

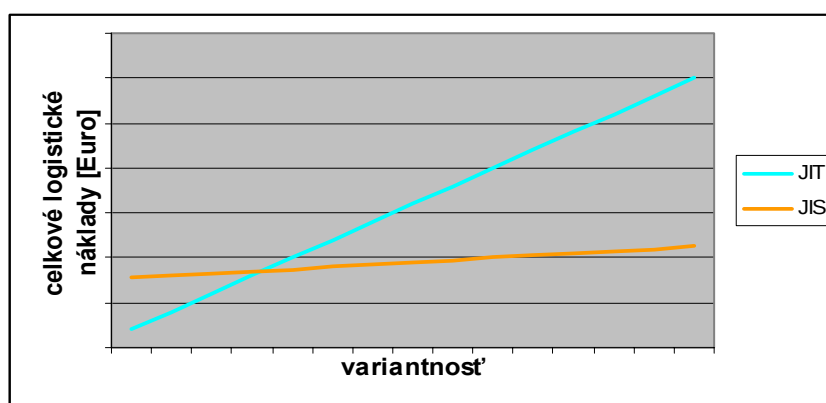
MODELOVANIE LOGISTICKÝCH NÁKLADOV PRECHODU NA ZÁSBOVANIE JUST-IN-SEQUENCE

Marián Sedliak¹, Marián Šulgan²

Úvod

So zvyšujúcou sa variantnosťou materiálových vstupov Just-in-Time (JIT) prestáva byť efektívnym spôsobom zásobovania a je vhodné uvažovať o zásobovaní Just-in-Sequence (JIS), kedy dodávatelia upravujú svoj vlastný výrobný plán tak, aby boli schopní dodať svoje výrobky v správnom čase, v správnom množstve, na správne miesto a v *požadovanom poradí – sekvencii* [1].

Vo všeobecnej rovine je možné zobrazit' vzťah celkových logistických nákladov pri zmene systému zásobovania tak, ako je uvedené na obr. 1.



Obr. 1 Vzťah variantnosti materiálového vstupu k celkovým logistickým nákladom
zásobovacieho systému

Zdroj: Autori

Dôležitou otázkou teda je, od akého počtu variantov daného materiálového vstupu začína byť zásobovanie JIS nákladovo efektívnejším oproti zásobovaniu JIT. Preto účelom tohto článku je popísať všetky nákladové druhy, ktoré je potrebné pri porovnávaní oboch zásobovacích systémov zohľadniť, a pomocou teoretického nákladového modelu priblížiť rôzne činitele, ktoré vplývajú na jednotlivé nákladové druhy. Vzhľadom na komplexnosť problematiky sme sa zamerali len na priame JIT a JIS dodávky bez medzičlánkov napr.

¹ Ing. Marián Sedliak; Katedra cestnej a mestskej dopravy, Žilinská univerzita v Žiline; Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina; marian.sedliak@fpedas.uniza.sk

² prof. Ing. Marián Šulgan, PhD., Katedra cestnej a mestskej dopravy, Žilinská Univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 010 26 Žilina; marian.sulgan@fpedas.uniza.sk

v podobe skladu alebo cross-dock centra prevádzkovaného poskytovateľom logistických služieb.

