

VYUŽÍVANIE OPTIMALIZAČNÝCH METÓD V RIADENÍ ZÁSOB PODNIKU

USING OF OPTIMIZING METHODS IN INVENTORY MANAGEMENT IN THE FIRM

Doc. Ing. Katarína Teplická, PhD.
Ústav podnikania a manažmentu, TU F BERG Košice

Abstrakt

Zásoby predstavujú základný výrobný faktor podniku nevyhnutný pre zabezpečenie plynulého chodu výrobného procesu. Riadenie zásob je súčasťou zásobovacej logistiky podniku a pre efektívne riadenie zásob je potrebné stanoviť optimálnu výšku zásob. Pri plánovaní výšky zásob môžeme v praxi využívať kvantitatívne optimalizačné metódy, prostredníctvom ktorých vieme určiť optimálnu výšku zásob. Vzhľadom k tomu, že zásoby v podniku viažu finančné prostriedky a predstavujú vysoké náklady na skladovanie a udržiavanie zásob, je potrebné ich riadiť, vyhodnocovať úroveň riadenia a sledovať ekonomické aspekty hospodárnosti a efektívnosti zásobovacieho procesu podniku.

Kľúčové slová: zásoby, model, deficit, optimalizácia.

Abstract

Inventories introduce basic production factor of business that is necessary for continuous course of manufacturing processes. Inventory management is integral part of inventory logistics and for effectively inventory management is needed to determine optimally inventory level. We can use quantitative optimizing methods in praxis by the inventory planning, we know to assign optimally inventory level. Seeing that the inventory bind financial resources in the firm and the inventory representative high warehousing costs, it is needed to manage, evaluate level of inventory management and to watch economic aspects of efficiency of the inventory process in the firm.

Key words: inventory, model, deficit, optimization.

ÚVOD

Efektívne riadenie zásob v podniku musí byť plánované od prvej aktivity, ktorá sa týka nákupu zásob. Je potrebné si uvedomiť aké zásoby potrebujeme, koľko zásob potrebujeme, kedy ich máme objednať, ako ich máme dopraviť a pod. Všetky tieto informácie môžeme sledovať prostredníctvom plánovacích informačných systémov pre oblasť riadenia zásob v podnikoch, ktoré sú



dnes rôznorodé, založené na princípoch simulácie, na operačnom výskume, na štatistických metódach a pod. (Dupal', Brezina, 2006). Pri riadení výšky zásob môžeme využívať aj kvantitatívne metódy operačnej analýzy, ktoré môžu mať stochastický alebo deterministický charakter. (Ivaničová, Brezina, 1997) V praxi sa využíva najčastejšie deterministický model riadenia zásob bez deficitu označovaný ako **EOQ model** – economic order quantity, ktorý vymyslel Ford. W Harris v roku 1913 a jeho pokračovateľom bol R.H. Wilson. Efektívne riadenie zásob je nevyhnutným predpokladom na to, aby podnik zabezpečil plynulý výrobný proces alebo kontinuálnu obchodnú dodávku. Zásoby v praxi často predstavujú majetok, ktorý viaže finančné prostriedky podniku, a nie je možné ho rýchlo transformovať na finančné zdroje. Moderné riadenie

zásob by malo byť založené na troch základných pilieroch a to na tvorbe hodnoty, na skracovaní priebežnej doby a využití kapacít a na monitorovaní stavu zásob vo vzťahu k ekonomickým ukazovateľom ako je produktivita a likvidita. (Dupal, Brezina, 2006)

Zásoby v podniku musia byť plánované, organizované v procese udržiavania a skladovania, kontrolované pri výdaji do spotreby. Optimálna výška zásob na sklade je predpokladom efektívneho riadenia zásob, znižovania nákladov na skladovanie a udržiavanie zásob, ako aj na využívanie všetkých zásobovacích kapacít. Nepotrebné zásoby prinášajú podnikom stratu a ich neefektívne využívanie v ďalšom výrobnom procese. Dnes je tendencia riadenia zásob orientovaná na japonský prístup JIT (Just in Time), ktorá znamená udržiavanie zásob na sklade len v množstve, ktoré si vyžaduje daný výrobný proces. Znižujú sa stavy zásob na sklade a zásoby sa obstarávajú operatívnym spôsobom podľa potreby výrobného procesu. Nie všetky podniky však môžu využívať tento prístup a v prípade nevyhnutnosti skladovania zásob na sklade je prínosom aj kvantitatívne stanovenie optimálneho množstva zásob. (Teplická, 2012)

