

MODELOVÉ ASPEKTY REVERZNEJ LOGISTIKY[#]

MODELING ASPECTS OF REVERSE LOGISTICS

BREZINA, Ivan

Abstract

Reverse logistics represents new phenomenon in management of supply chain. Reverse logistics is orientated on management of the renewal process and supply in opposite way like management of classical supply cycle. Reverse logistics is possible to describe according to European Working Group on RL REVLOG like "process of planning implementation and control of backward flow of raw materials, semifinished products, packaging and finished products from production point, distribution point or point of usage to point of renewal or relevant dispose of". From above definition arises possibility to use the wide variety of quantitative methods for solution of reverse logistics tasks. General inventory models, recycling – inventory models, close inventory - cost models and life cycle cost model are frequently used and linear programming or mixed integer programming methods are common used for solution of above problems.

Key words: Reverse logistics, Quantitative methods.

Abstrakt

Reverzná logistika predstavuje nový fenomén pri riadení dodávateľských reťazcov, pričom je zameraná na riadenie procesov obnovy a zásobovania v opačnom smere ako je riadený klasický zásobovací cyklus. Reverznú logistiku možno podľa European Working Group on RL REVLOG charakterizovať ako „proces plánovania, implementovania a kontroly spätných tokov surovín, medziproduktov, obalov a hotových výrobkov, od výroby, distribúcie alebo bodu použitia k bodu obnovenia alebo náležitého zbavenia sa." Z tejto definície vyplýva možnosť využiť širokú paletu kvantitatívnych prístupov pri riešení úloh reverznej logistiky. Najčastejšie využívanými sú všeobecné modely zásobovania, recyklačné zásobovacie modely, uzavreté zásobovacie nákladové modely a na životný cyklus zamerané nákladové modely. Ako najpoužívanější technika na riešenie uvedených problémov sa používajú techniky lineárneho programovania, resp. zmiešaného celočíselného programovania.

Kľúčová slova: reverzná logistika, kvantitatívne metódy.

Úvod

[#] Článok je spracovaný ako jeden z výstupov výskumného projektu MODELOVANIE REVERZNEJ LOGISTIKY – OPTIMALIZÁCIA PROCESOV RECYKLÁCIE A LIKVIDÁCIE ODPADU registrovaného Grantovou agentúrou Slovenskej republiky pod evidenčným číslom 1/4588/07

Enviromentálna politika v rôznych odvetviach hospodárstva sa dostáva do popredia od deväťdesiatych rokov 20. storočia. V odvetviach, v ktorých dochádza k významnej produkcii recyklovateľného odpadu sa dostávajú do popredia techniky, ktoré modelujú pohyb materiálu, výrobkov či tovarov od výrobcov k spotrebiteľom a späťne časť z nich od spotrebiteľov k výrobcovi. Tieto prístupy sa označujú názvom *reverzná logistika* (*spätná logistika*, *retrologistika*, *Reverse Logistics*, *Entsorgungslogistik*).

Literárny prehľad

Reverznú logistiku možno definovať ako „zber, triedenie, demontáž a spracovanie použitých výrobkov, súčiastiek, vedľajších produktov, nadbytočných zásob a obalového materiálu, kde je hlavným cieľom zaistiť ich nové využitie alebo materiálové zhodnotenie spôsobom, ktorý je šetrný k životnému prostrediu a ekonomicky zaujímavý.“ Iné chápania logistiky je uvedené napr. vo Viestová a kol. (2005). Stehlík (2000) uvádza: „Pre posúdenie, či a v akom rozsahu budú zostatky znovu alebo ďalej použité, je pomer nákladov na zhodnotenie a na odstránenie. Náklady na recykláciu zahrňujú popri nákladoch na spracovanie predovšetkým logistické náklady na zber, triedenie, skladovanie a prepravu. Oproti nim sú tu náklady na odstránenie odpadu vo forme skládkovania, kompostovania alebo spaľovania.“ Reverznú logistiku možno podľa European Workong Group on RL REVLOG charakterizovať ako „proces plánovania, implementovania a kontroly spätných tokov surovín, medziproduktov, obalov a hotových výrobkov, od výroby, distribúcie alebo bodu použitia k bodu obnovenia alebo náležitého zbavenia sa.“ Z tejto definície vyplýva možnosť širokú paletu kvantitatívnych prístupov pri riešení úloh reverznej logistiky.