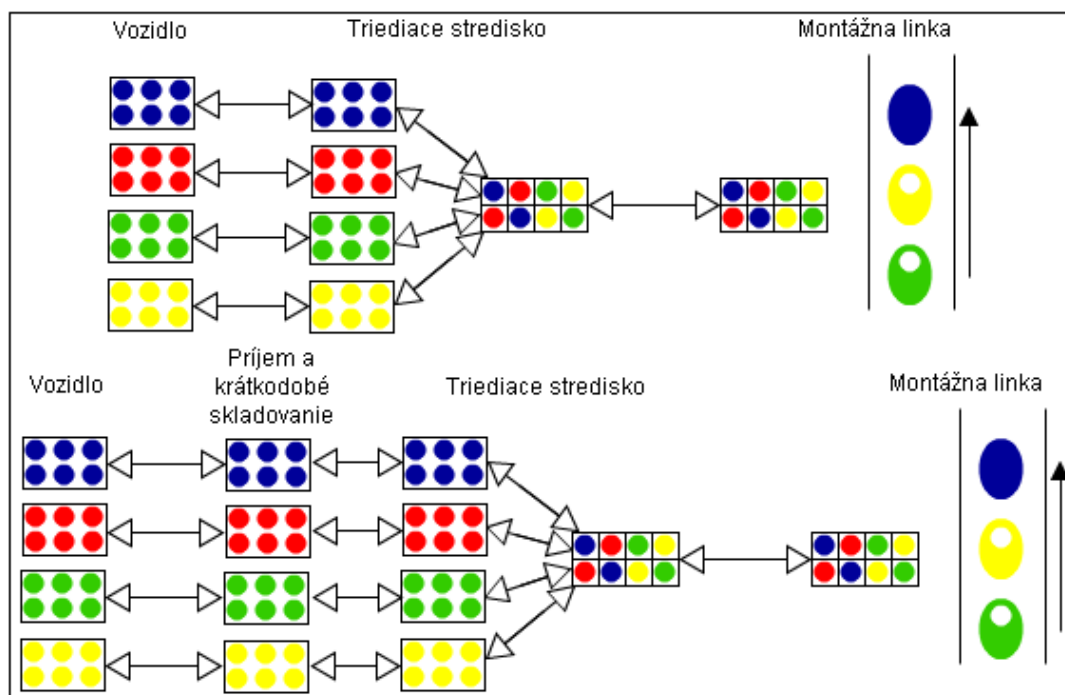
Charakteristika usporiadania pôvodného i navrhovaného systému zásobovania

Zo štúdií v automobilovom priemysle bolo zistené, že priame JIT dodávky v homogénnych manipulačných jednotkách (MJ) až k montážnej linke sú vhodné len ak existujú maximálne tri variantné riešenia materiállovej položky, ktoré sa súčasne montujú [2]. Je tomu tak najmä kvôli priestorovým obmedzeniam pri montážnej linke a lepšej prehľadnosti z pohľadu montážneho pracovníka. Pri štyroch a viacerých variantoch sa teda považuje za výhodnejší prísun materiálu k linke v poradí montáže, t.j. JIS. I keď tento princíp nemusí byť pravidlom aj v iných odvetviach, uvažovali sme s ním v ďalších výpočtoch, pričom v konkrétnom závode môže byť samozrejme na základe skúseností z prevádzky určené inak.

V našom prípade teda vychádzame z úvahy, že materiálový vstup má štyri alebo viac variantných prevedení. Materiál v pôvodnom zásobovacom systéme je dodávaný v režime JIT, následne prechádza cez triediace stredisko (TS) vytvorené v rámci vstupného skladu, ktoré jednotlivé varianty usporadúva do poradia vyžadovaného montážou, t.j. JIS. V modeli sme predpokladali, že v TS sú uložené MJ v jednej vrstve (kvôli rýchlej dostupnosti) a vždy len jedna MJ každého variantu (v) materiálu, a to kvôli prehľadnosti a znižovaniu priestorových nárokov strediska.

Pre účely výpočtu ďalej predpokladáme, že z každej dodávky bude priamo do TS privezená jedna MJ z každého variantu, zvyšok dodávky bude uložený v zóne krátkodobého skladovania (ZKS) v blízkosti príjmu. Tu už je možné MJ stohovať. MJ zo ZKS sú postupne odoberané do TS, pričom sa predpokladá, že v momente príchodu následnej dodávky bude toto stredisko opäť pripravené prijať práve „v“ manipulačných jednotiek z tejto dodávky.

