

Városi Tömegközlekedés

**Példa a tömegközlekedési hálózat tervezési módszerének
alkalmazására**

Tervezési útmutató és feladat
(Városi tömegközlekedés)
2005.

A melléklet egy városi tömegközlekedési rendszer kialakításáról tartalmaz egy kidolgozott példát. **A példa** egy konkrét tervezési módszerre vonatkozik: **bemutatja a módszer lépéseit**, és egy adott feladat megoldásával **illusztrálja az ismertetésre kerülteket**.

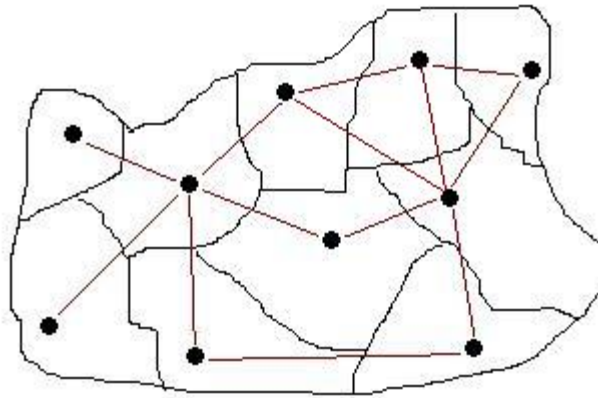
A feladat két részből áll. Az **első rész** először a hálózattervezési megközelítést mutatja be, majd ezt követően a **második rész** egy üzemviteli tervet tartalmaz a kialakított hálózat üzemeltetésére.

Lépések és feladatok:

- I/1. Egy 10 csomópontból álló gráf felvétele, az éleken a távolság és menetidő adatok megadása.
- I/2. Egy 10x10-es célforgalmi mátrix felvétele
- I/3. Tömegközlekedési hálózati változat kialakítása
 - 3.1. a gráfra való ráterhelés elvégzése (ráterhelés 1)
 - 3.2. az eredmény ábrázolása sávos diagramon
 - 3.3. egy racionális változat kialakítása a fentiek alapján
- I/4. A változat értékelése
 - 4.1. a tömegközlekedési hálózatra történő ráterhelés (ráterhelés 2)
 - 4.2. az eljutási idő kiszámítása
- II/1. Menetrend készítése a kialakított változatra, a teljes napra vonatkozóan, ennek kibővítése egy hónapra
- II/2. Járműforduló készítése a kialakított menetrendre
- II/3. Létszámszükséglet meghatározása, a költségek kiszámítása

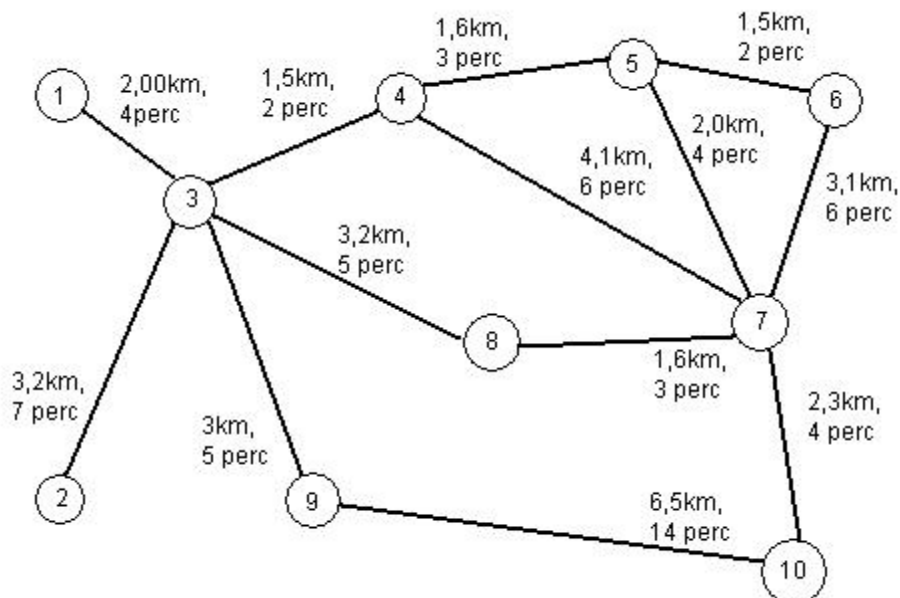
I/1. A település vázlatos rajza

Az alábbi ábra a körzetekre osztott tervezési területet mutatja. Az egyes körzetek (zónák) központjai fekete ponttal jelöltek. A körzetközponatok közötti járható utak képezik a gráf éleit.



Hálózati gráf

A következő ábrán a településszerkezet látható, immáron gráf formájában ábrázolva. Az éleken feltüntetett értékek egyrészt a tömegközlekedési menetidőket (perc), másrészt a központok közötti távolságot (km) jelölik.



I/2. Célforgalmi mátrix

csúcsóra: 06.00-08.00

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		14	72	25	23	18	37	21	39	56
2	9		82	64	81	27	20	37	61	4
3	68	67		14	55	49	62	31	0	22
4	20	56	10		64	10	25	34	33	10
5	21	90	49	55		19	3	21	44	19
6	17	31	43	5	71		34	19	3	64
7	40	32	78	61	12	25		31	32	20
8	50	10	42	88	69	72	75		77	71
9	22	0	54	36	58	64	46	39		52
10	34	32	30	54	66	70	37	76	57	

A célforgalmi mátrix a **honnan-hová forgalmakat**, azaz az egyes körzetekben felmerülő utazási igényeket **tartalmazza**. A mátrix i-edik sorának j-edik oszlopa az i-edik körzetből a j-edik körzetbe irányuló utazások számát mutatja. Példaként a fenti mátrixban az 5-ös körzetből a 3-as körzetbe tartó utazások száma 49.

A következő ábra a gráf éleinek adatait (a körzetek közötti távolságokat és az utazási időket) tartalmazza, táblázatos formában.

Gráf élei		
	távolság	utazási idő (perc)
1--3	2,0 km	4 perc
2--3	3,2 km	7 perc
3--4	1,5 km	2 perc
3--9	3,0 km	5 perc
3--8	3,2 km	5 perc
4--5	1,6 km	3 perc
4--7	4,1 km	6 perc
5--7	2,0 km	4 perc
5--6	1,5 km	2 perc
6--7	3,1 km	6 perc
8--7	1,6 km	3 perc
7--10	2,3 km	4 perc
9--10	6,5 km	14 perc

I/3. Tömegközlekedési hálózati változat kialakítása

A **tervezés harmadik lépéseként** a gráfra történő ráterhelést végezzük el. Ekkor az ún. kívánságáramlatokat hozzuk létre, azaz megvizsgáljuk: a jelenlegi hálózaton milyen útvonalakat választanak az utasok. Ebben a ráterhelési eljárásban alapvető kritériumnak a lehető legrövidebb menetidőt tekintjük.

Ráterhelés 1. (legrövidebb menetidők szerint)

	1--3	3--1	2--3	3--2	3--4	2 perc	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	4--7	7--4	5--7	7--5	6--7	7--6	3--8	8--3	8--7	7--8	3--9	9--3	9--10	10--9	7--10	10--7
menet- idő	4 perc	7 perc	2 perc	3 perc	2 perc	4 perc	6 perc	5--7	7--4	4--7	6 perc	5--7	7--5	6--7	7--6	3--8	8--3	8--7	7--8	3--9	9--3	9--10	10--9	7--10	10--7		
1--2	14		14																								
1--3	72																										
1--4	25				25																						
1--5	23				23			23																			
1--6	18				18			18																			
1--7	37															37		37									
1--8	21															21											
1--9	39																			39							
1--10	56				28					28						28		28							56		
2--1		9	9																								
2--3			82																								
2--4			64		64																						
2--5			81		81			81																			
2--6			27		27			27																			
2--7			20													20		20									
2--8			37													37											
2--9			61																	61							
2--10			4		2					2						2		2							4		
3--1		68																									
3--2					67																						
3--4					14																						
3--5					55			55																			
3--6					49			49																			
3--7					31					31						31		31									
3--8																31											
3--9																				0							
3--10			11							11															22		
4--1		20				20																					
4--2					56																						
4--3					10																						
4--5								64																			
4--6								10																			

	1--3	3--1	2--3	3--2	3--4	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	4--7	7--4	5--7	7--5	6--7	7--6	3--8	8--3	8--7	7--8	3--9	9--3	9--10	10--9	7--10	10--7
4-7											25															
4-8						34										34										
4-9						33															33					
4-10											10													10		
5-1		21				21		21																		
5-2			90			90		90																		
5-3						49		49																		
5-4								55																		
5-6									19																	
5-7												3														
5-8												21							21							
5-9				44		44		44																		
5-10													19											19		
6-1		17				17		17		17																
6-2				31		31		31		31																
6-3						43		43		43																
6-4								5		5																
6-5										71																
6-7															34											
6-8															19				19							
6-9						3		3		3										3						
6-10															64									64		
7-1		40				20					20							20	20							
7-2				32		16					16							16	16							
7-3						39					39							39	39							
7-4												61														
7-5														12												
7-6																25										
7-8																			31							
7-9						16						16						16	16		32					
7-10																								20		

