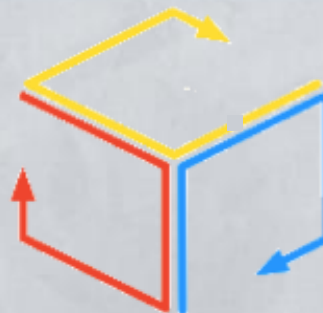


Koncentrált városi igénypontok áruellátó logisztikai rendszereinek elemzése és mezoszkópikus szintű modellezése



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

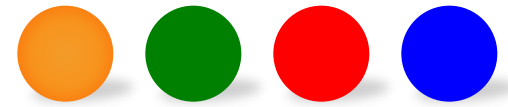
**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai
Rendszerek Tanszék**



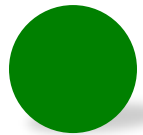
MAGYAR LOGISZTIKAI EGYESÜLET

**Évzáró és évkönyvbemutató klubnap,
2018. december 12.**

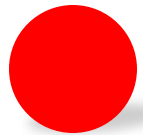




Városi koncentrált igénypont-halmazok



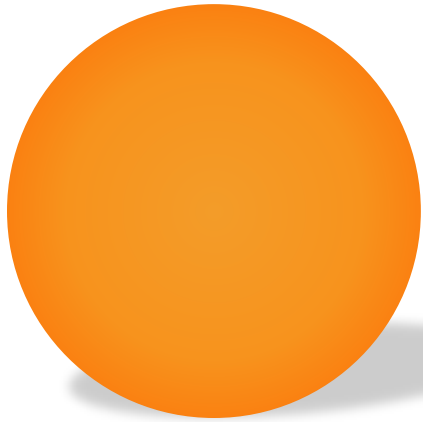
Logisztikai folyamatok modellezése



Szimulációs eredmények



További feladatok

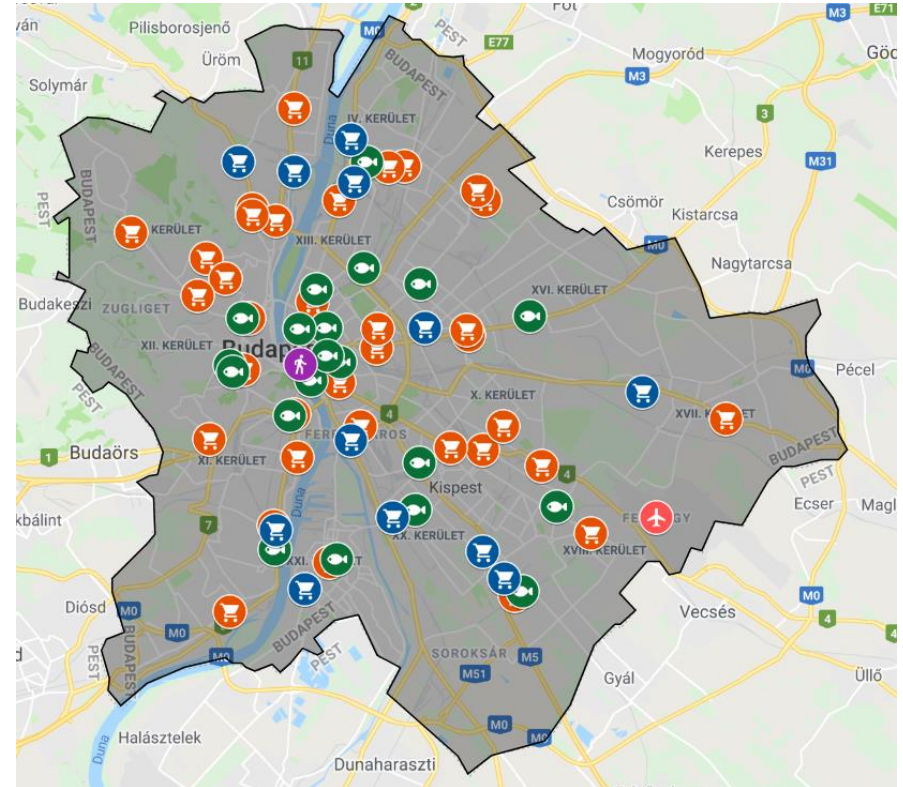
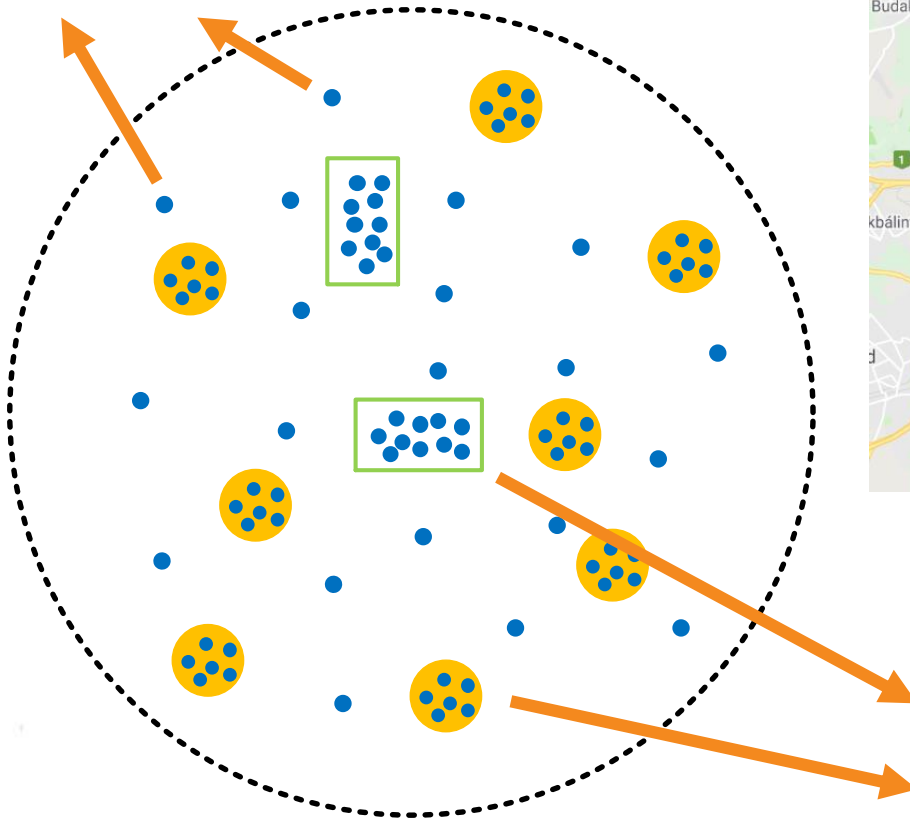