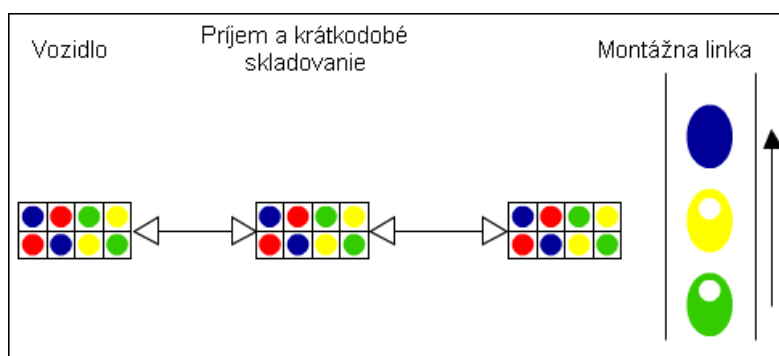
Ako už bolo spomenuté, v TS sa vykonáva prekládka (zvyčajne ručná), a to z dodávaných MJ (budú označené len MJ) do sekvenčných manipulačných jednotiek (MJ2). Všetky vyššie popísané manipulačné operácie sú znázornené na obr. 2, kde v hornej časti je vykreslený tok materiálu priamo cez TS a v dolnej časti materiálový tok s krátkodobým skladovaním.



Obr. 2 Dodávky JIT a prísun materiálu k montážnej linke v režime JIS

Zdroj: Autori

Novo navrhovaný systém je založený na JIS dodávkach priamo od dodávateľa. Pri návrhu sme neuvažovali s rozsiahlym zásahom do usporiadania fyzických štruktúr odberateľského závodu a ponechali sme materiálový tok prechádzať cez ZKS v blízkosti príjmu (vstupný sklad) a odtiaľ k montážnej linke (obr. 3). Rovnako sme predpokladali využívanie rovnakých manipulačných zariadení v rámci vnútropodnikového zásobovacieho systému, a to vysokozdvížných vozíkov (VZV).



Obr. 3 Dodávky i prísun materiálu k montážnej linke v režime JIS

Zdroj: Autori

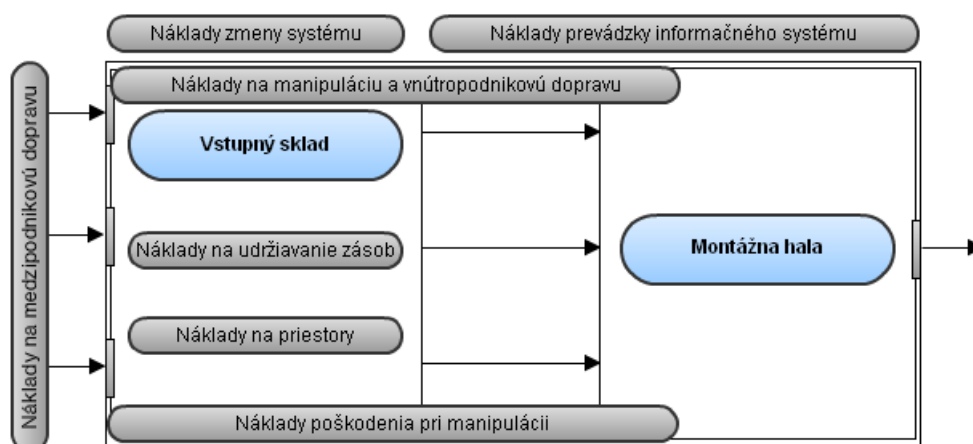
Je pravdou, že v moderných automobilových závodoch, kde sa JIS najviac využíva, je skôr preferované budovanie nových výkladkových brán v blízkosti montážnej linky a tým

skracovanie vnútropodnikových materiálových tokov. Faktom však zostáva, že aj v týchto závodoch to nie je prípad všetkých materiálových vstupov a časť položiek prechádza stále podobným systémom ako sme načrtli na obrázku.

Navyše, niektoré podniky, ktoré uvažujú o JIS nevyužívajú rovnaké výrobné štruktúry, ako automobiloví výrobcovia. Napr. v elektronickom priemysle je väčšina súčiastok nakupovaných od dodávateľov a montovaných v prvom technologickom kroku [3]. To podporuje využitie nami uvažovaného usporiadania materiálových tokov.

Tvorba nákladového modelu

Samotný model obsahuje investičné i prevádzkové náklady. Za obdobie, v ktorom podnik posudzuje prevádzkové náklady je vhodné zvoliť najkratšie obdobie, v ktorom sa uvažuje s JIS dodávkami predmetných vstupov. Posudzované nákladové kategórie ako i miesta vzniku týchto nákladov ponúka obrázok 4.



