

# Közúti Forgalomtechnika

(BMEKOKUA209)

A félév folyamán két ZH megírása kötelező, időpontja:  
2019.10.18. (péntek) és 2019.12.06. (péntek)

**2 pótlási lehetőség** áll rendelkezésre (egy zh kétszeri, vagy két zh egy-egy alkalommal történő pótlására).

A gyakorlati foglalkozásokon **hét beadandó és egy tantermi feladat** megoldásán keresztül ismerhető meg a gyakorlati munka alapja.

Az érdemjegyen **40 %-os súllyal szerepel a két zh átlaga** (gyakorlati részek), és **60 %-kal a szóbeli vizsgára** (elméleti kérdésekre) kapott jegy.

# Közúti Forgalomtechnika

(BMEKOKUA209)

## Ajánlott források:

**Saját jegyzet (előadás és gyakorlat egyaránt)**

Előadási jegyzet <https://edu.kozlek.bme.hu/>  
(<http://www.kukg.bme.hu/oktatas/bsc/tantargy/BMEKOKUA209/>)

Útügyi műszaki előírások (MAÚT) - e-UT  
<http://ume.kozut.hu/statusz/ervenben-levo-utugyi-muszaki-eloirasok>

Kálmán László, Koren Csaba, Tóth-Szabó Zsuzsanna: Közúti forgalomtechnika I.

**Fi István: Közúti csomópontok tervezési elvei és forgalmi méretezésük, 2005.**

**Fi István: Forgalmi tervezés, technika, menedzsment, 2000.**

Koller Sándor: Forgalomtechnika és közlekedéstervezés, 1986.

Kózel Miklós, ST426, [kozel.miklos@mail.bme.hu](mailto:kozel.miklos@mail.bme.hu) (konz.: -)

Soltész Tamás, ST426, [soltesz.tamas@mail.bme.hu](mailto:soltesz.tamas@mail.bme.hu) (konz.: K 15-17, P 10-11:30-ig)

# Közúti Forgalomtechnika

(BMEKOKUA209)

## Felkészülési kérdések, témakörök:

1. A közúti közlekedés általános jellemzése, csoportosításai
2. A közúti forgalom térbeli-időbeli jellemzése
3. A közúti forgalmi állapotok leírása
4. A forgalomnagyság meghatározása, homogenizálás lehetőségei
5. A követési időköz jellemzése valószínűségi változóként
6. A követési távolság és a teljes fékút értelmezése
7. A forgalom alkotóelemeinek hatása a teljes fékútra
8. A forgalmi sebesség jellemzése valószínűségi változóként
9. A forgalmi áramlatok modellezése a teljesítmény függvény alapján
10. A forgalmi áramlatok modellezése a folytonossági függvény alapján
11. Modellek a forgalom leírására
12. Forgalom felvételek és forgalom fajták
13. A közút teljesítményfogalma, a mértékadó forgalom meghatározása

# Közúti Forgalomtechnika

(BMEKOKUA209)

## Felkészülési kérdések, témakörök:

14. A közúti csomópontok általános jellemzése, osztályozása
15. Csomópont tervezési alapelvek
16. Az egyszintű csomópont fejlesztési fokozatai; a körforgalom
17. Többszintű csomópont kialakítási lehetőségei
18. Az alárendelt és fölérendelt (jelzőtáblával biztosított) közúti csomópontok teljesítmény viszonyai, a forgalomlebonylódás jellemzői
19. A jelzőtáblák és az útburkolati jelek
20. A jelzőtáblákkal és útburkolati jelekkel teendő forgalomirányítási intézkedések (egyirányúsítás és balkanyar tiltás)
21. A csomóponti áthaladás biztosítása jelzőlámpával; a jelzőlámpák bemutatása
22. Jelzőlámpával irányított csomópontok teljesítmény viszonyai, a forgalomlebonylódás jellemzői

# Közúti Forgalomtechnika

(BMEKOKUA209)

## Felkészülési kérdések, témakörök:

23. Egyedi csomópont fázisidő tervének elkészítése (állandó időtervű és forgalomtól függő jelzésrendszer)
24. Jelzőlámpás csomópontok összekapcsolása, összehangolása
25. A közforgalmú közlekedés és a jelzőlámpás irányítás együttműködése
26. A kerékpáros közlekedés jellemzése
27. Parkolási igények meghatározása, megoldási módjai
28. A gyalogos közlekedés létesítményei
29. Közlekedésbiztonsági alapfogalmak
30. A környezetvédelem és a közúti forgalom kapcsolata

# A közúti forgalomtechnika tárgya



## Forgalomtechnika:

Közúton (csomópontokban, vonalszakaszokon és állóforgalmi létesítményekben) történő **forgalmi folyamatok tudományága.**

Kialakítja, alkalmazza, fejleszti az úton tartózkodó vagy mozgó, személyek és járművek között adott fejlettségi szinten szükséges azon feltételeket (pl. szabályokat), körülményeket (pl. infrastruktúra-elemeket), amelyek lehetővé teszik

- a teljesítőképes,
- biztonságos és akadálytalan,
- gazdaságos,
- környezetkímélő és környezetbe illő,
- tartósan fenntartható és erőforrás takarékos helyváltoztatást.

A közúthálózaton bonyolódó folyamatok csak **rendszer szemléletben** kezelhetők!

# A közúti közlekedési rendszer jellemzői

## Rendszerjellemzők:

- **Összetett**

Elemek száma nagy, eltérő tulajdonságú egyedek, több résztvevő együttműködése szükséges.

- **Nyílt**

Az igényeket nem maga gerjeszti, azok kívülről (a település-szerkezetből) érkeznek.

- **Dinamikus**

Hosszú időtáv, változó egyedek, a környezet elemeinek időbeli eltérése.