1. MODELOVÁ ZÁKLADŇA MODELU EOQ

Cieľom deterministického modelu riadenia zásob v podniku je optimalizácia základných parametrov modelu t.j. objednané množstvo zásob tzv. dodávka (Q) a hladina objednania zásob (r), pri zohľadnení ekonomického kritéria celkových ročných nákladov zásobovacieho procesu, ktoré sa musia minimalizovať. **Model rieši dve základné otázky:**

1. Aké množstvo zásob objednať? – optimálna veľkosť dodávky (Q)
2. Kedy objednávať zásoby? – určenie hladiny objednania (r)

Základné východiská pre využívanie modelu EOQ:

1. Spotreba je známa, vyjadruje sa za rok – rok ako základné plánovacie obdobie.
2. Spotreba počas roka je spojitou funkciou v čase a má rovnomerný priebeh.
3. Dodacia lehota je presne známa, vždy rovnaká.
4. Výška dodávky je neohraničená a uskutočňuje sa naraz.
5. Skladovateľnosť je neohraničená a neuplatňuje sa vplyv zastarávania.
6. Vylučuje sa vyčerpanie zásob – deficit.
7. Model je stacionárny, preto výška dodávky a čas dodania sú vždy tie isté.

Vstupné parametre modelu:

λ - **intenzita čerpania zásob** – spotreba zásob za určitý časový interval, vyjadrená v jednotkách množstva za časové obdobie rok- ako základné plánovacie obdobie. Spotreba zásob môže mať charakter sezónnej spotreby, ktorá má nestacionárny charakter a mení sa v čase alebo nesezónnej spotreby, ktorá má stacionárny charakter a v čase sa nemení.

τ - **dodacia lehota** – charakterizuje časové oneskorenie - čas medzi momentom objednania zásob a momentom dodávky na sklad .

Výstupné parametre modelu:

Q – optimálna veľkosť dodávky – je to objednané množstvo zásob, ktoré sa musí rovnať dodanému množstvu zásob na sklad tzv. dodávke. Hodnota (Q) charakterizuje množstvo zásob, ktoré sa jednorázovo dodáva do skladu, odkiaľ sa toto množstvo postupne čerpá podľa intenzity výrobného procesu resp. požiadaviek dopytu.

r- hladina objednania zásob – výška zásob, na ktorú keď klesnú zásoby, treba objednať dodanie novej zásielky zásob pri vopred dohodnutých objednávacích a dodávacích podmienkach, aby objednaná dodávka prišla včas na sklad alebo v okamihu, kedy skutočná zásoba dosiahne úroveň poistných zásob.

r_t - **moment objednania** – určuje sa na základe hladiny objednania, predstavuje časový okamih poklesu zásob pod hladinu objednania.

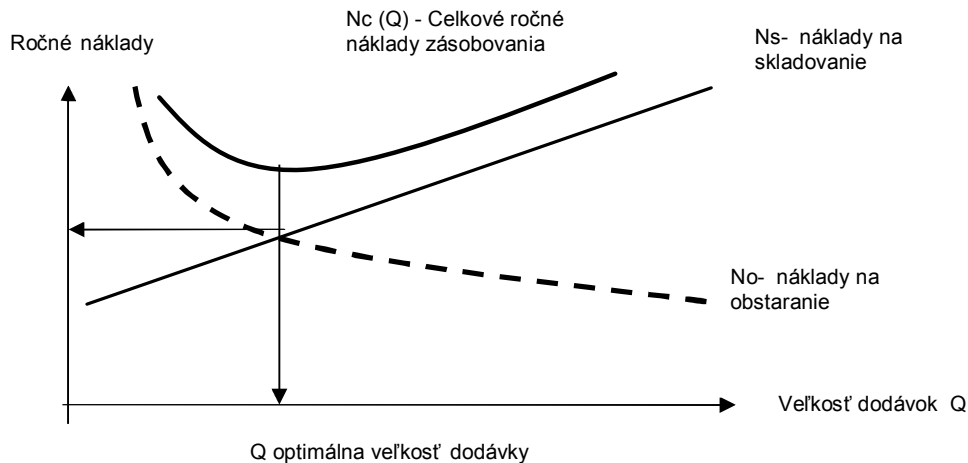
Prostredníctvom týchto parametrov modelu je možné riešiť cieľové otázky modelu riadenia zásob bez deficitu.

t_d -**dodávkový cyklus**- charakterizuje čas medzi príchodom objednávky na sklad a momentom vyčerpania všetkých zásob na sklade. Táto premenná je závislá od intenzity čerpania zásob a od veľkosti dodávky.

v – **obrátkka zásob**- obrátená hodnota dodávkového cyklu je obrátkka zásob, ktorá vyjadruje počet cyklov dodávok zásob na sklad v priebehu sledovaného obdobia.

