

PÉCSI TUDOMÁNYEGYETEM

Földtudományok Doktori Iskola

**A légi közlekedés útvonalhatékonyságának fejlesztése
az európai légtérben**

PhD-értekezés

Sztrunga Erzsébet

Témavezető:

Dr. habil Trócsányi András
tanszékvezető egyetemi docens

Pécs, 2015

A doktori iskola címe:	PTE Földtudományok Doktori Iskola 7624 Pécs, Ifjúság útja 6.
A doktori iskola vezetője:	Dr. Dövényi Zoltán DSc egyetemi tanár PTE TTK Földrajzi Intézet Társadalomföldrajzi és Urbanisztikai Tanszék
A doktori témacsoport címe:	Regionális földrajz
A doktori témacsoport vezetője:	Dr. Szilágyi István DSc egyetemi tanár PTE TTK Földrajzi Intézet Politikai Földrajzi, Fejlődési és Regionális Tanulmányok Tanszéke
Az értekezés tudományága:	Közlekedésföldrajz
Témavezető:	Dr. habil Trócsányi András tanszékvezető egyetemi docens PTE TTK Földrajzi Intézet Társadalomföldrajzi és Urbanisztikai Tanszék
Szakmai konzulens:	Giuseppe Acampora Head of ASM procedures section Senior Air Traffic Management expert European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL), Brussels

FC-nak, FD-nak és MY-nek

Tartalom

Bevezetés	5
1. Kutatási előzmények	7
2. Fogalmi meghatározások	11
3. Hipotézisek és célok	15
3.1 A kutatás hipotézisei.....	15
3.2 A kutatás céljai	16
4. Módszertan	17
5. Helyzetfeltárás	20
5.1 A légiforgalmi útvonalak történeti alakulása	20
5.1.1 A légterek nemzetközi jogi helyzetének kialakulása	24
5.2 A légiforgalom problémáit előidéző tényezők	26
5.2.1 A problémák feltárása	27
5.2.2 Európai szintű légiforgalmi kezdeményezések	39
6. A járathatékonyság vizsgálata	41
6.1 A járathatékonyság mutatói	41
6.2 Járathatékonysági célok.....	44
6.3 Az útvonalhatékonyság meghatározása	47
6.3.1 A horizontális útvonalhatékonyság.....	48
6.3.2 A vertikális útvonalhatékonyság.....	50
6.4 Horizontális útvonalhatékonysági elemzés	52
6.4.1 A forgalom nagysága	55
6.4.2 Útvonaltöbbletek elemzése.....	66
6.4.3 Összehasonlító vizsgálatok.....	78
6.4.4 A horizontális vizsgálatok összegzése.....	83
6.5 Vertikális útvonalhatékonysági elemzés	84
6.5.1 A szimulációk eredménye	87
6.5.2 A vertikális vizsgálatok összegzése	91
7. Az útvonalhatékonyság modellezése	95
7.1 Az útvonalhatékonyság stratégiai szintű tényezői és tervezési feladatai.....	99
7.1.1 Légtértervezés	99
7.1.2 Útvonaltervezés	104
7.1.3 Stratégiai szintű katonai légtérhasználat.....	111
7.1.4 Egy különleges helyzetű európai légtér (esettanulmány).....	112
7.2 Az útvonalhatékonyság előtaktikai szintű tényezői és tervezési feladatai	118
7.2.1 Repülési terv.....	119
7.2.2 Útvonaldíjak.....	119

7.2.3	Előtaktikai szintű katonai légtérhasználat	120
7.2.4	Politikai okok	123
7.2.5	Sztrájkok.....	125
7.2.6	Esetleges vulkánkitörések és más tényezők miatti krízishelyzetek.....	126
7.3	Az útvonalhatékonyság taktikai szintű tényezői és tervezési feladatai	126
7.3.1	Útvonali kerülések.....	126
7.3.2	Taktikai szintű katonai légtérhasználat.....	128
7.3.3	Közvetlen taktikai műveletek alkalmazása.....	128
7.3.4	Műszaki meghibásodások kezelése.....	129
7.4	Az útvonalhatékonyság műveletek utáni elemzési feladatai.....	129
8.	A vizsgálatok tudományos eredményei.....	130
8.1	A kutatás további irányai.....	132
	Rövidítések jegyzéke	133
	Ábrák és táblázatok jegyzéke.....	135
	Irodalomjegyzék	139
	Tudományos tanulmányok.....	139
	Szakmai dokumentumok.....	146
	Hazai és európai uniós jogszabályok.....	149
	Köszönetnyilvánítás.....	152

Bevezetés

A gazdasági változásokra érzékenyen reagáló légiforgalom a második világháborút követő tömegessé válása óta jelentős átalakuláson ment át, ami mind technikai fejlődésében, mint a forgalom növekedésében egyaránt egzakt módon kifejezhető. A növekedés határainak a kiapadó nyersanyagforrások mellett a légtér befogadó képessége szab korlátokat. A légtér telítettsége következtében a járatok nem haladhatnak az ideálisnak tekintett legrövidebb útvonalon. A légiforgalom – folyamatos műszaki fejlődése ellenére – teljesítőképességének határa felé közelít. Az ezzel járó kockázatok elkerülésére olyan tudományos vizsgálatokra van szükség, amelyek a légiközlekedés hatékony menedzselésével megakadályozzák a légtér telítettségének kialakulását, hozzájárulnak a légtér kapacitásproblémáinak kezeléséhez, hatékonyabb repülési pályák kialakításával csökkentik az útvonaltöbbletet és ezáltal zökkenőmentes és gazdaságos üzemeltetést tesznek lehetővé. Ennek érdekében az elmúlt egy évtizedben a légiközlekedési szakma egyre szélesebb körben foglalkozik a járathatékonyság, és az annak részeként megjelenő útvonalhatékonyság vizsgálatával és fejlesztési lehetőségeivel.

Bár a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet a repülés szinte valamennyi területére jogszabályokat dolgozott ki, kézikönyvekben és ajánlásokban pedig meghatározta a biztonságos üzemeltetéshez szükséges teendőket, azonban a járathatékonysággal nem foglalkozik mélyrehatóan. Kérdésemre a szervezet ezt azzal magyarázta, hogy a járathatékonyság rendkívül holisztikus nézőponttal rendelkező terület, amire számos tényező hat, mint például az üzemeltetők szokásai, az információ áramlása, a szolgáltatások színvonala vagy a meteorológiai körülmények. A különböző nézőpontok azt eredményezik, hogy a világ és azon belül Európa eltérő területein is a szakemberek más-más dologra asszociálnak, amikor a járathatékonyság kifejezést meghallják. Más a fogalom jelentése vertikálisan, az egyes légiforgalmi szereplők, így a repülőgép-vezetők, a légiforgalmi irányítók, az üzemeltetők vagy a légterek és útvonalak fejlesztésével foglalkozó szakemberek számára, és más horizontálisan is, az egyes kontinensek légiközlekedésében.

A Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet az ismertett sokrétűség miatt a járathatékonyság értékelése során csak egy-egy nézőpont vizsgálatát javasolja. Ezért kutatásomban én sem vállaltam fel, hogy teljes képet adjak a járathatékonyság fejlesztésére vonatkozó megoldási lehetőségekről. Tekintettel arra, hogy a témához kapcsolódó szakmai tapasztalataimat az Európai Légiközlekedés Biztonsági Szervezetenél szereztem, ahol a légiforgalom szervezése, a légterek, illetve légiforgalmi útvonalak fejlesztési lehetőségei felől közelítenek a kérdéshez, munkám során én is ezt a nézőpontot vettem figyelembe.

Kutatásom területe a légiközlekedés szempontjából az egyik legforgalmasabb térség, az európai kontinens. A légtér telítettsége Európa különböző részein nem egyforma. Míg a kontinens nyugati részén a légiforgalmi irányító központok gyakran teljesítőképességük határát súrolják, addig Észak- és Kelet-Európa egyes térségeiben kisebb mértékben jelentkezik a probléma. Ugyanakkor a túlterheltséggel kapcsolatos nehézségek kihatással lehetnek más területekre is. Ezért a helyzet átfogó, európai szintű menedzselésére van szükség.

A nemzetközi szervezetek igen alapos adatgyűjtést végeznek a légiforgalomról. Az adatok elemzése azonban csak makro-szinten történik meg, általában éves összesítések formájában, holott az adatmennyiségben rejlő információk nagyobb hatékonysággal is kihasználhatóak lennének. Részben a szakmai szervezetek mélyebb, a részletekre jobban kiterjedő elemzései révén, részben pedig az egyes tagállamok által. Ez utóbbiak gyakran nem élnek megfelelő mértékben a nemzetközi szervezetek által nyújtott információ-szolgáltatással, nem használják fel operatív szinten az adatokat, illetve az elemzések eredményeit. Emiatt fennáll a veszélye, hogy a légiközlekedés szereplői, illetve a kormányzati és kormányközi döntéshozók nem kapnak megfelelő, minden területre kiterjedő javaslatokat a szakmai, jogi vagy egyéb tervezések végrehajtásához, ami pedig elengedhetetlen lenne egyrészt a hatékonyság növeléséhez, másrészt, ezzel párhuzamosan a légiközlekedés biztonságának növeléséhez.

Vizsgálataim során nem volt arra lehetőség, hogy a járathatékonyság teljes egészével foglalkozzak, annak átfogó jellege miatt. Ezért elsősorban a jelenség földrajzi tényezőire fókuszálva a horizontális útvonalhatékonyság térbeli megjelenésével, a vertikális útvonalhatékonyság szerepével és ezek alapján a teljes útvonalhatékonyság tényezőire vonatkozó megoldási lehetőségekkel foglalkoztam. Bár a nemzetközi szakirodalomban fellelhető egyes kisebb részterületek vizsgálata, Magyarországon a járat- és útvonalhatékonyság tudományos vizsgálatára még nem került sor. Az útvonalhatékonyság fejlesztéséhez való tudományos szintű hozzájárulás mellett a kutatások célja a vizsgált terület szerepének hangsúlyozása volt. Mivel a légiközlekedés járathatékonyságának teljes körű fejlesztése igen komplex megközelítést kíván, szerencsés volna a különböző más nézőpontok szerinti kutatások elvégzése is. Bízom benne, hogy jelen munka hozzájárul a terület több szempontból történő tudományos feltárásának megkezdéséhez.

1. Kutatási előzmények

A téma szakirodalmi feldolgozottsága nemzetközi szinten bőséges, ugyanakkor hazai viszonylatban igen kevés publikáció áll rendelkezésre. A kutatási területem szakirodalmi hátterét – tekintettel a szer-
teágazó részterületekre, – tematikus bontásban mutatom be.

A légitársaságok földrajzával nemzetközi viszonylatban többek között GRAHAM, B. (1995, 1998), PAULSON, G.–WATT, A. (2003), GOETZ, A. R.–GRAHAM, B. (2004), STADLER, G. (2004), ÅKERMAN, J. (2005), DENNIS, N. (2007), ADEY, P. (2010), DALEY, B. (2010), AL SUWAISI, S. (2012) foglalkozott. FRON, X. (2001) a légitársaságok és fenntartható fejlődés összefüggéseit vizsgálta.

A légitársaságok egyik elsődleges szempontja a leghatékonyabb útvonalak kialakítása és használata. Az ettől való eltérés a repülési idő, ezáltal az üzemanyag-felhasználás és így a környezet-terhelés, valamint más repülési költségek növekedésével jár. Napjainkban a nemzetközi repülések során a járatok nem az optimális útvonalon közlekednek (Performance Review Commission 2010). Ennek a kedvezőtlen helyzetnek a javítása céljából jött létre az Egységes Európai Égbolt stratégia tervezete (ANTWERPEN, N. A. VAN 2002), melynek keretében a jelenleg még államhatárok mentén feldarabolt légtér nagyobb regionális egységekbe, úgynevezett funkcionális légtérblokkokba integrálják, emellett pedig a közforgalmi (egyelőre magaslégi) repülések számára szabad útvonalakat alakítanak ki az útvonalhatékonyság fejlesztése érdekében. Az Európa feletti légtér egységesítésére vonatkozó elképzelések számos szakmai fórumon megjelentek. 1958-ban a Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet¹ ülésén már felmerültek azok a légitársasági irányítási elképzelések, melyek figyelmen kívül hagyják az államhatárokat (BOUSSARD, L. C. 1958). PETERS, P. (2005) szerint az 1960-as években az Európai Légitársasági Biztonsági Szervezet² is azzal a céllal hozták létre, hogy megteremtse az egységes európai légtér. A Nemzetközi Légitársasági Szövetség³ munkacsoportjának jelentése szerint Európa a légtér telítettsége szempontjából a világ legkedvezőtlenebb helyszíne (LEARMOUNT, D. 1989). A jelentés az európai légtér infrastrukturális hiányosságaira rámutatva kinyilvánítja, hogy alapvető fontosságú lenne az európai légitársasági irányítási rendszer központi történő strukturális átalakítása, összehangolása, melynek érdekében több stratégiát dolgoztak ki az évek folyamán (Az ECAC⁴ 1990-es évekre szóló stratégiája; Az ECAC légitársasági szolgáltatásról szóló európai szervezeti stratégiája; Légitársasági Szolgáltatási Stratégia 2000+). A 2004-ben elfogadott Egységes Európai Égbolt stratégia végrehajtására vonatkozó előírásokat az európai uniós rendeletek határozzák meg (Az Európai Parlament és a Tanács 549, 550, 551, 552/2004/EK rendeletei) és számos szerző foglalkozott a kérdéssel (DAM, R. VAN. 2004, HENDRIKS, L. 2004, CARSTENS, K. 2004, GARNIER, J-L. 2004, PETERS, P. 2005, HALLS, M. 2007, LEARMOUNT, D. 2008, CRESPO, D. C.–LEON, P. M. 2011). Az európai légtér átalakításának előkészítése során merült fel a különböző

¹ International Civil Aviation Organization – ICAO

² European Organization for the Safety of Air Transport – EUROCONTROL

³ International Air Transport Association – IATA

⁴ European Civil Aviation Conference – Európai Polgári Légitársasági Konferencia

funkciókkal ellátott légtérblokkok kialakításának lehetősége (LEMAIRE, J-P.–MICHELLE, P. 2002, KERKHOF, G. 2004, HALLGREN, A. 2005, BEKESCHUS, H. 2006). MIHETEC, T.–BOŽIČEVIĆ A.–STEINER S. (2008) tanulmányában egy lehetséges Délkelet-európai funkcionális légtérblokk létrehozását vizsgálta, CASTELLI L. et al. (2005) az útvonaldíjak lehetséges irányelveit elemezte.

Elkerülhetetlen a problematika jogi hátterének vizsgálata, hisz a rendszeres kereskedelmi célú repülések megindulása előtti időszakban a légtér jogi helyzetének megítélésakor az az elv volt a jellemző, hogy a légtér mindenki által szabadon használható (FAUCHILLE, P. 1901). A II. világháborút követően a repülés minőségi (technikai) és mennyiségi fejlődésével szükségessé vált a légiközlekedés szabályozása, így 1944-ben Chicagóban kidolgoztak egy nemzetközi légiközlekedési egyezményt, amelynek alapján kimondták az állam korlátlan felségjogát a területe felett elhelyezkedő légtérre vonatkozóan. Az Egységes Európai Légtér létrehozásáról szóló rendelet a Chicagói Egyezményt figyelembe véve tűzte ki célul a légtérblokkok létrehozását, melynek értelmében minden állam teljes szuverenitással rendelkezik saját légtere felett, de a szuverenitás keretei között alávetik magukat a vonatkozó nemzetközi egyezményeknek, és hatósági jogkört gyakorolnak a légiforgalom irányítása során. A jogi megközelítések szerint a légterek határai változatlanul a szuverén államok határait követik (ANTWERPEN, N. A. VAN. 2008), és mivel Európa területe igen tagolt, az európai légiforgalmi szolgáltatás is rendkívül elaprózódott, a légi útvonalak nemzeti, nem pedig európai uniós szinten optimalizált hálózaton üzemelnek. A szuverenitásból fakadó fragmentáció az európai légtérátalakítás legérzékenyebb pontjává vált (GRESNIGT, C. 2005). A szuverenitás légiforgalmi szolgáltatókra gyakorolt hatása SCHWENK, W.–SCHWENK, R. (1998) művében került részletes elemzésre.

Az elmúlt évtizedek folyamán számos légiközlekedéssel foglalkozó szakmai szervezet foglalkozott azokkal a tényezőkkel, amelyek a légtér-szervezési és -kezelési problémákhoz vezettek, illetve fognak vezetni (NOLAN, M. S. 2004).

Európai szintű jogszabállyal (A Bizottság 2150/2005/EK rendelete) határozták meg a rugalmas légtérhasználat elvét, melynek európai és amerikai verzióját MALARSKI, M.–MANEROWSKI, J. (2008) vizsgálta, és a járhatókonyság optimalizálásában kiemelkedő szerepe van (MIHETEC, T.–STEINER, S.–JAKŠIĆ Z. 2012, MIHETEC, T.–ODIC, D.–STEINER, S. 2011).

Számos kutató vizsgálta, hogy a megnövekedett légiforgalom miként vezetett kapacitásproblémákhoz (VOSS, W.–HOFFMAN, J. 2001, FRON, X. 2001), ebből adódóan pedig késésekhez (WU, C. L.–CAVES, R. 2003, CARLIER, S. et al. 2007, JETZKI, M. 2009). Korábban LEARMOUNT, D. (1989) igazolta, milyen problémákat jelent, hogy a szuverén államok a légtér-szervezés kialakításában és a műszaki berendezések beszerzése során egymástól eltérő nemzeti stratégiát alkalmaznak.

Az elméleti hatékonysági vizsgálatokat idővel numerikus módszereken alapuló kutatások is igazolták. A légtér integrációs folyamatai mellett az útvonalhatékonyság fejlesztésének tudományos megalapozása párhuzamosan haladt annak gyakorlati megvalósításával. A 2000-es évek elején többen foglalkoztak a kérdéssel. Ezeknek a kutatásoknak a megalapozását jelentette az FAA⁵ és az EUROCONTROL 2003-ban végzett összehasonlító elemzése, melyben megvizsgálták és összeha-

⁵ Federal Aviation Administration – az Amerikai Egyesült Államok Légügyi Hivatala

sonlították az Amerikai Egyesült Államok és az európai kontinens légiközlekedési üzemeltetésének hatékonyságát (Performance Review Commission and the FAA 2003). A tanulmány rámutatott a kontinensek közötti üzemeltetési különbségekre és kiemelte az európai kontinens magas útvonal-díjait. 2008-ban újabb összehasonlító elemzést végeztek a 34 legforgalmasabb amerikai és európai repülőtér üzemeltetésére vonatkozóan (Performance Review Commission and the FAA Air Traffic Organization Strategy and Performance Business Unit 2009), amelyben az elemzéseket már a járatok egyes fázisai alapján vizsgálták. Ezt a vizsgálatot 2010-ben megismételték, ám az újabb vizsgálat eredményeit csak két év elteltével publikálták (Performance Review Commission and the FAA Air Traffic Organization Strategy and Performance Business Unit 2012). 2013-ban az elemzéseket költséghatékonysági vizsgálatokkal egészítették ki (Performance Review Commission, and FAA Air Traffic Organization System Operations Services 2013). STEINER, S. et al. (2008) a közlekedésfejlesztést megalapozó tényezőket vizsgálta. Ugyanennek a munkacsoportnak a tagjai foglalkoztak az éjszakai útvonalhálózat fejlesztésével (MIHETEC, T.–STEINER, S.–JAKŠIĆ Z. 2012). A kutatások során elengedhetetlen volt a matematikai módszerek alkalmazása a légiforgalmi útvonalak tervezésénél (KRÓL, A.–PAMULA, T. 2009), valamint a szektorkapacitás meghatározásánál (KNORR, D.–WALTER, L. 2011). Az útvonalhatékonysági mutatók kialakításakor a legrövidebb geometriai útvonalhálózat kialakítására törekednek. Az EUROCONTROL a járatonkénti horizontális útvonalhatékonysági mutatót 2006-ban vezette be, a következő évben pedig alkalmazta az ötven legforgalmasabb európai várospárra vonatkozóan (Performance Review Commission 2007, 2008b). A mutató bevezetésével kapcsolatos eredményeket európai oldalon BUCUROIU, R. (2011), amerikai oldalon KNORR, D. et al. (2001 és 2011a) vizsgálta. Mivel a hatékonyságot csak várospárok között mérték, eredményeik által nem lehetett pontosan meghatározni egy-egy térség hatékonyságát. Több kontinensre vonatkozó mutatót dolgozott ki REYNOLDS, T. G. (2009), azonban a tanulmányában szereplő, az európai kontinensre vonatkozó hatékonysági érték eltér az Európai Bizottság által publikált mutatótól (bár az adatainak a forrása nem található meg az idézett műben). Ezt követően hatékonysági célokat is meghatároztak (Performance Review Commission 2008b, IATA–EUROCONTROL–CANSO 2008, a Bizottság 121/2011/EU határozata).

Egy repülés során a leszálló, süllyedési szakasz, vagyis a vertikális útvonalhatékonyság vizsgálata a Performance Review Commission (2008c), DINGES, E. (2007), KNORR, D. et al. (2011b), REYNOLDS, T. G. (2008), ALCABIN, M. S. et al. (2009), SHRESTA, S.–NESKOVIC, D.–WILLIAMS, S. S. (2009) művében jelent meg. Mind a horizontális, mind a vertikális elemzések folyamán elméleti útvonal-kialakítást alkalmaztak, feltételezve, hogy minden egyes repülő zavartalanul, korlátozások nélkül repülhet a légtérben. Bár meglátásaik jók, de eredményeik nem teljes körűen alkalmazhatóak az európai légtér telítettsége következtében. A hatékonyság elemzésénél a légtér telítettségét ROBINSON, J. E.–KAMGARPOUR, M. (2010) vette figyelembe, amely így a korlátozásokból adódóan szűkebb mozgásteret állapít meg az útvonalhatékonyság fejlesztésére vonatkozóan.

A tanulmányok ellenére az útvonalhatékonysági mutatók bevezetése még számos területen késlekedik (Boeing & CANSO, 2012). Ennek az lehet az oka, hogy az útvonalhatékonysági vizsgálatok kezdeti korszakában a vertikális hatékonyság vizsgálatával egyáltalán nem foglalkoztak (Perfor-

mance Review Commission 2007, 2008b) miközben az nem elhanyagolható tényezője a teljes járat-hatékonyságnak.

A téma magyar nyelvű feldolgozottsága sokkal visszafogottabb. Hazai viszonylatban a légi-közlekedés földrajzát ERDŐSI F. (1997, 1998, 2000, 2004, 2005, 2007, 2008, 2009) dolgozta fel.

A légiforgalom általános jogi kérdéseivel MOYS P. (2006) és ANGYAL Z. (2011a, 2011b) munkáiban találkozhatunk, míg az Egységes Európai Égbolt stratégia végrehajtására vonatkozó elő-írások jogi megközelítésével ORLÓCI ZS. (2006) foglalkozott, megállapítva, hogy a légtérblokkokat a tradicionális nemzeti megközelítéstől eltérően kell kialakítani.

A légtér átalakulásának földrajzi kérdéseivel a geográfiától távolabb álló hazai kutatók is fog-lalkoztak (ROHÁCS J. 1986, 1994, LEGEZA E.–TÖRÖK Á. 2009).

A légtértervezés és az útvonalak kialakításának elméleti és gyakorlati megközelítésére vonat-kozó szakmai művek átfogó képét adják a léginnavigációnak (VOIT E. 1990, MUDRA I. 1995, UGRÓCZKY L.–FÜLÖP G. 1999, KOVÁCS F. 2002, TÓTH J. 2005).

A légi közlekedés forgalmi és kereskedelmi liberalizációjának és deregulációjának követ-kezményei LEGEZA E. (2005), valamint DUDÁS G. (2010) műveiben kerültek elemzésre.

A szektorkapacitás meghatározásával MEYER D. et al. (2009) foglalkozott a légtérkapacitás növelésének érdekében (KÖVÁRI B. 2001).

2. Fogalmi meghatározások

Munkám folyamán számos olyan fogalom merül fel, mely kevésbé ismert vagy a szokványostól eltérő meghatározást értek alatta. Tekintettel arra, hogy az európai légtér gyorsuló telítődése miatt az útvonalhatékonyság problémaköre új keletű, – bár fokozott ütemben bővül a tudományos feldolgozottsága, – a területet érintő szakkifejezések megalapozó definíciós rendszere kidolgozására még nem került sor, egyes meghatározásokkal így kizárólag az európai szintű jogszabályokban lehet találkozni. A helyzetet tovább bonyolítja, hogy a repülés nemzetközi nyelve ugyan az angol, azonban Európában és Észak-Amerikában ugyanazokra a berendezésekre, jelenségekre vagy repülési eljárásokra eltérő szakkifejezéseket alkalmaznak. Az egyes szakkifejezéseket a légiközlekedésben azok rövidítésével használják, ami megkönnyíti a zökkenőmentes alkalmasukat mind az élő beszédben, mind pedig az írásbeli kommunikáció során. Ezért jelen dolgozatban is ezeket a rövidítéseket használom, természetesen azok magyarázatával. A könnyebb áttekinthetőség érdekében a dolgozat végén helyet kapott a rövidítések jegyzéke.

A légiközlekedés kifejezés általános értelemben magába foglalja a repülés minden elemét, ide értve az eszközöket és az egyéb technikai feltételeket, valamint az egyes elemek közötti intézkedéseket és folyamatokat. Célja a személy- és áruforgalom légi úton történő lebonyolítása. A légi forgalom a légiközlekedés mennyiségére vonatkozó kifejezés, mely alatt a megvalósuló repüléseket értjük, függetlenül azok feltételrendszerétől (The creation of the single European sky, 1999).

A légiközlekedés legelső és legátfogóbb szervezete, az ENSZ szakosított szerve az 1944-ben létrehozott Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet. Nemzetközi szabályokat fogalmaz meg a repülés biztonsága érdekében, ajánlásokat fogad el a fenntarthatóság érdekében, a polgári repülés valamennyi területén közvetítőként szolgál a szerződő államok között. Az ICAO az egyetlen olyan nemzetközi szervezet, amely abban a helyzetben van, hogy koordinálni tudja globális szinten a légiforgalmi szolgáltatási rendszer fejlesztéséhez kapcsolódó tevékenységeket egy globális rendszer kialakítása érdekében. Kutatásomban alapvető fontosságuk van a Szervezet által kiadott kézikönyveknek, melyek közül a 9854-es⁶ tizenegy kulcsfontosságú fejlesztési területet tárt fel, melynek alapján a 9883-as kézikönyv⁷ hatékonysági mutatókat határoz meg a légiközlekedés fenntarthatóságának érdekében. Ezek egyike a járathatósági mutató, amelyre vonatkozóan azonban nem határoz meg célokat. Megemlíti ugyanakkor, hogy a különböző szervezetek által különböző jelentése van a járathatóságnak és ebből kifolyólag különböző mérőszámokat használnak ennek kifejezésére.

Az Amerikai Egyesült Államokban a Szövetségi Légügyi Hivatal foglalkozik a repülés tervezésével, szervezésével, koordinálásával. Ennek európai megfelelője az Európai Légiközlekedési Biztonsági Szervezet. Jelentős a különbség a két kontinens között – ami hatással van az útvonalhatékonyságra is –, miszerint az USA-ban az FAA által megtervezett légterek és útvonalak jóváhagyása is megtörténik a szervezet által, ugyanakkor az európai kontinensen az

⁶ Global Air Traffic Management Operational Concept

⁷ Manual on Global Performance of the Air Navigation System

EUROCONTROL által kidolgozott terveket a fragmentáció következtében az államok nemzeti felügyeleti hatóságai hagyják jóvá.

Az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottsága (PRC⁸) és az Útvonalhálózati Menedzsment Igazgatóság (DNM⁹) foglalkozik a légiközlekedés folyamatainak elsődleges elemzésével.

Az Európai Polgári Repülési Konferencia kormányközi (politikai) tanácsadó szervezetként működik, tagjait az egyes tagállamok légügyi hatóságai delegálják.¹⁰ Számos további szervezet is létrejött a légiközlekedés szabványos és biztonságos üzemeltetése érdekében (CANSO,¹¹ IATA, AEA¹²).

A légiforgalom irányításához szükséges tevékenységek összessége a légiforgalom-szervezés.¹³ Ennek keretén belül az egyes tevékenységeket három részre bontják.

1. A biztonságos irányítás érdekében a légtereket légtérblokkokra osztják és útvonalakat alakítanak ki, mely tevékenységeket összefoglalóan légtérgazdálkodásnak¹⁴ nevezik.
2. A kapacitás legteljesebb mértékű kihasználása mellett a légiforgalom biztonságos és gyors áramlását a légiforgalmi áramlásszervezés¹⁵ biztosítja.
3. A forgalom a légiforgalmi irányító tevékenység¹⁶ által valósul meg. A légiforgalmi irányítás alatt elsődlegesen nem a repülőgépek célállomásra történő irányítását kell érteni, az irányítás feladata a légi járművek egymástól való biztonságos elkülönítése, valamint a forgalom folyamatos és gazdaságos áramlásának fenntartása.

A flight efficiency („repülési hatékonyság”) és az en-route flight efficiency („repülés közbeni repülési hatékonyság”) kifejezés nemzetközi szakirodalomban történő használata egyelőre nem tisztázott, sok helyen összemósódott, magyar nyelvű fordítása pedig nem kifejező.

A flight efficiency kifejezést a nemzetközi szakirodalom többféleképpen értelmezi. Általánosságban jellemző, hogy amikor a flight efficiency kifejezést használják néha a teljes európai tervezést értik alatta, néha pedig csak az útvonalhálózat menedzselését. A szakmai szervezetek az egész légtér fejlesztésére vonatkozó tervet „Flight Efficiency Plan”-nek nevezik, (IATA–EUROCONTROL–CANSO 2008), amelynek egyik alpontját képezi a „flight efficiency target”, ami az útvonalhatékonyságra vonatkozó célt rögzíti. Emellett a PRR¹⁷-jelentésekben használják az en-route flight efficiency kifejezést az útvonali hatékonyság, útvonali szakaszának megnevezésére, ami tulajdonképpen nem más, mint a fentebb említett flight efficiency target folytatásaként meghatározott új mutató az Európai Bizottság 121/2011 EU számú rendeletében. Ezért a fogalmi meghatározások tisztázása érdekében fontos lenne a fogalmak pontos megkülönböztetése. Az egész európai légtér

⁸ Performance Review Commission – PRC

⁹ Directorate Network Management – DNM

¹⁰ A szervezetnek 2003 és 2006 között magyar elnöke volt, Kiss László személyében

¹¹ Civil Air Navigation Services Organisation – Légiforgalmi Irányítók Nemzetközi Szervezete

¹² Association of European Airlines – Európai Légitársaságok Szervezete

¹³ Air Traffic Management – ATM

¹⁴ Airspace Management – ASM

¹⁵ Air Traffic Flow Management – ATFM

¹⁶ Air Traffic Control – ATC

¹⁷ Performance Review Report – Teljesítményértékelő jelentés

fejlesztésére vonatkozó tervet flight efficiency kifejezéssel kellene illetni, míg ezen belül az útvonalhatékonyság fejlesztésére vonatkozó tervre a route efficiency kifejezést kellene alkalmazni.

A magyar jogszabályokba a flight efficiency kifejezés repülési hatékonyságként került be, szakmai használatát tekintve azonban a magyar nyelvben a flight szó alatt inkább járatot szoktunk érteni, és itt is kifejezőbb lenne a járathatékonyság kifejezés. Az „en route flight efficiency” kifejezés a magyar jogszabályban a „repülés közbeni repülési hatékonyság”-ként jelenik meg. Ez alatt tulajdonképpen nem mást értünk, mint az útvonalhatékonyságot, ami egyszerűbben és érthetőbben fejezi ki jelentését.

Véleményem szerint tehát a flight efficiency, magyarul járathatékonyság kifejezést kellene alkalmazni az átfogó, európai légtérfejlesztésre vonatkozóan. Ugyanakkor a repülés közbeni útvonalhatékonyság kifejezésére és annak céljára egyszerűbb lenne a route efficiency, magyarul útvonalhatékonyság kifejezést alkalmazni, mivel ez a kifejezés nemcsak pontosabban lefedi annak tartalmát, hanem segíti annak könnyebb megértését is az államok szintjén.

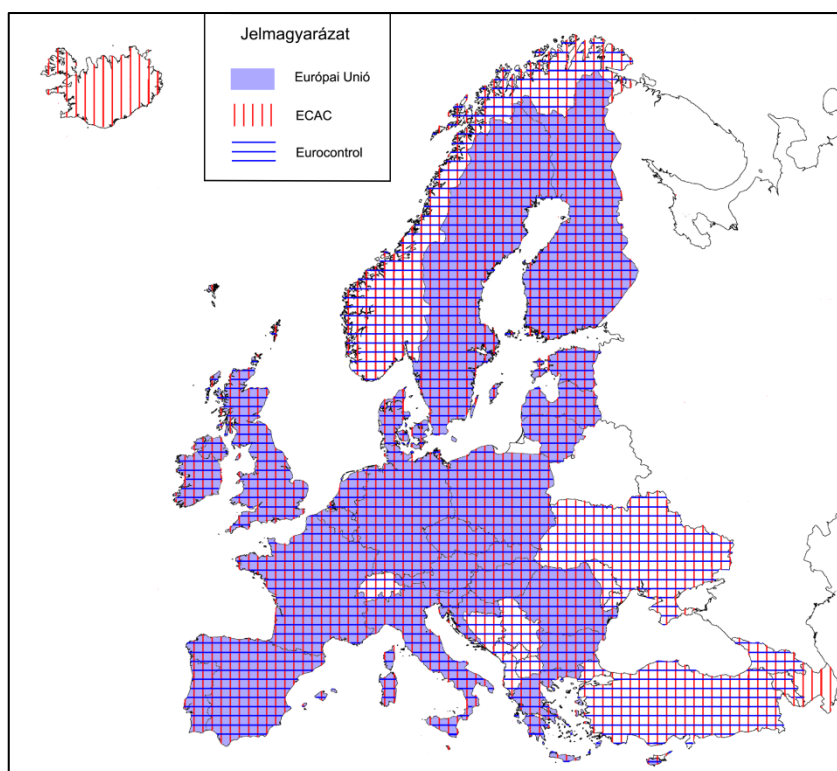
Ennek megfelelően munkámban is megkülönböztetem az átfogó, a teljes légtér fejlesztésére vonatkozó járathatékonyságot, valamint az útvonal fejlesztésére vonatkozó útvonalhatékonyságot.

A dolgozat a vizsgált területet tekintve Európa légiközlekedésével foglalkozik, Európa alatt azonban nem a szokásos, természetföldrajzi értelemben vett kontinenst értem (PROBÁLD F. /szerk./ 1994), és nem is csak az Európai Unió tagállamait veszem figyelembe. Tekintve, hogy az európai légiközlekedés számszerű útvonal-adatai az EUROCONTROL-nál kerülnek összegyűjtésre, feldolgozásra és elemzésre, így azon országokat veszem figyelembe, melyek adatai megjelennek adatbázisában. Az EUROCONTROL-nak 41 tagállama van,¹⁸ de adatokat nem csak ezektől az országoktól kap, hanem a 44 ECAC-tagállamtól (*I. ábra*), melyek teljes területe túlnyúlik a természetföldrajzi értelemben vett Európa határain, ugyanakkor nem foglalja magába Belorussziát, Oroszországot, és utóbbi exklávéját, a Kalinyingrádi Területet.

Az európai szervezetek – akár tagságukat, akár tevékenységi területüket tekintve – gyakran Európán kívüli országokra is kiterjednek, leggyakrabban a kaukázusi országokra. Természetföldrajzi szempontból Európa határa a Kaukázustól északra húzódik. Társadalmi szempontból a kaukázusi államok területe több kultúra találkozásánál fekszik (HUNTINGTON, S. P. 2005). A terület átmeneti jellegénél fogva mind Oroszország, mind az Egyesült Államok, mind az iszlám államok, mind pedig az Európai Unió igyekszik növelni befolyását a térségben (MEZŐ F. 2000). Míg Oroszország főleg geopolitikai, stratégiai szempontok miatt tekinti fontosnak ezt a térséget, az iszlám államok, főleg Irán vallási okokból, az USA pedig részben az orosz hatalmi ambíciók korlátozása és részben az örmény lobbierője miatt. Az európai államok gazdasági megfontolások alapján igyekeznek közelebb kerülni a térséghez (EU Szomszédsági Politika, Keleti Partnerség Program) (SZIGETVÁRI T. 2009). Igaz ugyan, hogy ez a közeledés a Szovjetunió felbomlását és az önálló államok kialakulását követően viszonylag későn kezdődött. Az Európai Unió egyébként más térségekkel is gazdasági eszközökkel igyekszik szorosabbra fűzni kapcsolatait (lásd például az észak-afrikai országokkal kötött partnerségi

¹⁸ Észtország 2015. január 1-én történt csatlakozásával.

egyezményt). Bár a kaukázusi országoknak nincs kiemelkedő szerepük az Európai Unió kereskedelmében, az energiabiztonság felértékeli a régiót Európa számára (GARAY Zs. 2008). Ezen túl Örményország esetében meg kell említeni azt is, hogy egyszerre tartják fontosnak a stratégiai kapcsolatokat Oroszországgal, de a korai keresztény államiságból (is) fakadóan európai identitása is van az országnak (SZIGETVÁRI T. 2009). A kaukázusi államok az ECAC-on kívül több más európai szervezetnek is tagjai (például az Európai Biztonsági és Együttműködési Szervezetnek, az Európai Újjáépítési és Fejlesztési Banknak, az Euroatlanti Partnerség Tanácsának, az Európai Labdarúgó Szövetségnek és az Európai Műsorszolgáltatók Uniójának). Egyes esetekben Európa alatt nem az ECAC-tagállamokat értem, ezekben az esetekben ezt külön jelzem.



1. ábra.

Az európai országok tagállami státuszai

(az Európai Polgári Repülési Konferencia honlapja alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Tekintettel arra, hogy a légi közlekedés térben lejátszódó folyamat, területi lefedettségét tekintve a légiforgalmi irányítás (illetve az adatok kezelése) nem az egyes államok fennhatósága alá tartozó valamennyi területre kiterjedően történik (mint a társadalmi-gazdasági tevékenységek többsége), hanem csak a fizikailag az ország (európai) törzsterületéhez tartozó térségek tartoznak ide. Így az európai légiforgalmi szervezetek nem foglalkoznak többek között Franciaország tengeren túli megyéivel, illetve társult területeivel, Hollandia és Nagy-Britannia tengeren túli külbirtokaival, de fennhatóságuk alá tartozik a Kanári-szigetek, a Feröer-szigetek, illetve Grönland.

3. Hipotézisek és célok

A nemzetközi szakirodalomban évről évre növekvő számú publikáció lát napvilágot az útvonalhatékonyság témájában. Ezek az információk alapvető kiindulási pontként szolgálnak a különböző kutatásokhoz, azonban korlátozott földrajzi területre vonatkoznak, és különböző módszertant alkalmaznak (REYNOLDS, T. G. 2008). Az európai légtér jelenlegi problémái és a légiforgalom jövőben várható növekedése következtében az útvonalhatékonyság szerepe egyre jelentősebb lesz, ezért elengedhetetlen a probléma széleskörű vizsgálata.

3.1 A kutatás hipotézisei

A kutatások kezdete előtt felhalmozott előzetes információk alapján meghatározhatóak azok a feltevések, amelyek az európai légiforgalom megoldandó problémáira világítanak rá, és amelyekre jelen munka irányul. Ezek a következők:

1. Az útvonalhatékonyság egy horizontális és egy vertikális komponensből áll. A horizontális komponens részletes, térbeli eloszlásának vizsgálata nemcsak a jelenlegi légtér problémáit tárhatja fel, hanem hozzájárulhat a jövőbeni problémák kezeléséhez. Az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottsága 2004-ben, az Útvonalhálózati Menedzsment Igazgatósága 2007-ben kezdte el a horizontális útvonalhatékonyság vizsgálatát a megfelelő módszertan kidolgozásával. A módszertan az évek folyamán sokat változott, de alapvető célja mindig az volt, hogy az európai várospárok közötti járatok útvonalhatékonyságát mérje. Az útvonalhatékonyság horizontális tényezőjének földrajzi elemzésével azonban nem foglalkoztak. Mivel Európa centrumterületein a legnagyobb a gazdasági aktivitás, ezért a közlekedési és így a légiforgalmi kapcsolatok, a légiforgalom is a legnagyobb. *Ez alapján feltételezhető, hogy a gazdaságilag fejlettebb területeken a repülőtér- és járatsűrűségből következően is jelentkeznek először azok a jelentős légiforgalmi problémák, amelyek a légtérhasználat racionalizálását, holisztikus újragondolását kívánják meg. Feltételezhető emellett az is, hogy a horizontális útvonalhatékonyság földrajzi eloszlásának elemzése módszertani adalékokkal szolgálhat további hatékonyságnövelő módszerek kialakításához.*
2. Az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottságának 2014. évi jelentése (a korábbi évekhez hasonlóan) – más, a témában megjelent hasonló szakmai dokumentumokkal egyetemben – csak az útvonalhatékonyság horizontális komponensével (ezen belül is kizárólag annak matematikai alapú értékelésével) foglalkozik, mivel úgy tekintik, hogy ennek a komponensnek nagyobb a gazdasági és környezeti jelentősége a vertikális tényezőhöz képest (Performance Review Commission 2014). A légitársaságok szemszögéből sokkal nagyobb azonban az érzékenység a vertikális komponens tekintetében. Több légitársaság (többek között a Brussels Airlines) szóbeli

közlése szerint, ha nem foglalkoznak a vertikális komponens menedzselésével, tíz éven belül akár csődbe mehetnek. *Feltételezhető, hogy a vertikális komponens a horizontális komponenshez hasonlóan kiemelkedő gazdasági és környezeti jelentőséggel bír. A vertikális komponens elemzése nagyban javítja az útvonalhatékonyság kalkulációit, ami csökkenti az üzemanyag-költségeket, és ebből következően kevesebb környezetterheléssel jár.*

3. Nehéz pontosan meghatározni, hogy melyek az útvonalhatékonyság különböző szintű tervezési feladatai és az azokat befolyásoló tényezők. Bár az elmúlt években történtek kísérletek a modellezésére, de a módszertan eltérései miatt az mind a mai napig nem egységes, átfogó és teljes körű. *Feltételezhető, hogy egy komplex és egységes modell, amely az útvonalhatékonyság pontos földrajzi tényezőinek és a különböző szintű menedzselési feladatainak meghatározására is alkalmas, hozzájárulhat az egységes módszertanon alapuló útvonalhatékonyság méréséhez és fejlesztéséhez, ami kimutatható környezeti, társadalmi és gazdasági előnyökkel járhat.*

3.2 A kutatás céljai

A kutatások általános célja az európai légitforgalom területi különbségeinek értékelése, és ezáltal a hatékonyság problémáinak vizsgálata. Ezen belül az alábbi konkrét célokat fogalmaztam meg.

1. A térbeli összefüggések feltárásával a horizontális útvonalhatékonysági vizsgálatok célja az útvonal-többlet földrajzi elrendeződésének feltárása, valamint annak megállapítása, hogy milyen összefüggés van az útvonalhatékonyság és a társadalmi–gazdasági fejlettség között. Ezzel az a célom, hogy megvizsgáljam, vajon a járatszámok, tehát a forgalom nagysága milyen szereppel rendelkezik a horizontális útvonal-többletek értékének alakulásában. A célom továbbá összehasonlító vizsgálatokkal a szezonáltság, valamint a gazdasági válság útvonalhatékonyságra gyakorolt hatásainak elemzése.
2. A vertikális útvonalhatékonyság teljes hatékonyságon belül betöltött gazdasági szerepének vizsgálata, továbbá különböző szimulációkkal a légtérben ható korlátozó tényezők szerepének elemzése.
3. Kísérletet teszek arra, hogy a járathatékonyságtól elkülönítve értékeljem az útvonalhatékonyságot, mivel erre ezidáig még nem került sor. A célom az útvonalhatékonyságra ható pontos tényezők meghatározása, és egy olyan modell, valamint az ahhoz szükséges elemek kidolgozása, amely a jövőben hozzájárulhat a hatékonyabb üzemeltetéshez.

4. Módszertan

Jelen dolgozat egésze a légiforgalom vizsgálata során a járatok adataival foglalkozik, az egyes járatok jellemző, térbeli vonatkozású repülési adatait értékeli, ugyanis az útvonalhatékonyságra ható tényezők földrajzi vetületei az európai légteret használó légi járművek közlekedésével, azok útvonalával vannak szoros összefüggésben, függetlenül a járművek méretétől és az utasok számától.

Kutatásom tárgyát a járáthatékonyság mutatói közül elsődlegesen az útvonalhatékonyság elemzése képezi. A vizsgálat első lépéseként horizontális útvonalhatékonysági elemzéseket készítettem az ECAC-tagországok által szolgáltatott, több évre kiterjedő napi légiforgalmi adatok alapján, mely adatokat az EUROCONTROL Demand Data Repository (DDR) adatbázisában tárolják. Az adatbázisban az európai járatok mozgásának adatai teljes évre napi bontásban 2006 óta állnak rendelkezésre. Az adatbázisban az adatok várospáronként szerepelnek. A várospár kifejezés a légiforgalmi irányítási szakterület által elfogadott kifejezés, amely alatt azokat a repülőter-párokat értjük, ahonnan indul, és ahová érkezik az adott járat. Az adatbázis megjeleníti, hogy az egyes várospárok között az adott napon hány járat közlekedett, függetlenül a járat jellegétől és céljától. Így megjelennek a nem menetrend szerinti járatok, a teherszállító és katonai járatok, illetve az előzetes repülési tervet leadó, műszer szerinti repülési eljárást alkalmazó kisgépes repülések is.

Az adatok forrásával kapcsolatban meg kell jegyezni, hogy mivel az ECAC-nak olyan tagállamai is vannak, amelyek nem tagjai az Európai Uniónak (az EFTA-tag Izland, Norvégia és Svájc mellett Ukrajna, Moldova, Bosznia–Hercegovina, Szerbia, Montenegró, Macedónia, Albánia, Törökország, Örményország, Azerbajdzsán és Grúzia), így az Európai Unió hivatalos jogi dokumentumai (például a járáthatékonyság mérésével és az adatok továbbításával kapcsolatban) sem vonatkoznak ezekre az államokra. Ennek az lehet a következménye, hogy amennyiben ezeknek az országoknak az esetén látványosan eltérő eredményeket kapunk az egyes mutatók vizsgálata során, annak nem csak közvetlenül a repüléshez kapcsolódó okai lehetnek (mint például a légtér túlterheltsége, a kedvezőtlen időjárás stb.), hanem jogi és politikai, vagy akár a technikai fejletlenségből fakadó okai is. Így ezeket az esetleges eltéréseket a fenti szempontok figyelembe vételével igyekeztem értékelni.

A nyers adatokból felépülő adatbázisban az egyes útvonalakra vonatkozóan három alapadatcsoportot kezelnek. Az egyik a két repülőter közötti legkisebb, tehát a gömbi főkörön mért (ortodrom) távolság. A második, az M1 (Model 1) adatbázisban tárolt adatescsoport, amely a járat repülési terv szerinti adatait tartalmazza, vagyis a járat tervezett útvonalprofilját (tehát a repülés számos adatát, elsősorban a magasság, sebesség és távolság, valamint az üzemeltető és a repülőgép-típus adatait). A harmadik, az M3 (Model 3) adatbázis a járat valóban lerepült útvonal adatokat foglalja magába (valós útvonalprofil), amelyet a légiforgalmi irányító központok által megküldött, radaradatokból származó helyzetinformációk alapján kapnak meg,¹⁹ bár az utóbbi adatok között már nem szerepelnek a sebességre vonatkozó adatok.

¹⁹ Correlated Position Report – CPR, Korrelációs Pozíció Jelentés

A járatpárokra vonatkozó adatok alapján kiszámítottam valamennyi repülőtérré vonatkozóan az adott napon onnan induló és oda érkező valamennyi járatra a gömbi főköri és a valóban lerepült távolsága közötti különbséget.²⁰

Egy nap teljes európai forgalma átlagosan 25-30 ezer járat, így az M1 vagy M3 adatbázisokban szereplő adatok mérete nem teszi lehetővé, hogy egy év forgalmát minden napra megvizsgáljam. A mintavétel során azonban arra törekedtem, hogy a kiválasztott napok minél jobban lefedjék az év különböző időszakaira jellemző forgalmat. Ezért kutatásaimban évszakonként egy-egy teljes hetet elemeztem. 2006-tól 2013-ig január, április, július és október hónapok első teljes heteit vizsgáltam.

A nyolc év adatai közül két év, 2007 és 2013 eredményei kerülnek bemutatásra. 2007-ig tartott ugyanis a légiközlekedés töretlen mennyiségi fejlődése, amelyet a 2008-as gazdasági válság tört meg. Egyes szakmai vélemények szerint az évtized második felében Európa légiközlekedése csak úgy kerülhette el az összeomlást, hogy bekövetkezett a válság, illetve annak hatására a légit forgalom jelentős visszaesése (Performance Review Commission 2012). 2013-ban a légiközlekedésben még mindig érezhető volt a válság hatása, de az előrejelzések szerint ez az utolsó év, amikor ez kimutatható lesz (Performance Review Commission 2013).

Az adatokból az EUROCONTROL ún. SAAM szoftverével (System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level) útvonalhatékonysági elemzéseket készítettem. Az analízisek nem csak az Európán belüli légit forgalmat tartalmazzák, hanem az európai városokból más kontinensre induló, illetve onnan érkező járatok adatait is. Ezeknek a járatoknak a beemelése a kutatásba kizárólag az európai légtér terhelése szempontjából fontos, hiszen az ide érkező vagy innen más kontinensre induló járatok ugyanúgy terhelik Európa légtérét. Ennek megfelelően Európa legforgalmasabb repülőtereit az Európán kívüli és azon belüli járatok együttes száma alapján határoztam meg. A vizsgálat további részében azonban már nem szerepeltettem az Európán kívüli járatokat, melynek elsődleges oka, hogy a transzkontinentális járatok esetén a kimutatható útvonaltöbblet nem csak Európán belül keletkezhet, így az eredményként kapott adatokból nem lehet egyértelműen a kontinensen belüli viszonyokra következtetni, ezért e járatok útvonaltöbbleteinek adatai sem adnának valós képet az európai légtérben zajló folyamatokról. Ezen túl a nagy (az Európán belüliekhez képest akár többszörös) távolságok útvonaltöbbletei arányaiban (százalékosan kifejezve) jóval kisebbek a kontinentális járatokhoz képest, így ezek bevonása a vizsgálatokba félrevezetően kedvező irányba mozdítaná el az eredményeket. A harmadik ok az, hogy a nem ECAC-tagországok (különösen a fejlődő országok) részéről nincsenek kötelezettségek a megbízható adatszolgáltatásra, így az általuk végzett adatközlés nem tükrözi azt a pontosságot, amely a tagállamok országaiban megszokott. (Ez alatt nem csak a járatok végpontjait értjük, hanem a járat útvonala során érintett államokat is, hiszen az útvonalon ezek az államok rendelkeznek az adott járat valós útvonalára vonatkozó információkkal.) Ezen túl egyes irányokban bizonyos földrajzi jelenségek is nagymértékben befolyásolják a megtett útvonalak vonal-

²⁰ A horizontális távolság kifejezésére a légiközlekedésben (és hajózásban) használt (de nem az SI-mértékegységrendszerbe tartozó) navigációs tengeri mérföld mértékegységet, illetve annak az ICAO által használt rövidítését használom (1 NM ~ 0,54 km, 1 km = 1,852 NM). A vertikális távolság kifejezése pedig szintén a légiközlekedésben használt (angolszász) mértékegységben, lábban történik (1 láb /ft/ = 29,3 cm, 1 méter ~ 3,41 láb).

vezetését. Különös tekintettel az észak-atlanti légiforgalomra vannak hatással a szélrendszerek. Mivel az erős, szemből érkező áramlatok jelentős többlet-üzemanyag felhasználással járnának, igyekeznek azokat kerülni. Ezek a kerülések azonban szintén komoly mértékű többletútvonalat jelenthetnek (bár az energia-felhasználás még így is kisebb, mintha a tartós ellenszélben repülnének). Más esetekben, az ellenkező irányú repülések során (tehát hátszél esetén) komoly üzemanyag- és idő-megtakarítással számolhatnak a járatok.

Így az elemzésben kiszűrtem az Európán kívüli járatokat, akár onnan érkeznek, oda indulnak, vagy áthaladnak az európai államok felett, és csak az ECAC-tagországokon belüli mozgásokat vettem figyelembe. Abban az esetben, ha két ECAC-tagállam közötti útvonal nem-tagállam országot is érint (az ECAC konkáv jellege miatt), a köztes állam(ok) teljes adatszolgáltatása esetén az adott járat szerepel az adatbázisban, ha azonban nem teljes körű a jelentés (például hiányzik a járat valós útvonalára vonatkozó információ), akkor az adott járat egyáltalán nem jelenik meg az EUROCONTROL adatbázisában. Ilyen járatok elsősorban a kaukázusi államok, illetve Ukrajna és a balti és skandináv államok között lehetnek. Így az adatok értékelése során ezek a járatok nem torzíthatják el az eredményeket.

Az egyes járatpárok külön adataiból nyertem ki az egyes városokra vonatkozó adatokat az útvonalak (ortodrom és aktuális, tehát a valóságban lerepült) hosszáról, mely alapján naponta és városonként számítottam ki a teljes útvonaltöbbletet.

Szintén súlyozott átlagolással, városonként összesítettem a heti adatokat és a négy hét átlaga alapján a teljes évre vonatkozó értéket is megbecsültem. Az év átlaga és a teljes forgalom alapján a legforgalmasabb 60 európai repülőtér adatait elemeztem és értékeltem részletesen.

A vizsgálat második lépéseként vertikális útvonalhatékonysági elemzéseket végeztem. Az EUROCONTROL DDR2 adatbázisa alapján elkészítettem egy konkrét járat repülési terv szerinti és aktuális vertikális útvonal profilját. Majd a Brussels Airlines útvonal-tervező rendszere, a SkyTrack Operational Flight Planning System segítségével további elemzéseket végeztem. Elsőként megvizsgáltam, hogy a repülési terv szerinti vertikális profil milyen korlátozó tényezőket tartalmaz (például az egyes légterekhez, navigációs útvonali pontokhoz, induló és érkező eljárásokhoz kapcsolódó), majd értékeltem a profil egészét, és megállapítottam a járat teljes idő- és üzemanyag-szükségletét. Ezt követően lépésről lépésre eltekintettem az egyes korlátozó tényezőktől különböző kombinációk szerint, és szinte minden egyes kombinációra újból megvizsgáltam a vertikális profil hatékonyságát, időben és üzemanyagban kifejezve, beleértve azt az ideális állapotot is, hogy egyáltalán nem volt korlátozó tényező. Utolsó lépésként szimuláltam az adott járat aktuális vertikális profilját is (tehát a valóban lerepült járat adataival számoltam), és így is megvizsgáltam, hogy a járat megtétele milyen idő- és üzemanyag-szükséglettel járt.

A szabad útvonalú légterek várható hatékonyságát egyes megvalósult repülések elemzésével vizsgáltam meg, azokban a térségekben, ahol ezeknek a légtereknek a bevezetése már megtörtént vagy a bevezetés folyamatban van.

5. Helyzetfeltárás

5.1 A légiforgalmi útvonalak történeti alakulása

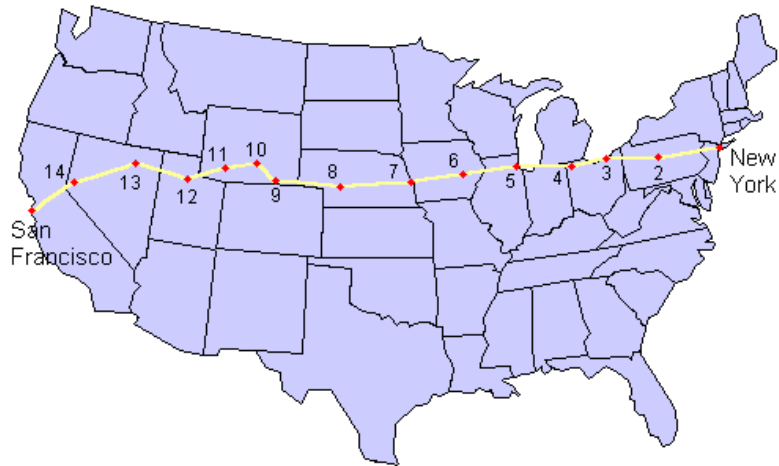
A XX. század első pilótái a kis légiforgalommal rendelkező égbolton kötetlenül emelkedhettek a levegőbe. Különösebb szervezetség és korlátozás nélkül bonyolódott a gyér (túlnyomó részben posta-) forgalom, a légi járművek akár egy tágasabb mezőről felszállva szabadon repültek. A repülések kezdetben kizárólag nappal zajlottak, mivel a biztonságos éjszakai navigáció hiányzott. Navigációs eszközök és légi útvonalak hiányában a „látni és látszani” („see and be seen”) elvét követték, éjszaka és korlátozott látási viszonyok mellett ritkán volt repülés. Kerülték a felhőben történő repüléseket és csak olyan időjárási körülmények között repültek, ahol a vízszintes látástávolság legalább három mérföld volt. A tájékozódás látás utáni navigáció alapján történt, melynek alapját a földi tereppontok képezték. A repülési útvonalak a folyók vagy vasútvonalak irányát követték, lehetőség szerint a legrövidebb, egyenes útvonal kialakítására törekedve. 1921-ben hajtották végre az első kísérleti jellegű éjszakai repülést, melynek során az útvonal mentén navigációs pontként máglyákat használtak. 1923-ban az amerikai Ohio államban Dayton és Columbus települések között 72 mérföldes útvonalat világítottak ki elektromos és gázlámpák segítségével. Mivel a kísérlet sikeres volt, az elektromos és gázlámpák helyett villanófényes világítótornyokból (2. ábra) álló útvonalhálózatot alakítottak ki. A 10 mérföldenként elhelyezett jelzőtoronyok közül minden harmadik közbenső leszálló helyként is szolgált. A világítótornyok hálózatának eredményeként az éjszakai repülések rövid időn belül elterjedtek az Amerikai Egyesült Államokban.



2. ábra.

A Cleveland-Albany útvonalon elhelyezkedő 3. számú jelzőtorony
(forrás: www.charleslindbergh.com)

1924 és 1929 között 14 500 mérföldnyi kivilágított útvonalat hoztak létre a légiforgalom számára, transzkontinentális útvonalakat kialakítva többek között New York és San Francisco között (3. ábra). Felhős időben azonban a világító tornyok sem tudták biztosítani a pontos útvonalkövetést, ezért hamarosan bevezették az alacsonyfrekvenciás navigációs berendezéseket.



3. ábra.

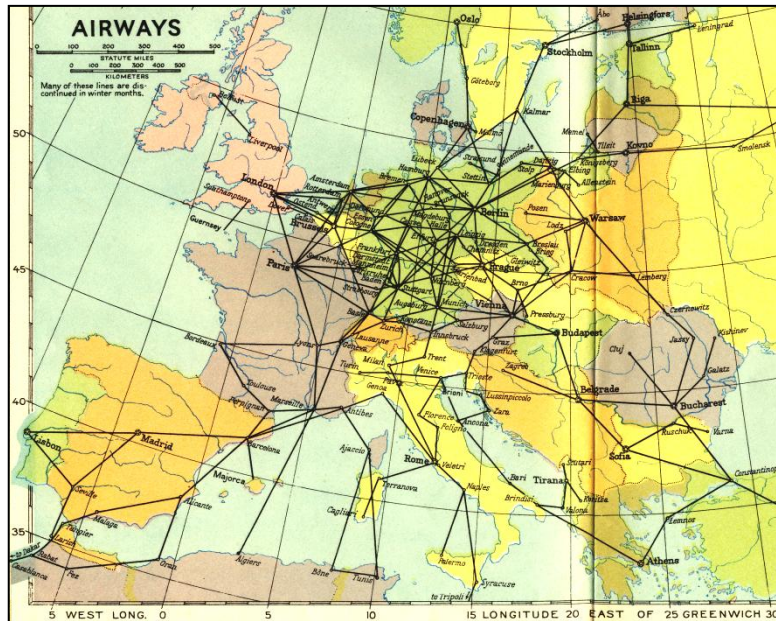
Transzkontinentális légiútvonal köztes leszállóhelyekkel

2. Bellefonte, 3. Cleveland, 4. Bryan, 5. Chicago, 6. Iowa City, 7. Omaha, 8. North Platte, 9. Cheyenne, 10. Rawlins, 11. Rock Springs, 12. Salt Lake City, 13. Elko, 14. Reno

(forrás: Press release 6-7-2008, Pemberton-Tobin-Scott, Transcontinental Air Mail Re-enactment, September 10-15. 2008)

A kezdeti útvonalhálózat az egyes repülőtereket összekötő vonalakkól alakult ki (Vort E. 1990), mivel a kor technológiai színvonala mellett a repülőgépeknek üzemanyag-felvétel céljából a lerepülő útvonalon elhelyezkedő szinte minden közbenső repülőtéren (ún. dobantó repülőtereken) le kellett szállniuk. Nappal a járművek a repülőterek között a térképeken kijelölt útirányokat mágneses iránytű segítségével követték.

