

JÖVŐTANULMÁNYOK 25.

Retek Mihály

A GLOBÁLIS ÉGHAJLATVÁLTOZÁS INTERAKTÍV ÉS KOMPLEX FORGATÓKÖNYVEINEK MODELLEZÉSE ÉS ELEMZÉSE

BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM

JÖVŐKUTATÁS TANSZÉK

Budapest

2011

JÖVŐTANULMÁNYOK SOROZAT

Sorozatszerkesztő: Hideg Éva

© Hideg Éva, 1996

ISSN 1219-8366

A füzet a „A Budapesti Corvinus Egyetem kutatási, fejlesztési és innovációs teljesítményének növelése öt interdiszciplináris kiválósági központ létrehozásával /TÁMOP-4.2.1/B-09/KMR-2010-0005” c. projekt anyagi támogatásával készült.

JÖVŐTANULMÁNYOK 25.

Írta:

Retek Mihály

© Retek Mihály 2011

ISBN 978-963-503-471-0

Lektorálta: Nemes Tamás

Kiadó: Budapesti Corvinus Egyetem
Jövőkutatás Tanszék

Tartalom

1. Bevezető gondolatok	4
2. A globális éghajlatváltozás és annak modellezése	6
2.1. A klímakutatás története.....	6
2.2. A klímamodellek típusai.....	15
3. Az emberi tényező és a klímaváltozás kapcsolata	17
3.1. Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change) jelentései	17
3.2. Az ENSZ Környezeti Programjában készült jelentések: a GEO-3 és GEO-4 forгатókönyvei.....	24
3.3. Az IPCC és a GEO forгатókönyvek összehasonlítása	28
4. Az éghajlatváltozás interaktív modellezése a Java Climate Model-lel	30
4.1. A modell bemutatása	30
4.2. Program felépítése	31
4.2.1. Bemeneti réteg	32
4.2.2. Köztes réteg	37
4.2.3. Kimeneti réteg	40
5. Alternatívák képzése a Java Climate Model-lel	41
5.1. Az alternatíváképzés szempontjai és az egyes alternatívák	41
5.1.1. I. alternatíva: A határtalan változás	44
5.1.2. II. alternatíva: A növekedés és a fenntarthatóság egyensúlya	44
5.1.3. III. alternatíva: A fenntarthatóság felé vezető úton	45
5.1.4. IV. alternatíva: Mindent a fenntarthatóságért.....	45
5.2. A szimulációs eredmények bemutatása.....	48
5.2.1. Az I. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése.....	51
5.2.2. A II. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése	55
5.2.3. A III. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése	58
5.2.4. A IV. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése.....	61
5.3. A komplex jövőalternatívák gazdaságpolitikai szempontú elemzése	64
5.4. A Java Climate Model gyengeségei	66
6. Összegezés és következtetések.....	68
Felhasznált irodalom	70
Ábra, táblázat és melléklet jegyzék.....	71
Melléklet.....	72

1. Bevezető gondolatok¹

A jövőkutatás a jövőbeni fejlődési és fejlesztési lehetőségek sokoldalú feltárását segítő tudomány (Nováky szerk., 1996). A jövőkutatás szemléleti és módszertani segítséget nyújt a különböző, jövőnket érintő és alakító hatásokról, valamint azok jövőt befolyásoló és formáló szerepének társadalmi-humán tényezőinek kutatásában.

A jövőkutatás komplex dinamikára irányuló kontextusa olyan szemléletmód kialakítását teszi lehetővé, amelyben a kutatás hangsúlya a különböző szintű komplexitások dinamikus egymásra hatására helyezhető, még akkor is, ha a hatásmechanizmusokat még nem ismerjük pontosan, viszont a témakör gyakorlati fontossága megköveteli a komplex problémakezelést. A jövőkutatás szemléletmódja segíti a rendelkezésre álló ismeretek és információk ilyen kontextusban történő feldolgozását, valamint ez által új ismeretek termelését és jövőformáló stratégiák kialakítását.

A jövőkutatási eljárások és módszerek segítséget nyújtanak a komplex és dinamikus kapcsolatrendszereket leíró jövőmodellek kiépítésében, a nem számszerűsített információkat is figyelembe véve, többféle lehetséges jövőt leíró forgatókönyv kialakításában, valamint az érintettek, az úgynevezett stakeholderek bevonásában. A jövőkutatás legfrissebb kutatásai az interaktív modellek szimulációjának jövőalternatívák képzésére történő felhasználásában is irányadóak (Sharma – Carmichael – Klinkenberg, 2006; Bok – Ruve, 2007; Vág, 2007; Hideg, 2009).

A globális éghajlatváltozás előrejelzése, és a hozzá kapcsolódó stratégiák kialakítása a Föld minden társadalmát érintő feladat. Ebben a jövőkutatásnak is fontos szerepe van a lehetséges jövők feltárásában és a lehetséges stratégiák előrejelzési megalapozásában. A formálódó interaktív jövőkutatás azzal járulhat hozzá e problémakör társadalmi kezeléséhez, hogy a témakört tudományosan kutatókat, a környezeti stratégiákat formáló gyakorlati szakembereket, valamint az érintettek, a stakeholderek más körének bevonását egy könnyen kivitelezhető interaktív előrejelzési folyamatba kapcsolja össze (Hideg, 2009). Ehhez a

¹ A tanulmány Retek Mihály "A globális éghajlatváltozás interaktív és komplex forgatókönyvei, valamint azok gazdaságpolitikai következményei" c. 2011. évi szakdolgozata (BCE Szakirányú továbbképzés, Mérnök-közgazdász szak, Szakszeminárium vezető: Hideg Éva) alapján a "A Budapesti Corvinus Egyetem kutatási, fejlesztési és innovációs teljesítményének növelése öt interdiszciplináris kiválósági központ létrehozásával TÁMOP-4.2.1/B-09/KMR-2010-0005" c. projekt keretében készült.

módszertani fejlesztéshez járul hozzá ez a tanulmány azzal, hogy megmutatja azt, hogy miként lehet a tudományos alapokon kidolgozott interaktív klímamodell, a Java Climate Model-t (JCM) (Belgian Science Policy), felhasználni a lehetséges társadalmi-gazdasági forgatókönyvek megjelenítésére, és azok várható éghajlat-változási következményeinek bemutatására. Az ily módon előállított komplex éghajlat-változási forgatókönyvek összehasonlító elemzésével megmutatja azok lehetséges rövidtávú gazdaságpolitikai következményeit is.

A tanulmány célja a JCM szimulációs modell alkalmazásának részletes, és reprodukálható módon történő bemutatása saját kidolgozású forgatókönyvek alapján. A modell és a modellszimulációk az ember/felhasználó és a gép közötti interaktivitást mutatják be. Ennek érdekében a tanulmány részletesen foglalkozik az éghajlatváltozás modellezésének történetével, a főbb modell típusokkal, valamint a humán-társadalmi tényezők és az éghajlatváltozás közötti dinamikus kapcsolatok lehetséges változásának előrejelzési kérdéseivel. A saját forgatókönyveinek kidolgozásához, és az interaktív klímamodell szimulációjának tervezéséhez felhasználja az IPCC és az UNEP GEO programjai keretében készült forgatókönyveket. A tanulmány az IPCC és a GEO jelentéseket az interaktív klímamodellezési előrejelzések előzményeinek tekinti, mert mindkét program felhasználja a különböző klímamodellekkel végzett számítások és előrejelzések eredményeit is a forgatókönyvei és az ajánlái kidolgozásához, valamint jelentősen kiszélesíti az előrettekintési munkálatokban részt vevők körét.

A tanulmány részletesen bemutatja az interaktív JCM felépítését és használatát. A szimulációt négy, a JCM program paraméterterére szabott forgatókönyv alapján végzi el. A négy forgatókönyv a lehetséges jövők széles spektrumának átfogására törekedve azokat a lehetőségeket vizsgálja, hogy mi történhet akkor ha: a) nem teszünk semmit a klímaváltozás ellen és csak a gazdasági alapú jólét növelésére koncentrálnunk, b) próbálunk egyensúlyozni a gazdasági alapú jólét növelése és a klímaváltozás mérséklése között, c) próbáljuk megtalálni a fenntarthatóság felé vezető utat és d) minden erőnket a klímaváltozás elleni küzdelemre fordítjuk.

A szimulációs eredmények megmutatják, hogy a négy forgatókönyv szerinti törekvések milyen változásokat váltanak ki a klímaváltozás különböző jellemzőiben. A szimulációk eredményeiből azok négy szempont – piacorientáltság, politikai-orientáltság, gazdagok

prioritása és megóvás-orientáltság – szerinti elemzése alapján von le következtetéseket a rövidtávú gazdaságpolitikára vonatkozóan. Végül összefoglalja az interaktív JCM használatának tanulságait és továbbfejlesztésének irányait.

2. A globális éghajlatváltozás és annak modellezése

2.1. A klímakutatás története

Az emberiséget már az ősidőkben is foglalkoztatta az időjárás meghatározása és befolyásolása. Azonban régen semmilyen jellegű tudományos módszerrel sem tudtak még megközelítő előrejelzéseket sem végezni, ezért főként az okkultizmus módszereivel próbálkoztak. Ezen belül is főleg mágiával és áldozatok bemutatásával igyekeztek befolyásolni az időjárást. Az emberek hittek, vagy inkább bíztak abban, hogy ezekkel a módszerekkel sikerül meghatározni, vagy esetlegesen módosítani az eljövendő időjárást. Sajnos elég sok történelmi bizonyíték létezik arra, hogy jó néhány társadalom hanyatlását az időjárás változás okozta (*Diamond, 2007*).

Az első egyszerűbb, tudományosan megbízható előrejelzésekre az emberiségnek XIX. század elejéig kellett várnia. Ezeket az előrejelzéseket fizikusok, vagy matematikusok készítették, melyekhez főként a gáztörvényeket próbálták alkalmazni. A legelső spekulatív módszert az 1820-as években Joseph Fourier fejtette ki (GAP, Jean Baptiste Joseph Fourier), aki szerint a légkör összetétele befolyásolja az éghajlatot. A nappól jövő sugárzás felmelegíti a földet, ami láthatatlan infravörös sugárzást bocsájt ki, és ez a sugárzás eltávozik a világűrbe. Számításaiban azt sikerült kimutatnia, hogy a feltevése alapján a földi átlaghőmérsékletnek fagypontra kellene lennie. Majd egy nagyon egyszerű kísérlettel kimutatta, hogy ha egy üveget melegít, az visszatartja a hőt. Ezt a mechanizmust üvegházhatásnak nevezték el. 1862-ben, John Tyndalnak sikerült kimutatnia a klímaváltozás egyszerűbb folyamatát (*Weart, 2009*). Laboratóriumi körülmények között bebizonyította, hogy egyes gázok (legfontosabbak: vízgőz, CO₂) tartják meg bolygónkon a meleget azzal, hogy visszatartják a kiáramló sugárzást, és a kimenő sugárzás egyes részét újra visszaverik a Földre.

Az ezekből a modellekből levont következtetésekből nagyon nagyok voltak a hibalehetőségek. Az ezt követő időkben, főként a XX. század elejétől, már egyre többen kezdtek el komolyabban foglalkozni az időjárás-előrejelzésekkel, és új módszereket kezdtek el alkalmazni. Ezek a módszerek a numerikus módszerek voltak.

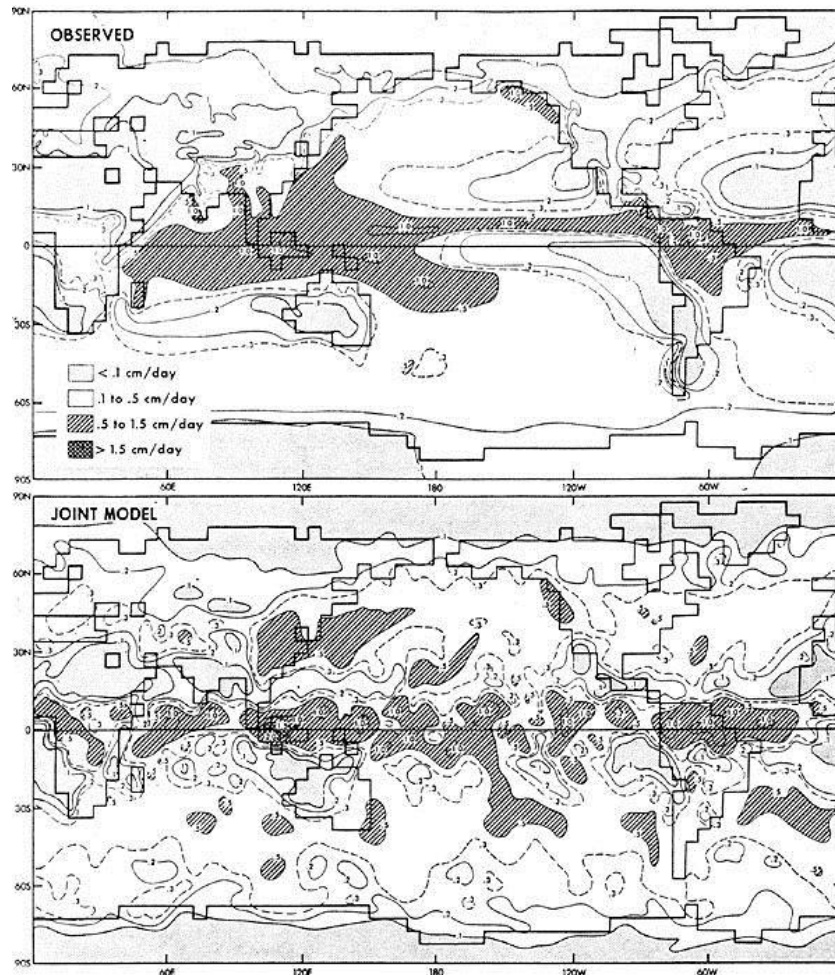
Egy norvég meteorológus Vilhelm Bjerkne fejlesztette ki a legelső olyan módszert, amellyel az időjárást az eddigieknél pontosabban lehetett meghatározni (Weart, 2009). Ehhez a következő összefüggéseket vette figyelembe: hó, levegő és nedvesség. A módszer alapján elkészített egy időjárási térképet is. 1922-ben Lewis Fry Richardson publikált egy numerikus időjárási előrejelzési rendszert, amely a véges differenciálok használatán alapult, és amelyben már meg tudta határozni a légnyomást és a hőmérsékletet. Az adott módszer óránkénti lebontásban határozta meg az adatokat minden egyes területre. Lényeges volt az előrejelzésben az is, hogy a szélmozgások sebességét és irányát is előre tudta jelezni. Ugyanakkor a módszer legnagyobb gyengéjét az akkori hiányos számítási kapacitás jelentette.

