

A JELZŐLÁMPÁVAL NEM SZABÁLYOZOTT FORGALMÚ VÁROSI KÖZÜTI CSOMÓPONTOK KAPACITÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A személygépkocsik számának örvendetes növekedésével a városi úthálózatban fokozódnak a forgalmi nehézségek, egyre több szakaszon és egyre hosszabb ideig fordul elő forgalomtorlódás. Ez a jelenség természetesen elsősorban a csomópontokon tapasztalható. Egyre több lesz azon, jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú becsatlakozások és keresztezések száma, ahol a forgalom nagyság eléri azt az értéket, hogy valamilyen *forgalmi, vagy építési intézkedést kell tenni*, a forgalomlebonylódás megjavítására. Ehhez természetesen ismerni kell ezen csomópontok kapacitását. Így merül fel egyre sürgetőbbben a jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú, városi közúti csomópontok kapacitás meghatározásának kérdése.

A kérdés jelentőségét még jobban aláhúzzák az Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Útépítési Tanszékén a *budapesti csomópontok kapacitás-tartalmának meghatározása* során megállapított, és az 1. táblázatban közölt adatok.[1] Eszerint a vizsgált, legjelentősebb jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú csomópontok 44%-án (számszerint 51 db-on) 1971 előtt forgalmi nehézségek jelentkeznek.

1. táblázat

A forgalmi nehézségek jelentkezésének időpontja
a legjelentősebb, jelzőlámpával nem szabályozott
forgalmú budapesti csomópontokon

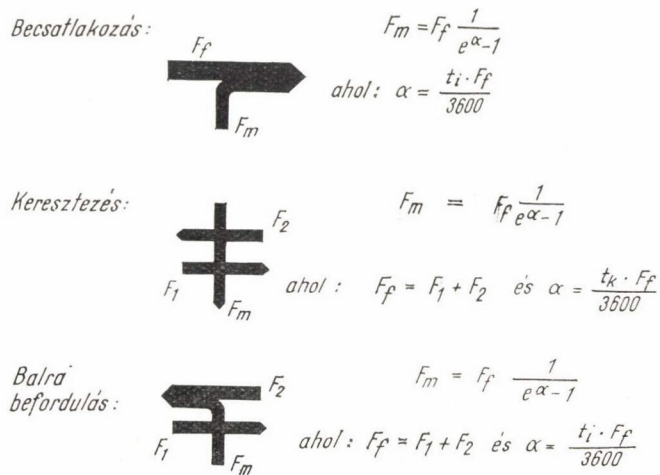
A forgalmi nehézségek jelentkezésének időpontja	A csomópontok száma a vizsgált csomópontok közül	
	év	db
1968 előtt	29	25
1968—1971	22	19
1971—1975	19	16
1975—1980	12	10
1980—1990	9	8
1990 után	25	22
	Össz.: 116	Össz.: 100

1. Az eddig hazánkban használt módszerek összefoglaló ismertetése

A jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú csomópontok kapacitásának meghatározása hazánkban eddig általában *kétféle módon* volt szokásos:

1. A *Grabe-féle*, határidőközökön alapuló valószínűségszámítási módszer [2]. Ez a módszer abból indul ki, hogy zavartalan forgalom esetén az egymást követő járművek követési időközeinek eloszlása a *Poisson-féle valószínűségi eloszlást* követi. Ez lehetővé teszi, hogy a forgalmi áramlásokat vizsgálva a valószínűségszámítás elméletét felhasználja. A feltételezés az, hogy a főirányok forgalma áthaladási elsőbbséggel rendelkezik, vagyis a főirányok forgalmát a mellékirányok forgalma nem zavarja.

A Grabe-féle módszer elsősorban *egyes csomópontrésztetek* kapacitásának meghatározására alkalmas. A becsatlakozás, a keresztezés és a balra (nagyíves)



1. ábra A mellékirányból átbocsátható legnagyobb számú jármű az egyes alapesetekben W. Grabe szerint

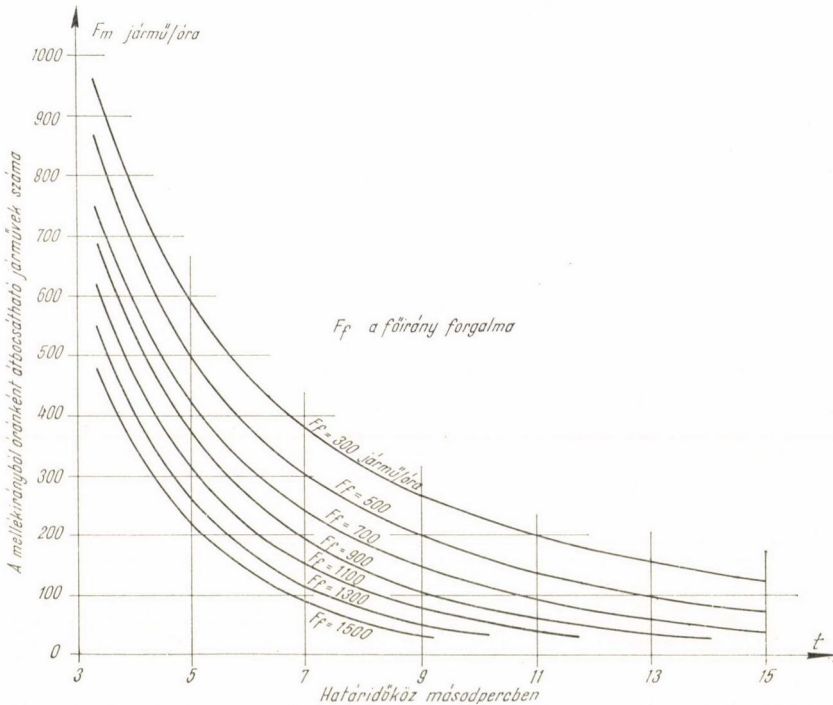
befordulás alapeseteire érvényes kapacitászámítási képleteket az 1. ábra tartalmazza. A közölt képletek arra a kérdésre adnak választ, hogy a főirány forgalmának zavarása nélkül a mellékirányból hány jármű képes szándékolt mozgását végrehajtani. Az 1. ábrán közölt képletekben *alkalmazott jelölések:*

- F_f a főirány forgalma jármű/óra-ban
- F_1, F_2 a főirány egyes irányainak forgalma jármű/óra-ban
- F_m a mellékirány lehetséges legnagyobb forgalma jármű/óra-ban
- t_i, t_k, t_l a határidőköz becsatlakozás, keresztezés és balra fordulás esetén, s-ben.

