



Az urbanizáció környezeti hatásai – Az ingázás ökológiai lábnyomának változása a budapesti várostérségben

Environmental Impacts of Urbanization – Changes of the Ecological Footprint of Commuting in the Urban Region of Budapest

Kovács Zoltán

MTA CSFK
Földrajztudományi Intézet;
Szegedi Tudományegyetem
E-mail: zkovacs@iif.hu

Szigeti Cecília

Széchenyi István Egyetem
E-mail: szigetic@sze.hu

Egedy Tamás

MTA CSFK
Földrajztudományi Intézet
E-mail: egedy@gmx.net

Szabó Balázs

MTA CSFK
Földrajztudományi Intézet
E-mail: szbazz@gmail.com

Kondor Attila Csaba

MTA CSFK
Földrajztudományi Intézet
E-mail: kondor.attila@csfk.mta.hu

Kulcsszavak:

szuburbanizáció, urban sprawl,
ingázás, ökológiai lábnyom,
budapesti várostérség,
policentrikus fejlődés

Kutatásainkhoz az 1990-es, 2001-es és 2011-es népszámlálások ingázásra vonatkozó adatait használtuk fel. Adatbázis segítségével először lehatároltuk a budapesti funkcionális várostérséget, vagyis ahol 2001-ben a településről napi rendszerességgel Budapestre munkába ingázók aránya meghaladta a 15%-ot. A nemzetközi módszertanhoz igazodó lehatárolás alapján Budapest mellett további 185 települést soroltunk még a várostérségbe. Ezután az ingázás módjára vonatkozó adatbázis segítségével meghatároztuk a közlekedésből származó szén-dioxid-kibocsátást a lehatárolt 185 településre, végül az emissziós értékek segítségével kiszámítottuk (megbecsültük) a budapesti várostérség ökológiai lábnyomát.

Az 1990-es években – a gazdasági szerkezetváltásra, a növekvő munkanélküliségre és a munkaerő mobilitásának csökkenésére visszavezethetően – a várostérség ökológiai lábnyoma is mérséklődött. 2000 után a gazdaság fellendülésével párhuzamosan az ökológiai lábnyom növekedésnek indult. Az ingázás fel-futásával ugyanis jelentősen és dinamikusán nőtt a gépjárművek használata. A vizsgált időszakban az ingázás területi mintázata jelentősen átalakult: a kötöttpályás közlekedési mód az ingázásban néhány kitüntetett közlekedési tengelyre redukálódott, míg a személygépkocsi-használat a várostérség kevésbé prosperáló területein is előtérbe került.

The main aim of this paper is to explore how daily commuting has contributed to the changes of ecological footprint in the Budapest urban region since 1990 by using census data of 1990, 2001 and 2011. First, the functional urban region of Budapest was delimited using the 15% threshold of daily commuting to work to Budapest in 2001. According to international methodology 185 surrounding municipalities and Budapest were defined as the urban region. Using data on the transport vehicle of commuting the volume of CO₂ emissions was estimated at municipal level for the 185 municipalities. Finally, on the basis of emission values the ecological footprint of the whole urban region was estimated. Our results show declining ecological footprint values throughout the 1990s, due to decreasing commuting rates, which is the result of economic restructuring, growing unemployment and less mobility of the labour force. However, as commuting increased due to economic upswing after 2000 the ecological footprint also grew, the use of motor vehicles (private car and bus) in commuting substantially and dynamically increased. In the reviewed periodspatial structure of commuting significantly changed: rail-commuting shrunk into a few outstanding transport axes, whereas the use of passenger cars increased also in the less booming areas of the urban agglomeration.

Keywords:

suburbanisation,
urban sprawl,
commuting,
ecological footprint,
Budapest metropolitan region,
polycentric development

Beküldve: 2017. május 17.

Elfogadva: 2017. július 11.

Bevezetés

A rendszerváltozás új korszakot nyitott Magyarország városfejlődésében, az urbanizáció politikai-gazdasági keretfeltételei gyökeresen megváltoztak, amelynek eredményeként a városhálózaton belül új térfolyamatok kezdődtek el (Enyedi 2010, Kovács 2017, Timár 2010). 1990 után a népesség vándorlásának fő iránya – a korábbiaktól

eltérően – már nem a falvakból a városokba mutatott, hanem előbb a népesebb városokból az őket körülvevő falvakba, kisvárosokba (szuburbanizáció), majd 2000 után olyan távolabbi térségekbe is (például Dunakanyar, Balaton-felvidék), amelyek korábban kimaradtak a tömeges urbanizációból (dezurbanizáció).

A szétterülés (urban sprawl) folyamata városaink körül szabályozatlanul, tervezői kontroll nélkül ment végbe, jelentős feszültségeket gerjesztve. Ezek egyik forrását a természeti táj „belakása”, illetve a korábban mezőgazdasági művelés alatt álló területek tömeges átminősítése jelentette. A „spontán” szuburbanizáció nyomán jelentősen átalakult városaink körül a területhasználat, felgyorsult a zöldterületek zsugorodása, ugrásszerűen nőtt a művi felszín aránya. A másik jelentős feszültségforrás az volt, hogy a városi népesség tömeges kiköltözésével a munkahelyek és a lakóhelyek korábbi viszonylagos területi egyensúlya felborult, mind több munkavállaló kényszerült arra, hogy utána menjen munkahelyének, vagyis ingázzon. Az ezredforduló utáni időszakban nemcsak az ingázás volumene nőtt, hanem jelentőssé vált az országhatáron átnyúló ingázás is (Kiss–Szalkai 2014), illetve átrendeződtek a hagyományos vonzaskörzetek (Pénzes et al. 2014). Korábbi kutatásaink arról tanúskodnak, hogy a rendszerváltozás utáni időszakban a térstruktúra és a városhálózat átalakulása a policentrikus fejlődés irányába mozdult el. Ennek következtében csökkent a hagyományos, faluról városba irányuló ingázás szerepe, ugyanakkor olyan új ingázási formák jelentek meg és váltak népszerűvé, mint a központi városból az agglomerációs elővárosokba vagy más városokba irányuló elleningázás, illetve az elővárosok közötti keresztirányú ingázás (Kovács et al. 2015, Szabó et al. 2014).

A pazarló területhasználat és a növekvő mobilitás nyomán erősen megkérdőjeleződött a városaink körül végbemenő urbanizációs folyamatok környezeti fenntarthatósága (Kovács 2017). A posztoszocialista urbanizáció egyik környezeti kihívása éppen az, hogy miközben a városok belsejének ökológiai lábnyoma (az ipar leépülése, a fűtési és a közlekedési rendszerek modernizációja, a szelektív hulladékgazdálkodás terjedése, valamint a zsugorodó népesség csökkenő fogyasztása) 1990 után érezhetően csökkent, addig az elővárosok környezeti terhelése a lakosság fokozódó energia-, víz- és tápanyagfogyasztása, hulladékibocsátása és erősödő motorizációja révén jelentősen nőtt. Az ökológiai lábnyom hazai kutatása (Kocsis 2010, Csutora 2011) eddig nem terjedt ki az ingázás hatásainak vizsgálatára, az új keletű urbanizációs folyamatokhoz köthető változások elkerülték a kutatók figyelmét. E felismerés alapján tanulmányunkban arra teszünk kísérletet, hogy a budapesti várostérség példáján bemutassuk az ingázás ökológiai lábnyomra gyakorolt hatását. Kutatási kérdéseink a következők:

- Hogyan járult hozzá az ingázás a budapesti várostérség ökológiai lábnyomának változásához a rendszerváltozás óta?
- Milyen ingázási folyamatok húzódnak meg az ökológiai lábnyom változása mögött?
- Milyen alapvető tendenciák fedezhetők fel az ingázás módjának változásában, és ezeknek milyen hatása volt az ökológiai lábnyomra?

Az ökológiai lábnyom és a földrajzi tér kapcsolata

Az ökológiai lábnyomot annak megalkotói a számítások kezdetétől fogva több földrajzi léptékben alkalmazzák (Rees–Wackernagel 1996). Az ökológiai lábnyom mutatóját eredetileg államok szintjére dolgozták ki, s csak jóval később kezdték el alkalmazását szubnacionális szinteken. Globális számításokon kívül jelenleg országos, regionális, települési, sőt egyéni mutatókat is használnak a fogyasztás területi igényének és a rendelkezésre álló biológiai kapacitás összehasonlítására. A mutatót számos országban (például Svájcban, Finnországban) és régióban alkalmazzák hivatalos, azaz a szakpolitika számára releváns mutatóként (Csutora 2012). Magyarországon a Jó Állam Jelentés (Kaisler 2016) a fenntarthatóság környezeti dimenziójának indikátoraként használja az ökológiai lábnyomot. Svájcban 2016 szeptemberében – úttörő módon – népszavazást tartottak arról, hogy jogilag kötelezően előírják-e 2050-re az ökológiai lábnyom biokapacitáson belüli alkalmazását. A kezdeményezés ugyan elbukott, mivel azt a szavazóknak csak 36,4%-a támogatta (Schweizerische Bundeskanzlei 2016), ugyanakkor rávilágított arra, hogy ez a mutató a hosszú távú stratégiai tervezésben is fontos szerepet tölthet be a jövőben.