	1--3	3--1	2--3	3--2	3--4	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	4--7	7--4	5--7	7--5	6--7	7--6	3--8	8--3	8--7	7--8	3--9	9--3	9--10	10--9	7--10	10--7
8--1		50																50								
8--2				10														10								
8--3																		42								
8--4					88													88								
8--5														69					69							
8--6									36					36		36			72							
8--7																			75							
8--9																		77		77						
8--10																			71					71		
9--1		22																			22					
9--2				0																	0					
9--3																					54					
9--4					36																36					
9--5					58		58														58					
9--6					64	64	64		64												64					
9--7					23						23						23		23		46					
9--8																	39				39					
9--10																						52				
10--1		34				17						17						17		17					34	
10--2				32		16						16						16		16					32	
10--3						15						15						15		15					30	
10--4												54													54	
10--5														66											66	
10--6									35					35		35									70	
10--7																									37	
10--8																				76					76	
10--9																							57			
összesen	305	281	396	376	686	590	449	358	258	170	130	254	43	218	117	96	314	406	439	286	245	319	52	57	238	399

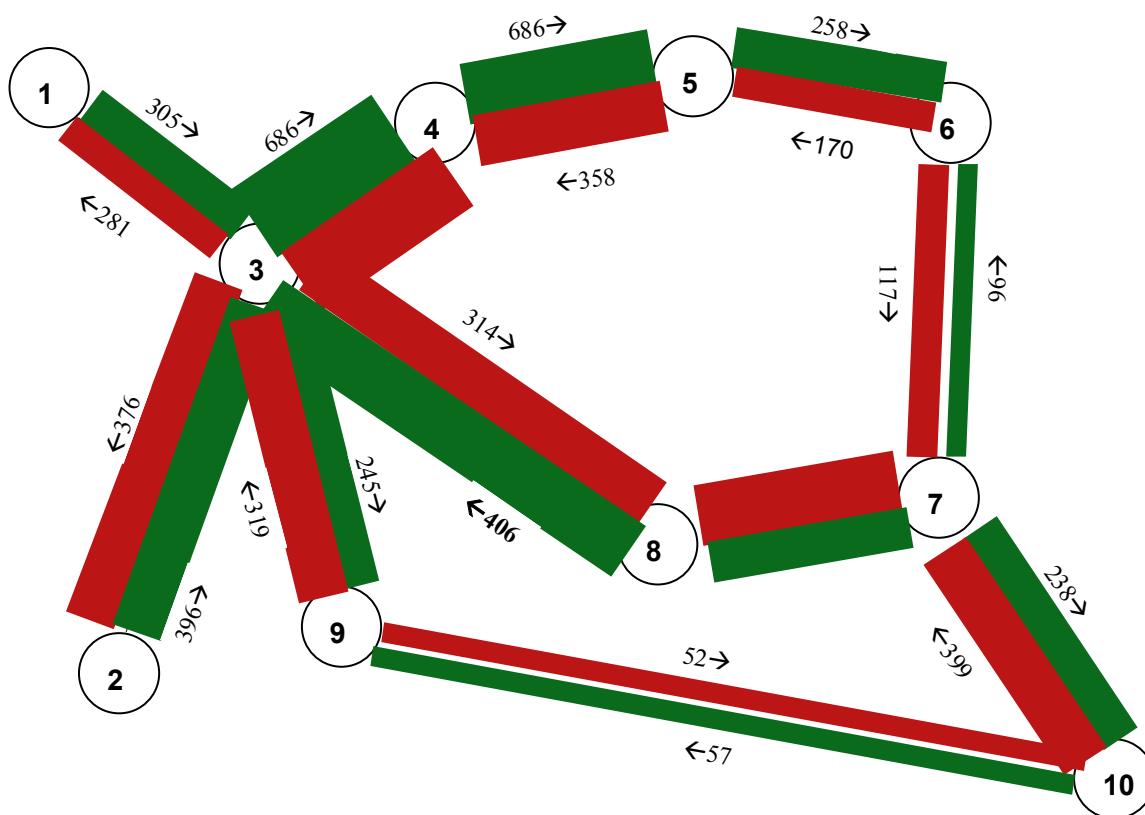
A ráterhelési mátrixban pirossal jelölt relációkban több azonos menetidejű úton juthatunk el a célig, ezért az utasszámot az azonos menetidejű útvonalak számával osztani kell. Például a gráfban ①-el jelölt pontból a ⑩ jelű pontba a következőképpen juthatunk el:

- 1→3→8→7→10, ha ezen az úton haladunk, a menetidő 4+5+3+4, azaz 16 perc.
- 1→3→4→7→10, menetidő ugyancsak 16 perc.
- 1→3→4→5→7→10, menetidő 17 perc,
- 1→3→4→5→6→7→10, menetidő 21 perc,
- 1→3→9→10, menetidő 23 perc.

Látható hogy a legrövidebb utazási idő a két pont között 16 perc, így a ráterhelési mátrixban a két különböző úton egyenlően (jelen esetben kétfelé) osztjuk az utasszámot. Természetesen 1→3 között nem kell osztani, mivel addig együtt halad minden utas, a két lehetséges út ezután ágazik el.

3.2. Az eredmény ábrázolása

A ráterhelés eredménye az előző táblázat összesítő sorában szerepel. A könnyebb áttekinthetőség érdekében a kapott értékeket grafikusán is ábrázoljuk, ún. **sávosság forgalomáramlási ábra** formájában:



3.3. A viszonylatok kialakítása

A viszonylatok meghatározásánál a következő alapelveket kell figyelembe venni:

- minden pontot be kell kötni a közösségi közlekedésbe
- lehetőleg azonos terhelésű szakaszokat kell egy viszonylatba rendezni a gazdaságosság, egyenletes kapacitáskihasználás miatt (például ②→③→④→⑤)
- az átszállások számának minimalizálása

Ha például az ① - ③ - ⑨ - ⑩ szakaszra alakítanánk ki viszonylatot, akkor ① és ⑨ között gazdaságos lenne az üzemeltetés, azonban ⑨ - ⑩ között nagyságrendekkel kevesebb az utazási igény, így kihasználatlan kapacitást bocsátanánk ki. Ez gazdaságilag kedvezőtlen, így kerülni kell az ilyen megoldásokat.

Példánkban a következő három viszonylatot alakítjuk ki:

- ❶. viszonylat: ② - ③ - ⑧ - ⑦ - ⑩
- ❷. viszonylat: ① - ③ - ④ - ⑤ - ⑥ - ⑦
- ❸. viszonylat: ① - ③ - ⑨

Ezt követően a követési időközök előrebecslésére van szükség, aminek eredményét majd a ráterhelés 2-ben fogjuk felhasználni:

$$i = \frac{T}{j} = \frac{T \cdot fh \cdot \alpha}{U_m} \quad T - \text{intervallum (perc)} \quad A \text{ célforgalmi mátrixot 2 órás időtartamra}$$

vettük fel, így az intervallum 120min-re adódik.

Fh – férőhely a járművön, ezen feladatban 75 fő

α -- tervezett járműkihasználás, jelen esetben 60%

U_m – mértékadó utasszám

$$\text{❶. Viszonylat: } i_1 = \frac{120 \cdot 75 \cdot 0,6}{439} = \frac{5400}{439} = 12,3 = 13 \text{ perc}$$

$$\text{❷. Viszonylat: } i_2 = \frac{120 \cdot 75 \cdot 0,6}{686} = 7,87 = 8 \text{ perc}$$

$$\text{❸. Viszonylat: } i_3 = \frac{120 \cdot 75 \cdot 0,6}{319} = 16,9 = 17 \text{ perc}$$

4.1. Ráterhelés 2

Lehetséges utak, illetve ezek hosszának kiszámítása

Az alábbi táblázatban a lehetséges utakat vesszük számba. Itt fekete körrel az egyes viszonylatokat, fehér körrel pedig a körzetek számát jelöltük.

Ebben a lépésben azt modellezzük, hogy az utasok konkrétan melyik viszonylatokat fogják használni utazási igényeik kielégítése céljából, végeredményként pedig megkapjuk, hogy az egyes viszonylatokon mennyi lesz az utasok száma. Ez az utasszám lesz a menetrendtervezés kiindulópontja, és ezen számadat ismerete szükséges az értékelés elvégzéséhez is.

