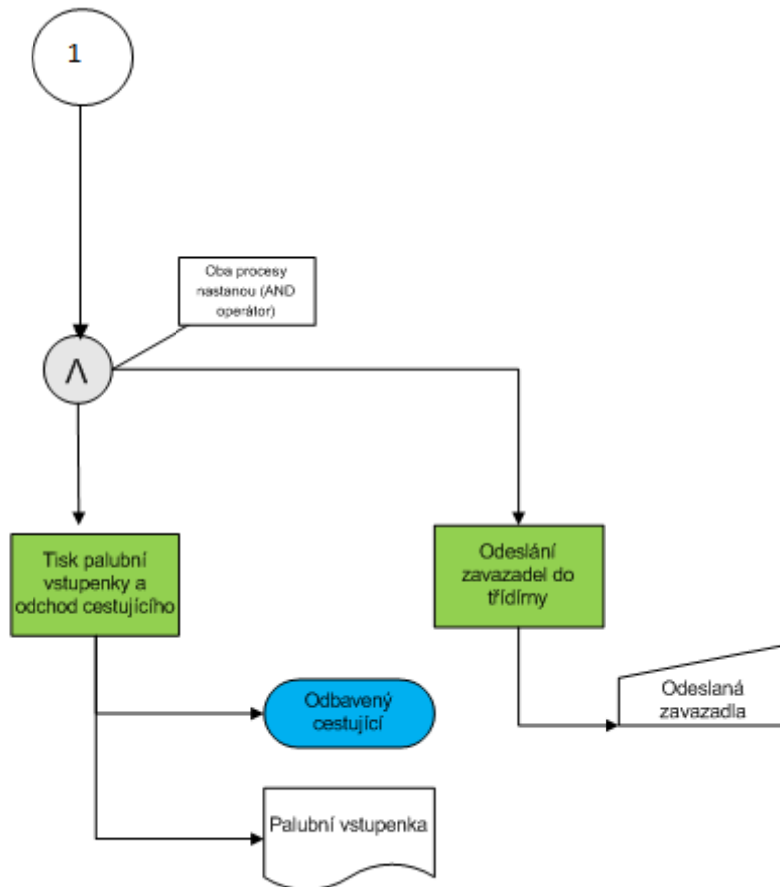
**Tab. 3** Příchody zákazníků v procesu odbavení.

Časový interval	Statistické rozdělení	Parametry rozdělení	Počet entit	Otevřeno přepážek
5:35-6:40	Normální	$\mu = 55 \sigma = 17$	161	7
6:40 - 7:05	Normální	$\mu = 0 \sigma = 15$	24	3
7:05 - 8:30	Rovnoměrné	$a = 0 b = 35$	40	1
8:35 - 9:20	Normální	$\mu = 50 \sigma = 10$	50	1
9:20 - 9:50	Rovnoměrné	$a = 0 b = 30$	48	3
9:50 - 10:35	Rovnoměrné	$a = 0 b = 45$	30	5
10:35 - 11:20	Rovnoměrné	$a = 0 b = 45$	39	3
12:15 - 12:35	Rovnoměrné	$a = 0 b = 20$	30	1
12:45 - 14:20	Normální	$\mu = 0 \sigma = 30$	70	2
14:25 - 14:55	Rovnoměrné	$a = 0 b = 30$	5	1
14:55 - 15:45	Rovnoměrné	$a = 0 b = 50$	48	4
15:45 - 16:30	Normální	$\mu = 5 \sigma = 5$	189	7
16:30 - 17:00	Rovnoměrné	$a = 0 b = 30$	50	5

Monitorování je ukončeno v 17:00, neboť to končí špička odbavování na večerní lety; poté už jsou do 21:00 přítomni stále 2 agenti pro zbývající noční odlety.

Statistická rozdělení byla stanovena pouze empirickým odhadem analytika na základě pozorování způsobu příchodu zákazníků v jednotlivých intervalech. V průběhu dalšího řešení tohoto příkladu není tato informace využita; situace by ale byla pochopitelně diametrálně odlišná v případě použití simulačního SW. V této situaci by bylo nutné data seřadit a vyhodnotit pomocí explorativních grafů a ověřit pomocí testů statistických hypotéz.





Obr. 1 Procesní schéma k odbavování cestujících.

## 2. POSTUP ŘEŠENÍ

Nyní bude provedena **simulace procesu** na základě procesního modelu a získaných dat; pochopitelně s ohledem na omezení, která MS Excel má (například velký nárůst pracnosti při již zmiňovaném použití jiných typů rozdělení pro jednotlivé intervaly).

**Náhodnou veličinou** je v jednotlivých intervalech dne jak samotný počet příchozích zákazníků tak i délka intervalu mezi dvěma příchozími požadavky. V našem příkladu budeme brát počty zákazníků jako pevně dané a náhodná čísla generovat pro dobu příchodu zákazníků. Pro každý z intervalů byla sestavena tabulka obsahující tři základní části:

### 1) Část pro generování příchozů zákazníků a výpočet délky fronty

Počet zákazníků, kteří se dostaví v daném intervalu, byl získán jednoduše vydělením celkového počtu počtem zdrojů, tedy otevřených přepážek.

