

DR. POMÁZI ISTVÁN – SZABÓ ELEMÉR

A városi anyagáramlás változása Budapesten

Bevezetés

A gyorsuló globalizáció és urbanizáció időszakában a legfejlettebb országokban egyre fontosabbá válik a természeti erőforrások fenntartható használata. A városi anyagáramlások vizsgálata hozzásegíthet az összetett input-output folyamatok és a népesség anyagfelhasználásának jobb megértéséhez.

Budapest mint Közép-Európa egyik fejlett nagyvárosa, ahol a gazdasági, szellemi és pénzügyi szolgáltatások összpontosulnak, 1,7 millió lakos (az agglomerációval együtt 2,5 millió ember) sokrétű szükségleteit elégíti ki. A metropolisz lakossága az energia, a különböző anyagok és az információ folyamatos biztosításától függ, hogy mindennapi funkcióit képes legyen ellátni. A gazdasági tevékenységek koncentrációja olyan nagymértékű Budapesten, hogy itt keletkezik az ország bruttó hazai termékének 40%-a.

A Budapesten 1950–1990 között bekövetkezett gazdasági változások, amelyek számottevő népességnövekedéssel párosultak, együttesen jelentős erőforrás-felhasználást és példátlan mértékű hulladékot eredményeztek. Az 1990 utáni politikai átalakulás mélyreható demográfiai, gazdasági és társadalmi változásokkal járt együtt, amelyek nagy hatást gyakoroltak a különböző erőforrások (víz, energia, föld és élelmiszer) használatára és az erőforrás-hatékonyságra.

E tanulmány elsőként kísérli meg Budapest városi anyagáramlásának, szakszóval metabolizmusának elemzését. Budapest elmúlt fél évszázados társadalmi, gazdasági és környezeti átalakulása bemutatható az erőforrások (víz, energia stb.) felhasználásán, valamint a kapcsolódó környezeti hatásokon keresztül. A tanulmány nem adhatja Budapest anyagcsere-folyamatainak teljes körű és mennyiségi áttekintését, mert az további statisztikai adat- és információgyűjtést igényel. Ugyanakkor már a kutatás jelen fázisa is lehetővé teszi az előzetes eredményeknek az érdeklődők számára történő közzétételét, emellett bizonyos trendek is feltárhatók. Módszertani szempontból egyszerűbbnek mutatkozott a városi metabolizmus bemeneti oldali feltárása, de – mint más városok esetében is tapasztalhattuk – a kimeneti oldal feltárása nehézségekkel áll szemben. Ugyanilyen problémát jelent a városokba beépített anyagállomány (épületek, infrastruktúra) teljes nagyságának meghatározása. A bemeneti oldalon a víz- és energiafelhasználás, valamint élelmiszer-fogyasztás, míg a kimeneti oldalon a szennyvíz, légszennyezőanyag-kibocsátás, továbbá szilárdhulladék-keletkezés szerepel. Az anyagállomány-vizsgálatok egyelőre csak az épületállományra és gépjárműállományra terjedtek ki.

2005-ben 3,2 milliárd ember élt a világ városaiban, majdnem négyszer annyi, mint 1950-ben. Ezzel a Föld lakosságának már majdnem fele városlakóvá vált. A Föld városi lakossága 1961-ben lépte át a бүvös egymilliárd főt. Mindössze egy negyedszázadnak kellett eltelnie ahhoz, hogy újabb egymilliárddal nőjön a számuk, majd már csak 17 év

kellett újabb egymilliárdos növekedéshez. Ez nagyon jól jelzi a városodás gyors és megállíthatatlan folyamatát. 2003-ban a Föld lakóinak közel fele városokban élt, ez 2018-ra 4 milliárdra nőhet, míg 2030-ra elérheti az 5 milliárdot. Az urbanizáció nagyon előrehaladott állapotban van a fejlett régiókban: 2005-ben a teljes népesség 74%-a városokban élt. Ez az arány az előrejelzések alapján 2030-ra meghaladja a 80%-ot. A fejlődő országokban a városodás folyamata lényegesen lassúbb, de így is a 2005. évi 43%-ról 2030-ra 56%-ot érhet el.

1950-ben mindössze két olyan óriásváros volt a világon, amelynek népessége meghaladta a 10 milliót. Fél évszázaddal később a megavárosok száma 20-ra növekedett, és 2015-ben várhatóan 22 lesz, ebből 17 a fejlődő világban. Jelenleg a világ legnagyobb városi népességtömrőlése Tokió 35 millió lakossal, ezt követi Mexikóváros és New York 19-19 millió, valamint Sao Paulo 18 millió lakossal. 2005-ben a világ városi népességének több mint 9%-a élt megavárosokban, ez a szám 2015-re tovább növekszik. Az óriásvárosok gyors népességrobbanását jól jellemzi, hogy 1950 óta Delhi lakossága 11-szeresére, Sao Paulóé 8-szorosára, Mexikóvárosé 7-szeresére nőtt (Pomázi 2008).

Városi metabolizmus

Az OECD Tanácsa 2004-ben fogadta el az anyagáramlásokról és az erőforrás-termelékenységről szóló ajánlását, amely ösztönzést adott a problémakör átfogó és részletes elemzéséhez (OECD 2004). Az OECD-s környezetvédelmi miniszterek 2008 áprilisában fogadták el az erőforrás-termelékenységgel foglalkozó második ajánlást, amely javasolja a tagállamoknak, hogy folytassák és javítsák az anyagáramlás-elemzéssel kapcsolatos adat- és információgyűjtést, valamint mutatófejlesztést és elemző tevékenységet nemzeti, ágazati és mikroszinten is (OECD 2008).

A társadalmi metabolizmus jelenségét és annak területei megjelenését – beleértve a városi szintet is – számos OECD- és nem OECD-ország, valamint város példáján részletesen áttekintette Pomázi és Szabó (2006).