Obr. 4 Nákladové druhy uvažované v modeli

Zdroj: Autori

S **nákladmi zmeny systému** sa uvažuje len pri navrhovanom – zásobovaní JIS. Tento nákladový druh obsahuje množstvo rôznych nákladových poddruhov. Medzi možné náklady zmeny patria najmä náklady na:

- EDI softvér a rozhranie pre odosielanie sekvenčných odvolávok vrátane záložného informačného systému (IS) pre prípad výpadku hlavného IS,
- zmenu logistických a výrobných štruktúr vlastného závodu (zmeny v dopravnej infraštruktúre v areáli závodu, nové vykládkové brány, pásové dopravníky k montážnej linke a pod.),

- nákup MJ2, ktoré zároveň plnia prepravnú i sekvenčnú funkciu (viď obr. 5),
- zmeny v označovaní MJ vrátane snímacích zariadení kompatibilných s novým IS,
- školenia zamestnancov v súvislosti s novými materiálovými tokmi a s využívaním nového IS.



Obr. 5 Príklad sekvenčnej palety s textilnou fixáciou

Zdroj: [5]

Navyše sa väčšinou predpokladá, že odberateľský podnik investuje i do fyzických a informačných štruktúr dodávateľského subjektu a poskytne vlastných zamestnancov, ktorý budú vykonávať odborný dozor a konzultáciu u tohto dodávateľa.

Vyššie uvedené nákladové druhy možno zhrnúť do troch hlavných kategórií, ktoré tvoria náklady zmeny systému:

$$N_{\text{systém}}(JIS) = I_{IS} + I_{F\check{S}} + N_{VZ} \text{ [€]} \quad (1)$$

I_{IS} – investície do informačného systému [€]

$I_{F\check{S}}$ – investície do fyzických štruktúr [€]

N_{VZ} – náklady vzdelávania zamestnancov [€]

Náklady prevádzky IS sú nákladovým druhom, ktorý nemožno odvodiť priamo napr. vo vzťahu k počtu objednávok, pretože podniky zvyčajne platia fixnú sadzbu za jednotlivé balíky služieb poskytované externými spoločnosťami. Pre určenie týchto nákladov pre navrhovaný JIS systém zásobovania ($N_{pIS}(JIS)$) je teda potrebné zmapovať možnosti v rámci služieb ponúkaných IT spoločnosťami. Podklady k určeniu týchto nákladov v pôvodnom systéme ($N_{pIS}(JIT)$) má podnik samozrejme k dispozícii.

Dodávky v režime JIS vo všeobecnosti pokrývajú spotrebu výroby, resp. montáže ešte počas kratšieho časového úseku, ako JIT dodávky (v konkrétnom prípade to ale nemusí byť

pravidlom). Preto na zásobovanie v tomto systéme je v niektorých prípadoch efektívne využívať vozidlá s menšou kapacitou. Samozrejme, jednotkové náklady vztiahnuté na jeden kus prepraveného výrobku s poklesom kapacity vozidla stúpajú. **Náklady na medzipodnikovú dopravu** majú teda nasledujúci tvar:

$$N_{dopr}(JIT) = \frac{S}{\bar{D}_{JIT}} \cdot s_{kmJIT} \cdot l \quad (2)$$

$$N_{dopr}(JIS) = \frac{S}{\bar{D}_{JIS}} \cdot s_{kmJIS} \cdot l \quad (3)$$

S - predpokladaná spotreba materiálového vstupu za sledované obdobie [ks]

$\bar{D}_{JIT}$, $\bar{D}_{JIS}$ - priemerná veľkosť dodávky v oboch systémoch [ks]

s_{kmJIT} , s_{kmJIS} - cena dopravy pri využívaní vozidiel s rôznou kapacitou [€/km]

l - prepravná vzdialenosť medzi dodávateľom a odberateľom [km]