A mutató megítélése a különböző alkalmazási területeken nagymértékben eltér. Míg a globális ökológiai lábnyomot a „fenntarthatatlanság” legjobb mutatójának tartják (Stiglitz et al. 2009), addig a kisebb földrajzi léptékben végzett számításokat több oldalról is kritizálják (Van den Bergh–Verbruggen 1999, McDonald–Patterson 2004). Ennek oka viszonylag egyszerű: az ökológiai lábnyom az egyes területekhez tartozó népesség fogyasztását fejezi ki földterületben. Ez a fogyasztás viszonylag jól mérhető a világ egésze vagy a kontinensnyi méretű országok esetében (például Ausztrália), de nehézségekbe ütközik egy olyan elaprózott földrajzi egységekből álló kontinensen, mint Európa, ahol a belső vámhatárok megszűnésével az egyes EU-tagállamokra már nehezen határozható meg az ökológiai lábnyom. Közismert, hogy a határ menti térségekben élő népesség jelentős része a valutaárfolyamok alakulásának megfelelően, a piaci lehetőségeket mérlegelve dönt arról, hogy bizonyos árut melyik országban vásárol meg, illetve hol vesz igénybe szolgáltatásokat. A hazai fogyasztás egy része is a szomszédos országokban realizálódik, míg a nálunk jelentkező fogyasztás részben a szomszédos országokból érkezők hozzánk átnyúló lábnyoma.

A problémák kisebb földrajzi léptékben (például megye, várostérség) tovább súlyosbodnak, hiszen a fogyasztás egyre inkább elszakad a közigazgatási határoktól, vagyis azoktól az egységektől, amelyekre az adatgyűjtés rendszerint vonatkozik. Az ingázással, a nagyvárosokra összpontosuló beszerzéssel és a lakóhelytől távol tanuló diákok életmódjával összefüggésben a nagyobb városoknak, kereskedelmi és idegenforgalmi központoknak szükségszerűen nagyobb a fajlagos ökológiai lábnyoma, mint a kisebb településeknek (Szigeti 2016).

A városi ökológiai lábnyom kutatásának – a korábban felsorolt problémák ellenére – esetenként közvetlen politikai támogatottsága is van, mint például a brit „New

Horizons Programme”, amelyhez kapcsolódva több ökológiai lábnyom-számítást is végeztek (Barrett et al. 2002). Ezek között vannak olyanok, amelyek nemcsak közgazgatási, hanem környezeti szempontból is egy meghatározott területi egységre vonatkoznak, ilyen például a Wight-sziget (Bond 2002) vagy a Guernsey csatorna-sziget (Barrett 1998, Simmons 2002) ökológiai lábnyomának számítása. E projekt során nagyobb területi egységek ökológiai lábnyomát (például Skócia) is kiszámították. Ezeknek a számításoknak a jelentős része egy tanácsadó szervezethez, illetve egy szűk szerzői körhöz kapcsolódik, így az eredmények összehasonlíthatósága viszonylag jó. Közöttük van olyan számítás is, amelyet jelentős tudományos érdeklődés kísért (például Cardiff), de vannak olyanok is, amelyek eredményét nem is publikálták (Herefordshire, Oxfordshire), és csak a kapcsolódó cikkekből következtethetünk arra, hogy elvégezték a számítást (1. táblázat).

1. táblázat

Városi ökológiai lábnyom-számítások Nagy-Britanniában
Urban ecological footprint calculations in Great Britain

Területi egység	Irodalom
Liverpool (Északnyugat Anglia)	Bond 2002; Barrett–Scott 2001
York (Yorkshire és Humber)	Barrett et al. 2002
London	Best Foot Forward 2002
Aberdeen, Dundee, Edinburgh, Glasgow, Inverness (Skócia)	Simmons 2002
Angus és Brechin (Skócia)	Simmons–Jenkin 2003
Cardiff (Wales)	Collins–Flynn 2005, 2007

A kanadai számítások jelentős része a Zöld Gazdaság Programhoz kapcsolódva készült. Ezeket a kezdeti publikációkat azonos szerkezet, az összehasonlítás és az összehasonlíthatóság iránti igény jellemezte, amiben központi szerepet kapott az egymásra épülő területi egységek (ország, tartomány, város) összehasonlító elemzése (2. táblázat).

2. táblázat

Lokális ökológiai lábnyom-számítások Kanadában
Local ecological footprint calculations in Canada

Területi egység	Irodalom
Nova Scotia	Wilson et al. 2001
Alberta (Calgary, Edmonton)	Wilson et al. 2001
Prince Edward Island	Monette et al. 2003
Vancouver (British Columbia)	Moore et al. 2013

Mivel az ökológiai lábnyom-számítások során a szerzők gyakran különböző módszereket használnak, így azok eredményei önmagukban kevés információt tartal-

maznak, ezért az elemzések során leggyakrabban az azonos módszerrel elvégzett számításokat hasonlítják össze. Ez a tény tovább nehezíti annak becslését, hogy hány városnak számították már ki az ökológiai lábnyomát, hiszen egy-egy publikációban akár száznál több számításról is beszámolnak a szerzők, több-kevesebb részletességgel (3. táblázat).

3. táblázat

A városok ökológiai lábnyomának összehasonlító irodalma Comparative literature on ecological footprint of cities

Területi egység	Irodalom
29 észak-, közép- és kelet-európai város a Balti-tenger vízgyűjtő területén	Folke et al. 1997
121 egyesült államokbeli város	Jenerette et al. 2006a
26 kínai és 28 egyesült államokbeli város	Jenerette et al. 2006b
Lijiang megye (Kína) 24 városa	Jiang 2009
18 város Albertában (Kanada)	Wilson–Grant 2009
10 város a Heihe folyó vízgyűjtő területén (Kína)	Wu–Xu 2010
London (Nagy-Britannia), Santiago (Chile), Teherán (Irán)	Sasanpour–Mehrejani 2011
Shenyang (Kína) és Kawasaki (Japán)	Geng et al. 2014
Jangce folyó vízgyűjtő területe (Kína)	Gu et al. 2015
Zhejiang tartomány (Kína) 20 városa	Guan-Rowe 2016
19 mediterrán város	Baabou et al. 2017

A vizsgálatok egy részében egy-egy ország vagy megye több városának, más részében egymástól területileg távol elhelyezkedő városok ökológiai lábnyomát hasonlítják össze. A számítások között van olyan is, amely nem csupán területi, hanem időbeli összehasonlítást is tartalmaz (például Du et al. 2006, Chen et al. 2006, Lei et al. 2009, Baabou et al. 2017). Ez azért jelentős, mert az ökológiai lábnyom-számítás területi kritikájának (Van der Bergh–Verbruggen 1999) egyik ajánlása az, hogy a városi ökológiai lábnyomot ne területi, hanem időbeli elemzésekre használják.

Érdekes elemzési keretet jelent egy nagyobb régió vagy tartomány ökológiai lábnyomának számítása is, ahol már vizsgálható az ingázás hatása az ökológiai lábnyomra (Muniz–Galindo 2005). Témánk szempontjából kiemelkednek azok a publikációk, amelyek a várostérségek területének növekedése (*urban sprawl*), a várostérségek belső szerkezetének átalakulása (monocentrikusból policentrikusba) és az ökológiai lábnyom, illetve egyes elemeinek (például a háztartási eredetű karbon lábnyom) viszonyát tárgyalják (Heinonen et al. 2011, Jones–Kammen 2014, Legras–Cavaillès 2016). A szerzők többsége egyetért abban, hogy egy várostérség népességszámának emelkedése növeli a terület ökológiai lábnyomát, azonban az ökológiai lábnyom változása nem egyenesen arányos a népességszám-növekedéssel, hanem függhet a városszerkezettől, továbbá attól, hogy a különböző vagyoni helyzetű társadalmi csoportok a városok központjában vagy perifériáján helyezkednek-e el.

Az Egyesült Államokban, ahol a városok szétterülése elsősorban a jómódúak szuburbanizációja miatt következett be, a várostérségek ökológiai lábnyomának növekedése egyenesen arányos a népességnövekedéssel és a városok szétterülésével, kivéve a legnagyobb városokat (például New York, Los Angeles), ahol a belvárosok nagy népsűrűsége már visszafogja az ökológiai lábnyom növekedésének ütemét (Jones–Kammen 2014). Európában azonban például Helsinki ökológiai lábnyomának elemzése során többen is rámutattak arra, hogy a nagy népsűrűség a túlterhelt és nem egy esetben korszerűtlen infrastruktúrával, valamint számos energiapiazarló emeletes épülettel rendelkező városközpont miatt növelheti az ökológiai lábnyomot, és fenntarthatóbb lenne egy több központú, lazább településszerkezet (Ala–Mantila et al. 2013, Gaigné et al. 2012, Heinonen et al. 2011). A policentrikus, több központú várostérségben viszont szükségszerűen emelkedik a közlekedési eredetű kibocsátás és – a leggazdagabb szuburbán lakónegyedeket kivéve – a lakossági fűtés CO₂-kibocsátása. Ezért Európában sem egyértelmű, hogy a policentrikusság csökkenti-e a fajlagos kibocsátást és az ebből számítható ökológiai lábnyomot (Burgalassi–Luzzati 2015).