Megállapítható, hogy a Grabe-féle módszer szerint a mellékirányból átbocsátható F_m járműszám csak a főirány F_f forgalmától és a t határidőköztől függ. A 2. ábrán a mellékirány lehetséges forgalma látható a főirány forgalma és a határidőköz függvényében. Legyen például: $F_1 = F_2 = 250$ jármű/óra ($F_f = 500$ jármű/óra) és $t_k = 6,3$ s, úgy a 2. ábrából F_m -re 360 jármű/óra érték adódik.

2. A másik ismertebb módszer a függő foglaltságok elvén alapuló *Rapp-féle módszer* [3]. Ennél a módszernél a számítások alapja a nyomok metszése. *Kiindulásul* a metszéspontok száma, alakja, a nyomok járművel való fog-

laltsága közötti összefüggés szolgál, egyszerűsítő feltevésekkel kialakított forgalmi modell útján. A módszer egy csomóponttal kapcsolatban különböző változatok összehasonlítására alkalmazható, a kapacitásérték számszerű meghatározására azonban nem.



2. ábra A mellékirány lehetséges forgalma a főirány forgalma és a határidőköz függvényében W. Grabe szerint

2. Kapacitászámítás a Monte-Carló módszer alapján

Az eddig ismertetett és nálunk használatos módszerek azonban a gyakorlatban felmerülő kapacitászámítási igényeknek *nem feleltek meg*. A *Grabe-féle módszerrel* számított értékeknél ugyanis lényegesen nagyobb forgalmat észleltek, a *Rapp-féle módszer* pedig csak összehasonlításra alkalmas. Szükséges volt ezért a jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú közúti csomópontok kapacitásának meghatározására a *tényleges viszonyoknak jól megfelelő* módszert kidolgozni.

A *kidolgozott módszer* lényege az, hogy a főirány forgalmát időszalagon előállítva kiszámítható a mellékirányból átbocsátható járművek száma, feltételezve, hogy a főirány forgalmának áthaladási elsőbbsége van, és a mellékirányban állandóan várakoznak járművek az áthaladásra.

2.1. A főirány forgalmának előállításása

A főirány forgalmának előállítására a *Monte-Carló elnevezésű* numerikus módszert használtuk fel [4]. A módszer alkalmazásának *alapgondolata* a forgalmi folyamatok előállítása során a következő: az általában szokásos követési időköz mérésnél az időszalagra a járművek keresztmetszetbe érkezésének időpontját jelöljük be és ezáltal regisztráljuk a követési időközöket, ami a járműfolyamot egyértelműen meghatározza. Tudjuk, hogy ezek a követési időközök zavartalan forgalom esetén a *Poisson-féle* valószínűségi eloszlást követik. Ennek ismeretében „mesterségesen” előállítható egy ilyen követési időköz sor és a követési időközök egy időszalagra bejelölhetők. A követési időközök ilyen mesterséges előállítása történik Monte-Carló módszerrel. Alkalmazása az alábbi gondolatmenet szerint érthető meg:

Legyen valamely keresztezéshez érkező járművek irányonkénti aránya a következő:

balra nagyívben fordul	(b) = 0,2
jobbra kisívben fordul	(j) = 0,3
egyenesen továbbhalad	(e) = 0,5
összesen	1,0

Ha egy ilyen forgalomeloszlású keresztezésnél N számú járművet észlelünk, úgy várható, hogy

$$\begin{aligned} &0,2 \cdot N \text{ jármű balra} \\ &0,3 \cdot N \text{ jármű jobbra} \\ &0,5 \cdot N \text{ jármű egyenesen} \end{aligned}$$

halad tovább. Ha az érkező járműveket a *véletlen szerint* akarjuk elrendezni, figyelembe véve a fenti arányokat, úgy a *véletlen számokat tartalmazó táblázatból* (MNOSz 245—54) mindig egy r számot kivéve, a járműveket az egyes irányokba az alábbiak szerint sorolhatjuk: Ha $0 < r < 2$, úgy a jármű balra kanyarodik, ha $2 < r < 5$, úgy jobbra, ha pedig $5 < r < 10$, a jármű egyenesen halad tovább. A számok egymásutáni sorrendje és fenti értelmezése megfelel a tényleges forgalomlefolynak a vizsgált keresztezésben.

Ismeretes, hogy állandó t időtartam alatt *valamely keresztmetszeten áthaladó járművek száma* a Poisson-féle valószínűségi eloszlás alapján adható meg [4]. Legyen M a vizsgált keresztmetszeten óránként áthaladó járműszám és jelöljük λ -val a másodpercenkénti átlagos járműszámot, úgy

$$\lambda = \frac{M}{3600} \text{ jármű/s}$$

Annak valószínűsége, hogy n számú jármű haladjon át t idő alatt:

$$\varphi_{n(t)} = \frac{(\lambda \cdot t)^n}{n!} \cdot e^{-(\lambda \cdot t)}$$

Ha: $M = 300$ jármű/óra, $t = 12$ s, úgy

$$\lambda \cdot t = \frac{300}{3600} \cdot 12 = 1$$

A $\varphi_{n(t)}$ összefüggésből kiszámítva az n különböző értékeihez tartozó valószínűségeket, továbbá ezek $\varnothing_{n(t)}$ összegeit a 2. táblázatban látható értékeket nyertük.

