



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar
Anyagmozgatási és Logisztikai Rendszerek Tanszék

TDK DOLGOZAT

*A budapesti bevásárlóközpontok áruellátási
rendszerére vonatkozó költségstruktúra
matematikai modelljének leképezése*

Készítette:
Róka Ádám
Sárdi Dávid Lajos

Konzulens:
Dr. Bóna Krisztián

2017

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
1. Bevezetés.....	4
2. A budapesti bevásárlóközpontokkal kapcsolatos korábbi kutatások összefoglalása	5
2.1. Vizsgálati módszertan kidolgozása és alkalmazása.....	5
2.2. Mezoszkópikus szintű szimulációs modell kidolgozása	6
2.3. További kapcsolódó kutatások	8
3. A költségstruktúra matematikai leképezése	9
3.1. A rendszerben résztvevő vállalatok.....	11
3.2. A rendszerben előforduló folyamatok	12
3.3. Költséghelyek definiálása.....	14
3.4. Háromdimenziós költségstruktúra bemutatása	17
3.5. A jelenlegi rendszer költségstruktúrájának matematikai modellje	20
3.5.1. A beszállítók telephelyein fellépő költségek	21
3.5.2. A beszállítási útvonalakon fellépő költségek.....	23
3.5.3. A bevásárlóközponti beszállítói udvarokban fellépő költségek.....	24
3.5.4. A bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalakon fellépő költségek	26
3.5.5. Az üzletekben fellépő költségek	27
3.6. Az új rendszer költségstruktúrájának matematikai modellje	28
3.6.1. A beszállítók telephelyein fellépő költségek	30
3.6.2. A beszállító és a konszolidációs központ közötti beszállítási útvonalakon fellépő költségek	31
3.6.3. A konszolidációs központban fellépő költségek.....	33
3.6.4. A konszolidációs központ és a bevásárlóközpont közötti beszállítási útvonalakon fellépő költségek	35
3.6.5. A bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipekben fellépő költségek.....	36

3.6.6. A bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalakon fellépő költségek	38
3.6.7. Az üzletekben fellépő költségek	39
4. A jelenlegi és az új rendszerek összehasonlítása a becsült költségek alapján	41
4.1. A szimulációs modell bemutatása	41
4.1.1. A szimulációs modell bővítése új paraméterekkel.....	41
4.2.1. A szimulációs modell komponenseinek bemutatása.....	42
4.3. Fajlagos költségek becslése	46
4.4. A szimulációs vizsgálat eredményei.....	46
4.4.1. Fizikai paraméterek vizsgálata.....	47
4.4.2. Költségparaméterek vizsgálata	52
5. További feladatok.....	55
6. Összefoglalás.....	56
Köszönetnyilvánítás	57
Ábrajegyzék	58
Táblázatjegyzék.....	59
Irodalomjegyzék.....	60
Mellékletek.....	63
1. Adott típusú költséghelyeken előforduló részfolyamatok a jelenlegi rendszerben	63
2. Adott típusú költséghelyeken előforduló részfolyamatok a vizsgált új rendszerben	64
3. Fajlagos költségek a jelenlegi rendszerben	66
4. Fajlagos költségek a konszolidációs központot alkalmazó új rendszerben	68
5. A szimulációs futtatások során kapott eredmények	71

1. Bevezetés

Ez a dolgozat a budapesti bevásárlóközpontok áruellátási rendszerét vizsgálja, és kísérletet tesz egy olyan komplex költségstruktúra matematikai modelljének leképezésére, amelynek segítségével lehetőség nyílik egy ilyen komplex rendszer működését a költségek szempontjából is vizsgálni. Az elmúlt két évben kutatásunk során kidolgoztunk egy vizsgálati módszertant, mellyel három bevásárlóközpontot vizsgáltunk meg. A begyűjtött adatok lehetővé tették a jelenlegi helyzet szimulációs modellezését, és összehasonlítását új, innovatív rendszerekkel. Az elkészült, mezoszkópikus szintű modell használatával a korábbiakban csak a fizikai paraméterek összehasonlítása volt lehetséges, azonban bármilyen új rendszer kidolgozása és vizsgálata esetén elengedhetetlen a költségek összehasonlítása is. Ebben a dolgozatban tehát a költségstruktúra matematikai modelljének leképezésével fogunk foglalkozni. A modell a teljes folyamatra vonatkozik, a beszállító készletezési pontjaitól kiindulva az üzletek készletezési pontjáig, így szükséges volt a szimulációs modellt számos komponenssel bővíteni. A dolgozatban ez a fejlesztés is bemutatásra kerül.

A költségstruktúra matematikai modelljének kidolgozásához a három bevásárlóközpont korábbi vizsgálata során megfigyelt és felmért folyamatokat vettük alapul. A dolgozatban először röviden bemutatjuk a korábbi kutatásainkat, ezt követően foglalkozunk a bevásárlóközpontok áruellátási rendszerének szereplőivel és folyamataival, ezek alapján pedig felvázolunk egy háromdimenziós költségstruktúrát. Ezt reprezentálja a jelenlegi, illetve a konszolidáción alapuló új rendszerre vonatkozólag a dolgozatban részletesen bemutatásra kerülő költségstruktúra matematikai leképezése. Utána részletesen bemutatjuk a szimulációs modellt. A rendszerben résztvevő vállalatok jelenlegi fajlagos költségeire nem áll rendelkezésünkre pontos információ, mivel az üzletek általában nem mérik, illetve titkosként kezelik azokat, azonban ennek ellenére becsült költségekkel végrehajtott számításokat, és bemutatjuk a szimulációs futtatások során így kapott eredményeinket.

A dolgozatunk legfontosabb eredményének tehát a vizsgált rendszer költségstruktúrájának matematikai leképezését tartjuk. Ezzel már rendelkezésünkre áll egy olyan eszköz, amellyel a budapesti bevásárlóközpontok jelenlegi áruellátási rendszerét, illetve egy új, konszolidáción alapuló rendszert is tudunk vizsgálni, illetve összehasonlítani a költségek szempontjából, ez pedig az egyik legfontosabb kritérium lehet egy új koncepción alapuló áruellátási rendszer kidolgozása esetén. Abban az esetben tehát, ha a bemeneti adatokat tekintve a valóságot pontosabban reprezentáló adatok fognak rendelkezésünkre állni a jövőben mind a költségek, mind a naturáliák szempontjából, akkor egy új city logisztikai rendszer tervezése során reményeink szerint ezt az eszközt használhatjuk majd.

2. A budapesti bevásárlóközpontokkal kapcsolatos korábbi kutatások összefoglalása

2015 nyarán kezdünk el foglalkozni a budapesti bevásárlóközpontok logisztikai rendszerének vizsgálatával, mivel semmilyen adat nem állt rendelkezésre velük kapcsolatban, annak ellenére, hogy a KSH adatai alapján 2015-ben Budapesten 32405 kiskereskedelmi egység volt [1], ebből pedig hozzávetőlegesen 3000 található a város 18 bevásárlóközpontjában, azaz Budapest üzleteinek kb. 10%-a 18 pontba koncentrálódik. Ez a koncentrátság pedig komoly megtakarítási potenciálokat jelenthet, emiatt pedig nagyon fontos ennek a rendszernek a vizsgálata és modellezése, mivel nem állnak rendelkezésünkre a fejlesztéseket lehetővé tévő információk és adatok.

Ebben a fejezetben röviden bemutatjuk az eddigi kutatásaink eredményeit.

2.1. Vizsgálati módszertan kidolgozása és alkalmazása

Első lépésként ki kellett dolgoznunk egy vizsgálati módszertant, amely lehetővé teszi a bevásárlóközpontok logisztikai jellemzőinek megismerését. Ez a módszertan egy feltáró kutatásból (szakértői interjú, megfigyeléses vizsgálat), illetve egy minden logisztikai területre kiterjedő, az üzletek által kitöltendő kérdőívből áll. A kérdőív kérdései az általános jellemzőkre, a beszállítások jellemzőire, az inverz logisztikai jellemzőkre, a webkereskedelem jellemzőire, a raktárokra, a használt informatikai rendszerre, illetve egy új rendszer esetén az üzletek által preferált szempontokra vonatkoznak. A módszertan kidolgozásáról TDK-dolgozat [2], illetve két publikáció is készült [3] [4].

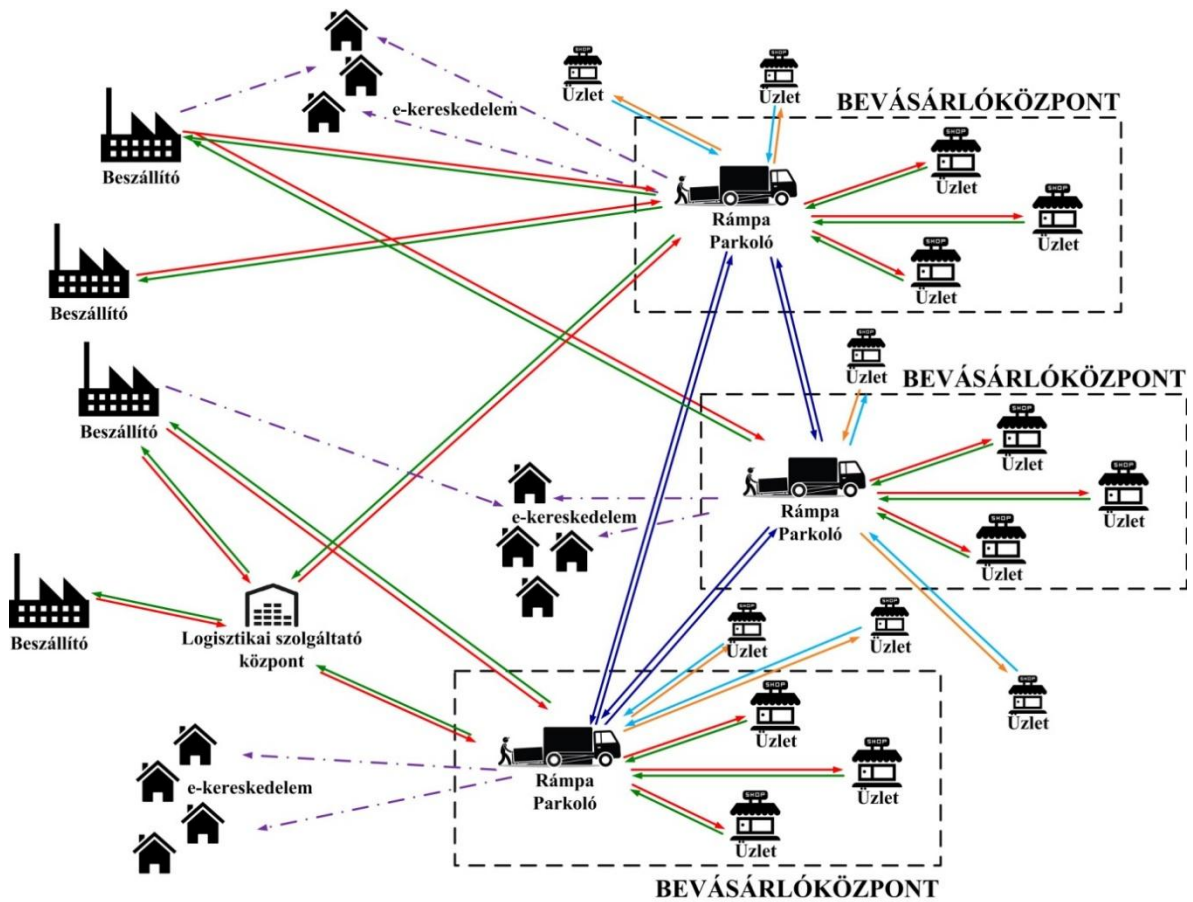
A módszertan használatával 3 budapesti bevásárlóközpont összesen 327 üzletét sikerült felmérnünk. Az első vizsgálat alapján megtudtuk, hogy a módszertan jól használható, olyan eredményeket ad, amelyeket elvártunk [2]. Az első eredmények alapján néhány módosítást végeztünk a kérdőíven, illetve a későbbi vizsgálatokhoz a feltáró részhez mérőlapokat készítettünk, illetve a webkereskedelem és az üzletek közötti szállítások témakörével kapcsolatban új kérdéseket adtunk a kérdőívhez. Az eredmények feldolgozása Excel-ben, illetve SPSS Statistics-ben történt.

A vizsgálatok eredményeként megtudhattuk, hogy a bevásárlóközpontokban milyen üzletek a jellemzők, a beszállítások száma nagy, jellemzően kis járművekben, kis tételeket szállítanak be, mindez pedig a reggeli csúcsgorgalom idejében és a bevásárlóközpontok nyitvatartási ideje alatt történik. A számos jelentkező probléma miatt érdemes új city logisztikai megoldások bevezetésével foglalkozni, emiatt kezdtük el a rendszer modellezését.

2.2. Mezoszkópikus szintű szimulációs modell kidolgozása

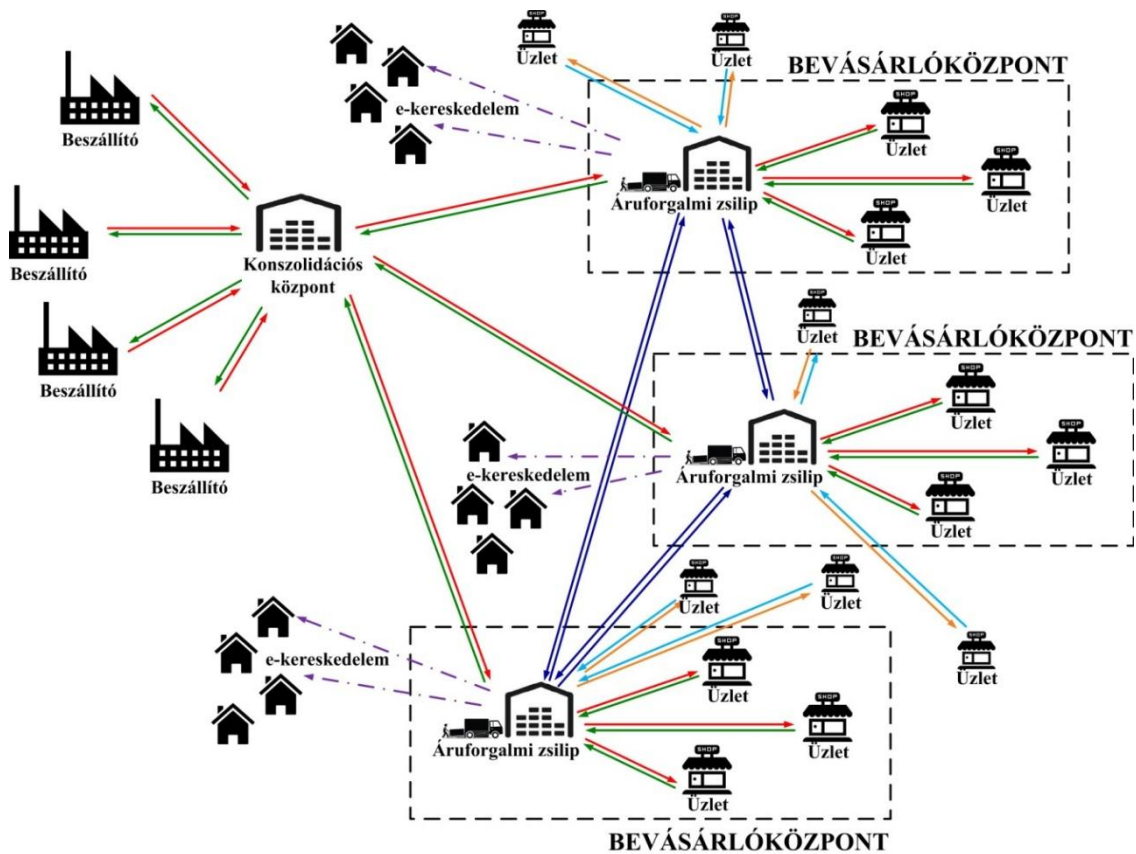
A kutatás következő lépéseként felépítettünk egy mezoszkópikus szintű szimulációs modellt Microsoft Excelben, amely alkalmas a budapesti bevásárlóközpontok áruforgalmának vizsgálatára mind a jelenlegi helyzetben, mind pedig az alternatív city logisztikai rendszerek (melyek egyik esetben környezetbarát tehergépkocsit, másik esetben villamos-szerelvényt használnak a konszolidációs központ és a plázák között) esetén. A modellezésről TDK-dolgozat [5], szakdolgozat [6], illetve egy konferenciapublikáció [7] is készült.

A bevásárlóközpontok áruellátási rendszere jelenleg (a korábbi vizsgálatok eredményei alapján) a 2.1. ábrán látható módon alakul, a szimulációs modell ezt a rendszert vizsgálja az inverz logisztikai folyamatok, az üzletek közötti szállítások, valamint az e-kereskedelem által generált folyamatok nélkül.



2.1. ábra: A bevásárlóközpontok áruellátási rendszerének jelenlegi helyzete [4] [5]

A 2.2. ábrán látható a szimulációs modellben vizsgált új rendszer vázlatja. Ekkor a beszállító és a bevásárlóközpontok közé egy konszolidációs központ kerül.



2.2. ábra: A bevásárlóközpontok áruellátási rendszerének lehetséges megoldása [4] [5]

A modell Microsoft Excel használatával készült, a különböző munkalapok véletlengenerátorok alapján végzik a számításokat. A szimulációs vizsgálat során az alábbi paraméterek vizsgáltak, 3 budapesti bevásárlóközpont 178 üzletére vonatkozó részletes adatok alapján [4]:

- Havi beszállított árumennyiség [t/hónap, m³/hónap]
- Havi beszállítások száma [beszállítás/hónap]
- Napi beszállítások száma [beszállítás/nap]
- Havi szállítási teljesítmény [árutonnakm]
- Havi megtett út városon belül [km/hónap]
- Havi összes benzinfogyasztás [l/hónap]
- Havi összes gázolajfogyasztás [l/hónap]
- Havi összes energiafogyasztás [kWh/hónap]
- Havi összes üzemanyag/energia-költség [Ft/hónap]
- Havi összes káros anyag kibocsátás (PM_{2,5}, PM₁₀, NO_x, HC, CO) [g/hónap]
- Konszolidációs központ átlagkészlete [t] [m³]
- Összes havi igény [t] [m³]
- Konszolidációs központ készletének fordulatszáma [-]

- Konszolidációs központ forgási sebessége [nap]

A modell jelenleg tehát alkalmas a bevásárlóközpontok beszállítási tranzakcióival kapcsolatos alapvető paraméterek, a környezetterhelés, a teljesítmények, valamint a rendszer működtetése során keletkező készletek vizsgálatára a jelenlegi rendszerben és egy konszolidációs központot alkalmazó megoldás esetében is. A további vizsgálatokhoz a modell bővítése szükséges új komponensekkel annak érdekében, hogy a teljes folyamatot vizsgálhassuk. Ezeket a komponenseket a 4. fejezetben részletesen bemutatjuk.

2.3. További kapcsolódó kutatások

A témához kapcsolódóan néhány további kutatás is folyamatban van.

Foglalkozunk egy olyan rendszer modellezésével, amelyben a bevásárlóközpontok áruellátási rendszerében cargo kerékpárok és mozgó raktárakat használunk. Ehhez készült egy makroszkópikus szintű szimulációs modell, melynek alapja az előbb bemutatott modell volt. Erről a kutatásról szintén készült ebben az évben egy TDK-dolgozat, *Rendszerkonceptió kidolgozása és modellezése cargo kerékpárok és mozgó raktárak alkalmazására a budapesti bevásárlóközpontok kiszolgálásában* címmel.

Másik kapcsolódó kutatás a Váci utca bevásárlóövezet felmérése. Ehhez a módszertan jelentős átalakításon esett át, a bevásárlóközpontokra vonatkozó specifikus kérdéseket a Váci utca bevásárlóövezetre vonatkozó specifikus kérdések váltották ki. Erre azért volt szükség, mert nagyobb területről van szó, amely beszállítói udvarok helyett közös rakodóhelyekkel rendelkezik. Ezek elszórta helyezkednek el, ami miatt máshogy alakulnak a logisztikai folyamatok.

Mostanáig 34 üzlettől sikerült válaszokat kapni, a válaszadási arány 50% alatt van. Ennek oka az lehet, hogy ezeket az üzleteket nem tartja össze egy menedzsment, mint a bevásárlóközpontok esetében, a menedzsment vagy üzemeltető támogatása nélkül pedig nehezebb válaszokat kapni az üzlektől.

Terveink között szerepel a modell bővítése az inverz logisztikai folyamatokkal, annak érdekében, hogy a teljes rendszert leképezzük. Szeretnénk további adatokat gyűjteni, illetve amennyiben lehetséges lesz, részt venni a budapesti bevásárlóközpontok jövőbeni logisztikai fejlesztéseiben. A kutatásainkkal kapcsolatban pedig szeretnénk a jövőben is publikálni, illetve nemzetközi konferenciákon is előadni annak érdekében, hogy minél többen megismerjék az eredményeinket és minél több visszajelzést kapjunk az általunk kidolgozott modellekkel kapcsolatban azok fejlesztése és pontosítása érdekében.

3. A költségstruktúra matematikai leképezése

A bevásárlóközpontok áruellátási rendszerének költségstruktúráját egy háromdimenziós struktúrában fogjuk leképezni, ahol a három dimenzió a költséghelyek (csomópontok és a közöttük lévő útvonalak), résztvevők (a rendszerben résztvevő különböző vállalatok) és a rendszerben előforduló folyamatok. Így a háromdimenziós mátrix egyes pontjai az adott költséghelyen, adott folyamat során az adott vállalatnál fellépő költséget adják meg. Ezeket a pontokat az egyes vállalatokra folyamatok és költséghelyek szerint összegezve megkapjuk az adott vállalat összes költségét a rendszerben, az egész mátrixot összegezve pedig megkapjuk a teljes rendszer összes költségét.

Jelenleg kiindulásképpen egy egyszerű lineáris struktúrából indulunk ki, azonban ez csak az első lépés a költségek vizsgálata során. Ennek a struktúrának a segítségével könnyebben áttekinthető a költségek fajlagos költséggé bontása és az ezek közötti alá és fölé rendeltségi viszonyok rendezettek. Abban az esetben, ha tényleges mért költségadataink lesznek, akkor már foglalkozhatunk azzal, hogy a modellünk ne csak lineáris legyen, meg kell majd vizsgálni, hogyan tudjuk a lehető legpontosabban leképezni a valóságot.

Esetünkben a szimulációs rendszermodell nem más, mint a valós, illetve a tervezett rendszer leegyszerűsített mása [8]. A kutatásunk alapján a mennyiségi fajlagos adatok, azaz a fizikai paraméterek adottak. A bevásárlóközpontok üzletiben tartott kérdőíves vizsgálatunk után a fajlagos költségek meghatározásának problémájával kapcsolatban az alábbi következtéseket vontuk le. Az első komoly probléma, amelybe ütköztünk, az üzletek titoktartása volt, nem kívánnak nyilatkozni saját költségeikéről, ezt annak ellenére is több esetben kihangsúlyozták, hogy a kérdőívünkben nem szerepeltek a költségekkel kapcsolatos kérdések. Számos üzlet, illetve üzletvezető egyből elutasította azt, hogy részt vegyen a felmérésünkben. Ezenfelül számos válaszadó jelezte, hogy költségadatokat semmiképpen sem adhat ki. Ez természetesen érthető, ezek az adatok titkosak a saját piacuk és a versenyhelyzetük megtartása érdekében, illetve a feletteseiknek való megfelelési kényszer miatt sem áll módjukban ezeknek a paramétereknek a nyilvánosságra hozása.

A másik probléma a költségparaméterek tényleges értéke, ugyanis elég kevés vállalat méri ezeket a logisztikai és egyéb kísérő teljesítményeket (pl. szállítási teljesítmény, készlet forgási sebessége, beszállítások átfutási ideje stb.), annak ellenére, hogy a minőségi logisztikai szolgáltatások nyújtásához nélkülözhetetlen a tevékenységek mérhető számokkal történő minősítése [9] [10]. A fajlagos költségek mérése során nehézség a logisztikai teljesítmények pontos definiálása és lehatárolása, ugyanis a folyamatok között nincs éles határ, nehezen választhatók szét, például egy-egy alkalmazott több feladatban is részt vehet. A

fajlagos költségek pontos definiálásához szükséges a hozzájuk tartozó mértékegységek megadása (pl. szállítási teljesítmény [$t \cdot km$]). Korábban az egyedi termékeknél a közvetlen költségek még könnyebben mérhetőek voltak, de a globalizáció komplexitásának következtében ez megváltozott [11]. A logisztikai rendszerek egyre összetettebbek, egyre komplexebb hálózatokat kell vizsgálni, esetünkben is egy rendkívül sokszereplős, összetett city logisztikai rendszer vizsgálatával foglalkozunk. Ezekben a rendszerekben hatványozottan nagy kihívást jelent a teljesítmények mérése [12].

