



**MAGYARORSZÁG HOSSZÚ TÁVÚ TÁRSADALMI ÉS
GAZDASÁGI FEJLŐDÉSI PÁLYÁJÁNAK ELŐREJELZÉSE**

WP2 Szakirodalmi áttekintés

D2.7

A KLÍMAVÁLTOZÁS MEGJELENÉSE A TÁRSADALMI-GAZDASÁGI MODELLEZÉSSEN



MTA Közgazdaság- és Regionális Tudományi Kutatóközpont

Regionális Kutatások Intézete

2015

Készítette:

Márkusné Zsibók Zsuzsanna

<http://nater.rkk.hu>

A jelen tanulmány kiadása Izland, Liechtenstein és Norvégia EGT-támogatásokon és a REC-n keresztül nyújtott anyagi hozzájárulásával valósult meg. A jelen dokumentum tartalmáért az MTA KRTK felelős.

A Projekt izlandi, liechtensteini és norvégiai támogatásból valósul meg.

A szerződés azonosítószáma: EEA-C12-11



REGIONAL ENVIRONMENTAL CENTER

Tartalomjegyzék

Bevezetés	4
Problémafelvetés, a téma jelentősége	4
Célok	4
Módszerek	4
A témakör elméleti háttere	4
Történeti áttekintés	6
Regionális modellek	10
Eddigi eredmények, kitekintéssel 2050-re	11
Következtetések.....	12
Irodalom	12

Bevezetés

Problémafelvetés, a téma jelentősége

Az elmúlt néhány évtizedben a közgazdasági szakirodalom is felismerte, hogy a környezeti tényezők – és kiemelten a klímaváltozás – hatással vannak a gazdaság hosszú távú fejlődésére, noha e kérdéskör a modellekben nem kapott nagy figyelmet. A téma híres kutatója, Nicholas Stern szerint a klímaváltozás „a piaci kudarcok valaha látott legjelentősebb példája” (Abrahamson 2015), azonban William Nordhaus (2013a) szerint a gazdaság számára csupán egy externália, mivel a fejlett országok gazdaságát közvetlenül nem befolyásolja jelentősen a természeti környezet állapota. A hatások a piacokon inkább közvetetten, a politikai-kormányzati beavatkozásokon keresztül jelentkeznek, ugyanakkor a fejletlen országoknak a mezőgazdasági terméshozamok csökkenése miatt komoly kihívásokkal kell szembenéznük.

Célok

Jelen tanulmány célja, hogy segítséget nyújtson a Nemzeti Adaptációs Térinformatikai Rendszer (NATÉR) társadalmi-gazdasági adatokkal való kiterjesztéséhez, ami által e szektor folyamatai területén is rendelkezünk majd információval az éghajlatváltozás várható hatásairól. A gazdasági mutatók több évtizedes időhorizonton történő előrejelzésének a legmegfelelőbb módszere egy gazdasági modell felépítése, ezért a szakirodalom-feldolgozás során szükséges áttekinteni a gazdasági modellezés hosszú távú előrejelzésekkel foglalkozó területét. Jelen részben arra a konkrét kérdésre összpontosítunk, hogy hogyan jelenik meg a klímaváltozás a gazdasági modellezésben.

Módszerek

A gazdasági modellezés és a klímaváltozás kapcsolata a hazai szakirodalomban nem kap figyelmet, ezért döntően nemzetközi forrásokra támaszkodhatunk. Mivel a klímaváltozás korunk egyik kiemelt problémája, nemcsak a tudományos fórumokon juthatunk információkhoz a hosszú távú előrejelzésekről, hanem a sajtóból (internetes sajtóból) is. A témakörnek egyik, a projekt szempontjából igen fontos területe nincs megfelelően kifejtve a szakirodalomban: a klímaváltozást is figyelembe vevő, *regionális* gazdasági modellezéssel csak elvétve foglalkoznak a tudományos műhelyek.

A témakör elméleti háttere

A következő alfejezetben érintett Stern-jelentés életre hívott egy új irányzatot, a klímaváltozás gazdaságtanát (climate change economics), aminek központi módszertani eszköze az integrált értékelő modellezés (integrated assessment modeling). A módszert elsősorban a környezeti tudomány és a környezetpolitika

használja. Az elnevezésben az „integrált” kifejezés arra utal, hogy a környezeti problémák több tudományterületen is megjelennek, az „értékelés” pedig arra, hogy a módszer leginkább a politikai döntéshozatalt kívánja szolgálni numerikus modellek segítségével. E módszertannak 2000 és 2010 között létezett egy folyóirata, az Integrated Assessment Journal, ami 25 számot jelentetett meg.