Az 1950-es években a kutatók próbálták a meglévő módszereket hatékonyabbá tenni. Ezt úgy próbálták elérni, hogy a meglévő nagy komplexitású egyenleteket folyamatosan „butították”, de nem jártak nagy sikerrel, és az eredmények is torzultak. 1952-ben egy másik nagy szakértő Bert Bolin kifejtette, hogy a légköri mozgások leírhatóak hidrodinamikai és termodinamikai egyenletekkel (Weart, 2009). Ebben az időben a világ egyik legnagyobb matematikusa Neumann János is foglalkozott az időjárás előrejelzéssel (Ezek a klímaelőrejelzések főleg az amerikai hadviselés szempontjából váltak érdekessé.) (Weart, 2009). Neumann párhuzamot vont az akkori robbanási szimulációk és az időjárás előrejelzések között, amelyhez megoldásként a nem-lineáris folyadékdinamikát alkalmazta.

Az első komolyabb számítógépes szimulációt Cahnrey és kutatótársai végezték el egy ENIAC típusú számítógépen (Weart, 2009). Ezek a számítások már kétdimenziós térre vonatkoztak. A módszer alapját a Richardson féle modell továbbfejlesztett változata nyújtotta. A mintavételezéshez Észak-Amerika szerte 270 kontrolpont adatait használták fel.

Az előrejelzések egy másik komplexebb módoszata, a cirkulációs modellezés (General Circulation Model), amelyből a legelső Norman Phillips alkotta meg 1955-ben (Weart, 2009). A módszer elsőként modellezte a troposzférában található ismétlődő hatásokat és folyamatokat. A módszer 3 dimenziós globális modellre történő alkalmazását elsőnek 1965-ben Manabe és kutatótársai végezték el. Az első GCM modell megjelenése után világszerte egyre több kutató kezdett el foglalkozni a témával, és próbáltak minél bonyolultabb, pontosabb keringési modelleket fejleszteni. A következő nagy lépés az 1960-as években következett be. A NOAA Geophysical Fluid Dynamics Laboratory már egy sokkal komplexebb modellel állt elő, mely az óceáni és légköri hatásokat is próbálta szimulálni.

Az 1960-as évek közepétől a kutatókat egyre jobban kezdte foglalkoztatni a légkörben nagy mennyiségben emelkedő CO₂ gáz hatása. A CO₂ a légköri felmelegedésért a legjobban felelős gáz. Ennek egy következményét mutatták ki 1967-ben Manabe és munkatársai (Weart, 2009). A szimulációk révén előálló következmény az volt, hogy a XXI. század végére az emberiség nagymértékű fosszilis alapú üzemanyag felhasználásának következményeként a globális átlaghőmérséklet közel 2 °C-kal fog emelkedni. Eddig ilyen jellegű következtetést senki sem vont le. 1969-ben Manabe és Bryan publikálták egy újabb összetettebb módszerüket, melyben már a következő lényeges tényezők is szerepeltek: óceáni áramlatok, passzátszelek, sivatagok, esősövek, hótakarók (Weart, 2009). Az 1975-ben megjelent modelljükben (2.1. ábra) már térképes adattárolást alkalmaztak (Weart, 2009). A szimulációt egy addig elképzelhetetlen időtávra futatták le, ami 300 év volt. A futási idő az akkori nagy teljesítményű gépükön 50 napig tartott.



2.1. ábra: **Manabe 1975-ös modellje** (felső kép megfigyelés, alsó kép szimuláció)

Forrás: <http://www.aip.org/history/climate/xMap75Big.htm>

1975-ben megjelenő Manabe-Wetherald modell a következő, addig ismeretlen eredményeket szolgáltatotta (Weart, 2009). Az Északi sarkvidék nagyobb felmelegedésnek az oka az, hogy az Északi-sarkon lévő hómezőknek és jégtábláknak nagyobb a napfényfelfogó képességük, mint a trópusokon található tengerek és földek fényfelfogó képessége. A modellben tesztelték, hogy mi történik akkor, ha a légkörben található CO₂ koncentráció a duplájára növelik. A szimulációk azt mutatták ki, hogy az eddig előrejelzett 2 °C-hoz képest a globális átlaghőmérséklet 3,5 °C-ra is növekedhet. Ezek az eredmények nagyon nagy hatással voltak a tudósokra, politikusokra, döntéshozókra és a nyilvánosságra is. Ugyanakkor a modell készítői megjegyezték, hogy nem szabad nagyon komolyan venni az eredményeket, a modellek pontatlansága miatt.

1979-ben a Charney csoport arra a következtetésre jutott, hogy a légkörben megnövekedő CO₂ koncentráció hatására a Földön a globális átlaghőmérséklet 1,5-4,5 °C-al is emelkedhet (Weart, 2009). A csoport tanulmánya szerint a globális felmelegedésre hosszú távon nagy hatással vannak az óceánok, amelyek folyamatosan szívják magukba a hőt, és ez által évtizedekkel késleltetik a felmelegedést. A csoport 1985-ben arra hívta fel a figyelmet, hogy a felmelegedés az óceánok keringését is megváltoztatja.

Az 1980-as években az amerikai National Center for Atmospheric Research kutatói megalkották a Közösségi Légköri Modellt (Community Atmosphere Model) (Weart, 2009). A modell továbbfejlesztése még napjainkban is folyik. Ez a kezdeményezés volt az első a világon, amelynél a kidolgozott módszert, annak forrását és dokumentációit is bárki számára hozzáférhetővé és szabadon módosíthatóvá tették. A kikötés csak az volt, hogy a módosításokat, és azok végkimeneteleit vissza kell juttatni az NCAR-nak.

Az 1985 és 1988 között Hansen és kutatótársai által kifejlesztett óceán-légköri modellben a CO₂ üveghatású gázon kívül már több más, felmelegedésért felelős gáz hatását is figyelembe vették. Ezen kívül a modellben elkezdtek alkalmazni a múlt adatait is, amelyek fél évszázadot öleltek fel. A szimuláció végkimenetele ebben az esetben is egyértelmű globális felmelegedést mutatott.

1986-ban Sherwood Idso egy megdöbbentő eredménnyel állt elő, amely megingatta az eddigi modellek hitelességét (Weart, 2009). Amennyiben már egy százada a jelenlegi növekedés szerint történt volna a CO₂ gáz növekedése, akkor az addigi modellek szerint 3°C

felmelegedésnek kellett volna bekövetkeznie. De ezeknél az előrejelzett értékeknél a ténylegesen megfigyelt értékek látványosan kevesebbet mutattak. Ennek következtében a kutatók arra döbbsentek rá, hogy az aktuális modellekkel a globális felmelegedést még mindig igen pontatlanul lehet meghatározni. Ugyanakkor, fontos tényként kell kezelni, hogy egyes funkciók számításában egyáltalán nem lehetett megbízni.

1989-ben egy együttműködés keretében, az alábbi országokból részt vevő kutatók dolgoztak együtt: Egyesült Államok, Kanada, Anglia, Franciaország, Németország, Kína és Japán (Cess, 1989). 14 éghajlati modellt hasonlítottak össze, melyeknek a bemeneti paraméterei megegyeztek. Az egyszerűbb feltevéseknél a kimeneti eredmények közel hasonlóak voltak, de extrém komplex körülmények között már nagyobb különbségek adódtak. Egyik ilyen tényező volt a CO₂ gáz növekedésének hatása a globális felmelegedésre.

1990-es évek közepén a klímakutatásokban már annyira összetett modelleket alkalmaztak, hogy a futtatásukhoz nem voltak elegendők az általános személyi számítógépek, hanem kimondottan szuperszámítógépekre volt szükség. A pontosabb előrejelzés érdekében részletesebb, és több területre kiterjedő adatok kerültek a számításokba. Megjelentek a Föld rendszer modellek, (Earth System Model) amelyek már sokkal több összefüggést tartalmaztak, mint az addigi rendszerek. Ezek közül néhány fontosabb: levegő, víz és jég, a biológiai és kémiai funkciók hatása az ökoszisztémára, az emberi tevékenységek (pl.: mezőgazdaság). Míg a módszer megjelenésekor a programkódok csak pár ezer sorosak voltak, addig egy évtizeddel később már több millió soros programkódokon futottak a szimulációk. Ebben az időben már más fejlett országok is előtérbe kerültek a kutatások terén: Anglia, Németország és Japán, aki ezen a téren a legnagyobb.

A XXI. század kezdetén Richard Lindzen azt fejtette ki, hogy igaz az az állítás, hogy az óceánok felmelegednek, de a felhőzet egy ideig vissza tudja tartani a globális felmelegedést (Weart, 2009). Senkinek sem sikerült cáfolnia Lindzen állítását, mert az akkori modellek végeredményei és a valóságban mért adatok között még mindig nagy eltérések adódtak.

A kutatóintézetek nagy része fontosnak tartja, hogy a felhasznált bementi információk és a kimenetként generált adatok kompatibilisek legyenek a különböző rendszerek között. A bementi információk minőségének javításához az alábbi kutatási eredmények járultak hozzá:

- 1959-ben Lewis Kaplan fizikus ötleteként elsőnek alkalmaztak infravörös sugárzású méréseket műholdakról, amelyekkel a Földről különböző hőmérsékleti térképeket készítettek (Weart, 2009).

- 1970-es évektől Lonnie Thompson a világ különböző részein vett jégmintákból radiokarbonos vizsgálattal folyamatosan próbálta meghatározni az elmúlt évszázadokban/évezredekben a földi levegő összetételét (PNAS, Profile of Lonnie G. Thompson).

- 1970-ben létrejött a CLIMAP project, melynek a legfőbb célja a különböző kori tengervíz hőmérséklet meghatározása. A rekonstrukcióhoz a tengerfenékben található üledékeket vizsgálták radiokarbonos vizsgálatokkal (Weart, 2009; NOAA, <http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/climap.html>).

- 1980-as évektől a modellekhez használt adatokat már nem mérőpontokkal határozzák meg, hanem műholdas mérésekkel.

- A modellek közötti átjárhatóságok megteremtése céljából az adatokat/információkat folyamatosan szabványosítani kellett. Létrehoztak ezért egy közös archívumot, amely 2007-ben már több mint 30 tera bájt adatot tartalmazott, és melyet megközelítőleg 1000 tudós használ rendszeresen.

Egy 2009-ben végzett kutatás szerint, melyben egy modell 400 különböző variációja futott, azt mutatták ki, hogy a világban továbbra is folytatódik a globális felmelegedés, és a legrosszabb esetben, ha semmi sem változik, akkor a hőmérsékletemelkedés a század végére eléri az 5 °C-ot (Weart, 2009).

