

Dr. Bóna Krisztián, Bakos András, Foltin Szilvia

Átfogó modell budapesti city logisztikai fejlesztésének előkészítésére

Dr. Bóna Krisztián

Egyetemi adjunktus a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karán, a Közlekedésüzemi Tanszéken, ahol a cikkben említett JKL city logisztikai kutatás témavezetője. Az Adversum Tanácsadó és Szolgáltató Kft. szakmai vezetője. Az MLBKT Tanácsadói Tagozatának vezetője. A Budapest Fenntartható Innovatív Városellátásáért Konzorcium egyik alapító tagja.

Bakos András

PhD hallgató a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karán, a Közlekedésüzemi Tanszéken, kutatási területe a nagyvárosok áruellátásával kapcsolatos logisztikai problémák, a city logisztika. Részt vesz a BME kutatóegyetemi programjában a Járműtechnika, Közlekedés, Logisztika (JKL) alprojektben. Emellett a tanszéken működő BME Lean LOGISZTIKA rendszertervező és folyamatfejlesztő csoport alapító tagja.

Foltin Szilvia

A Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Karának logisztika szakos MSc hallgatója, részt vesz a JKL P8-T1 „Nagyvárosok áruellátását támogató city logisztikai szolgáltatások kialakításának magyarországi lehetőségei” című kutatásban.

Összefoglaló

A kutatás célja Budapest átfogó, városellátással kapcsolatos fejlesztésének stratégiai megalapozása egy mezoszkopikus modell felállításával, amely validálja egy jövőbeni fővárosi, első lépésként a belvárosra koncentrált city logisztikai projekt feltételezett hatékonyságnövelő tényezőit. A városmagra érkező termékek city-logisztikai alapelveken nyugvó konszolidációjával elérhető előnyök (és hátrányok) feltérképezése és számszerűsítése. Különböző technológiai és szervezési alternatívák összehasonlítása.

1. Motivációk

City logisztika alatt a városok belső területein (elsősorban a történelmi városmágban) jelentkező, jellemzően a kiskereskedelem, de sok esetben akár az ipar és a szolgáltatói szektor által generált diszperz áruellátási és hulladékkezelési feladatok műszaki-gazdasági, valamint szervezési szempontból hatékony és környezetbarát összehangolását értjük. Ennek megvalósítását tekintve számos megoldásra találhatunk már „legjobb gyakorlatot” világszerte, amelyet korábbi cikkeinkben, illetve a kutatásunkat megalapozó összefoglaló tanulmányainkban már rendszerezünk és ismertettünk (*Bóna, Bakos, 2011; Bóna, 2011:Évkönyv*). Ezek alapján elmondható, hogy az ezekben megfogalmazott elvek alapján

Budapest esetében is lehet hasonló rendszert építeni. Társadalom- és gazdaságpolitikai, városszervezési jelentőségénél fogva, valamint a felhasználók és rendszerszolgáltatók által működtetett logisztikai rendszerek üzemeltetésére gyakorolt intenzív hatásai miatt, a városellátási logisztikai rendszerek gyakorlati megvalósítása azonban komoly előkészítő munkát igényel. Kutatásaink során azt tapasztaltuk, hogy nem készült még olyan átfogó modell, amely alapján az adekvát logisztikai technológiai megoldási változatokat objektív módon össze lehet hasonlítani. A tanszékünkön folyó, a BME kutatóegyetemi program JKL alprojektjében szereplő kutatásban („Nagyvárosok áruellátását támogató city logisztikai szolgáltatások kialakításának magyarországi lehetőségei”, JKL-P8-T1) arra szeretnénk rámutatni, hogy a különböző city logisztikai rendszer megoldások milyen módon és mértékben módosítanák a belváros áruellátását, illetve az ezzel kapcsolatos mutatókat, támogatva ezzel a megfelelő megoldás kiválasztását.