Mindezek mellett egyetértés van abban, hogy a városok szétterülése a hatalmas méreteket öltő ingázás következtében a közlekedési eredetű karbon lábnyomot gyorsan növeli, különösen azokban a várostérségekben, ahol nem épült ki fejlett kötöttpályás közlekedés (Piña–Martinez 2014, Ramachandra et al. 2015, Sovacool–Brown 2010). Megállapították, hogy az urbanizáció környezeti hatásának számszerűsítése szempontjából különös jelentősége van a közlekedési eredetű lábnyomnak, mert ennek a növekedése közvetlenül kapcsolódik egy-egy várostérség fizikai környezetének alakulásához, a térbeli mobilitáshoz, egyes térségek sűrű közlekedési kapcsolatokkal átszőtt urbanizálódásához. Míg az ökológiai lábnyomban figyelembe vett több tényező (például felhasznált anyagok, energia, élelmiszer stb. fogyasztása) és a térbeliség között áttételes kapcsolat van, addig az ingázás ökológiai lábnyomának alakulása – a mutató egészét tekintve – közvetlenül hat a földrajzi térben. Az ökológiai lábnyomot absztrakt mutatónak tekintjük, az ingázás lábnyoma már közvetlen módon kapcsolódik egy várostérség környezethasználatának alakulásához és a beépítettség változásához. Megállapíthatjuk, hogy a szuburbanizáció vagy a várostérségek növekedése tértől és időtől függően növelheti vagy csökkentheti egy várostérség ökológiai lábnyomát, az ingázásból számítható lábnyom emelkedik, aminek már közvetlen kapcsolata van a földrajzi tér átalakulására és az adott térség környezeti állapotára.

Az ingázás erősödő térformáló szerepével kapcsolatban Lakatos és Kapitány (2016) elemzéséből egyértelműen kiderült, hogy Budapest és a környező elővárosi települések ingázási kapcsolatai 1990 és 2011 között egyre intenzívebbé és sokoldalúbbá vált. Jászberényi és Kotosz (2009) tanulmányukban egy 2007-ben a budaörsi kistérségben készült felmérésről számoltak be, amely az utazási szokások megismerésén túl az autósok környezettudatosságának feltárása érdekében azt vizsgálta, hogy

az elővárosi, kisebb-nagyobb rendszerességgel autót és autóbust használó lakosok utazási döntéseik során mennyire vannak tisztában azok környezeti hatásával. A kutatás eredményei azt mutatták, hogy a budaörsi kistérség lakosai, bár sajátjuknak érzik a környezet védelmét, mégsem vállalnak abban aktív szerepet. Jellemző módon az autóbusszal utazók még akkor sem váltanának közlekedési eszközt, ha tiszta, kényelmes pályaudvarok és korszerű vasúti járművek állnának rendelkezésre, s az autót használóknak is csak 10–14%-a váltana biztosan vasútra, amennyiben az elővárosi kötőpályás közlekedés körülményei javulnának. A megkérdezettek többsége a környezetvédelemnek és a zsúfoltság csökkentésének azt a módját választaná, amely számára a lehető legkisebb áldozattal vagy a céltudatosabbak esetén a legnagyobb haszonnal jár, a szereplők ugyanis jól felismerik saját rövid távú érdekeiket. Kérdéses azonban, hogy a rövid távon optimálisnak tűnő megoldások hosszú távon a társadalom érdekeit szolgálják-e.

További vizsgálatok azt is kimutatták, hogy a kereszt-, illetve ellenirányba ingázók sokkal nagyobb valószínűséggel használják autót munkába járáshoz, mint a Budapestre ingázók. Ennek egyik lehetséges magyarázata a közösségi közlekedési hálózat szerkezetében és szolgáltatási színvonalában keresendő. Mivel gyors és gyakori tömegközlekedési szolgáltatást tulajdonképpen csak a sugárirányú vasút- és HÉV-vonalak nyújtanak, a közösségi közlekedés elsősorban a Budapestre ingázók számára elfogadható lehetőség. Másik lehetséges magyarázata, hogy az elővárosi övezetben hiányoznak, vagy lassúak és ritka követési idejük a keresztirányú közösségi közlekedési kapcsolatok (Keserű 2012).

A vizsgálat módszertana

Az ökológiai lábnyomra vonatkozó kutatásunkhoz a legutóbbi három népszámlálás (1990, 2001, 2011) budapesti várostérségre vonatkozó ingázási adatait vettük alapul. Ehhez első lépésként magát a funkcionális várostérséget kellett lehatárolnunk, hiszen az 1997-ben, kormányrendeletben rögzített budapesti agglomerációt az időközben bekövetkezett népességmozgás és területi fejlődés következtében nem tekinthettük megfelelő földrajzi keretnek. A lehatároláshoz a köztes, 2001. évi népszámlálás adatait vettük figyelembe, és a budapesti várostérséghez soroltunk minden olyan települést, ahol a népszámlálás időpontjában a foglalkoztatottak legalább 15%-a Budapestre járt dolgozni. Lehatárolásunk ezzel igazodott az EU és az OECD által a funkcionális várostérségek (FUA) kijelölésénél használt küszöbértékhez. A vizsgált terület határainak pontos kijelölésénél területi harmonizációt hajtottunk végre, melynek során figyelmen kívül hagytunk minden egyes leszakadó, a kompakt tömbbel nem érintkező, úgynevezett exklávé települést, illetve beemeltünk minden egyes küszöbérték alatti ingázással rendelkező, de a kompakt várostérségen belül szigeteket képező, úgynevezett enklávé települést. Ennek eredményeként a budapesti várostérséget a fővárossal és az azt körülvevő tágabb elővárosi övvel azonosítottuk, amelybe 185 település tartozott. További számításainkat erre a térségre végeztük el (1. ábra).

1. ábra

A budapesti várostérség ingázás alapján lehatárolt mintaterülete, 2001*
 Delimitation of the urban region of Budapest based on the 15 percent treshold
 of commuting, 2001



* Elingázók aránya meghaladja a 15%-ot. A 20 ezer főnél népesebb városok feltüntetésével.

4. táblázat

A budapesti várostérség főbb statisztikai mutatói, 2011
 Main statistical indicators of the urban region of Budapest, 2011

Mutató	Összesen	Országon belüli részesedés, %	A részesedés változása 1990-hez képest, %
Terület, km ²	6 077	6,50	–
Népességszám összesen, ezer fő	2 880	28,98	+1,05
Budapesten	1 729	17,39	–2,07
Elővárosi övben (185 településen)	1 151	11,59	+3,13
Munkahelyek száma, ezer	2 201	55,83	+6,66
Lakások száma, ezer	1 347	30,68	+2,00
Ingázók száma, ezer fő	380	28,36	+2,82

Forrás: 1990., 2011. évi népszámlálás.

Az általunk lehatárolt budapesti várostérség néhány kiválasztott társadalomstatistikai jellemzőjét a 4. táblázat mutatja. Ennek alapján megállapítható, hogy ez a várostérség hazánk legdinamikusabb téregysége, ahol a hazai népesség 29, valamint a munkahelyek 56%-a koncentrálódik. A várostérség országon belüli részesedését mind népesedési, mind gazdasági szempontból növelte 1990 óta. E területen él hazánk ingázóinak 28%-a, és arányuk 1990 óta folyamatosan emelkedik.

Az ingázás ökológia lábnyomának becslésénél az egyes közlekedési módokat és a megtett távolságot a népszámlálási adatok alapján vettük figyelembe. Arra a kérdésre kerestük a választ, hogy a munkahelyre történő ingázás mennyivel járul hozzá a budapesti várostérségben élők ökológiai lábnyomához. Az 5. táblázat adatai a népszámlálási adatsorok egyszerű összegzésével keletkezett. A táblázat alapvetően a következő négy ingázási reláció adatait foglalja össze:

- Budapestről az elővárosi övbe,
- az elővárosi övből Budapestre,
- az elővárosi öv települései között,
- Magyarország más részeiről a budapesti várostérségbe ingázók.

5. táblázat

A budapesti várostérséget érintő ingázás összesítő adatai

Aggregate data on commuting in the urban region of Budapest

Népszámlálási év	Ingázók száma, fő	Az egy napra jutó ingázás hossza, km	Viszonylatok száma
1990	295 329	9 854 472	9 635
2001	275 104	9 013 273	9 019
2011	380 357	13 253 901	14 740
Az előző népszámlálás százalékában			
2001	93	91	94
2011	138	147	163

Forrás. 1990., 2001. és 2011. évi népszámlálás.

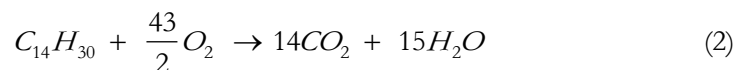
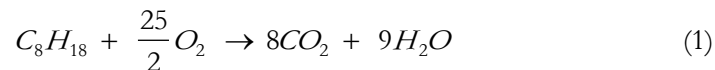
Mindhárom népszámlálási évre kiszámítottuk a CO₂-kibocsátást és az ökológiai lábnyomot a 2011-re becsült országos közlekedési szerkezetben (85% autó/autóbusz, 15% vasút/HÉV) és egy környezeti szempontból ideálisnak tekinthető, csak vasúton történő közlekedést tartalmazó szerkezetben.

A közlekedésből származó szén-dioxid-kibocsátás becslése

A fosszilis üzemanyag-fogyasztásból származó szén-dioxid-kibocsátás

A becslési eljárás lényege, hogy feltételezzük a tüzelőanyag tökéletes égését, ugyanis a valóságban a tökéletlen égés miatt ennél csak kevesebb CO₂ keletkezhet. Model-

lünkben a benzinre jellemző szén és hidrogén aránya miatt oktánt használtunk (1. képlet). A gázolajnál szintén a rá jellemző egyszerűsített szén-hidrogén arányokat reprezentáló szénhidrogént vettük alapul (2. képlet).



Tehát 1 mól, azaz 114 gramm benzinből 8 mól, azaz 352 gramm, 1 mól, azaz 198 gramm gázolajból 14 mól, azaz 616 gramm CO_2 keletkezik. Figyelembe véve a benzin és a gázolaj sűrűségét, 1 liter benzin elégetése során maximálisan 2,161 kilogramm és 1 liter gázolaj elégetésénél 2,489 kilogramm CO_2 keletkezik (Török 2008).