A légifolyosó-rendszert az Amerikai Egyesült Államokban és Európában közel azonos időben, az 1920-as évek második felében vezették be (4. ábra). A repülőgépek a folyosók találkozásánál vagy 200 mérföldenként elhelyezett, alacsonyfrekvenciás navigációs berendezés által biztosított irányokat követték. Mivel radar még nem létezett, nem tudták a járművek pontos mozgását ellenőrizni.

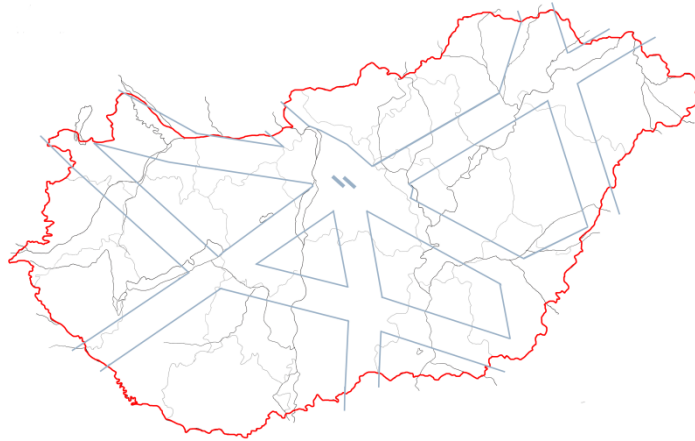


4. ábra.

*Európa légitársasági útvonalai a két világháború között
(forrás: National Geographic 1929)*

A II. világháború után a repülőgépek rádiósugárzással kijelölt légifolyosókban közlekedtek, a járművek mozgását radarokkal ellenőrizték, ami lehetővé tette biztonságos elkülönítésüket is. A légifolyosó a légiforgalom könnyebb ellenőrzését szolgáló, főként az utas- és áruszállító repülőgépek mozgására kijelölt, meghatározott szélességű útvonal volt (UGRÓCZKY L. 1999). A légifolyosók nem a legrövidebb útvonalat jelentették két repülőtér között, hanem a repülés biztonsági követelményeinek figyelembe vételével jelölték ki őket.

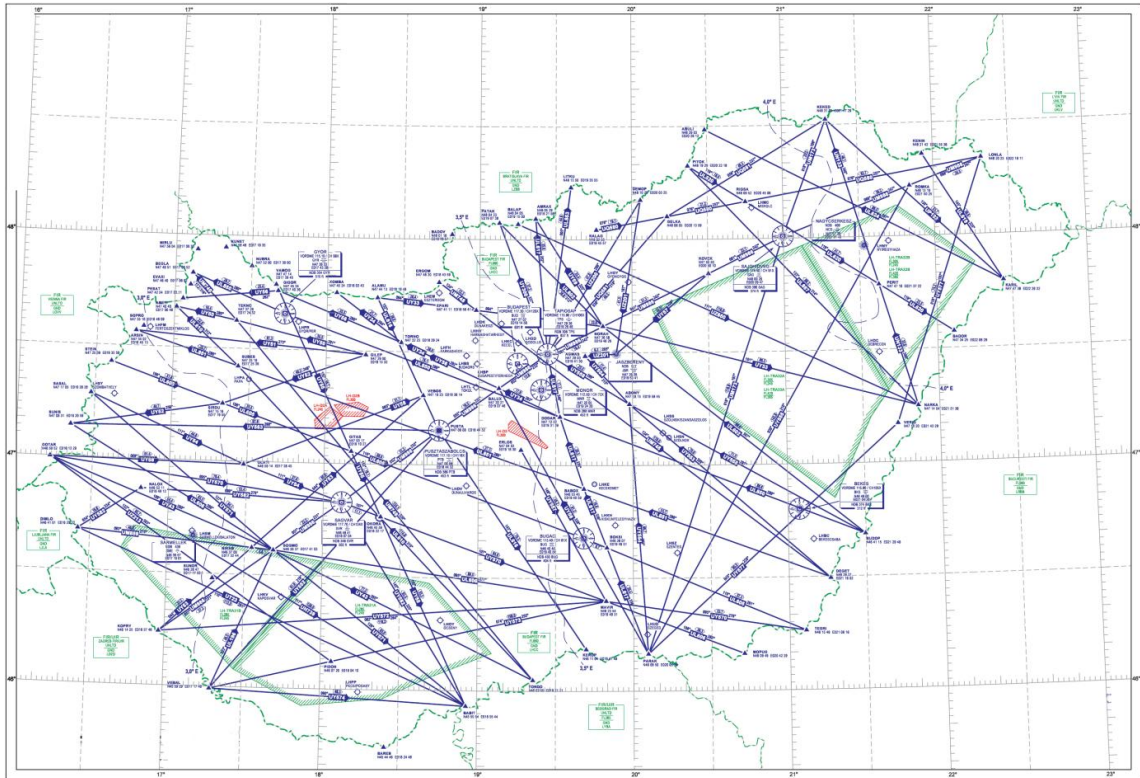
A kezdetben 10 km-es, majd a sugárhajtású gépek megjelenésével 20 km-es szélességben kialakított légifolyosók (5. ábra) sokszor párhuzamosan haladtak egymással. Mivel az alacsonyfrekvenciás rádió-navigációs berendezések száma alacsony volt, a légifolyosók kialakításánál arra törekedtek, hogy 100 km-nél kisebb szakaszon belül iránytörés lehetőleg ne legyen, ha pedig töréspontot kellett közbeiktatni, annak törésszöge nem lehetett 30 foknál nagyobb. Az útvonalak a repülőtéri irányítói körzeteket nem keresztezték. Kerülték a légifolyosók egy csomópontban történő találkozásait is, mivel az a légtér-kapacitás csökkenését eredményezte volna (VÖRT E. 1990). Különösen a volt szocialista országokban katonapolitikai-védelmi funkciókat is betöltöttek: a légtereket a légifolyosókkal együtt a hadsereg kezelte, a légifolyosókon kívüli repüléseket pedig nem engedélyezték.



5. ábra.
Magyarország légifolyosói az 1980-as években
(JEREB G. et al. 1984. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A légiforgalom növekedése először a nyugat-európai országokban ért el olyan szintet, melyet a légifolyosó-rendszerben már nem lehetett kezelni. A légiforgalmi irányítás műszaki fejlesztéseinek eredményeként az 1970-es években új útvonal-rendszert vezettek be. Majd a politikai viszonyok kedvező változása eredményeként az 1990-es években a volt szocialista országokban is átalakították a légtér szerkezetét, az európai normákat követve 1991-ben Magyarországon is megjelentek a légi útvonalak (6. ábra). Napjainkban az európai légtér ezek az ún. ATS-útvonalak²¹ hálózák be. Ezeknek a változtatásoknak az eredményeként a forgalom rendezettebb lett, a repülőgépek meghatározott útvonalat követve repültek két repülőtér között. A légiközlekedés valójában csak ettől az időszaktól tudta kihasználni azt az előnyét, hogy két pont között ténylegesen légvonalban történjen a helyváltoztatás (KOVÁCS F. 2002).

²¹ Air Traffic Services: légiforgalmi szolgálat; gyűjtőfogalom, amely jelenthet repüléstájékoztató szolgálatot, repülőtéri repüléstájékoztató szolgálatot, riasztó szolgálatot, légiforgalmi irányító szolgálatot, körzeti irányító szolgálatot, bevezető irányító szolgálatot és repülőtéri irányító szolgálatot (26/2007. (III. 1.) GKM–HM–KvVM együttes rendelet).
ATS-útvonal: a légiforgalom lebonyolítására kijelölt útvonal, amelyet a légiforgalmi szolgálatok ellátása érdekében határoztak meg. A kifejezés légi folyosó, ellenőrzött vagy nem ellenőrzött útvonal, érkezési vagy indulási útvonal stb. jelzésére egyaránt használható (26/2007. (III. 1.) GKM–HM–KvVM együttes rendelet).



6. ábra.

Magyarország magaslégtéri útvonalterképe a szabad útvonalú légtér 2015. február 5-i bevezetéséig
(forrás: Aeronautical Information Publication Hungary 2011)

5.1.1 A légterek nemzetközi jogi helyzetének kialakulása

A rendszeres kereskedelmi célú repülések megindulása előtti időszakban a légtér jogi helyzetének megítélésakor az az elv volt a jellemző, hogy az mindenki által szabadon használható terület. P. FAUCHILLE francia jogász is a levegő korlátlan szabadságának elvét hirdette. 1901-ben megjelent értekezésében (FAUCHILLE, P. 1901) elsőként fogalmazta meg a légitörvény szabadságának jogi elvét: „A légtér valamennyi állam légitörvénye számára nyitva áll, azzal, hogy az államok területük biztonságának érdekében megfelelő intézkedéseket tehetnek” (MOYS P. 2006). Mivel akkoriban a német léghajók gyakran berepültek francia területek fölé, így a franciák kezdeményezték egy nemzetközi konferencia összehívását, az átrepülés jogának megvitatására. A Párizsban megrendezett konferencián a jelenlévő államok (melyek Európa túlnyomó részét képviselték) többsége a légtérüket már a szuverenitásuk alá tartozó térségnek tekintették, a témát illetően azonban nem jutottak konszenzusra. Az I. világháború bebizonyította, hogy az államok biztonsága jelentős mértékben függ az állam területe feletti légtér uralmától. A légtér hovatartozása az alatta elhelyezkedő terület földrajzi helyzetétől függ, annak a területnek a jogi helyzete rá is vonatkozik. A világháború vége felé, 1918-ban a később vesztes központi hatalmak, valamint a skandináv államok részvételével légitörvényi értekezletet tartottak Budapesten, ahol először mondták ki a légi szuverenitás elvét. A világháborút lezáró

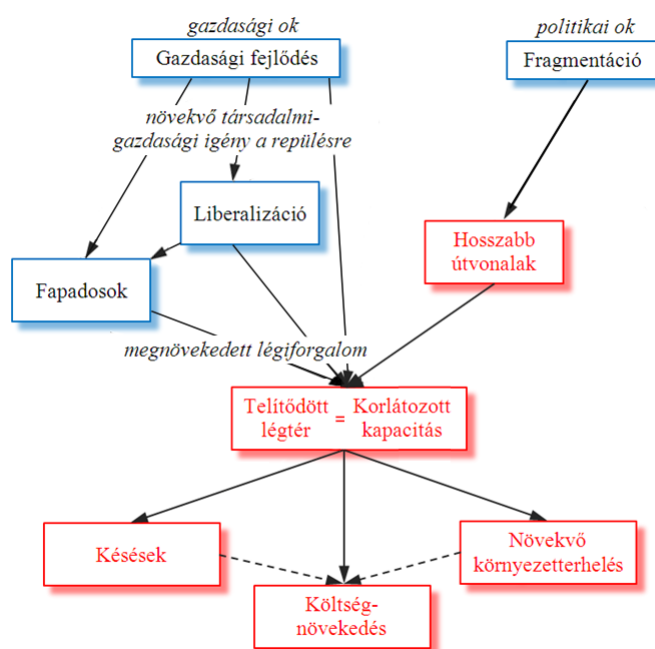
párizsi békekonferencia eredményeként, a háborúban vesztes és semleges országok kizárásával létrejött Párizsi Egyezményben elismerték a légterek szuverenitását, melynek értelmében az államok kiterjesztették teljes és kizárólagos hatalmukat a területük fölötti légtérre (MOYS P. 2006). Mivel azonban a vesztes és a semleges államokat kizárták, ez az egyezmény sem válhatott egyetemesen érvényes nemzetközi légijogi dokumentummá.

A II. világháború a repülés minőségi (technikai) és mennyiségi fejlődésével szükségessé tette a légiközlekedés újabb, átfogó szabályozását. 1944-ben a Chicagóban megszervezett konferencián kidolgoztak egy új nemzetközi légiközlekedési egyezményt, ami bizonyos módosításokkal mind a mai napig hatályos. Az egyezmény első cikkelyében módosítások nélkül, újból elfogadták a Párizsi Egyezmény szuverenitásra vonatkozó cikkét,²² vagyis megerősítették az állam korlátlan felségjogát a területe felett elhelyezkedő légtérre vonatkozóan, de annak megvalósítását már technikai feltételekhez kötötték. A Chicagói Egyezményben helyet kapott az ún. ellenőrzött szabadság elve, melynek lényege, hogy a légiközlekedés teljes szabadságát csak a nemzetközi légtérben ismeri el, másutt ún. légi szabadságjogok léteznek, melyek csak az adott légtér feletti ellenőrzést gyakorló állammal együttműködve gyakorolhatók (ANGYAL Z. 2011b). Tehát az egyezmény a szabadságjogokat korlátozásokkal fogalmazta meg. A kilenc szabadságjog segítségével biztosítják az egyezményt aláíró államok légi járműveinek, hogy más szerződő állam területe fölé bepüljenek, felette átrepüljenek vagy területén nem kereskedelmi céllal, technikai tevékenység miatt leszálljanak, illetve utasokat szállítsanak a különböző országok között. Számos későbbi egyezmény a Chicagói Egyezmény aláírását szabja a csatlakozás feltételül az egyes államok részére.

²² „A Szerződő Államok elismerik, hogy minden Államot a területe fölötti légtérben teljes és kizárólagos szuverenitás illeti meg.” (1971/25. tvr. 1. cikk)

5.2 A légiforgalom problémáit előidéző tényezők

Az európai légiforgalom fejlődésének eredményeként mind a légtér kapacitásának, mind pedig a légiforgalmi irányítás teljesítőképességének felső határához közelít (The creation of the single European sky, 1999). Az ebből fakadó, a légiközlekedésre ható problémák szoros összefüggésben állnak egymással, így azokat nem lehet külön vizsgálni. Bár eddig is számos szakmai szervezet vizsgálta azokat a tényezőket, amelyek a légtérszervezési- és kezelési problémákhoz vezettek, illetve vezetnek, még nem történt kísérlet azok teljes körű feltárására és értékelésére. A légiközlekedés európai fejlődését megvizsgálva megállapítható, hogy ezek a problémák milyen ok-okozati kapcsolatban vannak egymással (7. ábra).



7. ábra.

*Az európai légiközlekedés fejlődésével felmerült problémák közötti összefüggések
(szerk.: SZTRUNGA E.)*

Kék cella: a légiközlekedésre ható adottságok, piros cella: az adottságok következtében felmerülő problémák

A gazdasági fejlődés – annak előnyei mellett, akár közvetlenül, akár pedig közvetetten is – hátrányos következményekkel is jár. A légiforgalom vonatkozásában a repülés iránti fokozódó igény vezetett egyrészt a légiközlekedés liberalizációjához, melynek következtében terjedt el a járatszervezések új, hub and spoke hálózati rendszere a meglévő, hagyományos légitársaságoknál. Bár ez a rendszer az adott légitársaságnál a járatszámok csökkenése irányába hatott, magának a liberalizációnak a következtében létrejövő új légitársaságok számos további járatot indítottak a hub and spoke rendszer kiszolgálására (ráhordó járatok). Másrészt szintén a fokozódó igény vezetett valamivel később az alacsony költségvetéssel üzemelő (a magyar köznyelvben fapadosként emlegetett) légitársaságok megjelenéséhez. Mivel ezek a társaságok – a korábbiaktól jelentős mértékben eltérő üzleti

modell miatt – alacsonyabb árakkal (és egyúttal jóval csekélyebb, tulajdonképpen csak alapszolgáltatást nyújtva) jelentek meg a piacon, más, a korábnál szélesebb közönség számára is elérhetővé tették a repülés lehetőségét. Így ezeknek a társaságoknak a megjelenése – a ponttól pontig típusú rendszerüknek a ráhordó (feeder) járatokat csökkentő hatása ellenére is – korábban nem látott mértékben megnövelte a kontinens légiforgalmát. Emellett más forgalomnövelő tényezőt is meg lehet említeni, például a feltörekvő régiók egyes államainak Európa felé irányuló növekvő járatszámát. Az egyik oldalról, a megnövekedett forgalom miatt ezek a tényezők járultak hozzá a légtér telítődéséhez. A másik oldalon a fő kiváltó ok az európai légtér tagoltsága, az egyes országok határai mentén. A szuverenitás alapelve miatt ugyanis az országok rendelkeznek a területük feletti légtérrel is, így ők határozzák meg – betartva a nemzetközi egyezményeket – az ott történő repülés részletes szabályait, így például az igénybe vehető útvonalakat. Ez a fragmentáció nagyban hozzájárul a légtér elméleti kapacitásának korlátozottságához, illetve a lehetséges legrövidebbnél hosszabb útvonalakat eredményez Európa minden területén. A fenti okok miatt telítődött légtérben a forgalom biztonságát csak megfelelő intézkedésekkel lehet fenntartani, ezek az intézkedések azonban késésekhez vezetnek. És mind a késések, mind a telített légtér önmagában is, mind pedig az ez utóbbiból fakadó megnövekedett környezetterhelés végső soron a repülés költségeinek növekedéséhez vezet.

5.2.1 A problémák feltárása

1. Katonai légtérhasználat

A második világháború alatt és azt követően kibontakozó légiforgalom elsődlegesen katonai, védelmi feladatokat látott el. A fokozatos gazdasági fejlődéssel a légiközlekedés a polgári élet területén is megjelent.

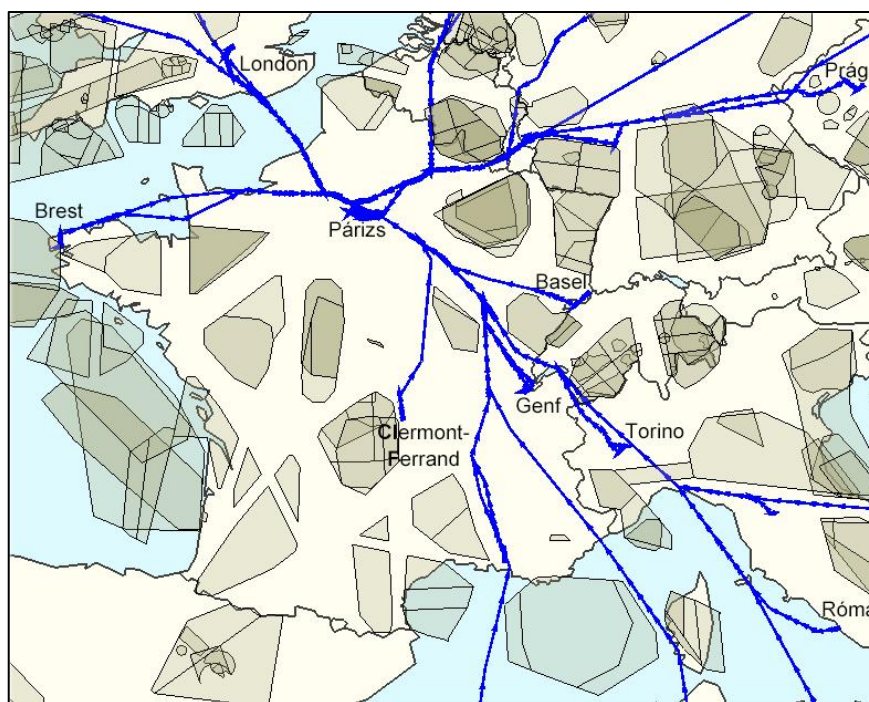
A légtér használatára a polgári dominancia lett a jellemző Európa teljes területén. Az ICAO-szerződést aláíró nemzetek joga a határaikon belüli légtérben nyitott és zárt terek kijelölése, a térrész használatának részleges vagy teljes korlátozása. Ennek eredményeként az útvonalak és polgári légterek között katonai légterek húzódnak, ahol a légierő előre kijelölt időpontokban végzi gyakorlatait, ezáltal a légiközlekedés számára ideiglenesen elzárt területek kerülőútvonalat jelenthetnek. A nemzetközi légiforgalom fejlődésének feltétele, hogy lehetővé váljon az eltérő társadalmi–gazdasági berendezkedésű államok önálló légtereinek egymás számára történő használata, az önállóság fenntartása mellett.

Míg korábban a katonai légterek teljesen elzárt területek voltak az európai légtérben, napjaink légtértervezése egyre inkább arra törekszik, hogy megosztott légtérként,²³ hétköznapi polgári közlekedésre és katonai tevékenységre felváltva, a hétvégi időszakban pedig teljes mértékben polgári célra használják azokat. Ezen belül pedig az időszakosan elkülönített légtereket²⁴ (8. ábra). Európa

²³ Shared Airspace

²⁴ Temporarily Segregated Area – TSA

számos országában felváltják az időszakosan korlátozott légterek,²⁵ melyek lehetővé teszik, hogy azonos időben, megfelelő magassági elkülönítéssel katonai és polgári jármű egyszerre tartózkodjon a légtérben. Egy járat pontos, végső repülési útvonala azonban ettől függetlenül mindig a légiforgalmi irányítás és egyéb (időjárási, politikai stb.) tényezők függvényében alakul ki. A teljes európai légiforgalomból a katonai célú repülések aránya 1% körül mozog (Performance Review Report 2014).



8. ábra.
 Franciaország egyes légiútvonalai a katonai légterek elkerülésével
 (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

2. Szuverenitásból fakadó fragmentáció

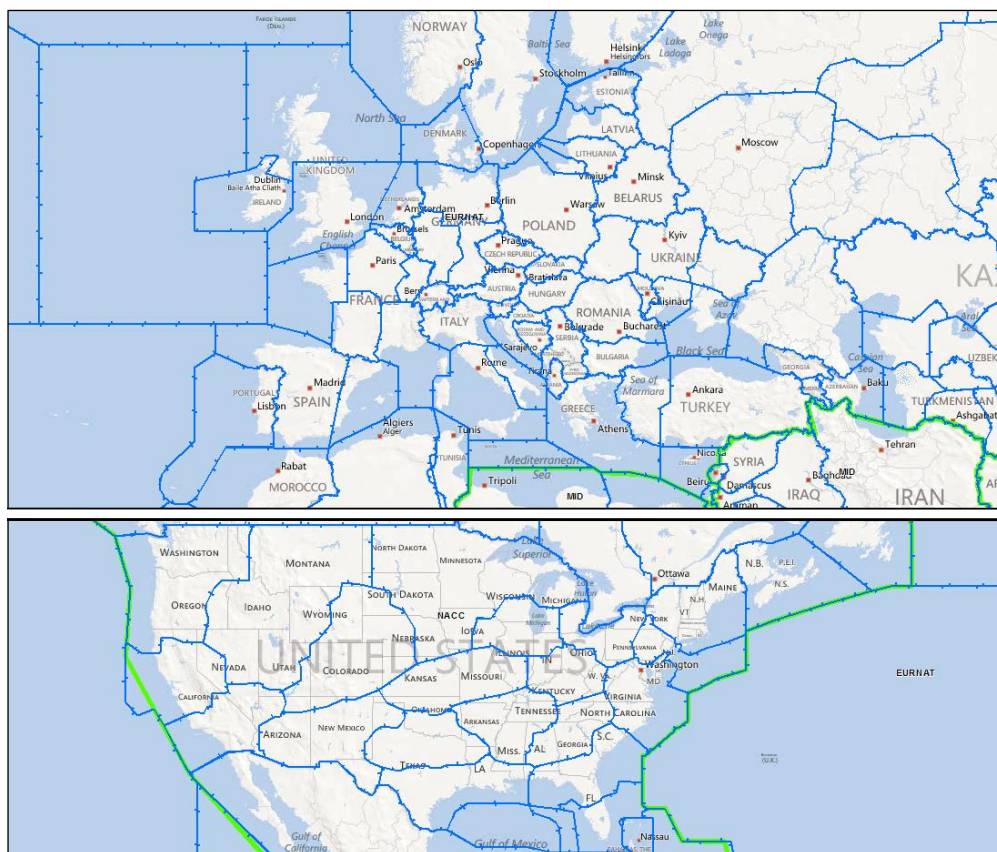
Európában – a Chicagói Egyezménynek megfelelően – a légiforgalmi irányítás a szuverén államok területe mentén feldarabolt, nemzeti szinten szervezett. Mivel a rendszer alapját a szuverén nemzeti légterek képezik, az európai légiforgalmi szolgáltatás rendkívül elaprózódott, a légi útvonalak nemzeti, nem pedig európai uniós szinten optimalizált hálózaton üzemelnek. Emellett a hálózatos iparágat az állami monopóliumokra épülő szolgáltatás jellemzi (Az Európai Bizottság COM (2011) 731. számú jelentése). Minden egyes ország saját légiforgalmi szolgáltatóval rendelkezik, mivel az Európai Légiközlekedési Biztonsági Szervezet tagállamai feletti légtér a tagállamoknak megfelelően tagozódik nemzeti légiforgalmi irányítási területekre, melynek következtében – tekintettel az egyes országok méretére – Európában viszonylag nagyszámú légiforgalmi irányító központ irányítja a forgalmat

²⁵ Temporarily Restricted Area – TRA

(Performance Review Commission and FAA Air Traffic Organization System Operations Services 2013).

A jelenlegi európai útvonalhálózat tehát a nemzeti útvonalak egymáshoz illesztése, melynek következtében az európai repülési útvonalak hatékonysága alulmúlja a belföldi útvonalak hatékonyságát (Az Európai Bizottság COM (2008) 389. jelentése). Ez kedvezőtlen, számos töréspont lehet az útvonalon, ami növeli az útvonal hosszát, illetve az is problémát okoz, hogy a határoknál váltani kell a technológiák és eljárások között, ami növeli a biztonsági kockázatot (MIHETEC, T.–STEINER, S.–JAKŠIĆ, Z. 2012). Megállapítható, hogy ez a megosztottság önmagában is kérdésessé teszi a hatékonyságot.

Összehasonlítva az Egyesült Államok légiforgalmi irányítási rendszerével, ez objektív módon is igazolható. Az Egyesült Államokban (az európai kontinenshez hasonló nagyságú, de az általam vizsgált EUROCONTROL-tagállamok összes területénél nagyobb területtel rendelkező országban /Hawaii és Alaszka nélkül/) csupán 20 irányítóközpont kezel közel kétszer akkora forgalmat, mint amekkora az európai kontinens felett lebonyolódik (Performance Review Commission and FAA Air Traffic Organization System Operations Services 2013) (9. ábra).



9. ábra.

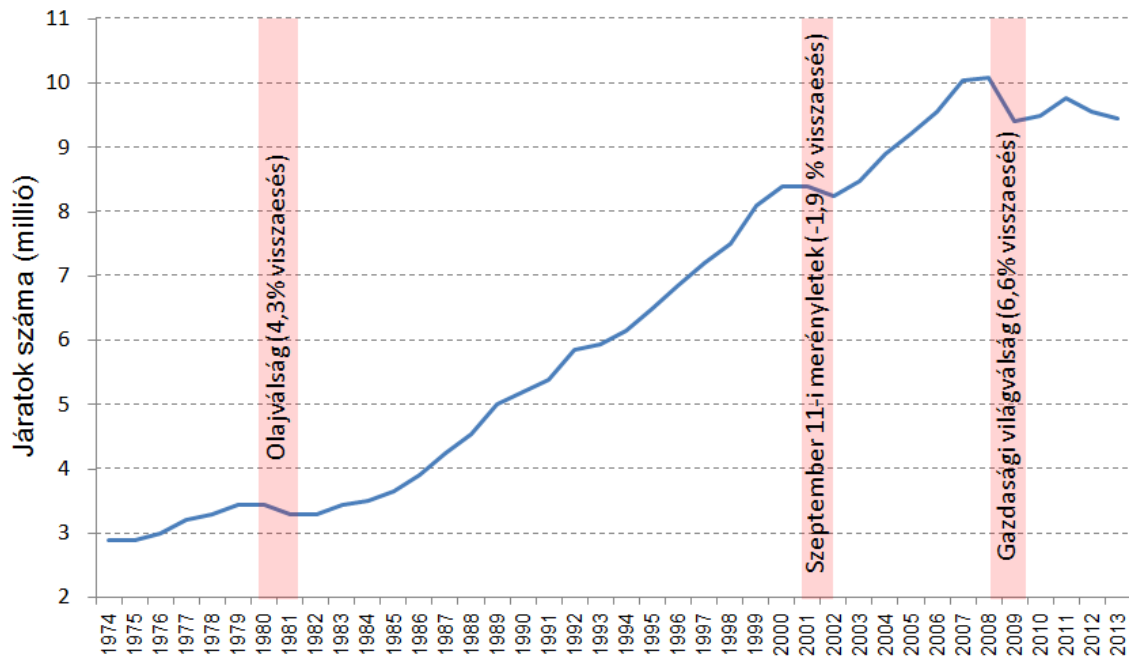
*A légiforgalmi irányítás fragmentációjának összehasonlítása
(ICAO ICARD5LNC 2012. Enroute Project alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

Bár a két terület társadalmi–gazdasági fejlődése más-más utat járt be, illetve a rendelkezésre álló technikai feltételek sem azonosak, Európa számára mindenképpen tanulságos a hatékonyabban működő rendszer alapos vizsgálata, mivel politikailag ugyan partnernek tekinti egymást a két terület, gazdaságilag versenytársak. Az összehasonlítás így nem a jelen helyzet értékelését célozza, hanem egy elérendő célt a hatékonyság tekintetében Európa számára.

Az irányítás munkaerő-szükségletére vetítve tett összehasonlítás (Performance Review Commission and the FAA Air Traffic Organization Strategy and Performance Business Unit 2009) szerint az egy légiforgalmi irányító által kezelt repülőgépek száma egy év alatt az európai légtérben 556 gép, az Egyesült Államokban 1008 gép. Az irányítási rendszer töredezettsége tehát bizonyítható módon korlátozza a kapacitást, növeli a költségeket és negatív hatással van a biztonságra is. A légi közlekedés tehát hatékonyabb, ha a navigáció nem az országhatárokat, hanem a forgalom áramlását követi. Ezért, részben az Egyesült Államok gyakorlatát követendő, részben pedig önálló fejlesztési stratégiából kifolyólag kerülnek kialakításra az európai légtér átalakításának egyes lépcsőfokai.

3. Az európai légiforgalom növekedése

A különféle közlekedési módok közül a légi közlekedést jellemzi a leggyorsabb növekedés (Az európai uniós jogszabályok összefoglalóinak Közlekedés fejezete). Mint ahogy a fejlett gazdaság maga után vonja a fejlett légiközlekedést, ez fordítva is igaz. Minél fejlettebb a légiközlekedés, annál nagyobb mértékben járulhat hozzá a társadalmi–gazdasági fejlődéshez (ERDŐSI F. 2004). A II. világháború után, egészen az 1980-as évek közepéig Európában a polgári légiközlekedés egyenletes növekedést mutatott. Ezt követően a korábbinál dinamikusabb fejlődés indult meg, a forgalom évi 5-8%-os emelkedésével (Performance Review Commission 1999). A hirtelen növekedés elsődleges oka az európai légiközlekedési piac 1988 és 1993 között három lépésben végbement liberalizációja (ERDŐSI F. 1997, 1998, GRAHAM, B. 1998, DOBRUSZKES, F. 2009) mely lehetővé tette a szabad tarifa- és kapacitáskínálat kialakulását (ERDŐSI F. 1997), a vállalatok szabad kezet kaptak mind a piaci hozzáférés (beleértve a belföldi piacokat is), mind a kapacitás és árképzés terén (DUDÁS G. 2010). Emellett a globalizáció, a gazdasági növekedés, valamint az Európai Unión belüli mobilitás is hozzájárult a forgalom folyamatos növekedéséhez (10. ábra).

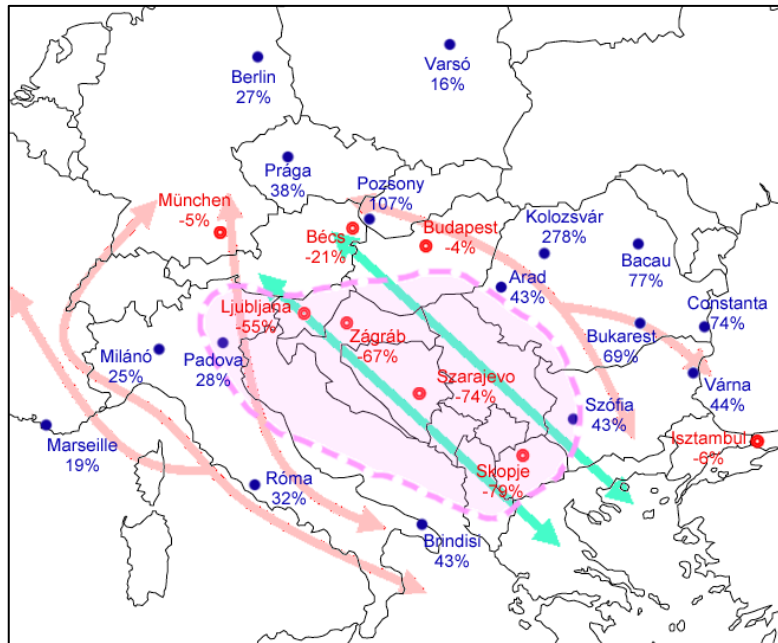


10. ábra.

*Az európai légitforgalom növekedése (az ECAC-tagállamokban)
(EUROCONTROL Long-Term Forecast 2010. és Performance Review Report 2013.
adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

(Az adatok a tagállamok növekvő, az adott évben aktuális száma alapján kerültek összesítésre.)

Ugyanebben az időszakban a délszláv háború is jelentősen átrendezte a környező országok, így Magyarország légitforgalmát is. A szerb csapatok 1991. szeptember 15-én foglalták el a zágrábi repülőteret, ezért ott megszűnt a légitforgalmi irányítás is. Még aznap, a kora délutáni órákban megjelentek a magyar légtérben a Horvátországot elkerülő repülőgépek, és a forgalom hirtelen megduplázódott. 1999 márciusában a NATO-támadások következtében Szerbia és Montenegró, valamint néhány közép-európai ország területének egy részét (így Magyarország déli-délkeleti felét is) lezárták a polgári légitörvények elől. A forgalmat a környező területeken keresztül áramoltatták. A desztinációk átrendeződése, valamint a katonai aktivitás megerősödése következtében megváltozott a környező területek forgalma, egyes városok esetében kiugró növekedés jelentkezett, miközben az elzárt zónában levő repülőterek esetén csökkenés következett be (11. ábra). Bizonyos területeket júniusban megnyitottak a légitörvények számára, mások azonban zárva maradtak egészen októberig. A jelentős katonai aktivitás miatt összességében mintegy 8%-kal volt nagyobb az európai légitforgalom ebben az időszakban az előző évvel összehasonlítva (Performance Review Commission 1999). Bár Budapest forgalma is visszaesett, a Magyarország feletti teljes légitforgalom, tekintettel elsősorban az ország északkeleti része feletti kerülőutak intenzívebb használatára, rövid idő alatt négyszeresére nőtt (TÖRÖCSIK J. 2011), annak ellenére, hogy az ország déli része le volt zárva a polgári légitörvények elől.



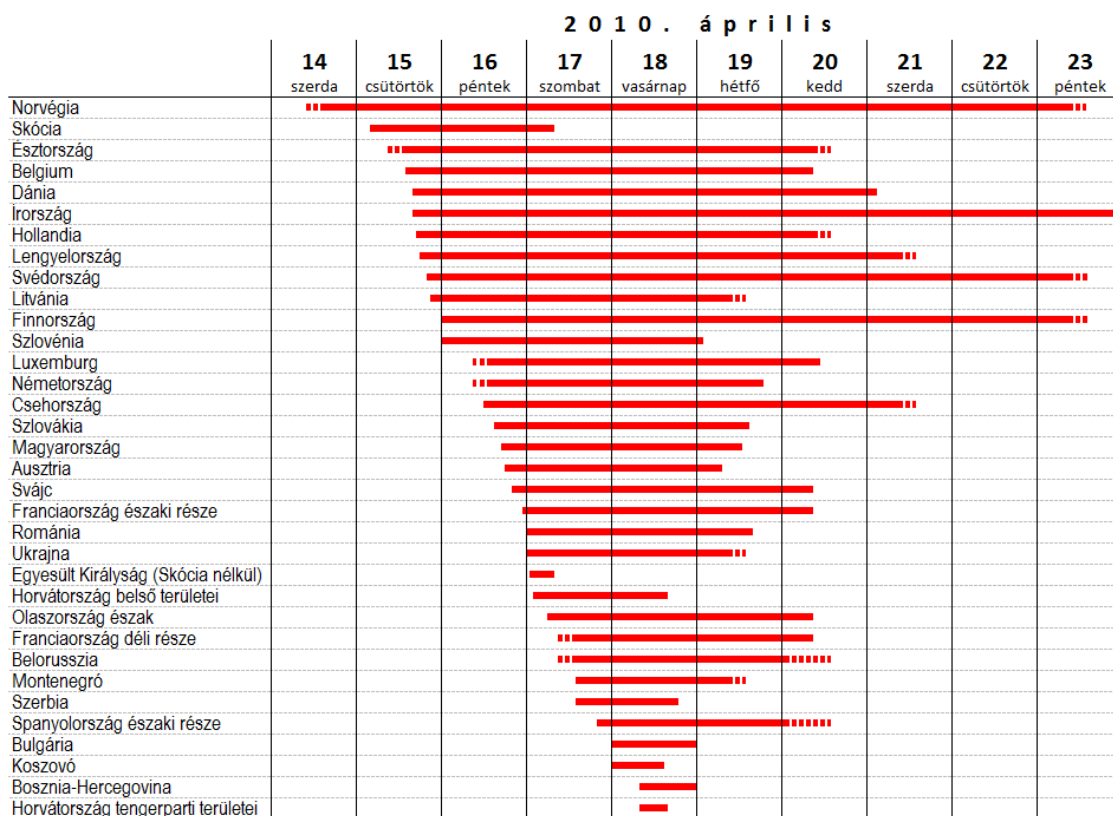
11. ábra.

A légiforgalom áramlásának iránya a délszláv háború előtt és alatt, valamint a környező városok légiforgalmának alakulása a háború hatására (forrás: Performance Review Commission 1999, kartográfia: SZTRUNGA E.)

A légiforgalom dinamikus növekedése az 1980-as évek közepétől egészen 2001 szeptemberéig tartott. A szeptember 11-i terrortámadásokat követően a légitársaságok a leállást követő kimaradások után nehezen tértek vissza eredeti menetrend szerinti működésükre. Az utasok biztonságérzetének gyengülése miatt az ezt követő időszakban az utasforgalom erőteljesen csökkent, melynek következtében néhány légitársaság csődhelyzetet is jelentett. A tendencia a következő évben is megmaradt, részben a terrortámadás által érzett fenyegetettség hatására, részben a mérsékelt gazdasági növekedés eredményeként 2002-ben 1,9%-os visszaesést mértek.

Az ideiglenes megtorpanás után 2003-ban a forgalom ismét növekedésnek indult (2,8%), ami az alacsony költségvetésű légitársaságok térnyerésével magyarázható, amelyek kihasználták a terrortámadással párhuzamosan megjelenő gazdasági erőtlenséget, és a növekvő arányú alacsonyabb fizetőképességű rétegeket célozva jelentek meg. Forgalomgeneráló hatásuk a hagyományos, menetrendszerű légitársaságoknál is pozitívan jelentkezett (LEGEZA E. 1999). A következő évben a forgalom növekedése már megközelítette a krízis előtti időszakot (4,8%). Ez főként Közép- és Kelet-Európában volt kiemelkedő, tekintve, hogy az alacsony költségvetésű légitársaságok 2003-ban még főként csak a Nyugat-Európai bázisokon jelentek meg, 2004-ben kezdtek el terjeszkedni keleti irányba. Az Európai Unió 10 tagállammal való bővülése a légiközlekedés erősödését eredményezte elsődlegesen az Egyesült Királyság, valamint az új tagállamok között. A tendencia 2005-ben is megmaradt, annak ellenére, hogy a kerozin ára az előző tíz év átlagához képest a duplájára emelkedett. A 2002 óta tartó évi közel 5%-os növekedés 2008-ra véget ért, amikor a globális pénzügyi válság és gazdasági visszaesés következtében nagymértékű csökkenés jelentkezett. 2010-ben a légiforgalom meglehetősen szerény mértékű, 0,8%-os növekedést mutatott, melyben nemcsak a gazdasági válság-

nak volt szerepe, hanem az izlandi vulkánkitörésnek is, ami több napra leállította Európa egy részének légitörlését (12. ábra), jelentős járatörléseket és késéseket eredményezve. Áprilisban 8 nap alatt a járatok mintegy 48%-a, körülbelül 111 ezer járat került törlésre. Az izlandi vulkánkitörés mellett további negatív tényezők is hatottak az iparágra, így az átlagon felüli kedvezőtlen időjárás, valamint a légitörlési ágazatot érintő sztrájkok. Az év folyamán további, mintegy 26 000 járatot töröltek francia- és spanyolországi sztrájkok következtében. Mindezek hatására a légiforgalom nagysága továbbra is a 2007-es év szintje alatt maradt, és a 2008-ban kezdődött gazdasági válság eredményeként mintegy 4 éves visszaesés keletkezett az iparágban. Bár 2011-ben 3,1%-kal növekedett a forgalom, mennyisége továbbra is a gazdasági válság előtti szinten maradt: nem érte el a 10 milliós járatszámot. Továbbra is negatív hatása volt a folyamatosan fennálló gazdasági válságnak, továbbá az olajárak növekedésének, valamint az észak-afrikai politikai bizonytalanságnak, amely hatása főként a dél-európai országok forgalmában volt érezhető.



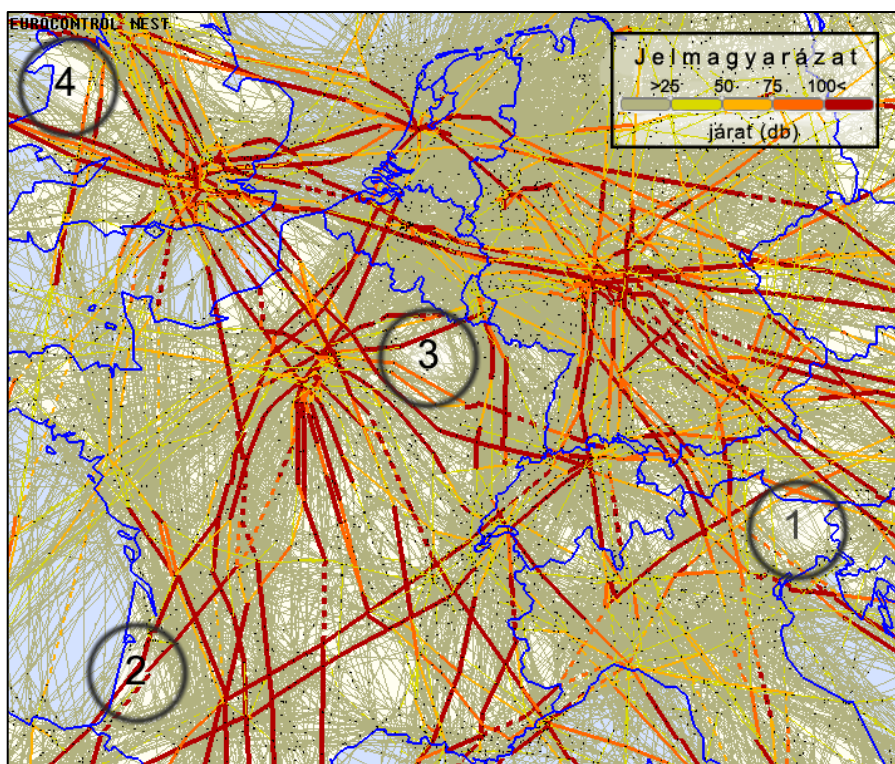
12. ábra.

Az Eyjafjallajökull vulkán 2010-es kitörése miatti légtér-lezárások időtartama (a repülőterek és légiforgalmi irányító szervezetek honlapjainak adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A légiforgalom növekedése azonban a gazdasági megtorpanások, és más negatív tényezők ellenére tartósnak mondható: az EUROCONTROL hosszú távú előrejelzése szerint a forgalom a 2009-es évhez viszonyítva közel a duplájára fog emelkedni 2030-ra (EUROCONTROL Long-Term Forecast 2011). Az ilyen mértékű növekedést a jelenlegi irányítási rendszer várhatóan nem fogja

tudni kielégíteni, így a problémák további kapacitás problémákat, késéseket fognak eredményezni a járatok útvonalán és a repülőtereken egyaránt.

Egy átlagos nyári nap járatait mutatja be a 13. ábra. Jól látható, hogy a kontinens valamennyi területe felett haladnak járatok, csak kevés (és kis kiterjedésű) olyan terület van, amely felett teljesen hiányzik a légiforgalom. Ezek katonai légterek, amelyeket ugyan – időszakosan megosztva – a polgári fogalom is használhatja, azonban az adott napon (az ábrán például 2013. július 16-án) ezek a légterek le voltak zárva (például a következő NATO-légibázisok légterei: Aviano /Friuli-Venezia Giulia/, Mont-de-Marsan /Aquitánia/, Metz–Frescaty /Lotharingia/, Llanbedr /Észak-Wales/). A térképen az is látható, hogy a legforgalmasabb útvonalak a társadalmi-gazdasági szempontból fejlett nagyvárosok között találhatók (bordó vonalak), a kevésbé jelentős városok között jobban eloszlik a légiforgalom a különböző útvonalakon (szürke vonalak).



13. ábra.

*A Nyugat-Európa központi területei feletti légiforgalom 2013. július 16-án
1 – Friuli–Venezia Giulia, 2 – Aquitánia, 3 – Lotharingia, 4 – Észak-Wales
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

4. Kapacitás-problémák

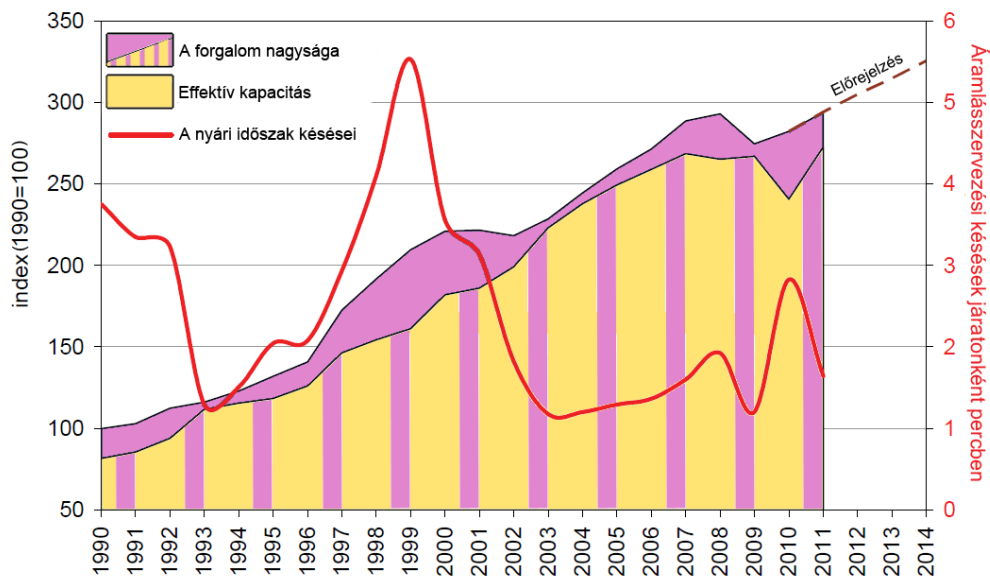
A repülés kezdeti szakaszaiban még nem jelentkeztek a légtérben kapacitás-problémák, az 1980-as évek végéig a légiforgalmi szolgáltatás kezelni tudta a folyamatosan növekvő forgalmat, az ekkor jelentkező hirtelen forgalomnövekedést követően azonban a kapacitás már nem tudott lépést tartani a teljesítmény igényeivel.

A légtér-, illetve a repülőtéri kapacitások szűkössége megköveteli a le- és felszálláshoz szükséges időmennyiségekkel való szigorú gazdálkodást (ERDŐSI F. 1997). A kapacitásnak mindig meg kell felelnie a forgalom nagyságának (VOIT E. 1990).

A kapacitást a légiközlekedésben az úgynevezett effektív kapacitással jellemzik. Az effektív kapacitás a légiforgalomnak az a kilométerben kifejezett értéke, amelyet a légiforgalmi irányítási rendszer járatonként 1 perc alatti késésekkel kezelni tud (Performance Review Commission 2000). A légiközlekedés tervezésében és értékelésében többféle kapacitást vizsgálnak. A légtérkapacitás szűkösségét elsősorban a légiforgalmi irányítás kapacitáshiánya okozza (KÓVÁRI B. 2001). A különböző körzetekre felosztott légtérben a légiforgalmi irányítók feladata a légi járművek egymástól való biztonságos elkülönítése, valamint a forgalom folyamatos és gazdaságos áramlásának fenntartása. Egy irányító adott számú gépnél többet nem tud egyidejűleg biztonságosan kezelni egy adott szektorban. Az irányító kapacitás szűk keresztmetszetté válhat, ha nem elegendő az irányítók száma (ez főként a nyári szezonban jellemző), vagy ha nem lehetséges az esetükben felmerülő ún. szellemi kapacitás növelése, ami eredhet abból, hogy a munkahely, illetve szektorok kialakítása nem megfelelő, továbbá néhány fejlődő országban előfordulhat, hogy a képzés színvonala sem kielégítő. A szektor vagy légtérblokk kapacitását tehát meghatározzák a légiforgalmi irányító által kezelhető járatok száma, azok jellemzői, valamint a légiforgalmi irányító személyéből adódó teljesítménytényezők (MEYER D. et al. 2009). A légiforgalmi irányítás kapacitáshiánya mellett a légtér-kapacitás elégtelensége is jelentős késéseket okoz, ami a járatok útvonalára vonatkozik, a felmerülő problémákat a légtérzárak, valamint az útvonali korlátozó pontok jelentik. További problémát jelenthet a repülőtéri kapacitás, ami a repülőtér fogadóképességére vonatkozik. Itt kapacitásgondok elsődlegesen akkor jelentkezhetnek, ha a futópályák kapacitása nincs arányban a légiforgalom mértékével. Emellett az irányítás technológiai színvonalával és ellátottságával kapcsolatban levő berendezés- vagy rendszerkapacitásnak is meghatározó szerepe van, a különböző államokra jellemző eltérő berendezés és technológia alkalmazása miatt gyakran jelentkezik negatív hatásuk.

A kapacitás növelhető a civil és katonai repülések közötti hatékony légtér-koordinációval, a légtér átszervezése eredményeként a fragmentáció csökkentésével, forgalmi igényekhez igazodó szektor-felosztással, a repülőterek hatékonyabb használásával és az irányítók feladatának automatizálása által (VOIT E. 1990).

A légiforgalom kapacitása akkor lenne optimális és gazdaságos, ha a kapacitás éppen kielégítené a légiforgalom igényét. Ezzel szemben a napi átlagos forgalom több mint két évtizede meghaladja az effektív kapacitás értékét (14. ábra), melynek következtében jelentősen megnövekedett a késések száma. A légiforgalmi irányító szervezetek nem tudtak megbirkózni a forgalom növekedéséből származó késésekkel, és az ennek következtében kialakuló helyzet kezelhetetlenné vált a légiforgalmi szolgáltatók számára, sőt voltak olyan időszakok, amikor a helyzet már az utasok véleményében is látványosan megnyilvánult.



14. ábra.

Az effektív kapacitás és a forgalom nagyságának összehasonlítása
(forrás: Performance Review Commission 2011)

5. Késések

A légtér zsúfoltságának leglátványosabb megnyilvánulásai a késések. A késés a járatok repülési tervhez viszonyított későbbi vagy korábbi indulását vagy érkezését jelenti (tehát a késés szakkifejezés alatt a pontatlanságot értik, időben akár pozitív, akár negatív irányban). Ezt viszonyíthatják a tervezett indulási időhöz (indulási késés), a repülési útvonal egyes pontjainak (ún. útvonali pontoknak) a tervezett eléréséhez, vagy a célállomásra történő tervezett érkezéshez (érkezési késés). Valamennyi késést a légitársaságok jelentései alapján tartanak nyilván,²⁶ és értékét percben fejezik ki.

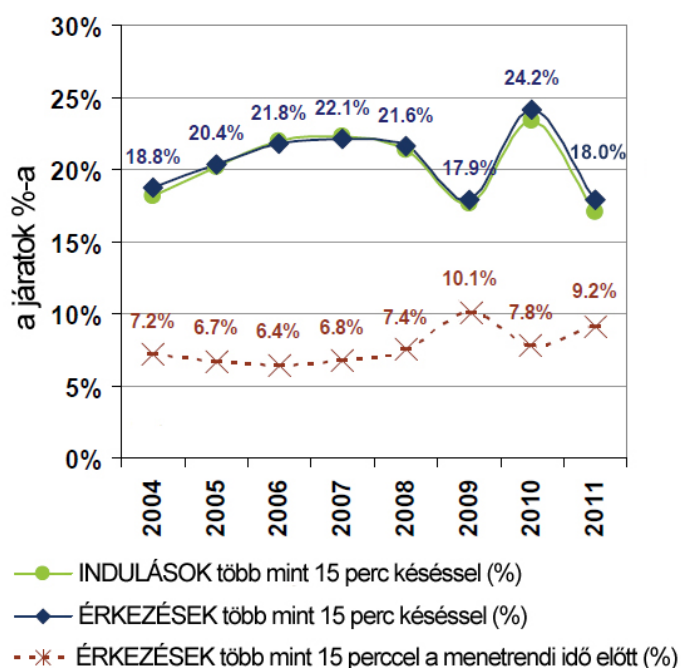
A késések tekinthetőek a felmerült problémák következményének, eredményének is. Azonban mint a többi probléma következtében megjelenő eredmények, jól mérhetőek, ezáltal összefoglaló jelleggel rávilágítanak a korábban vázolt nehézségekre. A légiforgalom vizsgálataért és tervezéséért felelős nemzetközi szervezetek – ezek közül is elsősorban az EUROCONTROL – jelentéseikben a problémák között tárgyalják a késéseket, ezért – hogy még világosabban láthatóak legyenek a légtérfejlesztéseket kiváltó tényezők – jelen dolgozatban a problémák összegzéseként, egyben azok egyikéként tárgyaljuk a kérdéskört.

A késés a forgalom nagysága és az effektív kapacitás közötti egyenlőtlenség eredményeként jön létre. Mérésére bevezettek egy általánosan elfogadott teljesítménymutatót, a pontossági indexet. Bár egyes meghatározások 60 perces indulási/érkezési késést vesznek figyelembe a pontosság meghatározásánál (JETZKI, M. 2009), az index többnyire a kiadott menetrendhez képest 15 percnél többet

²⁶ A jelentések vélhetően nem teljesen pontosak. Egyrészt azért, mert az azokban történő részvétel a légitársaságok részéről önkéntes, így például számos alacsony költségvetéssel üzemelő társaság nem vesz részt benne, másrészt pedig maga az egyes járatok késéséről szóló jelentés a pilóták önbevallását jelenti, melyben a személyzet vagy bizonyos utasítások alapján a légitársaság ellenérdekelt lehet a valódi késések dokumentálásában.

késő járatok arányát mutatja. Mivel nem csak a menetrendi időhöz képest későbbi, hanem a korábbi érkezés is problémát jelent a légitársaság szereplői (elsősorban a repülőterek üzemeltetői) számára, a két irányban egyaránt 15-15 perces intervallum összességében egy 30 perces időkeretet engedélyez a járatok menetrendhez viszonyított pontos érkezésére vonatkozóan.

A 15. ábra azoknak a járatoknak a százalékos arányát mutatja, melyek több mint 15 percet késtek az adott légitársaság menetrendjéhez képest. Látható, hogy a 2000 és 2003 között bekövetkezett javulást követően a 15 perces késéssel közlekedő járatok aránya jelentősen nőtt, egészen 2007-ig, amikor egy javulás kezdődött, mely azonban nem a hatékonyság növekedésének eredménye, sokkal inkább a gazdasági válság következtében kialakuló csökkenő járatszámmal magyarázható. A javulás a 2010-ben lezajlott izlandi vulkánkitörések idején bekövetkezett forgalom-kieséssel érte el csúcspontját. Ezt követően, az év további részében a forgalom újbóli növekedésének eredményeként a pontossági mutató ismét romlott. 2011-ben a késő járatok aránya összességében javult, annak ellenére is, hogy a járatok száma 3,1%-kal növekedett az előző évhez képest. Ez a periférikus területeken (Portugáliában, Írországban és Svédországban) kialakított szabad útvonalú légterek²⁷ bevezetésének eredménye.



15. ábra.

A járatok pontossága Európában 2004 és 2011 között
(forrás: Performance Review Commission 2012)

A pontosságot az egyik legjobban befolyásoló tényező a már induláskor vagy azt megelőzően bekövetkező késés. Az indulási késések nagymértékben függenek az előző járat érkezésének pon-

²⁷ Meghatározott légtér, amelyben a felhasználók a légtérbe való belépési és a légtérből való kilépési pontok között szabadon, a légitársasági szolgálati útvonalhálózatra való tekintet nélkül tervezhetik útvonalait (Az Európai Bizottság 677/2011/EU rendelete).

tosságától, valamint a földi kiszolgáló személyzet hatékonyságától (például utas- és csomagkezelés vagy repülőgép- és rámpakezelés) (WU, C. L.–CAVES, R. 2003). A 15. ábra is jól mutatja, hogy az érkezési és az indulási késések közel azonos nagyságrendűek, tehát szoros összefüggés van közöttük. Ezen kívül a járat az indulás és az érkezés között, az útvonalon is tud késést felhalmozni, például kedvezőtlen időjárás, katonai gyakorlatok vagy sztrájkok miatt, melyek kerülőútvonalat tehetnek szükségessé, vagy – ahogy azt az előzőekben láthattuk, – a légiforgalmi irányítás kapacitásproblémáinak eredményeként.²⁸ Ezen túlmenően mivel egy-egy repülőgép több fordulót is teljesít egymást követően egy napon, így egy már bekövetkezett késés egy vagy több másodlagos késést, ún. reakciós késést is eredményezhet (Performance Review Commission, 2008a). A reakciós késések tehát a korábbi járat(ok) késésének eredményeként jönnek létre (és maradnak fenn) úgy, hogy nem nyelődnek el a járat repülőtéri fordulóidejének fázisa alatt, azaz amikor az érkező utasok kiszállnak, a gépet előkészítik a következő útra, és az új utasokat beszállítják. Ennek a késési oknak a jellemzője, hogy nincs saját kiinduló oka, nincs a késésnek eredete, csak a késés időtartama az, ami továbbítódik az egyik járatról a következő járatra. Ez lehetséges oda-vissza járat esetén, de tovagyűrűzhet egy teljesen más járatra is.

Látható, hogy a késéseknek számos oka lehet, és szoros összefüggésben vannak az előző fejezetben bemutatott kapacitás problémákkal. A légitársaságok szempontjából a késések negatív hatással lehetnek a teljes működési menetrendre (BEATTY, R. et al. 1998), mint ahogy a rendelkezésre álló infrastrukturális források alkalmazására is (mint például az állóhelyek rendelkezésre állása), továbbá természetesen az utasok elégedetlenségét is maga után vonhatják.

6. Az irányítási infrastruktúra sajátosságai

Az európai légiközlekedés problémáit vizsgálva a forgalom növekedése csak közvetett okként említhető, a közvetlen ok az ebből fakadó irányítási kapacitások korlátozottsága. Míg a forgalom növekedésével a gyártók (így a járműveket, illetve az egyéb eszközöket előállítók is) lépést tudnak tartani, az irányítási kapacitás – a korábbi eszközeivel és szervezeti, eljárási mechanizmusaival, valamint a területi koncentrációk révén – elérkezett a teljesítőképessége határaitra.

A szuverén államok a légtér-szervezés kialakításában és a műszaki berendezések beszerzése során egymástól eltérő nemzeti stratégiát alkalmaznak (LEARMOUNT, D. 1989). A nemzeti légiforgalmi szolgáltatási rendszerek alacsony fokú integrációja eredményeként az európai légtér gyenge hatásfokkal működő légiforgalmi irányító rendszerrel felügyelik. Az országoként eltérő felelőségek különböző légiforgalmi irányítási rendszerek kialakítását eredményezték az ECAC-tagországokban, amelyek egy idő után – az eltérő rendszerek és szabályok kompatibilitásának hiánya következtében – nem tudták ellátni a növekvő forgalom kapacitási igényét. A nem hatékony európai légtér-koordináció és szektortervezés, valamint az alulfinanszírozott nemzeti rendszerfejlesztések és beszerzések is hozzájárultak a nem megfelelő hatékonysághoz. Tekintve, hogy a rendszerfejlesztések és a beszerzések a

²⁸ A kapacitás-problémák miatti késés természetesen így már az induláskor jelentkezik, hiszen addig nem indítják el, amíg az adott szektor előreláthatólag nem fogja tudni fogadni a járatot.

nemzeti légiforgalmi szolgáltatók által limitáltak, az államok nem fognak össze nemzetközi szinten a közbeszerzések és fejlesztések folyamán, ami növekvő fejlesztési és beszerzési költségekhez vezet, miközben egy egységes rendszer hatékonyabban funkcionálhatna és a költségek tekintetében is sokkal hatékonyabb lenne. A beszerzések során alkalmazott nemzeti műszaki előírások túlsúlya a rendszerek piacának széthullásához vezetett, és hátráltatja a közösségi szintű piac együttműködését. Ez szükségtelenül megnehezíti új technológiák kifejlesztését és megvalósítását és lassítja a kapacitásbővítéshez szükséges új működési elvek kialakítását. Szükség lenne új megközelítésen alapuló műszaki szabályozásra, amelyben az alapvető követelmények, szabályok és szabványok összhangban vannak és kiegészítik egymást.