Výsledky

Význam procesov enviromentálnej politiky podčiarkujú smernice Európskej únie, ktoré musia dodržiavať členské štáty Európskej únie, napríklad smernica o odpade z elektrických a elektronických zariadení (Wstate of Electrical and Electronics Equipment – WEEE, 2001), smernica o obmedzeniach pri narábaní s nebezpečným odpadom (Restriction of the use of Certain Hazardous Substances in Elctrical and Electronic Equipment - RoHS, 2003) a podobne. V roku 2001 bola vydaná smernica EÚ, z ktorej vyplývajú pre členské krajiny nasledujúce ciele:

1. minimalizovať využívanie nebezpečných substancií a plastov, niektoré materiály musia byť postupne nahradené,
2. podpora dizajnu vhodného na recykláciu,
3. výrobcovia preberajú zodpovednosť za ukončenie životného cyklu produktu a poskytujú pre spracovateľov informáciu pre vhodnú recykláciu,
4. do domácností a na verejné miesta musia byť umiestnené vhodné systémy na separovaný zber označené ako bezplatný zber,
5. výrobcovia sú povinní budovať a financovať vhodné systémy na zabezpečenie spracovania a recyklácie produktov a sú zaň zodpovední už v miestach ich zberu,
6. zberné služby musia byť realizované predajcami a samosprávou s cieľom vyzbierať 4 kg odpadu na obyvateľa ročne,
7. kvóty na recykláciu sú určené v rozmedzí 70% až 90% zozbieraného odpadu podľa typu produktu.

S reverznou logistikou sú v literatúre spojené tri chápania:

A. Reverzná logistika ako činnosti spojené s prebalením a opätovným predajom vráteného tovaru, či redistribúcia nepredajného tovaru do špecializovaných obchodov a na menej náročné trhy, v takomto prípade plní reverzná logistika predovšetkým obchodné a marketingové funkcie, sledované sú predovšetkým ekonomické ciele.

B. Reverzná logistika ako aktivity podporujúce materiálovú recykláciu, ktoré smerujú k minimalizácii odpadov z výroby a obalov, takto má reverzná logistika úzku väzbu na odpadové hospodárstvo podniku a prostredníctvom ekologických cieľov plní legislatívne požiadavky štátu.

C. Reverzná logistika ako organizácia a riadenie komplikovanejších spôsobov zhodnocovania starých výrobkov s dôrazom na synchronizáciu týchto operácií s výrobou, zaistenie zdrojov použitých výrobkov a odbytových trhov pre ne.

Z definície reverznej logistiky vyplýva aj potreba optimalizácie nielen procesov od výrobcu k spotrebiteľovi, ako je uvedené napr. v Brezina (2003), Brezina a kol. (2004), Brezina a kol. (2005), ale aj potreba optimalizácie spätných materiálových tokov. Ako základ pritom môže slúžiť všeobecný model formulovaný Fleischmannom (2001) – *A Generic Recovery Network Model*. Jeho cieľom je minimalizácia celkových investičných a operačných nákladov, pričom musia byť dodržané trhové podmienky nadobúdania aj opätovného použitia, ako aj technické a ekonomické obmedzenia podniku. Pri formulácii modelu pritom využíva dva druhy materiálových tokov – vpred orientované toky, ktoré zodpovedajú tokom produkcie smerujúcim od výrobcu až ku konečnému spotrebiteľovi (distribučné toky), a spätné toky, ktoré zodpovedajú tokom od konečného spotrebiteľa naspäť k výrobcovi (spätné toky). V modeli je pritom rozlíšená obnoviteľná a neobnoviteľná spätná produkcia, čo je výsledkom predpokladu, že nie všetok vrátený produkt môže byť opäť použitý tou istou cestou. Model je formulovaný na báze viacúrovňového modelu rozmiestnenia skladov. Najväčším nedostatkom uvedeného modelu je nedostatočné rozlíšenie medzi úplne novými a reprodukovateľnými produktmi.