Városi koncentrált igénypont- halmazok

Városi igénypontok

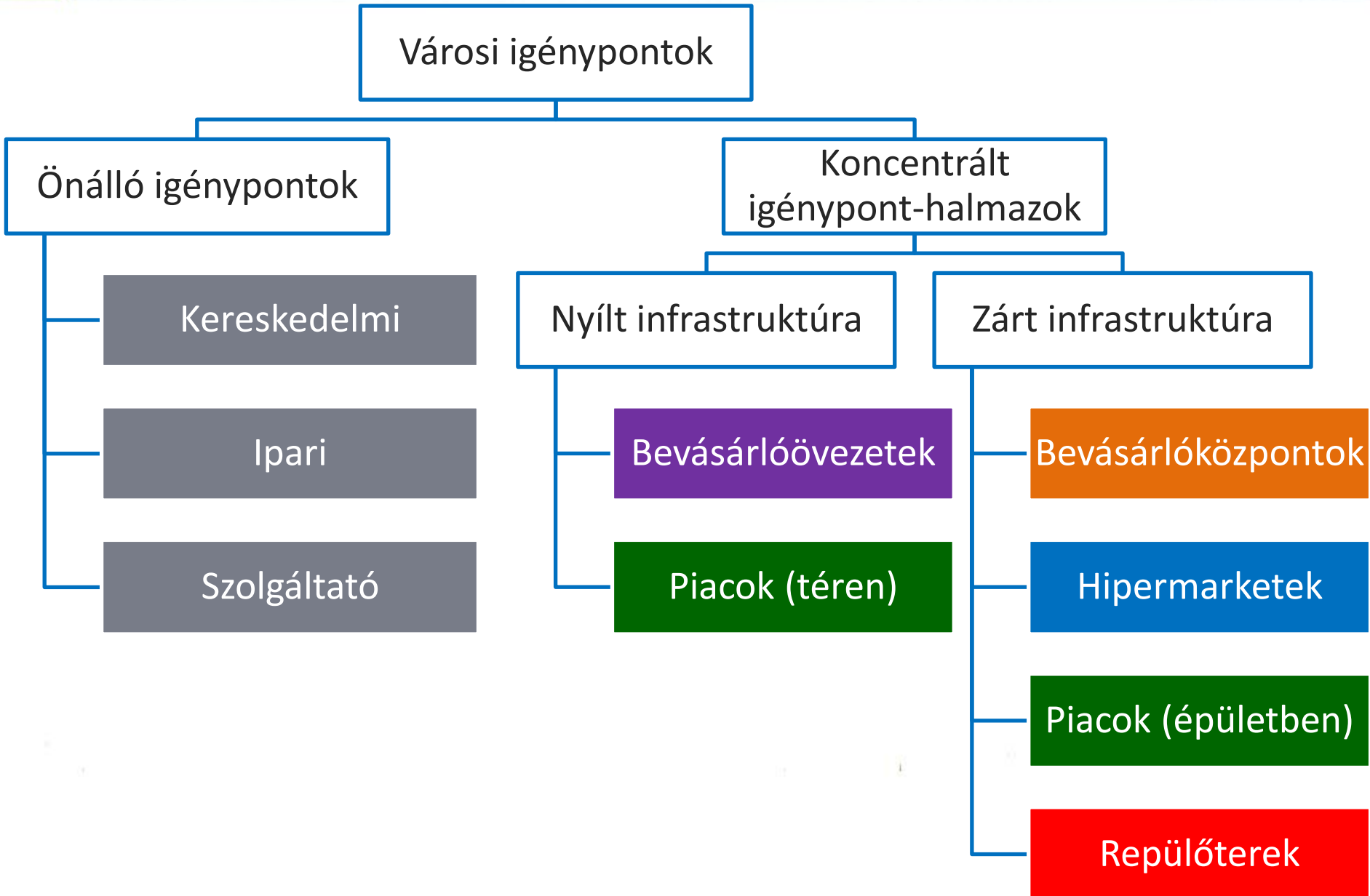


Önálló
igénypontok



Koncentrált igénypont-
halmazok

Igénypontok csoportosítása



City logisztika Európában





Nyílt infrastruktúrájú igénypont-halmazok

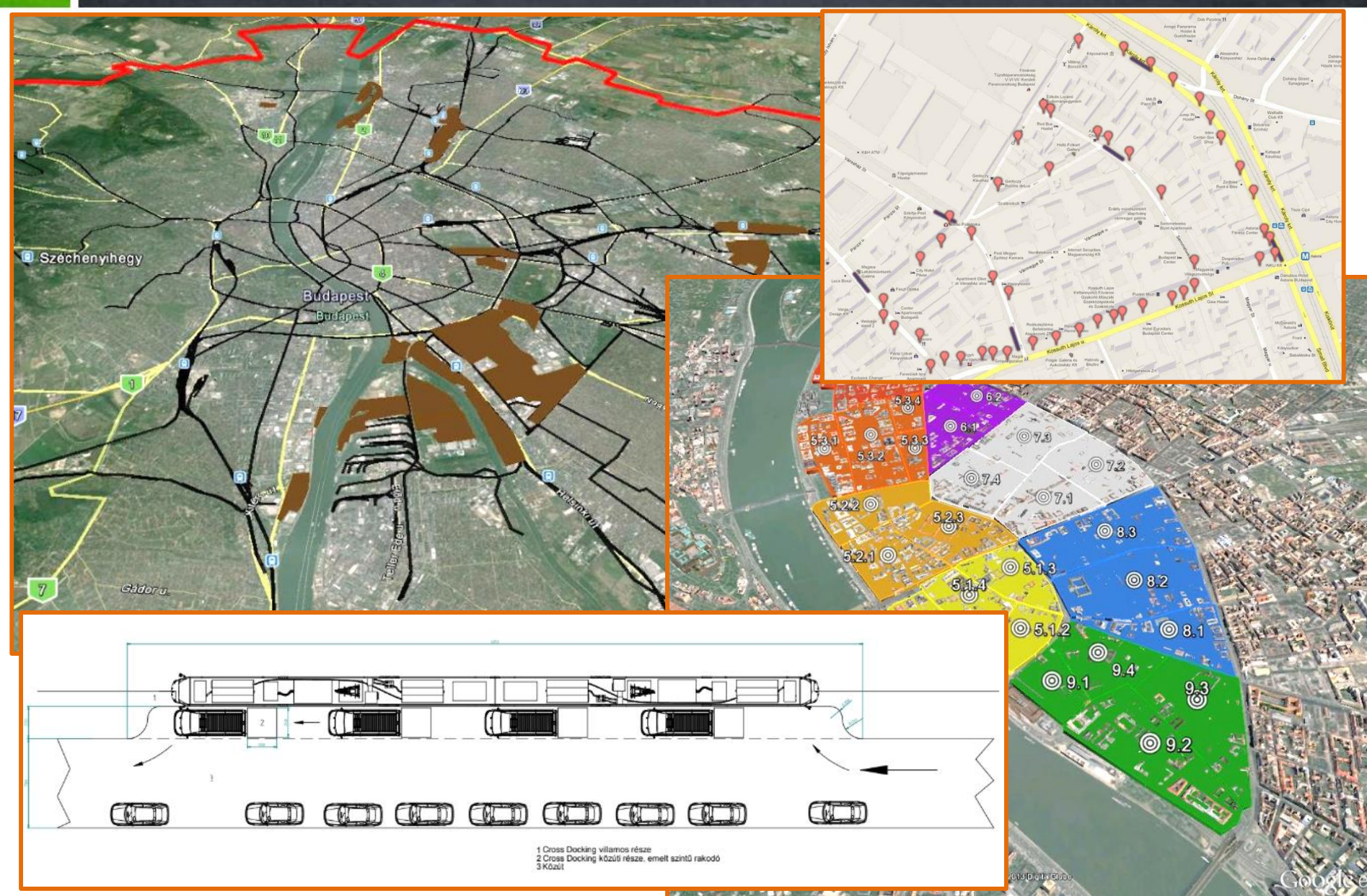
- Bristol
- Nijmegen, Utrecht
- Padova, Lucca

Zárt infrastruktúrájú igénypont- halmazok

- Heathrow



Korábbi kutatásaink





Mennyi árut?
Milyen árut?
Honnan hová?
Milyen gyakran?
Mikor?
Miben?
...



Nincsenek adatok



Valós helyzet?



MÓDSZERTAN



Városi áruszállítás

- Környezetszennyezés
- Zajszennyezés
- Infrastruktúra károsítás
- Forgalom akadályozás
- Szervezési hiányosságok
- ...

Koncentrált igénypont-halmazok

- Kis helyen sok üzlet
- Budapesti üzletek 10%-a bevásárlóközpontokban
- Logisztika háttérbe szorul
- ...

Nagy fejlesztési potenciál



3. bevásárlóközpont

- 2016
- 171 válasz (55%)

Bevásárlóövezet

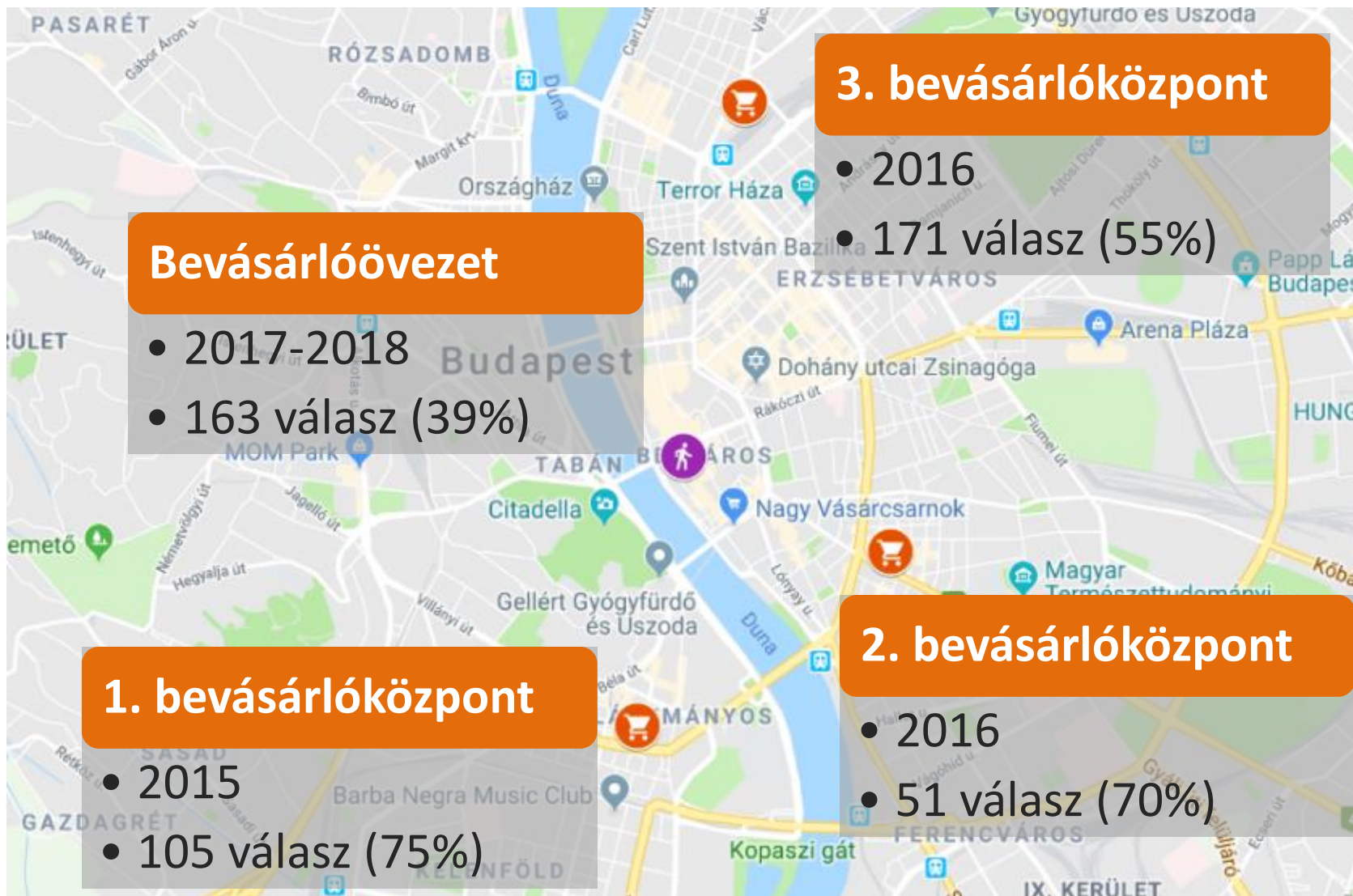
- 2017-2018
- 163 válasz (39%)

2. bevásárlóközpont

- 2016
- 51 válasz (70%)

1. bevásárlóközpont

- 2015
- 105 válasz (75%)