- **Sztochasztikus**

- **Stabil vagy instabil** (a forgalomlebonylódás tekintetében)

# A közúti közlekedés csoportosítási lehetőségei

A szállítás tárgya

személyközlekedés

áruszállítás



# Személyszállítás



# Áruszállítás



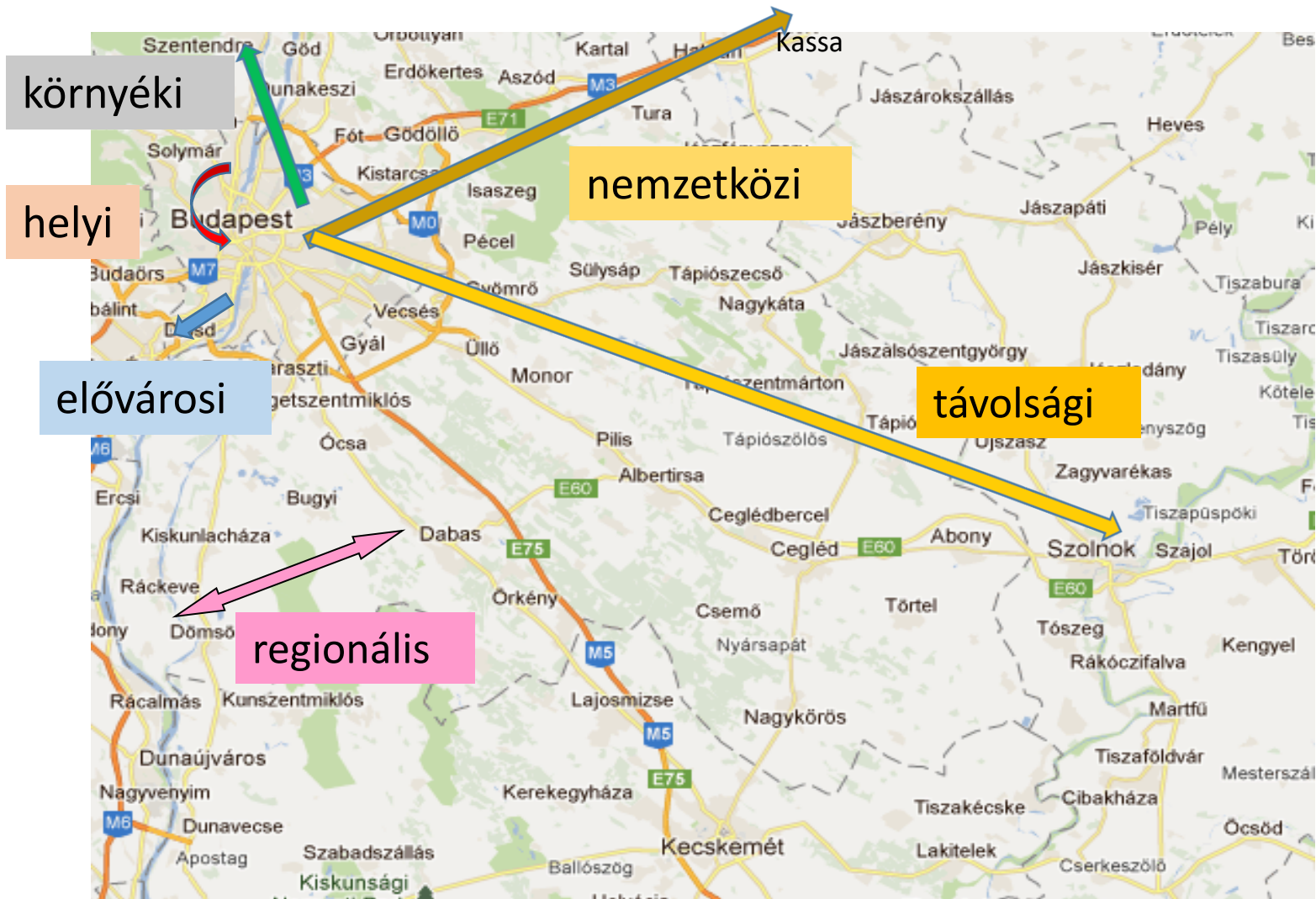
# Személy- és



# áruszállítás

# A közúti közlekedés csoportosítási lehetőségei

A szállítás tárgya	személyközlekedés		áruszállítás	
Közlekedési eszköz	gyalog	kerékpár	motorkerékpár	mozgólépcső
A helyváltoztatás távolsága	személygépkocsi	tehergépkocsi	autóbusz/trolibusz	közúti villamos
	helyi	helyközi		
		Elővárosi, környéki, regionális, távolsági		nemzetközi



# A közúti közlekedés csoportosítási lehetőségei

A szállítás tárgya	személyközlekedés		áruszállítás	
Közlekedési eszköz	gyalog	kerékpár	motorkerékpár	mozgólépcső
	személygépkocsi	tehergépkocsi	autóbusz/trolibusz	közúti villamos
A helyváltoztatás távolsága	helyi	helyközi		
		Elővárosi, környéki, regionális, távolsági		nemzetközi
Mozgási folyamat	álló		mozgó	
Szervezési mód	egyéni		közforgalmú	

# Egyéni



# Közösségi



# A közúti közlekedés csoportosítási lehetőségei

A szállítás tárgya	személyközlekedés		áruszállítás	
Közlekedési eszköz	gyalog	kerékpár	motorkerékpár	mozgólépcső
A helyváltoztatás távolsága	személygépkocsi	tehergépkocsi	autóbusz/trolibusz	közúti villamos
Mozgási folyamat	helyi	helyközi		
Szervezési mód	Elővárosi, környéki, regionális, távolsági		nemzetközi	
Szektor szerint	álló		mozgó	
	egyéni		közforgalmú	
	szállítással hivatásszerűen		saját célból szállítók	



Hivatás  
(szolgáltatás)

