

## Jelzőlámpás körforgalom. Lehetőségek és korlátok

Dr. Maklári Jenő  
Közlekedés Kft. Budapest (Tel.: 235-2025)  
e-mail.: [jeno.maklari@kozlekedes.hu](mailto:jeno.maklari@kozlekedes.hu)

**Összefoglalás:** A jelzőlámpás szabályozású körforgalom, mint csomóponttípus jelenleg megújulási folyamatban van. Korábbi budapesti példányai még a 70-es években kerültek megszüntetésre a körforgalmak felszámolásával együtt. Ezek a nagyméretű többsávós, koncentrikus sáv-vezetésű csomópontok balesetveszélyesek voltak és forgalomlebonylódásuk folyamatosságának biztosítására a technikailag igen kezdetleges (elektromechanikus) jelző berendezések alkalmatlanok voltak. A kialakulóban és elterjedőben lévő új spirális sávvezetésű jelzőlámpás körforgalmak a modern jelzőberendezésekkel és – a bonyolult belső összehangolási összefüggések ismeretére épülő – programszámítási eszközökkel a korábbiaknál lényegesen magasabb forgalomlebonylódási színvonal biztosítására képesek. Helyes alkalmazásuk feltétele a speciális csomóponti jellemzők ismerete. Az alábbiakban a teljesítőképességi jellemzők egyedi, más jelzőlámpás szabályozású csomópontoktól eltérő néhány sajátosságára hívjuk fel a figyelmet.

### 1. BEVEZETÉS

A korábbi generációs többsávós jelzőlámpás szabályozású csomópontok Magyarországon még a hetvenes években – az egyéb körforgalmakkal együtt - megszüntetésre kerültek. Ezek a többsávós nagyméretű, párhuzamos (koncentrikus) sávvezetésű csomópontok kezdetben még nem voltak jelzőlámpás szabályozásúak. A forgalom növekedésével azonban mind a belépéseknél és kilépéseknél, mind pedig a körpályán - az egyre nehezkesebbé váló sávvaltozások miatt - forgalomlebonylódásuk lelassult és balesetveszélyessé vált. A megoldást a jelzőlámpás irányítás bevezetésétől remélték, amire azonban egyrészt az akkori primitív berendezések nem voltak alkalmas, másrészt a szükséges programszámítási összefüggések még nem voltak ismertek. Ugyanakkor viszont a csomópont geometriai kialakítása sem volt alkalmas – elsősorban a spirális, fonódásmentes sávvezetés hiánya miatt – a folyamatos, gyors és kapacitív áramlás megvalósítására. Azokban az országokban, ahol nem szűnt meg a körforgalmú csomópontok alkalmazása, folyamatosan felismerésre kerültek a csomópontkialakítás és a jelzőlámpás irányítás összhangját biztosító feltételek. Ezzel egyidejűleg, az irányítási összefüggések megismerésével – ami elsősorban tapasztalati úton történt – nyilvánvalóvá vált, hogy ez a csomóponttípus rendkívüli teljesítőképességi adottságokkal rendelkezik.

Magyarországon nem volt lehetőség – ilyen típusú körforgalmak hiányában – ezen úton jutni az említett felismerésekhez. Jelen sorok írója egy túlterhelt csomópont (7-es út, Balatonszárszó) kapcsán elméleti úton jutott arra a felismerésre (1998), hogy jelzőlámpás szabályozású körgeometriájú csomóponttal – az adott korlátos sávszám mellett – a más szintbeni csomóponttípussal már lebonyolíthatatlan nagyságú forgalmi terhelést le lehet bonyolítani. Ezt követően kerültek kidolgozásra a programszámítási összefüggések. (A legújabb körforgalmi tervezési irányelv már tartalmazza ezeket.)

A Németországban 2000-ben megjelent, a Közlekedési Minisztérium által kiadott kutatási jelentésben (Heft 788.)

olvasható – az akkor a szakemberek számára is meglepő – megállapítás: „Jelzőlámpás szabályozású nagyméretű csomópontok teljesítőképessége elérheti, vagy akár felül is múlhatja a különbszintű csomópontokét.” (A legújabb német körforgalmi irányelvben már szerepel a jelzőlámpás körforgalom, bár még nem önálló csomóponttípusként.)

