

A KLÍMAVÁLTOZÁS LEHETSÉGES GAZDASÁGI HATÁSAINAK VIZSGÁLATA STATIKUS ÉS DINAMIKUS ÁLTALÁNOS EGYENSÚLYI MODELLEL

Révész Tamás – Zalai Ernő

Bevezetés

Miközben egyre több tanulmány és hivatalos dokumentum foglalkozik a klímaváltozás tényével, jellegével, és természeti-ökológiai következményeivel, e hatások gazdasági vetületeivel e művek csak szórványosan és részlegesen foglalkoznak. Ez részben érthető, hiszen a gazdasági hatások pénzértékben vagy jóléti veszteségben fejezhető ki, miközben a számszerűsítéshez szükséges részletes és konkrét információk többnyire igen korlátozott mértékben állnak rendelkezésre.

A TÁMOP-kutatás keretében megpróbáltuk e gazdasági hatásokat konkrétan Magyarországra vonatkozóan felmérni, és két eltérő modellbe beilleszteni. Ezáltal elemezhetővé válnak a közvetett és visszacsatolódo gazdasági hatások, és láthatóvá válnak az eredetileg helyileg megjelenő hatások makroökonómiai vetületei is.

A két szóban forgó modell mindegyike a számszerűsített általános egyensúlyi modellek körébe tartozik. Mielőtt e modellek részletes ismertetésére rátérnénk, fel kell tennünk a kérdést, hogy miért éppen általános egyensúlyi modellel vizsgáljuk a klímaváltozás gazdasági hatásait.

Az első kézenfekvő és gyakorlati ok, hogy az egyetlen olyan modell, ami a klímaváltozás gazdasági hatásait előzőleg vizsgálta az EU-ra és ezen belül Magyarországra, az is ebbe a modell típusba tartozik. Itt konkrétan a GEM-E3 modellről van szó, amelyben az E3 rövidítés arra utal, hogy a gazdasági-, az energetikai- és a környezeti folyamatok (Economy-Energy-Environment) kölcsönhatásait ábrázolja. Ezt a modellt az *EU Közös Kutatóintézetében* (JRC) a PESETA projekt keretében alkalmazták a klímaváltozás gazdasági hatásainak felmérésére az EU egyes országaiban és az ezekből képzett régiókban. Ez a modell tehát Magyarországgal is külön számol, bár sajátosságaival nem (<http://peseta.jrc.ec.europa.eu/scenarios.html>). Erre hivatkozik az *EU „Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz” c. „zöld könyve”* is.

A további, a számszerűsített általános egyensúlyi modell típus mellett szóló érvek a következők:

1. E modellek széleskörűen ábrázolják a különféle visszacsatolásokat, komplex összefüggéseikben ábrázolják a gazdasági problémákat (pl. a versenyképességnek nem csak a parciális – ár-, bér-, adó-, stb. – versenyképességét, hanem a versenyképesség összes technológiai és pénzügyi feltételt egyesítve mutatja be a DRC-mutatókhoz hasonlóan).
2. E modellek a mikorökonómia általánosan elfogadott (neoklasszikus ihletésű) elméletén alapulva ábrázolják a vállalatok és a háztartások viselkedését, és a modell ehhez illesztett „makroökonómiai lezárás”-át is ezzel koherens módon igyekeznek megadni (pl. a munkanélküliség, a tőke kapacitáskihasználásának, vagy a beruházásoknak a magyarázatát).
3. Részben elméleti koherenciájuk miatt is, e modellek viszonylag könnyen áttekinthetőek, és érthetőek.
4. Mivel máshol is leginkább ezt alkalmazzák, e modellek feltevéseit és eredményeit könnyebb összehasonlítani más modellekével (nemzetközi összehasonlíthatóság).
5. A sztenderd általános elméleti keret nem zárja ki, sőt lehetővé teszi, hogy a gazdaság egyes szféráit részletesen, a szféra sajátosságait is figyelembe véve, adekvát módon ábrázoljuk (CET-munkaerőkínálat rétegenként, intertemporális optimalizálás háztartásoknál és/vagy államnál, makroökonómiai lezárási lehetőségek választéka, stb.)
6. A modellek könnyen kezelhetőek, a GAMS szoftverrel (MSAccess, Excel, MATLAB, stb. interface-ek, részletes output, hatékony adattárolás és viewer, referencia-file-készítés, a www.gams.com honlapon bőséges dokumentáció, segédprogramok és mintaprogramok, stb.)

Az első általunk felhasznált számszerűsített általános egyensúlyi modell (HUMUSGE) viszonylag részletes, a termelést és felhasználást 25 ágazatra bontva ábrázolja, de csak „statikus”, vagy Cassel megfogalmazása szerint „időtlen” modell, ami nem foglalkozik a hatások időbeli terjedésének fázisaival, hanem csak a gazdasági szereplők alkalmazkodási folyamatainak végállapotát, az új egyensúlyi állapotot mutatja.

A második modellünk (SOCIOLINE) dinamikus jellegű, ami a hosszútávú fenntarthatóságot komplexen vizsgálja: természeti, társadalmi (Gini, középosztály, demokrácia) és pénzügyi fenntarthatóság szempontjából. A társadalmi fenntarthatóságnál elsősorban a jövedelmi és vagyoni egyenlőtlenségeket, a demokráciát a szokásos módszerekkel gyakorló középosztály gazdasági súlyát, valamint a demokrácia szintjének alakulását tartja szem előtt. A pénzügyi fenntarthatóságnál a külső (nemzeti) és belső (állami, háztartási rétegenkénti) eladósodottság mértékét és következményeit (kockázati prémieumok) ábrázolja. Ez a modell csak 5 ágazatra és 3 jövedelmi rétegre bontva ábrázolja a gazdasági folyamatokat, viszont intézményi szektoronként is megkülönbözteti. A modell egységesen tőkeként kezeli a termelő-állóeszközök és pénzügyi vagyon mellett az

infrastruktúrát (közlekedési- és hírközlési hálózatok, gátak, stb.) a környezetet, a munkaerőt (mint emberi tőkét) és a társadalmi tőkét (ami demokrácia indexként szerepel).

Kutatásaink menete és főbb állomásai

A TÁMOP-kutatási tevékenységünk első állomása volt a fenti HUMUSGE és SOCIOLINE-modellek adatbázisának felújítása, programjának átdolgozása a klímaváltozás hatásainak megjeleníthetősége végett.

A projekt anyagi támogatása mindenekelőtt lehetővé tette a HUMUSGE modell jelenlegi változatának cikk formájában való publikálását (*Révész–Zalai, 2011*). Ebben a modell elméleti alapjainak és matematikai struktúrájának, különleges vonásainak ismertetése mellett egy esettanulmánnyal a modell energetikai-környezetgazdaságtani alkalmazhatóságát is megvilágítottuk. Emellett megtörtént a modell számszerűsítése a 2005. évi ÁKM által lehetővé tett 2005. évi (az EU GEM-E3 klímamodellje által is használt) bázisévre. A modell input-file-ja ezúttal is a számítástechnikailag-közgazdaságilag és áttekinthetőség szempontjából ésszerű kompromisszumot jelentő 25-szektoros bontásban készült el, a mögötte álló adatbázist azonban 61-ágazatos bontásban készítettük el, hogy a környezeti- és regionális elemzés során felmerülő szempontoknak megfelelően rugalmasan változtatható legyen a modell szektorbontása.

Ez egy kiterjedt, az Excel formátumra konvertált adatforrásokra és egymásra hivatkozó kiterjedt Excel-táblarendszert eredményezett, amely sok ellenőrzési pontot, és automatikus kiigazítási mechanizmust tartalmaz, és ezáltal biztosítja az esetleg helyesbítendő adatok automatikus átvezetését a modell által közvetlenül felhasználható, konzisztens input-állományba. Ezen inputoknak a modell GAMS-programjába való beolvasását is a legújabb GAMS-Excel interface-t felhasználva készítettük el (kihasználva a gdx formátumban való adattárolás és adatmegjelenítés lehetőségét).

A HUMUSGE-moddellel kapcsolatos fenti fejlesztésekről három tanulmányt írtunk, melyekben mind a projektben résztvevő kollégák, mind a modell külső felhasználói számára összefoglaltuk a HUMUSGE modell GAMS-programjának működését az adatbázis ismertetésétől kezdve a beolvasás, kalibrálás, a szimuláció folyamatain át egészen a projekt keretében alaposan továbbfejlesztett eredmény-kiíratásig bezárólag (*Révész 2011, Kelemen 2011, Kelemen 2012*).

A projekt célkitűzésének megfelelően elkezdtük a modell egyes kategóriáinak a dezaggregálását a 7 magyarországi régióra, a Közép-magyarországi Régiót kiemelt módon kezelve. Ennek megvalósításához a háztartásstatisztika jelentette a kiindulópontot, ugyanis rétegadatok már a modell korábbi változatában is szerepeltek. Ezek alapján jól elkülöníthető a vizsgálat fókuszában álló Közép-magyarországi Régió (modellbeli elnevezése PEST), miután az itt lakóhellyel rendelkező háztartások külön rétegeket képeznek. Az összesen 12 háztartási rétegből 6 tartozik ide (PA1, PA2, PA3, PI1, PI2, PI3).

A modell endogén változóinak dezaggregálásához szükséges (regionális bontásban is rendelkezésre álló) főbb kiinduló adatok a 2005-ös bázisévre az alábbiak voltak (zárójelben az adatok forrása):

- REGPIT: SZJA-bevétel (APEH);
- REGTRA: Kiskereskedelmi forgalom (KSH);
- REGVAT: ÁFA-bevétel (APEH).

A három adatsor mindegyikéhez meg kellett keresni ezeknek a modellben meglevő kategória- megfelelőjét (proxy-ját). Konkrétan az egyes regionális bontású kategóriákhoz az alábbi modell-kategóriákat tudtuk hozzárendelni:

- REGPIT: jövedelemadók (INCOME_TAX);
- REGTRA: módosított végső kereslet (FINAL_DEM-CON_TRANS);
- REGVAT: nettó termelési adó (NET_PR_TX).

E kategóriák a modellben endogén módon számíthatók (és a számított eredményekből összeállított társadalmi elszámolási mátrix egy-egy tételét – sorát – is képezik), így ezek regionális dezaggregációja révén e mutatók egyes régiókra vonatkozó értékeit is endogén módon határozza (becsüli) meg a modell.

A HUMUSGE modell vázolt regionális bontásainak további részleteiről, elméleti kérdéseiről és a továbbfejlesztési lehetőségekről egy külön kutatási jelentésünk (*Csató, 2011*) számol be.

A jóval több – részben a HUMUSGE modellel azonos típusú – adatot igénylő SOCIOLINE-modell adatbázisának 2005. évi, a projekt keretében történő felújításáról külön, két összefüggő cikkben számoltunk be (*Révész–Takács 2011, 2011a*). Ennek az új adatbázisnak a modell GAMS-programjába való Excel-file-ról történő beolvasásának (sokkal rövidebbé és áttekinthetőbbé, a beolvasást egy lépésben végrehajthatóvá tett) korszerűsítése és az eredmények Excel-file-ra való kiírása is a projekt keretében valósult meg.

A teljeskörű, minden adatszolgáltató háztartás adatait külön-külön tartalmazó háztartásstatisztikai adatok beszerzésével, makrostatisztikai adatokhoz való kiigazításával és a modell kategóriáira való transzformálásával lehetőség nyílt a modell eddig alkalmazott rétegbontási ismérveinek a regionális hovatartozással való kiegészítésére.

A fenti modellfejlesztési irányok mellett – és azokkal összefüggésben – kutatócsoportunk elsősorban a klímaváltozás lehetséges gazdasági hatásainak modellezési lehetőségeinek feltárására és megalapozására koncentrált, beleértve különféle lehetséges forgatókönyvek kidolgozását és a konkrétan Magyarországra feltételezhető hatások számszerűsítését.

Ennek során először a klímaváltozás természeti-gazdasági hatásaival kapcsolatos nemzetközi szakirodalmat tanulmányoztuk, kiemelten foglalkozva az EU PESETA-projektje keretében készült anyagokkal. Sőt ezen túlmenően az Európai Unió (konkrétan az Európai Bizottságnak) a PESETA-projektnek a gazdasági témáival foglalkozó sevillai JRC-IPTS kutatóintézetében konzultációkat folytattuk a PESETA-projektben is felhasznált és továbbfejlesztett GEM-E3 modellen dolgozó modellezőkkel. Később a projektben résztvevő két külföldi szakértőt sikerült meghívunk és velük itthon, a modellfejlesztés későbbi fázisában további konzultációkat folytatunk.