2. táblázat

n	$\varphi_{n(t)}$	$\varnothing_{n(t)}$
0	0,368	0,368
1	0,368	0,736
2	0,184	0,920
3	0,061	0,981
4	0,015	0,996
5	0,003	0,999
6	0,001	1,000
7	0,000	1,000

Vizsgáljuk meg $N = 1000$ darab, $t = 12$ s hosszúságú intervallumot. Ebben az esetben várható, hogy 368 intervallumba nem érkezik egyetlen jármű sem, 368 intervallumba 1 jármű érkezik, 184 intervallumba 2 jármű, . . . stb. Vizsgáljuk meg most egy T_0 időponttól kezdve az egymásután következő intervallumokat. Használjuk fel ismét az r véletlen számokat. Ha: $000 < r < 368$, úgy az intervallumhoz nem rendelünk járművet. $368 < r < 736$ esetén az intervallumhoz egy járművet rendelünk, $736 < r < 920$ esetén két járművet. $920 < r < 981$ esetén három járművet, . . . stb, és végül $999 < r < 1000$ -hez 6 járművet. 7 jármű 1000 intervallum vizsgálata esetén egynél kevesebbszer fordul elő.

Tételezzük fel, hogy az intervallumok N száma nem adott, úgy a véletlen r szám első számjegye elé helyezve a tizedes vesszőt, *mindjárt valószínűséget kapunk*:

$$0 < r < 1$$

Általánosan megfogalmazva a kérdést: legyen E_1, E_2, \dots, E_n független, egymást kölcsönösen kizáró esemény, és p_1, p_2, \dots, p_n a megfelelő valószínűségeik ($\sum p_i = 1$), úgy az előbb bemutatott példa szerint az E_i esemény előfordulásának valószínűsége az alábbi összefüggésből határozható meg:

$$\sum_{j=1}^{i-1} p_j < r < \sum_{j=1}^i p_j$$

Ez az összefüggés *diszkrét elosztásokra vonatkozik.*

Folytonos elosztás esetén legyen $p(x)dx$ annak valószínűsége, hogy az x az $x + dx$ intervallumban fekszik, ahol

$$a < x < b, \text{ és } \int_a^b p(\xi) d\xi = 1,$$

úgy x az r függvényeként az alábbi összefüggésből határozható meg:

$$r = p(x) = \int_a^x p(\xi) d\xi \quad (1)$$

Ha r a $0 < r < 1$ intervallumban egyenletesen oszlik meg, úgy x a $p(x) dx$ gyakorisággal esik az $x, x + dx$ intervallumba.

2.2. Az időszalag meghatározása

A leírtak szerint a véletlen számtáblázat segítségével az M óránkénti járműszám függvényében — ismerve a követési időközök eloszlását — valamely t követési időköz az alábbi módon határozható meg:

A követési időközök eloszlásának sűrűségfüggvénye közismerten az alábbi: [4]

$$\varphi(t) = \lambda e^{-\lambda t} dt, \text{ ahol } \lambda = \frac{M}{3600},$$

és
$$\int_0^{\infty} \varphi(t) dt = \int_0^{\infty} \lambda e^{-\lambda t} dt = 1$$

Behelyettesítve az 1. jelű összefüggésbe:

$$r = P_{0t} = \int_0^t \lambda e^{-\lambda t} dt$$

Elvégezve a műveleteket:

$$r = 1 - e^{-\lambda t}$$

Ebből

$$t = \frac{-1 \ln(1 - r)}{\lambda}$$

Ily módon tehát a véletlen számtáblázatból kivett minden r szám függvényében meghatározható a hozzá tartozó követési időköz. Ezeket a követési időközöket egymásután felírva a keresett időszalagot kapjuk.

2.3. A számítások alapjául szolgáló forgalomlefolysis

A mellékirány lehetséges legnagyobb forgalmának meghatározásánál a számítások alapjául szolgáló forgalomlefolysis a KRESZ (2/1962. IX. 29. BM-KPM együttes rendelete) előírásainak figyelembevételével határoztuk meg. A feltételezés az volt, hogy nagyobb forgalom esetén az egyik útvonal forgalmának áthaladási elsőbbséget, vagy

1. elsőbbségadás kötelező, vagy

2. állj, elsőbbségadás kötelező jelzőtáblával biztosítják.

A két esetben a mellékútvonalról érkező járművek forgalmának lefolysisa eltérő.

Elsőbbségadás kötelező tábla esetén a főútvonalra ráhajtani szándékozó járműveknek a főútvonalon haladó gépkocsik számára áthaladási elsőbbséget kell biztosítani. Ez azt jelenti, hogy a főirány forgalmának zavarása nélkül keresztezhetik csak a mellékirány járművei a főútvonalat. Szándékolt mozgásukat tehát csak a főútvonal járművei közötti megfelelő nagyságú időköz (*határ-időköz*) esetén hajthatják végre. Amíg ennél az időköznel kisebb követési időközre érkeznek a főútvonal járművei a keresztezéshez, a mellékútvonalon a járműveknek várakozniuk kell.

A főútvonal előtt megállni kényszerült járművek, ha a főirányban megfelelő forgalommentes időszak van, zárt oszlopban, kis sebességgel haladva keresztezhetik a főútvonalat.

Ha a főútvonalat keresztező mellékútvonalon az útkeresztezés előtt, forgalombiztonsági szempontok miatt *állj, elsőbbségadás kötelező* tábla van, úgy a főútvonalra ráhajtás előtt — az áthaladási elsőbbség megadásán felül, az útburkolati jelek által meghatározott helyen — meg kell állni. Az előbbi esethez képest ez azt a lényeges eltérést jelenti, hogy a mellékirány valamennyi járművének *minden esetben meg kell állni*. Ebből következik, hogy:

1. a főirányban más lesz a határidőköz, mert a mellékirány minden járműve álló helyzetből indul,

2. a zárt oszlopban történő behaladás esete a mellékútvonalról nem lehetséges. Még abban az esetben is, ha a főútvonalon megfelelő forgalommentes időszak van a mellékirány minden egyes járművének a stopvonalon meg kell állni.

2.4. A számítások során felhasznált, a járművek mozgására jellemző értékek

A számítások során nagyjelentőségű a *határidőköz*, vagyis az a mértékadó időköz a főirány járműoszlopában, melyet a mellékirány járművei még éppen fel tudnak használni szándékolt mozgásuk végrehajtására. [5] A határidőköz értéke számos tényezőtől függ. Így függ a mozgás jellegétől (keresztezés, becsatlakozás, balra fordulás), a jármű típusától, a főirány forgalmának irányonkénti arányától, a főirányban haladó járművek sebességétől és a főútvonal szélességétől.

