

Városi koncentrált igénypont-halmazok áruforgalmi zsilipeinek méretezése Budapesten

Dr. Bóna Krisztián*, Róka Ádám**, Sárdi Dávid Lajos***

* Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, tanszékvezető, egyetemi docens (e-mail: krisztian.bona@logisztika.bme.hu)

** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, tanszéki mérnök (e-mail: adam.roka@logisztika.bme.hu)

*** Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, PhD-hallgató (e-mail: david.sardi@logisztika.bme.hu)

Absztrakt: A koncentrált igénypont-halmazok logisztikai rendszereinek vizsgálata kapcsán a BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékén az elmúlt években kidolgoztunk néhány szimulációs modellt, melyek alkalmasnak bizonyultak a rendszer működésének vizsgálatára. Kutatásunk következő lépéseként megkezdtük az új city logisztikai koncepciók elemeinek méretezését is, melynek bemenetül a szimulációs modell kimenetei szolgáltak. A legfontosabb méretezendő elemek a konszolidációs központok, az áruforgalmi zsilipek és a közös rakodók, ezek közül elsőként a zsilipekkel kezdtünk el foglalkozni. Cikkünkben bemutatjuk a méretezés fő szempontjait, menetét, valamint egy bevásárlóközpontra és egy bevásárlóövezetre a lehetséges megoldásokat és azok méretezését.

1. BEVEZETÉS

A BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékének city logisztikai kutatócsoportja számos korábbi városellátáshoz kapcsolódó projekt (Bakos et al., 2012) után 2015 nyarán kezdett el foglalkozni a városi koncentrált igénypont-halmazok city logisztikai rendszereinek kutatásával. Kezdetben a bevásárlóközpontokra koncentráltunk a projekt során, első fontos lépéseként pedig kifejlesztettünk egy olyan standard vizsgálati módszertant (Mészáros et al., 2017), amely segítségével részletesen fel tudunk mérni egy tetszőleges koncentrált igénypont-halmazt és a hozzá tartozó üzletek logisztikai jellemzőit, bemeneti adatokat szolgáltatva modellezési és méretezési feladatokhoz. A vizsgálati módszertan segítségével további két bevásárlóközponttal együtt összesen 327 üzletet sikerült részletesen felmérni, továbbá részletesen felmérésre került a Váci utca bevásárlóövezet is, további 163 üzlet logisztikai jellemzőiről szolgáltatva adatot.

A kapott eredmények és az adatgyűjtés során felmerülő problémák (túl sok beszállítási tranzakció, kisméretű járművekben stb.) miatt úgy gondoltuk, érdemes új, gateway-konceptió alapú city logisztikai megoldások bevezetésével foglalkozni, emiatt kezdtük el a rendszer modellezését (Sárdi és Bóna, 2017). A begyűjtött adatok lehetővé tették a jelenlegi helyzet szimulációs modellezését és összehasonlítását új, innovatív rendszerekkel. Ezt követte a vizsgált rendszerek költségstruktúrájának matematikai leképezése (Bóna et al., 2018), így egy olyan eszközt

(szimulációs modellt kaptunk), amely segítségével a budapesti bevásárlóközpontok jelenlegi áruellátási rendszerét, illetve egy új, konszolidáción alapuló rendszert is meg tudunk vizsgálni és össze tudunk hasonlítani nem csak a teljesítmények, hanem a költségek szempontjából is. A szimulációs vizsgálatok során kapott becslőt adatok azt mutatták, hogy hozzávetőlegesen 25%-kal csökkenthetők a logisztikai költségek az új rendszer alkalmazásával (Bóna és Sárdi, 2018; Sárdi és Bóna, 2019). Ez havi közel 30 millió forintot jelentene csak 3 bevásárlóközpont 178 üzletet vizsgálva. Természetesen nem hanyagolhatjuk el azt sem, hogy az új, konszolidáció alapú rendszer kialakításának komoly beruházási költségei is lennének. E paraméterekkel is kell majd kalkulálni az új koncepciók vizsgálata során, ezért elkezdtük a különböző méretezési problémák rendszerezését. Cikkünkben elsőként bemutatjuk a vizsgált igénypontokat és az új koncepciókban méretezendő rendszerelemeket.

1.1. Városi igénypontok csoportosítása

Koncentrált igénypont-halmazoknak nevezzük azokat az igénypont-halmazokat, ahol viszonylag kis területen sűrűn helyezkednek el üzletek, relatíve nagy áruforgalommal, valamint nagy vásárlóforgalommal. A bevásárlóközpontok, bevásárlóutcák, szupermarketek és piacok, illetve repülőterek vámmentes övezetei is ilyen igénypont-halmazok. Kutatásunk szempontjából a 1. ábrán látható módon két fő csoportba sorolhatjuk a városi igénypontokat. Megkülönböztetünk önálló igénypontokat, valamint több,

önálló igénypontot valamilyen szempont szerint magukba foglaló koncentrált igénypont-halmazokat.



1. ábra: A városi igénypontok fő csoportjai kutatásunk szempontjából

A koncentrált igénypontokon belül további két csoportot különböztetünk meg a koncentrált megvalósulása alapján. A nyílt infrastruktúra esetünkben egy olyan területet jelent, amelynél nem egy vagy több adott épület jelöli ki a koncentrált igénypont-halmaz határait, hanem utcák, terek, kereszteződések (azaz valamilyen közlekedési infrastruktúra) határolják le az igénypont-halmazt (pl. ilyen Budapesten a Váci utca bevásárlóövezet, vagy egy tér által meghatározott szabadtéri piac), és a területen számos kisebb-nagyobb üzlet található. Ezek a leginkább laza szerkezetű koncentrált igénypont-halmazok, esetükben gyakorlatilag egy nyitott városi területen sűrűn elhelyezkedő önálló igénypontokról beszélünk, melyeket az egymáshoz közeli elhelyezkedésük alapján rendelhetünk hozzá egy koncentrált igénypont-halmazhoz.

Zárt infrastruktúra alatt bármely olyan épületet érthetünk, amely koncentrált igénypont-halmazzá fogja össze az önálló igénypontokat. Ilyenek például a bevásárlóközpontok, épületben található piacok, hipermarketek, illetve repülőterek vámmentes övezetei, melyekben szintén számos kisebb-nagyobb üzlet található. Ezek esetében tehát kötöttebb módon, egy épülethez, illetve annak tulajdonosához kötődő kapcsolat révén rendeződnek egy koncentrált igénypont-halmazzá az önálló igénypontok. Néhány budapesti igénypont-halmaz a 2. ábrán látható.



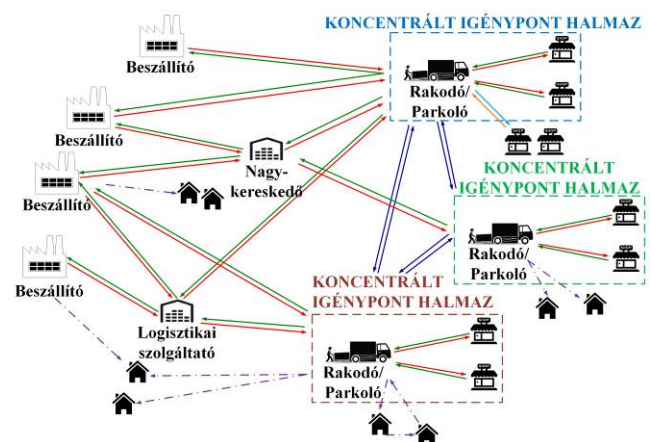
2. ábra: Budapesti koncentrált igénypont-halmazok és kiterjedésük Google Maps-en

A fő különbség tehát a nyílt és zárt infrastruktúrájú igénypont-halmazok között az infrastruktúra (nyílt esetben közúti infrastruktúráról, zárt esetben pedig egy épületről van szó), illetve a térbeli kiterjedés: épület esetén kisebb területre koncentrálnak az üzletek, általában több szinten, nyílt területen pedig egy hosszabb utca mentén helyezkednek el az előbbi ábrán is látható módon. A jól látható különbségek miatt a rendszerlemek méretezése kapcsán is szükséges lesz majd különbséget tennünk a nyílt és zárt infrastruktúra között.

Cikkünk fő tárgya a különböző infrastruktúrájú igénypontokhoz rendelhető áruforgalmi zsilipek méretezése és tervezése lesz (Róka, 2019). Vizsgálódní fogunk Budapest legnagyobb bevásárlóövezete, a Váci utca kapcsán, ahol közel 500 önálló, kereskedelmi tevékenységet folytató üzletről beszélhetünk, amelyek kis területen sűrűn helyezkednek el. Ezzel szembe állítva fogunk vizsgálni egy kisebb budapesti bevásárlóközpontot, mely esetében egy olyan épületről van szó. A következők pontban részletesen bemutatjuk a koncentrált igénypont-halmazok jövőbeli áruellátási rendszereinek legfontosabb méretezendő elemeit.