A városi metabolizmus vizsgálata inter- és multidiszciplináris megközelítést igényel, hiszen a városok mint ökoszisztémák a társadalmi, gazdasági és környezeti folyamatok szerteágazó és rendkívül összetett rendszerét alkotják.

A városi metabolizmus koncepciója segít a városok fenntartható fejlődésének megértésében oly módon, hogy analógiát tár fel az élő szervezetek metabolikus folyamataival. A biológiai szervezetek és a városok működése, anyagcseréje között sok hasonlóság fedezhető fel. A városok a beérkező nyersanyagokat, tüzelőanyagot és vizet átalakítják épített környezetté, emberi biomasszává és hulladékká (Decker et al. 2000). A városi metabolizmus tanulmányozása gyakorlatilag az energia, víz, tápanyagok, nyersanyagok és hulladékok inputjainak, outputjainak mennyiségi meghatározását jelenti.

A városi metabolizmust úgy is meghatározhatjuk, mint a városokban jelentkező technikai, társadalmi-gazdasági folyamatok összességét, amely növekedésben, energiatermelésben és a hulladékmegsemmisítésében ölt testet (Kennedy et al. 2007). Eddig kevés tanulmányt szenteltek a városokban megjelenő energia számszerűsítésére, a szerzők inkább csak a tápanyagok, nyersanyagok áramlásaira és a hidrológiai ciklusra összpontosítottak.

Több szempontból érdemes vizsgálni a városi metabolizmust. Először, a metabolizmus jellemzőivel jól lehet mérni az erőforrások kiaknázását és a keletkező hulladékokat, ezeket a fenntarthatóság indikátorainak is használhatjuk. Másrészt, a városi metabolizmus elemzése lehetőséget biztosít az erőforrás-hatékonyság mérésére, a forrásáramlások körforgásának feltárására. Ezenkívül a városi állományok és azon átfolyó áramlások átfogó elszámolására, a kritikus folyamatok (csökkenő vagy növekvő felszín alatti vizek, hősziget, veszélyes építőanyagok hosszú távú hatásai stb.) megértésére is jó elemzési keretet biztosít.

Több tényező is befolyásolja a városok metabolizmusát. A városforma például (beleértve a népsűrűséget és morfológiát), továbbá a szállítás technológiája hatással van az energia- és anyagáramlásra. A szétterjedt, alacsony népsűrűségű városokban nagyobbak a szállítás egy főre jutó energiaigényei, mint egy kompakt település esetében. Az éghajlat szintén nagy hatást gyakorol a városi metabolizmusra, hiszen például a kontinentális éghajlat alatt sokkal jelentősebb a téli fűtési energiaigény, mint egy mediterrán klímájú városban. A használt technológia, a vegetáció aránya, az energiaár, az épületállomány kora és minősége szintén nagyban befolyásolja az energiefelhasználást.

A városokról készült tanulmányok általában azt mutatják, hogy a metabolizmus növekszik. Ez természetesnek tekinthető abszolút értékben, ahogyan a városok népessége is növekszik. Ugyanakkor általában az is igaz, hogy az egy főre eső értékek is növekednek.

A városi metabolizmus kutatás atyjának az amerikai Abel Wolmant tekintik, aki egy egymillió lakosú, hipotetikus amerikai város mintáján írta le ezt a jelenséget. Wolman szerint „egy város metabolizmusa úgy is meghatározható, mint azoknak az anyagoknak és árucikkeknek az összessége, amelyek egy város lakóinak létfenntartásához szükségesek a háztartásokban, a munkahelyeken és a szórakozás színterein” (Wolman 1965).

Wolman egyik későbbi követője, a szintén amerikai Thomas Graedel (1999) a városokat élő szervezetekhez hasonlította a következőképpen: „A városok élő szervezeteknek tekinthetők és úgy is elemezhetők abbéli próbálkozásként, hogy jelenlegi környezeti teljesítményüket és hosszú távú fenntarthatóságukat javítsuk.”

Szintén Graedel (1999) állított fel egy tízkomponensű háromszöget a városi metabolizmus értékelésére, amelyet ökológiai városmérőrendszernek (ecocity metrics) nevezett el, és először Vancouverre alkalmazott. A fenntartható város (ököváros) kialakításának következő fő elvrendszerét fogalmazta meg:

- a városnak hosszú távon fenntarthatónak kell lennie;
- a városnak rendszerszemléletű megközelítést kell alkalmaznia a környezeti kölcsönhatások értékelésére;
- a várostervezésnek elég rugalmasnak kell lennie ahhoz, hogy a városnövekedést és -változást jól kövesse;
- az ököváros nyitott tereinek sokféle funkciót kell szolgálniuk;
- a városnak a regionális és globális gazdaság részévé kell válnia;
- a városnak vonzónak és működőképesnek kell lennie.

Az elmúlt évtizedekben viszonylag kevés tanulmány született a városi metabolizmus változásáról. A tanulmányok mindegyike nagyobb népességű és területű városi térséget vizsgált. Az egyik legkorábbi és legátfogóbb tanulmányt Brüsszelről készítették Duvigneaud és Denaeyer-De Smet (1977) belga ökológusok, ez már szinte klasszikusnak számít a városi metabolizmus elemzésének történetében.

Az első városi metabolizmusvizsgálatokat az UNESCO Ember és Bioszféra Program keretében végezték az 1970-es és 1980-as években. 1977-ben jelent meg Boydennek és társainak tanulmánya Hongkong építőanyagainak és feldolgozott termékeinek ki- és beáramlásáról. E tanulmány későbbi felülvizsgálata során Warren-Rhodes és Koenig (2001) kimutatták, hogy az egy főre jutó élelmiszer-, víz- és anyagfelhasználás e nagyvárosban 20, 40, illetve 149%-kal nőtt 1971 és 1997 között. Az egy főre jutó erőforrás-bevitel és hulladékkibocsátás növekvő trendjét elemezte Newman (1999) Sydney példáján. Toronto kapcsán Sahely és munkatársai (2003) végeztek metabolizmusvizsgálatokat, ahol kimutatták, hogy a háztartási hulladék például csökkent 1987 és 1999 között. Hasonló tanulmányok készültek Tokióra (Hanya – Ambe 1976), Bécsre (Hendriks et al. 2000), Nagy-Londonra (Chartered Institute of Waste Management 2002), Fokvárosra (Gasson 2002) és Limerickre (Browne et al. 2005) is. Egy 2006-ban elkészült tanulmány 26 európai város környezetének integrált értékelését tartalmazza (Bono et al. 2006).