Az elmúlt években megújult, önálló csomóponttípusként létesültek jelzőlámpás körforgalmak (a továbbiakban: JK) – többek között – Angliában, Hollandiában és Magyarországon is. Az elsőket egyazon évben (2006) Győrben átadott nagyméretű jelzőlámpás körforgalmak (lásd az 1. ábrát). számos tapasztalattal szolgáltak, elsősorban a közlekedők, másrészt a tervezők és üzemeltetők számára. Megerősített nyert, hogy az elméleti összefüggések alapján kidolgozott programszámítási módszer megfelelő, az így készült jelzősidőtervekkel jó, folyamatos forgalomáramlás biztosítható. Ugyancsak igazolást nyertek a kapacitási összefüggések is. A jelentősen megnőtt átbocsájtóképesség miatt minden csomóponti ágon megszűntek a – korábban csúcsidőszakokban már állandósult – torlódások. Az alkalmazható rövid periódusidő miatt a JK térségében lévő összehangolt csomópontok periódusideje is nagymértékben (a korábbi felére) csökkent.



1. ábra

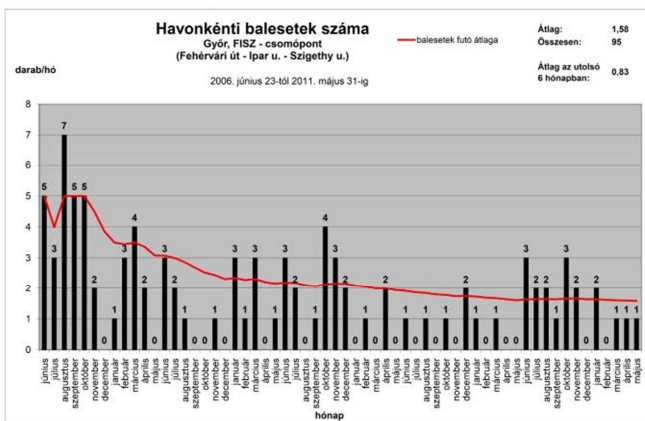
A harmadikként Szegeden, megépült jelzőlámpás körforgalom az eddigi tapasztalatok felhasználásával készült, és a három torkolatban megjelenő villamosforgalom miatt egy komplikáltabb tervezési feladatot jelentett (lásd. a 2. ábrát).



2. ábra

A többsávos körforgalmakban való közlekedésben teljesen járatlan magyar járművezetők egy része számára sokkoló hatású volt a JK megjelenése. Tekintve, hogy a benne való haladás egyértelműen jelezhető, a járművek vezethetők és világos szabályok szerinti, így – szemben a koncentrikus körök kaotikus vezetetlenségével – a benne való közlekedés (előzetes sávválasztás stb.) megtanulható.

A vezetési jártasság növekedésével ez a baleseti statisztika folyamatos javulásához vezetett (lásd. a 3. ábrát). A balesetek alatt e csomóponttípusnál szinte kizárólag koccanásos csak anyagi káros balesetek előfordulását kell érteni. Ezek jórésze oldalütközés, de ezek száma is csökkenő tendenciát mutat. Az 1-nél kisebb havi átlagérték a mért 1,3 millió E/hónap forgalomnagyság mellett kedvezőnek tekinthető.



3. ábra

## 2. TELJESÍTŐKÉPESSÉGI JELLEMZŐK

Az eddig megépült hazai körforgalmak az u.n. turbina-elv szerint működnek. Ez az egyes belépő torkolati szabad jelzéseknek óramutató járása szerinti sorrendjét jelenti. Ez az a működési mód, mely

- folyamatos, a körpályán megállás nélküli forgalomáramlást biztosít,

- a legkisebbtől a közepes méretű csomópontokig alkalmazható,
- 3-5 csomóponti ág esetén használható,
- programszámítása zárt kifejezésekkel (iteráció nélkül) megoldható,
- nagy, de nem a legnagyobb teljesítőképességet biztosító működési mód,
- aszimmetrikus torkolati terhelések rugalmas kiszámolására alkalmas,
- a szabad jelzések hossza minden torkolatban (ill. belépő ágon) azonos vagy közel azonos hosszúságú.

A továbbiakban is kizárólag ennek a legmagasabb szolgáltatási szintet biztosító irányítási módnak a kapacitási jellemzőivel foglalkozunk.