5.2.2 Európai szintű légiforgalmi kezdeményezések

A fentiek alapján látható, hogy az európai légiforgalom alakulása folyamán számos olyan probléma merült fel a légtér kezelésében, melyek megkérdőjelezték a légtérhasználat és így a légiközlekedés fenntarthatóságának biztosítását. A problémákat idejében felismerték és arra is rájöttek, hogy átfogó megoldásuk csak az európai országok összefogásával oldható meg. Ennek érdekében több kezdeményezést vezettek be, de azok a mai napig nem hoztak kellő eredményt.

A kezdeti fejlesztések túlnyomó részben a légiforgalmi irányítás technológiai fejlesztésére irányultak, melyeknek célja minden esetben a légiforgalmi irányítási rendszer fejlesztése volt a késé-
sekből fakadó útvonal problémák kezelésének érdekében.

A nyolcvanas évek vége felé bekövetkezett forgalomnövekedés eredményeként 1990-ben az ECAC-tagországok elfogadták az első stratégiát a problémák kezelésére („Az ECAC 90-es évekre vonatkozó stratégiája”). A stratégia ún. végrehajtási programja az EUROCONTROL által kezelt Európai Légiforgalmi Irányítás Harmonizációs és Integrációs Program²⁹ volt. Célkitűzése annak biztosítása, hogy a légiforgalmi szolgáltatási rendszer kapacitása lépést tudjon tartani a légiforgalom növekedésével. Az eredményeket értékelve azonban nyilvánvalóvá vált, hogy a forgalom folyamatos növekedése következtében újabb jelentős kezdeményezések nélkül az európai légiforgalmi szolgáltatási rendszer nem lesz képes lépést tartani a következő 15 évre feltételezett forgalmi növekedéssel. Így 1994-ben az ECAC-tagországok közlekedési miniszterei újabb stratégia létrehozását sürgették, ami az ECAC 90-es évekre szóló stratégiájának helyébe léphet. A második stratégia 1997-ben került jóváhagyásra „Az ECAC légiforgalmi szolgáltatásról szóló európai szervezeti stratégiája” címmel, melyet 2000-ben újból módosított és továbbfejlesztett változata, a „Légiforgalmi Szolgáltatási Stratégia 2000+” követett. Ennek alapjaként jóváhagyták egy újabb program, az Európai Légiforgalmi Irányítási Program³⁰ létrehozását, melynek fő törekvése az volt, hogy a légi navigációs rendszerek közötti együttműködést fokozza, olyan mértékben, hogy a légtérhasználók úgy érezzék, hogy egy

²⁹ European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme – EATCHIP

³⁰ European Air Traffic Management Programme – EATMP

egységes rendszer által vannak kiszolgálva. A stratégiák továbbra sem tudták megoldani a feladatot, hogy a folyamatosan növekvő légitforgalmi igényeket a korlátozott kapacitású európai légtérben ki-elégítsék, a korábban megfogalmazott egységes európai légteret nem tudták kialakítani. Így 2004-ben elfogadtak egy újabb stratégiát „Egységes Európai Égbolt” (Single European Sky, SES) elnevezéssel, mely az európai légtér fragmentációjának csökkentése és kapacitásának növelése érdekében európai uniós hatáskörbe utalta a légitforgalmi szolgáltatást (Az Európai Parlament és a Tanács 549/2004/EK rendelete). A stratégia célja a hatékonyságnövelés, felkészülve a jövőben várható további forgalom-növekedésre. Ebben a stratégiában külön kidolgozták a megvalósítás kutatási programját is,³¹ felkészülve az elméleti alapok gyakorlatban történő megvalósítására. A stratégia tartalmi elemeit illetően – a korábbiaktól eltérően – időkereteket határoztak meg a végrehajtása vonatkozóan. Ezen túl négy teljesítménycélt állítottak fel a hatékonyság növelése érdekében. A négy teljesítménycél hozzájárul a repülésbiztonság fokozásához, a forgalmi igényeknek megfelelő kapacitásbővítéshez, a légitforgalmi irányítás gazdaságos és hatékony működéséhez, valamint a légiközlekedés által okozott környezet-szennyezés csökkentéséhez. A teljesítménycélok megvalósítása révén várhatóan biztosítható lesz a növekvő forgalmi igényekhez igazodó korszerű, költséghatékony és fenntartható légtérhasználat Európában.

Az Egységes Európai Égbolt tervezet végrehajtására két referencia-időszakot határoztak meg (2012-2014 és 2015-2019) és a két periódusra irányelveket és célokat jelöltek ki. A célok kijelölésének alapja négy teljesítménymutató volt, melyek a pontosságra, a biztonságra, a költséghatékonyságra, valamint az útvonalhatékonyságra vonatkoztak. *Komplexitása révén a legfontosabb az utóbbi mutató, melynek tudományos szintű vizsgálata elengedhetetlen a jövőbeni fejlesztések érdekében. A szakmai vizsgálatok ugyanis jelenleg elkülönülnek az egyes szakterületek szerint, a legtöbb esetben nem vizsgálják valamennyi más terület szempontrendszerét, így az eredmények objektivitása sok esetben vitatható. A tudományos vizsgálatokkal – a komplexitás és objektivitás révén – ez elkerülhető.*

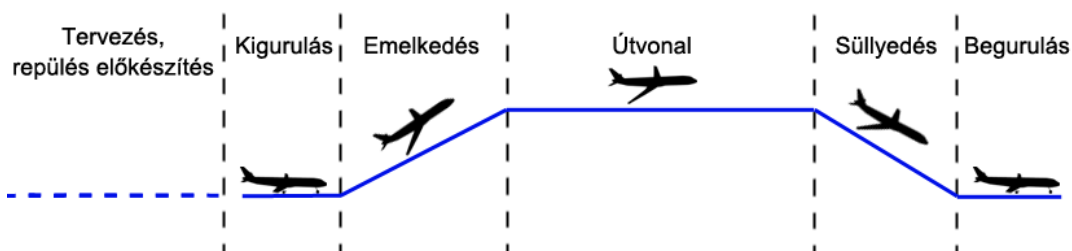
³¹ SES Air Traffic Management Research Programme – SESAR, az Egységes Európai Égbolt tervezetének technológiai eleme

6. A járathatékonyság vizsgálata

6.1 A járathatékonyság mutatói

A légiközlekedés egyik elsődleges szempontja a hatékonyság növelése, amely az optimális útvonalak kialakítására való törekvésben nyilvánul meg. Az ettől való eltérés a repülési idő, ezáltal az üzemanyag-felhasználás (és így a környezetterhelés), valamint más repülési költségek növekedésével jár. Ha nem hatékony az útvonal kialakítása, a többletüzemanyag-felhasználás környezetre gyakorolt hatása növekszik, így a nem megfelelően kialakított útvonalprofil erőteljes negatív hatást gyakorol az éghajlatra. Az útvonal kialakítását azonban számos tényező befolyásolja, így például az időjárási elemek (elsődlegesen a szél), vagy az útvonaldíjak, illetve a légtér telítettsége. A légtér telítettsége miatt elengedhetetlen mind biztonsági, mind pedig kapacitási³² okokból a légi járművek elkülönítése,³³ ez pedig szintén hatással van a járathatékonyságra. Az Egységes Európai Égbolt egyezmény célja tehát nem az, hogy kivitelezhetetlen közvetlen útvonalakat hozzanak létre bármely időszakban, bármely járathoz, hanem az, hogy a biztonsági követelmények figyelembevételével egy elfogadható egyensúlyt alakítsanak ki a járathatékonyság és a kapacitás követelményei között.

A hatékonyság elemzése érdekében a járat által megtett útvonalat útvonali szakaszokra bontják (16. ábra). Ezekon az útvonali szakaszokon külön-külön, illetve átfogóan is lehet a hatékonyságot mérni.³⁴



16. ábra.

*A repülés szakaszai egy járat útvonalán
(szerk.: SZTRUNGA E.)*

Az ICAO, mint a légiközlekedés globális szervezete nem határozta meg a járathatékonyság definícióját, de kézikönyvében (Manual on Global Performance of the Air Navigation System 2009)

³² A légtér kapacitása az az időegység alatti légi jármű mennyiség, amely még biztonságosan kezelhető az adott légtérben (RENNER P. 2000).

³³ Európában a repülőgépek közötti biztonságos távolságtartás, vagyis elkülönítés útvonali szakaszon 5 NM horizontálisan és 1000 láb vertikálisan, a közelkörzetben 3 NM horizontálisan és 1000 láb vertikálisan (MUDRA I. 2008).

³⁴ Tekintettel arra, hogy a valóságban, egy konkrét repülés során nehéz lenne pontosan meghatározni ezeknek a szakaszoknak a határát (akár térben, akár időben), ezért a mérések során gyakorlatilag az útvonali szakasznak nem az emelkedési és a süllyedési szakasz a két végpontja, hanem a repülőtérhez tartozó közelkörzet határa.

tizenegy olyan fejlesztési területet határozott meg (teljesítménymutatókkal kifejezve), amelyek összességében hozzájárulhatnak a hatékonyság növeléséhez (International Civil Aviation Organization 2009). A fejlesztési területek egyikeként jelöli meg a járathatékonyságot, amelyre vonatkozóan azonban nem határoz meg konkrét teljesítendő célokat.

REYNOLDS, T. G. (2008) a járathatékonyságot azokkal az okokkal igyekezett definiálni, amelynek következtében a járat az optimálistól eltérő repülési pályán repül (akár térben, tehát nem csak a repülés horizontális, hanem a vertikális összetevőjét tekintve is, akár időben), az optimum meghatározásával, illetve ennek módszertani problémáival azonban nem foglalkozott.

A légtérben a járat által megtett járathatékonyságának mérése többféle mutatót használnak a különböző szakmai szervezetek és a légitársaságok, bár ezek többségét csak alkalmasszerűen és csak bizonyos szervezetek használják. A hatékonyság egyrészt kifejezhető időben, vagyis, hogy a járat az előzetes tervezéshez képest milyen pontossággal tudja megtenni az útvonalát.³⁵ Az aktuálisan lerepült idő és a tervezett idő közötti különbséget késésnek nevezik, függetlenül attól, hogy menetrendszerinti vagy más típusú járatról van-e szó. Emellett a hatékonyságot ki lehet fejezni a megtett távolság alapján is, az aktuálisan lerepült távolságot összehasonlítva egy elméletileg optimális (tehát a legrövidebb) távolsággal. A kettő közötti különbséget útvonaltöbbletnek nevezik. A hatékonyság további meghatározására alkalmazzák a repülés során elhasznált üzemanyag mennyiségét is. Ez esetben is az adott járat által az aktuális út folyamán felhasznált üzemanyag mennyiségét hasonlítják össze az optimálisan szükséges üzemanyag-felhasználásával, az így létrehozott mutatót üzemanyag-többletnek nevezik.

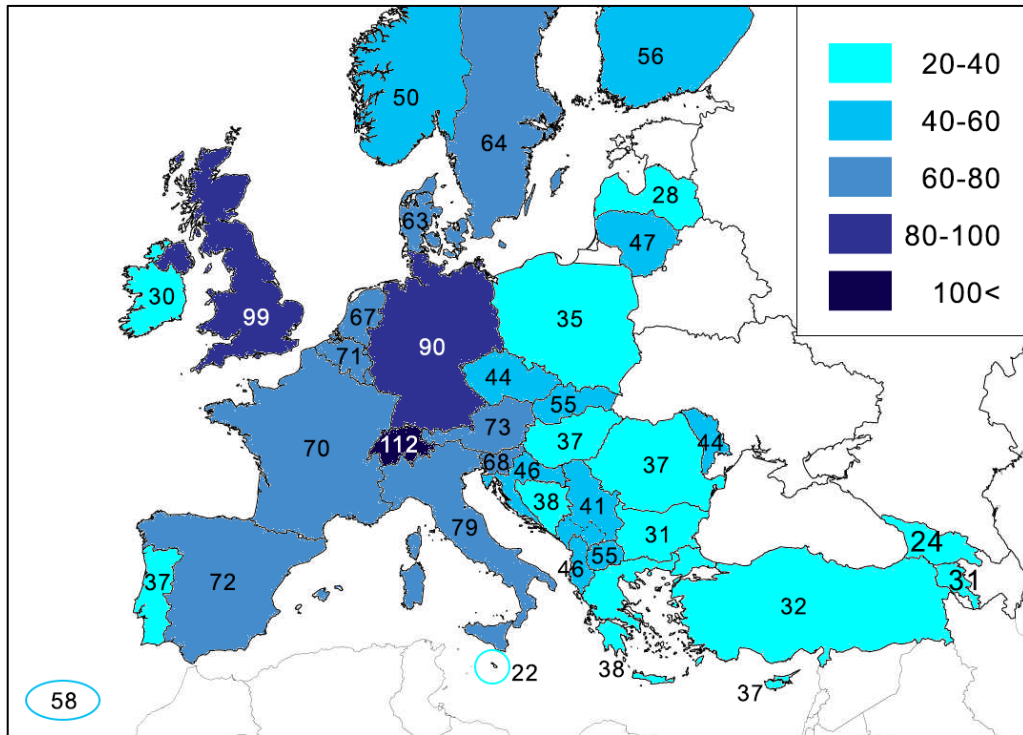
A légiforgalmi légterekben repülve a járatoknak a légtér használatáért, valamint a légiforgalmi irányító szolgáltatásért útvonaldíjat kell fizetniük.³⁶ Az útvonaldíj három tényező, az országok által meghatározott szektordíj (unit rate), a lerepült útvonal hossza, valamint a légitármű súlya³⁷ alapján kerül kiszámításra, és tonnánként, valamint mérföldenként fejezik ki. Az útvonaldíj kiszámításához nem a járat aktuálisan lerepült útvonalát veszik figyelembe, hanem a repülési terv szerint az útvonal során érintett egyes országokba történő belépés és kilépés pontja közötti ortodrom távolság alapján számolnak. A légitársaságok az útvonal tervezésénél figyelembe veszik az egyes országok útvonaldíjait (17. ábra), és esetlegesen egy magasabb díjú terület kerülése érdekében egy alternatív hosszabb útvonal mellett döntenek (ahogy az a 74. ábrán látható járat útvonalán is látszik). Az útvonaldíjat az üzemeltetők az EUROCONTROL részére fizetik be (Központi Útvonal-használatdíj Iroda részére³⁸), ahol a díjakat az átrepülő légitársaságoktól az érintett ország részére továbbítják.

³⁵ A pontosságot azonban soha nem a járat menetrendszerinti idejéhez viszonyítják, hanem a járat indulása előtt leadott repülési tervben megadott időkeretekhez.

³⁶ Emellett a repülőtereken repülőtéri illetéket (Terminal Navigation Charge) is kell fizetni.

³⁷ Maximális felszállósúly (Maximum Takeoff Weight – MTOW)

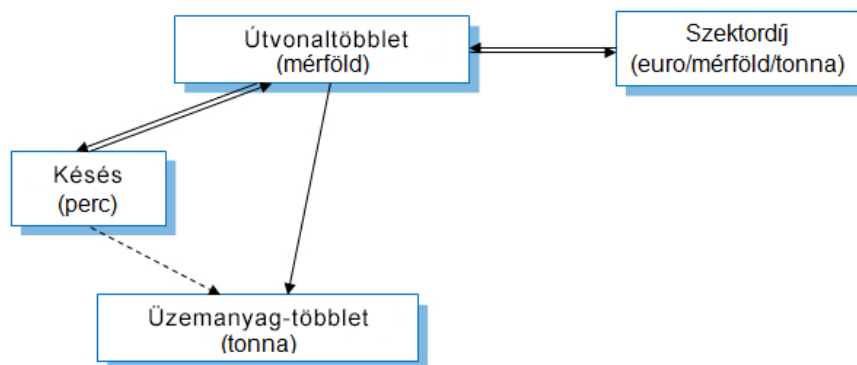
³⁸ Central Route Charges Office – CRCO



17. ábra.

A 2015. márciusi útvonaldíjak mértéke azokban az országokban, amelyek az EUROCONTROL közreműködésével bonyolítják le az elszámolást (euró/mérföld) (az EUROCONTROL CRCO adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Az egyes mutatók összefüggésben vannak egymással, a közöttük fennálló ok-okozati kapcsolatokat mutatja be a 18. ábra. A fentiekben ismertetettek szerint a megtett útvonal kölcsönösen összefügg a szektordíjjal, illetve hasonlóképpen az út megtételéhez szükséges idővel, és ebből fakadóan az eredeti tervhez képest történő pontossággal is. A távolság és a repülési idő pedig hatással van a felhasznált üzemanyag mennyiségére.

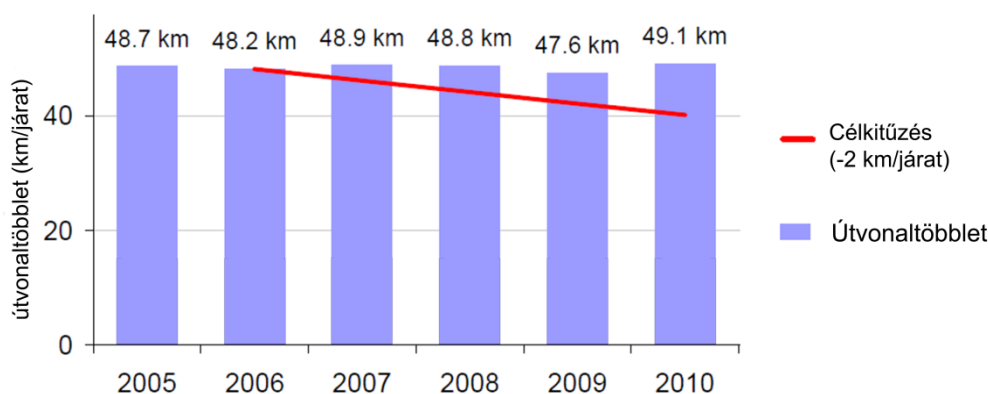


18. ábra.

A járathatékonyági mutatók közötti ok-okozati kapcsolatok (szerk.: SZTRUNGA E.)

6.2 Járathatékonysági célok

2007-ben az EUROCONTROL Ideiglenes Tanácsa³⁹ azt a célkitűzést fogalmazta meg 2010-ig tartó tervében, hogy az útvonaltöbbletet átlagosan járatonként évente két kilométerrel kell csökkenteni (Performance Review Commission 2008b). A célok abszolút értékben történő kifejezése nem teljesen szerencsés, mivel nem veszi figyelembe az egyes járatok hosszát, hiszen egy kis távolságú járat esetén a két kilométer akár magas arányt is képviselhet, míg a hosszú távú járatok esetén jelentéktelen lehet. A 2007 és 2009 közötti időszakban javulás következett be, bár a célkitűzéstől elmaradtak, majd 2010-ben az útvonaltöbblet már jóval nagyobb volt a kitűzött célnál (19. ábra). Az útvonaltöbblet abszolút változása folyamatos növekedést mutatott 2005 és 2010 között, 2010-ben 5,5%-kal növekedett az előző évhez képest és elérte a 49,1 km-t. Ez egyrészt a rosszabb útvonal-hasznosításra vezethető vissza, másrészt arra, hogy a légiforgalmi irányítás taktikai szinten kevesebb közvetlen útvonalat⁴⁰ alkalmazott. Vagyis bebizonyosodott, hogy a célkitűzés elérése a növekvő légiforgalom, valamint a széttagolt légtérszerkezet és a légiforgalmi irányítás nem megfelelő hatékonyságú működése miatt nem lehetséges.



19. ábra.

A horizontális útvonalhatékonysági célkitűzés és a valódi értékek alakulása
(forrás: Performance Review Commission 2011)

Az első, egész Európára kiterjedő járathatékonysági terv 2008-ban került elfogadásra.⁴¹ A terv öt pontban fogalmazta meg a fejlesztési területeket:

1. az európai útvonal- és légtér-tervezés javítása,
2. hatékonyabb légtér- és útvonal hasznosítás,
3. közelkörzetek szakszerűbb megtervezése és használata,
4. a repülőtéri üzemelések optimalizálása, valamint
5. a teljesítmény-tudatos üzemeltetés fejlesztése valamennyi területen.

³⁹ Provisional Council

⁴⁰ Direct route (DCT)

⁴¹ IATA–EUROCONTROL–CANSO 2008: Flight efficiency plan. Fuel and emissions savings

Az első pontban határozták meg a járathatékonysági célokat,⁴² felhasználva az EUROCONTROL Ideiglenes Tanácsának 2007-es célkitűzéseit (az útvonaltöbblet csökkentése 2010-ig évi 2 km-rel). Látható, hogy a célt nem tudták tartani, az útvonaltöbblet 40 km felett maradt 2012-ben is (ERNIP Implementation Monitoring Report, 2013).

Emellett a pontossági mutatóra is megfogalmaztak egy célt, miszerint 2013-ig az átlagos nyári útvonali késések mértékét egy perccel kell csökkenteni járatonként. Az üzemanyag-hatékonysággal és a szektordíjakkal nem foglalkozott a tervezet.

Az Egységes Európai Égbolt koncepció keretében a légiközlekedési rendszer fenntartható fejlődésének biztosítása érdekében az 549/2004/EK rendelet⁴³ előírása alapján 2010-ben létrehozták az ún. léginavigációs szolgálatok és hálózati funkciók teljesítményrendszerét (a Bizottság 691/2010/EU rendelete). A rendszernek teljesítménymutatókat⁴⁴ és kötelező célokat kell meghatározni a légiforgalmi navigációs szolgáltatások teljesítményének javítása érdekében európai uniós szinten (az Európai Unió mellett Norvégia és Svájc tartozik a hálózati funkciók teljesítményrendszerébe /Performance Review Body 2013/), így a rendszer alkalmas lehet az Egységes Európai Égbolt keretében elért eredmények mérésére, hatékonyságának fokozására. A tagállamoknak figyelemmel kell kísérniük és közzé kell tenniük ezeket a fő teljesítménymutatókat, és ezeknek megfelelően határozhatnak meg célkitűzéseket. A teljesítménymutatókat és -célokat az ún. referencia-időszak⁴⁵ alatt kell teljesíteni. Két referencia-időszakot határoztak meg, az első a 2012-2014 közötti, a második pedig a 2015-2019 közötti időszakot foglalja magába (a következő referencia-időszakok öt-öt naptári évig tartanak majd) (a Bizottság 390/2013/EU végrehajtási rendelete). A dokumentumban fő teljesítményterületekként a biztonságot, a környezetvédelmet, a kapacitást, valamint a költséghatékonyságot jelölték meg.

Az európai uniós szintű teljesítménycélok az első referencia időszakra vonatkozóan a Bizottság 121/2011/EU és az 1216/2011/EU határozataiban kerültek megfogalmazásra. A megfogalmazott teljesítménycélok közül az első szorososan kapcsolódik kutatásaimhoz, a második pedig több ponton összefüggésben áll a vizsgált területtel, míg a további két mutató, illetve célkitűzés nem tekinthető jelen kutatás tárgyának. Ezért vizsgálataimban elfoglalt szerepük alapján súlyozva, az alábbiak szerint értékelhetőek ezek a célkitűzések.

1. Környezetvédelmi célkitűzés: 2014-re az átlagos vízszintes repülés közbeni útvonalhatékonyság mutatója⁴⁶ 0,75% ponttal legyen jobb a 2009-es évhez viszonyítva (20. ábra). A határozatban az útvonalhatékonyságra vonatkozóan csak egy mutató szerepel, ami a gömbi főköri távolság és a

⁴² Az egész tervet járathatékonyságnak, és ezen belül a megfogalmazott egyik mutatót járathatékonysági célnak nevezték.

⁴³ Az Európai Parlament és a Tanács 549/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az Egységes Európai Égbolt létrehozására vonatkozó keret megállapításáról („keretrendelet”).

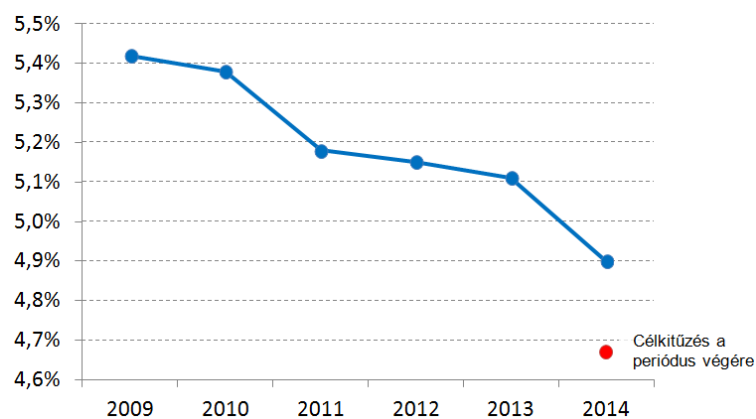
⁴⁴ A teljesítmény ellenőrzésére, értékelésre és felülvizsgálatára szolgáló mutatók (A Bizottság 390/2013/EU Végrehajtási Rendelete).

⁴⁵ Az európai uniós szintű teljesítménycélok és a teljesítménytervek érvényességi és alkalmazási időszaka az 549/2004/EK rendelet 11. cikke (3) bekezdésének d) pontjában meghatározottaknak megfelelően (A Bizottság 390/2013/EU Végrehajtási Rendelete).

⁴⁶ A fogalmak egységességében mutatkozó hiányosságokra jellemző, hogy a rendelet magyar nyelvű verziója nem az útvonalhatékonyság, hanem a vízszintes repülés közbeni repülési hatékonyság kifejezést használja.

repülési tervben szereplő távolság különbsége. Az aktuális útvonaladatokra vonatkozóan nem határoztak meg teljesítendő célokat az első referencia időszakra vonatkozóan, a fentebb feltüntetett 0,75 százalékpontos cél pedig a repülési tervben szereplő adatok alapján kialakított útvonalmutatóra vonatkozik. Ezzel szemben a második referencia-időszakban az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Testülete két mutatót szerepeltet, a járat repülési tervben szereplő adatai mellett a járat aktuális adataira épülő mutatót is (Performance Review Body 2013). Így az új időszakban (2015 és 2019 között) már mindkét mutatót alkalmazni fogják az adatgyűjtés során (tehát a korábbi mutató mellett a gömbi főköri távolságot már nem csak a repülési tervben szereplő, hanem az aktuális, tehát valóban lerepült távolsággal is összevetik) és meghatároznak teljesítendő célokat. Ezen túlmenően a két mutatót egymással összefüggésben is fogják elemezni (a taktikai szintű tevékenységek hatékonyságának kimutatása érdekében) és nem csak várospárokra vonatkozóan, hanem területileg, egy-egy országra vagy nagyobb területekre kiterjedően is.

Az első referencia-időszakra vonatkozó átlagos repülés közbeni útvonalhatékonyság alakulásán jól látszik, hogy a mutató értéke évről évre folyamatosan csökken (20. ábra). Annak ellenére, hogy ez az időszak a gazdasági válság időszaka volt – vagyis az európai légit forgalom csökkent, ami nagyban hozzájárult ahhoz, hogy a cél teljesíthetéséhez közelebb kerüljünk, – mégsem sikerült a célt elérni. Az igazi kihívás a második referencia-időszakban fog jelentkezni, ugyanis a prognózisok szerint 2016 után fog helyreállni a légit forgalom a válság előtti szintre, ugyanis az újra növekvő forgalom mellett kell elérni az aktuális célkitűzést (EUROCONTROL Seven-Year Forecast 2014).



20. ábra

Az európai légit forgalom horizontális útvonalhatékonyságának alakulása az első referencia-időszakban

(Performance Review Commission 2015. adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

2. **Költséghatékonysági célkitűzés:** a repülés közbeni léginavigációs szolgáltatásokra európai uniós szinten megállapított átlagos egységár a 2011-es 59,97 euróról 2014-re csökkenjen 53,92 euróra (az euró 2009. évi reálértékében kifejezve), a közbenső években, 2012-ben 57,88 euró, 2013-ban pedig 55,87 euró legyen. Az első referencia-időszak költséghatékonysági céljainak alulteljesítése (TEN/530 Az Egységes Európai Égboltról szóló rendelet átdolgozása, 2013) következtében az

útvonaldíjak is a tervezettnél magasabb értéken maradtak. Mivel az útvonaldíjak teljes összegének 60%-át öt szolgáltató adja (Franciaország, Németország, Egyesült Királyság, Spanyolország, valamint Olaszország), lényeges lenne annak vizsgálata, hogy ezeknél a gazdasági előnyökkel rendelkező nagy szolgáltatóknál miért jelentkezik a hasonló kisebb szolgáltatók költségeinek duplája, sőt alkalmanként négyeszerese (TEN/530 Az Egységes Európai Égboltról szóló rendelet átdolgozása, 2013). Megvizsgálva az elmúlt egy év változásait (2014. január és 2015. március között), megállapítható, hogy a nagyobb szolgáltatók többsége a célkitűzések ellenére is emelte a szolgáltatási díjat (17. ábra).

3. Kapacitási célkitűzés: a repülés közbeni (tehát a légijárművek földön eltöltött idejét nem tartalmazó) átlagos késés 2014-re járatonként ne haladja meg a 0,5 percet (végül 0,53 perc lett). A pontossági mutató különlegessége, hogy az egyes járatok korábbi érkezése is hasonló problémákat okozhat, mint a késés, ha azonban a korai érkezések gyakoribbak lesznek, azzal is teljesülhet a kitűzött cél, miközben a problémák esetleg még szélesebb körűvé válnak.
4. A Bizottság 1216/2011/EU Végrehajtási Rendelete három biztonsági teljesítménymutatót határozott meg, azonban ezekre teljesítménycélok még nem kerültek meghatározásra. A három mutató: az ATM biztonsági hatékonysága, az események súlyosságosztályozása és a méltányossági alapú repülésbiztonsági kultúrára vonatkozó információszolgáltatás.

A határozat az üzemanyag-hatékonyságra vonatkozóan nem fogalmaz meg teljesítménymutatókat, mivel ennek mérése nem a nemzetközi szervezetek, hanem a légitársaságok hatásköre, így előbbieket egyelőre nem is rendelkeznek megfelelő adatokkal ahhoz, hogy érdemben foglalkozni tudjanak ezzel a mutatóval is.

6.3 Az útvonalhatékonyság meghatározása

Az optimális útvonalak kialakítását az útvonalhatékonysággal mérik. Ez a járat aktuális és gömbi főköri távolságának különbségét jelenti a repülőtér vonatkozási pontjaitól⁴⁷ számítva (Boeing & CANSO 2012; MIHETEC, T.–ODIC, D.–STEINER, S. 2011; Performance Review Commission 2008b). REYNOLDS, T. G. (2008) tanulmányában az aktuális útvonalat az optimálisnak nevezett gömbi főköri távolsággal (legrövidebb földi) vagy a szél-optimalizált (legrövidebb légi) távolsággal hasonlítja össze. A két távolság azonos lenne abban az ideális esetben, ha egy adott légijármű útvonalának vonalvezetésére semmilyen korlátozó tényező nem hatna (például kerülések a légtér zsúfoltsága, időjárási jelenségek vagy katonai légtereken belül zajló gyakorlatok miatt).

Az útvonalhatékonyságot, jellegéből adódóan a járat felszállástól leszállásig terjedő szakaszon vizsgálják, és nem számítják bele a tervezési,⁴⁸ valamint a gurulási szakaszokat (Performance

⁴⁷ Vonatkozási pont: a repülőtér földrajzi koordinátákkal megadott helye, egy adott pont a repülőtér területén, amely egy futópályával rendelkező repülőterek esetén általában a futópálya középpontja, több futópályás repülőtér esetén a repülőtér központi területén kijelölt pont.

⁴⁸ Például a repülőgép előkészítése a repülésre, üzemanyaggal való feltöltés, a személyzet repülési előkészületei stb.

Review Commission, and FAA Air Traffic Organization System Operations Services 2009) (16. ábra). Az útvonalhatékonyság két komponensből, a horizontális és vertikális tényezőkből tevődik össze.

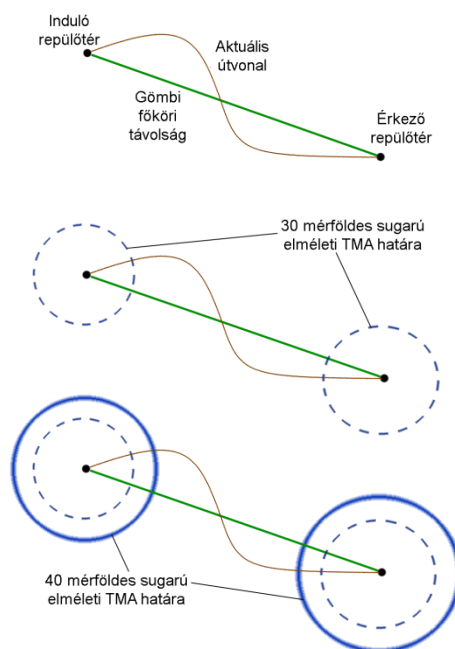
6.3.1 A horizontális útvonalhatékonyság

A légiútvonalak kialakítása során – a gömbi főkörök mentén végrehajtott (azaz ortodrom) repülések révén – a legrövidebb geometriai útvonalhálózat kialakítására törekcszenek (ERDŐSI F. 1997). Az ortodromikus távolság a Föld felületén két adott pont között a legrövidebb távolság, amely az adott gömbi főkör mentén mérhető, így a leggazdaságosabb útvonal kialakítását teszi lehetővé. Ez azonban csak elméleti útvonal-kialakítást tesz lehetővé, mivel azt feltételezi, hogy minden egyes légijármű zavartalanul, korlátozások nélkül repülhet a légtérben. Vagyis a légtér telítettsége következtében ez az útvonal-kijelölés csak korlátozottan alkalmazható, általában csak nagy távolságú repüléseknél, amikor jelentős lenne a távolságtöbblet.

Mivel rövidebb szakaszokon, hozzávetőlegesen 500-600 kilométeres távolságig nem nagy az eltérés az ortodromikus és a loxodromikus távolság között, a repüléseket sokáig loxodromon hajtották végre, annak során állandó irányszöget követve (tehát a meridiánokat azonos szög alatt metszve). A modern navigációs eszközök előtt ez volt az egyetlen lehetőség a navigációra, a loxodroma figyelembe vétele ma azonban már nem szükséges. Bár a loxodroma kérdése egy óceánon átrepülő járatnál felmerülhet ugyan, mivel az óceánok fölött nem segítik földi radarok a navigációt, azonban a járat útvonala ott is fel van osztva kisebb szakaszokra. És a repülőgép a beépített (gyorsulásadókból és lézergiroszkópokból álló) rendszere segítségével a felszállásától fogva képes saját relatív helymeghatározásra. Így az óceánok átrepülése során a (viszonylag közeli) földrajzi koordinátákkal meghatározott (biztonsági célból bevezetett) jelentőpontok között is képes a gömbi főkör mentén történő repülésre.

Egy járat horizontális útvonalhatékonyságának mutatója az útvonaltöbblet (Performance Review Commission 2008b), ami egy várospár esetében a két város közötti gömbi főkör távolság, valamint a két város közötti járat aktuális útvonala közötti horizontális távolság különbsége (21. ábra). A járat teljes útvonalára vonatkozó hatékonyságot a repülőtér vonatkozási pontjától számítják. Tekintve azonban, hogy a járatok felszálláskor és leszálláskor a besorolás (és biztonságos elkülönítés) érdekében indulási, illetve érkezési eljárásokat hajtanak végre a közelkörzet⁴⁹ léterében, melyek általában nem követik a közvetlen útvonalat, ezért a hatékonyság mérésekor a repülőtér körül egy 30 mérföld sugarú elméleti körtől mérve számították a járat hatékonyságát.

⁴⁹ Terminal Manouering Area – TMA, közelkörzeti irányítói körzet, amelyet egy vagy több nagyobb repülőtér közelében, rendszerint ATS útvonalak találkozásánál létesítettek. A közelkörzeti irányító körzet alsó határa a földrajzi viszonyoknak és a légiforgalomnak megfelelően változik, de sehol sem alacsonyabb 600 lábánál (200 m) a terep felszíne felett (26/2007. (III. 1.) GKM–HM–KvVM együttes rendelet).



21. ábra.

A várospárok közötti útvonaltöbblet értelmezése
(szerk.: SZTRUNGA E.)

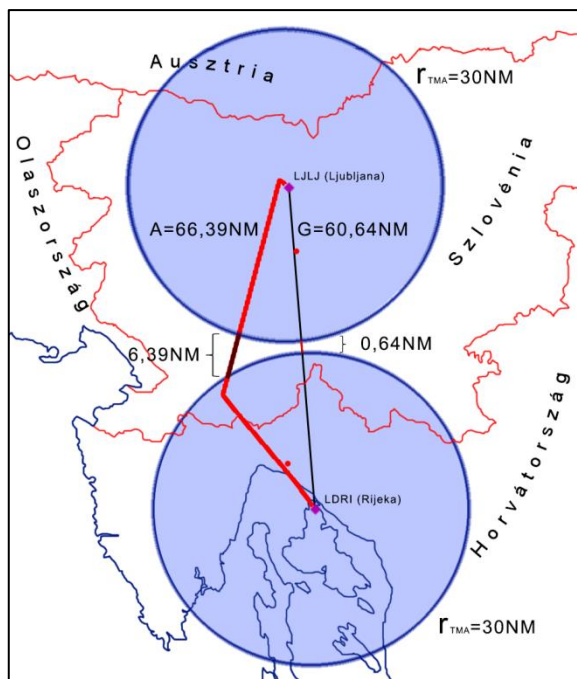
A későbbiek folyamán a kör sugarát 30-ról 40 mérföldre növelték az Egységes Európai Égbolt harmonizációs folyamatainak érdekében. 2013-ban pedig az FAA és az EUROCONTROL közös munkájában (Performance Review Commission and FAA Air Traffic Organization System Operations Services 2013) helyet kapott egy olyan elemzés, amely az induló repülőterek körül 40 mérföld, az érkező repülőterek körül azonban 100 mérföld sugarú körrel számol, mivel számos esetben a járat süllyedése már ilyen nagy távolságban megkezdődik. Ennek az az oka, hogy a járatok mindig az adott géptípus műszaki paramétereinek gazdasági szempontból leginkább megfelelő süllyedési sebességgel közelítik meg az érkező repterületet. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a felszállási konfiguráció sem fejeződik be 40 mérföldön belül. A felszállást követően a járat a közelkörzetet elhagyva tovább folytatja emelkedését az ideális, vagy a légtér terheltsége miatt az ideálishoz legközelebbi lehetséges magasság eléréséig. *Tehát, elméletileg a felszálló oldalon is meg kellene növelni az elméleti közelkörzet átmérőjét. A nagy átmérőjű közelkörzetek következtében azonban a járatok útvonali szakaszai lecsökkennek, számos várospár kiesik az elemzésből.* Ebből adódik, hogy azokat a járatokat, amelyek útvonala

- a., 30+30 mérföldes közelkörzetekkel számolva 60 mérföldnél (111,12 km), illetve 40+40 mérföldes közelkörzetekkel számolva 80 mérföldnél (148,16 km), illetve
- b., 40+100 mérföldes közelkörzetekkel számolva 140 mérföldnél (259,28 km-nél) kisebb, nem veszik figyelembe a teljesítmény-értékelési jelentések összeállításánál.

Szintén nem szerepelnek azok a járatok sem a jelentésekben, amelyek a felszállás után az indulási repterületre térnek vissza. A fent ismertetett méretű közelkörzetekkel számolva a közelkörzetek együttes sugaránál kevéssel hosszabb járatok esetén az útvonalhatékonysági elemzések alapját képező

eredmények matematikailag ugyan helytállóak, azonban a százalékban kifejezett értékek olyan magasak lehetnek, hogy látványos útvonaltöbbletet eredményeznek, amelyek félrevezetőek lehetnek (22. ábra). A Ljubljana és Rijeka közötti ortodrom távolság 60,64 mérföld. A 2013. október 23-án az Adria Airways által a két város között megtett útvonal hossza 66,39 mérföld volt. Így az útvonaltöbblet 5,75 mérföld, ami az ortodrom (tehát a gömbi főkör mentén mért) távolság 9,48%-a. Ha azonban a 30 mérföld sugarú (elméleti) közelkörzeten belül megtett út nélkül számoljuk a többletet, akkor a 0,64 mérföld helyett megtett 6,39 mérföldes útvonal 898,4%-os útvonaltöbbletet jelent. 40 vagy 100 mérföld sugarú közelkörzettel ez a várospár nem is szerepelne a jelentésekben, illetve az útvonaltöbblet vizsgálatban, mivel a közelkörzeteik átfedésben vannak.

Mivel Európa földrajzi adottságai miatt számos közeli várospár található, amelyek között nem jelentéktelen a légiforgalom, nem tartom indokoltnak a 100 mérföld sugarú közelkörzet alkalmazását sem az induló, sem az érkező oldalon, így kutatásaim során is a 30, illetve 40 mérföld sugarú elméleti közelkörzettel végeztem el a vizsgálatokat.



22. ábra.

Az útvonaltöbblet számításával kapcsolatos ellentmondás egymáshoz közeli várospárok esetén (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZIRUNGA E.)

G – gömbi főköri távolság, A – aktuális útvonal

6.3.2 A vertikális útvonalhatékonyság

A vertikális útvonalhatékonyság vizsgálatával később kezdtek el foglalkozni, mint a horizontális útvonalhatékonysággal, mivel annak elemzése jóval komplexebb megközelítést kíván, hiszen abban nem csak a vízszintesen megtett távolságot elemzik (mint a horizontális útvonalhatékonyság esetén),

hanem a repülési pálya további elemeit is. Míg az Egyesült Államokban már megjelentek elemzések a vertikális útvonalhatékonyságról (DINGERS, E. 2007, REYNOLDS, T. G. 2008, ALCABIN, M. S. et al. 2009, KNORR, D. et al. 2011b), Európában még napjainkban is alig jelenik meg ennek elemzése (MIHETEC, T.–ODIC, D.–STEINER, S. 2011).

Az útvonalhatékonyság vertikális tényezője arra vezethető vissza, hogy a repülési magassággal nő az ortodroma hossza. Ez a növekedés azonban olyan csekély mértékű, hogy a gyakorlati útvonal-kialakítás során elhanyagolható. 10 000 méteres (32 808 láb) magasságban a növekedés mindössze 1,001571-szeres (TÓTH J. 2005), tehát 1000 mérföldes útvonalon (ami a Budapest-Glasgow ortodrom távolságnak felel meg) alig több mint másfél mérföld. Emellett a járatok útvonalának vertikális mozgásairól sem voltak korábban rögzített adatok. E két ok következtében kezdetben nem foglalkoztak a vertikális útvonalhatékonyság vizsgálatával.

A térbeli tényező mellett azonban a repülés technikai megvalósításából fakadó emelkedési és süllyedési profil a vertikális útvonalhatékonyságot kimutatható módon befolyásolja. A járatok ugyanis gyakran olyan korlátokkal szembesülnek az emelkedési vagy süllyedési szakasz során, melyek megakadályozzák az optimális repülési profil kialakítását, ez pedig többletüzemanyag-fogyasztást eredményez.

Az útvonal megtervezésekor az időjárási körülményeknek és a repülőgép üzemeltetési paramétereinek leginkább megfelelő magasságot szokták választani. A kiválasztott optimális magasság azonban a légtér telítettsége következtében számos esetben nem használható. Emellett a járat üzemeltetése szempontjából hatékony és gazdaságos működtetést a járat folyamatos (megszakítások nélküli) emelkedésével és süllyedésével lehet biztosítani. A legtöbb esetben azonban ezt sem lehet kivitelezni, szintén a légtér telítettsége következtében. Egy járat vertikális útvonalhatékonyságát tehát két tényező befolyásolhatja negatívan, a magassági korlátozás és a magassági szinttartási szakaszokat tartalmazó megszakított emelkedés vagy süllyedés.

A magassági korlátozás általában a rövid távolságú járatok esetében fordul elő. A közeli repülőterekre haladó járatokat a magasabb repülési szinten átrepülő forgalom alatt, alacsonyabb repülési szinten tartják az optimális repülési profilhoz képest, ezáltal csökkentve a magasabb légtér terheltségét. Szintén a magassági korlátozások körébe tartozik, hogy egy-egy navigációs pontra is meghatározhatnak korlátozást, hogy a ponthoz közeli repülőterekről fel- illetve oda leszálló járatokat biztonságosan elkülönítsék az adott pont felett áthaladó, távolabbi célállomás felé tartó járatoktól. A magassági korlátozások a szomszédos ATC-k közötti Körzeti Együttműködési Megállapodások⁵⁰ keretében kerülnek rögzítésre. Az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottságának egyik tanulmánya szerint (Performance Review Commission 2008b) a magassági korlátozás Európában éves szinten a járatok 11,8%-át érinti kedvezőtlenül.

⁵⁰ Letter of Agreement (LOA) – A Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet (ICAO) Doc 9426 ATS Tervezési kézikönyv II. rész 2. fejezetében és a Doc 4444/ATM-501 Légiforgalmi Szolgáltatás 10. fejezetében leírtak szerint, két ATS egység közötti koordinálási eljárásokat a két állam légiforgalmi szolgálati egységei között megkötött együttműködési megállapodásban kell rögzíteni (16/2000. (XI. 22.) KöViM rendelet).

A légitársaságok az optimális repülési magasságot az időjárási tényezők, valamint a járat felszálló súlya függvényében határozzák meg. Abban az esetben, ha magassági korlátozás következtében nem repülhetnek az optimális magasságon, többletüzemanyag-fogyasztás következik be, ami további más gazdasági és környezeti tényezőket is kedvezőtlen irányba befolyásol (Performance Review Commission 2008b).

A járatok az optimális emelkedés és süllyedés folyamán állandó állásszöggel, megszakítás nélkül, folyamatosan emelkednek, illetve süllyednek. Különböző tényezők következtében azonban szükség lehet a folyamatosság megszakítására, szinttartási szakaszok beiktatására. A Performance Review Commission meghatározása értelmében az emelkedés vagy süllyedés folyamán a repülési pálya azon részét, ahol az emelkedés vagy süllyedés sebessége 200 láb/percnél (kb. 1 m/s) kisebb, szinttartási szakasznak nevezik. Annak érdekében, hogy ne legyen összetéveszthető a szintváltási szakaszokkal, 20 percen maximalizálták az ilyen szinttartási szakaszt. Az emelkedési fázisban a megszakítások általában üzemeltetési tényezők miatt következnek be, például egy túlsúfolt szektor kerülése érdekében, vagy keresztező forgalommal való távolságtartás, vagyis a biztonságos elkülönítés érdekében. Így a járat átmenetileg egy alacsonyabb repülési szinten repül, ami gazdaságtalan működést eredményez, és csak a probléma megoldását követően folytathatja emelkedését a kívánt magasságra. Ezek az események bekövetkezhetnek a járat süllyedési szakaszában is, arra kényszerítve a járatot, hogy a folyamatos megközelítést⁵¹ annak optimális kezdési pontja⁵² előtt vagy után kezdje meg.

Az optimálistól eltérő süllyedésre jó példa a Szlovákia irányából a Budapest Liszt Ferenc repülőtérre, 130°-os pályairányra érkező repülőgépek süllyedése. A szlovák légtérben levő korlátozás miatt a gépek nem süllyedhetnek le időben az optimális magasságra, az optimális siklópálya felett maradnak, így a magyar légtérbe érve egyszerre kell veszíteniük a magasságukat és a sebességüket, ami nagy mennyiségű üzemanyag-vesztést jelent számukra, üzemelésüket negatívan befolyásolva.

6.4 Horizontális útvonalhatékonysági elemzés

Mivel mind a repülési tervben feltüntetett adatok, mind pedig az aktuálisan lerepült útvonaladatok információt nyújtanak a járat állóhelyétől állóhelyig történő horizontális és vertikális mozgásáról, munkámban az aktuális útvonalaknak a teljes repülési szakaszra (tehát a repülőtéri mozgásokkal együttes mozgásra), valamint a csak a levegőben eltöltött szakaszra vonatkozó adatait vizsgálom. Az utóbbi szakaszt is két külön részben elemzem, egyrészt a járat teljes útvonalát figyelembe véve, másrészt külön értékelve az elméleti közelkörzetek közötti, ún. útvonali szakaszt.

⁵¹ Continuous Descent Approach – CDA, folyamatos süllyedő megközelítés

⁵² Top of Descent – a CDA optimális kezdési pontja

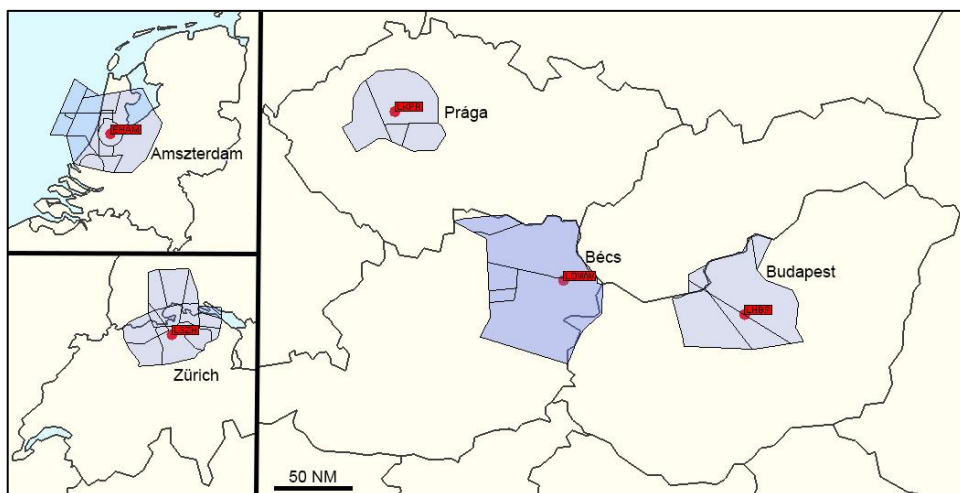
Az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottságának első referencia-időszakában (2012-2014 között) az útvonalhatékonyság mérésére csak a repülési terv szerinti távolságokat használták az értékelések során. A második referencia-időszakban (2015-2019) emellett bevezetésre kerül az aktuális útvonalak távolsága alapján történő hatékonyság-elemzés is, ami realisabb földrajzi képet nyújt és pontosabb eredményt ad a fizikailag lehetséges leghatékonyabb útvonalak és a valóság közötti különbségről (mivel a repülési terv szerinti útvonalak csak egy átmeneti értéket képviselnek, a repülés megvalósulásának pillanatáig). Ezért a saját elemzéseim során – részben megelőzve a Bizottság metodikáját, – az útvonaltöbbletet vizsgáltam, európai várospárokra vonatkozóan, vagyis a járatok két város között aktuálisan lerepült útvonalát összehasonlítottam az optimálisnak tekintett gömbi főköri távolságokkal. Az Európára kiterjedő elemzéseket egy-egy hétre vonatkozóan (január, április, július, október hónapok első teljes hetei) végeztem el. A meghatározásnak megfelelően nem a teljes útvonali szakaszt vettem figyelembe, hanem a vizsgálatok első felében a repülőtér körüli 30 mérföld sugarú elméleti körrel számoltam, majd a vizsgálatok második felében 40 mérföld sugarú kört alkalmaztam a jelenleg érvényben levő előírásoknak és jogszabályoknak megfelelően (121/2011/EU határozat, 390/2013/EU végrehajtási rendelet). A repülőterek teljes forgalma alapján (járatszám/repülőtér) meghatároztam a 60 legforgalmasabb európai repülőteret és adataikat kielemeztem.

Az európai légitforgalom horizontális útvonalhatékonyságának értékelését a napi forgalmi adatok alapján végeztem el. Egy-egy nap teljes európai légtér-forgalmát vizsgáltam, beleértve a közfoglalmon kívüli járatokat is.

Négy időszak került kiválasztásra 2013-ban, minden évszaktól egy-egy hét valamennyi napja: január, április, július és október hónapok hétfővel kezdődő első teljes hete. Ezekből az adatokból nem csak a teljes évi forgalmi és útvonalhatékonysági adatokat lehetett vizsgálni, hanem ezen belül a heti és évszakos változásokra is lehetett következtetni.

A vizsgálatok során a repülőterek valódi közelkörzetei helyett elméleti közelkörzetekkel számoltam. Ennek az az oka, hogy a repülőterek közelkörzeteinek mérete és alakja repülőterenként teljesen eltérő (sőt, gyakran az országhatárokon is átnyúlik) (23. ábra), és az egyes járatok is eltérő pontokon hagyják el a TMA-kat, illetve lépnek be annak területére.

Elsőként, a teljes vizsgált időszakra kiterjedően a korábban az EUROCONTROL által alkalmazott 30 mérföld sugarú körök figyelembe vételével elemeztem a járatok lerepült útvonalát, összehasonlítva a gömbi főköri távolságokkal. Az egyes járatok induló és érkező repülőtereinek távolságait (akár a repülőterek közötti gömbi főköri, akár a repülési terv szerinti, akár az aktuális /tehát valóban lerepült/ távolságokat) az elméleti közelkörzeteken belül megtett távolságok nélkül vizsgáltam. Ennek az a gyakorlati oka, hogy a közelkörzeteken belül számos repülési eljárás befolyásolhatja az egyes járatok kezdeti és végső útvonalát, a repülőtér pillanatnyi forgalmi helyzete alapján. Ezeknek az eljárásoknak a végigkövetése pontatlan képet adna az egyes járatok megtett útvonaláról, mivel ezek a kezdeti és befejező szakaszok már gyakorlatilag a repülőterek körzetében megtett távolságok (ezért nem is tartoznak az útvonali szakaszhoz), így nem mutatnának reális képet az útvonali szakaszon felhalmozódó útvonaltöbbletekről, és ezáltal az útvonalak hatékonyságáról.



23. ábra.

Egyes európai repülőterek közeli körzetének (TMA) területi kiterjedése a belső szektorhatárokkal (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A 2013-ra kiterjedő vizsgálatot követően a nyári időszakra vonatkozóan, tehát július első teljes hetére a gazdasági világválságot megelőző utolsó teljes év, 2007 vonatkozó adatait is megvizsgáltam, hogy képet alkothassunk a gazdasági válság európai légitrafordalomra gyakorolt hatásairól, ezen belül pedig nem csak a légitrafordalom nagyságáról (tehát a járatok számának alakulásáról), hanem a járatok számában bekövetkezett változásokkal párhuzamosan az egyes járatok útvonalatöbbletei értékében is. Ezzel az volt a célom, hogy megvizsgáljam, vajon a járatszámok, tehát a forgalom nagysága milyen szereppel rendelkezik a horizontális útvonalatöbblet értékeinek alakulásában.

Az EUROCONTROL az elmúlt időszakban az Európai Bizottság kezdeményezésére módosította az adatértékelés módszertanát, átállva a 40 mérföld sugarú körnek tekintett TMA-kkal történő számolásra, abból a célból, hogy a Single European Sky kezdeményezés követelményeinek megfeleljenek. Ezért a 30 mérföld sugarú közeli körzetekkel történő, a teljes 2013-as időszakot lefedő vizsgálatot követően a nyári, júliusi időszakra vonatkozóan megismétltem a vizsgálatot a 40 mérföld sugarú közeli körzetekre vonatkozó adatokkal.⁵³

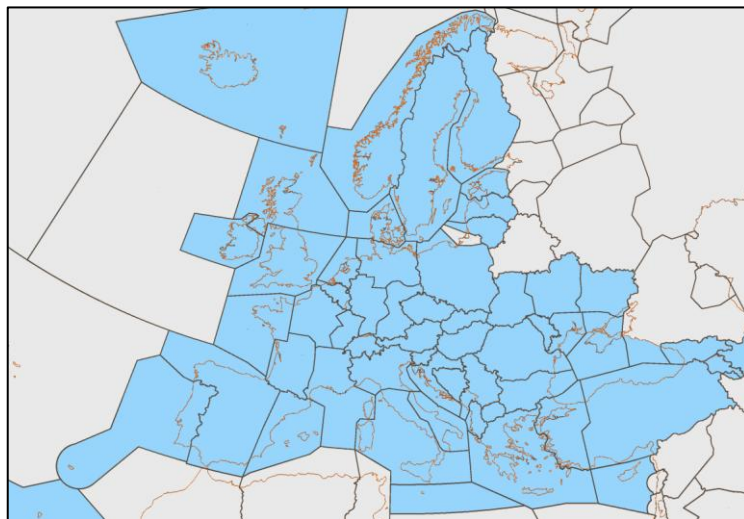
A napi járatokat tartalmazó adatbázisból kiszűrtem a nem megvalósult járatokat, valamint azokat a járatokat is, amelyek esetén az induló és az érkező repülőterek közötti távolság túl kicsi volt ahhoz, hogy a kétszer 30 (illetve 40) mérföld sugarú elméleti közeli körzetek sugarának levonását követően értékelhető valódi útvonallal lehessen számolni (22. ábra).

⁵³ Előzetesen is megállapítható volt, hogy minél nagyobb sugarú elméleti TMA-val számolunk, ami által az azok területén megtett útvonalakat figyelmen kívül hagyjuk az útvonalatöbblet-számításoknál, annál kedvezőbb eredményeket fogunk kapni az útvonalatöbbletek eredményeire, ami felveti a döntéshozók szerepét, a mesterségesen befolyásolt eredmények elérése tárgyában.

6.4.1 A forgalom nagysága

A 2013-as évre kiterjedő 28 nap vizsgálata során átlagosan napi 26 075 darab járat indult vagy érkezett az ECAC-tagországok repülőtereiről vagy repülőtereire. Mivel az egyes repülőterek környezetének légtérét valamennyi járat terheli, a teljes járatszámok alapján határoztam meg a legforgalmasabb európai repülőtereket, amelyek a vizsgálatok későbbi részében további elemzések tárgyát képezték. A horizontális útvonal-hatékonysági vizsgálatokat azonban eltorzítaná, ha az Európán kívüli járatok útvonal-adatait is figyelembe vennék, ugyanis a gömbi főköri és az aktuális útvonali távolságok közötti különbségek (tehát maga az útvonaltöbblet) felhalmozódása ezekben az esetekben bárhol megtörténhetett, nem csak Európán belül. A vizsgálat további részében ezért kiszűrtem az Európán kívüli járatokat, és az útvonaltöbbletekre vonatkozó értékelést csak az Európán belüli járatokra végeztem el. Ennek az oka, hogy az Európán kívüli járatok esetén nem tudható, hogy az útvonaltöbblet oka Európán belül, az ott kialakult korlátozó tényezők hatására alakult ki, vagy azon kívül.

Az ECAC-tagországok területének konkáv jellege miatt (24. ábra) azonban vannak olyan járatok is Európán belül, amelyek ugyan tagállami repülőtérrel indulnak, és tagállami repülőtérre is érkeznek, azonban az útvonaluk nem-tagállam területét is érintik. E járatok esetén hasonlóképpen nem tudható, hogy melyik szakaszon keletkezett az útvonaltöbblet. Tekintettel azonban arra, hogy ezeknek a járatoknak a száma igen csekély,⁵⁴ illetve az útvonalak változó vonalvezetése miatt sem értékelhető megfelelő pontossággal, hogy mekkora távolságot tettek meg tagállamon kívül, ezeket a járatokat nem zártam ki az értékelésből. Ilyen járatok elsősorban a kaukázusi és a balti vagy skandináv államok között repültek, amelyek átrepülhettek Belorusszia és Oroszország fölött.



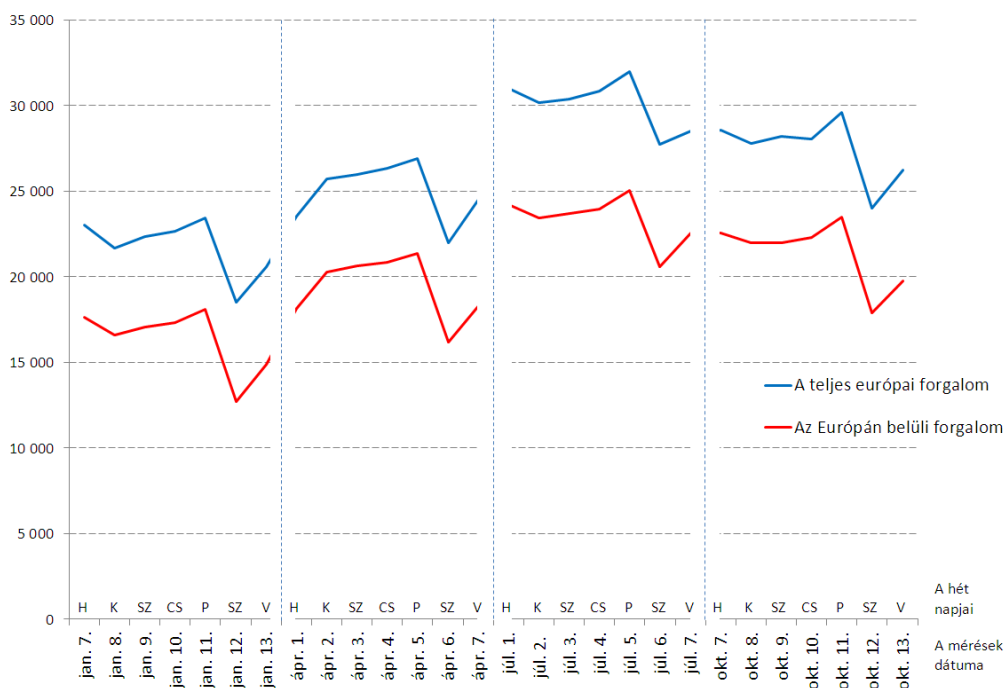
24. ábra.

Az ECAC-tagországok légtereinek területi kiterjedése
(National AIPs 2009. FIR/UIR in the Lower Airspaces 2009. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

⁵⁴ A 2013-as forgalmi értékelés során a legforgalmasabb napot, július 5-e pénteket megvizsgálva nem volt olyan járat, amely a három kaukázusi állam és a balti vagy skandináv államok között repült volna.