A városi metabolizmus jelenségének feltárásához kapcsolható az ökológiai lábnyom módszerének alkalmazása. Városi ökológiai lábnyom-elemzések készültek Vancouverre (Wackernagel 1995), Santiago de Chilére (Wackernagel 1998), Cardiffra (Collins 2006) és a Balti-régió városaira (Folke et al. 1997). Az előzőekben említett, városi metabolizmussal foglalkozó tanulmányokat földrészek szerint csoportosítva mutatja be az 1. táblázat.

1. táblázat

Városi metabolizmussal foglalkozó tanulmányok

Város	Szerző(k)	Év
<i>Európa</i>		
Amszterdam	Gorree et al.	2001
Bécs	Daxbeck et al.	1996
	Obernosterer et al.	1998
	Hendriks et al.	2000
Brüsszel	Duvigneaud – Denaeyer-De Smet	1977
Hamburg	Hammer et al.	2003
London	Chartered Institute of Wastes Management	2002
Prága	Stanners, Bourdeau	1995
<i>Észak-Amerika</i>		
Ann Arbor	Melaina, Keoleian	2001
Toronto	Sahely et al.	2003
<i>Ázsia és Ausztrália</i>		
Hongkong	Newcombe et al.	1979
	Warren-Rhodes – Koenig	2001
Nantong	Yu – Huang	2005
Shenzhen	Yan et al.	2003
	Yan – Zhifeng	2007
Sydney	Newman	1996
Taipei	Huang	1998
Tokió	Hanya, Ambe	1976
<i>Afrika</i>		
Fokváros	Gasson	2002

Megjegyzés: saját szerkesztés.

Az erőforrás-hatékonyság alakulása Budapesten

Társadalmi, gazdasági és környezeti folyamatok

Budapest területe 525 km². A 2007. évi adatok szerint lakónépessége kb. 1,7 millió volt, népsűrűsége 3238 fő/km² (Bécshez hasonló nagyságú). Az ország teljes bruttó hazai termékének mintegy 40%-át Budapesten állítják elő, a 100 főre jutó személygépkocsi-állomány 35 darab. Az egy főre jutó zöldterület közel 13 m², az egy főre jutó évi szilárd-hulladék-kezelés 630 kg, az évi szén-dioxid-kibocsátás 5,7 tonna/fő.

Nagy Budapest lakossága az 1950-es évek eleji 1,6 millióról 1980-ra 2,06 millióra növekedett. Ettől az időtől kezdve a népesség fokozatos csökkenése figyelhető meg, aminek egyik oka a csökkenő születésszám, másik fő oka a környéki kistelepülésekre való kiköltözés. 2006-ra a népesség az 1980. évinek 82,5%-ára csökkent. Míg 1980-ban az ország népességének 19,2%-a élt a fővárosban, 2006-ban már csak 16,8%-uk volt budapesti illetőségű.

Mindeközben a lakásállomány is jelentős változásokon ment keresztül. 1960-ban 536 ezer lakást tartottak nyilván, számuk azóta is folyamatosan emelkedik, igaz az 1960-as években megkezdődött jelentős mértékű házgyári panellakás-építés („betonkorszak”) 1990-ig tartó üteme – évi átlagban mintegy 1,6% – 1990 után számottevően lelassult (alig 0,5% évente). A hosszú idősor alapján megállapítható, hogy az 1960–1990 közötti három évtized alatt addig soha nem látott mennyiségben építettek be anyagokat a budapesti lakásállományba. A fővárosi lakásépítési ütemre jellemző, hogy 1960-ban egy lakásra átlagosan 3,3 fő, míg 2006-ban kevesebb mint 2 fő jutott. Ugyancsak beszédes, hogy az országban az 1980-as években épült lakások közül minden ötödik Budapesten volt. A panellakásokat eredetileg 30–70 év élettartamra tervezték, így a legelőször épített panellakások lassan „megérnek” a teljes felújításra, illetőleg részben lebontásra várnak, ezért az elkövetkező évtizedekben az építési hulladék anyagáramának jelentős emelkedésével kell számolni.

A személygépkocsi-állomány az 1965. évi 39 ezerről 2005-re 596 ezerre emelkedett, ami több mint 15-szörös bővülést jelent. A 100 főre jutó személygépkocsi-állomány azonban még így is csak kevéssel haladja meg az OECD-országok átlagának felét (35, illetve 52). Az autóbusz-állományban ugyanezen időszak alatt alig 3,5-szeres növekedés volt megfigyelhető. A tehergépkocsi-állomány 1970 és 2005 között majdnem háromszorosára emelkedett.

A tartós fogyasztási cikkek állománya (hűtő- és fagyasztógép, mosógép, televízió stb.) a vizsgált fél évszázad során jelentősen bővült, és szerkezetében számottevő átrendeződések történtek. Mivel az állomány az anyagáramlás kimeneti oldalán előbb-utóbb megjelenik hulladék formájában, és komoly környezeti következményekkel járhat, feltárása elengedhetetlen az anyagáramlás teljes folyamatának feltérképezésében. Ennek mélyebb értelmezése azonban részletes háztartás-statisztikai adatfeltárást igényel, amely további kutatás tárgyát képezi. A 2005. évi adatok szerint Budapesten egy főre vetítve kb. 630 kg települési szilárd hulladék keletkezett, miközben az országos átlag 460 kg, az OECD-átlag pedig közel 560 kg volt.