A kereszteződéshez képest a kapacitástöbblet a működési módból adódik és pedig abból, hogy egy adott belépő ágon még folyik a csomópontba a behaladás miközben a követő torkolatban már megindult a belépés. Amikor ez utóbbi jármű a megelőző torkolatnál lévő körpálya-kordonhoz ér, szabad jelzést kap. A belépő szabadjelzés és az első fogadó kordon szabadjelzésének kezdete közötti idő eltolást behaladási offsetnek ( $t_b$ ) nevezzük. A körpályán haladó járműveket a legutolsó torkolatig megállás nélkül kell vezetni. A belépő szabad jelzés utolsó másodpercétől az utolsó előtti körpálya kordon szabad jelzésének a végéig tartó időt kihaladási offsetnek ( $t_k$ ) nevezzük. Ha a behaladási idők éppen olyan hosszúak, hogy az első jármű megállás nélkül haladhat a körpályán ( $t_{ba}$ ) és az utolsó belépő pedig nem marad le az utolsó előtti kordon szabad jelzéséről, ( $t_{ka}$ ) akkor az **alaprogram** szerint működik a csomópont.

Az alaprogram hossza az alábbi

$$t_{pa} = \sum t_{kai} + \sum t_{bai} + \sum t_{k\bar{2}1} - \sum t_{k\bar{2}12}$$

- ahol
- $\sum t_{kai}$  – a kihaladási offset idők összege,
  - $\sum t_{bai}$  – a behaladási offset idők összege,
  - $\sum t_{k\bar{2}1}$  – a közbenső idők összege (a körpályát követi a belépő)
  - $\sum t_{k\bar{2}12}$  – a közbenső idők összege (a belépőt követi a körpálya)

A belépő szabad jelzések összege:

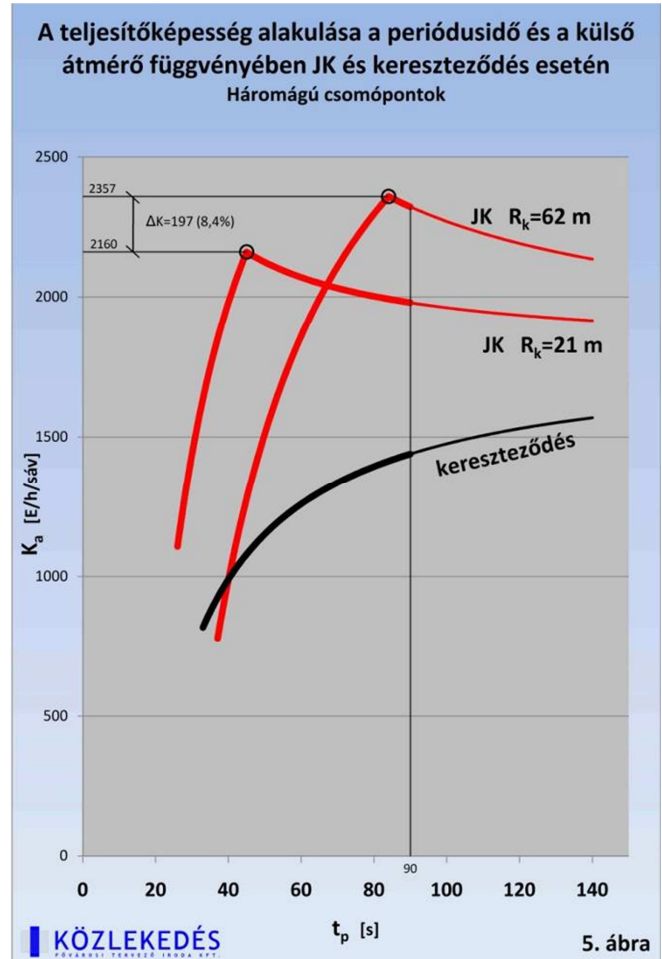
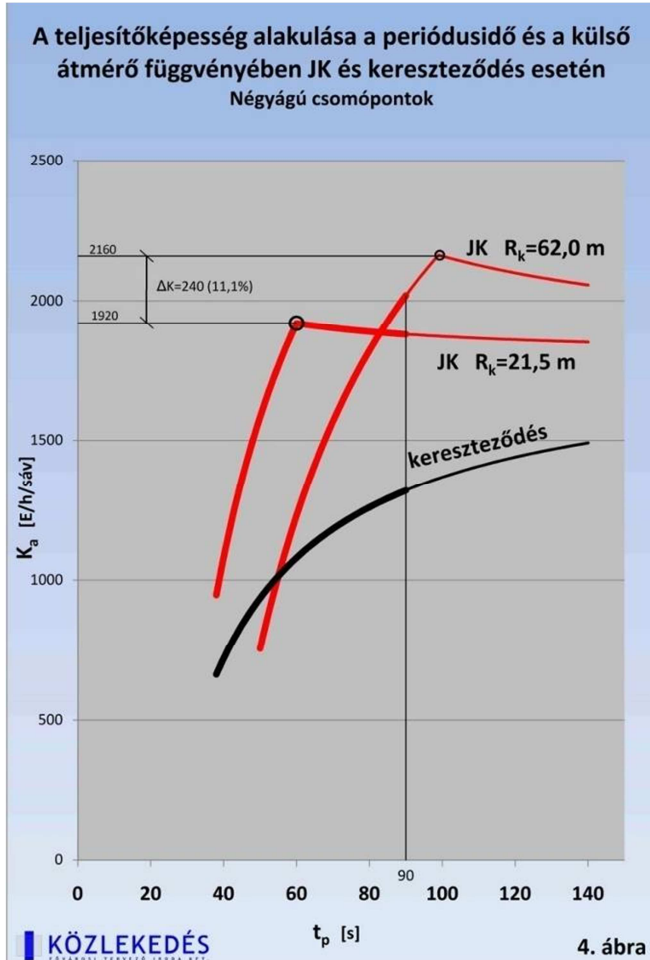
$$\sum t_{zai} = \sum t_{pa} + \sum t_{bai} - \sum t_{k\bar{2}12}$$