Különleges helyzetben van a Kalinyingrádi Terület vagy a Dnyeszter-menti Köztársaság is, amelyek ugyan a fő áramlási tengelyektől távolabb helyezkednek el, de a területek különleges státusza miatt (az előbbi nem EUROCONTROL-tagállam, de Oroszország exklávéjaként, annak kiemelt szereppel bíró katonai területeként helyezkedik el az EUROCONTROL-tagállamok által körülvéve, az utóbbi pedig egy el nem ismert, jogilag függő, de gyakorlatilag független terület) a légiforgalom szervezése akadályokba ütközik.

A fentieknek megfelelően az egyes repülőterekről induló és oda érkező járatok összesített átlagos útvonaltöbbleteit csak az Európán belüli járatokra vonatkozóan vizsgáltam meg. A vizsgált időszakban az európai légiforgalom (tehát az átlagosan napi 26 075 járat) 77,15%-a volt olyan járat, amely európai induló- és célállomással is rendelkezett egyben (20 116 járat/nap). A napi légiforgalom évszakai és napi eltéréseit mutatja be a 25. ábra. Látható, hogy a repülőterek napi forgalma mind évszakosan, mind pedig a hét egyes napjain is ingadozik. Míg a hétfőtől péntekig terjedő időszak közel kiegyenlített, a szombati forgalom minden időszakban jelentősen kisebb. Látható egyúttal, hogy míg októberben a két hétfői nap jóval kiegyenlítettebb, a többi évszakban a kiugróan alacsony szombati forgalmat a közel a hétköznapi napok szintjére visszaemelkedő forgalom követi.



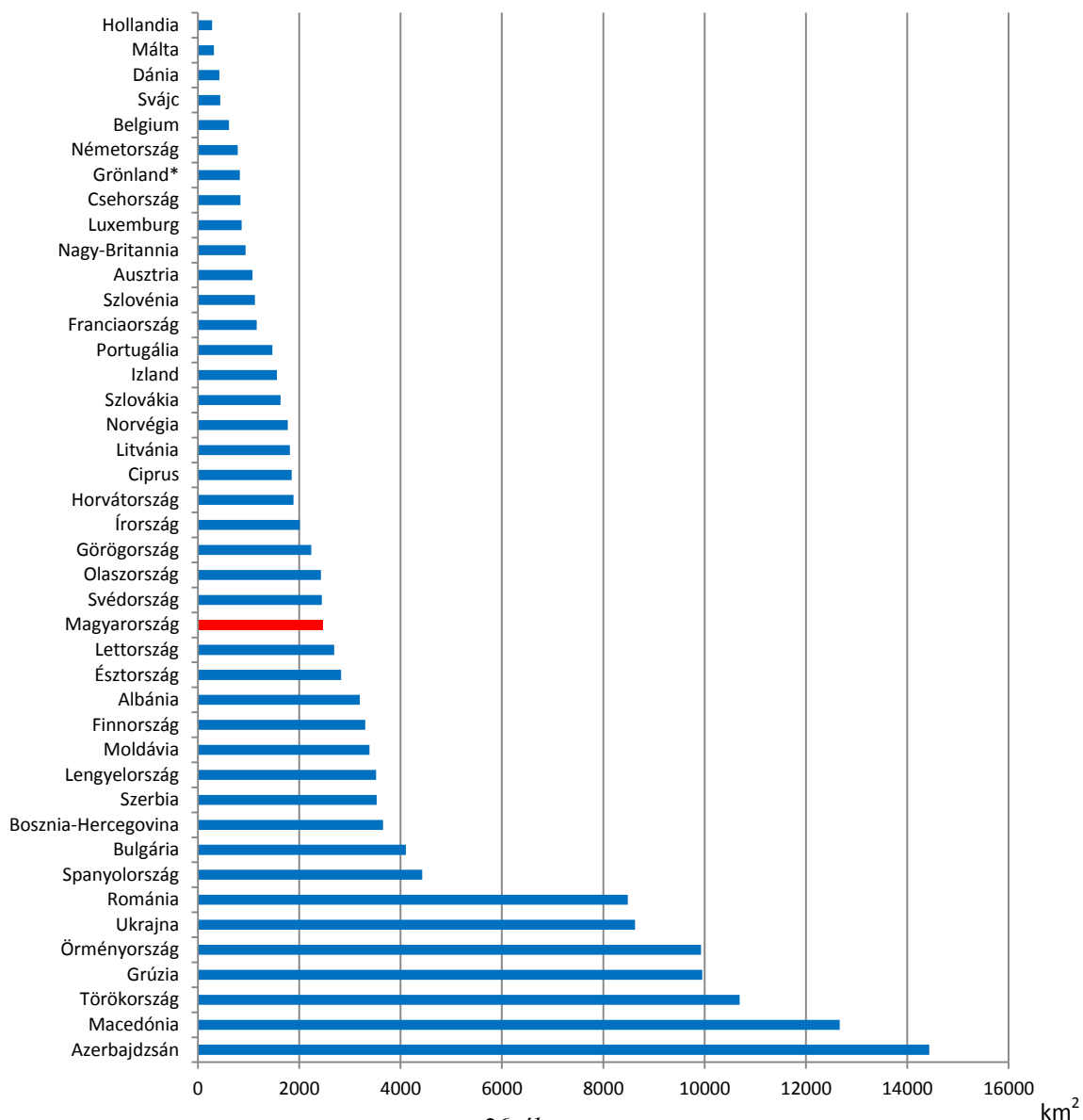
25. ábra.

A járatok száma naponta az ECAC-tagországokban 2013-ban
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Az éves forgalmi adatok alakulásából jól látszik, hogy míg a legalacsonyabb légiforgalommal rendelkező időszak a január, az elsősorban a turisztikai szezonnak köszönhetően legforgalmasabb júliusi időszakban közel 50%-kal magasabb az európai járatok száma. Az egy héten belüli

ingadozások közös jellemzője valamennyi időszakban, hogy míg a munkanapok közel kiegyenlítettek, addig a szombati napon minden esetben jelentősen csekélyebb volt a forgalom.

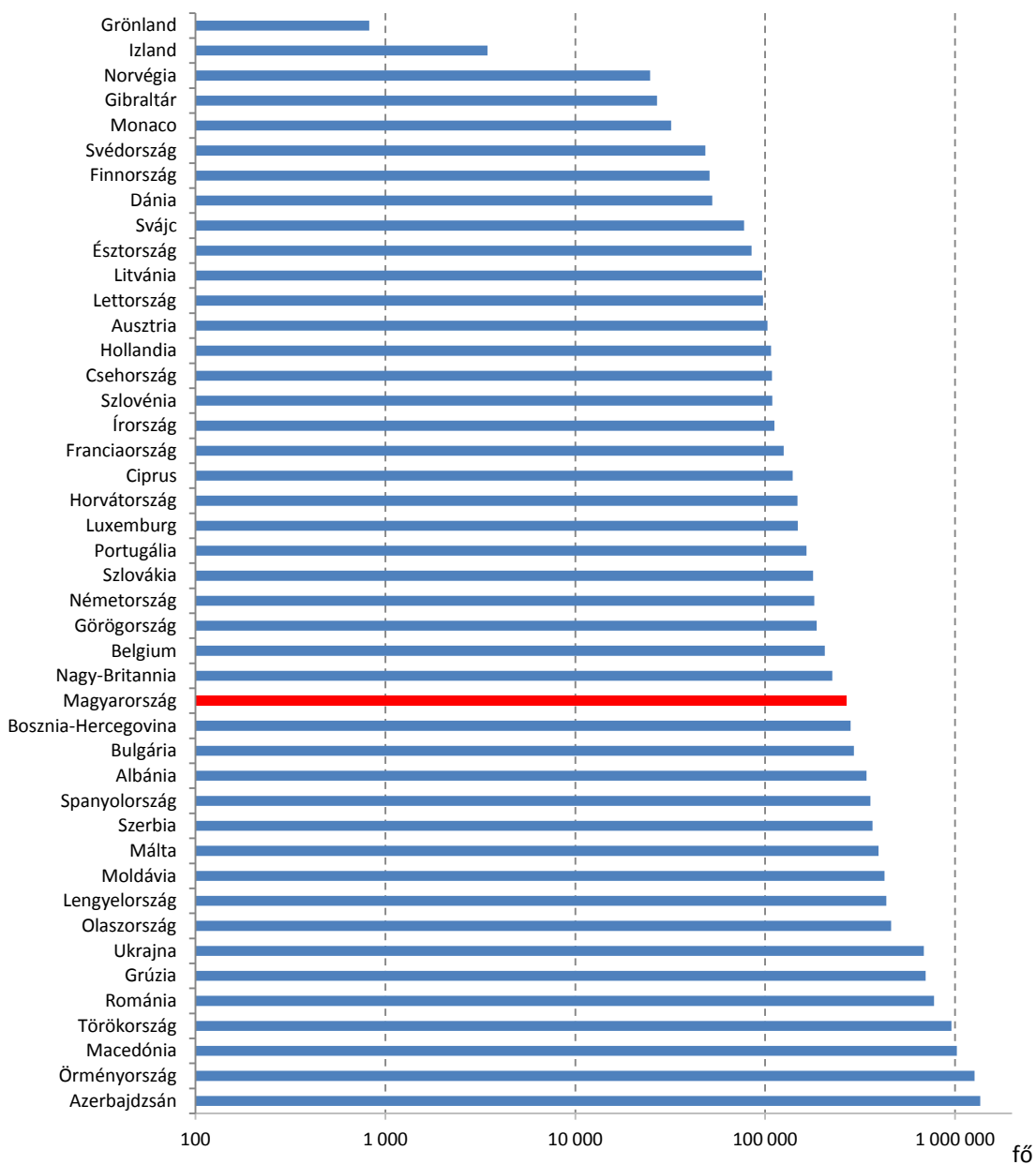
A légitforgalmi potenciál területi különbségeiről, illetve a forgalom országonkénti várható mértékéről előzetes képet kaphatunk, ha számba vesszük az egyes térségekben a repülőterek mennyiségét. Ezért megvizsgáltuk, az ECAC-tagországokban milyen a repülőterek sűrűsége, egyrészt a területi elhelyezkedést (26. ábra), másrészt a lakosság számát tekintve (27. ábra).



26. ábra.
A repülőterek sűrűsége az ECAC-tagországokban (km²/repülőtér)
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)
(Grönlandon a jégmentes területek figyelembe vételével)*

Megvizsgáltam, hogy a repülőterek sűrűsége milyen összefüggésben van az egyes országok egy főre eső GDP-értékeivel, mint a gazdasági fejlettség egyik mutatójával. Ez alapján megállapítha-

tó, hogy van ugyan összefüggés az egyes országok gazdasági fejlettségével, de ezzel együtt hasonlóan jelentős meghatározó tényezők bizonyos országok esetében a természeti adottságok (például Grönlandon és a skandináv államokban), az elsősorban kisépességi sportrepülés hagyományai (például Csehország, Szlovákia, Szlovénia) vagy a történelmi események (például Nagy-Britannia és Franciaország esetében).



27. ábra.

A repülőterek sűrűsége az ECAC-tagországokban a lakosság számához viszonyítva (fő/repülőter)
 (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázis és PAPP-VÁRY Á. et al. /szerk./ 2012. alapján
 szerk.: SZTRUNGA E.)

(Dánia, Norvégia és Hollandia esetében a repülőterek jelentős része a tengeri szénhidrogén-kitermelést közvetlenül szolgáló le- és felszállóhely /kisebb számban Nagy-Britannia és Németország is rendelkezik ilyen, repülőterek tekintett létesítményekkel./)

Az EUROCONTROL a 44 ECAC országban 3405 darab repülőteret tart nyilván. 2013-ban ezek közül átlagosan 800 repülőtéren volt napi fogalom, azaz ennyi repülőtérről indult vagy érkezett legalább egy járat naponta.

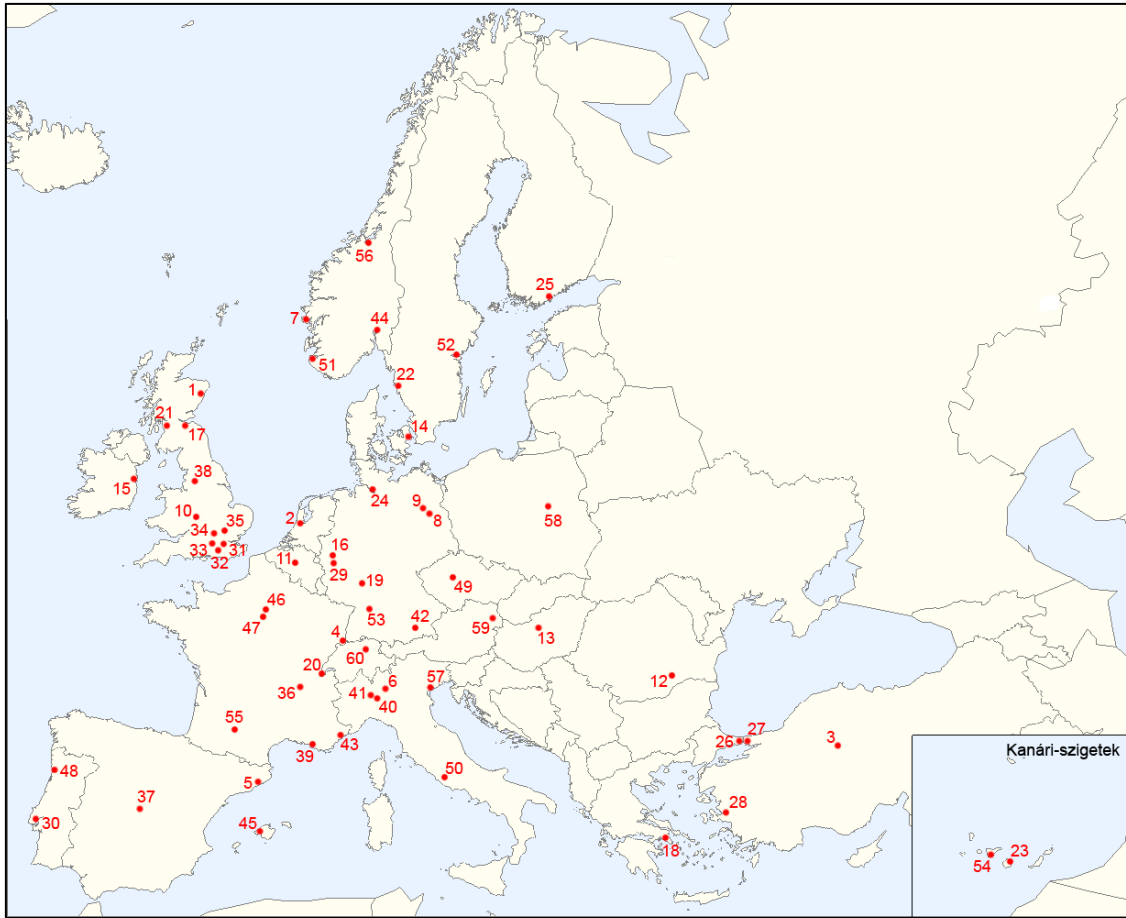
A teljes évet átfogó 28 nap európai légiforgalmának feldolgozása során megvizsgáltam valamennyi repülőtér napi járatszámát. A repülőterek forgalom alapján meghatározható sorrendje napról napra változik, azonban nagyságrendileg nincs eltérés a forgalom alapján meghatározott sorrendben.

Bár az útvonaltöbbletek elméletileg bárhol keletkezhetnek a járat megtett útvonalán, az előzetes feltételezés szerint erre a legnagyobb esély azokon a pontokon van, ahol a forgalom mérete révén a járatsűrűség magas, ami az egyes járatok célhoz érését nagyban befolyásolhatja, ezáltal útvonaltöbbletet és/vagy késéseket okozva.

Annak érdekében, hogy feltárjam az összefüggéseket a repülőterek forgalma és a hozzájuk tartozó járatok útvonaltöbbletei között, a kutatás további részében elsőként a járatpárok száma alapján sorrendbe állítottam a repülőtereket, és a teljes évre vonatkozóan a további részletes vizsgálatokat a legforgalmasabb 60 repülőtérré vonatkozóan végeztem el (28. ábra).

A legforgalmasabb repülőterek többsége Nyugat-Európa gazdaságilag fejlett régióiban található. Emellett bizonyos repülőterek

- a turisztikailag forgalmas régiókban (a Mediterrán-térségben: Nizza, Palma de Mallorca),
- periférikus helyzetű szigeteken (Kanári-szigetek: Tenerife, Gran Canaria),
- Észak-Európában (ahol a természeti adottságok az év legnagyobb részében nem teszik lehetővé a felszíni távolsági közlekedést: Oslo, Stavanger, Trondheim, Bergen),
- Kelet-Közép-Európa nagyobb fővárosaiban helyezkednek el, vagy
- más kontinensek felé elosztó (hub-)szereppel rendelkeznek (Isztambul, Koppenhága).



28. ábra.

A 60 legforgalmasabb európai repülőtér 2013-ban

(szerk.: SZTRUNGA E.)

A városok neve a magyar helyesírás szerint került feltüntetésre, abban az esetben is, ha azt a repülőtér hivatalos, ICAO által használt neve is magában foglalja:

- 1 - Aberdeen/Dyce, 2 - Amszterdam/Schiphol, 3 - Ankara/Esenboga, 4 - Basel–Mulhouse, 5 - Barcelona, 6 - Bergamo/Orio Alserio, 7 - Bergen/Flesland, 8 - Berlin/Schönefeld, 9 - Berlin/Tegel, 10 - Birmingham, 11 - Brüsszel National, 12 - Bukarest/Henri Coanda, 13 - Budapest/Ferihegy, 14 - Koppenhága Kastrup, 15 - Dublin, 16 - Düsseldorf, 17 - Edinburgh, 18 - Eleftherios Venizelos International (Athén), 19 - Frankfurt am Main, 20 - Genf Cointrin, 21 - Glasgow International, 22 - Göteborg/Landvetter, 23 - Gran Canaria, 24 - Hamburg/Fuhlsbüttel, 25 - Helsinki-Vantaa, 26 - Isztambul/Sabiha, 27 - Isztambul-Ataturk, 28 - Izmir-Adnan-Menderes, 29 - Köln–Bonn, 30 - Lisszabon, 31 - London/City, 32 - London/Gatwick, 33 - London/Heathrow, 34 - London/Luton, 35 - London/Stansted, 36 - Lyon Saint Exupery, 37 - Madrid Barajas, 38 - Manchester, 39 - Marseille Provence, 40 - Milánó/Linate, 41 - Milánó/Malpensa, 42 - München, 43 - Nizza Cote d'Azur, 44 - Oslo/Gardermoen, 45 - Palma de Mallorca, 46 - Párizs Charles De Gaulle, 47 - Párizs Orly, 48 - Porto Francisco Sa Carneiro, 49 - Prága Ruzyně, 50 - Róma/Fiumicino, 51 - Stavanger/Sola, 52 - Stockholm-Arlanda, 53 - Stuttgart, 54 - Tenerife Sur, 55 - Toulouse Blagnac, 56 - Trondheim/Vaernes, 57 - Velence/Tessera, 58 - Varsó Chopin, 59 - Bécs Schwechat, 60 - Zürich.

Érdeemes megemlíteni azokat a városokat is, amelyek ugyan nem kerültek a legforgalmasabb 60 repülőtér közé, azonban éppen kimaradtak közülük, tehát közel olyan jelentős forgalmat bonyolítanak le, mint a legforgalmasabb repülőterek. Ezek közé a városok közé tartozik Németországból

Hannover, Nürnberg és Lipcse, Olaszországból Bologna, Catania, Nápoly és Torinó, Spanyolországból Malaga, Tenerife Norte és Bilbao, Franciaországból Bordeaux és Nantes, illetve mellettük Riga, Bristol, Luxemburg, Charleroi, East Midlands és Kijev is.

Bár repülőterenként vizsgáltam a forgalmi és egyéb értékeket, az egyes városok közvetlen környezete légiforgalmának vizsgálata során nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy a nagy forgalmat lebonyolító repülőterek sok esetben igen közel helyezkednek el egymáshoz. Tehát amennyiben egy városnak több repülőtere is van, az adott város környezetének forgalma jóval nagyobb lehet. A több forgalmas repülőtérral rendelkező városok többnyire azért is rendelkeznek több repülőtérral, mert a nagy forgalom már korábban szükségessé tette új repülőterek megépítését és használatát. A legforgalmasabb 60 repülőtér között a következő városok repülőterei kaptak helyet a 2013. évi fogalom alapján: London: Heathrow, Stansted, Luton, Gatwick, City; Párizs: Charles de Gaulle, Orly; Berlin: Schönefeld, Tegel; Isztambul: Atatürk, Sabiha; Milánó: Linate, Malpensa.

Több olyan nagy forgalmú város van, amelyeknek van(nak) ugyan másik repülőtere(i) is, azonban azok alacsony (néha elenyésző) forgalommal rendelkeznek. Ilyen városok többek között (a város nevét követően elsőként a legforgalmasabb repülőtér, majd a kisebb repülőterek nevei):

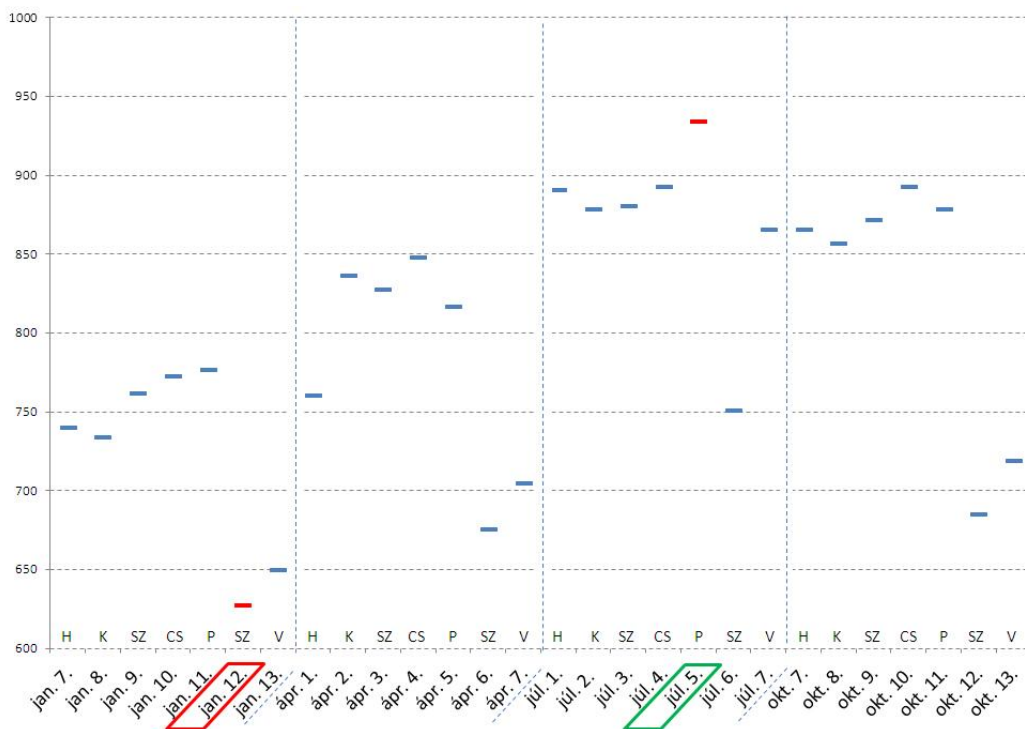
- Hamburg (Fuhlsbüttel, Finkenwerder),
- Frankfurt (Main, Egelsbach, Hahn),
- Madrid (Barajas, Getafe, Cuatro Vientos),
- Róma (Fiumicino, Urbe, Centocelle),
- Helsinki (Vantaa, Malmi),
- Prága (Ruzyně, Letňany).

Érdeemes megjegyezni azonban azt is, hogy egyes nagy népességkoncentrációk területén, ahol természetesen koncentrált a légiforgalom is, főleg a földterületek magas értéke miatt korlátozott volt a repülőterek mennyiségi fejlesztése. Így a kisebb területű, fejlett, nagy népsűrűségű országokban, ahol a nagyvárosok viszonylag közel fekszenek egymáshoz, nem lehetett valamennyi nagyvárosban magas forgalomra berendezett repülőteret kialakítani. Példaként említhető Hollandia, ahol Rotterdam bár a világ egyik legnagyobb kikötővárosa, kiemelkedő áruforgalommal, Amszterdam közelsége miatt nem alakítottak ki világméretű repülőteret. Hasonlóképpen Belgiumban sem lett nagy forgalmú nemzetközi repülőtere Antwerpennek (FEKETÉNÉ ZS. É. 2002).

A kisebb, másodlagos repülőterek az alacsony költséggel üzemelő légitársaságok térhódítása révén sok esetben jelentős forgalom-növekedésen mentek keresztül az elmúlt bő egy évtizedben (például: Brüsszel South /Charleroi/, Párizs-Beauvais, Róma-Ciampino, Milánó-Bergamo).

Elsőként megvizsgáltam, egy-egy repülőtér hány célállomással állt kapcsolatban. A vizsgálat tárgyát a vizsgált 28 nap közül a legnagyobb és legkisebb forgalmú napok, július 5. (péntek) és január 12. (szombat) képezték. Külön került áttekintésre a desztinációk teljes, illetve csak az Európán belüli célállomások száma. A járatok teljes számában igen nagy a szórás, ugyanis *míg az év legforgalmasabb időszakában a legforgalmasabb repülőtereken 1000 felett vannak, száz körüli olyan repülőtér van, amelyeken mindössze egy induló vagy érkező járat volt az adott napon, és 2-300 olyan, ahol 5*

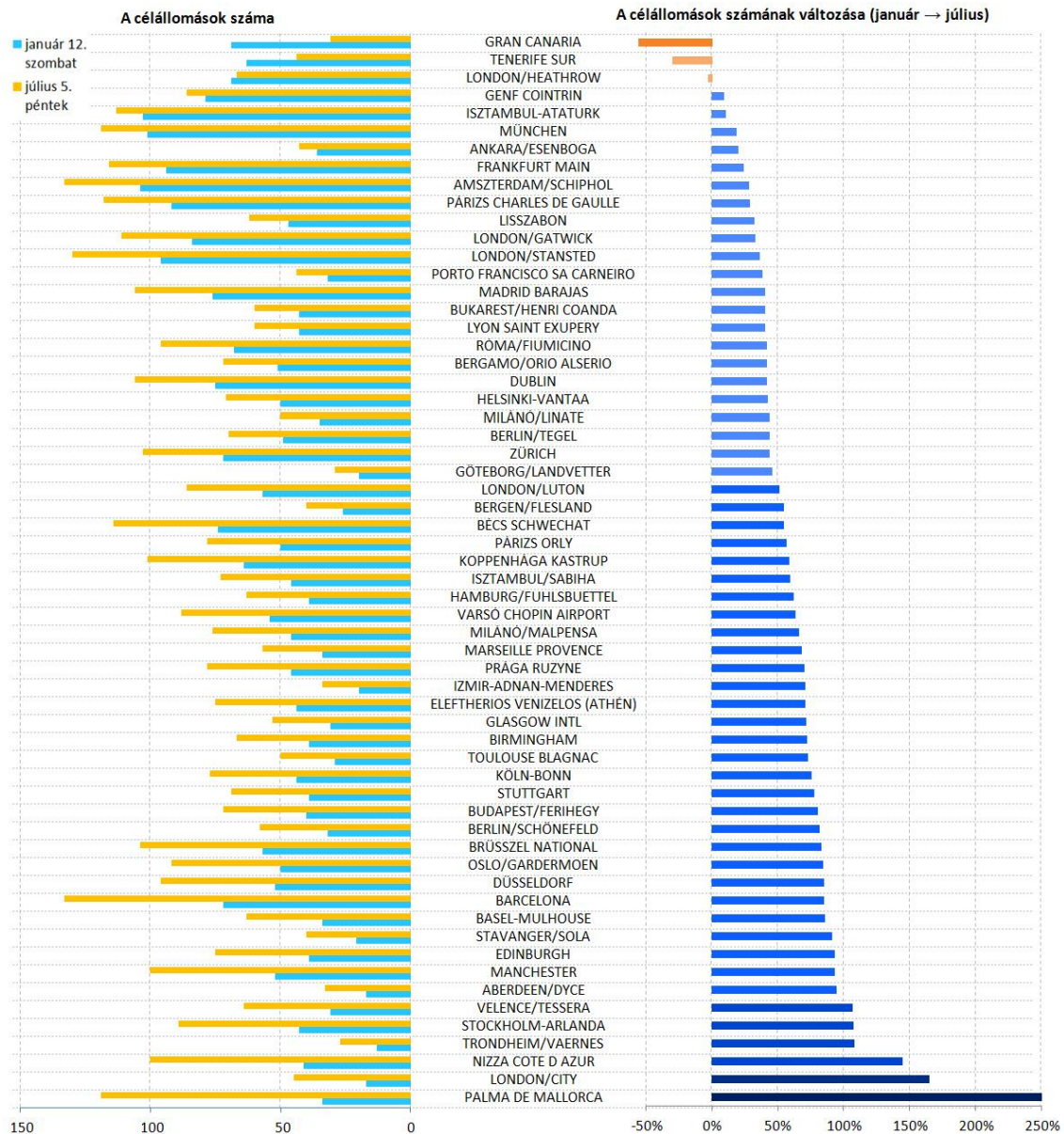
vagy annál kevesebb a járatok száma. A vizsgált 28 nap aktív repülőtereinek számát mutatja be a 29. ábra.



29. ábra.

A belső európai forgalom által érintett repülőterek száma (2013) a vizsgált napokon
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Ezt követően áttekintetem, mely repülőtereknek koncentráltak a járatai, tehát mely repülőtereken magas a járatszám/desztinációk száma arányszám, és melyek azok, ahonnan viszonylag kevés helyre repülnek a járatok (30. ábra).



30. ábra.

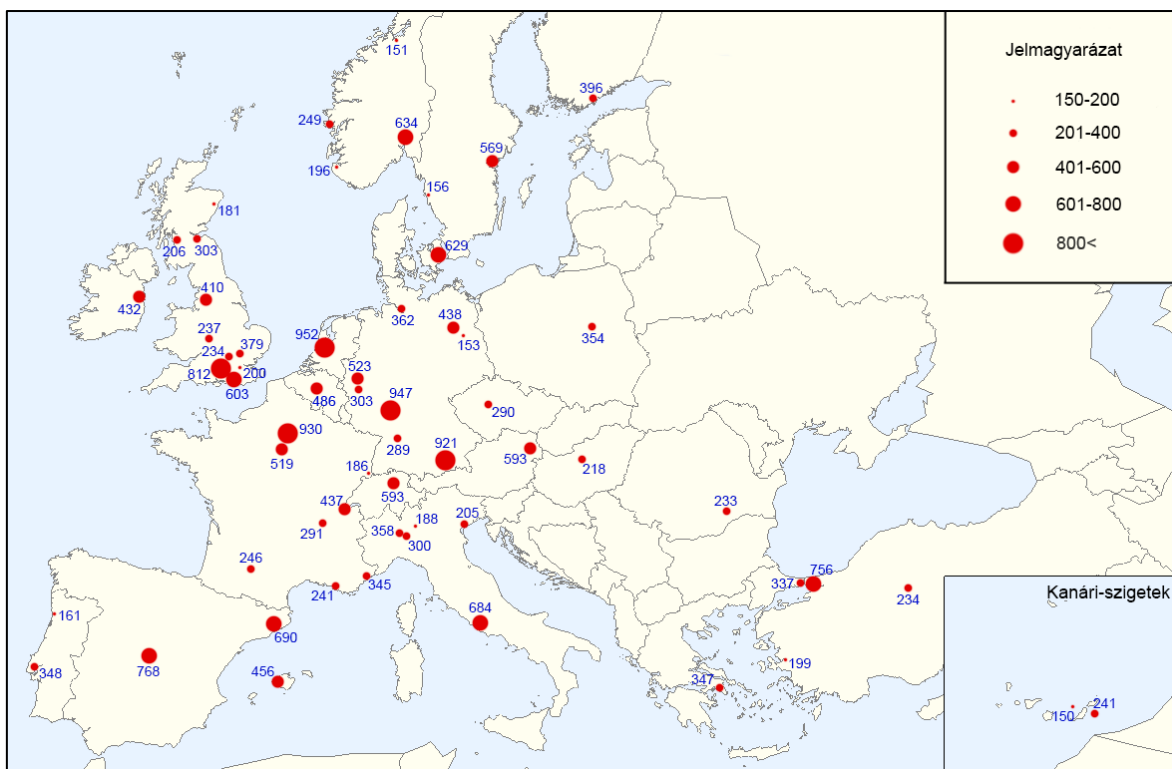
A legforgalmasabb európai repülőterek célállomásainak száma és azok szezonális különbsége a vizsgált napokon az Európán belüli légitforgalom alapján (2013)

(szerk.: SZTRUNGA E.)

Jól látható, hogy a legnagyobb szezonális forgalomnövekedés többnyire egyrészt a mediterrán turisztikai célterületek esetén következett be, másrészt a skandináv államok repülőterein. A legforgalmasabb repülőterek (így Párizs Charles de Gaulle, Amszterdam, Frankfurt, London Heathrow) közel kiegyenlített forgalmat mutattak fel. Különös eredmény, hogy a legkedvezőbb, és egyúttal leginkább kiegyenlített éghajlattal rendelkező térségek (a Kanári-szigetek) repülőtereinek forgalma a téli időszakban jelentősebb, mint nyáron. Ennek az az oka, hogy ezek a szigetek az Európa más területein hideg évszak idején is az üdülésre kedvező időjárással rendelkeznek, így itt a legjelentősebb turisztikai szezon is erre az időszakra tehető.

A célállomások száma hasonlóan jól mutatja egy-egy repülőtér szerepét a kontinens légiközlekedésében. A legkiterjedtebb desztinációkkal rendelkező városok között számos turisztikai célterület is található, bár ezek főleg a nyári időszakban mutatnak fel nagy számú kapcsolatot. Kiegészítetten sok desztinációval azok a nagyvárosok rendelkeznek, amelyek mind a turizmusban, mind pedig a gazdasági életben komoly szereppel bírnak.

A teljes 2013. évet átfogó 28 nap vizsgálata alapján meghatároztam a 60 legforgalmasabb repülőtér átlagos napi járatszámait. A 31. ábrán látható, hogy a legforgalmasabb városok Nyugat-Európa központi területén koncentrálódnak, így ebben a térségben lehet számítani a legjelentősebb forgalmi terhelésre is, ami az útvonal-többletek egyik legjelentősebb kiváltó oka.

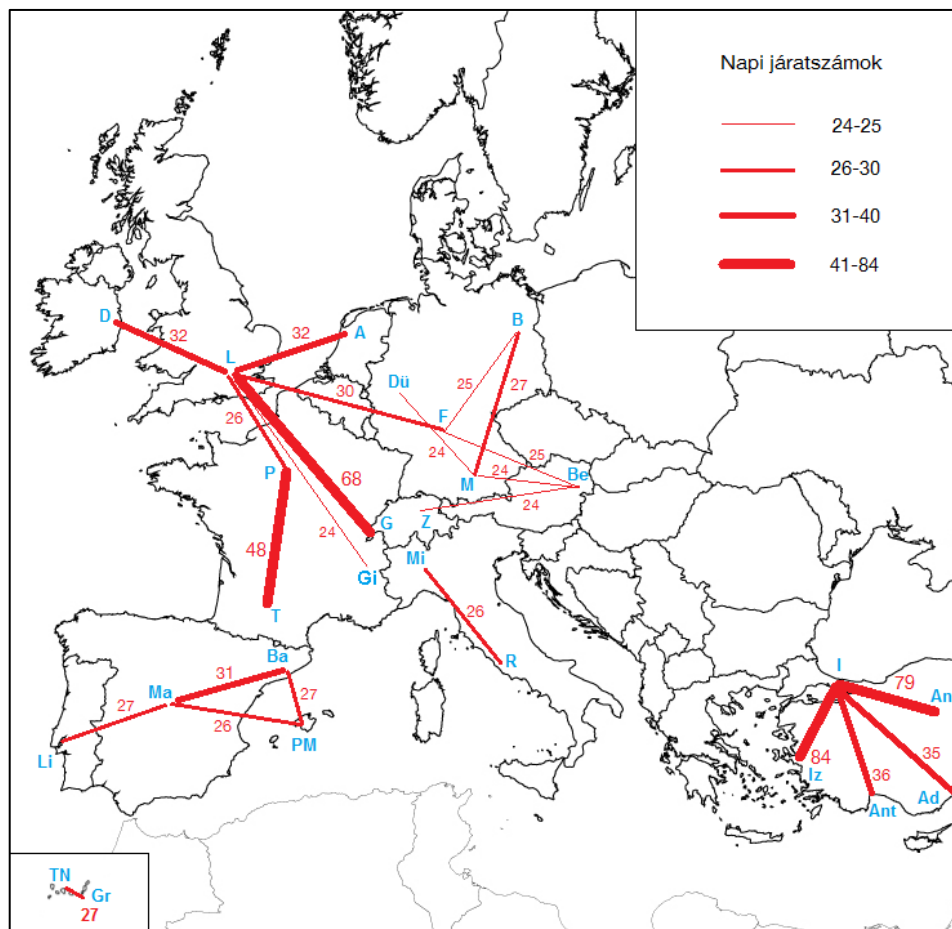


31. ábra.

A 60 legforgalmasabb európai repülőtér átlagos napi járatszáma 2013-ban, az Európán kívüli járatokkal együtt (négy évszak egy-egy heti adatai alapján) (szerk.: SZTRUNGA E.)

Megvizsgáltam, hogy van-e összefüggés a napi járatszámok (tehát tulajdonképpen egy repülőtér forgalma) és az egyes desztinációkba repülő járatok száma (tehát a járatsűrűség) között. Bár előzetesen az volt feltételezhető, hogy csekély kapcsolat lehet a két jellemző viszonyában, a vizsgálat azt az eredményt hozta, hogy minél magasabb a napi járatok száma, annál magasabb az egyes repülőtérrel összeköttetést biztosító napi járatpárok száma is (32. ábra). Tehát a legforgalmasabb repülőtérrel ugyan nagy számú más repülőtérrel vannak összeköttetésben, azonban az egyes repülőtérre igen magas a napi járatok száma is. Tehát nem csupán a desztinációk magas száma miatt kiemelkedő

Toulouse/, Törökországban /Isztambul-Izmir, Isztambul-Ankara/, Spanyolországban /Madrid-Barcelona/, Németországban /München-Berlin/ és Olaszországban /Milánó-Róma/).



33. ábra.

A legforgalmasabb napi járatpárok (2013. július 5.) (szerk.: SZTRUNGA E.)

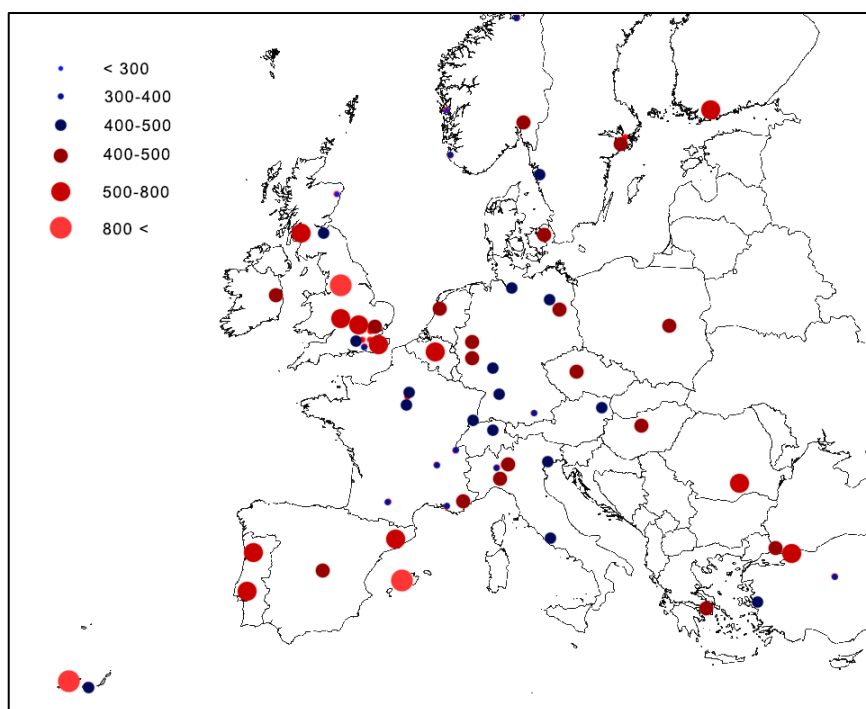
A – Amszterdam, Ad – Adana, An – Ankara, Ant – Antalya, B – Berlin, Ba – Barcelona, Be – Bécs, D – Dublin, DÜ – Düsseldorf, F – Frankfurt, G – Genf, Gi – Grenoble-Isère, Gr – Gran Canaria, I – Isztambul, Iz – Izmir, L – London, Li – Lisszabon, Mi – Milánó, M – München, Ma – Madrid, P – Párizs, PM – Palma de Mallorca, R – Róma, T – Toulouse, TN – Tenerife North, Z – Zürich.

6.4.2 Útvonal-többletek elemzése

A napi, járatonkénti adatok alapján, minden egyes repülőtérre vonatkozóan kiszámítottam az útvonal-többleteket. A számítás alapja a várospárok közötti gömbi főköri távolság és a valóban lerepült („aktuális”) útvonalak hossza közötti különbség volt. Ennek során figyelembe kellett venni, hogy egyes járatpárokon az adott napon akár több járat is közlekedik, így ezeket a járatszám alapján többszörösen kellett számolni.

Az útvonaltöbblet számítását súlyozással végeztem az egyes repülőterekre, az egyes járatok megtett útvonalának hossza alapján. Tehát nem az egyes járatok útvonaltöbbleteit átlagoltam, hanem a repülőtérrel induló és oda érkező valamennyi járatnak a gömbi főköri és aktuális útvonalának hossza közötti különbséggel számoltam. Így a hosszabb távolságú járatok többlete a valóságnak megfelelően nagyobb súllyal került az összesített értékbe.

Az útvonaltöbbletek értékelését megelőzően repülőterenként megvizsgáltam a járatok átlagos hosszát. Az értékelésre továbbra is az Európán belüli járatokra vonatkozóan került sor. A várakozásnak megfelelően *a hosszabb járatok a kontinens peremterületein elhelyezkedő városokra, míg a leg-
rövidebb járatok Európa központi területein elhelyezkedő repülőterekre jellemzőek* (34. ábra).



34. ábra.

*A 60 legforgalmasabb repülőtér járatainak átlagos távolsága (mérőföld) 2013. július 5-én
(szerk.: SZTRUNGA E.)*

Az útvonaltöbbletek térképi ábrázolása azonban ennél mélyebb összefüggésekre is rámutatott. A nagyvárosi funkciók vizsgálata (BBR European Spatial Monitoring System⁵⁵) alapján a London–Amszterdam–Brüsszel–Párizs térség a leginkább urbanizált terület Európában.⁵⁶ Mégsem ez a legfejlettebb terület, mivel míg az előbbi három város tágabb térsége ugyan a központi nagyvároshoz hasonlóan magas fejlettséggel rendelkezik (ha például az egy főre eső GDP-értékeket tekintjük), azonban Párizs csupán pontszerűen emelkedik ki az észak-franciaországi térségből, miközben a kele-

⁵⁵ http://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Anlagen/StadtUndLand/LaendlicherRaum/maps-on-european-territorial-development.pdf?__blob=publicationFile (utolsó letöltés: 2014. június 17.)

⁵⁶ A monitoring rendszer a GDP-értékek alapján a legfejlettebb térségnek már tágabb, kelet felé eltolódott területet, az ún. Európai Pentagon térségét tekinti (PROBÁLD F.–SZABÓ P. 2005). Ez a London–Hamburg–München–Milánó–Párizs ötszög által bezárt területet foglalja magában.

tebbre fekvő német területek (a holland határtól Bajorországig) szinte összefüggő magasan fejlett térséget alkotnak. A fejlett térség Észak-Olaszországban is folytatódik.

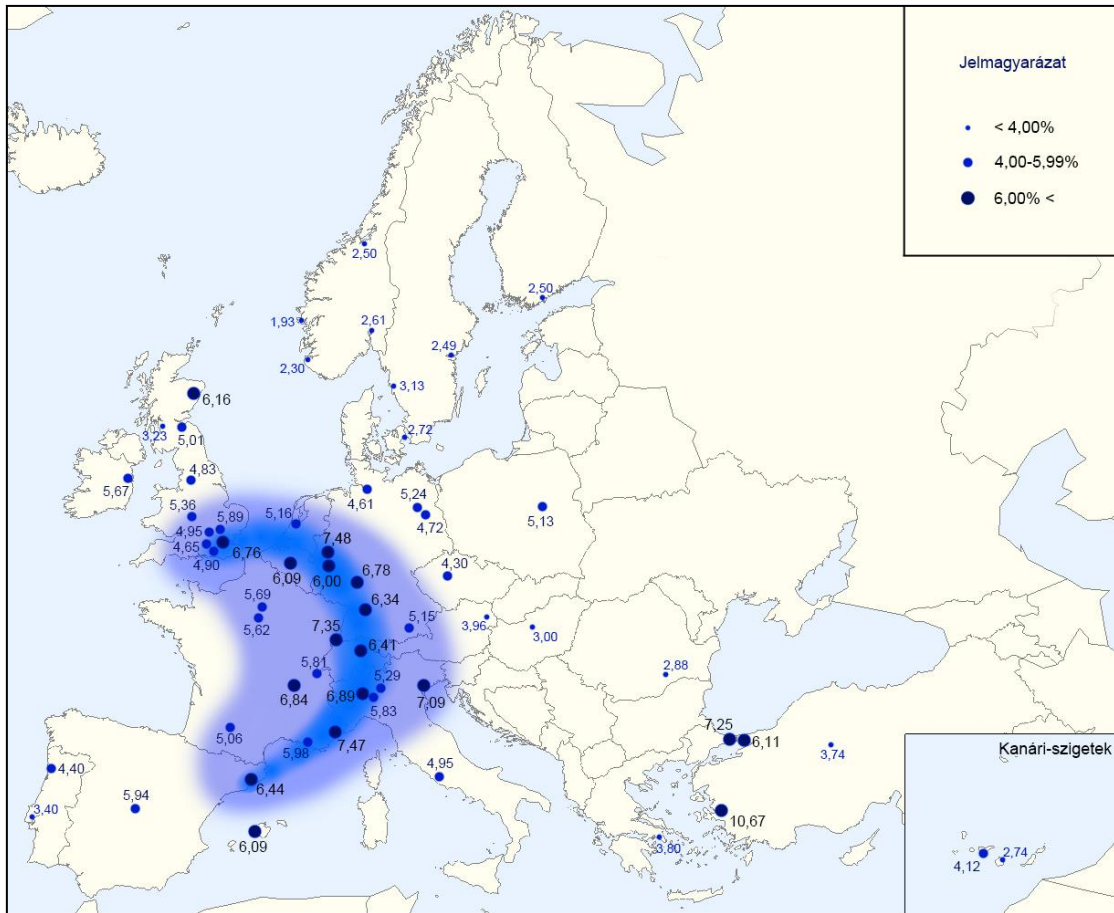
Számos más, a fejlettségre utaló mutatót lehetne vizsgálni, jelen esetben a GDP-adatok mellett csak a kutatás-fejlesztési forrásokat elemeztem.⁵⁷ A K+F kiadások tekintetében London környéke és Dél-Németország rendelkezik kimagasló értékekkel (az Európai Bizottságnak a gazdasági, társadalmi és területi kohézióról szóló 5. jelentése szerint).⁵⁸ Megállapítható tehát, hogy *a gazdaságilag legfejlettebb európai térségek egybeesnek a 35. ábrán látható, legnagyobb útvonaltöbblettel rendelkező repülőterekkel.*⁵⁹ Meg kell jegyezni, hogy az utóbbi évtizedben (részben a kutatás-fejlesztés meredek növekedése révén) a legfejlettebb térség területe keletre is kiterjedt (például az Öresund két oldalán elhelyezkedő városok vagy egyes bajor városok révén). Ennek ellenére, mivel ezekben a térségekben is – bár magas az egyes városok légitforgalma, – viszonylag alacsony a nagy forgalmú repülőterek sűrűsége, így a tágabb területeken kevésbé lépnek fel az útvonaltöbbletet okozó korlátozó tényezők.

Jól látható, hogy *a magas útvonaltöbbletek a legnagyobb sűrűségben a Milánó–Stuttgart–Brüsszel vonal mentén jelentkeznek, de az átlagosnál magasabb értékek jellemzik mind a világvárosok (London, Párizs, Amszterdam) környezetét, mind pedig a fejlett centrum-terület keleti (München, Velence) és déli részének (Nizza, Marseille, Barcelona) nagyvárosait is. A rosszabb horizontális útvonalhatékonysággal rendelkező nagyforgalmú városok így teljesen lefedik a „kék banán”-nak nevezett magterületet. Az ahhoz kelet felől csatlakozó újabb területeken várhatóan csak később fog jelentkezni a túlterhelt térségekre jellemző általánosan magasabb útvonaltöbblet. Így is megállapítható azonban a fordított korreláció, tehát a fejlettség növekedésével együtt lépnek fel kedvezőtlen jelenségek, jelen esetben a magasabb útvonaltöbbletek és az azokhoz vezető folyamatok.*

⁵⁷ Az európai magterületet BRUNET, R. (1989) 165 város különböző adatainak értékelése alapján határozta meg, melyet alakjáról „kék banán”-nak nevezett el.

⁵⁸ Az Európai Bizottság 5. jelentése a gazdasági, társadalmi és területi kohézióról (idézi: Az Európai Unió területi helyzete és kilátásai. A Területi Agenda 2020 háttérdokumentuma aktualizált változat, 2011. A területi tervezésért és területfejlesztésért felelős miniszterek informális miniszteri találkozáján elfogadott Területi Agenda 2020 háttérdokumentuma. 2011. május 19. Gödöllő, VÁTI Nonprofit Kft.).

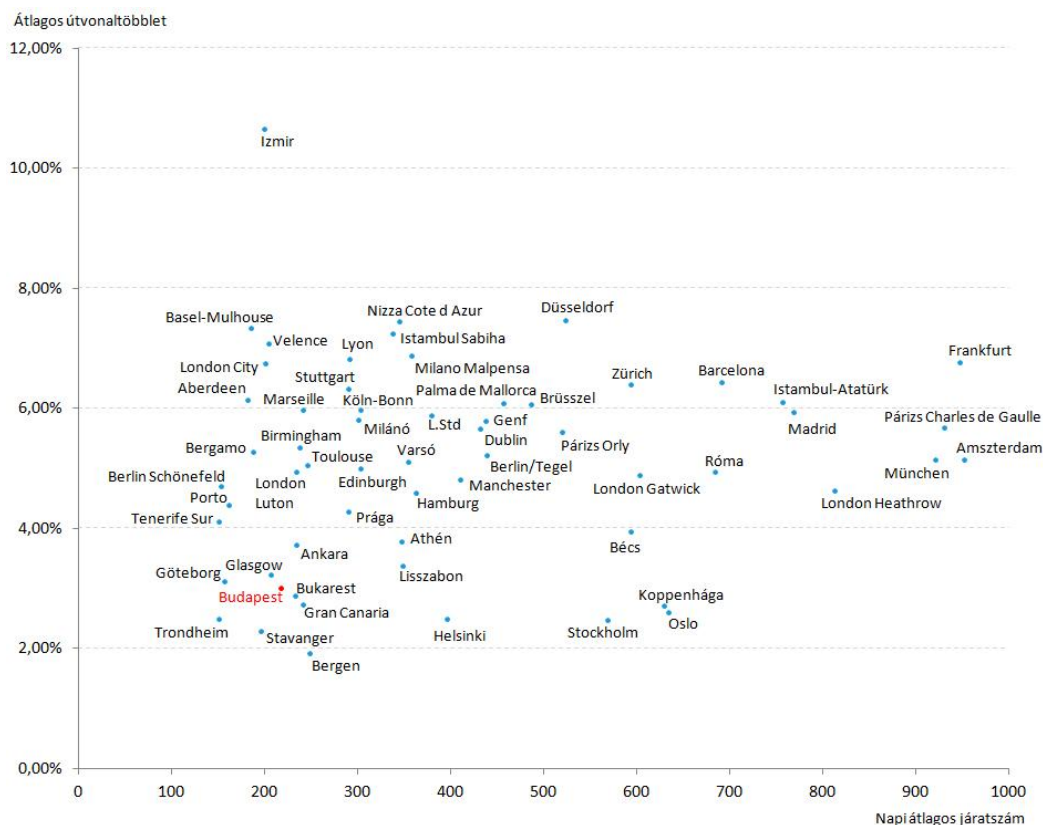
⁵⁹ Jelen kutatás tárgya, a légitforgalom vizsgálata kizárólag a légitársaságok forgalmára terjed ki. Így nem vizsgáltam az egyes városok utasforgalmát, amely szintén szoros összefüggéseket mutat az adott város és környezetének gazdasági teljesítményével (ERDŐSIF. 2004, PINTÉR Á. 2010).



35. ábra.

A 60 legforgalmasabb európai repülőtérrel induló és oda érkező járatok átlagos útvonaltöbblete 2013-ban (szerk.: SZTRUNGA E.)

Az útvonaltöbbletek számszerű értékeinek vizsgálatát követően megvizsgáltam, hogy vajon van-e kimutatható összefüggés az egyes repülőterek napi átlagos járatszáma, tehát a forgalma, és a bekövetkezett útvonaltöbbletek között (36. ábra). Az ábrán látható, hogy *szignifikáns összefüggésről nem lehet beszélni, hiszen mind az alacsonyabb, mind a közepes vagy magasabb forgalmú repülőterek esetén is több olyan város van, amelyek útvonaltöbblete magas, és olyan is, amelyeknek alacsony, bár a járatszám növekedésével az útvonaltöbblet-értékek szórása egyre kisebb. Összességében megállapítható továbbá, hogy nem csak a helyi forgalom nagyságától függ az egyes repülőterek járatainak útvonaltöbblete, hanem nagy szerepe van a tágabb környezet forgalmának is.*

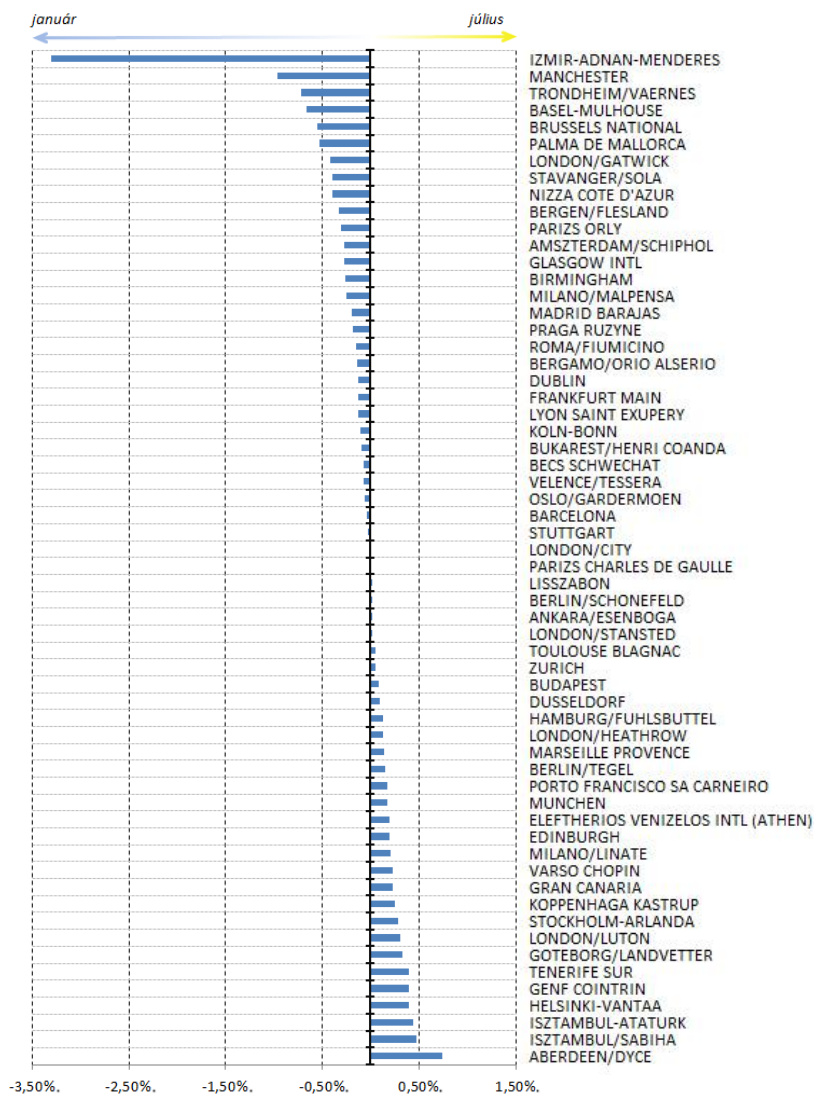


36. ábra.

A repülőterek forgalma és a járatok útvonaltöbblete közötti összefüggések a 60 legforgalmasabb európai repülőtéren (szerk.: SZTRUNGA E.)

Az egyes városok éves útvonaltöbbletét követően megvizsgáltam az útvonaltöbbletek évszakos alakulását is. Amint az várható volt, sok esetben a nyári, nagyobb forgalmú időszak hozott magasabb értékeket, de ez csak a városok felénél volt így (37. ábra). A téli időszakban nagyobb útvonaltöbblettel rendelkező városok összetétele – hasonlóan a fordított esethez – vegyes, megtalálható közöttük mediterrán turisztikai célpont (ahol a kedvező időjárás indokolná a magasabb téli forgalmat), északi fekvésű város (ahol az éghajlati adottságok okozhatnak nagyobb útvonaltöbbletet télen), és nagy forgalmú világváros is.⁶⁰ Ebből következően tehát nem állapítható meg egyértelműen – mint ahogy a forgalmi adatok esetén is látható volt, – hogy az egyes repülőterekhez tartozó járatok útvonaltöbbletei az adott repülőtér szezonális forgalmával egyenes arányúak lennének.

⁶⁰ A téli időszakban magasabb útvonaltöbblettel rendelkező városok között van egyebek mellett Frankfurt, Párizs mindkét repülőtere, Amsterdam, Bécs, Köln–Bonn és Brüsszel is.



37. ábra.

A júliusi útvonaltöbbletek változása januárhoz képest (2013) a belső európai légiforgalomban (%pont)
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Megvizsgáltam, hogy az egyes repülőterek mért útvonaltöbblet-értékeiben milyen szórások mutatkoztak. A nagyobb szórás lehet a forgalmi vagy egyéb adottságokban (például az időjárásban) bekövetkezett komolyabb változások következménye is, de – különösen az igen magas értékeket tekintve – feltételeznünk kell az adatszolgáltatás, illetve -összesítés hiányosságait is. A legnagyobb és legkisebb eltérés értékeit a téli és a nyári időszak értékei között az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat.
A legmagasabb és legalacsonyabb szezonális különbségek az útvonaltöbbletben
(bázis: január) (2013) (szerk.: SZTRUNGA E.)








Repülőtér	Eltérés a téli és a nyári útvonaltöbbletek között (%)
A legnagyobb különbségek	
Aberdeen/Dyce	+32,29
Izmir-Adnan-Menderes	-31,89
Trondheim/Vaernes	-29,68
Helsinki-Vantaa	+19,61
Manchester	-17,24
Lisszabon	+15,92
Bergen/Flesland	-14,89
Bukarest/Henri Coanda	-12,77
Koppenhága Kastrup	+12,63
Ankara/Esenboga	+12,44
Gran Canaria	+12,24
Göteborg/Landvetter	+11,86
Basel–Mulhouse	-11,61
Isztambul-Ataturk	+10,98
Stockholm-Arlanda	+10,77
Tenerife Sur	+10,49
Edinburgh	+10,32
A legkisebb különbségek	
London/City	1,95
London/Stansted	2,40
Velence/Tessera	2,45
Bécs Schwechat	2,56
Oslo/Gardermoen	2,64
Budapest	3,14
Madrid Barajas	3,16
Párizs Charles De Gaulle	3,22
Köln–Bonn	3,30
München	3,36
Marseille Provence	3,63
Düsseldorf	3,66
Zürich	3,97
Porto Francisco Sa Carneiro	3,99

Az eddigiek alapján látható, hogy egyértelmű összefüggések nem állapíthatók meg az egyes városok jellemzői és a repülőterekhez kapcsolódó járatok útvonaltöbbletei között. A továbbiakban megvizsgáltam, hogy a 60 legnagyobb forgalommal rendelkező repülőtér négy időszakban mért

útvonaltöbblet-értékei hogyan alakulnak, és ez alapján, a tendenciát tekintve milyen főbb csoportok határozhatóak meg (2. táblázat).

2. táblázat.

