

# A többsávos körforgalmak teljesítőképességének és forgalombiztonságának növelése

Dr. Maklári Jenő  
Közlekedés Kft.  
1052 Budapest, Bécsi u. 5.  
ft@kozlekedes.hu

## 1. Bevezetés

A modern, új típusú körforgalom Angliában született meg, amikor 1966-ban sikerült a folyamatos forgalomlebonyolódás alapfeltételét jelentő elsőbbségszabályozást, azaz a körpálya elsőbbségének biztosítását bevezetni. Addig ugyanis az egységes nemzetközi szabálynak, a jobbkézsabálynak (Angliában balkéz-szabálynak) a védelme érdekében a körforgalommal sem kívántak kivételt tenni. Az angliai áttörést követően az új szabályozást Bretagne több városában is átvették, ahonnan tovább terjedve 1983-ban egész Franciaországban egységesen ez lett az elfogadott szabály. Ezzel megindult az új típusú körforgalom látványos elterjedése egész Európában. Magyarországot 1990 körül érte el a hullám, mely jelenleg is töretlenül tart.

E siker elsősorban annak köszönhető, hogy a körforgalom páratlanul harmonikusan egyesíti a kedvező teljesítőképességi, forgalombiztonsági és szolgáltatási színvonalbeli jellemzőket. Mindez azonban csak az egysávos körforgalomról mondható el. Amikor korábban épített példányaiból egyesek már elérkeztek teljesítőképességük határára, egyszerűnek látszott a megoldás: bővíteni kell a körpályát, valamint egyes – vagy több – belépő torkolatot további forgalmi sávokkal. Ha új csomópont épül és az egysávos körforgalom teljesítőképességét meghaladja a forgalom, többsávos körforgalomként építendő meg. A módosított, illetve ily módon épült csomópontokkal szemben az elvárás mindezekből következően a nagyobb teljesítőképesség és az egysávos változatnál megszokott forgalombiztonsági szint volt. Sajnos a megvalósult csomópontok mindkét vonatkozásában csalódást okoztak, a teljesítőképesség viszonylag csak csekély mértékben nőtt, a forgalombiztonság – elsősorban az anyagi káros balesetek megszorodásával – pedig romlott. Jelenleg Európa szerte keresik a megoldást a többsávos körforgalmak olyan kialakítására, amely jelentősebb teljesítőképesség növekedést nyújt és – lehetőleg – forgalombiztonsága sem kedvezőtlenebb, mint az egysávos körforgalmaké.

## 2. A kialakult forgalombiztonsági és teljesítőképességi helyzet áttekintése

### 2.1. Forgalombiztonság

A többsávos körforgalmak forgalombiztonsága a modern egysávos körforgalométól elmarad.

**Németországban** BRILON és munkatársai által 1993-ban végzett széleskörű balesetelemző vizsgálat [1] során 26 körforgalomban bekövetkezett 1500 balesetet elemeztek. A modern egysávos körforgalmak mellett régi két- és háromsávos körforgalmakat is vizsgáltak. Az eredmények egyértelműen tükrözték a két körforgalomtípus közötti különbséget forgalombiztonsági szempontból. Az I. táblázat adatai szerint a régi többsávos körforgalmak baleseti rátája és baleseti költségrátája lényegesen magasabb, mint az egysávos körforgalmaké. A balesetek zöme az érintőlegesen csatlakoztatott belépéseknél és a körpályán a sáv váltások során keletkezett.

	<b>Baleseti ráta (baleset/10<sup>6</sup> jm)</b>	<b>Baleseti költségráta (DM/10<sup>3</sup> jm)</b>
Egysávos körforgalmak	1,62	6,06
Többsávos körforgalmak	6,57	26,97

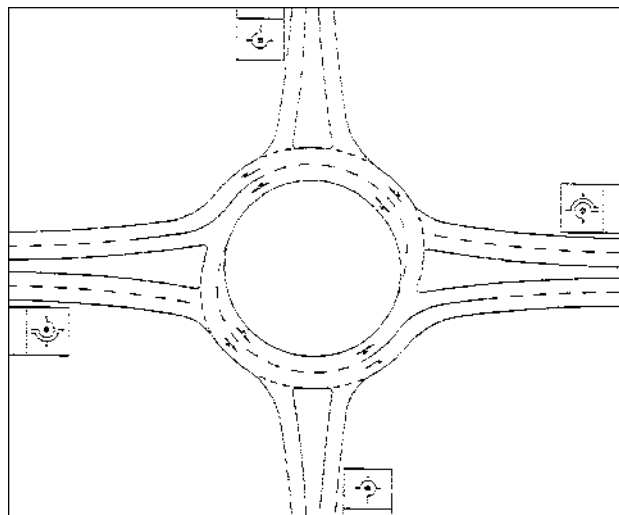
HALLER és HÜSKEN vizsgálatai szerint [2] is az egysávos kompakt körforgalmak forgalombiztonsága igen jó. A vizsgált 10 lakott területen kívüli körforgalomnál az átlagos baleseti rátát  $0,8/10^6$  járműnek találták. Megállapították, hogy a legtöbb baleset rossz látásviszonyok és csekély forgalom mellett következett be.

Igen értékes és alapos balesetelemző munkarész készült a nagyméretű többsávos körforgalmakra SCHNÜLL és GOLTERMAN terjedelmes kutatási jelentésében [3], mely a meglévő csomópontok átépítésére, illetve újak speciális kialakítására javaslatokat is adott. A nem jelzőlámpás szabályozású többsávos körforgalmak baleseti rátáját  $5,41$  és  $7,76/10^6$  jm közöttinek találták, attól függően, hogy a fölérendelt forgalom kiemelt, folyamatos átvezetést kapott-e a csomópontban vagy nem. Tendenciaként jelentkezett, hogy a baleseti mutatók a körforgalom méreteinek (átmérőjének) növekedésével szintén nőttek.

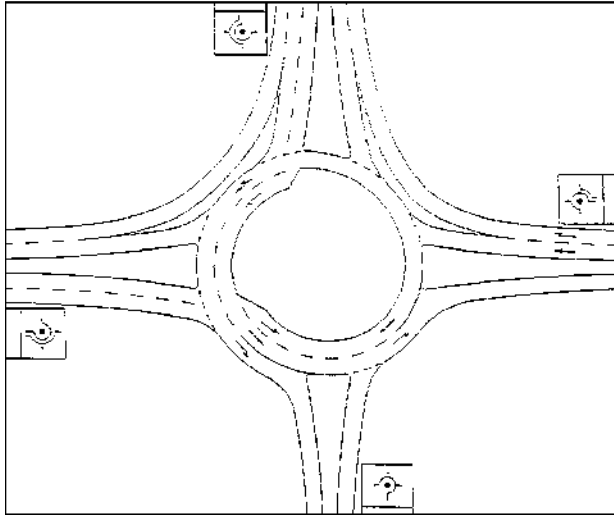
A tapasztalatok alapján a következő javaslatokat adták:

- spirális sávvezetés és ehhez kapcsolódóan előosztályozás (lásd az 1., 2. és 3. ábrát)
- a kis körforgalmakra vonatkozó előírások alkalmazása, pl.
  - a belépő ágak lehetőleg merőleges csatlakoztatása,
  - erőteljes eltérítés a belépő sebesség csökkentésére,
- a kilépő ágak kevésbé direkt vezetése, max. 25 m-es lekerekítés alkalmazása
- a külső átmérő olyan megválasztása, hogy a csomóponti ágak közötti távolság 30 m körüli - annál lehetőleg nem kisebb - legyen.

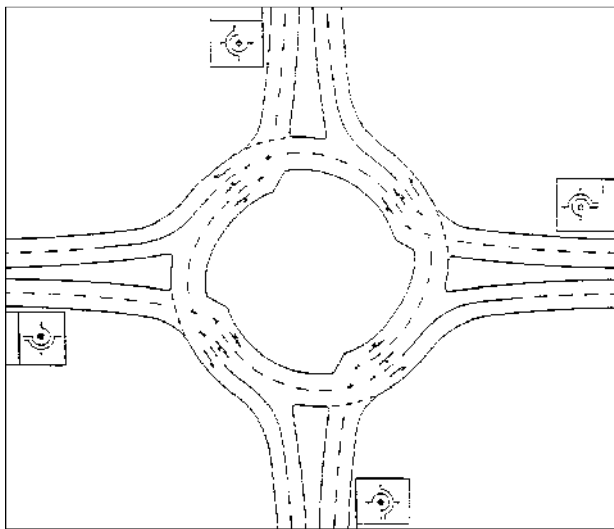
Ez utóbbival kapcsolatosan a vizsgálatok egyértelművé tették, hogy a torkolatok közötti távolságnak befolyása van a forgalombiztonságra. A kis távolság e vonatkozásban kedvezőtlen.