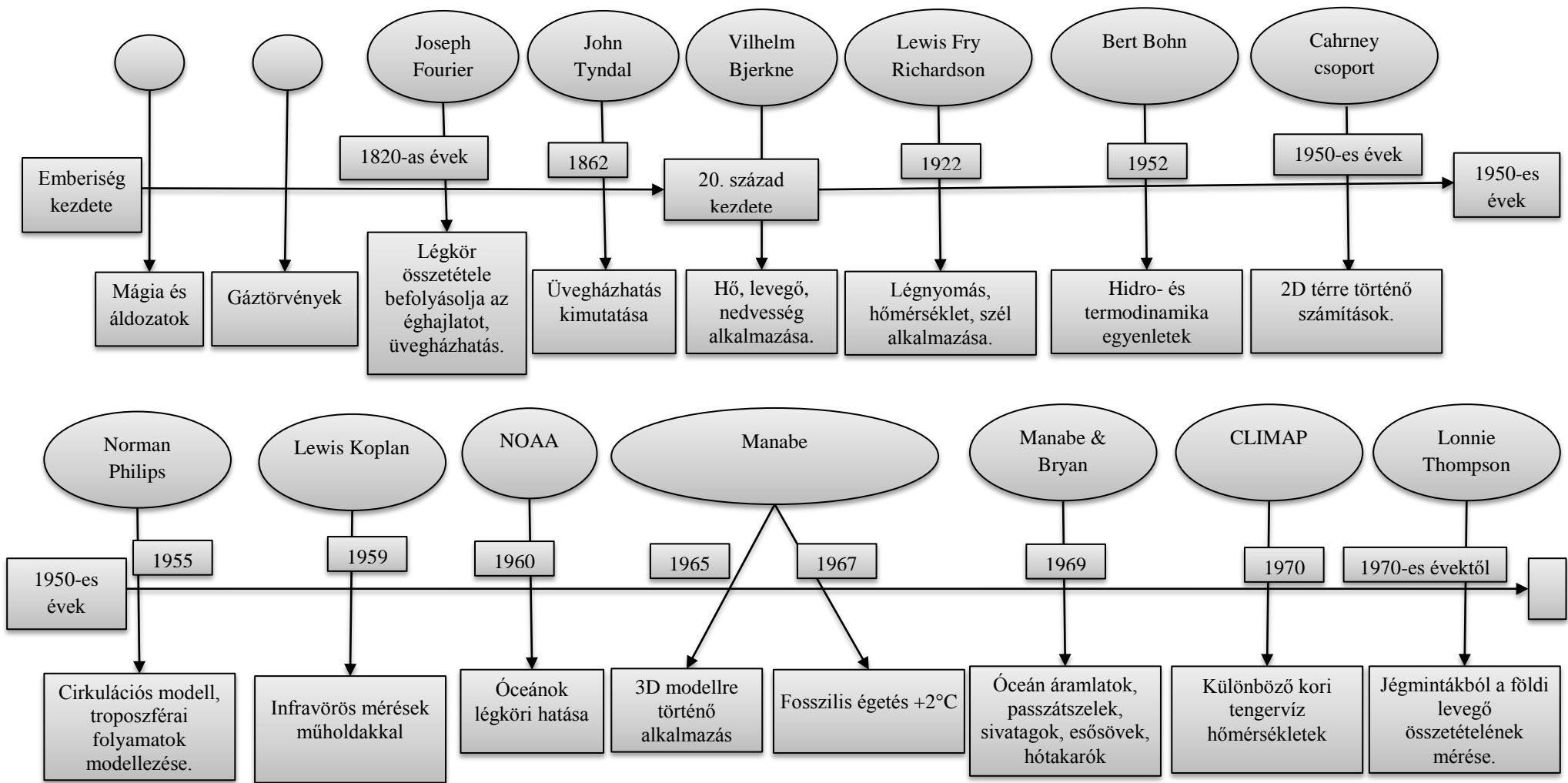
Napjainkban már egyre több különböző kutatóintézet foglalkozik a klímakutatás témájával. Ennek egyik következménye, hogy jelenleg a TOP 500-as szuperszámítógép listán szereplő 11 szuperszámítógéppel kimondottan csak meteorológiai és klímakutásokat végeznek (*TOP500 Supercomputers, 2011. júniusi adatok*). Ezek a kutatások rengeteg pénzt igényelnek. A költségek fő összetevői közé tartoznak: a költséges géppark, a géppark elhelyezésére szolgáló kiszolgáló komplexum, és a rendszert folyamatosan karbantartó és a rajta dolgozó személyzet munkabére. Ugyanakkor, napjainkban már nem elhanyagolhatóak azok az alapítványok, civil szervezetek, vagy esetlegesen kisebb költségvetésből gazdálkodó kutatók illetve kutatóintézetek sem, akik egyszerűsített modellekkel próbálják a változásokra felhívni a társadalom figyelmét. Fontos megjegyezni azt a tényt, hogy ezek a kutatások kimondottan csak a természetben lejátszódó folyamatokra koncentrálnak és a társadalmi-gazdasági

hatásokkal minimálisan, vagy egyáltalán nem foglalkoznak, pedig könnyű belátni azt a tényt, hogy ha az emberi tevékenységek hatására is változik a klíma, akkor annak a fő hajtóereje anyagi vonatkozásokban gazdasági tényezőkből tevődik össze.

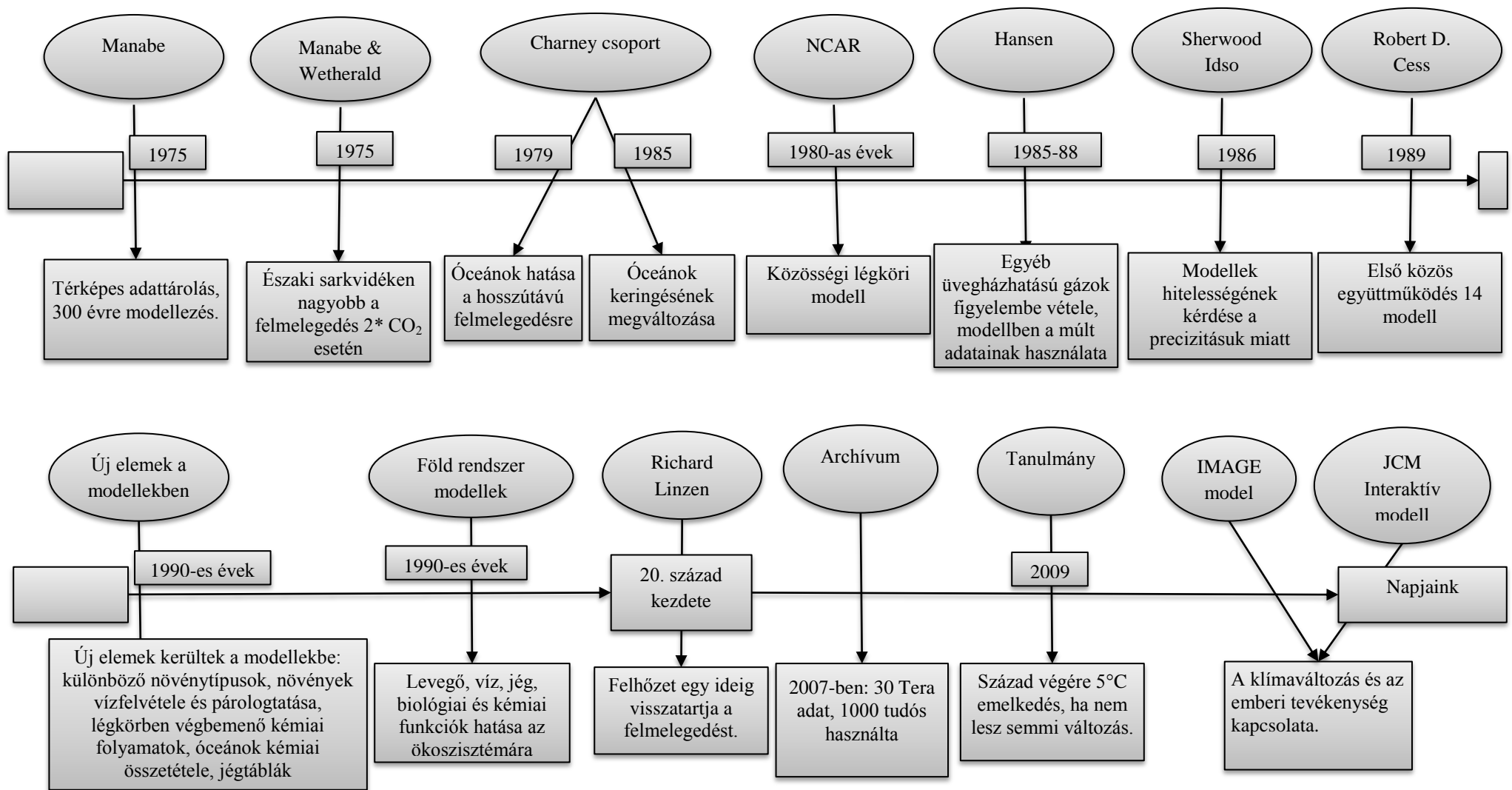
A XXI. században a klímamodellek legfontosabb szerepe az, hogy információt nyújtsanak a kormányoknak, politikusoknak, az üzleti és a civil szférának, valamint a közvélemény számára, akik végül döntéseikkel és az életmódjuk változtatásával pozitívan befolyásolhatják az éghajlatváltozást. A modelleknek az információt gyorsan és interaktívan kell nyújtania, hogy a felhasználók azonnal szembesülhessenek elgondolt tevékenységük várható klíma következményeivel. E téren azonban még csak a kezdeti lépések történtek meg. A modellek közül a legismertebbek az ASF (Atmospheric Stabilization Framework Model), IMAGE (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect), MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact).

Külön kell szólni az IMAGE modellről és annak a 2006-ban továbbfejlesztett változatáról. Az IMAGE modell a népesedés, a gazdaság és klíma változását, valamint a klímaváltozás várható természeti hatásait egy visszacsatolós modellrendszerben kapcsolja össze, lehetővé téve a kölcsönhatások fontosabb köreinek tanulmányozását. A 2006-os IMAGE modellt a Holland Környezetértékelési Ügynökség (PBL) fennhatósága alatt fejlesztették tovább. A modell már interaktív, de még nem teljesen felhasználóbarát, mert kell hozzá a modellhez értő szakértő is, aki a kvalitatív forgatókönyveket konvertálja a modell paramétereire, elvégzi a szimulációt és a számítási eredményeket forgatókönyvekhez kapcsoltan közli (*PBL, IMAGE model*). (A modell felépítését lásd a mellékletben!) A tanulmányban bemutatandó JCM klímamodel is az interaktív előrejelzési modellek közé tartozik, de használata már nem igényel modellezői szakértői közreműködést.

Az általam elkészített 2.2. és 2.3. ábrák arra is rámutatnak, hogy a tudományos alapokon nyugvó klímakutatás az emberiség életpályájának még az 1%-át sem ölelik fel. Ha feltesszük, hogy a következő évtizedekben is ilyen dinamikusnak fognak fejlődni a klíma-előrejelzések, mint az elmúlt 100 évben, akkor néhány évtizeden belül már tizedes, vagy akár százados pontossággal is meghatározhatóak lesznek a klímaváltozás következtében lejátszódó folyamatok.



2.2. ábra. A klímamodellezés története 1.



2.3. ábra. A klímamodellezés története 2.

2.2. A klímamodellek típusai

A klímamodellek aszerint csoportosíthatók, hogy mely folyamatokat milyen módon modellezik. A modelcsoportok a klímamodellezés fejlődését az által is érzékeltetik, hogy mely összetettebb folyamatokat követnek nyomon.

Hidrodinamikai és termodinamikai modellek: A légkörben és az óceánokban végbemenő változások leírása hidrodinamikai és termodinamikai egyenletekkel történik. Az elméleti klímakutatások kezdetére volt jellemző az ilyen modellek használata.

Numerikus modellek: A fizikai törvényeken alapuló numerikus és közelítő értékeket használó módszerrel készültek. A legfontosabb paraméterek a tömeg-energia, a modellépítés szabálya az impulzusmomentumok megmaradásának elve. A módszer a légkörben és az óceánokban végbemenő változásokat szimulálja. Kimeneti értékei a következők lehetnek: légnyomás, hőmérséklet és sűrűség.

Globális modellek: A Föld óceán-légkör folyamatainak összességére vonatkozó modell. A modellekben a Földet közel azonos méretű rácsokra osztják föl, és az időbeli számításokat csak a rácpontokban végzik. A rács felbontásának növelésével a számítások pontosabbak lesznek, de a futási idő nagymértékben növekszik. A modellek legnagyobb problémája a különböző domborzati jellemzők elnagyolt figyelembe vétele. Ezek kiküszöbölése érdekében a felbontást lehet növelni.

Regionális modellek: Ugyanazon az elven működnek, mint a globális modellek, de a feldolgozandó adatok és paraméterek sokkal részletesebbek, továbbá az adatok rendszeres helyi mérésekből származnak.

Általános cirkulációs modellek (GCM – General Circulation Model): A térben végbemenő légköri mozgásokat modellezik. Számításokat a következő elemeken végeznek: hőmérséklet, csapadék, légnyomás és egyéb éghajlati változók. Az ismertebb általános éghajlati modellek: ARPEGE-Climate, ALADIN-Climate, „Europa Modell”, REMO (Regional Modell), PRECIS, az ECMWF, Special Report on Emissions Scenarios (SRES).

Előrejelző modellek: Ez a modelltípus egyszerre több kritériumnak is megfelel. A természeti klímafolyamatok mellett magukba kell, hogy foglalják az emberi tevékenységeknek – népesedés, termelési és fogyasztási aktivitások, valamint az azok révén keletkező kibocsátások és azok szabályai – azokat a jellemzőit is, amelyekkel hatást gyakorolnak az üvegház hatású gázok képződésére. Mindezeket régiókra vonatkozó megfigyelési és mérési adatokkal veszik figyelembe a modellekben. Ily módon az előrejelzési modellek a globális felmelegedést előidéző természeti, valamint társadalmi-gazdasági és környezeti folyamatok egymásra hatásainak időbeni változását jelenítik meg. Ezek a modellek teszik lehetővé olyan modell-szimulációk elvégzését, amelyekben a társadalmi-gazdasági folyamatok, és az azokra vonatkozó társadalmi szabályozások feltételezett változásainak a globális felmelegedésre gyakorolt hatásai is nyomon követhetőek. Kimutathatók egyrészt a már lezajlott és mérési eredményekkel figyelembe vett humán összetevők felmelegedésre gyakorolt továbbélő és tovagyűrűző hatásai, másrészt a humán összetevők ezután lehetséges és feltételezett változásainak becsült hatásai is. Fontos megjegyezni, hogy az előrejelzések nem kimondottan csak a globális felmelegedésre vonatkoznak, hanem az ahhoz kapcsolódó, azokkal együtt járó népesedési, társadalmi-gazdasági és környezeti folyamatokra is. Ilyen modellek az ASF (Atmospheric Stabilization Framework Model), IMAGE (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect) (melléklet 1. ábra), MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact) stb.. Az előrejelző modellek új változataként jelentek meg az interaktív modellek, amelyekkel már a felhasználók/alkalmazók modellező szakemberek közreműködése nélkül is képesek szimulációkat végezni.

3. Az emberi tényező és a klímaváltozás kapcsolata

A klímamodelleket készítő az időjárás egyszerűbb természeti folyamatainak nyomon követésétől jutottak el addig a felismerésig, hogy az emberi tényezők hatása nélkül nem lehet az éghajlatváltozással és annak előrejelzéseivel foglalkozni. A humán hatások társadalmi-gazdasági döntésektől és viselkedési szabályoktól függnék, ezért nem elégséges azokat csak a végső kimenetük alapján változtatni, hanem a humán tényező belső viszonyainak változtathatóságát is részletesen kidolgozott forgatókönyvekben kell megjeleníteni. Az éghajlatra és változására ható humán összetevő lehetséges változásának és természeti környezetre gyakorolt lehetséges hatásainak becslésére nemzetközi, globális munkacsoportok jöttek létre. Ilyen munkacsoportok az IPCC kormányközi szervezet és az ENSZ környezeti munkacsoportjai. Tevékenységük arra irányul, hogy feltárják, és részletesen kifejtsek a klímaváltozás humán összetevőit, valamint forgatókönyvekbe foglalják a humán összetevők lehetséges változásait és azok társadalmi–gazdasági–politikai körülményeit.