2. VYJADRENIE ÚČELOVEJ FUNKCIE PRE MODELOVANIE

Účelová funkcia deterministického modelu má nákladový charakter. Účelová funkcia je funkciou celkových ročných nákladov na riadenie zásobovacieho procesu, ktorú označujeme: $N_c(Q)$ Cieľom optimalizácie účelovej funkcie je hľadanie minimálnej hodnoty ročných nákladov na zásobovací proces, z matematického hľadiska hľadanie voľného extrému rýdzo konvexnej funkcie.



Obr. 1: Vyjadrenie účelovej funkcie deterministického modelu.
Zdroj: (Teplická, 2012)

Účelová funkcia deterministického modelu obsahuje nasledovné parametre:

Náklady na obstaranie resp. náklady objednávky (dodávky) (N_o) - náklady súvisiace s jednou dodávkou zásob na sklad tzn. ide o náklady na zabezpečenie jednej dodávky zásob napr. náklady na objednávku, telefonné poplatky, fax, poštovné, časť dopravných nákladov, spotreba kancelárskych potrieb, spotreba administratívnych potrieb, náklady na likvidáciu faktúr, náklady spojené so sledovaním objednávok, reklamácií, mimoriadne náklady spojené s poruchami, zvláštnymi zásahmi, organizačnými nedostatkami pri zásobovaní, mzdové náklady pracovníkov, ktorí sledujú príjem dodávok, uskladnenie, finančné vyrovnanie s dodávateľmi a pod. Tieto náklady na jednu dodávanú jednotku pri väčšom množstve dodávaných zásob klesajú. Do tejto skupiny nákladov nezahŕňame obstarávaciu cenu zásob. Výška týchto nákladov musí závisieť od počtu dodávok. Tieto náklady sa určujú normatívnym alebo štatistickým spôsobom.

Náklady skladovania (N_s) - náklady súvisiace so skladovaním a udržiavaním zásob vyjadrené v hodnotovom vyjadrení na jednotku skladovaných zásob a časový interval (deň) a závisia od skladovaného množstva zásob tzn. že rastú úmerne s veľkosťou dodávky. Tieto náklady sú výrazné, pokiaľ sa voľné skladovacie priestory ďalej niekomu prenajímajú, prípadne vtedy, ak s väčším skladovacím množstvom musí firma platiť za ďalšie prenajaté priestory, elektrinu, kúrenie a pod. Súčasťou týchto nákladov sú aj úroky z úverov na krytie zásob, náklady na straty spojené so znehodnotením zásob, poškodením, zničením zásob, náklady spojené s krytím mánk a škody na zásobách, náklady na poistenie zásob, náklady na vhodné fyzikálno-chemické udržiavanie zásob, náklady na skladovacie priestory, údržba priestorov, odpisy a opravy, manipulačné náklady spojené s prekladaním zásob, a ostatné náklady na udržiavanie a skladovanie zásob.

Účelová funkcia:

$$N_c(Q) = N_o + N_s$$

1. Náklady objednávky resp. dodávky na jeden cyklus závisia od intenzity čerpania zásob, preto ich vyjadríme ako:

$$No_r = v * No = \frac{\lambda}{Q} * No$$

2. Náklady na skladovanie závisia od dodávkového cyklu, priemerného objednávaného množstva zásob a obrátky, preto ich vyjadríme ako:

$$Ns_r = \bar{Q} * t_d * Ns * v = \frac{Q}{2} * \frac{Q}{\lambda} * Ns * \frac{\lambda}{Q} = \frac{Q}{2} * Ns$$

Celková účelová funkcia je vyjadrená ako súčtová funkcia nákladov na objednávku a nákladov na skladovanie a preto ju vyjadríme nasledovne:

$$Nc(Q) = \frac{\lambda}{Q} * No + \frac{Q}{2} * Ns$$

Optimalizácia účelovej funkcie má charakter minimalizácie. Matematicky ide o nájdenie voľného extrémumu rýdzo konvexnej funkcie. Minimum nájdeme deriváciou účelovej funkcie, ktorú položíme rovnú nule.

$$\frac{dNc(Q)}{dQ} = -\frac{\lambda}{Q^2} * No + \frac{Ns}{2} = 0$$

3. MODEL EOQ

Riešením účelovej funkcie dostávame bod minima. Tento vzorec na výpočet optimálnej veľkosti dodávky sa nazýva **Wilsonov alebo Andlerov vzorec**.