1. ábra



2. ábra

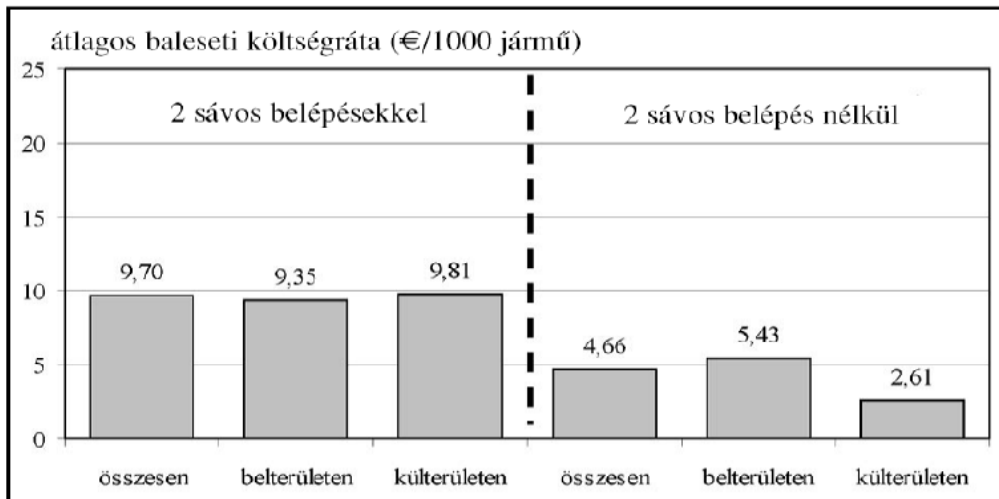


3. ábra

**A kompakt két sávon járható körforgalmak** (2 sávos körpálya, 2 és 1 sávos belépések, 1 sávos kilépések) viszonylag új csomóponttípusként működnek Németországban.

A 17 vizsgált körforgalom átlagos baleseti rátája  $0,7$  baleset/ $10^6$  jm. A lakott területen belüleinél több a baleset mint az azon kívüleinél.

Nem mutatkozott szisztematikus különbség a burkolati jel nélküli (körpályán) és a burkolati jelekkel ellátott csomópontok között. Határozott különbség van viszont a kétsávos és az egysávos belépésekkel bíró csomópontok között, ami vonatkozik mind a kül-, mind a belterületekre. A 4. ábra adatai szerint mintegy duplája a baleseti költségrátája azoknak a körforgalmaknak, ahol a belépések 2 sávosak, mint azok, ahol csak 1 sávosak. Ez utóbbiak valójában egysávos körforgalomként működnek.



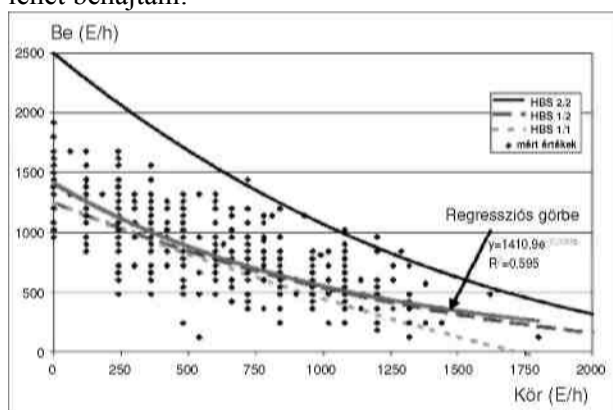
4. ábra

## 2.2. Kapacitáshelyzet

A többsávós körforgalmak bemutatott kiépítési és szabályozási típusainak teljesítőképességi jellemzőiről teljes és megbízható képet kaphatunk a közelmúlt német, svájci és hazai vizsgálatai alapján. Az előzőekben említett németországi kutatási jelentés [5] az egy és kétsávós (két sávon járható) körforgalmak teljesítőképességét is vizsgálta, egyrészt empirikus módszerekkel, másrészt a HBS 2001 [7] elvi eljárása szerint. Az eredmények a következőkben foglalhatók össze:

### Egysávós torkolatok (1/2)

Az egysávós torkolatok mért teljesítőképessége alapvetően megfelel a hivatalos számítási módszer (HBS 2001) szerintinek. A mérési eredményeket az 5. ábra mutatja be. A regressziós görbe és az érvényben lévő HBS 2001 formula (az  $1/2$ -es kiépítésre) szerinti görbe szinte teljesen fedi egymást. A mérési eredmények görbéje egyes szakaszokon meg is haladja a hivatalos méretezési értékeket. A görbe kezdőpontjában 14%-os a különbség. A tanulmány szerint ennek oka nem az, hogy a körpályán 2 sávon lehet haladni, hanem sokkal inkább az, hogy a körpálya szélesebb útfelületére lendületesebben lehet behajtani.



5. ábra

A körpálya méretének, pontosabban a külső átmérőnek a hatását a teljesítőképességre szintén jelentéktelennek találták.

A  $D = 40$  m-ről  $D = 60$  m-re való növelés mindössze +3%-os kapacitásnövekedéssel járt, ami statisztikailag sem volt szignifikáns.

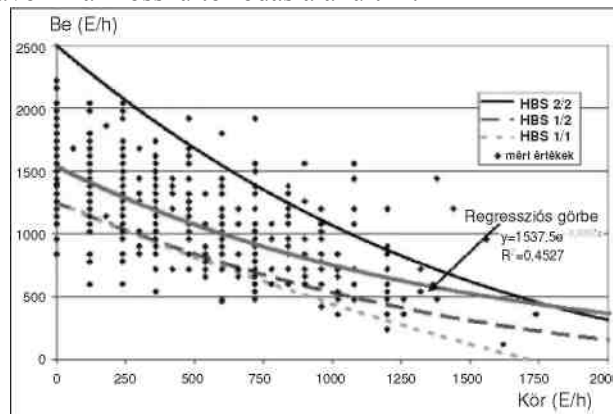
Négy csomópontban helyi sebességmérést is végeztek szabad mozgású járművekre, két keresztmetszetben:

- a torkolatokban 40 m-rel a körpálya előtt, valamint
- a körpályán két torkolat között.

A torkolati mérések eredményében mind az eloszlásban, mid az átlagértékben határozott különbség mutatkozott aszerint, hogy lakott területen belüli vagy azon kívüli csomópontot vizsgáltak-e. A lakott területen belüli átlagérték 39 km/h, a lakott területen kívüli pedig 46 km/h volt. A körpályán végzett sebességmérések átlagértéke (és eloszlása) a csomópont külső átmérőjével való összefüggést mutatta. Az átlagértékek 26 és 30 km/h közöttiek voltak, míg a külső átmérők 40 és 70 m közöttiek.

### Kétsávós torkolatok (2/2)

A teljesítőképesség meghatározására 7 kétsávós körforgalom 13 kétsávós belépő torkolatát vizsgálták. Ennek során 542 esetben 30 másodperces mérési intervallum adatait rögzítették. Az eredményeket a 6. ábra mutatja be. Megállapítható, hogy a mérési eredményeket reprezentáló pontok ezúttal is igen nagy – az 1/2-es kiépítésnél is nagyobb – szórást mutatnak. A mérési adatokhoz tartozó regressziós görbe igen nagymértékben elmarad (mélyen alatta halad) a hivatalos számítás (a HBS 2001) szerinti kapacitás értéktől. Az eltérés a görbék kezdő pontjában 1000 E/h körüli. A magyarázatot a belépő belső (baloldali) forgalmi sáv igen visszafogott használata adja, ami abban az esetben is igen csekély marad, ha a jobboldali sávon már hosszú torlódás alakult ki.



6. ábra

A két sávon járható kompakt körforgalmak kapacitására a mérési eredmények alapján a vizsgálat új számítási módszert ajánl, a HBS 2001 számítási kifejezésének egyszerűsítésével:

$$G = 3600 \cdot \frac{n_e}{t_f} \cdot e^{-\frac{q_k}{3600} \left( tg - \frac{t_f}{2} \right)}$$

ahol

$G$  - a torkolat alapképessége (E/h)

$Q_k$  - a körpálya forgalma (E/h)

$t_g$  - a határidőköz (s)

$t_f$  - a követési idő (s)

$n_e$  - a forgalmi sávok száma a torkolatban

az alkalmazandó paraméterek

$$t_g = 4,1 \text{ s}$$

$$t_f = 2,5 \text{ s}$$

$n_e = 1$  egysávós torkolat esetén

$$0,3 \cdot a_{LA} + 1,06 \text{ kétsávós torkolat esetén}$$

ahol

$a_{LA}$  - a balra kanyarodók aránya a teljes torkolati forgalomhoz képest

Az alkalmazási feltételek szerint a körpályán felfestés (forgalmi sávok kijelölése) szükségtelen.

Ajánlja a STVO (KRESZ) módosításával a körpályán való előzés megtiltását.