Iný prístup (tzv. holistický prístup) prezentuje Dekker (2004), ktorý štruktúru systému recyklácie zobrazuje pomocou štyroch okruhov (priame použitie, prepracovanie, oprava recyklácia). Prvý okruh je zameraný na znovupoužitie výrobkov (napr. kontajnery, fľaše, resp. palety sa opäť dostávajú k pôvodnému výrobcovi a po drobných úpravách ich opäť možno použiť). Druhý okruh je zameraný na proces obnovy s pridanou hodnotou, jeho súčasťou sú opravy a prepracovanie výrobku (už použité výrobky sú opäť dopravené k producentovi, ktorý ich obnovou pridáva hodnotu). Tretí okruh je zameraný na využitie recyklovateľného materiálu pôvodným výrobcom, štvrtý okruh na využitie recyklovateľného materiálu iným výrobcom, ktorý ho zhodnotí. V analyzovanom uzavretom systéme vystupujú pritom ako subjekty dodávateľa, pôvodní výrobcovia, distribútori, spotrebiteľia, subjekty zberajúce odpad a recyklátori. Uvedený systém v uzavretom dodávateľskom reťazci možno zobrazit pomocou obrázka 1.

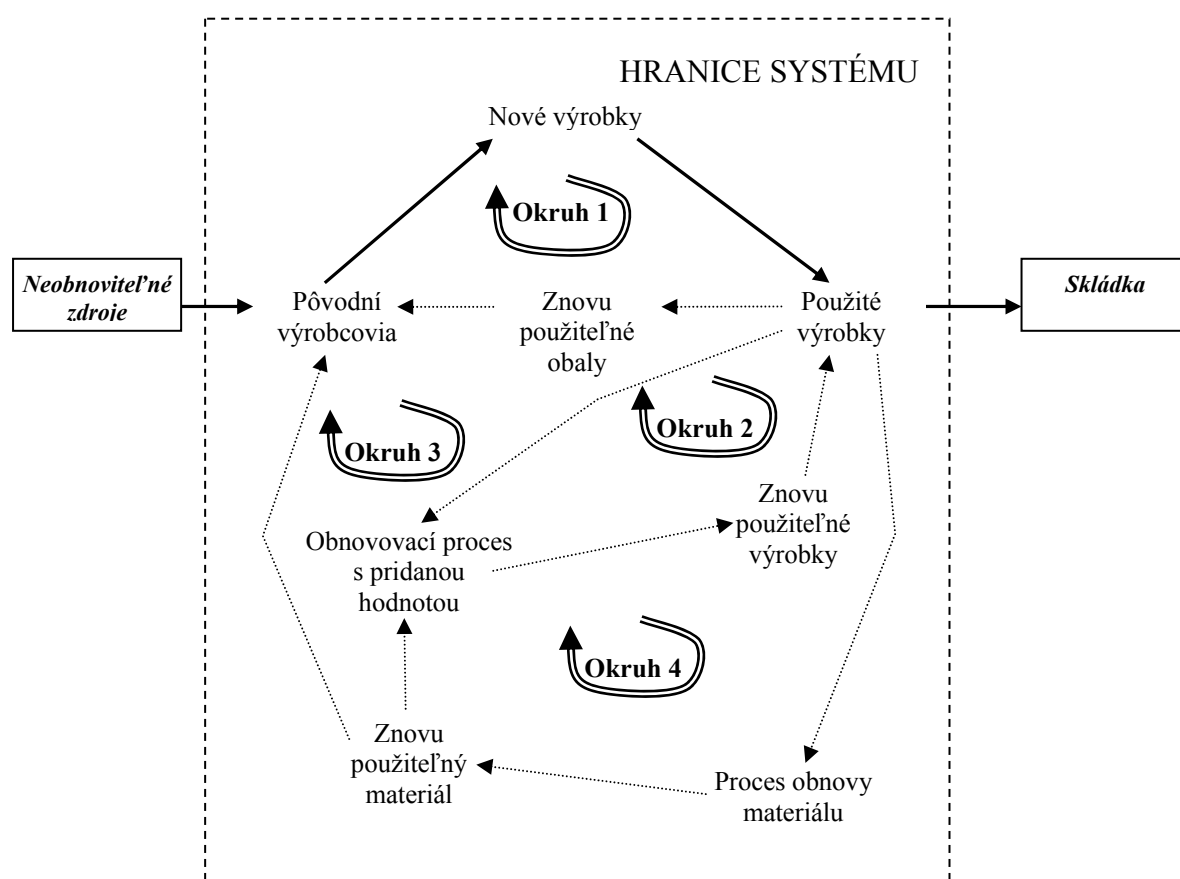
Na obrázku 1 plná čiara predstavuje pôvodný dodávateľský reťazec, prerušovanou čiarou je označený reverzný kanál. Z hľadiska optimalizácie dodávateľského reťazca ako základné vystupujú problémy:

1. stupeň centralizácie reverzného kanála,
2. počet úrovní reverzného kanála,
3. kapacity v reverznom kanáli,
4. manažment zásob v pôvodnom a reverznom kanáli.

Model dlhodobého správania sa reverznej siete na obnovu výrobkov pod vplyvom rôznych ekologických vplyvov vyvinuli Georgiadis a Vlachos (2003). Model je zameraný na sektor spracovania pneumatík, ale je vo všeobecnosti konštruovaný tak, že ho možno použiť na modelovanie (optimalizáciu) reverznej siete pre iný druh recyklovateľných výrobkov, teda výrobkov, ktoré nemusia byť primárne zlikvidované, ale možno ich prepracovať. V tomto

modeli sú zachytené tak enviromentálne vplyvy (štátna enviromentálna politika ochrany, „zelený imidž“), ako aj technické a technologické podmienky procesu výroby a recyklácie (zásobovacie procesy, výroba, distribúcia, použitie, zber, prepracovanie a likvidácia odpadu). V modeli sa vyskytujú premenné L_{rm} (zásoba surovín), L_i (disponibilná zásoba), L_{di} (zásoba distribútora), L_u (výrobky na konci životnosti), L_{ud} (priama likvidácia), L_c (zozbierané výrobky), L_r (znovupoužiteľné výrobky), L_d (kontrolovateľná likvidácia výrobkov), kapacity C_p (produkčná kapacita), C_c (kapacita zberných miest), C_r (kapacita prepracovania výrobkov), premenné R_p (novovyrobené výrobky), R_o (objednávky), D (dopyt), R_c (zber), R_i (kontrola), R_a (možnosti znovupoužitia), R_f (chybovosť), R_d (kontrolovaná likvidácia), R_r (prepracovanie).

Obrázok 1: Hlavný okruh v uzavretom dodávateľskom reťazci



Zdroj: Dekker 2004, str. 319

Podľa Dekker a kol. (2004) možno najznámejšie a z hľadiska metodológie najdôležitejšie alokačné modely reverznej logistiky zhrnúť do Tabuľky 1.

Tabuľka 1: Alokačné modely reverznej logistiky

	Tlačená ponukou	Ťahaná ponukou
Integrálna sieť	Kroon a Vrijens (1995) Thierry (1997) Spengler a kol. (1997) Barros a kol. (1998) Marin a Pelegrin (1998) Fleischmann a kol. (2001)	Realff a kol. (1999) Jayaraman a kol. (1999)
Reverzná sieť	Berger a Debaillie (1997)	Krikke a kol. (1999)

Zdroj: Dekker a kol. 2004

V Tabuľke 2 je podľa Dekker a kol. (2004) uvedený prehľad najvýznamnejších modelov reverznej logistiky z pohľadu optimalizácie zásobovacích procesov, v ktorých sa uvažuje iba so spätným reťazcom, kde je známa množina vhodných lokácií pre rozdielne typy podnikov a treba realizovať najlepšie rozhodnutie o ich rozmiestnení.