A legforgalmasabb európai repülőterekhez kapcsolódó járatok útvonaltöbblet-értékei évszakos változásának csoportosítása a változások jellege szerint
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Tendencia az útvonaltöbblet értékeiben (január-április-július-október)	Az értékek alakulásának grafikus vázlata	Az adott tendenciát képviselő repülőterek
Kiegyenlített		London City, Velence, Bécs
Folyamatosan növekedő		Genf, Porto, Göteborg, Koppenhága, Stockholm, Helsinki
Növekedő, majd csökkenő		Isztambul/Sabiha, Isztambul-Atatürk Amszterdam, Bécs, Lyon, München, London Luton, Athen, Tenerife Sur, Gran Canaria, Budapest
Csökkenő, majd növekedő		Nizza, Milánó Malpensa, Brüsszel, Stavanger, Glasgow, Palma de Mallorca, Madrid, Párizs Orly, Milánó Linate, Stuttgart, Párizs Charles de Gaulle, Róma, Ankara, Manchester, London Gatwick
Növekedést követően ingadozó		Barcelona, Birmingham, London Heathrow, Lisszabon
Csökkenést követően ingadozó		Basel-Mulhouse, Marseille, Frankfurt, Toulouse, Düsseldorf, Zürich, Bergamo, Köln-Bonn, Dublin, Berlin Tegel, Edinburgh, Berlin/Schönefeld, Hamburg, Varsó
Folyamatosan csökkenő		Izmir, Prága, Bukarest, Oslo

Az eddigiekben bemutattam, hogy az Európán belüli légiforgalomban hogyan alakultak az egyes repülőterekhez kapcsolódó járatok, és így az egyes repülőterekhez köthető útvonaltöbbletek. Ennek a vizsgálatnak azonban nagy hiányossága, hogy míg az egyes járatok által az út teljes hosszán felhalmozott útvonaltöbbletet vizsgáltam, az eredményként kapott értékeket az induló és az érkező repülőtérhez kapcsoltam, anélkül, hogy ismert volna, hol keletkezett az adott útvonaltöbblet. Természetesen a vizsgálatok ettől még helytállóak, ugyanis a kapott értékekből ezzel statisztikailag bizonyítható, hogy amennyiben egy repülőtér útvonaltöbblet értéke eltér más repülőterekétől, akkor nagy valószínűséggel az adott repülőtér közvetlen környezetéhez kapcsolódik a felhalmozott útvonaltöbblet (nagyobb része) is. Tekintettel arra, hogy ezekhez a vizsgálatokhoz nagy mennyiségű adat állt rendelkezésre, célszerűnek tűnt elsőként ezeket a statisztikai elemzéseket elvégezni.

Ennél azonban pontosabb eredményeket is kaphatunk, ha nem csak az egyes városok értékeit elemezzük, hanem megvizsgáljuk, hogy melyek azok a konkrét várospárok, amelyek a legmagasabb

útvonal-többleteket eredményezik az év során. A vizsgálat során figyelembe kellett venni azt is, hogy az adott városok között milyen mennyiségű forgalom bonyolódott le, hiszen kis számú járat esetén az eredmények félrevezetőek lehetnek, míg nagy számú járat esetén pontosabb eredményeket kapunk.

A vizsgált 2013-as adatok közül a 28 napból a legkevésbé forgalmas januári időszakot választottam, ahonnan az átlagos forgalomhoz legközelebb eső szerdai napot mutatom be. Elsőként ki kellett szűrni a legrövidebb távú járatokat. Tekintettel arra, hogy a közeli repülőterek esetén, levonva a repülőterek közötti távolságból az elméleti TMA-k sugarának távolságát (2×30 mérföld), igen kis távolságokat kapunk, így a járat akár egy abszolút értékben mért egészen kis kitéréssel is százalékosan látványosan nagy útvonal-többletet halmoz fel (a jelenség magyarázata a 21. ábrán látható). Azért, hogy ezeket a látványosan magas és ezért félrevezető értékeket kiküszöböljük, a számítások során csupán a 100 mérföldnél hosszabb járatokat vettem figyelembe⁶¹ (3. táblázat). Meg kell jegyezni, hogy az adatbázis külön kezeli az egyes várospárok közötti útvonalakat attól függően, hogy melyik irányba repültek a járatok. Így a táblázatban egyes várospárok kétszer is szerepelnek.

3. táblázat.

*A legnagyobb útvonal-többséggel rendelkező várospárok (irányonként külön), 2013. január 9-én
(szerk.: SZTRUNGA E.)*

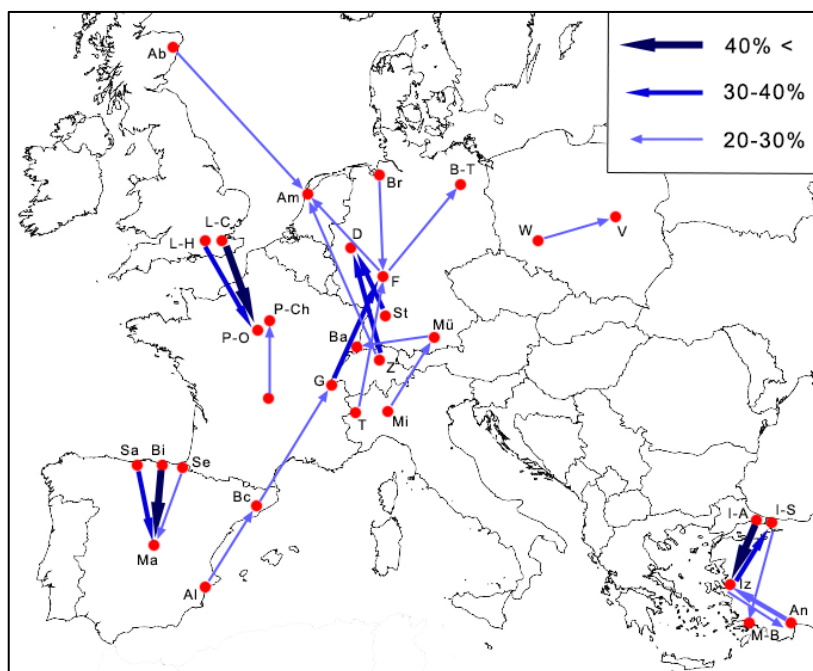
Induló repülőtér	Érkező repülőtér	Gömbi főköri távolság (NM)*	Napi járatok száma	Útvonal-többség (%)
London City	Párizs Orly	129,34	5	54,7
Bilbao	Madrid	112,20	11	42,4
Isztambul/Sabiha	Izmir	125,53	12	41,1
Zürich	Düsseldorf	179,77	10	38,9
London Heathrow	Párizs Orly	138,11	4	36,5
Stuttgart	Düsseldorf	122,20	5	35,8
Izmir	Isztambul/Sabiha	125,53	12	32,7
Santander	Madrid	117,66	8	31,6
Genf	Frankfurt	188,08	7	31,2
Antalya	Izmir	131,95	4	30,8
Zürich	Amszterdam	265,58	10	27,9
Izmir	Isztambul-Atatürk	118,51	25	27,6
Frankfurt	Amszterdam	137,77	11	25,5
Wroclaw	Varsó	104,80	8	24,8
Izmir	Antalya	131,95	5	24,7
Barcelona	Genf	284,00	5	24,3
München	Basel-Mulhouse	117,01	5	23,2
Milánó Malpensa	München	145,94	5	23,2
Clermont-Ferrand Auvergne	Párizs Charles de Gaulle	135,04	5	23,1
Isztambul-Atatürk	Milas-Bodrum	169,86	5	21,9

⁶¹ Ez azt jelenti, hogy az elméleti TMA-kat is beszámítva a két repülőtér között legalább 296 km távolság van. Valamennyi adat a gömbi főköri távolságokra vonatkozik.

Bréma	Frankfurt	121,03	5	21,8
San Sebastian	Madrid	130,23	5	21,7
Torinó	Frankfurt	232,23	4	21,3
Isztambul-Atatürk	Izmir	118,51	29	21,3
Frankfurt	Berlin-Tegel	172,94	19	20,8
Aberdeen	Amszterdam	319,55	4	20,5
Alicante	Barcelona	157,90	5	20,2

* A 30 mérföld sugarú közelkörzetek nélkül

Az adatokból látható, hogy a várospárokra vonatkozó adatok szoros párhuzamot mutatnak a repülőterenként vizsgált útvonaltöbblet-értékekkel. A legmagasabb többlettel rendelkező repülőterek közül kerültek ki azok, amelyek a várospárok vizsgálata során is kimagasló útvonaltöbblet részesei voltak. Így egyrészt Törökország nyugati részén, másrészt pedig Nyugat-Európa központi területein találhatóak a legkevésbé hatékony útvonalú járatok (38. ábra).



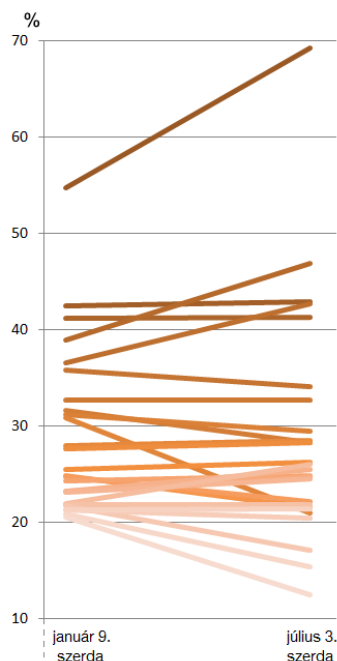
38. ábra.

A legnagyobb útvonaltöbblettel rendelkező várospárok 2013. január 9-én
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Ab – Aberdeen, Al – Alicante, Am – Amszterdam, An – Antalya, Ba – Basel–Mulhouse, Bc – Barcelona, Bi – Bilbao, Br – Bréma, B-T – Berlin-Tegel, C-F – Clermond-Ferrand, D – Düsseldorf, F – Frankfurt, G – Genf, I-A – Isztambul-Atatürk, I-S – Isztambul/Sabiha, Iz – Izmir, L-C – London City, L-H – London Heathrow, Ma – Madrid, M-B – Milas-Bodrum, Mi – Milánó, Mü – München, P-Ch – Párizs Charles de Gaulle, P-O – Párizs Orly, Sa – Santander, Se – San Sebastian, St – Stuttgart, T – Torinó, V – Varsó, W – Wroclaw, Z – Zürich.

A legnagyobb útvonaltöbblettel rendelkező várospárokat megvizsgáltam a nyári időszakban is, hasonlóan az átlagos forgalmat mutató szerdai napon. A 39. ábrán látható, hogy a januárban legnagyobb többletet felhalmozó várospárok (3. táblázat) többsége hasonlóan magas értékeket mutatott

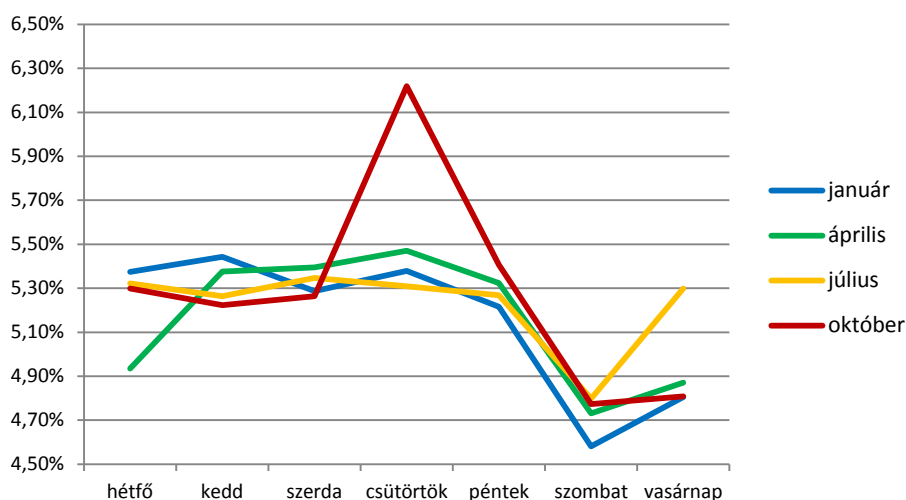
júliusban is, és csak kisebb részüknél volt komolyabb eltérés. Az eltérések között vannak emelkedő értékek (mint ahogy ez előzetesen várható volt), de csökkenő értékek is.



39. ábra.

A legnagyobb útvonaltöbblettel rendelkező várospárok (3. táblázat) útvonaltöbblet-értékeinek alakulása január és július között (2013) (szerk.: SZTRUNGA E.)

A napi ingadozásokat nem csak a járatszámokra vonatkozóan vizsgáltam meg (40. ábra), hanem az útvonaltöbbletek értékeit is kiszámítottam. Ahogy az az adatok összevetéséből látható (35. és 36. ábra), ha van is összefüggés a teljes forgalom térbeli alakulása és az útvonaltöbbletek között, az nem szignifikáns. Az időbeliséget tekintve azonban európai szinten szorosabb összefüggések is kimutathatók. Míg a hétköznapokon viszonylag kiegyenlítettek az értékek, a szombati alacsonyabb járatszámok alacsonyabb útvonaltöbbleteket is eredményeztek. Mivel az október 10-i útvonaltöbblet-adat kimagasló értéket mutatott, megvizsgáltam azokat a tényezőket, amelyek ennek az okai lehetnek. Ez alapján megállapítható, hogy bár ezen a napon az előző napokhoz hasonló volt az európai légitforgalom, az útvonaltöbbletek ideiglenes emelkedését a franciaországi légitforgalmi irányítók sztrájkja okozta. Mivel Európában gyakoriak a munkabeszüntetések (4. táblázat), azok nagyban hozzájárulnak a magas útvonaltöbblet-értékekhez.



40. ábra.
Az útvonaltöbbletek napi értékei évszakonként
(szerk.: SZTRUNGA E.)

4. táblázat.
A légiforgalmat érintő jelentősebb munkabeszünetések 2014-ben
(szerk.: SZTRUNGA E.)

A sztrájk időpontja	A sztrájk résztvevői
2014. január 29-30. (szerda-csütörtök)	12 ország légiforgalmi irányítói
2014. február 21. (péntek)	Frankfurti repülőtér biztonsági szolgálata
2014. március 18. (kedd)	Francia légiforgalmi irányítók
2014. április 2-4. (szerda-péntek)	Lufthansa repülőgép-vezetők
2014. május 30. (péntek)	Olasz légiforgalmi irányítók
2014. június 10-11. (kedd-szerda)	Francia légiforgalmi irányítók
2014. június 24-29. (kedd-vasárnap)	Francia légiforgalmi irányítók
2014. október 10. (csütörtök)	Francia légiforgalmi irányítók
2014. november 27. (csütörtök)	Görög légiforgalmi irányítók
2014. december 12. (péntek)	Olasz légiforgalmi irányítók
2014. december 15. (hétfő)	Belga közlekedési dolgozók

A kutatás megállapította, hogy a legtöbb útvonaltöbblettel rendelkező nagyforgalmú városok nagyrészt lefedik a kék banán térségét. Érdekes eredménye azonban a horizontális útvonalhatékonyságra vonatkozó részletesebb vizsgálataimnak, hogy a legforgalmasabb útvonalak, illetve a legnagyobb útvonaltöbblettel rendelkező városok és városspárok ezen belül nem az előzetesen elvárt, szűkebb értelemben vett európai gazdasági magterület (Párizs–London–Amszterdam–Brüsszel) térségét érintik (bár a legforgalmasabb repülőterek itt találhatóak /31. ábra/), hanem ettől délkeletre, a svájci–német–francia határ tágabb környezetét (35. és 38. ábra).

6.4.3 Összehasonlító vizsgálatok

A 2013. év teljes körű, négy évszakra kiterjedő, 30 mérföld sugarú elméleti repülőtéri közelkörzetekkel számolt forgalmi vizsgálatát követően megismételtem a vizsgálatot egyrészt 30 mérföld sugarú TMA-kkal a 2007-es forgalomra is, illetve 40 mérföld sugarú TMA-kkal a 2013-as forgalomra (5. táblázat). Utóbbi két vizsgálatot azonban már nem az egész évre, csupán az év legforgalmasabb időszakára, júliusra vonatkozóan végeztem el (a teljes körű 2013-as vizsgálatához hasonlóan július első teljes hétfővel kezdődő hetét vizsgálva).

5. táblázat.
Az európai légiforgalmi vizsgálatok időbeli és térbeli kiterjedése
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Év	2007		2013	
	30 NM		40 NM	
január	-	✓	-	-
április	-	✓	-	-
július	✓	✓	✓	✓
október	-	✓	-	-

A 2013. év elemzése után került sorra az utolsó, gazdasági világválságot megelőző év, 2007 adatainak vizsgálata. A vizsgálatnak ez a része már csak a legforgalmasabb, nyári időszakra terjedt ki, a korábban ismertetett módszerekkel, de a 2013-as adatok alapján meghatározott ugyanazon 60 város részletes értékelésével.

A két év összevetésével elsődlegesen azt kívántam értékelni, hogy milyen hatással volt a válság Európa légiforgalmára, ezen belül is a közzétett forgalmi adatok (Medium-Term Forecast, Flight Movements, 2011) alapján tapasztalt forgalom-csökkenés kedvező vagy kedvezőtlen hatással volt az útvonaltöbbletek alakulására. A nemzetközi szervezetek célkitűzései az útvonaltöbbletek csökkentését tűzték ki célul (Performance Review Body 2013), amelynek eléréséhez a válság, és az abból következően bekövetkezett forgalom-csökkenés nyilvánvalóan hozzájárult. A vizsgálataim során azonban igyekeztem ezt mélyebben is értékelni, ugyanis rendelkezésre állnak az adatok a járatok számára és hosszára vonatkozóan is. Így amennyiben például egy repülőtér esetében csökkent ugyan az útvonaltöbbség, azonban csak azonos vagy kisebb mértékben, mint a járatszámok és/vagy a járatok összes hossza, akkor nem tekinthető igazoltnak, hogy valódi útvonaltöbblet-csökkenés, és ezáltal (fenntartható) hatékonyság-növekedés következett volna be.

A horizontális útvonalhatékonyság vizsgálatának alapjául szolgáló elemzéseket elvégeztem 2007 júliusának első hetére is. Elsőként megállapítottam, hogy – mint ahogy az várható volt – a járatok számában 2013-ra nagy visszaesés következett be 2007-hez képest (6. táblázat). A visszaesés a

60 legforgalmasabb városra vonatkozóan átlagosan 9% volt, de ezen belül igen nagy volt a szórás, egyes repülőtereken (például Madrid, London Heathrow, Prága, Milánó) 40% körüli értékeket is elért. A globális trendek ellenére olyan városok is vannak, amelyeknek nőtt a járatszáma, bizonyos repülőterek esetén (ezek mindegyike Norvégiában található) akár komolyabb mértékben (20-30% körül) is (Stavanger, Trondheim, Bergen). A budapesti repülőtér esetén 43%-os visszaesés volt tapasztalható.

6. táblázat.

*A 60 legforgalmasabb európai repülőtér járatszámainak változása
2007 és 2013 között (mért időszak: június első hete) (szerk.: SZTRUNGA E.)*

Repülőtér	Változás a járat- számokban	Repülőtér	Változás a járat- számokban
	(2007 → 2013)		(2007 → 2013)
Milánó/Malpensa	-45,69%	Marseille	-13,20%
Budapest	-42,93%	Izmir	-11,23%
Prága	-41,91%	Barcelona	-11,20%
Madrid	-38,72%	Toulouse	-11,06%
London/Heathrow	-38,02%	Birmingham	-10,17%
Gran Canaria	-37,59%	Koppenhága	-9,80%
London/Stansted	-34,21%	Hamburg	-9,18%
Párizs Charles de Gaulle	-32,01%	Zürich	-9,08%
Frankfurt Main	-30,78%	Helsinki	-9,02%
Párizs Orly	-29,46%	Lyon	-7,51%
Athén	-28,89%	Nizza	-6,91%
Porto	-27,73%	Düsseldorf	-6,16%
Manchester	-26,25%	Milánó/Linate	-5,66%
Brüsszel	-25,56%	Lisszabon	-1,83%
Palma de Mallorca	-25,44%	Ankara	-0,74%
Dublin	-23,63%	Edinburgh	-0,20%
London/Luton	-23,35%	Genf	0,10%
Glasgow	-22,32%	Berlin/Schönefeld	1,85%
Amszterdam	-21,95%	London/City	1,90%
Velence	-21,63%	Bukarest	2,11%
Tenerife Sur	-20,95%	Aberdeen	4,28%
Göteborg	-20,84%	Oslo	6,25%
Stuttgart	-20,69%	Varsó	6,98%
Basel–Mulhouse	-19,27%	Isztambul-Atatürk	19,47%
Bergamo	-18,52%	Trondheim	20,71%
München	-17,87%	Bergen	21,28%
Bécs	-17,11%	Berlin/Tegel	21,57%
Köln–Bonn	-17,04%	Stockholm	23,59%
London/Gatwick	-15,71%	Stavanger/Sola	32,90%
Róma/Fiumicino	-14,60%	Isztambul/Sabiha	213,64%

Az összefüggéseket tekintve megvizsgáltam a visszaesések egymáshoz viszonyított arányát. Ezek alapján megállapítható, hogy a járatok által megtett távolságok értékében kisebb visszaesés volt tapasztalható, mint a járatszámokban, tehát 2013-ra főleg a rövidebb útvonalak tűntek el, és a hosszabb útvonalak maradtak meg (7. táblázat).

7. táblázat.

A 60 legforgalmasabb európai repülőtérrel induló és oda érkező járatok összes hosszának változása 2007 és 2013 között (mért időszak: június első hete) (szerk.: SZTRUNGA E.)

Repülőtér	Változás a járatok összes hosszában (2007 → 2013)	Repülőtér	Változás a járatok összes hosszában (2007 → 2013)
Milánó/Malpensa	-32,83%	London/Heathrow	0,99%
Athén	-30,43%	Palma de Mallorca	2,58%
Madrid	-27,74%	Gran Canaria	2,58%
Budapest	-25,88%	Koppenhága	3,26%
London/Stansted	-25,60%	Zürich	4,66%
Prága	-23,88%	Birmingham	5,01%
Stuttgart	-19,08%	Marseille	5,62%
Glasgow	-16,93%	Helsinki	7,70%
Dublin	-15,57%	London/Gatwick	10,52%
Párizs Charles de Gaulle	-13,56%	Tenerife Sur	10,73%
Brüsszel	-13,41%	Lisszabon	10,79%
Milánó/Linate	-11,79%	Toulouse	11,04%
Bécs	-10,69%	Genf	11,74%
London/City	-7,95%	Berlin/Schönefeld	11,96%
Aberdeen/Dyce	-7,67%	Göteborg	12,57%
München	-7,13%	Párizs Orly	13,27%
Stavanger	-7,07%	Varsó	15,16%
Manchester	-6,21%	Edinburgh	15,75%
Köln-Bonn	-6,10%	Oslo	16,21%
Lyon	-6,05%	Stockholm	16,21%
London/Luton	-5,36%	Bukarest	16,99%
Frankfurt	-3,78%	Basel-Mulhouse	27,10%
Düsseldorf	-3,22%	Izmir	32,95%
Velence	-3,15%	Bergamo	33,72%
Hamburg	-2,42%	Trondheim	34,24%
Nizza	-1,84%	Berlin/Tegel	34,94%
Róma	-1,45%	Porto	38,15%
Amszterdam	-0,88%	Isztambul-Atatürk	39,74%
Barcelona	-0,83%	Bergen	42,85%
Ankara	0,61%	Isztambul/Sabiha	247,09%

Az útvonaltöbbletek részletes elemzésének eredményeként megállapítható, hogy 2013-ban 2007 azonos időszakához képest az útvonaltöbbletek átlagosan 20%-kal estek vissza (8. táblázat). Így igazolást nyert, hogy az európai légiforgalomnak a gazdasági világválság hatására történő vissza-

esésének kedvező hatása is volt, hiszen a jelentős környezetterheléssel és többletköltségekkel járó útvonaltöbbletek nagy mértékben mérséklődtek, bár ennek más, a légterek fejlesztéséhez kapcsolódó okai is voltak.

8. táblázat.

A 60 legforgalmasabb európai repülőtér járatainak átlagos útvonaltöbblete a különböző sugári közelségi körzetekkel számolva, illetve az útvonaltöbbletek változása (mért időszak: június első hete)

(szerk.: SZTRUNGA E.)

Repülőtér	2007	2013		Változás (%)	Változás (%)
	30 NM		40 NM	(2007/2013, 30 NM)	(2013, 30/40 NM)
Stavanger	5,19%	2,71%	3,88%	-47,86	43,20
Bergen	4,92%	2,38%	3,33%	-51,63	40,13
Aberdeen	8,21%	4,85%	6,61%	-40,92	36,22
Stockholm	4,79%	2,85%	3,29%	-40,54	15,54
London/City	11,11%	7,38%	8,43%	-33,54	14,15
Toulouse	7,85%	5,84%	6,53%	-25,65	11,83
Marseille	9,32%	6,67%	7,33%	-28,47	9,98
Helsinki	4,71%	2,78%	3,06%	-40,91	9,98
Trondheim	4,71%	2,45%	2,64%	-48,12	8,03
Koppenhága	4,89%	3,19%	3,42%	-34,81	7,45
Budapest	5,94%	3,49%	3,68%	-41,26	5,30
Ankara	4,40%	3,27%	3,37%	-25,59	3,17
Glasgow	5,12%	3,52%	3,60%	-31,23	2,32
Bergamo	9,44%	5,91%	5,99%	-37,40	1,33
Porto	5,54%	4,76%	4,80%	-14,07	0,84
Milánó/Linate	8,85%	6,69%	6,75%	-24,35	0,80
Göteborg	5,93%	3,45%	3,47%	-41,72	0,56
Bukarest	5,57%	3,57%	3,58%	-35,91	0,35
Lyon	10,82%	7,51%	7,51%	-30,52	-0,01
Róma	8,38%	5,39%	5,33%	-35,72	-1,18
Gran Canaria	3,64%	3,02%	2,96%	-17,06	-1,84
Bécs	7,23%	4,56%	4,46%	-36,96	-2,24
Nizza	8,87%	7,66%	7,40%	-13,68	-3,36
Genf	8,62%	6,47%	6,23%	-24,92	-3,70
Palma de Mallorca	7,57%	6,14%	5,89%	-18,88	-4,15
Oslo	3,93%	3,07%	2,92%	-21,89	-4,91
München	7,84%	5,60%	5,31%	-28,58	-5,26
Párizs Orly	6,87%	5,96%	5,64%	-13,17	-5,37
Barcelona	7,42%	6,66%	6,21%	-10,31	-6,77
Hamburg	6,88%	4,89%	4,52%	-28,96	-7,55
Birmingham	6,63%	5,76%	5,32%	-13,11	-7,65
London/Stansted	8,51%	6,47%	5,90%	-24,01	-8,72
Velence	10,80%	7,64%	6,92%	-29,23	-9,43

Prága	6,68%	4,90%	4,42%	-26,61	-9,86
London/Heathrow	5,74%	5,01%	4,51%	-12,84	-9,96
Párizs Charles de Gaulle	7,48%	6,31%	5,68%	-15,60	-10,06
Edinburgh	8,24%	5,63%	5,06%	-31,72	-10,12
Milánó/Malpensa	9,84%	7,16%	6,42%	-27,28	-10,24
Manchester	5,89%	4,95%	4,44%	-15,95	-10,31
Athén	6,77%	4,64%	4,11%	-31,51	-11,33
Berlin/Tegel	9,48%	6,06%	5,37%	-36,04	-11,47
Lisszabon	3,92%	3,46%	3,06%	-11,74	-11,69
Köln–Bonn	8,44%	6,62%	5,76%	-21,60	-13,01
Zürich	9,17%	7,03%	6,10%	-23,36	-13,18
Tenerife Sur	4,76%	4,42%	3,83%	-7,17	-13,34
Berlin/Schönefeld	7,40%	5,50%	4,75%	-25,66	-13,64
Dublin	6,93%	6,40%	5,52%	-7,66	-13,65
London/Gatwick	5,90%	5,16%	4,37%	-12,45	-15,40
Basel–Mulhouse	9,96%	8,11%	6,84%	-18,57	-15,69
Madrid	6,69%	6,42%	5,41%	-4,12	-15,73
Stuttgart	9,17%	6,75%	5,53%	-26,44	-18,12
Frankfurt	8,19%	7,50%	6,13%	-8,42	-18,28
London/Luton	6,22%	5,28%	4,26%	-15,08	-19,43
Düsseldorf	8,58%	8,04%	6,44%	-6,27	-19,93
Amszterdam	6,47%	5,72%	4,58%	-11,70	-19,94
Varsó	5,49%	5,70%	4,50%	3,89	-21,11
Brüsszel	6,76%	6,40%	5,01%	-5,34	-21,72
Isztambul/Sabiha	6,70%	8,57%	6,19%	27,89	-27,81
Isztambul-Atatürk	6,00%	6,06%	4,28%	1,06	-29,41
Izmir	7,48%	11,06%	6,85%	47,77	-38,02

A horizontális útvonalhatékonyságra vonatkozó vizsgálatok következő lépése volt, hogy a 30 mérföld sugarú elméleti TMA-kkal történő számításokat követően 2013 júliusára, ugyanazokra a napokra vonatkozóan elvégeztem a számításokat a 40 mérföld sugarú elméleti TMA-kkal számolva is. Ennek eredményeként kiderült, hogy a legtöbb város esetén nincs lényeges különbség a két számítási mód között, tehát – a várakozásokkal ellentétben – eszerint nem a repülőterek 30 és 40 mérföldes körzetei közötti térségben keletkezik az útvonaltöbbletek jelentős része. Azon repülőterek esetén, ahol a 40 mérfölddel való számítások magasabb értéket eredményeztek, szintén igazolást nyert, hogy az útvonal más részein keletkezett a többlet (például Bergen, Stavanger, Aberdeen). Ahol azonban a 30 mérfölddel történt számítások hoztak jóval magasabb értékeket (például Izmir, Isztambul mindkét repülőtere, Brüsszel), ott – az előzetes várakozásoknak megfelelően – a repülőtér közelkörzetében következett be az útvonaltöbblet nagy részének a felhalmozódása.

6.4.4 A horizontális vizsgálatok összegzése

Az útvonaltöbbletek vizsgálata az útvonalhatékonyság egyik legjelentősebb tényezőjére, az útvonalak horizontális összetevőire terjed ki. A hatékonyság nem csak a repülési tervhez képest történő, megvalósult repülés során dől el, hanem már a tervezési fázisban. Így igen jelentős tényező, hogy a társaságok milyen tudású szoftverekkel hajtják végre a tervezést. Az európai légitforgalmi elemzések alapjául szolgáló adatbázis azonban nem csak a komoly infrastrukturális háttérrel rendelkező légitársaságok járatait foglalja magában, hanem az eseti jelleggel végrehajtott repüléseket is, legyenek azok üzleti vagy szabadidős célú kisrepülőgépekkel végrehajtott repülések. Ezek azonban nem feltétlenül rendelkeznek az útvonal hatékony megtervezéséhez szükséges háttérrel, így az útvonalak hatékonysága már a tervezés fázisában is valószínűleg jóval alacsonyabb szintű. Bár ezeknek a repüléseknek a száma (és a megtett távolság is) elhanyagolható a teljes légitforgalmon belül, így az általuk okozott útvonaltöbbletek is nehezen kimutathatóak, azonban figyelembe vételük mégis elengedhetetlen, mivel a biztonságos elkülönítésre való törekvés révén ugyanúgy terhelik a légteret, ezáltal hozzájárulnak a hatékonyság romlásához más légiközlekedésben résztvevő számára is, mint a nagyméretű, utas- vagy áruszállító repülőgépek.

A horizontális útvonalhatékonysági elemzések eredményeként látható, hogy a nagy forgalmú térségekben halmozódnak fel a legjelentősebb útvonaltöbbletek, legyenek azok az egyes repülőterek közvetlen környezetében, vagy azoktól távolabb. Ilyen nagy forgalmú helyek elsősorban Európa nagyvárosai, a társadalmi-gazdasági szempontból legfejlettebb centrumok, valamint – kicsivel kisebb mértékben – a kiemelkedő vendégforgalommal rendelkező turisztikai célterületek. Ahhoz azonban, hogy ezekben a térségekben javuljon az útvonalhatékonyság, a kontinens más, akár távolabbi, a légiközlekedés által érintett térségében is végre kell hajtani fejlesztéseket, hiszen a járatok tervezése hatással van az egyes útvonalak minden szakaszára. Így az útvonaltöbbletek csökkentésére való törekvés minden tagállam feladata és érdeke.

Annak érdekében, hogy az Egységes Európai Égbolt kezdeményezés második referenciaidőszaka során pontosabb képet kapjunk az útvonaltöbbletek keletkezésének térbeli helyéről, nem elegendő az útvonalhatékonyságot csak várospárok között mérni, hiszen egy járat a megtett távolság alatt számos országon halad át, és nem lehet pontosan megállapítani, hogy milyen az adott területre vonatkozó hatékonyság. Ezért fontosnak tartom annak vizsgálatát, hogy egy adott területi egységnek milyen az útvonalhatékonysága – a várospáronkénti elemzés mellett. Ennek mérésére ez ideig azonban nem volt lehetőség, részben a megfelelő módszertan és szoftver hiányában (az általam használt szoftver csak várospárok közötti mérésre alkalmas, területi elemzésre nem), részben pedig a szakmai szervezetek is tartottak attól, hogy ha közzéteszik az államokra vonatkozó pontos hatékonysági adatokat, akkor esetlegesen egyes országok a teljesítmény fokozása érdekében a közvetlen útvonalak számának növelésével más területek forgalmát negatívan befolyásolhatják. A második referenciaidőszakra tervezett mutatók vizsgálata azonban mindenképpen igényli a területi elemzéseket. Így szükségessé vált a módszertan megváltoztatása.

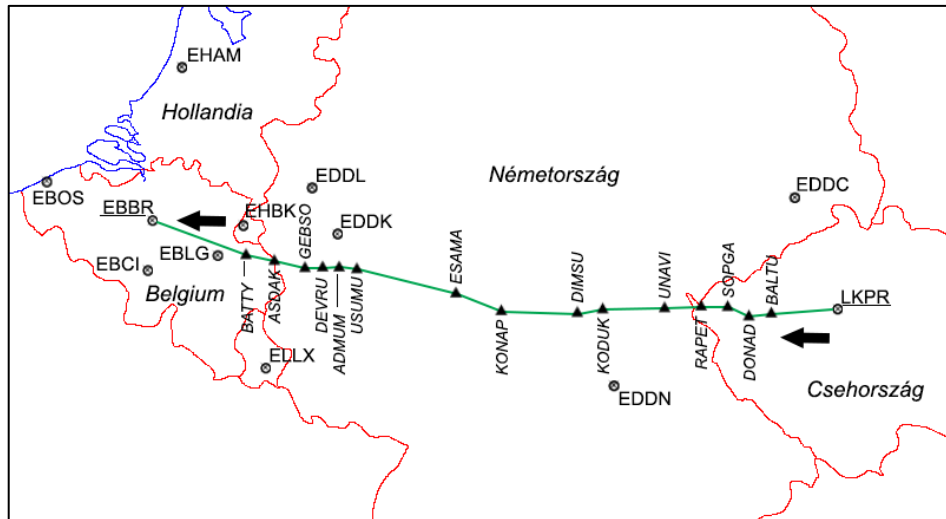
A területi elemzés annyiban pontosabb a várospárok között mért, összesített útvonal-többletnél, hogy a járat megtett útvonalát szakaszokra bontva, az egyes érintett országok területe felett megtett szakaszokra is megállapítja az ott felhalmozott útvonal-többleteket. Így sokkal pontosabban meghatározható az útvonal-többletek keletkezési helye, ezáltal hatékonyabban lehet megelőző intézkedéseket tenni.

A második referencia periódusban mérni fogják mind az aktuális útvonalhoz, mind a repülési tervhez viszonyított hatékonyságot, és a két mutatót egymáshoz viszonyítva is össze fogják hasonlítani. A mutatók közötti eltérések elsődlegesen az útvonalak rendelkezésre állásából valamint a rugalmas légtérfelhasználásból származnak. A cél természetesen az lenne, hogy a mutatók között ne legyenek nagy eltérések.

6.5 Vertikális útvonalhatékonysági elemzés

Annak érdekében, hogy világos képet kapjunk arról, hogy a teljes útvonalhatékonyságon belül mekkora szerepe van egy-egy járat vertikális útvonalhatékonyságának, illetve a többi befolyásoló tényezőhöz képest milyen jelentősége van ennek a tényezőnek, megvizsgáltam a járatok vertikális repülési profilját. A vizsgálat kiterjedt egyrészt a tervezett és a valóban lerepült útvonalra, másrészt pedig szimulációval az egyes korlátozó tényezőket különböző kombinációkban figyelmen kívül hagytam, hogy a vertikális útvonalhatékonyság egyes elemeinek szerepét részletesen is meg tudjam vizsgálni. A szimulációkat a Brussels Airlines útvonaltervező rendszere, a SkyTrack Operational Flight Planning System segítségével készítettem el.

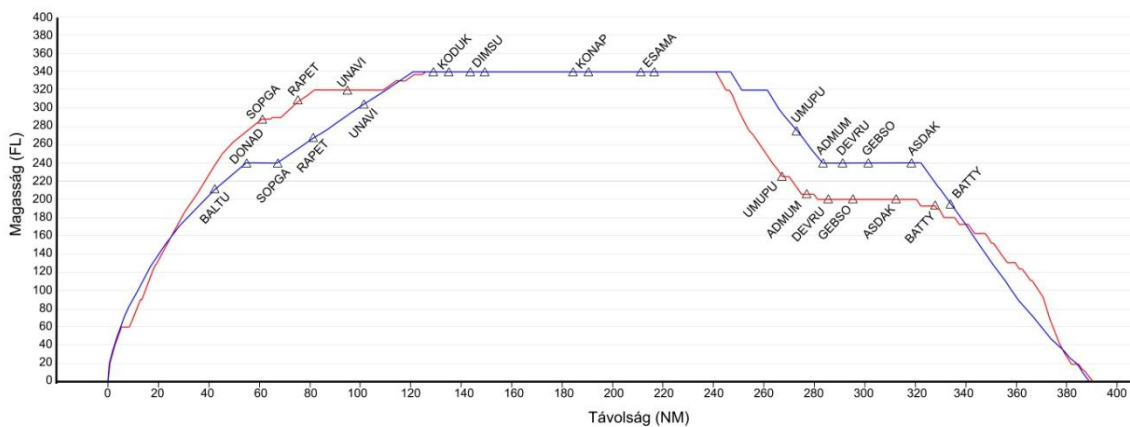
Első lépésként az EUROCONTROL DDR2 adatbázisa alapján elkészítettem a Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel (LKPR-EBBR) közötti járatának repülési terv szerinti és aktuális vertikális útvonali profilját (41. és 42. ábra). A vizsgálatra a járat megvalósulását követően került sor (post-operational szimuláció).



41. ábra.

A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járatának útvonala az útvonali pontokkal (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A 43. ábrán jól látszik, hogy a tervezett és a megvalósult repülési útvonal több helyen jelentős mértékben eltér egymástól. Ezek az eltérések a felszálló, az útvonali és a leszálló szakaszokat egyaránt érintik.



42. ábra.

A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járatának vertikális profilja (kék szín: repülési terv szerinti útvonal, piros szín: aktuális útvonal) (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Ezt követően a Brussels Airlines útvonaltervező rendszerével szimuláltam az útvonalat. A SkyTrack Operational Flight Planning System különböző géptípusokra, az aktuális időjárási körülményekkel, valamint a járat aktuális felszálló tömegével és sebességével tervezi meg a járat üzemanyag-fogyasztását és repülési idejét. Jelen szimulációkban az aktuális felszálló tömegtől és időjárási körülményektől eltekintettem és átlagos értékekkel számoltam. Ezen tényezők figyelembevételével

számoltam ki a repülési időt és az üzemanyag-fogyasztást az útvonal különböző fázisaira (felszállás, útvonali szakasz, leszállás, várakozási eljárás⁶²) vonatkozóan (9. táblázat).

9. táblázat.
A vertikális útvonalhatékonyság vizsgálatának módszertana és a vizsgálatok eredménye
(szerk.: SZTRUNGA E.)

Szimulált repülési profilok	Felszállási magassági korlátozó tényezők figyelembe vétele	Útvonali	Leszállási	Üzemanyag-fogyasztás (kg)	Repülési idő
Repülési terv szerinti útvonal	✓	✓	✓	3070	1 óra 9 perc
Felszállási korlátozó tényező nélküli útvonal	×	✓	✓	3052	1 óra 8 perc
Magassági korlátozó tényező nélküli útvonal	✓	×	✓	nem szimulálható	
Leszállási korlátozó tényező nélküli útvonal	✓	✓	×	2946	1 óra 8 perc
Felszállási- és magassági korlátozó tényező nélküli útvonal	×	×	✓	3050	1 óra 8 perc
Magassági- és leszállási korlátozó tényező nélküli útvonal	✓	×	×	2939	1 óra 8 perc
Felszállási- és leszállási korlátozó tényező nélküli útvonal	×	✓	×	2928	1 óra 8 perc
Korlátozó tényezők nélküli útvonal	×	×	×	2886	1 óra 8 perc
Aktuálisan lerepült útvonal	✓	✓	✓	3153	1 óra 9 perc

✓ – figyelembe vett tényező, × – figyelmen kívül hagyott tényező

A jelenleg rendelkezésre álló rendszer a folyamatos emelkedési és süllyedési szakasz üzemanyag-szükségletének számítását megfelelő pontossággal elvégzi ugyan, azonban nem képes a számítások alapján történő részletes ábrázolásra, csak két útvonali pont közötti szakaszokra bontva (közelítő jelleggel) tudja megjeleníteni az üzemanyag-fogyasztást. Ez a hiányosság azonban nem befolyásolja a tervezés eredményének felhasználását, mivel a repülőszemélyzet csupán a számítások számszerű eredményeit használja, az ábrázolás eredményei gyakorlatilag nem kerülnek felhasználásra.

Az útvonalon 2014. február 5-én egy Airbus A319-es típusú repülőgép repült, így a szimuláció paramétereit is erre a géptípusra vonatkozóan állítottam be. Elsőként a repülési terv szerinti útvonalra készítettem el a szimulációt, majd tovább folytattam a korlátozó pontok lépésről-lépésre történő kiiktatásával és valamennyi kombinációra újból megvizsgáltam a vertikális profil hatékonyságát, beleértve azt az ideális állapotot is, hogy egyáltalán nincs korlátozó tényező. Utolsó lépésként szimuláltam az adott járat aktuális vertikális profilját is (tehát a járat által valóban lerepült útvonal adataival számoltam), és így is megvizsgáltam, hogy a járat megtétele milyen idő és üzemanyag-szükséglettel járt.

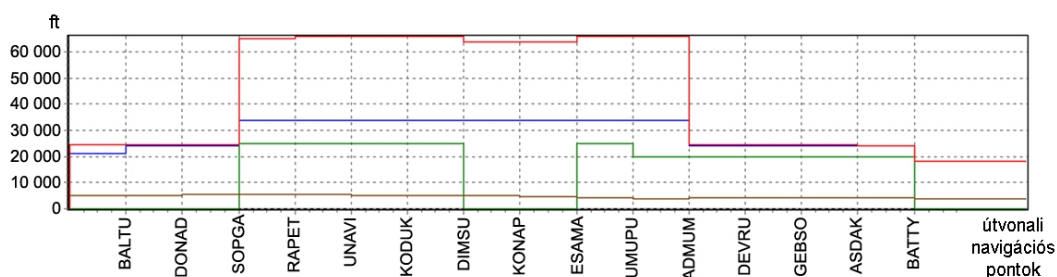
⁶² Előre meghatározott eljárás, amely a légi járművet előírt légtéren belül tartja, míg további engedélyre vár (16/2000. (XI. 22.) KöViM Rendelet).

6.5.1 A szimulációk eredménye

A következőkben a 9. táblázatban található szimulált repülési profilok kerülnek bemutatásra.

1. Repülési terv szerinti útvonal

A járat útvonalát a szomszédos ATC-k közötti megállapodások figyelembe vételével tervezték, így az útvonal magassági korlátozásokat tartalmaz, mind a felszállási, mind az útvonali, mind pedig a leszállási szakaszokon. A 43. ábrán jól látható, hogy BALTU és SOPGA pontok között nem lehetett FL240⁶³ magasság fölé tervezni, így a repülési terv ezt az engedélyezett legnagyobb magasságot követte. A leszállási szakaszon pedig ADMUM pont eléréséig le kell süllyedni FL250-re, vagyis a repülőgépnek a gazdaságos leszállási profilhoz képest már az érkező repülőtértől távolabb meg kell kezdenie a süllyedését, hogy elérje a kívánt magasságot, ezáltal nem tudott ideális, költséghatékony süllyedési profilt kialakítani, azaz nem haladhatott az ideális sikló pályán, ami többlet-üzemanyag-fogyasztást eredményezett. Az útvonaltervező rendszer számítása szerint a járat repülési terv szerinti üzemanyag-igénye 3070 kg.



43. ábra.

A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata repülési terv szerinti útvonalának vertikális profilja

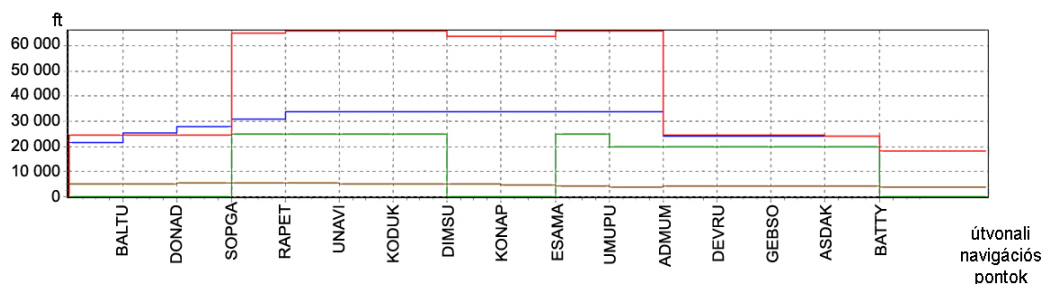
(barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett útvonal, piros szín: magassági korlátozás)

(forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)

2. Felszállási korlátozó tényező nélküli útvonal (magassági- és leszállási korlátozó tényezőkkel)

A repülési terv szerinti útvonal után értékeltem, hogyan változna a járat üzemanyag-fogyasztása abban az esetben, ha felszálláskor nem lennének magassági korlátozó tényezők. Az eredményként kirajzolódó profilon (44. ábra) jól látszik, hogy az így kapott útvonal egy szakaszon a piros színel jelölt magassági korlátozás fölé került. Tehát amíg ez a korlátozás bármilyen okból is fennáll, a szimulált útvonal nem repülhető le a valóságban. Ha a járat folyamatosan, korlátozás nélkül emelkedhetne a tervezett optimális utazómagasságra (FL340-es szintre), majd az útvonali és a leszállási szakaszokon a valódi korlátozó tényezőkkel terhelt útvonalát repülné, az üzemanyag-fogyasztása 3052 kg lenne, ami azt jelenti, hogy a folyamatos, megszakítás nélküli emelkedéssel a repülési tervhez viszonyítva 18 kg üzemanyagot takaríthatna meg.

⁶³ FL – Flightlevel (repülési szint): a légitömegközlekedésben használt távolságmérték a magassági szintek mérésére, a 1013,2 hPa (ún. standard) légnyomáshoz viszonyított állandó légnyomású felület (FL240 közelítő értéke 24 000 ft.).



44. ábra.

A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata

felszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja

(barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett útvonal, piros szín: magassági korlátozás)

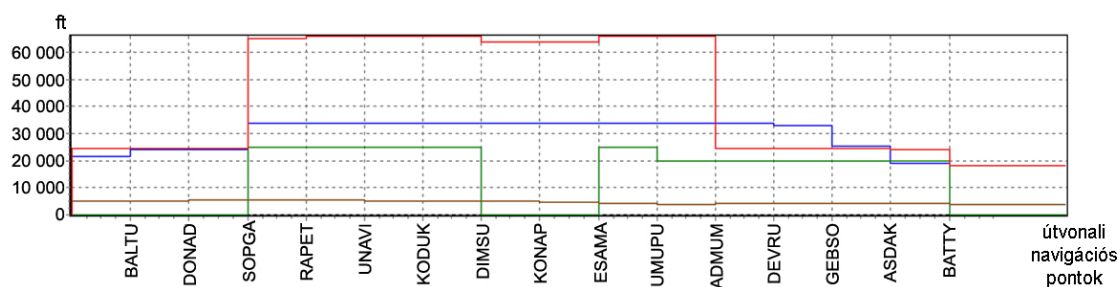
(forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)

3. Magassági korlátozó tényező nélküli útvonal

Irracionális útvonal – nem szimulálható a szoftver technikai korláta miatt.

4. Leszállási korlátozó tényező nélküli útvonal (felszállási- és magassági korlátozó tényezőkkel)

A következő szimulációban meghagytam a felszállási és az útvonali korlátozó tényezőket, ugyanakkor eltekintettem valamennyi leszálló korlátozó tényezőtől. Ebben az esetben a járat nem kezdte meg a süllyedését ADMUM pont előtt, hanem megtartotta utazó magasságát egészen DEVRU pontig, és itt megkezdte a folyamatosan süllyedő megközelítést, vagyis az ideális sikló pályán közelítette meg a repülőteret. Ez esetben azonban, az előírt magassági korlátozás fölött maradt ADMUM és GEBSO pontok között (45. ábra). Üzemanyag-fogyasztása ugyanakkor csak 2946 kg lett volna, vagyis összehasonlítva a repülési terv szerinti útvonallal, 124 kg az üzemanyag-megtakarítás lett volna elérhető. Az is látható, hogy a korlátozó tényezők közül ennek a tényezőnek a kiiktatása eredményezi önmagában a legnagyobb megtakarítást (8. táblázat).



45. ábra.

A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata

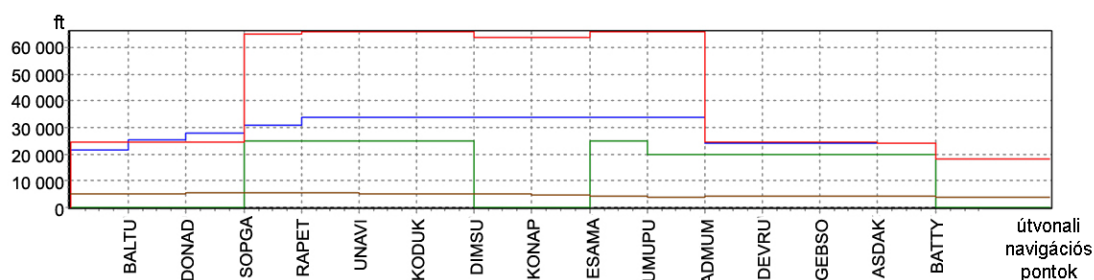
leszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja

(barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett útvonal, piros szín: magassági korlátozás)

(forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)

5. Felszállási- és magassági korlátozó tényező nélküli útvonal (leszállási korlátozó tényezőkkel)

A következő lépésekben a tényezők összeadódásának eredményeként kialakított útvonalat szimuláltam (46. ábra). Elsőként nem csak a magassági korlátozó tényezőktől tekintettem el, hanem az útvonali szakaszon, a vélhetően a forgalmi okok miatt meghatározott eredeti magassági szintet is figyelmen kívül hagytam és az ideálishoz közelebb levő, nagyobb magassági szintet határoztam meg. A sugárhajtású repülőgépek ugyanis a magasság növekedésével járó kisebb légellenállásból előnyt nagyon jól tudják hasznosítani, a ritkább levegőben a járat kevesebb energiafelhasználással, gazdaságosabban tud közlekedni (ERDŐSI F. 1997), így nagyobb magasságban történő repüléssel további üzemanyag-megtakarítást érhetne el, jelen szimulációban a repülési tervhez viszonyítva 20 kg-ot.

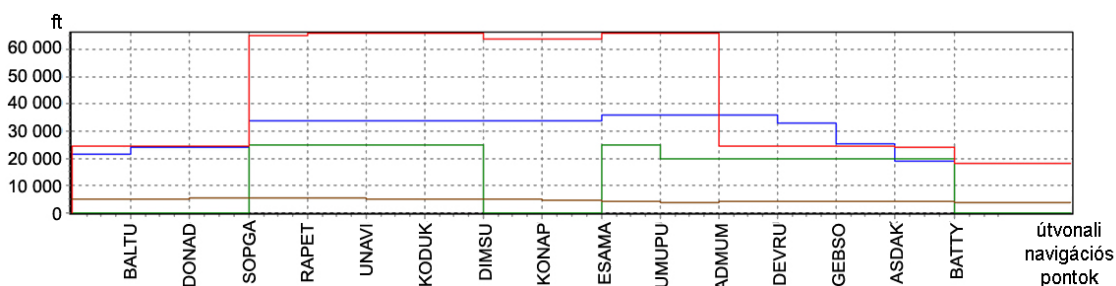


46. ábra.

*A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata
felszállási és magassági korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja
(barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett útvonal, piros szín: magassági korlátozás)
(forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)*

6. Magassági- és leszállási korlátozó tényező nélküli útvonal (felszállási korlátozó tényezőkkel)

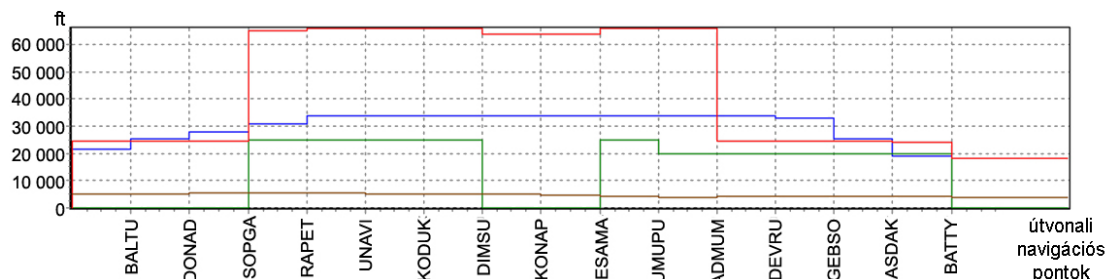
A magassági- és leszállási korlátozó tényezők nélküli útvonalon, a felszállási korlátozó tényezőket megtartva (47. ábra), 131 kg-os üzemanyag-megtakarítás lett volna elérhető.



47. ábra.

*A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata
magassági- és leszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja
(barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett útvonal, piros szín: magassági korlátozás)
(forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)*

7. Felszállási- és leszállási korlátozó tényező nélküli útvonal (magassági korlátozó tényezőkkel)
 A felszállási- és leszállási korlátozó tényezők kiiktatása, de a magassági korlátozó tényező megtartása (48. ábra) 142 kg-os üzemanyag-megtakarítást eredményezett volna.

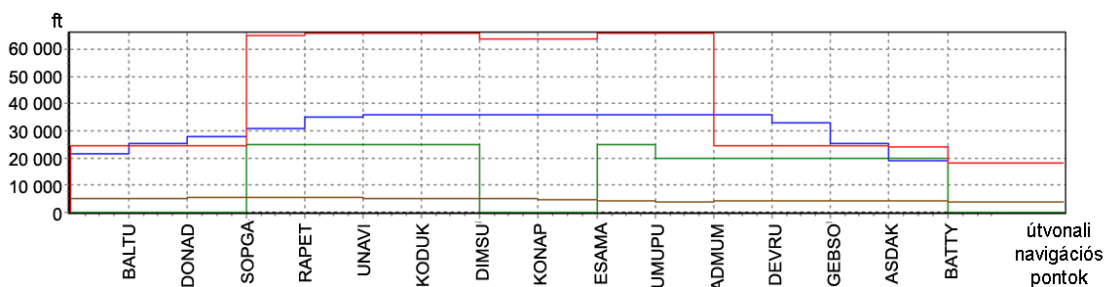


48. ábra.

*A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata
 járat felszállási- és leszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja
 (barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett
 útvonal, piros szín: magassági korlátozás)
 (forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)*

8. Korlátozó tényezők nélküli útvonal

A korlátozó tényezők nélküli útvonal esetén (49. ábra) a járat vertikális útvonali profilja mind felszálláskor, mind leszálláskor a magassági korlátozások felé került, útvonali szakaszon pedig a hatékonyabb üzemelést biztosító FL360 magasságot adott meg a szimulációban. Az üzemanyag-megtakarítás természetesen ebben az esetben volt a legnagyobb, a repülési tervhez képest 184 kg-mal kevesebb üzemanyagot használt volna a járat.



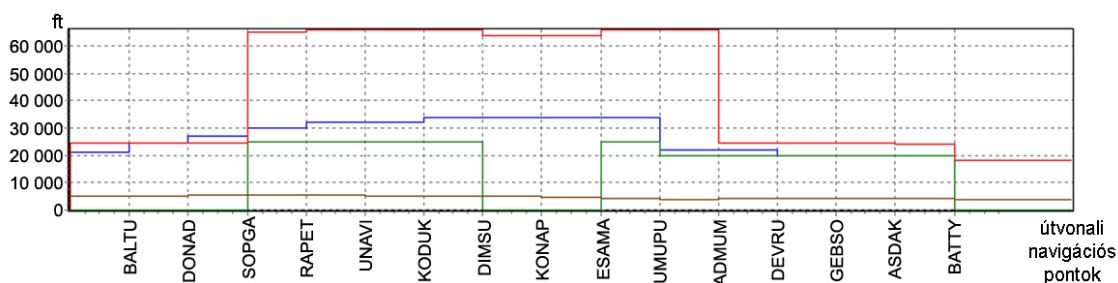
49. ábra.

*A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata
 járat korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja
 (barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett
 útvonal, piros szín: magassági korlátozás)
 (forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)*

9. Aktuálisan lerepült útvonal

Utolsóként részletesen megvizsgáltam a járat valóban lerepült útvonalát (50. ábra). A valóságban a járat felszálláskor eltért a tervezett magasságtartástól. Ez a taktikai tervezésre vezethető vissza, mely lehetővé teszi, hogy a légiforgalmi irányítás a forgalom függvényében eltérjen a repülési terv szerinti

útvonalától, és ha a forgalom engedi, biztosítsa a forgalom dinamikus áramlását. A járat így folyamatosan emelkedhetett SOPKA pontig, FL288 magasságra, majd ezt követően több szinttartási szakaszon keresztül érte el a FL340-es magasságot KODUK pontnál. Annak érdekében, hogy ADMUM pontnál a FL250 magasságon belül lehessen, már jóval UMUPU pont előtt meg kellett kezdeni süllyedését, amit DEVRU-BATTY pontok között megszakított. A járat számos szinttartási szakaszon keresztül történő lépcsőzetes emelkedése, a nem megfelelő utazómagasság kialakítása, valamint a további szinttartási szakaszokkal tagolt, szintén lépcsőzetes süllyedési szakasz együttesen nagy mennyiségű üzemanyag-felhasználáshoz vezetett. Így a járat üzemanyag-igénye 3153 kg lett, amit a tervezetthez képest plusz 83 kg üzemanyag-fogyasztást jelentett (természetesen a járatok kitérő repülőtérre és egyéb tényezőkre /például rossz időjárás miatti kerülés/ vonatkozóan pontosan kiszámított mennyiségű tartalék-üzemanyaggal repülnek, így ez biztonsági oldalról nem jelentett problémát).



50. ábra.

*A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata
aktuális útvonalának vertikális profilja*

(barna szín: földfelszíntől való biztonságos magasságtartás szintje, zöld szín: szektor határ, kék szín: tervezett útvonal, piros szín: magassági korlátozás)

(forrás: SkyTrack Operational Flight Planning System)

6.5.2 A vertikális vizsgálatok összegzése

A Brussels Airlines Prága-Brüsszel közötti 2014. február 5-i járatának vertikális profilját vizsgálva látható, hogy jelentős eltérés van a járat repülési terv szerinti és aktuális útvonala között. Mindkét útvonal tartalmazott számos magassági korlátozást és magassági szinttartási szakaszt. Ezek a szakaszok különböző ideig tartanak – néha meglehetősen rövidek –, de többször is előfordulhatnak, a járat valamennyi repülési szakaszán.

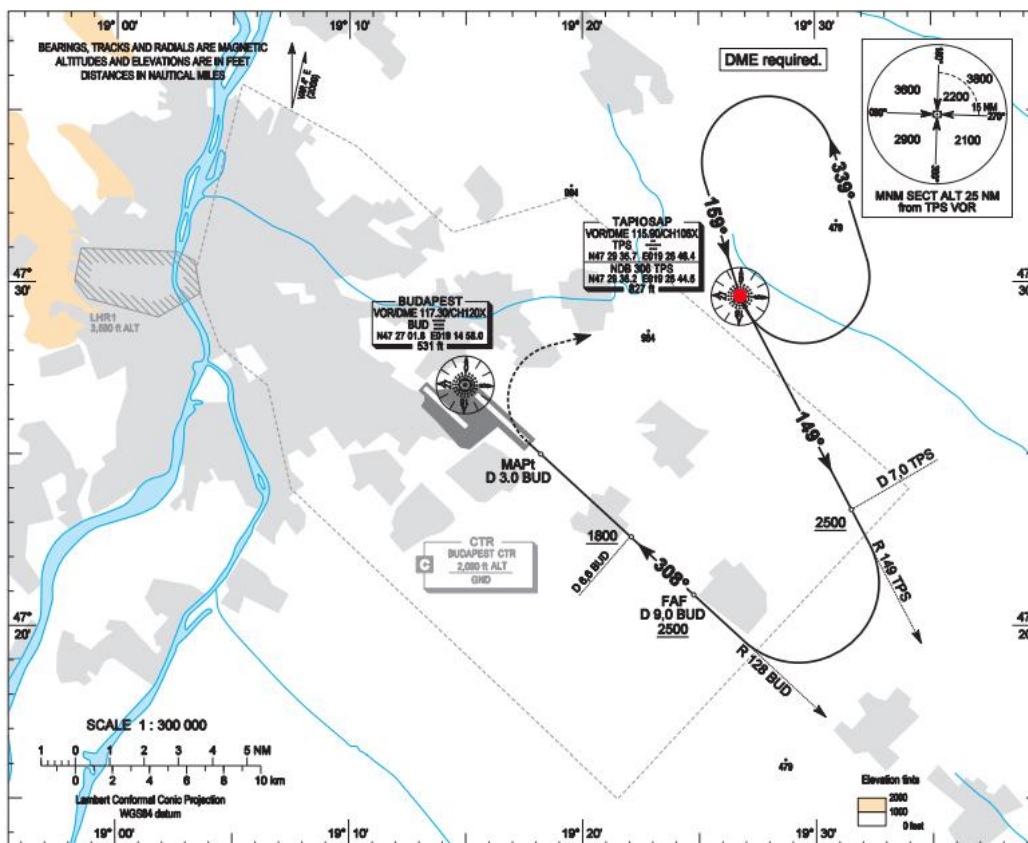
A különböző korlátozó tényezők kiiktatásával eltérő mértékű üzemanyag-megtakarítás érhető el. A legjelentősebb mértékű, 184 kg-os megtakarítás természetesen abban az esetben, amikor a repülési tervhez képest valamennyi korlátozó tényezőt kiiktattam. Meg kell jegyezni, hogy a járat a valóban lerepült útvonalán végül a repülési tervhez képest 83 kg-mal, a korlátozó tényezők nélküli (elméleti) útvonalhoz képest pedig 267 kg-mal több üzemanyagot fogyasztott.