**Svájcben** 2004 augusztusában adta ki az ETH a túlterhelt körforgalmak teljesítőképességére vonatkozó vizsgálatát [9]. A VSS 1998-as megbízásából készült vizsgálat forgalomfelvételére 2000-ben került sor. A cél az érvényben lévő kapacitászámítási szabvány (VSS-Norm SN640024, Zürich 1999) megfelelése, valamint a többsávós körforgalmak (2/1 és 2/2) teljesítőképességi jellemzőinek a megismerése volt.

Az egysávos körforgalmak teljesítőképessége a szabványban meghatározott érték alatt maradt:

$$\text{SN 640024: } q_e = 1300 - 0,75 q_k$$

$$\text{Mérés: } q_e = 1141 - 0,578 q_k$$

1200 E/h nagyságú körpályaforgalmon túl nem volt mérési adat.

A többsávos körforgalmakra vonatkozó méretezési eljárást, ami ezúttal kapacitásgörbéket jelentett, Svájc azokból a – túlzottan optimista – német vizsgálatokból vette át, melyek a HBS 2001-et is megalapozták. A mérési eredményeiket végül a szabványbeli értékekkel (kivéve az 1/1-es kiépítés kifejezését) nem is vetették össze.

A 2/1-es kiépítésnél 200-400 E/h-val nagyobb volt a belépő kapacitás, mint az egysávos torkolatoknál, ami 20–40%-os növekményt jelent.

A regressziós egyenes egyenlete

$$q_E = 1319 - 0,436 \cdot q_k$$

**A 2/2-es kiépítés teljesítőképességére vonatkozó vizsgálat során a mérési eredmények annyira eltérőek voltak, hogy ennek alapján általánosítható összefüggést nem lehetett megállapítani.** Világossá vált, hogy a kétsávos körforgalmak teljesítőképességének megismerése pontosabb és elmélyültebb vizsgálatot kíván.

A szabványban rögzített túl nagy teljesítőképesség megalapozatlansága a gyakorlatban itt is nyilvánvalóvá vált.

**A magyarországi vizsgálatok** eredményei is sokban hasonlítanak az előző két ország vizsgálatihoz. Nálunk is – azonos ösztönzésre – hasonló típusú – bár sokkal kevesebb – többsávos körforgalom épült, mint az említett országokban. A 2005 szeptemberében kezdődött és 2006 júniusában lezárult mérési sorozat [10] nemcsak a kétsávos, hanem – többek között az összehasonlítás érdekében – az egysávos körforgalmak vizsgálatára is kiterjedt. Ezúttal **a kétsávos körforgalmak** vizsgálata szempontjából legfontosabb eredményeket ismertetjük.



7. ábra

A vizsgálatot két kiépítési kategóriára végezték el, külön vizsgálva az egysávos és külön a kétsávos belépéseket. Logikus lett volna további kategóriák alkalmazása, mégpedig a kilépési sávszám szerint. Ez azonban még tovább csökkentette volna az egyes kategóriákra jutó – már így is kevés – mérések számát. 10 mérési sorozatra került sor, melyből 6 az 1 sávos, 4 pedig a 2 sávos belépésekre vonatkozott. A mérési intervallumok (1 perces hosszúságúak) száma 370 volt.

**A 2/1-es** (kétsávos körpálya, egysávos belépés) **kiépítésre** vonatkozó mérési adatokra három függvényvel (lineáris, exponenciális és polinomiális) is készült közelítés. A lineáris tengelymetszete túl alacsony, (1257,6 E/h), az exponenciális pedig túl magas (1891,5 E/h) volt. A reálisnak a polinomiális függvény látszott. A három görbe tengelymetszetének átlaga 1540 E/h, ami alig nagyobb az egysávos körök (1/1) nullponti teljesítőképességénél (1525 E/h).

A 2/1-es kiépítés polinomiális közelítését és az 1/1-es kiépítést reprezentáló (exponenciális) görbét tekintve (lásd a 7. ábrát) megállapítható, hogy azok szinte teljesen azonosak, csaknem fedésben

vannak, és az eltérő szakaszokon az 1/1-es görbe fekszik magasabban. Mindebből az a fontos következtetés vonható le, hogy **ilyen típusú (2/1) csomópont létesítése**, mely teljesítőképességben nem – vagy csak alig – nyújt többet, mint az egysávos körforgalom, viszont forgalombiztonsági szempontból komplikációkat okoz, **nem célszerű**.

A belépő torkolatokat – a mérések, illetve a feldolgozás során nyert észrevételek alapján – a szerint osztályozták, hogy előttük a körpálya forgalma gyorsan vagy lassan halad-e el. A mérési eredmények a két csoportba való gyűjtés után továbbra is erős korrelációs kapcsolatot mutattak, ami a kategóriák felállításának helyességét igazolja.

„Gyors” torkolat pld. a Cora felőli ág a budakalászi csomópontban, vagy a TESCO felőli ág a veszprémi csomópontban. Ezek belépő teljesítőképessége kisebb, mint az ún. „lassú” torkolatoké, amely előtt a körpálya forgalma geometriai vagy forgalmi okból (pld. közeli egysávos kilépés visszatartó hatása) csak kisebb sebességgel tud haladni. Ilyen például a budaörsi Auchan csomópont északi ága.

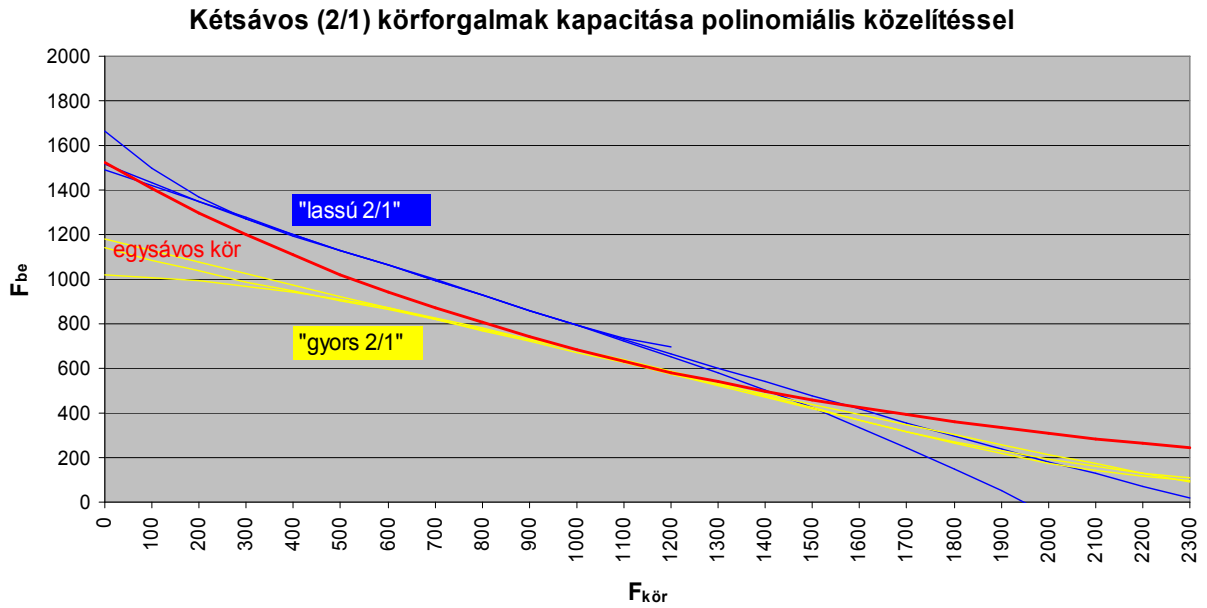
A „lassú” torkolatok kapacitása – kisebb mértékben – meghaladja az egysávos körforgalom kapacitását, míg a „gyors” torkolatoké nem éri el azt (lásd a 8. ábra).

A **2/2-es kiépítés** felvételi anyaga csak igen laza, gyenge kapcsolatot mutat ki a körpálya forgalomnagysága és a belépő forgalom között ( $R^2 = 0,31$ ). A kapcsolatot reprezentáló exponenciális görbe igen közel áll az egyeneshez és viszonylag alacsonyan metszi a függőleges tengelyt (lásd a 9. ábrát):