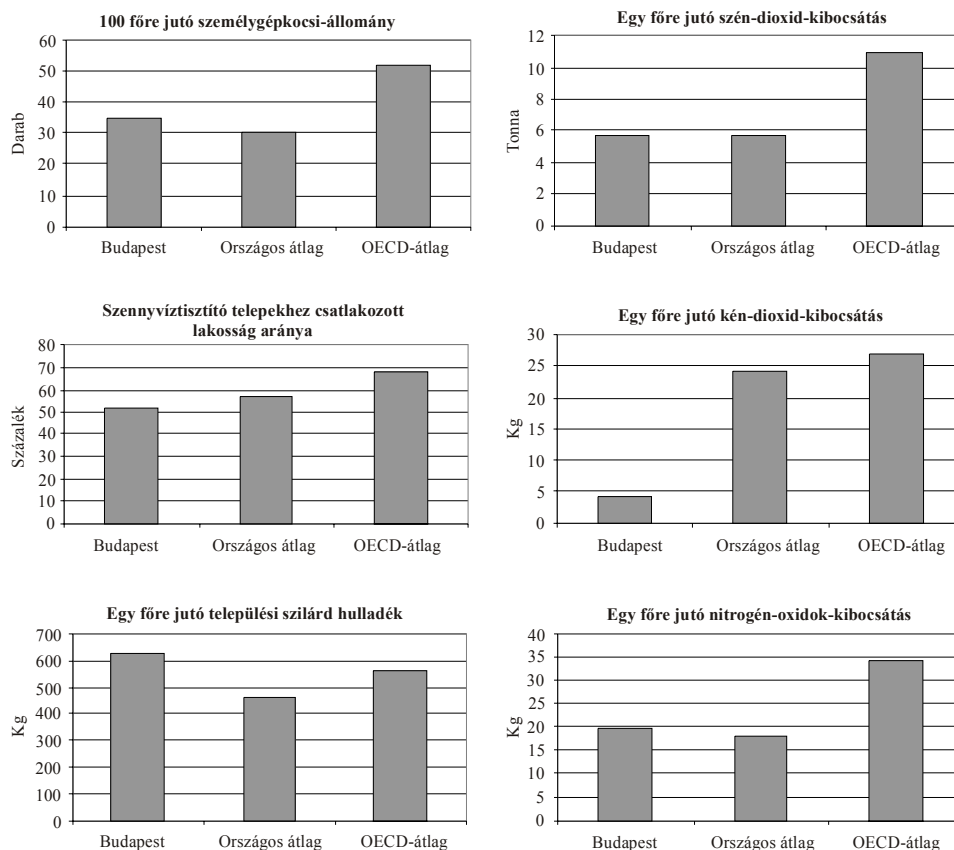
A 2005. évi felmérés adatai alapján a fővárosban egy év alatt szén-dioxidból mintegy 9,5 millió, nitrogén-oxidokból 39 ezer tonna került a levegőbe. A légszennyezésben a

gépjárművek meghatározó szerepet játszanak. 2005-ben a fővárosban a szilárd anyagok 58%-a, a nitrogén-oxidok több mint fele és a szén-dioxid egyötöde a gépjárművek által kibocsátott kipufogógázokkal került a levegőbe, ugyanakkor a kén-dioxid-kibocsátásból a gépjárművek mindössze 0,3%-kal részesedtek. A fővárosban a szilárd anyagok kétharmada és a kén-dioxid hattizede a tehergépkocsik által kibocsátott kipufogó-gázokból került a levegőbe. A személygépkocsik a szén-dioxid és a nitrogén-oxidok kibocsátásának mintegy feléért felelősek (KSH 2008).

Nemzetközi összehasonlításban a légszennyezőanyag-kibocsátásról elmondható, hogy a budapesti és az országos adat, mind a kén-dioxid és nitrogén-oxidok, mind a szén-dioxid esetében az OECD-átlag alatt – helyenként jóval az alatt – marad. Különösen szembeötlő ez a kén-dioxid esetében, ahol az országos átlag megközelíti az OECD-átlagot, de a budapesti kibocsátás egy főre jutó értéke az előbbieket ötöde-hatoda. A nitrogén-oxidok és a szén-dioxid esetében – a közlekedés nagysága és koncentrációja miatt – a fővárosi kibocsátás meghaladja az országos értéket, de alig fele az OECD-átlagnak (1. ábra).

1. ábra

Budapest, Magyarország és az OECD összehasonlítása, 2005



Megjegyzés: saját számítás magyar és OECD-statisztikák alapján.

A Duna a parti szűrésű kutakon keresztül biztosítja a térség ivóvízkészletét, illetve magába fogadja a tisztított és a tisztítatlan szennyvizet. A fővárosban a lakosság éves átlagos vízfogyasztása egy főre vetítve 59 m^3 , ami naponta átlagosan 160 litert tett ki. 2007 végén az ivóvízvezeték-hálózat hossza 4500 km volt, és lényegében az összes lakás el volt látva egészséges ivóvízzel.

A vízgyűjtő területről a csapadékvíz egy része is a Dunába jut, jelentősen befolyásolva ezzel a vízminőséget. A 2005. évi adatok tanúsága szerint a budapesti lakosok alig több mint fele csatlakozott szennyvíztisztító telephez. Ez az arány országos szinten közel 58% volt, az OECD-átlag pedig megközelítette a 70%-ot. A szennyvíztisztításba vont fővárosi népesség arányának számottevő növekedése fog várhatóan bekövetkezni az építés alatt lévő, nagy befogadóképességű szennyvíztisztító üzembe helyezésével.