A második IPCC Jelentés (Weyant et al. 1996) kétféle integrált értékelő modellt különböztet meg, a policy optimalizáló modelleket és a policy értékelő modelleket. Míg az értékelő modellek előrejelzik a policy beavatkozások fizikai, ökológiai, gazdasági és társadalmi következményeit, addig az optimalizáló modelleknek van egy maximalizálandó célfüggvénye (egy jóléti függvénye), amit különböző környezetpolitikai beavatkozások vagy kimenetek mentén értékelnek (Nordhaus 2013b). Abaza és Baranzini (2002) egy másfajta csoportosítást lát célravezetőbbnek: a makroökonómiai orientáltságú és a bioszféra orientált iskolák elkülönítését. Míg az előző modelljei egyszerűbb, döntésorientált, policy elemzési eszközök, az utóbbi iskola modelljei folyamatorientáltak és komplexebbek. A projektfeladat szempontjából a makroökonómiai orientáltságú irányzat tűnik fontosabbnak, ennek legtöbbször emlegetett példái a később kifejtendő DICE-modell (és változatai), a CETA-modell (Peck – Teisberg 1992), valamint a MERGE-modell (Manne et al. 1994).

Az integrált értékelő modellek pénzben igyekeznek megragadni a klímaváltozás gazdasági hatását, amit a gyakorlatban GDP- (kibocsátás-) csökkenésként, vagy inkább jövedelemkiesésként értelmezhetünk. A számszerűsítéshez a modellek összevetik a klímaváltozás nélküli és a klímaváltozás hatásával futtatott modellt. Fontos, hogy a klímaváltozás tekintetében a modellek megkülönböztessék a „piaci” szektorokat (mezőgazdaság, energiafelhasználás, erdőgazdálkodás) és a „nem piaci” szektorokat, amiknek nincsen közvetlen piaci árak (környezeti károk, egészségkárosodás stb.), mégis valahogyan meg kell oldani a pénzbeli értékelésüket. A Stern-jelentés szerint meglehetősen nagy bizonytalanság mellett még figyelembe vehetnek társadalmilag függő (socially conditioned) válaszokat, amelyek nagy volumenű, „második körös” társadalmi-gazdasági válaszok, mint például a konfliktusok, a népességvándorlás vagy a tőkebefektetések „vándorlása” – de erre a modellekben alig van példa.

A hosszú időtávra készített előrejelzések egyik kulcsproblémája a diszkontráta meghatározása. Ezzel foglalkozik Pollitt és Billington (2015) írása. A diszkontálás során a különböző jövőbeli költségekhez és hasznokhoz eltérő súlyokat rendelünk. Magasabb diszkontráta mellett a jelenbeni költségek és hasznok sokkal nagyobb súllyal számítanak, mint a jövőbeliek. A diszkontráta megválasztása tehát befolyásolja a különböző policy-forgatókönyvek pénzügyi megvalósíthatóságát és költséghatékonyosságát, ezért befolyásolja azt, hogy milyen következtetések vonhatók le a kibocsátáscsökkentés intenzitásával kapcsolatban.

A klímaváltozást is integráló gazdasági modellekre ma klíma-gazdaság-modellek, illetve környezet-gazdaság-modellek vagy környezet-energia-gazdaság-modellek néven hivatkozik a szakirodalom (EEE vagy E3 modellek: energy-environment-economy). Ezeket két csoportba sorolhatjuk: az egyik típusuk a felülről építkező (top-down) modellek, amelyek a makrogazdasági visszacsatolásokat egy általános egyensúlyi keretben jelenítik meg, ugyanakkor az energiaszektor aggregált leírása nem realiztikus. Az alulról építkező (bottom-up) modellek az előző típussal szemben részletesen leírják az energiaszektor technológiájának alakulását a keresleti és a kínálati oldalon, de nincs bennük megfelelően kidolgozva a mikroszintű szereplők döntéshozatali mechanizmusa a megfelelő technológia kiválasztása tekintetében. Ezen hiányosságok miatt a kutatók törekedtek hibrid modellek létrehozására is, mint pl. a **WEM-ECO-modell** (Roques et al. 2009).