Tabuľka 2: Modely reverznej logistiky pre optimalizáciu zásobovacích procesov

Autori	Typ zásobovacieho reťazca	Rozhodovacie premenné
<i>Reverzný SC¹ nákladový model</i>		
Spengler a kol. (1997)	Rev., otvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Ossenbruggen (1992)	Rev., otvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Barros a kol. (1998)	Rev., otvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Krikke a kol. (1999)	Rev., otvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Ammons a kol. (1997)	Rev., otvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Jayaraman a kol. (1999)	Rev., otvorený a uzavretý cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Shih (2001)	Rev., otvorený cyklus	Tvorba prepravnej siete
Brouwers a Stevels (1995)	Rev., otvorený a uzavretý cyklus	Tvorba dizajnu produktu
<i>Uzavretý SC nákladový model</i>		
Berger a Debaillie (1997)	Dopr.+ rev. zatvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Kroon a Vrijens (1995)	Dopr.+ rev. zatvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Thierry (1997)	Dopr.+ rev. zatvorený cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
Chen a kol. (1993)	Dopr.+ rev. zatvorený cyklus	Tvorba dizajnu produktu
Fleischmann a kol. (2001)	Dopr.+ rev. zatv. a otv. cyklus	Rozmiestňovanie lokácií
<i>LCA² modely orientované na životný cyklus produktu</i>		
Sassa a kol. (1999)	Rev. otv. viackrit. cyklus s jednoduchou LCA	Rozmiestňovanie lokácií
Berger a kol. (1998)	Rev. otv. flexibilné ciele: LCA	Rozmiestňovanie lokácií
Caruso a kol. (1993)	Rev. otv. viackriteriálny cyklus s environmentálnymi indikátormi	Rozmiestňovanie lokácií
Boehmhof–Ruwaard (1996)	Dopr.+rev. zatvorený cyklus	Alokácie a produktový mix
Daniel a kol. (1999)	Rev. otv. cyklus	Tvorba dizajnu produktu
Guelorget a kol. (1993)	Dopr.+rev. otvorený cyklus	Tvorba dizajnu produktu

Zdroj: Dekker a kol. 2004

Záver

Modelové aspekty sa v reverznej logistike používajú pomerne často, čo je zhrnuté v tabuľkách 1 a 2. Existuje celý rad konkrétnych modelov, ktoré predovšetkým na báze MILP modelujú toky v rámci reverzného systému. Tieto modely sú pomerne rozsiahle, obsahujú veľké množstvo rozhodovacích premenných a parametrov, ktoré zachytávajú toky externých vstupných surovín, interné toky prírodných surovín, interné toky komponentov, spätné toky produktov, toky komponentov na prepracovanie a konečné spracovanie. Uvedené modely integrujú v sebe ekologický a ekonomický prístup.

Literatúra

¹ SC – Simple Cost

² LCA - Life Cycle Assessment

- [1] BREZINA, I.: Kvantitatívne metódy v logistike. Vydavateľstvo EKONÓM, Bratislava 2003
- [2] BREZINA, I. – ČIČKOVÁ, Z. – REIFF, M.: How to improve efficiency of management of logistics (Zvyšovanie efektívnosti riadenia logistických procesov). Produktivita, 5. ročník, Žilina, 1-2/2004
- [3] BREZINA, I. – ČIČKOVÁ, Z. – REIFF, M.: Kvantitatívne metódy v logistike (Zbierka príkladov). Vydavateľstvo EKONÓM, Bratislava 2005
- [4] DEKKER, R.: Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains. Springer-Verlag, Berlin 2004
- [5] DEKKER, R. – FLEISCHMANN, M. – INDERFURTH, K. – WASSENHOVE, L. N. v. (Eds.): OR Models for Eco-eco Closed-loop Supply Chain Optimization in Reverse Logistics. Springer-Verlag, Berlin 2004, str. 357-379
- [6] FLEISCHMANN, M: Quantitative Models for Reverse Logistics. Springer-Verlag, Berlin 2001
- [7] GEORGIADIS, P. – VLACHOS, D.: The Effect on Environmental Parameters on Product Recovery Networks. European Journal of Operations Research, 2003
- [8] STEHLÍK, A.: Logistika recyklace a likvidace odpadu. LOGISTIKA 12/2000
- [9] ŠKAPA, R.: Reverzní logistika. Středisko vědeckých informací Masarykovy univerzity v Brně, Brno 2005
- [10] VIESTOVÁ, K. – ŠTOFILOVÁ, J. – ORESKÝ, M. – ŠKAPA, R.: Lexikón logistiky. Vydavateľstvo EKONÓM, Bratislava 2005

Adresa autora:

Ivan Brezina

Ekonomická univerzita v Bratislave

Fakulta hospodárskej informatiky / Katedra operačného výskumu a ekonometrie

Dolnozemska 1/b

852 35 Bratislava

Slovenská republika

Telefon: +421 2 672 95 820

E-mail: brezina@euba.sk