2. MÉRETEZENDŐ RENDSZERELEMEK BEMUTATÁSA

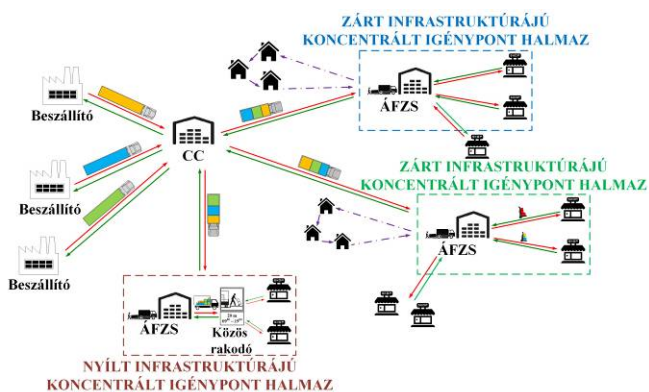
A koncentrált igénypont-halmazok ellátási rendszerében számos különböző vállalat előfordul. Vannak beszállító vállalatok (egyes esetekben már ezek is lehetnek logisztikai szolgáltatók), beszállítást végző vállalatok (logisztikai szolgáltatók; kiscsomagküldő vállalatok, illetve ezek lehetnek azonosak a beszállító vállalatokkal is egyes esetekben). Ezekon kívül megjelennek a koncentrált igénypont-halmazok infrastruktúráját üzemeltető vállalatok, valamint az üzleteket üzemeltető vállalatok, akik lehetnek azonosak a beszállító, illetve a beszállítást végző vállalatokkal is. A kutatás korábbi fázisában végzett vizsgálatok alapján a koncentrált igénypont-halmazokra vonatkozó jelenlegi rendszerstruktúra a 3. ábrán látható.



3. ábra: A koncentrált igénypont-halmazok jelenlegi áruellátási rendszere

A jelenlegi rendszerben is beépülhet logisztikai szolgáltató a beszállítók és az igénypont-halmaz közé, a rendszerben pedig akár ezen az úton is történhetnek az inverz logisztikai tranzakciók (göngyölegkezelés, visszarukezés), egyes esetekben pedig nagykereskedők is megjelennek a rendszerben a beszállítók és az igénypont-halmazok közé ékelődve. A koncentrált igénypont-halmazoknál vegyesen történik az áru fogadása beszállítói udvarokban, kijelölt rakodóhelyeken, parkolóknak, illetve akár az utcán megállva is. A különböző koncentrált igénypont-halmazokon található üzletek között is lehet árumozgás célúvaros vagy körjárat-szerűen megvalósítva. Ezen felül megkülönböztetünk házhozszállítási tranzakciókat is, utóbbiak szintén lehetnek célúvaros vagy körjáratos szervezésűek is (Sárdi és Bóna, 2017).

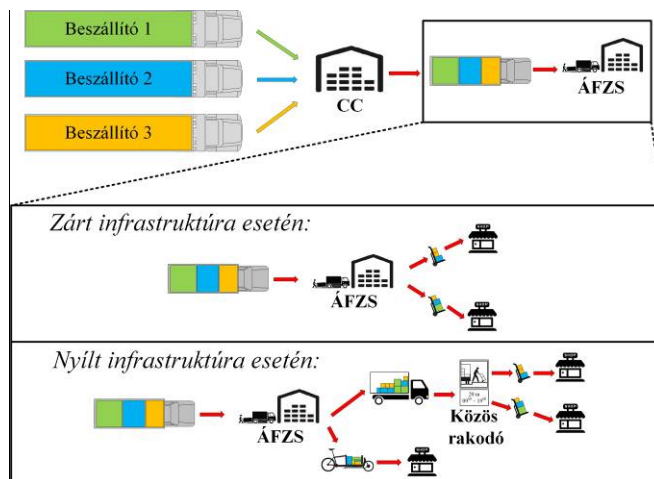
A jövőbeli rendszerek esetében szükséges megkülönböztetni a zárt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazokat (esetünkben elsősorban bevásárlóközpontokat, mivel ezekkel kapcsolatosan ismerünk részletes adatokat a méretezéshez) és nyílt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazokat (esetünkben elsősorban bevásárlóövezeteket), mivel más jellegű megoldásokra van szükség a két esetben. A koncentrált igénypont-halmazok áruellátása a jövőbeli új rendszerekben konszolidációs központból (az ábrán CC-vel jelölve) történne, ide szállítanának a beszállítók és onnan szállítanák az árukat az igénypont-halmazokhoz tartozó áruforgalmi zsilipekbe. Az áruforgalmi zsilipbe (az ábrán ÁFZS-vel jelölve) beérkező áruk akár azonnal továbbszállításra kerülhetnek az üzletekhez vagy az üzletek raktárjaiba, azonban annak a valószínűsége is fennáll, hogy az árucikkeket biztonságos, ellenőrzött körülmények között itt tárolják rövidebb ideig (fél-egy napig, de jellemzően nem tovább, mert ezek a rendszeres elemek cross docking raktárként működnek). Nyílt infrastruktúra esetén az üzletek távolsága miatt az árukat a zsilipből (vagy zsilipekből) általában először egy közös rakodóra szállítanák (de elképzelhető közeli üzletek esetén közvetlen kiszolgálás is a zsilipből, a zárt infrastruktúrájú igénypont-halmazokhoz hasonlóan). Ezt követően az áruk a kijelölt rakodókról juthatnak el az üzletekhez vagy az üzletek raktárjaiba. Ez a rendszerkonceptió a 4. ábrán látható, ahol a beszállítások is megjelennek, külön színnel jelölve az egyes beszállítók által szállított árucikkeket.



4. ábra: A koncentrált igénypont-halmazok lehetséges új áruellátási rendszere

A felvázolt rendszermodellben csak egy konszolidációs központ látható, de akár több konszolidációs központ kiépítése is szükséges lehet a koncentrált igénypont-halmazok igényeitől függően. A fenti ábrán látható rendszer az áruellátási rendszerét tekintve alapvetően célúvaros kialakítású a várható nagy szállítandó volumenek miatt. A konszolidációs központból egyesével szolgáljuk ki az egyes koncentrált igénypont-halmazokat (vagy azok valamilyen területi alapon szegmentált részeit). A konszolidációs központok és a koncentrált igényponti üzletek közötti folyamatokért minden új rendszerkonceptióban egy city logisztikai szolgáltató felelős.

A vizsgált új rendszerkonceptióban a beszállítók nem saját hatáskörben szervezik a városban található üzletek ellátását saját járművek alkalmazásával, hanem csak a zónahatáron található konszolidációs központig szállítják be az árukat. A konszolidációs központban lehet tárolni, kommissiózni, konszolidálni az árukat, ahonnan később kisebb (lehetőleg környezetbarát) járművek (vagy esetleg nagyobb mennyiséget szállítani képes kötétt pályás vagy vízi eszközök) viszik tovább az összekészített árukat a belső városrészekben telepített áruforgalmi zsilipekbe az 5. ábrán látható folyamat szerint. A zsilipek átvesszik a beszállítói udvarok, rámpák, illetve részben a közös rakodók helyét és funkcióját is. Az ábra jól mutatja a nyílt és zárt infrastruktúra közötti különbséget is, látható, hogy utóbbi esetében több lépcsőben is történhet az áru kezelése.



5. ábra: Áruellátási folyamat a koncentrált igénypont-halmazok lehetséges új áruellátási rendszerében

Láthatjuk, hogy három fő rendszeres elem van, melynek méretezését vizsgálni kell, ezek adják meg az új rendszerek három fő lépcsőjét: a közös rakodókat, az áruforgalmi zsilipeket és a konszolidációs központokat, ezeket kell méreteznünk.

Budapesten körülbelül 500 közös (koncentrált) rakodóhelyet különböztethetünk meg, e rakodóhelyeket több önálló

igénypont beszállítói is közösen használják. A nagy szám ellenére a rakodóhelyek működése a tapasztalatok alapján nem megfelelő. A probléma egyik fő forrása, hogy az áruszállító járművek általában csúcsidőben, egyszerre érkeznek, az esti és a hajnali órák pedig nagyon kihasználatlanok. Ezzel szemben csak a reggeli órákban hatszor annyi jármű fordul meg, mint hajnalban és este összesen, az éjszakai szállítás mértéke pedig elhanyagolható (Büki et al., 2018). További probléma, hogy csak az egyes szolgáltatók diszpécseri irányítják a saját járműiket, a többi esetben szervezetlen az áruszállítás, így sok esetben a forgalmat zavarva, szabálytalanul megállva megy végbe a rakodás, mint az a 6. ábra példáján is látható.