A bemutatott elvi kalkulációhoz képest a járművek típusa és kora jelentősen befolyásolja a valós CO_2 -kibocsátást. Mivel részletes információk nem álltak rendelkezésre a gépjárműpark összetételéről és az ingázással összefüggő üzemanyag-fogyasztásról, így a (EC) No 443/2009 számú uniós rendeletben 2015-re kitűzött (130 gramm CO_2 /kilométer) célértékkel számoltunk, amely közelítőleg megegyezik a Department for Environment, Food and Rural Affairs¹ (DEFRA 2013) adatbázisban szereplő átlagos kibocsátással (133 gramm CO_2 /kilométer).

A vasúti közlekedésből származó szén-dioxid-kibocsátás

Vasúton történő utazás esetén a DEFRA 2013. évi adatbázisa alapján az egy utaskilométerre vonatkozó CO_2 -kibocsátás mértéke 61,7 gramm. A MÁV honlapja² szerint a CO_2 -kibocsátás mértéke 2011-ben 42 gramm volt utaskilométerenként, és ezt a mennyiséget használtuk az optimista becslésnél.

Összehasonlításként kiszámolható a napjainkban gyorsan terjedő elektromos meghajtású autók áramfogyasztására jutó CO_2 -kibocsátás is, a villamos energia konverziós faktora alapján, amely a megawattóránkénti CO_2 -kibocsátást mutatja meg tonnában. Ez a konverziós faktor országonként eltérő, mivel országonként különbözik az elektromos áram előállításához használt energiaforrások köre (nem mindig, hogy szén-, atom- vagy szélenergiaforrás), az úgynevezett energiamix. Barina és Gelei (2014) vizsgálatai szerint a DEFRA útmutatója csak CO_2 -re tartalmaz országokra vetített konverziós faktorokat, így a pontosabb eredmény érdekében az Intelligent Energy Europe (IEE 2013) által meghatározott, Magyarországra vetített konverziós faktorokat használtuk. Az adatbázis országokra bontva tartalmazza az egy megawattóra elektromos áram előállításával járó üvegházhatásúgáz (ÜHG)-é CO_2 -kibocsátást. Az adatbázis szerint egy megawattóra elektromos áram előállításá-

¹ Nagy-Britannia Környezeti, Élelmiszerügyi és Vidékfejlesztési Minisztériuma.

² <https://www.mavcsoport.hu/mav-csoport/kornyezetvedelem>

val járó ÜHG-kibocsátás Magyarországon 0,566 tonna CO₂-egyenérték. Az egy utaskilométerre vonatkozó CO₂-kibocsátás mértéke ennek alapján 84,9 gramm (100 kilométer = 15 kilowattóra = 8,49 kilogramm CO₂, 1 utaskilométer = 84,9 gramm CO₂).

Az üzemanyag-fogyasztásból származó ökológiai lábnyom

A számításhoz a Global Footprint Network (GFN) Magyarországra vonatkozó adatbázisának Cnst_carbon lapját használtuk fel. A számítással megkaptuk, hogy a korábbiakban meghatározott CO₂-kibocsátás semlegesítéséhez mekkora (hipotetikus) erdőterületre van szükség (6. táblázat: D). A 3. egyenletben szereplő változók az ökológiai lábnyom-számítást koordináló GFN adatbázisából származnak, ami jelentősen leegyszerűsíti a számítás menetét.

6. táblázat

A CO₂ és az ökológiai lábnyom közötti átváltás
Conversion between CO₂ emission and ecological footprint

Megnevezés	Ökológiai lábnyom	Átváltási arány
C – CO ₂ arány (A)	[t C (t CO ₂) ⁻¹]	0,27
Szénmegkötési faktor (B)	[t C gha ⁻¹ év ⁻¹]	0,97
Óceánok felvevő kapacitása (C)	[-]	0,28
EQF (erdő)		1,26
Ökológiai lábnyom szén intenzitása (D)	[gha (t CO ₂ (év ⁻¹)) ⁻¹]	0,25

Forrás: GFN (2015).

$$D = \left(\frac{1}{B} \right) \cdot EQF \cdot (1 - C) \cdot A \quad (3)$$

Az ökológiai lábnyom mértékegysége a termőképességű földterület világátalaga, a globális hektár (gha), vagy ennek tízezred része a globális négyzetméter (gnm).

Tudományos eredmények

A 7–9. táblázatban szereplő eredményeket a 4. táblázat ingázási adatai alapján, a módszertani részben bemutatott összefüggések szerint számítottuk. A 7. táblázat az egy útra, a 8. táblázat az egy évre vonatkozó teljes, a 9. táblázat pedig az egy évre vonatkozó fajlagos értékeket mutatja.

1990 és 2011 között két egymástól jól elkülöníthető tendencia figyelhető meg az ökológiai lábnyom változásában. Az 1990-es években a lábnyom valamelyest mérséklődött, míg az ezredforduló után jelentősen nőtt (9. táblázat). Mindez az ingázásban megfigyelhető változásokra vezethető vissza, ugyanis a rendszerváltozás utáni évtizedben az ingázók száma Magyarországon – különösen a településhierarchia alsóbb szintjein –

jelentősen csökkent, ami részben a gazdasági szerkezetváltás, az ipari munkahelyek tömeges leépülése folytán a foglalkoztatás visszaesésével, illetve a munkanélküliség növekedésével függ össze. Igaz, hogy a nagyobb településeken az ingázók száma az 1990. évi népszámlálást követően folyamatosan és egyenletesen nőtt, de ez nem tudta ellensúlyozni a kisebb településeken végbemenő negatív folyamatokat (Kovács et al. 2015). Az ezredforduló után viszont az ingázók számának változása az összes településkategóriában pozitív előjelűvé vált. A budapesti várostérségben a policentrikus fejlődés eredményeképpen mindez úgy jelentkezett, hogy nőtt a városok közötti, valamint Budapest és a környező városok közötti ingázás: az ilyen típusú mozgások részesedése 1990 és 2011 között 29-ről 40%-ra emelkedett. 1990 és 2011 között legdinamikusabban Budapestről a környékbeli városokba irányuló ingázás nőtt: míg 1990-ben 25 ezer fő, addig 2011-ben már 45 ezer fő járt a fővárosból a környékbeli városokba dolgozni. E folyamatok természetesen az ökológiai lábnyom növekedésében is jelentkeztek.

7. táblázat

A budapesti várostérségben az ingázásból származó CO₂ és az ökológiai lábnyom becslése egy útra
Estimated values of CO₂ emission and ecological footprint per trip in the urban region of Budapest

Év	Átlagos távolság, km	85% autó/autóbusz, 15% vasút/HÉV		100% vasút/HÉV	
		szerkezetben			
		átlagos CO ₂ , kg	átlagos ökológiai lábnyom, gnm	átlagos CO ₂ , kg	átlagos ökológiai lábnyom, gnm
1990	33,37	4,00	9,99	1,40	3,50
2001	32,76	3,92	9,81	1,38	3,44
2011	34,85	4,17	10,43	1,46	3,66

8. táblázat

A budapesti várostérségben az ingázásból származó teljes CO₂ és ökológiai lábnyom becslése, 255 munkanapra
Estimated values of the total CO₂ emission and ecological footprint for 255 working days in the urban region of Budapest

Év	85% autó/autóbusz, 15% vasút/HÉV		100% vasút/HÉV	
	szerkezetben			
	CO ₂ , t	ökológiai lábnyom, gha	CO ₂ , t	ökológiai lábnyom, gha
1990	300 931,18	75 232,79	105 541,40	26 385,35
2001	275 243,05	68 810,76	96 532,15	24 133,04
2011	404 741,34	101 185,33	141 949,30	35 487,32

9. táblázat

**A budapesti várostérségben az ingázásból származó CO₂
és ökológiai lábnyom becslése, 255 munkanapra és egy ingázóra**
Estimated values of CO₂ emission and ecological footprint
for 255 working days and per commuter in the urban region of Budapest

Év	85% autó/autóbusz, 15% vasút/HÉV			100% vasút/HÉV ^{a)}		
	szerkezetben					
	átlagos CO ₂ , t	átlagos ökológiai lábnyom, gha	ökológiai lábnyom ^{b)} , %	átlagos CO ₂ , t	átlagos ökológiai lábnyom, gha	ökológiai lábnyom ^{b)} , %
1990	2,04	0,51	17	0,71	0,18	6
2001	2,00	0,50	17	0,70	0,18	6
2011	2,13	0,53	19	0,75	0,19	7

^{a)} Optimista becslés.

^{b)} A GFN (2015) által közzétett átlagos ökológiai lábnyom – 2011-ben 2,81 gha/fő – százalékában.