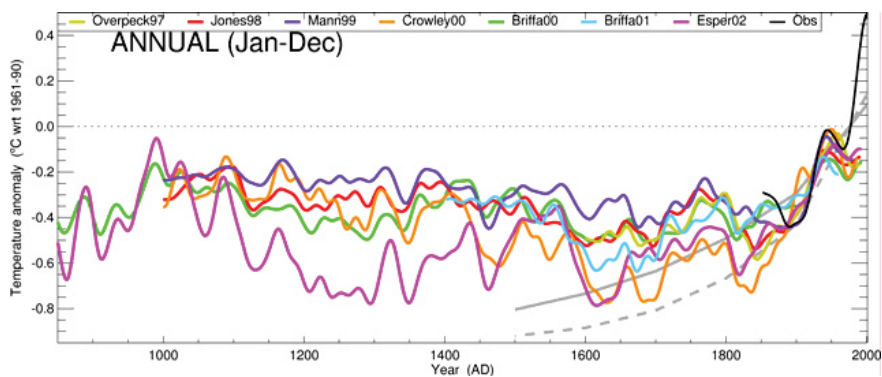
E konzultációk eredményeként a klímaváltozásnak a PESETA projektben ábrázolt hat hatásmechanizmusa (érintett „ágazata”) közül (amelyek közül a tengerszint emelkedése irreleváns a magyar gazdaság szempontjából) háromnak a hatásait sikerült beépítenünk a HUMUSGE illetve SOCIOLINE modell paramétereibe és összefüggéseibe. Konkréten a mezőgazdasági terméshozamok változásának, a beutazó turizmus csökkenésének, és a belvízkárok miatti erőforrásvesztések hatását sikerült megvizsgálnunk és számszerűsíteni. Az egészségi állapotra való hatást csak igen feltételesen tudtuk megjeleníteni, mivel erre vonatkozóan további klímaváltozási adatok (pl. UV-sugárzás) szükségességét tártuk fel. A PESETA-projektben ugyanis a felmelegedés egészségügyi hatásait csak korlátozott mértékben (az extrém meleg és hideg időszakok miatti halálozást mérve) vizsgálták, és nem vizsgálták ennek konkrét gazdasági hatását (azaz, hogy az emiatti halálozás mennyiben érint aktív munkaeerőt).

A következő fejezetekben munkánknak e fő vonulatáról számolunk be részletesebben. A teljesebb leírás a *Révész–Zalai (2012)* tanulmányunkban található.

Az éghajlatváltozás tényei

Az éghajlatváltozás mibenlétével és természeti-ökológiai hatásaival sok tanulmány foglalkozik. Ezek közül mi a *Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia (NÉS)* és az *EU „Alkalmazkodás a klímaváltozáshoz” c. „zöld könyv” (Zöld könyv)* alapján próbáltuk rendszerezni a modellezés szempontjából legfontosabb tényeket.

A globális felmelegedés tényét ma már szinte egyöntetűen elismerik, legfeljebb a gyorsaságát és a régiókénti megoszlását illetően vannak viták a szakemberek között (általában úgy számítják, hogy az ipari forradalom óta a globális felmelegedés mértéke 2006-ban 0,7 °C volt). *Stern (2007)* az *IDAG (2005)* alapján az erre vonatkozó különféle becsléseket az alábbi ábrában foglalja össze:



Az ábra az Északi-félgömb átlaghőmérsékletének eltérését mutatja az 1961-1990. évek átlagától.

A szakértők szerint a klímaváltozás kockázatának nagy biztonságú csökkentéséhez szükséges lenne, hogy a jelenleg (2007-ban) 380 ppm körüli (és évente mintegy 2 ppm-

mel emelkedő) légköri üvegházhatású gázkoncentráció 2050-re ne haladja meg a 450 ppm szintet. Ennél a légköri koncentrációszinthez ugyanis az üvegházhatás valószínűleg csak annyira fokozódik, hogy legfeljebb 2 °C átlagos globális felszíni hőmérséklet-emelkedés következik be. A tudósok véleménye alapján ilyen mértékű melegedés még nem jár visszafordíthatatlan hatásokkal.

Bármily nehéz is ezt a célt elérni, látva az EU erre való elszántságát, a tanulmányban ismertetendő modellszámításainkban a 2 °C-os felmelegedéshez tartozó gazdasági hatásokat próbáltuk számszerűsíteni. Kérdés azonban, hogy ez a globális felmelegedési érték hazánkban ennél kisebb vagy nagyobb lesz, és hogy alakulnak a többi klíma-jellemzők (csapadékmennyiség és eloszlás, szél, UV-sugárzás, stb.).

Az Európai Unió PRUDENCE1 nevű programja által nyílt lehetőség arra, hogy Magyarország térségére (50 km-es rácsfelbontással) a hőmérséklet és a csapadék várható alakulását részletesebben becsülni lehessen a 2071–2100 időszakra (a viszonyítási időszak: az 1961–1990 között eltelt harminc év). A szimulációk alapján kapott eredményeket az alábbiak szemléltetik:

Hőmérséklet (°C)	Éves	Tél (DJF)	Tavaszi (MÁM)	Nyár (JJA)	Ősz (SON)
Átlag	1,4	1,3	1,1	1,7	1,5
Szórás	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Medián-érték	1,3	1,3	1,1	1,6	1,5
Csapadék (%)	Éves	Tél (DJF)	Tavaszi (MÁM)	Nyár (JJA)	Ősz (SON)
Átlag	-0,3	9,0	0,9	-8,2	-1,9
Szórás	2,2	3,7	3,7	5,3	2,1
Medián-érték	0,2	9,2	0,4	-7,5	-2,4

A felsorolásban szereplő értékek 1 °C fokos átlagos globális felmelegedéshez (ami várhatóan 2025-re következik be) tartozó adatokat tükröznek, és azt mutatják meg, hogy a globális szinten 1 °C fokos felmelegedés esetén Magyarországon milyen változások várhatóak évszakonként a hőmérséklet, illetve a csapadék alakulását tekintve.

Az 1 °C globális felmelegedést kísérő magyarországi csapadékmennyiség éves összege gyakorlatilag változatlan; ugyanolyan valószínűséggel lehet némi növekmény, illetve csökkenés. Ugyanakkor a csapadék mennyiségének időbeli eloszlása nagy különbségeket mutat. Nyáron érdemi csökkenés, míg télen hasonló mértékű növekedés figyelhető meg. Az átmeneti évszakokban a különböző modellek által adott becslések nem ennyire egyértelműek; némelyeknél csökkenést, másoknál növekedést kapunk Magyarországi térségére.

A modellek alapján megállapítható, hogy a csapadék intenzitása átlagosan nőni fog. A záporok, és egyéb „nagycsapadékos jelenségek” száma várhatóan emelkedik, míg a „kis csapadékkal járó jelenségek” ritkábbak lesznek. A záporok ugyanakkor gyakoribbá válnak, ami miatt nő a hirtelen árhullámok kockázata.

Az éghajlatváltozás természeti-emberi hatásai

A NÉS megállapítja: „Az éghajlatváltozás fokozódó hatásai eltérő mértékben ugyan, de az ország egész területét, a társadalom szinte valamennyi rétegét érintik, illetve érinteni fogják.”

A NÉS a következő szakterületekre gyakorolt hatásokat foglalja össze:

- természetes élővilág;
- emberi környezet, humán egészségügy;
- vízgazdálkodás;
- mezőgazdaság: növénytermesztés, állattenyésztés, erdők;
- épített környezet (terület- és településfejlesztés és rendezés);
- turizmus.

A fenti szférákban a várható hatásokat a NÉS az alábbiakban fejti ki.

Természetes élővilág

Összességében Magyarország természetes élővilágában a klímaváltozás hatására az alábbi fontos változások várhatók

- az égövre jellemző vegetáció határainak eltolódása;
- a társulások és táplálékhálózatok átrendeződése;
- a természetes élővilág fajainak visszaszorulása, különösen az elszigetelt élőhelyeken;
- hosszú távon a biológiai sokféleség csökkenése;
- inváziós fajok terjedése, új inváziós fajok megjelenése (pl. a kártevő rovarok és gyomok terjedése);
- az élőhelyek szárazabbá válása (pl. vizes élőhelyek eltűnése, homokosivatagosodás);
- ökoszisztéma funkciók károsodása;
- a talajok kiszáradása;
- a talajban lezajló biológiai folyamatok sérülése;
- a tüzesetek gyakoribbá válása.

Emberi egészség

Az egyre gyakrabban, intenzívebben előforduló szélsőséges időjárási események közül elsősorban a melegrekordok és a hirtelen növekvő hőmérséklet érintik negatívan és eltérően a lakosság egyes csoportjainak egészségügyi állapotát. A 4 év alatti gyerekek, a 65 év feletti idősök, a túlsúlyos emberek és az ágyban fekvő betegek a legérzékenyebbek. A hőség hullámok idején várható magas hőmérséklet, nyári melegrekordok miatt az elkövetkezendő időszakban valószínűsíthető a többlethalalozás, illetve a sürgősségi mentőhívások számának jelentős növekedése (2025-re országos szinten 800-2600 többlethalalozási, illetve 1500-4800 többlet mentőhívás).

A magasabb nyári hőmérséklet különösen a városban élőket érinti kedvezőtlenül, ugyanis a városokban 2-8 °C-kal melegebb is lehet. Az intenzív fronthatások fokozhatják a balesetveszélyt, és munkateljesítmény-csökkenést okozhatnak.

Az egyre melegebb nyarak és enyhébb telek miatt a vírusok, baktériumok, kórokozók elterjedése, populációja lényegesen megnőhet. A kullancsok által terjesztett agy-

velőgyulladás (encephalitis) betegség gyakorisága növekedhet (jelenleg évi átlag 80 eset). Hasonlóan várható a Lyme-kór esetek számának növekedése. Hosszabb távon a behurcolt maláriás esetek száma növekedhet, megjelenhet a lepkeszúnyogok által terjesztett protozoális betegség, a leishmaniasis.

A vízzel és élelmiszerekkel előforduló kórokozók a fokozódó meleg miatt szintén nagyobb veszélyt jelentenek. Például a nemzetközi adatok szerint az 1 °C fokos hőmérséklet növekedés 2-5%-kal növeli a salmonellosis megbetegedés gyakoriságát – ennek alapján várható, hogy az előre jelzett hőhullámok idején 10-32 bejelentett többlet fertőzési esettel kell számolni. Szintén várható az egyéb bakteriális, vírusos és protozoon megbetegedések számának növekedése (Campylobacteriosis, hepatitis A, cryptosporidiosis). Az aszályos időszakokban az egyre melegebb vízhőmérséklet kedvez egyes kórokozók szaporodásának, mely a vízparti turizmus esetén lehet kiemelt szempont.

Fontos hangsúlyozni, hogy a hirtelen lezúduló esőzések és az emiatt kialakuló áradások – a szennyvízkiömlések és bemosódások révén – szennyezhetik a sérülékeny ivóvízbázisokat és ezzel növelik a fertőzésveszélyt.

Az emelkedő légköri CO₂ koncentráció és a melegedő hőmérséklet kitolhatja a parlagfű pollenjének levegőben történő tartózkodását, meghosszabbíthatja a parlagfű pollenszezont.

Az éghajlatváltozással együttjáró hosszabban tartó napsütés és csekélyebb légmozgás következtében például megemelkedhet a felszín közeli ózon koncentrációja a nagyvárosokban és azok környezetében. A légszennyező anyagok magas koncentrációja növeli a légzőszervi megbetegedések számát.

A felhőzet csökkenése következtében megnövekedő UV-B sugárzás miatt növekedhet a festékes és nem festékes bőrdaganatok száma – ezt a növekedést már 2001-2005 között lehetett észlelni (1300 esetről 1800-ra emelkedett az új esetek száma) – valamint a szürkehályog gyakorisága.

A felmelegedés, illetve éghajlatváltozás hatásai emberi és társadalmi veszteségekként jelentkeznek (korai halálozás, a krónikus betegségek súlyosbodása, valamint egészséges személy esetében az egészségi állapot átmeneti romlása). A társadalmi vonatkozásban az egészségügy és az érintett család költségvetésében jelentkező többlet-ráfordítások és -kiadások tekintendők lehetséges következménynek.