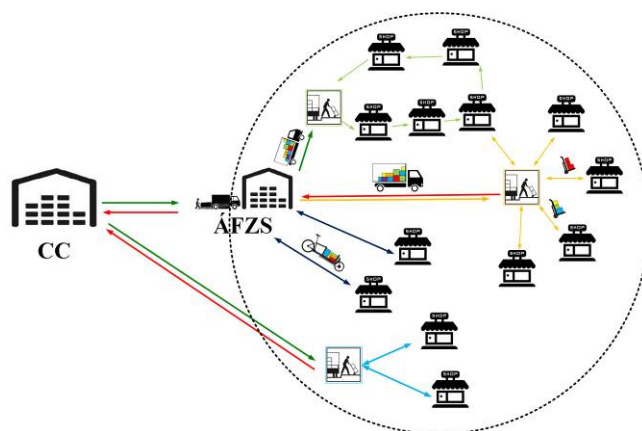
6. ábra: Járdán történő rakodás a Váci utca bevásárlóövezetben

Az említett problémák miatt fontos feladat a közös rakodók rendszerének újragondolása, illetve optimalizálása, ez lényegében egy többkörzetes centrumkeresési feladat lesz. Fontos tényezők lesznek a méretezés kapcsán az üzletektől vett távolság, a napi árumennyiségek (és azok szórása), a beszállító járművek méretei, beszállítási időszakok, rakodási és adminisztrációs idők, valamint a kezelendő visszaruk és göngyölegek paraméterei. Ezt a feladatot egyfelől gráfelméleti úton közelíthetjük meg, valamint szükség lesz tömegkiszolgálási modellekre és szimulációra is.

Szintén foglalkozni kell majd új rendszerek esetén az áruforgalmi zsilipek kialakításával. A jelenlegi áruellátási rendszerben nem található áruforgalmi zsilipek, csak zsilipszerű, jelenleg nem akként funkcionál, de a jövőben átalakítható magán rakodók (nyílt rendszerek esetén) vagy beszállítói udvarok (zárt rendszerek esetén), továbbá a városi barnamezős területek (pl. városi foghíjtelkek) is felhasználhatók ilyen célokra. A barnamezős terület az a hely, amelyet előzőleg használtak már többnyire ipari célokra, de jelenleg elhagyott, vagy kevésbé hasznosított; feltárt vagy feltételezett szennyezettség terheli. Ezek a területek többnyire városok ipari területein található, de előfordulnak lakóövezetekben is kisebb barnamezős területek is. A zsilipek helyzete kapcsán fontos tényezők a különböző behajtási szabályozások. Amennyiben a vizsgált körzetbe (pl. a Váci utca bevásárlóövezet egy adott területére) behajthatnak a nagyobb méretű áruszállító járművek, úgy a zsilip a kiszolgálandó körzet belsejébe kerülhet, amennyiben

pedig nem hajthatnak be, a zsilip a körzet határára kerül a 7. ábra példáján látható módon.

Az áruforgalmi zsilipekkel szemben támasztott legfontosabb követelmény, hogy biztonságos módon le tudják bonyolítani a last-mile kiszállítást végző járművekre való átrakást, cross-docking jelleggel. A zsilipek pozíciójának meghatározása egy többkörzetes, kötött telephely alapú centrumkeresési probléma lesz. A zsilip méretezése során számos fontos szempontot kell figyelembe venni. Ismerni kell a napi árumennyiséget, a beszállító és kiszállító járművek paramétereit, a beszállítási és kiszállítási időszakokat, rakodási időket, göngyölegkezelési paramétereket, visszarukezési igényeket, a cross docking jelleggel tárolandó mennyiségeket, a házhozzállítási igényeket, az anyagmozgatási technológiákat és egyéb speciális igényeket is.



7. ábra: Városi körzet határán elhelyezkedő áruforgalmi zsilip

A zsilipek esetén fontos méretezési feladat lesz a terület nagyságának meghatározása, ehhez pedig kritikus a szükséges be-, illetve kifelé menő járművek számára a rakodóhelyek számának meghatározása, amelyet tömegkiszolgálási modellek alkalmazásával tudunk megoldani. Ugyanilyen modellek segítségével méretezni kell majd a közös rakodók kapacitását és méretét is. További kezelendő feladat lesz a közlekedési hálózatba való bekötés megtervezése és a humán erőforrás igény meghatározása is, mivel zsilipek esetén szükség van a felügyeletet és a rakodási feladatokat ellátó személyzetre is. Lényegében az egyes zsilipek által kiszolgált körzetek számának és területének meghatározásához egy több ismeretlenes egyenletet lesz szükséges kezelni.

A tervezett gateway-konceptió alapú city logisztikai rendszer legnagyobb méretű megtervezendő és ezáltal várhatóan a legnagyobb beruházási költségű elemei a konszolidációs központok lesznek. A felmerülő igények függvényében elképzelhető, hogy több központ telepítése lesz szükséges a rendszer kifogástalan működéshez, a teljesítmények és üzemeltetési költségek optimalizálásához. A rendszer kialakításától függően a központok helye lehet a város (vagy városi zóna) határán vagy a város belső körgyűrűin azok jó közlekedési kapcsolatai miatt. Olyan területet kell majd

számukra keresni, amelyhez megfelelő költséggel hozzá lehet jutni (ez nagy területknél szignifikáns tényező lehet), több közlekedési alágazat igénybevételével is elérhető (közút mellett vasúton, és akár vízen is) és ahol van elég hely a szükséges infrastruktúra kiépítésére. Példaként a chicagói Hanson Logistics konszolidációs központja látható a 8. ábrán, jól látszik, hogy egy ilyen létesítménynek jelentős a területigénye.



8. ábra: Hanson Logistics konszolidációs központ, Chicago (Hanson Logistics, 2017)

Budapest esetében az M0-ás körgyűrű vagy a Hungária körút vonala lehetne megfelelő hely egy konszolidációs központ telepítésre attól függően, hogy külső vagy belső gyűrű mentén szeretnénk elhelyezni. Utóbbi útvonal mentén számos barnamezős terület található (pl. az egykori Józsefvárosi piac területe), melyek alkalmasak lehetnek city logisztikai célokra (Losonczy, 2013). Adatgyűjtésünk alapján üzletenként napi hozzávetőlegesen 0,7 beszállítás történik egy átlagos üzletbe, 178 üzlet részletes adatait vizsgálva pedig várhatóan havi több, mint 1.300 tonna árut szállítunk be szimulációs futtatások alapján, ez napi 0,25 tonna árut jelent üzletenként. Mivel a koncentrált igénypont-halmazokban nagyszámú üzlet található, sok beszállítással, valamint a beszállított volumen is jelentős, így az áruforgalmi zsilipeket a konszolidációs központból valószínűleg célfuvaros megoldással lesz érdemes kiszolgálni. Még több igénypont-halmaz kiszolgálása esetén ez a mennyiség még sokszorosára nőhet (csak 32 budapesti bevásárlóközpontban hozzávetőlegesen 3500 üzlet található, a Váci utca bevásárlóövezetben pedig további több, mint 500 üzlet).

A konszolidációs központok méretezése során egy részben kötött telephelyű, korlátos kapacitású többkörzetes centrumkeresési problémát kell majd megoldani, hogy megkapjuk a központok helyeit, illetve azt is meg kell majd határozni, hogy ezen telephelyek mekkora városi területet szolgáljanak ki. A részben kötött telephely nyomvonalát érdemes a vasút és közút, illetve vízi út találkozási szakasza mentén kijelölni (így ezek adják meg a kötöttséget), így figyelembe véve a közúti és vasúti, illetve akár a folyami kapcsolódási pontokat is, kihasználva a különböző közlekedési alágazatok lehetőségeket. Valószínűsíthető, hogy az optimális megoldástól el kell majd térni és hozzá közeli szabad területet kell választani, mivel ezeknek az objektumoknak jelentős területigénye is van.

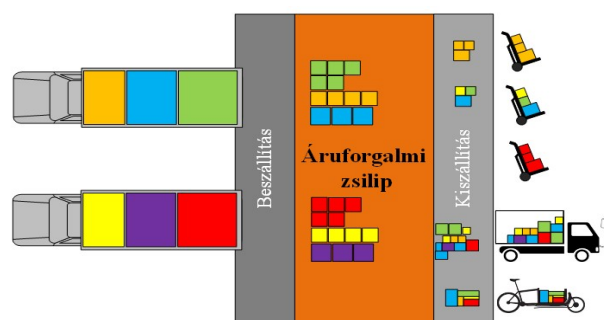
A konszolidációs központok méretének és kapacitásának meghatározása is egy fontos méretezési feladat lesz, amit szintén egy sok ismeretlenes egyenlet fog megadni a tervezés

során. A legfontosabb figyelembe veendő tényezők a napi és havi árumennyiségek, a tárolási kapacitás szükséges nagysága (figyelembe véve a készletezési logikákat), a be- és kihaladó járművek típusa és mérete, a napi forgalom nagysága, a különböző technológiai megoldások paraméterei (pl. automatizálás foka) és a hozzá tartozó szükséges humán erőforrásigény lesznek. Ugyanúgy, ahogy az áruforgalmi zsilipek esetén, itt is méretezni kell majd a rakodóhelyek számát mind a kiáramló, mind a beáramló járművek számára tömegkiszolgálási modellekkel, illetve a központ közlekedési hálózatba való bekötésének megtervezése is fontos tervezési feladat lesz. Kiemelendő, hogy mind Budapest Városfejlesztési Konceptiója (Budapest Főváros Önkormányzat, 2011), mind pedig a Balázs Mór Terv (BKK, 2014) nagy fontosságot tulajdonít a konszolidációs központoknak a city logisztikai rendszerekben.

Ebben a cikkünkben a három fő méretezendő rendszerelemből az áruforgalmi zsilipekkel kapcsolatosan fogunk részletesebben vizsgálni.