Az egy forgalmi sávra vonatkozó összegzett csomóponti teljesítőképesség:

$$K_a = \frac{\sum t_{zai} \cdot 1800}{t_{pa}}$$

Bizonyítható, hogy  $K_a$  – folyamatos forgalomáramlás esetén – a lehető legnagyobb teljesítőképesség. A program bármilyen módosítása, hosszának növelése, vagy a belső arányok változtatása a teljesítőképesség csökkenését eredményezi. Ez a sajátosság alapvetően eltér a kereszteződésnél megszokottól. Ott ugyanis a teljesítőképesség a periódusidő növelésével folytonosan nő. Ez olvasható le a 4. sz. ábráról is, ahol két különböző méretű jelzős kör és egy kereszteződés ( $\sum t_{k\bar{2}1} = 15$  s) kapacitásgörbéi láthatók. A két csomóponttípus kapacitása között igen jelentős a különbség:

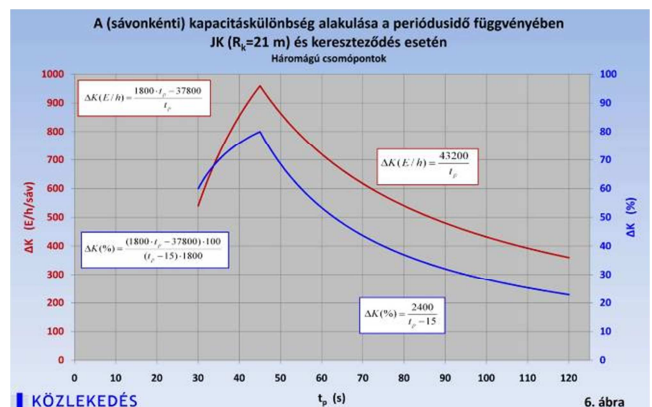
- a JK kapacitásgörbéjének más az alakja, meredeken emelkedik egy csúcspontban megtörik, majd enyhén esik,
- a görbe lényegesen magasabban halad, ami a keresztveződésnél sokkal nagyobb teljesítőképességét jelzi.