	1. lehetséges út	2. lehetséges út	3. lehetséges út	
①→② 14 utas	② ①→③, ① ③→② $\frac{8}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 7 + 2 = 23,5 \text{ perc}$ 83%-os megosztás 12 utas	③ ①→③, ① ③→② $\frac{17}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 7 + 2 = 28 \text{ perc}$ 17%-os megosztás 2 utas		$\frac{28}{23,5} = 1,19 < 1,3$ van megosztás! A diagram alapján az utasok 17%-a a hosszabb úton, a maradék 83% a rövidebb úton utazik!
①→③ 72 utas	② ①→③ $\frac{8}{2} + 4 = 8 \text{ perc}$	③ ①→③ $\frac{17}{2} + 4 = 12,5 \text{ perc}$		$\frac{12,5}{8} = 1,56 > 1,3$ tehát nincs megosztás!
①→④ 25 utas	② ①→③→④ $\frac{8}{2} + 4 + 2 = 10 \text{ perc}$	③ ①→③, ② ③→④ $\frac{17}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 2 + 2 = 20,5 \text{ perc}$		Nincs megosztás!
①→⑤ 23 utas	② ①→③→④→⑤ $\frac{8}{2} + 4 + 2 + 3 = 13 \text{ perc}$	③ ①→③, ② ③→④→⑤ $\frac{17}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 = 23,5 \text{ perc}$		Nincs megosztás!
①→⑥ 18 utas	② ①→③→④→⑤→⑥ $\frac{8}{2} + 4 + 2 + 3 + 2 = 15 \text{ perc}$	③ ①→③, ② ③→④→⑤→⑥ $\frac{17}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 + 2 = 25,5 \text{ perc}$		Nincs megosztás!
①→⑦ 37 utas	② ①→③→④→⑤→⑥→⑦ $\frac{8}{2} + 4 + 2 + 3 + 2 + 6 = 21 \text{ perc}$ 62%-os megosztás	② ①→③, ① ③→④→⑤→⑥→⑦ $\frac{8}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 5 + 3 + 2 = 22,5 \text{ perc}$ 38%-os megosztás	③ ①→③, ① ③→④→⑤→⑥→⑦ $\frac{17}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 5 + 3 + 2 = 29 \text{ perc}$ 4%-os megosztás	Első lépés: $\frac{22,5}{21} = 1,07 < 1,3$ van megosztás 38% jut a 2. lehetséges útra,

	23 utas		14 utas a 14 utas 4%-a viszont a harmadik lehetséges úton utazik! 96%-os megosztás 13 utas	1 utas	62% jut az első lehetséges útra. Második lépésben a második lehetséges útra jutó 38%-ot tekintjük 100%-nak, majd az utasokat megosztjuk a második- harmadik variáció között. $\frac{29}{22,5} = 1,28 < 1,3$ van megosztás 4% jut a 3. lehetséges útra, 96% utazik a 2. lehetséges úton.
1 → 8 21 utas	2 1 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7, 1 7 → 8 $\frac{8}{2} + 4 + 2 + 3 + 2 + 6 + \frac{13}{2} + 3 + 2 =$ $= 30,5 \text{ perc}$ 21%-os megosztás 1 utas	2 1 → 3, 1 3 → 8 $\frac{8}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 5 + 2 = 21,5 \text{ perc}$ 84%-os megosztás 17 utas		3 1 → 3, 1 3 → 8 $\frac{17}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 5 + 2 = 26 \text{ perc}$ 16%-os megosztás 4 utas a 4 utas 21%-a viszont az első lehetséges úton utazik! 79%-os megosztás 3 utas	$\frac{30,5}{21,5} = 1,41 > 1,3$ nincs megosz- tás $\frac{26}{21,5} = 1,2 < 1,3$ van megosztás 16%: harmadik lehetséges út, 84%: második lehetséges út $\frac{30,5}{26} = 1,17 < 1,3$ van megosztás 21%: első lehetséges út, 79%: harmadik lehetséges út.
1 → 9 39 utas	2 1 → 3, 3 3 → 9 $\frac{8}{2} + 4 + \frac{17}{2} + 5 + 2 = 23,5 \text{ perc}$	3 1 → 3 → 9 $\frac{17}{2} + 4 + 5 = 17,5 \text{ perc}$			Nincs megosztás
1 → 10 56 utas	2 1 → 3 → 4 → 5 → 6 → 7, 1 7 → 10 $\frac{8}{2} + 4 + 2 + 3 + 2 + 6 + \frac{13}{2} + 4 + 2 =$ $= 33,5 \text{ perc}$ 21%-os megosztás 12 utas	2 1 → 3, 1 3 → 8 → 7 → 10 $\frac{8}{2} + 4 + \frac{13}{2} + 5 + 3 + 4 + 2 = 28,5 \text{ perc}$ 79%-os megosztás 44 utas			$\frac{33,5}{28,5} = 1,17 < 1,3$ van megosztás 21%: első lehetséges út 79%: második lehetséges út
2 → 1 9 utas	1 2 → 3, 2 3 → 1 83%-os megosztás 7 utas	1 2 → 3, 3 3 → 1 17%-os megosztás 2 utas			Van megosztás! A százalékos megosztás ugyan- az mint 1 → 2 -nél.

②→③ 82 utas	① ②→③			Nincs megosztás!
②→④ 64 utas	① ②→③, ② ③→④			Nincs megosztás!
②→⑤ 81 utas	① ②→③, ② ③→④→⑤			Nincs megosztás!
②→⑥ 27 utas	① ②→③, ② ③→④→⑤→⑥ $\frac{13}{2} + 7 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 = 26,5 \text{ perc}$ 93%-os megosztás 26 utas	① ②→③→⑧→⑦, ② ⑦→⑥ $\frac{13}{2} + 7 + 5 + 3 + \frac{8}{2} + 6 + 2 = 33,5 \text{ perc}$ 7%-os megosztás 1 utas		$\frac{33,5}{26,5} = 1,26 < 1,3$ van megosztás 7%: második lehetséges út, 93%: első lehetséges út.
②→⑦ 20 utas	① ②→③→⑧→⑦			Nincs megosztás!
②→⑧ 37 utas	① ②→③→⑧			Nincs megosztás!
②→⑨ 61 utas	① ②→③, ③ ③→⑨			Nincs megosztás!
②→⑩ 4 utas	① ②→③→⑧→⑦→⑩			Nincs megosztás!
③→① 68 utas	② ③→① $\frac{8}{2} + 4 = 8 \text{ perc}$	③ ③→① $\frac{17}{2} + 4 = 12,5 \text{ perc}$		$\frac{12,5}{8} = 1,56 > 1,3$ nincs megosztás! Nincs megosztás!
③→② 67 utas	① ③→②			Nincs megosztás!
③→④ 14 utas	② ③→④			Nincs megosztás!
③→⑤ 55 utas	② ③→④→⑤			Nincs megosztás!
③→⑥ 49 utas	② ③→④→⑤→⑥			Nincs megosztás!
③→⑦ 62 utas	② ③→④→⑤→⑥→⑦ $\frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 + 6 = 17 \text{ perc}$ 21%-os megosztás	① ③→⑧→⑦ $\frac{13}{2} + 5 + 3 = 14,5 \text{ perc}$ 79%-os megosztás		$\frac{17}{14,5} = 1,17 < 1,3$ van megosztás 21%: első lehetséges út 79%: második lehetséges út

	13 utas	49 utas	
③→⑧	① ③→⑧		Nincs megosztás!
31 utas			
③→⑨	③ ③→⑨		Nincs megosztás!
0 utas			
③→⑩	① ③→⑧→⑦→⑩		Nincs megosztás!
22 utas			
④→①	② ④→③→①		Nincs megosztás!
20 utas			
④→②	② ④→③, ① ③→②		Nincs megosztás!
56 utas			
④→③	② ④→③		Nincs megosztás!
10 utas			
④→⑤	② ④→⑤		Nincs megosztás!
64 utas			
④→⑥	② ④→⑤→⑥		Nincs megosztás!
10 utas			
④→⑦	② ④→⑤→⑥→⑦		Nincs megosztás!
25 utas			
④→⑧	② ④→⑤→⑥→⑦, ① ⑦→⑧		
34 utas	$\frac{8}{2} + 3 + 2 + 6 + \frac{13}{2} + 3 + 2 = 26,5 \text{ perc}$	$\frac{8}{2} + 2 + \frac{13}{2} + 5 + 2 = 19,5 \text{ perc}$ ② ④→③, ① ③→⑧	$\frac{26,5}{19,5} = 1,35 > 1,3$ nincs megosztás!
④→⑨	② ④→③, ③ ③→⑨		Nincs megosztás!
33 utas			
④→⑩	② ④→⑤→⑥→⑦, ① ⑦→⑩		
10 utas	$\frac{8}{2} + 3 + 2 + 6 + \frac{13}{2} + 4 + 2 = 27,5 \text{ perc}$ 45%-os megosztás 4 utas	$\frac{8}{2} + 2 + \frac{13}{2} + 5 + 3 + 4 + 2 = 26,5 \text{ perc}$ 55%-os megosztás 6 utas	$\frac{27,5}{26,5} = 1,03 < 1,3$ van megosztás 45%: első lehetséges út, 55%: második lehetséges út.
⑤→①	② ⑤→④→③→①		Nincs megosztás!
21 utas			
⑤→②	② ⑤→④→③, ① ③→②		Nincs megosztás!
90 utas			