A határidőköz meghatározására az *Útépítési Tanszéken* módszert dolgoztunk ki, [6] és a mérési eredmények figyelembevételével a különböző tényezők függvényében meghatároztuk a határidőközt. Az eredményeket a 3. táblázat tünteti fel.

Összehasonlításként a 4. táblázatban *W. Grabe* által a Német Szövetségi Köztársaságban mért értékeket közöljük. [2]

A mellékútvonalon oszlopban várakozó járművek, ha a főútvonalon nem jön jármű, *oszlopban haladhatnak* át a keresztezésen. Ebben az esetben ennek a járműoszlopnak mozgása lényegében ugyanúgy folyik le, mintha a járművek jelzőlámpával szabályozott forgalmú keresztezésbe lépnének be a zöld jelzés felvillanása után. Ez a megállapítás elsősorban az *elsőbbségadás kötelező* jelzőtábla esetén érvényes.

Ha *állj, elsőbbségadás kötelező* tábla van kitéve, — mivel a stopvonalon minden járműnek meg kell állni — a járműoszlop járművei között nagy és állandó követési időközök lesznek.

A kapacitásszámítás során a mellékirány járműveinek *indulási idővesztését* nem vettük figyelembe, mivel ez az érték a határidőközben benne van.

A *követési időközöknél* — a szokástól eltérően — nem különböztettünk meg állandó és változó időközöket. Nagyságának meghatározásánál figyelembe kellett venni.

1. *Elsőbbségadás kötelező* tábla esetén az óvatos vezetéssel együttjáró kis sebességeket, továbbá azt, hogy rövid járműoszlopról van szó, és ezekre a gyorsulás alatti változó, tehát nagy követési időközök a jellemzőek.

2. *Állj, elsőbbségadás kötelező* tábla esetén a követési időközök nagyságának meghatározásánál figyelembe kellett venni, hogy a stop vonalnál minden járműnek meg kell állni. Az „előhúzás” és újra indulás időigénye nagy.

A határidőköz nagysága s-ben, a különböző tényezők függvényében

Alapeset	A keresztelő vagy forduló jármű típusa	A főirány forgalmának irányonkénti aránya $F = F_1 + F_2$	A főirányba haladó járművek sebessége							
			30 km/h		40 km/h		50 km/h		60 km/h	
			A főirányba haladó járművek pályájának szélessége m-ben							
			7,20	10,80	7,20	10,80	7,20	10,80	7,20	10,80
Keresztezés	szgk.	$F_1 = 0,6 F_2$	5,8	5,9	6,0	6,1	6,2	6,4	6,6	6,7
		$F_1 = F_2$	5,5	5,6	5,7	5,8	6,0	6,0	6,4	6,4
		$F_1 = 1,4 F_2$	5,3	5,3	5,5	5,5	5,8	5,8	6,1	6,1
	tgk.	$F_1 = 0,6 F_2$	7,1	7,1	7,2	7,2	7,5	7,5	7,8	7,8
		$F_1 = F_2$	6,8	6,8	6,9	6,9	7,2	7,2	7,5	7,5
		$F_1 = 1,4 F_2$	6,6	6,5	6,7	6,6	7,0	6,9	7,3	7,2
	mkp.	$F_1 = 0,6 F_2$	4,4	4,6	4,7	4,9	5,0	5,2	5,4	5,6
		$F_1 = F_2$	4,2	4,4	4,5	4,6	4,8	5,0	5,2	5,4
		$F_1 = 1,4 F_2$	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7	4,8	5,1	5,2
Fordulás kisívben	szgk.	—	9,4	9,5	11,5	11,6	13,5	13,6	15,1	15,2
	tgk.	—	10,2	10,3	12,1	12,2	14,1	14,2	—	—
	mkp.	—	8,2	8,3	11,4	11,5	12,4	12,4	—	—
Fordulás nagy- ívben	szgk.	$F_1 = 0,6 F_2$	6,9	7,2	7,8	7,9	8,6	8,8	9,4	9,5
		$F_1 = F_2$	6,9	7,1	8,0	8,1	9,1	9,2	10,1	10,1
		$F_1 = 1,4 F_2$	6,8	7,0	8,2	8,2	9,4	9,4	10,4	10,4
	tgk.	$F_1 = 0,6 F_2$	8,0	8,1	8,8	8,8	9,5	9,6	—	—
		$F_1 = F_2$	8,0	8,0	8,9	8,9	9,9	9,9	—	—
		$F_1 = 1,4 F_2$	7,9	7,9	9,0	8,9	10,2	10,0	—	—
	mkp.	$F_1 = 0,6 F$	5,8	6,0	6,7	6,8	7,5	7,6	—	—
		$F_1 = F_2$	5,9	6,0	7,0	7,0	8,0	8,0	—	—
		$F_1 = 1,4 F_2$	6,0	6,0	7,2	7,1	8,4	8,2	—	—

4. táblázat

A határidőköz értékei W. Grabe szerint

Alapeset	A keresztelő vagy beforduló jármű típusa	Határidőköz (s)
Keresztezés	személygépkocsi	6,6
	tehergépkocsi	7,3
	motorkerékpár	4,7
Fordulás kisívben	személygépkocsi	6,1
	tehergépkocsi	7,7
	motorkerékpár	—
Fordulás nagy- ívben	személygépkocsi	7,8
	tehergépkocsi	8,6
	motorkerékpár	3,6

2.5. A kapacitás meghatározása

Valamely jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú keresztezés *kapacitása* — ha a főútvonal forgalma áthaladási elsőbbséggel rendelkezik, — az a legnagyobb számú jármű, amely egy óra alatt a keresztezésbe beléphet, feltételezve, hogy a mellékirányban állandóan várakoznak járművek. Nyilvánvaló, hogy a főirány forgalmának változásával változik a mellékútvonalról belépni tudó járművek száma is. A *kérdés helyesen* tehát így hangzik: a főútvonal forgalmának függvényében a mellékútvonalról egy óra alatt hány jármű léphet be a keresztezésbe a mellékútvonalon állandó járműtorlódást feltételezve.

A számítást a következő gondolatmenet alapján végeztük el:[7] a már ismertetett módon előállítva a főútvonal járműveinek időszalagját, meghatároztuk az egyes időközök alatt a mellékirányból a főirányt keresztezni képes járművek számát, majd ezeket egy órai időtartamra összegeztük.