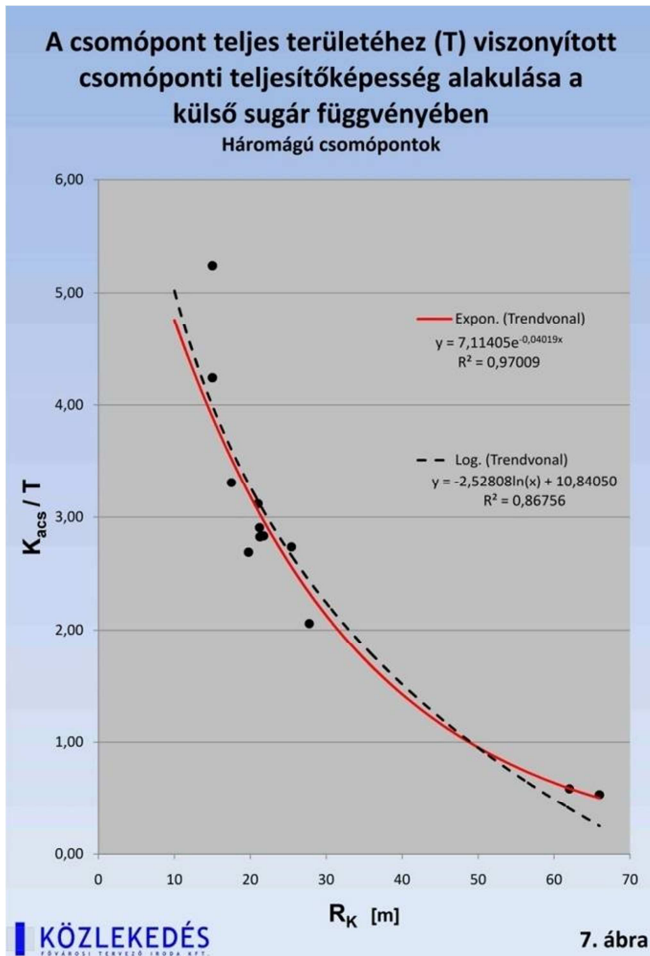
Ha nincsenek gyalogátkelőhelyek és a körpálya kisméretű, előfordulhat, hogy a  $\Sigma t_{k0,12}$  értéke erősen megközelíti a  $\Sigma t_{hai}$  értékét, ami azt eredményezi, hogy a kapacitásgörbe alakja közelíteni kezd a keresztveződés kapacitásgörbéjéhez. Ha a két érték egyenlő, - ami igen ritka és a geometriai kialakítással törekedni kell az elkerülésére - a csúcspont elmarad, de a görbe még így is sokkal magasabban halad, mint a keresztveződésé. (Vagyis még mindig előnyösebb a JK mint a keresztveződés.)

Még szembetűnőbb a két csomóponttípus közötti kapacitáskülönbség a háromágú csomópontok esetén. (5. sz. ábra.) A 4 ágúnál nagyobb kapacitás a be- és kihaladási offsetek kedvezőbb arányából következik. A 4 ágúknál a kihaladási offset kb. dupla olyan hosszú útszakaszra vonatkozik, mint a behaladási offset. A 3 ágúknál a ki- és behaladási offsetek ugyanazon hosszúságú szakaszra vonatkoznak, ami a 4 ágúnál rövidebb kihaladási és hosszabb behaladási offsetet eredményez. Mindkettő a teljesítőképesség növekedése irányába hat.

A 4. és 3. sz. ábrák egyúttal egy - a közelmúltban megerősödött - hiedelem megcáfolására is alapot ad. Ez, a JK nagy teljesítőképességét a nagy méretből következő jellemzőnek tekinti. Az ábrákból látható, hogy a méretnek - itt a külső sugár értékének ( $R_k$ ) - van, ugyan hatása a teljesítőképességre, ám ez százalékosan nem jelentős. A közel háromszorosára növelt méret dacára a maximális teljesítőképesség mindössze 11,1 illetve 8,4 %-al nő. A 6. sz. ábra nemcsak a csúcspontokat, hanem a görbék, azaz a kapacitások közötti különbséget mutatja a periódusidő függvényében, három ágú csomópontok esetén. A JK alkalmazása nem csak egy kiemelt periódusidő, hanem a gyakorlatilag alkalmazott teljes periódusidő tartományban jelentős kapacitásnövekményt eredményez.



Fentiekből következik az igen jó területhasznosítási mutató, a területegységre vonatkoztatott csomóponthasznosítási mutató, amit a 7. sz. ábra mutat be a külső sugár függvényében.



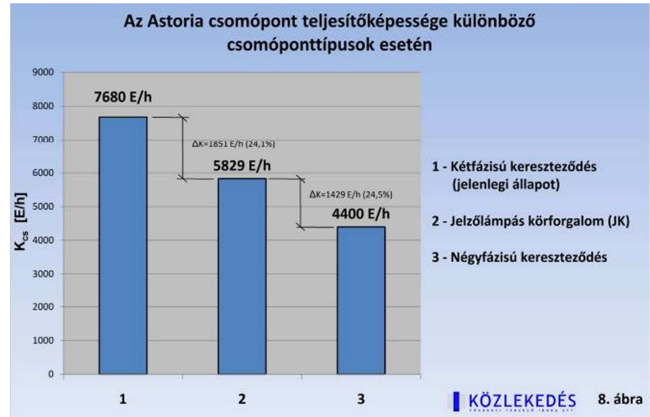
7. ábra

Mindezek alapján megállapítható, hogy

- a JK létesítése kisméretű csomópontok esetén is igen előnyös,
- a 3 ágú JK még egysávos változatában is alkalmazható önálló csomópontként.