2. A modellezés alapelvei

A kialakítandó modellben tehát vizsgálni szeretnénk mind a jelenlegi, mind a tervezett rendszer megoldásokra jellemző gyakorlatot. A modellezés alapszemponjtait figyelembe véve tehát a problémát az jelenti, hogy a városmagban elszórtan elhelyezkedő igénypontokat (amelyeknek számossága igen nagy) nem összehangolt módon keresik fel a beszállítók, és nem hogy információcserével racionalizálnák működésüket – kihasználva a kooperáció nyújtotta lehetőségeket – hanem általában kifejezetten konkuráló magatartást mutatnak. Kutatásaink alapján azt feltételezzük, hogy az igények kielégítése így az optimálistól eltérő anyagmozgatási és menetteljesítmények mellett történik, azaz veszteségek keletkeznek, amelyek felesleges költségeket generálnak a rendszerben. A veszteségek fő okai abban kereshetők, hogy a beszállítók általában azonos igénypontokra, hasonló típusú árukat egymástól függetlenül üzemeltetett logisztikai rendszerek alkalmazása mellett szállítanak be. A szállítási láncok tulajdonságai jó esetben igazodnak a város által jelenleg alkalmazott szabályozási rendszerhez, azonban nem használják ki a városban rejlő előnyös lehetőségeket (pl. Duna), illetve általában nem integrált megoldásokat alkalmaznak, hanem tisztán közúti áruszállításon alapulókat; nem is beszélve a szállítási láncokhoz kapcsolódó egyedi raktározási megoldásokról.

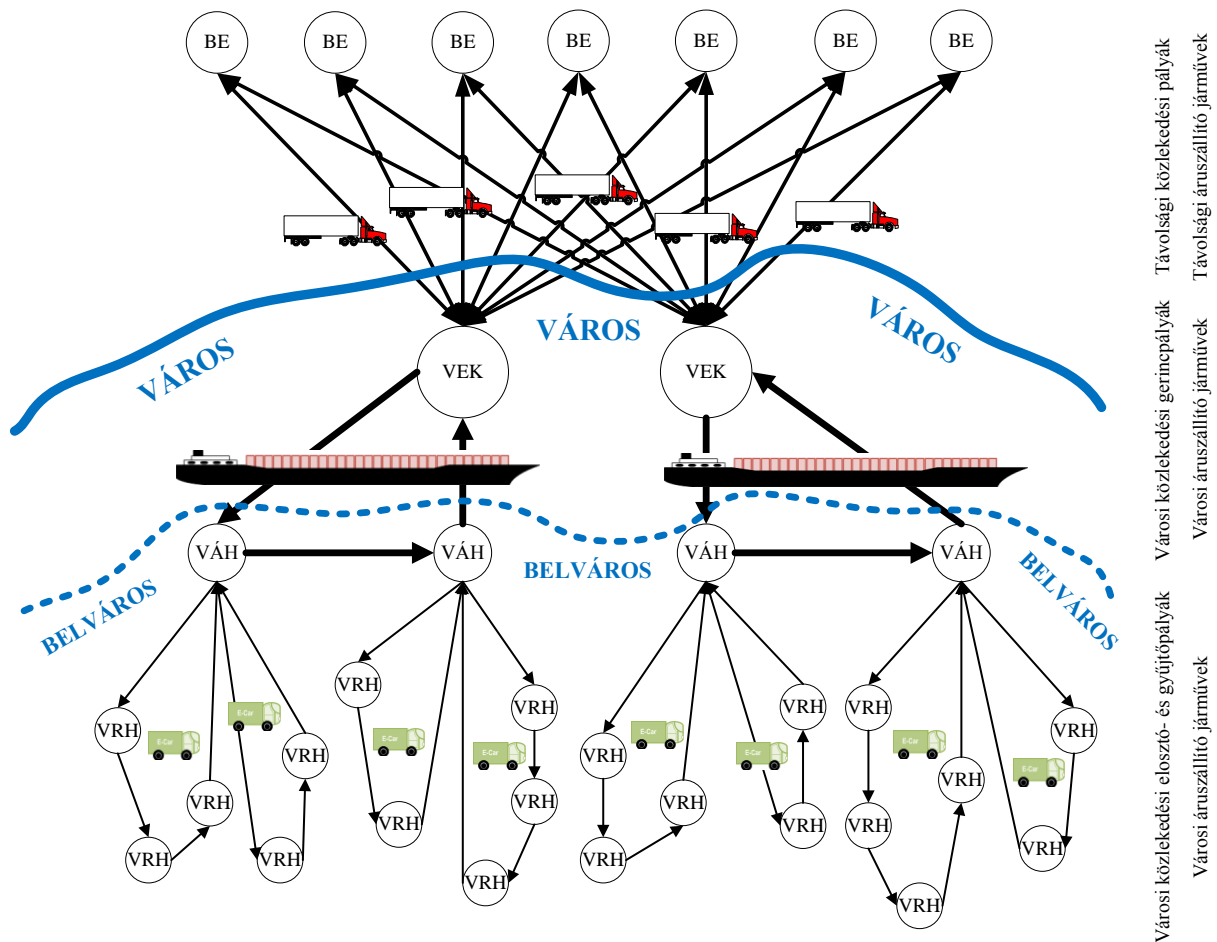
A modellezendő city logisztikai megoldások alapvető közös csomóponti elemei a beszállítók telephelyei (BE), a városi elosztó központok (VEK), a városi átrakóhelyek (VÁH), valamint a városi rakodóhelyek (VRH), amelyek az egyes megoldásokban változó számban