⑤→③ 49 utas	②⑤→④→③			Nincs megosztás!
⑤→④ 55 utas	②⑤→④			Nincs megosztás!
⑤→⑥ 19 utas	②⑤→⑥			Nincs megosztás!
⑤→⑦ 3 utas	②⑤→⑥→⑦			Nincs megosztás!
⑤→⑧ 21 utas	②⑤→⑥→⑦, ①⑦→⑧ $\frac{8}{2} + 2 + 6 + \frac{13}{2} + 3 + 2 =$ $= 23,5 \text{ perc}$ 40%-os megosztás 8 utas	②⑤→④→③, ①③→⑧ $\frac{8}{2} + 3 + 2 + \frac{13}{2} + 5 + 2 = 22,5 \text{ perc}$ 60%-os megosztás 13 utas		$\frac{23,5}{22,5} = 1,04 < 1,3$ van megosztás! 40%: első lehetséges út, 60%: második lehetséges út.
⑤→⑨ 44 utas	②⑤→④→③, ③③→⑨			Nincs megosztás!
⑤→⑩ 19 utas	②⑤→⑥→⑦, ①⑦→⑩ $\frac{8}{2} + 2 + 6 + \frac{13}{2} + 4 + 2 =$ $= 24,5 \text{ perc}$ 83%-os megosztás 15 utas	②⑤→④→③, ①③→⑧→⑦→⑩ $\frac{8}{2} + 3 + 2 + \frac{13}{2} + 5 + 3 + 4 + 2 =$ $= 29,5 \text{ perc}$ 17%-os megosztás 4 utas		$\frac{29,5}{24,5} = 1,2 < 1,3$ van megosztás 17%: második lehetséges út, 83%: első lehetséges út.
⑥→① 17 utas	②⑥→⑤→④→③→①			Nincs megosztás!
⑥→② 31 utas	②⑥→⑤→④→③, ①③→② $\frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 + \frac{13}{2} + 7 + 2 =$ $= 26,5 \text{ perc}$ 95%-os megosztás 29 utas	②⑥→⑦, ①⑦→⑧→③→② $\frac{8}{2} + 6 + \frac{13}{2} + 3 + 5 + 7 + 2 =$ $= 33,5 \text{ perc}$ 5%-os megosztás 2 utas		$\frac{33,5}{26,5} = 1,26 < 1,3$ van megosztás 5%: második lehetséges út, 95%: első lehetséges út.
⑥→③ 43 utas	②⑥→⑤→④→③			Nincs megosztás!
⑥→④ 5 utas	②⑥→⑤→④			Nincs megosztás!

6 → 5 71 utas	2 → 6 → 5				Nincs megosztás!
6 → 7 34 utas	2 → 6 → 7				Nincs megosztás!
6 → 8 19 utas	2 → 6 → 7, 1 → 7 → 8 $\frac{8}{2} + 6 + \frac{13}{2} + 3 + 2 = 21,5 \text{ perc}$ 70%-os megosztás 13 utas	2 → 6 → 5 → 4 → 3, 1 → 3 → 8 $\frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 + \frac{13}{2} + 5 + 2 = 24,5 \text{ perc}$ 30%-os megosztás 6 utas			$\frac{24,5}{21,5} = 1,13 < 1,3$ van megosztás 30%: második lehetséges út, 70%: első lehetséges út
6 → 9 3 utas	2 → 6 → 5 → 4 → 3, 3 → 3 → 9				Nincs megosztás!
6 → 10 64 utas	2 → 6 → 7, 1 → 7 → 10				Nincs megosztás!
7 → 1 40 utas	1 → 7 → 8 → 3, 2 → 3 → 1 $\frac{13}{2} + 3 + 5 + \frac{8}{2} + 4 + 2 = 24,5 \text{ perc}$	1 → 7 → 8 → 3, 3 → 3 → 1 $\frac{13}{2} + 3 + 5 + \frac{17}{2} + 4 + 2 = 29 \text{ perc}$	2 → 7 → 6 → 5 → 4 → 3 → 1 $\frac{8}{2} + 3 + 5 + 4 = 16 \text{ perc}$		$\frac{27}{16} = 1,68 > 1,3$ nincs megosztás $\frac{24,5}{16} = 1,53 > 1,3$ nincs megosztás
7 → 2 32 utas	1 → 7 → 8 → 3 → 2				Nincs megosztás!
7 → 3 78 utas	2 → 7 → 6 → 5 → 4 → 3 $\frac{8}{2} + 6 + 2 + 3 + 2 = 17 \text{ perc}$ 20%-os megosztás 16 utas	1 → 7 → 8 → 3 $\frac{13}{2} + 3 + 5 = 14,5 \text{ perc}$ 80%-os megosztás 62 utas			$\frac{17}{14,5} = 1,17 < 1,3$ van megosztás 20%: második lehetséges út, 80%: első lehetséges út
7 → 4 61 utas	2 → 7 → 6 → 5 → 4				Nincs megosztás!
7 → 5 12 utas	2 → 7 → 6 → 5				Nincs megosztás!
7 → 6 25 utas	2 → 7 → 6				Nincs megosztás!
7 → 8 31 utas	1 → 7 → 8				Nincs megosztás!
7 → 9	1 → 7 → 8 → 3, 3 → 3 → 9				Nincs megosztás!

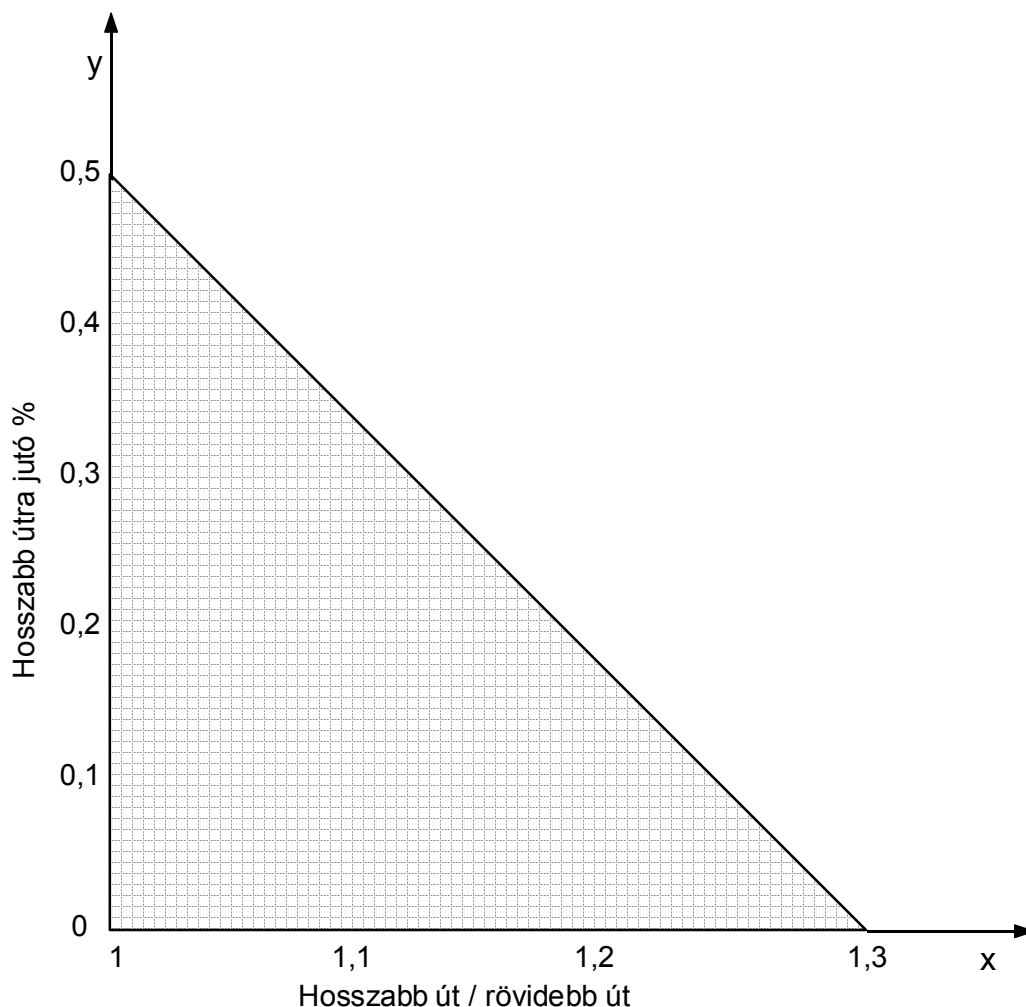
32 utas					
7 → 10	1 7 → 10				Nincs megosztás!
20 utas					
8 → 1	1 8 → 3, 3 3 → 1				
50 utas	$\frac{13}{2} + 5 + \frac{17}{2} + 4 + 2 = 26 \text{ perc}$	$\frac{13}{2} + 5 + \frac{8}{2} + 4 + 2 = 17,5 \text{ perc}$			$\frac{26}{17,5} = 1,48 > 1,3$ nincs megosztás
8 → 2	1 8 → 3 → 2				Nincs megosztás!
10 utas					
8 → 3	1 8 → 3				Nincs megosztás!
42 utas					
8 → 4	1 8 → 3, 2 3 → 4				
88 utas	$\frac{13}{2} + 5 + \frac{8}{2} + 2 + 2 = 19,5 \text{ perc}$	$\frac{13}{2} + 3 + \frac{8}{2} + 6 + 2 + 3 + 2 = 26,5 \text{ perc}$	1 8 → 7, 2 7 → 6 → 5 → 4		$\frac{26,5}{19,5} = 1,35 > 1,3$ nincs megosztás
8 → 5	1 8 → 7, 2 7 → 6 → 5				
69 utas	$\frac{13}{2} + 3 + \frac{8}{2} + 6 + 2 + 2 = 23,5 \text{ perc}$ 43%-os megosztás 30 utas	$\frac{13}{2} + 5 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 = 22,5 \text{ perc}$ 57%-os megosztás 39 utas	1 8 → 3, 2 3 → 4 → 5		$\frac{23,5}{22,5} = 1,04 < 1,3$ van megosztás 43%: második lehetséges út, 57%: első lehetséges út
8 → 6	1 8 → 7, 2 7 → 6				
72 utas	$\frac{13}{2} + 3 + \frac{8}{2} + 6 + 2 = 21,5 \text{ perc}$ 72%-os megosztás 52 utas	$\frac{13}{2} + 5 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 + 2 = 24,5 \text{ perc}$ 28%-os megosztás 20 utas	1 8 → 3, 2 3 → 4 → 5 → 6		$\frac{24,5}{21,5} = 1,13 < 1,3$ van megosztás 28%: második lehetséges út, 72%: első lehetséges út
8 → 7	1 8 → 7				Nincs megosztás!
75 utas					
8 → 9	1 8 → 3, 3 3 → 9				Nincs megosztás!
77 utas					
8 → 10	1 8 → 7 → 10				Nincs megosztás!
71 utas					
9 → 1	3 9 → 3 → 1				Nincs megosztás!