A logisztikai kontrolling megoldást jelenthet a teljesítmények és a ráfordítások elemzésére, amelyhez naprakész információkra lenne szükség. Azonban sok kis üzlet nem rendelkezik saját vállalatirányítási rendszerrel (mai napig sokan papíron vezetik az adatokat, nehezen visszakereshető módon), ahonnan kinyerhetőek lennének az egyes paraméterek (pl.: üzemeltetési költségek). A létező rendszerek gazdasági moduljai pedig sok esetben csak számviteli adatokkal dolgoznak, ebből adódóan torzulhatnak a információk, azok hibás döntésekhez vezetnek, ezért szükséges kontrolling módszereket alkalmazni a logisztikában [13] annak érdekében, hogy rendelkezésünkre álljanak azok az adatok, melyek alapján döntéseket hozhatunk [14]. A döntések meghozatalakor nélkülözhetetlen a költségek és az abból számított hatékonyságmutatók ismerete (ehhez pedig szükséges alkalmazni a logisztikai kontrolling módszereket [15]), ezért is fontos, hogy a korábban már kidolgozott szimulációs modellünk ne csak a fizikai paraméterek vizsgálatára legyen alkalmas, hanem a rendszerben fellépő költségeket is ismerjük.

Természetesen, ahogyan az az előbbiekből is kiderül, korábban is sokan foglalkoztak már költségek modellezésével a közlekedés, a logisztika, sőt azon belül city logisztika terén is, azonban az általunk is vizsgált specifikus városi logisztikai rendszer költségeit még nem modellezték. Kidolgoztak a kalkulációs modelleket a közlekedésben [16] és a logisztikában is, illetve foglalkoztak a közlekedési rendszerekre kidolgozott módszerek logisztikai adaptálásával [17] [18]. Foglalkoztak már logisztikai költségvetőkkel [19], intermodális logisztikai szolgáltatások költségeivel [20], illetve az általunk vizsgált rendszerben is jelentős szerepet vállaló logisztikai szolgáltatók költségkalkulációs modelljének kidolgozásával [21] is.

Tanszékünk city logisztikai kutatócsoportja is végzett már jelentős kutatásokat a költségekkel kapcsolatban, kidolgozták egy gateway-koncepción alapuló rendszer komplex költségmodelljét is [22], költségek alapján pedig különböző, városi elosztó központot is alkalmazó city logisztikai rendszerkoncepciókat vetettek össze [23]. Azonban nekünk jelenleg egy olyan modellre van szükségünk, amely az általunk vizsgált city logisztikai rendszert úgy

írja le, hogy jól hozzáilleszhető legyen a mezoszkópikus szintű szimulációs modellünkhöz is. A háromdimenziós költségstruktúra kidolgozása és a matematikai modelljének leképezése során tehát az egyik fő szempont számunkra az, hogy a matematikai modellt úgy illeszthessük a szimulációs modellhez, hogy a költségek is egyszerűen vizsgálhatóvá váljanak a vizsgált rendszerben a fajlagos értékek rendelkezésre állása esetén.

A következő fejezetekben áttekintjük a rendszerben előforduló vállalatokat, folyamatokat, illetve a költséghelyeket, ezek alapján felvázolunk egy háromdimenziós költségstruktúrát, majd felírjuk a költségstruktúra matematikai modelljét a jelenlegi rendszerre és a vizsgált új rendszerre egyaránt.

3.1. A rendszerben résztvevő vállalatok

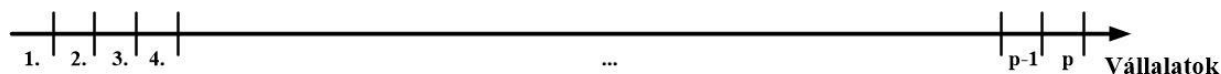
A rendszerben számos különböző vállalat előfordul. Vannak beszállító vállalatok (egyes esetekben már ezek is lehetnek logisztikai szolgáltatók), beszállítást végző vállalatok (logisztikai szolgáltatók, kiscsomagküldő vállalatok, illetve lehetnek azonosak a beszállító vállalatokkal is egyes esetekben), az üzleteket üzemeltető vállalatok (akik lehetnek azonosak a beszállító, illetve a beszállítást végző vállalatokkal is), a bevásárlóközpontokat (illetve azok logisztikai területét) üzemeltető vállalatok és kizárólag az új rendszerek esetén city logisztikai szolgáltató vállalatok, akik a konszolidációs központot, az áruforgalmi csomópontokat üzemeltetik és részt vesznek a beszállításokban, anyagmozgatási feladatokban.

A rendszerben résztvevő vállalatok azonban nem feltétlenül jelennek meg a modellünkben. Ilyenek például a bevásárlóközpontokat üzemeltető vállalatok, mivel az üzletek üzemeltetői a bérleti díjban megfizetik a bevásárlóközpont költségeit, így a logisztikai költségeket is. A későbbiekben fontos kérdés lesz, hogy a költségstruktúra matematikai modelljében ezeket a költségeket hogyan képezzük le. Kezelnünk kell továbbá azt is, hogy az egyes résztvevők egymásnak is fizetnek a rendszerben, így például az üzletek megfizetik a beszállítóknak és a beszállítást végzők bizonyos költségeit is. Itt is az előbbihez hasonlóan annál kell a költségeknek megjelennie, aki azt bérleti díjban, szolgáltatás díjában stb. kifizeti, ez pedig minden esetben az üzleteket üzemeltető vállalat.

Ez tulajdonképpen ahhoz vezet, hogy a modellben azok a vállalatok jelennek meg, akik költségeket fizetnek, ezek pedig az üzletek üzemeltető vállalatok lesznek, mivel minden költséget végsősoron ők fognak megfizetni. Abban az esetben, ha különálló vállalatokról van szó, bérleti díj, beszerzési ár, illetve különböző szolgáltatások árában fizetik meg a költségeket. Amennyiben az üzleteket üzemeltető vállalatok azonosak a beszállító, illetve a beszállítást végző vállalattal, közvetlenül náluk jelennek meg a különböző (pl. operációs, készletezési, üzemanyag stb.) költségek, azonban ezt a későbbi modellben úgy fogjuk kezelni,

mintha minden költség az üzleteknél jelenne meg, nem teszünk különbséget a két fajta költség között.

A vállalatok tengelye a háromdimenziós mátrixban ekkor a 3.1. ábrán látható módon alakul p db vállalat esetén (a jelenlegi és az új rendszerben egyaránt). A költségeket eszerint ezekre a vállalatokra fogjuk meghatározni.



3.1. ábra: A vállalatok tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában

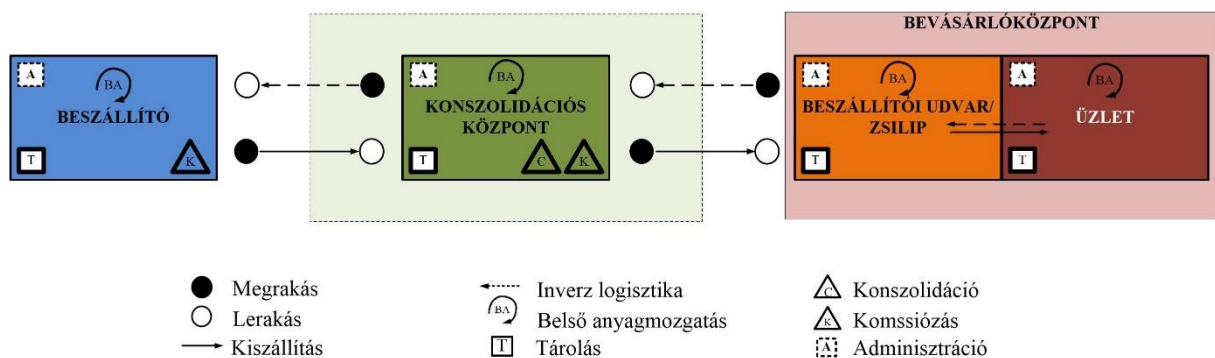
3.2. A rendszerben előforduló folyamatok

A rendszerben öt fő csoportba sorolhatjuk a folyamatokat: megjelennek a klasszikus RST-folyamatok (rakodás-szállítás-tárolás), intralogisztikai operációk, illetve adminisztráció is. A fő csoportokba tartozó folyamatok az alábbiak:

- Rakodás:
 - ki- és berakodás a beszállítónál
 - ki- és berakodás a bevásárlóközpontban
 - ki- és berakodás a konszolidációs központban (új rendszer esetén)
- Szállítás:
 - beszállítások a beszállítótól a bevásárlóközpontba (FTL, illetve egyes esetekben LTL szervezéssel) a jelenlegi rendszerben
 - beszállítások a beszállítótól a konszolidációs központba, illetve a konszolidációs központból a bevásárlóközpontba az új rendszerben (rendszer szervezésétől függően FTL és/vagy LTL szervezésű is lehet)
 - inverz anyagáram a bevásárlóközpontból a beszállítóhoz (göngyölegkezelés, visszáru, szállítás szervízbe, szintén lehet FTL és LTL szervezésű is)
 - inverz anyagáram a bevásárlóközpontból a konszolidációs központba, illetve onnan a beszállítóhoz (az új rendszer esetén, rendszer szervezésétől függően FTL és/vagy LTL szervezésű is lehet)
- Tárolás:
 - a beszállítónál
 - a konszolidációs központban (új rendszer esetén)
 - átmeneti tárolás a bevásárlóközponti rámpán, illetve új rendszerben az áruforgalmi zsilipben
 - az üzletben, illetve a hozzátartozó raktárban

- Intralogisztikai operáció:
 - anyagmozgatás a bevásárlóközponti rámpa, illetve zsilip és az üzlet vagy a hozzá tartozó raktár között
 - anyagmozgatás az üzlethez tartozó raktár és az üzlet bevásárlótere között
 - egyéb tárolótéri anyagmozgatási műveletek a beszállítónál, új rendszerben a konszolidációs központban, bevásárlóközponti rámpán, illetve áruforgalmi zsilipben, az üzletben
 - kommissiózás a beszállítónál, illetve új rendszerben a konszolidációs központban
 - konszolidáció az konszolidációs központban (új rendszer esetén)
- Adminisztráció:
 - adminisztráció a beszállítónál
 - adminisztráció a konszolidációs központban (új rendszer esetén)
 - adminisztráció a bevásárlóközponti beszállítói udvarban, illetve új rendszerben az áruforgalmi zsilipben
 - adminisztráció az üzletben

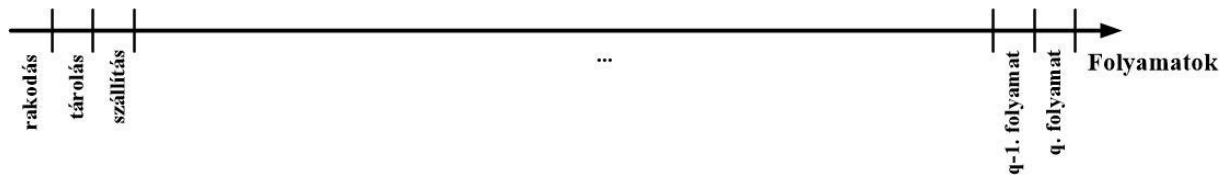
A folyamatainkat a következő oldalon található 3.2. ábrán ábrázoltuk. A folyamatok közül azokat, amelyek csak az új rendszerben fordulnak elő, a szaggatott vonallal jelölt részen belül láthatók.



3.2. ábra: A rendszerben előforduló folyamatok

Az egyes folyamatok természetesen további részfolyamatokra bonthatók. Fontos kiemelni továbbá azt is, hogy nem minden folyamat jelenik meg minden egyes vállalatnál, a modellben ezek majd nulla költségként fognak megjelenni.

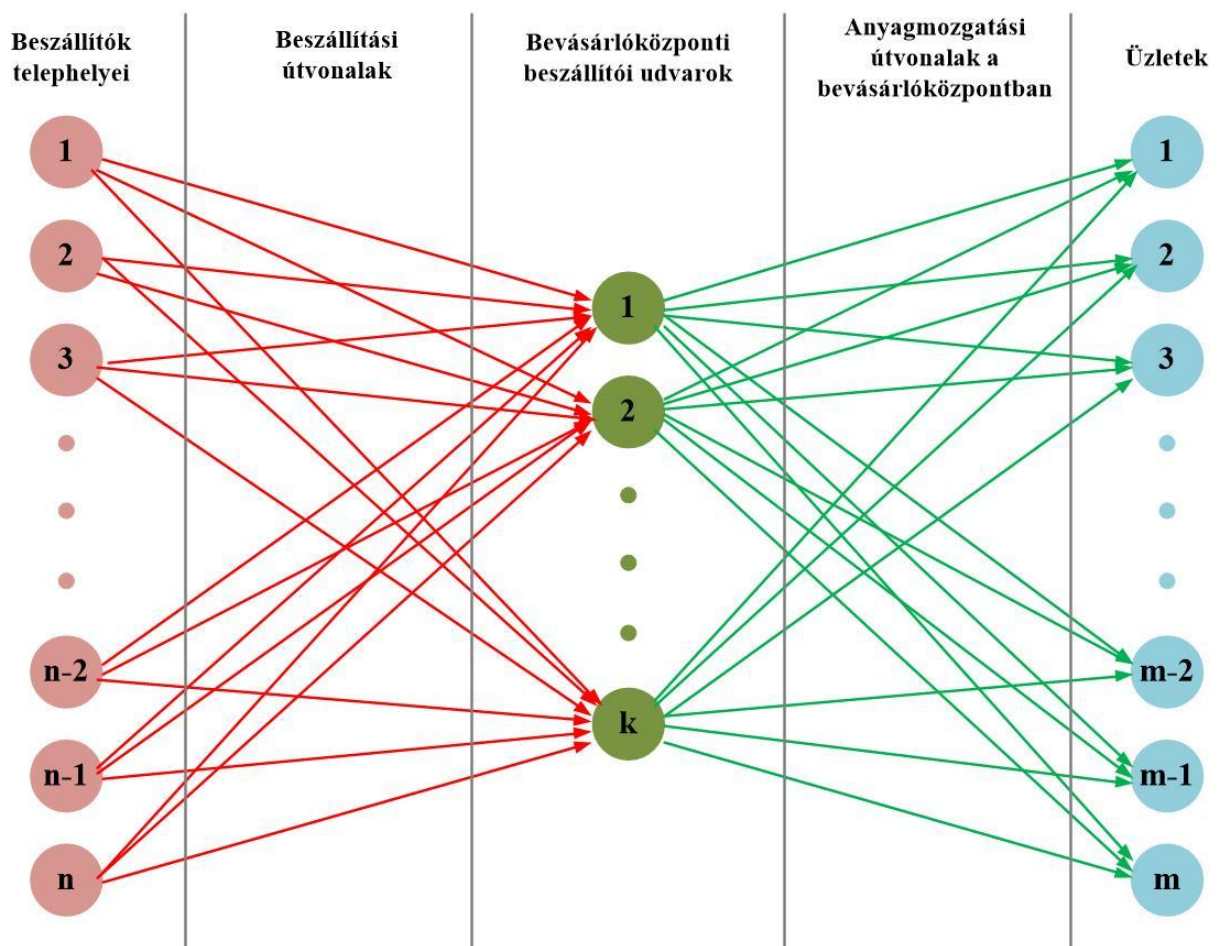
A folyamatok tengelye ekkor a 3.3. ábrán látható módon alakul.



3.3. ábra: A folyamatok tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában

3.3. Költséghelyek definiálása

Az egyik legfontosabb lépés a költséghelyek helyes definiálása. Eredetileg csomópontokkal akartunk dolgozni, de vannak olyan költségek, amelyek egyes csomópontok között lépnek fel, ilyenek a beszállítások és az anyagmozgatás a bevásárlóközpontban. Így a háromdimenziós mátrixban megjelenő költséghelyek tengelye tulajdonképpen egy gráf leképezése. Ez a gráf a jelenlegi rendszer esetében (egy bevásárlóközpontra) a 3.4. ábrán látható módon alakul.



3.4. ábra: A költséghelyek gráfja a bevásárlóközpontok jelenlegi áruszállítási rendszerében

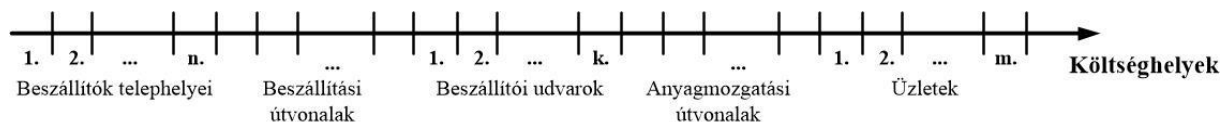
A gráfban minden lehetséges él megjelenik, mint költséghely, azonban azok közül értelemszerűen előfordulnak olyanok is, ahol nulla az összes költség, mivel nem minden

beszállítótól szállítanak minden beszállítói udvarba, és nem minden üzletbe érkezik áru minden beszállítói udvarból. A költséghelyek így az alábbiak lesznek a jelenlegi rendszerben:

- n db beszállítói telephely
- az i. beszállítótól a bevásárlóközpont l. beszállítói udvarába vezető útvonal (n x k lehetséges útvonal)
- k db beszállítói udvar a bevásárlóközpontban (ezek jellemző számossága 1-5)
- a k. beszállítói udvartól a j. üzletbe vezető útvonal (k x j lehetséges útvonal)
- j db üzlet a bevásárlóközpontban (ezek jellemző számossága 50 és 350 között van)

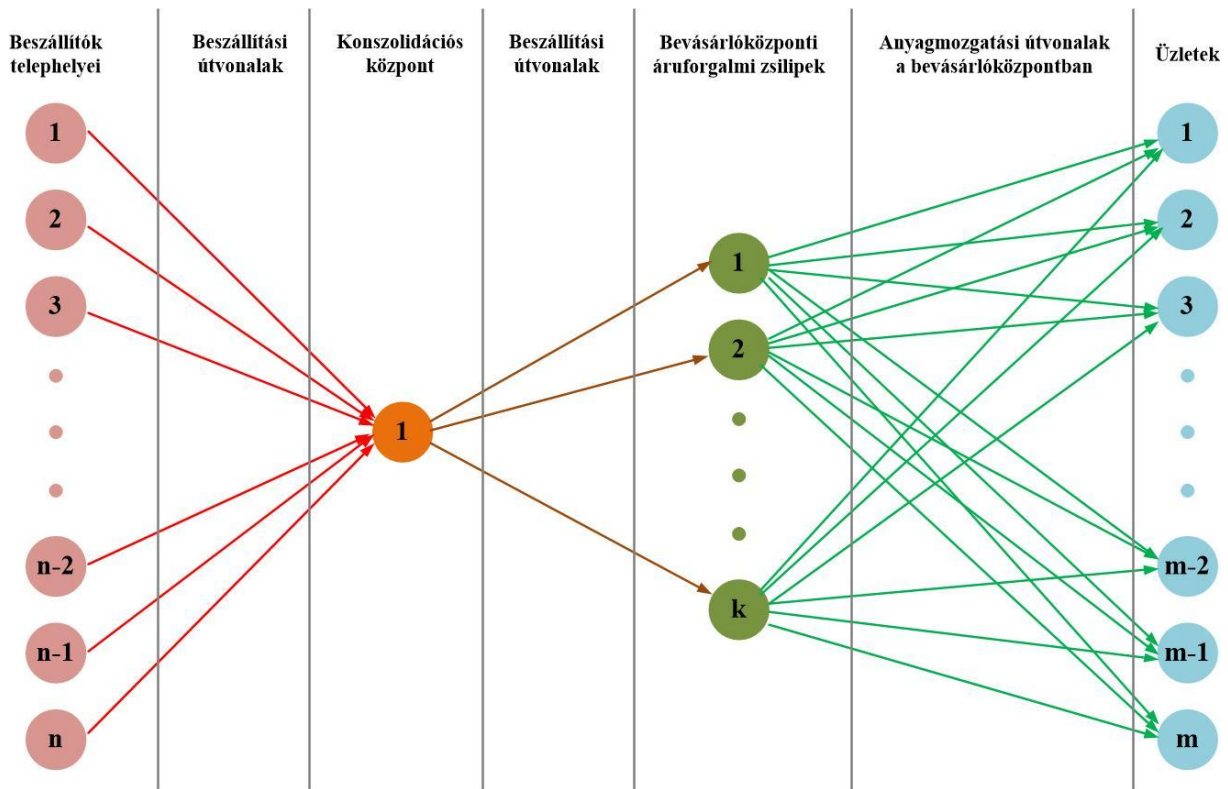
A rendszerben egy adott vállalathoz tartozhat több beszállítói telephely is, egy vállalat használhat több különböző útvonalat is és egy vállalat üzemeltethet egy bevásárlóközpontban több üzletet is. Ezért egy vállalatnál megjelenhet költség több beszállítói telephelynél, több különböző útvonalon és több üzletnél is.

A költséghelyek tengelye (tulajdonképpen az előbbi kétdimenziós gráf leképzése egydimenzióssá) a költségek háromdimenziós gráfjában ekkor a 3.5. ábrán látható módon alakul a jelenlegi rendszerben.



3.5. ábra: A költséghelyek tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában a jelenlegi rendszer esetén

A korábban felvázolt új rendszerben a költséghelyek gráfja a 3.6. ábrán látható módon alakul.



3.6. ábra: A költséghelyek gráfja a bevásárlóközpontok új áruszállítási rendszerében

A gráfban az élek az előbbihez hasonlóan jelennek meg. A költséghelyek így az alábbiak lesznek az új rendszerben.

- n db beszállítói telephely
- az i . beszállítótól a konszolidációs központba vezető útvonal (n lehetséges útvonal)
- konszolidációs központ (jelenleg egy, mivel a modellezés során is egy konszolidációs központtal dolgozunk, azonban előfordulhat egy városban több konszolidációs központ is, viszont egy adott bevásárlóközpont várhatóan akkor is egy központból lenne kiszolgálva)
- a konszolidációs központból a bevásárlóközpont l . áruforgalmi zsilipbe vezető útvonal (k lehetséges útvonal)
- k db áruforgalmi zsilip a bevásárlóközpontban (ezek jellemző számossága 1-5, a jelenlegi beszállítói udvarokból átalakítva)
- a k . áruforgalmi zsiliptől a j . üzletbe vezető útvonal ($k \times j$ lehetséges útvonal)
- j db üzlet a bevásárlóközpontban (ezek jellemző számossága 50 és 350 között van)

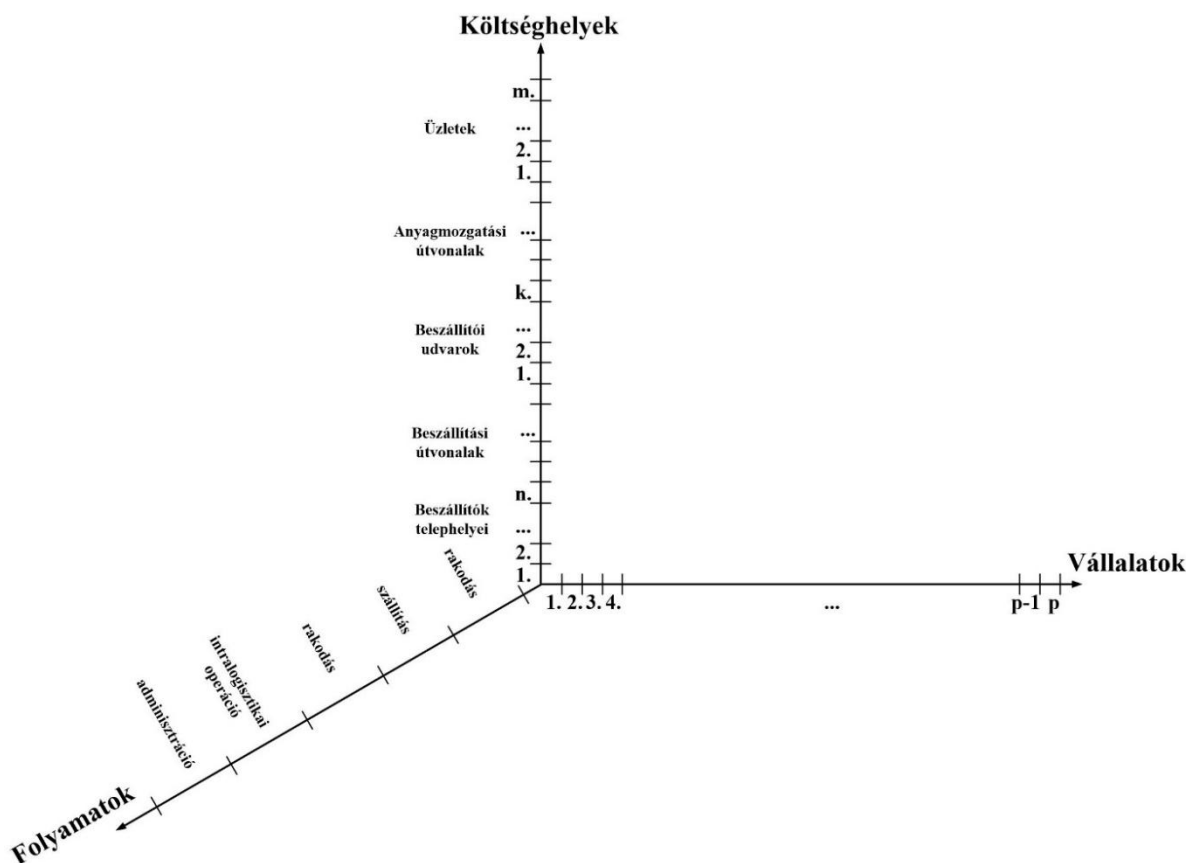
A költséghelyek tengelye (a jelenlegi helyzethez hasonlóan az előbbi kétdimenziós gráf leképzése egydimenzióssá) a költségek háromdimenziós grájában ekkor a 3.7. ábrán látható módon alakul a jelenlegi rendszerben.