Generování času příchodu zákazníků pak probíhalo dle vzorce  $(-délka\ intervalu/počet\ zákazníků) * LN(NÁHČÍSLO())$ . **Počátek procesu** u prvního zákazníka byl roven *příchodu*, u dalších pak jako *maximální hodnota mezi koncem předchozího procesu a příchodem daného zákazníka*. **Konec** je tedy *počátek + příchod* a **frontu** vypočteme dle *počátek – příchod*.

**2) Část pro stanovení doby trvání procesu a vznik nečekané události** (podbarveno žlutě)

Doby trvání jednotlivých procesů (předpokládáme normální rozdělení) byly simulovány dle vztahu (ZAOKR.NAHORU(NORMINV((RANDBETWEEN(1;99)/100);*střední doba trvání*; *směrodatná odchylka*);1)). Nečekané události v procesu, kdy pracovník odbavení musí zavolat vedoucího směny a řešit nějaký problém, byly simulovány pomocí podmínky: = KDYŽ(RANDBETWEEN(1;30)>29;360;0) V kolonce „Celkem proces“ je pak uveden celkový součet časů.

**3) Část pro generování neshod** (podbarveno červeně)

Výskyt neshod byl simulován dle následující podmínky: = KDYŽ(RANDBETWEEN(1;*délka intervalu výskytu neshod*)> *délka intervalu výskytu neshod*-1;*zobraz náklady na neshodu*;0). Takto se dají kvalifikovaně určit průměrné výdaje za neshody v procesu nebo – pokud by neshody negenerovaly pouze výdaje ale také čas na jejich odstranění – můžeme připočítat daný výskyt k celkové průběžné době procesu.

Tabulka simulace zde bude uvedena pouze pro první interval z důvodu úspory místa – viz tab.4, princip u ostatních intervalů je pochopitelně tentýž s tím rozdílem, že do následného intervalu je třeba započítat i **zbývající zákazník** z toho předchozího. Generování je třeba pro statistickou způsobilost dat udělat vícekrát a výsledek pak zprůměrovat.

Z tabulky 4 je pak patrné, že doba čekání skokově narostla v okamžiku, kdy u jednoho zákazníka došlo k výskytu nečekané události a ta musela být řešena. Došlo i k výskytu jedné neshody; celkově je frekvence jejich výskytu poměrně nízká, ale i tak je nutné pracovat na jejich snižování, neboť na sebe váží vysoké náklady.

**Tab. 4** Simulace příchodu a obsluhy zákazníků pro časový interval 5:35-6:40.

interval 5:35-6:40; na 1 přepážku 23 zákazníků, všechny časové údaje jsou v sekundách

Zákazník	Příchod	Celkem proces	Počátek	Konec	Pobyť	Fronta	Nalezení záznamů o PAX	Kontrola dokladů	Kontrola a vážení zavazadel	Vložení poznámky a výpočet ceny	Tisk štítků	Tisk palubní vstupenky	Řešení nečekané události	Neshoda: PAX s neplatným dokladem	Neshoda: Zavazadla odeslána chybně
1	37	403	37	440	403	0	318	19	48	0	9	9	0	0	0
2	206	162	440	602	396	234	35	67	38	0	11	11	0	0	0
3	344	115	602	717	373	258	7	65	21	0	11	11	0	0	0
4	388	114	717	831	443	329	24	54	16	0	10	10	0	0	0
5	428	317	831	1148	720	403	21	82	47	144	11	12	0	0	0
6	527	483	1148	1631	1104	621	33	29	37	0	13	11	360	0	0
7	630	119	1631	1750	1119	1000	36	31	31	0	10	11	0	0	0
8	647	172	1750	1922	1275	1103	37	80	35	0	10	10	0	0	800
9	760	137	1922	2059	1299	1162	28	67	22	0	11	9	0	0	0
10	803	112	2059	2171	1368	1256	42	31	19	0	10	10	0	0	0
11	875	163	2171	2334	1458	1295	46	71	26	0	10	10	0	0	0
12	900	132	2334	2466	1566	1434	16	62	33	0	11	10	0	0	0
13	1052	146	2466	2612	1560	1414	34	46	45	0	11	10	0	0	0
14	1222	151	2612	2763	1541	1390	22	70	40	0	10	9	0	0	0
15	1227	159	2763	2922	1695	1536	23	72	43	0	11	10	0	0	0
16	1304	98	2922	3020	1716	1618	12	50	16	0	10	10	0	0	0
17	1384	131	3020	3151	1767	1636	28	54	29	0	11	9	0	0	0
18	1495	158	3151	3309	1814	1656	28	85	23	0	10	12	0	0	0
19	1954	158	3309	3467	1512	1354	30	57	51	0	9	11	0	0	0
20	2046	174	3467	3641	1594	1420	36	102	17	0	10	9	0	0	0
21	2936	176	3641	3817	881	705	27	89	39	0	10	11	0	0	0
22	3077	150	3817	3967	890	740	38	66	26	0	10	10	0	0	0
23	3605	199	3967	4166	560	361	40	93	47	0	11	8	0	0	0

průměrně: 17 minut

### 3. VÝSLEDEK EXPERIMENTU

Po provedení opakované simulace pro všechny intervaly dne, získáme tento výsledek:

**Tab. 5** Výsledek simulace pro všechny intervaly dne.

Interval	Průměrná doba čekání	Průměrná časová náročnost procesu	Počet zdrojů (Agent odbavení)	Průměrná využitost zdrojů	Závěr (s ohledem na dobu čekání a využitost zdrojů)
5:35-6:40	17 min	4129 s	7	106%	1 zdroj přidat
6:40 - 7:05	1,3 min	1306 s	3	87%	Zkusit snížit počet zdrojů na 2.
7:05 - 8:30	42,3 min	6856 s	1	134%	1 zdroj přidat
8:35 - 9:20	3,7 min	3986 s	1	147%	Zde ponechat - počet zdrojů je vzhledem k době čekání nastaven adekvátně.
9:20 - 9:50	9,6 min	2901 s	3	161%	1 zdroj přidat
9:50 - 10:35	0,1 min	705 s	5	47%	zbytečně moc zdrojů, ponechat pouze 2
10:35 - 11:20	2,8 min	2547 s	3	94%	ponechat 2 zdroje
12:15 - 12:35	36 min	5316 s	1	443%	zde nutno určitě posílit, úzké místo - přidat 4 zdroje
12:45 - 14:20	11,5 min	5933 s	2	104%	ponechat
14:25 - 14:55	1,4 min	1106 s	1	61%	ponechat - alespoň 1 zdroj vždy na přepážce být musí
14:55 - 15:45	0,9 min	1953 s	4	65%	2 zdroje ubrat
15:45 - 16:30	16,2 min	4537 s	7	168%	ponechat - maximální počet přepážek je 7
16:30 - 17:00	2 min	1556 s	5	86%	2 zdroje ubrat

Poté znovu vyzkoušíme simulaci s tím, že pozměníme počty personálních zdrojů procesu, tak jak je uvedeno v tabulce 5. Výsledek experimentu zobrazuje tab.6.

**Tab. 6** Průměrná využitost zdrojů po realizaci změn ve zdrojích procesu.

Interval	Průměrná doba čekání	Průměrná časová náročnost procesu	Počet zdrojů (Agent odbavení)	Průměrná využitost zdrojů
5:35-6:40	10 min	5036	8	129%
6:40 - 7:05	6 min	1564 s	2	104%
7:05 - 8:30	1,8 min	2620 s	2	51%
9:20 - 9:50	9,8 min	2064 s	4	115%
9:50 - 10:35	2,1 min	2959 s	2	110%
10:35 - 11:20	7,4 min	2767 s	2	102%
12:15 - 12:35	1,7 min	1167 s	5	97%
14:55 - 15:45	3,2 min	3409 s	2	114%
16:30 - 17:00	7,5 min	3638 s	3	166%

### ZÁVĚR

Jednoduchou změnou v proměnných simulačního modelu jsme docílili optimálních hodnot obsazení přepážek tak, aby byly splněny požadavky zákazníků. Vedlejším efektem je úspora lidských zdrojů o 12%; tato kapacita může být využita v jiných procesech, např. pro podávání informací nebo na



asistenci cestujícím. Touto metodou je možné snadno stanovit úzká místa procesu a definovat nápravná opatření vedoucí ke snížení neshod a odstranění úzkých míst s obrovskou výhodou – nemusíme zasahovat do procesu a sledovat výsledky, což sebou vždy nese náklady, ale vše se odehraje „na papíře“ a až poté realizujeme změnu procesu. Toto řešení je obecně aplikovatelné na mnoho procesů, kde je nutné se vypořádat s nutností regulovat možnou dobu čekání zákazníka ve frontě.

#### LITERATURA:

[1] DLOUHÝ, M., FÁBRY, J., KUNCOVÁ, M., HLADÍK, T.: *Simulace podnikových procesů*. 1. vydání. Brno: Computer Press, 2007. 201 s. ISBN 978-80-251-1649-4.

[2] KAPLAN, R., COOPER, R.: *Cost and Effect: Using Integrated Cost Systems to Drive Profitability and Performance*, Harvard Business School Press, 1998, ISBN 0875847889.

[3] NENADÁL, J.: *Měření v systémech managementu jakosti*. Praha, Management Press, 2001, 306 s. ISBN 80-7261-054-6.

#### Lektoroval:

Prof. Ing. Darja Noskievičová, CSc.