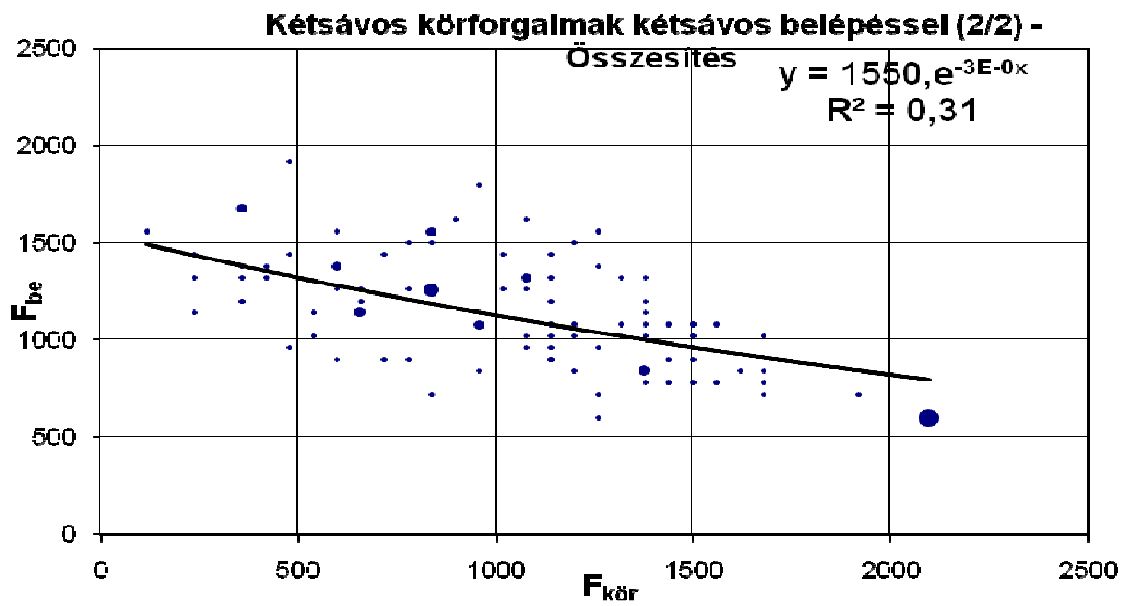
$$F_{BE} \equiv C = 1550,3 \cdot e^{-0,0003 \cdot F_{KÖR}}$$

A laza kapcsolatnak számos kiváltója, előidézője van, melyek helyenként és időnként nagyfokú határozatlanságot előidézve más-más kombinációkban lépnek fel.

- Az elsődleges ok a körpálya koncentrikus sávvezetése, mely egy teljesen szükségtelen funkció, a megszakítás nélküli folyamatos körbejárás elsőbbségét hangsúlyozza. Ebből fakadóan
- a belső sáv elhagyása nehezebbé, sőt veszélyessé válik, amit nem sok járművezető vállal. Ebből következően a belépő torkolatok belső sávjának forgalma a mellette lévő sáv túlterheltsége esetén is igen csekély marad.
- A belépő sávok erősen eltérő használatát okozhatják a csomóponton belüli honnan-hová áramlási jellemzők is.
- A sávhasználatot nagymértékben befolyásolja a kilépő torkolatok sávszáma.
- A belépő teljesítőképességet csökkenti az a körülmény, hogy a belépő torkolat előtt a körpályán haladók szinte tetszőlegesen választhatják meg haladásuk nyomvonalát. A körpályán közeledőről – ha egyedül érkezik – az esetek jelentős részében teljes biztonsággal nem tudható, hogy a körpálya melyik részén (külső, belső, középső) fog elhaladni. Ez zavarja és hátráltatja a belépési folyamatot, ami a teljesítőképesség rovására megy.



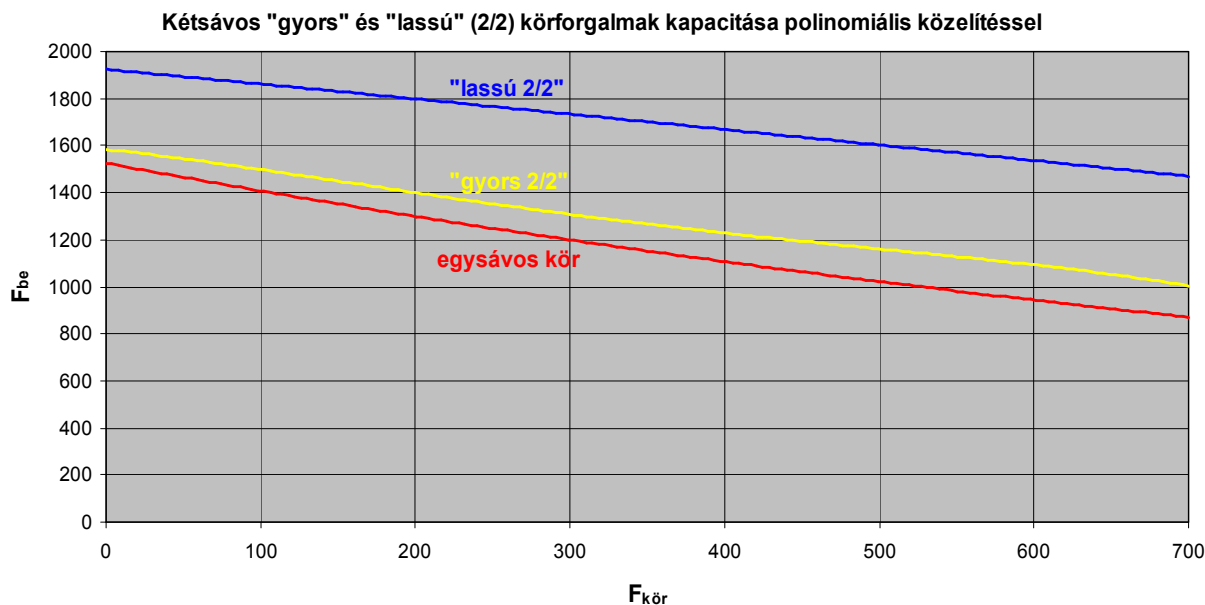
8. ábra



9. ábra

Mindezek hatására a mérési eredmények jelentősen szórnak, sokkal inkább, mint az egysávos körforgalmaknál.





10. ábra

Határozottabb az összefüggés, ha a felvételi anyagot a 2/1 mintájára két csoportra bontjuk. Mind a „lassú”, mind a „gyors” torkolatoknál  $R^2 = 0,5$ -nél szorosabb lett a kapcsolat, ami valós tartalom szerinti bontásra utal. Mind az exponenciális, mind pedig a polinomiális közelítés (lásd a 10. ábrát) hasonló eredményt mutat az egysávós körrel való összehasonlításban: a „gyors” torkolatok kisebb mértékben, a „lassú” torkolatok pedig számottevően meghaladják az egysávós körforgalom teljesítőképességét. Ennek az eredménynek a kialakulásában azonban döntő szerepe volt egyetlen 2 sávós körforgalomnak, az érdi 6–7-es főúti csomópontnak, melynek 3 ágán is végeztek méréseket. Mindhárom ág a „lassú” kategóriába tartozik, elsősorban az egysávós kilépések miatt jelentősen lassuló körpálya-forgalom miatt. A belépő teljesítőképességek igen nagyok, de jelentősen szórnak:

Déli ág (6-os főút):

$$F_{BE} \equiv C = 1921,9 \cdot e^{-0,0005 \cdot FKÖR}$$

Duna felőli ág (6-os főút):

$$F_{BE} \equiv C = 2338,3 \cdot e^{-0,0006 \cdot FKÖR}$$

Érd centrum felőli ág:

$$F_{BE} \equiv C = 2939,6 \cdot e^{-0,0007 \cdot FKÖR}$$

Ez utóbbi ág rendkívüli teljesítőképessége a belépő sávok közel egyenlő használatának (is) köszönhető. A csomópontban a viszonylag nagy teljesítőképesség igen csekély forgalombiztonsággal és alacsony szolgáltatási szinttel párosul. A kétsávós kilépések hiányában szinte folyamatos a feszültség és a balesetveszély. Ez utóbbiak sajnos kis terhelés esetén is fennállnak. A csomópont ebből kifolyólag nem tekinthető a teljesítőképesség méretezése szempontjából kiindulási vagy mintacsomópontnak.

**A 2 sávós körforgalmak** kialakítására mindezek alapján csak azok a megoldások javasolhatók, melyeknél a **teljesítőképesség növelése nem csökkenti a forgalombiztonságot.**

### 3. A kialakult helyzet okainak vizsgálata

A vizsgált hazai, németországi és svájci kétsávós körforgalmak teljesítőképességi és forgalombiztonsági problémái gyökerének felismerésében a körforgalom megújulása lépéseinek felidézése segíthet. Az első lépésben a jogi, azaz az elsőbbségszabályozás módosítása révén a körpálya forgalma elsőbbséget kapott, ami a folyamatos forgalomáramlás előfeltétele volt. A második lépésben került sor a geometriai kialakítás módosítására, melynek során a fonódásos csomópontból elsőbbségadásos típusú lett. A geometriai kialakítás módosítása minden elemének jelentősége van, amelyek révén a modern, új körforgalom különbözik a többsávós, fonódásos típusú, koncentrikus

sávvezetésű régi, nagy körforgalmaktól. A módosítások tették forgalomlebonyolódás szempontjából biztonságossá és egyidejűleg teljesítőképessé a körforgalmat, pontosabban létrehoztak egy új csomóponttípust, mely a régitől – kivéve a körbejárást – minden vonatkozásban különbözik. A döntő beavatkozások eredményei:

- Egysávos belépések, ami az elsőbbségadást jelentősen megkönnyítette, egyszerűsítette. Egysávos útról egysávos útra jobbra kanyarodással elsőbbséget adni a lehető legegyszerűbb forgalmi művelet.
- A kis méretek miatt csak kis sebességek alakulhatnak ki, ami forgalombiztonsági és teljesítőképességi szempontból is előnyös.
- Egysávos körpálya, mely garantálja a fonódásmentességet, valamint a kilépés zavartalanságát, ami szintén elsőrendű fontosságú mind a teljesítőképesség, mind a biztonság szempontjából.