Történeti áttekintés

A leggyakrabban hivatkozott integrált értékelő modell a **DICE-modell**, Dynamic Integrated model of Climate and the Economy (Nordhaus 1992). A szerzője egy olyan eszközt kíván nyújtani, ami a gazdaságtudomány módszereivel értékeli a globális felmelegedés elleni küzdelem stratégiáit. Eszerint a környezetpolitikai beavatkozásokat olyan mértékben kell alkalmazni, ameddig annak gazdasági előnyei meghaladják a költségeit. A dinamikus megközelítésre mindenképpen szükség van, mivel az üvegházhatású gázok (ÜHG) hosszú távon jelen vannak a környezetben, és a hatások is hosszú távon, késleltetve jelentkeznek az éghajlatban, illetve a gazdaságban.

A modell egy neoklasszikus alapokra épülő, viszonylag kisméretű, globális növekedési modellt, Ramsey modelljét módosítja, és kiegészíti azt a klímaszektorral, majd kiszámítja az optimális tőkefelhalmozási pályát és az üvegházhatású gázok kibocsátása csökkentésének a pályáját. A modell a világgazdaság fogyasztás révén nyert hasznosságát (a társadalmi jólétet mint intertemporális célfüggvényt) kívánja optimalizálni két döntési változóval: a fizikai tőkébe történő beruházási ráta és az ÜHG kibocsátás csökkentése rátájának a változóival. A DICE-modellben az éghajlati tényezők négyféleképpen jelennek meg:

- 1) egy CO_2 emissziós egyenletben, ahol a kibocsátás egy része nem befolyásolható, a gazdasági output függvénye, másik része az ÜHG-intenzív tényezők és termékek árán keresztül befolyásolható
- 2) az ÜH-gázok légköri koncentrációjában
- 3) a klímaváltozásban, amit a globális felszíni hőmérséklet jelez
- 4) a társadalmi-gazdasági károkat (jövedelemkiesést) leíró kapcsolatban.

A modell az éghajlatot is egy tőkeelemnek, természeti tőkének tekinti (az ÜHG-at negatív természeti tőkének), míg a klímaváltozás hatásait csökkentő intézkedéseket pedig e tőkébe irányuló beruházásoknak.

A modell számos felülvizsgálaton esett át mind szerkezetét, mind a mögöttes adatokat tekintve, beleértve a regionális **RICE-modellt** is (a legfrissebbek a DICE-2013R és a RICE 2010 változatok). Nordhaus DICE-modelljének regionalizált változata a RICE- (Regional Integrated Climate-Economics) modell, aminek aggregálási szintje a fő világrégiók (Egyesült Államok, Kína, Európai Unió, India stb., összesen 8 vagy 10 régió, modellverizótól függően). A PRICE modellváltozat (Nordhaus – Popp 1997) bizonytalansági tartományokat számít a legfontosabb paraméterértékek köré. A legújabb változatok olyan tényezőket is figyelembe vesznek, mint a tengerszint-emelkedés okozta károk vagy a fosszilis üzemanyagokat teljes mértékben kiváltó (backstop) technológiák.

Egy majdnem két évtizedes múltira tekint vissza a Richard Tol munkásságához kapcsolódó **FUND-modell** (Climate Framework for Uncertainty, Negotiation and Distribution). Eredetileg a nemzetközi tőkeáramlás klímapolitikában betöltött szerepének a tanulmányozására készítették, de a modell ezen túlnőtt, és a klímaváltozás dinamikus kontextusát vizsgálja, főként a különböző ÜHG-kibocsátást csökkentő politikák költség-haszon és -hatékonyság elemzése, a nemzetközi megállapodások játékelméleti háttérének modellezése által. A modellt 1950 és 2300 között futtatják éves időszakokban, 16 világrégióra. A különböző modellváltozatokat több tucat publikáció mutatja be, szabadon letölthető forráskódokkal együtt.¹

Energia- és környezetorientált gazdasági modellezés folyik az Egyesült Államokban az **IGEM-modellhez** (Intertemporal General Equilibrium Model, intertemporális általános egyensúlyi modell) kapcsolódó kutatási programban (Jorgenson – Wilcoxon 1998). Az IGEM az Egyesült Államoknak egy többszektoros, dinamikus gazdasági modellje, melyet ökonometriai módszerekkel támogatnak a készítői. A modell segítségével a gazdasági növekedés, az energiafelhasználás és a környezetterhelés (illetve az ehhez kapcsolódó politikák) viszonyrendszerét tanulmányozzák neoklasszikus szemléletre alapozva. Az intertemporális jelleget a gazdasági szereplők előrettekintő magatartása és a beruházások, illetve a tőkeállomány tekintetében a múltbeli visszacsatolások biztosítják.