Feltárt problémák



Sok beszállítás

Kis méretű járművek



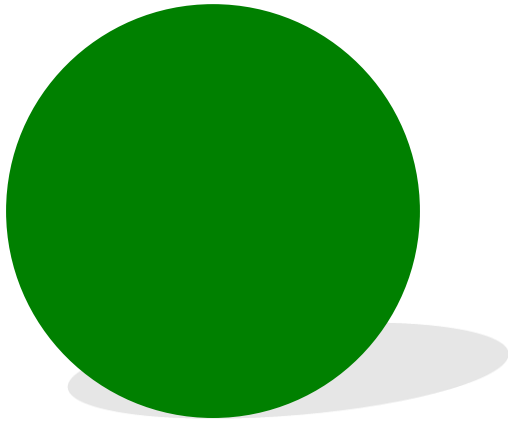
**Kis méretű
egységgrakományok**



Nagy terhelés az utaknak

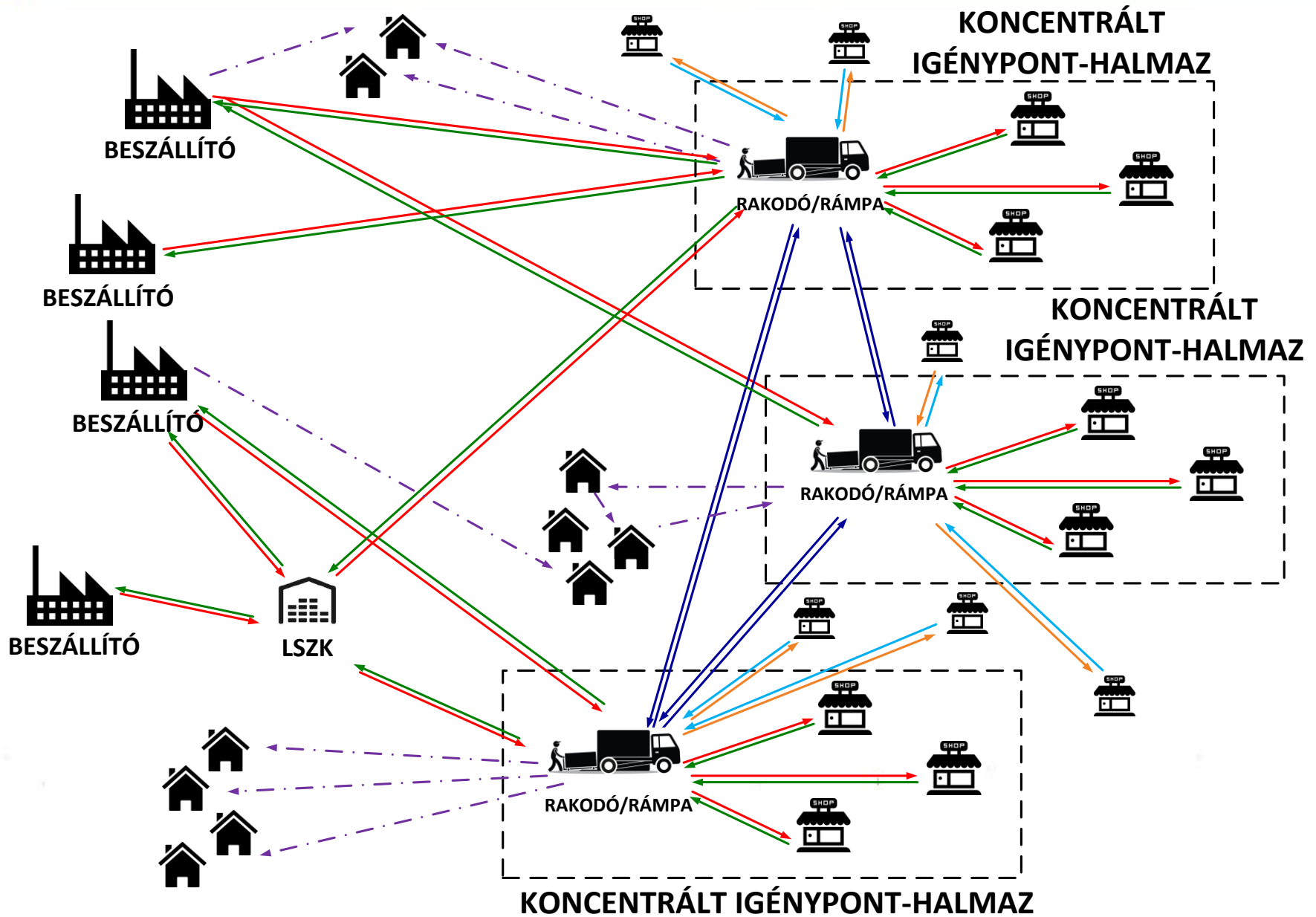
Nagy üzemanyagfogyasztás



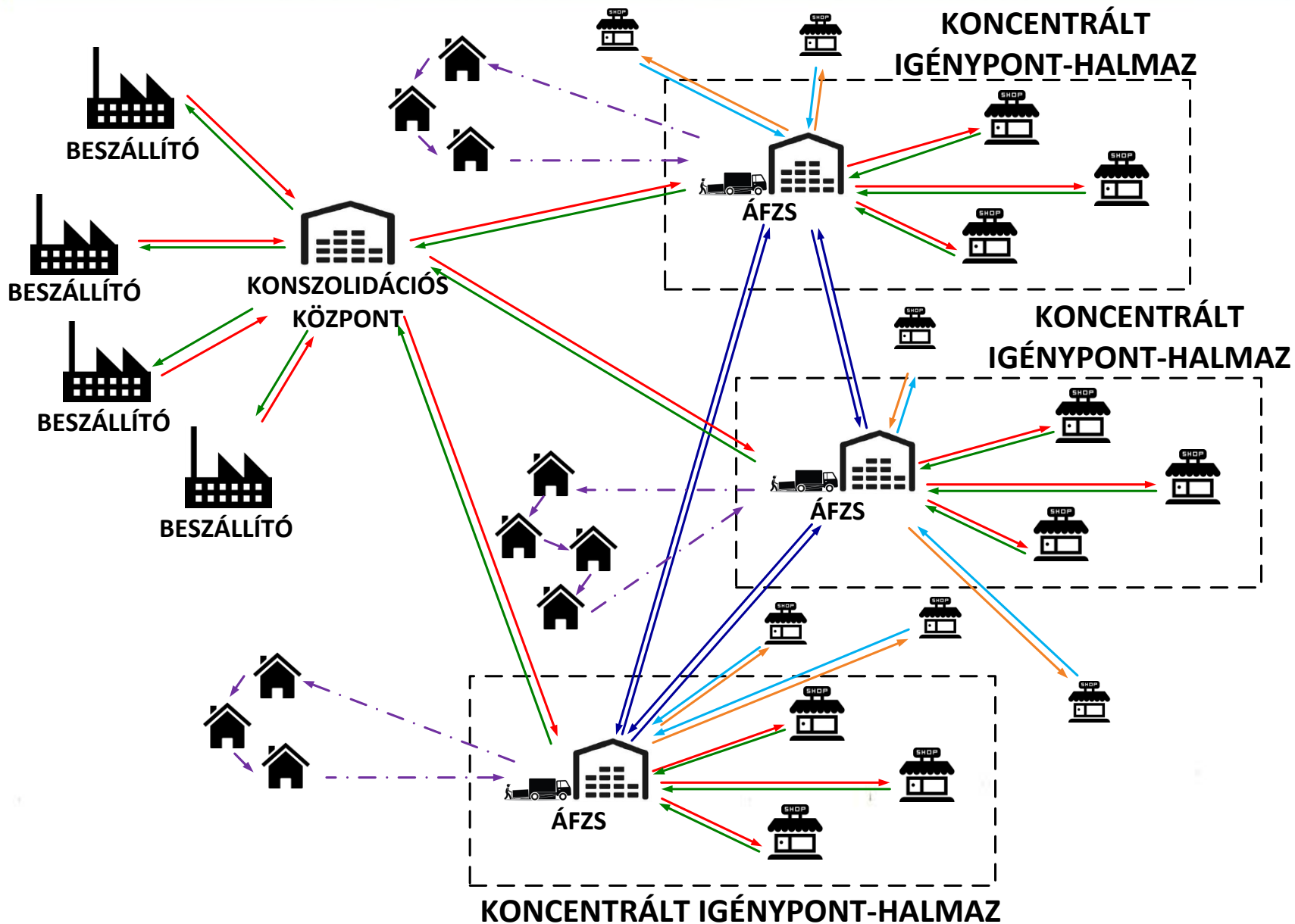


Logisztikai folyamatok modellezése

Jelenlegi rendszer



Új rendszer



Modellezés menete



Városon
belüli
beszállítási
folyamat

Teljes
beszállítási
folyamat

Költség-
struktúra

Inverz
logisztika

Matematikai és szimulációs modell

Beszállításgenerátor



									Day	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
No	Mall ID	Supplier ID	Shop ID	SKU ID	from	to	Probability	Hour	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	SM001	SUP0001	SH0001	SKU006	9	17	50%																					
2	SM001	SUP0002	SH0002	SKU005	9	12	50%																					
3	SM001	SUP0003	SH0003	SKU003	9	12	50%																					
4	SM001	SUP0004	SH0004	SKU002	9	24	50%																					
5	SM001	SUP0005	SH0005	SKU002	12	17	50%																					
6	SM001	SUP0006	SH0006	SKU006	9	12	50%																					
7	SM001	SUP0007	SH0007	SKU006	9	12	50%																					
8	SM001	SUP0008	SH0008	SKU003	9	12	100%																					
9	SM001	SUP0009	SH0009	SKU003	9	12	50%																					
10	SM001	SUP0010	SH0010	SKU003	5	24	50%																					
11	SM001	SUP0011	SH0011	SKU001	9	12	50%																					

$$x_{i,j} = \begin{cases} 0, \text{ ha } \sum_{k=1}^{j-1} x_{i,k} = N_i^{\text{sup_day}} \\ 0, \text{ ha } x_{i,j} - 1 = 1 \text{ és } N_i^{\text{sup_day}} < 7 \\ 0, \text{ ha } \sum_{k=1}^{j-1} x_{i,k} < N_i^{\text{sup_day}} \text{ és } r_{i,j} \geq q_i \\ 1, \text{ ha } \sum_{k=1}^{j-1} x_{i,k} < N_i^{\text{sup_day}} \text{ és } r_{i,j} < q_i \end{cases}$$

$$x_{i,j}^l = \begin{cases} 1, \text{ ha } \begin{cases} x_{i,j} = 1 \\ TW_i^{\text{SM}(UL)} \leq k \\ TW_i^{\text{SM}(LL)} \geq k \\ \sum_{k=1}^{l-1} x_{i,j}^k < N_i^{\text{max}(\text{day})} \\ \sum_{h=1}^{j-1} \sum_{g=1}^{24} x_{i,h}^g + \sum_{k=1}^{l-1} x_{i,j}^k < N_i^{\text{max}(\text{month})} \\ R_{i,j}^l < Q_i \end{cases} \\ 0, \text{ különben} \end{cases}$$

Beszállítások modellezése



Transport informations																		
Mall ID	Supplier ID	Shop ID	SKU ID	Size of vehicle	Fuel	Day	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SM001	SUP0001	SH0001	SKU006	0-1,5 t	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0002	SH0002	SKU005	3,5-7,5 t	D		11,323	0	0	0	0	11,323	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0003	SH0003	SKU003	1,5-3,5 t	D		0	0	8,379	0	0	8,379	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0004	SH0004	SKU002	1,5-3,5 t	D		14,82	7,41	0	14,82	0	7,41	7,41	14,82	22,23	7,41	7,41	7,41
SM001	SUP0005	SH0005	SKU002	1,5-3,5 t	D		0	7,125	0	0	0	7,125	0	7,125	0	0	0	0
SM001	SUP0006	SH0006	SKU006	3,5-7,5 t	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0007	SH0007	SKU006	1,5-3,5 t	D		5,301	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,301	5,301
SM001	SUP0008	SH0008	SKU003	1,5-3,5 t	D		34,2	34,2	34,2	34,2	=HA('T	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2	34,2
SM001	SUP0009	SH0009	SKU003	1,5-3,5 t	D		11,058	0	11,058	0	0	0	0	0	0	0	11,058	0
SM001	SUP0010	SH0010	SKU003	1,5-3,5 t	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,793
SM001	SUP0011	SH0011	SKU001	3,5-7,5 t	D		11,39	11,39	11,39	11,39	11,39	0	11,39	11,39	11,39	11,39	0	11,39
SM001	SUP0012	SH0012	SKU001	1,5-3,5 t	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0013	SH0013	SKU003	1,5-3,5 t	D		0	0	0	13,623	13,623	0	0	0	0	0	0	13,623
SM001	SUP0014	SH0014	SKU002	1,5-3,5 t	D		15,732	15,732	7,866	7,866	7,866	7,866	23,598	23,598	0	7,866	7,866	15,732
SM001	SUP0015	SH0015	SKU007	0-1,5 t	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0016	SH0016	SKU001	1,5-3,5 t	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0017	SH0017	SKU003	3,5-7,5 t	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0018	SH0018	SKU007	0-1,5 t	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SM001	SUP0019	SH0019	SKU004	1,5-3,5 t	D		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Áru-
mennyiség



Megtett út



Szállítási
teljesítmény



Fogyasztás,
kibocsátás

Inverz logisztika



=HA(VAGY("DAILY HOME DEL"!I11=0;"HOME DELIVERY (W)"!I11=0);0;"DAILY HOME DEL"!I11*HA(ÉS(KEREK.FEL((INPUT!\$BW12/"DAILY HOME DEL"!I11)/"DAILY HOME DEL"!I11;0)>7;1,5*KEREK.FEL((INPUT!\$BW12/																							
C	D	HA(logikai_vizsgálat; [érték_ha_igaz]; [érték_ha_hamis])				G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
Transport informations						Daily home delivery distance estimation [km/day] (Clarke)																	
Shop ID	SKU ID	Home delivery?	Number of demands/day	Home delivery area [km²]		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
SH0001	SKU006	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0002	SKU005	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0003	SKU003	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0004	SKU002	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0005	SKU002	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0006	SKU006	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0007	SKU006	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0008	SKU003	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0009	SKU003	1	23	8,6		12	=HA	3	5	5	3	12	5	5	5	3	12	0	3	5	3	12	
SH0010	SKU003	1	30	37,3		0	11	11	0	11	11	11	8	29	0	5	11	11	29	5	5	5	
SH0011	SKU001	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0012	SKU001	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0013	SKU003	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
SH0014	SKU002	0				0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Göngyölegkezelés