Megállapíthatjuk, hogy 2011-ben a budapesti várostérségben az ingázásból származó ökológiai lábnyom nagysága (101 185 globális hektár) Budapest területének (52 500 hektár) megközelítőleg a kétszerese volt, és 47%-kal emelkedett 2001 óta, ami annak a következménye, hogy 2001 és 2011 között az ingázók száma 38, az általuk megtett kilométerek száma 47, a viszonylatok száma 63%-kal nőtt. Fontos kiemelnünk, hogy 2011-ben egy átlagos ingázó egy munkanapon közel 35 kilométert tett meg, ezzel 4,17 kilogramm CO₂-kibocsátást idézett elő. Az ingázásból származó ökológiai lábnyomot a 2011-re becsült országos közlekedési szerkezet alapján (85% autó/autóbusz, illetve 15% vasút/HÉV) számoltuk. Bár az elővárosi övben vélhetően az országosnál kissé magasabb a csak vasúttal ingázók aránya, erre vonatkozó adataink hiányosak, így az országos átlagértékeket vettük alapul. Ebben az esetben az ingázás az ingázó ökológiai lábnyomához 0,53 globális hektárral, vagyis a teljes lábnyom 19%-ával járul hozzá, ami megközelítőleg annyi, mint az étkezésből származó lábnyom nagysága (Vetőné Mózner 2014). Az összehasonlító adatok alapján nyilvánvaló, hogy az ingázásból származó ökológiai lábnyom jelentősen csökkenthető lenne a vasúti közlekedés arányának növelésével.

Az eredmények értelmezése során fontos kiemelnünk, hogy az utóbbi években számos autógyártó esetében megkérdőjelezték a forgalomba helyezett közlekedési eszközök (elsősorban dízelüzemű gépjárművek) kibocsátási értékeit, illetve a megadott gyári emissziós értékek megbízhatóságát. Különböző szervezetek – egymástól független ellenőrzések során – ugyanis jóval magasabb szennyezőanyag-kibocsátást mértek, mint a megengedett érték. (Bár az ökológiai lábnyomnak nem része, de az emissziósadat-hamisítási botrány során kiderült, hogy például a dízelautók tényleges NO_x emissziója a szakmai folyóiratok egybehangzó véleménye szerint akár tízszer-

se is lehet a megengedettnek, eltekintve az egyéb károsanyag-kibocsátástól – The International Council on Clean Transportation; ICCT 2016). Ebből arra következtethetünk, hogy az ingázás ökológiai lábnyoma az általunk számítottnál jóval magasabb lehet. Nem tekinthetünk el attól sem, hogy a vizsgált három népszámlálás ingázási adatai elsősorban a foglalkoztatás irányára vonatkoznak, a tényleges ingakapcsolatok ennél sokrétűbbek: egyrészt évszakos, havi, de akár egy napon belüli periodikusságúak is lehetnek, másrészt naponta akár többször is ismétlődhetnek, akár többféle közlekedési mód kombinációjával is. Emellett terepi megfigyeléseink alapján arra következtethetünk, hogy a budapesti várostérségben is jelentős a statisztikában nem megjelenő, nem bejelentett, de életvitelszerűen itt tartózkodó és ingázó népesség, amely egyes településeken elérheti a lakónépesség 5–10%-át is. Ezért az ingázás időbeliségének és tényleges volumenének meghatározása érdekében további kutatásokat végeztünk.

Kutatási eredményeink arról tanúskodnak, hogy az autóval/autóbuszal történő ingázás a vasúti/HÉV-közlekedéshez képest sokkal nagyobb mértékben megterheli a környezetet és növeli az ökológiai lábnyomot.

Amennyiben a 2001. és a 2011. évi népszámlálások ingázási adatait vesszük figyelembe, azzal szembesülünk, hogy az ingázók száma 302 ezer főről 385 ezer főre, azaz közel 83 ezer fővel nőtt (10. táblázat). A budapesti várostérségben ingázók körében valamelyest nőtt a kötöttpályás közlekedés (vasút, HÉV) szerepe. A kizárólag vasúttal/HÉV-vel közlekedők száma a vizsgált időszakban ugyan kétharmadával (17 ezerről 29 ezer főre) emelkedett, de ennek az ingázási módnak a fejlődési potenciálja rendkívül korlátozott. A csak fosszilis üzemanyaggal hajtott közlekedési eszközöket használók száma és aránya a kötöttpályásokéhoz viszonyítva jelentős mértékben emelkedett (az ingázók száma 89 ezer fővel, aránya pedig 44,5-ről 58,1%-ra), vagyis az autóval és az autóbuszal ingázók többségbe kerültek. Ismerve az időszakban lezajló közlekedéspolitikai intézkedéseket (autóbusz-közlekedés fokozatos leépítése), a tendencia egyértelműen az autóhasználat elburjánzására vezethető vissza. Azon ingázók aránya, akik a fosszilis energiahordozókat és a (döntően) villamos energiát használó közlekedési eszközöket (vasút, HÉV) kombinálják, visszaszorulóban van. Az ingázásban a közlekedési módok terén tehát jelentős átrendeződés zajlott le az ezredforduló utáni évtizedben az individuális igényeket jobban kielégítő személygépkocsik javára.

Az ingázásban a fosszilis üzemanyagot használó gépjárművek többségbe kerüléséhez az is hozzájárulhatott, hogy 1990 és 2011 között, de különösen az időszak második felében a városhálózat fejlődése Magyarországon bár lassan, de policentrikus irányba változott, aminek következményeként olyan új ingázási formák jelentek meg, mint a központi településből az agglomerációs településekbe ingázás, vagy az elővárosi települések közötti keresztingázás. Értelemszerűen az ilyen típusú ingázásokban kiemelt szerepe van a nagyobb rugalmasságot biztosító gépjárműveknek (autó, autóbusz), ami ugyancsak ezeknek a közlekedési eszközöknek a malmára

hajtotta a vizet. Jól mutatja ezt a 11. táblázat, amely országosan és a budapesti város-térségben az ingázás viszonyait az ingázók számának függvényében foglalja össze, vagyis azt, hogy milyen irányba és milyen volumenű ingázás történt. 2001 és 2011 között országos szinten kiemelkedően nőtt az 1–49 ingázót szállító viszonylatok száma (miközben az 50 ingázónál nagyobb viszonylatok száma csökkent), ami arra utal, hogy valamelyes visszaszorult a nagy volumenű, sok embert szállító, tömeges falu–város ingázás, s ennek helyébe a kevesebb ingázót érintő, de sokkal gyakoribb falu–falú, város–falú vagy város–város ingázás lépett. Ugyanakkor a budapesti város-térség részesedése az 50 főt elérő, vagy annál nagyobb keresztirányú mozgásokból 1990 és 2011 között 33,2-ről 44,5%-ra emelkedett. Mindez jelzi, hogy a vizsgált város-térségen belül az ingázási irányok időben sokkal összetettebbé, a kötöttpályás közlekedési folyosóktól térben egyre függetlenebbé vált.

10. táblázat

Az ingázók száma és megoszlása közlekedési módok szerint
Number and distribution of commuters by mode of transport

Közlekedési mód	2001		2011	
	Város-térség	Magyarország	Város-térség	Magyarország
Ingázók száma, fő				
Autó, autóbusz (A)	134 414	638 004	223 432	987 252
Vasút, HÉV (B)	17 379	52 343	29 003	65 633
Egyéb (C – gyalog, kerékpár stb.)	56 919	181 719	20 669	87 272
Kombinált (A és B, vagy C)	59 100	93 338	55 927	81 639
Kombinált (A és C)	34 220	136 601	55 675	119 035
Ingázó összesen	302 032	1 102 005	384 706	1 340 831
Ebből:				
Kötöttpályást tartalmaz	76 479	145 681	84 930	147 272
Csak fosszilis üzemanyaggal	168 634	774 605	279 107	1 106 287
Ingázók aránya, %				
Autó, autóbusz (A)	44,5	57,9	58,1	73,6
Vasút, HÉV (B)	5,8	4,7	7,5	4,9
Egyéb (C – gyalog, kerékpár stb.)	18,8	16,5	5,4	6,5
Kombinált (A és B, vagy C)	19,6	8,5	14,5	6,1
Kombinált (A és C)	11,3	12,4	14,5	8,9
Ingázó összesen	100,0	100,0	100,0	100,0
Ebből:				
Kötöttpályást tartalmaz	25,3	13,2	22,1	11,0
Csak fosszilis üzemanyaggal	55,8	70,3	72,6	82,5

Forrás: 2001. és 2011. évi népszámlálás.

11. táblázat

**Az ingázók ingázási viszonylatok szerinti száma
és a budapesti várostérség részesedése***

Number of commuters by relations and the share of the urban region of Budapest

Ingázási viszonylat, fő	Magyarország			A budapesti várostérség részesedése, %					
	1990	2001	2011	1990		2001		2011	
1–49	62 859	51 841	77 904	9 138	14,5	8 356	16,1	13 911	17,9
50–99	2 055	1 484	1 709	287	14,0	264	17,8	329	19,3
100–	2 219	1 680	1 983	426	19,2	399	23,8	500	25,2
Összesen	67 133	55 005	81 596	9 851	14,7	9 019	16,4	14 740	18,1

*A külföldre ingázók nélkül.