A 2007. évi előzetes adatok alapján a fővárosban összesen 691 ezer tonna hulladékot gyűjtöttek be. Az összes elszállított kommunális hulladék 617 ezer m^3 volt, melynek 68%-át a lakosságtól, 32%-át pedig közületektől szállították el. A szilárd hulladék egyötöde szerves anyag, az újrahasznosítható papír, textil, műanyag, fém és üveg együttes aránya pedig 35% volt. Az összes hulladék 2,7%-át, 18 ezer tonnát szelektív módon gyűjtötték be, ez az üveg 16%-át, a papír egytizedét, a műanyag 2%-át és a fém kevesebb mint 1%-át érintette. A hulladék felét elégetéssel hőenergiát nyerve hasznosították, ellenőrzött lerakóba 42%-a került, az újrafeldolgozás aránya 4,3%-ot képviselt, nem ellenőrzött lerakóba az összes hulladék 2,9%-át helyezték el.

A budapestiek 41%-a él olyan lakókörnyezetben, ahol az éjszakai zaj meghaladja az intézkedési terv kidolgozását szükségessé tevő határértéket (55 dB), míg 10%-a 65 dB-nél is nagyobb zajhatásnak van kitéve.

A fővárosi zöldterület 72%-a közpark, 16%-a közkert volt, 11%-át pedig az erdők tették ki. Egy lakosra 13 m^2 zöldterület jutott, 6 m^2 -rel kevesebb, mint az országban átlagosan. A fővárosi zöldterületek 25%-a (a kiemelt közcélú zöldterületek) a fővárosi önkormányzat, a többi a kerületi önkormányzatok tulajdonában van. A központi kerületektől kifelé haladva az önkormányzatok által birtokolt zöldterületek nagysága folyamatosan növekszik (KSH 2008).

A városi metabolizmus fejlődése 1955–2005 között

A budapesti városi metabolizmus longitudinális vizsgálatában a következő elemekre támaszkodhattunk a bemeneti oldalon:

- összes vízfelhasználás,
- összes gázfogyasztás,
- összes villamosenergia-felhasználás,
- összes felhasznált hőmennyiség,
- élelmiszer-fogyasztás.

A kimeneti oldalon pedig az alábbi elemekre vonatkozóan állt rendelkezésre hosszabb idősor:

- összes szennyvízkibocsátás,
- elszállított települési szilárd hulladék,
- légszennyezőanyag-kibocsátás (CO_2 , SO_2 , NO_x , CO, szilárd anyag).

Lévéen a fenti elemek mértékegysége különböző (m^3 , MWh, t), szükség volt egy átalakítás elvégzésére annak érdekében, hogy a mind a bemenet, mind a kimenet oldalán lévő anyag- és energiaáramlások egyetlen áramlássá legyenek összevonhatók. A közös mértékegység az anyagáramlásban megszokott tömegegység, a tonna.

A vízfelhasználás esetében $1 m^3$ víz 1 tonna víznek felel meg, a gázfogyasztásnál $1000 m^3$ gáz megfelel 0,74 tonna gáznak. A villamos energia esetében kicsit bonyolultabb a folyamat, ugyanis az 1980-as évek közepéig a villamosenergia-termelés döntően kőszénfelhasználáson alapult, azt követően viszonylag gyorsan gázalapra állt át az energiatermelés. Ennek figyelembevételével: 1955–1985 között $1 MWh \sim 0,086 \cdot 0,7 \sim 0,0602$ tonna olajegyenérték (toe), 1985 után $1 MWh \sim 0,086$ toe. A felhasznált hőmennyiség esetében az előzőhöz hasonlóan 1970–1985 között $1 TJ \sim 23,887 \cdot 0,7 \sim 16,721$ toe, 1985 után $1 TJ \sim 23,887$ toe.

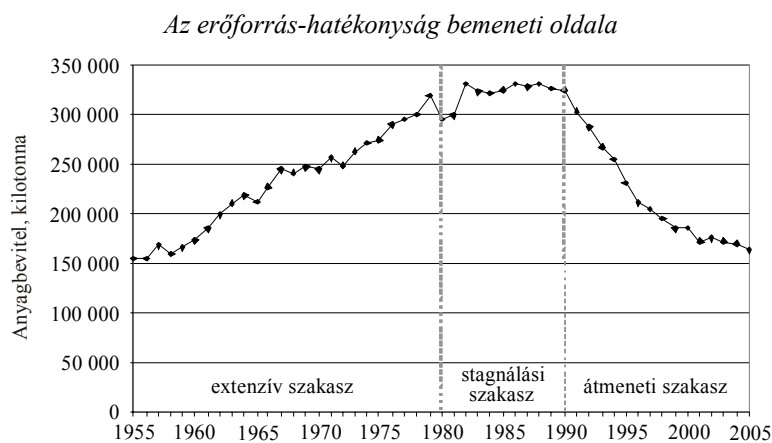
Megvizsgálván Budapest összes erőforrás-felhasználását (építőanyag-felhasználás nélkül) 1965–2005 között, az alábbi fő megállapítások tehetők:

- 1965-ben az egy főre jutó erőforrás-felhasználás vízfelhasználással együtt 114,5 tonna, vízfelhasználás nélkül 0,88 tonna; a felhasznált víz mennyisége a többi erőforrás használatához viszonyítva 130-szoros; 2005-ben ugyanez a mutatópár rendre 88 és 1,8 tonna volt; a vízfelhasználás kb. 50-szerese a többi erőforrás-használatnak;
- 1965-ben a vízfelhasználás 210 millió tonna, az 1986. évi közel 327 millió tonna (a vizsgált időszak legnagyobb értéke, egyben abszolút történelmi csúcs is a város történelmében), 2005-ben 160 millió tonna volt, amely a 40 év előttihez képest 25%-os csökkenés, de a csúcshoz viszonyítva több mint 50%-os szűkülést jelent.