Saját célból



# A közúti közlekedés csoportosítási lehetőségei

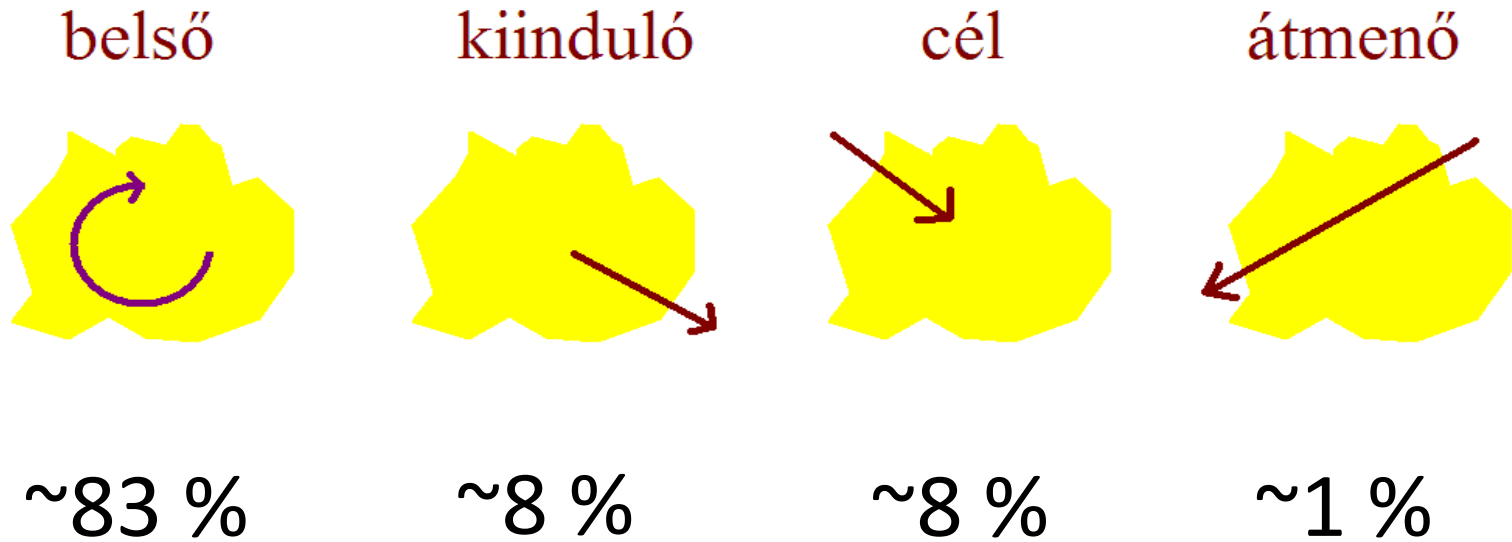
A szállítás tárgya	személyközlekedés		áruszállítás				
Közlekedési eszköz	gyalog	kerékpár	motorkerékpár	mozgólépcső			
A helyváltoztatás távolsága	személygépkocsi	tehergépkocsi	autóbusz/trolibusz	közúti villamos			
Mozgási folyamat	helyi	helyközi					
Szervezési mód	Elővárosi, környéki, regionális, távolsági		nemzetközi				
Szektor szerint	álló		mozgó				
Motiváció	egyéni		közforgalmú				
	szállítással hivatásszerűen		saját célból szállítók				
	munka	oktatás	mh. között	vásárlás	napi szabadidő	egészség	idegenforgalom





# A közúti közlekedés csoportosítási lehetőségei

A szállítás tárgya	személyközlekedés			áruszállítás		
Közlekedési eszköz	gyalog	kerékpár	motorkerékpár	mozgólépcső		
A helyváltoztatás távolsága	személygépkocsi	tehergépkocsi	autóbusz/trolibusz	közúti villamos		
Mozgási folyamat	helyi	helyközi				
Szervezési mód	Elővárosi, környéki, regionális, távolsági			nemzetközi		
Szektor szerint	álló			mozgó		
Motiváció	egyéni			közforgalmú		
Időszak szerint	szállítással hivatásszerűen			saját célból szállítók		
Területhez való viszony	munka	oktatás	mh. között	vásárlás	napi szabadidő	idegenforgalom
	hétközi			hétvégi		
	belső	induló	érkező	átmenő	elkerülő	



Budapest forgalmának arányai az érkezési és az indulási hely függvényében (adat forrása?, dátum?)

# A közúti járművek mozgásának általános jellemzői



## Forgalom:

A pályának (P), a járműnek (J), az embernek (E) és a környezetnek (időjárás, I) a **kölcsönhatása**, térben-időben lezajló, sztochasztikus folyamat.

## A közúti forgalom jellemzői, függőségei:

- részben kötött a pálya,
- a járművek kialakítása (J),
- az út paraméterei (P, I),
- kapcsolat az egymás után haladó járművek között (P, J, E, I)
- kapcsolat a környezet egyéb elemeivel (pl. forgalomirányítás) (P, J, E)

Törvények, szabályok alkalmazása és összefüggések felállítása (modellvizsgálatok és elemzések után) szükséges, hogy a közúti forgalmat jellemeznünk tudjunk.

# Lehatárolás, szemléletmódok

## Makroszkopikus modellek:

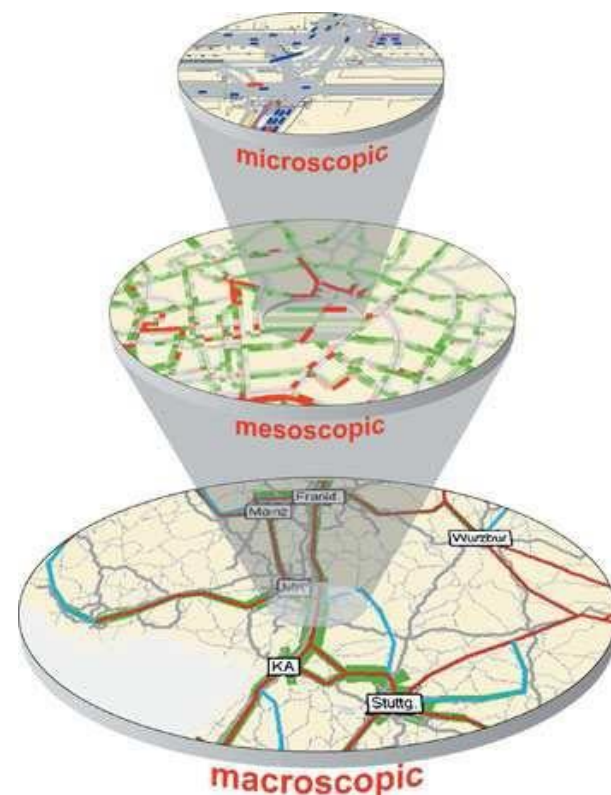
A közúti forgalmat egy közeg áramlásaként kezeli és a forgalom változását néhány fő jellemző közötti kapcsolat alakulásán keresztül határozza meg. A makroszkopikus modellezés kiválóan alkalmas hálózati szintű vizsgálatra, a tervezés megalapozására.