3. ÁRUFORGALMI ZSILIFEK KIALAKÍTÁSI LEHETŐSÉGEI BUDAPESTEN

Új szervezésű city logisztikai rendszerekben akár konszolidációs központok nélkül is működhetnek már a zsilipek (ilyen módon működnek napjainkban Budapest magán rakodói), elősegítve ezzel az áru eljutását az üzletekbe, biztonságos módon, ellenőrzött körülmények között. Természetesen a rendszer hatékonysága a konszolidációs központ megépítése után jóval nagyobb lesz, a különböző tehergépjárművek ekkor már a konszolidációs központból indulhatnak és a konszolidált árukkal érkeznek meg az áruforgalmi zsilipekbe, ahol megtörténhet az áruk igény szerinti további szortírozása (ld. 9. ábra, egy nyílt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmaz esetén).



9. ábra: Áruforgalmi zsilip fő elemei és feladatai

A zsilipek létesítésének helye egy több körzetes, kötött telephely alapú centrumkeresési probléma megoldásaként adódik. Zárt infrastruktúra esetében a beszállítói rámpák lesznek átalakítva, mivel maga az épület adott, új épületek építése esetén viszont szükséges lesz city logisztikai szempontokat is figyelembe véve optimális kialakítású zsilipeket tervezni. Zárt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazok esetében az árukat az üzletekbe lehet szállítani közvetlenül kézi anyagmozgató eszközökkel, vagy akár közvetett módon az üzlethez tartozó raktárban történő

átmeneti tárolás után is. Adott esetben a környék többi üzlete is kiszolgálható lehet egy zárt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmaz áruforgalmi zsilipjéből, illetve üzletek közötti szállítások is lebonyolíthatók lesznek innen. Kiemelendő, hogy az épített áruforgalmi zsilipek korábban már említett készletezési funkciója erősen megkérdőjelezhető, mivel jellemzően nem áll rendelkezésre megfelelő nagyságú terület, valamint megfelelő infrastruktúra telepítése nehezen lenne megvalósítható pl. a bevásárlóközpontok beszállítói udvarainak jelenlegi kialakítása mellett. Nyílt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazok esetén a kiszállítandó árucikkek átkerülhetnek egy kisebb zéró emissziós járműre, amelyekkel körjáratosan kiszolgálhatják a környező üzleteket. Azon területekre, ahová nem hajthatnak be a gépkocsik, ott az üzletek kiszolgálása áruszállító kerékpárokkal történhet meg.

Abban az esetben, hogy ha egy adott városi területen (koncentrált igénypont-halmaz területén vagy egyéb, önálló igénypontokat tartalmazó területen) nem telepíthető egyáltalán épület ilyen célra, akkor a mozgó raktárokat tudunk zsilipként alkalmazni (Sárdi és Bóna, 2018), ekkor a zsilip egy intermodális egység (konténer vagy csereszekrény) lesz. Ebben a koncepcióban az intermodális egységet 1-2 napi árumennyiséggel a konzolidációs központban készítik össze, és az adott időtávra vonatkozó centrumkeresési probléma megoldásával határozzák meg azt a pozíciót (azt a kijelölt területet), ahol átmenetileg zsilipként fog funkcionálni ez az egység. Mindez egy dinamikus, gyorsan alkalmazkodó hálózatot hoz létre, a problémát pedig dinamikus centrumkeresési problémaként lehet megoldani.

Az áruforgalmi zsilipek úgynevezett cross docking típusú raktárak. A cross docking kifejezés jelentése a készlet nélküli raktározás, ezek a szokványos raktárépületeknél jóval alacsonyabb belmagasságúak. A raktár két szemben lévő falán csak kapuk állnak, annak érdekében, hogy minél több irányba szortírozhasák szét az árut a be- és kiszállító járművek között. Kiemelendő, hogy a koncentrált igénypont-halmazok jelenlegi áruellátási rendszerében nem található ilyen funkcióval rendelkező elemek. A legáltalánosabb esetekben a cross docking raktárak kialakítása „I” alakú, de a terület korlátossága és a szükséges kapuszám miatt többféle alakzatban is kialakításra kerülhetnek ilyen cross docking raktárak (Bartholdi és Gue, 2004). Budapest esetén vizsgálódva, a telepítendő áruforgalmi zsilipek kis része lehetne csak szokványos „I” alakú C-D raktár. A kialakítandó zsilipek nagyobb része nem tudná ezt a formát felvenni, mert a helyszínek különböző korlátosságai miatt ez nem megoldható, hogy az épület két oldalára álljanak be a ki-, illetve beszállító járművek. A 10. ábrán látható egy jelenleg is működő példa egy olyan zsilipjellegű magán rakodóra, amelynek be- és kijárata is ugyanarra az oldalra (útszakaszra) nyílik. A kiépítendő áruforgalmi zsilipeket akár az ilyesféle magán rakodó épületek átalakításával is létrehozhatjuk, például a Váci utca bevásárlóövezet területén összesen 11 magán rakodó található, így ezek számos lehetőséget nyújthatnak számunkra. Ezen magán rakodók működtetőin is múlik, hogy egy új rendszer esetén átvennék-e a zsilipek

szerepét, illetve anyagi ráfordításokkal átalakítanak-e a rakodóikat. A magán rakodók átalakítása mellett akár a városi barnamezős területeken is ki lehetne alakítani a zsilipeket. Az ilyen területek számos fontos, egyedi jellemzővel rendelkeznek, melyeket vizsgálni kell egy zsilip kialakítása során: jelenlegi állapotuk, áruforgalmi zsilip létesítésére való alkalmasságuk, jelenlegi funkciójuk, területük, orientációjuk és a közúti és kötőtpályás hálózat fő szakaszaitól vett távolságuk is fontos paraméterek. A részletesen felmért Váci utca bevásárlóövezet déli területén 3 barnamezős terület található, ezek közül egy tűnik igazán alkalmasnak zsilip telepítésére mérete, elhelyezkedése és állapota alapján (Büki et al. 2018).



10. ábra: Magán zsilip a Váci utca bevásárlóövezetben

A zárt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazok esetén, azon belül is elsősorban a bevásárlóközpontokban a zsilipek kialakítási lehetőségei korlátozottabbak, mint az előbb bemutatott bevásárlóövezet esetében. Ezeknél az épületben lévő beszállítói udvarok, rámpák kerülhetnek átalakításra (egy ilyen látható a 11. ábrán). Itt fontos kérdés lesz, hogy az egyes, alapvetően már adott méretű zsilipek mekkora árumennyiséget tudnak átengedni egy nap és így mennyi lesz az átépítendő rámpák száma. Ugyanezek a kérdések értelemszerűen a magán rakodók esetén is felmerülnek. Természetesen új építésű zsilipek esetén nem kell ezekkel a kérdésekkel foglalkozni, mivel már az új épület tervezése során figyelembe vehetők a különböző city logisztikai szempontból fontos tényezők.



11. ábra: Beszállítói udvar (rámpa) egy budapesti bevásárlóközpontban

A következő fejezetben részletesen bemutatjuk a különböző kialakítású áruforgalmi zsilipek méretezését egy bevásárlóközpontra és egy bevásárlóövezet adott zónájára.

4. KONCENTRÁLT IGÉNYPONT-HALMAZOKAT ELLÁTÓ ÁRUFORGALMI ZSILIFEK MÉRETEZÉSE

A nyílt és zárt infrastruktúra esetén is hasonló gondolatmeneten alapszik a méretezés. A korábbiakban már ismertettük a fő méretezési szempontokat, ebben a pontban az ezen szempontok alapján végrehajtott méretezés menetét és főbb eredményeit ismertetjük egy bevásárlóközpont és egy bevásárlóövezeti zóna példáján. Minden egyes áruforgalmi zsilip esetén tehát az adott zsilip pozíciója, mérete (kiszolgáló terület, árukiadó és árufogadó terület) és a kiszolgált terület nagysága egy-egy többkörzetes, kötött telephely alapú centrumkeresési probléma megoldásaként fog adódni. Áruforgalmi zsilip létesítésére két fő megoldás képzelhető el: zárt épület alkalmazása vagy zsilip létesítése nyitott területen. Kiemelendő, hogy zárt épületet alkalmazó megoldás esetében az anyagmozgatás technológiája eltér a nyílt területet és így célszerűen intermodális egységeket alkalmazó megoldástól. Utóbbi esetén speciális konténereket mozgatni tudó járművek szükségesek lesznek a city logisztikai rendszerben.

A továbbiakban elsőként egy budapesti bevásárlóközpont áruforgalmi zsilipének méretezését mutatjuk be, utána pedig rátérünk a Váci utca bevásárlóövezet egy részterületének vizsgálatára.

4.1. Bevásárlóközpont áruforgalmi zsilipének méretezése

A méretezéshez egy kisebb méretű budapesti bevásárlóközpont példáját választottuk, ennek 35 üzletét vizsgáltuk, mivel ezekkel kapcsolatban álltak rendelkezésünkre részletes adatok (Mészáros et al., 2017). A kiválasztott bevásárlóközpont esetén az áruforgalmi zsilip lehetséges helye és maximális mérete már adott volt a meglévő épületben, számossága kérdéses. A vizsgált bevásárlóközpont két beszállítói udvarral rendelkezik, amelyek közül végül csak a nagyobb, az esetek jelenleg több, mint 90%-ában használt beszállítói udvar került átalakításra a megoldás során.