Ausztriára készült az energiaszektoral kiegészített, dezaggregált makromodell, a **PROMETEUS** (Projecting and Modelling the Economy, Transport and Energy Use for Sustainability) (Kratena – Wüger 2006). A modell szimulálja az energiarendszer változásainak (pl. olajársokkok) gazdasági hatásait, integráltan ábrázolja a

¹ <http://www.fund-model.org/publications>

gazdaság, az energia és az ökológia (CO₂-kibocsátás) rendszereit, és vizsgálja a különböző politikai beavatkozások költségeit és hasznait. A dezaggregálás a gazdaság 31 ágazatra bontásával történik. Az eddig említett modellekhez képest eltér abban, hogy a PROMETEUS keynesi filozófiára épít (multiplikátorhatás, kizorítási hatás).

Az OECD az 1980-as évektől kezdve foglalkozik a klímaváltozás gazdaságtanával és a klímapolitikával (OECD 2009), és keresi, hogy milyen policy mix felel meg a fenntarthatóság szempontjainak. A gazdasági elemzéshez az **ENV-Linkages** nevű modelljét használja, ami egy neoklasszikus, rekurzív, dinamikus általános egyensúlyi modell (OECD 2010). A globális modellben a világgazdaságot 12 régióra és 25 gazdasági ágazatra bontják. A 2009-es Koppenhágai Klímacsúcs új lendületet adott a klímaváltozás gazdasági modellezésének, mely az OECD vizsgálataiban is megjelenik. Az ENV-Linkages segítségével számos forgatókönyvet hasonlítanak össze, és értékelik az országok vállalásainak hatásait, de a következtetésük az, hogy az eredmények nem kielégítőek (nem szorítható 2 fok alá a globális hőmérséklet-emelkedés) (Dellink et al. 2010).

Más nemzetközi szervezetekhez hasonlóan a Világbank is végez kutatásokat a klímaváltozás modellezése kapcsán. Az általuk fejlesztett modellt **ENVISAGE**-nak nevezték el (Bussolo et al. 2008). Ez az intézmény LINKAGE nevű globális kereskedelmi modelljén alapul, amiben az energiaszektort részletesebben kidolgozták. Ez a modell három globális scenárióval dolgozik a 2050-ig terjedő időhorizonton: az elsőben a klímaváltozás hatása megjelenik a mezőgazdasági szektorban (ez az alap – business as usual – forgatókönyv), a másodikban nincsen ilyen hatása a klímaváltozásnak, a harmadik forgatókönyv pedig egy globális emissziós adót tartalmazó policy-forgatókönyv.

1991 és 2002 között fejlesztette Chris Hope a **PAGE** (Policy Analysis of the Greenhouse Effect) integrált értékelő modellt (Hope 2006), aminek legutolsó változata a PAGE2002. A modell a globális átlaghőmérséklet jövőbeli emelkedését, a klímaváltozás gazdasági költségeit, a klímapolitikai intézkedések költségeit és az adaptációs intézkedések teljes hatását becsli meg. A projekció időhorizontja 2000 és 2200 között van. A modell sztochasztikus, mert a legtöbb input változóját nem egyetlen értéként, hanem egy valószínűségi eloszlásként definiálja. A Monte Carlo szimuláció módszerét használja, aminek során 1000 alkalommal futtatja le a scenáriókat, amelyek során a bizonytalan paramétereket véletlenszerűen választja ki egy megadott tartományból. Így az eredmények is valószínűség-eloszlásként állnak rendelkezésre.

A klímaváltozás gazdasági hatásainak vizsgálatához a **Stern-jelentés** (Stern 2006) komoly hozzájárulást képvisel. A jelentést a brit pénzügyminiszter 2005-ben rendelte meg, ami a globális felmelegedés gazdasági hatásait elemzi kimerítően. A többi említett gazdasági elemzés szemléletétől eltér abban, hogy a

Stern-jelentés sokkal radikálisabban (reálisabban?) gondolkodik az éghajlatváltozás okozta károk hatásairól és azok enyhítése érdekében történő beavatkozások elodázhatatlanságáról. A gazdasági hatások tekintetében a jelentés foglalkozik az intertemporális jóléti függvény felépítésével, a diszkontálás szerepével és a jólét generációk közötti és generációkon belüli megoszlásával, de további technikai részleteket a modellezésről csak érintőlegesen közöl. A gazdasági hatások számszerűsítését a PAGE2002-modell segítségével mutatja be. A Stern-jelentésnek figyelemre méltó az utóélete, ugyanis élénk szakmai vitát váltott ki a klímagazdaságtan helyes módszertanának megválasztása kapcsán (Arrow 2007; Mendelsohn 2008; Tol 2006; Weitzman 2007).