22 utas					
9 → 2	3 9 → 3, 1 3 → 2				Nincs megosztás!
0 utas					
9 → 3	3 9 → 3				Nincs megosztás!
54 utas					
9 → 4	3 9 → 3, 2 3 → 4				Nincs megosztás!
36 utas					
9 → 5	3 9 → 3, 2 3 → 4 → 5				Nincs megosztás!
58 utas					
9 → 6	3 9 → 3, 2 3 → 4 → 5 → 6				Nincs megosztás!
64 utas					
9 → 7	3 9 → 3, 1 3 → 8 → 7				
46 utas	$\frac{17}{2} + 5 + \frac{13}{2} + 5 + 3 + 2 =$ $= 30 \text{ perc}$ 63%-os megosztás 29 utas	$3 \text{ 9} \rightarrow 3, \\ 2 \text{ 3} \rightarrow 4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 7 \\ \frac{17}{2} + 5 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 + 6 + 2 =$ $= 32,5 \text{ perc}$ 37%-os megosztás 17 utas		$\frac{32,5}{30} = 1,08 < 1,3 \text{ van megosztás}$ 37%: második lehetséges út, 63%: első lehetséges út	
9 → 8	3 9 → 3, 1 3 → 8				Nincs megosztás!
39 utas					
9 → 10	3 9 → 3, 1 3 → 8 → 7 → 10				Nincs megosztás!
52 utas					
10 → 1	1 10 → 7 → 8 → 3, 2 3 → 1				
34 utas	$\frac{13}{2} + 4 + 3 + 5 + \frac{8}{2} + 4 + 2 =$ $= 28,5 \text{ perc}$ 70%-os megosztás 24 utas	$1 \text{ 10} \rightarrow 7, \\ 2 \text{ 7} \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \\ \frac{13}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 6 + 2 +$ $+ 3 + 2 + 4 + 2 = 33,5 \text{ perc}$ 48%-os megosztás 5 utas	$1 \text{ 10} \rightarrow 7, \\ 2 \text{ 7} \rightarrow 6 \rightarrow 5 \rightarrow 4 \rightarrow 3 \rightarrow 1 \\ \frac{13}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 6 + 2 +$ $+ 3 + 2 + 4 + 2 = 33,5 \text{ perc}$ 48%-os megosztás 5 utas	Első lépés: megosztás a 2. és első lehetséges utak között: $\frac{33}{28,5} = 1,15 > 1,3 \text{ van megosztás}$ 30%: második lehetséges út, 70%: első lehetséges út Második lépés: megosztás a 3. és 2. lehetséges utak között: $\frac{33,5}{33} = 1,015 < 1,3 \text{ van megosztás}$ 48%: harmadik lehetséges út, 52%: második lehetséges út	

⑩→② 32 utas	① ⑩→⑦→⑧→③→②			Nincs megosztás!
⑩→③ 30 utas	① ⑩→⑦→⑧→③			Nincs megosztás!
⑩→④ 54 utas	① ⑩→⑦→⑧→③, ② ③→④ $\frac{13}{2} + 4 + 3 + 5 + \frac{8}{2} + 2 + 2 =$ $= 26,5 \text{ perc}$ 56%-os megosztás 30 utas	① ⑩→⑦, ② ⑦→⑥→⑤→④ $\frac{13}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 6 + 2 +$ $+ 3 + 2 = 27,5 \text{ perc}$ 44%-os megosztás 24 utas		$\frac{27,5}{26,5} = 1,03 < 1,3$ van megosztás 44%: második lehetséges út, 56%: első lehetséges út
⑩→⑤ 66 utas	① ⑩→⑦→⑧→③, ② ③→④→⑤ $\frac{13}{2} + 4 + 3 + 5 + \frac{8}{2} + 2 + 3 + 2 =$ $= 29,5 \text{ perc}$ 17%-os megosztás 11 utas	① ⑩→⑦, ② ⑦→⑥→⑤ $\frac{13}{2} + 4 + \frac{8}{2} + 6 + 2 + 2 =$ $= 24,5 \text{ perc}$ 83%-os megosztás 55 utas		$\frac{29,5}{24,5} = 1,2 < 1,3$ van megosztás 17%: második lehetséges út, 83%: első lehetséges út.
⑩→⑥ 70 utas	① ⑩→⑦, ② ⑦→⑥			Nincs megosztás!
⑩→⑦ 37 utas	① ⑩→⑦			Nincs megosztás!
⑩→⑧ 76 utas	① ⑩→⑦→⑧			Nincs megosztás!
⑩→⑨ 57 utas	① ⑩→⑦→⑧→③, ③ ③→⑨			Nincs megosztás!

A lehetséges utak között a százalékos megosztás az alábbi modell segítségével állapítható meg.

Az X tengelyen a hosszabb út/rövidebb út érték szerepel. Akkor kell a forgalmat utak között megosztani, ha ez az érték kisebb, mint 1,3, mivel a modell azzal számol, hogy ha egy út több, mint 30 %-kal hosszabb egy másiknál, akkor ezt már senki sem veszi igénybe. Az Y tengelyről olvasható le adott X érténél, hogy a forgalom mekkora része jut a hosszabbik útra. A fenti táblázatban szereplő értékek ezen a módon kerültek meghatározásra.



A 2. ráterhelés számítási táblázata

Ráterhelés 2.

	1. viszonylat										2. viszonylat										3. viszonylat				
	2--3	3--2	3--8	8--3	8--7	7--8	7--10	10--7	1--3	3--1	3--4	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	6--7	7--6	1--3	3--1	3--9	9--3			
1--2		12							12										2						
1--3		2							72																
1--4									25																
1--5									23		23		23												
1--6									18		18		18												
1--7			13		13				13																
			1		1														1						
						1			1		1		1				1								
1--8			17						17																
			3																3						
1--9																			39			39			
1--10			44		44		12		12		12		12				12								
							44		44																
2--1	7									7															
2--2	2																			2					
2--3	82																								
2--4	64									64															
2--5	81									81			81												
2--6	26									26			26												
	1		1		1													1							
2--7	20		20		20																				
2--8	37		37																						
2--9	61																				61				
2--10	4		4		4		4																		
3--1										68															
3--2		67																							

	1. viszonylat										2. viszonylat										3. viszonylat				
	2--3	3--2	3--8	8--3	8--7	7--8	7--10	10--7	1--3	3--1	3--4	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	6--7	7--6	1--3	3--1	3--9	9--3			
3--4											14														
3--5											55		55												
3--6											49		49		49										
3--7											13		13		13		13								
3--8			49			49																			
3--9			31																		0				
3--10			22		22		22																		
4--1									20	20		20													
4--2		56										56													
4--3												10													
4--5													64												
4--6													10		10										
4--7													25		25		25								
4--8			34									34													
4--9												33									33				
4--10							4						4		4		4								
5--1			6		6		6					6													
5--2									21	21		21		21											
5--3		90							90	90		90		90											
5--4												49		49											
5--5														55											
5--6															19										
5--7															3		3								
5--8						8									8		8								
			13									13		13											

	1. viszonylat										2. viszonylat										3. viszonylat				
	2--3	3--2	3--8	8--3	8--7	7--8	7--10	10--7	1--3	3--1	3--4	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	6--7	7--6	1--3	3--1	3--9	9--3			
5--9							15				44			44			15					44			
5--10			4		4		4					4		4											
6--1										17		17	17			17									
6--2		29									29	29	29			29									
		2	2	2	2	2											2								
6--3											43	43	43	43		43									
6--4													5	5		5									
6--5																71									
6--7																	34								
6--8						13											13								
			6								6	6	6	6		6									
6--9												3	3	3		3					3				
6--10						64											64								
7--1									40	40	40	40	40	40		40	40								
7--2		32	32	32		32																			
											16	16	16	16		16		16							
7--3				62		62																			
7--4													61	61		61		61							
7--5																12		12							
7--6																		25							
7--8						31																			
7--9			32	32	32	32															32				
7--10								20																	
8--1				50						50															
8--2		10	10																						