Vízgazdálkodás

Az éghajlatváltozás hatására módosulhat egyrészt az országban rendelkezésre álló vízmennyiség, másrészt annak minősége is. A víz mennyiségét tekintve a hosszan tartó aszályos időszakok, valamint az árvizek, belvizek okozhatnak nehézséget.

A vízminőséget illetően a kisebb vízmennyiség miatt a vizek öntisztuló képessége csökkenhet. Ilyen módon egyes szennyezések lebomlása lassabb lesz, ami a vízminőséget befolyásolja. A vízminőségre a hirtelen lezúduló esőzések is veszélyt jelenthetnek. A nagymértékű csapadék megnöveli a szennyvíz- és csatornarendszerek terhelését, amelyek akár túlfolyásokhoz, szélsőséges esetekben szennyezések kialakulásához, haváriához vezethet.

Az éghajlat szárazabbá és melegebbé válásával azonban főként egyre gyakoribb aszályokra lehet számítani, különösen az alföldi területeken. A magyarországi folyók évtizedeken belül nyaranta akár a jelenleg szokásos szint felére apadhatnak. A talajvíz szintje megfelelő utánpótlás híján süllyedni fog.

A vízhiány, közvetlenül hat a vizet felhasználó és attól függő olyan gazdasági ágazatokra, mint a mezőgazdaság, a turizmus, az ipar, az energia és a közlekedés. A magyarországi vízgazdálkodásban az árvízvédelem fokozódó jelentőségével kell számolni. Már csak azért is, mert az árvízi elöntéseknek kitett területeken kockázatos vagyoneérték több mint 5 ezer milliárd forint *Stern* (2007). Kifejezetten említi a dunai árvizek megnövekvő kockázatát az Alpok-olvasásai növekedésével és gyorsabb lefolyásával. E jelenségek lényeges megelőzési költségeket tehetnek szükségessé a belvízvédelemben.

A globális melegedés fokozódásával egyre gyakrabban, egyre többet, egyre több helyen kell öntözni. Ugyanezt idézheti elő, ha nyáron a talajvízszint erőteljesen süllyed. Az éghajlatváltozás mindenképpen kikényszeríti a víztakarékos öntözési eljárások, a mikroöntözések különböző módozatainak nagyobb arányú terjedését.

A szennyvíztisztításnál figyelembe kell venni, hogy a tisztított szennyvizet befogadó vízfolyások vízhozamai és a „természetes öntisztuló képessége” általában csökkenhet. Figyelembe kell venni azt is, hogy a biológiai tisztítási eljárások elsődlegesen hőmérsékletfüggők, és a hőmérséklet növekedése módosíthatja a tisztítási eljárások jövőbeli hatásfokát.

Az éghajlat szárazabbá válása, a párolgás növekedése és a folyók lefolyásának csökkenése következtében változhat a tavak vízháztartása. A növekvő párolgás miatt számos, különösen ma is kisméretű tó felülete erősen csökkenhet, vízforgalma lelassulhat, a víz kicserélődésének ideje megnövekedhet. Ezzel együtt nőhet átlagos sótartalmuk, szikes jellegük. Valószínűleg feldúsulnak tápanyagban, ami kedvezőtlenül befolyásolja az oxigénviszonyokat, így javulhatnak a kórokozó baktériumok túlélési esélyei.

Mezőgazdaság és erdőszet

Az időjárás szeszélyességére rendkívül érzékeny a mezőgazdaság. A kiegyenlítetlen évszakváltozások miatt az élővilág biológiai egyensúlya időről-időre felborul, amely kihat a talajban élő mikroorganizmusoktól kezdve a kártevőkön át, szinte valamennyi az agráriumra hatással lévő élő szervezetre.

A mezőgazdaság szempontjából jelentős veszélyeztető tényező a jégeső. Részaránya az elmúlt 35 éves megfigyelés alapján az összes biztosított kárnemen belül 20,52 százalék volt.

A mezőgazdasági biztosításokon belül az ár- és belvizek által okozott károk együttesen 18,4 százalékot tesznek ki. A kifejezetten a csapadékvíz okozta talajeróziós károk az ország termőterületének 40 százalékát érintik. Az eróziós jelenségek sújtják a mezőgazdasági területen kívül az ipari, illetve lakott térségeket és a kiépített infrastruktúrát is (pl. feltöltődés, sárelöntés, földcsuszamlás, stb.).

A szél okozta károk potenciálisan valamennyi termőterületet érinthetik. Egyrészt a talaj értékes, tápanyagban gazdag felső rétegének elsodródása, másrészt a fejlődő növény betemetődése miatt okoz gondot a szélérozió, azaz a defláció.

A humán-egészségügyi hatásokkal kapcsolatban említettekhez hasonlóan a globális felmelegedés hatására elszaporodhatnak a könnyen terjedő kártevők, kórokozók, gyomok.

Az állattenyésztés állatfajtól és tartásmódtól függően eltérően reagál a klímaváltozásra. Nő az állatok víz- és árnyékigénye, amelyről külön szükséges gondoskodni.

Valószínűsíthető, hogy a klímaváltozás fokozódásával az 1980-90-es évek tömeges fapusztulásánál is súlyosabb helyzet alakul majd ki, gazdasági és ökológiai károkat is okozva. A felmelegedés a fák legyengülésére valamint betegségeinek erőteljességére és terjedésére ma még előre nem látható hatással lesz. A felmelegedés által elsődlegesen sújtott erdőtakaró faállományai az egyes alföldi erdőtípusok, a síkvidékeket körülvevő dunántúli dombvidékek cseres-kocsánytalan tölgyesei és az elterjedési határuk közelében álló bükkösök lesznek; itthon ez utóbbiak túlnyomó részének megsűnhetnek az életfeltételei. A felmelegedés a tűzgyakoriság növekedése mellett a tüzek pusztító erejét is fokozza: nő a keletkező tüzek terjedési sebessége és intenzitása.

Épített környezet

Az épületeken belül tartózkodó emberek komfortérzetére a nyári kánikulák igencsak befolyással vannak. A hőszigetelés a nyári hővédelmet is szolgálja.

A nyári csapadékmennyiség kb. 7,5-8,9%-kal való csökkenése esetén megnő a kertek, tetőkertek öntözési igénye. A téli átlaghőmérséklet 1,2-1,4 °C-os emelkedése hatására viszont a fűtési energiaigény átlagosan akár 10%-kal csökken. Számolni kell a talajnedvesség nagyobb szélsőségek közötti ingadozásával és az épületek – alapozáson keresztül ható – állékonyságának veszélyeztetettségével is.

Kiemelt figyelmet érdemel a „kritikus infrastruktúra”. Ez a fogalom azokat a létesítményeket, szolgáltatásokat és információs rendszereket foglalja magába, amelyek működésképtelenné válása gyengítő hatással lenne a nemzet biztonságára, a nemzetgazdaságra, a közegészségre és a közbiztonságra, valamint a közigazgatás hatékony működésére. Ezek közül kiemelhető az energiaellátás (elektromos áram, üzemanyag, szén, gáz, távhő-ellátás) az ivóvíz (szennyvíz) szolgáltatás, a közlekedés különböző ágai (közúti, vasúti, vízi, légi), a távközlés, az informatikai hálózatok, valamint az árvízi védművek állapota. Az éghajlatváltozás növekvő hatásai fokozzák ezek sérülékenységét. Várhatóan nő a szélsőséges időjárási események folytán bekövetkező zavarok valószínűsége elsősorban a közúti és kötöttpályás közlekedésben, az áramellátás (távvezetékek sérülése), az ivóvíz-ellátás (vízbázis sérülése) és ezekkel összefüggésben a közellátás, valamint az info-kommunikáció terén.

Turizmus

A melegebb éghajlat a turistaidőszak kitolódását eredményezheti, de a szélsőséges időjárási helyzetek esetén csökkenő vízmennyiség, rosszabbodó vízminőség mind a természetes vizekre, mind a vízi parkokra, strandokra kedvezőtlen hatással lehet.

Az éghajlatváltozás gazdasági hatásai

Globális és általános módszertani kérdések

A fenti hatások gazdasági kategóriákra való lefordítása és értékbeni mérése (beleértve a társadalom jólétének értékben kifejezett mutatóját is) igen nehéz feladat, nem véletlen, hogy csak a 90-es években, és először csak az USA-ra vonatkozóan láttak napvilágot ezzel kapcsolatos publikációk (Cline, 1992; Nordhaus, 1991; Titus, 1992; Smith, 1996)¹. A globális jóléti hatások első komolyabb tanulmányozásának érdeme Fankhauser-é (1994; 1995). Ezt követően kb. egy tucatnyi további globális becslésekről jelent meg publikáció².

Ezek a becslések azt mutatják, hogy az éghajlatváltozás kezdetben növelné a gazdasági jólétet. Ezek az előnyök azonban elolvadnak, a hatások túlnyomórészt negatívak lennének a század későbbi részében. Az átlagos globális jóléti veszteség a jövedelem néhány százaléka lenne, de lényegesen magasabb, a szegény országokban. Az éghajlatváltozás hatása egy évszázad alatt hasonló nagyságrendű lenne, mint néhány évi gazdasági növekedés.

Tol (2009) szerint több mint 200 – de meglehetősen hiányos, és mindkét irányban jelentős bizonytalanságot tartalmazó – becslés ismeretes konkrétan a szén-dioxid-kibocsátás marginális költségként számszerűsített kárára. A szokásos diszkontráta mellett ennek várható értéke 50 \$/tC-nak adódott, ami sokkal alacsonyabb, mint a szén ára az Európai Unióban, de sokkal magasabb, mint a szén ára máshol. A hiányzó hatások közül legfontosabb az éghajlatváltozás közvetett hatásai a gazdasági fejlődésre, a biodiverzitás nagyarányú csökkenésére.

A brit pénzügyminisztérium megbízásából készített úgynevezett *Stern Jelentés* (Stern, 2007) a legterjedelmesebb (700 oldalas) és legismertebb mű, ami az éghajlatváltozás gazdasági kérdéseit tárgyalja. A jelentés fő megállapítása, hogy a további emisszió mérséklési erőfeszítések nélkül az éghajlatváltozás okozta globális jóléti veszteség – a szerzők szerint óvatos becslés szerint is – a fogyasztás 5 %-ával egyenértékű lehet, azaz a jövőben minden évben ennyivel alacsonyabb lehet a fogyasztás mint ha a klíma változatlan maradna. Ezzel szemben a klímaváltozás 2 °C-on belül tartásának költsége a GDP 1-1,5%-ára becsülhető. Mivel a fogyasztás a GDP kb. 60%-a, ezért a két számot összevetve látszik, hogy érdemes erőfeszítéseket tenni a klímaváltozás mérséklésére, ez gazdaságos befektetés. A jelentés azonban rámutat, hogy a felmelegedés hatása egyenetlenül érinti az egyes régiókat, sőt még egy régió szempontjából sem lineáris: a 2 °C-körüli felmelegedés például Európa nem-mediterrán részét még összességében véve pozitívan érinti, a további felmelegedés viszont a szárazság, a fertőzések, és a migráció stb. miatt ezt a régiót is sújtani fogja.

¹ Lásd Tol (2008) és (2009) összefoglaló áttekintését

² Ezek közül komolyabb modellre támaszkodik pl. Nordhaus (1994a; 1994b, 2006), Nordhaus és Yang (1996), Nordhaus és Boyer (2000), Mendelsohn, Morrisson et al. (2000), Mendelsohn, Schlesinger és Williams (2000), Hope (2006),.

A jelentés további nagy érdeme, hogy igen nagy súlyt helyez a módszertani kérdések tisztázására. Ezek közül az alábbiakat tárgyalja kiemelten:

- a gazdaság egyes alanyai jólétének aggregálhatósága egy társadalmi jóléti függvénybe,
- a különféle (természeti, egészségügyi, fogyasztási, erkölcsi, stb.) hatások összemérése egy aggregált társadalmi jóléti függvénybe,
- a bizonytalanság és a kockázat kezelése, kifejezése biztonsági egyenértékben (kockázati prémiummal) illetve „várható hasznosságban”,
- az egyes évek fogyasztási-jóléti szintjei hogyan mérhetők össze (időpreferencia és diszkontálás problémái, és annak kérdése, hogy a különböző létszámú és, fogyasztási színvonalú generációk között mi az igazságos tehermegosztás),
- az anyagi jólét függvényében hogy értékelődik a környezet, milyen nemlinearitások vannak a fogyasztó értékelésében,
- a hatások ugrásszerű (kүszöbös) volta hogy értékelhető.