A magassági korlátozásokra a légtér telítettsége miatt van szükség. Az üzemeltetők a repülési tervben jellemzően a járat tömegének és az időjárási körülményeknek megfelelő ideális repülési ma-

gasságot tüntetik fel, de az a légtér telítettsége következtében gyakran nem repülhető le. Emellett a repülés folyamán a repülőgép össztömege az útvonalán felhasznált üzemanyag miatt kisebb lesz, ezért – főként hosszú távú útvonalakon – a repülőgép-vezetőknek magassági szintváltást lenne érdemes kérniük annak érdekében, hogy a kisebb tömegre érvényes optimális magasságon repülhessenek. Ez azért is fontos, mert minél közelebb van a repülési magasság az ideálishoz, annál nagyobb a repülőgép sebessége is – ezzel tehát nem csak üzemanyagot, hanem időt is nyerhetne az adott járat. A magassági szintváltást azonban szintén a légtér telítettsége következtében általában nem tudja engedélyezni a légiforgalmi irányítás. Az utazó magasságon eltöltött idő tehát erősen befolyásolja, hogy mennyi üzemanyagot tudnak megtakarítani a járatok.

A szinttartási szakaszok vizsgálatánál a felszállási és leszállási szakaszt összehasonlítva megállapítható, hogy *a leszállási szakasz sokkal lépcsőzetesebb, sokkal több szinttartási szakaszt tartalmaz, mint a felszállási szakasz. A felszállási és a leszállási fázis szinttartási különbségeinek nem műszaki vagy technikai okai vannak. A különbség abból adódik, hogy míg a leszállási szakaszra a légijárművek összetartása a jellemző, tehát a repülőtérhez közeledve koncentrálnak, növekszik a sűrűségük, addig a felszállási fázisra éppen ennek az ellenkezője, a széttartó forgalom a jellemző. A repülőtértől távolodva egyre nagyobb tér áll rendelkezésre a légijárművek mozgására, ráadásul a légiforgalmi irányítás érdeke is, hogy a felszálló gépeket minél hamarabb átadják a szomszédos szektorok irányításának, ezáltal helyet biztosítva az újabb érkező repülőgépeknek. Emellett az, hogy a gépeket folyamatosan egy pontra irányítják, besorolják őket az érkező repülőtérre történő leszálláshoz, számos esetben azt eredményezi, hogy a járatot a repülőtérre történő leszállás előtt várakoztatni kell, vagyis a repülőtér közelében kijelölt navigációs pont fölött meghatározott magasságban várakozási eljárást kell lerepülnie (51. ábra). Ezeket az eljárásokat a járatoknak akkor kell lerepülniük, amikor a repülőtér kapacitási problémák következtében nem tudja a gép leszállását azonnal engedélyezni. Mindez további jelentős többletüzemanyag-fogyasztást eredményez, jóval nagyobb mértékben, mint az útvonal során esetlegesen felhalmozott – a vizsgált példában is látható – 200-300 kg többletfogyasztás.*

A magassági korlátozással összehasonlítva a szinttartások nagyobb üzemanyag- és ezáltal anyagi veszteséget okoznak a légitársaságoknak és ez esetben is érvényes, hogy ha a járat tovább haladhatna az ideális utazó magasságon, nem kellene az optimális pont előtt megkezdnie a süllyedését, tarthatná nagyobb sebességét, akkor időt is megtakarítana, tehát gyorsabban érhetne a célállomáshoz. Általánosságban jellemző, hogy a hosszú távú járatok (3000 mérföld felett) költséghatékonyságát a megválasztott utazómagasság befolyásolja nagyobb mértékben, a süllyedési hatékonyság kisebb mértékű, míg a rövidtávú járatoknál fordított a helyzet, a süllyedési hatékonyságnak van nagyobb befolyásoló szerepe. Tekintve, hogy Európára földrajzi adottságaiból adódóan a közepes és rövid távú járatok a jellemzőek, így a süllyedési hatékonyságnak van nagyobb gazdasági szerepe a vertikális útvonalhatékonyságon belül. A példát elemezve is látható, hogy *a legnagyobb üzemanyag-vesztés az üzembentartókat Európában a leszállási szakaszban éri. Ezek kiiktatása, a folyamatos megközelítési eljárások nagyobb hatásokkal történő repülése jelentősen csökkentheti az üzemanyag-fogyasztást, ezáltal hozzájárulva a költséghatékonysághoz és környezetvédelemhez, zajcsökkentéshez.*



51. ábra.

A Budapest Liszt Ferenc repülőtér 310°-os irányú jobb oldali futópályájára érkező repülőgépek várakozási eljárásának helye a TAPIOSAP VOR jeladónál⁶⁴ kijelölve
(forrás: Aeronautical Information Publication Hungary 2011)

A vertikális útvonalhatékonyság vizsgálatai alapján látható, hogy az kevésbé a földrajzi, mint inkább az üzemeltetési tényezők által befolyásolt, ebből kifolyólag elemzései főként a repülés technikai végrehajtásának vizsgálatára irányulnak. Ez esetben *nem elegendő a lerepült távolság vizsgálata, a távolságtól függetlenül, a nem megfelelő emelkedési vagy süllyedési eljárással is növekedhet az üzemanyag-fogyasztás, mely az üzemeltetési költségeket és a környezetet befolyásolja.*

Látható, hogy *a horizontális útvonalhatékonyság önmagában nem tudja kifejezni a repülés hatékonyságának minőségét, mindenképpen ki kell egészíteni a vertikális útvonalhatékonysági vizsgálatokkal.*

Végezetül pedig fontos megjegyezni, hogy a hatékonyság vizsgálatánál mindig egy járatot vizsgálnak. Azonban nem szabad megfeledkezni arról sem, hogy a járatok nem egyedül vannak a légtérben, és a körülöttük repülő más repülőgépek mindig hatással vannak mind a vertikális, mind pedig a horizontális mozgásokra, ezért mindig érdekellentét lesz a biztonság és a kapacitás között, melynek következtében sohasem lehet felszámolni a nem megfelelő hatékonyságot, hiszen mindig szükség lesz kompromisszumokra az egyes járatok pillanatnyi érdekellentétei során.

⁶⁴ Very High Frequency Omnidirectional Range – VOR, ultramagas frekvenciájú irányítatlan jeladó

A vertikális útvonalhatékonysági elemzések egyértelműen rávilágítottak arra, hogy a megtett útvonal hossza csupán az egyik összetevője a hatékonyságnak, így mindenképpen *szükséges a rendszeres hatékonysági vizsgálatok (és így az azokhoz szükséges adatgyűjtés) kiterjesztése a vertikális útvonal-profilok vizsgálatára is.*

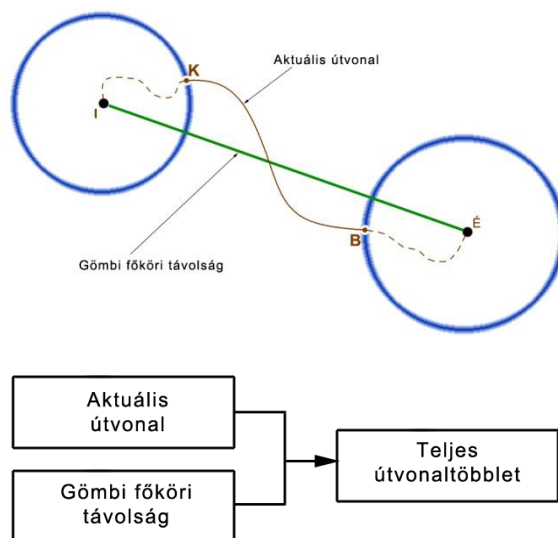
Napjainkban a járatok repülési idejére korlátozó tényezőként hat a kapacitási tényező – legyen az légtérkapacitás vagy repülőtéri kapacitás –, melynek következtében a járatok késhetnek. Ezért a légitársaságok részéről egy olyan új típusú szemlélet kialakítására van szükség, mely azt veszi figyelembe, hogy hogyan tud a járat a lehető optimálisabban repülni annak érdekében, hogy időt veszítsen, vagyis hogyan tudja a szükséges késéseket a leginkább üzemanyag-hatékony módon elnyelni.

7. Az útvonalhatékonyság modellezése

Mind a horizontális, mind pedig a vertikális útvonalhatékonyság fejlesztése érdekében szükség van a hatékonysági mutatókat befolyásoló tényezők meghatározására. A különböző mutatókat elemeikre kell bontani és alapos vizsgálatnak kell alávetni a jövőbeni hatékonyság fejlesztésének érdekében.

Az útvonaltöbblet – mint ahogy az elemzésekben is látható volt – eddig csak a horizontális útvonalhatékonyságot fejezte ki, a vertikális útvonalhatékonyságot nem foglalta magába. Valójában a horizontális és a vertikális útvonalhatékonyság együttesen mutatja meg egy járat útvonalának teljes hatékonyságát. Átfogó elemzésükre azonban ez idáig nem került sor. Ennek oka, hogy az EUROCONTROL-nál az elemzések folyamán a hatékonyság mutatója távolság alapú, így csak horizontális vizsgálatokra alkalmas, vertikális vizsgálatokra nem. Bár a CANSO egy tanulmányban leírta, hogy az útvonalhatékonyságot mi határozza meg (Boeing & CANSO 2012), de matematikai alapú számításokkal nem foglalkozik.

A vizsgálatok nem nagy múltra tekintenek vissza. Az EUROCONTROL-nál 2007-ben született meg az első útvonalhatékonysági elemzés (Flight Efficiency – A Route Extension Analysis, 2007), a CANSO pedig 2012-ben dolgozta fel a témát (Boeing & CANSO 2012). Mindkét szervezet a várospárok közötti gömbi főköri távolságot és a járatok aktuális útvonalának különbségét vette kiindulási alapul (52. ábra).



52. ábra.

A teljes útvonaltöbblet összetevői

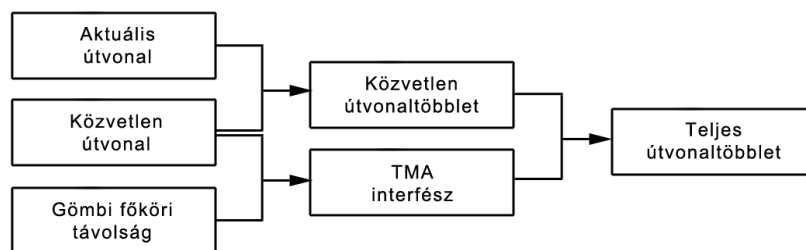
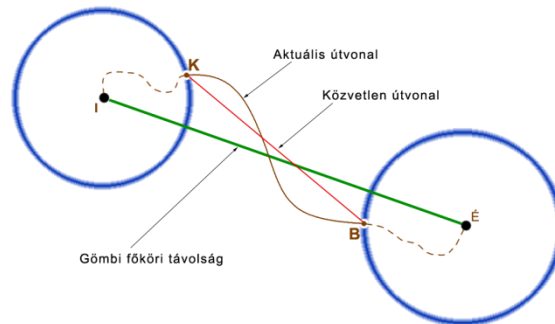
(Flight Efficiency – A Route Extension Analysis 2007. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

I: induló repülőtér, É: érkező repülőtér, K: kilépőpont, B: belépőpont

Az EUROCONTROL-nál végzett vizsgálatok folyamán az 53. ábrán bemutatott horizontális útvonalhatékonysági modellt tovább elemezték, ezt a későbbiek folyamán a CANSO is átvette. Az elemzésbe bevonták az úgynevezett közvetlen (direct) útvonalat is. A közvetlen útvonal az elméleti

TMA be- és kilépő pontja közötti gömbi főköri távolságot jelenti (53. ábra). Ezáltal két új mutató keletkezett:

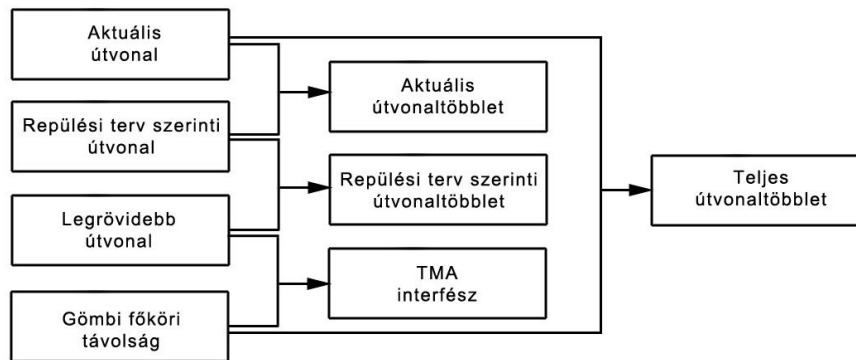
1. Közvetlen útvonaltöbblet: az aktuális útvonal és a közvetlen útvonal közötti különbség, vagyis az elméleti TMA be- és kilépő pontja közötti aktuálisan lerepült távolság, valamint az elméleti TMA be- és kilépő pontja közötti gömbi főköri távolság különbsége.
2. TMA interfész: a gömbi főköri távolság és a közvetlen útvonal közötti különbség szintén az elméleti TMA be- és kilépő pontja között számolva



53. ábra.

*A teljes útvonaltöbblet összetevői a közvetlen útvonal beiktatásával
(Flight Efficiency – A Route Extension Analysis 2007. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)
I: induló repülőtér, É: érkező repülőtér, K: kilépőpont, B: belépőpont*

Az EUROCONTROL egy másik módszerében a repülési terv szerinti útvonalat és a legrövidebb (shortest) útvonalat elemezte (54. ábra). A legrövidebb útvonal alatt az EUROCONTROL a repülési terv szerinti útvonalak közül a legrövidebb tíz útvonalat érti (Flight Efficiency – A Route Extension Analysis 2007). Vagyis ez a repülési terv szerinti útvonal részét képezi és nem önálló elem. Azt mutatja meg, hogy a tervezhető útvonalak közül melyek a legrövidebbek, így a légitársaságok számára a leghatékonyabb útvonal kiválasztását ösztönzik és segítik, kifejezik az ATM hatékonyságát, ugyanakkor tudományos szinten emellett pontosabb elemzésre is szükség van annak érdekében, hogy tisztán lássuk, a repülési tervben meghatározott útvonal mennyivel hosszabb a közvetlen útvonalnál.

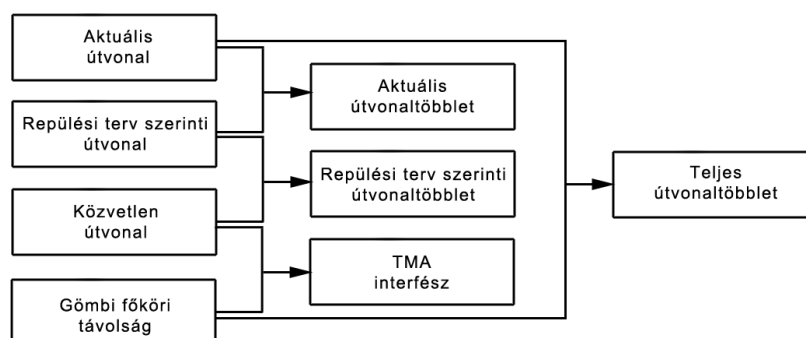


54. ábra.

*A teljes útvonaltöbblet összetevői a legrövidebb útvonal beiktatásával
(Flight Efficiency – A Route Extension Analysis 2007. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

Annak érdekében, hogy a repülési terv szerinti útvonaltöbbletet megkapjuk, a repülési terv szerinti útvonalat nem a tíz legrövidebb repülési terv szerinti útvonallal kell összehasonlítani, mint ahogy jelenleg végzik, hanem a közvetlen útvonallal (55. ábra), mert az fejezi ki egzakt módon az útvonaltöbbleteket. A modellben a legrövidebb útvonalat így a közvetlen útvonalra cseréltem.

A közvetlen útvonal és a repülési terv szerinti útvonal összevetésekor a légtér- és útvonali korlátozások, valamint feltételes útvonalak nincsenek figyelembe véve, de az adatok részletesebb feldolgozásával ki lehet alakítani olyan komplex elemzéseket, amelyek során azokat is figyelembe veszik. *A magassági korlátozó pontok figyelembe vétele a vertikális, a horizontális útvonali korlátozó pontok, valamint a feltételes útvonalak figyelembe vétele pedig a horizontális útvonalhatékonyság kifejezésére alkalmas. A vertikális útvonalhatékonysági elemzések eredményei alapján megállapítható, hogy fontos lenne olyan vizsgálatok bevezetése, melynek során – az eddig is figyelembe vett útvonali korlátozó pontok és feltételes útvonalak mellett – harmadik tényezőként a magassági korlátozó pontokat is bevonják az elemzésekbe.*

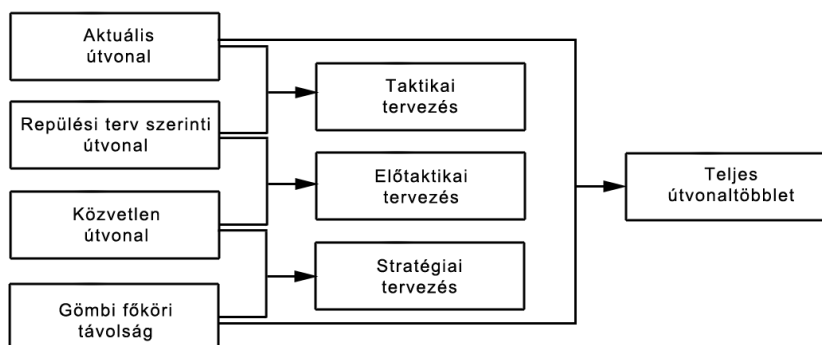


55. ábra.

*A teljes útvonaltöbblet szerző által módosított összetevői
(szerk.: SZTRUNGA E.)*

A közvetlen útvonal alkalmazása által egy olyan új modellt alakítottam ki, amely nem csak a hatékonyság földrajzi elemeit fejezi ki, hanem az útvonalhatékonyság különböző szintű menedzselési

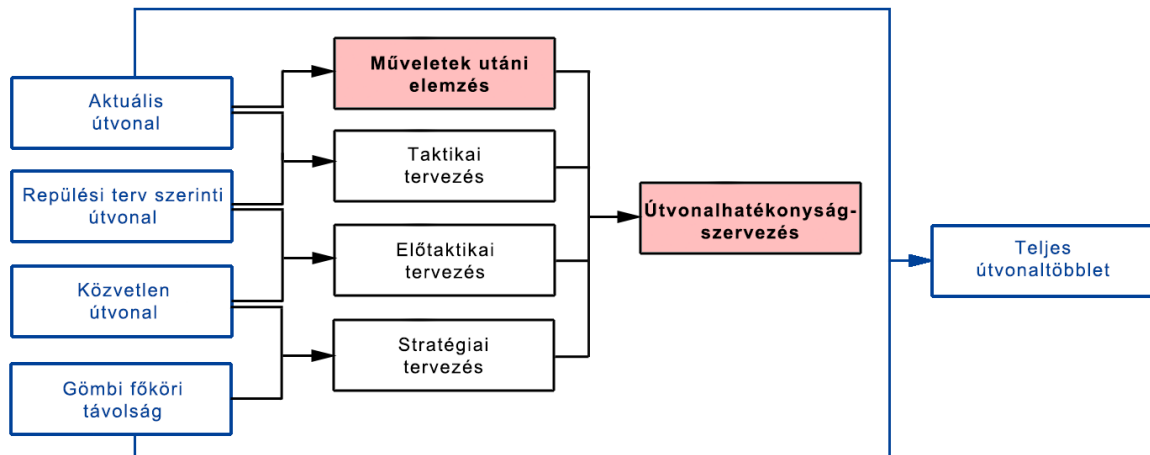
feladatainak elemzésére is alkalmas (56. ábra). Az új modell tehát nem csak a hatékonyság számszerű elemzésére használható fel, hanem a hatékonyság fejlesztéséhez szükséges feladatok meghatározását is biztosítani tudja a különböző tervezési szinteken.



56. ábra.
A teljes útvonaltöbbllet elemzési szintjei
(szerk.: SZTRUNGA E.)

A légiforgalmi szolgáltatás egyes területein, például az áramlásszervezéssel vagy az útvonalhatékonysággal szoros kapcsolatban levő rugalmas légtér-felhasználás kezelése során három szintű tervezést és menedzselést alkalmaznak. A három szintű tervezés legátfogóbb tevékenységei a stratégiai intézkedések, melyek hosszabb (egy vagy több menetrendi) időszakra kerülnek meghatározásra: az üzemelést megelőző hetedik naptól maximálisan 12 hónapig terjedő időszakot jelentik. Az előtaktikai intézkedések a repülés napját megelőző maximálisan 6 napos intézkedések. A taktikai intézkedések pedig a repülés napján, a forgalom kezelése érdekében hozott azonnali intézkedéseket jelentik (RENNER P. 2000, VOIT E. 1990). *A korábbi elemzéseim alapján szükségesnek tartom a három szintű tervezés és menedzselés kiterjesztését az útvonalhatékonyság fejlesztésére is. Így a modell kialakítása után a tervezési feladatok vizsgálatát eszerint végeztem el, bízva abban, hogy ezek az elsődleges eredmények rávilágítanak az alaposabb megközelítés hasznosságára.*

Az európai szakmai szervezetek egy részénél és néhány nyugat-európai légiforgalmi irányító központ áramlásszervező tevékenységében a háromszintű tervezés mellett negyedik szintként megjelentek az úgynevezett műveletek utáni (post-operations) elemzések is, amelyek a hatékonyság értékelésére irányulnak. *Ez igen lényeges elem, hiszen a tervezés helyett a jelenségek utólagos elemzése vezethet el azokhoz a felismerésekhez, amelyek a hatékonyság növelését valóban szolgálják, és különösen igaz ez az útvonalhatékonyság menedzselése esetén. Ezért a jövőben fontosnak tartom a negyedik tervezési szint bevezetését. Ezáltal az útvonalhatékonyság menedzseléséhez kapcsolódó feladatok elnevezése is szükségessé vált. Illeszkedve a szakterület eddigi elnevezési gyakorlatához (áramlásszervezés, angolul flow management), javaslatom az útvonalhatékonyság-szervezés (angolul route efficiency management) kifejezés használatát a négy tervezési szint egészére (57. ábra).*



57. ábra

Az útvonalhatékonyság-szervezés kiegészített elemzési szintjei és elemeinek összefüggései (szerk.: SZTRUNGA E.)

A tervezési elemek áttekintése után kísérletet tettem annak meghatározására, hogy az útvonalhatékonyság-szervezés különféle szintű tervezési feladatait milyen tényezők befolyásolják, illetve a feladatokhoz milyen tevékenységek tartoznak.

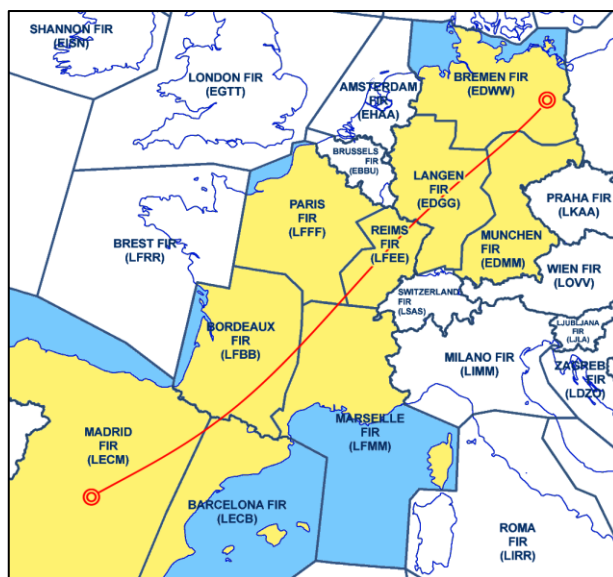
7.1 Az útvonalhatékonyság stratégiai szintű tényezői és tervezési feladatai

Az útvonalhatékonyság stratégiai szintű tervezése a legnagyobb időtávot átfogó tervezési szint, amire azok a tevékenységek tartoznak, amelyek általánosságban és összességében meghatározzák az európai légtér struktúráját. *Ide sorolható a légtértervezés a magassági korlátozó tényezőkkel, az útvonaltervezés az útvonali korlátozó pontokkal és a stratégia szintű katonai légtérhasználat a feltételes útvonalakkal. Emellett az útvonaldíjak meghatározására is stratégiai szinten kerül sor, tekintettel azonban arra, hogy figyelembe vételük előtaktikai szinten történik (a repülési terv elkészítése során), a következő tervezési szint értékelésénél vettem figyelembe. Ezek azok a tervezési feladatok, amelyek eredményei alapján meghatározzák, hogy milyen lesz egy adott járat útvonali profilja.*

7.1.1 Légtértervezés

Európában – a Chicagói Egyezménynek megfelelően – a légiforgalmi irányítás a szuverén államok területe mentén feldarabolt, nemzeti szinten szervezett. Minden egyes ország saját légiforgalmi szolgáltatóval rendelkezik, a területe felett elhelyezkedő légteret horizontális és vertikális felosztás eredményeként kialakított szektorok segítségével saját maga irányítja. Az EUROCONTROL tagállamok feletti légtér a tagállamok számának megfelelően tagozódik – az államhatárokhoz igazodva – repülési tájékoztató körzetekre (9. ábra), ahol – tekintettel egyes országok méretére – 64 körzeti irányító köz-

pont személyzete irányítja a forgalmat (Performance Review Commission and FAA Air Traffic Organization System Operations Services, 2013). Franciaország, részben nagy területe miatt, részben pedig biztonsági megfontolásokból öt ilyen irányító központtal rendelkezik (Brest, Bordeaux, Párizs, Marseille, Reims), míg Németországban és Olaszországban három-három (Bréma, Langen, München, illetve Milánó, Róma, Brindisi) központ található, de a spanyol irányítást is több szektorra bontották. Így például egy Berlin-Madrid útvonalon, amely mindössze három országot érint, akár kilenc különböző irányítói szektort is átszelhet egy járat (58. ábra). Ez azért kedvezőtlen, mert több töréspont lehet az útvonalon, ami növeli az útvonal hosszát, illetve a határoknál az is problémát okoz, hogy sok esetben váltani kell a technológiák és eljárások között, ami növeli a biztonsági kockázatot.

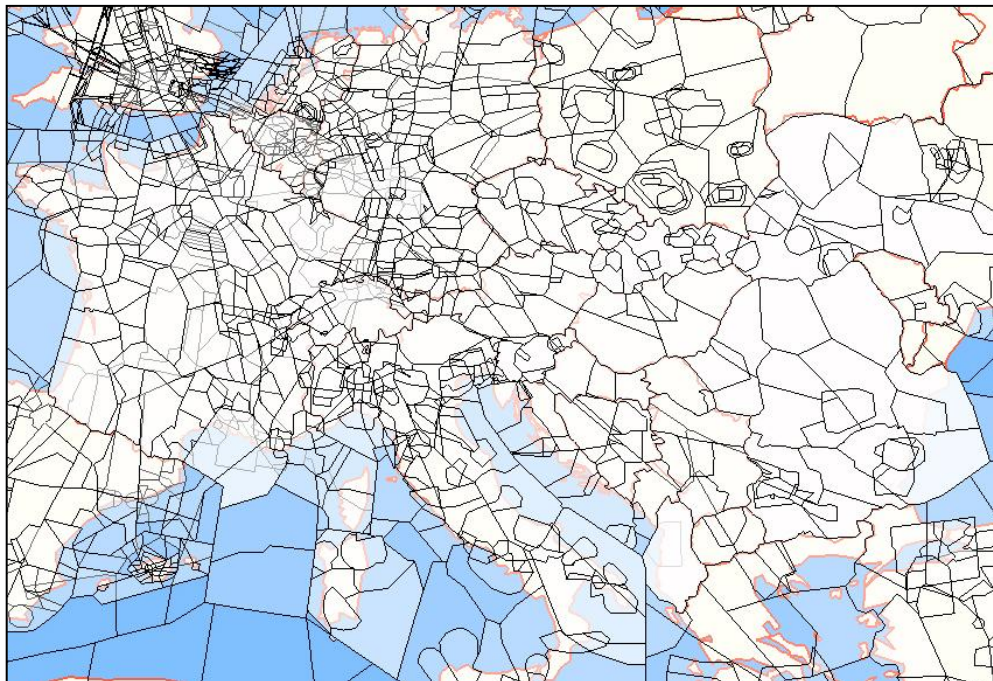


58. ábra.

*Repülési tájékoztató körzetek Európában (a hivatalosan használt nemzetközi elnevezésekkel)
(forrás: EUROCONTROL 2011, kartográfia: SZTRUNGA E.)*

A repülési tájékoztató körzetek szektorokra oszthatók. Mind horizontálisan, mind pedig vertikálisan (59. ábra) különböző típusú légtérket kezelnek, melyek bemutatásával és elemzésével nem foglalkozom, mert az szorosan a légiforgalmi irányítási szakma témaköréhez tartozik. Meg kell azonban jegyezni, hogy a tagállami hatáskörbe tartozó szektor-kialakítással⁶⁵ is lehet segíteni (vagy akadályozni) az útvonalhatékonyságot.

⁶⁵ Szektorizáció: A repüléstájékoztató körzeteket (FIR), valamint az irányítói körzeteket és a repülőtéri irányító körzeteket – az egyes ATS egységek kapacitásának és a légiforgalmi szolgálatok hatékony ellátásának növelése érdekében – a légiforgalom jellegének megfelelően kisebb légtérszakaszokra osztották, melyekben a működő légi járművek számára a légiforgalmi szolgálatokat ún. „szektorok” látják el (MUDRA I. 2008).



59. ábra.

Az európai légtér szektorai

(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Az irányítási rendszer töredezettsége korlátozza a kapacitást, növeli a költségeket és negatív hatással van a biztonságra is. A légitözlekedés ugyanis hatékonyabb, ha a navigáció nem az országhatárokat, hanem a forgalom áramlását követi. Ezért, részben az Egyesült Államok gyakorlatát követendő, részben pedig önálló fejlesztési stratégiából kifolyólag kerülnek kialakításra az európai légtér átalakításának egyes lépcsőfokai (STADLER G. 2004).

Mindezek a törekvések párhuzamban állnak az Európai Unió integrációs folyamataival, melyek során a politikai egységesülés többnyire párosul más szempontokkal. Jelen esetben a gazdasági szempontok a hatékonyság növelésének igényével függnek össze, de ide tartozik a környezetvédelem szükségessége is.

Az Európai Unió felismerte a szuverenitásból fakadó, a történelem során folyamatosan jelentkező korlátokat, és 2001-ben kinyilvánította, hogy a légitözlekedés határokon átnyúló tevékenység, a légtérszerkezet és a légiútvonal nem fejleszthető elszigetelten, majd ennek megfelelően hozzákezdett a légiforgalmi irányítás regionális alapokon történő, funkcionális átszervezéséhez (551/2004/EK rendelet). Ennek eredményeként született meg az Egységes Európai Égbolt kezdeményezés, melynek keretében az európai országok légtérét kilenc funkcionális légtérblokkba (Functional Airspace Block, FAB) integrálják (60. ábra). A funkcionális légtérblokkokban a körzeti irányító központok határait megszüntetik egyes országok esetében és a légtérblokkok kialakításának megfelelően más államokkal egybevonják.

A FAB-ok mérete igen eltérő. A legnagyobb kiterjedésűek a nagyrészt tengeri területekre kiterjedő légtérblokkok, így északon a NEFAB, amely felöleli a Grönland és Észak-Európa közötti

területet is, vagy a délnyugati légtérblokk, a fentebb említett szigetvilág és tág környezetének magába foglalásával.

A 60. ábrán az is látható, hogy *nem kizárólag a jelenlegi légiforgalom sűrűsége volt a meghatározó a légtérblokkok kialakításánál. A legnagyobb forgalmú nyugat-európai területeket nem osztották fel a forgalommal arányosan több részre, így egy légtérblokkba tartozik a benelux–német–francia–svájci légtér (FABEC) (az európai légiforgalom 55%-a itt bonyolódik le), miközben az ennél lényegesen alacsonyabb forgalommal rendelkező közép-európai légtér sokkal kisebb területet fed le. Ebből látható, hogy nem a leendő forgalom mérete alapján próbálták meg közel azonos méretűvé alakítani a légtérblokkokat. Ennél komplexebb problémát kellett megoldani, melynek része volt az a szempont is, hogy hány tagállam található annak leendő területén, mivel ezeknek az országoknak majd a jelenleginél is jóval szorosabban kell koordinálniuk légiforgalmukat.*

Közép-Európa területét a FABCE fedi le, amely hat európai unió és egy szomszédos állam strukturált együttműködését jelenti. A résztvevő országok: Csehország, Szlovákia, Ausztria, Magyarország, Szlovénia, Horvátország, Bosznia–Hercegovina.



60. ábra.

Az európai funkcionális légtérblokkok

(Performance Review Commission 2008a alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

NEFAB: North European FAB – Észak-európai Légtérblokk, Denmark–Sweden – Dán–svéd Légtérblokk, Baltic FAB – Balti Légtérblokk, FABEC: FAB Europe Central – Európai Központi Légtérblokk, FABCE: FAB Central Europe – Közép-Európai Légtérblokk, Danube FAB – Duna Légtérblokk, Blue MED FAB: Blue-Mediterranean FAB – Kék-mediterráneum Légtérblokk, UK–Ireland FAB: United Kingdom–Ireland FAB – Egyesült Királyság–Írország Légtérblokk, SW FAB: South West FAB – Délnyugati Légtérblokk.

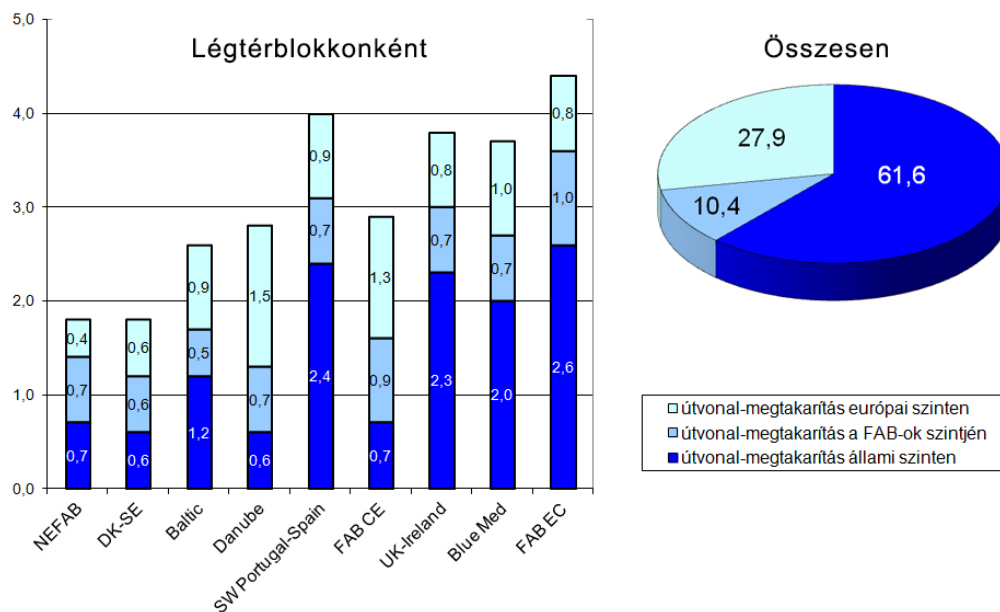
A közép-európai légtérblokknak már korábban volt előzménye. 1997-ben Brüsszelben létrejött egy sokoldalú megállapodás a Közép-európai Légiforgalmi Szolgálatok⁶⁶ magaslégtéri légiforgalmi irányító központjának létesítéséről és a központban az EUROCONTROL által nyújtott légiforgalmi szolgáltatások körében a szolgálatok és berendezések működtetéséről. A tervezett együttműködés a fenti hét országon kívül Olaszországot is magába foglalta. A közös magas légtér irányító központja Bécs lett volna. A megállapodás azonban számos akadályba ütközött, a végrehajtás lelassult. Ennek több oka volt, például az EUROCONTROL megváltozott szerepe, a munkavállalói érdekek különbözősége, a nemzeti szolgáltatók üzletorientált működési formára történő átállásából következő rendellenességek. Így a tagállamok 2008-ban a megállapodást felmondták, ugyanakkor ezzel egy időben megkezdődött a FABCE létrehozásának előkészítése, ami tulajdonképpen a CEATS-projekt jogutódja lett. Az új kezdeményezésben Olaszország jelezte, hogy a jövőben a Blue MED FAB-hoz kíván csatlakozni, így hét országgal kezdték meg a funkcionális légtérblokk kialakítását.

A légtérblokkok kialakításakor elsődlegesen az Európai Unió, valamint a polgári légiforgalom igényeit vették figyelembe, miközben a politikaföldrajzi aspektusok háttérbe szorultak. A közép-európai légtérblokkban a résztvevő tagállamok közül négy NATO-tag, három pedig békepartnerségi tag. Ezen a légtérblokkon túl csak a Blue MED rendelkezik hasonlóan sokszínű összetétellel. Tekintve, hogy a projektben országhatárokon átnyúló légterek⁶⁷ is kialakításra kerülnek, szükséges a szövetségi érdekek figyelembe vétele, hiszen előfordulhat, hogy a CBA-k eredményeként nem NATO-tagország területén is fognak katonai repüléseket végrehajtani.

A légtér nagyobb regionális egységekbe történő szervezésével, valamint új irányítási technológiák bevezetésével lehetővé válik az útvonalak optimálisabb alakítása. Mind nemzeti szinten, mind a FAB-ok szintjén, mind pedig európai szinten is jelentős megtakarítások érhetőek el az egységes európai légiforgalmi irányítással. Az útvonaltöbblet 64,6%-kal csökkenthető lenne, ha a járatok közvetlen útvonalon haladnának valamennyi ország területén, és további 12,5%-os megtakarítás lenne elérhető a légtérblokkokon belüli államok közötti határok összeillesztésével. Az útvonaltöbblet jelentős része, mintegy 22,9% azonban csak európai szinten kezelhető (Performance Review Report, 2012) (61. ábra).

⁶⁶ Central European Air Traffic Services – CEATS

⁶⁷ Cross Border Area – CBA



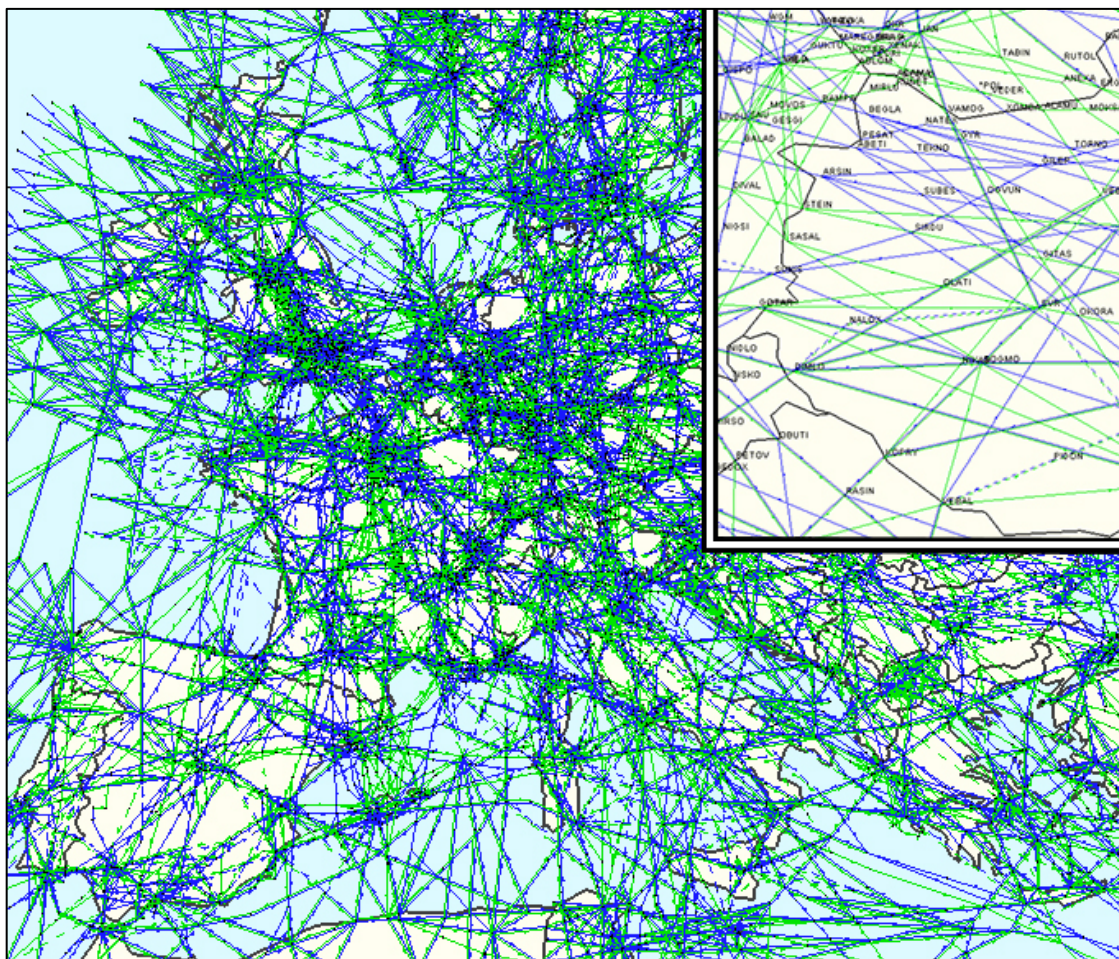
61. ábra.
Az útvonaltöbblet-csökkenés várható aránya a légtérblokkokban (%)
(Performance Review Report 2012. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Ahogy azt a vertikális útvonalhatékonyság elemzése során láthattuk, a légtérben a szomszédos ATC egységek közötti koordinálási eljárások biztosítása érdekében különböző magassági korlátozások befolyásolják a repülést – ezek újbóli elemzésére itt már nem térek ki.

7.1.2 Útvonaltervezés

Az európai útvonalhálózatot biztonsági okokból úgy alakították ki, hogy a különböző magassági szinteken eltérő irányokban lehet repülni. Így a 0° és 179° közötti irányú repüléseknél a páratlan, míg a 180°-359° közöttiekénél a páros magassági szintű ATS-útvonalakat használják.⁶⁸ Az útvonalhálózat 2014 januárjában 42 941 útvonali szegmensből és a hozzá kapcsolódó mintegy 20 044 navigációs pontból épült fel (62. ábra).

⁶⁸ Az egyszerűség kedvéért a repülési szaknyelvben az előbbire egységesen a keleti, az utóbbira a nyugati irány kifejezést alkalmazzák.



62. ábra.

Az európai útvonalhálózat 2014. január 21-én

(kék: páros, zöld: páratlan útvonalak)

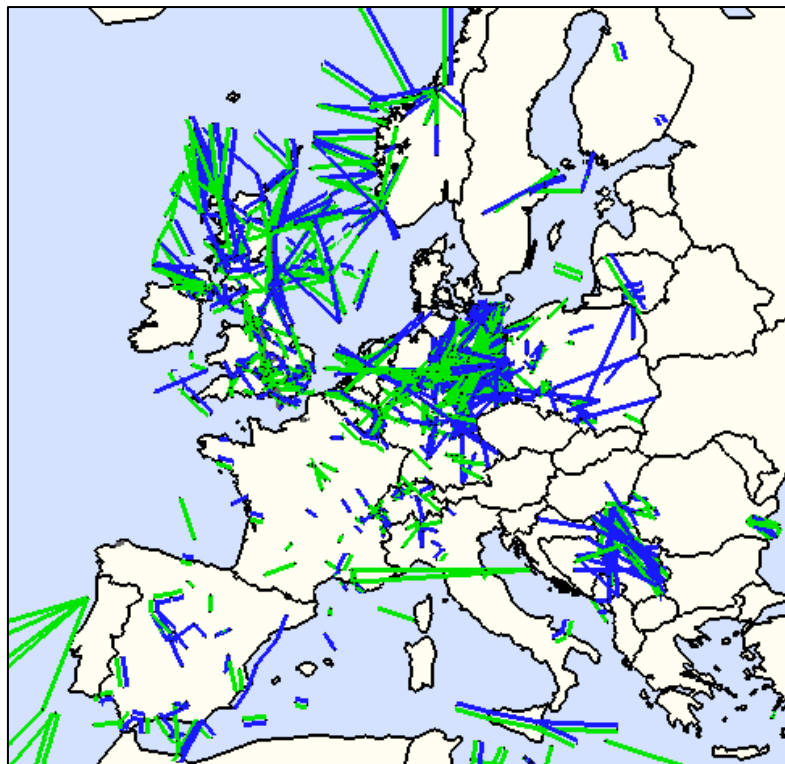
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

(A kinagyított részen Nyugat-Magyarország látható.)

Ahogy korábban már láthattuk, a légtérben különböző korlátozó pontok nehezítik a közlekedést. Jelenleg számos ATS útvonalon a légiforgalmi irányítási kapacitás hatékony használása érdekében útvonali korlátozásokat vezettek be. A különböző repülőterek közötti útvonali korlátozásokat a Rendelkezésre Álló Útvonalak Dokumentum⁶⁹ tartalmazza. 2014 januárjában 1124 útvonali szegmensből álló korlátozást tartalmazott az európai légiforgalmi útvonalhálózat (63. ábra). A RAD meghatározása szerint az útvonali korlátozások lehetővé teszik az ATC kapacitás maximalizálását azáltal, hogy olyan korlátozásokat határoz meg, amelyek a túlszűfolt területeken hozzájárulnak a légiforgalmi irányítási rendszer problémamentes működéséhez (Aeronautical Information Publication Hungary AIP/SUP, 2001). Ennek érdekében egyes útvonalakon meghatározzák a forga-

⁶⁹ Route Availability Document – RAD, az ATS útvonal korlátozások tervezésére és közzétételére szolgáló dokumentum. Célja a repülés tervezés támogatásán keresztül javítani a légiforgalmi irányítási kapacitás kezelését, miközben a légitársaságok számára kellő rugalmasságot enged a repülések tervezésénél (Aeronautical Information Publication Hungary, 2011).

lom áramlási irányát és mértékét – bizonyos pontok felől érkező, vagy pontok felé tartó forgalmat tiltanak a légtér kapacitásproblémáinak elkerülése érdekében. A járatok más útvonalra történő átírányításával, a forgalmi igény kezelésével a késések csökkentésére törekszenek. Az útvonal megtervezése tehát mindig az adott ATS-útvonalszakaszokat érintő korlátozások figyelembe vételével történik. A légitársaságok számára ez azonban útvonaltöbbletet eredményezhet, tekintve, hogy a járatok nem repülhetnek közvetlen útvonalon. *A RAD következtében a járatok számos esetben nem tudják a számukra optimális útvonalat kialakítani. A légitársaságnak költséghatékonysági szempontból kedvezőbb megoldást jelent a járat késéssel történő üzemeltetése, összehasonlítva az útvonal újratervelésével, vagy magassági korlátozás beállalásával.* A Brussels Airlines szóbeli közlése szerint az útvonalhatékonyság kezelése csak akkor lesz eredményes, ha a RAD-ot eltörlik.



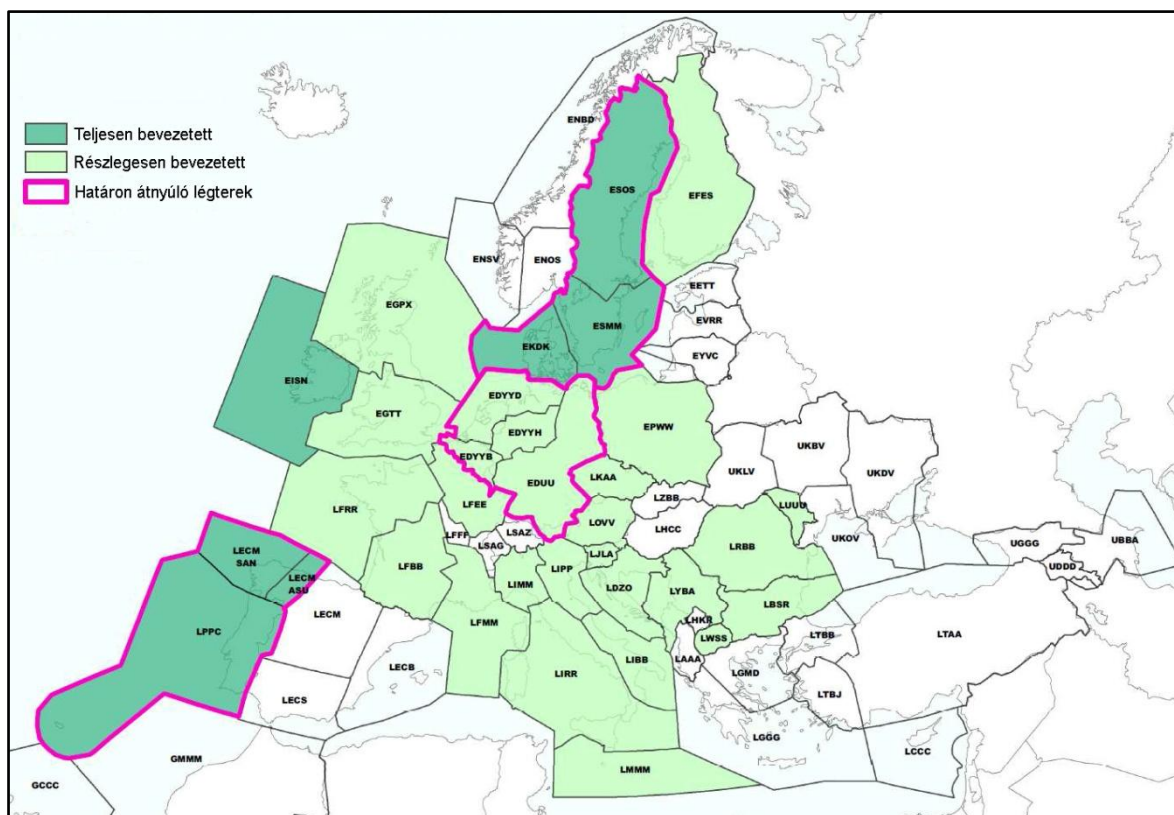
63. ábra.

*Az európai légtér útvonali korlátozásai 2014. január 21-én
(kék: páros, zöld: páratlan útvonalak)*

(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A jövőben, a légtér szerkezete modernizálásának eredményeként új útvonal-tervezést fognak alkalmazni a közforgalmi repülések számára a magaslégtérben. Ezek lesznek a szabad-útvonalak (free route), amelyek leginkább a közvetlen útvonalakhoz (direct route) fognak hasonlítani. Néhány ország egyes útvonalain már alkalmazzák őket (64. ábra), Portugáliában 2009 májusában, Írországban 2009 decemberében, Svédországban 2010 januárjában vezették be, amelyet tovább bővítettek a következő évben Dánia területe fölött, a portugál légteret pedig Spanyolország irányába bővítették

részlegesen. Magyarország 2015. február 5-ével bevezette a 24 órán keresztül üzemelő szabad útvonalú légteret FL105-660 magasságok között, a TMA-k területeinek kivételével.



64. ábra.

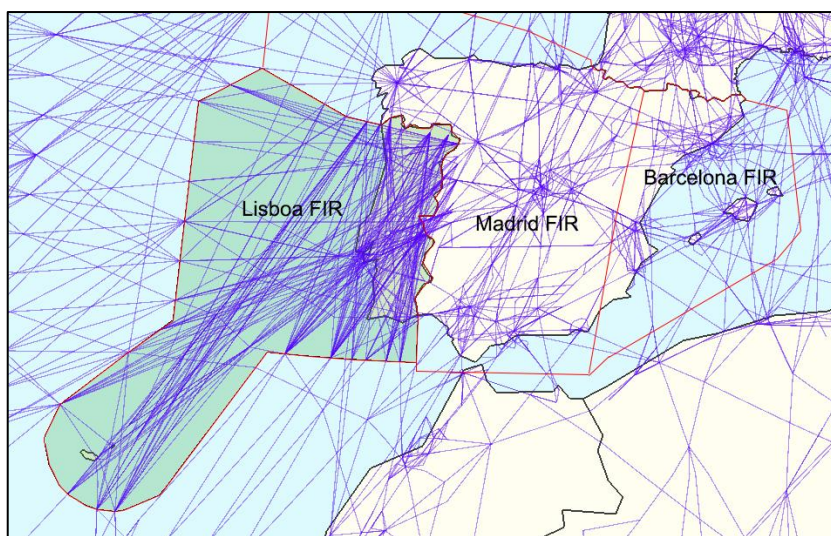
A 2014 decemberéig bevezetett szabad útvonalú légterek

(forrás: *European Route Network Improvement Plan/ERNIP Implementation Monitoring Report. AIRAC 1413*)

Összességében, 2014 decemberéig a 64 európai légiforgalmi irányító központból 32 vette be különböző szinten a szabad útvonalú légterekhez kapcsolódó műveleteket. A szabad útvonalú légtér olyan része a légtérnek, melynek vannak belépő és kilépő pontjai, de ezeket nem kapcsolja össze kijelölt, rögzített útvonalhálózat.⁷⁰ Vagyis ezek a járatok útvonalak helyett két pont között a legrövidebb útvonalon repülnek. A kilépő és belépő pontok között pedig szabadon tervezhetnek útvonalat a légteret használók, figyelmen kívül hagyva az ATS-útvonalhálózatot. Az indulási eljárást követően tehát a TMA kilépőpontjáról az érkező repülőtér TMA-jának belépőpontjára repülnek a járatok, az ATC pedig a két pont közötti közvetlen útvonalon igyekszik engedélyezni a járat repülését. Ezeknek a légtereknek a működése nehezíteni fogja a szektorok közötti összehangolt koordinációt, hiszen a forgalom átadása, illetve átvétele már nem fix pontokon fog történni. Ezt az összehangolt munkát az irányítás csak új technológiai rendszerek, összetevők és eljárások operatív kialakításával tudja megoldani (ennek a megvalósítását szolgálja a SESAR Közös Vállalkozás).

⁷⁰ Az Európai Bizottság légiforgalmi szolgáltatási (ATM) hálózati funkciók végrehajtására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról szóló 677/2011/EU rendelete, 2011. július 7.

A jelenleg működő szabad útvonalú légterek az európai kontinens periférikus, viszonylag elszigetelt területén helyezkednek el. Kialakításuk és működtetésük így viszonylag egyszerű volt, ugyanakkor feltételezhető, *hogy később átmeneti irányítási nehézségek adódhatnak, amikor a növekvő számú, ilyen típusú légterek kezdenek összeérni.* A 65. ábrán a portugál légtérben haladó járatok repülési pályáját vizsgálva tisztán látható, hogy Spanyolországgal összehasonlítva már nincsenek olyan pontok, amelyekre a forgalom összetartana, hanem a forgalom egyenletesen szétoszlik a légtérben, ami bizonyítja a szabad útvonalú légtér hatékony működését, a korlátozó pontok kiiktatását. A járatok szemmel láthatóan töréspont nélküli direkt útvonalon haladtak, ezáltal erőteljesen csökkentve az útvonaltöbbletet. Hasonlóan változott meg a forgalom szerkezete Írország, valamint Svédország és Dánia esetében is.

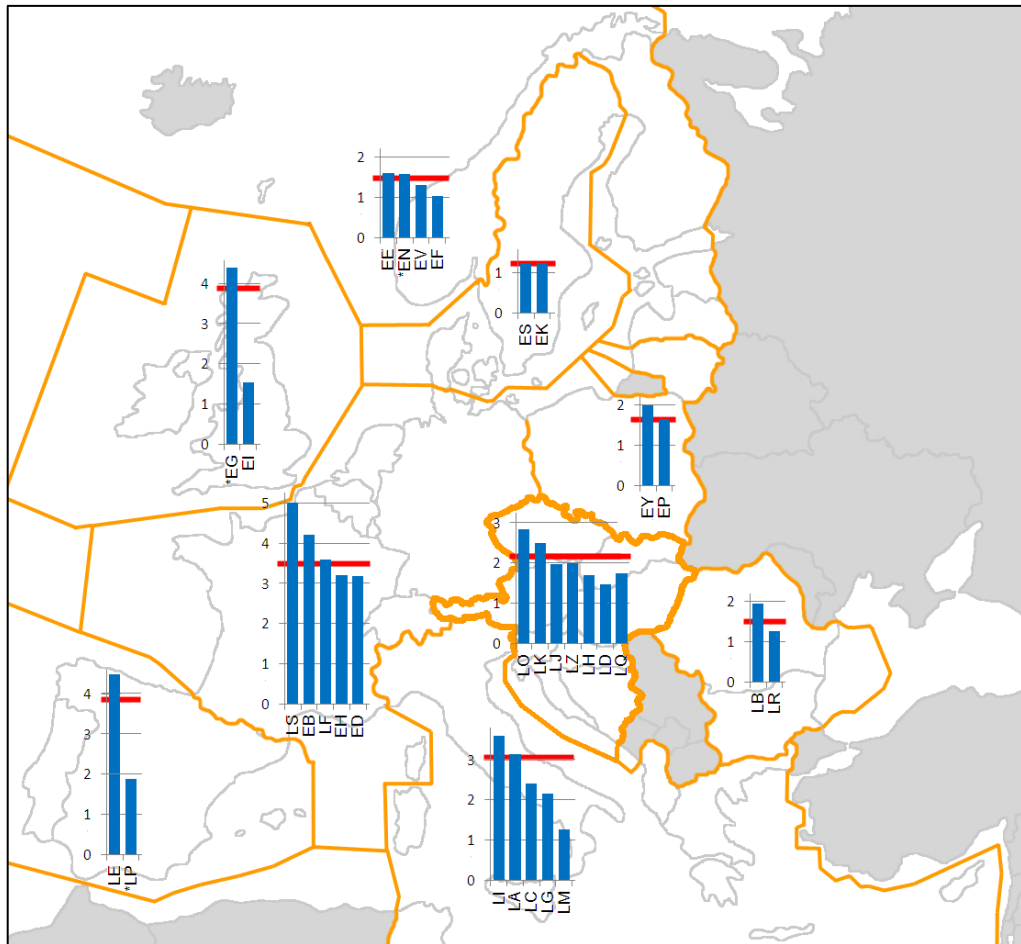


65. ábra.

*A portugál és a spanyol légtérekben (2014. január 21-én)
haladó járatok útvonali profiljának összehasonlítása*

(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottsága először 2013-ra vonatkozóan készítette el az új módszertanon alapuló útvonalhatékonysági értékelését, melynek során ugyan – a korábbiakhoz hasonlóan – a járatok repülési terv szerinti útvonalát hasonlította össze a gömbi főköri távolsággal, azonban ebben a jelentésben már nem csak várospárokra, hanem területileg is, országokra és funkcionális légtérblokkokra vonatkozóan is elvégezte az elemzéseket (66. ábra). Az országok útvonalhatékonysági adatait megvizsgálva látható, hogy azokon a területeken, ahol a szabad útvonalú légtérrel bevezették, sokkal kisebb az útvonaltöbblet, mint a szomszédos vagy környező országokban. Így a fentebb vizsgált Portugália esetében 2% alatt van, míg a szomszédos Spanyolországban 4% felett. Hasonló a helyzet Írország (1,8%) és az Egyesült Királyság (4,1%) esetében is.



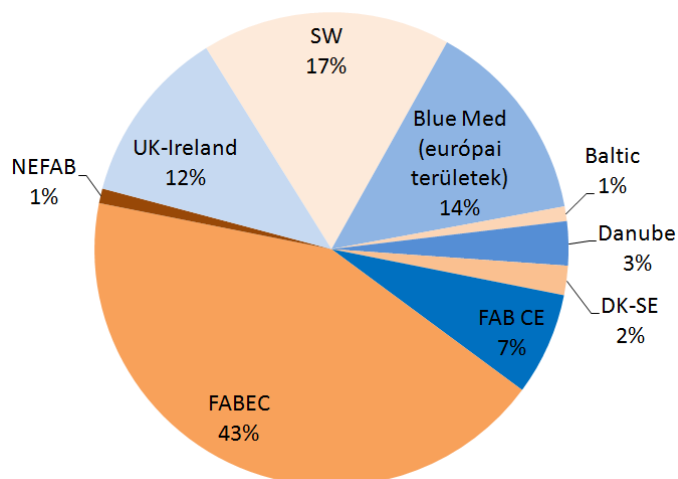
66. ábra.

Az útvonal többlet országokénti és funkcionális légtérblokkokra vonatkozó átlagos értékei
(Performance Review Report 2013. adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

(A *-gal jelölt országok esetén az adatok csak a kontinentális területekre vonatkoznak. A Blue MED FAB adatai nem foglalják magukba a FAB-hoz tartozó Tunézia és Egyiptom adatait.)