Ezek a jellemzők tették sikeressé a körforgalmat. Ha bármelyiket változtatjuk, csak ronthatunk a forgalomlebonyolódási és biztonsági jellemzőkön. Ha egy második forgalmi sávot létesítünk a körpályán, ezzel az összes felsorolt előnyt elveszíthetjük, illetve megcsonkíthatjuk, hiszen nem teszünk mást, mint „visszacsempésszük” a régi nagyméretű körforgalmak összes hibáját. Keletkezik azonban egy további, egy új probléma is, mely a régi nagyméretű körforgalmaknál még nem volt, és amely abból az ellentmondásból fakad, hogy **az elsőbbségadásra épülő kisméretű körforgalmat fonódás lebonyolításra kényszerítjük**, amelyre – szemben a régi körforgalmakkal – nincs méretezve. Ezt a funkciót és a forma közötti ellentétet a hazai és az említett országok tervezői a tervezés során nem tudatosították és semmit sem tettek feloldására. Ezáltal „sikerült” egyesíteniük a kis- és nagyméretű körforgalmak összes hibáját és hátrányát.

Az ellentmondás (ismét) **egy megújulási folyamat** keretében oldható fel. Ennek előkészítése keretében célszerű alaposabban megvizsgálni a biztonságot és a teljesítőképességet befolyásoló geometriai és forgalmi jellemzőket és ezek összefüggéseit.

## 4. A teljesítőképességet és a forgalombiztonságot befolyásoló geometriai és forgalmi jellemzők

### 4.1. A körpálya méretéhez kapcsolódó jellemzők

#### *A körpálya sugara*

A körpálya külső sugarának ( $R_K$ ) hatását a teljesítőképességre, pontosabban a nullponti belépési forgalom nagyságra a jelenlegi felvételi anyag alapján a következő összefüggés mutatja:

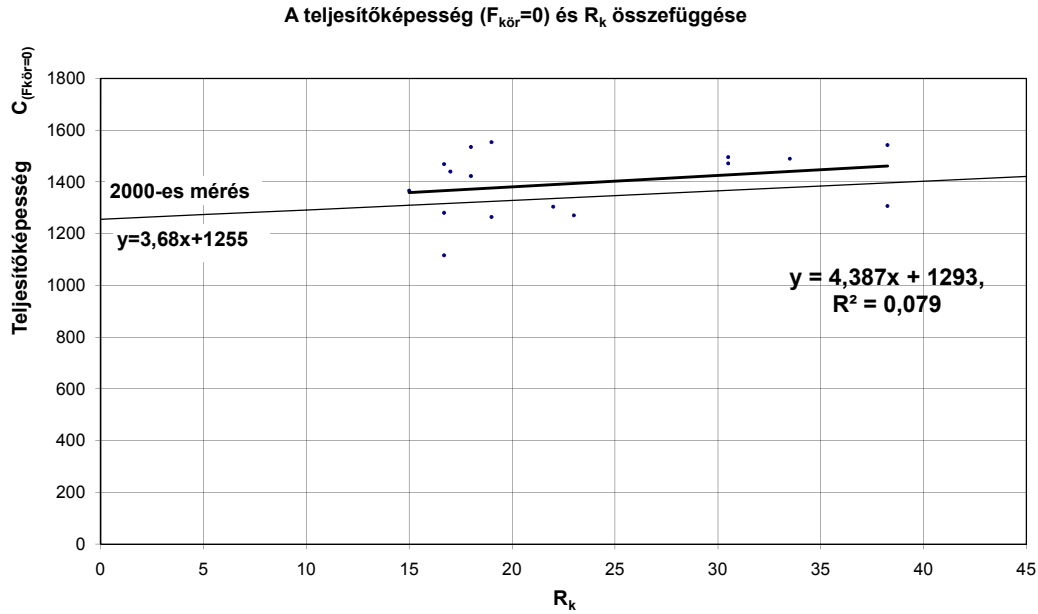
$$C_{(FKÖR=0)} = 4,388 \cdot R_K + 1293 \quad R^2 = 0,0794$$

A 2000-es mérésnél ugyanez az összefüggés a következő volt:

$$C_{(FKÖR=0)} = 3,68 \cdot R_K + 1255$$

Megállapítható, hogy a kapcsolatot reprezentáló egyenesek közel párhuzamosak, és a jelenlegi mintegy 55–60 E/h-val magasabban fekszik, mint a korábbi.

Ugyanakkor az is megállapítható, hogy **a sugár és a teljesítőképesség közötti kapcsolat rendkívül gyenge, szinte teljesen hiányzik** ( $R = 0,28$ ), ami gyakorlatilag a további vizsgálatok szempontjából annyit jelent, hogy  $R_K$  hatásának vizsgálata szükségtelen, mivel érdemlegesen nem befolyásolja a teljesítőképességet. Szinte ugyanerre az eredményre jutottak Brilonék a [5]-ben, ahol 3%-osnak és nem szignifikánsnak találták a befolyás mértékét.



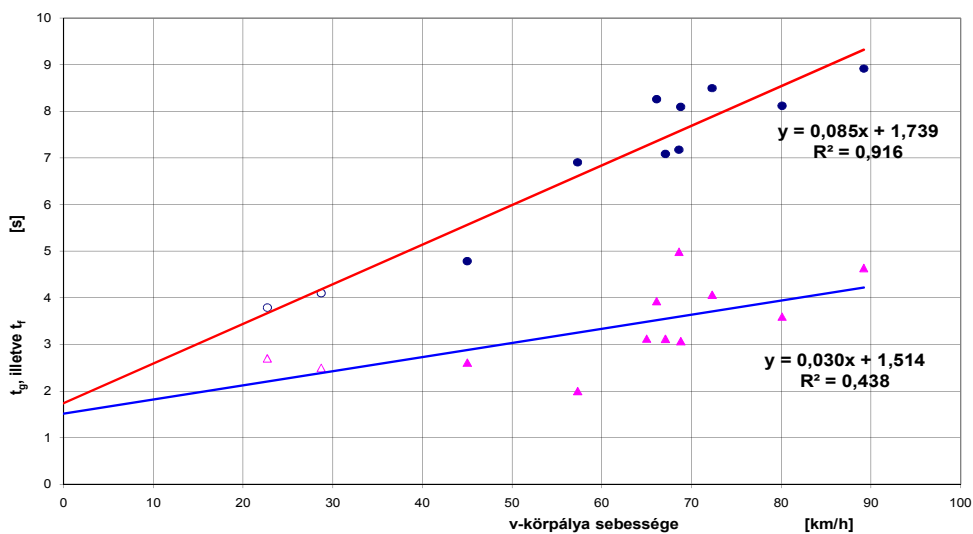
11. ábra

*A körpályán való haladás sebessége*

A körpályán haladó jármű járóvonalának sugara és a jármű sebessége között korábbi hazai mérések alapján [12] a következő összefüggést találtuk (10 km/h és 30 km/h közötti intervallumban):

$$v = 0,186 \cdot R_i + 3 \text{ [m/s]}$$

A körpálya sebességének hatása a belépő teljesítőképességre a belépő járművek által elfogadható határidőközök ( $t_g$ ) és követési időközök ( $t_f$ ) révén érvényesül. A 12. ábra Harders [13] mérési eredményei alapján készített kapcsolatvizsgálat a sebesség és a paraméterek között. Figyelemre méltó, hogy a legutóbbi német és svájci vizsgálatok [5] és [9] eredményei (ki nem töltött szimbólumokkal jelölve) igen jól illeszkednek a regressziós egyenesre. (Ennek az összefüggésnek hazai mérések alapján való vizsgálata szükséges lenne.)