alkalmazhatók és elhelyezkedésük is eltérő lehet. A megoldások további változói az alkalmazott távolsági és városi áruszállítási megoldások (Bóna, 2011:Tranzit/3; Bóna, 2011:Tranzit/4), melyekhez eltérő pálya-jármű kombinációk tartozhatnak. A modellezés során tehát egy hálózatot építünk fel, melyet gráf formájában ábrázolunk (1. táblázat). A modellezési logika előnye, hogy segítségével a jelenlegi helyzet modellezésére is lehetőség nyílik, így egy modellen belül összehasonlítható a jelenlegi és a tervezett állapot.

Rendszerelem	Modellben	Jármű	Feladat
Beszállítók telephelyei (BE)	Csomópontok		Az áruk forrásai
Távolsági közlekedési pályák	Élek	Távolsági áruszállító járművek	Nagymennyiségű homogén áruk városi konszolidációs központba való bejuttatása
Városi elosztó központok (VEK)	Csomópontok		Konszolidáció
Városi közlekedési gerincpályák	Élek	Városi áruszállító járművek	Nagymennyiségű inhomogén áruk átrakóhelyekhez történő eljuttatása
Városi átrakóhelyek (VÁH)	Csomópontok		Gyors átrakás az iránynak megfelelően
Városi közlekedési elosztó- és gyűjtőpályák	Élek	Városi áruszállító járművek	Kismennyiségű inhomogén áruterítés megvalósítása
Városi rakodóhelyek (VRH)	Csomópontok		Nyelők, kapcsolat az igénypontokkal

1. táblázat: A city logisztikai megoldások modellezése (Forrás: saját szerkesztés)

Az 1. ábrán példaképpen bemutatunk egy olyan lehetséges city logisztikai rendszer megoldást, amelynek modellje a fentebb bemutatott elvek alapján került kialakításra. Ebben az elképzelésben Budapest azon előnyös tulajdonságát használjuk ki, hogy a várost keresztülszeli egy olyan víziút (a Duna), amelyet városi közlekedési gerincpályaként használhatunk, és megfelelően kiépített infrastruktúra, valamint városi gerincevonalai áruszállító technológia (pl. speciális városi kiskonténerek, kisteherautók, valamint azok szállítására képes önrakodó cargohajó) alkalmazása esetén alkalmas lehet a nagy mennyiségű inhomogén áruféleségek városi elosztó központoktól városi átrakó helyekhez történő hatékony továbbítására. A bemutatott rendszer megoldásban a konszolidált inhomogén áruféleségek igénypontokhoz történő eljuttatását, valamint göngyölegek, illetve hulladékok visszagyűjtését elektromos kisáru szállító járművek segítségével hajtjuk végre. Az első látásra utópisztikusnak tűnő megoldás valójában komoly realitással bír. Többek között az általunk épített modell adhat választ több olyan kérdésre is, amely megalapozhat számos jövőbeli, az előbb vázolt rendszer pilot szintű megvalósításával kapcsolatos döntést.