	1. viszonylat										2. viszonylat										3. viszonylat		
	2--3	3--2	3--8	8--3	8--7	7--8	7--10	10--7	1--3	3--1	3--4	4--3	4--5	5--4	5--6	6--5	6--7	7--6	1--3	3--1	3--9	9--3	
8--3				42																			
8--4				88						88													
8--5					30					39						30		30					
8--6						52				39								52					
8--7						75				20					20								
8--9				77																	77		
8--10					71		71																
9--1																							
9--2		0																	22			22	
9--3																					0	0	
9--4										36											54	54	
9--5										58			58								36	36	
9--6										64			64		64						58	58	
9--6										64			64		64						64	64	
9--7			29			29																29	
9--8			39							17			17		17		17					17	
9--10			52		52		52															39	
10--1				24		24		24	24													52	
10--1				5		5		5													5		
10--2								5															
10--2			32		32		32							5		5		5					
10--3				30		30		30															
10--3				30		30		30															
10--4								24															
10--4				11		11		11							24		24						
10--5								55															
10--5								70								55		55					
10--6																		70					
10--7								37															
10--8								76															
10--8								76															
10--9				57		57		57														57	
összesen:																							
felszálló:	385	67	102	326	228	157	0	476	260	68	131	159	103	276	45	174	113	154	45	0	0	371	
átaszálló:	0	189	209	0	0	88	31	0	0	81	534	0	0	0	0	0	0	237	0	7	307	0	
átutazó:	0	76	114	317	245	265	203	0	0	193	102	380	510	249	282	176	121	0	0	22	39	0	
összesen:	385	332	425	643	473	510	234	476	260	342	767	539	613	525	327	350	234	391	45	29	346	371	

A ráterhelési táblázat utolsó sora adja a végeredményt, ami alapján már kiszámolható a követési időköz pontos értéke.

Követési időköz meghatározása a 2. ráterhelés alapján

$$i = \frac{T \cdot Fh \cdot \alpha}{Um}$$

i: követési időköz az egyes viszonylatokra

T: a célforgalmi mátrix intervalluma (120 perc)

Fh: férőhely a járművön, ezen feladatban 75 fő

α : tervezett járműkihasználás

Um: mértékadó utasszám

$$1. \text{ viszonylat: } i_1 = \frac{120 \cdot 75 \cdot 0,6}{643} = 8,39 \text{ perc} \approx 9 \text{ perc}$$

$$2. \text{ viszonylat: } i_2 = \frac{120 \cdot 75 \cdot 0,6}{767} = 7,04 \text{ perc}$$

$$3. \text{ viszonylat: } i_3 = \frac{120 \cdot 75 \cdot 0,6}{371} = 14,55 \text{ perc} \approx 15 \text{ perc}$$

Mivel a ráterhelés első lépése során a követési időközöket illetően csupán feltételezéssel éltünk, ezért szükséges **a kapott értékeket összevetni a korábbiakkal**. Ha jelentős eltérés mutatkozik a két ráterhelésben alkalmazott követési időközök nagyságában, a tervezésben visszamegyünk egy lépést, és a fenti időket kell a ráterhelés 1 megismétlése során felhasználni. Ezt a mozzanatot esetenként többször is el kell végeznünk a megfelelő pontosságú eredmény eléréséhez (iteráció). (Példánkban az 1. viszonylat esetében terjedelmi okok miatt most ettől eltekintünk.)

	Előrebecsült időközök	Kalkulált időközök	Eltérés
1. viszonylat	13 perc	9 perc	4 perc
2. viszonylat	8 perc	7 perc	1 perc
3. viszonylat	17 perc	15 perc	2 perc

4.2. Eljutási idő számítása viszonylatonként

Az eljutási idő várakozási időből (T_v), utazási menetidőből (T_u) és átszállási pótidőből (T_a) tevődik össze

- Várakozási idő** T_v = felszállók száma adott viszonylatra $\cdot \frac{i}{2}$

$$1. \text{ viszonylat: } T_{v1} = 1741 \cdot \frac{9}{2} = 7835 \text{ perc}$$

$$2. \text{ viszonylat: } T_{v2} = 1483 \cdot \frac{7}{2} = 5191 \text{ perc}$$

3. viszonylat: $T_{v3} = 416 \cdot \frac{15}{2} = 3120 \text{ perc}$

Összesen: $T_v = T_{v1} + T_{v2} + T_{v3} = 16146 \text{ perc}$

- **Utazási menetidő** $T_u = \sum \text{utasszám} \cdot \text{menetidő}$ szakaszonként

Utasszám szakaszonként	Menetidő a két csomópont között	<i>utasszám · menetidő</i>
385	7 perc	2695 utasperc
332	7 perc	2324 utasperc
425	5 perc	2125 utasperc
643	5 perc	3215 utasperc
473	3 perc	1419 utasperc
510	3 perc	1530 utasperc
234	4 perc	936 utasperc
476	4 perc	1904 utasperc
260	4 perc	1040 utasperc
342	4 perc	1368 utasperc
767	2 perc	1534 utasperc
539	2 perc	1078 utasperc
613	3 perc	1839 utasperc
525	3 perc	1575 utasperc
327	2 perc	654 utasperc
350	2 perc	700 utasperc
234	6 perc	1404 utasperc
391	6 perc	2346 utasperc
45	4 perc	180 utasperc
29	4 perc	116 utasperc
346	5 perc	1730 utasperc
371	5 perc	1855 utasperc
Összes utazási menetidő:		33567 utasperc

- **Átszállási pótidő** $T_a = \sum \text{átszállók száma} \cdot 2 \text{ perc}$

$T_a = 1683 \text{ átszállás} \cdot 2 \text{ perc} = 3366 \text{ perc}$

Összes eljutási idő: $T_E = T_v + T_a + T_u$

$T_E = 16146 \text{ perc} + 3366 \text{ perc} + 33567 \text{ perc} = 53079 \text{ perc}$

Fajlagos eljutási idő: $t = \frac{T_E}{U}$ (Az összes eljutási idő osztva $\sum \text{utasszámmal}$)

$$t = \frac{53079 \text{ perc}}{8617} = 6,1598 \approx 6,16 \text{ perc}$$

Tehát egy utas átlagosan 6,16 perc alatt jut el a céljához a hálózaton.

II/1. Menetrend készítése a kialakított változatra

A feladatkiírásban szereplő célforgalmi mátrix csúcsórai (6.00-8.00) időszakra vonatkozik, viszont a fordák elkészítéséhez szükséges egy teljes, egész napra vonatkozott menetrend megszerkesztése. A menetrendet csak az 1-es viszonylatra készítjük el, a többi viszonylatra értelemszerűen ugyanúgy alkalmazhatók a következőkben ismertetett eljárás lépései.

M E N E T R E N D		
<div>1</div>	<div>Útvonal</div> <div>② → ③ → ⑧ → ⑦ → ⑩</div>	
	<i>munkanapokon</i>	
	② → ③ 7perc	5:00 – 6:00 15 percenként
	③ → ⑧ 12perc	6:09 – 8:06 9 percenként
	⑧ → ⑦ 15perc	8:20 – 14:00 20 percenként
	⑦ → ⑩ 19perc	14:09 – 16:15 9 percenként
		16:30 – 18:00 15 percenként
		18:30 – 22:00 30 percenként
	<i>szabadnapokon és munkaszüneti napokon</i>	
		5:00 – 12:00 15 percenként
		12:20 – 18:00 20 percenként
		18:30 – 22:00 30 percenként
<div>1</div>	<div>⑩ → ⑦ → ⑧ → ③ → ②</div>	
	<i>munkanapokon</i>	
	⑩ → ⑦ 4perc	5:00 – 6:15 15 percenként
	⑦ → ⑧ 7perc	6:24 – 8:12 9 percenként
	⑧ → ③ 12perc	8:30 – 14:10 20 percenként
	③ → ② 19perc	14:19 – 16:25 9 percenként
		16:40 – 18:10 15 percenként
		18:40 – 22:10 30 percenként
	<i>szabadnapokon és munkaszüneti napokon</i>	
		5:25 – 12:10 15 percenként
		12:30 – 18:10 20 percenként
		18:40 – 22:10 30 percenként

II/2. Fordába rendezés a menetrend alapján

Az alábbi táblázatban a könnyebb áttekinthetőség kedvéért az egyes járművek azonos színnel jelöltek. Az azonos színnel jelölt járművek napi programjának összeírása kiad egy fordát (pl. 1. fordá, ld. később).