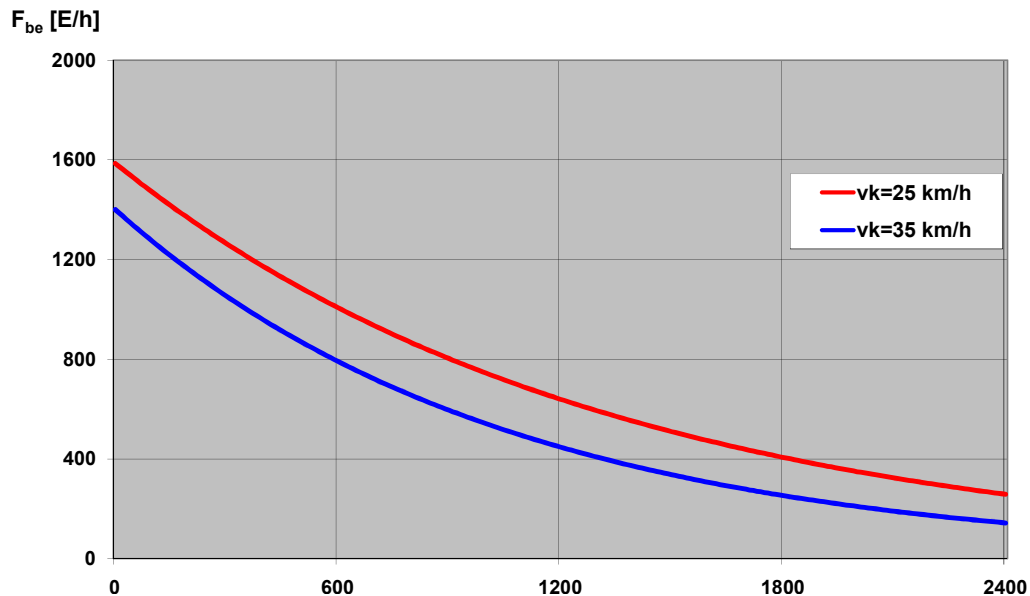


12. ábra

A 13. ábra két különböző körpályasebességhez tartozó torkolati kapacitásgörbét mutat be. A 10 km/h-s sebességkülönbség a legexponáltabb terhelési zónában mintegy 200 E/h nagyságú kapacitáskülönbséget eredményez.

Az a törekvés, mely forgalombiztonsági szempontból a lehető legkisebb méretekre törekszik (pld.: Schnüll javaslatai [3]), tehát összhangban van a teljesítőképesség szempontjaival. Ugyanakkor azonban a nagyméretű járművek számára biztosítandó járhatóság szempontjait kielégítve (ez többnyire 5 m körüli sávszélességgel megoldható) a torkolatok távolságának túlzott csökkenését (>30m) is el kell kerülni.

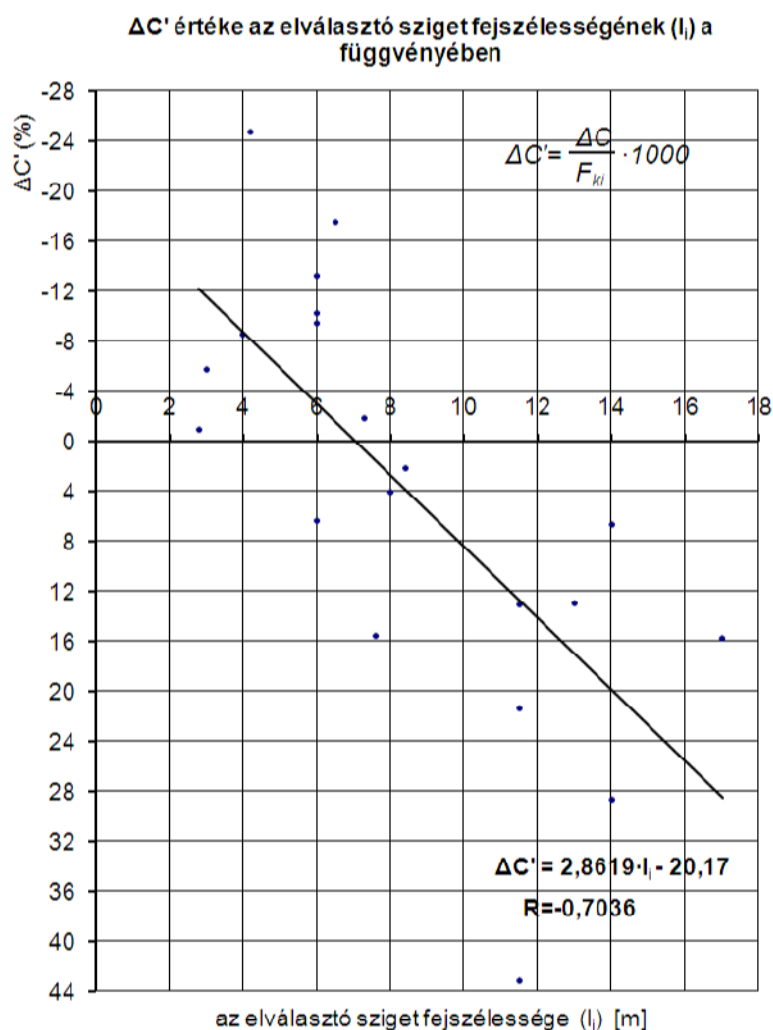
**A torkolati alapkaptás alakulása  
a körpálya forgalma sebességének függvényében**



13. ábra

#### 4.2. A kilépő forgalom és az elválasztósáv fejszélességének hatása

Az európai kapacitászámítási formulák jó része figyelembe veszi a kilépő forgalom ( $F_{KI}$ ) hatását, ami a kilépő és belépő ág körpálya szélén mért távolságán, pontosabban az elválasztó sziget fejszélességén keresztül érvényesül. A kilépő forgalom nagyságának és a fejszélességnek alapkaptást módosító együttes hatását mutatja a 14. ábra. A kapcsolat elég szoros ( $R = 0,7$ ). A regressziós egyenes  $l_i = 7,0$  cm-nél metszi a vízszintes tengelyt, ami a geometriai kialakításra vonatkozóan arra utal, hogy a 7,0 m-nél szélesebb fejszélesség a teljesítőképesség szempontjából előnyös. A forgalombiztonság szempontjai ennél a paraméternél is összhangban vannak a teljesítőképesség szempontjaival.



14. ábra

## 5. Javaslatok

**A többsávos körforgalom biztonságos és teljesítőképes kialakítása – az egyes elemek bemutatott méretezésén felül – a következő elvek alapján javasolható:**

- a forgalmi sávok spirális vezetése a körpályán a fonódás teljes kiküszöbölése érdekében,
- a belépő forgalmi sávok egyenlő kihasználtságának elérése
- a sávok függetlenségének a biztosítása
- erőteljes eltérítés a belépéseknél, a belépő ágak merőleges vagy ahhoz közeli hajlású csatlakoztatása a körpályához,
- minél rövidebb határidőközök elérése
  - kis sebesség a körpályán és a belépéseknél
  - kis alapterületű konfliktuszónák
  - áttekinthető, egyértelmű, egyszerűsített elsőbbségadási helyzetek.

**Összegezve megállapítható, hogy az a megoldás számíthat sikerre, mely a legjobban tudja megközelíteni az egysávos körforgalom legfontosabb, legértékesebb jellemzőit:**

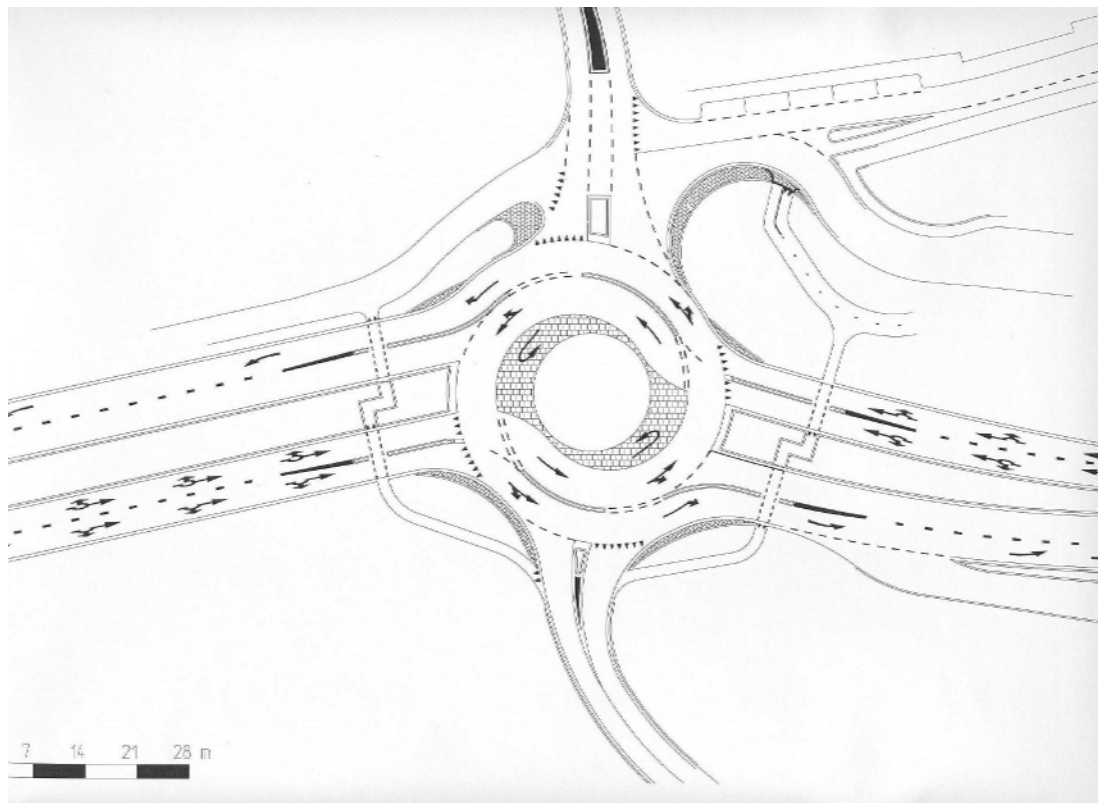
- a kisszámú konfliktuspontot (8),
- a fonódásmentességet, és
- a konfliktuspontokban kis sebességeket.