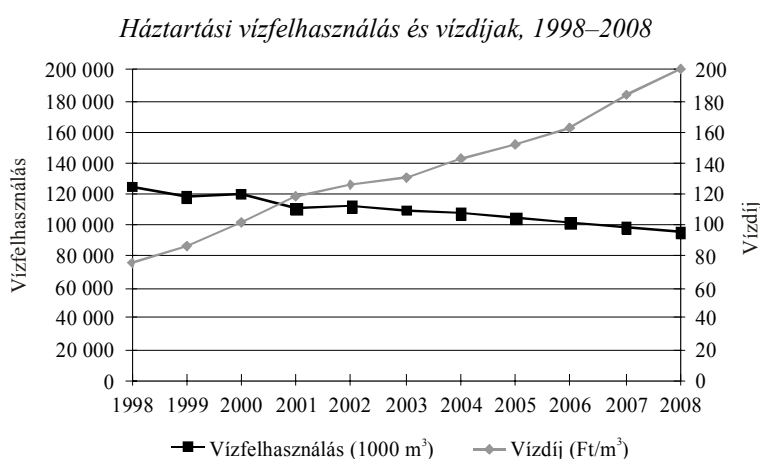
Budapest összesített erőforrás-felhasználásának fél évszázadot átívelő vizsgálata alapján három nagy korszak különíthető el. Az erőforrás-hatékonyság *bemeneti* oldalát tekintve az *első nagy korszak* 1955-től 1980-ig tartott, amely a nagyváros szocialista extenzív fejlődési időszakának tekinthető. Ebben az időszakban növekedett mind az energia- és vízfelhasználás, mind az élelmiszerfogyasztás. A *második*, rövidebb időszak az 1980–1990 között a gazdasági átalakulás előtti fázisnak tekinthető, amelyet az erőforrás-felhasználás időleges stagnálása jellemezett. Az 1990-től kezdődő *harmadik*, átmeneti időszak jelenleg is tart, és az erőforrás-hatékonyság erőteljes javulását mutatja (2. ábra). Az erőforrás-termelékenységnek ez a javulása egyrészt a népesség jelentős csökkenésével, másrészt a város fogyasztási szerkezetének átalakulásával, harmadrészt a „használó fizet” elv következetesebb alkalmazásával magyarázható. Jól mutatja ez utóbbit például, hogy a víz ára az utóbbi egy évtizedben több mint 2,5-szeresével emelkedett (3. ábra). Ennek következtében a háztartások fogyasztási szokásai gyorsan megváltoztak, és a lakosság vízfogyasztása kb. negyedével csökkent.

A szolgáltatott és kitermelt vízmennyiség közötti különbség (vízvesztés) többlettermelést, -kezelést és -elosztást tesz szükségessé, így ennek csökkentése nemcsak gazdasági szükségszerűség, hanem erőforrás-hatékonysági és környezetvédelmi szempontból is fontos. A veszteségek csökkentésére a Fővárosi Vízművek hosszú távú programot dolgozott ki. A program első lépésként 2007-ben a veszteségek 18%-ra történő csökkentését, ezt követően a gazdaságilag fenntarthatónak ítélt 16,5%-os érték elérését tűzte ki célul (Fővárosi Vízművek 2007).

2. ábra



3. ábra



Forrás: Budapest statisztikai évkönyvei; Fővárosi Vízművek adatai alapján saját szerkesztés.

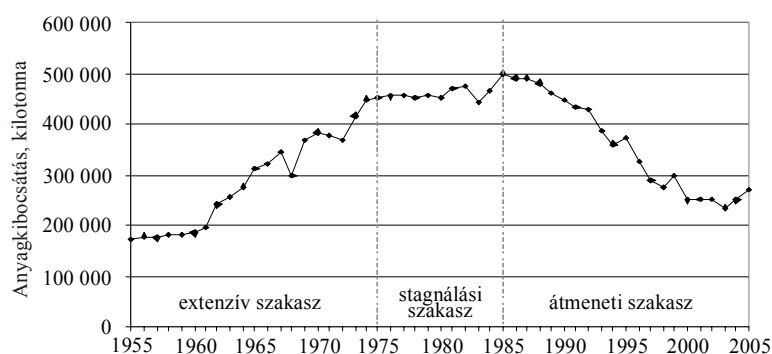
Az erőforrás-hatékonyság *kimeneti* oldalát szemlélve a bemeneti oldalhoz képest öt-éves eltolódás figyelhető meg a következők szerint: az *első korszak* 1955 és 1975 között, a *stagnálás* időszaka 1975 és 1985 között volt, 1985 után kezdődött az *átmenet* időszaka, amely jelenleg is tart, bár nem annyira „látványosan”, mint a bemeneti oldal esetében (4. ábra).

Az elszállított települési szilárd hulladék évi mennyisége 1955 és 2005 között több mint 5-szörösére, 120 kg/fő értékről 630 kg/fő értékre emelkedett. Ezzel Budapest egyértelműen az „eldobó” fogyasztói társadalom tipikus jegyeit mutatja. A hulladék összetételének változása 1990–2005 között jól mutatja az előbb említett fogyasztási szerkezet változását. A műanyag hulladékoknak az 1990-es évtized elején tapasztalt 5%-os részaránya 1997-től kezdődően intenzíven emelkedett, és 2005-re megközelítette a 17%-ot. A városi metabolizmus egyik fontos mérőeszköze a hulladékok áramlásának, a hulladékmennyiség megelőzésének és csökkentésének, valamint az anyagában újrahasználat

és újrahasznosítható hulladékok mennyiségének figyelemmel kísérése. A Japán által kezdeményezett – és a G8-csúcsokon megerősített – „3R” politikája (reduce, reuse, recycling = csökkenteni, újrahasználni, újrahasznosítani) városi szinten is alkalmazható, és fontos részét kell képeznie a fenntartható városfejlesztésnek.

4. ábra

Az erőforrás-hatékonyság kimeneti oldala



A globális éghajlatváltozás időszakában a nagyvárosok komoly kihívásokkal néznek szembe. A fenntartható városfejlesztésnek az erőforrások hatékony felhasználását össze kell hangolnia az éghajlat-változási politikával mind az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése, mind az éghajlatváltozás következményeihez való alkalmazkodás terén. Különös jelentősége van a hosszú távra tervezhető épületállománynak, hiszen az épületállomány korszerűsítésével – szakértői becslések szerint – közel 30%-kal csökkenthető a közvetlen és közvetett üvegházhatásúgáz-kibocsátás.