①. Viszonylat

irány: ② → ③ → ⑧ → ⑦ → ⑩

menetidő: 19 perc

Munkanapokon

② Végállomási indulási idő	Érkezési idő a végállomásra ⑩	forda	⑩ Végállomási indulási idő	Érkezési idő a végállomásra ②
		1	5:00	5:19
		2	5:15	5:34
5:00	5:19	3	5:30	5:49
5:15	5:34	4	5:45	6:04
5:30	5:49	1	6:00	6:19
5:45	6:04	2	6:15	6:34
		5	6:24	6:43
6:09	6:28	3	6:33	6:52
6:18	6:37	4	6:42	7:01
6:27	6:46	1	6:51	7:10
6:36	6:55	2	7:00	7:19
6:45	7:04	5	7:09	7:28
6:54	7:13	3	7:18	7:37
7:03	7:22	4	7:27	7:46
7:12	7:31	1	7:36	7:55
7:21	7:40	2	7:45	8:04
7:30	7:49	5	7:54	8:13
7:39	7:58	3	8:03	8:22
7:48	8:07	4	8:12	8:31
7:57	8:16	1		
8:06	8:25	2	8:30	8:49
8:20	8:39	5	8:50	9:09
8:40	8:59	4	9:10	9:29
9:00	9:19	3	9:30	9:49
9:20	9:39	5	9:50	10:09
9:40	9:59	4	10:10	10:29
10:00	10:19	2	10:30	10:49
10:20	10:39	5	10:50	11:09
10:40	10:59	4	11:10	11:29
11:00	11:19	2	11:30	11:49
11:20	11:39	5	11:50	12:09
11:40	11:59	4	12:10	12:29
12:00	12:19	2	12:30	12:49
12:20	12:39	5	12:50	13:09
12:40	12:59	6	13:10	13:29
13:00	13:19	3	13:30	13:49
13:20	13:39	2	13:50	14:09

13:40	13:59	4	14:10	14:29
		1	14:19	14:38
14:00	14:19	5	14:28	14:47
14:09	14:28	3	14:37	14:56
14:18	14:37	2	14:46	15:05
14:27	14:46	6	14:55	15:14
14:36	14:55	4	15:04	15:23
14:45	15:04	1	15:13	15:32
14:54	15:13	5	15:22	15:41
15:03	15:22	3	15:31	15:50
15:12	15:31	2	15:40	15:59
15:21	15:40	6	15:49	16:08
15:30	15:49	4	15:58	16:17
15:39	15:58	1	16:07	16:26
15:48	16:07	5	16:16	16:35
15:57	16:16	3	16:25	16:44
16:06	16:25	2		
16:15	16:34	6	16:40	16:59
16:30	16:49	1	16:55	17:14
16:45	17:04	3	17:10	17:29
17:00	17:19	6	17:25	17:44
17:15	17:34	1	17:40	17:59
17:30	17:49	5	17:55	18:14
17:45	18:04	6	18:10	18:29
18:00	18:19	1	18:40	18:59
18:30	18:49	5	19:10	19:29
19:00	19:19	1	19:40	19:59
19:30	19:49	5	20:10	20:29
20:00	20:19	1	20:40	20:59
20:30	20:49	5	21:10	21:29
21:00	21:19	1	21:40	21:59
21:30	21:49	5	22:10	22:29
22:00	22:19	1		

1-es fordó (osztott fordó)					
② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
Kezd			5:00	5:19	0:11
5:30	5:49	0:11	6:00	6:19	0:08
6:27	6:46	0:06	6:51	7:10	0:02
7:12	7:31	0:05	7:36	7:55	0:02
7:57	8:16	Forgalomból kiáll			
Forgalomba áll			14:19	14:38	0:07
14:45	15:04	0:09	15:13	15:32	0:07
15:39	15:58	0:09	16:07	16:26	0:04
16:30	16:49	0:06	16:55	17:14	0:01
17:15	17:34	0:06	17:40	17:59	0:01
18:00	18:19	0:21	18:40	18:59	0:01
19:00	19:19	0:21	19:40	19:59	0:01
20:00	20:19	0:21	20:40	20:59	0:01
21:00	21:19	0:21	21:40	21:59	0:01
22:00	22:19	Végez			

Az 1-es fordá osztott, azaz a reggeli csúcsidő után kiáll a forgalomból. A délutáni csúcsidő kezdetén visszaáll a forgalomba.

2-es fordá					
② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
Kezd			5:15	5:34	0:09
5:45	6:04	0:09	6:15	6:34	0:02
6:36	6:55	0:05	7:00	7:19	0:02
7:21	7:40	0:05	7:45	8:04	0:02
8:06	8:25	0:05	8:30	8:49	0:11
Váltás, forgalomból kiáll 8:49 – 10:00					
10:00	10:19	0:11	10:30	10:49	0:11
11:00	11:19	0:11	11:30	11:49	0:11
12:00	12:19	0:11	12:30	12:49	0:31
Pihenőidő 12:49 – 13:20					
13:20	13:39	0:11	13:50	14:09	0:09
14:18	14:37	0:09	14:46	15:05	0:07
15:12	15:31	0:09	15:40	15:59	0:07
16:06	16:25	Végez			

3. fordá					
② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
5:00	5:19	0:11	5:30	5:49	0:20
6:09	6:28	0:05	6:33	6:52	0:02
6:54	7:13	0:05	7:18	7:37	0:02
7:39	7:58	0:05	8:03	8:22	0:38
9:00	9:19	0:11	9:30	9:49	
Forgalomból kiáll 9:49 – 13:00					
13:00	13:19	0:11	13:30	13:49	0:20
14:09	14:28	0:09	14:37	14:56	0:07
15:03	15:22	0:09	15:31	15:50	0:07
15:57	16:16	0:09	16:25	16:44	0:01
16:45	17:04	0:06	17:10	17:29	Végez

4. fordá					
② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
5:15	5:34	0:09	5:45	6:04	0:14
6:18	6:37	0:05	6:42	7:01	0:02
7:03	7:22	0:05	7:27	7:46	0:02
7:48	8:07	0:05	8:12	8:31	0:09
8:40	8:59	0:11	9:10	9:29	0:11
9:40	9:59	0:11	10:10	10:29	0:11
10:40	10:59	0:11	11:10	11:29	0:11
11:40	11:59	0:11	12:10	12:29	
Pihenőidő 12:29 – 13:40					
13:40	13:59	0:11	14:10	14:29	0:07
14:36	14:55	0:09	15:04	15:23	0:07
15:30	15:49	0:09	15:58	16:17	Végez

5. fordá					
② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
<i>Kezd</i>			6:24	6:43	0:02
6:45	7:04	0:05	7:09	7:28	0:02
7:30	7:49	0:05	7:54	8:13	0:07
8:20	8:39	0:11	8:50	9:09	0:11
9:20	9:39	0:11	9:50	10:09	0:11
10:20	10:39	0:11	10:50	11:09	0:11
11:20	11:39	0:11	11:50	12:09	0:11
12:20	12:39	0:11	12:50	13:09	Végez
<i>Váltás 13:09-14:00</i>					
14:00	14:19	0:09	14:28	14:47	0:07
14:54	15:13	0:09	15:22	15:41	0:07
15:48	16:07	0:09	16:16	16:35	
<i>Pihenőidő 16:35-17:30</i>					
17:30	17:49	0:06	17:55	18:14	0:16
18:30	18:49	0:21	19:10	19:29	0:01
19:30	19:49	0:21	20:10	20:29	0:01
20:30	20:49	0:21	21:10	21:29	0:01
21:30	21:49	0:21	22:10	22:29	Végez

6. fordá					
② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
12:40	12:59	0:11	13:10	13:29	0:57
14:27	14:46	0:09	14:55	15:14	0:07
15:21	15:40	0:09	15:49	16:08	0:07
16:15	16:34	0:06	16:40	16:59	0:01
17:00	17:19	0:06	17:25	17:44	0:01
17:45	18:04	0:06	18:10	18:29	Végez

Szombati és munkaszüneti napokon az indítási rend a következőképpen alakul (ekkor négy járműre van szükség a viszonylat kiszolgálásához):

Szabad és munkaszüneti napokon				
② Végállomási indulási idő	Érkezési idő a végállomásra ⑩	forda	⑩ Végállomási indulási idő	Érkezési idő a végállomásra ②
5:00	5:19	1	5:25	5:44
5:15	5:34	2	5:40	5:59
5:30	5:49	3	5:55	6:14
5:45	6:04	4	6:10	6:29
6:00	6:19	1	6:25	6:44
6:15	6:34	2	6:40	6:59
6:30	6:49	3	6:55	7:14
6:45	7:04	4	7:10	7:29
7:00	7:19	1	7:25	7:44