3.1. Az Éghajlat-változási Kormányközi Testület (Intergovernmental Panel on Climate Change) jelentései

IPCC 1988-ban alakult független szervezet. Célja az emberi tevékenységek által előidézett humán hatású klímaváltozások részletes bemutatása. A szervezet semmilyen feltáró jellegű saját kutatást nem végez, csak a már létező és tudományosan publikált adatokat használja fel. Ezekből az információkból meghatározott rendszerességgel jelentéseket készít, amelyeket nagy publicitással nyilvánosságra hoz. (IPCC, <http://www.ipcc.ch>) Eddig négy jelentést készített. A jelentések olyan interdiszciplináris szakértői vélekedéseket fogalmazzak meg, amelyeket a különböző tudományterületek neves szakértői együttesen dolgoztak ki, és képviselnek.

Első jelentés (FAR) (CLIMATE CHANGE: The IPCC 1990 and 1992 Assessments): Az első jelentés 1990-ben készült el, mely később (1992) az UNFCCC (ENSZ éghajlat-változási keretegyezményének, United Nations Framework Convention on Climate Change) alapjául szolgált. A jelentés néhány fontos következtetése:

- Az emberiség nagymértékben felelős a légkör megváltoztatásáért az üvegházhatású gázok (CFC, CO₂, CH₄, NO_x) nagy mennyiségű kibocsátása révén. E gázok hatására a felmelegedés üteme növekedni fog.

- Az előrejelzések a klímarendszer komplexitása miatt egyértelműen nem határozhatók meg, ugyanakkor a humán tényezőket képesek változtatni.

- A globális hőmérséklet a XXI. században nagyobb mértékben fog növekedni, mint az elmúlt 10 000 évben bármikor.

- A tengerszint növekedése évtizedenként 3-10 centiméterrel is emelkedhet.

- A CO₂ kibocsátást nagymértékben kellene csökkenteni ahhoz, hogy ne következzen be ilyen mértékű klímaváltozás.

Második jelentés (SAR) (IPCC Second Assessment Climate Change 1995): A jelentést 4 munkacsoport – 1. Tudományos, 2. Sebezhetőségek, következmények, lehetőségek, 3. Korlátozás és csökkentési lehetőségek, 4. Üvegházhatású gázok – készítette. A jelentés tovább pontosította a humán tényezők szerepét, a következő megállapításokkal:

- Az emberi tevékenységek nagy valószínűséggel befolyásolják a globális éghajlatváltozást.

- Az éghajlat folyamatosan változott az elmúlt évszázadban.

- Az elmúlt 100 évben a hőmérséklet változása nem természetes, hanem humán eredetű volt.

- Az üvegházhatású gázok koncentrációja a légkörben tovább növekszik.

- Az antropogén aeroszolk kibocsátásának kedvezőtlen hatásai vannak.

- A jövőben is folytatódni fog az éghajlatváltozása.

- Nagyon nagy a bizonytalansági tényező a jövőbeni változások becslését illetően.

Harmadik jelentés (TAR) (IPCC, Climate Change Synthesis Report, 2001): A jelentést 3 munkacsoport – 1. Tudományos alapok, 2. Hatások, alkalmazkodás és sebezhetőség, 3. Enyhítő – készítette. Főbb megállapításaik az alábbiak:

- A megfigyelések arra utalnak, hogy a globális felmelegedés és annak egyéb hatásai be fognak következni.

- Az emberi tevékenység hatására a kibocsátott üvegházhatású gázok és aeroszolk megváltoztatják a légkört, és ezek következtében befolyásolják az éghajlatot.

- Bizonyítékok vannak arra, hogy az elmúlt 50 évben történt felmelegedésért az emberi tényezők a felelősek.

- A XXI. században az emberi tényezők továbbra is átalakítják a légkör összetételét.

- A globális átlaghőmérséklet és a tengerszint minden körülmények között emelkedni fog.

A jelentésben a szimulációs modellekből levont következtetések alapján azt állapították meg, hogy a következő században az átlaghőmérséklet 1,4 - 5,9 °C körüli értékkel növekedhet. A tengerszint 0,1 - 0,9 méterrel megemelkedhet. A CO₂-ra már a forgatókönyvek nagyon nagy eltéréseket mutattak. Az optimistább szakértők azt feltételezik, hogy nagyon nagymértékben fog csökkenni a kibocsátás. A pesszimistábbak nem foglalkoznak az emberi tevékenységek jellegének megváltozásával, így inkább növekedést prognosztizálnak.

A jelentés azt is megemlíti, hogy a jelenlegi klímamodellek nem alkalmasak nagy biztonságú előrejelzések készítésére. A modellek vagy túlbecsülik, vagy esetlegesen alulbecsülik a kimeneti eredményeket attól függően, hogy az antropogén hatásokkal kapcsolatban milyen feltételezésekkel élnek.

A kutatás részletesen foglalkozott különféle forgatókönyvek készítésével is. Azok eredménye egy külön jelentésben öltött testet. *SRES (Special Report on Emissions Scenarios)*: IPCC 2001-ben megjelenő 3. jelentésében vezette be az úgynevezett SRES forgatókönyveket, amelyek négy különböző forgatókönyv családot képviselnek. A modellezés során 40 forgatókönyvet dolgoztak ki, amelyeket ezután családokba soroltak. A családba sorolásánál a következő változók az azonosak: demográfia, politika, gazdaság és technológia. A rájuk vonatkozó feltételezések azonban különböztek aszerint, hogy a gazdasági növekedést, a technológiai fejlődést vagy a környezeti fenntarthatóságot hangsúlyozták. A scenáriók aszerint is különbözőek, hogy a globalizáció vagy a regionalizáció felé halad-e a világ. E két tényezőcsoport függvényében alakult ki a 4 scenárió típus.

A SRES scenáriók rövid bemutatása (Lásd 3.1. és 3.2. ábrákat!)

A1: Egy piac- és technológia vezérelte világot mutat be magas gazdasági növekedési rátákkal. A világ tovább globalizálódik 2100-ig, aminek eredményeként a népességnövekedés tovább lassul. 2100-ban csak várhatóan 5,6 milliárd lesz a Föld lakóinak száma. A gyors gazdasági és népességnövekedési tendencia e század közepéig (2050-ig) folytatódik, majd azután csökkenés fog bekövetkezni. Megindul egy komoly technikai-technológiai fejlődés, melynek hatására a regionális különbségek folyamatosan eltűnnek.

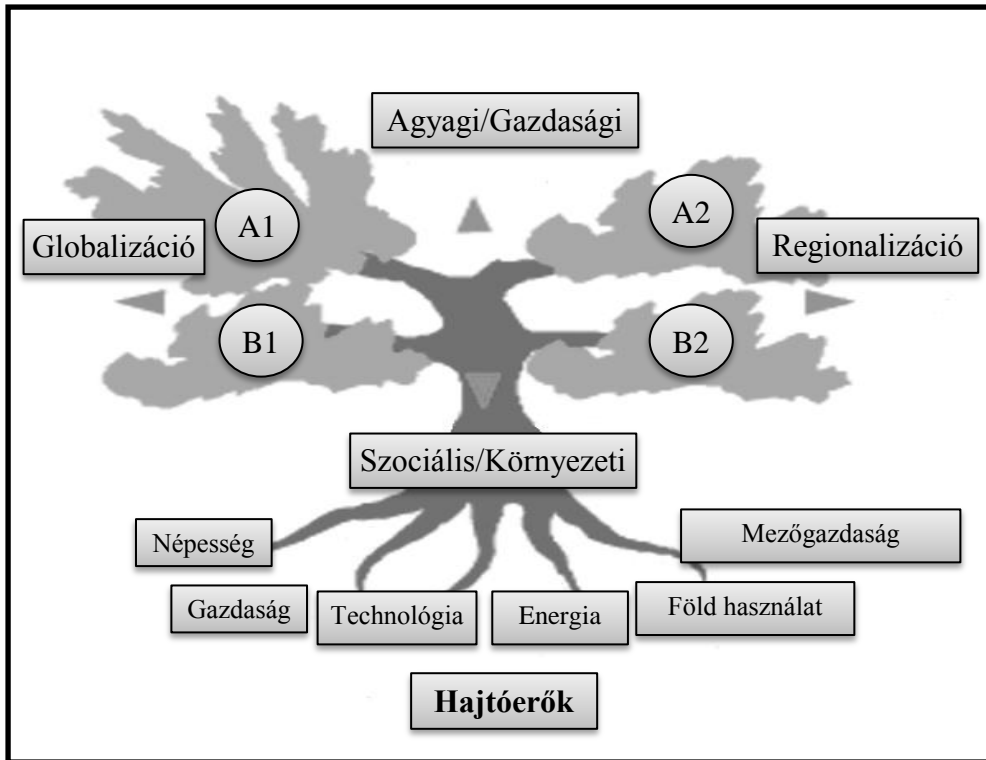
A scenárió hajtóerői a következők:

- erős elkötelezettség a piacialapú megoldásokra,
- nagy megtakarítások és elköteleződések a háztartásokban,

- nagyarányú beruházások és nagymértékű innovációk az oktatásban, a technológiában, a nemzeti intézményekben és nemzetközi szinten is,
- emberek, ötletek és technológiák mobilitása.

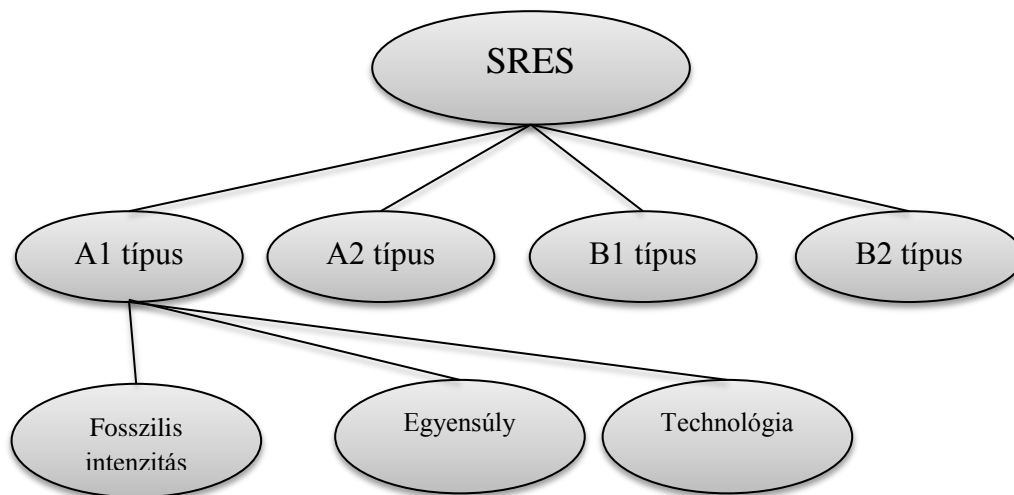
Az adott scenáriónak három különböző módozatát dolgozták ki. Ezek abban különböznek egymástól, hogy a fosszilis erőforrások felhasználása miként változtatható meg a jövőben. A módozatok a következők:

- A1FI** (Fossil-fuel Intensive): A jövőben tovább folytatódik a nagymértékű fosszilis energiafüggés, és továbbra is a fosszilis anyagok fogják képezni a legjelentősebb energiaforrásokat.
- A1B** (Balance): Egyensúlyi helyzet kialakulása a fosszilis és a megújuló energiaforrások hasznosítása között.
- A1T** (Technology): A technológiai fejlődés következtében az energiaforrások alapját a megújuló energiák fogják szolgáltatni. Ennek hatására a fosszilis energiaforrások nagymértékben visszaszorulnak.
- A2:** Lassúbb lesz a gazdasági növekedés és a globalizáció 2100-ig. A különböző kultúrák, gondolatok összezsapnak, és nagy prioritása lesz a helyi kultúráknak. A világ népessége eléri a 15 milliárd főt 2100-ig, de regionálisan különböző mértékű növekedés lesz jellemző mind a népességszámra, mind a gazdasági növekedésre.
- B1:** A népesség a század közepére (2050) fog tetőzni. Ugyanakkor az anyagok felhasználásának intenzív csökkentése lesz a jellemző. Megjelennek az új és hatékony energiaforrásokat kihasználó technológiák. A gazdasági, társadalmi, környezeti fenntarthatóság irányába halad a társadalom. Már közel fenntartható lesz a fejlődés, mert a gazdasági növekedés és a környezet védelme egymással szoros összefüggésben alakul. Az oktatás, az egyenlőség és a társadalmi jólét vezető értékké válnak. A környezetvédelem mindenütt hangsúlyos tevékenység lesz. A népesség várhatóan 6,5 milliárd fő lesz 2100-ban.
- B2:** Regionális megoldásokkal próbálják a gazdasági, társadalmi, környezeti fenntarthatóságot elérni. Kevésbé lesz fenntartható a fejlődés és a gazdasági növekedés is lassúbb lesz, mint a B1 szerint. Pluralizmus lesz a jellemző a környezetvédelem megítélésében is. A technológiai fejlődés is lassúbb lesz. A népesség száma 10,4 milliárd fő körül várható 2100-ban.