A további, a klímaváltozás gazdasági hatásaival kapcsolatos és annak számszerűsített általános egyensúlyi modellben való ábrázolásával kapcsolatos módszertani kérdések közül az alábbiakat emelhetjük ki:

A számszerűsített általános egyensúlyi modellek a termelőket és fogyasztókat optimalizáló gazdasági alanyoknak ábrázolja. A termelési technológiákat az ún. „tükör-elmélet” alapján (lásd például Baumol: Költség-haszon elemzés), azaz, hogy ha minden inputot kétszeresére növelünk (mintegy tükörképét állítva elő az első gyárnak), akkor elvben nem lehet akadálya az output megkétszerezésének sem. Ebben az optimalizáló keretben kellene koherens módon beilleszteni a környezeti magatartást. A klímaváltozás és ennek hatása ugyan adottságnak tekinthető a gazdasági szereplők szempontjából, az ehhez való alkalmazkodás azonban döntési változó. Kérdés, hogy ez a döntés hogy illeszthető bele az optimalizáló viselkedésbe. Mint korábban rámutattunk, az alkalmazkodás részben megelőzésből, részben utólagos kárelhárításból áll.

Az első probléma ezzel az, hogy a kárelhárítás hozadéka általában határozottan csökkenő. Noha ez más jóságokról is elvben elmondható, de a kárelhárításnak markánsan korlátozottak a lehetőségei, pontosabban a gazdaságos lehetőségei. Egy bizonyos alacsony szintig viszonylag gazdaságosan ki lehet küszöbölni a hatásokat, de minél inkább közeledünk a tökéletes kiküszöböléshez, annál nagyobbak a fajlagos ráfordítások.

A környezetet – mint a SOCIOLINE modellben is tesszük – külön termelési tényezőként ábrázolhatjuk a modellekben. Mivel azonban a környezet egyrésze nem termelhető, kérdés, hogy mérhetjük a környezeti tőkét. Hivatkozott tanulmányunkban (Révész-Zalai, 2012) részletesen indokoltuk ennek az általunk kidolgozott becslési módszerét, aminek lényege, hogy a tőkét a környezeti beruházásokból és a környezeti állapotnak a termelésre való hatásából lehet megbecsülni.

A klímaváltozás azonban felveti a kérdést, hogy ez közvetlenül hat-e a gazdaság különféle kategóriáira (egészségi állapotra, termelékenységre, stb.), vagy a környezeti állapot, környezetminőség változásán keresztül (is). A legtöbb klímaváltozási hatás esetében tökéletesen megfelelő a közvetlen hatás figyelembevétele. Úgy is fogalmaz-

hatnánk, hogy a klímaváltozás az a globális környezetminőséget befolyásolja, és nem nagyon függ össze a Magyarország területén folyó környezetszennyezési vagy környezetvédelmi folyamatokkal.

Ugyanakkor vannak olyan klímaváltozási hatások, amelyek erősen befolyásolják a lokális környezeti állapotot. A klímaváltozás hatásai közül leginkább a fajok populációjára és általában a biodiverzitásra való hatás az, amelyet egyaránt érintenek a helyi eredetű folyamatok és a klímaváltozás. Ennek fényében az is felvethető, hogy a kétfajta („lokális” és „globális”) környezeti tőke külön ábrázolása (és szinergikus kapcsolatuk explicit figyelembevétele) helyett egy összetett (kompozit) környezeti tőkét definiáljunk a modellben, amelybe beszámítódik a klímaváltozás (le- illetve felértékeli a lokális környezeti tőkét).

Az éghajlatváltozás gazdasági hatásai közül a negatívak (károkat vagy költségeket) alapvetően három fő csoportra oszthatók:

- megelőzési és adaptációs költségekre,
- kármentesítési költségekre,
- emberi beavatkozás nélkül jelentkező károk.

Mindig konkrét helyzetelemzésre szükséges annak eldöntéséhez, hogy van-e hatékony megelőzési vagy kármentesítési módszer, azaz a megelőzés, kármentesítés és a károk túrése közül melyik a legkisebb költségű. Ez annál is inkább így van, mert előzetesen általában ritkán állnak rendelkezésre pénzértékben kifejezett költség-haszon adatok a lehetséges hatásokról.

Annak eldöntésében, hogy a megelőzés vagy az utólagos kármentesítés a hatékonyabb igen fontos az időtényező figyelembevétele. A környezetszennyezési folyamatok jórésze ugyanis entrópia-jellegű, a szennyezés fokozatosan terül szét (keveredik a nem-szennyezett közeggel), ami azt jelenti, hogy minél hamarabb távolítjuk el (szedjük össze) a szennyezést, annál kisebb a fajlagos költsége.

Kérdés azonban, hogy a klímaváltozás hatásai mennyiben hasonlítanak e tekintetben a környezetszennyezéséhez. Nyilvánvaló, hogy a klímaváltozásnak vannak olyan hatásai, amelyek bizonyos kórokozók, kártevők, allergén anyagok elszaporodását és elterjedését eredményezik. Ezért e hatások bekövetkeztét lehetőleg célszerű megelőzni.

A megelőzés–kárelhárítás dilemma eldöntésében az időtényező egy másik vonatkozásban is döntő szerepet játszik. A környezeti technológiák esetében ugyanis különösen jelentős a technológiai fejlődés. Ennek oka részben az igen fiatal iparágban még jelentős a betanulási-tényező (angol elnevezéssel: „learning by doing”), de hasonlóan fontos szerepe van a méretgazdaságosságnak is. Ez utóbbi sem meglepő, hiszen az iparág még viszonylag alacsony színvonalon termel, és termelési szintjét akár meg is tudja sokszorozni a közeljövőben. Sajnos a két (betanulási és méretgazdaságossági) hatást nehéz elkülöníteni.

A felmelegedéssel kapcsolatban várható, hogy egyes növények az eddiginél korábban érnek be (pl. földieper). Kérdés hogy ez hogy befolyásolja a termék bel- illetve külföldön való eladhatóságát. A jelentős mértékben exportra termelő (és a konzervvé való feldolgozást csak kisebb mértékben alkalmazó) magyar agrárgazdaság esetében

kérdés, hogy exportpiacainkon az érési időszakban versenyeznünk kell-e más országok (Spanyolország, Görögország) hasonló termékeivel³. Ha a felmelegedés az egyes termelő országokban eltérő mértékben hozná előre az érési időszakot, akkor várható, hogy a jelenlegihez képest fokozódik, vagy éppenséggel csökken a más országok terményeivel való konkurrencia.

Természetesen az agrárgazdaságon kívül más területeken is előállhat hasonló helyzet. Például közismert, hogy a nyugati polgárok általában augusztusban mennek szabadságra, amikor a tenger már felmelegszik, de a mediterrán térségekben a nap (amelynek erejét azonban az északi népek kevésbé bírják) már alacsonyabban jár, kevésbé erősen tűz. Az éghajlat melegebbre fordulásával azonban ez a felmelegedés előbbre jöhet, és a nyugati polgárok szabadságolása is ennek megfelelően előbbre jöhet. Ez viszont a balatoni turistaszezont kedvezően érintheti, akárcsak az, ha a tó még augusztusban is fürdésre alkalmas marad (mint például 2011-ben, amikor még október elején is lehetett fürdeni a tóban).

A NÉS a klímaváltozással kapcsolatosan az egyes területeken számos *megelőzési-adaptációs* lehetőségeket sorol fel. Ezeket a kevés számszerű, pénzben kifejezett, azaz modellezhető információt tartalmazó, főleg szervezési és technikai ismereteket tartalmazó felsorolást itt most nem mutatjuk be, de hivatkozott tanulmányunkban ez is külön fejezetben megtalálható. Mint kivételt – nyilván zömmel megelőzési költségként értelmezhetően a NÉS a 114. oldalon említi, hogy „a hőhullámok következtében az egészségügyi veszteségek elérhetik a GDP 0,5 - 1%-át”.

A gazdasági hatások osztályozása közgazdasági kategóriák szerint

Hogy a fenti megelőzési-adaptációs költségeket, vagy magukat a károkat és azok felszámolási költségeit modelljeinkben ábrázoljuk, érdemes összefoglalni, hogy e hatások a gazdaság mely kategóriáira, illetve mely szereplőire hathatnak. Először ebben a fejezetben a hatásokat érintett makrogazdasági kategóriáinként osztályozva mutatjuk be:

Output kiesése

A mező-erdőgazdaságban a legsokrétűbbek az idetartozó hatások: a termés kiesése az elszaporodó vagy bevándorló kártevők, az aszály, stb. miatt, vagy erdőtüzek miatt. Az árvizek miatt kiesik az árterületen folytatott tevékenység outputja, a hőhullámok idején leálló tevékenységek outputja, de ide sorolható az elmaradó turisták miatt kieső árbevétel is.

Folyó inputok növekedése

Itt említhetők jelesül az aszály miatti megnövekedett öntözési költségek, vagy a kártevők elszaporodása miatti megnövekedett növényvédelmi költségek, a fokozódó nyári hőség miatt vásárolt és üzemeltetett klímaberendezések költségei, és mindezen

³ Természetesen hasonló mondható el fordított irányban az importtermékekről is

többletberendezésekhez tartozó karbantartási költségek. Ha ezek a többletköltségek beépülnek az árakba, jövedelmekbe, akkor további hatások jelentkeznek.

Fogyasztói preferenciák megváltozása

Itt elsősorban az utazási, sport és egyéb szabadidő szórakozási szokások átalakulása említhető, de természetesen az egészségi állapot változásával is más fogyasztási szerkezet jár. Végül, de nem utolsósorban a klímaváltozás hatására megnövekedhet a környezettudatosság, ami szintén a fogyasztási preferenciákban és szerkezetben jelentkezik.

Tőkeállomány kiesése

Itt említhetjük meg a tőkeállományt a klímaváltozás hatására érő különféle károsodásokat, leállásokat, illetve azt, hogy a károk helyreállítása más területekről teszi szükségesé a tőke elvonását. Ilyen esetek az árvizek, túlhevülések miatt és a hóhullámok miatt megnövekedett közlekedési balesetek, stb. miatt állnak elő elsősorban.

Infrastruktúra károsodása

A szabadban haladó utak, sínek, vezetékek különösen ki vannak téve az időjárás viszontagságainak. A felmelegedés hatására gyakoribbá válhatnak a gyors hóolvadások miatti útbemosódások (mint például az A1-es autópálya emlékezetes beszakadása), a sínek felpúposodása, a vezetékek leolvadása, deformálódása, anyaguk elérése.

Munkaidő kiesés

A munkaerő kiesését rövid és hosszútávon okozhatják a migráció, a balesetek, a betegségek, és egyéb okokból (például hőségriadó miatti) való leállások.

Munkatermelékenység csökkenés

Itt elsősorban a koncentráció, és egyéb munkaképességek csökkenése említhető meg, amit okozhatnak a hőség miatti rosszullétek, az allergia.

Munkavédelmi kiadások növekedése

Az ezzel kapcsolatos kiadások között említhetők a hőségtől védő építmények és munkaruhák, frissítők, légkondicionálás, speciális UV-sugarakat kiszűrő napszemüvegek, stb.

Egészségügyi kiadások (megelőzés, gyógyítás) növekedése

Ide sorolhatók a különféle egészségügyi vizsgálatok és a fertőzésekkel szembeni óvintézkedések.

A gazdasági hatások osztályozása érintett térségek és gazdasági szereplők szerint

Régiók, települések

A klímaváltozás hatásának elemzéséhez a hivatalos hét régió mellett szóba jöhet olyan régiók definiálása, amelyek egy-egy üdülőkörzetet képviselnek, vagy egy-egy meteorológiai megfigyelőállomás körzetét fedik le. Ennek főleg a statisztikai adatok rendelkezésre állása a fő motívuma, de ilyen régiók alkalmazása mellett sokkal jobban feltárhatók a klímaváltozás szignifikáns eltérő hatásai.

Rétegek

A modellben a legkülönbözőbb ismérvek alapján képzett társadalmi–gazdasági csoportok különíthetők el. Nyilvánvaló, hogy a klímaváltozás az egyes rétegeket nagyon eltérően érinti mint termelőket és mint fogyasztókat egyaránt, így a csoportképzésnél érdemes külön-külön csoportba sorolni a klímaváltozástól kisebb és nagyobb mértékben függő háztartásokat.