## Mikroszkopikus modellek:

Minden jármű külön egyedként szerepel a modellben és a járművek (illetve járművezetők) viselkedése már közvetlen a környezetüktől (és egymástól) függ.

## Mezoszkopikus modellek:

Az áramlat egyes elemeinek viselkedését vizsgálják, időben változó módon.



# Lehatárolás, szemléletmódok

## Makroszkopikus szemlélet:

A közlekedő járművek kölcsönhatásától függetlenül lehatárolt tér-idő felületre vonatkozó jellemzők vizsgálata.



## Mikroszkopikus szemlélet:

A vizsgálat tér-idő felülete megszakad, ha egy jármű vezetője nem szükségszerűen az előtte haladó jármű paramétereit figyelembe véve vezet, hanem attól teljesen függetlenül.



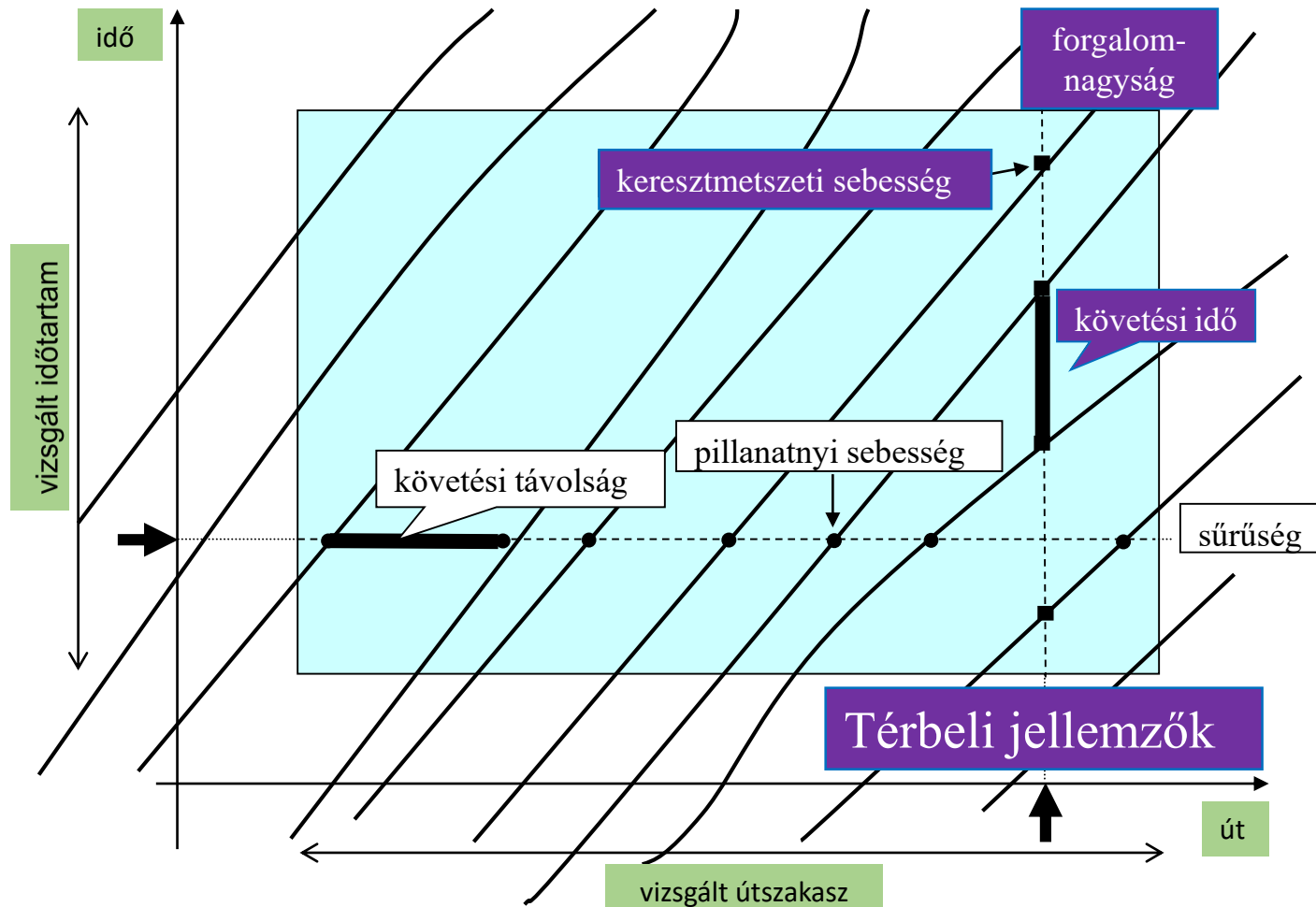
# A forgalmi áramlat térbeli, azaz keresztmetszeti jellemzői (melyek az időre vonatkoznak)

Jellemző	Meghatározás	Mértékegység
Forgalomnagyság	Adott keresztmetszeten időegység alatt áthaladó járművek száma	jármű/óra jármű/nap E/óra
Követési időköz	Adott keresztmetszetben, két egymást követő jármű orrának megjelenése között eltelt időtartam	s
Keresztmetszeti sebesség	Adott keresztmetszeten történő áthaladáskor mérhető sebesség	km/h m/s

# A forgalmi áramlat térbeli, azaz keresztmetszeti jellemzői (melyek az időre vonatkoznak)

Jellemző	Meghatározás	Mértékegység
Forgalomnagyság	Pontos fizikai mértékegység: $1/\text{idő}$	jármű/óra jármű/nap E/óra
Követési időköz	Az ábrából is látható: $\text{idő}/1$ $N=1/t_k$	s
Keresztmetszeti sebesség	Adott keresztmetszeten történő áthaladáskor mérhető sebesség	km/h m/s