Vzhľadom na komplexnosť vnútropodnikových tokov v pôvodnom systéme zásobovania (vid' obr. 2), bolo odvodenie **nákladov na manipuláciu a vnútropodnikovú dopravu** potrebné vykonať v troch krokoch (tri časti vzorca oddelené znamienkom +). V prvom kroku sme odvodili náklady na manipuláciu a dopravu vstupov z vozidla do TS („v“ manipulačných jednotiek). V druhom kroku sú tieto náklady odvodené pre zvyšok MJ z dodávky, ktoré sú prevezené do ZKS a až následne do TS. Posledná časť vzorca je platná pre všetky položky, nakoľko od TS sú materiálové toky rovnaké.

$$N_{manip}(JIT) = \frac{\check{c}_{vt} \cdot n_{vzv}}{3600} \cdot \frac{v \cdot S}{\bar{D}_{JIT}} + \frac{(\check{c}_{vp} + \check{c}_{pt}) \cdot n_{vzv}}{3600} \cdot \left(\frac{S}{k_{mj}} - v \cdot \frac{S}{\bar{D}_{JIT}} \right) + \left(\frac{v \cdot \alpha_v \cdot \check{c}_t \cdot n_t}{3600} + \frac{\check{c}_{tl} \cdot n_{vzv}}{3600 \cdot k_{mj2}} \right) \cdot S \quad (5)$$

$\check{c}_{vp}$, $\check{c}_{vt}$, $\check{c}_{pt}$, $\check{c}_{tl}$ - priemerné časy manipulácie medzi zásobovacím vozidlom (index v), príjmom (p), triediacim strediskom (t) a montážnou linkou (l) [s]

n_{vzv} - náklady na manipulačné operácie s VZV [€/h]

k_{mj} , k_{mj2} - kapacita MJ a MJ2 [ks]

v - počet variantov materiálového vstupu [-]

α_v - koeficient vyjadrujúci stupeň zvyšovania časovej náročnosti procesu triedenia s rastom počtu variantov [-]

$\check{c}_t$ - priemerný čas manipulačnej operácie v triediacom stredisku [s]

n_t - náklady na manipulačné operácie v triediacom stredisku [€.h⁻¹]

Je zrejmé, že pri navrhovanom JIS systéme zásobovania sú materiálové toky podstatne jednoduchšie (viď obr. 3), čo sa prejavuje i vo výpočte manipulačných nákladov:

$$N_{manip}(JIS) = \frac{S}{k_{mj2}} \cdot \frac{(\check{c}_{vp} + \check{c}_{pl}) \cdot n_{vzv}}{3600} \text{ [€]} \quad (6)$$

Ďalším nákladovým druhom, ktorý je potrebné zohľadniť pri posudzovaní celkových logistických nákladov zásobovacieho systému sú **náklady na udržiavanie zásob**. Rozhodujúcim prvkom, ktorý tieto náklady môže ovplyvniť je najmä veľkosť dodávky, s ktorou súvisí i veľkosť udržiavaných poistných zásob.

$$\begin{aligned} N_{zásoby}(JIT) &= \left(\frac{k_{mj} \cdot \bar{p}_{mjJIT}}{2} + v \cdot z_{pJIT} \right) \cdot \frac{c \cdot m_{nk}}{100} = \\ &= \left(\frac{\bar{D}_{JIT}}{2} + v \cdot z_{pJIT} \right) \cdot \frac{c \cdot m_{nk}}{100} = \frac{\bar{z}_{JIT} \cdot c \cdot m_{nk}}{100} \end{aligned} \text{ [€]} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} N_{zásoby}(JIS) &= \left(\frac{k_{mj2} \cdot \bar{p}_{mjJIS}}{2} + v \cdot z_{pJIS} \right) \cdot \frac{c \cdot m_{nk}}{100} = \\ &= \left(\frac{\bar{D}_{JIS}}{2} + v \cdot z_{pJIS} \right) \cdot \frac{c \cdot m_{nk}}{100} = \frac{\bar{z}_{JIS} \cdot c \cdot m_{nk}}{100} \end{aligned} \text{ [€]} \quad (8)$$

$\bar{p}_{mjJIT}$, $\bar{p}_{mjJIS}$ - priemerný počet manipulačných jednotiek v jednej dodávke [-]

z_{pJIT} , z_{pJIS} - veľkosti udržiavaných poistných zásob jednotlivých variantov [ks]

c - cena materiálového vstupu [€.ks⁻¹]

m_{nk} - miera nákladov kapitálu [%]