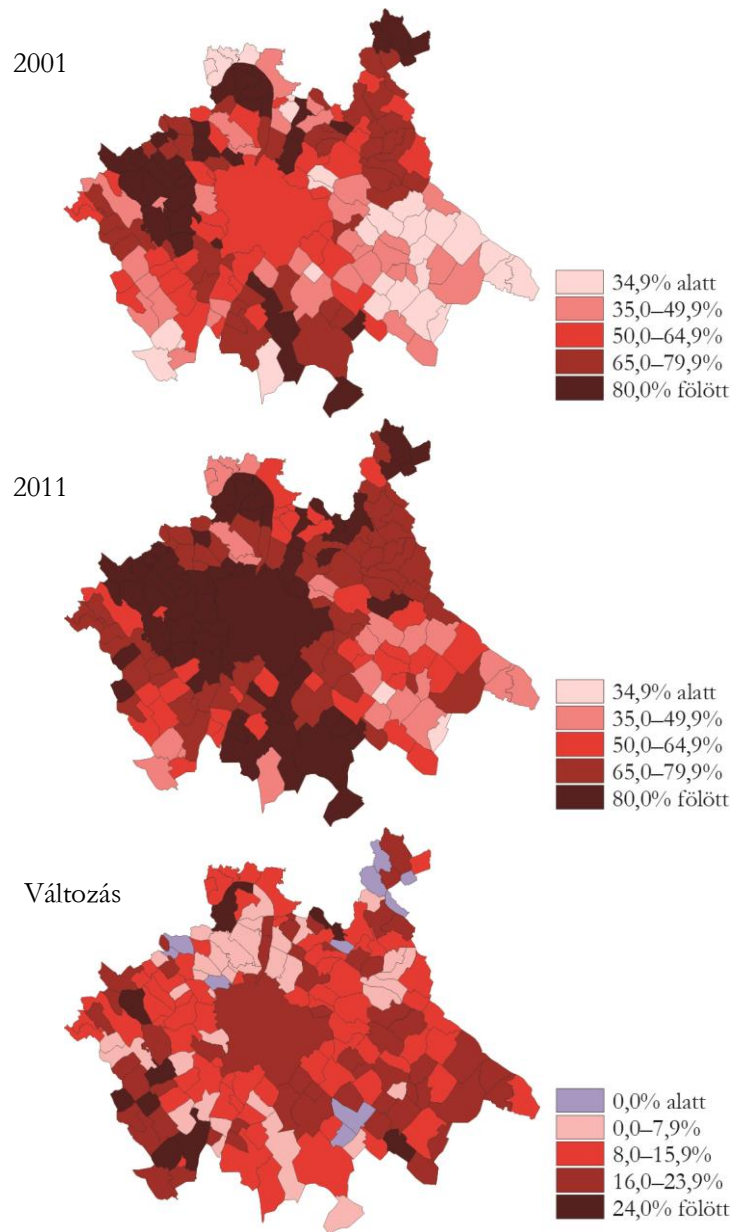
Forrás: 1990., 2001. és 2011. évi népszámlálás.

Az ingázás módjában (azaz az igénybe vett közlekedési eszköz típusában) a budapesti várostérségen belül jelentősek a területi eltérések, melyek háttérben a közlekedési hálózat (vasútvonalak, autópályák) történelmileg kialakult térszerkezete és a foglalkoztatottak anyagi lehetőségei húzódnak meg. A 2. és a 3. ábra alapján az ingázás módjában 2001 és 2011 között bekövetkezett területi változásokról a következőket állapíthatjuk meg:

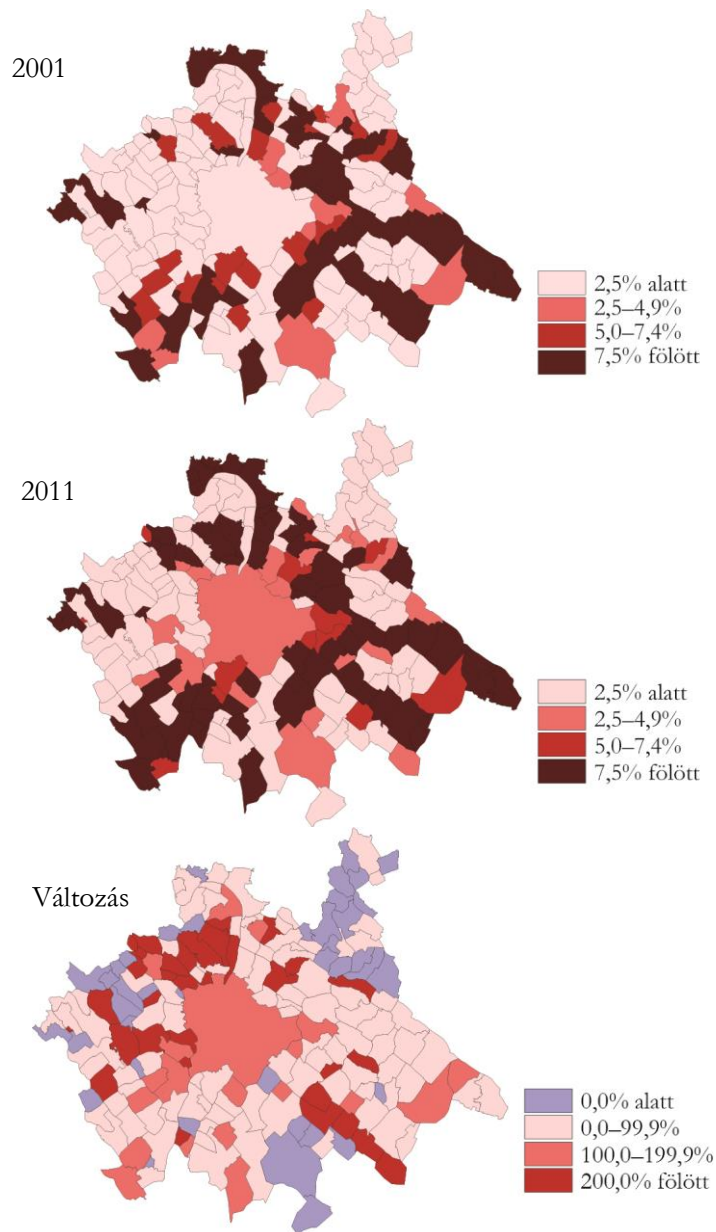
- A budapesti várostérségen belül az autóval/autóbusszal történő utazás aránya jelentősen nőtt a vizsgált időszakban, ami nagy nyomást gyakorolt az ökológiai lábnyom alakulására (2. ábra). A fosszilis üzemanyagot használó ingázók aránya hagyományosan a várostérség nyugati és északi szektorában kiemelkedő, ahol a 80% feletti részesedéssel rendelkező települések már 2001-ben is összefüggő övezetet alkottak. 2001 és 2011 között a növekedés súlypontja a fővárostól távolabbra (20–40 kilométer), a várostérség déli, délnyugati részén elhelyezkedő településekre helyeződött át, a pesti oldalon pedig az északi szektorra (Nagymaros és környéke), valamint a keleti szektor majdnem teljes területére. Ebből a szempontból a pesti oldal felzárkózóban van a budai oldal településeihez. Mindössze 10 olyan település volt a vizsgált időszakban, ahol csökkent a fosszilis üzemanyagot felhasználó ingázók aránya. A 2. ábra a Budapestről ingázók növekvő motorizációját is szemlélteti.

2. ábra

**A budapesti várostérségben kizárólag fosszilis üzemanyagot
használó közlekedési módokkal ingázók aránya**
Share of commuters using exclusively transport modes
with fossile fuel in the conurbation of Budapest



3. ábra

**A budapesti várostérségben kizárólag kötöttpályás közlekedési eszközzel
ingázók aránya**Share of commuters commuting exclusively by fixed track transport mode in the
conurbation of Budapest

– A kötöttpályás közlekedési eszközt (vasutat, illetve HÉV-et) használó ingázók térbeli elhelyezkedése igazodik a fővárosból sugárirányba kifutó főbb vasút- és HÉV-vonalakhoz. 2001 és 2011 között a csak kötöttpályás közlekedést használó ingázók aránya minden negyedik településen nőtt, összességében 5,8-ról 7,5%-ra. A növekedést mutató települések többsége a már amúgy is intenzíven használt viszonylatok (Budapest–Bicske, Budapest–Monor, Budapest–Szentendre stb.) mentén helyezkedik el (3. ábra). Hagyományosan a várostérség keleti és déli részén jelentősebb azon településről ingázók aránya, akik munkába járásuk során kizárólag kötöttpályás közlekedési eszközt vesznek igénybe. Ezek azok a területek, ahol az elővárosi közlekedés egy átfogó modernizáció révén versenyképes lehet a közúti közlekedéssel szemben.

A fosszilis alapú gépjárműforgalom és ingázás káros ökológiai következményeit hosszú távon technológiai váltással lehetne megelőzni, vagyis ha a járművek megújuló energiát használnának (Zero Carbon Britain 2017). Ebbe az irányba az első lépés az e-autók bevezetése lehet (Felsmann 2014). A leghatékonyabb előrelépés természetesen a közösségi közlekedés fejlesztése lenne. Az erre vonatkozó úgynevezett ecocity koncepcióban az egyéni járművek használatát fokozatosan felváltja a közösségi közlekedés, az osztott gépkocsihasználat (car sharing) és a közösségi kerékpározás együttműködő fejlesztése révén kialakuló integrált városi közlekedési rendszer. Az ecocityre utaló koncepciók és fejlesztések már Budapesten is megjelentek, a közösségi közlekedés terjedésével ezek kedvező hatásai várhatóan az elővárosi övezetben is jelentkeznek.

Összefoglalás

Tanulmányunkban a rendszerváltozást követő urbanizációs mozgások környezeti hatásait vizsgáltuk a budapesti várostérség példáján. A rendszerváltozás után mélyreható területi és mobilitási folyamatok indultak meg hazánkban. A szuburbanizáció és a nyomában járó városi szétterülés (*urban sprawl*) jelentősen átformálta városaink körül a területhasználatot, a folyamat kísérőjelenségeként fellépő növekvő városkörnyéki ingázás pedig egyre nagyobb terheket rótt a környezetre. A kérdés tehát az volt, hogy az ingázás vajon milyen mértékben járult hozzá a budapesti várostérség ökológiai lábnyomának változásához? A nemzetközi szakirodalomban a 2000-es évek elején jelentek meg az első kutatási eredmények Nagy-Britanniában és Kanadában, amelyek a különböző nagyvárosok ökológiai lábnyomát mérték. Tanulmányunk lényegében ebbe a sorba illeszkedik, fő célkitűzésünk a budapesti várostérség ingázással kapcsolatos ökológiai lábnyomának vizsgálata volt. Ennek kiszámításához (becsléséhez) az 1990., a 2001. és a 2011. évi népszámlálás ingázási adatait, illetve az egyes közlekedési módokat és a megtett távolságot vettük figyelembe.