# A közúti áramlat jellemzői tér-idő felületen (makroszkopikus lehatárolás)





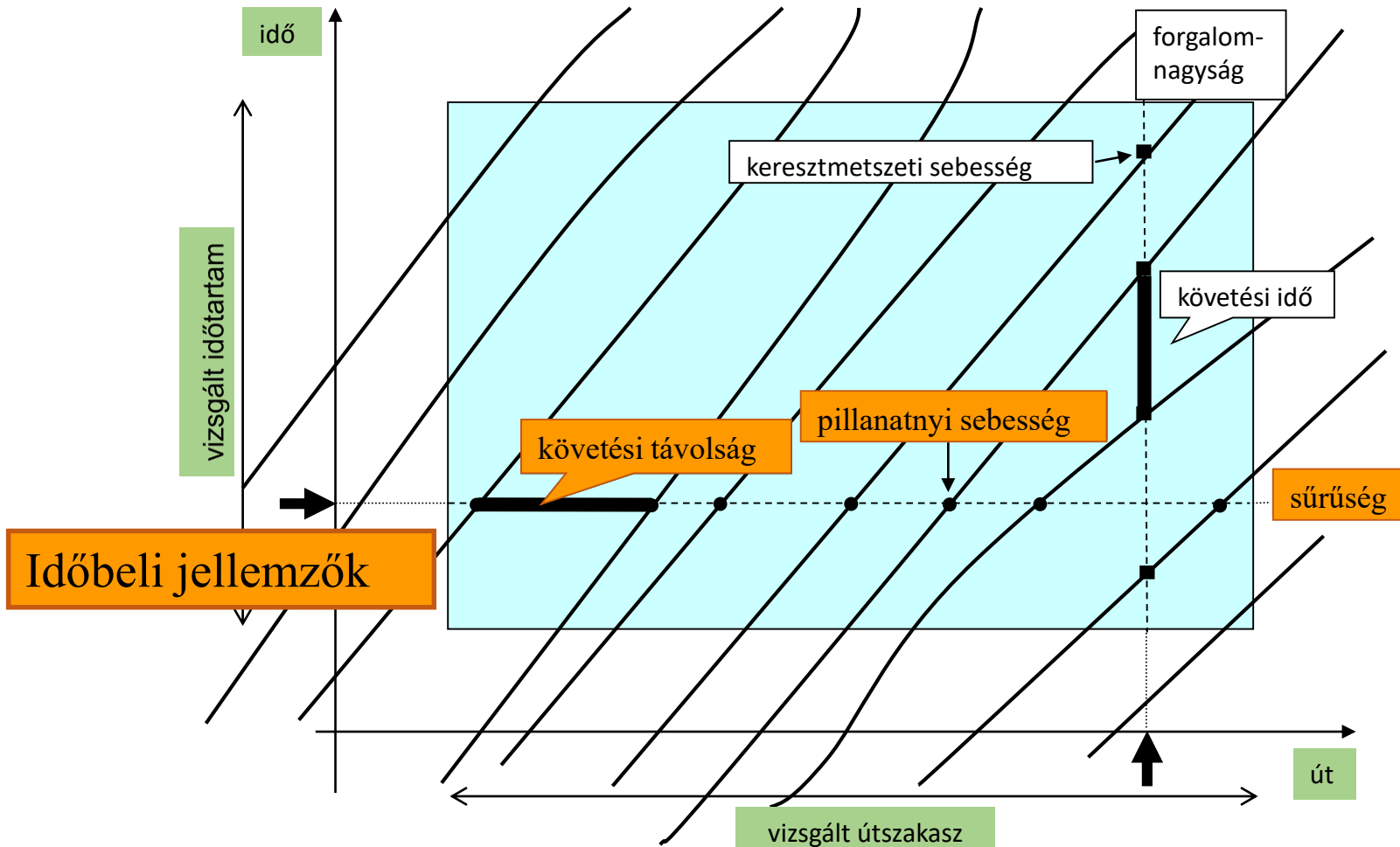
# A forgalmi áramlat időbeli jellemzői (melyek a távolságra vonatkoznak)

Jellemző	Meghatározás	Mértékegység
Sűrűség	Adott pillanatban egységnyi úthosszon lévő járművek darabszáma (járművek száma és a nyomok össz hosszának hányadosa)	jármű/km
Követési távolság	Adott pillanatban két egymást követő jármű orra között mérhető távolság	m
Pillanatnyi sebesség	Adott pillanatban a jármű sebessége	km/óra m/s