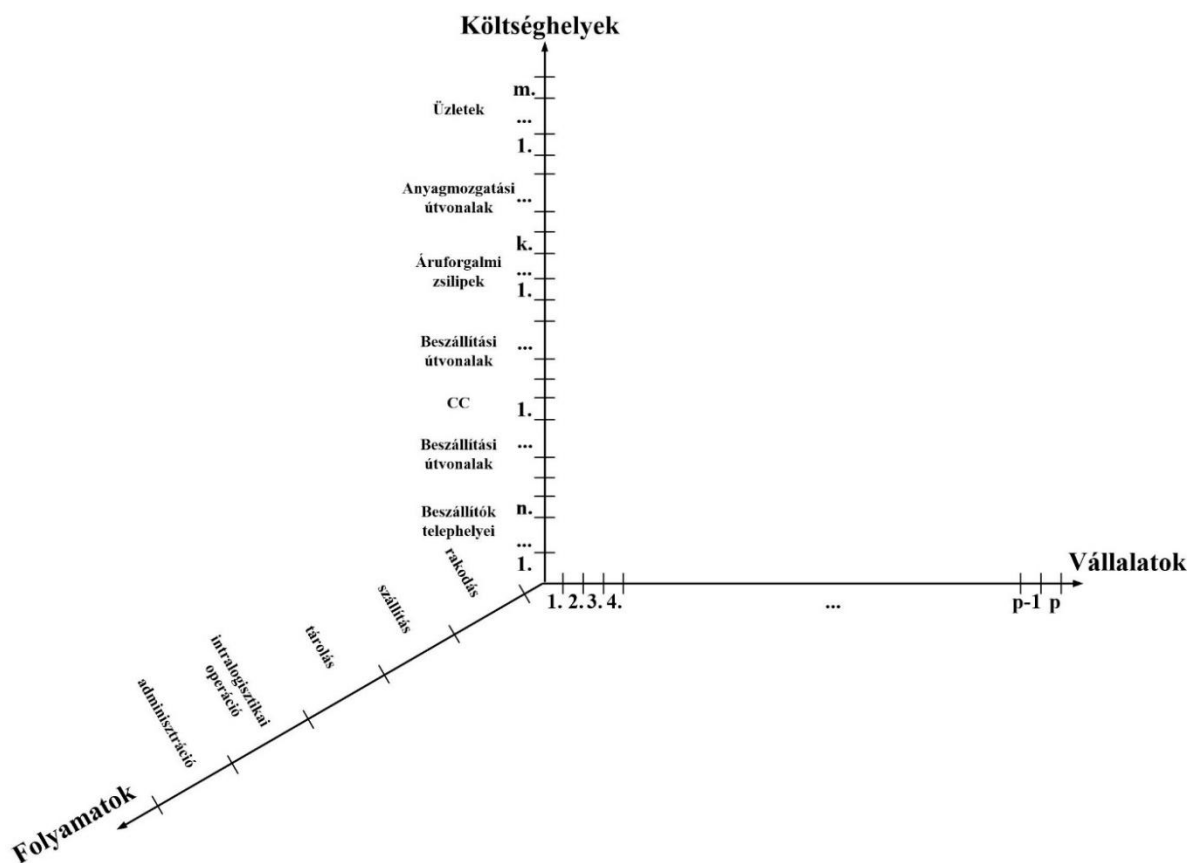
3.7. ábra: A költséghelyek tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában az új rendszer esetén

3.4. Háromdimenziós költségstruktúra bemutatása

Az előbbi fejezetekben definiáltuk a három dimenziót, amiben a költségeket kezelni szeretnénk: vállalatok, folyamatok és költséghelyek. A korábban felrajzolt tengelyek alapján a költségeket így a 3.8. ábrán látható háromdimenziós struktúrában értelmezhetjük a jelenlegi rendszerben, illetve a 3.9. ábrán látható struktúrában az új rendszer esetén.

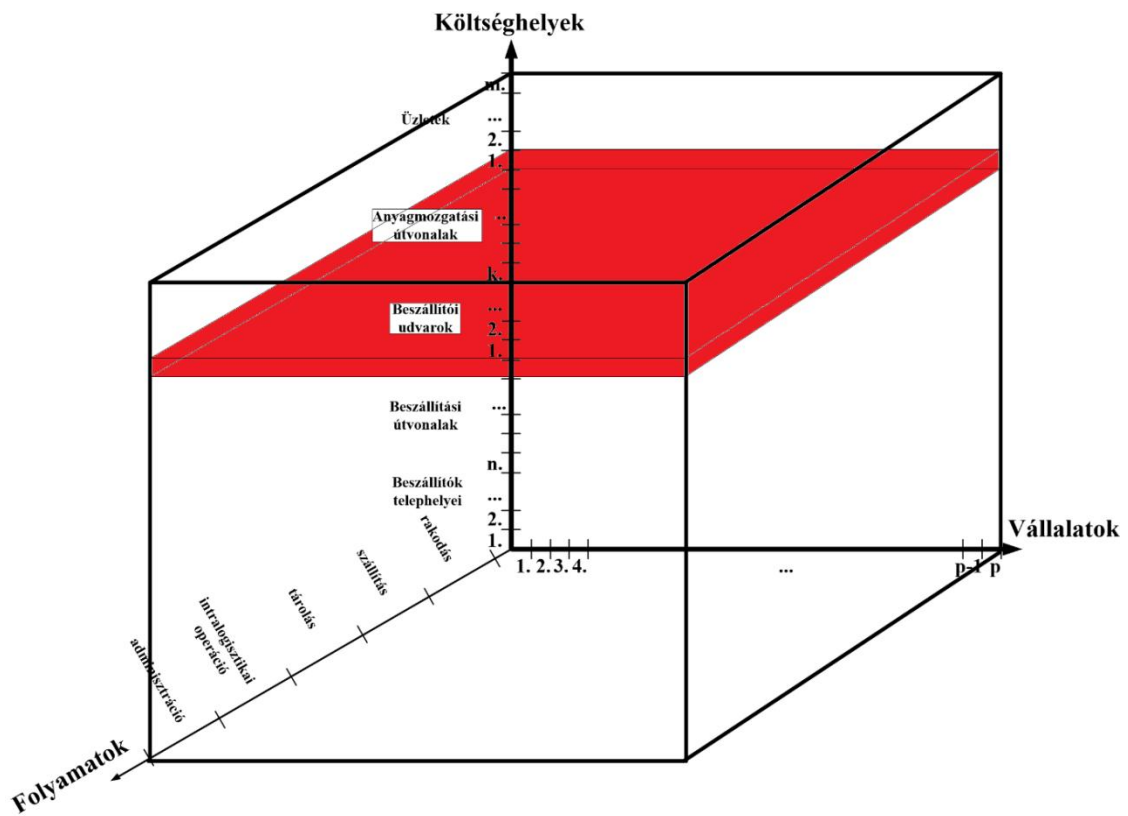


3.8. ábra: A költségek háromdimenziós struktúrája a jelenlegi rendszerben



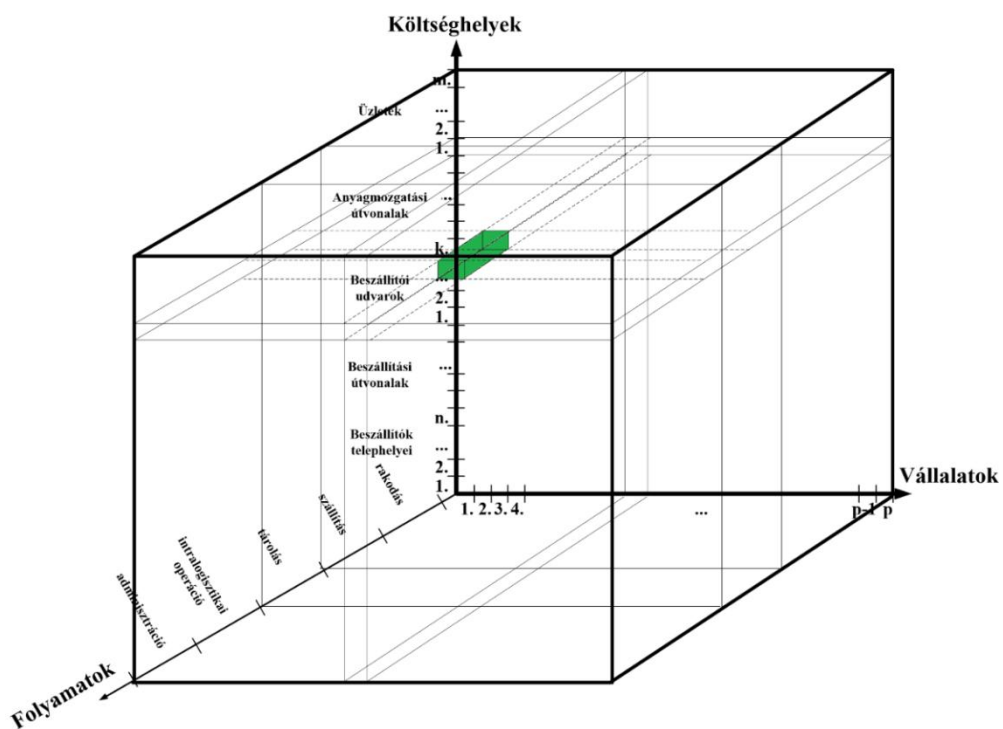
3.9. ábra: A költségek háromdimenziós struktúrája az új rendszerben

A háromdimenziós struktúrában értelmezve a költségeket, például az 1. számú üzlet esetében (nem, mint vállalat, hanem mint költséghely) fellépő költségek az üzletet üzemeltető vállalatokra (előfordulhat, hogy egy üzlethelyiséget több vállalat is üzemeltet együtt, felosztva a területet) és az ott előforduló folyamatokra a 3.10. ábrán pirossal jelölt mezőben láthatók. Ez a mező lefedi az összes olyan költséget, amely fellép ezen a költséghelyen. Ebben a háromdimenziós struktúrában a három tengely meghatározza egy adott költséghelyen egy adott vállalat költségeit egy adott folyamat kapcsán. Abban az esetben, ha adott költséghelyen, adott folyamathoz kapcsolódóan, az adott vállalat költsége nulla, a háromdimenziós struktúra adott pontja nulla értékű.



3.10. ábra: Meghatározott költséghelyen megjelenő költségek

A 3.11. ábrán látható a zölddel jelölve az 1. számú üzletben az azt üzemeltető i. vállalat esetén felmerülő tárolási költség.



3.11. ábra: Meghatározott költséghelyen, meghatározott folyamat során, meghatározott vállalat esetében felmerülő költség

Látható, hogy a háromdimenziós gráf pontjaiban megjelennek az adott vállalatok költségei az adott folyamat kapcsán az adott költséghelyen. Ez a struktúra lefedi az adott vállalatok összes költségét, amely a bevásárlóközpontok áruellátása kapcsán jelentkezik. A következő feladat ezekre a pontokra a költségek struktúrájának matematikai leképezése.

3.5. A jelenlegi rendszer költségstruktúrájának matematikai modellje

A korábbiakban definiáltuk, hogy az egyes folyamatok milyen formában fordulnak elő. A 3.1. táblázatban látható, hogy adott típusú költséghelyek esetén mely folyamatok jelennek meg a jelenlegi rendszerben. A költségstruktúra matematikai modelljét későbbiekben ebből kiindulva, a különböző költséghelyek szerinti bontásban fogjuk felírni. Az 1. mellékletben látható, hogy az adott típusú költséghelyeken milyen részfolyamatokról beszélhetünk, azaz milyen részfolyamatokat kell leírnia a modellnek.

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Bevásárlóközponti beszállítói udvarok	Anyagmozgatási útvonalak a bevásárlóközpontban	Üzletek
Rakodás	X		X		
Szállítás		X			
Tárolás	X		X		X
Intralogisztikai operáció	X		X	X	X
Adminisztráció	X		X		X

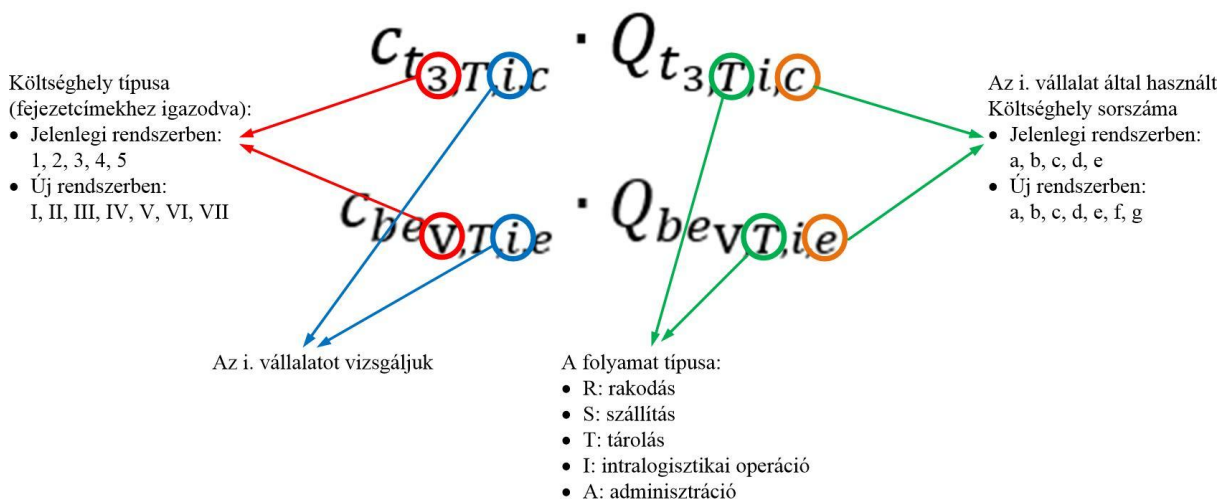
3.1. táblázat: Adott típusú költséghelyeken előforduló folyamatok a jelenlegi rendszerben

A 3.2. táblázatban látható, hogy hogyan fogjuk a továbbiakban jelölni az adott típusú költséghelyeken megjelenő költségeket (az i . vállalat esetében). A táblázatban megjelenő költségek természetesen nem minden egyes vállalat esetében lépnek fel, előfordulhat, hogy az i . vállalatnál valamely költség zérus, mivel abban a folyamatban nem vesz részt. Ilyen eset például az, ha egy adott üzlet a beszállítói udvarban nem hajt végre intralogisztikai operációt.

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Beszállítói udvarok	Anyagmozgatási útvonalak a bevásárlóközpontban	Üzletek
Rakodás	$C_{1,R,i}$		$C_{3,R,i}$		
Szállítás		$C_{2,Sz,i}$			
Tárolás	$C_{1,T,i}$		$C_{3,T,i}$		$C_{5,T,i}$
Intralogisztikai operáció	$C_{1,I,i}$		$C_{3,I,i}$	$C_{4,I,i}$	$C_{5,I,i}$
Adminisztráció	$C_{1,A,i}$		$C_{3,A,i}$		$C_{5,A,i}$
Összes költség adott költséghelyen	$C_{1,i}$	$C_{2,i}$	$C_{3,i}$	$C_{4,i}$	$C_{5,i}$
Összes költség	C_i				

3.2. táblázat: Adott típusú költséghelyeken megjelenő költségek jelölése a jelenlegi rendszerben

A következő fejezetekben bemutatásra került a költségstruktúra matematikai leképezése a bevásárlóközpontok jelenlegi áruszállítási rendszerére vonatkozólag, a költséghelyek típusai szerint felírva. A jelöléseknél a 3.12. ábrán látható logikát alkalmazzuk. A képletekben szereplő jelölések a fajlagos költségekre külön összegyűjtve megtalálhatók a 3-4. mellékletekben is, a teljesítmények és időadatok jelölései hasonlóképpen alakulnak.



3.12. ábra: A költségstruktúra matematikai leképezésében alkalmazott jelölések magyarázata

3.5.1. A beszállítók telephelyein fellépő költségek

A beszállítók telephelyein négy folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: rakodás, tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az *i.* vállalat egy telephelyén (*a.* telephelyén) fellépő összes rakodási költség (3.5.1.), ahol $c_{fel_{1R,i,a}}$ a fajlagos felrakodási költség az *i.* vállalat *a.* beszállító telephelyén [Ft/áruegység], $Q_{fel_{1R,i,a}}$ a felrakodott mennyiség az *i.* vállalat *a.* beszállító telephelyén, $c_{le_{1R,i,a}}$ a fajlagos lerakodási költség az *i.* vállalat *a.* beszállító telephelyén [Ft/áruegység], $Q_{le_{1R,i,a}}$ a lerakodott mennyiség az *i.* vállalat *a.* beszállító telephelyén:

$$C_{1,R,i,a} = c_{fel_{1R,i,a}} \cdot Q_{fel_{1R,i,a}} + c_{le_{1R,i,a}} \cdot Q_{le_{1R,i,a}} \quad (3.5.1.)$$

Az *i.* vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen *A* db telephelye van) fellépő összes rakodási költség (3.5.2.):

$$C_{1,R,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,R,i,a} \quad (3.5.2.)$$

Az *i.* vállalat egy telephelyén (*a.* telephelyén) fellépő összes tárolási költség (3.5.3.), ahol $c_{be_{1T,i,a}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], a betárolt mennyiség a $Q_{be_{1T,i,a}}$, az *i.*

vállalat (a. telephelyén) kitarolt mennyiségek a költségképlet következő elemei hasonlóan, „ki” jelöléssel, $Q_{t_{1,T,i,a}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{1,T,i,a}}$ [Ft/áruegység], a telephelyen lévő tárolt készletmennyiséget ($Q_{kt_{1,T,i,a}}$) a fajlagos készlettartási költséggel szorozzuk $c_{\lambda_{1,T,i,a}}$ [Ft/áruegység/nap], ami a készletben lekötött tőkét fejezi ki, az utolsó elempár pedig a fajlagos megrendelési költség a $c_{mr_{1,T,i,a}}$ [Ft/tranzakció], amely az $n_{1,T,i,a}$ megrendelési tranzakciószámmal szorzandó fel, az i. vállalat a telephelyén:

$$C_{1,T,i,a} = c_{be_{1,T,i,a}} \cdot Q_{be_{1,T,i,a}} + c_{ki_{1,T,i,a}} \cdot Q_{ki_{1,T,i,a}} + c_{t_{1,T,i,a}} \cdot Q_{t_{1,T,i,a}} + c_{\lambda_{1,T,i,a}} \cdot Q_{kt_{1,T,i,a}} + c_{mr_{1,T,i,a}} \cdot n_{1,T,i,a} \quad (3.5.3.)$$

Az i. vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen A db telephelye van) fellépő összes tárolási költség (3.5.4.):

$$C_{1,T,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,T,i,a} \quad (3.5.4.)$$

Az i. vállalat egy telephelyén (a. telephelyén) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.5.), ahol $c_{1,I(kézi),i,a}$ a kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége az i. vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{1,I(kézi),i,a}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{1,I(gépi),i,a}$ a gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége az i. vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{1,I(gépi),i,a}$ a gépi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{1,I(kom),i,a}$ a komissiózás fajlagos költsége az i. vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{1,I(kom),i,a}$ pedig a komissiózás összes időtartama:

$$C_{1,I,i,a} = c_{1,I(kézi),i,a} \cdot T_{1,I(kézi),i,a} + c_{1,I(gépi),i,a} \cdot T_{1,I(gépi),i,a} + c_{1,I(kom),i,a} \cdot T_{1,I(kom),i,a} \quad (3.5.5.)$$

Az i. vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen A db telephelye van) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.6.):

$$C_{1,I,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,I,i,a} \quad (3.5.6.)$$

Az i. vállalat egy telephelyén (a. telephelyén) az összes adminisztrációs költség (3.5.7.), ahol $c_{1,A,i,a}$ az i. vállalat fajlagos adminisztrációs költsége az a. beszállítói telephelyen [Ft/tranzakció], $N_{1,A,i,a}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{1,A,i,a} = c_{1,A,i,a} \cdot N_{1,A,i,a} \quad (3.5.7.)$$

Az *i.* vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen *A* db telephelye van) az összes adminisztrációs költség (3.5.8.):

$$C_{1,A,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,A,i,a} \quad (3.5.8.)$$

Az *i.* vállalat esetében a beszállítói telephelyeken fellépő összes költség (3.5.9.):

$$C_{1,i} = \sum_{l=R,T,I,A} C_{1,l,i} \quad (3.5.9.)$$

3.5.2. A beszállítási útvonalakon fellépő költségek

A beszállítási útvonalakon csak szállítási költség lép fel (ennek modellezése [24] alapján történt.

Az *i.* vállalat egy beszállítási útvonalán (a *b.* beszállítási útvonalán) fellépő szállítási költség (külön meghatározva az LTL (3.5.10.), illetve FTL (3.5.11.) szervezésű járatokra). A költségek futásteljesítmény alapú költségből $C_{F,2,S,i,b}$ illetve $C_{t,2,S,i,b}$ idő alapú költségből állnak.

$$C_{2,S,i,b(LTL)} = C_{F,LTL,2,S,i,b} + C_{t,LTL,2,S,i,b} \quad (3.5.10.)$$

$$C_{2,S,i,b(FTL)} = C_{F,FTL,2,S,i,b} + C_{t,FTL,2,S,i,b} \quad (3.5.11.)$$

A futásteljesítmény alapú költségnél (LTL szervezés esetén 3.5.12.) a kiállítás fajlagos költsége $c_{LTL,Ki,2,S,i,b}$ [Ft/kiállítás], $c_{LTL,R,2,S,i,b}$ a rakott menet fajlagos költsége [Ft/távolság], ezt szorozzuk a rakott menet távolságával ($S_{R,2,S,i,b}$). Az üres menet és az inverz anyagáram fajlagos költsége és távolsága pedig hasonlóan alakul, „ÜR” és „inv” jelöléssel. FTL esetében (3.5.13.) ez a képlet ugyanígy épül fel, de mások a fajlagos és a távolság értékek. Értelemszerűen az üres menet és az inverz szállítás nem egyszerre történik, vagy egyik, vagy a másik valósul meg a beszállítást követően, de a kettőnek eltérő lehet a fajlagos költsége.

$$C_{F,LTL,2,S,i,b} = N_{LTL,2,S,i,b} \cdot (c_{LTL,Ki,2,S,i,b} + c_{LTL,R,2,S,i,b} \cdot S_{R,2,S,i,b} + c_{LTL,ÜR,2,S,i,b} \cdot S_{ÜR,2,S,i,b} + c_{LTL,inv,2,S,i,d} \cdot S_{inv,2,S,i,d}) \quad (3.5.12.)$$

$$C_{F,FTL,2,S,i,b} = N_{FTL,2,S,i,b} \cdot (c_{FTL,Ki,2,S,i,b} + c_{FTL,R,2,S,i,b} \cdot S_{R,2,S,i,b} + c_{FTL,ÜR,2,S,i,b} \cdot S_{ÜR,2,S,i,b} + c_{FTL,inv,2,S,i,d} \cdot S_{inv,2,S,i,d}) \quad (3.5.13.)$$

Az idővel arányos költségeknél (LTL: 3.5.14., FTL: 3.5.15.), $C_{t,2,S,i,b}$ képletében szerepel három, az előzőekben nem ismertetett tag: a $c_{LTL,t,2,S,i,b}$ az időarányos fajlagos költség

[Ft/időegység], $v_{LTL_{2,S,i,b}}$ az átlagos menetsebesség és végezetül $t_{OP,n_{2,S,i,b}}$ az operációs időszükséglet.

$$C_{t,LTL_{2,S,i,b}} = N_{LTL_{2,S,i,b}} \cdot c_{LTL,t_{2,S,i,b}} \cdot \left(\frac{S_{R_{2,S,i,b}} + S_{\ddot{U}R_{2,S,i,b}} + S_{inv_{2,S,i,d}}}{v_{LTL_{2,S,i,b}}} + t_{OP,n_{2,S,i,b}} \right) \quad (3.5.14.)$$

$$C_{t,FTL_{2,S,i,b}} = N_{FTL_{2,S,i,b}} \cdot c_{FTL,t_{2,S,i,b}} \cdot \left(\frac{S_{R_{2,S,i,b}} + S_{\ddot{U}R_{2,S,i,b}} + S_{inv_{2,S,i,d}}}{v_{FTL_{2,S,i,b}}} + t_{OP,n_{2,S,i,b}} \right) \quad (3.5.15.)$$

Az i. vállalat beszállítási útvonalain (amennyiben a vállalat összesen B db szállítási útvonalat vesz igénybe) fellépő összes szállítási költség (3.5.16.):

$$C_{2,S,i} = \sum_{b=1}^B C_{2,S,i,b} \quad (3.5.16.)$$

Az i. vállalat esetében a beszállítási útvonalakon fellépő összes költség (3.5.17.):

$$C_{2,i} = \sum_{l=S} C_{2,l,i} = C_{2,S,i} \quad (3.5.17.)$$

3.5.3. A bevásárlóközponti beszállítói udvarokban fellépő költségek

A bevásárlóközponti beszállítói udvarokban négy folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: rakodás, tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az i. vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti beszállítói udvarban (a c. beszállítói udvarban) fellépő összes rakodási költség (3.5.18.), ahol $c_{fel_{3,R,i,c}}$ a fajlagos felrakodási költség [Ft/áruegység] az i. vállalat által használt c. bevásárlóközponti beszállítói udvarban, $Q_{fel_{1,R,i,c}}$ a felrakodott mennyiség az i. vállalat által használt c. bevásárlóközponti beszállítói udvarban, a lerakodás fajlagos költsége és a lerakodott árumennyiség pedig hasonlóan alakul, „le”-jelöléssel.