1. ábra: Egy Dunán alapuló modellezett city-logisztikai rendszer megoldás (Forrás: saját szerkesztés)

3. Várható hatások

Az egyes változatok közötti különbségek és hatások mértékének összehasonlítása nem egyszerű feladat. Ennek első lépése a vizsgálandó tényezők rendszerezése, amelyek alapvető és meghatározó hatást gyakorolnak a városellátás hatékonyságára. Modellünk a logisztikai költségek vizsgálatára koncentrál, amelyeket a logisztikai teljesítmények alapján vezetünk le. Első lépésben az operáció közeli tényezőkre koncentrálunk, de célunk olyan modell felépítése, amely nyílt, s így későbbiekben további (nem feltétlen operáció közeli) költségek is beépíthetők lesznek. Az egyszerűség kedvéért a rakodással, szállítással és tárolással kapcsolatos költségeket azonosítjuk a modellezett hálózaton. Nem számolunk a beruházási költségekkel, csak a rendszer folyamatos üzemeltetésével kapcsolatos, jellemzően az infrastruktúra, illetve a végrehajtandó feladatok által generált fix és változó költségekkel. Ezekből az összetevőkből állnak össze a 2. táblázatban „C”-vel jelölt költség tényezők, illetve az (1) költségfüggvény. A táblázatban []-vel jelölt tárolási költségek feltételesen

értelmezendők, azaz bizonyos esetekben kell velük számolni (pl. ha az átrakóhelynek tárolási funkciója is van), bizonyos esetekben viszont elhagyhatók (pl. az átrakóhelyen csak rakodási operáció van).

Rendszerelem	Rakodás	Szállítás	Tárolás
Beszállítók telephelyei (BE)	C_h^R		$[C_h^T]$
Távolsági közlekedési pályák		C_{hi}^S	
Városi elosztó központok (VEK)	C_i^R		C_i^T
Városi közlekedési gerincpályák		C_{ij}^S	
Átrakóhelyek (VÁH)	C_j^R		$[C_j^T]$
Városi közlekedési elosztó- és gyűjtőpályák		C_{jk}^S	
Városi rakodóhelyek (VRH)	C_k^R		

2. táblázat: A vizsgált költségek (Forrás: saját szerkesztés)

$$(1) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X \sum_{i=1}^Y C_{hi}^S + \sum_{i=1}^Y (C_i^R + C_i^T) + \sum_{i=1}^Y \sum_{j=1}^Z C_{ij}^S + \sum_{j=1}^Z (C_j^R + [C_j^T]) + \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^V C_{jk}^S + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

A szállítási hálózat oldaláról a szállítási feladatok végrehajtása során menet-, illetve szállítási teljesítmények generálódnak, illetve a költségek számítása során ezek mellett figyelembe vehetők az áruszállítás externális költségei, valamint a szállító járművek üzemeltetésével, a pályahasználattal és a környezetterheléssel kapcsolatos egyéb fix és változó költségek is.

A csomópontokon jelentkező feladatok végrehajtása által generálódó teljesítményszükséglet az árufogadáshoz, a konszolidációhoz (árúk igénypontok és árufeleségek szerinti összecsoportosítása), az egységakompany-képzéshez, a járművek megrakásához, illetve a cross-dockinghoz, valamint az átrakáshoz és célpontokon történő lerakáshoz, továbbá a hulladék és göngyölegkezeléshez köthetők. A rakodási és tárolási költségek számításakor az ezek által, illetve az infrastruktúra használatából eredő fix és változó költségekből célszerű kiindulni.

Fentiekén túl számos egyéb mutatószám vizsgálható, amely az átfutási időkhöz, az infrastruktúra szükségletehez (pl. járműszám, konszolidációs központok, átrakók, rakodóhelyek száma), valamint a rendszerben képződő készletekhez és a megbízhatósághoz is köthetők. Arra vonatkozóan, hogy mely költségtényezők, illetve mutatószámok tekintetében milyen változások várhatók, egyelőre csak előzetes becslések adhatók. A city logisztikai megoldások kapcsán a jelenlegi megoldásokhoz képest a racionalizált szállítási rendszer miatt

várható pl. a szállítási és menetteljesítmények csökkenése, ezáltal a szállítással kapcsolatos költségek, externális költségek, illetve a környezetterheléssel kapcsolatos költségek csökkenése, azonban az összetett rakodási és anyagkezelési műveletek következtében a rakodási, anyagmozgatási költségek, s a raktározási költségek növekedése nem kizárt.