- Göngyöleg mennyisége
- Teljesítmények, fogyasztás, kibocsátás

Házhozszállítás

- Clarke&Wright (VRP)
- Megtett út, fogyasztás, kibocsátás

Készletezési pontok



SZUM														
=MAX(0;H7+DAILY WEIGHT*IH8-'REAL OUTPUT (W)'*IH7-'HOME DEL CC-SM (W)'*IK7)														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Transport informations													
2	Mall ID	Supplier ID	Shop ID	SKU ID	Safety Stock	Opening stock	1	2	3	4	5	6	7	8
3	SM001	SUP0001	SH0001	SKU006	3	8	8	8	11	11	15	15	15	18
4	SM001	SUP0002	SH0002	SKU005	25	75	75	75	102	108	108	120	120	154
5	SM001	SUP0003	SH0003	SKU003	40	80	80	45	45	45	9	9	0	34
6	SM001	SUP0004	SH0004	SKU002	350	700	668	822	720	744	711	613	469	368
7	SM001	SUP0005	SH0005	SKU002	50	150	180	180	=MAX(	180	180	180	213	213
8	SM001	SUP0006	SH0006	SKU006	750	2250	2250	3434	2866	2866	3937	3937	3937	4193
9	SM001	SUP0007	SH0007	SKU006	500	1000	1104	958	958	958	958	624	624	430
10	SM001	SUP0008	SH0008	SKU003	600	1200	1640	1776	1690	2166	2118	1983	1970	1912
11	SM001	SUP0009	SH0009	SKU003	15	30	33,8758	33,727	46,599	38,544	38,4	38,198	35,165	35
12	SM001	SUP0010	SH0010	SKU003	188	563	559,9621	557,41	213,65	211,02	0	0	83	224,51
13	SM001	SUP0011	SH0011	SKU001	4000	8000	10468	9521	9521	9521	8602	8602	8602	6661
14							3688	3460	3241	2936	3414	3051	3413	3117
15							450	450	277	503	640	640	640	640
16							265	351	307	262	278	218	196	167
17							31	31	31	31	43	43	36	36
18							26401	28590	26730	23885	22689	29526	28087	25940

Beszállítók

Konszolidációs központ

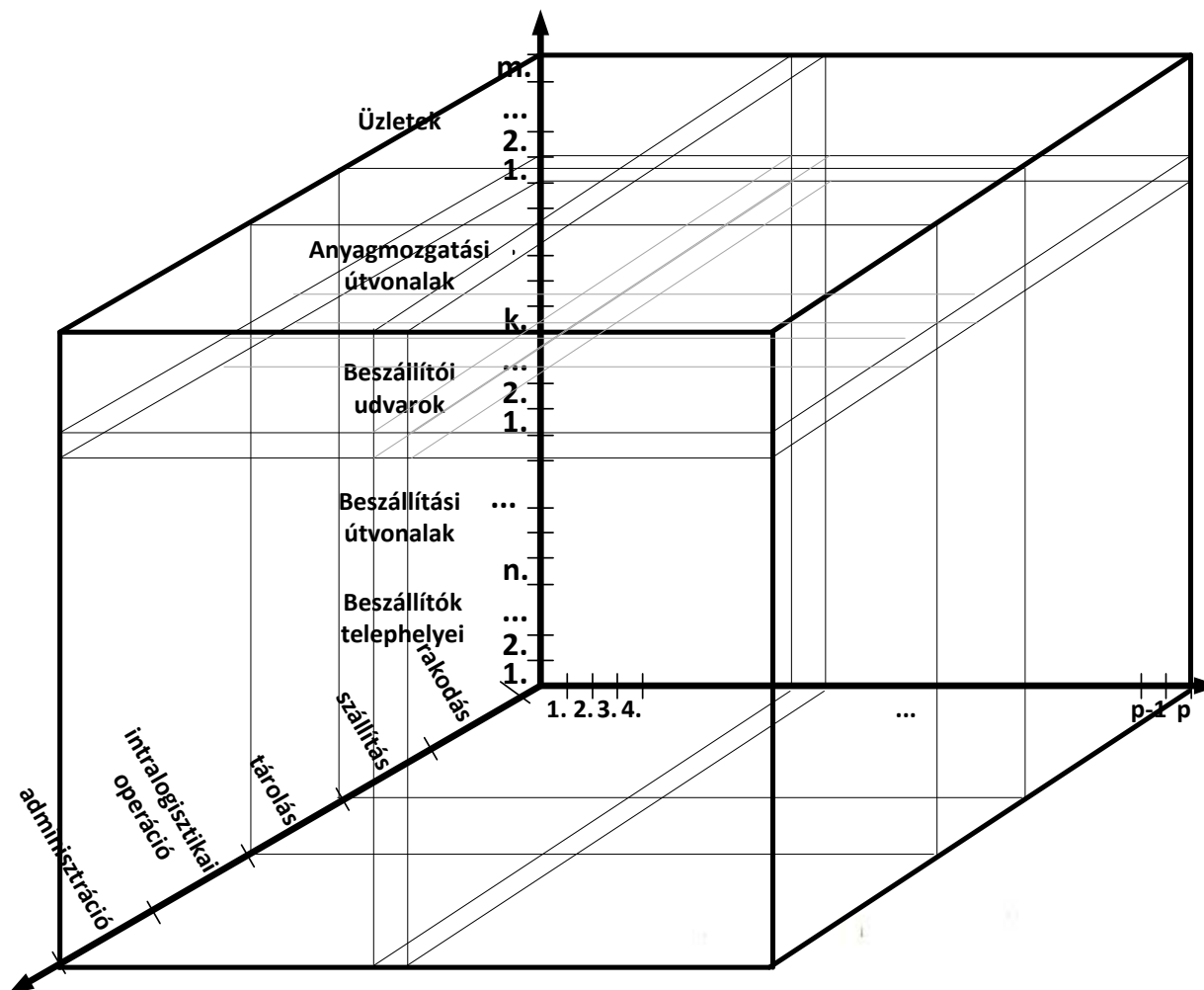
Üzletek

$$K_{i,j}^{SUP,CC} = K_{i,j-1}^{SUP,CC} + M_{i,j+1}^{CC} - M_{i,j}^{CC}$$

$$K_{i,0}^{SUP,CC} = U_i^{SUP,CC} * \sqrt{D(M_{i,j}^{CC})} + \sum_{k=1}^3 M_{i,k}^{CC}$$



Költséghelyek



Folyamatok

Vállalatok

Költségek modellezése



SZUM														
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Transport informations													
2					Loading costs									
3	Mall ID	Supplier ID	Shop ID	SKU ID	Q(up) [kg]	c(up)	Q(down) [kg]	c(down)	C(loading)	Q(in) [kg]	c(in)	Q(out) [kg]	c(out)	Q(storage)
4	SM001	SUP0001	SH0001	SKU006	16	1,304	0	1,188	20,864	16	1,136	16	1,592	3,33513
5	SM001	SUP0002	SH0002	SKU005	118	1,454	0	1,958	171,572	118	1,815	118	1,541	15,941
6	SM001	SUP0003	SH0003	SKU003	201	1,605	0	1,066	=E6*F6+G6*	201	1,248	201	1,596	25,9959
7	SM001	SUP0004	SH0004	SKU002	1788	1,846	0	1,448	3300,648	1788	1,095	1788	1,236	176,288
8	SM001	SUP0005	SH0005	SKU002	230	1,272	0	1,008	292,56	230	1,486	230	1,327	26,9889
9	SM001	SUP0006	SH0006	SKU006	3548	0,445	135	0,34	1624,76	3683	0,264	3683	0,222	307,071
10	SM001	SUP0007	SH0007	SKU006	2619	0,368	150	0,342	1015,092	2769	0,315	2769	0,21	251,670
11	SM001	SUP0008	SH0008	SKU003	3432	1,86	0	1,056	6383,52	3432	1,302	3432	1,146	291,948
12	SM001	SUP0009	SH0009	SKU003	53	1,319	0	1,255	69,907	53	1,94	53	1,902	7,66477
13	SM001	SUP0010	SH0010	SKU003	438	1,683	0	1,125	737,154	438	1,217	438	1,342	53,130
14	SM001	SUP0011	SH0011	SKU001	18530	0,212	1080	0,305	4257,76	19610	0,374	19610	0,217	1659,
15	SM001	SUP0012	SH0012	SKU001	7991	1,564	0	1,332	12497,924	7991	1,016	7991	1,51	720,791
16	SM001	SUP0013	SH0013	SKU003	1368	1,984	0	1,305	2714,112	1368	1,066	1368	1,69	151,601
17	SM001	SUP0014	SH0014	SKU002	973	1,731	0	1,92	1684,263	973	1,741	973	1,801	99,4144

Adott vállalat, ...

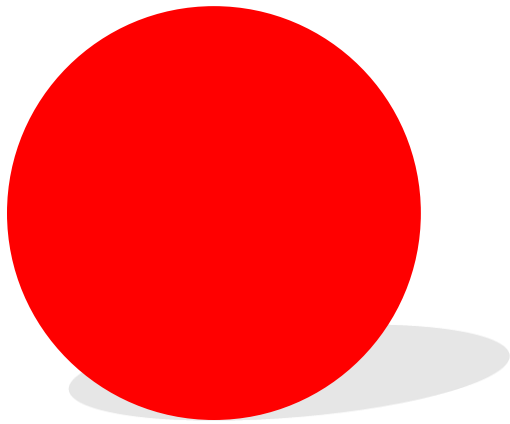
adott
költséghelyen, ...

adott folyamatban
vett logisztikai
költségei.

Modellezett költségek



m. üzlethelyiség a bevásárlóközpontban			50.431 Ft	19.032 Ft	4.860 Ft
belső anyagmozgatási útvonal a k. beszállítói udvar és az m. üzlet között				16.685 Ft	
k. bevásárlóközponti beszállítói udvar	8.239 Ft		0 Ft	0 Ft	3.120 Ft
beszállítási útvonal az n. telephely és a bevásárlóközpont között		587.623 Ft			
n. beszállítói telephely	10.228 Ft		25.048 Ft	11.132 Ft	6.000 Ft
	rakodás	szállítás	tárolás	intralogisztikai operáció	adminisztráció



Szimulációs eredmények



Kezelendő árumennyiség

- Beszállítások: ~1350 t/hónap
- Göngyölegszállítás: ~45 t/hónap
- Házhozszállítás: ~50 t/hónap



Beszállítások száma

- 3397 beszállítás/hónap → 1608 beszállítás/hónap (-52,7%)
- 4097 házhozszállítás/hónap → 991 házhozszállítás/hónap (-75,8%)