$\bar{z}_{JIT}$, $\bar{z}_{JIS}$ - priemerná veľkosť udržiavaných zásob v každom zásobovacom systéme [ks]

Miera nákladov kapitálu vo vyššie uvedených vzorcoch predstavuje buď:

- zhodnotenie vlastného kapitálu, ktoré by podnik dosiahol, keby peňažné prostriedky využíval na iné účely ako na investovanie do zásob (napr. priemerná úroková miera),
- úroky z úverov pri krytí potrieb z cudzieho kapitálu.

Pomocou **nákladov na priestory** je podnik schopný posúdiť úsporu dosiahnutú vyčlenením pôvodných skladovacích plôch na iné činnosti, ktoré podniku prinášajú väčšiu

hodnotu (napr. na výrobu alebo predmontáž). Pri ich výpočte je nutné vychádzať z maximálnej zásoby, t.j. zo zásoby v momente príjmu novej dodávky. Vzhľadom na fakt, že v pôvodnom systéme zásobovania sú materiálové toky zo zásobovacieho vozidla dvojaké, i tu je odvodenie celkových nákladov na priestory pomerne komplikované. Je dôležité si uvedomiť, že v TS sú MJ rozložené v jednej vrstve, zatiaľ čo v ZKS je možné ich stohovanie. Túto skutočnosť zohľadňuje prvá časť nižšie uvedeného vzorca. Navyše v TS je potrebné rátať aj s určitou manipulačnou plochou a plochou na sekvenčné manipulačné jednotky, čo znázorňuje druhá a tretia časť vzorca.

$$N_{priestory}(JIT) = \left[\left(\frac{\overline{D}_{JIT}}{k_{mj}} + \left\lceil \frac{v \cdot z_{pJIT}}{k_{mj}} \right\rceil - v \right) \cdot P_{mj} + P_M \cdot v \cdot \beta_v + p_{mj2} \cdot P_{mj2} \right] \cdot n_{pl} \text{ [€]} \quad (9)$$

p_{vs} - maximálne prípustný počet vrstiev stohovania MJ [-]

P_{mj} , P_{mj2} - pôdorysná plocha pôvodnej a sekvenčnej manipulačnej jednotky [m²]

P_M - potrebná manipulačná plocha v triediacom stredisku [m²]

β_v - koeficient vyjadrujúci stupeň zvyšovania priestorovej náročnosti procesu triedenia s rastom počtu variantov [-]

p_{mj2} - počet sekvenčných manipulačných jednotiek potrebných v triediacom stredisku [-]

n_{pl} - hodnota plochy skladových a manipulačných priestorov stanovená podnikom [€.m⁻²]

V prípade dodávok JIS je výpočet tejto nákladovej položky opäť jednoduchší, nakoľko zohľadňuje iba priestorové nároky v ZKS.

$$N_{priestory}(JIS) = \frac{\left(\frac{\overline{D}_{JIS}}{k_{mj2}} + \left\lceil \frac{v \cdot z_{pJIS}}{k_{mj2}} \right\rceil \right)}{p_{vs}} \cdot P_{mj2} \cdot n_{pl} \text{ [€]} \quad (10)$$

Náklady na poškodenie pri manipulácii možno do budúcnosti odhadnúť, ak podnik evidoval percentuálny podiel poškodenia materiálových vstupov v členení podľa jednotlivých typov manipulácie, t.j. pri manipulácii s VZV ako i pri sekvencovaní materiálu v TS. V pôvodnom systéme tieto náklady potom nadobúdajú nasledovný tvar:

$$N_{poškod}(JIT) = \frac{(m_{vzv} + m_t) \cdot S \cdot c}{100} \quad [€] \quad (11)$$

m_{vzv} - miera poškodenia pri manipulácii s vysokozdvížným vozíkom [%]

m_t - miera poškodenia pri ručnej manipulácii v triediacom stredisku [%]