Ágazatok

A klímaváltozás által legnagyobb mértékben érintett ágazatok az alábbiak:

- mezőgazdaság,
- erdőgazdálkodás (pl. fapusztulások, erdőtüzek),
- halászat (vízáramlási és vízszintproblémák, stb.),
- építőipar,
- közlekedés,
- turizmus (szálláshely szolgáltatás, vendéglátás),
- vízgazdálkodás,
- egészségügy.

A felhasznált modellek főbb jellegzetességei

A következő fejezetekben bemutatandó számításaink értelmezéséhez és a két eltérő modellből kapott eredmények egymással való összehasonlításának megkönnyítéséhez – ha csak felsorolásszerűen is, de – megemlítjük az egyes modellek főbb sajátosságait.

A HUMUSGE modell

- 25-szektoros, 12 réteges, 7 régiós (csak Magyarországot tartalmazó) időtlen („statikus”) modell,
- 3-hazai felhasználási terület (import-hazai helyettesítés tekintetében is eltérhetnek),
- 2-külkereskedelmi reláció (EU, egyéb),
- általánosított jóléti függvény: környezetminőség-szabadidő-fogyasztás (exogén és endogén komponens, beágyazási struktúra),
- energia külön tényező, energia és környezeti adók, emissziós kvóták,
- részletes jövedelemelosztás (ágazatonként beruházásig),
- általánosított makroökonómiai lezárás.

A SOCIOLINE-modell

- 5-szektoros, intézményi szektor bontású (pl. non-profit!), 3 jövedelmi réteges, dinamikus modell.
- Fenntarthatóságot komplexen vizsgálja: természeti, társadalmi (Gini, középosztály, demokrácia), pénzügyi fenntarthatóság (állami, külföldi, háztartási).
- Termelő-, pénzügyi-, infrastrukturális- és környezeti tőke áganként és intézményi szektoronként.

- környezeti tőke: amortizációja a termelési szinttől függ, reprodukciója nemcsak a környezetvédelmi beruházásoktól (arctg), de a demokrácia tőke szintjétől is függ,
- humántőke („beruházás az emberi tőkébe”) rétegenként (akkumulálódik),
- beruházásokon belül infrastrukturális és környezeti beruházások megkülönböztetése (vállalati szféra is költ infrastruktúrára),
- demokrácia-tőke (vagy társadalmi tőke),
- a reál- és pénzügyi folyamatok és változók (pénz, Ft és devizaeszközök és tartozások, részvény bontásban) együttes ábrázolása minden évben szektoronként és rétegenként,
- az államháztartás nem-adósságszolgálati kiadásait jellegük szerinti felbontásban ábrázolja (pénzbeni és természetbeni társadalmi juttatások, közfogyasztási kiadások, felhalmozási juttatások beruházások), vizsgálja ennek optimális (makro)szerkezetét.

Hatásszimulációk a HUMUSGE-moddellel

Kutatócsoportunk a PESETA-projekt tapasztalatait először a turizmus területén próbálta beépíteni a HUMUSGE-modellben. Erről a bonyolult folyamatról egy külön kutatási jelentés számol be (*Kelemen, 2011a*). Ennek most csak az alábbi hatásszimuláció megértéséhez szükséges főbb gondolatait vázoljuk.

A hivatkozott tanulmányban ismertetett regressziós együtthatókat felhasználva adott hőmérséklet-növekedés mellett kiszámoltuk, hogyan csökken a külföldi vendégéjszakák száma az egyes régiókban, majd ezek összegeként, megkaptuk, hogy Magyarország egészére vetítve mekkora a csökkenés. Ezt arányosítottuk az összes külföldi vendégéjszakával (10 778 899), hogy tudjuk hány százalékos kiesést hozott a klímaváltozás. Feltételezéseink szerint csak a több napra érkező külföldi turistákat befolyásolja a hőmérsékletváltozás, így kiszámoltuk a többnapos külföldi turisták kiadásainak hány százaléka az összes külföldi turistákénak.

A modell input-file-jában található a beutazó turisták magyarországi kiadásai ágazati eredet szerint bontásban (ez a modell paraméterei között is megjelenik). Ezt a KSH turizmus gyorsjelentésében található adatok alapján felosztottuk az egynapos és többnapos turisták között. Ezután a többnaposokra jutó részt a klímaváltozás miatti vendégéjszaka-csökkenéssel arányosan csökkentettük.

Az idegenforgalmi bevételeknek az ún. „nemzetközi közlekedés” nevű tétele azonban nem a fogyasztásban, hanem az exportban van elszámolva az ÁKM-ben (és a modellben). Az ÁKM-beli közlekedési ágazatbeli export azonban a személyszállítás mellett az áruszállítást is tartalmazza. Ezért a KSH közlekedési statisztikáiból és a MÁV közleményeiből kihámozható adatok alapján ebből első lépésben megbecsültük a személyszállítási részt, majd ezt a részt csökkentettük a fenti vendégéjszaka csökkenés százalékos mértékében.

A vendégéjszakák csökkenése a szálláshely-vendéglátás ágazatban az erőforrások (tőke, munkaerő) kihasználatlanságát okozhatja. Ennek mértékét az ÁKM modell ismereteknek megfelelő módon az ÁKM-multiplikátorok segítségével lehet számítani: Az

előbb kiszámított végső keresletcsökkenésből ki lehet számolni a Leontief-inverz segítségével, hogy a szektoroknak, mennyivel kell csökkenteniük a termelésüket. Itt felhasználva a szektorokra vonatkozó hatékonysági paramétereket a munkaerő és tőke területén, kiszámolhatjuk, mennyi az összes munkaerő- és tőkeigénycsökkenés a turizmus ágazatban. Mivel ezt a kieső erőforrásmennyiséget feltevéseink szerint más ágazatokba nem lehet átcsoportosítani, az egyesületi modellünkben úgy vettük figyelembe, hogy ezzel azonos mértékben csökkentettük a (effektív) munkaerő- és tőkeállományt.

A turizmus-klimahatásvizsgálat eredményei

Az előzőekben kidolgozott módszerrel 2 °C hőmérséklet növekedést feltevő forgatókönyvvel lefuttattuk a modellt. Az eredményeket az I-III. táblázatok foglalják össze.

Az I. táblázat tartalmazza az ágazatonkénti termelés-változást a klímaváltozás hatására. Természetesen csökkenést várunk, és ez meg is figyelhető a turizmus (GUEST) esetében. Hasonlóan történik a közlekedés (TRANS) és az ehhez kapcsolódó olajipar (OIL) ágazat esetében is, hiszen a turistának az országba el kell jutnia, és ha kevesebb érkezik, akkor ez kevesebb közlekedési kiadást is igényel.

A 1. táblázat érdekessége az, hogy bizonyos ágazatokban nem csökkenés, hanem növekedés tapasztalható. A gépiparban és építőiparban erőteljes növekedés látható. De más területeken is megfigyelhető, mint az építőanyagiparban és a kohászatban. Ezek okainak megvilágítása előtt érdemes megnézni a főbb mutatók alakulását a II. táblázatban.

1. táblázat Termelésváltozás ágazatonként

Ágazat neve	Kód	Mrd Ft	Index
1. Szénbányászat	COAL	0.057	1.001
2. Kőolajkitermelés és feldolgozás	OIL	-0.575	0.999
3. Földgázkitermelés	GAS	0.004	1.000
4. Villamosenergia-,gáz- és hőellátás	HELEC	0.751	1.001
5. Erdőgazdaság	FORES	0.209	1.003
6. Fafeldolgozó ipar	WOOD	0.859	1.004
7. Vegyi anyag, termék gyártása	CHE24	3.067	1.003
8. Gumi-, műanyag termék gyártása	OCHEM	1.700	1.003
9. Építőanyagipar	ENINT	3.627	1.004
10. Kohászat	METAL	8.415	1.006
11. Gépipar	ENGIN	27.939	1.005
12. Járműgyártás	VEHIC	3.337	1.001
13. Könnyűipar	LIGHT	3.181	1.002
14. Élelmiszeripar	FOODI	-1.665	0.999
15. Mezőgazdaság	AGRIC	0.249	1.000
16. Vízgazdálkodás	WATER	0.169	1.001
17. Építőipar	CONST	11.749	1.005
18. Kereskedelem	TRADE	3.829	1.001
19. Szálláshely-vendéglátás szolgált.	GUEST	-14.798	0.980
20. Közlekedés	TRANS	-9.943	0.995

Ágazat neve	Kód	Mrd Ft	Index
21. Egyéb anyagi szolgáltatás (Hírkl.)	OMATE	1.315	1.001
22. Pénzügyi szolgáltatás	FINAN	0.629	1.000
23. Egyéb szolgáltatás	OSERV	-0.410	1.000
24. Jóléti szolgáltatások	WELFA	-1.591	0.999
25. Közösségi, közigazg. szolgáltatás	PUBLI	-0.386	1.000

A 2. táblázat mutatja a fő reálkategóriák változását.

2. táblázat Fő reálkategóriák százalékos változása

	Bázis	Szimuláció	Változás Mrd Ft	Index
Import	14691.42	14711.00	19.58	100.13
Eu-import	10048.66	10061.32	12.66	100.13
Export	13912.57	13944.67	32.10	100.23
Eu-export	10575.20	10597.79	22.58	100.21
Termelés	45556.11	45597.84	41.73	100.09
Fogyasztás	12473.09	12470.77	-2.31	99.98
Turizmus export	658.53	628.52	-30.01	95.44
Közfogyasztás	2172.11	2172.11	0.00	100.00
Beruházás	4682.41	4710.93	28.52	100.61
Kereskedelmi egyenleg	-731.94	-731.94	0.00	100.00
GDP	19487.64	19496.37	8.73	100.04

Először is érdemes megfigyelni ellenőrzésképpen, hogy a turisták fogyasztása valóban csökkent (30 Mrd Ft-tal). Ez a hatás gyűrűzött szét a gazdaságban, és emiatt csökkent több tétel is. De vegyük észre, hogy itt is látható növekedés, annak ellenére hogy csak csökkenést vártunk. Nőtt a beruházás volumene, ez fokozta a termelést, és – főleg mivel a beruházások több mint 1/3-a import, – az importot is. Mivel pedig feltevésünk szerint a kereskedelmi egyenleg nem változhat (ez persze megfelelő árfolyamot igényel) az export is nő. Összességében a szintén változatlan feltételezett közfogyasztás mellett is az aggregált GDP is nőtt. A maradék tőke és munkaerő tehát olyan ágazatokba csoportosítódott át, amelyek jövedelem-„termelő” képessége magasabb, így ellensúlyozni tudták a turizmushoz kapcsolódó ágazatokbeli kiesést.

A jövedelmi oldalról magyarázva a fenti eredményeket a következőket állapíthatjuk meg: A külföld megtakarítása nő, mert most már kevesebb pénzt költenek el a külföldi turisták. A tőkét viszont ki kell használni, hogy profitot termeljen, tehát nem a termelés csökken, hanem a turizmus helyett valamelyik másik végső felhasználásnak kell nőnie. Hogy melyiket az attól függ, hogy milyen a jövedelem-elosztás. Mivel a háztartások jövedelme és így a fogyasztás is csökken, a közfogyasztás pedig változatlan, ezért végül a beruházást fogja növelni, főként az építőipart és az ehhez kapcsolódó gépipart, és ezek beszállítóit. Ezeknek az ágazatoknak magas import igényük is van, ami meglóditja az importot. Ezzel együtt növekszik az export is, sőt ez 13 milliárd forinttal jobban nő. Ennek pusztán a cserearányromlás a magyarázata, ez – a kereskedelmi egyenleg változatlanságát feltéve – növeli jobban az exportot. Ez a GDP növekedést is megműsíti,

mert ha cserearányal korrigált GDP-t használnánk, akkor 4 milliárd forintot csökkent volna. Emellett az is tovább rontja az jóléti többlet lehetőségét, hogy az új helyzetben az amortizáció is 1 milliárd forinttal nagyobb a korábinál (főleg a megélnékült gépipar magas amortizációs kulcsa miatt). Ezek alapján kijelenthető, hogy összességében nem lenne nettó jólétnövekedés a gazdaságban az éghajlatváltozás okozta turizmus keresletcsökkenése hatására.