4. Előzetes nagyságrendi számítások

A modell egy esetleges city logisztikai pilot projekt megvalósítását hivatott alátámasztani. A kiszolgálandó terület határa ehhez a Nagykörút és a Duna (ez tartalmazza az egész V. kerületet és a VI., VII., VIII. és IX. kerületek egyes részeit), a köztük lévő térség FMCG üzletei képezik az igénypontokat. Három tervváltozatot (1 db VEK, tiszta közúti szállítás/vasúti ránhordás/vízi ránhordás) mutatunk be az előzetes hatások becsléséhez a legalapvetőbb mutatószám, a menetteljesítmény példáján, mely többek között alapját képezi az externális és szállítási költségeknek. Ennek becslése a következő adatok alapján történt:

- N: igénypontok száma (*termekmix.hu, 2009*);
- h: az igénypontok átlagos távolsága a VEK-től;
Mivel az igénypontok feltételezeten véletlenszerűen, egyenletes eloszlással helyezkednek el a kiszolgált területen, a kiszolgált terület geometriai középpontjának távolsága egy célszerűen megválasztott, déli elhelyezkedésű logisztikai központtól (Csepel Szabadkikötő).
- C: egy jármű maximálisan megengedett megállóinak a száma a rakodási és utazási időktől függően;
- A: a kiszolgált terület nagysága;
- δ : az igénypontok sűrűsége: $\delta=N/A$;
- L: a járművek által összesen megtett úthossz, amely számítandó paraméter.

4.1. Egy városi elosztó központ, közúti szállítás

A tervezett rendszer megoldás központosított elosztására a következő képletet illesztettük (*Robuste et al., 1990*):

$$(2) \quad L = 2h \frac{N}{C} + 0.57N\delta^{-\frac{1}{2}}$$

Tiszta közúti szállítás esetében a számítandó költségek:

$$(3) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X (C_{hi}^S) + C_i^R + C_i^T + \sum_{k=1}^V (C_{ik}^S) + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

4.2. Egy városi elosztó központ, vízi ráhordás

Vízi ráhordás esetében a belvárosi egységek kiszolgálása a városi átrakóhelyekről történik. Módosul a (2) képlet, ugyanis a VEK és VÁH között oda-vissza egyszer kell megtenni az utat, így:

$$(4) \quad L = 2h + 0.57N\delta^{-\frac{1}{2}}$$

4.3. Egy városi elosztó központ, vasúti ráhordás

Vasúti ráhordás esetében HÉV-vel a kiszorgálandó terület déli határán levő VÁH-ig tudjuk szállítani az árukat. A Csepeli Szabadkikötő és a VÁH közti távolság kb. 3 km, melyet szintén elegendő egyszer oda-vissza megtenni. Onnan közúti áruszállító járművek terítik szét az árukat, így ennyivel kevesebbet kell megtenniük minden járat alkalmával. Képlettel kifejezve:

$$(5) \quad L = 2 \cdot 3 + 2(h - 3) \frac{N}{C} + 0.57N\delta^{-\frac{1}{2}}$$

Mind vasúti, mind vízi ráhordás esetén a költségfüggvény:

$$(6) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X (C_{hi}^S) + C_i^R + C_i^T + \sum_{j=1}^Z (C_{ij}^S) + \sum_{j=1}^Z (C_j^R + [C_j^T]) \\ + \sum_{j=1}^Z \sum_{k=1}^V C_{jk}^S + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

4.4. Jelenlegi rendszer

Az összehasonlítás szempontjából elengedhetetlen a város jelenlegi áruellátásának modellezése. A meneteljesítmény meghatározása (Stein, 1978):

$$(7) \quad L = n \cdot 0.75(NA)^{\frac{1}{2}}$$

- N: az egy járművel érintett belvárosi igénypontok száma jelenleg;
- n: a belváros kiszolgálására jelenleg alkalmazott járművek száma.

$$(8) \quad C = \sum_{h=1}^X (C_h^R + [C_h^T]) + \sum_{h=1}^X (C_{hk}^S) + \sum_{k=1}^V C_k^R$$