A konszolidációs központtól beérkező áruk számára egységes járműparkot határoztunk meg a méretezéshez a korábbiakban kidolgozott szimulációs modellünk (Sárdi és Bóna, 2017) segítségével. A beszállító járműveknek háromféle lehetséges ösztömögű tehergépkocsit (3,5 t; 7,5 t; 12 t) modelleztünk az aktuálisan jellemző méreteket és a behajtási lehetőségeket figyelembe véve, a három megoldást pedig 11 különböző paraméter szerint az AHP (Analytic Hierarchy Process) multikritériumos elemző módszer (Saaty, 1990) segítségével hasonlítottunk össze. Ezt a 11 szempontot négy különböző szintre bontottuk, majd a páros összehasonlítás után a 12 tonnás járművet alkalmazó tervváltozat bizonyult a legjobbnak. Ezzel a járműtípussal napi 3 beszállítás lenne szükséges a vizsgált bevásárlóközpontba, az egyes járművek átlagos kihasználtsága pedig 71% lenne.

Ezt követően a kiválasztott járműtípus darabszámával és kapacitásával kalkulálva tömegkiszolgálási (sorbanállási) modellt alkalmazva számítottuk ki a rakodóhelyek szükséges számát. A tervezés során exponenciális eloszlást (azaz a lehető legrosszabb esetet) feltételeztünk. A számítások alapján a szükséges kapuszám 2 lesz a vizsgált bevásárlóközpontra (98,98%-os megbízhatósággal, az exponenciális eloszlás szerint várhatóan napi 3 éjszakai beszállítással).

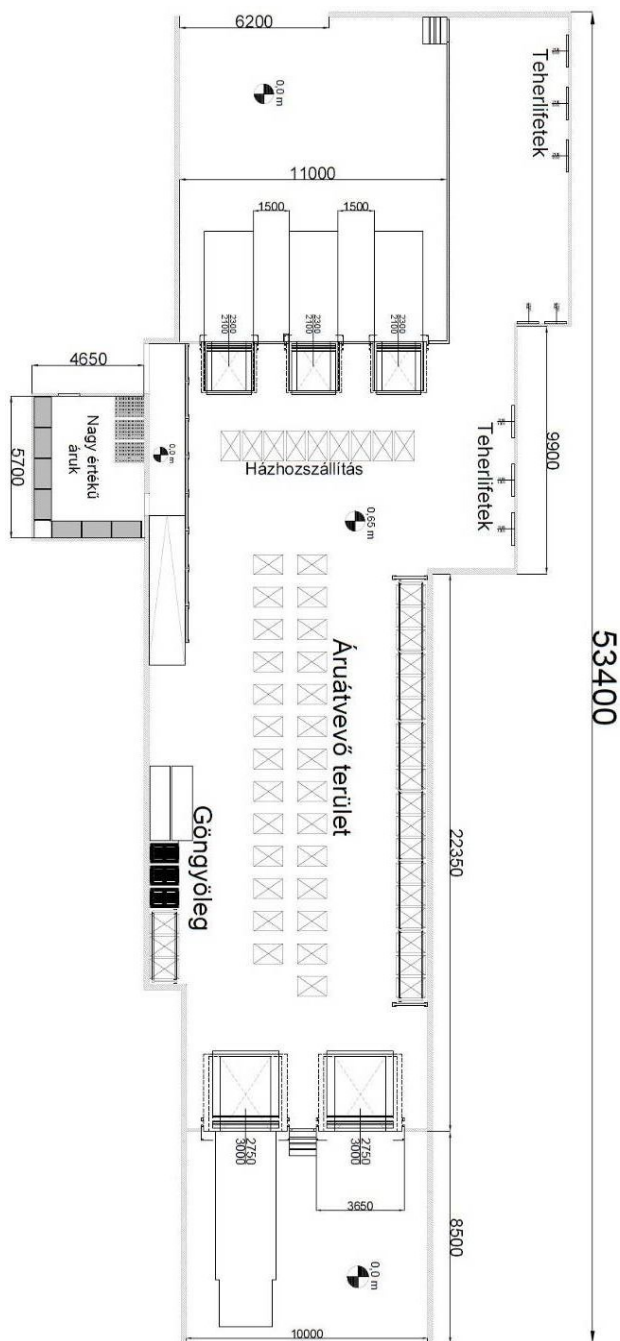
A beszállított árumennyiség jelentős része a bevásárlóközpont üzleteibe érkezik, de ezen felül nem hanyagolható el a házhoz szállítandó áruk mennyisége sem. A kiválasztott bevásárlóközpont esetében a válaszadók több, mint 40%-a végez házhozszállítást, az összes eladott árukhoz képest pedig a házhoz szállított áruk átlagosan 7%-ot tesznek ki, ez még nem nagy mennyiség, de ahhoz elég, hogy érdemes legyen foglalkozni a házhozszállítással is a méretezés során. Az új rendszerben ezek az áruk már összekészítve érkeznek a konszolidációs központból az áruforgalmi zsilipbe, ahol az általunk vizsgált koncepcióban éjszakai átrakás után nappal indulhatnak a terítő körjáratok (Sárdi és Bóna, 2019). A szimulációs kísérletek eredményei alapján naponta maximum 5 darab Nissan eNV-200-as elektromos kitehergépkocsira (Nissan, 2018) van szükség (ezzel a típussal vizsgáloztunk modellszerűen), ezek kezeléséhez 3 darab dokkolókapu lesz szükséges a tömegkiszolgálási modellek használatával kapott eredmények alapján. A kapuszám meghatározásának menete az 1. táblázatban látható erre az esetre, a többi esetben is hasonló módon jártunk el. A táblázatban P_0 jelenti annak valószínűségét, hogy nincs igény a rendszerben, P_n annak valószínűségét, hogy n db igény van a rendszerben, P_v a várakozás valószínűsége, L_s az aktuálisan a rendszerben lévő igények várható száma, L_v pedig a várakozó sor várható hossza. Ezekon felül t_s lesz a várható kiszolgálási idő, t_v a várható várakozási idő, $P(t_v < t_{v,max})$ pedig annak valószínűsége, hogy a megadott maximum 15 percnél kevesebbet kell várakozni, ezt akartuk 95%-nál nagyobb valószínűségre beállítani a sorbanállási modell alkalmazásával.

1. táblázat: A kiszállítás oldali kapuszám meghatározása a vizsgált budapesti bevásárlóközpontba, sorbanállási módszer alkalmazásával

	1 kapu	2 kapu	3 kapu
P_0	37%	47%	48%
P_n	27%	34%	35%
P_v	100%	19%	4%
L_s [db]	3,42	0,84	0,74
L_v [db]	2,69	0,11	0,01
t_s [h]	5,47	1,35	1,19
t_v [h]	4,31	0,18	0,02
$P(t_v < t_{v,max})$	5,64%	85,16%	97,48%

A beérkező áruk és a konszolidációs központba visszaáramló göngyölegek mennyiségét a szimulációs modelltől már

ismerve készítettük el a 12. ábrán látható lehetséges tervváltozatot. Ebben a koncepcióban a jelenleg átmenő jellegű beszállítói udvar megszűnik (jelenleg az egyik oldalon behajtó járművek lerakodás után a másik oldalon hajtanak ki), a régi rakodóhelyek helyére egy új emeltszintű rakodó kerül. Értelemszerűen egy ilyen koncepció hatással lesz a környező utcák forgalmi rendjére is, így annak átalakítása is egy fontos feladat lehet a tervezés során.



12. ábra: Egy kisméretű budapesti bevásárlóközpontot kiszolgáló áruforgalmi zsilip tervrajza

Az aktuálisan vizsgált koncepcióban az áru speciális rácsos raklapokon érkezik be, ezeknek biztosított az árufogadó

terület, innen pedig átkerülhetnek a raklapok soros állványokba (BITO, 2017) átmeneti tárolásra (ezeket raktártervezési módszerekkel méreteztük), vagy egyből a 8 létesített teherlift egyikén az üzlet felé is mozgathatók az áruk. A raklapok mozgatása minden esetben kézi vagy gépi targoncával történhet meg, ezek darabszámát pedig az AIM-módszer alkalmazásával határoztuk meg, 1-1 darabra van szükség belőlük.

A vizsgált bevásárlóközpont esetén a teljes átépítés költsége kis mértékben meghaladná a 125 millió forintot. Ezekre a költségeken felül a járművek árával is kell kalkulálni, a beszállítást végző három dízelüzemű jármű ára körülbelül 39 millió forint lenne. Fontosnak tartjuk kiemelni, hogy a járművek nem csak ezt az egy áruforgalmi zsilipet szolgálhatják ki az új rendszerben, így ezzel a költségelem nem része a zsilip közvetlen beruházási költségének, viszont rendszerszinten értelemszerűen számolni kell vele. Ezzel szemben a kiszállító járművek már csak ehhez a zsiliphez tartoznak a modellezett koncepcióban, a tiszta elektromos járművek egységára 11,5 millió forint, amelyből öt darab szükséges. A házhozszállítást végző elektromos járművekkel a rendszer beruházási költsége megközelíti a 183 millió forintot.