7:15	7:34	2	7:40	7:59
7:30	7:49	3	7:55	8:14
7:45	8:04	4	8:10	8:29
8:00	8:19	1	8:25	8:44
8:15	8:34	2	8:40	8:59
8:30	8:49	3	8:55	9:14
8:45	9:04	4	9:10	9:29
9:00	9:19	1	9:25	9:44
9:15	9:34	2	9:40	9:59
9:30	9:49	3	9:55	10:14
9:45	10:04	4	10:10	10:29
10:00	10:19	1	10:25	10:44
10:15	10:34	2	10:40	10:59
10:30	10:49	3	10:55	11:14
10:45	11:04	4	11:10	11:29
11:00	11:19	1	11:25	11:44
11:15	11:34	2	11:40	11:59
11:30	11:49	3	11:55	12:14
11:45	12:04	4	12:10	12:29
12:00	12:19	1	12:30	12:49
12:20	12:39	2	12:50	13:09
12:40	12:59	3	13:10	13:29
13:00	13:19	4	13:30	13:49
13:20	13:39	2	13:50	14:09
13:40	13:59	3	14:10	14:29
14:00	14:19	4	14:30	14:49
14:20	14:39	2	14:50	15:09
14:40	14:59	3	15:10	15:29
15:00	15:19	4	15:30	15:49
15:20	15:39	2	15:50	16:09
15:40	15:59	3	16:10	16:29
16:00	16:19	4	16:30	16:49
16:20	16:39	2	16:50	17:09
16:40	16:59	3	17:10	17:29
17:00	17:19	4	17:30	17:49
17:20	17:39	2	17:50	18:09
17:40	17:59	3	18:10	18:29
18:00	18:19	4	18:40	18:59
18:30	18:49	2	19:10	19:29
19:00	19:19	3	19:40	19:59
19:30	19:49	4	20:10	20:29
20:00	20:19	2	20:40	20:59
20:30	20:49	3	21:10	21:29
21:00	21:19	4	21:40	21:59
21:30	21:49	2	22:10	22:29
22:00	22:19	3		

1-es fordó

② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
5:00	5:19	0:06	5:25	5:44	0:16
6:00	6:19	0:06	6:25	6:44	0:16
7:00	7:19	0:06	7:25	7:44	0:16
8:00	8:19	0:06	8:25	8:44	0:16
9:00	9:19	0:06	9:25	9:44	0:16
10:00	10:19	0:06	10:25	10:44	0:16
11:00	11:19	0:06	11:25	11:44	0:16
12:00	12:19	0:06	12:25	12:44	

2-es fordó

② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
5:15	5:34	0:06	5:40	5:59	0:16
6:15	6:34	0:06	6:40	6:59	0:16
7:15	7:34	0:06	7:40	7:59	0:16
8:15	8:34	0:06	8:40	8:59	0:16
9:15	9:34	0:06	9:40	9:59	0:16
10:15	10:34	0:06	10:40	10:59	0:16
11:15	11:34	0:06	11:40	11:59	0:21
12:20	12:39	0:11	12:50	13:09	
Váltás 13:09 – 13:20					
13:20	13:39	0:11	13:50	14:09	0:21
14:20	14:39	0:11	14:50	15:09	0:21
15:20	15:39	0:11	15:50	16:09	0:21
16:20	16:39	0:11	16:50	17:09	0:21
17:20	17:39	0:11	17:50	18:09	0:31
18:30	18:49	0:21	19:10	19:29	0:31
20:00	20:19	0:21	20:40	20:59	0:31
21:30	21:49	0:21	22:10	22:29	

3-as fordó

② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
5:30	5:49	0:06	5:55	6:14	0:16
6:30	6:49	0:06	6:55	7:14	0:16
7:30	7:49	0:06	7:55	8:14	0:16
8:30	8:49	0:06	8:55	9:14	0:16
9:30	9:49	0:06	9:55	10:14	0:16
10:30	10:49	0:06	10:55	11:14	0:16
11:30	11:49	0:06	11:55	12:14	0:26
12:40	12:59	0:11	13:10	13:29	0:11

13:40	13:59	0:11	14:10	14:29	
<i>Váltás 14:29 – 14:40</i>					
14:40	14:59	0:11	15:10	15:29	0:11
15:40	15:59	0:11	16:10	16:29	0:11
16:40	16:59	0:11	17:10	17:29	0:11
17:40	17:59	0:11	18:10	18:29	0:31
19:00	19:19	0:21	19:40	19:59	0:31
20:30	20:49	0:21	21:10	21:29	0:31
22:00	22:19				

4-es fordá

② ind.	⑩ érk.	Végállomási tartózkodás (perc)	⑩ ind.	② érk.	Végállomási tartózkodás (perc)
5:45	6:04	0:06	6:10	6:29	0:16
6:45	7:04	0:06	7:10	7:29	0:16
7:45	8:04	0:06	8:10	8:29	0:16
8:45	9:04	0:06	9:10	9:29	0:16
9:45	10:04	0:06	10:10	10:29	0:16
10:45	11:04	0:06	11:10	11:29	0:16
11:45	12:04	0:06	12:10	12:29	0:31
<i>Váltás 12:29 – 13:00</i>					
13:00	13:19	0:11	13:30	13:49	0:11
14:00	14:19	0:11	14:30	14:49	0:11
15:00	15:19	0:11	15:30	15:49	0:11
16:00	16:19	0:11	16:30	16:49	0:11
17:00	17:19	0:11	17:30	17:49	0:11
18:00	18:19	0:21	18:40	18:59	0:31
19:30	19:19	0:51	20:10	20:29	0:31
21:00	20:49	0:51	21:40	21:59	

II/3. Létszámszükséglet meghatározása, a költségek kiszámítása

Üzemidők

❶. viszonylat munkanapokon

1. fordá: 5:00 – 8:16
14:19 – 22:19
összesen: 11 óra 16 perc
délelőtti gkv: 3'16"
délutáni gkv: 8'00"
2. fordá: 5:15 – 16:25
összesen: 11 óra 10 perc
délelőtti gkv: 5:15 – 8:49: 3'39"
délutáni gkv: 10:00 – 16:25: 6'25"
3. fordá: 5:00 – 9:49
13:00 – 17:29
összesen: 9 óra 18 perc
osztott szolgálat, egy gépkocsivezető
munkaideje összesen: 9'18"
4. fordá: 5:15 – 16:27
összesen: 9 óra 12 perc
egy gépkocsivezető
munkaideje összesen: 9'12"
5. fordá: 6:24 – 22:29
összesen: 16 óra 5 perc
délelőtti gkv: 6:24 – 13:09: 6'45"
délutáni gkv: 14:00 – 22:29: 8'29"
6. fordá: 12:40 – 18:29
összesen: 5 óra 49 perc
egy gépkocsivezető
munkaideje összesen: 5'49"

Tehát munkanapokon az 1. viszonylathoz összesen 6 autóbuszra és 9 gépkocsivezetőre van szükség.

①. viszonylat szabad- és munkaszüneti napokon

7. fordá: 5:00 – 12:44	összesen: 6 óra 44 perc
egy gépkocsivezető munkaideje 6'44"	
8. fordá: 5:15 – 22:29	összesen: 17 óra 14 perc
délelőtti gkv: 5:15 -13:09: 7'54"	
délutáni gkv: 13:20 – 22:29: 9'9"	
9. fordá: 5:30 – 22:19	összesen: 16 óra 49 perc
délelőtti gkv: 5:30 – 14:29: 8'59"	
délutáni gkv: 14:40 – 22:19: 7'39"	
10. fordá: 5:45 – 21:59	összesen: 16 óra 14 perc
délelőtti gkv: 5:45 – 12:29: 6'51"	
délutáni gkv: 13:00 – 21:59: 8'59"	

Szabad és munkaszüneti napokon 4 autóbusz és 7 gépkocsivezető szükséges a menetrend lebonyolításához.

Létszámszükséglet (az 1. viszonylatra)

Munkanap órái: $20 \cdot (4h + 8h + 4h + 7h + 10h + 10h + 7h + 9h + 6h) = 1300óra$

Szabad- és munkaszüneti nap órái: $8 \cdot (7h + 8h + 10h + 9h + 8h + 7h + 9h) = 464óra$

Munkaidő alap: $1300óra + 464óra = 1764óra$

havi kötelező munkaidő: $22 \cdot 8óra = 176óra$

létszámszükséglet: $\frac{1764óra}{176óra} = 11fő$

tartalék járművezető: $11fő \cdot 0,2 = 3fő$

A költségek kiszámítása (az 1. viszonylatra, csúcsidőre vonatkoztatva):

- *futással arányos költség*

$$1. \text{ viszonylat: } 2 \cdot (13 + 8) \cdot 10,3km \cdot 147 \frac{Ft}{km} = 63.592. - Ft$$

- *idővel arányos költség*

összes havi munkaóra: 1764óra

$$\text{bérezés 1 hónapra: } 1764óra \cdot 1000 \frac{Ft}{h} = 1.764.000Ft$$

A számolt bért le kell osztani, hogy megkapjuk a csúcsidő 2 órájára jutó bérköltséget:

$$\frac{1.764.000 Ft}{(28 \cdot 12)} = 5250 Ft$$

- *amortizációs költség*

járművek száma: 6 autóbusz + 1 tartalék = 7 autóbusz

beszerzési ár: 40.000.000.-Ft

amortizáció buszonként: $\frac{40.000.000. - Ft}{10 \cdot 12} = 333.333 \frac{Ft}{hó}$

amortizáció 2 órára, 7 buszra: $926 Ft \cdot 7 autóbusz = 6.482. - Ft$

Összköltség a 2 csúcsórára: $63.592 Ft + 5250 Ft + 6482 Ft = 75.324. - Ft$