A 3. táblázat tartalmazza a hatások régiós szinten való lecsapódását. Itt a szektorok ágakba vannak tömörítve, ami a sor szerinti címkézés.

3. táblázat A turizmus hatására Magyarország egyes régióban, hogyan változnak az ágak termelése (milliárd Ft)

	KOZ	KDU	NYD	DDU	ESZ	EAL	DAL
AGRI	0.04	0.05	0.06	0.07	0.04	0.09	0.11
INDU	17.33	9.16	7.74	2.01	5.19	4.68	3.84
EGHW	0.34	0.09	0.07	0.13	0.15	0.08	0.07
CNST	4.79	1.20	1.18	0.92	1.05	1.38	1.22
TRAD	2.13	0.30	0.27	0.22	0.23	0.34	0.33
HORE	-6.09	-1.35	-1.89	-1.40	-1.26	-1.55	-1.26
TRNS	-6.03	-0.61	-0.79	-0.56	-0.59	-0.69	-0.68
FINT	0.42	0.03	0.04	0.03	0.03	0.04	0.04
BUSE	0.79	0.10	0.10	0.07	0.07	0.09	0.09
ADMI	-0.18	-0.03	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04	-0.04
EDUC	-0.31	-0.08	-0.08	-0.08	-0.09	-0.13	-0.11
HEAL	-0.26	-0.06	-0.07	-0.07	-0.08	-0.10	-0.09
OSER	-0.21	-0.03	-0.04	-0.03	-0.03	-0.04	-0.04

Érdemes megfigyelni az ipari (INDU) és az építőipari (CNST) termelés növekedését. A szálláshely, vendéglátás (HORE) és szállítás (TRNS) területén pedig egyértelműen csökkenés várható. Egyúttal csökkennek az adminisztrációs, oktatási és egészségügyi költségek.

Mivel Közép-Magyarország az ország ipari központja, ezért itt a legmagasabb a növekedés. Ennek ellenére arányaiban sokkal nagyobb a kiesés a szálláshely, vendéglátás (HORE) ágban. A beruházások legnagyobb része is itt jelentkezik, másrészt a turizmus szempontjából az ország legfontosabb régiója. Végül fontos megjegyezni, hogy – földrajzi elhelyezkedésének is köszönhetően – a legnagyobb volumenben itt zajlik a nemzetközi szállítás is. Érdekes, hogy a Dél-dunántúli Régióban a legkisebb a növekedés, még a két alföldi régióban is magasabb.

Természetesen ezek csak a futás legfontosabb eredményei. A további konkrét eredmények a hivatkozott háttér tanulmányban és a program excel-output-file-jában található. Ezek taglalása helyett a következő alfejezetekben a modellel a klímaváltozás más gazdasági hatásaival kapcsolatosan végzett számításainkat is ismertetjük.

További klímahatásvizsgálatok a HUMUSGE-moddellel

A klímaváltozás turizmusra való hatásánál kevésbé kidolgozott forgatókönyveket is megvizsgáltunk a modellünkkel.

2. szimuláció

A háztartások számára érzékelt környezetminőség (QENDOB paraméter a modellben) romlik. Mivel ez a környezetminőség is tőkeként van kifejezve, ennek értékéből 280 Mrd Ft-ot levontunk. Ez csaknem egyenlő azzal az összeggel, amely a SOCIOLINE-modell 7.1. alfejezetben ismertetendő forgatókönyvéből adódó környezeti tőkecsökkenés. Így a két modell számítási eredményei bizonyos korlátok között összehasonlíthatók, és a modellek továbbfejlesztéséhez igen hasznos „építő kritikái” információkat adhatnak.

3. szimuláció

A munkaerő termelékenysége a mezőgazdaságban 3 %-kal, az anyagi szolgáltatásoknál pedig 2 %-kal romlik. Ezek az éghajlatváltozásnak leginkább kitett ágazatok. Ez a termelékenységromlás kb. 43 Mrd Ft (14+29) többletbéreköltséget okoz, ha a termelési szintet változatlanul akarjuk tartani. E forgatókönyv a SOCIOLINE-moddellel végzett szimulációk közül a 7.2. pontbelivel hasonlítható össze, ami szintén a munkaerőt érinti (de ott van emberi tőke, és az rétegenként és ágazatonként van bontva).

4. szimuláció

Ez az előzőhöz hasonló, de most a tőke termelékenységének romlásával számoltunk, a SOCIOLINE modellel végzett szimulációk közül a 7.3. alfejezetben leírttal összehasonlítható módon. Konkréten a mezőgazdaságban 2 %-kal, az anyagi szolgáltatásoknál pedig 1 %-kal romlik a tőkehatékonyság.

5. szimuláció

Egy, a SOCIOLINE-moddellel végzett szimulációk közül a 7.4. alfejezetbeli „infrastrukturális sokk”-hoz hasonló forgatókönyvet a HUMUSGE-moddellben úgy tudunk megjeleníteni, hogy az infrastruktúrát képviselő ágazatokban a beruházási hatékonyságot 20 %-kal rontottuk. A két érintett ágazat a közlekedés és az egyéb anyagi ágazatok (hírközlés, stb.). Ezek induló (126+461 Mrd Ft) beruházási szintjét tekintve ez a beruházáshatékonysági veszteség 114 Mrd Ft-ra tehető, ami hasonló a 7.4. alfejezetben feltételezett infrastruktúra kieséssel.

A szimulációk eredményei

A szimulációk eredményei az 1. függelékben láthatók. Az igen érdekes eredmények részletes értékelését – szerteágazó voltuk miatt – az Olvasóra bízunk. Itt csak az alábbi főbb jelenségekre hívjuk fel a figyelmet:

A 2. szimulációban a háztartások a fogyasztás–szabadidő–környezetminőség összetett jólétet maximalizálva kénytelenek növelni saját (a környezetminőség romlását ellensúlyozó) környezeti kiadásait. Ehhez szabadidejük 3 %-át kell feláldozni (a foglalkoztatottság 2,7 %-kal nő), és az ezen kívüli jóságokból álló változó-fogyasztásuk is jelentősen, 5 %-kal csökken. Összességében a háztartások jóléte 3,83 %-kal csökken (Stern (2007) mint említettük 5 %-os fogyasztáscsökkenést jelzett, ehhez képest

az eredmények visszafogottak). A GDP viszont még nő is a többletfoglalkoztatás miatt, pontosan 1,82 %-kal, ami jelentős részben a háztartások környezeti kiadásainak 195 Mrd Ft-os (86 %-os !) növekedése által támasztott többletkereslet miatt is van. A jövedelemeloszlás a megnövekedett munkakínálat miatt a tőke javára tolódik el, így a beruházások viszont nőnek, 5 %-kal.

A 3. szimulációban a romló munkatermelékenység miatt a GDP 0,65 %-kal csökken. Ez most nem a háztartásokat érinti, mert a bérimdex és a foglalkoztatás szinte változatlan marad, a tőkehozamráta viszont csökken. Így a beruházások 2 %-kal csökkennek.

A 4. szimulációban szinte semmi változás nem mutatkozik az aggregált makromutatókban. Viszont az érintett ágak termelése csökken, és érdekes módon az energetikai ágazatoké is. Ennélfogva az emisszió is csökken, így a háztartások 2,4 %-kal visszafoghatják az ezt kompenzáló környezeti kiadásait (a bázishoz képest is).

Az 5. szimulációban hasonló eredmények mutatkoznak, bár a kiírítás tulajdonképpen kicsit félrevezető. Nem mutatja ugyanis a beruházási inputok növekedését, csak a hatékonysággal korrigált (aktíválható) beruházások szintjét. Így a beruházások 1,6 %-os látszólagos csökkenése valójában kb. ugyanekkora növekedést jelent. Ez a többletkereslet kiszorító hatása révén a fogyasztás 0,27 %-os csökkenését eredményezi.

A szimulációk részletesebb értékelését most nem adjuk meg. Mindenesetre a szakirodalomból a jövőben realisabb forgatókönyveket és paramétereket várunk, valamint a két modell összehasonlítása révén felmerülő igényeknek megfelelően továbbfejlesztve a modellt az eredmények is sokkal életszerűbbek és pontosabbak lesznek. Mindenesetre már a jelenlegi modellszámítások is jelzik, hogy a modellek igen logikusan és átfogóan tudják a hatásokat ábrázolni, ami sokat segíthet a klímaváltozáshoz való alkalmazkodás lehetőségeit kutatók számára a hatékony beavatkozási pontok megtalálásában.

A következő fejezetben hasonló számításokat mutatunk be a dinamikus modellünkkel is.

Hatásszimulációk a SOCIOLINE-moddellel

A klímaváltozás kategória-specifikus hatásaira az alábbi forgatókönyveket dolgoztuk ki:

Környezeti tőke gyorsabb amortizációja

Konkrétan azt feltételeztük, hogy a környezeti tőke amortizációja a bázisra feltételezett évi 1% helyett 1,1%. Mivel a környezeti tőke indulóértéke 20 000 Mrd Ft, az éves többletamortizáció 20 Mrd Ft, azaz 2006-2020-ig összesen 300 Mrd Ft.

Munkaerő-kínálat csökkenése a magasabb amortizációja révén

Kísérletképpen feltettük, hogy a munkaerő amortizációs rátája a bázis évi 2,5% helyett rétegenként és ágazonként különböző mértékben emelkedik. Az érintett ágazatok az „Anyagi szolgáltatások” és az „Agrárszektor”, ahol feltételezhetően a legnagyobb a munkások kitétsége az éghajlati hatásoknak. Természetesen a kitétség függ a beosztástól, így feltettük, hogy a nevezett ágazatokban a legalacsonyabb jövedelmű rétegbe tartozó dolgozók (kiskeresetűek) „amortizációs rátája” nő a legnagyobb mértékben, 2 százalékponttal (azaz az induló 2,5%-hoz képest 0,05%-kal 2,55%-ra). A közepes jövedelmű ré-

tegeknél csak 1 százalékpontos növekedést tételeztünk fel (azaz az amortizációs rátájú 2,525%-ra nő). A legmagasabb jövedelmű rétegnél nem tételeztünk fel romlást, mivel feltehetően zömmel irodákban, és a környezeti hatásoktól más módon is meglehetősen védve (pl. jobb egészségügyi ellátást élvezve) dolgoznak.

A fenti módon meghatározott emberi tőke-többletamortizáció a kiinduló adatokkal számolva 25,3 Mrd Ft/év értékűnek becsülhető, amiből az 1. réteg 13,8 Mrd Ft/év, a 2. réteg pedig 11,5 Mrd Ft/év veszteséget szenved el. Ez az éves veszteség a 2006-2020-ig tartó időszakra összesen 380 Mrd Ft veszteséget jelent, ami nagyságrendileg hasonló az 1. forgatókönyvéhez.

Tőkehatékonyság romlása

Mivel a modellben nincs ágazatilag és egyéb módon differenciált TFP (közös termelékenységjavulás), és nem kívántuk, hogy e forgatókönyv szintén a munkaerőt érintse, átfedve az előzővel, ezért csak a tőkehatékonyságot változtattuk. Konkrétan az Agrárszektorban a tőkehatékonyságromlás 2%, az Anyagi szolgáltatásokban pedig 1%. Az Anyagi szolgáltatások és Agrárszektor 11 717 illetve 11 861 Mrd Ft-os 2005. évi induló tőkeállományra vetítve ez az 1 illetve 2%-os tőkehatékonyság-csökkenés egyenértékű ugyanakkora arányú tőke elvesztésével, azaz az összes kár $117+237=354$ Mrd Ft-ra tehető. Természetesen a modell számítja ki a pontos következményeket, ez csak a hatások gyorsbecslésének tekinthető.

Exogén infrastrukturális sokk

Az utolsó forgatókönyvben a korábbiakkal ellentétben egy olyan forgatókönyvet dolgoztunk ki, amely nem folyamatos, hanem egy egyszeri kár (például váratlanul bekövetkező természeti katasztrófa) bekövetkezését feltételezi (konkrétan 2011-re, nehogy az Olvasó jóslásnak tekintse). Ezt az infrastruktúra 2011. évi amortizációs kulcsának 2,5-szörösére növelésével ábrázoltuk a modellben. Az infrastruktúra 11 138 Mrd Ft-ra becsült indulóállományával számolva ez az egyszeri kb. 2,83%-os $((2,5-1) \cdot 1,89\%)$ többletamortizáció 316 Mrd Ft-os veszteséget jelent.