A zsilip jelenlegi befogadó- és áteresztőképessége bőven elég a kísérletben szereplő 35 üzlet ellátására, ekkora árumennyiségénél az egy darab szükséges targonca kihasználtsága még csak 40% lenne. A tárolókapacitást, az anyagmozgató gépek leterheltségét és a dokkolókapuk számát figyelembe véve érzékenységvizsgálatokat is végeztünk, azt vizsgálva, hogy mekkora mértékben nőhet meg az egy nap alatt átáramló árumennyiség nagysága. Figyelembe kell venni, hogy az áruforgalmi zsilip lehet akár a bevásárlóközpont szűk keresztmetsze is, így a maximális növekedés, amit el lehet érni, 175 %-os. Ezzel a növekedéssel az anyagmozgató gépek száma nem változik, a tárolási kapacitás elegendő, a beérkező forgalom számára a dokkolókapuk száma kettő marad. Ekkora mennyiségénél a kimenő oldal kapuszáma háromról négyre változna, de a sorbanállási modellt a lehető legrosszabb esetet feltételezve készítettük el.

4.2. Bevásárlóövezet áruforgalmi zsilipének méretezése

Egy budapesti bevásárlóközpont vizsgálata után elkezdtünk egy bevásárlóövezet kapcsán is vizsgálni. A vizsgált budapesti Váci utca bevásárlóövezet nagysága miatt több részre osztottuk, a teljes déli területre elkészítendő szimulációs modell robusztussága miatt pedig csak egy lehatárolt részre készítettük el a jelen, illetve jövő állapothoz tartozó modellt. Az újonnan telepítendő áruforgalmi zsilip helyét három különböző méretű és helyzetű barnamezős terület közül tudtuk kiválasztani (Büki et al, 2018). A választott barnamezős terület a Bástya utcai parkoló lett, mivel ennek a legnagyobb a mérete és a legjobb az állapota. A jelenleg parkolóként üzemelő terület 1239 m² alapterületű, 21 méter szélességű és 59 méter hosszban helyezkedik el. A méretezéshez intuitív módon kijelöltük azokat az üzleteket,

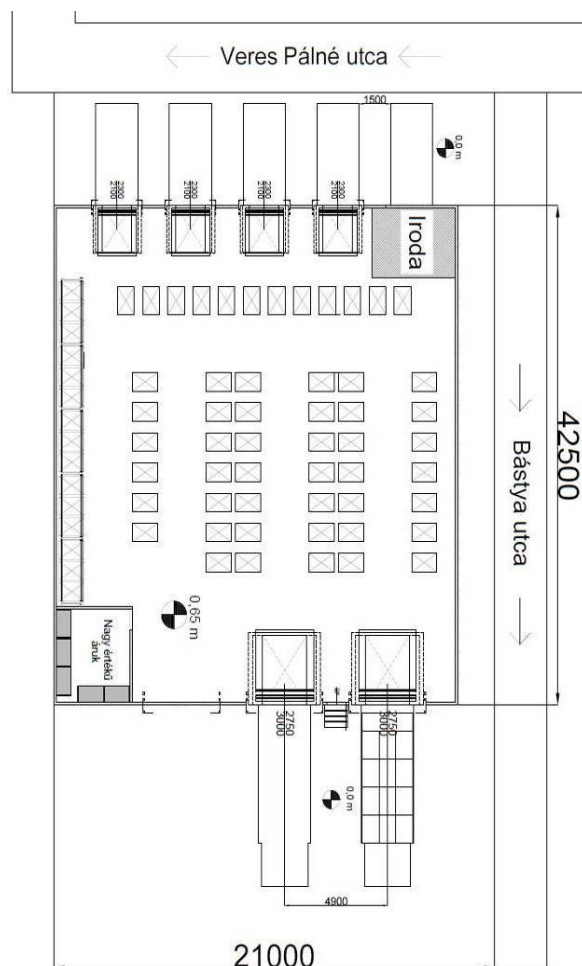
amelyeket érdemes lehet innen kiszolgálni. A barnamezős terület vonzáskörzetében, az általunk lehatárolt területen 24 üzletnek sikerült a kellőképpen részletes kérdőíves felmérése a korábbi projektünk során, ezek nyújtottak bemeneti adatokat a szimulációhoz és a méretezéshez.

A vizsgált bevásárlóközpont-hoz hasonlóan itt is az AHP módszer segítségével választottuk ki a beszállító járműveket. Ebben az esetben is a 12 tonnás járművet alkalmazó változat bizonyult a legjobbnak, amelyekkel naponta három beszállítás szükséges a vizsgált terület ellátásához, 94%-os kihasználtsággal. A járművek mérete miatt a vizsgált övezetben jelenleg kötelező behajtási díjat kellene fizetni, de az éjszakai, illetve a kombinált áruszállítás esetén a kedvezmények mértéke akár 75-80 % lehetne (Budapest Közút, 2019) (de feltételezhető a teljes díjfizetés alól való felmentés is az új city logisztikai rendszerben). A bevásárlóközpont áruforgalmi zsilipétől eltérően itt nem csak a házhozszállítást végző járműveket kell megrakodni a kimenő oldalon, hanem a közös rakodókra szállító járműveket is a korábbiakban ismertetett koncepció szerint. A korábbiakhoz hasonlóan a be- és kimenő oldali kapuszámokat sorbanállási modell segítségével határoztuk meg. A bemenő oldali szükséges kapuszám kettő, a kimenő oldalon pedig öt dokkolókapura (ld. a 13. ábrán látható tervrajzon) lesz szükségünk a szállítási feladatok kezeléséhez. A raktár jobb felső sarkában egy emelt szintű, 12 m² alapterületű iroda került kialakításra (bevásárlóközpont esetén az irodák külön rendelkezésre álltak). A beszállítási oldalon a rendelkezésre álló terület és az igények várható növekedése miatt helyet hagytunk egy további kapu számára. A „vakkapu” mellett kapott helyet a különlegesen nagy értékű árukat tartalmazó helyiség, az esetleges bővülés esetén ez a raktárrész is átalakítható lesz emelt szintűnek. A raklapok mozgatásához itt is elégséges egy darab kisemelésű kézitargonca és egy darab gyalogkísérő targonca.

Fontos szempont lesz egy ilyen rendszer bevezetésekor az áruforgalmi zsilip beruházási és működtetési költsége. A Váci utca bevásárlóövezet közvetlen környezetében található telek ára valószínűsíthetően igen magas, továbbá minden egyes beépített négyzetméter költségét 250.000 Ft/m² fajlagos értékkel becsülhetjük. A fenti ábrán látható hét darab dokkolókapu egyenként 3-4 millió forintba kerülhet, továbbá az anyagmozgató gépek költsége 2 millió Ft körüli. Ezeket felül számítandó még a kialakítandó iroda kialakítása a szociális helyiséggel együtt 100.000 Ft/m² fajlagos áron. A tervváltozatban szereplő raktár és a hozzá tartozó területek a maximális felhasználható jelenlegi parkoló 71,6 %-át fedik le, így a későbbi növekedés kezelhető lehet ezen a területen.

Bár a zárt épület létesítése így sok szempontból biztonságosabbnak tűnik és az árukra kevésbé hatnak a különböző környezeti hatások (pl. fagy, forróság), de a magas költségek és hosszabb megtérülési idő miatt készítettünk egy állandó telephelyű, de csereszekrényeket alkalmazó tervváltozatot is. Az ötletet egy 2012-es tanulmányból merítettünk (Roche-Cerasi, 2012) és alakítottuk át a Váci utca bevásárlóövezetre. A rendszerben alkalmazott járművek a 14.

ábrán láthatók. Az alapötlet szerint a nagyobb teherszállító járművek három merevfallú csereszekrényvel érkeznek a városba (a bevásárlóövezet területére), ezeket felemelve lábakra állítanánk a zsilip területén és onnan kiindulva a kisebb teherszállító járművek egy-egy csereszekrényt magukra süllyesztve végezhetnék el a last mile kiszállítási feladatot a közös rakodókig. Az ebben a koncepcióban alkalmazott csereszekrények mérete 2,2 x 2,2 x 2,2 méter, belső térfogatuk körülbelül 10 m³, illetve a szállítható tömeg maximálisan 800 kg.