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 * \lambda * No}{Ns}} \quad (\text{množstevné jednotky – ks, kg...})$$

Ak chceme vyjadriť **Wilsonov vzorec v hodnotovom vyjadrení použijeme nasledovný vzťah** :

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 * (\lambda * Oc) * No}{Ns}} \quad (\text{hodnotové vyjadrenie - €})$$

Za predpokladu, že dodávky sú určované v optimálnej výške, možno odvodiť nasledujúce vzťahy- optimalizačné ukazovatele:

1. **priemerný stav zásob pri optimálnych dodávkach**

$$\bar{Q} = \frac{Q}{2} \quad (\text{množstevné jednotky- ks, tony...})$$

2. **dĺžka dodávkového cyklu pri optimálnych dodávkach**

$$td_{opt} = \frac{Q}{\lambda} \quad (\text{časové jednotky – deň, mesiac})$$

3. **obrátka – optimálny počet realizovaných dodávkových cyklov počas sledovaného obdobia**

$$v = \frac{1}{td_{opt}} \quad (\text{počet cyklov v sledovanom období (za rok)})$$

4. **celkové náklady dodávky a skladovania pri optimálnych dodávkach**

$$Nc = \frac{\lambda}{Q_{opt}} * No + \frac{Q_{opt}}{2} * Ns \quad (\text{hodnotové vyjadrenie v eurách})$$

5. **celkové náklady dodávky, skladovania a obstarávacej ceny**

$$N_C = \frac{\lambda}{Q_{opt}} * N_O + \frac{Q_{opt}}{2} * N_S + \lambda * O_C \quad (\text{hodnotové vyjadrenie v eurách})$$

Na otázku **Kedy objednať zásoby?** Možno odpovedať pomocou výpočtu hladiny objednania (r) a určenia momentu objednania dodávky na sklad.

6. hladina objednania zásob (r)

$r = (\mu - m \cdot Q^*)$ - spotreba počas dodacej lehoty, ktorá sa súčasne rovná množstvu zásob na ceste (množstevné jednotky).

m – počet dodávok na ceste pred momentom objednania.

$m = \frac{\tau}{t_d}$ určíme hodnotu (m) ako porovnanie dodacej lehoty a dodávkového cyklu pričom tento zlomok sa vypočítava na najväčšieho celočíselného deliteľa napr. ak $m = 2,5$, potom $m = 2$, m je bezrozmerné číslo.

Po stanovení hladiny objednania vieme splniť druhý cieľ modelovania pohybu zásob bez deficitu a to odpovedať na otázku: Kedy objednať zásoby? Zásoby objednáваме v momente, keď klesnú pod hladinu objednania.

4. EKONOMICKÉ UKAZOVATELE MODELOV ZÁSBOVANIA

7. stanovenie minimálnej predajnej jednotkovej ceny zásob (využíva sa pri zásobách tovaru, ktoré sa predávajú v obchodnom reťazci)

$$C_j = \frac{Nc(opt)}{\lambda} \quad (\text{hodnotové vyjadrenie v €})$$

súčasťou $Nc(opt)$ je aj obstarávacia cena zásob.

8. stanovenie minimálnych nákladov na jednotku zásob (využíva sa pri zásobách, ktoré sú súčasťou výrobného procesu)

$$N_j = \frac{Nc(opt)}{\lambda} \quad (\text{hodnotové vyjadrenie v €})$$

súčasťou $Nc(opt)$ je aj obstarávacia cena zásob.

9. stanovenie zisku pri vhodne zvolenej predajnej cene zásob (tovar)

$$Z_{pc} = \lambda * pc - Nc(opt) \quad (\text{hodnotové vyjadrenie v €})$$

súčasťou $Nc(opt)$ je aj obstarávacia cena zásob.

10. stanovenie zisku pri minimálnych nákladoch na zásoby (výrobné), zvýšený o ziskovú prirážku.

$$Z_{nj} = \lambda * (N_j + ZP) - Nc(opt) \quad (\text{hodnotové vyjadrenie v €})$$

súčasťou $Nc(opt)$ je aj obstarávacia cena zásob.