A JK-t mindezek ellenére nem tekinthetjük „mindenható” csomópontnak. Teljesítménye csak a vele azonos szolgáltatást nyújtó – azaz mindenirányú forgalmi kapcsolatot biztosító – négyfázisú jelzőlámpás csomóponttal vethető össze.

Kétfázisú csomópont (Budapest, Astoria) teljesítményével való összehasonlítást mutat be a 8. sz. ábra. Mint látható a JK kapacitása mintegy 24 %-al kisebb, mint a jelenlegi kereszteződésé, ám ennek a forgalomnak – torkolatonként – akár a fele is balra kanyarodó lehet, miközben a programhosszúság csak a fele (45s) a jelenleginek. (Ezek a jellemzők igen nagymértékben javítanák a belvárosi úthálózat szolgáltatásának minőségét, annál is inkább mivel a forgalom mennyiségi jellemzőinek e területen a visszaszorítása folyik.) „Versenytársa” mennyiségi vonatkozásban csak a négyfázisú kereszteződés lehet, mely kb. 25 %-al kisebb teljesítményre képes – dupla hosszúságú programmal.



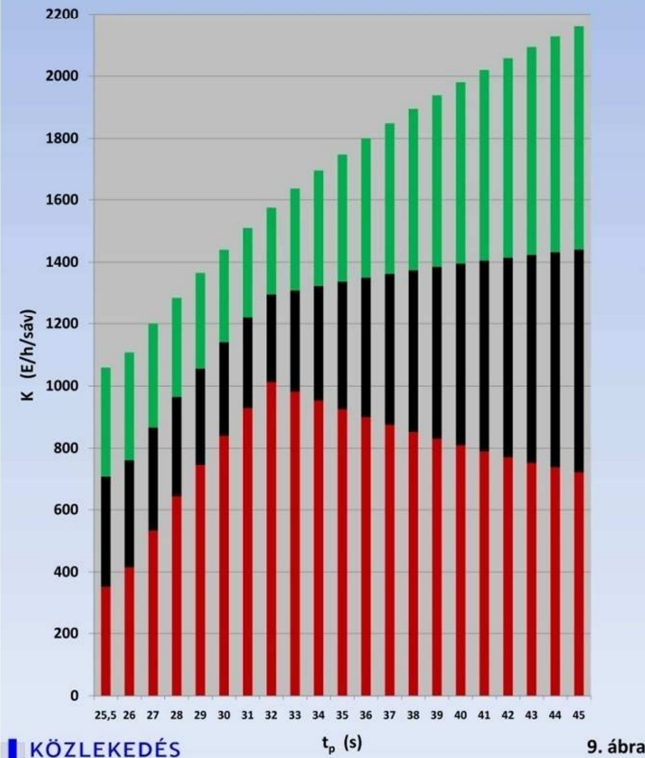
8. ábra

### 3. A TELJESÍTMÉNY ELOSZTÁSÁNAK SPECIÁLIS KORLÁTAI

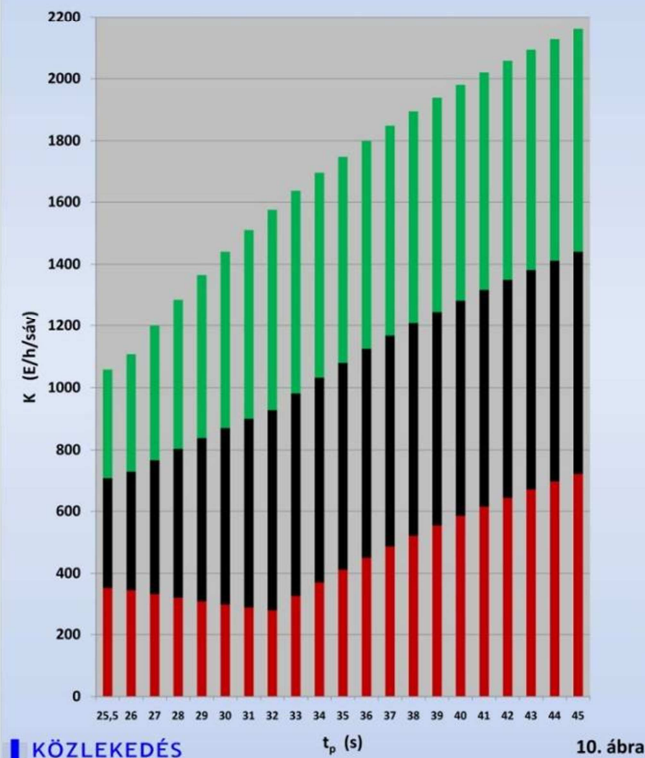
A jelzőlámpás kereszteződések esetén a címben jelzett probléma fel sem merülhet, mivel a minimális szabad jelzés hosszúságának (5 s) a betartásán túl nem kell semmire sem figyelemmel lenni, amikor egy adott periódusidőhöz tartozó (összegzett) szabad jelzést az egyes – egymással konfliktusban lévő – irányok között elosztjuk. Az elosztás a terhelések arányában történik. A szabad jelzések arányai szabadon követhetik a terhelési arányokat és a felhasználható szabadjelzés mindig 100 %-ban rendelkezésre áll. A JK esetén a terhelési arányok azok – bizonyos kereteinek – túllépése esetén a felhasználható teljesítmény csökken. Az 5. számú ábrának az  $R_k = 21$  m-es csomóponttal kapcsolatos kapacitásfüggvénye első szakaszának felnagyításával mutatjuk be a 9. és 10. sz. ábrán e szakaszon belül a rendelkezésre álló teljesítmény felhasználhatóságát. A szakasz két végpontján két nevezetes program áll, a felső végén a  $tp_a$  az alapprogram, az alsó végén pedig a minimális program  $tp_{min} = 25,5$  m (elméleti érték), mely három 5 s hosszúságú szabad jelzést biztosít. A két végpont periódusideje nem változtatható, pontosabban a  $tp_{min}$  lefelé, a  $tp_a$  – az arányok tartásával – pedig felfelé nem. A két végpont között, melyekben mindhárom ág szabadjelzése azonos hosszúságú – elvileg – kétféleképpen osztható el a teljesítmény (az eltérő színű oszlopok az egyes irányokban adható teljesítményt ábrázolják):