Számításaink szerint ugyanazt az árumennyiséget egy elosztó központból szétterítve, a mostani, kalkulált úthossz legalább a harmadával lehetne csökkenteni. További megtakarítások érhetőek el, ha a VEK és a városmag közötti utat oda-vissza nem közúton tesszük meg (ezt a (2) egyenletben a $2h N/C$ taggal fejeztük ki), hanem a kiszolgált terület széléig vasúton, egyetlen szerelvényvel, vagy hajóval a kiszolgált terület belsejéig eljutva, a terítést onnan végezve.

A disztribúciós költségek csökkentése a fenti módon elérhető, azonban a VEK-ek készletfeltöltési költségeiről sem szabad megfeledkeznünk. A beszállítóknak ugyanis el kell juttatniuk a termékeiket a VEK-ekbe. Ahhoz, hogy ez ne rontson a rendszer hatékonyságán, a VEK-ek elhelyezkedését egy centrumkeresési problémaként célszerű megoldani. Egyértelműnek látszik, hogy egyetlen, a város külső részén lévő elosztó központ esetében az agglomeráció VEK felőli irányából érkező beszállítóknál érhető el jelentős úthosszcsökkentés. Egyre több konszolidációs központ alkalmazásával egyre jobban lefedhető a terület. A peremkerületeken is hasonló a helyzet. Nyitott kérdés marad viszont a belvárosi telephelyű beszállítók kérdése, azaz, hogy az ő csatlakozásuk mikor éri meg globálisan? Bár hozzá kell tenni, hogy az előzetes felmérések alapján ezeknek száma általában nem jelentős.

5. További feladatok

A logisztikai teljesítményekből származó fajlagos költségek pontosítása talán a legnagyobb kihívás, ami a modell alkalmazását elősegítheti (Nagy, Duma, 2010). A meglévő paraméterek mellett később az externális költségeket is be kell vonni a modellbe, mert a city logisztikai megoldások fontos célja a környezetterhelés csökkentése és az élıhetőség növelése. A modell finomítása során adódó új eredmények rámutathatnak egy adott tervváltozat jóságára, a budapesti áruellátás adott körülményekhez illesztett optimális megoldására.

Köszönetnyilvánítás

A munka szakmai tartalma kapcsolódik a "Minőségorientált, összehangolt oktatási és K+F+I stratégia, valamint működési modell kidolgozása a Műegyetemen" c. projekt szakmai célkitűzéseinek megvalósításához. A projekt megvalósítását az Új Széchenyi Terv TÁMOP-4.2.1/B-09/1/KMR-2010-0002 programja támogatja.

Irodalomjegyzék

- [1] Bóna Krisztián, Bakos András (2011): *Budapesten city logisztika? Lehetséges!* *Logisztikai Híradó*, 2011/2. pp. 18-25., MLBKT, Budapest
- [2] Bóna (2011): *Külföldi városellátási gyakorlatok tapasztalatai a magyarországi nagyvárosokban történő alkalmazhatóság szempontjából*, *Logisztikai Évkönyv*, MLE, Budapest
- [3] Bóna (2011): *Korszerű technológiai megoldások a városközpontok áruellátásának szervezésében - 3. rész*, *Tranzit magazin*, Budapest
- [4] Bóna (2011): *Korszerű technológiai megoldások a városközpontok áruellátásának szervezésében - 4. rész*, *Tranzit magazin*, Budapest
- [5] www.termekmix.hu, 2009-es felmérés
- [6] D. M. Stein (1978): *An asymptotic probabilistic analysis of a routing problem*. *Math. Ops Res.* 3. pp. 89-101., Harvard University, U.S.A.
- [7] F. Robuste, C. F. Daganzo, R. R. Souleyrette (1990): *Implementing vehicle routing models*. *Transportation Res. B* 24B. pp. 263-286., University of California, Berkeley, U.S.A.
- [8] Nagy Piroska, Duma László (2010): *Az elektronikus kereskedelem és a city logisztika – Eltérő eredet, azonos megoldások?* *Logisztikai Híradó* 2010/1. pp. 18-22., MLBKT, Budapest