A számításokat mind az *elsőbbségadás kötelező*, mind az *állj, elsőbbségadás kötelező* forgalomszabályozás esetére elvégeztük.

A kapacitást különböző határidőközök és követési időközök felvételével határoztuk meg. A határidőközöket és követési időközöket úgy választottuk, hogy a figyelembeveendő legkisebb és legnagyobb érték is szerepeljen. Ily módon mód nyílt a *tényezők változásának hatását megvizsgálni* a kapacitásra.

Az 5. táblázatban a főirány időközének nagysága függvényében a mellékirányból átbocsátható járművek számát tüntettük fel a különböző határidőközök és követési időközök esetében.

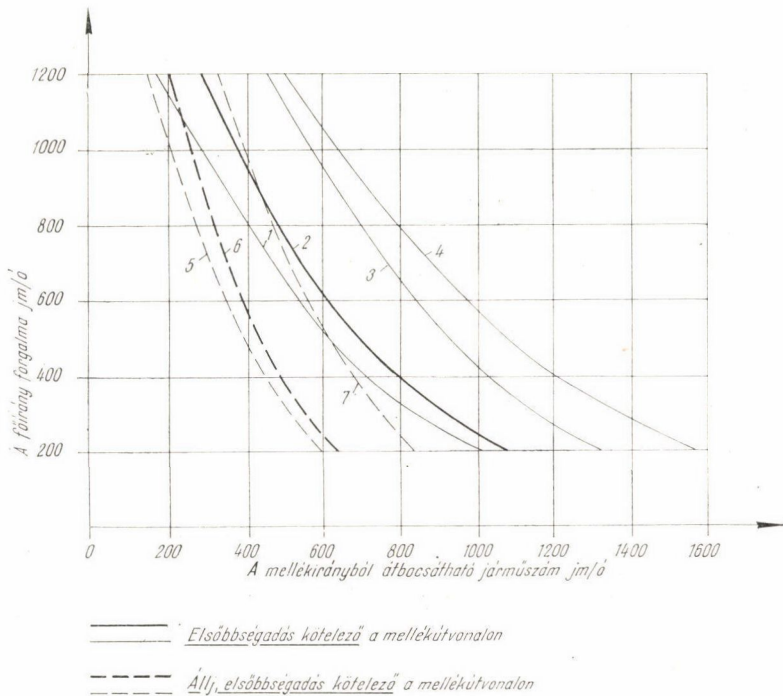
5. táblázat

A mellékirányból átbocsátható járműszám a főirány járművei követési időközökének függvényében

A forgalomszabályozás módja:		„Elsőbbségadás kötelező” táblával				„Állj! Elsőbbségadás kötelező” táblával		
		1	2	3	4	5	6	7
Alkalmazott értékek: (s-ben)	Határidőköz	5,0	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0
	Követési időköz	2,0	2,4	2,8	2,8	4,0	5,0	5,0
Átbocsátható járműszám:		Követési időköz a főútvonalon						
1	5,0	5,0	6,0	7,0	5,0	6,0	7,0	
2	7,0	7,4	8,8	9,8	9,0	11,0	12,0	
3	9,0	9,8	11,6	12,6	13,0	16,0	17,0	
4	11,0	12,2	14,4	15,4	17,0	21,0	22,0	
5	13,0	14,6	17,2	18,2	21,0	26,0	27,0	
6	15,0	17,0	20,0	21,0	25,0	31,0	32,0	
7	17,0	19,4	22,8	23,8	29,0	36,0	37,0	
8	19,0	21,8	25,6	26,6	33,0	41,0	42,0	
9	21,0	24,2	28,4	29,4	37,0	46,0	47,0	
10	23,0	26,6	31,2	32,2	41,0	51,0	52,0	
11	25,0	29,0	34,0	35,0	45,0	56,0	57,0	
12	27,0	31,4	36,8	37,8	49,0	61,0	62,0	
13	29,0	33,8	39,6	40,6	53,0	66,0	67,0	
14	31,0	36,2	42,4	43,4	57,0	71,0	72,0	
15	33,0	38,6	45,2	46,2	61,0	76,0	77,0	

A 3. ábrán a főirány forgalma függvényében megadtuk a *mellékirányból átbocsátható járművek számát* az 5. táblázatban szereplő határidőközök és követési időközök felvételével. A görbék számai az 5. táblázatban szereplő oszlopok számának felelnek meg.

A 3. ábrán a vastagon kihúzott görbéket a jelenlegi átlagos forgalmi viszonyoknak megfelelő értékek alapján számoltuk.



3. ábra A mellékirányból átbocsátható járműszám a főirány forgalma függvényében

Ezekre az esetekre kiszámítottuk és a 4. ábrán feltüntettük az egymást keresztezni tudó forgalom együttes nagyságát a főirány forgalma függvényében.

A 6. táblázatban összehasonlítás céljából a mellékirányból átbocsátható legnagyobb számú járművet adtuk meg a főirány forgalma függvényében. A táblázat egyik oszlopában az előbbieken részletesen ismertetett módon, az *időszalag alapján* számított, és a 3. ábrán feltüntetett forgalom, a másik oszlopban a *Grabe-féle módszer* alapján számított, és a 2. ábrán felrakott értékek szerepelnek. A forgalomlefolys módjára beírt számok az 5. táblázat megfelelő oszlopszámával azonosak. A *Grabe-féle módszerrel* — amint a 6. táblázatból látható — 3 féle határidőközre határoztunk meg értékeket.