- kiemelhetünk egy irányt (9. sz. ábra), melynek mértéke a periódusidőtől, pontosabban  $tp_a$ -tól való „távolságtól” függ, a másik két torkolat kaphat egyenlő, vagy attól eltérő teljesítményt, a fontos, hogy az ábrabeli összegükön belül kell maradniuk,
- kiemelhetünk két torkolatot (10. sz. ábra), melyek egymással nem kell, hogy – miként az ábrában – egyelőre kapacitásnak legyenek, csak összegük legyen az adott periódusidőnél az ábrabeli.

A teljesítőképesség belépő ágak közötti szétoszthatósága egy ág kiemelése esetén ( $t_{pmin}$  és  $t_{pa}$  között) Háromágú JK



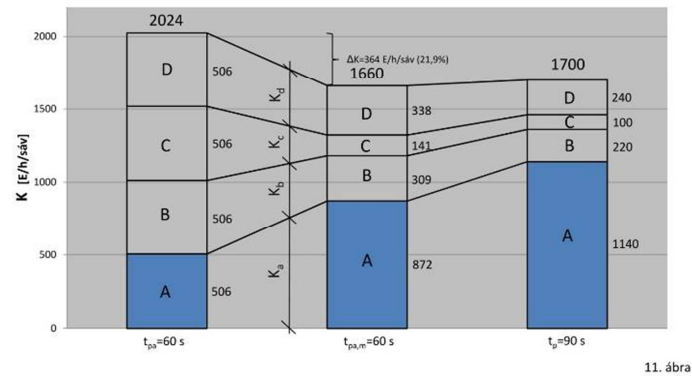
A teljesítőképesség belépő ágak közötti szétoszthatósága két ág kiemelése esetén ( $t_{pmin}$  és  $t_{pa}$  között) Háromágú JK



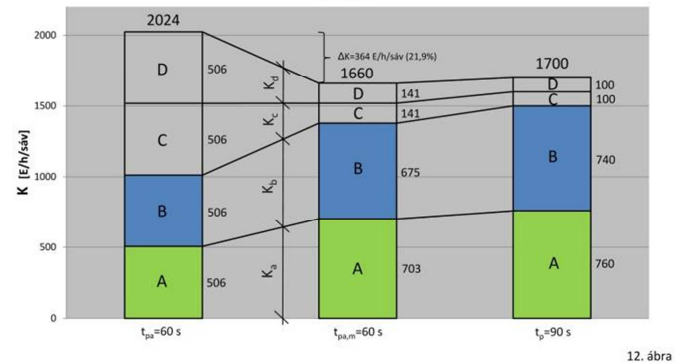
Amennyiben az igények egybeesnek valamelyik oszlop szerinti érték-hármassal, vagy azt – tartalékkal – jól közelítik, veszteség nélkül felhasználható a teljes – a periódusidőhöz tartozó – teljesítőképesség. Amennyiben eltérő terhelési arányok jelentkeznek akkor módosítható a program, de ez már veszteséggel jár. Az alapprogram – mely minden további programmodosítás alapja – **ahány másodpercnyi módosítást szenved, annyi másodperccel csökken a felhasználható szabad jelzések összege.**