Pri zásobovaní JIS sme uvažovali s nákladmi zníženými v rovnakom pomere, ako je znížený počet manipulačných operácií medzi zásobovacím vozidlom a montážnou linkou. Keďže tu dochádza iba k manipulácii s VZV, bolo nutné tento pomer prerátať iba na tieto manipulačné operácie. To vyjadruje prvý zlomok vo vzťahu nákladov poškodenia.

$$N_{poškod}(JIS) = \frac{2}{3 - \frac{v}{D_{JIT}}} \cdot \frac{S \cdot m_{vzv} \cdot c}{100} \quad [€] \quad (12)$$

Posúdenie celkových logistických nákladov

Po výpočte jednotlivých nákladových kategórií podnik vyhodnotí celkové logistické náklady oboch porovnávaných zásobovacích systémov. Tieto náklady so svojimi jednotlivými zložkami sú obsiahnuté v nasledujúcich vzorcoch:

$$N_C(JIT) = N_{pls}(JIT) + N_{dopr}(JIT) + N_{manip}(JIT) + N_{zásoby}(JIT) + N_{priestory}(JIT) + N_{poškod}(JIT) \quad [€] \quad (13)$$

$$N_C(JIS) = N_{systém}(JIS) + N_{pls}(JIS) + N_{dopr}(JIS) + N_{manip}(JIS) + N_{zásoby}(JIS) + N_{priestory}(JIS) + N_{poškod}(JIS) \quad [€] \quad (14)$$

Pokiaľ výpočet preukáže, že zavedením zásobovania JIS dôjde k požadovanej úspore, je vhodné pristúpiť k detailizácii projektu zmeny zásobovacieho systému a k jeho následnej realizácii.

Záver

Pri porovnaní nákladovej efektívnosti rôznych zásobovacích systémov je nutné zohľadniť všetky nákladové zložky, ktoré budú danou zmenou ovplyvnené. V príspevku sme prezentovali nákladový model, ktorý obsahuje šesť hlavných nákladových kategórií, pomocou ktorých je možné zostaviť celkové logistické náklady zásobovacieho systému. Tento teoretický nákladový model má napomôcť podnikom identifikovať hlavné činitele ovplyvňujúce jednotlivé nákladové druhy pri posudzovaní vhodnosti zavedenia zásobovania JIS.

Tato štúdia/publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a vývoj pre projekt:

Centrum excelentnosti pre systémy a služby inteligentnej dopravy II.,
ITMS 26220120050 spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.



Agentúra
Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR
pre štrukturálne fondy EÚ

"Podporujeme výskumné aktivity na Slovensku/Projekt je spolufinancovaný zo zdrojov EÚ"

Literatúra:

- [1] SEDLIAK, M. – ŠULGAN, M. Sekvenčné zásobovanie automobilových výrobcov. In *Doprava a spoje* [elektronický zdroj]. 2011, roč. 7, č. 1. Dostupné na: <<http://www.fpedas.uniza.sk/dopravaaspoje/2011/1/sedliak.pdf>>. ISSN 1336-7676.
- [2] WAGNER, S. M. – SILVEIRA-CAMARGOS, V. Decision model for the application of just-in-sequence. In *International Journal of Production Research* [elektronický zdroj]. 2011 [cit. 23.11.2011]. Dostupné na: <www.sciencedirect.com>. ISSN 0020-7543.
- [3] WERNER, S. at al. Just-in-sequence material supply – a simulation based solution in electronics production. In *Robotics and Computer Integrated Manufacturing* [elektronický zdroj]. 2003 [cit. 8.7.2011]. Dostupné na: <www.sciencedirect.com>. ISSN 0736-5845.
- [4] KRÁLOVENSKÝ, J. - SOSEDOVÁ, J. - ŠULGAN, M. Úloha obstarávacej logistiky pri optimalizácii nákladov. In *Strojárstvo*. ISSN 1335-2938, 2006, roč. 10, č. 4, s. 18-19.
- [5] www.demasenica.sk/automotive/automotive.htm

Lektoroval:

doc. Ing. Jarmila Sosedová, PhD., Žilinská Univerzita, Žilina

Zadané na uverejnenie: **28.5.2012**