Mindezek megvalósításához – ismereteink szerint – legközelebb a hollandok jutottak az ún. turbó-körforgalom kifejlesztésével.

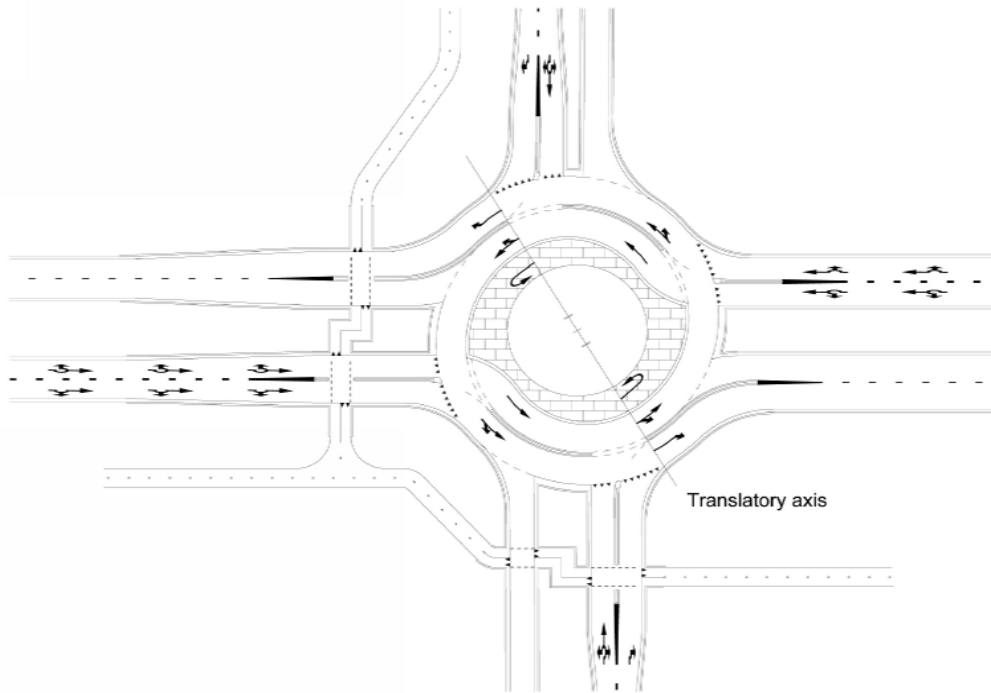
## 6. A holland fonódásmentes (turbó) körforgalom

1996-ban L.G.H Fortuijn kifejlesztett egy új típusú, többsávos, fonódásmentes körforgalmat, melyet egy forgalomtechnikai konferencián 1997-ben Harte-vel együtt mutattak be [14]. Az első ilyen csomópontot, melyet kifejlesztőjéről Fortuijnrotonde-nek neveztek el – amit a torkolatokban elhelyezett táblákról tudhatnak meg a közlekedők – 1999-ben adták át a forgalomnak. Azóta több mint 40 ilyen csomópont épült. Az új típusú csomópontot turbókörnek nevezték el. Kifejlesztésére a hagyományos, többsávos koncentrikus sávvezetésű (lakott területen kívüli) körforgalmak viszonylag sok balesete miatt volt szükség.

A turbókör spirális sávvezetésű többsávos körforgalom, melyben a párhuzamosan vezetett sávokat az útfelületből kiemelkedő 7 cm magas bordákkal választják el. Újdonságnak ez utóbbi megoldás tekinthető, mivel a spiralitást korábban és más országokban is megvalósították.



15. ábra



16. ábra

A sávok fizikai elhatárolására létesített borda csak ott szakad meg, ahol keresztező járművek lépnek be a csomópontba. E csomóponttípus legegyszerűbb változatát a kétsávos főútnak egy, illetve kétsávos mellékúttal való keresztezése képezi (lásd a 15. és 16. ábrát). Az így kialakított csomópont a többsávos, hagyományos koncentrikus sávvezetésű körforgalomhoz képest a következő – forgalombiztonsági és teljesítőképességbeli – előnyös tulajdonságokkal rendelkezik:

- jelentősen (közel 40%-kal) csökken a konfliktuspontok száma (16 helyett 10),
- fonódásmentessé válik a körpálya, és egyben megszűnik a sávátvágások és előzések lehetősége,
- lehetővé válik a belső sáv biztonságos, teljesértékű használata,
- a forgalmi sávok függetlenné válnak egymástól, mind a be- és kilépéseknél, mind pedig a körpályán,
- a belső sávból a külső (kilépő) sáv zavarása nélkül lehet kilépni,
- a belépő torkolatok előtt a körpálya forgalma nem válthat sávot, ami az elsőbbségadást megkönnyíti, határozottabbá és biztonságosabbá teszi.

Ez utóbbin felül a csomópont teljesítőképességét növeli:

- a belépő sávok egyenlő mértékű kihasználhatósága,
- a többsávos kilépések,
- a „zavaró” forgalom megszűnése (egysávos kilépés), illetve jelentős mértékű csökkenése (kétsávos kilépés), mely megkönnyíti és gyorsítja a belépést.

A csomópont teljesítőképessége 2 sávos körpálya esetén (belga és holland szakirodalmi adatok alapján) meghaladhatja az 5000 E/h nagyságot.

A csomópont geometriai kialakítása szigorú előírásokat követ, amelyeket betartva a turbókörök megjelenése igen egységes. A közlekedőnek az az érzése, mintha mindig ugyanabban a csomópontban közlekedne.

Az egysávos körforgalom biztonsági szintjének a megközelítése céljából, mind a belépésnél és mind a körpályán (lakott területen) olyan íveket alkalmaznak, hogy a 30 km/h sebesség ne legyen túlléphető. Ezt a belépő ágak merőleges csatlakoztatásával és igen kis lekerekítő ívekkel érik el. A biztosítandó alacsony sebességhez tartozó kis sugarú ívek miatt az oldalütközések elkerülése érdekében széles forgalmi sávokat alkalmaznak. A 30 km/h körpályasebességet 12 m-es belső sugárral, és két sáv esetén

23 m-es, három sáv esetén pedig 28 m-es külső sugárral érik el. Ebből következően a forgalmi sávok szélessége: 5,30 m (belső sáv), illetve 4,80 m (külső sáv).

A szigorúan kis méretek az egyéb körforgalmak méreteivel való összehasonlításakor tűnnek ki. (Lásd a mellékelt táblázati adatokat, melyek a [16] alapján készültek.)

A csomópont megfelelő működésének alapfeltétele, hogy a közlekedők a továbbhaladási irányuknak megfelelő forgalmi sávot válasszák. A választásnak a belépés előtt meg kell történnie – hasonlóan a jelzőlámpás körforgalmakhoz – mivel a körpályán már nincs lehetőség sávváltásra. Mindez a járművezetők megfelelő tájékoztatását teszi szükségessé. Hollandiában ez két lépésben történik.



17. ábra



18. ábra



20. ábra



19. ábra



21. ábra

Először a teljes csomópontra vonatkozóan tájékozódhatnak a járművezetők, második lépésben pedig sávonkénti „Besorolás rendjét jelző tábla” tájékoztat a továbbhaladási lehetőségekről. Ez utóbbiakat vagy kétoldalt a sávok mellett, vagy pedig az útpálya felett helyezik el (lásd a 17. ábrát). A megfelelő sáv kiválasztását az útburkolati jelek, a továbbhaladási irányokat mutató nyilak is elősegítik. Az alkalmazott nyílalakok – melyek azonosak a tájékoztató táblákon lévőkkel – a továbbhaladás és a körpálya helyzetét is jól érzékeltetik, íves szakasszal jelezve a körpályát. (Lásd a 18. ábrát)

A körpálya párhuzamos forgalmi sávjainak függetlenségét szolgáló elválasztó bordákat, azok be- és



kivezető részét a 19., 20., és 21. ábra mutatja.

A biztonságos párhuzamos belépés lehetősége jelentősen fokozza a csomópont teljesítőképességét (22. ábra). A belső forgalmi sávot a kamionok is használhatják. A sávtartás nem okoz nehézséget (23. ábra).

A 24. ábra lakott területen kívüli körforgalmat keresztező gyalogos és kerékpárút (törtvonalú) átvezetését mutatja a hollandiai elsőbbségszabályozásnak megfelelően.