A szimulációk eredményei

Önmagában az is érdekes kérdés, hogy a fenti forgatókönyvek közül melyiknek van a legnagyobb hatása, pl. a GDP-re? Az egyes forgatókönyvek alapján számított GDP-változások arányaiból képet alkothatunk arról, hogy a fenti kategóriákat (ágazatokat, erőforrásokat) érintő mekkora változások ekvivalensek a növekedési lehetőségek szempontjából. Természetesen ehhez hasonlóan más makromutatók (például nemzeti vagyon, fogyasztás) szempontjából vett átváltási arányok (trade-off-ok) is feltárhatók ezekkel a futtatásokkal.

A szimulációknak a főbb makroökonómiai változókra vonatkozó eredményeit az alábbi 4. és 5. táblázatok foglalják össze:

A IV. táblázatból látható, hogy a (2020. évi) GDP-t (hozzáadott értéket) a legnagyobb mértékben a 3. szimuláció (tőkehatékonyság romlása) csökkenti. A csökkenés majdnem eléri az 1 %-ot (az alapváltozathoz képest). Ez ugyan várható volt, de nem ilyen

mértékben, hogy 2-szerese legyen a többi szimulációknál mért legmagasabb (4. szimulációbeli) GDP-kiesésnél is, sőt 19-szerese a 2. szimulációjának.

A IV-V. táblázatok a SOCIOLINE-modell sokrétűségének megfelelően a gazdasági és társadalmi folyamatok számos más indikátorának alakulását is bemutatják. Természetesen ezek még mindig csak töredékét képezik a modell részletes (többek között a kezdő- és záróévre összeállított Ágazati Kapcsolatok Mérlegeit és Társadalmi Elszámolási Mátrixait intézményi szektor és ágazati bontásban is tartalmazó) Excel-outputjának, amelyekről egy külön kutatási jelentés számol be (Csató-Révész, 2012). Ezeknek a további érdekes eredményeknek az elemzését az Olvasóra bízuk.

Összefoglalás

Kutatásaink során felmértük a klímaváltozás gazdasági hatásainak modellezésével kapcsolatos elérhető adatokat és módszertani problémákat. E problémák egy részére válaszokat dolgoztunk ki, és ezek alapján modellszámításokat végeztünk a klímaváltozás lehetséges hazai gazdasági hatásaira a gazdaság különféle kategóriái, szférái vonatkozásában. Ezek a számítások számos hasznos, és a további modellfejlesztéshez is felhasználható eredményre vezettek. A modellszámítások forgatókönyveinek feltevéseit a közeljövőben a szakirodalom és az adott terület szakértőivel létesített együttműködés segítségével átdolgozzuk. Mindenesetre az eddigi tapasztalataink alapján az állítható, hogy a klímaváltozás a magyar gazdaság legtöbb szférájára igen ellentmondásosan hat, a részleges hatások eredőjének előjele és mértéke lényegesen függ az időtávtól és a felmelegedés mértékétől is.

A gazdasági hatások leginkább az emberi egészség szempontjából negatívak, viszont ez az a terület, amelyen a hatások a legszerteágazóbbak és amelyeket a legnehezebb (más, pl. a PESETA-projekt modellezői számára is) gazdasági értékben, pénzben illetve (társadalmi) jóléti veszteségben kifejezni. Ezért az MTA ezzel foglalkozó kutatócsoportjával intenzívebb együttműködésben e hatások közül a legfontosabbakat igyekszünk lépésről lépésre és a legnagyobb jelenleg elérhető tudományos alapossággal feltárni, és beépíteni a modellünkbe. Ennek adekvát megvalósítására különösen azért van jó esély, mert az alkalmazott egyik modellünk, a fenntartható fejlődés SOCIOLINE-modellje az emberi erőforrást a klímaváltozásnak igen eltérően kitett rétegek és ágazatok szerinti bontásban és az emberi tőke akkumulációját, ágazati allokációját és elhasználódását is elméletileg megfelelően ábrázolja.

4. táblázat A SOCIOLINE-moddal végzett klímaváltozási hatás-szimulációk főbb eredményei

Kategória \ szimuláció	„2005.” Mrd Ft	Alapváltózat				2020-ban, Mrd Ft-ban, összehasonlító áron				2020- 2005,%				Eltérés az alapváltóztól, %-ban				
		1. szimu- láció	2. szimu- láció	3. szimu- láció	4. szimu- láció	1. szimu- láció	2. szimu- láció	3. szimu- láció	4. szimu- láció	1. szimu- láció	2. szimu- láció	3. szimu- láció	4. szimu- láció	1. szimu- láció	2. szimu- láció	3. szimu- láció	4. szimu- láció	
Hozzáadott érték vol. alapáron	19 488	33 625	33 554	33 607	33 302	33 443												
Fogyasztási kiadás volum.	10 470	17 832	17 813	17 827	17 693	17 781												
ebből: -kisjvedelműek	2 304	3 612	3 608	3 611	3 570	3 600												
- középosztály	3 804	6 441	6 434	6 439	6 383	6 421												
-magas jövedelműek	3 706	7 122	7 116	7 120	7 085	7 103												
,-külföldi turisták	656	656	656	656	656	656												
Természetbeni juttatás	3 096	4 398	4 391	4 396	4 403	4 378												
Közfogyasztás volumene	2 173	3 152	3 146	3 150	3 160	3 134												
Beruházás volumene	4 677	8 317	8 303	8 314	8 192	8 287												
Készletfelhalm. volumene	280	280	280	280	280	280												
Export volumene	13 911	25 542	25 471	25 526	25 285	25 361												
-Import volumene	-15 119	-26 051	-26 003	-26 040	-25 864	-25 930												
GDP vol.(felh. old.,CET-nélkül)	19 488	33 472	33 402	33 454	33 151	33 292												
Külkeresk. Egyenleg dFt	-732	0	0	0	0	0												
Folyó term.felh. Volumene	26 069	44 824	44 716	44 800	44 252	44 546												

4. Táblázat A SOCIOLINE-modellel végzett klímaváltozási hatás-szimulációk főbb eredményei (a táblázat folytatása)

Kategória \ szimuláció	„2005”	Alapváltózat	1. szimuláció	2. szimuláció	3. szimuláció	4. szimuláció	Alapváltózat	1. szimuláció	2. szimuláció	3. szimuláció	4. szimuláció
Bruttó termelés	45 557	78 449	78 270	78 407	77 554	77 989	72,2%	-0,23%	-0,05%	-1,14%	-0,59%
ebből: - alapanyagipar	6 061	10 086	10 059	10 081	10 047	10 018	66,4%	-0,26%	-0,05%	-0,39%	-0,67%
- feldolgozóipar	10 997	21 492	21 440	21 480	21 463	21 359	95,4%	-0,24%	-0,05%	-0,14%	-0,62%
- élelmiszeripar	4 024	6 526	6 510	6 522	6 139	6 487	62,2%	-0,23%	-0,06%	-5,92%	-0,60%
- anyagi szolgáltatás	11 220	19 093	19 052	19 083	18 759	18 990	70,2%	-0,21%	-0,05%	-1,75%	-0,54%
- nem anyagi szolgáltatás	13 256	21 253	21 208	21 241	21 147	21 135	60,3%	-0,21%	-0,05%	-0,50%	-0,56%
Infrastruktúra állománya	11 138	9 231	9 230	9 230	9 220	8 979	-17,1%	-0,01%	0,00%	-0,12%	-2,73%
Környezeti tőke állománya	20 000	20 293	19 826	20 293	20 276	20 295	1,5%	-2,30%	0,00%	-0,08%	0,01%
Állóeszközállomány, év eleji	147 143	193 981	193 923	193 961	193 235	193 782	31,8%	-0,03%	-0,01%	-0,38%	-0,10%
ebből: - cégek	58 818	87 037	86 985	87 020	86 286	86 863	48,0%	-0,06%	-0,02%	-0,86%	-0,20%
- államháztartás	39 022	41 235	41 229	41 233	41 176	41 212	5,7%	-0,01%	-0,01%	-0,14%	-0,05%
- non-profit szervezetek	1 880	1 714	1 714	1 714	1 716	1 714	-8,8%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%
- kisjvedelműek	10 114	12 650	12 650	12 650	12 663	12 650	25,1%	0,00%	0,00%	0,10%	0,00%
- középosztály	23 126	26 838	26 837	26 837	26 858	26 837	16,0%	0,00%	0,00%	0,08%	0,00%
- magas jövedelműek	14 182	24 507	24 507	24 507	24 536	24 506	72,8%	0,00%	0,00%	0,12%	0,00%

5. Táblázat A SOCIOLINE-modellel végzett klímaváltozási hatásszámítások főbb eredményei, 2. rész

Kategória \ szimuláció	„2005”:		2020-ban, Mrd Ft-ban, összehasonlító áron				2020-2005,%		2020, Eltérés az alapváltozattól, %-ban			
	Alapváltózat	1. szimuláció	2. szimuláció	3. szimuláció	4. szimuláció	Alapváltózat	1. szimuláció	2. szimuláció	3. szimuláció	4. szimuláció		
	Mrd Ft	176 231	176 160	176 069	175 161	175 962	111,0%	-0,04%	-0,09%	-0,61%	-0,15%	
Emberi tőkeállomány, év eleji	83 509	41 885	41 864	41 802	41 564	41 804	172,8%	-0,05%	-0,20%	-0,77%	-0,19%	
ebből: -kisjvedelműek	30 609	70 606	70 575	70 537	70 089	70 487	130,7%	-0,04%	-0,10%	-0,73%	-0,17%	
- középosztály	37 546	63 739	63 722	63 731	63 507	63 671	69,8%	-0,03%	-0,01%	-0,36%	-0,11%	
- magas jövedelműek	6 780	13 291	13 273	13 286	13 193	13 239	96,0%	-0,13%	-0,04%	-0,73%	-0,39%	
Emberi tőkébe beruházás	1 987	3 405	3 400	3 404	3 375	3 391	71,4%	-0,16%	-0,04%	-0,90%	-0,44%	
ebből: -kisjvedelműek	2 750	5 433	5 426	5 431	5 385	5 411	97,6%	-0,14%	-0,04%	-0,89%	-0,41%	
- középosztály	2 043	4 452	4 447	4 450	4 433	4 437	117,9%	-0,11%	-0,03%	-0,41%	-0,32%	
- magas jövedelműek	0,927	0,903	0,904	0,904	0,903	0,903	-2,6%	0,00%	0,00%	-0,04%	-0,01%	
Egyenlőség index	0,407	0,387	0,387	0,387	0,386	0,387	-5,0%	0,00%	0,00%	-0,05%	0,00%	
Középoszt. jövrészesedése	1,000	0,951	0,951	0,951	0,956	0,951	-4,9%	-0,01%	0,00%	0,53%	-0,06%	
Demokrácia index	0,123	0,098	0,098	0,098	0,098	0,098	-20,3%	-0,04%	0,08%	-0,13%	-0,06%	
Átlagos realbér	1,000	1,070	1,069	1,070	1,062	1,066	7,1%	-0,16%	-0,04%	-0,77%	-0,39%	
Deviza reálárfolyam												
Pénzügyi vagyon reálértéke: év végén												
ebből: - bankok	3 494	8 111	8 109	8 112	8 150	8 108	132,1%	-0,01%	0,02%	0,49%	-0,03%	
ebből: - cégek, amin belül:	-3 717	9 413	9 366	9 397	8 797	9 278	-353,2%	-0,50%	-0,16%	-6,54%	-1,43%	
-Alapanyagipar	1 070	8 896	8 876	8 889	8 370	8 835	731,8%	-0,23%	-0,08%	-5,91%	-0,69%	
-Feldolgozóipar	384	-2 370	-2 365	-2 370	-2 502	-2 356	-717,2%	-0,22%	-0,02%	5,54%	-0,60%	
-Élelmiszeripar	-424	227	227	227	966	226	-153,4%	0,35%	0,13%	326,60%	-0,16%	
-Anyagi szolgáltatások	-2 743	-11 613	-11 609	-11 611	-11 338	-11 596	323,4%	-0,04%	-0,02%	-2,37%	-0,15%	
-Nem-anyagi szolgáltatások	-2 004	14 274	14 237	14 263	13 300	14 169	-812,4%	-0,26%	-0,08%	-6,82%	-0,73%	
- államháztartás	-13 053	-11 524	-11 519	-11 523	-11 538	-11 498	-11,7%	-0,05%	-0,01%	0,12%	-0,23%	
-non-profit szervezetek	126	428	426	427	448	421	238,9%	-0,41%	-0,18%	4,81%	-1,42%	