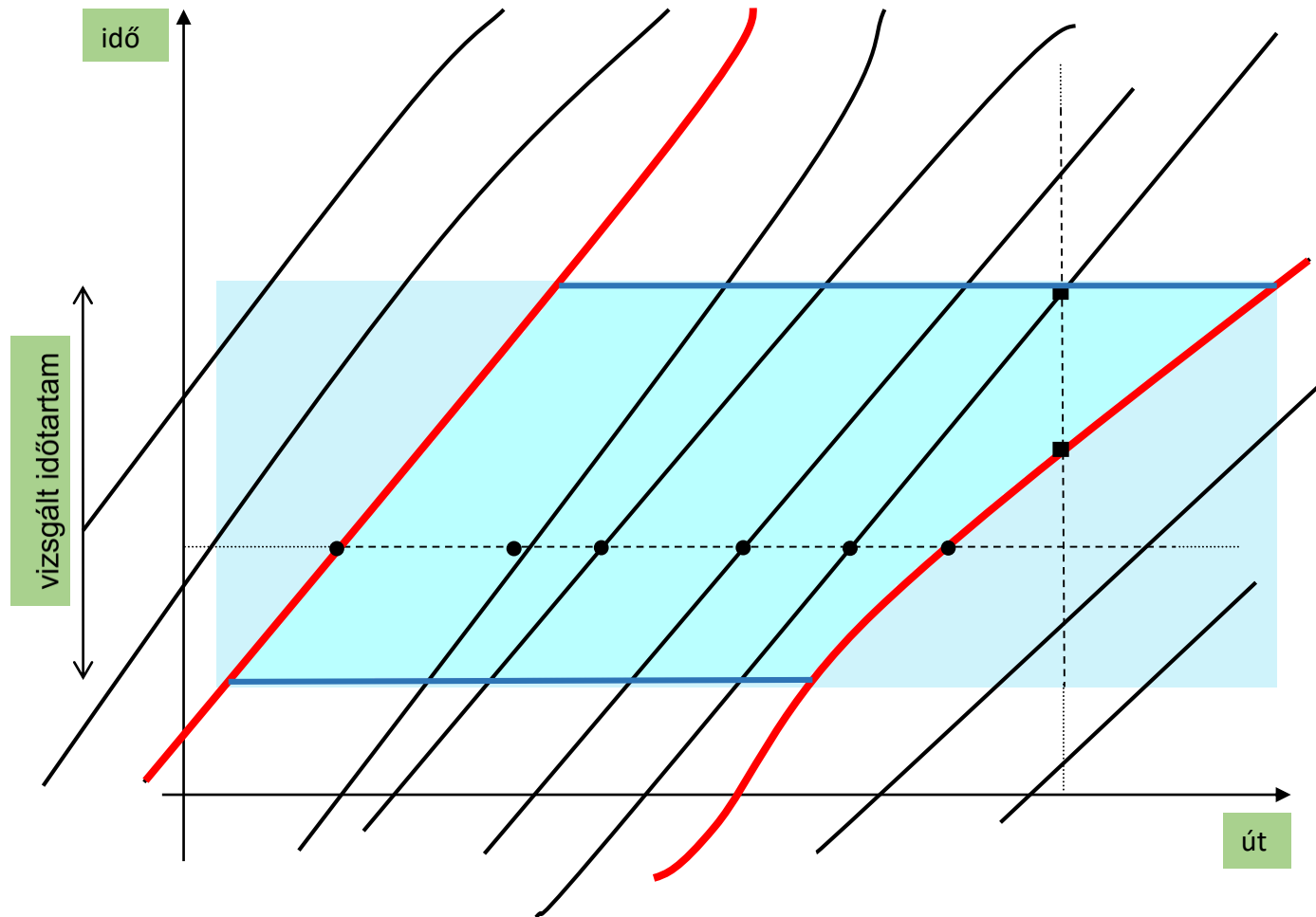
# A forgalmi áramlat időbeli jellemzői (melyek a távolságra vonatkoznak)

Jellemző	Meghatározás	Mértékegység
Sűrűség	Pontos fizikai mértékegység:  1/hossz	jármű/km
Követési távolság	hossz/1 Az ábrából is látható: $S=1/l_k$	m
Pillanatnyi sebesség	Adott pillanatban a jármű sebessége	km/óra m/s

# A közúti áramlat jellemzői tér-idő felületen (makroszkopikus lehatárolás)



# A közúti áramlat jellemzői tér-idő felületen (mikroszkopikus lehatárolás)



# Közlekedési áramlat jellemző mennyiségeinek felvételi lehetőségei

## **Időbeli:**

Meghatározott keresztmetszetben egy előre meghatározott hosszabb időszakban (keresztmetszeti jellemzők).

## **Térbeli:**

Egy időpillanatban egy előre meghatározott hosszabb útvonalon (időbeli jellemzők).

## **Térbeli-időbeli:**

Előre meghatározott időszakban egy előre meghatározott hosszabb útvonalon.

# Alapösszefüggés az átlagos forgalomnagyság, sűrűség és sebesség között

Egy 1 km hosszú körpályán folyamatosan halad **4 db jármű**, rendre **30, 40, 50, illetve 60 km/h** sebességgel. A járművek előzése biztosított, a vizsgálat **1 órán keresztül** tart.

Egy kiválasztott keresztmetszeten rendre 30, 40, 50, ill. 60 alkalommal haladnak át az órában, tehát **a forgalom nagysága 180 jm/h**, a **sűrűség** pedig 4 jm/km. A **lokális (keresztmetszeti) sebességek** átlaga:

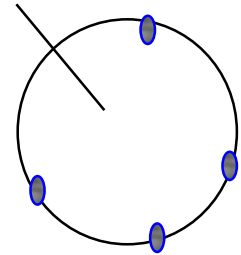
$$\bar{V}_\rho = (30 \cdot 30 + 40 \cdot 40 + 50 \cdot 50 + 60 \cdot 60) / 180 = 47,78 \text{ km/h}$$

A **momentán (pillanatnyi) sebességek** átlaga (bármelyik időpillanatban):

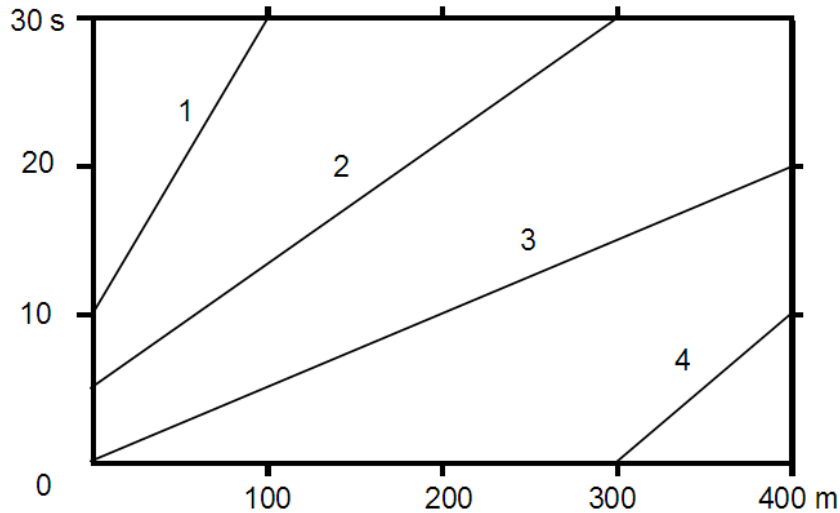
$$\bar{V}_m = (30 + 40 + 50 + 60) / 4 = 45 \text{ km/h}$$