	Kategória	Beírható kör átmérője (m)	A középsziget sugara (m)
<b>FHWA</b>	Városi egysávos*	30–40	9,5–14,5
	Vidéki egysávos	35–40	11,5–14,5
	Városi kétsávos	45–55	13,5–18,5
	Külterületi kétsávos	55–60	18,5–21,5
<b>CROW</b>	Városi egysávos*	32	10,50
	Külterületi egysávos	36	12,75
<b>PZH</b>	Vidéki egysávos*	37,40	13,50
	Turbó (kétsávos)*	50,20	12,00**

FHWA: Körforgalmak: Tervezési útmutató (irányelv)

CROW: Eenheid in rotondes.

PZH: Dél-Hollandiában általánosan használt méretek

\*: 90 fokos belépési szög(ág)

\*\* : A középpontok közötti távolság: 5,3 m

A belső átmérő összetevői:  $5,30 + 2(12 + 5,35 + 0,3 + 4,80) = 50,20$  m



22. ábra



24. ábra



23. ábra



25. ábra



26. ábra

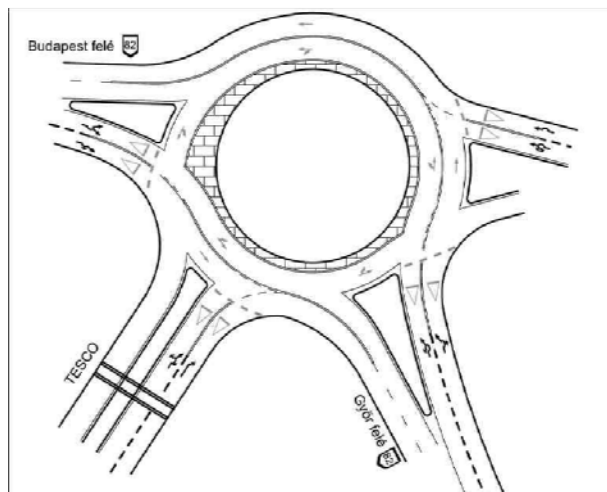
Rendkívüli méretű járművek közlekedése is lehetséges minden előzetes biztonsági intézkedés (pld. felvezető jármű stb.) nélkül, mivel a forgalmi sávokat elválasztó, elhatároló elemeket úgy alakították ki, hogy – csökkentett sebességgel – túlméretes járművek számára is átjárhatók legyenek (25. ábra.).

A korábbi építésű (2000) csomópontokban, ahol a sávokat még csak felfestéssel választották el, a közlekedők jó része figyelmen kívül hagyta azt, amely így gyorsan le is kopott (26. ábra). Ez egyértelmű bizonyíték arra, hogy a **spirális sávvezetés előnyei csakis akkor valósulhatnak meg, ha a sávokat fizikai eszközökkel is függetlenítik egymástól.**

A tapasztalatok mind forgalombiztonsági, mind pedig szolgáltatási színvonal szempontjából igen kedvezőek. A belépő sávok függetlensége révén a belépő kapacitás gyakorlatilag megduplázódik. Fortuijn számítása szerint három sávos belépő és két sávos kilépő ágak esetén e csomóponttípus elméleti teljesítőképessége 6000 jármű/óra, ami 50%-kal nagyobb, mint az azonos méretű, de koncentrikus sávvezetésű körforgalomé [15]. Az előtte-utána vizsgálatok szerint a balesetek száma közel 50%-kal, a személyesérüléses balesetek száma pedig mintegy 80%-kal csökkent.

Ezen új típusú körforgalmak létesítése – gondolva itt a hazai alkalmazásukra – a következő esetekben javasolható:

- az egysávos körforgalom teljesítőképességét meghaladó, de a jelzőlámpás körforgalom alkalmazását még nem igénylő forgalmi terhelés esetén,
- nagy, vagy közepes forgalmú 2x1, illetve 2x2 sávos főutak kis (illetve közepes) forgalmú mellékutakkal való keresztezésében,
- 2x2 sávos utakon (főutakon), ahol forgalombiztonsági okokból vagy kapacitáshiány miatt a csomópont előtt nem célszerű az egy forgalmi sávra való szűkítés,
- ahol a főirány forgalma több mint kétszerese a mellékirány forgalmának,
- ahol a főirányú balra kanyarodó igény (az egyik vagy mindkettő) kiemelten nagy, az egyenes iránnyal azonos nagyságrendű.
- ahol nem túl nagy a gyalogos és/vagy kerékpáros forgalom.



27. ábra

A forgalombiztonság érdekében - különösen a bevezetést követő időszakban - törekedni kell, hogy lehetőleg ne lépjük túl a 2/1, illetve 1/2 sávszámú keresztezési helyzetet. Az egysávos körpálya 2 sávossal belépéssel forgalombiztonsági szempontból még nem, vagy csak igen kis engedménynek tekinthető, a legmagasabb szintet jelentő 1/1-es elrendezéshez képest A 2/1-es helyzet (azaz amikor a belépő sáv két körpálya-sávnak ad elsőbbséget), valamint a 2/2-es és további sávszám növelés már nagyobb engedménynek számít.

Végezetül - és kedvcsinálás céljából - bemutatjuk egy közismerten problematikus hazai csomópont (lásd a 27. ábrát) turbókörösített változatát, - ami egészen kis bővítéssel (TESCO-ág) - a jelenlegi útfelület felhasználásával megvalósítható.

## IRODALOM

- [1] BRILON, W.; DREWS, O.; STUWE, B. (1993): Sicherheit und Leistungsfähigkeit von Kreisverkehrsplätzen. Schlussbericht zum Forschungsauftrag FE-Nr. 773559/91 der Bundesmiisters für Verkehr. Lehrstuhl für Verkehrswesen, Ruhr-Universität Bochum, 1993.
- [2] HALLER, W.; HÜSKEN, B (1997): Kreisverkehrsplätze ausserhalb bebauter Gebiete. Strassenverkehrstechnik, Heft 6, 1997.
- [3] Einsatzkriterien für grosse Kreisverkehrsplätze mit und ohne Lichtsignalanlage an klassifizierten Strassen. FSS. Heft 788 Bonn, August 2000
- [4] BÜHLMANN, F.; SPACEK, P. (1997): Unfallgeschehen und Geometrie der Kreiselanlagen. Forschungsarbeit Nr. 17/93 des eidgenössischen Verkehrs- und Energiewirtschaftsdepartments, Bundesamt für Strassenbau, Zürich, März 1997.
- [5] BRILON W., BÄUMER H.: „Überprüfung von Kreisverkehren mit zweistreifig markierter oder einstreifig markierter aber zweistreifig befahrbarer Kreisfahrbahn” Forschung Strassenbau und Strassenverkehrstechnik, Heft Nr. 876, Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnwesen, Bonn, 2004
- [6] ECKSTEIN, K.; MEEWES, V. (2002): Sicherheit von Landstrassen – Knotenpunkten. Mitteilung Nr. 40 des Instituts für Strassenverkehr Köln (ISK), Gesamtverband der Deutschen Versicherungs – wirtschaft e.V. (GDV), 2002.
- [7] Handbuch für die Bemessung von Strassenverkehrsanlagen. 2001. (HBS 2001) Forschungsgesellschaft für Strassen und Verkehrswesen. Köln.
- [8] FGSV-Arbeitspapier Nr. 51. Kleine zweistreifig befahrbare Kreisverkehre. Ausgabe 2004.
- [9] Leistungsfähigkeit hochbelasteter Kreisel. FTH, IVT. Zürich, August 2004.
- [10] Kétsávos körforgalmak forgalombiztonsági és kapacitásvizsgálata megvalósult csomópontok alapján. Közlekedés Kft. – KTI. Témafelelősök Dr. Maklári Jenő – Hóz Erszébet. Megbízó: ÁKMI Kht. Budapest 2005-2006.
- [11] VILATI-SBH Kft.: Körgeometriai csomópontkialakítás alkalmazásának feltételrendszere. I. rész. Körforgalmú csomópontok teljesítőképességének vizsgálata. 2000. Témafelelős: Dr. Maklári Jenő. Megrendelő: ÁKMI Kht.
- [12] DR. MAKLÁRI JENŐ: Jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomópontok jelzésidőtervi alapösszefüggései – I. rész. Városi Közlekedés 2002/2
- [13] HARDERS, J.: Grenz- und Folgezeitlücken als Grundlage für die Berechnung der Leistungsfähigkeit von Landstrassen. FFS. Heft 216. 1976.
- [14] FORTUIJN L.G.H.: Meerstrooksrotondes: verkennig van nieuwe vormen. Verkeerskundige werkdagen. 1997.
- [15] HANSEN J.A., FORTUIJN L.G.H.: Steigerung der Leistungsfähigkeit und Sicherheit von mehrspurigen Kreisverkehrsplätzen durch Spiralform. SVT. 1.2006.
- [16] FORTUIJN L.G.H.: Pedestrian and Bicycle-Friendly Roundabouts; Dilemma of Comfort and Safety. Annual Meeting 2003 of the Institute of Transportation Engineers (ITE) in Seattle (USA)