$$C_{3,R,i,c} = c_{fel_{3,R,i,c}} \cdot Q_{fel_{3,R,i,c}} + c_{le_{3,R,i,c}} \cdot Q_{le_{3,R,i,c}} \quad (3.5.18.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti beszállítói udvarban (amennyiben a vállalat C db beszállítói udvart vesz igénybe) fellépő összes rakodási költség (3.5.19.):

$$C_{3,R,i} = \sum_{c=1}^C C_{3,R,i,c} \quad (3.5.19.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti beszállítói udvarban (a *c.* beszállítói udvarban) fellépő összes tárolási költség (3.5.20.), ahol $c_{be_{3,T,i,c}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], az ehhez tartozó betárolt mennyiség a $Q_{be_{3,T,i,c}}$ az *i.* vállalat által használt *c.* beszállítói udvarában, a kitért mennyiségek hasonlóan alakulnak „ki”-jelöléssel, $Q_{t_{3,T,i,c}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{3,T,i,c}}$ [Ft/áruegység], a beszállítói udvarban lévő tárolt készletmennyiséget ($Q_{kt_{3,T,i,c}}$) a fajlagos készlettartási költséggel szorozzuk $c_{\lambda_{3,T,i,c}}$ [Ft/áruegység/nap], ez fejezi ki a készletben lekötött tőkét az *i.* vállalat által használt *e.* beszállítói udvarban:

$$C_{3,T,i,c} = c_{be_{3,T,i,c}} \cdot Q_{be_{3,T,i,c}} + c_{ki_{3,T,i,c}} \cdot Q_{ki_{3,T,i,c}} + c_{t_{3,T,i,c}} \cdot Q_{t_{3,T,i,c}} + c_{\lambda_{3,T,i,c}} \cdot Q_{kt_{3,T,i,c}} \quad (3.5.20.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti beszállítói udvarban (amennyiben a vállalat *C* db beszállítói udvart vesz igénybe) fellépő összes tárolási költség (3.5.21.):

$$C_{3,T,i} = \sum_{c=1}^C C_{3,T,i,c} \quad (3.5.21.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti beszállítói udvarban (a *c.* beszállítói udvarban) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.22.), ahol $c_{3,I(kézi),i,c}$ a kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az *i.* vállalat által használt *c.* beszállítói udvarban, $T_{3,I(kézi),i,c}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{3,I(gépi),i,c}$ a gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az *i.* vállalat által használt *c.* beszállítói udvarban, $T_{3,I(gépi),i,c}$ pedig a gépi anyagmozgatás összes időtartama (itt megjegyzendő, hogy a mérések alapján gépi anyagmozgatás nem fordult elő a vizsgált esetekben, azonban elviekben nem zárható ki, hogy máshol előfordul):

$$C_{3,I,i,c} = c_{3,I(kézi),i,c} \cdot T_{3,I(kézi),i,c} + c_{3,I(gépi),i,c} \cdot T_{3,I(gépi),i,c} \quad (3.5.22.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti beszállítói udvarban (amennyiben a vállalat *C* db beszállítói udvart vesz igénybe) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.23.):

$$C_{3,I,i} = \sum_{c=1}^C C_{3,I,i,c} \quad (3.5.23.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti beszállítói udvarban (a *c.* beszállítói udvarban) az összes adminisztrációs költség (3.5.24.), ahol $c_{3,A,i,c}$ az *i.* vállalattal

kapcsolatos fajlagos adminisztrációs költség a c. beszállítói udvarban [Ft/tranzakció], $N_{3,A,i,c}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{3,A,i,c} = c_{3,A,i,c} \cdot N_{3,A,i,c} \quad (3.5.24.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti beszállítói udvarban (amennyiben a vállalat C db beszállítói udvart vesz igénybe) az összes adminisztrációs költség (3.5.25.):

$$C_{3,A,i} = \sum_{c=1}^C C_{3,A,i,c} \quad (3.5.25.)$$

Az i. vállalat esetében a bevásárlóközponti beszállítói udvarokban fellépő összes költség (3.5.26.):

$$C_{3,i} = \sum_{l=R,T,I,A} C_{3,l,i} \quad (3.5.26.)$$

3.5.4. A bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalakon fellépő költségek

A bevásárlóközpont anyagmozgatási útvonalakon csak az intralogisztikai operáció költsége lép fel.

Az i. vállalat által használt egy bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalon (a d. anyagmozgatási útvonalon) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.27.), ahol $c_{4,I(kézi),i,d}$ a kézi, $c_{4,I(gépi),i,d}$ a gépi anyagmozgatás fajlagos költsége az i. vállalat által használt d. bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalon, $T_{4,I(kézi),i,d}$ a kézi, $T_{4,I(gépi),i,d}$ a gépi anyagmozgatás összes időtartama, illetve „gépi” anyagmozgatás fajlagos költsége és összes időtartama:

$$C_{4,I,i,d} = c_{4,I(kézi),i,d} \cdot T_{4,I(kézi),i,d} + c_{4,I(gépi),i,d} \cdot T_{4,I(gépi),i,d} \quad (3.5.27.)$$

Az i. vállalat által használt bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalokon (amennyiben összesen D db anyagmozgatási útvonalat vesznek igénybe) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.28.):

$$C_{4,I,i} = \sum_{d=1}^D C_{4,I,i,d} \quad (3.5.28.)$$

Az i. vállalat esetében a bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalakon fellépő összes költség (3.5.29.):

$$C_{4,i} = \sum_{l=I} C_{4,l,i} = C_{4,I,i} \quad (3.5.29.)$$

3.5.5. Az üzletekben fellépő költségek

Az üzletekben három folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az *i.* vállalat egy üzletében (az *e.* üzletben, illetve a hozzá tartozó raktárakban) fellépő összes tárolási költség (3.5.30.), ahol $c_{be_{5,T,i,e}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], az ehhez tartozó betárolt mennyiség $Q_{be_{5,T,i,e}}$, az *i.* vállalat (*e.* üzletben) kitarolt mennyiségek a költségképlet következő elemei „*ki*” jelöléssel, $Q_{t_{5,T,i,e}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{5,T,i,e}}$ [Ft/áruegység], $Q_{kt_{5,T,i,e}}$ az üzletben, illetve raktárjaiban tárolt készletmennyiség, melynek fajlagos készlettartási költsége $c_{\lambda_{5,T,i,e}}$ [Ft/áruegység/nap], ez fejezi ki a készletben lekötött tőkét, az utolsó elempár pedig a $c_{mr_{5,T,i,e}}$ megrendelési költség [Ft/tranzakció], amely az $n_{5,T,i,e}$ megrendelési tranzakció számmal szorzandó fel, az *i.* vállalat *e.* üzletében, illetve az ahhoz tartozó raktárakban:

$$C_{5,T,i,e} = c_{be_{5,T,i,e}} \cdot Q_{be_{5,T,i,e}} + c_{ki_{5,T,i,e}} \cdot Q_{ki_{5,T,i,e}} + c_{t_{5,T,i,e}} \cdot Q_{t_{5,T,i,e}} + \quad (3.5.30.) \\ + c_{\lambda_{5,T,i,e}} \cdot Q_{kt_{5,T,i,e}} + c_{mr_{5,T,i,e}} \cdot n_{5,T,i,e}$$

Az *i.* vállalat üzleteiben (amennyiben összesen *E* db üzletet üzemeltet a vállalat a bevásárlóközpontban) fellépő összes tárolási költség (3.5.31.):

$$C_{5,T,i} = \sum_{e=1}^E C_{5,T,i,e} \quad (3.5.31.)$$

Az *i.* vállalat egy üzletében (az *e.* üzletben) az intralogisztikai operáció összes költsége, ahol $c_{5,I(kézi),i,e}$ a kézi anyagmozgatás fajlagos költsége az *i.* vállalat *e.* üzletében (és az ahhoz tartozó raktárban), $T_{5,I(kézi),i,e}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{5,I(gépi),i,e}$ a gépi anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az *i.* vállalat *e.* üzletében (és az ahhoz tartozó raktárban), $T_{5,I(gépi),i,e}$ a gépi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{5,I(kom),i,a}$ a kommissiózás fajlagos költsége az *i.* vállalat *a.* beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{5,I(kom),i,a}$ pedig a kommissiózás összes időtartama (3.5.32.):

$$C_{5,I,i,a} = c_{5,I(kézi),i,a} \cdot T_{5,I(kézi),i,a} + c_{5,I(gépi),i,a} \cdot T_{5,I(gépi),i,a} + \quad (3.5.32.) \\ + c_{5,I(kom),i,a} \cdot T_{5,I(kom),i,a}$$

Az i . vállalat üzleteiben (amennyiben összesen E db üzletet üzemeltet a vállalat a bevásárlóközpontban) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.5.33.):

$$C_{5,l,i} = \sum_{e=1}^E C_{5,l,i,e} \quad (3.5.33.)$$

Az i . vállalat egy üzletében (az e . üzletben) az összes adminisztrációs költség (3.5.34.), ahol $c_{5,A,i,e}$ az i . vállalat fajlagos adminisztrációs költsége az e . üzletben [Ft/tranzakció], $N_{5,A,i,e}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{5,A,i,e} = c_{5,A,i,e} \cdot N_{5,A,i,e} \quad (3.5.34.)$$

Az i . vállalat üzleteiben (amennyiben összesen E db üzletet üzemeltet a vállalat a bevásárlóközpontban) az összes adminisztrációs költség (3.5.35.):

$$C_{5,A,i} = \sum_{e=1}^E C_{5,A,i,e} \quad (3.5.35.)$$

Az i . vállalat esetében az üzletekben fellépő összes költség (3.5.36.):

$$C_{5,i} = \sum_{l=S,T,A} C_{5,l,i} \quad (3.5.36.)$$

Így megkaptuk az egy adott vállalat (a bevásárlóközpont áruellátási rendszerében résztvevő i . vállalat) összes költségét (3.5.37.):

$$C_i = \sum_{j=1}^5 C_{j,i} \quad (3.5.37.)$$

Az egyes vállalatokra eső költségeket összegezve pedig adódik **az egy bevásárlóközpont áruellátási rendszerében résztvevő vállalatok összesített költsége** (3.5.38.), azaz egy bevásárlóközpont áruellátási rendszerének összesített üzemeltetési költsége:

$$C_{bevkp} = \sum_{i=1}^p C_i \quad (3.5.38.)$$

3.6. Az új rendszer költségstruktúrájának matematikai modellje

A konszolidáción alapuló új rendszer költségstruktúrájának matematikai leképezését a jelenlegi rendszer modelljéhez hasonlóan írtuk fel. A 3.3. táblázatban látható, hogy adott típusú költséghelyek esetén mely folyamatok fordulnak elő a jelenlegi rendszerben. A táblázat

két oszloppal bővült a jelenlegi rendszerhez képest, mivel egy konszolidációs központ ékelődött a beszállítók és a bevásárlóközpont közé; a bevásárlóközponti beszállító udvarokat pedig áruforgalmi zsilipekkel helyettesítettük.

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Konszolidációs központ	Beszállítási útvonalak	Áruforgalmi zsilipek	Anyagmozgatási útvonalak	Üzletek
Rakodás	X		X		X		
Szállítás		X		X			
Tárolás	X		X		X		X
Intra-logisztikai operáció	X		X		X	X	X
Adminisztráció	X		X		X		X

3.3. táblázat: Adott típusú költséghelyeken előforduló folyamatok a konszolidáción alapuló új rendszerben

A 2. mellékletben látható, hogy az adott típusú költséghelyeken milyen részfolyamatokról beszélhetünk az új rendszerben, azaz milyen részfolyamatokat kell leírnia a modellnek. A 3.4. táblázatban látható, hogy hogyan fogjuk a továbbiakban jelölni az adott típusú költséghelyeken megjelenő költségeket (az *i.* vállalat esetében). A táblázatban megjelenő költségek természetesen nem minden egyes vállalat esetében lépnek fel az új rendszerben sem. Előfordulhat, hogy az *i.* vállalatnál valamely költség zérus, mivel abban a folyamatban nem vesz részt.

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Konszolidációs központ	Beszállítási útvonalak	Áruforgalmi zsilipek	Anyagmozgatási útvonalak	Üzletek
Rakodás	$C_{I,R,i}$		$C_{III,R,i}$		$C_{V,R,i}$		
Szállítás		$C_{II,Sz,i}$		$C_{IV,Sz,i}$			
Tárolás	$C_{I,T,i}$		$C_{III,T,i}$		$C_{V,T,i}$		$C_{VII,T,i}$
Intra-logisztikai operáció	$C_{I,I,i}$		$C_{III,I,i}$		$C_{V,I,i}$	$C_{VI,I,i}$	$C_{VII,I,i}$
Adminisztráció	$C_{I,A,i}$		$C_{III,A,i}$		$C_{V,A,i}$		$C_{VII,A,i}$
Összes költség	C_i						

3.4. táblázat: Adott típusú költséghelyeken megjelenő költségek jelölése az új rendszerben

A következő fejezetekben bemutatásra kerül a költségstruktúra matematikai leképezése a bevásárlóközpontok lehetséges új áruszállítási rendszerére vonatkozólag, a költséghelyek típusai szerint felírva.

3.6.1. A beszállítók telephelyein fellépő költségek

A beszállítók telephelyein négy folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: rakodás, tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az i . vállalat egy telephelyén (a . telephelyén) fellépő összes rakodási költség (3.6.1.), ahol $c_{fel_{1,R,i,a}}$ a fajlagos felrakodási költség az i . vállalat a . beszállító telephelyén [Ft/áruegység], $Q_{fel_{1,R,i,a}}$ a felrakodott mennyiség az i . vállalat a . beszállító telephelyén, $c_{le_{1,R,i,a}}$ a fajlagos lerakodási költség az i . vállalat a . beszállító telephelyén [Ft/áruegység], $Q_{le_{1,R,i,a}}$ a lerakodott mennyiség az i . vállalat a . beszállító telephelyén:

$$C_{1,R,i,a} = c_{fel_{1,R,i,a}} \cdot Q_{fel_{1,R,i,a}} + c_{le_{1,R,i,a}} \cdot Q_{le_{1,R,i,a}} \quad (3.6.1.)$$

Az i . vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen A db telephelye van) fellépő összes rakodási költség (3.6.2.):

$$C_{1,R,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,R,i,a} \quad (3.6.2.)$$

Az i . vállalat egy telephelyén (a . telephelyén) fellépő összes tárolási költség (3.6.3.), ahol $c_{be_{1,T,i,a}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], az ehhez tartozó betárolt mennyiség a $Q_{be_{1,T,i,a}}$ az i . vállalat (a . telephelyén) kitarolt mennyiségek a költségképlet következő elemei hasonlóan, „ki” jelöléssel, $Q_{ki_{1,T,i,a}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{1,T,i,a}}$ [Ft/áruegység], a telephelyen lévő tárolt készletmennyiséget $Q_{kt_{1,T,i,a}}$ a fajlagos készlettartási költséggel szorozzuk $c_{\lambda_{1,T,i,a}}$ [Ft/áruegység/nap], ami a készletben lekötött tőkét fejezi ki, az utolsó elempár pedig a fajlagos megrendelési költség a $c_{mr_{1,T,i,a}}$ [Ft/tranzakció], amely az $n_{1,T,i,a}$ megrendelési tranzakciószámmal szorzandó fel, az i . vállalat a telephelyén:

$$C_{1,T,i,a} = c_{be_{1,T,i,a}} \cdot Q_{be_{1,T,i,a}} + c_{ki_{1,T,i,a}} \cdot Q_{ki_{1,T,i,a}} + c_{t_{1,T,i,a}} \cdot Q_{t_{1,T,i,a}} + c_{\lambda_{1,T,i,a}} \cdot Q_{kt_{1,T,i,a}} + c_{mr_{1,T,i,a}} \cdot n_{1,T,i,a} \quad (3.6.3.)$$

Az i . vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen A db telephelye van) fellépő összes tárolási költség (3.6.4.):

$$C_{1,T,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,T,i,a} \quad (3.6.4.)$$

Az i . vállalat egy telephelyén (a . telephelyén) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.5.), ahol $c_{1,I(kézi),i,a}$ a kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége az i .

vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{1,I(kézi),i,a}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{1,I(gépi),i,a}$ a gépi tárolóteri anyagmozgatás fajlagos költsége az i. vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{1,I(gépi),i,a}$ a gépi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{1,I(kom),i,a}$ a komissiózás fajlagos költsége az i. vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{1,I(kom),i,a}$ pedig a komissiózás összes időtartama:

$$C_{1,I,i,a} = c_{1,I(kézi),i,a} \cdot T_{1,I(kézi),i,a} + c_{1,I(gépi),i,a} \cdot T_{1,I(gépi),i,a} + c_{1,I(kom),i,a} \cdot T_{1,I(kom),i,a} \quad (3.6.5.)$$

Az i. vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen A db telephelye van) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.6.):

$$C_{1,I,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,I,i,a} \quad (3.6.6.)$$

Az i. vállalat egy telephelyén (a. telephelyén) az összes adminisztrációs költség (3.6.7.), ahol $c_{1,A,i,a}$ az i. vállalat fajlagos adminisztrációs költsége az a. beszállítói telephelyen [Ft/tranzakció], $N_{1,A,i,a}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{1,A,i,a} = c_{1,A,i,a} \cdot N_{1,A,i,a} \quad (3.6.7.)$$

Az i. vállalat beszállítói telephelyein (amennyiben a vállalatnak összesen A db telephelye van) az összes adminisztrációs költség (3.6.8.):

$$C_{1,A,i} = \sum_{a=1}^A C_{1,A,i,a} \quad (3.6.8.)$$

Az i. vállalat esetében a beszállítói telephelyeken fellépő összes költség (3.6.9.):

$$C_{1,i} = \sum_{l=R,T,I,A} C_{1,l,i} \quad (3.6.9.)$$

3.6.2. A beszállító és a konszolidációs központ közötti beszállítási útvonalakon fellépő költségek

A beszállító és a konszolidációs központ közötti útvonalakon csak szállítási költség lép fel.

Az i. vállalat egy beszállítói útvonalán (a b. beszállítói útvonalán) fellépő szállítási költség (külön meghatározva az LTL (3.6.10.), illetve FTL (3.6.11.) szervezésű járatokra). A

költségek futásteljesítmény alapú költségből $C_{F_{II,S,i,b}}$, illetve $C_{t_{II,S,i,b}}$ idő alapú költségből állnak.

$$C_{II,S,i,b}(LTL) = C_{F,LTL_{II,S,i,b}} + C_{t,LTL_{II,S,i,b}} \quad (3.6.10.)$$

$$C_{II,S,i,b}(FTL) = C_{F,FTL_{II,S,i,b}} + C_{t,FTL_{II,S,i,b}} \quad (3.6.11.)$$

A futásteljesítmény alapú költségnél (LTL szervezés esetén: 3.6.12.) a kiállítás fajlagos költsége $c_{LTL,Ki_{II,S,i,b}}$ [Ft/kiállítás], $c_{LTL,R_{II,S,i,b}}$ a rakott menet fajlagos költsége [Ft/távolság], ezt szorozzuk a rakott menet távolságával ($S_{R_{II,S,i,b}}$). Az üres menet és az inverz anyagáram fajlagos költsége és távolsága pedig hasonlóan alakul, „ÜR” és „inv” jelöléssel. FTL esetén (3.6.13.) ez a képlet ugyanígy épül fel, de mások a fajlagos és a távolság értékek. Értelemszerűen az üres menet és az inverz szállítás itt sem egyszerre történik, vagy egyik, vagy a másik valósul meg a beszállítást követően, de a kettőnek eltérő lehet a fajlagos költsége.

$$C_{F,LTL_{II,S,i,b}} = N_{LTL_{II,S,i,b}} \cdot (c_{LTL,Ki_{II,S,i,b}} + c_{LTL,R_{II,S,i,b}} \cdot S_{R_{II,S,i,b}} + c_{LTL,ÜR_{II,S,i,b}} \cdot S_{ÜR_{II,S,i,b}} + c_{LTL,inv_{II,S,i,d}} \cdot S_{inv_{II,S,i,d}}) \quad (3.6.12.)$$

$$C_{F,FTL_{II,S,i,b}} = N_{FTL_{II,S,i,b}} \cdot (c_{FTL,Ki_{II,S,i,b}} + c_{FTL,R_{II,S,i,b}} \cdot S_{R_{II,S,i,b}} + c_{FTL,ÜR_{II,S,i,b}} \cdot S_{ÜR_{II,S,i,b}} + c_{FTL,inv_{II,S,i,d}} \cdot S_{inv_{II,S,i,d}}) \quad (3.6.13.)$$

Az idővel arányos költségeknél (LTL: 3.6.14., FTL: 3.6.15.), $C_{t_{II,S,i,b}}$ képletében szerepel három, az előzőekben nem ismert tag: a $c_{LTL,t_{II,S,i,b}}$ az időarányos fajlagos költség [Ft/időegység], $v_{LTL_{II,S,i,b}}$ az átlagos menetsebesség és végezetül $t_{OP,n_{II,S,i,b}}$ az operációs időszükséglet.

$$C_{t,LTL_{II,S,i,b}} = N_{LTL_{II,S,i,b}} \cdot c_{LTL,t_{II,S,i,b}} \cdot \left(\frac{S_{R_{II,S,i,b}} + S_{ÜR_{II,S,i,b}} + S_{inv_{II,S,i,d}}}{v_{LTL_{II,S,i,b}}} + t_{OP,n_{II,S,i,b}} \right) \quad (3.6.14.)$$

$$C_{t,FTL_{II,S,i,b}} = N_{FTL_{II,S,i,b}} \cdot c_{FTL,t_{II,S,i,b}} \cdot \left(\frac{S_{R_{II,S,i,b}} + S_{ÜR_{II,S,i,b}} + S_{inv_{II,S,i,d}}}{v_{FTL_{II,S,i,b}}} + t_{OP,n_{II,S,i,b}} \right) \quad (3.6.15.)$$

Az i. vállalat beszállítói útvonalain (amennyiben a vállalat összesen B db szállítási útvonalat vesz igénybe) fellépő összes szállítási költség (3.6.16.):

$$C_{II,S,i} = \sum_{b=1}^B C_{II,S,i,b} \quad (3.6.16.)$$

Az i. vállalat esetében a beszállítói útvonalakon fellépő összes költség (3.6.17.):

$$C_{II,i} = \sum_{l=S} C_{II,l,i} = C_{II,S,i} \quad (3.6.17.)$$

3.6.3. A konszolidációs központban fellépő költségek

A konszolidációs központban négy folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: rakodás, tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az *i.* vállalattal kapcsolatban egy konszolidációs központban (a *c.* konszolidációs központban) fellépő összes rakodási költség (3.6.18.), ahol $c_{fel_{III,R,i,c}}$ a fajlagos felrakodási költség [Ft/áruegység] az *i.* vállalat által használt *c.* konszolidációs központban, $Q_{fel_{III,R,i,c}}$ a felrakodott mennyiség az *i.* vállalat által használt *c.* konszolidációs központban, a lerakodás fajlagos költsége és a lerakodott árumennyiség pedig hasonlóan alakul, „le” jelöléssel:

$$C_{III,R,i,c} = c_{fel_{III,R,i,c}} \cdot Q_{fel_{III,R,i,c}} + c_{le_{III,R,i,c}} \cdot Q_{le_{III,R,i,c}} \quad (3.6.18.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett konszolidációs központban (amennyiben az *i.* vállalat összesen *C* db konszolidációs központot használ) fellépő összes rakodási költség (3.6.19.):

$$C_{III,R,i} = \sum_{c=1}^C C_{III,R,i,c} \quad (3.6.19.)$$

Az *i.* vállalattal kapcsolatban egy konszolidációs központban (a *c.* konszolidációs központban) fellépő összes tárolási költség (3.6.20.), ahol $c_{be_{III,T,i,c}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], az ehhez tartozó betárolt mennyiség a $Q_{be_{III,T,i,c}}$ az *i.* vállalat által használt *c.* konszolidációs központban, a kitért mennyiségek hasonlóan alakulnak „ki”-jelöléssel, $Q_{t_{III,T,i,c}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{III,T,i,c}}$ [Ft/áruegység], a konszolidációs központban lévő tárolt készletmennyiséget ($Q_{kt_{III,T,i,c}}$) a fajlagos készlettartási költséggel szorozzuk $c_{\lambda_{III,T,i,c}}$ [Ft/áruegység/nap], ez fejezi ki a készletben lekötött tőkét, az utolsó elem pár pedig a $c_{mr_{III,T,i,c}}$ fajlagos megrendelési költség [Ft/tranzakció], amely az $n_{III,T,i,c}$ megrendelési tranzakció számmal szorzandó fel, az *i.* vállalat által használt *c.* konszolidációs központban:

$$C_{III,T,i,c} = c_{be_{III,T,i,c}} \cdot Q_{be_{III,T,i,c}} + c_{ki_{III,T,i,c}} \cdot Q_{ki_{III,T,i,c}} + c_{t_{III,T,i,c}} \cdot Q_{t_{III,T,i,c}} + \\ + c_{\lambda_{III,T,i,c}} \cdot Q_{kt_{III,T,i,c}} + c_{mr_{III,T,i,c}} \cdot n_{III,T,i,c} \quad (3.6.20.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett konszolidációs központban (amennyiben az i. vállalat C db konszolidációs központot használ) fellépő összes tárolási költség (3.6.21.):

$$C_{III,T,i} = \sum_{c=1}^C C_{III,T,i,c} \quad (3.6.21.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban egy konszolidációs központban (a c. beszállítói udvarban) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.22.), ahol $c_{III,I(kézi),i,c}$ a kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az i. vállalat által használt c. konszolidációs központban, $T_{III,I(kézi),i,c}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{III,I(gépi),i,c}$ a gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az i. vállalat által használt c. konszolidációs központban, $T_{III,I(gépi),i,c}$ pedig a gépi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{III,I(kom),i,a}$ a kommissiózás fajlagos költsége az i. vállalat a. beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{III,I(kom),i,a}$ pedig a kommissiózás összes időtartama, valamint $c_{III,I(konsz),i,a}$ a konszolidáció fajlagos költsége [Ft/időegység] $T_{III,I(konsz),i,a}$ a konszolidáció összes időtartama az i.vállalat által használt c. konszolidációs központban:

$$C_{III,I,i,c} = c_{III,I(kézi),i,c} \cdot T_{III,I(kézi),i,c} + c_{III,I(gépi),i,c} \cdot T_{III,I(gépi),i,c} + c_{III,I(kom),i,a} \cdot T_{III,I(kom),i,a} + c_{III,I(konsz),i,a} \cdot T_{III,I(konsz),i,a} \quad (3.6.22.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett konszolidációs központban (amennyiben a vállalat C db konszolidációs központban) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.23.):

$$C_{III,I,i} = \sum_{c=1}^C C_{III,I,i,c} \quad (3.6.23.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban egy konszolidációs központban (a c. konszolidációs központban) az összes adminisztrációs költség (3.6.24.), ahol $c_{III,A,i,c}$ az i. vállalattal kapcsolatos fajlagos adminisztrációs költség a c. konszolidációs központban [Ft/tranzakció], $N_{III,A,i,c}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{III,A,i,c} = c_{III,A,i,c} \cdot N_{III,A,i,c} \quad (3.6.24.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett konszolidációs központban (amennyiben a vállalat C db konszolidációs központot vesz igénybe) az összes adminisztrációs költség (3.6.25.):

$$C_{III,A,i} = \sum_{c=1}^C C_{III,A,i,c} \quad (3.6.25.)$$

Az i. vállalat esetében a konszolidációs központban fellépő összes költség (3.6.26.):

$$C_{III,i} = \sum_{l=R,T,I,A} C_{III,l,i} \quad (3.6.26.)$$

3.6.4. A konszolidációs központ és a bevásárlóközpont közötti beszállítási útvonalakon fellépő költségek

A konszolidációs központ a bevásárlóközpont közötti beszállítási útvonalakon csak szállítási költség lép fel.