A technológiai fejlődésnek a klímaváltozás hatásai csökkentésében betöltött szerepére összpontosít az olaszországi Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM) kutatóintézet által létrehozott **WITCH-modell** (World Induced Technical Change Hybrid model) (Bosetti et al. 2009). Megalkotóinak szándéka szerint a modell egyrészt a klímaváltozás társadalmi-gazdasági dimenzióit vizsgálja, másrészt a különböző szakmapolitikai beavatkozások gazdasági következményeit kívánja felfedni a döntéshozók számára. Aggregáltságát tekintve globális és világrégiós szintű modell. A 12 nagyrégió országai játékelméleti összefüggések alapján állnak egymással stratégiai kapcsolatban. A dinamikus gazdasági növekedési modellben megjelenik az energiaszektor is, ami által nyomon követhető az ÜHG-kibocsátás csökkentését célzó politikák eszközrendszere: pl. a K+F kiadások, a szén-dioxid-mentes technológiákba történő beruházások, az adaptáció, a kibocsátási engedélyek vásárlása vagy a kibocsátást terhelő adók miatti kiadások, illetve a gazdasági szereplők egyensúlyi reakciói. A FEEM intézet nevéhez köthető szintén az **ICES** számítható általános egyensúlyi modell (Intertemporal Computable Equilibrium System), aminek az alapvető célja a klímaváltozás jólétre gyakorolt hatásainak a kimutatása globális szinten (Eboli et al. 2008).

Hector Pollitt nevéhez fűződik a Cambridge Econometrics kutatóműhelyében fejlesztett **E3ME** elnevezésű globális makro-ökonometriai modell (Energy-Environment-Economy Macro-Econometric Model) (Pollitt 2014). Ennek elődje a 2007 és 2014 között fejlesztett és használt E3MG-modell, ami a környezeti politika és az olajársokk makrogazdasági hatásainak az értékelését szolgálta, ma már az E3MG fejlesztését integrálták az E3ME-modell globális változatába. Az E3ME-modell erősségei:

- 1) integráltan kezeli a világgazdaságot, az energiarendszereket, a kibocsátást és az erőforrás-felhasználást
- 2) részletes ágazati és regionális felbontással dolgozik
- 3) ökonometriai módszert használ, ami stabil empirikus alapot nyújt az elemzéseikhez (szemben a makromodellekkel). Nem korlátozzák a CGE-modellek

szokásos megszorításai, és képes a rövid és hosszú távú hatások kimutatására egyaránt.

Energiahatékonysági kérdéseket vizsgál és 2100-ig készít éves gyakoriságú előrejelzéseket (projections) a **MIRAGE-e** nevű általános egyensúlyi (CGE) modell (Fontagné – Fouré – Ramos 2013). Az energiaszektort az energia-termelékenységen, és ezen keresztül a CO₂-kibocsátáson, illetve az energiafelhasználáson keresztül vezeti be a modell. E két változót fizikai mértékegységekben mérik, szemben a legtöbb CGE-moddal, ahol változatlan áras dollárban veszik számításba. Maga a modell többszektoros, több régiós világmodellként készült el, a nemzeti szint alatti folyamatokkal nem foglalkozik.

Az energia-környezet-gazdaság-modelleknek egy újabb példjaként említhető az európai uniós kutatási forrásokból finanszírozott, nemzetközi konzorcium által megalkotott **GEM-E3-modell** (General Equilibrium Model for Energy-Economy-Environment interactions). Ez egy alkalmazott általános egyensúlyi modell, amely két változatban készült el: egy 37 világrégiót tartalmazó globális modellként, illetve egy 24 európai országot tartalmazó európai változatban. A létrehozói egy CGE-megközelítést választottak, aminek a dinamikáját a tőkefelhalmozás vezérli. Az európai uniós szintű szakmapolitikai döntéshozatal támogatására is alkalmas a modell, amit tényellentétes dinamikus scenáriók és egy alap- (baseline) modellfuttatás összevetésével valósít meg.²