Négyágú csomópontoknál még egy további kötöttség is jelentkezik, nevezetesen az, hogy a kiemelendő, azaz megnövelendő kapacitású torkolatok egymás mellett vagy egymással szemben vannak-e. Az egy ág kiemelése eseté lényegesen nagyobb szabadsággal, magasabb érték elérésével valósítható meg. (11. sz. ábra)

Egy torkolat maximális kapacitásnövelése Négyágú csomópont (JK)  $R_k=25,0$  m



Szomszédos torkolatok teljesítőképességének maximális növelése Négyágú csomópont (JK)  $R_k=25,0$  m

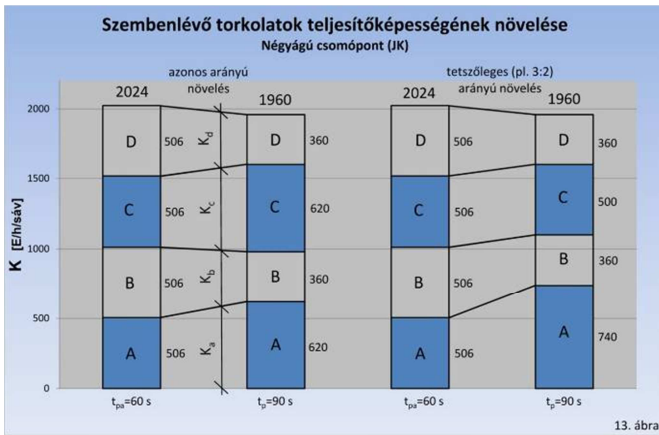


A szomszédos ágak kapacitásnövelése nagy szabadságfokkal történik (12. sz. ábra), ami a JK kanyarodó főútvonali, illetve elosztó-csomópontra való nagyobb alkalmasságát támasztja alá.

A növelés két lépésben végzendő, először a perióduson (alapprogramon) belül az arányok módosítására, kerül sor, majd a programhosszúság növelésére. Ez utóbbi módosítás kisebb veszteséggel jár, mint az alapprogram módosítása.

A szembenlévő ágak esetében nem módosítható az alapprogram, szabad jelzés növelése csak programhosszúság növelésével lehetséges. Az eredmény kisebb veszteséggel jár, de kisebb a hatékonysága is.

Ez utóbbi ábrák végezetük is meggyőzően mutatják be, hogy a módosítások okozta veszteségek alapvetően nem rontják le a JK igen jelentős teljesítőképességbeli előnyét. (13. sz. ábra)



Összefoglalva megállapítható, hogy az alapvető különbség a két csomóponttípus között az, hogy a kereszteződés esetén a rendelkezésre álló teljesítőképesség, **kötöttségek nélkül elosztható** az egyes torkolatok között, míg JK esetén az elosztás - egyes esetekben - **kötöttségek figyelembevételével** kell, hogy történjen.

A két csomóponttípus teljesítőképességének összehasonlítását a belépő ágakat főirányú és mellékirányú belépésekre bontva, majd ezek kapacitását koordináta rendszerben feltüntetve mutatja be a 14. sz. ábra. A kereszteződés kapacitását egyetlen egyenes vonal ábrázolja a 2240 E/h/400 E/h és a 400 E/h/2240 E/h értékpárok által meghatározott pontok között. Az adatok 2 x 2 sávra vonatkoznak és így a teljes csomóponti kapacitásnak felelnek meg.

A JK teljesítőképességét reprezentáló törtvonalú vonalszakasz jóval magasabban helyezkedik el az ábrában, mint a kereszteződés kapacitását bemutató. Ez azt jelenti, hogy a torkolatonként **2 sávós járműosztályozós kereszteződés teljesítőképességét a 2 sávós jelzős kör a lehetséges összes terhelési relációban számottevően meghaladja.**

A kereszteződés (max.) teljesítőképessége 2640 E/h, a JK-é pedig 4048 E/h, illetve 3920 E/h (az arányoktól függően), ami 53,3, illetve 48,5 %-os különbségnek felel meg. Ez egyben azt is jelenti, hogy a **JK ugyanazt a forgalmat lényegesen kedvezőbb lebonyolódási színvonalon, magasabb szolgáltatási szinten képes lebonyolítani.**