Az i. vállalat egy beszállítási útvonalán (a d. beszállítási útvonalán) fellépő szállítási költség (külön meghatározva az LTL (3.6.27.), illetve FTL (3.6.28.) szervezésű járatokra). A költségek futásteljesítmény alapú költségből $C_{F,IV,S,i,d}$, illetve $C_{t,IV,S,i,d}$ idő alapú költségből állnak.

$$C_{IV,S,i,d(LTL)} = C_{F,LTL,IV,S,i,d} + C_{t,LTL,IV,S,i,d} \quad (3.6.27.)$$

$$C_{IV,S,i,d(FTL)} = C_{F,FTL,IV,S,i,d} + C_{t,FTL,IV,S,i,d} \quad (3.6.28.)$$

A futásteljesítmény alapú költségnél (LTL szervezés esetén: 3.6.29.) a kiállítás fajlagos költsége $c_{LTL,Ki_{IV,S,i,d}}$ [Ft/kiállítás], $c_{LTL,R_{IV,S,i,d}}$ a rakott menet fajlagos költsége [Ft/távolság], ezt szorozzuk a rakott menet távolságával ($S_{R,n,IV,S,i,d}$). Az üres menet és az inverz anyagáram fajlagos költsége és távolsága pedig hasonlóan alakul, „ÜR” és „inv” jelöléssel. FTL esetén (3.6.30.) ez a képlet ugyanígy épül fel, de mások a fajlagos és a távolság értékek. Értelemszerűen az üres menet és az inverz szállítás itt sem egyszerre történik, vagy egyik, vagy a másik valósul meg a beszállítást követően, de a kettőnek eltérő lehet a fajlagos költsége.

$$C_{F,LTL,IV,S,i,d} = N_{LTL,IV,S,i,d} \cdot (c_{LTL,Ki_{IV,S,i,d}} + c_{LTL,R_{IV,S,i,d}} \cdot S_{R,IV,S,i,d} + c_{LTL,ÜR,IV,S,i,d} \cdot S_{ÜR,IV,S,i,d} + c_{LTL,inv,IV,S,i,d} \cdot S_{inv,IV,S,i,d}) \quad (3.6.29.)$$

$$C_{F,FTL,IV,S,i,d} = N_{FTL,IV,S,i,d} \cdot (c_{FTL,Ki_{IV,S,i,d}} + c_{FTL,R_{IV,S,i,d}} \cdot S_{R,IV,S,i,d} + c_{FTL,ÜR,IV,S,i,d} \cdot S_{ÜR,IV,S,i,d} + c_{FTL,inv,IV,S,i,d} \cdot S_{inv,IV,S,i,d}) \quad (3.6.30.)$$

Az idővel arányos költségeknél (LTL: 3.6.31., FTL: 3.6.32.), $C_{T,IV,S,i,d}$ képletében szerepel három, az előzőekben nem ismertetett tag: a $c_{LTL,t_{IV,S,i,d}}$ az időarányos fajlagos

költség [Ft/időegység], $v_{LTL_{IV,S,i,d}}$ az átlagos menetsebesség és végezetül $t_{OP,n_{IV,S,i,d}}$ az operációs időszükséglet:

$$C_{t,LTL_{IV,S,i,d}} = N_{LTL_{IV,S,i,d}} \cdot c_{LTL,t_{IV,S,i,d}} \cdot \left(\frac{S_{R_{IV,S,i,d}} + S_{\ddot{U}R_{IV,S,i,d}} + S_{inv_{IV,S,i,d}}}{v_{LTL_{IV,S,i,d}}} + t_{OP,n_{IV,S,i,d}} \right) \quad (3.6.31.)$$

$$C_{t,FTL_{IV,S,i,d}} = N_{FTL_{IV,S,i,d}} \cdot c_{FTL,t_{IV,S,i,d}} \cdot \left(\frac{S_{R_{IV,S,i,d}} + S_{\ddot{U}R_{IV,S,i,d}} + S_{inv_{IV,S,i,d}}}{v_{FTL_{IV,S,i,d}}} + t_{OP,n_{IV,S,i,d}} \right) \quad (3.6.32.)$$

Az i. vállalat beszállítási útvonalain (amennyiben a vállalat összesen D db szállítási útvonalat vesz igénybe) fellépő összes szállítási költség (3.6.33.):

$$C_{IV,S,i} = \sum_{d=1}^D C_{IV,S,i,d} \quad (3.6.33.)$$

3.6.5. A bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipekben fellépő költségek

A bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipekben négy folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: rakodás, tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az i. vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (az e. áruforgalmi zsilipben) fellépő összes rakodási költség (3.6.34.), ahol $c_{fel_{V,R,i,e}}$ a fajlagos felrakodási költség [Ft/áruegység] az i. vállalat által használt e. bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben, $Q_{fel_{V,R,i,e}}$ a felrakodott mennyiség az i. vállalat által használt e. bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben, a lerakodás fajlagos költsége és a lerakodott árumennyiség pedig hasonlóan alakul, „le”-jelöléssel.

$$C_{V,R,i,e} = c_{fel_{V,R,i,e}} \cdot Q_{fel_{V,R,i,e}} + c_{le_{V,R,i,e}} \cdot Q_{le_{V,R,i,e}} \quad (3.6.34.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett áruforgalmi zsilipben (amennyiben a vállalat E db áruforgalmi zsilipet vesz igénybe) fellépő összes rakodási költség (3.6.35.):

$$C_{V,R,i} = \sum_{e=1}^E C_{V,R,i,e} \quad (3.6.35.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (az e. áruforgalmi zsilipben) fellépő összes tárolási költség (3.6.36.), ahol $c_{be_{V,T,i,e}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], az ehhez tartozó betárolt mennyiség a $Q_{be_{V,T,i,e}}$ az i. vállalat által használt e. áruforgalmi zsilipben, a kitarolt mennyiségek hasonlóan alakulnak „ki”-

jelöléssel, $Q_{t_{V,T,i,e}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{V,T,i,e}}$ [Ft/áruegység], a zsilipben lévő tárolt készletmennyiséget ($Q_{kt_{V,T,i,e}}$) a fajlagos készlettartási költséggel szorozzuk $c_{\lambda_{V,T,i,e}}$ [Ft/áruegység/nap], ez fejezi ki a készletben lekötött tőkét, az i. vállalat által használt e. beszállítói udvarban:

$$C_{V,T,i,e} = c_{be_{V,T,i,e}} \cdot Q_{be_{V,T,i,e}} + c_{ki_{V,T,i,e}} \cdot Q_{ki_{V,T,i,e}} + c_{t_{V,T,i,e}} \cdot Q_{t_{V,T,i,e}} + c_{\lambda_{V,T,i,e}} \cdot Q_{kt_{V,T,i,e}} \quad (3.6.36.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (amennyiben a vállalat E db áruforgalmi zsilipet vesz igénybe) fellépő összes tárolási költség (3.6.37.):

$$C_{V,T,i} = \sum_{e=1}^E C_{V,T,i,e} \quad (3.6.37.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (a e. áruforgalmi zsilipben) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.38.), ahol $c_{V,I(kézi),i,e}$ a kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az i. vállalat által használt e. beszállítói udvarban, $T_{V,I(kézi),i,e}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{V,I(gépi),i,e}$ a gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az i. vállalat által használt e. beszállítói udvarban, $T_{V,I(gépi),i,e}$ pedig a gépi anyagmozgatás összes időtartama (itt megjegyzendő, hogy a mérések alapján gépi anyagmozgatás nem fordult elő a vizsgált esetekben, azonban elviekben nem zárható ki, hogy máshol előfordul):

$$C_{V,I,i,e} = c_{V,I(kézi),i,e} \cdot T_{V,I(kézi),i,e} + c_{V,I(gépi),i,e} \cdot T_{V,I(gépi),i,e} \quad (3.6.38.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (amennyiben a vállalat E db áruforgalmi zsilipet vesz igénybe) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.39.):

$$C_{V,I,i} = \sum_{e=1}^E C_{V,I,i,e} \quad (3.6.39.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban egy bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (a e. áruforgalmi zsilipben) az összes adminisztrációs költség (3.6.40.), ahol $c_{V,A,i,e}$ az i. vállalattal kapcsolatos fajlagos adminisztrációs költség az e. áruforgalmi zsilipben [Ft/tranzakció], $N_{V,A,i,e}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{V,A,i,e} = c_{V,A,i,e} \cdot N_{V,A,i,e} \quad (3.6.40.)$$

Az i. vállalattal kapcsolatban az összes igénybe vett bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipben (amennyiben a vállalat E db áruforgalmi zsilipet vesz igénybe) az összes adminisztrációs költség (3.6.41.):

$$C_{V,A,i} = \sum_{e=1}^E C_{V,A,i,e} \quad (3.6.41.)$$

Az i. vállalat esetében a bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipekben fellépő összes költség (3.6.42.):

$$C_{V,i} = \sum_{l=R,T,I,A} C_{V,l,i} \quad (3.6.42.)$$

3.6.6. A bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalakon fellépő költségek

A bevásárlóközpont anyagmozgatási útvonalakon csak az intralogisztikai operáció költsége lép fel.

Az i. vállalat által használt egy bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalon (a d. anyagmozgatási útvonalon) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.43.) ahol $c_{VI,I(kézi),i,d}$ a kézi, $c_{VI,I(gépi),i,d}$ a gépi anyagmozgatás fajlagos költsége az i. vállalat által használt d. bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalon, $T_{VI,I(kézi),i,d}$ a kézi, $T_{VI,I(gépi),i,d}$ a gépi anyagmozgatás összes időtartama, illetve „gépi” anyagmozgatás fajlagos költsége és összes időtartama:

$$C_{VI,I,i,f} = c_{VI,I(kézi),i,f} \cdot T_{VI,I(kézi),i,f} + c_{VI,I(gépi),i,f} \cdot T_{VI,I(gépi),i,f} \quad (3.6.43.)$$

Az i. vállalat által használt bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalokon (amennyiben összesen F db anyagmozgatási útvonalat vesznek igénybe) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.44.):

$$C_{VI,I,i} = \sum_{f=1}^F C_{VI,I,i,f} \quad (3.6.44.)$$

Az i. vállalat esetében a bevásárlóközponti anyagmozgatási útvonalakon fellépő összes költség (3.6.45.):

$$C_{VI,i} = \sum_{l=I} C_{VI,l,i} = C_{VI,I,i} \quad (3.6.45.)$$

3.6.7. Az üzletekben fellépő költségek

Az üzletekben három folyamattal kapcsolatos költségek lépnek fel: tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció.

Az *i.* vállalat egy üzletében (a *g.* üzletben, illetve a hozzá tartozó raktárakban) fellépő összes tárolási költség (3.6.46.), ahol $c_{be_{VII,T,i,g}}$ a fajlagos betárolási költség [Ft/áruegység], az ehhez tartozó betárolt mennyiség $Q_{be_{VII,T,i,g}}$, az *i.* vállalat (*g.* üzletben) kitarolt mennyiségek a költségképlet következő elemei „ki” jelöléssel, $Q_{t_{VII,T,i,g}}$ a tárolt árumennyiség, melynek fajlagos tárolási költsége a $c_{t_{VII,T,i,g}}$ [Ft/áruegység], $Q_{kt_{VII,T,i,g}}$ az üzletben, illetve raktárjaiban tárolt készletmennyiség, melynek fajlagos készlettartási költsége $c_{\lambda_{VII,T,i,g}}$ [Ft/áruegység/nap], ez fejezi ki a készletben lekötött tőkét, az utolsó elempár pedig a $c_{mr_{VII,T,i,g}}$ megrendelési költség [Ft/tranzakció], amely az $n_{VII,T,i,g}$ megrendelési tranzakció számmal szorzandó fel, az *i.* vállalat *g.* üzletében, illetve az ahhoz tartozó raktárakban:

$$C_{VII,T,i,g} = c_{be_{VII,T,i,g}} \cdot Q_{be_{VII,T,i,g}} + c_{ki_{VII,T,i,g}} \cdot Q_{ki_{VII,T,i,g}} + c_{t_{VII,T,i,g}} \cdot Q_{t_{VII,T,i,g}} + \quad (3.6.46.) \\ + c_{\lambda_{VII,T,i,g}} \cdot Q_{kt_{VII,T,i,g}} + c_{mr_{VII,T,i,g}} \cdot n_{VII,T,i,g}$$

Az *i.* vállalat üzleteiben (amennyiben összesen *G* db üzletet üzemeltet a vállalat a bevásárlóközpontban) fellépő összes tárolási költség (3.6.47.):

$$C_{VII,T,i} = \sum_{g=1}^G C_{VII,T,i,g} \quad (3.6.47.)$$

Az *i.* vállalat egy üzletében (a *g.* üzletben) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.48.), ahol $c_{VII,I(kézi),i,g}$ a kézi anyagmozgatás fajlagos költsége az *i.* vállalat *g.* üzletében (és az ahhoz tartozó raktárban), $T_{VII,I(kézi),i,g}$ a kézi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{VII,I(gépi),i,g}$ a gépi anyagmozgatás fajlagos költsége [Ft/időegység] az *i.* vállalat *g.* üzletében (és az ahhoz tartozó raktárban), $T_{VII,I(gépi),i,g}$ a gépi anyagmozgatás összes időtartama, $c_{VII,I(kom),i,a}$ a kommissiózás fajlagos költsége az *i.* vállalat *a.* beszállítói telephelyén [Ft/időegység], $T_{VII,I(kom),i,a}$ pedig a kommissiózás összes időtartama:

$$C_{VII,I,i,a} = c_{VII,I(kézi),i,a} \cdot T_{VII,I(kézi),i,a} + c_{VII,I(gépi),i,a} \cdot T_{VII,I(gépi),i,a} + \quad (3.6.48.) \\ + c_{VII,I(kom),i,a} \cdot T_{VII,I(kom),i,a}$$

Az *i.* vállalat üzleteiben (amennyiben összesen *G* db üzletet üzemeltet a vállalat a bevásárlóközpontban) az intralogisztikai operáció összes költsége (3.6.49.):

$$C_{VII,l,i} = \sum_{g=1}^G C_{VII,l,i,g} \quad (3.6.49.)$$

Az i. vállalat egy üzletében (a g. üzletben) az összes adminisztrációs költség (3.6.50.), ahol $c_{VII,A,i,g}$ az i. vállalat fajlagos adminisztrációs költsége a g. üzletben [Ft/tranzakció], $N_{VII,A,i,g}$ pedig az adminisztrációs tranzakciók száma:

$$C_{VII,A,i,g} = c_{VII,A,i,g} \cdot N_{VII,A,i,g} \quad (3.6.50.)$$

Az i. vállalat üzleteiben (amennyiben összesen G db üzletet üzemeltet a vállalat a bevásárlóközpontban) az összes adminisztrációs költség (3.6.51.):

$$C_{VII,A,i} = \sum_{g=1}^G C_{VII,A,i,g} \quad (3.6.51.)$$

Az i. vállalat esetében az üzletekben fellépő összes költség (3.6.52.):

$$C_{VII,i} = \sum_{l=S,T,A} C_{VII,l,i} \quad (3.6.52.)$$

Így megkaptuk az egy adott vállalat (a bevásárlóközpont áruellátási rendszerében résztvevő i. vállalat) összes költségét (3.6.53.):

$$C_i = \sum_{j=1}^{VII} C_{j,i} \quad (3.6.53.)$$

Az egyes vállalatokra eső költségeket összegezve pedig adódik az **egy bevásárlóközpont áruellátási rendszerében résztvevő vállalatok összesített költsége** (3.6.54.) az új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipeket alkalmazó rendszerben, azaz egy bevásárlóközpont áruellátási rendszerének összesített üzemeltetési költsége:

$$C_{bevkp} = \sum_{i=1}^p C_i \quad (3.6.54.)$$

Ezzel elkészült a költségstruktúra matematikai modellje a jelenlegi és lehetséges új rendszerre is. A modellt a korábban bemutatott szimulációs modellhez illesztve így már végrehajthatók a költségekkel kapcsolatos számítások és összehasonlíthatjuk a két rendszerkonceptiót. A következő fejezetben röviden bemutatjuk az alkalmazott szimulációs modellt, illetve a költségmodell korábban kifejlesztett szimulációs modellünkbe történő beillesztésének folyamatát.

4. A jelenlegi és az új rendszerek összehasonlítása a becsült költségek alapján

4.1. A szimulációs modell bemutatása

Ebben a fejezetben bemutatjuk azt a mezoszkópikus szintű szimulációs modellt, amelyhez a költségstruktúra matematikai modelljét illesztve végrehajthatjuk a számításokat és összehasonlíthatjuk a bevásárlóközpontok jelenlegi áruellátási rendszerét egy új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipet alkalmazó rendszerrel. A modell bizonyos részei a korábbi kutatások során elkészültek, az ezzel kapcsolatos információk, peremfeltételek és a modellalkotás menete részletesen a tavalyi évben publikált, *Mezoszkópikus modell felépítése a bevásárlóközpontok áruellátásnak vizsgálatára* című TDK-dolgozatban [5] olvashatók. Ez a fejezet csak a modell bővítésével és működésének rövid összefoglalásával foglalkozik.

4.1.1. A szimulációs modell bővítése új paraméterekkel

Ahhoz, hogy a korábbi fejezetekben bemutatásra került modell használatával a teljes áruellátási rendszerre vonatkozó számításokat tudjunk végrehajtani, szükséges volt számos egyéb új paraméter meghatározása is, a korábbiakban bemutatott, Microsoft Excelben készített mezoszkópikus szimulációs modell bővítésével. A korábbiakban bemutatott modellben a szimuláció a városhatár (illetve a konszolidációs központ) és a bevásárlóközponti beszállítói udvar (illetve az áruforgalmi zsilip) közötti folyamatokat vizsgálta. Ezt kellett úgy bővíteni, hogy a beszállító és az üzlet között tudjuk vizsgálni a folyamatokat.

A jelenlegi rendszert modellező komponensben a szükséges új elemek az alábbiak voltak:

- Anyagmozgatási időszükséglet a beszállítónál
- Készlet alakulása a beszállítónál
- A beszállítások során városon kívül megtett út, az ebből eredő szállítási teljesítmény, fogyasztás és káros anyag kibocsátás
- Anyagmozgatási időszükséglet a bevásárlóközpontban (a beszállítói udvar és az üzlet között) és az üzletben
- Vevői igények és a készlet alakulása az üzletben

Az új rendszert modellező komponensben a szükséges új elemek az alábbiak voltak:

- Anyagmozgatási időszükséglet a beszállítónál
- Készlet alakulása a beszállítónál

- A beszállító és a konszolidációs központ közötti szállítások során városon kívül megtett út, az ebből eredő szállítási teljesítmény, fogyasztás és káros anyag kibocsátás
- Anyagmozgatási idősükséglet a konszolidációs központban
- Anyagmozgatási idősükséglet a bevásárlóközpontban (az áruforgalmi zsilip és az üzlet között) és az üzletben
- Vevői igények és a készlet alakulása az üzletben

Látható, hogy a jelenlegi részletes vizsgálathoz számos új komponensre volt szükség. A modell ezekkel az elemekkel ki lett bővítve. A kibővített modell komponenseit a következő fejezetben részletesebben is bemutatjuk.

A modellben ezeken felül néhány változtatás is történt, átalakítottuk a káros anyag kibocsátást számító részt, a jelenlegi vizsgálat során pontosabb, az EURO-normákon [25] alapuló paraméterekkel dolgoztunk. Ezen felül készült a modellhez egy a kísérletezést megkönnyítő, a várható értékeket és szórásokat gyorsan meghatározó felület is VBA használatával, továbbá át lett alakítva a biztonsági készletek számítása is minden esetben, illetve a modell nem engedélyezi a rögtön ki nem elégíthető igények elvesztését sem.

Fontos kiemelni, hogy a készletezési és az anyagmozgatási jellemzőkkel nem állt rendelkezésünkre adat a korábbi vizsgálataink eredményeként (illetve kevés, nem elég részletes adat állt rendelkezésre), ezért a modell ezen részei csak becsült paraméterekkel dolgoznak, így nem tudjuk jelenleg, hogy ezeket a részeket mennyire valósághűen modellezzük, azonban a későbbiekben, megfelelő minőségű adatok rendelkezése állása esetén adott lesz az eszköz a szimulációhoz.

4.2.1. A szimulációs modell komponenseinek bemutatása

A szimulációs modell két fő részből áll, a jelenlegi rendszert modellező részből, illetve a lehetséges új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipet alkalmazó rendszert modellező részből [4] [5]. A szimulációs modell a korábbi kutatás eredményeként előállt bemeneti adattáblából dolgozik.

4.2.1.1. A jelenlegi rendszer szimulációs modellje

A modell alapja egy beszállításgenerátor [4], amely a beszállítások havi száma és egy függvényvel beállított valószínűségi érték [4] alapján megmondja, hogy melyik napokon történnek az adott üzlet beszállításai (ld. a 4.1. ábrán). A generátor másik része az üzlet beszállítási időablaka, a szállítások napi száma és egy másik valószínűségi érték alapján azt határozza meg, hogy mely órákban történnek beszállítások az adott üzletbe. Ezt követően a

modell az input adatok alapján generálja a beszállítandó árutömeget és azzal arányosan az árutérfogatot, ezek alapján pedig meghatározza az anyagmozgatási időszükségletet a beszállítónál és a beszállító készletének alakulását.

4.1. ábra: A jelenlegi rendszert modellező komponens beszállításgenerátora

A modell következő része a bemeneti adatok alapján meghatározza, hogy az adott szállítás a városon belülről vagy kívülről érkezik, majd generálja a városon kívül megtett utat és az adott bevásárlóközpont városon belüli elhelyezkedése (a városhatáron felvett különböző pontoktól vett távolsága) alapján meghatározza a városon belül megtett utat. Ezt követően mind a kettőhöz meghatározza az áruszállítási teljesítményt. A modell következő része a fajlagos fogyasztási adatok (annak függvényében, hogy milyen méretű járműről van szó, [26] és [27] alapján) és a fajlagos kibocsátási adatok alapján ([28] és [29] alapján) a városon kívül és a városon belül megtett úthoz kiszámítja a benzin és a gázolajfogyasztást (ld. a 4.2. ábrán), illetve a káros anyag kibocsátást (CO, CO₂, NO_x, HC és PM kibocsátás).