13. ábra: A Váci utca bevásárlóövezet egy részterületét kiszolgáló áruforgalmi zsilip tervrajza

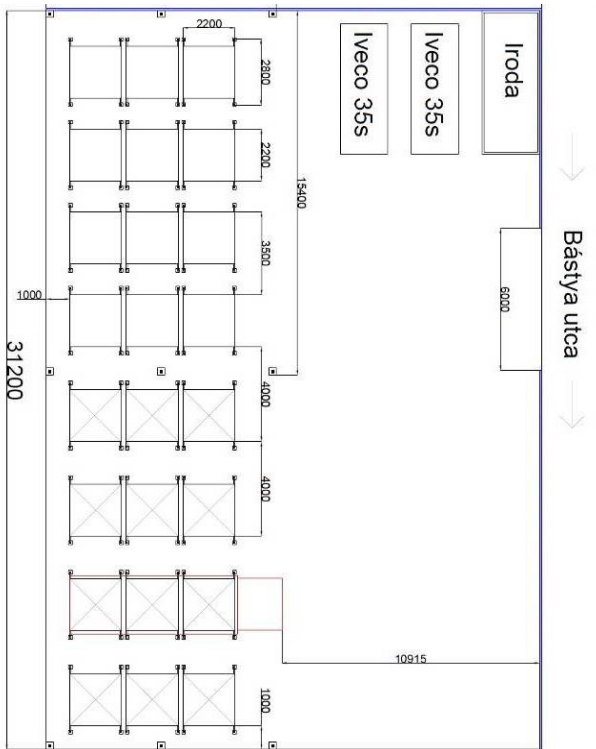


14. ábra: Csereszekrény-átrakásos city logisztikai koncepció

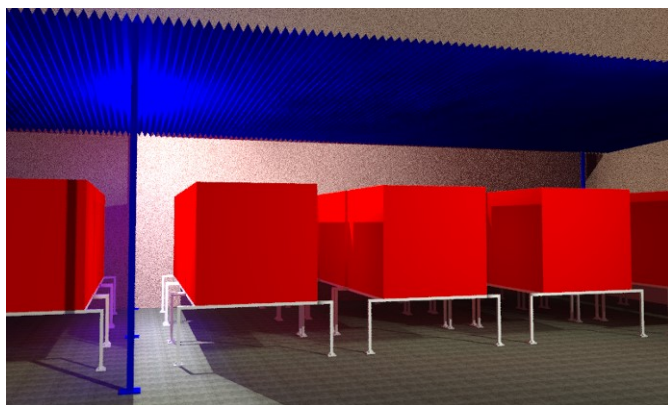
A naponta várhatóan szükséges csereszekrények számának meghatározáskor legfeljebb 90%-os kihasználtságot engedtünk meg hasznos teher és légköbméter szerint is. A szimulációs eredmények alapján a napi beérkező árumennyiséghez szükséges csereszekrények száma 12 darab lesz, ezt négy darab tehergépkocsi képes lenne éjszaka a

zsilipbe beszállítani. A 15. ábrán látható az általunk elképzelt nyitott, csereszekrényeket kezelő áruforgalmi zsilip felülnézeti képe, a 16. ábra pedig a féltető alatt elhelyezett csereszekrényeket mutatja.

Ezzel a megoldással a rendelkezésre álló terület közel 50%-a szabadon maradna, ez a rész így továbbra is maradhat parkoló, plusz bevételt termelve. A rendszerbe bekapcsolódó üzletekkel ez a terület is felhasználható lesz.



15. ábra: Intermodális egységek alkalmazása áruforgalmi zsilipként a Váci utca bevásárlóövezetben

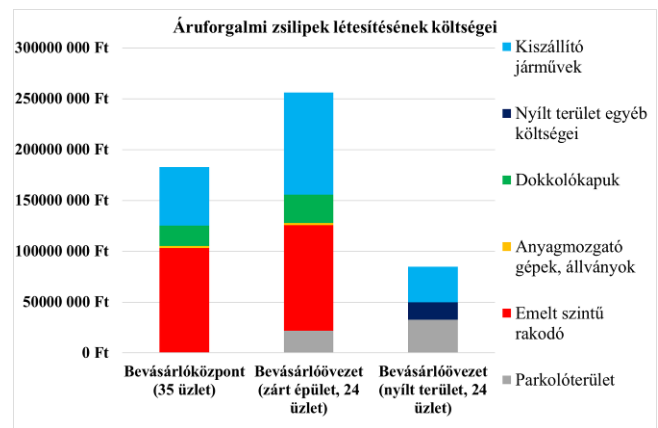


16. ábra: Intermodális egységek elhelyezése féltető alatt az áruforgalmi zsilipben

A zárt épületű megoldás beruházási költsége az elektromos kiszállító járművekkel együtt 256 millió Ft, ezzel szemben az anyagmozgató gépek nélkül működő, csereszekrényeket alkalmazó megoldás beruházási költsége csak 85 millió Ft

lesz. A két bemutatott tervváltozat beruházási költségének nagy árkülönbségét a zárt épület kialakításának költsége adja. A költségeken kívül a második tervváltozat nagy előnye, hogy a rendelkezésre álló terület 50%-a szabadon maradt, így az igények nagysága akár kétszeresére is megnőhet úgy, hogy továbbra is ezt a területet használjuk áruforgalmi zsilipként.

A három bemutatott megoldás rész költségeinek alakulása a 17. ábrán látható. Az ábra jól szemlélteti, hogy az egyes rész költségek melyik megoldás esetében fordulnak elő és ott mekkora súllyal.



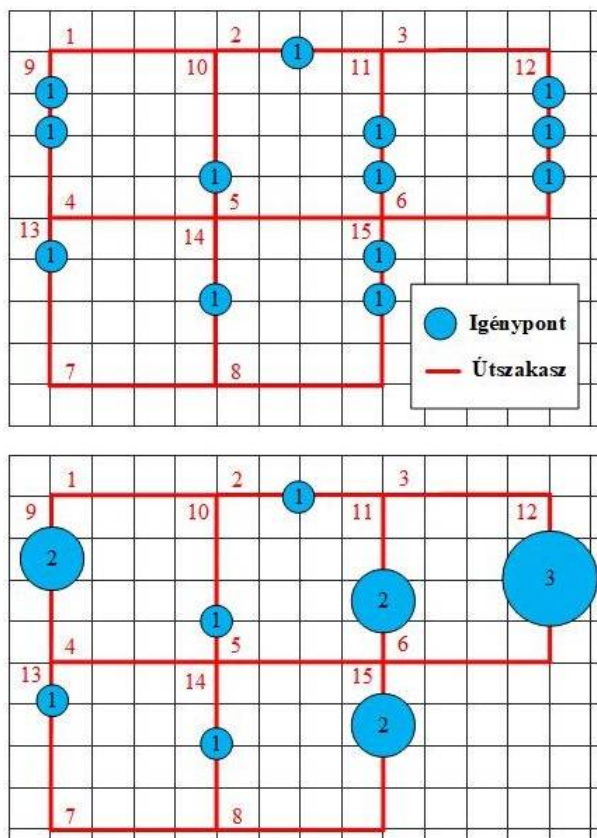
17. ábra: A tervváltozatok költségeinek összehasonlítása

5. TOVÁBBI FELADATOK

Cikkünkben részleteztük a koncentrált igénypont-halmazokat ellátó city logisztikai rendszerek kapcsán felmerülő méretezési feladatokat, és az egyes csomópontok kapcsán az ezekhez kapcsolódó bemenő adatokat is összegyűjtöttük. Az áruforgalmi zsilipek kapcsán bemutattuk a méretezés menetét és néhány példára bemutattuk a kapott eredményeket. Ezekon felül számos olyan további feladat, illetve kérdéskör merült fel, amelyekkel a későbbi kutatások során foglalkozni érdemes és szükséges. Az első ilyen feladat a modellezett és méretezett rendszerekre kidolgozni egy üzleti modellt, arra keresve a választ, hogy a rendszerben lévő megtakarítások kinek fognak kedvezni, illetve mely szereplők lehetnek azok, akiknek megéri az új rendszert kiépíteni és üzemeltetni, kinél jelenhet meg az általunk feltárt költségcsökkenés, illetve kinek kell részt venni az új rendszerekkel kapcsolatos beruházásokban. Elképzelésünk szerint, a konszolidációs központot üzemeltetheti egy city logisztikai szolgáltató is, de egy bevásárlóövezetbe tartozó áruforgalmi zsilip üzemeltetésében már az önkormányzatok is érdekeltek.

A méretezési problémáknál már említettük a közös rakodók rendszerének újragondolását, optimalizálását. A kiválasztott területeken már felmért üzletekhez szükséges egy olyan centrumkereső algoritmus elkészítése, amely kijelöli az új telepítési pontokat. Erre felvázoltunk már egy lehetséges, gráfelméleti alapú megoldást a kutatásunk során. Ehhez először fel kell vennünk az utcákat és a rajtuk lévő összes kiszorgalendő igénypontot (melyek egy nyílt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmazhoz tartoznak esetünkben) az

alábbi 18. ábra felső részén látható módon. Ezt követően fel kell venni az egyes üzletek igényeinek nagyságát. Az elméleti modellben, minden üzlet igénye 1 beszállítás (ez természetesen a valóságban minden egyes üzletnél eltérő nagyságú, de a valós adatok alapján számított várható érték is jól közelíti). A gráfon minden kereszteződéssel egy új útszakaszt definiálunk, következő lépésben az egyes utcákban lévő igénypontokat összevonjuk. Minden ilyen összevonásból kapunk egy új fiktív igénypontot, amely az előző pontokat összekötő egyenes súlypontjába kerül a 18. ábra alján látható módon. Az általunk felvázolt módszer szerint az igények összevonása után a gráfot transzformálni kell. Az új gráfban az útszakaszok kódszámai (melyek az előbbi ábrán pirossal jelentek meg) lesznek a csúcspontok. Ebben a modellben a csúcspontok között abban az esetben lesz él, ha mindkét csúcshoz (útszakaszhoz) tartozik igény, az egyes élek nagysága pedig a súlypontok közötti valós térképen vett távolság. Természetesen minden él fel kell venni a megoldáshoz, az élek felvétele után pedig kezdődhet majd a megoldás lefuttatása. Kiemelendő, hogy minden feladatra külön-külön célfüggvényt kell felírni a helyi sajátosságok és a célok szerint.