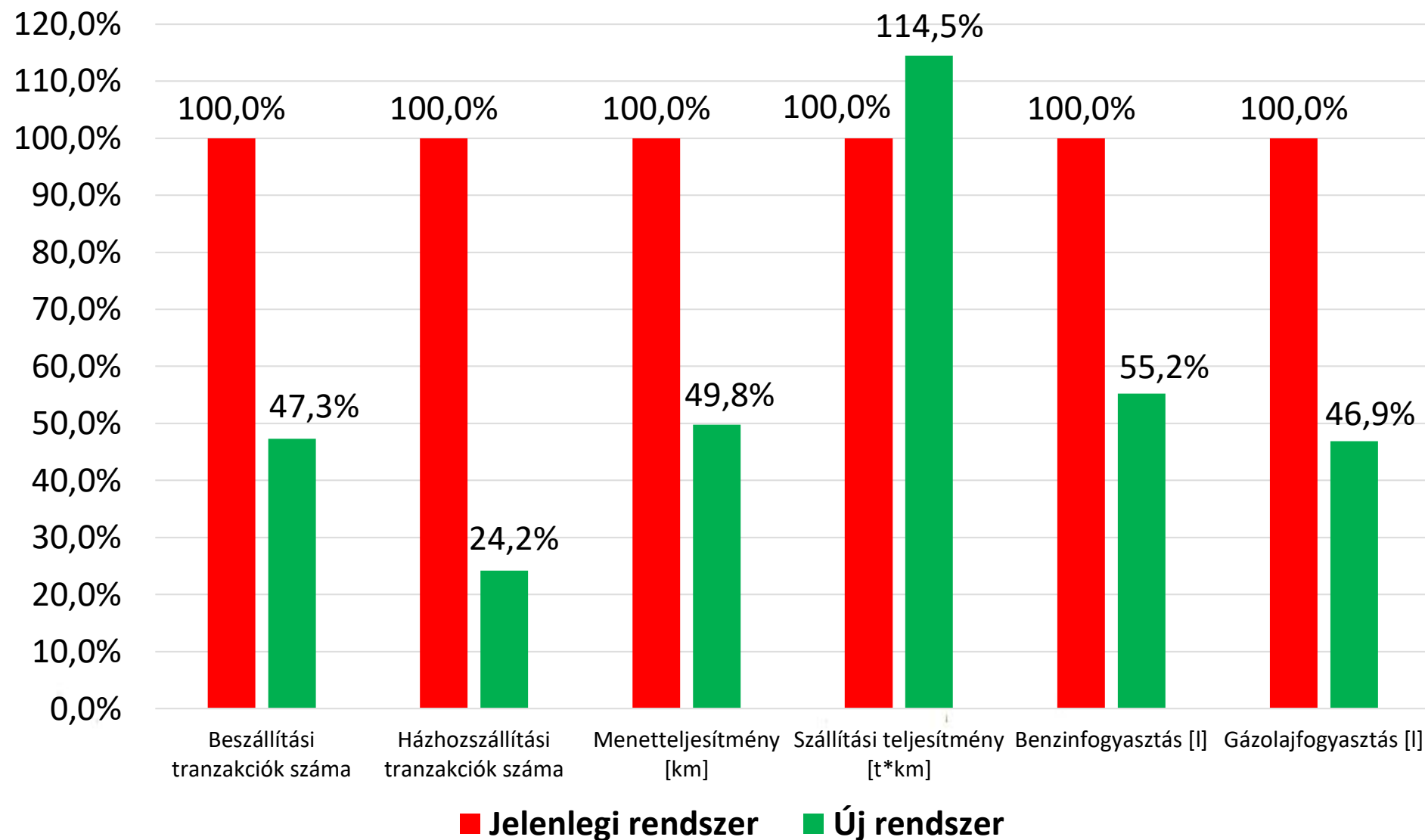


Teljesítmények

- Menetteljesítmény: 635.400 km → 316.100 km (-50,2%)
- Szállítási teljesítmény: 152.850 tkm → 175.000 tkm (+14,5%)
- CO₂: 7,1 t → 3,5 t (-51,5%)