A **fundamentális összefüggés**:

$$\bar{N} = \bar{S} * \bar{V}_m = 180 \text{ jm/h} = 4 \text{ jm/km} * 45 \text{ km/h}$$



# Tér-idő felületre vonatkozó átlagos sebesség paraméterek



$$V_1 = \frac{100}{20} = 5 \frac{m}{s}$$

$$V_2 = \frac{300}{25} = 12 \frac{m}{s}$$

$$V_3 = \frac{400}{20} = 20 \frac{m}{s}$$

$$V_4 = \frac{100}{10} = 10 \frac{m}{s}$$

Lehetséges átlagok:

Az időn át átlagolt pillanatnyi sebességek:

$$\bar{V}_{m,1} = \frac{20+10}{2} = 15 \frac{m}{s} \quad \bar{V}_{m,2} = \frac{12+20+10}{3} = 14 \frac{m}{s}$$

$$\bar{V}_{m,3} = \frac{5+12+20}{3} = 12,3 \frac{m}{s} \quad \bar{V}_{m,4} = \frac{5+12}{2} = 8,5 \frac{m}{s}$$

**A momentán átlag:**

$$\bar{V}_m = \frac{15*5 + 14*5 + 12,3*10 + 8,5*10}{30} = 11,76 \frac{m}{s}$$

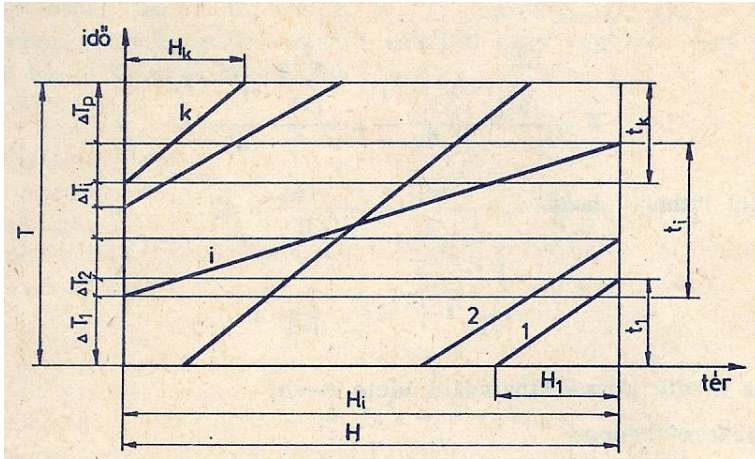
A téren át átlagolt keresztmetszeti sebességek:

$$\bar{V}_{\ell,1} = \frac{5+12+20}{3} = 12,3 \frac{m}{s} \quad \bar{V}_{\ell,2} = \frac{12+20}{2} = 16 \frac{m}{s} \quad \bar{V}_{\ell,3} = \frac{20+10}{2} = 15 \frac{m}{s}$$

**A lokális átlag:**

$$\bar{V}_{\ell} = \frac{12,3*100 + 16*200 + 15*100}{400} = 14,825 \frac{m}{s}$$

# A közúti áramlatot jellemző paraméterek közötti kapcsolat bemutatása makroszkopikus vizsgálat során



A tér-idő felület:  $F = H * T$ ;

$k$  db jármű halad;

$p$  db eltérő időintervallum van.

A  $\Delta T_i$  időszakban a sűrűség állandó:

$S_i = j_i / H$ , ahol

$j_i$  a  $\Delta T_i$  időszakban  $H$  úton jelen lévő járművek száma.

Célszerűen rendezve a képleteket kapjuk a **kontinuitási törvényt**:

Az időre átlagolt forgalomsűrűség:  $\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^p S_i * \Delta T_i}{T}$

ahol:  $\sum_{i=1}^p \Delta T_i = T$

A számláló a járművek eltöltött idejének összeg:

$$\sum_{i=1}^p j_i * \Delta T_i = \sum_{i=1}^k t_i$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^p j_i * \Delta T_i}{H * T}$$

$$\bar{S} = \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{H * T}$$

Tehát az **átlagos sűrűség**:

A **térre átlagolt forgalomnagyság** az időre átlagolt sűrűséghez analóg módon számítható ki:

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^k H_i}{H * T}$$

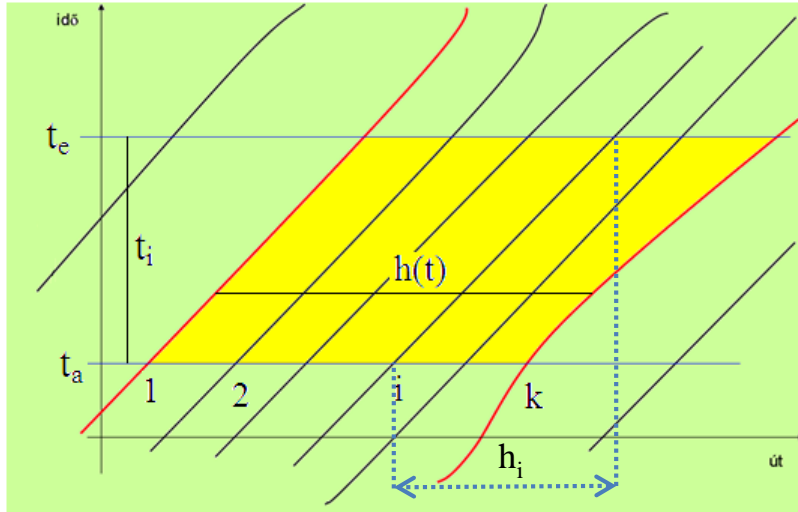
Az **időre átlagolt momentán sebességátlag**:

$$\bar{V} = \frac{\sum_{i=1}^k H_i}{\sum_{i=1}^k t_i}$$

$$\bar{N} = \frac{\sum_{i=1}^k H_i}{H * T} = \frac{\sum_{i=1}^k H_i}{\sum_{i=1}^k t_i} * \frac{\sum_{i=1}^k t_i}{H * T} = \bar{V} * \bar{S}$$