18. ábra: Úthálózaton szereplő igénypontok és összevonásuk a közös rakodók helyének optimalizálásához

A koncentrált igénypont-halmazok ellátása kapcsán vizsgálható egy olyan koncepció is, amelyben áruszállító villamosok behajthatnának a konszolidált árukkal az áruforgalmi zsilipekbe. Egy ilyen rendszer esetén egy

szerveléssel napi egy beszállításra lenne szükség a cikkünkben is vizsgált bevásárlóközpont kiszolgálására, de ezen a területen még komoly technológiai kihívások sorát kell megoldani, mint például a közúti vasúti pótkocsik kialakítását, az átrakó berendezések működésének kidolgozását a speciális szállítási egységek kezeléséhez, illetve az iparvágányok kialakítása is fontos kérdés lesz. A villamosok alkalmazása mellett egy másik kiemelendő, jelenleg kihasználatlan lehetőség a Duna bevonása a koncentrált igénypont-halmazok áruellátásába. Ebben az esetben természetesen a konszolidációs központot nem egy külső gyűrű, hanem a víziút mentén lenne célszerű elhelyeznünk, de ez a megoldás is elősegíthetné a városi utak terheltségét, valamint a vízi utak jobb kihasználását is. Mind a villamosok, mind pedig az áruszállító hajók alkalmazása esetén fontos lesz a zsilipek elhelyezkedését felülvizsgálni, illetve a méretezését újra elvégezni az alkalmazott logisztikai technológiák paramétereinek ismeretében.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Kutatásunkban a városi koncentrált igénypont-halmazok logisztikai rendszereinek vizsgálata kapcsán az áruforgalmi zsilipek méretezésével foglalkoztunk. A BME Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszékének city logisztikai kutatócsoportjában az elmúlt években már kidolgoztunk különböző modelleket ezen igénypont-halmazok vizsgálatára, a korábbiakban kapott eredményeink pedig azt mutatták, hogy új, gateway-koncepció alapú konszolidált rendszerek hozzávetőlegesen 50%-kal csökkenthetik a teljesítményeket és a kibocsátásokat, valamint 25%-kal a költségeket, emiatt pedig fontosnak éreztük megkezdni a méretezési feladatok vizsgálatát is.

Cikkünkben részletesen bemutattuk az áruforgalmi zsilipek méretezésének fő szempontjait, valamint egy bevásárlóközpontra és egy bevásárlóövezetre a lehetséges megoldásokat és azok méretezését. Megvizsgáltuk, hogy hogyan lehet egy zárt infrastruktúrájú koncentrált igénypont-halmaz (egy budapesti bevásárlóközpont) jelenlegi beszállítói udvarából áruforgalmi zsilipet kialakítani. Emellett vizsgáltunk a Váci utca bevásárlóövezet egy adott területe kapcsán, ahol egy kijelölt, jelenleg parkolóként üzemelő, elhelyezkedése, állapota és közlekedési kapcsolatai alapján alkalmasnak tűnő barnamezős területre dolgoztunk ki két koncepciót is. Az egyik tervben egy zárt épület terveztünk áruforgalmi zsilipként, a másik esetben pedig egy nyílt területre speciális intermodális egységeket alkalmazó koncepciót alakítottunk ki. A méretezés bemeneti adatait a korábbi szimulációs modelljeink szolgáltatták, így valós üzletekre vonatkozó adatok alapján végezhetjük el a számításainkat. A tervezés során ezen kívül tömegkiszolgálási modellekkel dolgoztunk.

Fő eredményeink a koncentrált igénypont-halmazok áruforgalmi zsilipeinek méretezési módszertanának kialakítása, illetve emellett megvizsgáltunk két lehetséges alapesetet is. Az egyes koncepciókkal kapcsolatosan megbecsültük a beruházási költségeket, így a zsilipek

kapcsán már nem csak az üzemeltetési költségeket tudjuk vizsgálni a továbbiakban. Ezen felül felvázoltunk egy lehetséges gráfelméleti alapú megoldást a közös rakodók rendszerének újratervezésére, valamint összegyűjtöttük a konszolidációs központok méretezésének legfontosabb szempontjait is. Kutatásunk következő lépéseiben ezekkel szeretnénk részletesebben is foglalkozni.

HIVATKOZÁSOK

- Bakos A., Bóna K., Foltin Sz. (2012). The development of a complex city logistics cost model according to a multiple-stage gateway concept. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, **40** (1) 17-20.
- Bartholdi J. J., Gue K. R. (2004). The Best Shape for a Crossdock. *Transportation Science*, **38** (2).
- BITO (2017). Product catalogue. *BITO.com*. URL: https://www.bitocom/fileadmin/Dokumente/Broschuere_n/us/Product-Catalogue.pdf
- BKK (2014). Budapest Közlekedésfejlesztési Stratégiája 2014-2030 – Balázs Mór-Terv. *BKK.hu*. URL: <https://bkk.hu/wp-content/uploads/2014/06/BMT.pdf>
- Bóna K., Róka Á., Sárdi D. L. (2018). Mathematical Modelling of the Cost Structure of the Logistics System of Shopping Malls in Budapest. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, **46** (3), 142-150.
- Bóna K., Sárdi D. L. (2018). Koncentrált városi igénypontok áruellátó logisztikai rendszereinek elemzése és mezoszkópikus szintű modellezése. *Logisztikai Évkönyv 2019*, 121-130. Magyar Logisztikai Egyesület.
- Budapest Főváros Önkormányzat (2011). Budapest Városfejlesztési Konceptiója - Helyzetelemzés. *Budapest.hu*. URL: http://budapest.hu/Documents/varosfejlesztési_konceptio_2011dec/10_Kozlekedesi_infrastruktura.pdf
- Budapest Közút (2019). Korlátozott övezetek - Kedvezmények és környezetvédelmi felár. *BudapestKözút.hu*. URL: <https://www.budapestkozut.hu/kedvezmenyek-es-kornyezetvedelmi-felar1>
- Büki A., Kövér I. B., Sárdi D. L. (2018). Topológiai modell építése városi bevásárlóövezetek city logisztikai szempontú elemzésére (2018). *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, TDK-dolgozat*. URL: <https://tdk.bme.hu/KSK/DownloadPaper/Varosi-koncentrat-igenypontok-aruelletasi>
- Hanson Logistics (2017). Chicago Consolidation Center. *Hansonlogistics.b-cdn.net*. URL: https://hansonlogistics.b-cdn.net/wp-content/uploads/2017/05/Hanson_Chicago1.pdf
- Losonczy D. (2013). Budapest barna zónáinak city logisztikai célú felhasználási lehetőségeinek elemzése. *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, Szakdolgozat*, 2013.
- Mészáros B., Sárdi D. L., Bóna K. (2017). Monitoring, measurement and statistical analysis-based methodology for improving city logistics of shopping malls in Budapest. *World Review of Intermodal Transportation Research*, **6** (4) 352-371.
- Nissan (2018). NISSAN e-NV200 40 kWh. *Nissan-cdn.net*. URL: https://www.nissan-cdn.net/content/dam/Nissan/hu/brochures/Pricelists/e-NV200_HU.pdf
- Roche-Cerasi I. (2012). State of the Art report: Urban logistics practices. *SINTEF Technology and Society, TransportResearch*. URL: https://www.sintef.no/contentassets/067ef756b7644281ad2514bef7955c53/gbo/gbo-l-2.1-state-of-the-art-report--urban-logistics-practices_1.pdf
- Róka Á. (2019). Áruforgalmi zsilipek méretezési lehetőségei koncentrált igénypontok áruellátási rendszerében. *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék, Diplomaterv*, 2019.
- Saaty T. L. (1990). How to make a decision: The analytic hierarchy process. *European Journal of Operational Research*, **48** (1), 9-26.
- Sárdi D. L., Bóna K. (2017). Developing a mesoscopic simulation model for the examination of shopping mall freight traffic in Budapest. *Smart City Symposium Prague 2017. 25-26 May 2017, Prague, Czech Republic*.
- Sárdi D. L., Bóna K. (2018). Macroscopic simulation model of a multi-stage, dynamic cargo bike-based logistics system in the supply of shopping malls in Budapest. *Smart City Symposium Prague 2018. 24-25 May 2018, Prague, Czech Republic*.
- Sárdi D. L., Bóna K. (2019). Simulation modelling in the sizing of city logistics systems – a study for concentrated delivery points. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, **4** (1) 1-11.