Az ökológiai lábnyom becsléséhez először kiszámítottuk az egyes közlekedési eszközökre vonatkozó CO₂-kibocsátást. A korábbi szakirodalmi eredmények és saját számításaink alapján a fosszilis üzemanyaggal működő gépjárművek esetében 130, a

vasúton/HÉV-en történő utazás esetén 42, míg elektromos gépjárművek esetében 84,9 gramm CO₂/utaskilométerrel számoltunk. A fenti kibocsátási értékek alapján 2011-ben a budapesti várostérség ökológiai lábnyoma 101 185 globális hektár volt. Ez évi 255 munkanap esetén egy útra 10,43 globális négyzetméternek és egy átlagos ingázóra számolva 0,53 globális hektárnak felel meg a 2011-re becsült országos közlekedési szerkezet (85% autó/autóbusz és 15% vasút/HÉV) szerint. A budapesti várostérségben egy átlagos ingázó (aki közel 35 kilométert tesz meg, és ezzel 4,17 kilogramm CO₂-kibocsátást idéz elő) teljes ökológiai lábnyomának 19%-a származik a munkahelyre történő ingázásból.

Az 1990-es években a budapesti várostérség ingázásból származó ökológiai lábnyoma csökkent, majd az ezredforduló után jelentősen nőtt. Mindez a megváltozott ingázási folyamatokkal állt összefüggésben: a várostérségen belüli cirkulációs mobilitás a 2000-es években jelentősen emelkedett. Az ezredforduló után Magyarország városhálózatának fejlődése bár lassan, de a policentrikus modell irányába mozdult el. Ennek következtében megnőtt a városok és a falvak közötti ingázás a budapesti várostérségen belül, különösen dinamikussá vált a Budapestről a környékbeli városokba (Budaörs, Gödöllő stb.) irányuló ingázás. E folyamatok természetesen az ökológiai lábnyom növekedésében is megmutatkoztak.

Az ingázás módjában a közlekedési hálózathoz igazodó jelentős területi különbségeket fedezhetünk fel, amelyek hatnak az ökológiai lábnyom térszerkezetére is. Kutatási eredményeink arról tanúskodnak, hogy az ezredforduló után jelentősen nőtt az autók/autóbuszok, közülük is elsősorban az autó használata az ingázásban. Az autóval/autóbuszsal ingázók száma 89 ezer fővel, arányuk pedig 44,5-ről 58,1%-ra nőtt 2001 és 2011 között. A növekedés főként a budai oldalon a Budapest közigazgatási határaitól távolabb fekvő települések esetében, valamint a Budapestről ingázók körében volt dinamikus. Ökológiai szempontból ez lényegesen kedvezőtlenebb, mintha az ingázás során egyéb közlekedési eszközöket (elsősorban a villamos energiával hajtott járműveket, mint a vasút vagy a HÉV) is igénybe vennének az ingázók. A népszámlálási adatok alapján végzett számításaink azt mutatják, hogy Budapesten és környékén visszaszorulóban van a különböző meghajtású járművek kombinálása az ingázás során, ugyanis az ingázók egyre nagyobb arányban választják az autót. Ennek ellenére találhatunk olyan területeket a budapesti várostérségben, ahol a vasúti vagy a HÉV-közlekedés fejlesztése potenciális lehetőségeket hordoz magában, mivel az átlagosnál nagyobb arányban vannak jelen a kötöttpályás közlekedést valamilyen formában használók. A várostérség déli, délkeleti és keleti szektorában található olyan településcsoportok, amelyekben valamelyest nőtt a különböző közlekedési eszközöket kombináló aránya, így a kötöttpályás közlekedés fejlesztésével részben kiváltható lenne a megnövekedett autóhasználat.

Bár a szuburbanizáció nagy hulláma a budapesti várostérségben az ezredfordulót követően csillapodni látszik, a közeljövőben sem várható, hogy az ingázás mértéke visszaszorulna. Sőt, a jövőben a policentrikus fejlődés következtében a keresztirányú

ingázási térpályák további erősödésére számíthatunk. A kötöttpályás közlekedési rendszer térbeli merevsége folytán nehezen illeszthető ezekhez a térben egyre bonyolultabb konfigurációt eredményező mozgások. Körültekintő és átgondolt fejlesztésekre van tehát szükség ahhoz, hogy a fosszilis alapú ingázás eddigi növekedése a budapesti várostérségben megállítható, és ezáltal a várostérség ingázásból származó ökológiai lábnyomának növekedése is kordában tartható legyen.

Köszönetnyilvánítás

A tanulmány az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (OTKA) K119710 sz. kutatási és a Nemzeti Versenyképességi és Kiválósági Program (NVKP) 16-1-2016-0003. sz. projekt támogatásával készült.

IRODALOM

- ALA-MANTILA, S.–HEINONEN, J.–JUNNILA, S. (2013): Greenhouse Gas Implications of Urban Sprawl in the Helsinki Metropolitan Area *Sustainability* 5 (10): 4461–4478.
- BAABOU, W.–GRUNEWALD, N.–OUELLET-PLAMONDONA, C.–GALLI, A. (2017): The Ecological Footprint of Mediterranean cities: Awareness creation and policy implications *Environmental Science & Policy* 69: 94–104.
- BARNA, ZS.–GELEI, A. (2014): A szénlábnyom mérése fókuszban a közúti áruszállítás és raktározás *Vezetéstudomány* 45 (7–8): 53–68.
- BARRETT, J. (1998): *Sustainability Indicators and Ecological Footprints: The Case of Guernsey School of the Built Environment*, Liverpool John Moore's University, Liverpool.
- BARRETT, J.–SCOTT, A. (2001): *An Ecological Footprint of Liverpool: Developing Sustainable Scenarios* Stockholm Environment Institute, Sweden.
- BEST FOOT FORWARD (2002): *City Limits: A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London* BFF, Oxford.
- BOND, S. (2002): *Ecological footprints/a guide for local authorities* WWF, Godalming.
- BURGALASSI, D.–LUZZATI, T. (2015): Urban spatial structure and environmental emissions: A survey of the literature and some empirical evidence for Italian NUTS 3 regions *Cities* 49: 34–148.
- CHEN, M.–WANG, R.–ZHANG, L.–XU, C. (2006): Temporal and spatial assessment of natural resource use in China using ecological footprint method *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 13 (4): 255–268.
- COLLINS, A.–FLYNN, A. (2005): A new perspective on the environmental impacts of planning: a case study of Cardiff's International Sports Village *Journal of Environmental Policy and Planning* 7 (4): 277–302.
- COLLINS, A.–FLYNN, A. (2007): Engaging with the Ecological Footprint as a Decision-Making Tool *Process and Responses in Local Environment* 12 (3): 295–312.
- DU, B.–ZHAN, K.–SONG WEN, Z. (2006): Methodology for an urban ecological footprint to evaluate sustainable development in China *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 13 (4): 245–254.

- EC No 443/2009 rendelet: *Monitoring of CO2 emissions from passenger cars*.
- ENYEDI, GY. (2010): Az urbanizációs ciklus és a magyar településhálózat átalakulása. In: BARTA, GY.–BELUSZKY, P.–FÖLDI, ZS.–KOVÁCS, K. (szerk.): *A területi kutatások csomópontjai* pp. 107–120., MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs.
- FOLKE, C.–JONSSON, A.–LARSSON, J.–COSTANZA, R. (1997): *Ecosystem appropriation by cities* Royal Swedish Academy of Sciences, Stockholm.
- GAIGNÉ, C.–RIOU, S.–THISSE, J. F. (2012): Are compact cities environmentally friendly? *Journal of Urban Economics* 72 (2–3): 123–136.
- GENG, Y.–ZHANG, L.–CHEN, X.–XUE, B.–FUJITA, T.–DONG, H. (2014): Urban ecological footprint analysis: comparative study between Shenyang in China and Kawasaki in Japan. *Journal of Cleaner Production* 75: 130–142.
- GLOBAL FOOTPRINT NETWORK (2015): *National Footprint Accounts* Oakland.
- GU, Q.–WANG, H.–ZHENG, Y.–ZHU, J.–LI, X. (2015): Ecological footprint analysis for urban agglomeration sustainability in the middle stream of the Yangtze River *Ecological Modelling* 318: 86–99.
- GUAN, C.–ROWE, P. (2016): The concept of urban intensity and China's townization policy: Cases from Zhejiang Province *Cities* 55: 22–41.
- HEINONEN, J.–KYRÖ, R.–JUNNILA, S. (2011): Dense downtown living more carbon intense due to higher consumption: a case study of Helsinki *Environmental Research Letters* 6 (3): 1–9.
- JÁSZBERÉNYI, M.–KOTOSZ, B. (2009): Közlekedési szokások vizsgálata Budapest délnyugati agglomerációjában *Statisztikai Szemle* 87 (2): 166–190.
- JENERETTE, D. G.–MARUSSICH, W. A.–NEWELL, J. P. (2006a): Linking ecological footprints with ecosystem valuation in the provisioning of urban freshwater *Ecological Economics* 59: 38–47.
- JENERETTE, D. G.–WU, W.–GOLDSMITH, S.–MARUSSICH, W. A.–ROACH, J. W. (2006b): Constructing water footprints of cities China and the United States *Ecological Economics* 57: 346–358.
- JIANG, Y. (2009): Evaluating eco-sustainability and its spatial variability in tourism areas: a case study in Lijiang County, China. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 16 (2): 117–126.
- JONES, CH.–KAMMEN, D. M. (2014): Spatial Distribution of U.S. Household Carbon Footprints Reveals Suburbanization Undermines Greenhouse Gas Benefits of Urban Population Density *Environmental Science and Technology* 48 (2): 895–902.
- KESERŰ, I. (2012): Bejárók és eljárók: A szuburbanizáció és az általános iskolások ingázásának összefüggései Budapest funkcionális várostérségében *Tér és Társadalom* 26 (3): 114–132.
- KISS, J. P.–SZALKAI, G. (2014): A foglalkoztatás területi koncentrációjának változásai Magyarországon a népszámlálások ingázási adatai alapján, 1990–2011 *Területi Statisztika* 54 (5): 415–447.
- KOCSIS, T. (2010): „Hajózni muszáj!” A GDP, az ökológiai lábnyom és a szubjektív jóllét stratégiai összefüggései *Közgazdasági Szemle* 57 (6): 536–554.
- KOVÁCS, Z. (2017): Városok és urbanizációs kihívások Magyarországon *Magyar Tudomány* 178 (3): 302–310.