Az 5. táblázat folytatása

Kategória \ szimuláció	„2005”:		1. szimu- láció		2. szimu- láció		3. szimu- láció		4. szimu- láció		1. szimu- láció		2. szimu- láció		3. szimu- láció		4. szimu- láció			
	Alapvál- tozat	Alapvál- tozat	-669	-669	-678	-668	7,2%	-0,01%	0,00%	1,41%	-0,07%	-669	-669	-678	-668	7,2%	-0,01%	0,00%	1,41%	-0,07%
- kisjöveldelműek	-624	-669	-669	-669	-678	-668	7,2%	-0,01%	0,00%	1,41%	-0,07%	-669	-669	-678	-668	7,2%	-0,01%	0,00%	1,41%	-0,07%
- középszintű	2 731	2 448	2 448	2 448	2 475	2 447	-10,4%	-0,01%	0,00%	1,11%	-0,06%	2 448	2 448	2 475	2 447	-10,4%	-0,01%	0,00%	1,11%	-0,06%
- magas jöveldelműek	4 850	3 858	3 857	3 858	3 888	3 854	-20,5%	-0,02%	0,00%	0,79%	-0,09%	3 858	3 858	3 888	3 854	-20,5%	-0,02%	0,00%	0,79%	-0,09%
- külföld	6 193	-12 061	-12 016	-12 047	-11 540	-11 939	-294,8%	-0,37%	-0,11%	-4,32%	-1,01%	-12 016	-12 047	-11 540	-11 939	-294,8%	-0,37%	-0,11%	-4,32%	-1,01%
Ellenőrzés: pénzügyi vagyron	0	2	2	2	2	2	1022,7%	-0,02%	0,00%	0,22%	-0,12%	2	2	2	2	1022,7%	-0,02%	0,00%	0,22%	-0,12%
Pü. megtakarítás reálértéke:	0	0	0	0	0	0	0,1%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0	0,1%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
ebből: - bankok	897	653	652	653	648	655	-27,2%	-0,14%	0,02%	-0,71%	0,27%	653	653	648	655	-27,2%	-0,14%	0,02%	-0,71%	0,27%
ebből: - cégek, amin belül:	-377	1 601	1 592	1 598	1 528	1 586	-524,4%	-0,56%	-0,14%	-4,52%	-0,93%	1 601	1 592	1 528	1 586	-524,4%	-0,56%	-0,14%	-4,52%	-0,93%
- Alapanyagipar	365	923	919	922	857	916	153,1%	-0,41%	-0,12%	-7,17%	-0,72%	923	919	857	916	153,1%	-0,41%	-0,12%	-7,17%	-0,72%
- Feldolgozóipar	-55	-402	-401	-402	-417	-399	627,6%	-0,36%	-0,05%	3,77%	-0,66%	-402	-402	-417	-399	627,6%	-0,36%	-0,05%	3,77%	-0,66%
- Élelmiszeripar	10	123	123	123	212	122	1163,0%	0,08%	0,01%	72,40%	-0,68%	123	123	212	122	1163,0%	0,08%	0,01%	72,40%	-0,68%
- Anyagi szolgáltatások	-410	-1 349	-1 348	-1 348	-1 312	-1 347	229,2%	-0,06%	-0,03%	-2,73%	-0,13%	-1 349	-1 348	-1 312	-1 347	229,2%	-0,06%	-0,03%	-2,73%	-0,13%
- Nem-anyagi szolgáltatások	-287	2 305	2 298	2 303	2 188	2 293	-904,4%	-0,32%	-0,08%	-5,07%	-0,51%	2 305	2 298	2 188	2 293	-904,4%	-0,32%	-0,08%	-5,07%	-0,51%
- államháztartás	-1 476	0	0	0	0	0	-100,0%	35,44%	-86,99%	-50,25%	-103,68%	0	0	0	0	-100,0%	35,44%	-86,99%	-50,25%	-103,68%
- non-profit szervezetek	11	50	49	50	52	49	368,7%	-0,67%	-0,24%	4,86%	-1,72%	50	49	52	49	368,7%	-0,67%	-0,24%	4,86%	-1,72%
- kisjöveldelműek	-168	-24	-24	-24	-24	-24	-85,7%	0,08%	0,02%	1,48%	0,37%	-24	-24	-24	-24	-85,7%	0,08%	0,02%	1,48%	0,37%
- középszintű	369	88	88	88	89	88	-76,2%	0,10%	0,02%	1,12%	0,41%	88	88	89	88	-76,2%	0,10%	0,02%	1,12%	0,41%
- magas jöveldelműek	134	138	139	138	139	139	3,4%	0,05%	0,01%	0,73%	0,38%	138	138	139	139	3,4%	0,05%	0,01%	0,73%	0,38%
- külföld	611	-2 505	-2 495	-2 503	-2 432	-2 492	-510,2%	-0,40%	-0,09%	-2,91%	-0,53%	-2 505	-2 503	-2 432	-2 492	-510,2%	-0,40%	-0,09%	-2,91%	-0,53%
Állami funkcion. reálkiadás	9 954	15 393	15 371	15 387	15 273	15 329	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%	15 393	15 387	15 273	15 329	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%
ebből: - pénzbeni t. juttatás	3 205	4 957	4 950	4 955	4 918	4 936	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%	4 957	4 955	4 918	4 936	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%
- term. beni t. juttatás	2 787	4 311	4 305	4 309	4 277	4 293	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%	4 311	4 309	4 277	4 293	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%
- közfogyasztás	2 173	3 361	3 356	3 360	3 335	3 347	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%	3 361	3 360	3 335	3 347	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%
- felhalm. juttatás	914	1 414	1 412	1 413	1 403	1 408	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%	1 414	1 413	1 403	1 408	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%
- felhalmozás	873	1 351	1 349	1 350	1 340	1 345	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%	1 351	1 350	1 340	1 345	54,6%	-0,14%	-0,04%	-0,78%	-0,41%

IRODALOMJEGYZÉK

- Ciscar, Juan-Carlos (szerk.) (2009): Climate change impacts in Europe – Final report of the PESETA project, Európai Bizottság EUR 24093 EN kódszámú kiadványa (ISSN 1018-5593)
- Cline, W.R. (1992): The Economics of Global Warming. Washington, DC: Institute for International Economics.
- Csató László (2011): Regionális adatok beépítése a HUMUSGE modellbe, Budapesti Corvinus Egyetem, Kutatási jelentés
- Csató László – Révész Tamás (2012): A SOCIOLINE-modell GAMS-programszerkezetének és új Excel-beolvasó és -kiírató algoritmusának ismertetése, Budapesti Corvinus Egyetem 2012, kézirat
- Fankhauser, S. (1994): The economic costs of global warming damage: a survey. *Global Environmental Change* 4(4): 301–309, doi:10.1016/0959-3780(94)90030-2. WHY WORRY ABOUT CLIMATE CHANGE? 461 *Environmental Values* 17.4
- Fankhauser, S. (1995): Valuing Climate Change – The Economics of the Greenhouse. London: EarthScan.
- Hotelling, H. (1931): The economics of exhaustible resources, *Journal of Political Economy* 39(2): 137-175
- Hope, C.W. (2006): The marginal impact of CO₂ from PAGE2002: an integrated assessment model incorporating the IPCC's five reasons for concern. *Integrated Assessment Journal* 6(1): 19–56.
- IDAG (International ad hoc detection group) (2005): Detecting and attributing external influences on the climate system: a review of recent advances, *Journal of Climate* 18: 1291-1314
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2001): Climate Change 2001: Synthesis Report', Contribution of Working Groups I, II and III to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Watson R.T. and Core Team (Eds.)], Cambridge: Cambridge University Press
- Kelemen József (2011): Használati útmutató a HU(MUS)GE CGE modellhez, Budapesti Corvinus Egyetem 2011, kézirat
- Kelemen József (2011a): A klímaváltozás turizmusra való hatásának beépítése a HU(MUS)GE modellbe – kézirat, kutatási jelentés a Budapesti Corvinus Egyetem részére
- Kelemen József (2012): GAMS adat exportálás és importálás Excel táblázatokkal, Budapesti Corvinus Egyetem 2012, kézirat
- Mendelsohn, R.O., W. Morrison, M.E. Schlesinger, and N.G. Andronova. (2000): Country-specific market impacts of climate change. *Climatic Change* 45: 553–569, doi:10.1023/A:1005598717174.
- Mendelsohn, R.O., M.E. Schlesinger, and L.J. Williams (2000): Comparing impacts across climate models. *Integrated Assessment* 1: 37–48, doi:10.1023/A:1019111327619.

NÉS: Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia 2008-2025

Nordhaus, W.D. (1991): To slow or not to slow: the economics of the greenhouse effect. *Economic Journal* 101: 920–937, doi:10.2307/2233864.

Nordhaus, W.D. (1994a): *Managing the Global Commons: The Economics of Climate Change*. Cambridge, MA: MIT Press.

Nordhaus, W.D. (1994b): Expert opinion on climate change. *American Scientist*: 45–51.

Nordhaus, W.D. (2006): Geography and macroeconomics: new data and new findings. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0509842103>.

Nordhaus, W.D. and J.G. Boyer. (2000): *Warming the World: Economic Models of Global Warming*. Cambridge, MA: MIT Press.

Nordhaus, W.D. and Z. Yang. (1996): 'RICE: A regional dynamic general equilibrium model of optimal climate-change policy'. *American Economic Review* 86(4): 741–765.

Ramsey, F.P. (1928): A Mathematical Theory of Saving, *Economics Journal*, 38 (December): 543-559

Révész Tamás – Zalai Ernő – Pataki Attila (1999) A HUGE modell, a Gazdasági Minisztérium Gazdaságelemző Intézetének 2/99. sz. műhelytanulmánya,

Révész Tamás (2006): *SOCIO-LINE, A fenntartható fejlődés modellje (második változat)*, A gazdaságelemzés módszerei 2006/I., *Ecostat Gazdaságelemző és Informatikai Intézet*, ISSN: 1419-4007, ISBN: 963235012X

Révész Tamás (2011): A HUMUSGE modell 2005. évi 25-szektoros adatbázisának előállítása, Budapesti Corvinus Egyetem 2011, kézirat

Révész Tamás – Takács Tibor (2011): A SOCIO-LINE modell 2005. évi adatbázisának készítésekor szerzett tapasztalatok I., *Statisztikai Szemle* 2011/2. sz. (pp. 141-160.)

Révész Tamás – Takács Tibor (2011a): A SOCIO-LINE modell 2005. évi adatbázisának készítésekor szerzett tapasztalatok II., *Statisztikai Szemle* 2011/3. sz. (pp. 253-274.)

Révész Tamás – Zalai Ernő (2011): A magyar CGE modell és felhasználási lehetőségei a nemzetgazdasági elemzésekben, *Sigma* 2011/3-4. szám (megjelenés alatt)

Révész Tamás – Zalai Ernő (2012): A klímaváltozás lehetséges gazdasági hatásainak vizsgálata statikus és dinamikus általános egyensúlyi modellel, Budapesti Corvinus Egyetem 2012, kézirat

Smith, J.B. (1996): Standardized estimates of climate change damages for the United States. *Climatic Change* 32(3): 313–326, doi:10.1007/BF00142467.

Stern, Nicholas (2007): *Stern Review: The Economics of Climate Change*, Az Egyesült Királyság Pénzügyminisztériuma által kiadott jelentés (http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/stern_review_report.cfm)

Titus, J.G. (1992): The costs of climate change to the United States, in S.K. Majumdar (eds.) , Global Climate Change: Implications, Challenges and Mitigation Measures (Easton, PA: Pennsylvania Academy of Science), pp. 384–409.

Tol, Richard SJ (2008): Why Worry About Climate Change? A Research Agenda Environmental Values 17 (2008): 437–470.

Tol, Richard SJ (2009): The Economic Effects of Climate Change
Journal of Economic Perspectives Vol. 23, No. 2 (American Economic Association folyóirata)

Zöld könyv: Alkalmazkodás az éghajlatváltozáshoz Európában – Az uniós fellépés lehetőségei, Az Európai Bizottság COM(2007) 354 jelű kiadványa