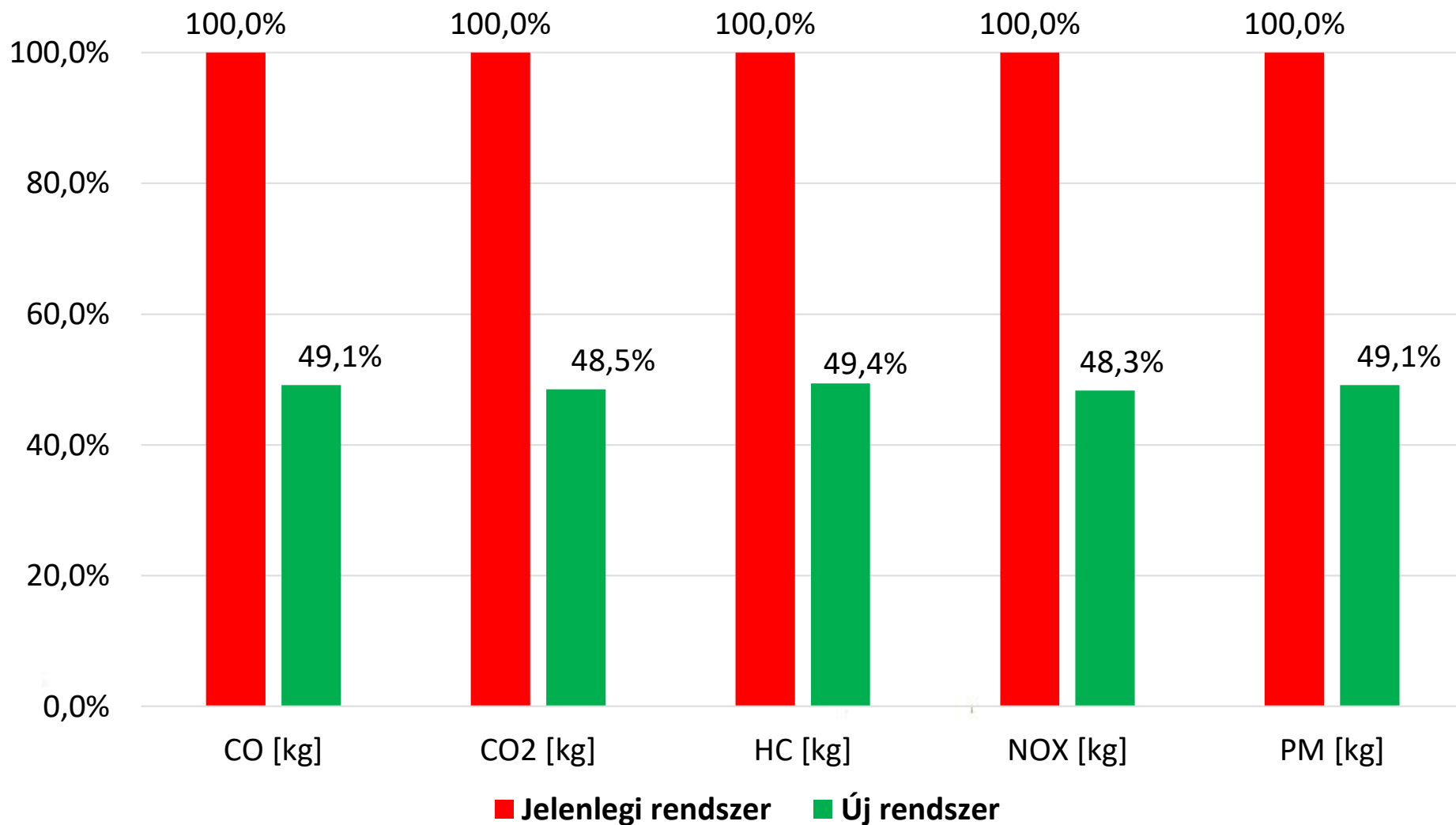


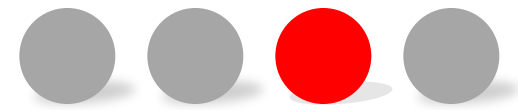
Fizikai paraméterek összehasonlítása



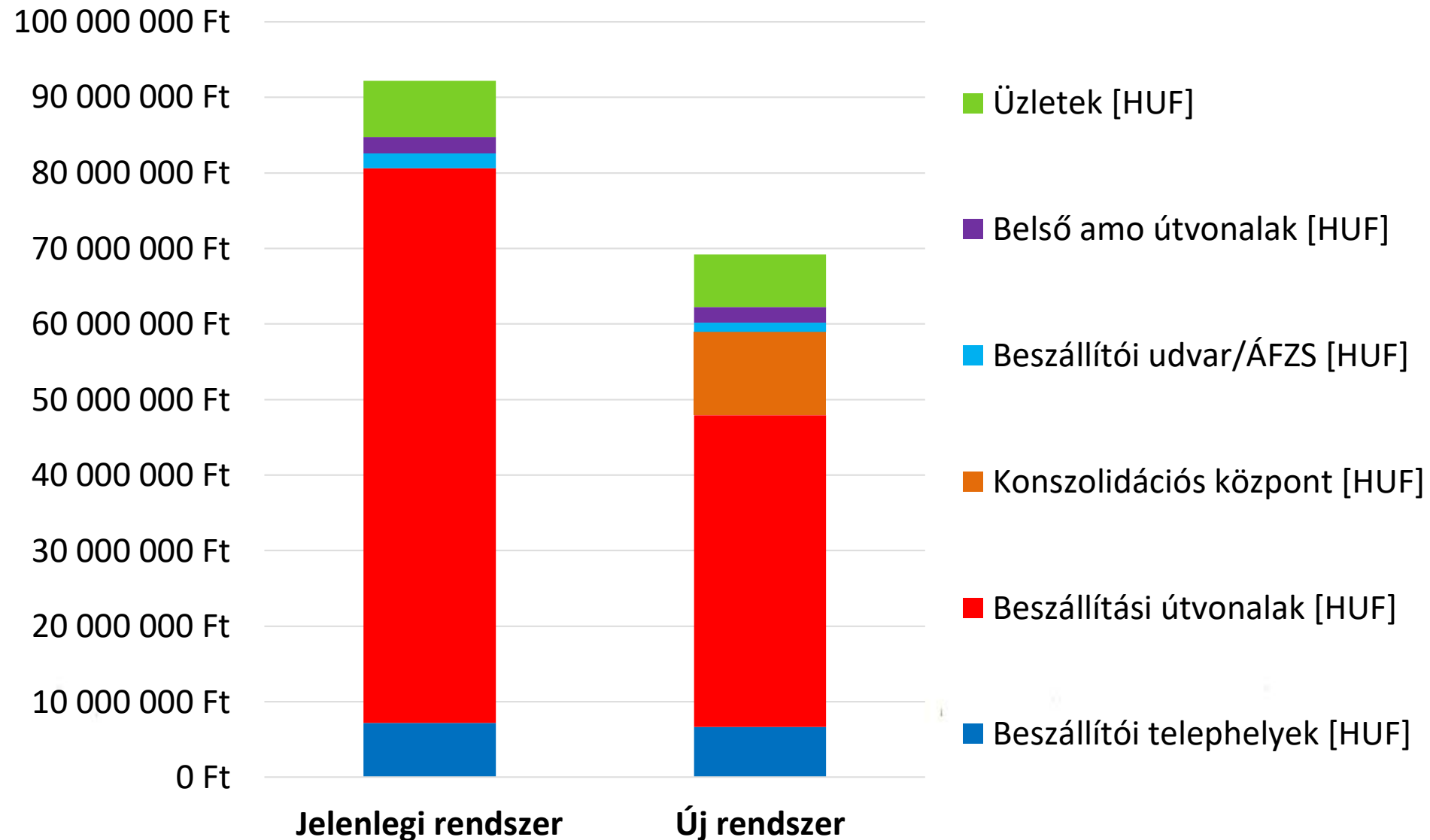


Káros anyag kibocsátás összehasonlítása





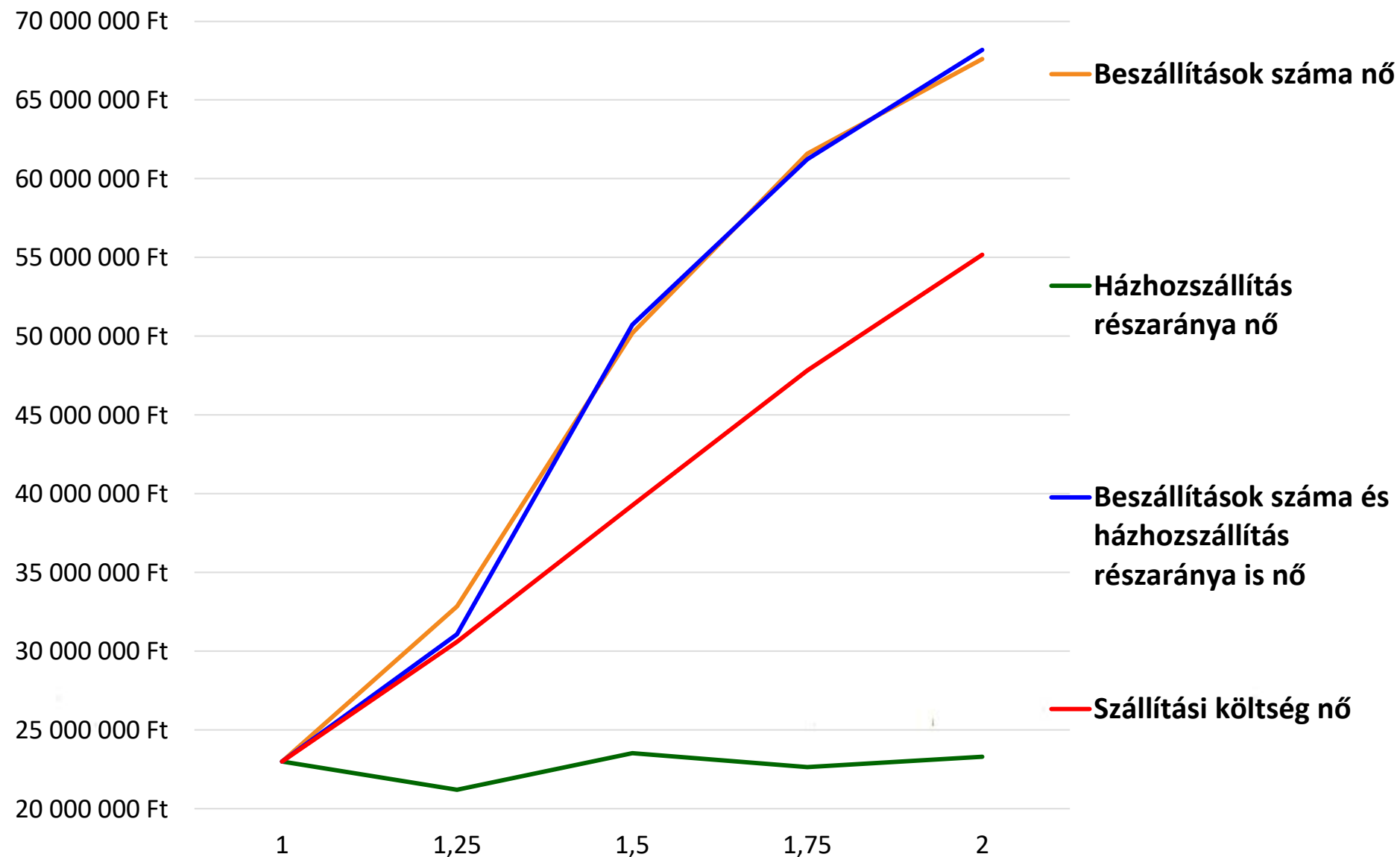
Logisztikai költségek összehasonlítása

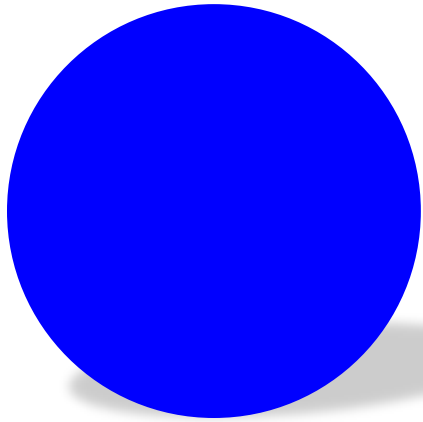


Megtakarítások változása



Megtakarítások alakulása a paraméterek növekedése szerint



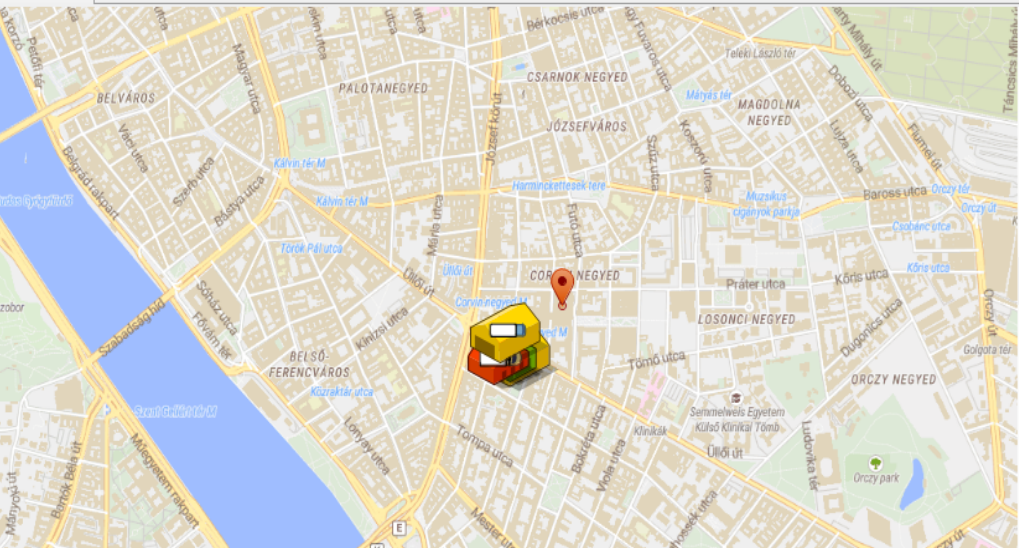


További feladatok

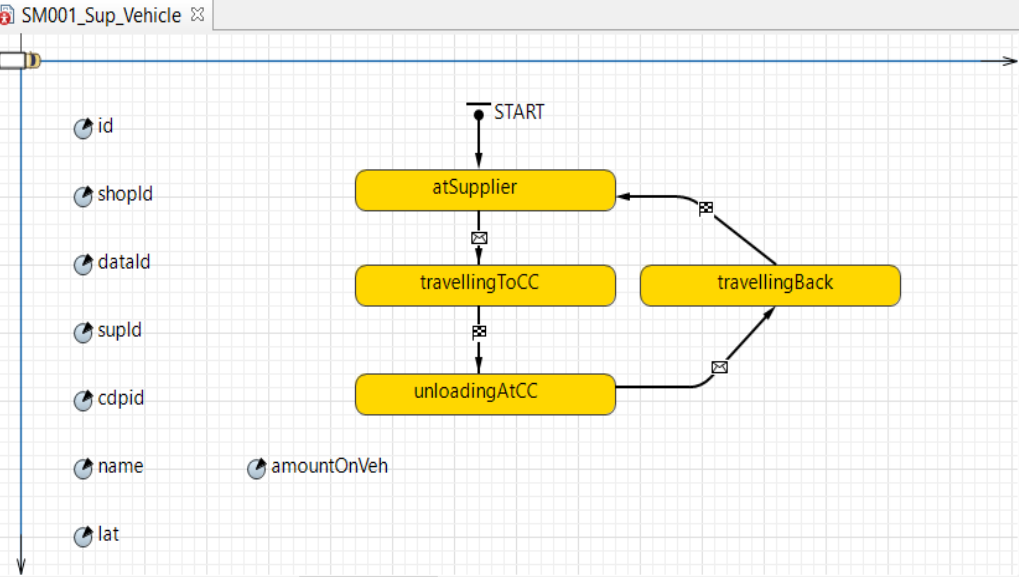
Modell fejlesztése AnyLogic-ban



Main



SM001_Sup_Vehicle



```
graph TD; START((START)) --> atSupplier[atSupplier]; atSupplier --> travellingToCC[travellingToCC]; travellingToCC --> unloadingAtCC[unloadingAtCC]; unloadingAtCC --> travellingBack[travellingBack]; travellingBack --> atSupplier;
```

Properties

SM001_Shop