3.1. ábra: A SRES scenárió típusok csoportosítása

Forrás: IPCC, <http://www.ipcc.ch/ipccreports/sres/emission/index.php?idp=30>



3.2. ábra: A SRES scenárió modellek csoportosítása

A 3.2. táblázat foglalja össze az IPCC jelentésben alkalmazott 4 típust és az azokból származó 6 scenárió legfontosabb jellemzőit:

Forgatókönyv típusok	A1			A2	B1	B2
	A1FI	A1B	A1T			
gazdaság	gyors növekedés 2050 után csökkenés			növekedés	fenntarthatóság	fenntarthatóság
népesség	növekedés			növekedés	növekedés (tetőzés 2050)	fenntarthatóság (lassú ütemű növekedés)
új technológiák bevezetése	technikai növekedés					
régiók közötti konvergencia	különbségek folyamatosan eltűnnek			regionalitás gazdasági növekedés		helyi megoldások
energia-források	fosszilis energia-függés	Egyensúly a fosszilis és a megújulók között	megújuló energiák	új hatékony energiák	új hatékony energiák	
környezet	nem fontos	semleges	fenntarthatóság		fenntarthatóság	fenntarthatóság
hőmérséklet-változás 2100-re	1,4 °C - 6,4 °C			2,0°C - 5,4°C	1,1°C - 2,9°C	1,4°C - 3,8°C
szén kibocsátás 2100-ben (Gt/év)	26-36	13-18	5-9	22-35	4-11	11-22
népesség 2050-ben (milliárd)	8.7	8.3-8.7	8.7	9.7-11.3	8.6-8.7	9.3-9.8
népesség 2100-ben (milliárd)	7.0 – 7.1	7.0-7.7	7.0	12-15.1	6.9-7.1	10.3-10.4
GDP 2050-ben (billiárd dollár)	163-187	120-181	177-187	59-111	110-166	76-111
GDP 2100-ben (billiárd dollár)	522-550	340-536	519-550	197-249	328-350	199-255

3.1. táblázat: Az IPCC által kifejlesztett szcenárió típusok

A nemzetközi szakértőkből álló csoportok önállóan dolgozták ki a forgatókönyveket az emberi tevékenységekre és a környezeti hatások értékelésére. Azután különböző kvantitatív modelleken futtatták a scenáriók paramétereit, hogy a globális klíma következményeket felmérjék 2100-ig. Az egyes scenáriókat összekapcsolták a klímamodellek valamelyikével. Az A1-et az AIM (Asian Pacific Integrated Model) modellel, az A2-öt a ASF (Atmospheric Stabilization Framework Model) modellel, a B1-et az IMAGE (Integrated Model to Assess the Greenhouse Effect) modellel és a B2-öt a MESSAGE (Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental Impact) modellel.

Negyedik jelentés (AR4) (IPCC, Climate Change Synthesis Report, 2007): 3 munkacsoport – 1. Természettudományos alapok, 2. Határok, alkalmazkodás és sebezhetőség, 3. Kibocsátás – dolgozott a jelentésen, amely szintén az emberi tényező klímaváltozásban játszott szerepének pontosabb meghatározására irányult. Ebben a jelentésben is ugyanazokkal a forgatókönyvekkel dolgoztak, figyelembe véve az azóta történt változásokat a világban és a környezet állapotában.

A jelentés fő következtetései az alábbiak:

- A légkörben az 1750-es mérésektől kezdve nagymértékben nőtt a CO₂, CH₄ és N₂O gázok koncentrációja.
- A tényadatokból egyértelműen kimutatható a felmelegedés.
- 90%-nál nagyobb a valószínűsége annak, hogy az emberi tevékenység áll a globális felmelegedés mögött.
- 5%-nál kisebb az esély arra, hogy az éghajlatváltozás magától, természetes módon történik.
- A hőmérséklet és a tengerszint még több évszázadon keresztül nőni fog akkor is, ha az antropogén hatások a mai szinten maradnak.
- A Föld hőmérséklete a XXI. században nagy valószínűséggel 1.1 - 6.4 °C között emelkedik.
- A tengerek szintje a XXI. században nagy valószínűséggel 18 - 59 cm között fog emelkedni.
- 90%-nál nagyobb valószínűséggel következnek be jelentős csapadék előfordulások és nagymértékű hóhullámok.
- 66%-al nagyobb valószínűséggel következnek be aszályok, trópusi ciklonok és nagy dagályok.

Ötödik jelentés (AR5, 2014) (IPCC, <http://www.ipcc.ch>): A szervezet napjainkban kezdi elkészíteni az ötödik jelentését, amelyet előreláthatólag 2014-ben fejeznek be. Jelenleg az előkészületi munkák folynak, melyek a múlt adatainak még szélesebb körű gyűjtését foglalják magukba különböző tudományágakra lebontva.

Az IPCC jelentésekben a tudományos kutatók és szakértők az antropogén hatásoknak az éghajlatváltozásban játszott szerepét járják körül interdiszciplináris kutatásokra alapozva, és vonnak le következtetéseket a jövőre vonatkozóan. Megerősítették az antropogén tényezők klímaváltozásban betöltött meghatározó szerepét korunkban. A már megtörtént antropogén eredetű kibocsátásokról megállapították, hogy azoknak még hosszú távon lesznek következményei. Megerősítették azt a következtetésüket, hogy az antropogén kibocsátásokat a jövőben csökkenteni kell. Az antropogén hatásokat nem elégséges csak a kibocsátások szintjén figyelembe venni, hanem azok csökkenthetőségével is foglalkozni kell. Erre sokkal részletesebb foratókönyveket kell kidolgozni, továbbá azok klímahatásait is becsülni kell.

Az IPCC az első jelentésében csak körvonalazta és nagy általánosságban írta le a várható kimeneteket, mert az akkori modellek még nem adtak elég pontos eredményeket. Az ezt követő jelentésekben folyamatosan frissítették, vagy esetenként cserélték a már elavult modelleket pontosabb és szélesebb hatókörű modellekre. Ezeknek a következtében a jelentésekben megjelenő adatok folyamatosan pontosabbá váltak.

3.2. Az ENSZ Környezeti Programjában készült jelentések: a GEO3 és GEO4 foratókönyvei

Az UNEP 1995-ben indította el a GEO (Global Environmental Outlook) projektet, melyből eddig négy jelent meg (*GEO1-1997, GEO2-2000, GEO3-2002, GEO4-2007*), és amely két fontosabb részből tevődik össze:

- Globális környezetértékelési értékelés, amely több különböző ágazattal/területtel foglalkozik. Célként tűzték ki, hogy egyre fontosabbá tegyék a régiókban a környezetvédelmi értékeléseket.
- Riportok, melyeket digitális formában több nyelvre lefordítva mindenki számára elérhetővé tesznek. Ezek a riportok a következő fontosabb dolgokat tartalmazzák: a környezet aktuális és jövőbeli lehetséges állapotai, cselekvési lehetőségek/tervek, iránymutatás a

politikai döntésekhez és az erőforrások elosztásához. A jelentésekből készítenek olyan változatokat, amelyekkel a fiatalokat is lehet tájékoztatni.

A projekt 20, a világ különböző táján működő környezetvédelmi intézmény együttműködésével, 4 nemzetközi munkacsoportban és régiós politikai konzultációkkal folyik. A globális network célja, hogy figyelembe vegye a stakeholderek (állam, üzleti és civil szféra képviselői) helyzetértékelését és formálódó céljait, valamint azok alapján ajánlásokat fogalmazzon meg a világ és a kormányzatok számára.

Az ENSZ Környezeti Programjának keretében kidolgozott forgatókönyvek az antropogén hatások részletezettebbé tételére és változtathatóságára helyezték a hangsúlyt. A lehetséges forgatókönyvek a társadalmi, a gazdasági és a politikai mechanizmusok természetének és változásainak bemutatására koncentrálnak. A globális környezeti forgatókönyvekben a népesedés, a gazdasági fejlődés, az emberi fejlődés, a tudomány és a technológia, valamint a kormányzás, a kultúra és a környezet alakulása és alakíthatósága jelenik meg. 4 forgatókönyvet készítettek (*GEO4 Environment for Development*, UNEP, 2007):

- *A piacorientáltság forgatókönyve*: Azt feltételezi, hogy a bekövetkező folyamatok jellege nem fog változni a jövőben. Az értékrendek és az erőviszonyok, amelyek jelenleg is fontosak, nem változnak, és továbbra is ezek alakítják a jövőt. A multinacionális piacvezető vállalatok semmilyen jellegű felelősséget nem vállalnak a társadalom és a környezet iránt. Az emberek szociális biztonsága csökkenni fog. A klímaváltozás visszafordíthatatlan folyamatokhoz vezet, amelyek 2030-ig érezhetővé válnak.

- *A fenntarthatóság forgatókönyve*: A változások főleg lokális szinten fognak bekövetkezni, de ehhez globális szinten is segítségre lesz szükség. Ennek következtében nagymértékű ráfordításokra és erőforrásokra lesz szükség, melyek problémákat okozhatnak a társadalmak életében. A technikai fejlődésnek köszönhetően azonban az életminőség javulása további környezeti romlások nélkül valósulhat meg.

- *A politikaorientált forgatókönyv*: E szerint a globalizáció folyamatosan erősödni fog, de a kormányok és az üzleti élet felvállalják a környezet további terhelése elleni harcot. A szegénység és a környezet pusztulása elleni küzdelem egyaránt fontos szerephez jut. A tudomány és technika területén folyamatosan fontos áttörések történnek. A világ

kormányainak döntő szerepe elengedhetetlené válik. Folyamatosan erősödik a környezetvédelem szerepe mind globális, mind regionális és helyi szinteken. A szociális problémák felszámolására nagy erőfeszítést tesznek mindenhol, de az elmaradott régióknál még számottevő változások nem történnek. A környezeti problémák válnak fontossá, és a szociálisak csak másodlagosak lesznek.

- *A biztonság elsőbbségének forgatókönyve:* A piac és a politika nem tudja szabályozni a felmerülő szociális, gazdasági, környezetvédelmi problémákat. Ennek egyik fontos következménye lesz, hogy több részre hulló világ jön létre. A régiók között nagy különbségek lesznek. Ugyanez a különbség megjelenik a szegények és gazdagok között is. A jövőben bekövetkező klímaváltozás és környezetszennyezés miatt katasztrófák következnek be, a Föld egyes régiói vízhiánnyal is fognak küzdeni. A környezeti javak elérhetősége és a káros hatások kivédése fontos lesz, de azok megszerzése és elérése az erőviszonyok függvénye lesz. Nagy valószínűséggel megjelennek a háborús fenyegetettségek is, amelyek a környezeti konfliktusok kiváltotta terrorizmust is magukkal hozzák. Az állapotok előreláthatóan csak 2030 után fognak bekövetkezni.

A 3.2. táblázat foglalja össze az GEO jelentésben kifejtett 4 gazdasági szcenárió legfontosabb jellemzőit:

Forgatókönyv típusok	Piac prioritása	Politika prioritása	Biztonság prioritása	Fenntarthatóság prioritása
gazdaság	gyors növekedés	lassú növekedés	lassú növekedés, de az elmaradott régióknál gyors növekedés	többihez viszonyítva átlagos növekedés
népesség	gyors növekedés	lassú növekedés	gyors növekedés	növekedés
energetikai technológiákra vonatkozóan	gazdasági hatékonyság	általános és környezeti hatékonyság	ellátás biztosítása	környezeti hatékonyság
régiók közötti konvergencia	globalizáció	globalizáció	lokalizáció	globalizáció
energiaforrások	növekedő olaj és gáz felhasználás	szén és olaj iránti kereslet csökkenése, zéró CO ₂ kibocsátásuk támogatása	olaj és földgáz igény növekedése, ezek csökkenése után szén használat	bioenergia növelése
környezet	alacsony prioritású	magas	nem számottevő	nagyon magas
hőmérséklet-változás 2050-re	2.2 °C	2.0 °C	2.0 °C	1.7 °C
szén kibocsátás 2025-ben (Gt/év)	17	16	16	13
szén kibocsátás 2050-ben (Gt/év)	22 (növekedés)	14 (lassú csökkenés)	21 (növekedés)	8 (csökkenés)
népesség 2025-ben (milliárd)	8	7.5	8	7.5
népesség 2050-ben (milliárd)	9.2 (növekedés)	8.6 (növekedés)	9.7 (növekedés)	8 (lassú növekedés)
GDP 2025-ben (billiárd dollár)	100	100	80	100
GDP 2050-ben (billiárd dollár)	230 (növekedés)	220 (növekedés)	140 (növekedés)	190 (növekedés)

3.2. táblázat: A GEO4 gazdasági szcenárióinak jellemzése

3.3. Az IPCC és a GEO forgatókönyvek összehasonlítása

A 3.1. ábra felhasználásával készült 3.3. ábra szemlélteti, hogy a GEO és SRES scenáriók különböző alternatívái nagyon közel állnak egymáshoz.