4.2. ábra: A jelenlegi rendszert modellező komponens fogyasztást számító része

A következő részben a modell generálja az input adatok alapján azt, hogy a beszállító és a konszolidációs központ között mekkora utat teszünk meg a szállítás során, ehhez mekkora szállítási teljesítmény, üzemanyagfogyasztás és káros anyag kibocsátás tartozik (utóbbi kettő a jelenlegi rendszert modellező komponenshez hasonlóan). Ezt követően a modell azt generálja, hogy adott napon szállítunk-e a konszolidációs központból, és az adott szállításhoz mekkora árutömeg és arányosan mekkora térfogat tartozik.

Ezt követően a modell meghatározza a konszolidációs központ készletét tömegben (ld. a 4.4. ábrán) és térfogatban, és ez alapján kiszámítja, hogy az igényelt árumennyiségből mekkora mennyiséget tudunk kiszállítani az üzletbe. A rendszerben az igények nem vesznek el, az aktuálisan nem kielégíthető igényeket a következő napokban kielégíti a rendszer.

4.4. ábra: Az új rendszert modellező komponens esetében a konszolidációs központ készletét számító rész

A kiszállítandó mennyiségek alapján a következő komponens meghatározza, hogy adott kapacitású jármű esetén naponta hány kiszállításra van szükség bevásárlóközpontonként. Ezt követően meghatározza az ehhez tartozó megtett utat, szállítási teljesítményt, illetve a korábbiakhoz hasonlóan a fogyasztást és a káros anyag kibocsátást.

Az utolsó részben a modell meghatározza az anyagmozgatási időszükségletet a bevásárlóközponti áruforgalmi zsilip és az üzletek között, majd generálja a vevői igények és ez alapján számítja az üzletek készletének alakulását és véletlengenerálja az anyagmozgatási időszükségletet az üzletekben.

Ezzel az új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipet alkalmazó rendszere vonatkozólag a modell az összes olyan paramétert elő tudja állítani, amelyre szükségünk lesz

a költségek meghatározásához, amely a jelenlegi rendszerhez hasonlóan történik. A következő fejezetben bemutatjuk a szimulációs vizsgálatot és a futtatások eredményeit.

4.3. Fajlagos költségek becslése

A korábbi vizsgálataink alapján nem ismertük a különböző fajlagos költségeket, csak teljesítményekkel kapcsolatos információkat tudtunk gyűjteni. Korábban is írtunk róla, hogy a költségadatok begyűjtése problémás, mivel a rendszerben résztvevő vállalatok egyfelől többnyire nem is mérik a fajlagos költségeket, másfelől pedig titkosként kezelnek minden ilyen jellegű adatot, így jelen keretek között nem volt lehetőség ezek megismerésére. A szimulációs vizsgálatához azonban szükséges fajlagos költségek megadása is annak érdekében, hogy a logisztikai költségekkel kapcsolatban is kapjunk adatokat. Ennek érdekében becsléseket végeztünk.

A becslések alapjául a logisztika területén tevékenykedő szakemberek tapasztalatai, továbbá korábbi projektek dokumentációi és árajánlatai szolgáltak. A jelenlegi rendszerben, illetve az új rendszerben az üzleteket működtető vállalatok által végzett feladatok fajlagos költségeit a szimuláció során a modell a megadott minimum és maximum érték között generálta. Az új rendszerben a konszolidációs központot és az áruforgalmi zsilipet működtető logisztikai szolgáltató által végzett feladatok fajlagos költségeit állandónak tekintettük, az üzleteket működtető vállalatok ezeket az állandó költségeket fizetik meg a szolgáltatóknak.

A jelenlegi rendszerre vonatkozó becsült fajlagos költségek a 3. mellékletben, az új rendszerre vonatkozó becsült fajlagos költségek a 4. mellékletben láthatók. A lekötött tőkét kifejező fajlagos készletértékesítési költségre nem tudtunk becsléseket tenni, mivel ahhoz szükséges a különböző termékek árainak ismerete, az pedig profilon belül is nagy eltéréseket mutathat.

4.4. A szimulációs vizsgálat eredményei

A szimulációs vizsgálatot a 3 korábban vizsgált bevásárlóközpont 178 üzletére vonatkozó adatok alapján végeztük el, ezeknek az összesített teljesítményét, fogyasztását, kibocsátását és költségparamétereit kapjuk meg a vizsgálat eredményeképpen. Ezen üzletek adatsorai voltak azok, melyekből nem hiányoztak olyan adatok, melyek nélkülözhetetlenek a vizsgálatunk szempontjából. Ezekhez az adatokhoz tartoznak a becsült fajlagos költségek.

A szimuláció vizsgálat során minden szállítást FTL szervezésűnek tekintettünk, továbbá nem vizsgáltuk azokat a folyamatokat, melyekkel kapcsolatban semmilyen adat nem áll rendelkezésre: nem mértük a kommissiózás, a lekötött tőke és a beszállítói udvarban vagy áruforgalmi zsilipben történő készletezés költségeit.

A szimulációs vizsgálatot 95%-os megbízhatóság és 5%-os megengedett hiba mellett hajtottuk végre.

4.4.1. Fizikai paraméterek vizsgálata

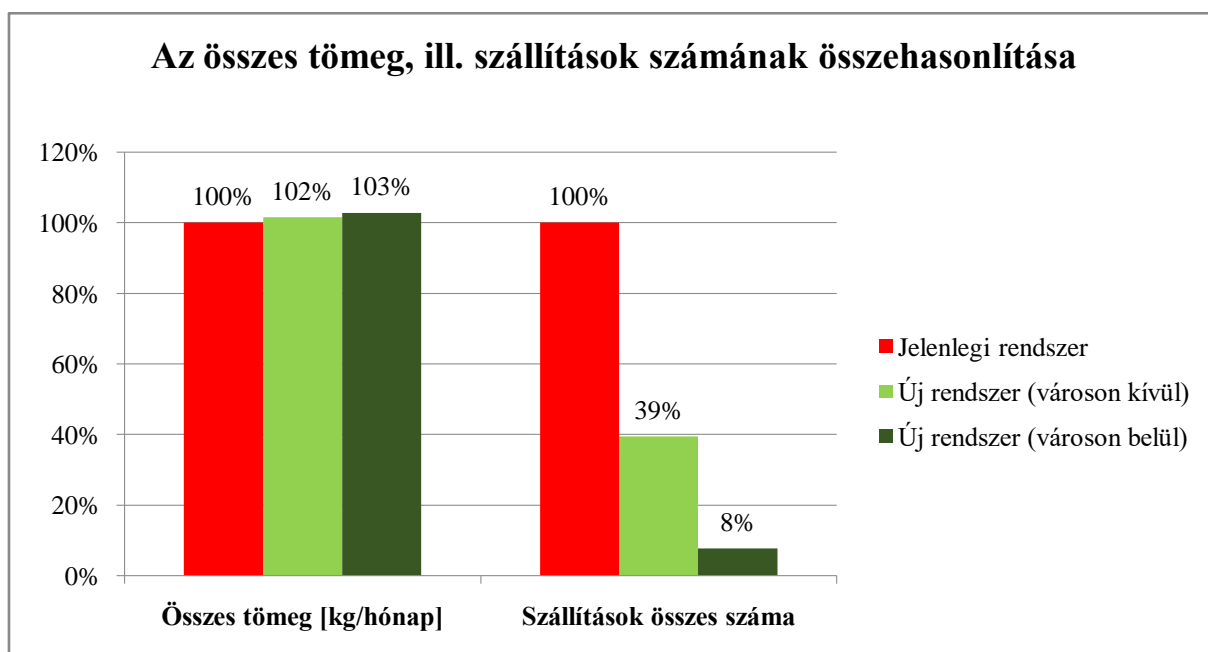
A szimulációs futtatások eredményeire vonatkozó összes paraméter (minimum, maximum, várható érték, szórás, standard hiba, konfidencia intervallum alsó és felső határa 95%-os megbízhatósággal) megtalálható a 3. mellékletben.

A szimulációs futtatások eredményeinek kiértékelése során az első feladat a kibővített szimulációs modell validálása volt. A két modellezett rendszert a szállítandó árutömeg alapján hasonlítottuk össze. A szállítandó árutömegre vonatkozó adatok (a szimulációs futtatások során kapott minimális és maximális érték, a várható érték, illetve a szórás) a 4.1. táblázatban láthatók. Ugyanebben a táblázatban találhatóak a szállítások számára vonatkozó eredmények.

	Jelenlegi rendszer		Új rendszer (beszállítók - CC)		Új rendszer (CC - plázák)	
	Összes tömeg [t/hónap]	Szállítások összes száma	Összes tömeg [t/hónap]	Szállítások összes száma	Összes tömeg [t/hónap]	Szállítások összes száma
Minimum	1268,2	3362	1138,6	1297	1269,1	254
Maximum	1388,3	3426	1531,8	1381	1496,7	279
Várható érték	1338,8	3399	1359,9	1343	1376,6	265
Szórás	27,8	14	86,7	17	44,8	6

4.1. táblázat: A szállított árutömegre és a szállítások havi összes számára vonatkozó paraméterek a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén

Az összes tömeg várható értékében nagy eltérés nem mutatkozik, az eltérés (lásd. 4.5. ábra) mindösszesen 2-3%, ez a generátorok közötti különbségből adódik. Azt mondhatjuk, hogy mivel ez az eltérés elhanyagolható, ezért a kapott eredmények alapján a két rendszer jól összehasonlítható. A szállítások számának várható értéke a jelenlegi rendszerben 3400 szállítás (178 üzletbe, egy hónap alatt), az új rendszerben a beszállítóktól a konszolidációs központig várhatóan 1343, a konszolidációs központból a bevásárlóközpontokba 265 szállítás szükséges egy hónap alatt, azaz a szállítások összes száma 53%-kal csökkenthető ebben a rendszerben, a városon belül szállítási tranzakciók száma pedig akár 92%-kal.



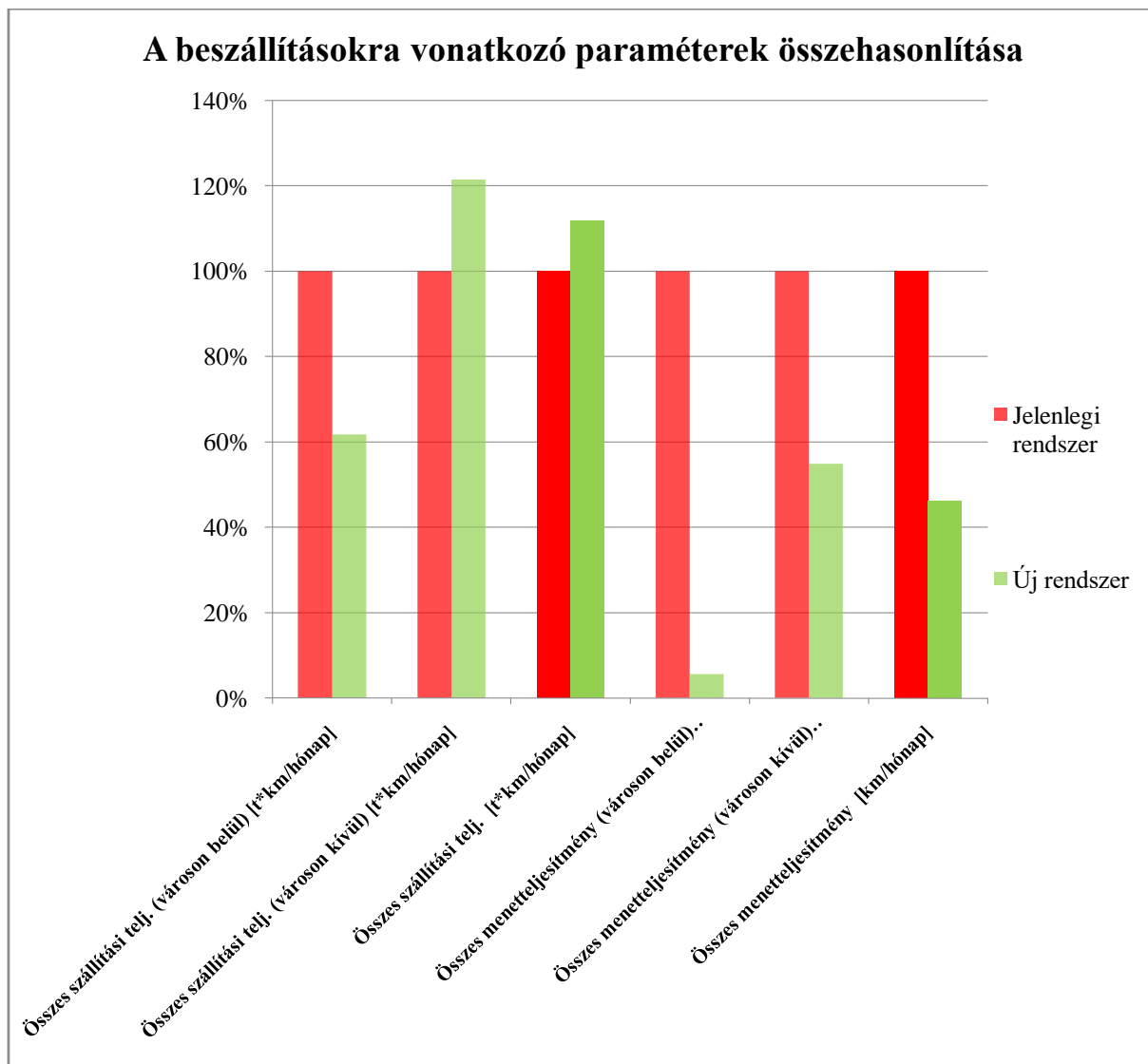
4.5. ábra: A szállított árutömeg és a szállítások havi összes számának alakulása a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén

A 4.2. táblázatban látható, hogy hogyan alakul a szállítási teljesítmény (táblázatban Q) és a menetteljesítmény (táblázatban M) a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén, városon belül, illetve városon kívül. Látható, hogy a jelenlegi rendszerben várhatóan havonta több, mint 290.000 km megtett utat jelentenek a 178 üzlet beszállítási tranzakciói. Az új rendszerben ez lecsökkenthető hozzávetőlegesen 135.000 km-re. A szállítási teljesítmény az új rendszerben kis mértékben növekszik, mivel minden szállításnak útba kell ejtenie egy olyan pontot a rendszerben, amelyet korábban nem érintettek. Ezzel együtt a városon belüli szállítási teljesítmény jelentősen, közel 40%-kal csökkenthető.

	Jelenlegi rendszer (városon kívül)		Jelenlegi rendszer (városon belül)		Új rendszer (beszállítók - CC)		Új rendszer (CC - plázák)	
	Összes Q [t*km/hónap]	Összes M [km/hónap]	Összes Q [t*km/hónap]	Összes M [km/hónap]	Összes Q [t*km/hónap]	Összes M [km/hónap]	Összes Q [t*km/hónap]	Összes M [km/hónap]
Minimum	67817	193942	21039	48731	86760	118603	13245	2750
Maximum	170546	284024	24933	53795	223018	146321	15396	3052
Várható érték	120489	241038	22994	51391	146400	132296	14207	2887
Szórás	27769	21289	810	1013	28836	5308	439	70

4.2. táblázat: A menetteljesítményre és a szállítási teljesítményre vonatkozó paraméterek a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén

Az alábbi, 4.6. ábrán látható, hogy százalékosan hogyan alakulnak az előbb bemutatott paraméterek. A havi összes menetteljesítmény városon belül több, mint 90%-kal, összességében pedig több, mint 50%-kal csökkenthető az új rendszerben, a szállítási teljesítmény pedig a korábban bemutatott módon kis mértékben, hozzávetőlegesen 15%-kal növekszik, azonban városon belül közel 40%-os csökkenés érhető így el.



4.6. ábra: A menetteljesítményre és a szállítási teljesítményre vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén

A 4.3. táblázatban látható, hogy hogyan alakul a benzin, illetve a gázolajfogyasztás. A számítások során a személygépkocsikat benzin, a tehergépkocsikat gázolajmeghajtásúnak tekintettük a korábban bemutatott okok miatt. A benzinfogyasztás a két rendszerben hasonló nagyságrendű, azonban a gázolajfogyasztás az új rendszerben több, mint havi 8000 literrel csökken, ez jelentős mennyiség, ami a káros anyag kibocsátás alakulásában is megmutatkozik.

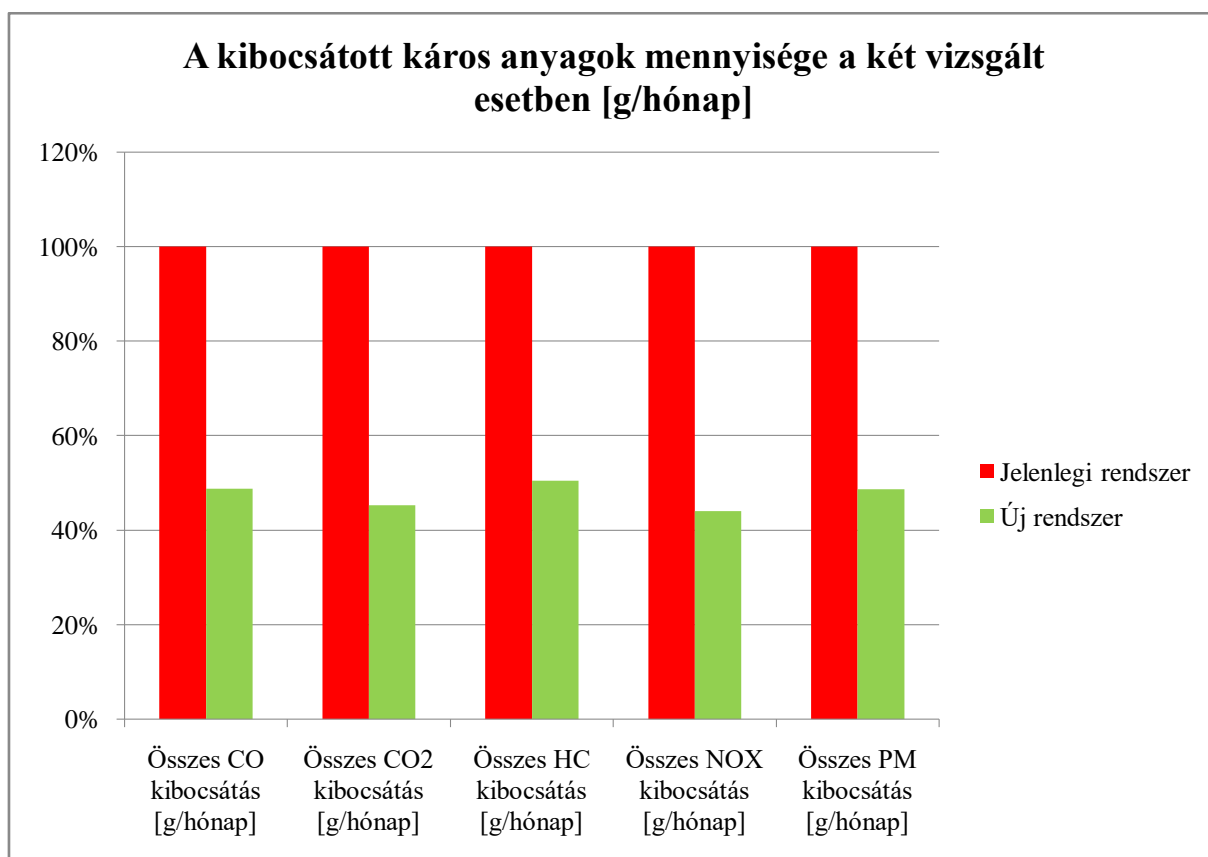
	Jelenlegi rsz		Új rendszer (beszállítók - CC)		Új rendszer (CC - plázák)	
	Összes benzinfogy. [l/hónap]	Összes gázolajfogy. [l/hónap]	Összes benzinfogy. [l/hónap]	Összes gázolajfogy. [l/hónap]	Összes benzinfogy. [l/hónap]	Összes gázolajfogy. [l/hónap]
Minimum	554,5	15297,9	549,5	6579,7	-	209,0
Maximum	987,5	21153,7	1348,9	8273,4	-	231,9
Várható érték	763,4	18332,7	876,0	7478,4	0,0	219,4
Szórás	92,9	1296,3	165,3	327,1	-	5,3

4.3. táblázat: Az üzemanyagfogyasztási paraméterek a jelenlegi és az új rendszer esetén

A káros anyag kibocsátás alakulása grammban kifejezve (CO₂ esetében kilogrammban) a 4.4. táblázatban olvasható. Minden vizsgált káros anyag esetén jelentősen csökkenthető az egy hónap alatt kibocsátott mennyiség. A 4.7. ábrán látható, hogy minden vizsgált anyag esetén legalább 50%-os csökkenés érhető el a konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipeket használó új rendszer alkalmazásával.

Jelenlegi rendszer					
	Összes CO kibocsátás [g/hónap]	Összes CO ₂ kibocsátás [kg/hónap]	Összes HC kibocsátás [g/hónap]	Összes NO _x kibocsátás [g/hónap]	Összes PM kibocsátás [g/hónap]
Minimum	13700,1	2846,1	946,5	5817,3	626,2
Maximum	18787,2	3922,9	1294,5	8033,1	858,8
Várható érték	16292,3	3400,6	1122,8	6962,5	744,7
Szórás	1072,6	233,6	72,5	486,1	49
Új rendszer (beszállítók és a CC között)					
	Összes CO kibocsátás [g/hónap]	Összes CO ₂ kibocsátás [kg/hónap]	Összes HC kibocsátás [g/hónap]	Összes NO _x kibocsátás [g/hónap]	Összes PM kibocsátás [g/hónap]
Minimum	6651,7	1315,1	470,9	2588,3	303,9
Maximum	8341,7	1613,8	597,7	3211,1	381,0
Várható érték	7577,6	1461,7	542,7	2905,1	346,1
Szórás	340,5	58,4	27,4	120,1	15,5
Új rendszer (CC és a plázák között)					
	Összes CO kibocsátás [g/hónap]	Összes CO ₂ kibocsátás [kg/hónap]	Összes HC kibocsátás [g/hónap]	Összes NO _x kibocsátás [g/hónap]	Összes PM kibocsátás [kg/hónap]
Minimum	341,8	75	22,9	156,3	15,6
Maximum	379,4	83,3	25,4	173,5	17,3
Várható érték	358,9	78,8	24,1	164,1	16,4
Szórás	8,7	1,9	0,6	4,0	0,4

4.4. táblázat: A káros anyag kibocsátási paraméterek a jelenlegi és az új rendszer esetén



4.7. ábra: A káros anyag kibocsátásra vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén

Ezekon a paramétereken felül vizsgáltuk a készletek alakulását is a rendszerben található csomópontokon: a beszállítóknál, a bevásárlóközpontok üzleteiben, illetve az új rendszerben a konszolidációs központban. A 4.5. táblázatban láthatók a beszállítók összesített készletére, illetve a bevásárlóközpontok üzleteinek összesített készletére vonatkozó paraméterek a jelenlegi rendszerben, a 4.6. táblázatban pedig ezek, illetve a konszolidációs központ készletére vonatkozó paraméterek az új rendszerben.

	Beszállítók összesített átlagkészlete [t]	Összesített összes igény a beszállítóknál [t/hónap]	Átlagos forgási sebesség a beszállítóknál [nap]	Üzletek összesített átlagkészlete [t]	Összesített összes igény az üzletekben [t/hónap]	Átlagos forgási seb. az üzletekben [nap]
Mínimum	124,9	1268,2	2,95	201,0	1261,8	4,78
Maximum	137,5	1388,3	-	283,8	1389,2	-
Várható érték	132,2	1338,8	-	242,7	1337,8	-
Szórás	2,7	27,8	-	16,2	27,0	-

4.5. táblázat: A készletre vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi rendszerben

	Beszállítók összesített átlagkészlete [t]	Összesített összes igény a beszállítóknál [t/hónap]	Átlagos forgási sebesség a beszállítóknál [nap]	Üzletek összesített átlagkészlete [t]	Összesített összes igény az üzletekben [t/hónap]	Átlagos forgási sebesség az üzletekben [nap]
Minimum	117,1	1138,6	3,09	189,2	1269,2	4,47
Maximum	155,3	1531,8	-	330,2	1496,7	-
Várható érték	136,8	1359,9	-	240,5	1376,6	-
Szórás	8,2	86,7	-	31,9	44,8	-
	CC összesített átlagkészlete [t]	Összesített összes igény a konszolidációs központban [t/hónap]	Forgási sebesség a konszolidációs központban [nap]			
Minimum	384,6	1139,2	10,1			
Maximum	694,5	1542,2	-			
Várható érték	542,6	1360,2	-			
Szórás	67,5	87,3	-			

4.6. táblázat: A készletre vonatkozó paraméterek alakulása az új rendszerben

Ezzel megkaptuk az összes fizikai paraméter statisztikai jellemzőit a jelenlegi és az új rendszerre egyaránt. A következő fejezetben bemutatjuk a költségparaméterekkel kapcsolatos eredményeket.