ZP - zisková prirážka, ktorá stanovuje hodnotu zisku vyrobeného výrobku, ktorý chce podnik dosiahnuť a na základe ziskovej prirážky stanoviť predajnú cenu výrobku.

11. stanovenie priemernej relatívnej odchýlky – miery senzitivity, ktorá vyjadruje citlivosť resp. reakciu celkových nákladov dodávky a skladovania na zmenu optimálnej hodnoty dodávky v blízkosti jej optima. Priemerná relatívna odchýlka sa vyjadruje v (%). (Ivaničová, Brezina, 1997)

$$\sigma = \frac{1}{2} \left[\frac{Nc(Q_{opt} - \Delta Q_{opt}) + Nc(Q_{opt} + \Delta Q_{opt})}{Nc(Q_{opt})} - 1 \right]$$

Náklady celkové sú vyjadrené ako náklady dodávky a náklady skladovania bez akceptácie obstarávacej ceny a intenzity čerpania zásob. Náklady celkové sú vyjadrené ako súčtová funkcia nákladov na obstaranie a nákladov na skladovanie z deterministického modelu riadenia zásob bez deficitu. Celkové náklady sa stanovujú pre hodnoty optimálnej dodávky zníženej o určité percento a zvýšenej o určité percento. ΔQ_{opt} – vyjadruje zmenu optimálnej výšky dodávky pod a nad hodnotu optimálnej dodávky. Táto zmena môže byť vyjadrená percentuálnym znížením hodnoty optimálnej dodávky.

5. PRÍPADOVÁ ŠTÚDIA OPTIMALIZÁCIE ZÁSOb V PODNIKU



Banský závod s povrchovým ložiskom granodioritov ťaží granodiorit pre účely úpravy tejto suroviny použiteľnej ako kamenivo v stavebníctve. V primárnej časti technologickej linky sa spracúvava rúbanina, ktorá sa v podobe upraveného kameniva (frakcie) uskladňuje na tzv. medziskládke. Z medziskládky sa zásoby presúvajú tunelovým obehom na ďalšie spracovanie do drviča materiálu o intenzite 140 ton/hod. Priemerné náklady spojené so skladovaním frakcie kameniva v medzisklade predstavujú 5 €/tonu/hod. Náklady súvisiace s presunom materiálu z medziskladu do tunelového obehu jednej dodávky kameniva predstavujú 25 €.

Na výstupe sa upravené kamenivo v podobe frakcie ukladá do zásobníkov, z ktorých sa predáva v cene 76 €/tonu. Dodacia lehota rúbaniny predstavuje 3 dni. Cieľom projektu je stanoviť základné optimalizačné parametre procesu zásobovania upraveného kameniva (frakcie) v banskom upravárenskom podniku.

Tab. 1: Vstupné parametre deterministického modelu.

Náklady na obstaranie N_o	25 €
Náklady na skladovanie N_s	5 €/tona/hod
Intenzita čerpania zásob	140 ton/hod
Dodacia lehota	3 dni = 72 hod

Výpočet sme uskutočnili na základe algoritmu deterministického modelu bez deficitu zásob. Optimálne množstvo frakcií, ktoré prechádzajú do drviča je 37 ton.

$$Q_{opt} = \sqrt{\frac{2 * \lambda * N_o}{N_s}} = 37,417 \quad \text{tony}$$

1. priemerný stav zásob pri optimálnych dodávkach

$$\bar{Q} = \frac{Q}{2} = \frac{37,417}{2} = 18,7 \quad \text{tony}$$

2. dĺžka dodávkového cyklu pri optimálnych dodávkach

$$td_{opt} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{37,417}{140} = 0,267 \quad \text{hodiny}$$

3. obrátka – optimálny počet realizovaných dodávkových cyklov počas sledovaného obdobia

$$v = \frac{1}{td_{opt}} = \frac{1}{0,267} = 3,74 \quad \text{cyklov za hodinu}$$

4. celkové náklady dodávky a skladovania pri optimálnych dodávkach

$$N_C = \frac{\lambda}{Q_{opt}} * N_O + \frac{Q_{opt}}{2} * N_S = 187,0829 \text{ eur}$$

Na otázku **Kedy objednať zásoby?** Možno odpovedať pomocou výpočtu hladiny objednania (r) a určenia momentu objednania dodávky na sklad.