A közölt ábrákból, ill. táblázatból az alábbi következtetések vonhatók le:

1. A 3. ábrából látható, hogy a mellékirányból átbocsátható járműszám milyen mértékben változik a határidőköz, illetve követési időközök nagyságának függvényében. A legkedvezőbb (1. ill. 5. jelű görbe) és legkedvezőtlenebb eset között (4. ill. 7. jelű görbe) az eltérés:

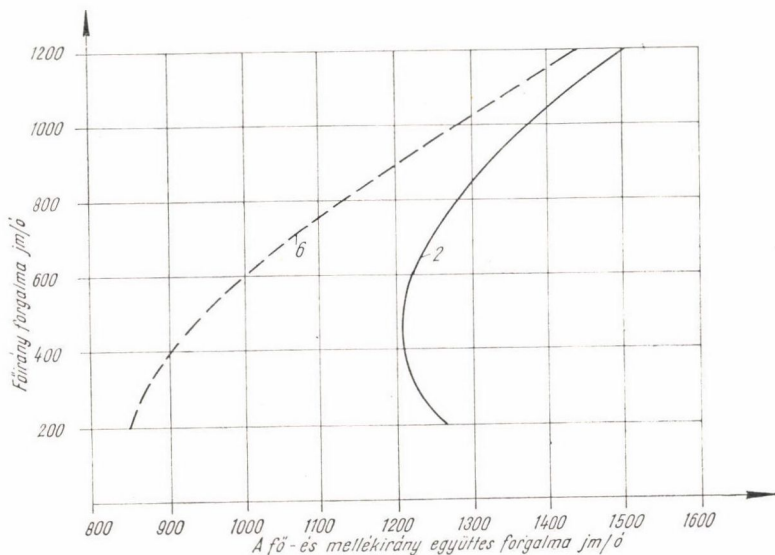
A mellékirányból átbocsátható legnagyobb járműszám „időszalag” alapján számolva és a Grabe-féle módszer szerint

A főirány forgalma	A forgalomlefordítás módja	A mellékirányból átbocsátható legnagyobb számú jármű	
		„időszalag” alapján számolva	A Grabe-féle módszer szerint
200	1	1560	
	2	1324	660
	3	1081	520
	4	1016	440
	5	826	
	6	647	
	7	607	
400	1	1215	
	2	1021	550
	3	806	430
	4	715	340
	5	681	
	6	499	
	7	445	
600	1	958	
	2	834	460
	3	618	350
	4	516	270
	5	568	
	6	408	
	7	348	
800	1	822	
	2	704	390
	3	506	280
	4	414	220
	5	494	
	6	352	
	7	292	
1000	1	630	
	2	563	340
	3	378	240
	4	265	180
	5	418	
	6	270	
	7	195	
1200	1	504	
	2	462	280
	3	297	190
	4	198	140
	5	324	
	6	222	
	7	165	

a) *elsőbbségadás kötelező* jelzőtábla esetén, ha a főirány forgalma 200 jármű/ó; 35%, ha a főirány forgalma 1200 jármű/ó; 61%

b) *állj, elsőbbségadás kötelező* jelzőtábla esetén, ha a főirány forgalma 200 jármű/ó; 26%, ha a főirány forgalma 1200 jármű/ó; 49%.

2. A főirány forgalmának növekedésével a mellékirányból átbocsátható járművek száma természetesen csökken. A jelenlegi átlagos forgalmi viszonyoknak megfelelő, a 3. ábrán vastagon kihúzott 2. és 6. jelű görbék adatai szerint, ha a főirány forgalma 200 jármű/ó-ról 1200 jármű/ó-ra növekszik, a mellékirány lehetséges forgalma 1081-ről 297-re, illetve 647-ről 222-re csökken.



4. ábra Az egymást keresztezni tudó forgalom együttes nagysága a főirány forgalma függvényében

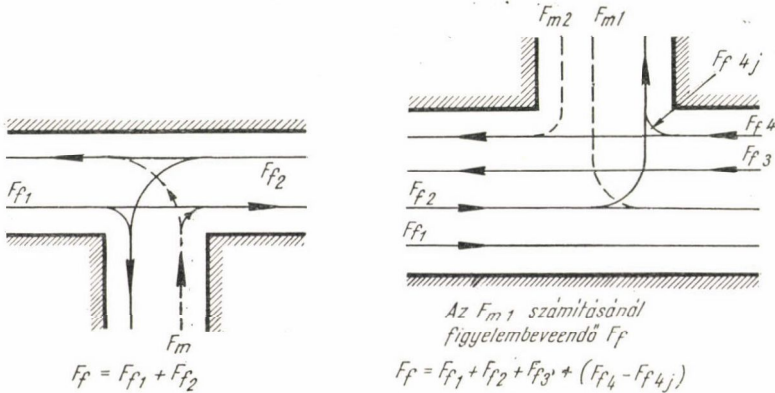
3. Összehasonlítva a mellékirányból a keresztezésbe belépni képes járművek számát a 2. és 6. jelű görbék esetében, megállapítható, hogy az eltérés — abban az esetben, ha a főirány forgalma 200 jármű/óra — kereken 430 jármű/ó, tehát igen jelentős; míg ha a főirány forgalma 1200 jármű/ó, az eltérés mindössze 75 jármű/ó.

4. A 6. táblázat szerint az *időszalag* alapján és a *Grabe-féle módszerrel* számolt kapacitás értékek összehasonlításából látható, hogy az *időszalag* alapján számolt mellékirányú forgalom lényegesen nagyobb, mint a *Grabe-féle módszer* alapján számolt. Különösen nagy az eltérés — mintegy kétszeres — ha a főirány forgalma kicsi. Ez a jelentős eltérés abból adódik, hogy a *Grabe-féle módszer* nem veszi figyelembe azt, hogy a járművek oszlopban is áthaladhatnak a főútvonalon, és minden egyes jármű áthaladására a határidőköznek megfelelő időközöt használta fel. Ezért a *Grabe-féle módszerrel* számolt kapacitásértékek aránylag jól egyeznek az *állj, elsőbbségadás kötelező* jelzőtábla esetén számolt értékekkel. (Az előbbi mintegy 15—20%-kal kisebb értéket ad.)

2.6. Megjegyzések és példák a kapacitászámítás végrehajtására

Az ismertetett kapacitászámítási módszer — melynek végeredménye a 3. ábra 2. és 6. jelű görbéje — alkalmazásával kapcsolatban szükséges néhány megjegyzést tenni.

A főirány forgalma alatt mindazon forgalmi áramlatok forgalmának összessége értendő, melyek áthaladási elsőbbségét a mellékirány járműveinek egyidejűleg figyelembe kell venni. Az F_f főirány forgalmának meghatározására az 5. ábrán mutatunk be példákat.