Erőforrás-hatékonyság a Budapest főváros környezeti programban

Budapest önkormányzata 2007-ben fogadta el a 2008–2013 időszakra szóló környezetvédelmi programot (Budapest Főváros Közgyűlése 2007), amelyben az erőforrások hatékonyabb felhasználását célzó intézkedések is megjelennek. Az energiagazdálkodás területén a főváros teljes energiafogyasztását 2013-ig 10%-kal kívánják csökkenteni. Ehhez folytatni kell az épületek hőszigetelését és a nyílászárók cseréjét, a panellakások hőszolgáltatásának egyedi mérését és a fűtési rendszerek szabályozását. A városi közintézmények energiafelhasználását szintén 10%-kal kívánják csökkenteni. A megújuló energiaforrások felhasználásának arányát 5%-ra szeretnék növelni.

A zöldterületek fontos szerepet játszanak egy nagyváros életében, hiszen ezzel jelentősen csökkenthető a városi hőszigetelés kialakulása. A városi zöldterület-borítottságot a 2005. évi szinten kívánják tartani, ennek egy főre vetített értéke pedig meg kell haladja a 2005. évi szintet (6,2 m²/fő).

Az egy főre jutó települési szilárdhulladék-keletkezés leszorítása a cél 2013-ig 540 kg/fő értékre, 2020-ig pedig 520 kg/fő értékre. A szelektív hulladékgyűjtés arányát 2013-ra további 5%-kal szándékoznak növelni, a biológiailag lebomló hulladék 4%-os arányát 25%-ra, a lebomló csomagolóanyagokét 50%-ról 60%-ra kívánják emelni.

A program sajnálatos módon nem foglalkozik a szennyvízkezelés kapcsán konkrét célok meghatározásával, jóllehet ez a főváros egyik legégetőbb környezeti problémája. Budapesten még mindig jelentős szerepet játszik a tisztítatlan szennyvizek aránya, továbbra is a Dunába mint nagy „nyelőbe” kerül a keletkezett szennyvizek közel fele.

Következtetések és ajánlások

Budapest erőforrás-hatékonyságának történeti elemzése alapján az alábbi következtetések és ajánlások fogalmazhatók meg:

- Az OECD erőforrás-termelékenységgel és anyagáramlás-elemzéssel kapcsolatos munkái és ajánlásai jól alkalmazhatók mikroszinten is, beleértve a városokat.
- Az idősorokban fellelhető adathiányok nagymértékben korlátozzák az összevont anyagáramlás-mutatók kiszámítását, e tény figyelembevétele nélkül a trendek elemzése félreértelmezésekhez vezethet.
- Az erőforrás-hatékonyság kimeneti oldalának adatminőségét és mennyiségét javítani szükséges a bemeneti oldalhoz képest.
- A részletezett információk mikroszinten is sokkal használhatóbbak a döntéshozók számára, mint a nagyon összesűrített (aggregált) mutatók.
- A szétszóródó áramlások (például víz- és hővesztés, veszélyes anyagok), valamint az állományalkotó elemek (épületek, utak, infrastrukturális létesítmények) jobb feltárása elősegítheti az erőforrás-hatékonysági intézkedéseket.
- Az anyagáramlás-elemzéssel kapcsolatos információk döntéshozatali és szakpolitikai alkalmazhatóságát mindig figyelembe kell venni.
- A városi metabolizmus és erőforrás-hatékonyság részletes elemzése hozzájárulhat a fenntartható várostervezéshez és -fejlesztéshez.

IRODALOM

- Bono, Lorenzo – Castri, Roberta – Tarzia, Valentina* (2006): The Urban Ecosystem Europe Report 2006. Ambiente Italia Research Institute, Milano
- Browne, David – O'Regan, Bernadette – Moles, Richard* (2005): A comparative analysis of the application of sustainability metric tools using Tipperary Town, Ireland, as a case study. Management of Environmental Quality. Vol. 16. No. 1
- Budapest Főváros Közgyűlése* (2007): Budapest főváros környezeti program 2008–2013. Budapest
- Chartered Institute of Wastes Management* (2002): City Limits: A resource flow and ecological footprint analysis of Greater London. Best Foot Forward Ltd., London
- Collins, Andrea – Flynn, Andrew – Weidmann, Thomas – Barrett, John* (2006): The environmental impacts of consumption at a subnational level: The ecological footprint of Cardiff. Journal of Industrial Ecology. Vol. 10. No. 3
- Daxbeck, Hans – Lampert, Ch. – Morf, Leo – Obernosterer, Richard – Rechberger, Helmut – Reiner, Iris – Brunner, Paul H.* (1996): Der anthropogene Stoffhaushalt der Stadt Wien – N, C und Pb (Projekt Pilot). Institut für Wassergüte und Abfallwirtschaft, Technische Universität Wien, Wien
- Decker, Ethan H., – Elliott, Scott – Smith, Felisa A. – Blake, Donald R. – Rowland, Sherwood F.* (2000): Energy and material flow through the urban ecosystem. Annual Review of Energy and the Environment. Vol. 25
- Duvigneaud, Paul – Denaeyer-De Smet, Simone* (1977): L'écosystème urbain bruxellois. In: Duvigneaud, P. – Kestemont, P. (eds.) Productivité en Belgique. Travaux de la Section Belge du Programme Biologique International, Bruxelles
- Folke, Carl – Jansson, Asa – Larsson, Jonas – Costanza, Robert* (1997): Ecosystem appropriation by cities. Ambio. Vol. 26
- Fővárosi Vízművek* (2007): Környezetvédelmi jelentés 2006, Budapest
- Gasson, Barry* (2002): The ecological footprint of Cape Town: Unsustainable resource use and planning implications. Paper presented at SAPI International Conference: Planning Africa, 17–20 September, Durban, South Africa, Saunders
- Goree, Marieke – Kleijn, René – van der Voet, Ester* (2001): Materiaalstromen door Amsterdam. Centrum Milieukunde Leiden, Milieudienst, Amsterdam
- Graedel, Thomas* (1999): Industrial ecology and the ecocity. The Bridge. Vol. 29 No. 4