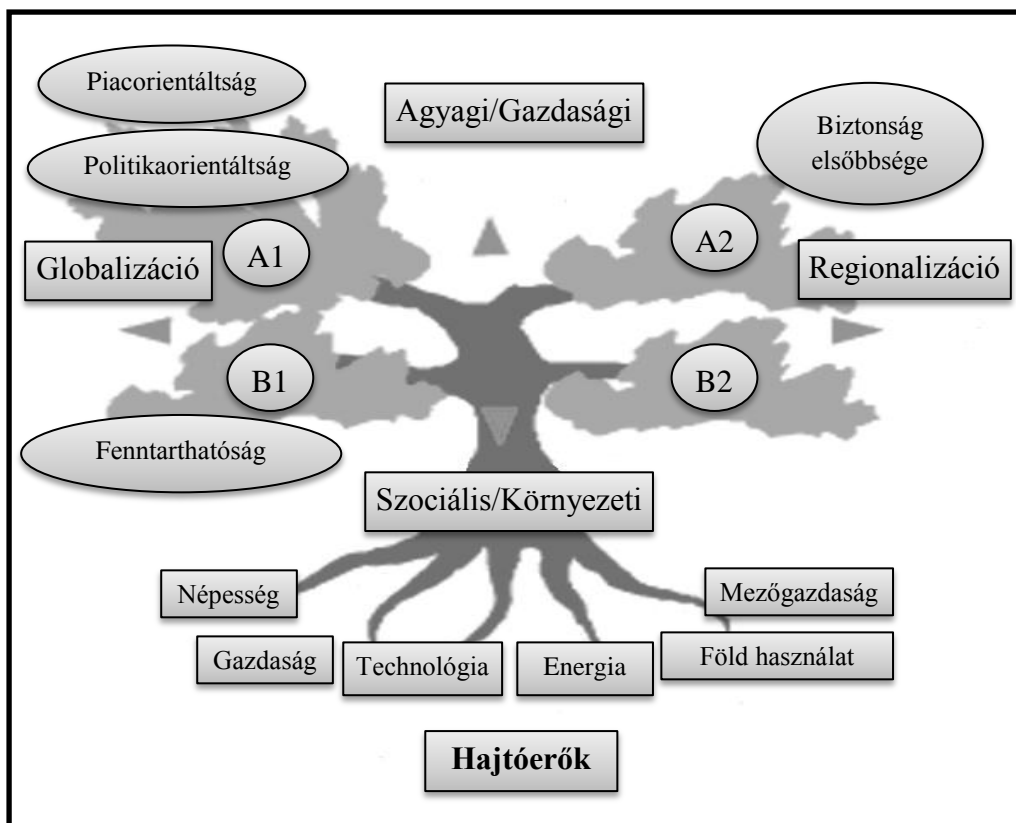
A piacorientáltság elsőbbségének forgatókönyve az A1-es forgatókönyvhöz hasonlít, és azon belül is az A1F-hez áll közelebb. Mindkét forgatókönyvben az elsődleges hajtóerőt a gazdaság globálisan előretörő fejlődése alakítja.

A politikaorientáltság forgatókönyve is az A1-es forgatókönyvhöz hasonlít, de inkább az A1B változatához áll közelebb. Mindkét forgatókönyvben fontos szerepet játszik a gazdaság, de nem minden áron. A környezeti szempontok is előtérbe kerülnek.

A biztonság elsőbbségének forgatókönyve leginkább az A2-es forgatókönyvhöz hasonlít. Mindkettőben a gazdaság játssza a hajtóerőt, és egy társadalmi réteg minden áron a hatalom birtoklásával a többi réteg fölött akar maradni.

A fenntarthatóság forgatókönyve és a B1-es forgatókönyvek közel állnak egymáshoz. Mindkettőben fontos szerepet kap a globális környezet megóvása.

A forgatókönyvek különbözősége részletezettségükben lelhető fel. A GEO forgatókönyvek sokkal részletesebbek abban a tekintetben, hogy a figyelembe vett aktorok miként és milyen értékek mentén cselekedhetnek a jövőben. Az IPCC forgatókönyvek ezzel szemben a jövőben lehetséges folyamatokban és történésekben gondolkodnak.



3.3. ábra: A scenárió típusok csoportosítása

Forrás: Asia Pacific Integrated Modeling Team,

http://www.env.go.jp/en/earth/eoasia/APEIS/Meeting/notes/RCC4/08_UNEPGEO4_14-

[28.pdf](#)

4. Az éghajlatváltozás interaktív modellezése a JAVA Climate Model-lel

4.1. A modell bemutatása

A JCM egy előrejelző típusú modellrendszer és program, amelyben kimondottan fontos szerepet kapnak a gazdasági és társadalmi események hatásai a környezetre, de a klímaváltozás természeti folyamatai is meg vannak jelenítve. A programot Belgian Science Policy fejleszti, és tartja folyamatosan karban. A modellező program első változata 2000-ben jelent meg, melyet napjainkig még 4 komolyabb verzió követett. A program legfőbb fejlesztője és karbantartója Dr. Ben Matthews. Fontos megjegyezni azt a tényt, hogy a program elődje már 1996-ban megszületett a Global Commons Institutum-ban.

A tanulmány elkészítéséhez, a 2011. júniusában kiadott változatot használtam. Annak is a nem publikus, a nem mindenki által elérhető változatát, amelyet csak kimondottan a fejlesztők érhetnek el. A futtatásához fejlesztőkörnyezet szükséges.

A Climate program fontosabb jellemzői, amelyek megkülönböztetik a többi programtól:

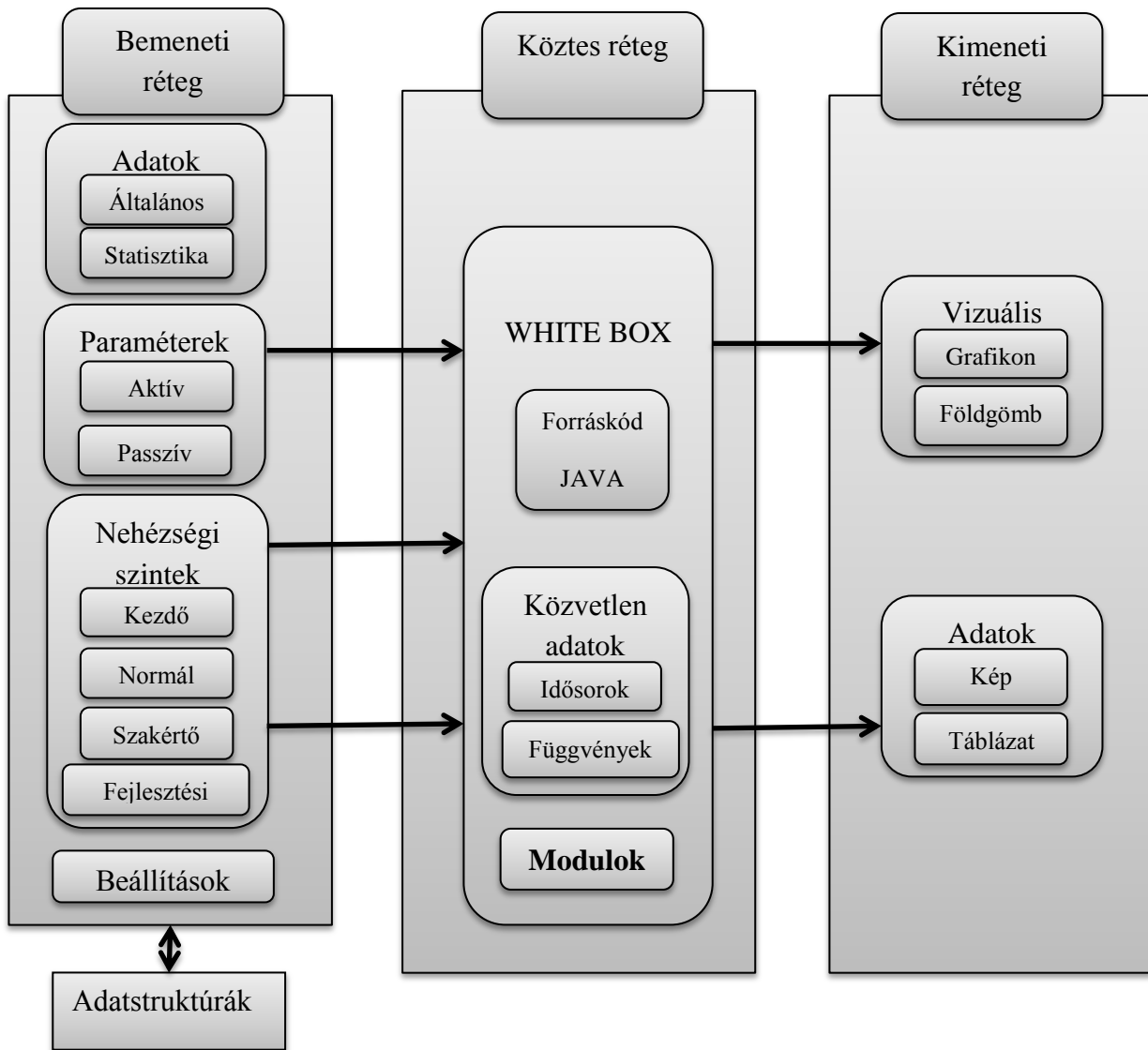
- interaktív használat és kezelőfelület,
- megközelítőleg 200 állítható paraméter,
- a paramétereiben nem csak környezeti, kémiai és demográfiai tényezők vannak, hanem megjelennek a gazdaságiak is,
- gazdasági folyamatokat is modellezik a szimulációkban,
- jóléti költségeket is használnak a szimulációkban,
- IPCC által használt forgatókönyvek teljes körű implementálására is alkalmas,
- azonnal látható a kimeneti eredmény,
- bárki számára elérhető,
- bárki által könnyen használható, mivel több felhasználói szintet tartalmaz, ennek következtében még a laikusok is kezelni tudják,
- bárki által módosítható és továbbfejleszthető a program,
- a használathoz nem szükséges nagy teljesítményű számítógép vagy géppark,
- 11 nyelvet támogat. (Sajnos, a magyar nincs a támogatott nyelvek között, ezért a továbbiakban az angol nyelvű változatot használom.)

A program futtatható változata a következő linkről érhető el:

<http://www.astr.ucl.ac.be/users/matthews/jcm>

4.2. A program felépítése

A Climate program részletesebb architektúráis és szoftvertechnológiai áttanulmányozása után, a 4.1. ábrát készítettem el, amely részletesen szemlélteti a program egyes fontos egységeit.



4.1. ábra: A program szerkezeti felépítése

A programot 4 fontosabb részre osztottam:

- Bemeneti Réteg
 - o Adatok
 - o Paraméterek

- Beállítások
- Köztes Réteg
 - Forráskód
 - Közvetlen adatok
 - Modulok
- Kimeneti Réteg
 - Vizuális
 - Adatok
- Adatstruktúrák (A konfigurációs paraméterek tárolása szolgáló modul, az adatokat külső fájlokban lehet tárolni.)

4.2.1. Bemeneti réteg

Adatok

Azok az adatok helyezkednek el ebben a rétegben, melyek külön-külön el vannak szeparálva a forráskódtól, és ezek külső CSV (szeparátorokkal elválasztott text adatfájl) fájlokban találhatóak. Ezek az adatok a felhasználók által nem módosíthatóak.

Általános

Országgra vonatkozó adatok, minden egyes országra a következőket tartalmazzák:

- az ország teljes megnevezése,
- az ország autó jelzése (ország 3 betűs rövid megnevezése),
- HTML színkód, amellyel a grafikonoknál meghatározza a kirajzolandó grafikon/vonal színét.

Statisztikai

A program használatához szükséges különböző fontos szervezetek által gyűjtött hiteles statisztikai adatok (idősorok). Ezek részletesen megtalálhatóak az 4.1. táblázatban.

	Típus	Kezdeti év	Utolsó év	Lépés év	Rövid leírás	Forrás (internetes elérhetőség)
1	CH ₄	1990	2020	5	metán kibocsátás, országokra lebontva	EPA http://epa.org
2	N ₂ O	1990	2020	5	dinitrogén-oxid kibocsátás országokra lebontva	
3	Népesség	1700	1995	1	népességméret országokra lebontva	RIVM http://rivm.nl
4	GDP	1950	2004	1	GDP országokra bontva	http://pwt.econ.upenn.edu
5	Népesség	1950	2004	1	népesség országokra bontva	
6	Vásárlóerő	1950	2004	1	vásárlóerő országokra bontva	
7	Valuta árfolyam	1950	2004	1	valuta árfolyam dollárhoz viszonyítva	
8	CO ₂	1990	2002	1	CO ₂ kibocsátás	UNICEF
9	GDP	1980	2014	1	NGDPD	WEO
10	GDP/PPP	1980	2014	1	1 főre jutó GDP	
11	CO ₂	1750	2009	1	CO ₂ kibocsátás a fosszilis anyagok égetéséből	CDIAC 2009 http://cdiac.ornl.gov

4.1. táblázat: A programban használt statisztikai adatok

A régiók adatai

Az alábbi struktúra a különböző rendszerezések alapján tartalmazza az országok csoportosítási lehetőségeit:

- kontinensek
- egyezmények
- szervezetek
- régiók
- program készítői által létrehozott csoportosítások

A vízszint magasságára vonatkozó adatok

SLR (Sea Level Rise)- re és az MSL (Mean Sea Level mm/év) –re vonatkozó adatok. E részben találhatóak meg az adott tengerszinten élő országok népességi adatai is.

IPCC SRES adatok (előrejelzés 2100-ig)

IPCC jelentések alapján az idősorok 2100-ig tartalmazzák: a fosszilis üzemanyag kibocsátást, GDP alakulását és a népesség változását. Minden egyes adat mind a 6 forgatókönyvben szerepel.

Paraméterek

A program moduláris felépítésű, melyben az egyes almodulok előre meghatározott módon gráfszerűen kapcsolódnak egymáshoz. Az almodulok esetlegesen további kisebb részekből épülhetnek fel. A modulok elemei/paraméterei a következők lehetnek:

- táblázat
- konkrét fix érték egy behatárolt intervallum
- konstans érték
- felsorolásból választható típus
- logikai paraméter (igaz, hamis érték)

Nehézségi szintek

A program könnyebb felhasználása végett 4 különböző felhasználói szintet implementáltak. A különböző szintek megkönnyítik az eltérő tudásszintű felhasználók programhasználatát is. A 4.2. táblázat részletes bemutatja, hogy az egyes felhasználói szintekhez milyen komplexitású modulok és almodulok kapcsolódnak.