A rövidítések az ICAO által használt országkódok: EG – Egyesült Királyság, EI – Írország, LS – Svájc, EB – Belgium, LF – Franciaország, EH – Hollandia, ED – Németország, LE – Spanyolország, LP – Portugália, LI – Olaszország, LA – Albánia, LC – Ciprus, LG – Görögország, LM – Málta, LB – Bulgária, LR – Románia, LO – Ausztria, LK – Csehország, LJ – Szlovénia, LZ – Szlovákia, LH – Magyarország, LD – Horvátország, LQ – Bosznia–Hercegovina, EY – Litvánia, EP – Lengyelország, ES – Svédország, EK – Dánia, EE – Észtország, EN – Norvégia, EV – Lettország, EF – Finnország.

A teljes útvonal többletből is viszonylag kicsi a részesedésük a szabad útvonalú légtérrel rendelkező FAB-oknak (67. ábra). Ugyanakkor azonban az is látható, hogy a periférián való elhelyezkedés is hozzájárulhat egy adott légtérblokk esetén az alacsony értékhez, mivel a periférikus elhelyezkedésű, de szabad útvonalú légtérrel nem rendelkező NEFAB és Baltic FAB esetén a legkisebbek a mért értékek (mindkét esetben 1%).



67. ábra.

*Az útvonalatöbblet megoszlása funkcionális légtérblokkonként
(Performance Review Report 2013. adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

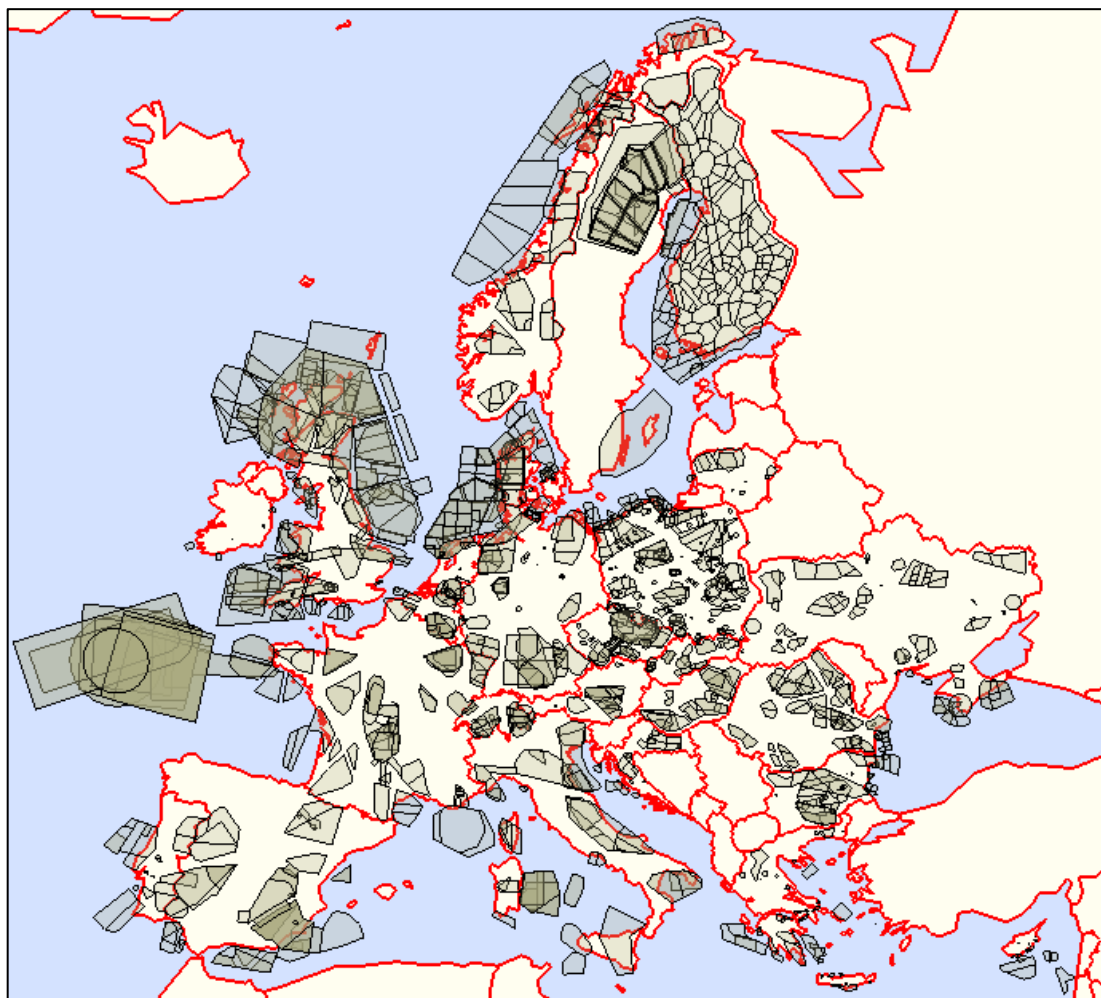
A szabad útvonalú légterek bevezetése a következő években folytatódik Finnországban, Norvégiában, a MUAC⁷¹-országokban és Szerbiában, valamint a mediterrán térség egyes részein. A tervezett Funkcionális Légtérblokkok közül a FAB EC, Blue MED, FAB CE és Danube légtérblokkok területén egyelőre csak éjszakai időszakban tervezik a szabad útvonalak bevezetését.

A szabad útvonalakat idővel integrálják az ATS-útvonalakba, a cél pedig az, hogy a szabad útvonalú légterek nagyságának és számának növelésével létrehozzanak egy olyan egységes európai légteret, amely lehetővé teszi harmonikus alkalmazásukat Európa teljes területén.

⁷¹ Maastricht Upper Area Control Centre, EUROCONTROL – Maastricht Magaslégtéri Légiforgalmi Irányító Központ: a Maastricht Aachen repülőtéren található irányító központ 24 500 láb felett irányítja a repülőgépeket Belgium, Luxemburg, Hollandia és Északnyugat-Németország felett.

7.1.3 Stratégiai szintű katonai légtérhasználat

Valamennyi ország területén a katonai műveletek számára légtereket különítettek el, melyeknek a katonaság a kizárólagos használója (68. ábra). Európa légtérében így sok kisebb-nagyobb területet zártak el a polgári légiforgalom elől, ezáltal is növelve a polgári repülőgépek által megtett útvonalak hosszát (SZTRUNGA E. 2011).



68. ábra.

*Időszakosan elkülönített és időszakosan korlátozott légterek
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)
(A légterek árnyalata a vertikálisan elhelyezkedő légterek száma szerint sötétedik.)*

A bevezetésre kerülő funkcionális légtérblokkokban (és napjainkban is már számos területen) rugalmas légtérfelhasználást⁷² fognak alkalmazni, ami azt jelenti, hogy a korábban katonai célokra használt légtereket időben megosztva hasznosítják, vagyis polgári célra is igénybe lehet majd venni azokat, ami segíteni fogja a légiforgalom gyorsabb és akadálymentesebb áramlását. A rugalmas lég-

⁷² Flexible Use of Airspace – FUA

térfelhasználás egy olyan légtér gazdálkodási koncepció, melynek értelmében a légteret nem csak polgári vagy katonai légtérnek kell tekinteni, hanem egységes egészként, ahol minden felhasználó követelményeit a lehető legnagyobb mértékben kell teljesíteni. A légtérblokkokban akadálymentes légiforgalmi áramlást az úgynevezett feltételes útvonalak⁷³ biztosítják. A feltételes útvonalaknak három típusa létezik. A CDR1-es útvonalak állandóan tervezhetőek (állandóan lehet repülési tervet beadni az útvonalra), az egyes országokra vonatkozó Légiforgalmi Tájékoztató Kiadványban⁷⁴ meghatározottak szerint, az Európai (napi) Légtérfelhasználási Tervben⁷⁵ közzétett időszakban. A CDR2-es útvonalak általánosságban zárva vannak, de néha tervezhetőek a napi Légtérfelhasználási Terv közzétételének megfelelően. A CDR3-as útvonalakra sohasem lehet repülést tervezni, hanem az aktuális légtérhasználattól függően a légiforgalmi irányítás utasítására repülhetnek rajtuk a járatok.

Ahhoz, hogy a járatok feltétel nélkül tudjanak tervezni egy katonai légtéren átvető útvonalra, szükséges lenne, hogy az CDR1-es kategóriába tartozzon, állandóan nyitva legyen. A tagállamok azonban számos esetben, az útvonalakat CDR2-esként jelölik meg, vagyis nem állandóan tervezhetőek, ugyanakkor a napi légtérfelhasználási tervben 24 órás időtartamra megnyitják. Ez felveti azt a kérdést, hogy az ilyen esetekben a tagállamok miért nem minősítik át az útvonalakat CDR1-es kategóriába a könnyebb tervezhetőség érdekében.

7.1.4 Egy különleges helyzetű európai légtér (esettanulmány)

Az Európa és a Közel-Kelet közötti, északnyugat-délkelet irányú fő áramlási tengely mentén fekvő délszláv államok, politikai helyzetükből fakadóan nem tudtak bekapcsolódni az integrációs folyamatokba. Szerbia, Montenegró, Macedónia és Koszovó egyelőre nem tagja egyik formálódó funkcionális légtérblokknak sem, ezzel erősen hátráltatják az egységes európai légiközlekedés kialakítását.

A Nyugat-Balkán államai közül a legkülönösebb helyzetben van Koszovó.⁷⁶ Az önállóságát kikiáltó, de függetlenségében korlátozott, a nemzetközi közösség felügyelete alá helyezett ország egyelőre igényli a nemzetközi polgári és katonai jelenlétet (SULYOK G. 2008). A Koszovói Köztársaság alkotmánya 2. cikkének 3. pontjában megfogalmazódik, hogy „a béke fenntartása és a nemzeti érdekek védelme érdekében a Koszovói Köztársaság egy nemzetközi biztonsági rendszer résztvevője lehet”. A közrendet a NATO, valamint az Európai Unió rendészeti-igazságügyi missziója segítségével tartják fenn, mely szervezeteknek a gazdasági életben is kiemelkedő szerepük van, tekintve, hogy egyrészt rendszeres segélyben részesítik a formálódó államot, másrészt a Koszovóban működő legjovendelmezőbb vállalkozások is ezekhez a szervezetekhez köthetőek (KOVÁCSICS F. 2010). A rendészeti és légiforgalmi irányítási feladatok külső erők (NATO, ENSZ és EU) által történő ellátása révén

⁷³ Conditional Routes – CDRs

⁷⁴ Aeronautical Information Publication – AIP

⁷⁵ European Airspace Use Plan – EAUP

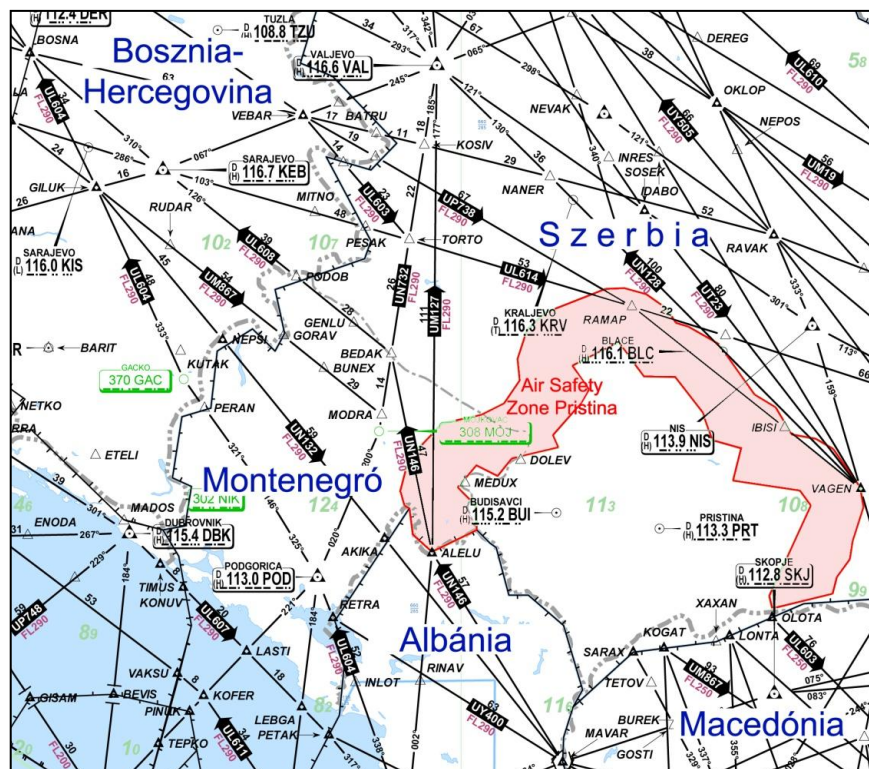
⁷⁶ Bár Koszovó függetlenségét csak alig több, mint száz ország ismerte el, tekintettel arra, hogy az ENSZ Közgyűlése kezdeményezésére a hágai Nemzetközi Bíróság 2010-ben tanácsadó véleményében nem minősítette a nemzetközi joggal ellentétesnek a függetlenség kikiáltását, a továbbiakban az állam kifejezést használom.

– mivel hivatalosan egyelőre függetlenségében korlátozott szuverén államról van szó, – a Chicagói Egyezmény értelmében nem sérül szuverenitása, sőt Koszovó kifejezetten kéri a külső segítséget, többek között a polgári légiforgalom beindításához.⁷⁷

Az elmaradott gazdasági helyzetben Koszovónak nincs megfelelő légiforgalmi irányítással rendelkező polgári légitársaság. A terület feletti légiforgalom irányítása korábban a jugoszláv, majd kis-jugoszláv fővárosból, Belgrádból történt. A háborús övezetnek számító terület felett az ENSZ Biztonsági Tanácsa 1244. számú határozata alapján, biztonsági okokból a felső légtér ellenőrzési jogát a NATO vezette biztonsági erők kapták meg. A felső légtérben (28 500 ft magasság felett) 2014. április 3-ig egyáltalán nem volt polgári légiforgalom (ennek nem csak politikai, hanem technikai okai is voltak, például a kétoldalú és multilaterális szerződések hiánya, valamint a polgári irányítás technikai feltételeinek hiánya), a katonai forgalmat teljes mértékben a NATO felügyelte. A NATO-felügyelet időszakában az ország egyetlen nemzetközi polgári repülőtéréről, Pristinából irányították a 9 km-es magasság alatti légtérrel, melyben a repülőtérre leszálló és onnan felszálló forgalom zajlott. Bár a forgalom túlnyomó részét a KFOR helikopterei képezték (setimes.com, 2011), részben a békefenntartóknak és az azokhoz kötődő vállalkozásoknak köszönhetően – naponta átlagosan 19,1 (nyári időszakban 25, téli időszakban 13,5) járat kötötte össze az országot Nyugat-Európával (Adem Jasheri Airport, 2011). Ez a forgalom a térség más, nagyobb repülőtereivel összehasonlítva számottevőnek mondható, mert a politikai, valamint a társadalmi–gazdasági stabilitás kisebb vagy nagyobb mértékben magasabb fokán álló környező államokban ennél alacsonyabb az átlagos napi forgalom (Szarajevó: 15,2; Skopje: 14,7; Podgorica: 16,4 járat/nap) (EUROCONTROL 2011).

A 69. ábrán látható, 2012. januári kiadású, módosított és kiegészített JEPPESEN-térkép részlete jól mutatja, hogy a terület felett teljes mértékben hiányoztak a magaslégtéri útvonalak. Azoknak az áthaladó gépeknek, melyeknek az útvonalába esett a terület, ki kellett kerülniük a mintegy 10 000 km² területű légtérrel. A Szerbiával határos területeken – szintén biztonsági okokból – 25 km széles védelmi zónát alakítottak ki (Air Safety Zone Pristina) szerb területen. Ez azt jelenti, hogy Szerbia nem tudta gyakorolni teljes szuverenitását sem az általa el nem ismert koszovói területeken, sem a szerb területet lefedő 25 km-es védelmi zónában. Szerbia továbbra sem ismeri el Koszovó önállóságát, sőt, történelmi jogaira (egy 814-ből származó angol térkép alapján megfogalmazott 1300 éves jelenlétre /PAP N. 2010/) hivatkozva igénylik a terület feletti fennhatóságuk helyreállítását. Azonban az állandó NATO jelenlét miatt törekszenek a hosszú távú békés megoldás megtalálására, mint ahogy az Európai Unió is a két ország közötti viszony rendezését jelölte meg a csatlakozás egyik feltételként.

⁷⁷ A kérdés kiemelt jelentőségét az is jelzi, hogy Koszovó külön cikkelyként beemelte alkotmányába a polgári repülési tevékenységet és a légiforgalmi irányítási szolgáltatás létrehozását: „A Koszovói Köztársaság Polgári Légügyi Hatósága, a törvényi előírásokkal összhangban, szabályozza a Koszovói Köztársaságban a polgári repülési tevékenységet, és légi irányítási szolgáltatást nyújt.” A Koszovói Köztársaság Alkotmánya 130. cikk.



69. ábra.

Koszovói légtér a Szerbia és Montenegró területe feletti 25 km-es biztonsági zónával és a légtér megnyitása előtti környező légi útvonalakkal (JEPESEN Europe High Altitude Enroute Charts 13. January 2012. alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

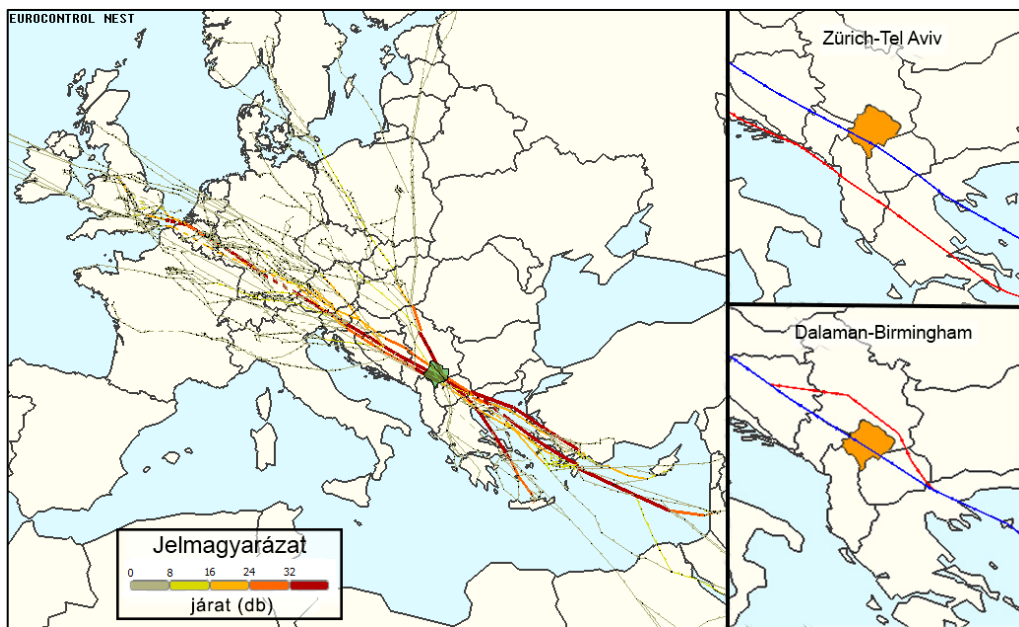
A koszovói szuverenitási törekvéseknek megfelelően a NATO is arra törekedett, hogy megoldást találjon a terület átmenőforgalomba történő bevonására. Ezt az Európai Unió, valamint számos légitársaság is szorgalmazta, mivel a terület felett történelmileg kialakult, fontos nemzetközi útvonalak vezettek át. Ezért a NATO 2011 decemberében egyes térségbeli országoknál (Macedóniánál, Albániánál, Olaszországnál és Magyarországnál) kezdeményezte, hogy vállalják át a felső légtér ellenőrzését és irányítását, mivel Koszovó még nem rendelkezik megfelelően kiképzett szakemberállománnyal.⁷⁸ 2012 áprilisában a NATO Magyarországot, illetve a magyar légiforgalmi irányítási szervezetet választotta a tevékenység ellátására.

A jogi és technikai feltételek megteremtését követően a légtér 2014. április 3-án nyitotta meg a magyar légiforgalmi irányító központ. *A koszovói légtér Magyarországról történő irányítása az első olyan európai megoldás, amelynek során a légtérben folyó repüléseket távolról irányítják, ezért különösen fontosak az itt szerzett tapasztalatok.*

Tekintve, hogy a Koszovón átvezető útvonalak ÉNY-DK és É-D irányúak, az új légtér elsődlegesen a Közel-Keletet Nyugat-Európával, illetve a Görögországot Közép-Európával összekötő járatok használják (70. ábra). A légtér megnyitásának hatása egészen a Brit-szigetekig elér, sőt, egyes transzatlanti járatok is használták már az első hónapok során is. Azáltal, hogy az útvonalak tervezése

⁷⁸ Egy nemzetközi pályázat keretében 2011-ben nyerte el egy svéd képzési központ (Entry Point North) a koszovói légiforgalmi irányítási szakemberek képzésének jogát. A képzések 2012-ben kezdődtek meg.

során nem kell kikerülni a koszovói légteret, a járatok átlagosan mintegy 20 mérföld útvonalcsökkentést érnek el. Az előrejelzések szerint hosszú távon naponta átlagosan közel 500 járat fog áthaladni ezen a területen (www.hungarocontrol.hu, 2014). A megtakarított útvonalak így jelentősen hozzájárulnak az üzemanyag-fogyasztás, és így a környezetterhelés, valamint az effektív költségek csökkentéséhez.



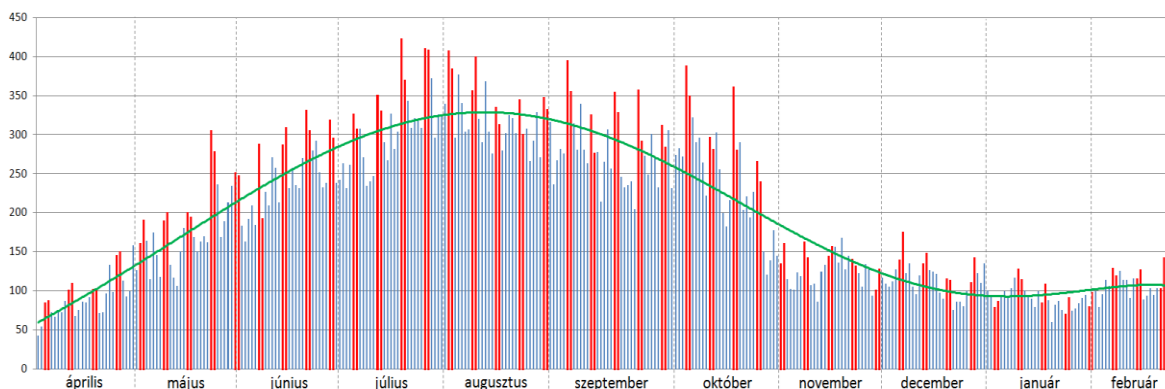
70. ábra.

A Koszovó felett újranyitott légtér forgalma 2014. május 25-én az egyes útvonalak napi járatszámával és két járat útvonala a légtérnyitást megelőzően (2014. március 30-án) (piros színnel), illetve azt követően (2014. május 25-én) (kék szín)

(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Az üzemeltetők hamar felismerték az új útvonalaszegmensek által nyújtott hatékonyabb útvonalakban rejlő lehetőségeket, így a forgalom már május második felében elérte a napi 300 járat szintet, a nyár közepén pedig már 400 fölött tetőzött (71. ábra).

Bár a teljes európai légiforgalom a hétvégi időszakban alacsonyabb a hétköznapinál, a Koszovó felett áthaladó forgalom mértéke hétvégén nagyobb. Az előzetes feltételezés szerint ennek az oka a hétvégén jelentős mértékben megnövekvő turisztikai forgalom a mediterrán térségben. Azonban alaposabban megvizsgálva a forgalmi adatokat, ennél árnyaltabb képet kapunk.



71. ábra

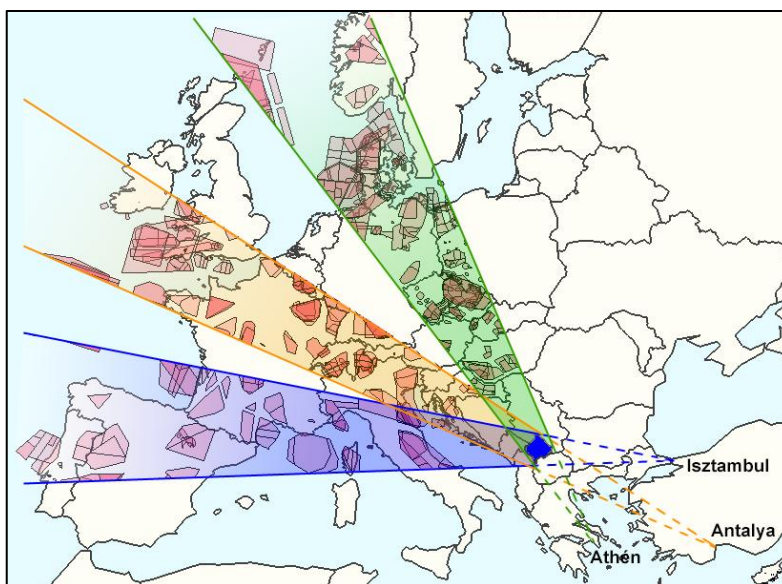
A koszovói légteret egy nap alatt igénybe vevő járatok számának alakulása a légtér megnyitását követően (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.) (piros oszlop: hétfégi napok, zöld vonal: trendvonal)

Egy konkrét nap forgalmi adatainak vizsgálatával más, jóval távolabbi földrajzi területtel kapcsolatosakra is következtethetünk. A légtér megnyitását követően május utolsó hétféjén kiemelkedően magas forgalmat bonyolított le a légtér, így ennek a hétféjének (konkrétan május 24-e, szombat) Koszovó feletti forgalmának meghatározásával kezdtem a vizsgálatot. Ezen a napon 306 járat haladt át a légtéren (közel kétszerese, mint az előző napon, pénteken, amikor 163 járat volt). Megvizsgáltam a szombati forgalom járatainak várospárjait, és a vizsgálat további részében az e várospárok közötti járatok útvonalát vettem figyelembe. Ez alapján elsőként megállapítottam, hogy a forgalomnövekedés részben a hétféjén megnövekedő turisztikai üdülőforgalomra vezethető vissza, mivel a szombati járatok többsége mediterrán üdülővárosba irányuló forgalom volt. A szombati járatok közül egyes várospárok között péntekhez képest nőtt a hétfégi járatok száma (például a Mugla-Dalaman-Manchester, Chania-Bergen, Larnaca-London/Gatwick útvonalakon), míg más várospárok között a forgalom a pénteki napon teljesen hiányzott (például Köln–Bonn-Kos, London/Gatwick-Diagoras, London/Stansted-Izmir). A várospárokat érintő teljes forgalom azonban igen eltérő mértékben használta a koszovói légteret a két napon. Míg pénteken a vizsgált várospárok közötti teljes forgalomnak csak a 46,6%-a repült át Koszovó felett, szombaton ez az arány jóval nagyobb volt (67,9%). Ebből tehát arra következtethetünk, hogy a teljes térségbeli forgalom mértékétől függetlenül más tényező is közrejátszik a hétköznapi és hétfégi forgalom-különbségben.

Egyesével megvizsgáltam a várospárok közötti pénteki és szombati forgalom pontos útvonalát. Ez alapján láthatóvá vált, hogy pénteken a járatok többsége bizonyos nyugat-európai katonai légtereket kénytelenek elkerülni, ezáltal a teljes útvonal tervezésekor Koszovó kerülésére is kényszerülnek (72. ábra). Mivel a katonai célokra használt, időszakosan elzárt vagy időszakosan elkülönített légtereket a légierő hétköznapiakon használja, hétféjén azok teljes területe korlátozások nélkül a polgári forgalom rendelkezésére áll. Így az egyes hétfégi járatok tervezésekor a katonai légterek használatával lehetővé válik, hogy a kényszerű kerülőútvonal nélkül az egyébként a várospárok között fekvő

koszovói légtéren való áthaladást is a repülési tervbe vegyék.⁷⁹ Emellett a hétköznapi időszakban nagyobb Nyugat-Európai forgalom következtében a légtér telítettségéből származó kapacitásproblémák szintén hozzájárulhatnak a kerülő útvonalak kialakításához, melyek visszahathatnak a Koszovó feletti légtér használatára.

Ezek az eredmények felhívják a figyelmet arra, hogy az európai légiforgalom tervezése során a különböző korlátozó tényezők az azok felmerülési helyétől jóval távolabbi térségekre is komoly hatással lehetnek.

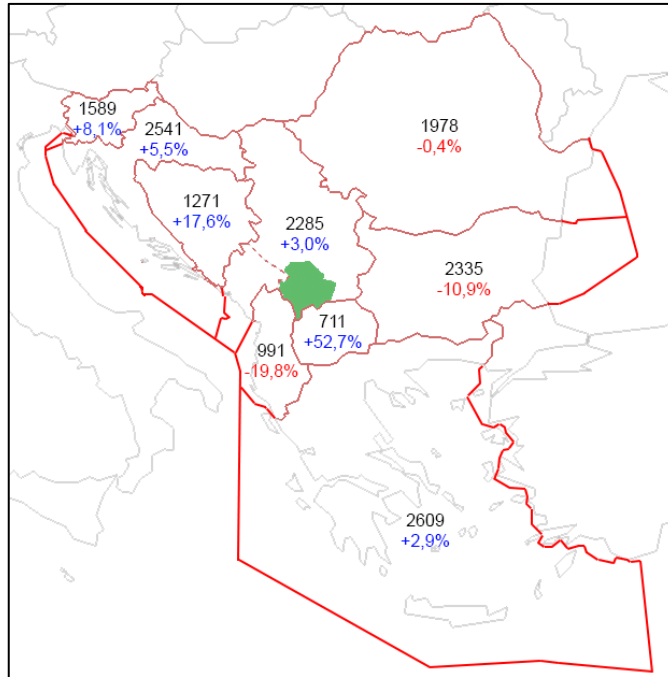


72. ábra

*Elméleti összefüggések egyes városok járatainak útvonala,
a koszovói légtér és a távolabbi katonai légterek között
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

A koszovói légtér megnyitása hatással lesz a környező országok forgalmára is. Az EUROCONTROL előrejelzése (EUROCONTROL Network Manager 2013) szerint egyes országokban a forgalom növekedése, míg más területen csökkenés várható (73. ábra). A legnagyobb mértékben feltehetőleg Macedónia forgalma fog növekedni (az előrejelzés szerint több mint 50%-kal), de jelentős lesz a növekedés Bosznia–Hercegovina, Horvátország és Szlovénia területe felett is, vagyis a 70. ábrán látható fő áramlási tengely mentén. Ugyanakkor a szomszédos Albániának, ahol korábban a koszovói légtér lezárása következtében a forgalom nagy része bonyolódott, jelentős forgalomcsökkenéssel (és így komoly bevételkieséssel) kell számolnia.

⁷⁹ Természetesen a járatok útvonalának tervezését nem manuálisan végzik. Így a szoftverek automatikusan (a korlátozó tényezők figyelembe vételével elérhető) lehető legrövidebb útvonalat fogják felajánlani.



73. ábra.

A Balkán-félsziget légtereinek forgalma (darab járat) a koszovói légtér megnyitása előtt (2013. augusztus 17.) és a forgalom várható változása a légtér megnyitását követően (az EUROCONTROL Network Manager adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

7.2 Az útvonalhatékonyság előtaktikai szintű tényezői és tervezési feladatai

Az útvonalhatékonyság előtaktikai szintű tényezői és tervezési feladatai már közvetlenül hatással vannak az üzemeltető által benyújtott repülési tervben feltüntetett útvonalra, befolyásolják, hogy a repülési terv szerinti útvonal mennyivel hosszabb a közvetlen útvonalnál. *Ide sorolható a repülési terv elkészítése és jóváhagyásának folyamata, az útvonaldíjak figyelembe vétele, az előtaktikai szintű katonai légtérhasználat, valamint befolyásoló tényezők lehetnek a különböző politikai okok vagy az iparágat érintő sztrájkok, esetleges vulkánkitörések.* Mindezen tényezők együttes hatásának eredményeként készül el a járat repülési terve.

Egyes nyugat-európai légiforgalmi irányító központokba – ahol a forgalom kiemelkedően magas – különböző előrejelzéseket készítenek a következő napi forgalom felvázolása érdekében, melynek során megpróbálják azonosítani azokat az esetlegesen kialakuló gócpontokat, ahol a forgalom torlódása várható. Majd szimulációk segítségével megvizsgálják, hogy mi lehet a hatása néhány járat új útvonalra történő tervezésének, a zsúfolt szektorból egy kevésbé forgalmasabb szektorba történő átirányításának. Ezek a tevékenységek is az előtaktikai szintű tervezéshez tartoznak, de csak némelyik, forgalmi és kapacitási problémákkal jelentkező nyugat-európai országban jelennek meg.

Érdekes jelenségre lehetünk figyelmesek, ha az előtaktikai szintű tervezési feladatok egymáshoz való viszonyát megvizsgáljuk. Az egyes feladatok ugyanis időrendben, részben egymásra

épülve követik egymást. Így a repülési terv elkészítésénél figyelembe kell venni a többi tényezőt is, tehát az útvonaldíjakat, a katonai légtérhasználatot, a politikai tényezőket és a sztrájkokat.

7.2.1 Repülési terv

Az európai légteret használó járatoknak a repülés megkezdése előtt repülési tervet kell készíteniük, amelyet el kell küldeniük az EUROCONTROL Útvonalkezelő Központjába,⁸⁰ ahol a repülési tervet ellenőrzik a légtér szerkezete és kapacitása alapján. Amennyiben a terv beilleszthető az aktuális légi forgalomba, a tervet jóváhagyják és az elfogadott repülési terv egy példányát megküldik az érintett légiforgalmi irányító központoknak. Általánosságban jellemző, hogy a járatok 9%-a esetében a repülési terv módosítására van szükség (European Route Network Improvement Plan, 2013). Ennek gyakori oka, hogy az üzemeltetők nem valós, az adott útvonalon validálható repülési tervet adnak le (sok esetben nem a megfelelő magasságválasztással).

A közforgalmi repülések többségéről, általánosságban a menetrend szerint közlekedő járatokról nem napi szintű, egyedi repülési tervet nyújtanak be, hanem egy-egy (téli és nyári) menetrendi időszakra előre, összesítve küldik be a járatok adatait.⁸¹ Ezek az ismétlődő repülési tervek tehát az egész menetrendi időszakban érvényben vannak, és kevésbé rugalmasan veszik figyelembe a rendelkezésre álló légtér aktuális előnyeit.

Európában egy átlagos napon a mintegy 1800 várospárra vonatkozóan benyújtott repülési tervek több mint 30%-a, több mint nyolcezer terv olyan, ahol az útvonaltervezés nem megfelelő, vagyis nem a rendelkezésre álló legrövidebb útvonalra készült a terv (BUCUROIU, R. 2014). A nem hatékony útvonaltervezés következtében a járatok nem jó hatásfokkal üzemelnek. A problémák részben a rossz légtér-szerkezetből származnak, emellett számos légitársaság nem használja a feltételes útvonalakat (tehát a katonai légterek igénybe vételét) a tervezéskor, mivel túl bonyolultnak tartják azok rendelkezésre állásának megállapítását. A kevésbé hatékony repülési terv benyújtása következtében naponta a járatok 60 ezer mérfölddel hosszabb útvonalat tesznek meg az ideális útvonallal összehasonlítva (BUCUROIU, R. 2014). *A jövőben a hatékony üzemeltetés érdekében ezért mindenképpen szükség van a hatékonyabb tervezésre, pontosabb repülési tervek benyújtására.*

7.2.2 Útvonaldíjak

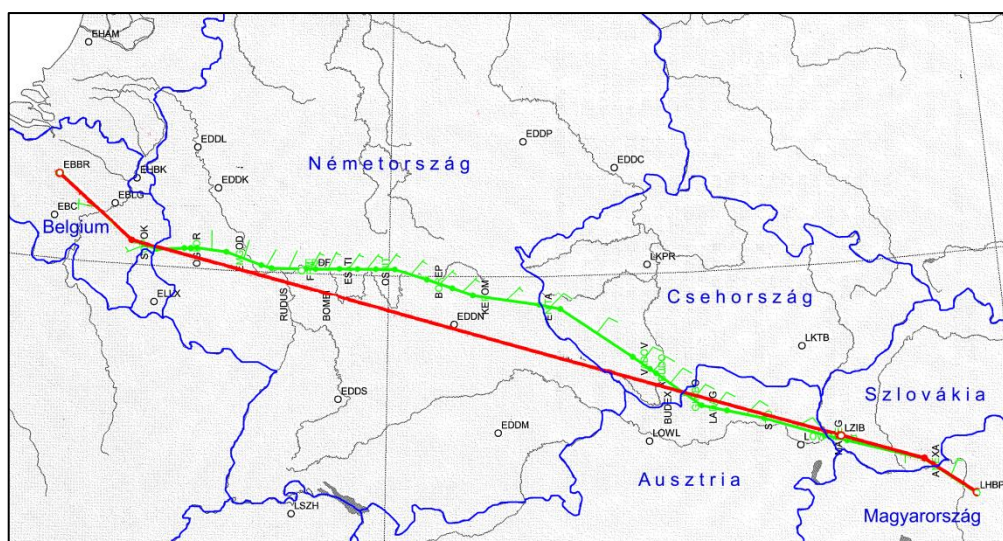
Bár az útvonaldíjak hatása a repülési terv kialakítása során jelentkezik, így az előtaktikai szintű tervezési feladatok között jelenik meg, maguknak a díjaknak a meghatározása stratégiai szinten történik, tehát jóval nagyobb időtávot fognak át. Amikor a légitársaságok a repülés-előkészítési szakaszban megtervezik a járat pontos útvonalát, nem csak azt veszik figyelembe, hogy melyik a legrövidebb

⁸⁰ Network Manager Operations Centre

⁸¹ Repetitive Flight Plan – RPL, ismétlődő repülési terv

útvonal a két városspár között, hanem kiszámolják az időjárási tényezőkkel befolyásolt útvonali időket, az üzemanyag-fogyasztást,⁸² továbbá figyelembe veszik az útvonaldíjakat, és ezek alapján választják ki a leginkább költséghatékony megoldást.

Sok esetben a megtett távolságnál jóval erősebb tényező az egyes országok útvonaldíja, így a járatok tervezésénél érdemes kisebb-nagyobb kitérőket tenni, ha ezáltal hosszabb szakaszt tehetnek meg egy alacsonyabb útvonaldíjjal rendelkező ország légterében. A 74. ábra bemutatja, hogy a Brussels Airlines – jelen sorok szerzője közreműködésével – milyen útvonalat tervezett 2013. június 5-i budapesti járata számára, és az mennyiben tér el az elérhető legrövidebb útvonaltól. Bár a tervezett útvonal hossza nagyobb az ortodrom távolságnál, azonban azért, hogy Németország területére kisebb, Csehország területére viszont hosszabb szakaszt terveztek, az útvonaldíjakban és egyúttal a járat teljes költségére vonatkozóan is nagyobb megtakarítást értek el, mintha a lehető legrövidebb útvonalon repült volna a járat.



74. ábra.

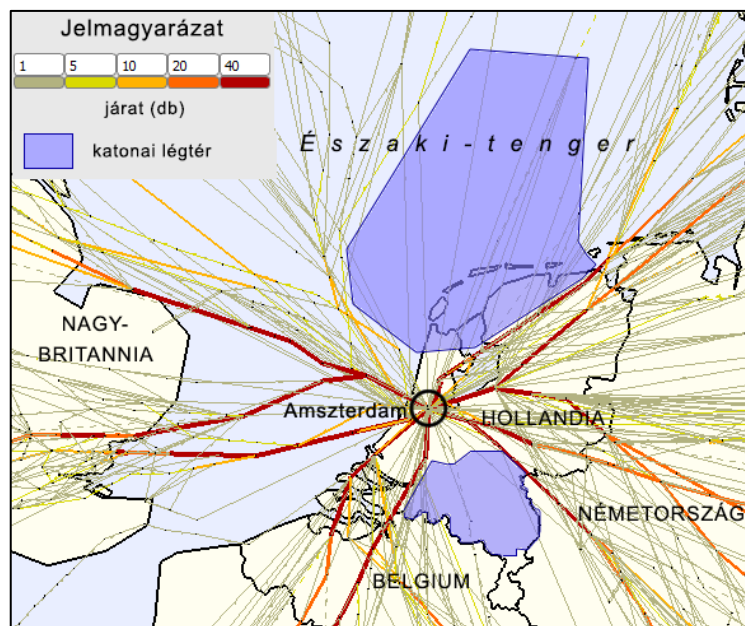
A Brüsszel és Budapest közötti gömbi főköri útvonal (piros vonal) (a töréspontok a közelkörzeti ki- és belépő pontokat jelölik) és a Brussels Airlines 2013. június 5-i budapesti járatának tervezett (repülési terv szerinti) útvonala (zöld vonal)

(az EUROCONTROL CFMU CHMI adatai és a SNERT tervező szoftver adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

7.2.3 Előtaktikai szintű katonai légtérhasználat

A 75. ábra jól szemlélteti, hogy Hollandiában a katonai légterek elkerülésével érkeznek, illetve indulnak a járatok Amszterdam Schiphol repülőtér esetében.

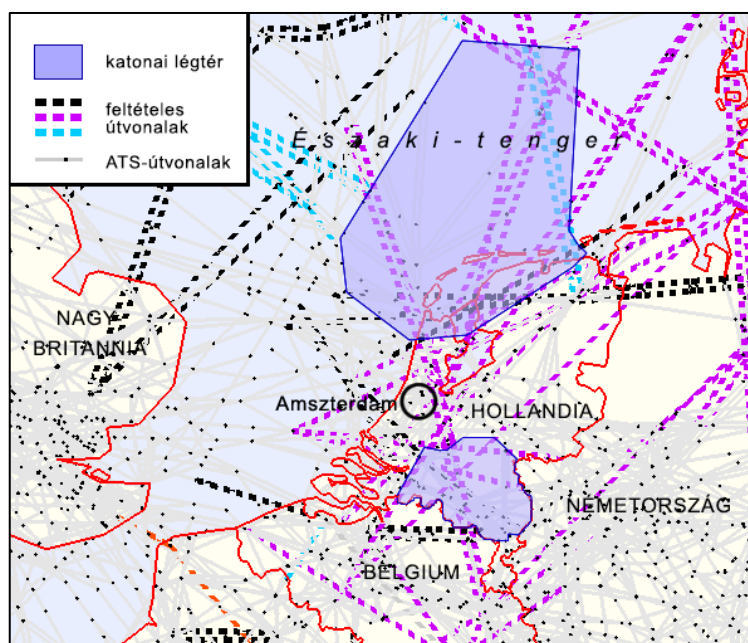
⁸² Abban az esetben, ha a járat késéssel indul, az útvonali szakaszon növelni fogja sebességét a késés behozása érdekében, ami többlet üzemanyag-fogyasztást fog eredményezni. A repülőtérre érve viszont előfordulhat, hogy a leszállásnál a repülőtér kapacitás problémákkal küzd, így előfordul, hogy felesleges volt a megnövelt sebesség. A megoldást a sebesség kontroll bevezetése jelenthetné.



75. ábra.

Az Amszterdam Schiphol repülőtérre érkező és induló járatok (2014. január 21-én) a DDR-adatbázisban (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A 76. ábra a katonai repülőterek fölött levő feltételes útvonalakat mutatja szaggatott lila szín-
nel. Látható, hogy mind az északi, mind a déli részen elhelyezkedő katonai légterek fölött vannak
feltételes (CDR2-es) útvonalak.



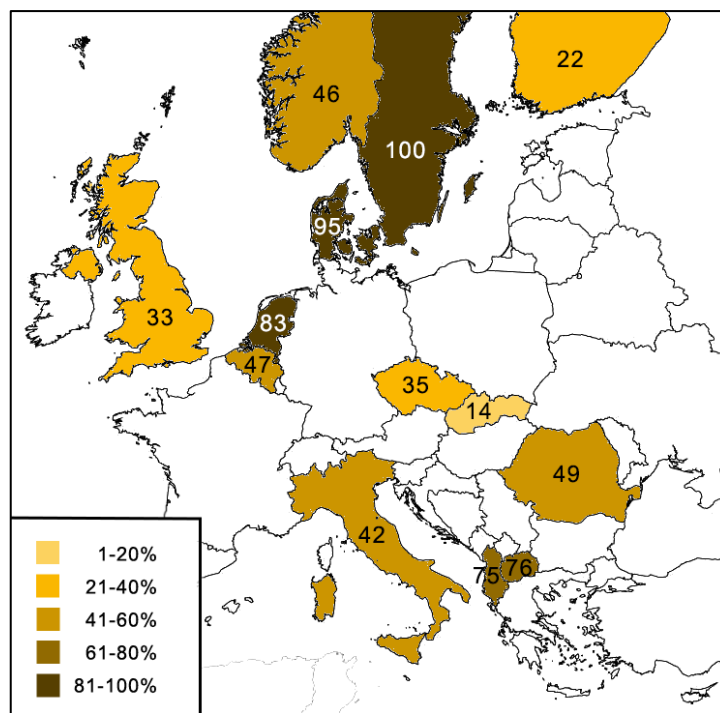
76. ábra.

Hollandia katonai légterei és a feltételes útvonalak

(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

(A térképen ábrázolt katonai légtereket nem érintő feltételes útvonalak más katonai légtereken haladnak keresztül, de ezeket a katonai légtereket a térkép nem ábrázolja.)

Az EAUP adatbázisában áttekintve a rendelkezésre állásukat megállapítottam, hogy az útvonalak szinte egész nap zárva voltak. Ez alapján az feltételezhető, hogy a légierő egész napos katonai műveletekre megigényelte a légteret. A valós légtérhasználatról csak az adott katonai szervezet tud felvilágosítást nyújtani, akik ilyen jellegű információt nem szívesen tesznek közzé. 2013-ban a 39 EUROCONTROL tagállamból 13 tagállam adott információt a valós légtérhasználatról. A többi tagállam nem nyújtott adatot, illetve voltak olyanok, akik úgy gondolták, hogy az elkülönített, illetve korlátozott légterek nincsenek hatással a légiforgalmi irányítási kapacitásra vagy az útvonal használatra (Performance Review Commission 2014). Az információt szolgáltató országok légtérhasználatát a 77. ábrán látható. Az ábra azt mutatja be, hogy a megigényelt légteret milyen arányban használta műveleti tevékenységekre, valamint gyakorlatra a légierő. Arról nem nyújt információt, hogy valójában az év folyamán milyen időszakokra foglalták le a katonai légteret. Csak öt olyan állam volt, amely a megigényelt légteret 75%-nál nagyobb mértékben használta volna katonai műveletekre és gyakorlatokra, a többi állam a megigényelt légteret 50%-nál is kisebb mértékben használta, ami kihasználatlan potenciált jelent.



77. ábra.

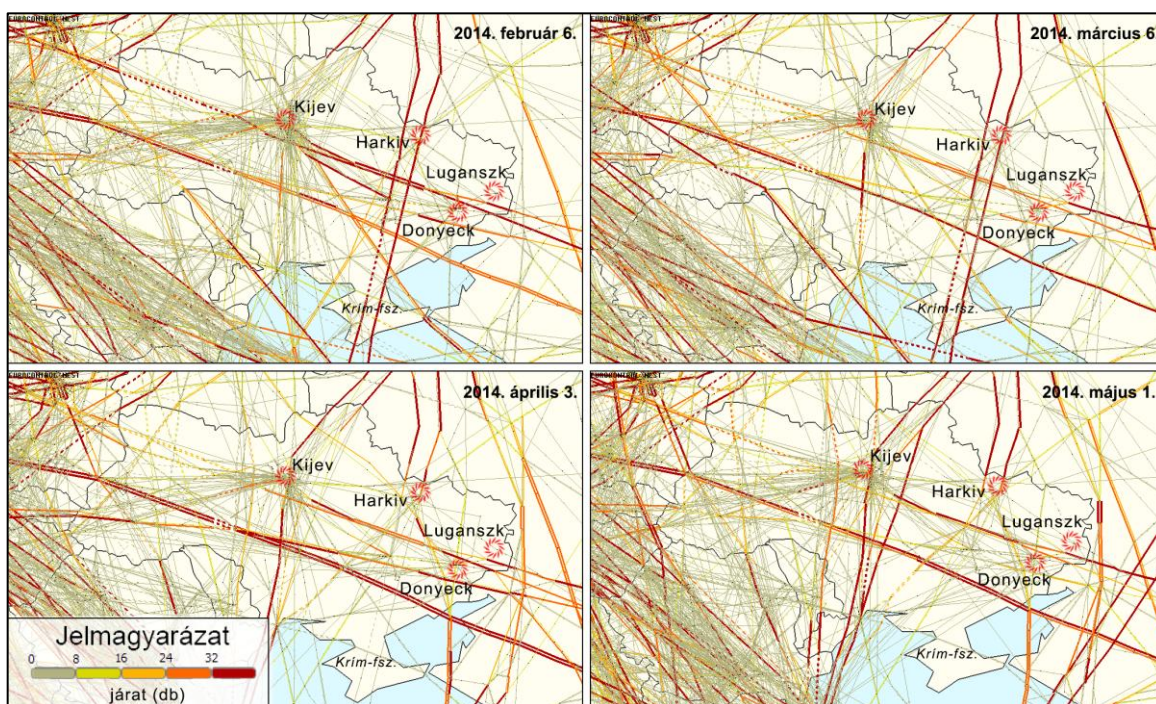
*A katonai légtérhasználat során a megigényelt légterek valódi használatának aránya (%)
(Performance Review Commission 2013. adatai alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

A jövőbeni cél az, hogy azokban az időszakokban, amikor nem használják a légteret katonai műveletekre, nyissák meg a légteret polgári használatra, és a feltételes útvonalakon engedélyezzék a civil járművek átrepülését. Ezzel a lezárt légterek kiiktatásával hozzájárulnának az útvonalhatékonyság javításához.

Annak érdekében, hogy a katonai légitforgalmi irányító központok a polgári légitforgalmi irányító központokkal együttműködve a rugalmas légtérhasználatra, a megosztott légterek minél nagyobb fokú alkalmazására törekedjenek, az EUROCONTOL az útvonalhasználat mérésére alkalmas szoftvert, valamint hatékonysági mutatókat (FUA indicators⁸³) határozott meg. A mutatókkal a jövőben mérhető lesz a feltételes útvonalak használata, valamint az is, hogy mennyi lesz a nyert vagy elvesztett hatékonyság távolságban, időben vagy üzemanyagban kifejezve.

7.2.4 Politikai okok

Az egyes országok közötti konfrontáció is befolyásolhatja a járatok útvonalát. A politikai konfliktusok miatt bekövetkező útvonalkerülések egyik példája a 2014-ben kezdődött Ukrajna és Oroszország közötti feszültség, melynek eredményeként a Szevasztopolból irányított, a Krím-félsziget területére kiterjedő (sőt azon jóval túlnyúló) légtér forgalmát befolyásolta (78. ábra). A politikai és katonai feszültség miatt a nemzetközi járatok többsége elkerülte az irányító körzetet. Ugyanez következett be a következő hónapokban a kelet-ukrajnai térségben is.



78. ábra.

*A Krím-félsziget feletti légtér lezárásából származó forgalmi változások
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)*

⁸³ A legfontosabb mutatók: RoCa – Rate of CDR Availability, RAI – Rate of Aircraft Interested, PFE – Potential Flight Economy, FER – Flight Economy Realised, FEL – Flight Economy Lost

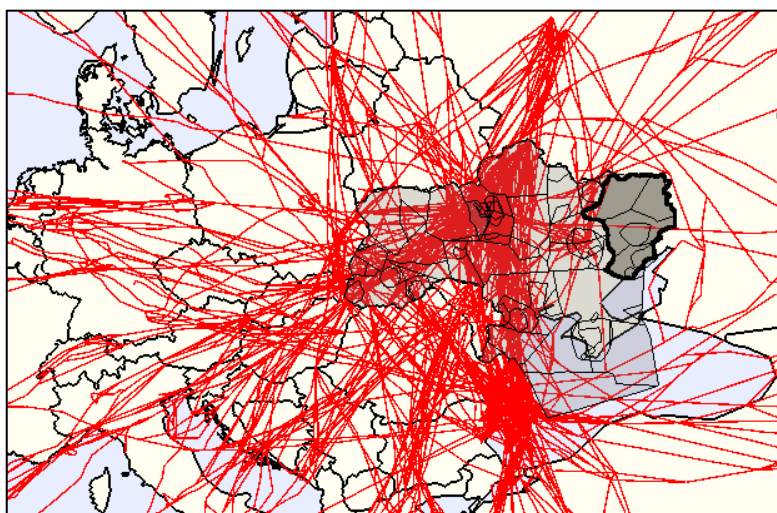
A légtér főként biztonsági okokból történő kikerülése következtében – tekintettel a légtér nagy észak-déli irányú kiterjedésére – viszonylag nagy útvonal többletek keletkeznek a kelet-nyugat irányú forgalomban (79. ábra).



79. ábra.

A Wizz Air légitársaság járatainak kerülőútvonalai a Krim-félsziget instabilitása miatt 2014. május 24-én (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

A fennálló helyzet különlegessége továbbá, hogy az Oroszország fennhatósága alá került krím-félszigeti irányító körzet jóval túlnyúlik a félsziget határain, a továbbra is ukrán közigazgatás alá tartozó területekre is. Később, a maláj légitársaság katasztrófáját követő, Ukrajna keleti részére kiterjedő teljes légtérzár miatt az útvonal többletek a korábbinál is nagyobb mértékben érintik a járatokat (80. ábra). Jól látható, hogy Ukrajna középső részén halad át nagy forgalom a kelet-ukrajnai válság miatt, ezek az útvonalak pedig keresztezik az északnyugat-délkeleti irányú fő áramlási útvonalakat, ami komoly forgalom-növekedéshez is vezet a bolgár és a román légterek tengeri részén.



80. ábra

Az Ukrainát érintő járatok útvonala 2014. július 19-én, két nappal a maláj légitársaság katasztrófája után (az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.) (Sötétebb színnel a kelet-ukrajnai légtérsektorok.)

7.2.5 Sztrájkok

Az útvonaltöbbletek kialakulásához a légitársasági ágazatban dolgozók munkabeszüntetései is hozzájárulhatnak. Mivel a legtöbb esetben a közlekedés biztonsága nem tartható fenn a sztrájkok esetén, azok járatrörléseket vagy a járatok más útvonalakra, más repülőterekre történő irányítását eredményezhetik. Napjainkban éppen a hatékonyság és a biztonság növelését célul kitűző Egységes Európai Égbolt bevezetése elleni tiltakozás következtében rendkívül gyakoriak a munkabeszüntetések, különösen a légitforgalmi irányítók részéről, de az ágazat más területén, így például a biztonsági személyzet, a poggyászkezelők sztrájkjai is a járatok más repülőterekre történő átirányítását eredményezhetik. Ezekben az esetekben a légtereket korlátozott kapacitással üzemeltetik. A sztrájkkal sújtott légtereket körülvevő légterekben ezzel szemben megnövekszik a forgalom, így ezeken a területeken igyekeznek növelni az aktuálisan dolgozó légitforgalmi irányítók számát, a nagyobb kapacitás biztosítása érdekében. Egyedi módon, a 2014. júniusi, hat napos francia és belga sztrájk alatt a leginkább érintett Spanyolország és Svájc az útvonali korlátozásokat is felfüggesztette, ezáltal hozzájárulva a rugalmasabb újratervezéshez. A 81. ábrán a 2014. június 25-i munkabeszüntetések eredményeként kialakult kerülésekre láthatunk példát.



81. ábra.

A 2014. június 25-i franciaországi sztrájk miatti egyes járatkerülések
(az EUROCONTROL Demand Data Repository adatbázisa alapján szerk.: SZTRUNGA E.)

Piros színnel az Iberia Express légitársaság Düsseldorfból Madridba tartó járata a Párizs és Bordeaux környéki lezárt légtereket nyugatról kerülve 1062 mérföldet tett meg a gömbi főköri 777,03 mérföld távolság helyett (37% útvonaltöbblet), 116 perces késéssel. A kék színnel jelölt Jet2-járat Manchesterből Palma de Mallorca-ba repült, szintén nagy, mintegy 94 perces késéssel. A gömbi

főköri távolság (853,14 mérföld) helyett ez esetben is sokkal nagyobb (1139,57 mérföld) utat tett meg a járat (34% útvonaltöbblet). A zöld színnel jelölt EasyJet, bár késés nélkül, de a gömbi főköri távolságnál (758,46 mérföld) jóval hosszabb (884 mérföld) úton tette meg a Franciaországot elkerülő útvonalát (17% útvonaltöbbséggel). A jelentős útvonaltöbbletek miatt az üzemeltetők gyakran nem is indítják el valamennyi, a sztrájkok által érintett járatukat. A leggyakoribbak a munkabeszüntetések Franciaországban, Belgiumban, illetve Olaszországban.

7.2.6 Esetleges vulkánkitörések és más tényezők miatti krízishelyzetek

A 2010-es izlandi kitörést követően az EUROCONTROL az Európai Unió közlekedési minisztereivel közösen létrehozta az ún. Európai Légiközlekedési Krízis-koordináló Egységet⁸⁴ a jövőbeni esetleges válsághelyzetek könnyebb kezelése érdekében. Célja nem csak a légiközlekedési szakma időben történő értesítése a krízishelyzetről, hanem a megfelelő szakmai támogatás biztosítása az ehhez kifejlesztett eszköz⁸⁵ segítségével a problémák azonnali kezelése érdekében.

7.3 Az útvonalhatékonyság taktikai szintű tényezői és tervezési feladatai

Az útvonalhatékonyság taktikai szintű tervezési feladatai a járat üzemelési napján az aktuális útvonalat befolyásoló tényezők és tevékenységek összessége, amelyek meghatározzák, hogy a repülési tervhez viszonyítva milyen lesz a járat aktuális útvonala. *Ide sorolható a légtér telítettsége, a meteorológiai körülmények és egyéb tényezők miatti útvonali kerülések, a taktikai szintű katonai légtérhasználat és a légiforgalmi irányítók által közvetlen taktikai műveletek alkalmazása, valamint a műszaki meghibásodások kezelése.*

7.3.1 Útvonali kerülések

Az útvonali kerüléseknek többféle oka lehet. Kiválthatja a rossz időjárás, a légtér telítettsége és a légiforgalmi irányítás kapacitáshiánya is.

Az útvonalak választásánál sok esetben a légitársaságoknak a hosszabb útvonal és a késés között kell választaniuk. Bár közvetlen többlet-kiadást a hosszabb útvonal választása jelent a légitársaság számára, hosszú távú üzletpolitikájuk figyelembe vételében a késések minimalizálásának ugyanilyen jelentősége van. A kis gépparkkal rendelkező légitársaságoknál komolyabb problémát jelenthetnek a késések, mivel magas a gépek kihasználtsága, így bármilyen késés fennakadást okoz a

⁸⁴ European Aviation Crisis Coordination Cell – EACCC

⁸⁵ European crisis Visualisation Interactive Tool for ATFCM – EVITA

további járatok indulásánál. A késések akkor jelentenek azonnali többletköltséget, ha azok mértéke az összes Európai Unió belüli, 1500 km-nél hosszabb út esetén meghaladja a három, 1500 km-es vagy annál rövidebb út esetén a két órát. Ebben az esetben ugyanis az ellátáshoz való jog (az Európai Parlament és Tanács 261/2004/EK rendelete) keretén belül biztosítani kell az utasok számára a várakozási idővel arányban álló étkezést és frissítőket, valamint utasonként két díjmentes telefonhívást vagy e-mail küldését. (Öt órát meghaladó késés esetén fel kell ajánlani a jegy árának visszatérítését, vagy amennyiben átfoglalás történik, a következő napra szállodai elhelyezést, valamint a repülőtér és a szálláshely közötti szállítást is kell biztosítani.)

Ritkább esetben megoldást jelenthet a repülés tervezésekor a kisebb forgalommal terhelt repülési szint választása is. A légitársaság üzletpolitikája dönti el, hogy a rövidebb útvonalat vagy a késést választják. A legtöbb esetben, főleg üzleti (azaz a nem közforgalmi) járatok esetén a cél a kiadott résidőkhöz⁸⁶ való igazodás kényszerének kiküszöbölése, ezáltal az ebből fakadó várható késés kerülése. Előfordulnak olyan esetek, amikor a járat motorindítás után, de még felszállás előtt (a kigurulás folyamán) kap útvonali slot-ot. Ebben az esetben bármennyire is siet, ritkán szokták újratervezni az útvonalat, kerülő útvonalat tervezve, mert ahhoz többletüzemanyagra van szükség, a tankoló-autó kiállása pedig önmagában is magas költséggel jár. A járatok gazdaságos működtetéséhez minden útvonalra vonatkozóan költség-indexet készítenek, amelynek segítségével a járat személyzete könnyebben tud dönteni, ha választásra kerül sor.

A 2011. szeptember 2-i budapesti járat útvonala mentén, a 82. ábrán sötétebb árnyalattal jelölt területen a légtér telítődött, ami légtér-korlátozást, ez pedig késéseket eredményezett. A járat ebből kifolyólag nem indulhatott el a menetrend szerint meghatározott időben, hanem indulás előtt útvonali slot-ot kapott, ami 22 perces késést eredményezett annak ellenére, hogy a légitforgalmi irányítás a késleltetett indulást követően engedélyezni tudta a közvetlen útvonalon történő repülést.