- Hammer, Mark – Giljum, Stefan – Hinterberger, Friedrich* (2003): Material flow analysis of the City of Hamburg. Paper presented at the workshop Quo vadis MFA? Material Flow Analysis—Where Do We Go? Issues, Trends and Perspectives of Research for Sustainable Resource Use, 9–10 October, Wuppertal
- Hanya, T. – Ambe, Y.* (1976): A study on the metabolism of cities. In: Science for a better environment. Science Council of Japan, Kyoto
- Hendriks, Carolyn – Obernosterer, Richard – Müller, Daniel – Kytzia, Susanne – Baccini, Peter – Brunner, Paul H.* (2000): Material flow analysis: A tool to support environmental policy decision-making. Two case studies on the city of Vienna and the Swiss lowlands. *Local Environment*, Vol. 5
- Huang, Shu-Li* (1998): Urban ecosystems, energetic hierarchies, and ecological economics of Taipei metropolis. *Journal of Environmental Management*, Vol. 52
- Kennedy, Christopher – Cuddihy, John – Engel-Yan, Joshua* (2007): The changing metabolism of cities. *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 11, No. 2
- KSH* (2008): Budapesti mozaik 8. Budapest környezeti állapotának főbb jellemzői. Statisztikai Tükör, 2008/52
- Melaina, Marc – Keoleian, Gregory* (2001): A Framework for Urban Energy Metabolism Studies: An Ann Arbor, Michigan Case Study. Paper presented at The Science & Culture of Industrial Ecology Conference of the International Society for Industrial Ecology 12–14 November, The Netherlands
- Newcombe, Kenneth – Kalina, J. D. – Aston, A. R.* (1978): The metabolism of a city: the case of Hong Kong. *Ambio*, Vol. 7
- Newman, Peter W. G. et al.* (1996): Human settlements. In: Newman, Peter W. G. (ed.) Australian State of the Environment Report 1996, Department of Environment, Sport and Territories, State of the Environment Advisory Council, Canberra
- Obernosterer, Richard – Brunner, Peter H. – Daxbeck, Hans – Gagan, T. – Gleck, Emmanuel – Hendricks, C. – Morf, Leo – Paumann, Renate – Reiner, Iris* (1998): Urban metabolism – The city of Vienna. Materials accounting as a tool for decision-making in environmental policy. 4th European Commission Programme for Environment and Climate. Institute of Water Quality and Waste management. Vienna University of Technology, Vienna
- OECD* (2004): OECD Council Recommendation on Material Flows and Resource Productivity. C(2004)79
- OECD* (2008): OECD Council Recommendation on Resource Productivity. C(2008)40
- Pomázi István – Szabó Elemér* (2006): A társadalmi metabolizmus, L'Harmattan, Budapest
- Pomázi István* (2008): Merre tart a világ? *Természet Világa*, 2008/3
- Sahely, Halla R. – Dudding, Shauna – Kennedy, Christopher A.* (2003): Estimating the urban metabolism of Canadian cities: Greater Toronto Area case study. *Canadian Journal for Civil Engineering*, Vol. 30
- Stanners, David – Bourdeau, Philippe* (1995): Metabolism of City Prague, Czech Republic. In: Europe's Environment: The Dobříš Assessment, European Environment Agency, Copenhagen
- Wackernagel, Mathis* (1998): The ecological footprint of Santiago de Chile. *Local Environment*. Vol. 3, No. 1
- Wackernagel, Mathis – Rees, William E.* (1995): Our ecological footprint: Reducing human impact on Earth. Philadelphia, New Society
- Warren-Rhodes, Kimberley – Koenig, Albert* (2001): Escalating trends in the urban metabolism of Hong Kong 1971–1997. *Ambio*. Vol. 30, No. 7
- Wolman, Abel* (1965): The metabolism of cities. *Scientific American*. Vol. 213, No. 3
- Yan, Wen-hong – Liu, Y. M. – Huang, X.* (2003): The change of urban metabolism and the effect of waste being created of Shenzhen. *Cities Problem*, No. 1
- Yan, Zhang – Zhifeng, Yang* (2007): Eco-efficiency of urban material metabolism: a case study in Shenzhen, China. *Acta Ecologica Sinica*, Vol. 27
- Yu, Shu-tong – Huang, Xian-jin* (2005): Studies on material metabolism in the regional system – a case study of Nantong City, Jiangsu Province. *Journal of Natural Resources*, Vol. 20, No. 2
- Felhasznált adatforrások: Budapest statisztikai évkönyvek, OECD környezeti adattárak, a Fővárosi Vízművek éves jelentései.

Kulcsszavak: anyagáramlás, városi metabolizmus, erőforrás-hatékonyság, fenntartható városfejlesztés.

Resume

In the period of urbanization, the sustainable uses of natural resources have become more and more important in the most developed countries. Exploring urban material flows could help to better understand complex input-output processes, and the material consumption of the population. The economic changes in Budapest between 1950 and 1990, coupled with a large population increase, brought with them greater resource needs and unprecedented waste generation habits. After the political transformation in 1990, radical economic, demographic and social changes have occurred, which have altogether had a great impact on different resource uses (e.g. water, energy, land and food) and resource efficiency. This paper highlights the economic and environmental transformation of Budapest by emphasizing the following aspects: development and transformation of the economy; material resource consumption and waste generation and related environmental impacts. The main findings and recommendations of the case study can contribute to underpin a more resource efficient urban policy and design.