Megnevezés	Kezdő (Beginner)	Normál (Normal)	Szakértő (Expert)	Fejlesztési (Experimental)
Szükséges aktív paraméterek (Needed (Active) Parameters)	+	+	+	+
Összes paraméter (All Parameters)	-	-	+	+
Grafikonok ábrázolása (Curves)	+	+	+	+
Több világ (Parallel Worlds)	-	-	+	+
Térképes megjelenítés (Maps)	+	+	+	+
Interaktív térkép/kapcsolatok (Interaction Map)	-	+	+	+
Dokumentáció (Documentation about)	+	+	+	+
Program forrása (Source)	-	-	+	+
Bemenő adatok (Input Data)	-	-	+	+
Számítási szkriptek (Calculation) Script	-	-	+	+
Fa (Tree)	-	-	-	+

4.2. táblázat: A nehézségi szintekhez tartozó rétegek

Needed (Active) Parameters: A felhasználó által módosítható paraméterek: gombok, csúszkák, szövegmezők, amelyek egy felhasználói felületen keresztül módosíthatóak.

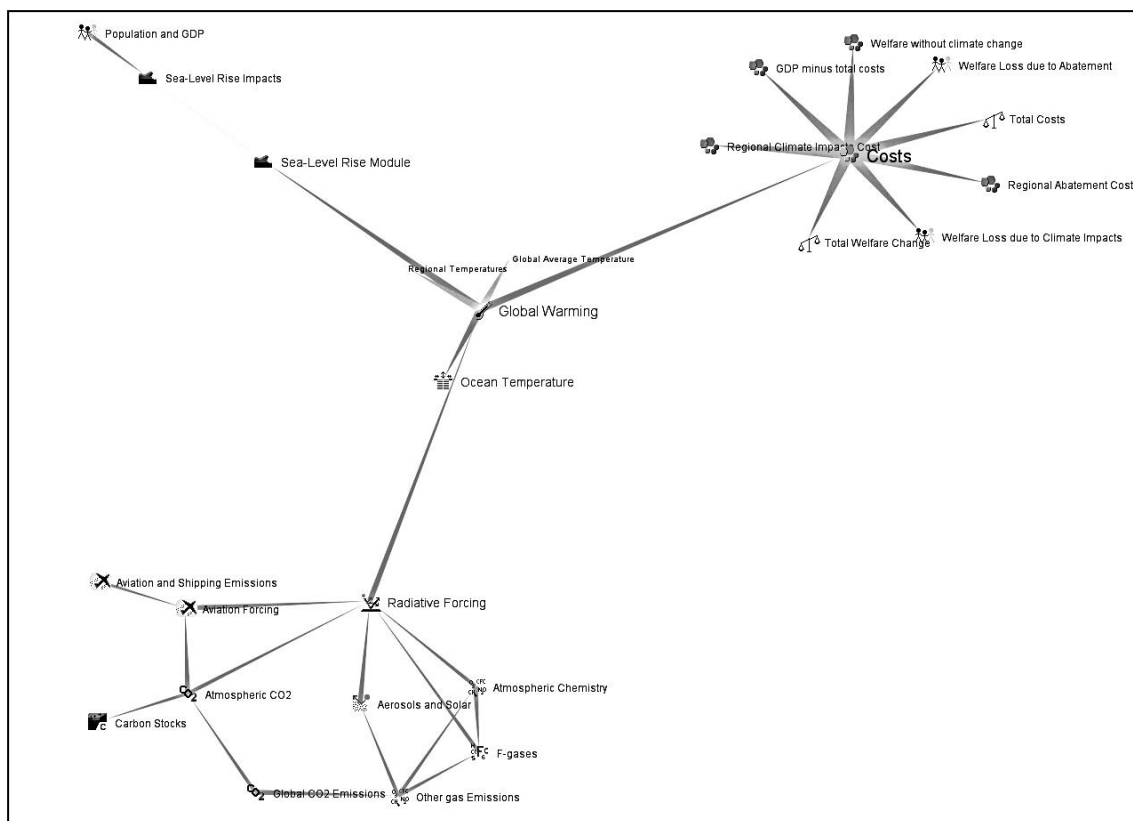
All Parameters: A program által használt összes paraméter megjelenítése, amelyek lehetnek statikusak (előre rögzítettek) és dinamikusak (a felhasználó által módosítható).

Curves: A program által használt bemeneti, és az általa generált kimeneti „görbék” (statisztikák) megjelenítése.

Parallel Worlds: Egy időben történő több scenáriótípus/alternatíva alkalmazását segíti.

Maps: Vizuális térképes megjelenítés, amelyek a következők lehetnek: kivetített, gömb és polár.

Intaraction Map: Az adott modulok és almodulok részei közötti interakciók megjelenítésének vizuális engedélyezése. Az ábrák gráf formában jelennek meg. A gráf pontjai az egyes modulok, vagy almodulok, az élek pedig az elemek közötti kapcsolatok (4.2. ábra). Fontos megjegyezni azt a tényt, hogy az almodulok csak egy modulon belül kommunikálhatnak egymással. A különböző modulok almoduljai csak a modulokon keresztül kommunikálnak egymással. A modulkapcsolatokat az alábbi ábra szemlélteti.



4.2. ábra: **Interakciós gráf** (Kép a programból.)

Documentation about: Részletes információk lekérdezése a program minden egyes részéről.

Source: A program forrásfájljainak (JAVA forráskódok) láthatóvá tétele.

Input Data: A program futtatásához szükséges külső adatfájlok láthatóságának engedélyezése.

Beállítások

A programbeállítások módosítása vizuális felhasználói felületen keresztül történik. Az egyik legfontosabb beállítási funkció a nyelvválasztás, mellyel a különböző anyanyelvű felhasználók a modulokat és a paramétereket a saját nyelvükre tudják szabni. Fontos megjegyezni, hogy jelenleg a dokumentációk és a menürendszer elemei angol nyelven jelennek meg. Egy másik lényeges beállítási paraméter a betűtípusok mérete, amellyel a felhasználó látásának megfelelő ideális méretet lehet beállítani. A vizuális beállítási funkciók közül fontos megemlíteni az előre letárolt térbeosztás (layout) típusokat, melyekkel egyszerre több vizuális szimulációs kimenet jeleníthető meg a képernyőn.

A beállítások között találhatóak olyan paraméterek is, melyek a szimulációk kimeneteiért felelősek. A legfontosabb a komplexitási szintbeállító, mellyel a felhasználó beállíthatja a programban a kompetencia szintjét (kezdő, normál, szakértő, fejlesztő). Egy másik lényeges paraméter a futási idő hosszának beállítása, amellyel a szimulációk idejét lehet beállítani.

4.2.2. Köztes réteg

A program legfontosabb része, amelyet a fejlesztők JAVA nyelven készítettek el. A teljes szimulációk számítása ebben a részben történik. A köztes réteg a bemeneti résztől kapja az információkat és feldolgozás után továbbítja a kimeneti rétegnek. A rétegben különböző tudományosan specifikált módszert és algoritmust implementáltak.

A rétegben találhatóak olyan beágyazott adatok, amelyeket a felhasználók egyáltalán nem tudnak módosítani. Ezek közé tartoznak például különböző előre tárolt idősorok, amelyeknek a tárolása rögzített időnkénti diszkrét adatokkal történik.

A modulok felépítése

A modulok vagy azok egyes almoduljai egymással interakcióba lépnek és folyamatosan kommunikálnak a szimuláció közben. Az egyes modulok a paramétereiket a kimeneti és a köztes rétegből kapják. A paraméterek közül közel 200-at a felhasználó interaktívan tud módosítani.

1. Célok és forgatókönyvek (Objectives and Scenarios)

A program egyik legfontosabb modulja, amellyel a felhasználó a legfontosabb beállításokat végezheti el. Ezek közé tartozik a scenárió módozatának kiválasztása, vagyis az IPCC által kidolgozott scenáriók közül ki lehet egyet választani. Fontos megemlíteni azt, hogy ha a felhasználó egy konkrét scenárió típust választ ki, akkor az arra a módszerre előírt, előre rögzített adatokkal történnek a későbbi számítások. Ha esetlegesen a felhasználó a számítási módozatnak például a stabilizációs scenárióját választja, akkor a következő tényezők közül lehet választani: légköri CO₂ koncentráció, globális átlaghőmérséklet, tengerszint emelkedése, de ezeken kívül még egyéb komplexebb feltételeket is választhat.

A modul tartalmazza még a globális a CO₂-re vonatkozó korrekciós hatásokat is, amelyek a SRES forgatókönyvekben használt adatokhoz közelítik a szimuláció alapján kapott eredményeket. Ezeknek a paraméterei a következők lehetnek: földhasználat és fosszilis elhasználásból/égetésből származó eredmények.

A modul egy fontos része a regionális csoportosítás meghatározása, amellyel a kimeneteken csak a kiválasztott csoportok szerint jelennek meg az adatok. Ezek a következők lehetnek: Nations, Kyoto, SRES 4 region set, JCM 12 region set, JCM 25 Region Set, JCM 50 region set, swin24, Swiss-India analysis 16, Niklas MATCH, IMAGE-17, jcm12image, EDGAR, Houghton regions, RICE94, CWS 15 regions, GEME 18, Nicholls SeaLevel, All Land (dividing large nations), All Regions (inc Oceans), Ocean regions, TCGIA. (Ezek a csoportosítási módok egyezményekből, modellekből és a program készítői általi saját csoportosításokból származnak.). Fontos megjegyezni azt a tényt, hogy a modul az egyes paraméterek beállításai következtében nagy hatással lesz a kimeneti eredményekre.

Végezetül a modul legmeghatározóbb eleme a 2100. utáni szimulációkból keletkező adatok illesztése, amelyek a következők lehetnek: konstans nem változó, lineáris, exponenciálisan csökkenő konstans, exponenciális regresszió a 2050-2100-ig terjedő adatokra.

2. Ember és gazdaság (People and Economy)

Az adott modulban régiókra lebontva találhatóak meg a legfontosabb gazdasági és társadalmi tényezők. (népesség, GDP és ezeknek kombinációi). Paraméterekkel szabályozható, hogy a GDP és a népesség milyen ütemben közelítsen a SRES scenáriókhoz.

A modell egyik legfontosabb gazdasági modulja itt található, mellyel az éghajlatváltozás költségeinek paramétereit lehet leírni. Ezen belül a következőket lehet módosítani: jelen állapot jóléti változásának hatása a jövőre, jövedelem határhasznának rugalmassága, dinamikus GDP használata a számításokban, CO₂ kibocsátását csökkentő technológiák alkalmazása.

3. Regionális és ágazati kibocsátások (*Regional/ Sectoral Emission*)

A regionális kibocsátások adatainak forrásául az SRES scenáriók szolgáltatják az alapokat. Ezek az adatok regionális bontásokban találhatóak meg, amelyek a következők: a fosszilis energiaforrások elégetésével keletkező CO₂ kibocsátás, földhasználat következtében keletkező CO₂, CH₄ és az N₂O gázok kibocsátása.

Repülőgépek és űrhajók általi kibocsátás almodullal a légi közlekedésben használt járművek károsanyag kibocsátását lehet felhasználni a szimulációkhoz. Ezeket az adatokat a különböző modellekből nyerték ki: *IPCC Special Report on Aviation* (1999), CONSAVE projekt (*Berghof*, 2005), FAST scenáriók (*Owen és Lee*, 2006).

4. Föld használat (*Land Use Change*)

Földhasználat következtében kibocsátott CO₂ gáz regionális bontásban. Az adatokat a SRES forgatókönyvek szolgáltatják.

A földhasználat következtében fellépő CO₂ kibocsátás meghatározása még napjainkban is nagyon bizonytalan. Ennek következménye a statisztikai adatok hiányossága. A modul a számításokhoz, a HYDE (*History Database of the Global Environment*, <http://themasites.pbl.nl/en/themasites/hyde/index.html>) földhasználati adatbázist használja.

5. Szén körforgás, források és nyelők (*Carbon Cycle, Sources and Sinks*)

A modul a szén körforgási folyamatát határozza meg a következő rétegekben: légkör, óceán, bioszféra. Ezt a következő két módszer közül lehet kiválasztani: ACCC vagy Bern modell.

Az óceánok kémiai hatásai almodulnál a szén tárolási mechanizmusát lehet beállítani, melyről a tudósok már régen bizonyították, hogy igen nagy hatással van a globális éghajlatváltozás késleltetésére.

6. *Egyéb gázok és az aeroszolok (Other Gases and Aerosols)*

A modul a CO₂ gázon kívül tartalmazza a többi klímaváltozásért felelős gáz koncentrációját és kibocsátási értékeit. A Gázok listája: CH₄, N₂O, ózon, NO_x, CO, VOC (vulkáni eredetű szerves szén). Az F-gázok: CFC-k, HFC, PFC, SF₆. Ezen kívül a modul számolja a szén és szulfát aeroszolok radioaktív hatását is.

7. *Globális visszahatások/visszacsatolások, klíma, tengerszint (Global Forcing, Climate, and Sea-Level)*

Ez a modul a felelős a legfontosabb környezeti kimenetekért, amelyek közé a következők tartoznak: globális hőmérséklet, óceánok hőmérséklete rétegenkénti bontásban, és a tengerszint aktuális magassága.

8. *Regionális éghajlat és hatásai (Regional Climate and Impacts)*

Regionális és szezonális éghajlatváltozások számítása.

4.2.3. *Kimeneti réteg*

Grafikon: A felhasználók által a legfontosabbnak ítélt adatok vizuális megjelenítése grafikonok formájában. Minden egyes típusnak a színe előre rögzített fix értékű, így azokat a felhasználók könnyen azonosíthatják. A színekhez tartozó megnevezések is fel vannak tüntetve a grafikon jobb szélén.

Táblázat: A statisztikai adatok (idősorok) táblázatban való megjelenítése.