- KOVÁCS, Z.–EGEDY, T.–SZABÓ, B. (2015): Az ingázás területi jellemzőinek változása Magyarországon a rendszerváltozás után. *Területi Statisztika* 55 (3): 233–253.
- LAKATOS, M.–KAPITÁNY, G. (2016): A munkaerő napi mozgása (ingázása) és közlekedése Budapesten és a fővárosi agglomerációban, a népszámlálási adatok alapján. II. rész. *Területi Statisztika* 56 (2): 209–239.
- LEGRAS, S.–CAVAILHÈS, J. (2016): Environmental performance of the urban form *Regional Science and Urban Economics* 59: 1–11.
- LEI, K.–HU, D.–WANG, Z.–YU, Y.–ZHAO, Y. (2009): An analysis of ecological footprint trade and sustainable carrying capacity of the population in Macao *International Journal of Sustainable Development and World Ecology* 16 (2): 127–136.
- MCDONALD, G. W.–PATTERSON, M. G. (2004): Ecological Footprints and interdependencies of New Zealand regions *Ecological Economics* 50: 49–67.
- MOORE, J.–KISSINGER, M.–REES, W. (2013): An urban metabolism and ecological footprinting assessment of Metro Vancouver *Journal of Environmental Management* 124: 51–61.
- MUNIZ, I.–GALINDO, A. (2005): Urban form and the ecological footprint of commuting. The case of Barcelona *Ecological Economics* 55: 499–514.
- PÉNZES, J.–MOLNÁR, E.–PÁLÓCZI, G. (2014): Helyi munkaerő-piaci vonzásokörzetek az ezredforduló utáni Magyarországon *Területi Statisztika* 54 (5): 474–490.
- PIÑA, W.H.A.–MARTINEZ, C.I.P. (2014): Urban material flow analysis: An approach for Bogotá, Colombia *Ecological Indicators* 42: 32–42.
- RAMACHANDRA, T. V.–AITHAL, B. H.–SREEJITH, K. (2015): GHG footprint of major cities in India *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 44: 473–495.
- REES, W.–WACKERNAGEL, M. (1996): Urban ecological footprints: why cities cannot be sustainable and why they are a key to sustainability *Environmental Impact Assessment Review* 16 (4): 223–248.
- SASANPOUR, F.–MEHREJANI, M. S. (2011): Evaluation on the Sustainability of Metropolitan Environment for Good Urban Management Ecological Footprint Model *Journal of Sustainable Development* 4 (3): 243–248.
- SIMMONS, C.–JENKIN, N. (2003): *Brechin & Surrounds Household Footprint Survey/A Supplement to An Ecological Footprint Analysis of Angus-Scotland* BFF, Oxford.
- SIMMONS, C. (2002): *Five Cities Footprint, Estimating the Ecological Footprint of Aberdeen, Dundee, Edinburgh, Glasgow and Inverness* BFF, Oxford
- SOVACOO, B. K.–BROWN, M. A. (2010): Twelve metropolitan carbon footprints: A preliminary comparative global assessment *Energy Policy* 38 (9): 4856–4869.
- SZABÓ, T.–SZABÓ, B.–KOVÁCS, Z. (2014): Polycentric urban development in post-socialist context: the case of the Budapest Metropolitan Region *Hungarian Geographical Bulletin* 63 (3): 287–301.
- SZIGETI, C. (2016): *Az ökológiai lábnyom határai* Typotext, Budapest.
- VAN DEN BERGH, J. C. M. J.–VERBRUGGEN, H. (1999): Spatial sustainability, trade and indicators: an evaluation of the ecological footprint *Ecological Economics* 29: 61–72.
- VETŐNÉ MÓZNER, ZS. (2014): Fenntartható élelmiszer-fogyasztás? Lehetőségek az ökológiai lábnyom csökkentésére a magyar lakosság körében *Vezetéstudomány* 45 (7–8): 133–179.

- WILSON, J.–COLMAN, R.–MONETTE, A. (2001): *The Nova Scotia Ecological Footprint* GPI Atlantic, Glen Haven, Kanada.
- WILSON J.–GRANT, J. L. (2009): Calculating ecological footprints at the municipal level: what is a reasonable approach for Canada? *Local Environment*14 (10): 963–979.
- WU, C.–XU, Z. (2010) : Spatial distribution of the environmental resource consumption in the Heihe River Basin of Northwestern China *Regional Environmental Change* 10: 55–63.

INTERNETES HIVATKOZÁSOK

- BARRETT, J.–VALLACK, H.–JONES, A.–HAQ, G. (2002): *A Material Flow Analysis and Ecological Footprint of York* https://www.sei-international.org/mediamanager/documents/Publications/Future/Material_Flow_Analysis_york.pdf (letöltve: 2017. július)
- CSUTORA, M. (2011): *Az ökológiai lábnyom ökonómiája*. http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/589/1/okolab_norveg.pdf (letöltve: 2017. július)
- CSUTORA, M. (2012): *Az ökológiai lábnyom mint hivatalos mutató bevezetése Magyarországon*. http://korny.uni-corvinus.hu/fik/az_okologiai_labnyom_magyarorszagon_2012.pdf (letöltve: 2017. július)
- DEFRA – Department for Environment, Food and Rural Affairs (2013): *Government GHG Conversion Factors for Company Reporting: Methodology Paper for Emission Factors*. www.gov.uk/defra (letöltve: 2017. július)
- FELSMANN, B. (2014): *Az elektromos járművek elterjedésének energiapiaci hatásai*. IX. Energetikai Konferencia-Energiastratégiák http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/1904/1/Felsmann_20141111.pdf (letöltve: 2017. július)
- ICCT – The International Council on Clean Transportation (2016): NOX emissions from heavy-duty and light-duty diesel vehicles in the EU: Comparison of real-world performance and current type-approval requirements. http://www.theicct.org/sites/default/files/publications/Euro-VI-versus-6_ICCT_briefing_06012017.pdf (letöltve: 2017. július)
- IEE – Intelligent Energy Europe (2013): *Guidelines for the calculation of the IEE Common Performance Indicators* <https://ec.europa.eu/easme/sites/easme-site/files/guidelines-ieee-common-performance-indicators.pdf> (letöltve: 2017. július)
- KAISLER, T. (2016): *Jó Állam Jelentés*. http://akfi.uni-nke.hu/uploads/media_items/jo-allam-jelentes-2016.original.pdf (letöltve: 2017. július)
- MONETTE, A.–COLMAN, R.–WILSON, J. (2003): *The Prince Edward Island Ecological Footprint* <http://www.gpiatlantic.org/pdf/ecofoot/pei-ecofoot.pdf> (letöltve: 2017. július)
- SCHWEIZERISCHE BUNDESKANZLEI (2016): *Für eine nachhaltige und ressourceneffiziente Wirtschaft (Grüne Wirtschaft)* <https://www.admin.ch/ch/d/pore/va/20160925/det605.html> (letöltve: 2017. július)
- STIGLITZ, J. –SEN, A. –FITOUSSI, J. P. (2009): *Report by the Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress* <http://ec.europa.eu/eurostat/documents/118025/118123/Fitoussi+Commission+report> (letöltve: 2017. július)

- TIMÁR, J. (2010): Van-e posztszocialista urbanizáció? – Néhány gondolat a magyarországi szuburbanizációról és dszentifikációról. In: BARTA GY. – BELUSZKY P. – FÖLDI ZS. – KOVÁCS K. (szerk.): *A területi kutatások csomópontjai*. pp. 121–140., MTA Regionális Kutatások Központja, Pécs. <http://www.regscience.hu:8080/xmlui/handle/11155/199> (letöltve: 2017. július)
- TÖRÖK, Á. (2008): A közúti személyközlekedés klímára gyakorolt hatása Klíma-21 Füzetek, 52: 92–97. <http://real.mtak.hu/5256/> (letöltve: 2017. július)
- ZERO CARBON BRITAIN (2017): Making it Happen <http://zerocarbonbritain.com/images/pdfs/ZeroCarbonBritain-MakingItHappen.pdf> (letöltve: 2017. július)