5. hladina objednania zásob (r)

použijeme vzťah $r = (\mu - m \times Q^*) = 140 * 72 - 269 * 37,417 = 15 \text{ ton}$

Po stanovení hladiny objednania vieme splniť druhý cieľ modelovania pohybu zásob bez deficitu a to odpovedať na otázku: Kedy objednať zásoby? Zásoby objednáваме v momente, keď klesnú pod hladinu objednania, čo v našom prípade znamená 15 ton.

Na základe výpočtu optimalizačných parametrov môžeme konštatovať, že optimálne množstvo granodioritov je 38 ton, ktoré by malo prichádzať do drviča z medziskládky. Ak klesne hladina materiálu na úroveň 15 ton je potrebné zabezpečiť prísun materiálu z medziskládky tunelovým obehom do drviča. Dĺžka dodávkového cyklu materiálu t.j. granodioritov do drviča predstavuje 0,267 hodiny, čo znamená že dodávka materiálu cez tunelový obeh do drviča z medziskládky sa uskutoční v priemere tri krát za hodinu. Celkové náklady, ktoré by sme dosiahli pri optimálnych dodávkach granodioritov v drviči predstavujú 187 eur na jednu dodávku materiálu z medziskládky do drviča.

ZÁVER

Využívanie kvantitatívnych modelov v praxi je nevyhnutné z hľadiska manažérskeho rozhodovania a riadenia procesov zásobovania. Podniky sa dnes snažia minimalizovať výšku svojich zásob, využívajú operatívne riadenie zásob, aby minimalizovali náklady na zásobovanie a skladovanie zásob. Aj na základe tohto modelu je možné ovplyvňovať a riadiť dodávky zásob na sklad a tým optimalizovať náklady na obstarávanie a skladovanie zásob. Zníženie stavu zásob predstavuje pre niektoré podniky problém, pretože vlastnia zásoby, ktoré sú umŕtvené, nepredajné, nepoužiteľné. A tento model EOQ je práve nástrojom na to, aby podniky riadili svoje stavy zásob a objednávali optimálne množstvo zásob, ktoré sú schopné spotrebovať v rámci výrobného procesu alebo predať v rámci procesu odbytu, predaja. Obdobie logistického manažmentu dnes uprednostňuje zásobovanie, ktoré vedie k znižovaniu stavu zásob, znižovaniu nákladov na udržiavanie zásob, znižovaniu nákladov na skladovanie zásob a uprednostňuje sa princíp nákupného marketingu. (Dupaľ, Brezina, 2006) Systematické zlepšovanie procesu zásobovania prináša podnikom zlepšenia, ktoré vedú k neustálemu zlepšovaniu podnikových výstupov. Cieľom zlepšovania procesov zásobovania a skladovania je ich optimalizácia a odstraňovanie plytvania v procesoch, čo ovplyvňuje kvalitu a produktivitu v podniku. Podniky sa dnes musia prispôbiť rýchlo meniacim sa podmienkam na trhu a reagovať na zmeny pružne a efektívne, musia zvyšovať svoju výkonnosť a to sa prejavuje práve cez hlavné procesy, ku ktorým patrí aj proces zásobovania.

Príspevok je súčasťou grantového projektu VEGA č. 1/0004/11.

Literatúra

- [1] Dupaľ, A, Brezina, I.: *Logistika v manažmente podniku*. SPRINT, Bratislava, 2006 ISBN 80-89085-38-5
- [2] Ivaničová, Z, Brezina, I.: *Kvantitatívne metódy pre manažerov*. Edícia Ekonómia, Bratislava, 1997 ISBN 80-88715-32-6
- [3] Teplická, K.: *Uplatnenie nástrojov operačnej analýzy v banskom podniku*. AMS, TU F BERG, Košice, 2012 ISBN 978-80-553-0915-6
- [4] Ivaničová, Z, Brezina, I, Pekár, J.: *Operačný výskum*. Edícia Ekonómia, IURA Edition, Bratislava, 2002 ISBN 80-89047-43-2
- [5] Unčovský, L.: *Stochastické modely operačnej analýzy*. Alfa, Bratislava, 1980 ISBN 63-557-80
- [6] Masaaki, I.: *Gemba Kaizen*. Computer Press, Brno, 2005 ISBN 80-251-0850-3
- [7] Košturiak, J, Moledovič, Ľ., Krišťák, J, Marek, M.: *Kaizen*. Computer Press, Brno, 2010 ISBN 978-80-251-2349-2