4.4.2. Költségparaméterek vizsgálata

A költségek alakulását a korábbi fejezetekben ismertett matematikai modell használatával vizsgáltuk oly módon, hogy azt a mezoszkópikus szintű szimulációs modellhez illesztettük. A becsült fajlagos költségekkel végzett szimulációs futtatások eredményei alapján a költségek alakulása a jelenlegi rendszerben a 4.7. táblázatban látható.

	Összes költség a beszállítók- nál [HUF/ hónap]	Összes költség a beszállítási útvonalakon [HUF/hónap]	Összes költség a beszállítói udvarokban [HUF/hónap]	Összes költség az anyag- mozgatási útvonalakon [HUF/hónap]	Összes költség az üzletekben [HUF/hónap]	Összes költség [HUF/ hónap]
Min	6.828.325	54.125.028	1.422.664	2.024.324	6.507.240	72.300.160
Max	8.007.098	65.617.596	1.735.777	2.582.505	7.713.792	84.433.696
Várható érték	7.380.581	60.935.890	1.578.467	2.261.420	6.970.818	79.127.175
Szórás	228.824	2.275.962	64.086	116.214	214.407	2.340.454

4.7. táblázat: A költségekre vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi rendszerben

A jelenlegi rendszerben a legnagyobb költséget a beszállítási tranzakciók jelentik, ez teszi ki az összköltség több, mint 75%-át. Szintén jelentős, havi 7 millió forint körüli költséget jelentenek a beszállítóknál, illetve az üzletekben jelentkező költségek, ezeket a rakodási műveletek, illetve a készletezés okozzák.

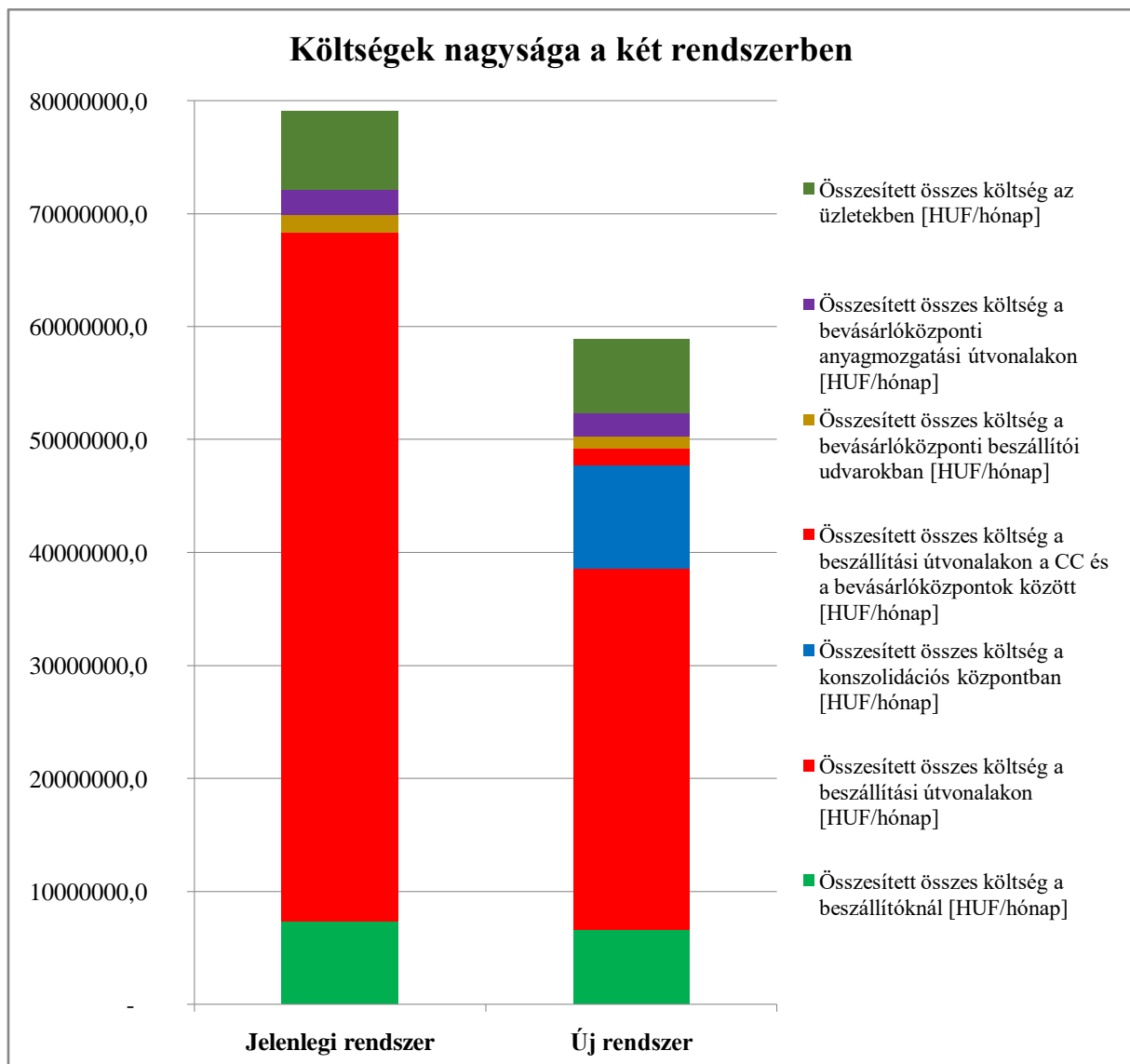
Az új rendszer költségeire vonatkozó paraméterek a 4.8. táblázatban láthatók.

	Összes költség a beszállítóknál [HUF/hónap]	Összes költség a beszállítási útvonalakon (1) [HUF/hónap]	Összes költség a CC-ban [HUF/hónap]	Összes költség a beszállítási útvonalakon (2) [HUF/hónap]	Összes költség az áruforgalmi zsilipekben [HUF/hónap]	Összes költség az anyagmozgatási útvonalakon [HUF/hónap]	Összes költség az üzletekben [HUF/hónap]	Összes költség [HUF/hónap]
Minimum	5.668.509	29.474.044	8.026.276	1.379.429	996.897	1.927.040	6.055.228	56.340.380
Maximum	7.198.330	34.861.156	10.006.672	1.579.799	1.138.750	2.396.180	7.536.333	62.493.032
Várható érték	6.532.828	32.040.662	9.152.961	1.458.226	1.069.091	2.100.103	6.564.961	58.918.832
Szórás	343.275	1.044.357	444.591	39.409	29.911	103.179	294.145	1.271.727

4.8. táblázat: A költségekre vonatkozó paraméterek alakulása az új rendszerben

Továbbra is jelentős költséget okoznak a beszállítási tranzakciók, azonban az új szervezésnek köszönhetően ezek összköltsége több, mint 27 millió forinttal csökkenthető. A konszolidációs központ folyamatai generálják a második legnagyobb költséget, ez hozzávetőlegesen 9 millió forint havonta. A többi költség nem változik jelentős mértékben, így az összköltség hozzávetőlegesen 20 millió forinttal csökkenthető havonta az új rendszer alkalmazásával, 3 bevásárlóközpont 178 üzletének kiszolgálása esetén.

A költségek alakulása a 4.8. ábrán is látható.



4.8. ábra: A költségek alakulása a jelenlegi és az új rendszerben

Ezek az eredmények azt mutatják, hogy az új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipeket alkalmazó rendszer jelentős megtakarításokat tehet lehetővé. Jelenleg néhány folyamatot elhanyagoltunk, így azok költségei kis mértékben befolyásolhatják az eredményeket, azonban szintén nem foglalkoztunk az externális költségekkel, nem számítottuk ki, mit jelenthet forintban kifejezve a városi áruszállítási forgalom, a káros anyagkibocsátás, vagy éppen a zajszennyezés csökkenése.

Természetesen új rendszer tervezése esetén foglalkozunk kell majd a beruházási költségekkel is. Jelentős költségeket fog generálni az új járművek beszerzése vagy az infrastruktúra kialakítása. Mostani kutatásunknak köszönhetően azonban már rendelkezésünkre áll az az eszköz, amellyel a megfelelő adatok rendelkezésre állása esetén meg tudjuk majd mérni, hogy hogyan alakulnak a költségek a jelenlegi, illetve a tervezett új rendszerben.

5. További feladatok

A korábbi adatgyűjtés és modellalkotás után most már rendelkezésünkre áll egy komplex mezoszkópikus szintű szimulációs modell, amely alkalmas arra, hogy a folyamatokat a beszállító készletétől az üzletek polcaiig vizsgálja a teljesítmények és a költségek oldaláról is. A továbbiakban fontos, hogy a modellt úgy kibővítsük, hogy az inverz logisztikai folyamatokat is vizsgálhassuk vele. Az eddig kidolgozott rendszerre érdemes lenne érzékenységvizsgálatokat is végrehajtani, meg kell vizsgálni azt, hogy hogyan változnak az összköltségek, ha a becsült fajlagos költségeken pozitív vagy negatív irányba változtatunk.

Nagyon fontos lenne a későbbiekben valós költségadatokat gyűjteni és azokkal is végrehajtani a szimulációs vizsgálatot. Ennek legjobb módja az lehet, ha részt veszünk a bevásárlóközpontok fejlesztési projektjeiben, melyek kapcsán hozzájuthatunk a szükséges adatokhoz, későbbiekben pedig a bemutatott rendszert pilot jelleggel akár fel is építhetnénk, ha találunk ehhez megfelelő partnereket (üzleteket működtető vállalatokat és logisztikai szolgáltatókat).

Jelenleg lineáris modellel dolgoztunk, azonban a későbbiekben érdemes lehet azt is megvizsgálni, hogy mi történik, ha nem minden költség és teljesítmények közötti összefüggést tekintünk lineárisnak. Ezeket a vizsgálatokat már a valós költségadatok ismeretében lenne érdemes elvégezni.

A bevásárlóközpontok logisztikai rendszerének vizsgálatával foglalkozó kutatásunkhoz kapcsolódóan elkészült egy makroszkópikus szintű szimulációs modell is, amellyel speciális, cargo kerékpárokat és mozgó raktárakat alkalmazó city logisztikai rendszert vizsgálhatunk. A költségstruktúra matematikai leképezésének most elkészült modellje alapján érdemes ahhoz a modellhez is hozzáépíteni a költségeket, így annak a rendszernek az esetében is lehetőségünk lenne a költségek összehasonlítására is, a továbbiakban ezt is el kell majd készíteni annak érdekében, hogy minél átfogóbb képet kapjunk ezekről a speciális city logisztikai rendszerekről.

Elmondhatjuk, hogy a vizsgált city logisztikai rendszer költségstruktúrájának matematikai leképezése és a modell elkészítése egy jelentős lépés volt a kutatásunkban, azonban a továbbiakban is számos feladattal kell majd foglalkoznunk.

6. Összefoglalás

A dolgozatunkban bemutattuk a korábbi kutatásunk eredményeit, a rendszerekben résztvevő vállalatokat, a rendszerek folyamatait és költséghelyeit, az ezek alapján felépített háromdimenziós költségstruktúrát, a költségstruktúra matematikai modelljének leképezését a jelenlegi és a vizsgált új rendszerre, majd a mezoszkópikus szintű szimulációs modellünket és azzal végrehajtott vizsgálat eredményeit.

A korábbiakban nem állt rendelkezésünkre eszköz arra, hogy a költségeket is vizsgáljuk ebben a rendszerben. Sokat foglalkoztak már korábban logisztikai rendszerek költségeivel, azonban nekünk ezúttal egy olyan matematikai modellre volt szükségünk, amelyet a már rendelkezésre álló mezoszkópikus szintű szimulációs modellhez illesztve szimulálhatjuk a vizsgált rendszer költségeit. A matematikai modellünket a költséghelyek típusai, illetve az azokon belül előforduló folyamatok (rakodás, szállítás, tárolás, intralogisztikai operáció és adminisztráció) szerint csoportosítva írtuk fel a vizsgált jelenlegi logisztikai rendszerre, illetve egy új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipeket alkalmazó rendszerre is. Így megkaptuk azt a matematikai modellt, amit hozzáilleszthettünk a korábban már elkezdett, a jelenlegi vizsgálatához pedig számos új komponenssel kibővített mezoszkópikus szintű szimulációs modellhez.

A szimulációs vizsgálatokhoz költségadatok hiányában korábbi projektek tapasztalatai alapján megbecsültük a fajlagos logisztikai költségeket, majd végrehajtottuk a szimulációs vizsgálatokat. Ezek eredményt adtak a különböző fizikai paraméterek alakulásáról a két rendszerben, ami azonban számunkra a legfontosabb, hogy adatokat kaptunk a vizsgált rendszerre vonatkozó költségekről a becsült fajlagos költségek alapján. A becsült adatok azt mutatják, hogy hozzávetőlegesen 25%-kal csökkenthetők a rendszer logisztikai költségei az új rendszer alkalmazásával, ez havi 20 millió forintot jelent csak 178 üzletet vizsgálva. Természetesen nem felejtendő el, hogy az új rendszer kialakításának komoly beruházási költségei is lennének, a későbbiekben ezekkel is kell majd kalkulálni.

Dolgozatunk eredménye egy olyan eszköz lett, amely lehetővé teszi a költségek szimulációs vizsgálatát, azaz ezzel az eszközzel összehasonlíthatjuk a bevásárlóközpontok jelenlegi rendszerének, illetve egy új, konszolidációs központot és áruforgalmi zsilipeket alkalmazó city logisztikai rendszernek a költségeit. Ez az eszköz egy esetleges új rendszer tervezési fázisában nagyon fontos szerepet tölthet majd, ugyanis így már a tervezési fázisban részletesen vizsgálhatjuk majd a költségek alakulását, ez pedig fontos döntések alapjául is szolgálhat majd.

Köszönetnyilvánítás



„AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚNKP-17-2 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT”

Ábrajegyzék

2.1. ábra: A bevásárlóközpontok áruellátási rendszerének jelenlegi helyzete.....	6
2.2. ábra: A bevásárlóközpontok áruellátási rendszerének lehetséges megoldása.....	7
3.1. ábra: A vállalatok tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában.....	12
3.2. ábra: A rendszerben előforduló folyamatok.....	13
3.3. ábra: A folyamatok tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában.....	14
3.4. ábra: A költséghelyek gráfja a bevásárlóközpontok jelenlegi áruszállítási rendszerében.....	14
3.5. ábra: A költséghelyek tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában a jelenlegi rendszer esetén.....	15
3.6. ábra: A költséghelyek gráfja a bevásárlóközpontok új áruszállítási rendszerében.....	16
3.7. ábra: A költséghelyek tengelye a költségek háromdimenziós mátrixában az új rendszer esetén.....	17
3.8. ábra: A költségek háromdimenziós struktúrája a jelenlegi rendszerben.....	17
3.9. ábra: A költségek háromdimenziós struktúrája az új rendszerben.....	18
3.10. ábra: Meghatározott költséghelyen megjelenő költségek.....	19
3.11. ábra: Meghatározott költséghelyen, meghatározott folyamat során, meghatározott vállalat esetében felmerülő költség.....	19
3.12. ábra: A költségstruktúra matematikai leképezésében alkalmazott jelölések magyarázata.....	20
4.1. ábra: A jelenlegi rendszert modellező komponens beszállításgenerátora.....	43
4.2. ábra: A jelenlegi rendszert modellező komponens fogyasztást számító része.....	43
4.3. ábra: Az új rendszert modellező komponens a beszállítandó árutömeget generáló része.....	44
4.4. ábra: Az új rendszert modellező komponens esetében a konszolidációs központ készletét számító rész.....	45
4.5. ábra: A szállított árutömeg és a szállítások havi összes számának alakulása a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén.....	48
4.6. ábra: A menetteljesítményre és a szállítási teljesítményre vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén.....	49
4.7. ábra: A káros anyag kibocsátásra vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén.....	51
4.8. ábra: A költségek alakulása a jelenlegi és az új rendszerben.....	54

Táblázatjegyzék

3.1. táblázat: Adott típusú költséghelyeken előforduló folyamatok a jelenlegi rendszerben	20
3.2. táblázat: Adott típusú költséghelyeken megjelenő költségek jelölése a jelenlegi rendszerben	20
3.3. táblázat: Adott típusú költséghelyeken előforduló folyamatok a konszolidáción alapuló új rendszerben	29
3.4. táblázat: Adott típusú költséghelyeken megjelenő költségek jelölése az új rendszerben	29
4.1. táblázat: A szállított árutömegre és a szállítások havi összes számára vonatkozó paraméterek a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén	47
4.2. táblázat: A menetteljesítményre és a szállítási teljesítményre vonatkozó paraméterek a jelenlegi és a vizsgált új rendszer esetén	48
4.3. táblázat: Az üzemanyagfogyasztási paraméterek a jelenlegi és az új rendszer esetén	50
4.4. táblázat: A káros anyag kibocsátási paraméterek a jelenlegi és az új rendszer esetén	50
4.5. táblázat: A készletre vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi rendszerben	51
4.6. táblázat: A készletre vonatkozó paraméterek alakulása az új rendszerben	52
4.7. táblázat: A költségekre vonatkozó paraméterek alakulása a jelenlegi rendszerben	52
4.8. táblázat: A költségekre vonatkozó paraméterek alakulása az új rendszerben	52

Irodalomjegyzék

- [1] *KSH. A kiskereskedelmi üzletek számának alakulása.* URL: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_evkozi/e_okk012.html (Letöltve: 2016. 10. 06.)
- [2] *Mészáros Bálint, Sárdi Dávid Lajos: Módszertan kidolgozása bevásárlóközpontok logisztikai szempontú átvilágítására (2015). BME KJK TDK, 2015.* URL: <https://tdk.bme.hu/KSK/DownloadPaper/Modszertan-kidolgozasa-bevasarlokozpontok>
- [3] *Bálint Mészáros, Dávid Lajos Sárdi, Krisztián Bóna, PhD. Developing and testing a methodology for acquiring the logistical characteristics of shopping malls in Budapest, for city logistical solutions, 5th IEEE International Conference on Advanced Logistics and Transport, Krakow, Poland (2016).* pp 154-159. ISBN: 978-1-5090-2342-4
- [4] *Bálint Mészáros, Dávid Lajos Sárdi, Krisztián Bóna, PhD. Monitoring, measurement and statistical analysis (MMSA) based methodology for improvement city logistics of shopping malls in Budapest.* World Review of Intermodal Transportation Research, Special Issue on: “Advances in Transportation and Logistics” (2017) URL: <http://www.inderscience.com/info/ingeneral/forthcoming.php?jcode=write> ISSN: 1749-4737
- [5] *Sárdi Dávid Lajos. Mezoszkópikus modell felépítése a bevásárlóközpontok áruellátásnak vizsgálatára. BME KJK TDK (2016).* URL: <https://tdk.bme.hu/KSK/DownloadPaper/Mezoszkopikus-modell-felepitese-a-budapesti>
- [6] *Sárdi Dávid Lajos. Mezoszkópikus modell felépítése a bevásárlóközpontok áruellátásnak vizsgálatára. (2017)* URL: <http://dportal.kozlek.bme.hu/docs/befejezett/dolgozat/ALRT-A-FOLY-2016-11.pdf>
- [7] *Dávid Lajos Sárdi, Krisztián Bóna, PhD. Developing a mesoscopic simulation model for the examination of shopping mall freight traffic in Budapest. Smart Cities Symposium 2017, Prague.* URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7973835/> ISBN: 978-1-5386-3825-5
- [8] *Dr. Bóna Krisztián. Szimulációs tervezés - A szimulációs projektek, a szimuláció módszertana.* URL: <https://www.logisztika.bme.hu/hu/hallgatoknak/tananyagok.html> (Letöltve: 2017. 09. 20.)
- [9] *Dr. Bokor Zoltán. Kontrollingmódszerek alkalmazása a logisztikában. BME OMIKK LOGISZTIKA 11. k. 2. sz. 2006. március–április. pp. 07–26.* URL: http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/logisztika/2006/02/0205.pdf (Letöltve: 2017. 10. 02.)

- [10] *Némon Zoltán. A logisztikai teljesítmények mérésének szerepe a vállalati hatékonyság növelésében.* Magyar Logisztikai Egyesület Logisztikai Évkönyv 2002, p 139-146.
- [11] *Dr. Musinszki Zoltán. Költségallokációs problémák és megoldások.* Controller Info, III. évfolyam, 2015/4., pp. 2-10. URL: <http://gtk.uni-miskolc.hu/files/9143/K%C3%B6lts%C3%A9gallok%C3%A1ci%C3%B3s+probl%C3%A9m%C3%A1k+%C3%A9s+megold%C3%A1sok.pdf> (Letöltve: 2017. 10. 01.) ISSN: 2063-9309
- [12] *Duma László. A logisztikai teljesítménymérés kérdései a hálózatosodó gazdaságban.* Magyar Logisztikai Egyesület Logisztikai Évkönyv 2007-2008, pp 47-53. ISSN: 1218-3849
- [13] *Amschler, A.; Jodko, A.; Kollmann, Y. Logistik Controlling.* Fachhochschule Würzburg-Schweinfurt, 2005.
- [14] *Bokor Zoltán. A logisztikai költségszámítás korszerűsítése kontrolling eszközökkel.* Magyar Logisztikai Egyesület Logisztikai Évkönyv 2006, pp. 41-49. ISSN: 1218-3849.
- [15] *Bokor Zoltán, Jánoshalmi Tamás. A logisztikai teljesítménymutatók vállalati eredményességre kifejtett hatásának elemzése.* Magyar Logisztikai Egyesület Logisztikai Évkönyv 2007-2008, pp. 35-40. ISSN: 1218-3849.
- [16] *Zoltán Bokor. Calculation model for transport costing.* Periodica Polytechnica Transportation Engineering 2011. URL: <https://pp.bme.hu/tr/article/view/1823/1088> (Letöltve: 2017. 10. 01.) DOI: 10.3311/pp.tr.2011-1.08
- [17] *La Londe, B. J., Pohlen, T. L. Implementing ActivityBased Costing (ABC) in Logistics.* Journal of Business Logistics, Vol. 15, No. 2, 1994, pp. 11-12.
- [18] *Griful-Miquela, C. Activity-Based Costing Methodology for Third-Party Logistics Companies.* International Advances in Economic Research, Vol. 7, No. 1, 2001, pp. 133-146. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02296598> (Letöltve: 2017. 10. 02.) DOI: 10.1007/BF02296598
- [19] *Zoltán Bokor. Cost drivers in transport and logistics.* Periodica Polytechnica Transportation Engineering 2010. URL: <https://pp.bme.hu/tr/article/view/1836/1101> (Letöltve: 2017. 10. 02.) DOI: 10.3311/pp.tr.2010-1.03
- [20] *Bokor Zoltán. Az intermodális logisztikai szolgáltatások helyzetének értékelése, fejlesztési lehetőségek feltárása.* BME OMIKK LOGISZTIKA 10. k. 3. sz. 2005. május-június. p. 22–65 pp. 07–26. URL: http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/logisztika/2005/03/0307.pdf (Letöltve: 2017. 10. 05.)

- [21] *Zoltán Bokor PhD. Cost calculation model for logistics service providers.* Promet – Traffic&Transportation, Vol. 24, 2012, No. 6, pp. 515-524. URL: <http://www.fpz.unizg.hr/traffic/index.php/PROMTT/article/viewFile/1198/1022> (Letöltve: 2017. 10. 02.)
- [22] *András Bakos, Krisztián Bóna, Szilvia Foltin. The development of a complex city logistics cost model according to a multiple-stage gateway concept.* Periodica Polytechnica Transportation Engineering 2012. URL: <https://pp.bme.hu/tr/article/download/2117/1249/> (Letöltve: 2017. 02. 15.) DOI: 10.3311/pp.tr.2012-1.03
- [23] *Bakos András. Budapesti áruellátási, city logisztikai tervváltozatok összehasonlítása költségmodell alapján.* Magyar Logisztikai Egyesület Logisztikai Évkönyv 2013, pp. 13-17. ISSN: 1218-3849.
- [24] *Dr. Bóna Krisztián. Extralogisztikai rendszerek tervezése – A hálózati működés értékelése.* URL: <https://www.logisztika.bme.hu/hu/hallgatoknak/tananyagok.html> (Letöltve: 2017. 03. 20.)
- [25] *National Academy of Sciences. European emission standards to the year 2000.* URL: <https://trid.trb.org/view.aspx?id=451695> (Letöltve: 2017. 09. 20.)
- [26] *KSH. Közlekedési infrastruktúra, járműállomány, üzemanyagárak, 3.4.: Gépjárműállomány Magyarországon üzemanyagtípus szerint az adott év december 31-én (2014).* URL: www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/jelszall/jelszall14.xls (Letöltve: 2016. 10. 10.)
- [27] *Nemzeti Adó- és Vámhivatal. Tájékoztató a tevékenységhez használt gépjárművek fogyasztási normáiról (2016. 02. 03.).* URL: https://www.nav.gov.hu/nav/szolgáltatások/uzemanyag/fogyaszt_normak/gjnorma.html. (Letöltve: 2016. 10. 10.)
- [28] *Automobile Association Developments Limited. Euro emissions standards - Limits to improve air quality and health (2015. 10. 01.)* URL: <https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards> (Letöltve: 2017. 02. 05.)
- [29] *International Council on Clean Transportation. EU CO₂ emission standards for passenger cars and light-commercial vehicles (2014).* URL: http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/ICCTupdate_EU-95gram_jan2014.pdf (Letöltve: 2017. 02. 05.)