Regionális modellek

Kifejezetten térbeli modellnek készült a **RHOMOLO** (Brandsma et al. 2013) az Európai Bizottság kutatóműhelyében (JRC, Joint Research Centre). A nevének eredete a Regional Holistic Model kifejezés, amelyben a holisztikus arra utal, hogy a tisztán gazdasági hatások mellett társadalmi és környezeti hatásokat is figyelembe vesz a modell. A térbeli modell a nemzeti szint alatti régiókat tekinti az elemzés alapegységének. A környezeti hatások többféleképpen is megjelennek a modellben: egyrészt az üvegházhatású gázok kibocsátásával járó termelési módokon keresztül, másrészt a víz- és hulladékgazdálkodáson keresztül, harmadrészt pedig a háztartások jóléti függvényében megjelenik a környezet állapota.

1997-ben kezdődött, és napjainkban is tart az **ASTRA** integrált értékelő modell fejlesztése, melynek során legutóbb az ASTRA-EC változat készült el az Európai Bizottság megbízásából. A modell a közlekedési, környezeti és gazdaságpolitika hatásainak az elemzését tűzi ki célul egy 2050-ig tartó időhorizonton. A környezeti modulja a szennyezőanyag-kibocsátást, a CO₂-kibocsátást, az üzemanyag-

² <https://ec.europa.eu/jrc/en/gem-e3/model>

fogyasztást és a baleseteket vizsgálja.³ Fontos jellemzője a modellnek, hogy háromféle térbeli szinttel operál: az országos szint minden modulban megjelenik, a NUTS-1-es szint a közlekedési modulban van benne, míg a NUTS-2-es szint a népesség és a közlekedés moduljaiban.

A regionális modellezés megjelenik a Cambridge Econometrics intézet gyakorlatában is. Az energia-gazdaságtannal foglalkozó kutatóműhelye három aggregálási szinten foglalkozik az energiaszektor modellezésével: az Egyesült Királyság szintjén (MDM-E3, REEIO), össz-európai szinten (E3ME-modell) és globális szinten (E3MG, E3ME). A regionális politika eszközeinek környezeti-gazdasági szempontú vizsgálatát szolgálja a **REEIO-modelljük**, ami egy régió gazdaságának és környezeti problémáinak a kapcsolatát tanulmányozza. Éves szinten készít részletes hosszú távú előrejelzéseket (projections) számos gazdasági mutató, a hulladékgazdálkodás, az energiaigény, a légszennyezés (CO₂) és a vízfelhasználás területein.

Eddigi eredmények, kitekintéssel 2050-re

A gazdasági modellek, elsősorban a költség-haszon elemzések a klímaváltozást az üvegházhatású gázok kibocsátása csökkentésének a költségén (mitigation costs) keresztül ragadják meg, de megjelenik az energiafelhasználás is a változók között. A modelleknél visszatérő elem, hogy kétféle jövőbeli forgatókönyv alapján készítenek előrejelzéseket: egy a gazdasági szereplők változatlan magatartására alapozó (business-as-usual) forgatókönyv, ami nem tesz lépéseket a klímaváltozás hatásainak csökkentése érdekében. Ezt a forgatókönyvet egy összehasonlítási alapnak tekintik, és szembeállítják egy vagy több, különböző klímapolitikai beavatkozásokat tartalmazó forgatókönyvekkel.

A klímaváltozás GDP-re gyakorolt hatásairól először az IPCC 1996-os második értékelő jelentése közölt becsléseket. A modellek 2,5 Celsius fokos átlagos hőmérsékletemelkedéssel, és ennek következtében 1,5 – 2 %-os költséggel számoltak globálisan (ami a fejlett országokban a GDP 1 – 1,5 %-a, a fejletlen országokban a GDP 2 – 9 %-a) (Stern 2006). A későbbi modellek közül a Stern-jelentés három fontosat emel ki: Mendelsohn modellje, ami 4 Celsius fokos hőmérsékletemelkedésig nem mutat ki érdemi károkat a fejlett gazdaságokban (Mendelsohn et al. 1998). A második Tol modellje (Tol 2002), amelyik globálisan csak 1 Celsius foknál nagyobb átlaghőmérséklet-emelkedés esetén mutat ki gazdasági károkat, a GDP 0,5 – 2 %-ának mértékéig (a fejletlenebb országokban nyilván vannak károk ez alatt is). A harmadik Nordhaus modellje (Nordhaus – Boyer 2000), ami számszerűen 6 Celsius fokos hőmérsékletemelkedés esetén 9 – 11 %-os globális GDP-csökkenést jelez előre.