# A közúti áramlatot jellemző paraméterek közötti kapcsolat bemutatása mikroszkopikus vizsgálat során



A tér-idő felület:  $f = \int_{t_a}^{t_e} h(t) dt$

Átlagos áthaladási idő f-en:  $t_{\text{átl}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k t_i$

Átlagos áthaladási út f-en:  $h_{\text{átl}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k h_i$

Végeredményként a **kontinuitási törvényt** kapjuk:

Átlagos követési távolság:  $\bar{a} = \frac{f}{(k-1) * t_{\text{átl}}}$

Átlagos követési időköz:  $\bar{b} = \frac{f}{(k-1) * h_{\text{átl}}}$

Ezek felhasználásával:

$$\bar{n} = \frac{1}{\bar{b}} = \frac{(k-1) * h_{\text{átl}}}{f}$$

$$\bar{s} = \frac{1}{\bar{a}} = \frac{(k-1) * t_{\text{átl}}}{f}$$

A momentán sebességátlag  $t$  időpillanatban:

$$\bar{v}_{(m)}(t) = \frac{\sum_{i=1}^k v_i(t)}{k}$$

Ennek átlaga  $t_a$ - $t_e$  időszakra kiterjesztve:

$$\bar{v} = \frac{1}{t_e - t_a} \int_{t_a}^{t_e} \bar{v}_{(m)}(t) dt = \frac{1}{k(t_e - t_a)} \sum_{i=1}^k \int_{t_a}^{t_e} v_i(t) dt$$



$$\bar{v} = \frac{\sum_{i=1}^k h_i}{k(t_e - t_a)} = \frac{\sum_{i=1}^k h_i}{\sum_{i=1}^k t_i}$$

$$\bar{n} = \frac{(k-1) * \sum_{i=1}^k h_i}{f * k} = \frac{\sum_{i=1}^k h_i}{\sum_{i=1}^k t_i} * \frac{(k-1) * \sum_{i=1}^k t_i}{f * k} = \bar{v} * \bar{s}$$

# Mikroszkopikus áramlati állapotok

Járművek hatnak egymásra, járműveket kezel, **csoportokra vonatkozik** – lehatárolás a köv. táv. alapján (amíg az „hat” a követő járműre).

A **forgalomsűrűség** a legalkalmasabb a forgalmi folyam különböző belső minőségi állapotának osztályozására.

## Lebonyolódás tekintetében:

- Alacsony sűrűségű csoportok (sebességmegválasztás szabad, előzés lehetséges)
- Közepes sűrűségű csoportok (előzések csoporton belül szabadok, csoportok között kb. 50%-ban, járművezetők 80%-a szabadon választja meg a sebességet)
- Nagy sűrűségű csoportok (előzések csoporton belül kb. 25%-ban, csoportok között nem megvalósíthatóak)
- Igen nagy sűrűségű csoportok (a csoportok összeérnek, semmilyen előzés nem valósítható meg, kényszersebesség)

# Tapasztalati értékek mikroszkopikus szemléletben

Csoport jellemző		Átl. sűrűség jm/250 m $\bar{s}$	Átl. sebesség km/h $\bar{v}$	Átl.forg. nagyság jm/20 s $\bar{n}$	Teljesít-mény jm*m/20 s	Forgalmi állapot
Alacsony	sűrűség	0-3	>65	0...5	0...2000	Nincs kölcsönhatás
Közepes		3-8,9	65...45	4...9	1700...2700	Kölcsönhatás van, stabil
Nagy		8,9-14,15	50...25	8...10	2500...1000	Kölcsönhatás van, stabil-instabil
Igen nagy		>14,15	30...0	9...0	1600...0	Kényszer haladás; instabil

# Makroszkopikus áramlati állapotok

**Járműfolyamokat** kezel, nagy (térhossz és idő) lehatárolás, valamennyi csoportot figyelembe veszi (a „magányos” járműveket is).

Osztályozás **a csoportok alapján.**

**Lebonyolódás tekintetében:**

- Szabad forgalom (főleg alacsony sűrűségű csoportok, kis részben közepes sűrűségű csoportok)
- Részben kötött forgalom (nagyobb részben közepes, kis részben nagy sűrűségű csoportok)
- Kötött forgalom (főleg nagy sűrűségű csoportok, továbbá igen nagy sűrűségű csoportok)
- Telített forgalom (kizárólag igen nagy sűrűségű csoportok)

# Tapasztalati értékek makroszkopikus szemléletben

Kapcsolat a tapasztalati  
eredmények között:

$$\bar{N} = (0,7 - 0,8) * \bar{n}$$

Forgalom	Átl.sűrűség jm/km $\bar{S}$	Átl. sebesség km/h $\bar{V}$	Átl.forg. nagyság jm/perc $\bar{N}$	Teljesít- mény jm*km/perc	Forgalmi állapot
Szabad	0...5-15	>60	0...10	0...11	Növekvő sűrűség mellett nő a kis csoportok aránya
Részben kötött	5-15...25-35	60...45	9...22	9...16	Csoportos haladás, közepes-nagy sűrűség, előzés korlátozott
Kötött	25-35...40-50	45...25	20...23	15...8	Nagy sűrűségű csoportok-igen nagy csoportok, sűrűség és sebesség ingadozik
Telített	40-50	30...0	22...0	10...0	Igen nagy sűrűségű, instabil nagy csoportok, állás-haladás

# A két szemléleti mód eltérő használata

A vizsgált jellemzők mindegyike **sztochasztikus változó**, tehát átlagos érték a hozzá tartozó szórással.

A tér-idő felületre az **átlagos – kétféle – sebesség** több formában is meghatározható.

A **csomópont** mikroszkopikus, a **hosszabb szakasz** makroszkopikus szempontból kezelendő; **lehatárolás és az aktuális feladat kérdése** a megfelelő szemléletmód.

Kapcsolat a paraméterek között - a **forgalomtechnika alapegyenlete**:

$$\overline{N} = \overline{S} * \overline{v}_m$$

Az **áramlat sebessége** a momentán sebességek átlaga.