Jelölések:

F_f = a főirány egyidejűleg figyelembeveendő forgalma

F_m = a mellékirány forgalma

Az F_{m1} számításánál figyelembeveendő F_f

$F_f = F_{f3} + (F_{f4} - F_{f4j})$

5. ábra Példák a főirány forgalmának meghatározására

Amennyiben a csomópont kialakítása olyan, hogy egyidejűleg mellékirányú járműfolyam haladhat át a csomóponton anélkül, hogy egymás forgalmát befolyásolnák, úgy a csomópont kapacitását a főirányban, és a két mellékirányban átbocsátható járművek számának összege adja. Ha a mellékirányok egymást metszik úgy a főirányon átbocsátható járműszám a két egymást metsző mellékirány együttes forgalmát adja.

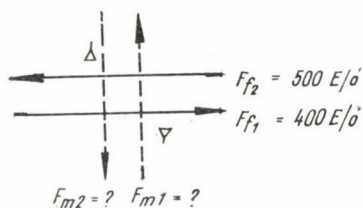
A kapacitászámítás végrehajtására példák a 6. ábrán láthatók. Az F_m értékeket a 3. ábrán látható 2. jelű görbén olvastuk le.

A 6. ábrán példaként bemutatott kapacitászámítási módszer alkalmazandó az olyan körforgalmú csomópontok kapacitászámításánál is (az útvonalak betorkolásánál), ahol

1. nincs meg a megfelelő — legalább 32,0 m-es — fonódási hossz,
2. nincs meg a szükséges — legalább 3 nyomú — pályaszélesség ahhoz, hogy a fonódási szakaszokon fonódás alakulhasson ki.

3. A villamosforgalom figyelembevétele körforgalmú csomópontokon

A körforgalmú csomópont körpályájának metszése villamosvasúti vágányokkal a körforgalmú csomópont kapacitása szempontjából mértékadó lehet. Ennek a mértékadó pontnak kapacitászámítása, ha a villamosoknak áthaladási elsőbbségük van, a következő módon hajtható végre[8]:

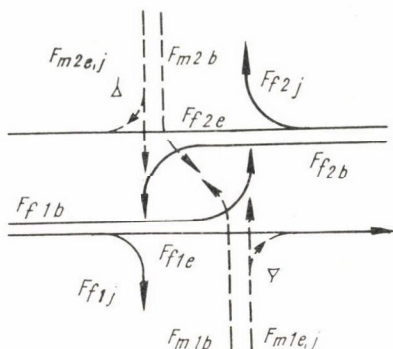


$$F_f = 500 + 400 = 900 \text{ E/ó}$$

$$F_{m1} = F_{m2} = 330 \text{ E/ó}$$

A keresztezés kapacitása:

$$F_f + F_{m1} + F_{m2} = 1560 \text{ E/ó}$$



A főirány forgalmi adatai

F_{f1}	F_{f2}
$j = 50 \text{ E/ó}$	$j = 80 \text{ E/ó}$
$e = 350 \text{ E/ó}$	$e = 400 \text{ E/ó}$
$b = 150 \text{ E/ó}$	$b = 70 \text{ E/ó}$
550 E/ó	550 E/ó

A vizsgált mellékirány	A főirány forgalma	A vizsgált mellékirány kapacitása
$F_{m1e, j} + F_{m2b}$	$F_{f1e} + F_{f1b} + F_{f2b} + F_{f2e} + F_{f2j}$ $350 + 150 + 70 + 400 + 80 = 1050$	230 E/ó
$F_{m2e, j} + F_{m1b}$	$F_{f2e} + F_{f2b} + F_{f1b} + F_{f1e} + F_{f1j}$ $400 + 70 + 150 + 350 + 50 = 1020$	250 E/ó

Megjegyzés: Mivel $F_{m1e, j}$ és F_{m2b} , továbbá $F_{m2e, j}$ és F_{m1b} metszik egymást, a két metsző mellékirány együttes kapacitása számítható.

A keresztezés kapacitása:

$$F_{f1} + F_{f2} + F_{m1} + F_{m2} = 550 + 550 + 230 + 250 = 1580 \text{ E/ó}$$

6. ábra Példák a kapacitászámítás végrehajtására

Először meg kell határozni a mértékadó villamosforgalmat egység-szerelvényben. Kétvágányú villamosvonal esetén a két vágány forgalma összeadandó. Az egység-szerelvényre történő átszámítás szorzói a következők:

1 kocsi szerelvény	1,0
2 kocsi szerelvény	1,2
3 kocsi szerelvény	1,5

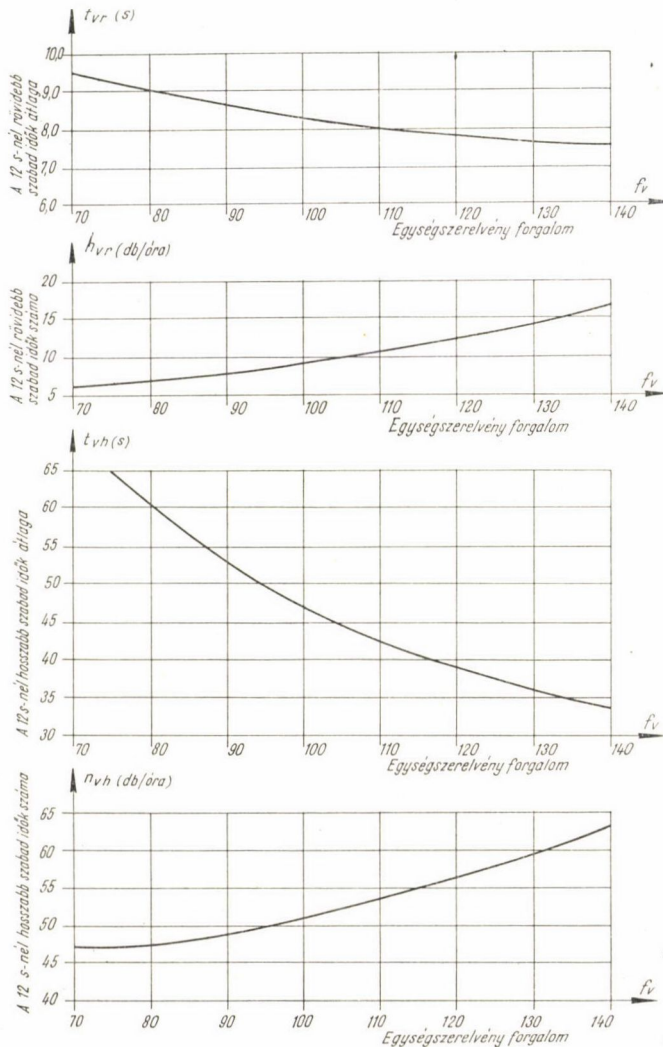
Ezután az egység-szerelvényben kifejezett villamosforgalom nagyságának függvényében meghatározandó a közúti forgalom áthaladására rendelkezésre

álló szabad idők hossza és azok megoszlása. Ennek, továbbá a gépjárművek közötti követési időközöknek ismeretében a körpálya kapacitása felállási nyomonként számítható. Az itt alkalmazott módszer alap gondolata a *követési időköz eljárással* azonos.