SM001_Shop - Agent Type

Name: SM001_Shop ☐ Ignore

Parameters preview

Agent actions

On startup:

```
double box_weight;
double pal_weight;
double oth_weight;

switch(boxW) {
    case 1: box_weight=uniform(0, 1); break;
    case 2: box_weight=uniform(1, 5); break;
    case 3: box_weight=uniform(5, 20); break;
    case 4: box_weight=uniform(0, 20); break;
    default: box_weight=0; break;
};

switch(palletW) {
    case 1: pal_weight=uniform(0, 100); break;
    case 2: pal_weight=uniform(100, 500); break;
    case 3: pal_weight=uniform(500, 1000); break;
    case 4: pal_weight=uniform(0, 1000); break;
    default: pal_weight=0; break;
};

double n=monthlyTransport/suptransportDays; //szorzótényező, ennyi

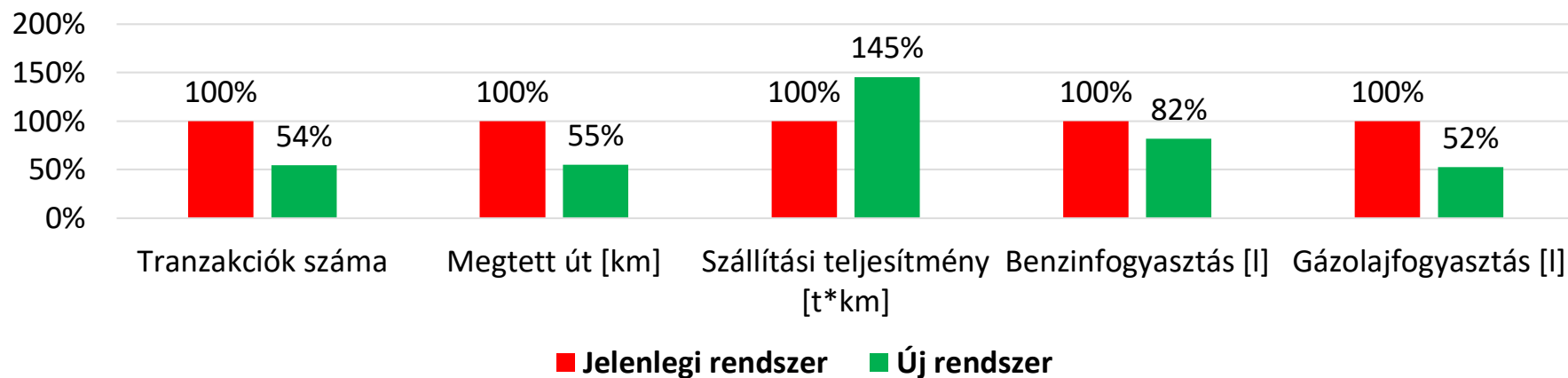
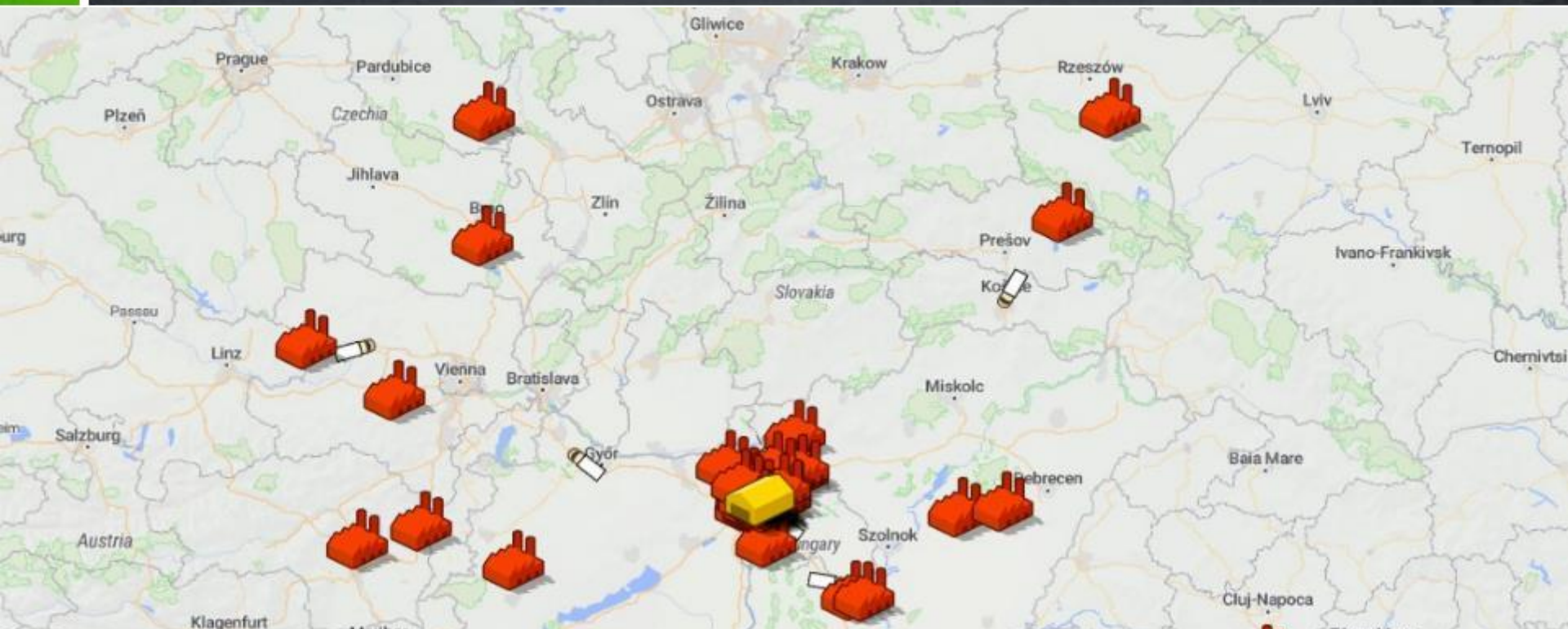
dailyAmount=n*(boxNo*box_weight+palletNo*pal_weight+
otherNo*uniform(0, 5));
```