⁸⁶ Résidő (slot): a rendelkezésre álló menetrendszerű érkezési vagy indulási idő, vagy az az időpont, amelyet egy légi jármű mozgására meghatározott napra kijelöltek egy koordinált repülőtéren (az Európai Közösségek Tanácsa 95/93/EGK rendelete).



82. ábra.

A Malév 2011. szeptember 2-i MAH841 számú Varsó-Budapest járatának útvonalterképe
(forrás: EUROCONTROL CFMU-CHMI⁸⁷)

7.3.2 Taktikai szintű katonai légtérhasználat

A katonai légtereket viszonylag közel jelölik ki a katonai repülőterekhez, ezzel is minimalizálva a gyakorló területek eléréséhez szükséges időt. A kizárólagos vagy speciális felhasználás céljából történő légtérlefooglalás csak ideiglenes jellegű, kizárólag a tényleges felhasználáson alapuló korlátozott időtartamra vonatkozik, és azonnal feloldják, amint megszűnik a lefooglalás okául szolgáló tevékenység.

A légtereket a hétvégi időszakban igyekeznek teljes mértékben polgári használatra bocsátani, azonban annak ellenére, hogy kismértékű a katonai aktivitás ezekben az időszakokban (csak Lengyelországban és az Egyesült Királyság területén fordulnak elő hétvégén katonai műveletek), a feltételes útvonalak használata nem kielégítő, illetve semmilyen fejlődés nem mutatható ki ezen a téren (SZTRUNGA E. 2011).

7.3.3 Közvetlen taktikai műveletek alkalmazása

Az útvonalvezetés során a légiforgalmi irányítás a taktikai fázisban a légi járművek útvonalait lerövidítheti az úgynevezett shortcut-ok segítségével a forgalom erősségétől és a rendelkezésre álló légtér

⁸⁷ Central Flow Management Unit Common Human Machine Interface – Központi Áramlásszervező Egység Adatfeldolgozó Rendszer

telítettségétől függően. Ezek a taktikai műveletek részlegesen hozzá tudnak járulni a nem megfelelő útvonalvezetés hibáinak javításához, a horizontális útvonalhatékonyság javításához. A vertikális útvonalhatékonyság javítását pedig az indulást követő folyamatos emelkedés biztosításával, valamint a folyamatos süllyedési megközelítés alkalmazásával tudják segíteni.

7.3.4 Műszaki meghibásodások kezelése

A műszaki meghibásodások bár nem gyakoriak, ugyanakkor azonnali és kiterjedt beavatkozást igényelnek a forgalom folyamatos áramoltatása érdekében. Ilyen események voltak az utóbbi években:

- 2012. december 7-én egy beázás miatti áramszünet a ferihegyi irányítótoronyban,
- 2014. december 12-én a londoni légiforgalmi irányítás számítógépes rendszerének meghibásodása,
- 2015. március 27-én Hollandiában egy tartományi szintű áramszünet, amely érintette az amszterdami repülőteret is.

Mindhárom esetben a légiforgalmi irányítóközpontok működése leállt, így az érkező repülőgépeket más repülőterekre kellett irányítani.

7.4 Az útvonalhatékonyság műveletek utáni elemzési feladatai

A hatékonyság növelése érdekében szükség van a járatok útvonalának utólagos elemzésére és kiértékelésére. Ez a tevékenység olyan összefüggésekre, kihívásokra képes rávilágítani, amelyek a jelen helyzetben, a három szintű tervezés során esetleg rejtve maradnak, miközben a rájuk adott válaszokkal még tovább növelhető lenne a hatékonyság.

Mivel a járat pontos útvonalának horizontális és vertikális profilja egyaránt rendelkezésre áll, megállapítható, hogy mely szakaszokon repült hatékonyan a járat és mely szakaszokon voltak hiányosságok. Emellett a forgalom összességében is vizsgálható, feltárhatóak a légtér korlátozó pontjai, a telített szektorok, utólagos szimulációkkal vizsgálható, hogy eltérő szektor-konfigurációk alkalmazása milyen hatással lenne a forgalomra. Elemezhetőek a késések, és a belőlük fakadó útvonaltöbbletek. Előrejelzések készíthetőek a forgalom áramlására vonatkozóan.

Az utólagos értékelés az egyes légiforgalmi irányító központokban már jelenleg is rendelkezésre álló különböző grafikus elemző szoftverekkel történhet. Ezen túl az általam is alkalmazott, az EUROCONTROL által rendelkezésre bocsátott SAAM és NEST szoftver is alkalmas rá.

8. A vizsgálatok tudományos eredményei

A dinamikusan növekvő európai légit forgalom, annak gazdasági előnyei mellett a légtér fokozatos telítettségét eredményezte. A légtér korlátozott befogadóképessége miatt a mennyiségi fejlődés jelen körülmények között nem fenntartható. Bár a fejlődés során biztonsági okokból folyamatosan kiemelt figyelmet kellett fordítani a minőségi fejlesztésekre is, az mégsem bizonyult elegendőnek. Az egyes térségekben a teljesítőképességének felső határolót súroló légit forgalmi irányítói szolgáltatás jelenleg csak a gazdasági, és az ennek hatására bekövetkező forgalombeli visszaesés miatt működőképes. Számolni kell azonban a gazdasági válságból történő kilábalás utáni újbóli forgalomműveléssel, ami a jelenlegi körülmények között feltehetőleg majd csak hatalmas késéssel fogja tudni biztosítani a nagyszámú forgalom biztonságos üzemeltetését, így komoly hátráltató tényezője lehet a gazdasági folyamatoknak.

Területenként eltérő a forgalom, ezért a fejlesztésekkel is differenciáltan kell foglalkozni. A kutatások eredményei alapján azonban általánosságban megállapítható, hogy melyek azok a szükség-szerű változások, amelyekkel a jelenlegi gyakorlatot módosítani szükséges.

A kutatás során feltárt általános eredmények

I. A legjelentősebb útvonaltöbbletek a nagy forgalmú térségekben halmozódnak fel. Ilyen nagy forgalmú helyek elsősorban Európa nagyvárosai, a társadalmi–gazdasági szempontból legfejlettebb centrumok, valamint – valamivel kisebb mértékben – a kiemelkedő vendégforgalommal rendelkező turisztikai célterületek. Ahhoz azonban, hogy ezekben a térségekben növekedjen az útvonallhatékonyság, a kontinens más, akár távolabbi, a légiközlekedés által érintett térségében is végre kell hajtani fejlesztéseket, hiszen a járatok tervezése hatással van az egyes útvonalak minden szakaszára. Így az útvonaltöbbletek csökkentésére való törekvés minden tagállam feladata és érdeke.

Az egyes repülőterek napi átlagos járatszáma, tehát a forgalma, és a bekövetkezett útvonaltöbbletek közötti összefüggést megvizsgálva azonban az is látható, hogy nincs szignifikáns összefüggés, mert mind az alacsonyabb, mind a közepes vagy magasabb forgalmú repülőterek esetén is több olyan város van, amelyek útvonaltöbblete magas, és olyan is, amelyeknek alacsony, bár a járatszám növekedésével az útvonaltöbblet-értékek szórása egyre kisebb. Elsősorban tehát nem csak a helyi forgalom nagyságától függ az egyes repülőterek járatainak útvonaltöbblete, hanem a tágabb térség légit forgalmától, valamint olyan más tényezőktől, amik az egyes járatok útvonalán merülnek fel.

II. Nem állapítható meg egyértelműen az sem, hogy az egyes repülőterekhez tartozó járatok útvonaltöbbletei az adott repülőtér szezonális forgalmával egyenes arányúak lennének. Ez szintén azt bizonyítja, hogy nem kizárólag a magas forgalom függvénye az alacsonyabb hatékonyság, abban más, például szervezési, technikai vagy akár földrajzi, jogi, politikai tényezők is közre játszhatnak.

- III. Annak érdekében, hogy az Egységes Európai Égbolt kezdeményezés második referencia-időszaka során pontosabb képet kapjunk az útvonaltöbbletek keletkezésének térbeli helyéről, nem elegendő az útvonalhatékonyságot csak várospárok között mérni, mint ahogy az jelenleg történik, hiszen egy járat a megtett távolság alatt számos országon halad át, így csak a teljes útvonal, illetve annak vonalvezetését vizsgálva lehet pontosan megállapítani, hogy milyen az adott területre vonatkozó hatékonyság. Ezért fontosnak tartom annak vizsgálatát, hogy egy adott területi egységnek milyen az útvonalhatékonysága – a várospáronkénti elemzés mellett. Ehhez az adatok jelenleg is rendelkezésre állnak.
- IV. Az európai légitforgalom gazdasági válság miatti visszaesésének kedvező hatása is volt, hiszen a jelentős környezetterheléssel és többletköltségekkel járó útvonaltöbbletek nagy mértékben mérséklődtek.
- V. A vizsgálatok rávilágítottak a vertikális útvonalhatékonyság gazdasági fontosságára. Eszerint a megtett útvonal hossza csupán az egyik összetevője a hatékonyságnak. Az elemzések során nem elegendő a lerepült távolság horizontális összetevőinek vizsgálata, mivel attól függetlenül, a nem megfelelő emelkedési vagy süllyedési eljárással is növekedhet az üzemanyag-fogyasztás, mely az üzemeltetési költségeket és a környezeti terhelést is növeli.

A konkrét vizsgálatok által elért eredmények

- VI. Ahhoz, hogy a repülési terv szerinti útvonaltöbbletet megkapjuk, a repülési terv szerinti útvonalat nem a jelenlegi módon, a legrövidebb repülési terv szerinti útvonallal kell összehasonlítani, hanem a közvetlen útvonallal, mert az fejezi ki egzakt módon az útvonaltöbbleteket.
- VII. A magassági korlátozó pontok figyelembe vétele a vertikális, a horizontális korlátozó pontok, valamint feltételes útvonalak figyelembe vétele pedig a horizontális útvonalhatékonyság kifejezésére alkalmas. Fontos lenne olyan vizsgálatok bevezetése, melynek során – az eddig is figyelembe vett útvonali korlátozó pontok és feltételes útvonalak mellett – harmadik tényezőként a magassági korlátozó pontokat is bevonják az elemzésekbe.
- VIII. A közvetlen útvonal alkalmazása által egy olyan új modellt alakítottam ki, amely nem csak a hatékonyság földrajzi tényezőit fejezi ki, hanem az útvonalhatékonyság különböző szintű menedzselési feladatainak elemzésére is alkalmas. Az új modell nem csak a hatékonyság számszerű elemzésére alkalmas, hanem a hatékonyság fejlesztéséhez szükséges feladatok meghatározását is biztosítani tudja a különböző tervezési szinteken.

Az eredményeken alapuló javaslatok

- IX. Szükséges az útvonalhatékonyság menedzselésére vonatkozó új kifejezés bevezetése. Ezért – illeszkedve a szakterület eddigi elnevezési gyakorlatához (áramlás-szervezés, angolul flow management) – javaslatom az útvonalhatékonyság-szervezés (angolul route efficiency management) kifejezés használatát.

- X. Szükségesnek tartom a tervezés és menedzselés kiterjesztését az útvonalhatékonyság fejlesztésére is. Az útvonalhatékonyság-szervezés általam meghatározott négy szintű tervezésének elemei:
1. Stratégiai szintű útvonalhatékonyság-szervezés: ide tartozik a légtértervezés a magassági korlátozó tényezőkkel, az útvonaltervezés az útvonali korlátozó pontokkal és a stratégia szintű katonai légtérhasználat a feltételes útvonalakkal.
 2. Előtaktikai szintű útvonalhatékonyság-szervezés: a repülési terv elkészítése és jóváhagyásának folyamatában történő folyamata, az útvonaldíjak figyelembe vétele, az előtaktikai szintű katonai légtérhasználat, valamint befolyásoló tényezők lehetnek a különböző politikai okok vagy az iparágat érintő sztrájkok, esetleges vulkánkitörések.
 3. Taktikai szintű útvonalhatékonyság-szervezés: a légtér telítettsége, a meteorológiai körülmények és egyéb tényezők miatti útvonali kerülések, a taktikai szintű katonai légtérhasználat és a légiforgalmi irányítók által közvetlen taktikai műveletek alkalmazása, valamint a műszaki meghibásodások kezelése.
 4. Műveletek utáni elemzések: a rendelkezésre álló szoftverekkel a közelmúltbeli repülésekre vonatkozó adatok részletes értékelése.

8.1 A kutatás további irányai

Láthattuk, hogy eltérőek a nézőpontok a járathatékonyság, valamint az útvonalhatékonyság értelmezésére vonatkozóan, ezért szükségesnek tartom a jövőben az eltérő nézőpontú kutatások megvalósítását. Ehhez iránymutatóként szolgálhat ez a disszertáció. Segítségével a különböző szakmai szervezetek, légiforgalmi irányító központok, légitársaságok, a légiközlekedési iparág egyéb résztvevői felvázolhatják, hogy számukra mit jelent az útvonalhatékonyság és meghatározhatják azokat az általuk fontosnak vélt teendőket, melyek a hatékonyság növelése érdekében szükségesek. Szükségesnek tartom emellett annak a vizsgálatát, hogy a teljes járathatékonyságra vonatkozóan ki lehet-e alakítani a négy szintű tervezést. A járatok útvonali szakaszán túlmenően elengedhetetlen a közellkörzetek, valamint a repülőterek hatékonyságának vizsgálata. A hatékonysági elemzések mérésére pedig szoftverek, eszközök kifejlesztésére van szükség.

Rövidítések jegyzéke

- AIP (Aeronautical Information Publication) – Légiforgalmi Tájékoztató Kiadvány
- ASM (Airspace Management) – légtér-gazdálkodás
- ATC (Air Traffic Control) – légiforgalmi irányítás
- ATFM (Air Traffic Flow Management) – légiforgalmi áramlásszervezés
- ATM (Air Traffic Management) – légiforgalom szervezés
- ATS (Air Traffic Services) – légiforgalmi szolgálatok
- CANSO (Civil Air Navigation Services Organisation) – Légiforgalmi Irányítók Nemzetközi Szervezete
- CBA (Cross Border Area) – országhatárokon átnyúló légterek
- CDA (Continous Descent Approach) – folyamatos süllyedési megközelítés
- CDR (Conditional Routes) – feltételes útvonalak
- CEATS (Central European Air Traffic Services) – Közép-európai Légiforgalmi Szolgáltatások
- CFMU CHMI (Central Flow Management Unit Common Human Machine Interface) - Központi Áramlásszervező Egység Adatfeldolgozó Rendszer
- CPR (Correlated Position Report) – Korrelációs Pozíció Jelentés
- CRCO (Central Route Charges Office) – Központi Útvonal-használatdíj Iroda
- DDR – Demand Data Repository adatbázisok
- DNM (Directorate Network Management) – az EUROCONTROL Útvonalhálózati Menedzsment Igazgatósága
- EACCC (European Aviation Crisis Coordination Cell) – Európai Légiközlekedési Krízis-koordináló Egység
- EATCHIP (European Air Traffic Control Harmonisation and Integration Programme) – Európai Légiforgalmi Irányítás Harmonizációs és Integrációs Program
- EATMP (European Air Traffic Management Programme) – Európai Légiforgalom Szervezési Program
- EAUP (European Airspace Use Plan) – Európai (napi) Légtérfelhasználási Terv
- ECAC (European Civil Aviation Conference) – Európai Polgári Légiközlekedési Konferencia
- EUROCONTROL (European Organization for the Safety of Air Transport) – Európai Légiközlekedési Biztonsági Szervezet
- EVITA (European crisis Visualisation Interactive Tool for ATFCM) – Európai Krízis-megjelenítő és Kezelő Eszköz
- FAA (Federal Aviation Administration) – az Amerikai Egyesült Államok Légügyi Hivatala
- FAB (Functional Airspace Block) – Funkcionális Légtér-blokk
- FEL (Flight Economy Lost) – elvesztett járathatékonyság (a rugalmas légtérfelhasználás egyik mutatója)
- FER (Flight Economy Realised) – észlelt járathatékonyság (a rugalmas légtérfelhasználás egyik mutatója)
- FIR (Flight Information Region) – Repüléstájékoztató Körzet

FL (flightlevel) – repülési szint (a légitözlekedésben használt távolságmérték a magassági szintek mérésére)

FUA (Flexible Use of Airspace) – rugalmas légtérhasználás

IATA (International Air Transport Association) – Nemzetközi Légi szállítványozási Szervezet

ICAO (International Civil Aviation Organization) – Nemzetközi Polgári Repülési Szervezet

LOA (Letter of Agreement) – az ATC-k közötti Körzeti Együtműködési Megállapodások

MTMA (Military Terminal Manoeuvring Area) – Katonai Közelkörzeti Irányító Körzet

MTOW (Maximum Takeoff Weight) – maximális felszálló súly

MUAC (Maastricht Upper Area Control Centre) – Maastricht Magaslégtéri Légiforgalmi Irányító Központ

NM (Nautical Mile) – tengeri mérföld

PFE (Potential Flight Economy) (nm/idő/üzemanyag) – potenciális járathatékonyság (a rugalmas légtérhasználás egyik mutatója)

PRC (Performance Review Commission) – az EUROCONTROL Teljesítményértékelő Bizottsága

PRR (Performance Review Report) – az EUROCONTROL Teljesítményértékelő jelentése

RAD (Route Availability Document) – Rendelkezésre Álló Útvonalak Dokumentuma

RAI (Rate of Aircraft Interested) – a járatok által igénybevett útvonalak aránya (a rugalmas légtérhasználás egyik mutatója)

RPL (Repetitive Flight Plan) – ismétlődő repülési terv

RoCa (Rate of CDR Availability) – feltételes útvonalak rendelkezésre állásának aránya (a rugalmas légtérhasználás egyik mutatója)

SAAM (System for traffic Assignment and Analysis at a Macroscopic level) – az EUROCONTROL által az útvonalak adatainak kezelésére és tervezésére használt szoftver

SES (Single European Sky) – Egységes Európai Égbolt tervezet

SESAR (SES Air Traffic Management Research Programme) – az Egységes Európai Égbolt tervezetének technológiai eleme

TMA (Terminal Manoeuvring Area) – közelkörzet

TRA (Temporary Restricted Area) – időszakosan korlátozott légterek

TSA (Temporary Segregated Area) – időszakosan elkülönített légterek

VOR (Very High Frequency Omnidirectional Range) – ultramagas frekvenciájú irányítatlan jeladó (a legnagyobb pontosságú iránymérő berendezés a GPS előtti időszakból)

Ábrák és táblázatok jegyzéke

Ábrák

1. ábra. Az európai országok tagállami státuszai	14
2. ábra. A Cleveland-Albany útvonalon elhelyezkedő 3. számú jelzőtorony	20
3. ábra. Transzkontinentális légiútvonal köztes leszállóhelyekkel	21
4. ábra. Európa légiközlekedési útvonalai a két világháború között	22
5. ábra. Magyarország légifolyosói az 1980-as években	23
6. ábra. Magyarország magaslégtéri útvonalterképe a szabad útvonalú légtér 2015. február 5-i bevezetéséig	24
7. ábra. Az európai légiközlekedés fejlődésével felmerült problémák közötti összefüggések	26
8. ábra. Franciaország egyes légiútvonalai a katonai légterek elkerülésével	28
9. ábra. A légiforgalmi irányítás fragmentációjának összehasonlítása	29
10. ábra. Az európai légiforgalom növekedése (az ECAC-tagállamokban)	31
11. ábra. A légiforgalom áramlásának iránya a délszláv háború előtt és alatt, valamint a környező városok légiforgalmának alakulása a háború hatására	32
12. ábra. Az Eyjafjallajökull vulkán 2010-es kitörése miatti légtér-lezárások időtartama	33
13. ábra. A Nyugat-Európa központi területei feletti légiforgalom 2013. július 16-án	34
14. ábra. Az effektív kapacitás és a forgalom nagyságának összehasonlítása	36
15. ábra. A járatok pontossága Európában 2004 és 2011 között	37
16. ábra. A repülés szakaszai egy járat útvonalán	41
17. ábra. A 2015. márciusi útvonaldíjak mértéke azokban az országokban, amelyek az EUROCONTROL közreműködésével bonyolítják le az elszámolást	43
18. ábra. A járathatékonyági mutatók közötti ok-okozati kapcsolatok	43
19. ábra. A horizontális útvonalhatékonyági célkitűzés és a valódi értékek alakulása	44
20. ábra. Az európai légiforgalom horizontális útvonalhatékonyágának alakulása az első referencia-időszakban	46
21. ábra. A várospárok közötti útvonaltöbblet értelmezése	49
22. ábra. Az útvonaltöbblet számításával kapcsolatos ellentmondás egymáshoz közeli várospárok esetén	50
23. ábra. Egyes európai repülőterek közelkörzetének (TMA) területi kiterjedése a belső szektorhatárokkal	54
24. ábra. Az ECAC-tagországok légtereinek területi kiterjedése	55
25. ábra. A járatok száma naponta az ECAC-tagországokban 2013-ban	56
26. ábra. A repülőterek sűrűsége az ECAC-tagországokban	57
27. ábra. A repülőterek sűrűsége az ECAC-tagországokban a lakosság számához viszonyítva	58
28. ábra. A 60 legforgalmasabb európai repülőtér 2013-ban	60

29. ábra. A belső európai forgalom által érintett repülőterek száma (2013) a vizsgált napokon	62
30. ábra. A legforgalmasabb európai repülőterek célállomásainak száma és azok szezonális különbsége a vizsgált napokon az Európán belüli légiforgalom alapján (2013)	63
31. ábra. A 60 legforgalmasabb európai repülőtér átlagos napi járatszáma 2013-ban, az Európán kívüli járatokkal együtt	64
32. ábra. A 60 legforgalmasabb európai repülőtér járatszáma és átlagos járatsűrűsége az egyes célállomásokra az Európán belüli forgalomban 2013. június 5-én	65
33. ábra. A legforgalmasabb napi járatpárok (2013. július 5.)	66
34. ábra. A 60 legforgalmasabb repülőtér járatainak átlagos távolsága 2013. július 5-én	67
35. ábra. A 60 legforgalmasabb európai repülőtérről induló és oda érkező járatok átlagos útvonal-többlete 2013-ban	69
36. ábra. A repülőterek forgalma és a járatok útvonal-többlete közötti összefüggések a 60 legfor-galmasabb európai repülőtéren	70
37. ábra. A júliusi útvonal-többletek változása januárhoz képest (2013) a belső európai forgalomban	71
38. ábra. A legnagyobb útvonal-többlettel rendelkező várospárok 2013. január 9-én	75
39. ábra. A legnagyobb útvonal-többlettel rendelkező várospárok (3. táblázat) útvonal-többlet-értékeinek alakulása január és július között	76
40. ábra. Az útvonal-többletek napi értékei évszakonként	77
41. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járatának útvonala az útvonali pontokkal	85
42. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járatának vertikális profilja	85
43. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata repülési terv szerinti útvona-lának vertikális profilja	87
44. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata felszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja	88
45. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata leszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja	88
46. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata felszállási és magassági korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja	89
47. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata magassági- és leszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja	89
48. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata járat felszállási- és leszállási korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja	90
49. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata járat korlátozó tényezők nélküli szimulált útvonalának vertikális profilja	90
50. ábra. A Brussels Airlines 2014. február 5-i Prága-Brüsszel járata aktuális útvonalának vertiká-lis profilja	91

51. ábra. A Budapest Liszt Ferenc repülőtér 310°-os irányú jobb oldali futópályájára érkező repülőgépek várakozási eljárásának helye a TAPIOSAP VOR jeladónál kijelölve	93
52. ábra. A teljes útvonaltöbblet összetevői	95
53. ábra. A teljes útvonaltöbblet összetevői a közvetlen útvonal beiktatásával	96
54. ábra. A teljes útvonaltöbblet összetevői a legrövidebb útvonal beiktatásával	97
55. ábra. A teljes útvonaltöbblet szerző által módosított összetevői	97
56. ábra. A teljes útvonaltöbblet elemzési szintjei	98
57. ábra. Az útvonalhatékonyság-szervezés kiegészített elemzési szintjei és elemeinek összefüggései	99
58. ábra. Repülési tájékoztató körzetek Európában (a hivatalosan használt nemzetközi elnevezésekkel)	100
59. ábra. Az európai légtér szektorai	101
60. ábra. Az európai funkcionális légtérblokkok	102
61. ábra. Az útvonaltöbblet-csökkenés várható aránya a légtérblokkokban	104
62. ábra. Az európai útvonalhálózat 2014. január 21-én	105
63. ábra. Az európai légtér útvonali korlátozásai 2014. január 21-én	106
64. ábra. A 2014 decemberéig bevezetett szabad útvonalú légterek	107
65. ábra. A portugál és a spanyol légtérben (2014. január 21-én) haladó járatok útvonali profiljána összehasonlítása	108
66. ábra. Az útvonaltöbblet országokénti és funkcionális légtérblokkokra vonatkozó átlagos értékei	109
67. ábra. Az útvonaltöbblet megoszlása funkcionális légtérblokkonként	110
68. ábra. Időszakosan elkülönített és időszakosan korlátozott légterek	111
69. ábra. Koszovó légtere a Szerbia és Montenegró területe feletti 25 km-es biztonsági zónával és a légtér megnyitása előtti környező légi útvonalakkal	114
70. ábra. A Koszovó felett újranyitott légtér forgalma 2014. május 25-én az egyes útvonalak napi járatszámával és két járat útvonala a légtérnyitást megelőzően (2014. március 30-án), illetve azt követően (2014. május 25-én)	115
71. ábra. A koszovói légteret egy nap alatt igénybe vevő járatok számának alakulása a légtér megnyitását követően	116
72. ábra. Elméleti összefüggések egyes városok járatainak útvonala, a koszovói légtér és a távolabbi katonai légterek között	117
73. ábra. A Balkán-félsziget légtereinek forgalma a koszovói légtér megnyitása előtt (2013. augusztus 17.) és a forgalom várható változása a légtér megnyitását követően	118
74. ábra. A Brüsszel és Budapest közötti gömbi főköri útvonal és a Brussels Airlines 2013. június 5-i budapesti járatának tervezett útvonala	120
75. ábra. Az Amszterdam Schiphol repülőtérre érkező és induló járatok (2014. január 21-én) a DDR-adatbázisban	121

76. ábra. Hollandia katonai légterei és a feltételes útvonalak	121
77. ábra. A katonai légtérhasználat során a megigényelt légterek valódi használatának aránya	122
78. ábra. A Krím-félsziget feletti légtér lezárásából származó forgalmi változások	123
79. ábra. A Wizz Air légitársaság járatainak kerülőútvonalai a Krím-félsziget instabilitása miatt 2014. május 24-én	124
80. ábra. Az Ukrajnát érintő járatok útvonala 2014. július 19-én, két nappal a maláj légitársaság katasztróфаja után	124
81. ábra. A 2014. június 25-i franciaországi sztrájk miatti egyes járatkerülések	125
82. ábra. A Malév 2011. szeptember 2-i MAH841 számú Varsó-Budapest járatának útvonalterképe	128

Táblázatok

1. táblázat. A legmagasabb és legalacsonyabb szezonális különbségek az útvonaltöbbletben	72
2. táblázat. A legforgalmasabb európai repülőterekhez kapcsolódó járatok útvonaltöbblet-értékei évszakos változásának csoportosítása a változások jellege szerint	73
3. táblázat. A legnagyobb útvonaltöbblettel rendelkező várospárok (irányonként külön), 2013. január 9-én	74
4. táblázat. A légiforgalmat érintő jelentősebb munkabeszüntetések 2014-ben	77
5. táblázat. Az európai légiforgalmi vizsgálatok időbeli és térbeli kiterjedése	78
6. táblázat. A 60 legforgalmasabb európai repülőter járatszámainak változása 2007 és 2013 között	79
7. táblázat. A 60 legforgalmasabb európai repülőterről induló és oda érkező járatok összes hosszának változása 2007 és 2013 között	80
8. táblázat. A 60 legforgalmasabb európai repülőter járatainak átlagos útvonaltöbblete a különböző sugarú közelkörzetekkel számolva, illetve az útvonaltöbbletek változása	81
9. táblázat. A vertikális útvonalhatékonyság vizsgálatának módszertana és a vizsgálatok eredménye	86

Irodalomjegyzék

Tudományos tanulmányok

- ADEY, P. 2010: *Aerial Life: Spaces, Mobilities, Affects*. Wiley-Blackwell, London, 80 p.
- ÅKERMAN, J. 2005: *Sustainable air transport – on track in 2050*. Centre for Environmental Strategies Research – fms, Royal Institute of Technology, Drottning Kristinas väg, Stockholm, 15 p.
- ALCABIN, M. S. et al. 2009: *Measuring Flight Path Efficiency in the National Airspace System*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. 9th AIAA Aviation Technology, Integration and Operations Conference, South Carolina, 10 p.
- AL SUWAIDI, S. 2012: *Growing hub operations require closer collaboration*. Skyway. Spring 2012. pp. 80-82.
- ANGYAL Z. 2011a: *Légiközlekedési jog az Európai Unióban*. HVG-ORAC Lap- és Könyvkiadó Kft. Budapest, 332 p.
- ANGYAL Z. 2011b: *Az Egységes Európai Égbolt jogi keretei*. Section Juridica et Politica, Tomus XXIX/1. pp. 169-190.
- ANTWERPEN, N. A. VAN 2002: *The Single European Sky – Part 1-2*. Air and Space Law, Vol 27. No. 1. pp. 3-47., No. 2. pp. 91-134
- ANTWERPEN, N. A. VAN. 2008: *Cross-Border Provision of Air Navigation Services with Specific Reference to Europe*. Kluwer Law International, Alphen aan den Rijn, The Netherlands, 272 p.
- BEATTY, R. et al. 1998: *Preliminary evaluation of flight delay propagation through an airline schedule*. In: 2nd USA/Europe air traffic management r&d seminar, Orlando, 12 p.
- BEKESCHUS, H. 2006: *Flexible use of airspace*. Skyway vol. 10/43. pp. 4-5.
- BOUSSARD, L. C. 1958: *Fourth ICAO European–Mediterranean Regional Air Navigation Meeting*. ICAO News Release. Montreal, 4 p.
- BRUNET, R. 1989: *Les villes Européennes*. Reclus/Datar, Paris.
- BUCUROIU, R. 2011: *Airspace developments: key in network operations planning*. Skyway No. 55. pp. 14-17.
- BUCUROIU, R. 2014: *Sixty Thousand Nautical Miles a Day Wasted*. Skyway No. 2. pp. 33-35.
- CARLIER, S. et al 2007: *Environmental Impact of Air Traffic Flow Management Delays*. Air Traffic Management Seminar, Barcelona, 13 p.
- CARSTENS, K. 2004: *The Single Sky*. Skyway, Vol. 7. No. 32. pp. 42-43.

- CASTELLI L. et al 2005: *Route Charging Policy for a Functional Block of Airspace (CEATS)*. 5th Air Traffic Management Seminar, Baltimore, 9 p.
- CRESPO, D. C.–LEON, P. M. 2011: *Achieving the Single European Sky*. Kluwer Law International, Alphen aan den Rijn, Netherlands, 406. p.
- DALEY, B. 2010: *Air Transport and the Environment*. Ashgate Publishing Limited, Surrey, 250 p.
- DAM, R. VAN. 2004: *The Single European Sky framework regulation*. Skyway, Vol. 7. No. 32. pp. 16-21.
- DENNIS, N. 2007: The future of European air transport operations. In: COOK, A. (ed.): *European Air Traffic Management*. University of Westminster, UK, pp. 151-179.
- DINGERS, E. 2007: *Determining the environmental benefits of implementing continuous descent approach procedures*. 7th USA/EUROPE Air Traffic Management R&D Seminar. Barcelona, 10 p.
- DOBRUSZKES, F. 2009: *Does liberalisation of air transport imply increasing competition? Lessons from the European case*. Transport Policy 1. pp. 29-39.
- DUDÁS G. 2010: *A légi közlekedési szektor liberalizációja és az európai fapados piac*. Tér és Társadalom, 24. évf. 1. sz. pp.137-154.
- ERDŐSI F. 1997: *A légi közlekedés földrajza*. JPTE University Press, Pécs, 371 p.
- ERDŐSI F. 1998: *A légi közlekedés általános és regionális földrajza, légiközlekedés-politika*. I-II. kötet. Malév Rt., Budapest, 425 p. (I), 334 p. (II.)
- ERDŐSI F. 2000: *Fenntartható-e a motorizált közlekedés?* Magyar Tudomány 12. pp. 1453-1466.
- ERDŐSI F. 2004: *Európa közlekedése és a regionális fejlődés*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs, 640 p.
- ERDŐSI F. 2005: *Magyarország közlekedési és távközlési földrajza*. Dialóg Campus Kiadó, Budapest–Pécs, 504 p.
- ERDŐSI F. 2007: *Kelet-Európa országainak légi közlekedése*. MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs, 384 p.
- ERDŐSI F. 2008: *Felzárkózás, lépéstartás vagy leszakadás? A légi közlekedésfejlődésének alapvető problémái és területi különbségei Kelet-Európában*. Közlekedéstudományi Szemle, Közlekedéstudományi Egyesület, Budapest, LVIII. évf. 1. sz., pp. 16-31.
- ERDŐSI F. 2009: *Kelet-Európa közlekedése*. Dialóg Campus, Budapest, 544 p.
- FAUCHILLE, P. 1901: *Le domaine aerien et le regime juridique des aerostats*. s.l.
- FEKETÉNÉ ZSIDAI É. 2002: *Légiforgalmi központtá válás, mint stratégiai cél a nemzetközi polgári repülőterek gyakorlatában*. Szent István Egyetem, Gazdálkodási és Mezőgazdasági Főiskolai Kar, Szervezélméleti Tanszék, Gyöngyös, 58 p.

- FRON, X. 2001: Performance Review in Europe. In: DONOHUE, G. L.–ZELLWEGER, A. G. (eds.): *Air Transportation Systems Engineering*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Reston, pp. 49-59.
- GARAY ZS. 2008: *Az Európai Unió és a kaukázusi országok kapcsolatrendszere*. EU Working Papers XII. évf. 1. sz. pp. 49-60.
- GARNIER, J-L. 2004: *The Single European Sky interoperability regulation*. Skyway, Vol. 7. No. 32. pp. 28-30.
- GOETZ, A. R.–GRAHAM, B. 2004: *Air transport globalization, liberalisation and sustainability: post-2001 policy dynamics in the United States and Europe*. Journal of Transport Geography 4. pp. 265-276.
- GRAHAM, B. 1995: *Geography and Air Transport*. Wiley, 296 p.
- GRAHAM, B. 1998: *Liberalization, regional economic development and the geography of demand for air transport in the European Union*. Journal of Transport Geography 2. pp. 87-104.
- GRESNIGT, C. 2005: *Addressing European airspace fragmentation*. Skyway. vol. 9/38. pp. 26-27.
- HALLGREN, A. 2005: *Restructuring European airspace. Functional airspace blocks*. Skyway. vol. 9/38. pp. 20-22.
- HALLS, M. 2007: *Official: Single European Sky off course*. Air Traffic Management. Spring 2007. pp. 17-19.
- HENDRIKS, L. 2004: *The Single European Sky airspace regulation*. Skyway, Vol. 7. No. 32. pp. 22-25.
- HUNTINGTON, S. P. 2005: *A civilizációk összecsapása és a világrend átalakulása*. Európa Könyvkiadó, Budapest, 648 p.
- JETZKI, M. 2009: *The propagation of air transport delays in Europe*. RWTH Aachen University, 107 p.
- JEREB G. et al. 1984: *Vitorlázórepülők tankönyve*. Magyar Honvédelmi Szövetség Repülési Osztálya, Budapest, 792 p.
- KERKHOFS, G. 2004: *The future functional airspace block of Central Europe*. Skyway, Vol. 7. Nr. 32. p. 41.
- KNORR, D. et al. 2001: Operational Assessment of Free Flight Phase 1 Air Traffic Management Capabilities. In: DONOHUE, G. L.–ZELLWEGER, A. G. (eds.): *Air Transportation Systems Engineering*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc. Reston, pp. 421-435.
- KNORR, D. et al. 2011a: *Estimating the En Route Efficiency Benefits Pool*. 9th Air Traffic Management Seminar, Berlin, 9 p.

- KNORR, D. et al. 2011b: *Estimating ATM Efficiency Pools in the Descent Phase of Flight. Potential Saving in both Time and Fuel*. Ninth USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar. 9 p.
- KNORR, D.–WALTER, L. 2011: *Trajectory Uncertainty and the Impact on Sector Complexity and Workload*. First SESAR Innovation Days, 8 p.
- KOVÁCS F. 2002: *Közlekedéstan*. Jegyzet. Széchenyi István Főiskola, Győr, 225 p.
- KOVÁCSICS F. 2010: *Koszovó történeti földrajzi fejlődése a kezdetektől a független állam megteremtéséig*. Doktori értekezés, Földtudományok Doktori Iskola, Pécs, pp. 65-86.
- KÓVÁRI B. 2001: A légtérkapacitás. *Közlekedéstudományi Szemle*, LI. évf., 12. sz., pp. 465-469.
- KRÓL, A.–PAMULA, T. 2009: *Using a generic algorithm for design of an optimal transport network*. *Problemy Transportu, Transport Problems International Scientific Journal*, Gliwice, Vol. 4. Issue 4. pp. 107-113.
- LEARMOUNT, D. 1989: *European air traffic congestion 'world's worst', says IATA*. *Flight International*. Number 4164, Volume 135. ISSN 0015-3710. p. 6.
- LEARMOUNT, D. 2008: *Could Eurocontrol rethink SES plan?* *Flight International*, Vol. 173. No. 5133. p. 14.
- LEGEZA E. 1999: *A légi személyszállítás bevételnövelési lehetőségei*. *Közlekedéstudományi Szemle*, II. évf. 3. sz. pp. 96-104.
- LEGEZA E. 2005: *A légiközlekedés forgalmi s kereskedelmi liberalizációjának és deregulációjának hatásai az USA példáján*. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki Kar Közlekedésgazdasági Tanszék, Budapest, 14 p.
- LEGEZA E.–TÖRÖK Á. 2009: *Európa térképe átalakul a légi közlekedés hatására*. *Tér és Társadalom*, XXIII. évf. 2. sz., Budapest, pp. 225-235.
- LEMAIRE, J-P.–MICHELLE, P. 2002: *FUA – A flexible approach to airspace use*. *Skyway*. vol. 6. No. 26. pp. 16-19.
- MALARSKI, M.–MANEROWSKI, J. 2008: *Integrated system of transport management*. *Problemy Transportu, Transport Problems International Scientific Journal*, Gliwice, Tom 3. Zeszyt 2. pp. 35-43.
- MEYER D. et al. 2009: *Gyakorlati alapú szektorkapacitás-meghatározás validálása légiforgalmi irányítói terhelésen alapuló módszerrel*. *Közlekedéstudományi Szemle*, Közlekedéstudományi Egyesület, Budapest, LIX. évf. 5. sz., pp. 19-28.
- MEZŐ F. 2000: *A Kaukázus a Szovjetunió összeomlása után. 1. rész*. *Magyar Szemle*, XXIII/3-4. www.magjarszemle.hu (utolsó letöltés: 2014. június 15.)

- MIHETEC, T.–BOŽIČEVIĆ A.–STEINER S. 2008: *Air Traffic Management Reform in South Eastern Europe*. In: ZANNE, M. et al. (eds.): 11th International Conference on Transport Science Transport Policy, Conference Proceedings. University of Ljubljana Faculty of Maritime Studies and Transport, Portorož. pp. 1-8.
- MIHETEC, T.–ODIC, D.–STEINER, S. 2011: *Evaluation of night route network on flight efficiency in Europe*. *International Journal for Traffic and Transport Engineering*, 1(3), pp. 132-141.
- MIHETEC, T.–STEINER, S.–JAKŠIĆ, Z. 2012: *Analysis of expected ATM processes changes in Central Europe*. *Problemy Transportu, Transport Problems International Scientific Journal*, Gliwice, Vol. 7. Issue 2. pp. 61-72.
- MOYS P. 2006: *Nemzetközi Légijog*. 3,14 L Nyomdaipari és Szolgáltató Kft., Budapest, 341 p.
- MUDRA I. 1995: *Légtérrendszerek, repülési szabályok, légiforgalmi szolgálatok*. Légiforgalmi és Repülőtéri Igazgatóság, Budapest, 169 p.
- MUDRA I. 2008: 3-L: *légterek, légiforgalmi szabályok, légiforgalmi szolgálatok*. Hungarocontrol, Budapest, 261 p.
- NOLAN, M. S. 2004: *Fundamentals of air traffic control*. Thomson Learning High Holborn House, London, 560 p.
- ORLÓCI Zs. 2006: *Egységes légtér az egységes európai piac felett*. Közlekedéstudományi Szemle, Közlekedéstudományi Egyesület, Budapest, LVI. évf. 4. sz., pp. 149-153.
- PAP N. 2010: *Magyarországa a Balkán és a Mediterráneum vonzásában: Magyarország dél-európai kapcsolatainak politikai- és gazdaságföldrajzi értékelése*. Publikon Kiadó, Pécs, 320 p.
- PAPP-VÁRY Á. et al. (szerk.) 2012: *Földrajzi Világtalasz*. Kartográfiai Vállalat, Budapest, 464 p.
- PAULSON, G.–WATT, A. 2003: *Clear the skies*. *Aerospace International* 30/7. pp. 14-17.
- PETERS, P. 2005: *SES = Save Europe's Skies? Is the Single European Sky (SES) initiative the solution for Europe?* *The Controller, Journal of air traffic control*. Vol. 44. No. 2. pp. 22-23.
- PINTÉR Á. 2010: *A légi személyközlekedés jellemzői, trendjei az Európai Unió újonnan csatlakozott (2004-2007) tagállamaiban*. *Modern Geográfia* 2010/2. <http://www.moderngeografia.eu/?p=873> (utolsó letöltés: 2014. június 20.)
- PROBÁLD F. (szerk.) 1994: *Európa regionális földrajza*. Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 539 p.
- PROBÁLD F.–SZABÓ P. 2005: *Európa térszerkezetének modelljei*. In: DÖVÉNYI Z.–SCHWEITZER F. (szerk.): *A földrajz dimenziói*. MTA Földrajztudományi Kutatóintézet, Budapest, pp. 159-170.
- RENNER P. 2000: *Optimális légiforgalmi áramlás-szervezés*. Budapesti Műszaki Egyetem, Közlekedésmérnöki Kar, Közlekedés-gazdasági Tanszék, Budapest, 74 p.

- REYNOLDS, T. G. 2008: *Analysis of Lateral Flight Inefficiency in Global Air Traffic Management*. 26th International Congress of the Aeronautical Sciences/8th AIAA Aviation Technology, Integration & Operations Conference. Alaska, 11 p.
- REYNOLDS, T. G. 2009: *Development of Flight Inefficiency Metrics for Environmental Performance of ATM*. 8th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar. Napa, 10 p.
- ROBINSON, J. E.–KAMGARPOUR, M. 2010: *Benefits of Continuous Descent Operations in High-Density Terminal Airspace Under Scheduling Constraints*. American Institute of Aeronautics and Astronautics. Anaheim, 21 p.
- ROHÁCS J. 1986: *Energiagondok a légi közlekedésben*. Energiagazdálkodás, 27/8. pp. 356-365.
- ROHÁCS J. 1994: *A légi közlekedés hatása a környezetre*. Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Budapest, 38 p.
- SCHWENK, W.–SCHWENK, R. 1998: *Aspects of International Co-operation in Air Traffic Management*. Kluwer Law International, The Hague, 310 p.
- SHRESTA, S.–NESKOVIC, D.–WILLIAMS, S. S. 2009: *Analysis of Continuous Descent Benefits and Impacts During Daytime Operations*. 8th USA/Europe Air Traffic Management Research and Development Seminar, Napa, 10 p.
- STADLER, G. 2004: *Single European Sky to the Single Pan-European Sky*. Skyway, Vol. 7. No. 32. pp. 31-33.
- STEINER S.–BOŽIČEVIĆ A.–MIHETEC, T. 2008: *Determinants of European air traffic development*. Problemy Transportu, Transport Problems International Scientific Journal, Gliwice, Tom 3. Zeszyt 4. Część 2. pp. 73-85.
- SULYOK G. 2008: *Koszoszó jogi státusa*. REGIO Kisebbség, Politika, Társadalom. 19. évf. 2. sz., MTA ENK, Budapest, pp. 97-153.
- SZIGETVÁRI T. 2009: Az európai szomszédságpolitika és a kaukázusi országok. In: LUDVIG Zs.–NOVÁK T. (szerk.): *Oroszország, az Európai Unió és a közös szomszédság*. MTA Világgazdasági Kutatóintézet, Budapest, pp. 117-138.
- SZTRUNGA E. 2011: *Légiforgalmi útvonaltervezés az Egységes Európai Légtérben*. EU Working Papers XV/2. Budapesti Gazdasági Főiskola, Külkereskedelmi Főiskolai Kar, Budapest, pp. 87-96.
- TÓTH J. 2005: *Léginavigáció*. HungaroControl Repülési Központ, Budapest, 185 p.
- TÖRŐCSIK J. 2011: *Észhelyzet*. Athenaeum Kiadó, Budapest, 271 p.
- UGRÓCZKY L.–FÜLÖP G. 1999: *Közlekedési üzemtan I*. Széchenyi István Főiskola, Győr, 243 p.
- VOIT E. 1990: *Légiforgalom irányítás: Légtérszervezés*. Széchenyi István Főiskola. Tankönyvkiadó, Budapest, 384 p.

VOSS, W.–HOFFMAN, J. 2001: Analytical Identification of Airport and Airspace Capacity Constraints. In: DONOHUE, G. L.–ZELLWEGER, A. G. (eds.): *Air Transportation Systems Engineering*. American Institute of Aeronautics and Astronautics, Inc., Reston, pp. 409-420.

Western European Airways. Térkép. National Geographic, June 1929. p. 42.

WU, C. L.–CAVES, R. 2003: *The punctuality performance of aircraft rotations in a network of airports*. Transportation planning and technology. Vol. 26, No. 5, pp. 417-436.

Szakmai dokumentumok

Accelerating Air Traffic Management Efficiency: A Call to Industry. ATAG Aviation and Environment Summit, Boeing & CANSO, 2012, 43 p.

Aeronautical Information Publication Hungary AIP/ENR. Aeronautical Information Service, Budapest/Ferihegy, 2011. 1 p.

Aeronautical Information Publication Hungary AIP/SUP. Aeronautical Information Service, Budapest/Ferihegy, 2001. 5 p.

Az Európai Bizottság 5. jelentése a gazdasági, társadalmi és területi kohézióról. (Idézi: Az Európai Unió területi helyzete és kilátásai. A Területi Agenda 2020 háttérdokumentuma aktualizált változat, 2011. A területi tervezésért és területfejlesztésért felelős miniszterek informális miniszteri találkozásán elfogadott Területi Agenda 2020 háttérdokumentuma. 2011. május 19. Gödöllő, Magyarország. VÁTI Nonprofit Kft.)

BBR European Spatial Monitoring System.

http://www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Anlagen/StadtUndLand/LaendlicherRaum/maps-on-european-territorial-development.pdf?__blob=publicationFile (utolsó letöltés: 2014. június 17.)

EUROCONTROL CFMU-CHMI adatbázis

EUROCONTROL Demand Data Repository DDR1-DDR2 adatbázis

EUROCONTROL Medium-Term Forecast. Flight Movements 2011-2017. EUROCONTROL, Brussels, 2011. 64 p.

EUROCONTROL Seven-Year Forecast. Flight Movements and Service Units 2014-2020. EUROCONTROL, Brussels, 2014. 90 p.

EUROCONTROL Long-Term Forecast: IFR Flight Movements 2011-2030. EUROCONTROL, Brussels, 2011. 54 p.

EUROCONTROL Network Manager 2013: Airspace load forecast results. Szakmai információs anyag, 1 p.

European Route Network Improvement Plan/ERNIP Implementation Monitoring Report. AIRAC 1310. EUROCONTROL, Brussels, 2013. 13 p.

European Route Network Improvement Plan/ERNIP Implementation Monitoring Report. AIRAC 1413. EUROCONTROL, Brussels, 2014. 40 p.

EU-Wide Targets for RP2 Indicative Performance Ranges. Performance Review Body (PRB) of the Single European Sky. EUROCONTROL, Brussels, 2013. 46 p.

Flight Efficiency – A Route Extension Analysis. Route Network Development Sup-Group, EUROCONTROL, Brussels, 2007. 12 p.

IATA–EUROCONTROL–CANSO 2008: *Flight efficiency plan. Fuel and emissions savings*. 17 p.

ICAO ICARD5LNC 2012. Enroute Project. <http://gis.icao.int/> (utolsó letöltés: 2014. augusztus 15.)

International Civil Aviation Organization 2005: *Global Air Traffic Management Operational Concept*. ICAO Doc 9854. Montréal, 82 p.

International Civil Aviation Organization 2009: *Manual on Global Performance of the Air Navigation System*. ICAO Doc 9883. Montréal, 174 p.

JEPPESEN Europe High Altitude Enroute Charts. 13. January 2012.

Methodology for Assessing Flight Efficiency – Route Network Development Sub-Group, EUROCONTROL, Brussels, 2008. 4 p.

Performance Review Body 2013: *EU-Wide Targets for RP2 Indicative Performance Ragnes*. EUROCONTROL, Brussels, 46 p.

Performance Review Commission 1999: *First Performance Review Report, PRR1-1998*. EUROCONTROL, Brussels. 1999. 103 p.

Performance Review Commission 2000: *Performance Review Report, PRR3-1999*. EUROCONTROL, Brussels. 2000. 58 p.

Performance Review Commission 2007: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2008. 177 p.

Performance Review Commission 2008a: *Evaluation of Functional Airspace Block (FAB) Initiatives and their contribution to Performance Improvement*. EUROCONTROL, Brussels. October 2008. 256 p.

Performance Review Commission 2008b: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2009. 206 p.

Performance Review Commission 2008c: *Vertical Flight Efficiency*. EUROCONTROL, Brussels, 14 p.

Performance Review Commission 2009: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2010. 206 p.

Performance Review Commission 2010: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2011. 227 p.

Performance Review Commission 2011: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2012. 128 p.

Performance Review Commission 2012: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2013. 135 p.

Performance Review Commission 2013: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2014. 138 p.

Performance Review Commission 2014: *Performance Review Report*. EUROCONTROL, Brussels. 2015. 126 p.

Performance Review Commission and FAA 2003: *A comparison of Performance in selected US and European En-route Centres*. Brussels, 109 p.

Performance Review Commission and FAA Air Traffic Organization System Operations Services 2013: *Comparison of Air Traffic Management-Related operational Performance: U.S./Europe*. Brussels, 89 p.

Performance Review Commission and the FAA Air Traffic Organization Strategy and Performance Business Unit 2009: *U.S./EUROPE Comparison of ATM-related Operational Performance*. Brussels. 64 p.

Performance Review Commission and the FAA Air Traffic Organization Strategy and Performance Business Unit 2012: *U.S./EUROPE Comparison of ATM-related Operational Performance*. Brussels. 71 p.

Performance Review Report, An Assessment of Air Traffic Management in Europe during the Calendar Year 2010. Performance Review Commission, Brussels, 2011, 168 p.

SES Teljesítményértékelő Bizottság közlése: In: Performance Review Report, EUROCONTROL, Performance Review Commission, 2014. 138 p.

Transcontinental Air Mail Re-enactment. September 10-15. 2008, Press release 6-7-2008, Pemberton-Tobin-Scott

www.bmvi.de/SharedDocs/EN/Anlagen/StadtUndLand/LaendlicherRaum/maps-on-european-territorial-development.pdf?__blob=publicationFile – A BBR European Spatial Monitoring System tájékoztató honlapja (utolsó letöltés: 2014. augusztus 2.)

www.caa-ks.org – Statistics on passengers and flights at Adem Jasheri Airport. Republic of Kosovo Civil Aviation Authority (utolsó letöltés: 2012. február 29.)

www.charleslindbergh.com – a Spirit of St. Louis 2 Project honlapja (utolsó letöltés: 2014. szeptember 21.)

www.ecac-ceac.org/about_ecac/ecac_member_states - Az Európai Polgári Repülési Konferencia honlapja (utolsó letöltés: 2015. március 21.)

www.flyingineurope.be/FIRs.pdf – National AIPs 2009. FIR/UIR in the Lower Airspaces (utolsó letöltés: 2015. március 23.)

www.hungarocontrol.hu/hir/565 – Eltűnt egy fehér folt Európa légi közlekedési térképéről.
Hungarocontrol, 2014. június 12. (utolsó letöltés: 2014. szeptember 21.)

www.setimes.com/cocoon/setimes/xhtml/en_GB/features/setimes/features/2011/12/21/feature-04 –
Angol nyelvű délkelet-európai folyóirat (utolsó letöltés: 2012. február 29.)

Hazai és európai uniós jogszabályok

16/2000.(XI. 22.) KöViM Rendelet a légi forgalom irányításának szabályairól

1971. évi 25. törvényerejű rendelet a nemzetközi polgári repülésről Chicagóban, az 1944. évi december hó 7. napján aláírt Egyezmény és az annak módosításáról szóló jegyzőkönyvek kihirdetéséről (kihirdetve: 1971.11.28.).

1995. évi XCVII. törvény a légiközlekedésről.

26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről

A Bizottság 121/2011/EU határozata a léginavigációs szolgálatok 2012-2012 közötti időszakra vonatkozó európai uniós szintű teljesítménycéljainak és riasztási küszöbértékeinek meghatározásairól. 3 p.

A Bizottság 1216/2011/EU végrehajtási rendelete (2011. november 24.) a léginavigációs szolgálatok és a hálózati funkciók teljesítményrendszerének megállapításáról szóló 691/2010/EU bizottsági rendelet módosításáról. 3 p.

A Bizottság 176/2011/EU rendelete (2011. február 24.) a funkcionális légtérblokkok kialakítását és módosítását megelőzően benyújtandó információkról. 6 p.

A Bizottság 2150/2005/EK rendelete (2005. december 23.) a rugalmas légtérfelhasználásra vonatkozó közös szabályok megállapításáról. 7 p.

A Bizottság 255/2010/EU rendelete (2010. március 25.) a légiforgalomáramlás-szervezésre vonatkozó közös szabályok megállapításáról. 7 p.

A Bizottság 390/2013/EU végrehajtási rendelete (2013. május 3.) a léginavigációs szolgálatok és a hálózati funkciók teljesítményrendszerének létrehozásáról. 21 p.

A Bizottság 677/2011/EU rendelete (2011. július 7.) a légiforgalmi szolgáltatási (ATM) hálózati funkciók végrehajtására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról és a 691/2010/EU rendelet módosításáról. 29 p.

A Bizottság 691/2010/EU rendelete (2010. július 29) a léginavigációs szolgálatok és a hálózati funkciók teljesítményrendszerének megállapításáról, valamint a léginavigációs szolgálatok ellátására vonatkozó közös követelmények megállapításáról szóló 2096/2005/EK rendelet módosításáról. 22 p.

A Régiók Bizottsága véleménye: az Egységes Európai Égbolt II. fázisa. 2009/C 120/10. 2009.05.28. 4 p.

Az Egységes Európai Égbolt II. fázisa: Útban a fenntarthatóbb és hatékonyabb légiközlekedés felé. COM(2008) 389 végleges. 2008. 12 p.

Az Egységes Európai Égbolt megteremtése funkcionális légtérblokkokon keresztül: féldős helyzetjelentés. COM(2007) 101 végleges. 2007. 16 p.

Az Egységes Európai Égbolt technikai pillérét képező SESAR-program üzemeltetésének irányítási és ösztönző mechanizmusai. COM(2011) 923 végleges. 14 p.

Az Egységes Európai Égboltra vonatkozó jogszabályok végrehajtásáról: ideje cselekedni. COM(2011) 731 végleges. 15 p.

Az Európai Bizottság légitforgalmi szolgáltatási (ATM) hálózati funkciók végrehajtására vonatkozó részletes szabályok megállapításáról szóló 677/2011/EU rendelete (2011. július 7.)

Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság véleménye – Egységes Európai Égbolt II. (saját kezdeményezésű vélemény, KRAWCZYK, J.) (2011/C 376/07). 6 p.

Az Európai Parlament és a Tanács 1070/2009/EK rendelete (2009. október 21.) az 549/2004/EK, az 550/2004/EK, az 551/2004/EK, az 552/2004/EK rendeletnek az európai légiközlekedési rendszer teljesítményének és fenntarthatóságának javítását célzó módosításról. 17 p.

Az Európai Parlament és a Tanács 549/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az egységes európai égbolt létrehozására vonatkozó keret megállapításáról („keretrendelet”). 14 p.

Az Európai Parlament és a Tanács 550/2004/EK rendelete (2004. március 10.) a léginavigációs szolgálatoknak az egységes európai égbolt keretében történő ellátásáról („léginavigációs-szolgálati rendelet”). 16 p.

Az Európai Parlament és a Tanács 551/2004/EK rendelete (2004. március 10.) a légtérnek az egységes európai égbolt keretében történő szervezéséről és használatáról („légtérrendelet”). 5 p.

Az Európai Parlament és a Tanács 552/2004/EK rendelete (2004. március 10.) az Európai Légiforgalom Szolgáltatási Hálózat átjárhatóságáról („átjárhatósági rendelet”). 18 p.

Az Európai Parlament és a Tanács rendelete az Európai Unió repülőterein alkalmazandó résidőkiosztás egységes szabályairól. COM(2011) 827 végleges. 58 p.

Az Európai Parlament és Tanács 261/2004/EK rendelete (2004. február 11.) a visszautasított beszállás és légi járatok törlése vagy hosszú késése esetén az utasoknak nyújtandó kártalanítás és segítség közös szabályainak megállapításáról, és a 295/91/EGK rendelet hatályon kívül helyezéséről. 9 p.

Az európai uniós jogszabályok összefoglalóinak Közlekedés fejezete az Európai Unió honlapján:
http://europa.eu/legislation_summaries/transport (utolsó letöltés: 2013. január 23.)

Első jelentés az Egységes Európai Égboltra vonatkozó jogszabályok alkalmazásáról. Eredmények és további lépések. COM(2007) 845 végleges. 15 p.

Enlarged Committee for Route Charges: Initial Estimates of the Route Charges Cost-Bases and Unit Rates. 2013, 10 p.

Fehér Könyv. Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé. COM(2011) 144 végleges. 19 p.

TEN/530 Az egységes európai égboltról szóló rendelet átdolgozása. Az Európai Gazdasági és Szociális Bizottság. 2013, 12 p.

The creation of the single European sky. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. COM/99/0614 final. 1999. 37 p.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetemet szeretném kifejezni mindazoknak, akik közvetlenül segítettek munkámat, a disszertáció elkészülését. Első helyen témavezetőmet, *Dr. Trócsányi András* tanszékvezető egyetemi docenst említem, aki folyamatos tanácsaival segítette a téma megfelelő mederbe történő terelését, mind tartalmilag, mind pedig formailag.

A téma meghatározását és kiválasztását illető első iránymutatásokat az ICAO szakembereitől, *Theodore Thrasher*-től (Environmental Officer), valamint *Saulo José da Silva*-tól (Air Traffic Management Technical Officer) kaptam. Air Traffic Management ismereteimet az EUROCONTROL-nál az ASM Procedure szekcióban sajátítottam el, amelynek vezetője, *Giuseppe Acompora* (senior ATM expert) folyamatos elemzési feladatokkal biztosította szakmai fejlődésemet. Ebben nagy segítségemre volt mentorom, *Catalin Lepadatu* (ASM/ATM senior expert), valamint kollégám, *Cristian Guran* (ATM expert), akik az oktatáson kívül folyamatosan bátorítottak. Nélkülük nem készülhetett volna el ez az értekezés. A SAAM szoftver használatához szükséges alapismereteket és az első horizontális útvonalhatékonysági elemzéseket *Stefan Gerris* (Airspace Designer) segítségével készítettem el. A vertikális útvonalhatékonysági elemzések a Brussels Airlines légitársaságnál készültek, *Albert Coenen* (Flight Operations Officer) felügyelete mellett. Az elemzések kiértékeléséhez további szakmai segítséget nyújtott *John Gulding* (Manager, Strategic Analysis and Benchmarking, FAA), *Dave Knorr* (Senior Representative, FAA), *Laszlo Windhoffer* (Energy and Environment Officer, FAA), *Guastalla Guglielmo* (Operations Research Expert, Performance Review Commission, EUROCONTROL) és *Lendvay Márk* (Technical Captain, Wizz Air). A katonai légtérhasználat nehézségeire *Paul Riemens* (Chief Executive Officer, LVNL /Holland Légiforgalmi Irányító Központ/ és Chairman, CANSO) hívta fel a figyelmemet. Az útvonalhatékonyság tervezési feladatainak meghatározásában *Paul Turner* (Planning Manager, NATS /Brit Nemzeti Légiforgalmi Szolgáltató Központ/) volt segítségemre.

Köszönettel tartozom ezen túlmenően a légiforgalmi irányítóknak, *Farkas Vulkánnak* (Duty Supervisor, HungaroControl), *Fodor Attilának* (Billing and Customer Relations Unit, CRCO, EUROCONTROL) és *Menráth Gábornak* (Managing Director, Head of Training, Entry Point Central Ltd.), akiktől a légiforgalmi irányítás alapjait elsajátítottam, munkám során túrték kérdéseim áradatát, bíztattak, hittek bennem és hitet adtak.

„Bár zord a harc, megéri a világ.
Ha az ember az marad, ami volt:
Nemes, küzdő, szabadlelkű diák.”
Ady Endre