A 7. ábrán az egységszerelvényben kifejezett össz-villamosforgalom függvényében

— a 12 s-nél rövidebb szabad idők átlagos hosszát s -ben és ezek előfordulásának számát db/órában

— továbbá a 12 s-nél hosszabb idők átlagos hosszát s -ben és ezek előfordulásának számát db/órában



7. ábra. Kapacitászámítási adatok az egységszerelvényben kifejezett össz-villamosforgalom függvényében

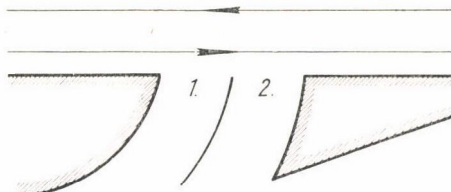
adtuk meg. A 12 s szétválasztási határ a gyorsuló (változó követési időközzel) és állandó sebességgel (állandó követési időközzel) haladó járműoszlop szerinti szétválasztást veszi figyelembe.

Jelenleg ezeken a helyeken a személygépkocsik követési időköze

— a gyorsuló járműoszlopban: 3,0 s

— a felgyorsult járműoszlopban: 2,7 s

A kapacitászámítás végrehajtására az *alábbi példát* mutatjuk be:



8. ábra Helyszínrajzi elrendezés

Adatok: A helyszínrajzi elrendezés a 8. ábrán látható. A két irány mértékadó villamosforgalma:

1 kocsis szerelvény	35 db
2 kocsis szerelvény	22 db
3 kocsis szerelvény	48 db

$$f_v = 35 \cdot 1,0 + 22 \cdot 1,2 + 48 \cdot 1,5 = 133 \text{ egyszerszerelvény/óra.}$$

Az 1. jelű nyom kapacitása:

A 7. ábrán az f_v függvényében leolvasott értékek:

$$t_{vr} = 7,6 \text{ s}$$

$$n_{vr} = 15,0 \text{ db/óra}$$

$$t_{vh} = 35,5 \text{ s}$$

$$n_{vh} = 61 \text{ db/óra}$$

A 12 s-nél rövidebb szabad idők alatt átbocsátható járművek száma:

$$\frac{t_{vr}}{3,0} \cdot n_{vr} = \frac{7,6}{3,0} \cdot 15 \cong 38 \text{ E/ó}$$

A 12 s-nél hosszabb szabad idők alatt átbocsátható járműszám:

$$\left(\frac{12,0}{3,0} + \frac{t_{vh} - 12,0}{2,7} \right) n_{vh} = \left(4 + \frac{35,5 - 12,0}{2,7} \right) \cdot 61 = 780 \text{ E/ó}$$

$$K_1 = 38 + 780 = 818 \text{ E/ó}$$

A 2. jelű nyom kapacitásának meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a helyszínrajzi elrendezés következtében a 2. jelű nyom csak 3 jármű számára biztosít felállási lehetőséget. Ezért a rövid szabad idők alatt esetenként 2 jármű, a hosszú szabad idők alatt esetenként 3 jármű bocsátható át. A kapacitás tehát:

$$K_2 = 2 \cdot n_{vr} + 3 \cdot n_{vh} = 2 \cdot 15 + 3 \cdot 61 \cong 213 \text{ E/ó}$$

A vizsgált körpályaszakasz kapacitása:

$$K_1 + K_2 = 818 + 213 = 1031 \text{ E/ó}$$

*

*Befejezésé*nt szükséges megjegyezni, hogy a jelzőlámpával nem szabályozott forgalmú csomópontok bizonyos nagyságúnál nagyobb forgalma esetén nem csak kapacitásnövelési, hanem biztonsági és gazdaságossági szempontból is kívánatos a jelzőlámpaszabályozás bevezetése.

IRODALOM

- [1] A budapesti útvonalak és csomópontok kapacitástartalékának meghatározása. A Fővárosi Tanács Közlekedési Igazgatósága megbízásából kidolgozta az ÉKME Útépítési Tanszéke. Budapest, 1964.
- [2] *W. Grabe*: Leistungsermittlung von nicht lichtsignalgesteuerten Knotenpunkten des Strassenverkehrs. Kirschbaum Verlag. Bielefeld, 1954.
- [3] *Rapp*: Die Leistungsfähigkeit von ungesteuerten Verkehrsknotenpunkten. Birkhäuser Buchdruckerei. Basel, 1954.
- [4] *Dr. Ing. Steierwald*: Die Leistungsfähigkeit von Knotenpunkten des Strassenverkehrs. Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, 1961. Heft 11.
- [5] *dr. Bényei András*: Útak és közúti csomópontok kapacitása. Mérnöki Továbbképző Intézet, Budapest, 1962. (75. oldal).
- [6] *dr. Bényei András*: A közúti forgalmi csomópontok kapacitásánál használatos határidőköz meghatározása a közlekedésdinamikán alapuló új módszerrel. Építőipari és Közlekedési Műszaki Egyetem Tudományos Közleményei, Budapest, 1960.
- [7] *dr. Bényei András*: A közúti jelzőlámpával történő forgalomirányítás bevezetése. MTA Közlekedéstudományi Munkaközösség jelentése, Budapest, 1965. Kézirat.
- [8] *dr. Bényei András—Kálnoki Kis Sándor*: A villamos forgalom figyelembevétele a budapesti körterek kapacitásának meghatározásánál. Közlekedéstudományi Szemle, 1963. május.