On destroy:

On arrival to target location:

On before step:

Modell fejlesztése AnyLogic-ban



Topológiai modellezés



Topológiai modell

Úthálózat

Buszmegállók

Üzletek

Szálláshelyek

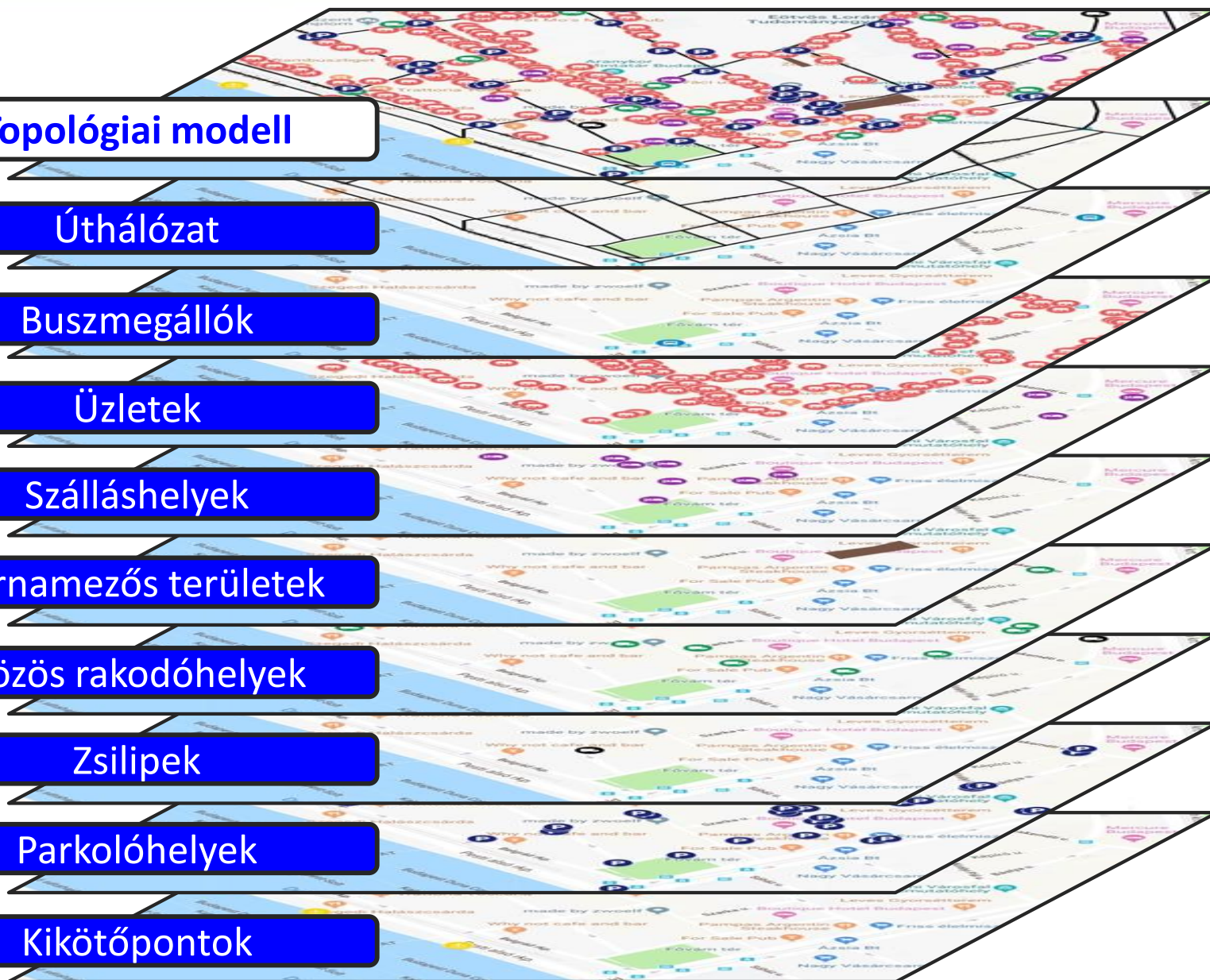
Barnamezős területek

Közös rakodóhelyek

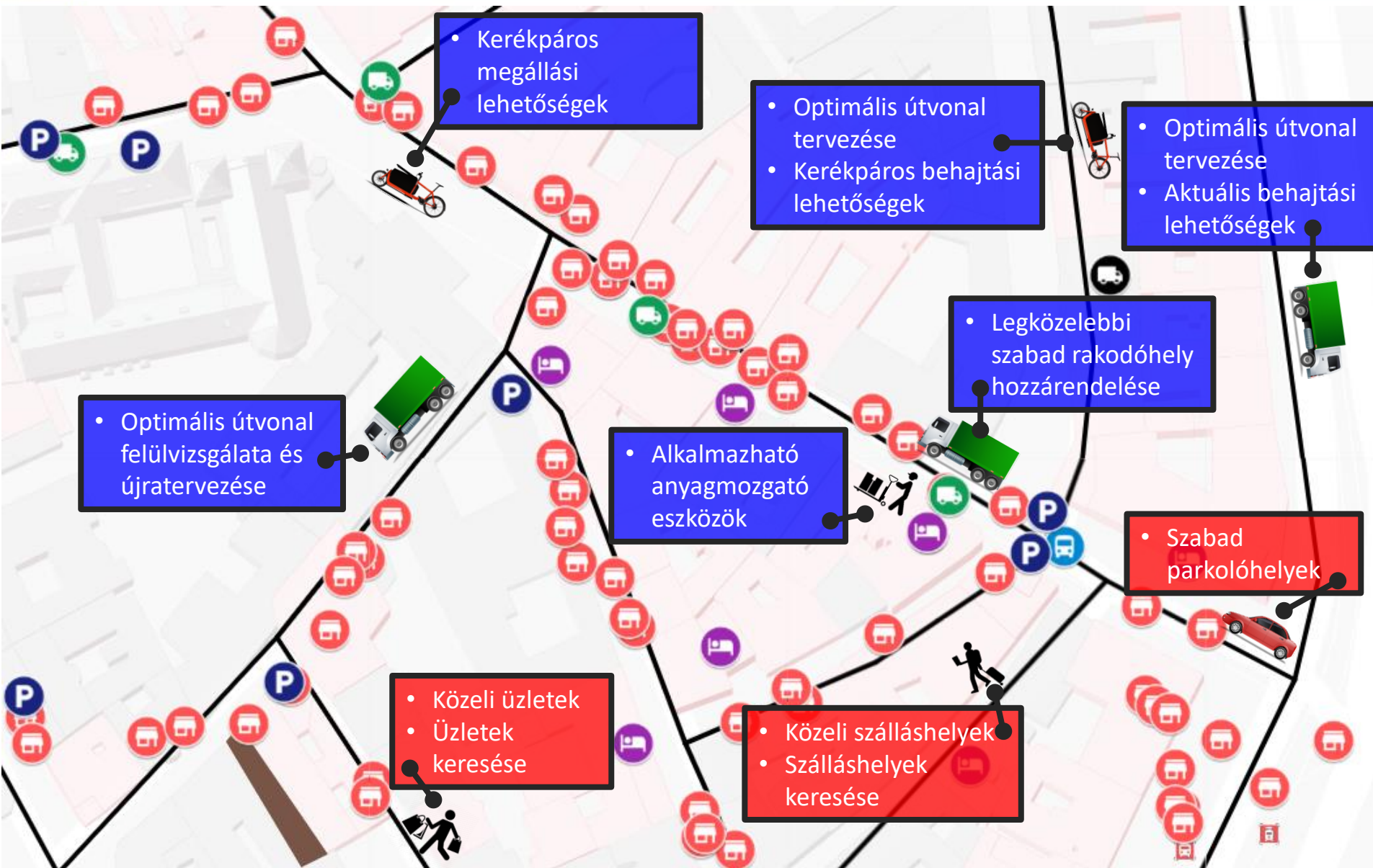
Zsilipek

Parkolóhelyek

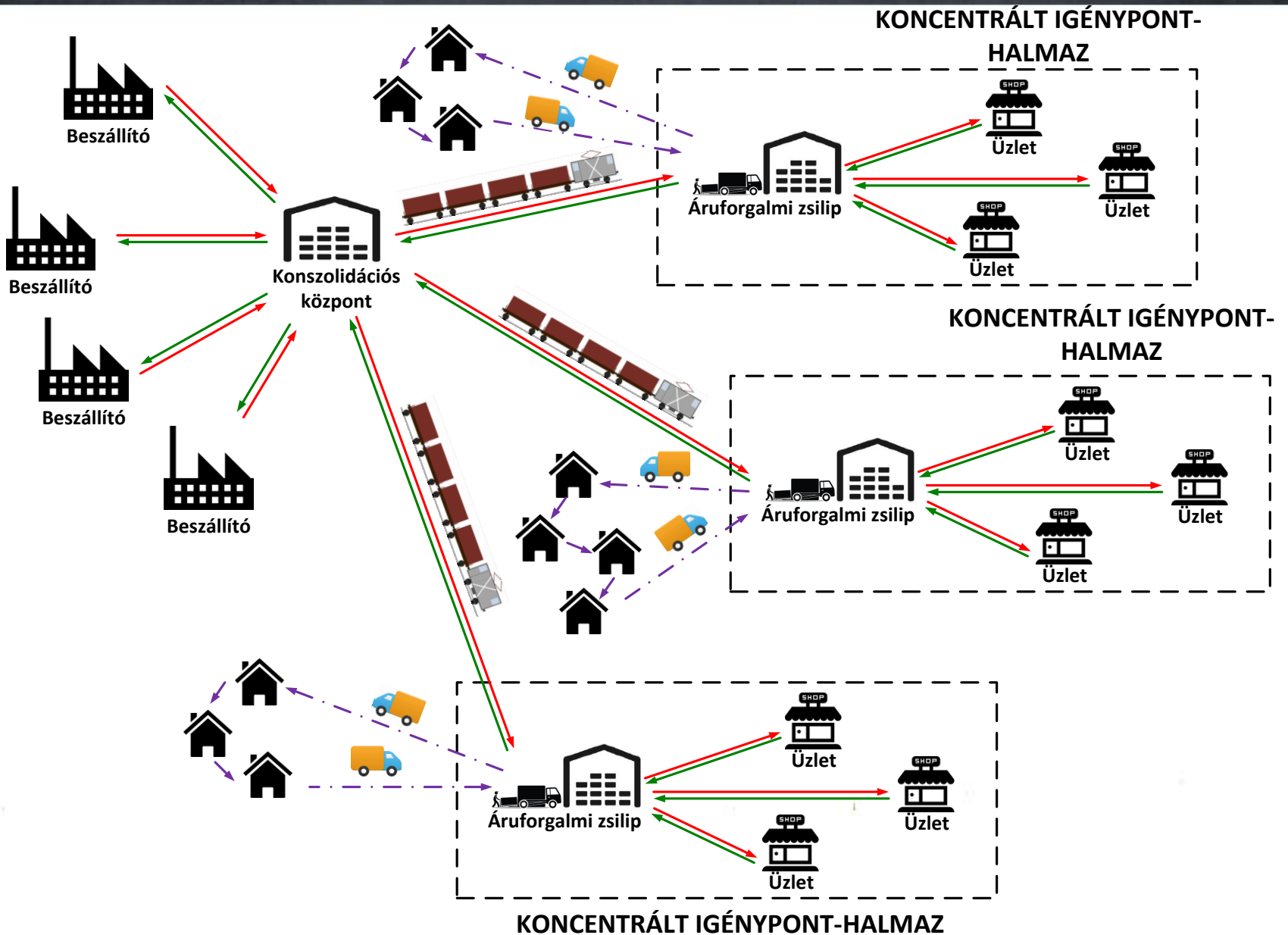
Kikötőpontok



Alkalmazás bevásárlóövezetekben

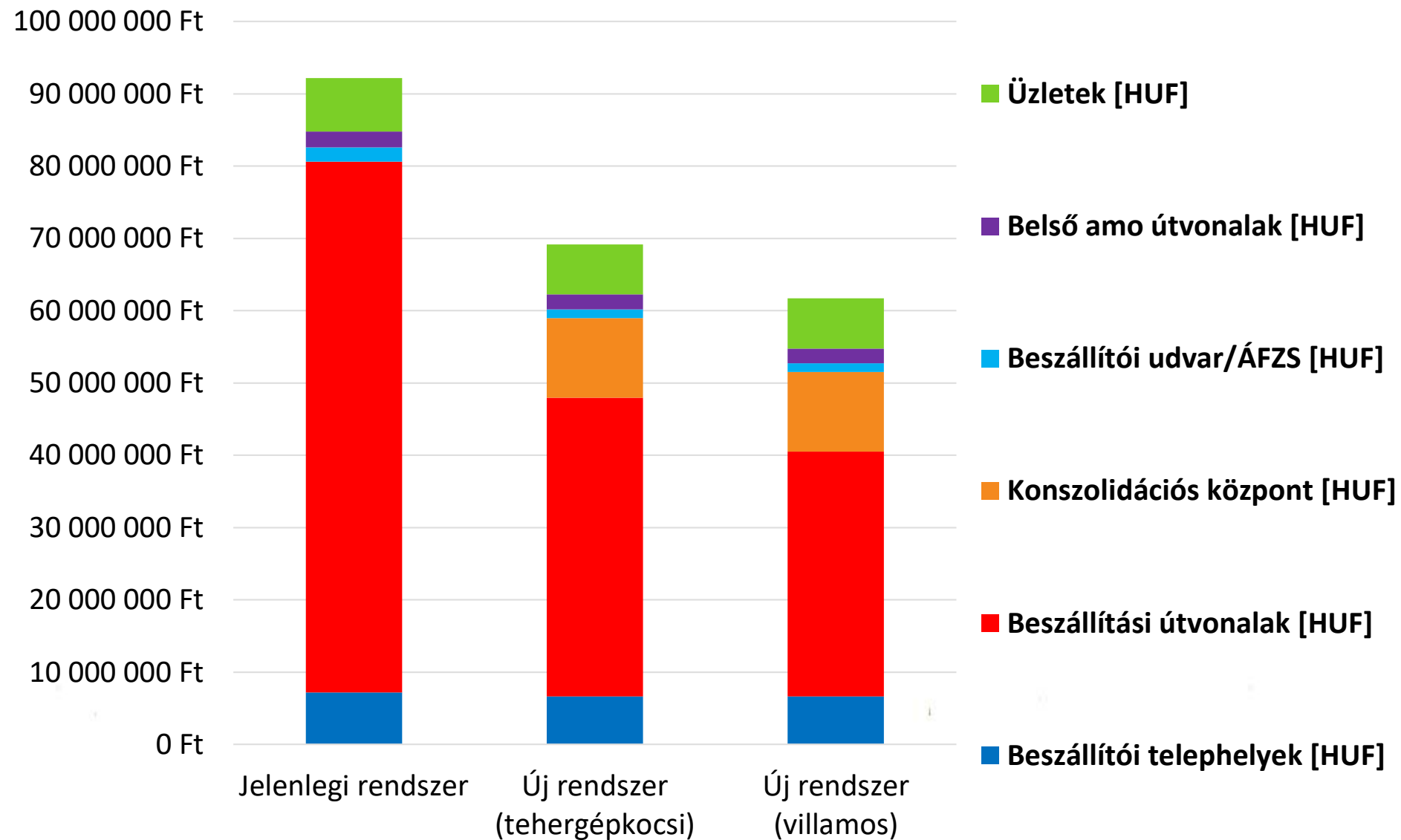


Villamos alkalmazása

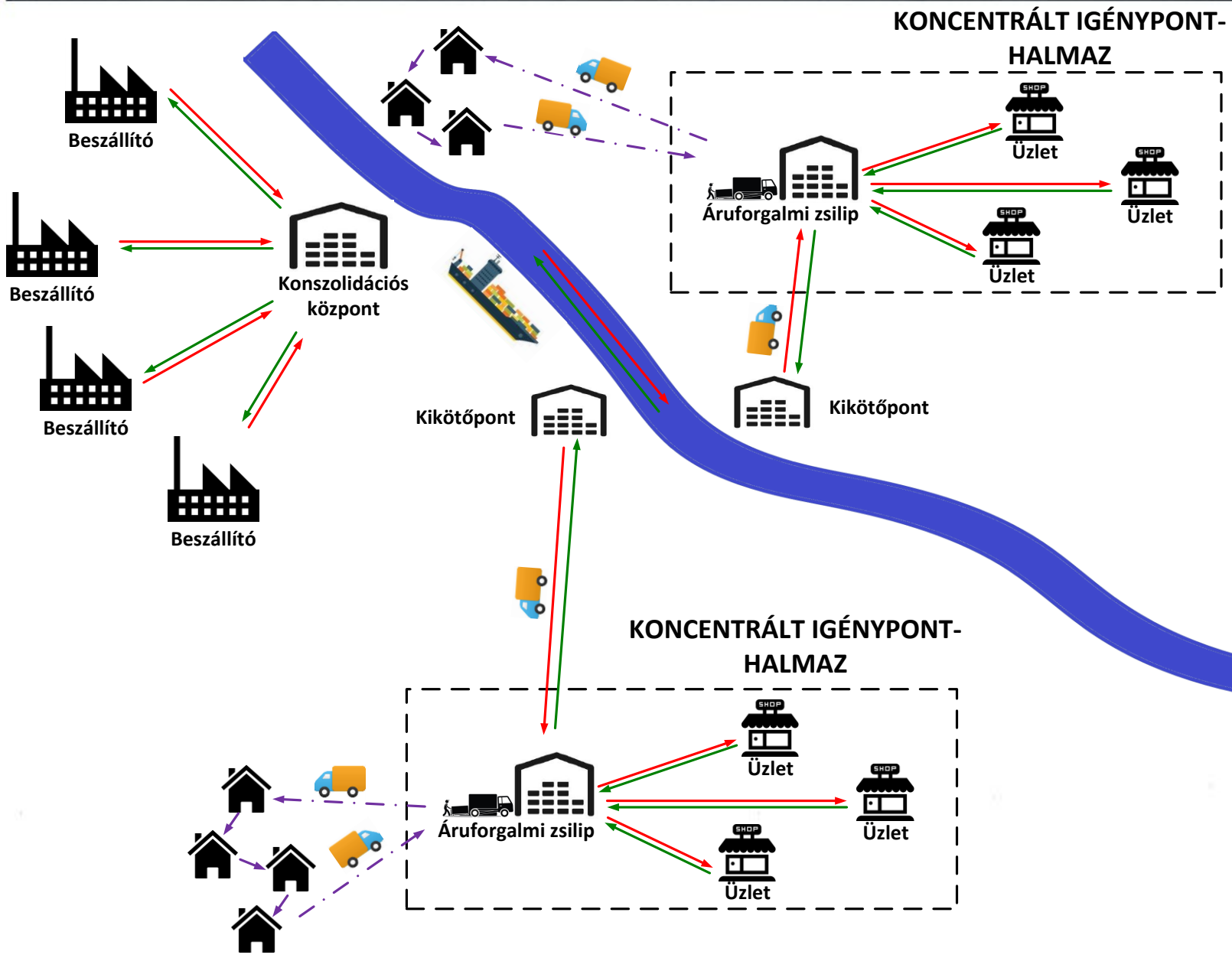


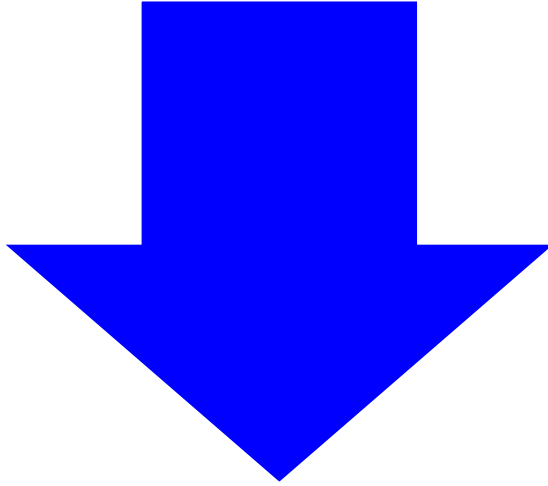


Logisztikai költségek összehasonlítása

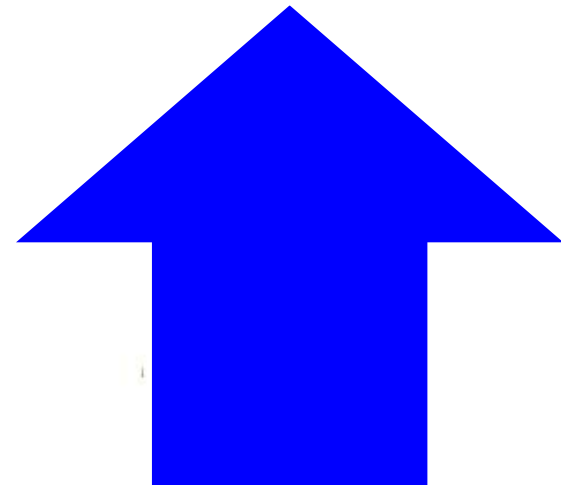


Cargo hajók alkalmazása

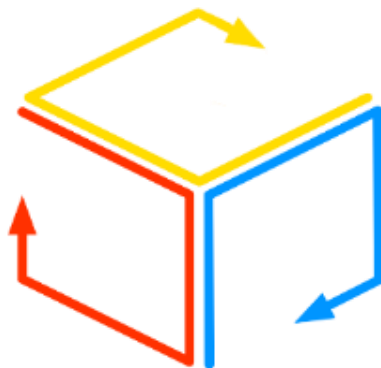




Megtakarítások



Koncentrált városi igénypontok áruellátó logisztikai rendszereinek elemzése és mezoszkópikus szintű modellezése



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi
Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai
Rendszerek Tanszék

Sárdi Dávid Lajos
david940624@gmail.com

Dr. Bóna Krisztián
krisztian.bona.@logisztika.bme.hu



AZ EMBERI ERŐFORRÁSOK MINISZTERIUMA ÚNKP-18-2 KÓDSZÁMÚ ÚJ NEMZETI
KIVÁLÓSÁG PROGRAMJÁNAK TÁMOGATÁSÁVAL KÉSZÜLT