³ http://www.astra-model.eu/doc/ASSIST_D4-2_ASTRA-EC_Model.pdf

Következtetések

A szakirodalomban a klímaváltozás társadalmi-gazdasági hatásait különbözőképpen értékelik a fejlett és a fejletlen gazdaságok esetében. A klímaváltozás okozta károk jellemzően a fejletlen gazdaságokat érintik súlyosabban az egyoldalú gazdasági szerkezetük, a mezőgazdaságtól való függésük, az alacsony szintű technológiai fejlettségük és a gyenge adaptációs képességük miatt. A szakirodalomban egyelőre még vita van arról, hogy egyáltalán mennyire tekinthető relevánsnak a klímaváltozás hatása egy fejlett országban. Ha a legalapvetőbb mutatót, a bruttó hazai összterméket nézzük, akkor a klímaváltozás néhány évtizedes horizonton előrejelzett hatásainak a becslései igen tág határok között mozognak. A leggyakoribb megállapítás az, hogy a felmelegedés 2-3 Celsius fokos mértékéig a globális hatások pozitívak és negatívak is lehetnek (a fejletlen gazdaságok számára már kis mértékű melegedés is káros), de e mérték felett már minden ország számára fogyasztáskieséssel jár. A jövőbeli károk mértékére és a szakmapolitikai beavatkozások sürgető voltára adott, jelentősen eltérő becslési eredmények elméleti háttérében (leegyszerűsítve) az áll, hogy a modellek eltérő módon becsülnék meg bizonyos kulcsparamétereket, nevezetesen a diszkontrátát és a határhaszon fogyasztás szerint vett rugalmasságát (Hampicke 2011).

Számos tanulmányban megjegyzik, hogy a modellek segítségével reálisan konkrét előrejelzésre nem, csak scenáriók elemzésére, projekciókra lehet vállalkozni.

A szerzők, irányzatok között vannak olyanok, akik inkább negligens optimizmussal kezelik a klímaváltozás (fejlett) gazdaságokra gyakorolt hatásait, míg mások reálisabban szemlélik a problémát. Nicholas Stern (2013) számtalanszor figyelmezteti a szakmai közvéleményt, hogy a jelenleg népszerű integrált értékelő modellek az elkerülhetetlen egyszerűsítéseik miatt valószínűleg jelentősen alábecsülik a klímaváltozás okozta károkat.

Irodalom

Abaza, Hussein – Baranzini, Andrea (eds.) (2002): *Implementing Sustainable Development – Integrated Assessment and Participatory Decision-making Processes*, Edward Elgar Publishing 303 pp.

Abrahamson, Dean E. (2015): *On economics and climatic change*. Book Review. *Ecological Economics* 114, pp. 243-344.

Arrow, K. J. (2007): *Global climate change: a challenge to policy*. *Economist's voice*, pp. 1–5 www.bepress.com/ev.

Bosetti, Valentina - Carlo Carraro, Romain Duval, Alessandra Sgobbi and Massimo Tavoni (2009): THE ROLE OF R&D AND TECHNOLOGY DIFFUSION IN CLIMATE CHANGE MITIGATION: NEW PERSPECTIVES USING THE WITCH MODEL ECONOMICS DEPARTMENT WORKING PAPERS No. 664

Brandsma, Andries - Kanacs, d'Artis - Monfort, Philippe - Rillaers, Alexandra (2013): RHOMOLO - A Dynamic Spatial General Equilibrium Model for Assessing the Impact of Cohesion Policy. DG REGIO Working Paper No. 01/2013

Bussolo, M. - R. de Hoyas - Medvedev, D. - van der Mensbrugge, D. (2008): Global Climate Change and its Distributional Impacts. Paper presented to Eleventh Annual Conference on Global Economic Analysis, Helsinki, June. <https://gtap.agecon.purdue.edu>

Dellink, Rob - Briner, Gregory - Clapp, Christa (2010): Costs, Revenues and Effectiveness of the Copenhagen Accord: Emission Pledges for 2020. OECD Environment Working Papers No. 22

Eboli, F. - Parrado, R. - Roson, R. (2008): Climate Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model. Paper presented to Eleventh Annual Conference on Global Economic Analysis, Helsinki, June. <https://gtap.agecon.purdue.edu>

Fontagné, Lionel - Fouré, Jean - Ramos, Maria Priscila (2013): MIRAGE-e: A General Equilibrium Long-term Path of the World Economy. CEPII Working Paper No. 2013-39 December.