Mellékletek

1. Adott típusú költséghelyeken előforduló részfolyamatok a jelenlegi rendszerben

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Bevásárlóközponti beszállítói udvarok	Anyagmozgatási útvonalak a bevásárlóközpontban	Üzletek
Rakodás	Ki- és berakodás a beszállítónál		Ki- és berakodás a bevásárlóközpontban		
Szállítás		Beszállítás a beszállítótól a bevásárlóközpontba (FTL, illetve egyes esetekben LTL)			
		Inverz anyagáram a bevásárlóközpontból a beszállítóhoz (göngyölegkezelés, visszáru, szállítás szervízbe, szintén lehet FTL és LTL is)			
Tárolás	Tárolás a beszállítónál		Átmeneti tárolás a bevásárlóközponti rámpán		Tárolás az üzletben, illetve a hozzátartozó raktárban
Intralogisztikai operáció	Egyéb tárolótéri anyagmozgatási műveletek a beszállítónál (kézi vagy gépi anyagmozgatás)		Egyéb tárolótéri anyagmozgatási műveletek a beszállítói udvaron (kézi vagy gépi anyagmozgatás)	Anyagmozgatás a bevásárlóközponti rámpa és az üzlet vagy a hozzá tartozó raktár között (kézi vagy gépi anyagmozgatás)	Anyagmozgatás az üzletben, a hozzátartozó raktárban vagy a kettő között (kézi vagy gépi anyagmozgatás)
	Kommissiózás a beszállítónál				Kommissiózás az üzlethez tartozó raktárban
Adminisztráció	Adminisztráció		Adminisztráció		Adminisztráció

2. Adott típusú költséghelyeken előforduló részfolyamatok a vizsgált új rendszerben

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Konzolidációs központ	Beszállítási útvonalak	Bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipek	Anyagmozgatási útvonalak a bevásárlóközpontban	Üzletek
Rakodás	Ki- és berakodás a beszállítónál		Ki- és berakodás a konzolidációs központban		Ki- és berakodás a bevásárlóközpontban		
Szállítás		Beszállítás a beszállítótól a konzolidációs központba (FTL, illetve egyes esetekben LTL)		Beszállítás a konzolidációs központból a bevásárlóközpontba az új rendszerben (FTL, illetve egyes esetekben LTL)			
		Inverz anyagáram a konzolidációs központból a beszállítóhoz (göngyölegkezelés, visszáru, szállítás szervízbe, szintén lehet FTL és LTL is)		Inverz anyagáram a bevásárlóközpontból a konzolidációs központba (göngyölegkezelés, visszáru, szállítás szervízbe, szintén lehet FTL és LTL is)			
Tárolás	Tárolás a beszállítónál		Tárolás a konzolidációs központban		Tárolás az áruforgalmi zsilipben		Tárolás az üzletben, illetve a hozzátartozó raktárban

	Beszállítók telephelyei	Beszállítási útvonalak	Konzolidációs központ	Beszállítási útvonalak	Bevásárlóközponti áruforgalmi zsilipek	Anyagmozgatási útvonalak a bevásárlóközpontban	Üzletek
Intralogisztikai operáció	Egyéb tárolótéri anyagmozgatási műveletek a beszállítónál (kézi vagy gépi anyagmozgatás)		Egyéb tárolótéri anyagmozgatási műveletek a konszolidációs központban (kézi vagy gépi anyagmozgatás)		Egyéb tárolótéri anyagmozgatási műveletek az áruforgalmi zsilipben (kézi vagy gépi anyagmozgatás)	Anyagmozgatás a bevásárlóközponti zsilip és az üzlet vagy a hozzátartozó raktár között (kézi vagy gépi anyagmozgatás)	Anyagmozgatás az üzletben, a hozzátartozó raktárban vagy a kettő között (kézi vagy gépi anyagmozgatás)
	Kommissiózás a beszállítónál		Kommissiózás a konszolidációs központban				Kommissiózás az üzlethez tartozó raktárban
			Konzolidáció				
Adminisztráció	Adminisztráció		Adminisztráció		Adminisztráció		Adminisztráció

3. Fajlagos költségek a jelenlegi rendszerben

		Jelölés	Megnevezés	Min	Max	Dimenzió	-tól	-ig	Dimenzió
A beszállítók telephelyein fellépő költségek	rakodás	$C_{fel1R,i,a}$	fajlagos felrakodási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{le1R,i,a}$	fajlagos lerakodási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
	tárolás	$C_{be1T,i,a}$	fajlagos betárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{ki1T,i,a}$	fajlagos kitárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda1T,i,a}$	fajlagos készlettartási költség	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
		$C_{t1T,i,a}$	fajlagos tárolási költsége	4000	8000	Ft/t/hónap			
		$C_{mr1T,i,a}$	fajlagos megrendelési költség	200	500	Ft/tranzakció			
	intralogisztikai operáció	$C_{1,I(kézi),i,a}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktlg-e	800	1000	Ft/óra			
		$C_{1,I(gépi),i,a}$	gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktlg-e	900	1200	Ft/óra			
		$C_{1,I(kom),i,a}$	kommissiózás fajlagos költsége	900	1200	Ft/óra			
adminisztráció	$C_{1,A,i,a}$	fajlagos adminisztrációs költsége	50	100	Ft/tranzakció				
A beszállítási útvonalakon fellépő költségek	LTL szállítás	$C_{LTL,Ki2,S,i,b}$	kiállítás fajlagos költsége	4000	5000	Ft/kiállítás			
		$C_{LTL,R2,S,i,b}$	rakott menet fajlagos költsége	50	100	Ft/km (<100 km)	20	50	Ft/km (>100 km)
		$C_{LTL,ÜR2,S,i,b}$	üres menet fajlagos költsége	30	60	Ft/km (<100 km)	10	30	Ft/km (>100 km)
		$C_{LTL,inv2,S,i,d}$	inverz anyagáram fajlagos költsége	40	80	Ft/km (<100 km)	15	40	Ft/km (>100 km)
		$C_{t,LTL2,S,i,b}$	időarányos fajlagos költség	1500	2500	Ft/óra			
	FTL szállítás	$C_{FTL,Ki2,S,i,b}$	kiállítás fajlagos költsége	4000	5000	Ft/kiállítás			
		$C_{FTL,R2,S,i,b}$	rakott menet fajlagos költsége	50	100	Ft/km (<100 km)	20	50	Ft/km (>100 km)
		$C_{FTL,ÜR2,S,i,b}$	üres menet fajlagos költsége	30	60	Ft/km (<100 km)	10	30	Ft/km (>100 km)
		$C_{FTL,inv2,S,i,d}$	inverz anyagáram fajlagos költsége	40	80	Ft/km (<100 km)	15	40	Ft/km (>100 km)
		$C_{t,FTL2,S,i,b}$	időarányos fajlagos költség	1500	2500	Ft/óra			

A bevásárlóközponti beszállítói udvarokban fellépő költségek	rakodás	$C_{fel3,R,i,c}$	fajlagos felrakodási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{le3,R,i,c}$	fajlagos lelrakodási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
	tárolás	$C_{be3,T,i,c}$	fajlagos betárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{ki3,T,i,c}$	fajlagos kitárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda3,T,i,c}$	fajlagos készletértéktartási költség	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
	intralogisztikai operáció	$C_{t3,T,i,c}$	fajlagos tárolási költsége	4000	8000	Ft/t/hónap			
		$C_{3,I(kézi),i,c}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktlg-e	800	1000	Ft/óra			
		$C_{3,I(gépi),i,c}$	gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktlg-e	900	1200	Ft/óra			
adminisztráció	$C_{3,A,i,c}$	fajlagos adminisztrációs költsége	50	100	Ft/tranzakció				

Anyagmozgatási útvonalakon fellépő költségek	intralogisztikai operáció	$C_{4,I(kézi),i,d}$	kézi anyagmozgatás fajlagos költsége	1000	2000	Ft/t			
		$C_{4,I(gépi),i,e}$	gépi anyagmozgatás fajlagos költsége	200	500	Ft/t			

Az üzletekben fellépő költségek	tárolás	$C_{be5,T,i,e}$	fajlagos betárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{ki5,T,i,e}$	fajlagos kitárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda5,T,i,e}$	fajlagos készletértéktartási költség	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
		$C_{t5,T,i,e}$	fajlagos tárolási költsége	5000	10000	Ft/t/hónap			
		$C_{mr5,T,i,e}$	fajlagos megrendelési költség	200	500	Ft/tranzakció			
	intralogisztikai operáció	$C_{5,I(kézi),i,a}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktlg-e	800	1000	Ft/óra			
		$C_{5,I(gépi),i,a}$	gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktlg-e	900	1200	Ft/óra			
		$C_{5,I(kom),i,a}$	kommissiózás fajlagos költsége	900	1200	Ft/óra			
adminisztrációs	$C_{5,A,i,e}$	vállalat fajlagos adminisztrációs költsége	50	100	Ft/tranzakció				

4. Fajlagos költségek a konszolidációs központot alkalmazó új rendszerben

		Jelölés	Megnevezés	Min	Max	Dimenzió	-tól	-ig	Dimenzió
A beszállítók telephelyein fellépő költségek	rakodás	$C_{fel1,R,i,a}$	fajlagos felrakodási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{le1,R,i,a}$	fajlagos lelrakodási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
	tárolás	$C_{be1,T,i,a}$	fajlagos betárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{ki1,T,i,a}$	fajlagos kitárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda1,T,i,a}$	fajlagos készlettartási költség	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
		$C_{t1,T,i,a}$	fajlagos tárolási költsége	4000	8000	Ft/t/hónap			
		$C_{mr1,T,i,a}$	fajlagos megrendelési költség	200	500	Ft/tranzakció			
	intralogisztikai operáció	$C_{1,I(kézi),i,a}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	800	1000	Ft/óra			
		$C_{1,I(gépi),i,a}$	gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	900	1200	Ft/óra			
		$C_{1,I(kom),i,a}$	kommissiózás fajlagos költsége	900	1200	Ft/óra			
adminisztráció	$C_{1,A,i,a}$	fajlagos adminisztrációs költsége	50	100	Ft/tranzakció				
A beszállítási útvonalakon fellépő költségek	LTL szállítás	$C_{LTL,Ki_{II,S,i,b}}$	kiállítás fajlagos költsége	4000	5000	Ft/kiállítás			
		$C_{LTL,R_{II,S,i,b}}$	rakott menet fajlagos költsége	50	100	Ft/km (<100 km)	20	50	Ft/km (>100 km)
		$C_{LTL,\ddot{U}R_{II,S,i,b}}$	üres menet fajlagos költsége	30	60	Ft/km (<100 km)	10	30	Ft/km (>100 km)
		$C_{LTL,inv_{II,S,i,d}}$	inverz anyagáram fajlagos költsége	40	80	Ft/km (<100 km)	15	40	Ft/km (>100 km)
		$C_{t,LTL_{II,S,i,b}}$	időarányos fajlagos költség	1500	2500	Ft/óra			
	FTL szállítás	$C_{FTL,Ki_{II,S,i,b}}$	kiállítás fajlagos költsége	4000	5000	Ft/kiállítás			
		$C_{FTL,R_{II,S,i,b}}$	rakott menet fajlagos költsége	50	100	Ft/km (<100 km)	20	50	Ft/km (>100 km)
		$C_{FTL,\ddot{U}R_{II,S,i,b}}$	üres menet fajlagos költsége	30	60	Ft/km (<100 km)	10	30	Ft/km (>100 km)
		$C_{FTL,inv_{II,S,i,d}}$	inverz anyagáram fajlagos költsége	40	80	Ft/km (<100 km)	15	40	Ft/km (>100 km)
		$C_{t,FTL_{II,S,i,b}}$	időarányos fajlagos költség	1500	2500	Ft/óra			

A konszolidációs központban fellépő költségek	rakodás	$C_{fel_{III,R,i,c}}$	fajlagos felrakodási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
		$C_{le_{III,R,i,c}}$	fajlagos lelrakodási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
	tárolás	$C_{be_{III,T,i,c}}$	fajlagos betárolási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
		$C_{ki_{III,T,i,c}}$	fajlagos kitérési költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda_{III,T,i,c}}$	fajlagos készletértékelési költség	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
		$C_{t_{III,T,i,c}}$	fajlagos tárolási költsége	4500	4500	Ft/t/hónap			
		$C_{mr_{III,T,i,c}}$	fajlagos megrendelési költség	200	200	Ft/tranzakció			
	intralogisztikai operáció	$C_{III,I(kézi),i,c}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	800	800	Ft/óra			
		$C_{III,I(gépi),i,c}$	gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	900	900	Ft/óra			
		$C_{III,I(kom),i,a}$	kommissiózás fajlagos költsége	900	900	Ft/óra			
		$C_{III,I(konsz),i,a}$	konszolidáció fajlagos költsége	800	800	Ft/óra			
	adminisztráció	$C_{III,A,i,c}$	fajlagos adminisztrációs költsége	75	75	Ft/tranzakció			

A beszállítási útvonalakon fellépő költségek	LTL szállítás	$C_{LTL,Ki_{IV,S,i,d}}$	kiállítás fajlagos költsége	4000	4000	Ft/kiállítás			
		$C_{LTL,R_{IV,S,i,d}}$	rakott menet fajlagos költsége	50	50	Ft/km			
		$C_{LTL,Ü_{R_{IV,S,i,d}}}$	üres menet fajlagos költsége	30	30	Ft/km			
		$C_{LTL,inv_{IV,S,i,d}}$	inverz anyagáram fajlagos költsége	40	40	Ft/km			
		$C_{t,LTL_{IV,S,i,d}}$	időarányos fajlagos költség	1500	1500	Ft/óra			
	FTL szállítás	$C_{FTL,Ki_{IV,S,i,d}}$	kiállítás fajlagos költsége	4000	4000	Ft/kiállítás			
		$C_{FTL,R_{IV,S,i,d}}$	rakott menet fajlagos költsége	50	50	Ft/km			
		$C_{FTL,Ü_{R_{IV,S,i,d}}}$	üres menet fajlagos költsége	30	30	Ft/km			
		$C_{FTL,inv_{IV,S,i,d}}$	inverz anyagáram fajlagos költsége	40	40	Ft/km			
		$C_{t,FTL_{IV,S,i,d}}$	időarányos fajlagos költség	1500	1500	Ft/óra			

A bevásárlóközponti beszállítói udvarokban fellépő költségek	rakodás	$C_{felV,R,i,e}$	fajlagos felrakodási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
		$C_{leV,R,i,e}$	fajlagos lelakodási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
	tárolás	$C_{beV,T,i,e}$	fajlagos betárolási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
		$C_{kiV,T,i,e}$	fajlagos kitárolási költség	1200	1200	Ft/t (doboz)	275	275	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda V,T,i,e}$	fajlagos készletartási költséggel	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
		$C_{tV,T,i,e}$	fajlagos tárolási költsége	4500	4500	Ft/t/hónap			
		intralogisztikai operáció	$C_{V,I(kézi),i,e}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	900	900	Ft/óra		
	$C_{V,I(gépi),i,e}$		gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	1050	1050	Ft/óra			
	adminisztráció	$C_{V,A,i,e}$	fajlagos adminisztrációs költsége	75	75	Ft/tranzakció			

Anyagmozgatási útvonalakon fellépő költségek	intralogisztikai operáció	$C_{VI,I(kézi),i,f}$	kézi anyagmozgatás fajlagos költsége	1200	1200	Ft/t
		$C_{VI,I(gépi),i,f}$	gépi anyagmozgatás fajlagos költsége	275	275	Ft/t

Az üzletekben fellépő költségek	tárolás	$C_{beVII,T,i,g}$	fajlagos betárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{kiVII,T,i,g}$	fajlagos kitárolási költség	1000	2000	Ft/t (doboz)	200	500	Ft/t (raklap)
		$C_{\lambda VII,T,i,g}$	fajlagos készletartási költséggel	-	-	Ft/t/nap	$\lambda=$	10	%/év
		$C_{tVII,T,i,g}$	fajlagos tárolási költsége	5000	10000	Ft/t/hónap			
		$C_{mrVII,T,i,g}$	fajlagos megrendelési költség	200	500	Ft/tranzakció			
	intralogisztikai operáció	$C_{VII,I(kézi),i,a}$	kézi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	800	1000	Ft/óra			
		$C_{VII,I(gépi),i,a}$	gépi tárolótéri anyagmozgatás fajlagos ktg	900	1200	Ft/óra			
		$C_{VII,I(kom),i,a}$	kommissiózás fajlagos költsége	900	1200	Ft/óra			
	adminisztrációs	$C_{VII,A,i,g}$	vállalat fajlagos adminisztrációs költsége	50	100	Ft/tranzakció			

5. A szimulációs futtatások során kapott eredmények

Fizikai paraméterek a jelenlegi rendszerben:

	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes tömeg [kg/hónap]	1268243,0	1388335,0	1338754,6	27790,0	2779,0	1333240,5	1344268,7
Összes térfogat [m ³ /hónap]	5376,5	5767,5	5578,4	87,0	8,7	5561,1	5595,6
Összes szállítási telj. (városon belül) [t*km/hónap]	21038,8	24933,0	22994,3	810,4	81,0	22833,5	23155,1
Összes szállítási telj. (városon kívül) [t*km/hónap]	67817,4	170546,4	120488,8	27769,0	2776,9	114978,8	125998,8
Szállítások összes száma	3362,0	3426,0	3399,2	14,3	1,4	3396,4	3402,0
Összes menettelj. (városon belül) [km/hónap]	48731,0	53795,0	51390,7	1012,5	101,2	51189,8	51591,6
Összes menettelj. (városon kívül) [km/hónap]	193942,0	284024,0	241038,0	21288,8	2128,9	236813,8	245262,1
	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes benzinfogyasztás [l/hónap]	554,5	987,5	763,4	92,9	9,3	744,9	781,8
Összes gázolajfogyasztás [l/hónap]	15297,9	21153,7	18332,7	1296,3	129,6	18075,4	18589,9
Összes CO kibocsátás [g/hónap]	13700,1	18787,2	16292,3	1072,6	107,3	16079,5	16505,2
Összes CO ₂ kibocsátás [g/hónap]	2846082,0	3922961,3	3400641,8	233551,1	23355,1	3354300,2	3446983,4
Összes HC kibocsátás [g/hónap]	946,5	1294,5	1122,8	72,5	7,3	1108,4	1137,2
Összes NOX kibocsátás [g/hónap]	5817,3	8033,1	6962,5	486,1	48,6	6866,1	7059,0
Összes PM kibocsátás [g/hónap]	626,2	858,8	744,7	49,0	4,9	735,0	754,5
	Minimum.	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Beszállítók összesített átlagkészlete [t]	124,9	137,5	132,2	2,7	0,3	131,7	132,7
Üzletek összesített átlagkészlete [t]	201,0	283,8	242,7	16,2	1,6	239,4	245,9
Összesített összes igény a beszállítóknál [t/hónap]	1268,2	1388,3	1338,8	27,8	2,8	1333,2	1344,3
Összesített összes igény az üzletekben [t/hónap]	1261,8	1389,2	1337,8	27,0	2,7	1332,4	1343,1

Költségek a jelenlegi rendszerben:	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes költség a beszállítóknál [HUF/hónap]	6828325,0	8007097,5	7380580,6	228824,4	22882,4	7335176,9	7425984,3
Összes költség a beszállítási útvonalakon [HUF/hónap]	54125028,0	65617596,0	60935889,6	2275961,8	227596,2	60484289,4	61387489,8
Összes költség a beszállítói udvarokban [HUF/hónap]	1422663,6	1735777,1	1578467,1	64086,2	6408,6	1565751,0	1591183,2
Összes költség az anyagmozgatási útvonalakon [HUF/hónap]	2024324,1	2582504,8	2261419,6	116214,2	11621,4	2238360,2	2284479,0
Összes költség az üzletekben [HUF/hónap]	6507240,0	7713792,0	6970817,8	214407,0	21440,7	6928274,8	7013360,8
Összes költség [HUF/hónap]	72300160,0	84433696,0	79127174,6	2340453,9	234045,4	78662777,8	79591571,5

Fizikai paraméterek az új rendszerben, beszállítók és CC között	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes tömeg [kg/hónap]	1138606,0	1531771,0	1359902,0	86651,6	8665,2	1342708,4	1377095,6
Összes térfogat [m3/hónap]	6333,7	7830,5	7280,7	320,2	32,0	7217,1	7344,2
Összes szállítási telj. (városon belül) [t*km/hónap]	86760,4	223017,8	146399,6	28836,3	2883,6	140677,9	152121,4
Összes szállítási telj. (városon kívül) [t*km/hónap]	1297,0	1381,0	1342,6	16,8	1,7	1339,3	1345,9
Szállítások összes száma	118603,0	146321,0	132295,7	5307,5	530,7	131242,6	133348,9
	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes benzinfogyasztás [l/hónap]	549,5	1348,9	876,0	165,3	16,5	843,1	908,8
Összes gázolajfogyasztás [l/hónap]	6579,7	8273,4	7478,4	327,1	32,7	7413,5	7543,3
Összes CO kibocsátás [g/hónap]	6651,7	8341,7	7577,6	340,5	34,1	7510,0	7645,1

Összes CO2 kibocsátás [g/hónap]	1315091,3	1613811,5	1461729,9	58381,1	5838,1	1450145,8	1473313,9
Összes HC kibocsátás [g/hónap]	470,9	597,7	542,7	27,4	2,7	537,3	548,1
Összes NOX kibocsátás [g/hónap]	2588,3	3211,1	2905,1	120,1	12,0	2881,3	2929,0
Összes PM kibocsátás [g/hónap]	303,9	381,0	346,1	15,5	1,6	343,1	349,2

Fizikai paraméterek az új rendszerben, CC és a bevásárlóközpontok között	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes tömeg [kg/hónap]	1269173,0	1496658,0	1376601,9	44815,6	4481,6	1367709,5	1385494,3
Összes térfogat [m3/hónap]	7199,8	8030,9	7549,8	184,1	18,4	7513,2	7586,3
Összes szállítási telj. (városon belül) [t*km/hónap]	13245,4	15395,9	14207,3	439,2	43,9	14120,1	14294,4
Szállítások összes száma	254,0	279,0	264,5	6,0	0,6	263,3	265,7
Összes menetteljesítmény (városon belül) [km/hónap]	2749,7	3051,7	2887,3	69,8	7,0	2873,4	2901,1
	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes benzinfogyasztás [l/hónap]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Összes gázolajfogyasztás [l/hónap]	209,0	231,9	219,4	5,3	0,5	218,4	220,5
Összes CO kibocsátás [g/hónap]	341,8	379,4	358,9	8,7	0,9	357,1	360,6
Összes CO2 kibocsátás [g/hónap]	75036,2	83274,3	78775,9	1903,5	190,4	78398,2	79153,6
Összes HC kibocsátás [g/hónap]	22,9	25,4	24,1	0,6	0,1	24,0	24,2
Összes NOX kibocsátás [g/hónap]	156,3	173,5	164,1	4,0	0,4	163,3	164,9
Összes PM kibocsátás [g/hónap]	15,6	17,3	16,4	0,4	0,0	16,3	16,5

Készletparaméterek az új rendszerben:	Minimum.	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Beszállítók összesített átlagkészlete [t]	117,1	155,3	136,8	8,2	0,8	135,1	138,4
CC összesített átlagkészlete [t]	384,6	694,5	542,6	67,5	6,7	529,2	556,0
Üzletek összesített átlagkészlete [t]	189,2	330,2	240,5	31,9	3,2	234,2	246,9
Összesített összes igény a beszállítóknál [t/hónap]	1138,6	1531,8	1359,9	86,7	8,7	1342,7	1377,1
Összesített összes igény a CC-ben [t/hónap]	1269,2	1496,7	1376,6	44,8	4,5	1367,7	1385,5
Összesített összes igény az üzletekben [t/hónap]	1139,2	1542,2	1360,2	87,3	8,7	1342,9	1377,6
Költségek az új rendszerben:	Minimum	Maximum	Várható érték	Szórás	Standard hiba	Konf. int. AH	Konf. int. FH
Összes költség a beszállítóknál [HUF/hónap]	5668508,5	7198329,5	6532827,7	343274,6	34327,5	6464714,6	6600940,9
Összes költség a beszállítási útvonalakon (1) [HUF/hónap]	29474044,0	34861156,0	32040662,2	1044357,3	104435,7	31833439,1	32247885,3
Összes költség a konszolidációs központban [HUF/hónap]	8026276,0	10006672,0	9152960,8	444591,2	44459,1	9064744,2	9241177,3
Összes költség a beszállítási útvonalakon (2) [HUF/hónap]	1379428,9	1579798,8	1458226,1	39409,4	3940,9	1450406,4	1466045,8
Összes költség az áruforgalmi zsilipekben [HUF/hónap]	996897,4	1138749,8	1069091,1	29910,8	2991,1	1063156,2	1075026,1
Összes költség a anyagmozgatási útvonalakon [HUF/hónap]	1927040,0	2396180,0	2100103,4	103178,7	10317,9	2079630,5	2120576,3
Összes költség az üzletekben [HUF/hónap]	6055228,0	7536332,5	6564960,8	294144,6	29414,5	6506596,1	6623325,4
Összes költség [HUF/hónap]	56340380,0	62493032,0	58918832,3	1271727,1	127172,7	58666494,0	59171170,5