Hampicke, Ulrich (2011): Climate change economics and discounted utilitarianism. *Ecological Economics* 72 (2011) 45-52

Hope, Chris (2006): The Marginal Impact of CO₂ from PAGE 2002. *Integrated Assessment Journal* 6 (1): 9-56.

Jorgenson, D.W. - Wilcoxon, P.J. (1998) Environmental regulation and US economic growth. In: Jorgenson, D.W. (Ed.), *Energy, the Environment, and Economic Growth*. MIT Press, Cambridge, MA, pp. 157, (originally published in 1990).

Kratena, Kurt - Wüger, Michael (2006): PROMETEUS: A Multisectoral Macroeconomic Model of the Austrian Economy, *WIFO-Monatsberichte* No. 76, Issue 3 (March), pp. 187-205.

Manne, Alan - Mendelsohn, Robert - Richels, Richard (1995): MERGE: A model for evaluating regional and global effects of GHG reduction policies, *Energy Policy*, 1995, vol. 23, issue 1, pages 17-34

Mendelsohn, R. (2008): Is the Stern Review an economic analysis? Review of Environmental Economics and Policy 2, 45–60.

Nordhaus, William D. (1992): "The 'Dice' Model: Background and Structure of a Dynamic Integrated Climate-Economy Model of the Economics of Global Warming" Cowles Foundation Discussion Paper No. 1009 (February 1992) 132pp

Nordhaus, William (2013a): The Climate Casino: Risk, Uncertainty, and Economics for a Warming World Yale University Press, 378 pp.

Nordhaus, William (2013b): DICE 2013R: Introduction and User's Manual, Second Edition

OECD (2009) The Economics of Climate Change Mitigation: Policies and Options for Global Action Beyond 2012, ISBN: 9789264056060, 302 pp.

OECD (2010) Background Report: An Overview of the OECD ENV-Linkages model, Background report to the joint report by IEA, OPEC, OECD and World Bank on "Analysis of the Scope of Energy Subsidies and Suggestions for the G-20 Initiative". <http://www.oecd.org/env/45334643.pdf>

Peck, Stephen C – Teisberg, Thomas J (1992) CETA: A Model for Carbon Emissions Trajectory Assessment, The Energy Journal, 1992, vol. Volume 13, issue Number 1, pp. 55-78.

Pollitt, Hector (2014): E3ME – Technical Manual, Version 6.0. Cambridge Econometrics, Cambridge, April 2014

Pollitt, Hector – Billington, Sophie (2015): The use of discount rates in policy modelling. Cambridge Econometrics, Cambridge. http://www.camecon.com/Libraries/Downloadable_Files/The_use_of_Discount_Rates_in_Policy_Modelling.sflb.ashx

Roques, Fabien – Sassi, Olivier – Guivarch, Céline – Waisman, Henri – Crassous, Renaud – Hourcade, Jean-Charles (2009): Integrated Modelling of Economic-Energy-Environment Scenarios, The Impact of China's and India's Economic Growth on Energy Use and CO2 Emissions. CIRED Working Papers No. 15-2009

Stern, Nicholas (2006): Stern Review on the Economics of Climate Change, HM Treasury, London, 2006

Stern, Nicholas (2013): http://mudancasclimaticas.cptec.inpe.br/~rmclima/pdfs/destaques/sternreview_report_complete.pdf

Tol, R. S. J. (2006): The Stern Review of the economics of climate change: a comment. Energy and Environment 17, 977–981.

Weitzman, M. L. (2007): A Review of the Stern Review on the economics of climate change. *Journal of Economic Literature* 45, 703–724.

Weyant, J, Davidson, O, Dowlatabadi, H, Edmonds, J, Grubb, M, Parson, E A, Richels, R, Rotmans, J, Shukla, P R, Tol, R S J, Cline, W R, and Fankhauser, S (1996): 'Integrated assessment of climate change: an overview and comparison of approaches and results' in Bruce, J P, Lee, H, and Haites, E F (eds) *Climate Change 1995. Economic and Social Dimensions--Contribution of Working Group III to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* Cambridge University Press, Cambridge