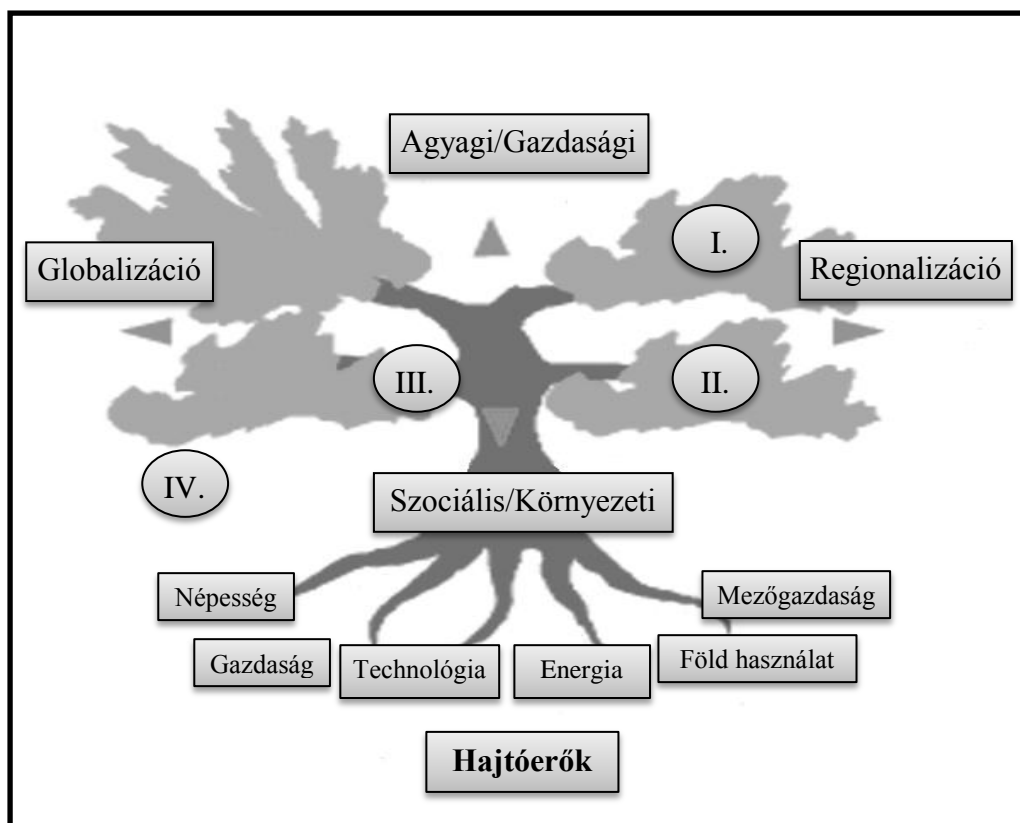
Földgömb: A vizuális helymeghatározás miatt a felhasználóknak a program a kimeneti adatokat a Föld egy speciálisan vetített változatára helyezi. A vetítések típusai a következők lehetnek: térkép, gömb és polár.

Kép: Képfarmátumok (png, jpeg) generálása minden egyes vizuálisan megjeleníthető kimenetből, amelyek bármilyen típusú képnézegetővel később megtekinthetők.

5. Alternatívák képzése a JAVA Climate Model-lel

5.1. Az alternatíváképzés szempontjai és az egyes alternatívák

Olyan alternatívák kidolgozására törekedtem, amelyek igazodnak a JCM speciálisan változtatható paramétereire, megmutatva a modellel szimulálható szélső értékeket. Az ezek közötti lehetséges tartományban két olyan alternatívát is készítettem, amelyek hatékonyabb és a fenntarthatóság felé vivő lehetséges utakat vetítheti előre. Az 5.1. és az 5.2. táblázatokban összefoglalom, hogy a JCM mely fontos változtatható elemei képezik a scenárióképzés folyamán használt alap-paramétereket. Úgy próbáltam kiválasztani a paramétereket, hogy azok a szimulációk végkimenetelére a legnagyobb hatással legyenek. Összefoglalásként az 5.1. ábrával szemléltetem, hogy a választott alternatívák az IPCC szerinti scenárióképzésbe hogyan illeszkednek bele.



5.1. ábra: Az alternatívák elhelyezkedése az IPCC scenárióelemzés szerint

	Modul	Modul (angol megnevezés)	Paraméter	Paraméter (angol megnevezés)	Leírás
1	Célok és forgatókönyvek	Objectives and Scenarios	Forgatókönyv típus	Scenario Type	IPCC SRES forgatókönyvek használata vagy speciális szűrőfeltételek alapján összerakott SRES forgatókönyv használata
2	Célok és forgatókönyvek	Objectives and Scenarios	SRES forgatókönyv típus	SRES Baseline Scenario	IPCC SRES forgatókönyv adatainak alkalmazása a szimulációhoz
3	Célok és forgatókönyvek	Objectives and Scenarios	Stabilizáció	Stabilisation	CO ₂ , hőmérséklet, tengerszint, kibocsátások stabilizációs szintjének beállítása
4	Célok és forgatókönyvek	Objectives and Scenarios	Globális CO ₂ kibocsátás	Global CO ₂ Emissions	Földhasználat és a fosszilis anyagok elégetéséből származó CO ₂ kibocsátás kalkulációja, ez a számítás a történelmi és scenárió adatok között történik
5	Célok és forgatókönyvek	Objectives and Scenarios	Függvényillesztési módszer	Post-2100 Extrapolation Method	Függvény illesztés típusának módszere
6	Ember és gazdaság	People and Economy	Idő preferencia rátája	Pure Rate of Time Preference	Jelen állapot jóléti változásának hatása a jövőre
7	Ember és gazdaság	People and Economy	Egyenlőség/ Egyenlőtlenség súlyozása	Inequality Aversion / Equity Weighting	Jövedelem határhaszonjának a rugalmassága
8	Ember és gazdaság	People and Economy	Dinamikus GDP	Use Dynamic GDP	GDP visszajelzésének használata az egyes formulákban
9	Ember és gazdaság	People and Economy	Gátló technológia	Include Backstop Technology	CO ₂ kibocsátását csökkentő technológiák alkalmazása (ár/tonna)

5.1. táblázat: **A JCM használandó paramétereinek összefoglalása 1.**

	Modul	Modul (angol megnevezés)	Paraméter	Paraméter (angol megnevezés)	Leírás
10	Szénkörforgás, források és nyelők	Carbon Cycle, Sources and Sinks	ACCC vagy Bern modell	ACCC simple carbon model vagy Bern Carbon model	Atmoszférikus lineáris CO ₂ modell. (ACCC, Attribution of Contributions to Climate Change) Bern modell használata (CO ₂ kibocsátás modellezése)
11	Szénkörforgás, források és nyelők	Carbon Cycle, Sources and Sinks	Óceán kémia	Ocean chemyst	Óceánokra vonatkozó kémiai számítások
12	Egyéb gázok és az aeroszolok	Other Gases and Aerosols	Egyéb gázok kibocsátási lehetőségei	Options for other gas emissions	Egyéb gázokra vonatkozó kibocsátási lehetőségek, mely gázok a következők: CH ₄ , N ₂ O, F-gázok (HFC-ek, PFC-ek, SF ₆), a troposzférikus ózon prekursorok (CO, VOC, NO _x) és aeroszolok (SO _x , korom)
13	Egyéb gázok és az aeroszolok	Other Gases and Aerosols	IPCC-TAR ózon formula	Use original IPCC-TAR Ozone formula	Topszférikus ózonszámítás
14	Globális visszahatások/visszacatolások, klíma, tengerszint	Global Forcing, Climate, and Sea-Level	Radioaktív hatás	Radioactive Forcing	Földre bejövő és távozó sugárzások alkalmazása
15	Globális visszahatások/visszacatolások, klíma, tengerszint	Global Forcing, Climate, and Sea-Level	Éghajlati érzékenység	Climate sensitivity	Az átlagos hőmérsékletváltozás dupla CO ₂ koncentráció esetében

5.2. táblázat: A JCM használandó paramétereinek összefoglalása 2.

5.1.1. I. alternatíva: Határtalan változás

Az adott alternatíva képzésének alapjául a SRES A2-es forgatókönyvet használtam fel, amelyre a folyamatos gazdasági és népességnövekedés jellemző, korlátozások nélkül. Ugyanakkor a lassú alkalmazkodás is jellemzi az alternatívát, melynek hatására a „túllövés” lesz jellemző. Ennek egyik következménye az, hogy a technológiára a lassú megújulás lesz jellemző. Ezért a fosszilis energiaforrásokra való támaszkodás nagyobb lesz, amely nagymértékű CO₂ kibocsátást von maga után, és amelyet az elmaradott és lassan megújuló technológiák következtében egyáltalán nem tudnak semlegesíteni. Ha esetlegesen mégis elterjednének ezek a technológiák, akkor azokat kimondottan csak a jóléti társadalmak fogják alkalmazni. A többi fejletlen vagy fejlődő országra ez nem lesz egyáltalán jellemző.

A jóléti hatások, melyek esetlegesen a jövőbeli költségeket csökkenteni tudnák, egyáltalán nem fogják jellemezni ezt az alternatívát.

A CO₂-n kívül a környezetbe jutó és a klímaváltozásért felelős más gázok semlegesítésével vagy esetleges csökkentésével a társadalom nem tud mit kezdeni.

5.1.2. II. alternatíva: A növekedés és a fenntarthatóság egyensúlya

Az adott alternatíva képzésének alapjául a SRES A2-es forgatókönyvet használtam fel, amelyre a korlátozások nélküli folyamatos gazdasági és népességnövekedés jellemző. Az adott forgatókönyvet a lassú technológiai növekedés jellemzi, de a program paraméterterének megfelelő alkalmazásával egy nagy technológiai változás lehetőségével is számoltam.

A forgatókönyvre a nagy mennyiségű CO₂ gáz kibocsátás a jellemző, melyet a társadalom kisebb-nagyobb sikerrel próbál stabilizálni vagy csökkenteni. Ennek érdekében folyamatosan újfajta technológiákat kell bevezetni. Ennek következtében egyre több környezetbarát technológia fog megjelenni, amelynek a káros anyag kibocsátása folyamatosan csökken. Az új technológiák terjedése mellett figyelembe kell venni, hogy a társadalom nagymértékű gazdasági növekedést is próbál elérni, aminek a következményei miatt így is több CO₂ juthat a légkörbe. A többi környezetbe jutó és a klímaváltozásért felelős egyéb gázokra is folyamatosan változó (javuló) technológiák kerülnek bevezetésre, de a gazdaság nagymértékű

növekedése miatt a technológiai változás ez esetben sem lesz képes megoldani a problémákat hosszú távon. Az alternatíva kidolgozásakor megpróbáltam minél nagyobb jóléti hatásokat elérni azzal a várakozással, hogy azok hosszú távon lehet, hogy pozitív hatással lesznek a végső következményekre.

5.1.3. III. alternatíva: A fenntarthatóság felé vezető úton

Az adott alternatíva képzésének alapjául a SRES B1-es forgatókönyvét választottam. Erre a forgatókönyvre a folyamatos gazdasági és technológiai növekedés a jellemző. A népesség a XXI. század közepére éri el a maximumát, és ezután folyamatosan csökkenni fog. A technológiai fejlődés következtében folyamatosan megjelennek a hatékony megújuló energiaforrások. Ezeknek a hatására a társadalom folyamatosan áttér a fosszilis energiaforrásokról a megújuló új erőforrásokra. A folyamat egyik következménye, hogy a CO₂ és a klímaváltozásért felelős egyéb gázok jelentősen csökkennek.

A jóléti hatások ebben az alternatívában már jelentős szerephez jutnak.

5.1.4. IV. alternatíva: Mindent a fenntarthatóságért

Az adott alternatíva képzésének alapjául a SRES B1-es forgatókönyvet választottam, de a forgatókönyv több paraméterére sokkal nagyobb mértékben változó feltételeket szabtam, mint amik az eredeti scenáriókban szerepeltek. Ezeknek a módosításoknak a következtében minden paraméterben pozitív irányú változások következtek be a jövőt illetően. A gazdaságra és a technológiára a folyamatos növekedés a jellemző. A népesség a XXI. század közepére eléri a maximumot, és ezután folyamatosan csökkenni fog. A nagyon nagymértékű technológiai fejlődés következtében folyamatosan megjelennek a hatékonyan felhasználható megújuló energiaforrások. Ezeknek a hatására a társadalom pár évtized alatt áttér a fosszilis energiaforrásokról a megújuló környezetkímélő energiaforrásokra. Az áttérés egyik következménye, hogy a CO₂ és a klímaváltozásért felelős egyéb gázok kibocsátása néhány évtized alatt minimalizálódni fog, de azok korábban kibocsátott tömege a légkörben és az óceánokban még több évszázadig éreztetni hatásait.

A jóléti hatások ebben az alternatívában már egy nagyon nagymértékű éves növekedést eredményeznek, melynek hatására az elkövetkezendő pár évtizedben nagy változások következnek be.

Mivel az IPCC forgatókönyvekhez az előrejelzett adatok 2100-ig vannak rögzítve, ezért a szimulációkat egy ennél távolabbi időtávig, 2300-ig futtattam.

A 5.3. táblázatban összegeztem, hogy a JCM programban a 4 alternatívához mely paraméterek kiválasztása történt meg.

	Paraméter (angol megnevezés)	Paraméter	I.	II.	III.	IV.
1	Scenario Type	Forgatókönyv típus	SRES	SRES	SRES	Stabilizáció
2	SRES Baseline Scenario	SRES forgatókönyv típus	A2	A2	B1	B1
3	Stabilisation	Stabilizáció	-	-	-	CO ₂ -re történő stabilizáció, minden azonnal történik meg és a legnagyobb határértékkel
4	Global CO ₂ Emissions	Globális CO ₂ kibocsátás	Rate: MAX, Sink: 0	Rate:Átlag, Sink: Átlag	Rate: Átlag, Sink: Átlag	Rate: 0, Sink: MAX
5	Post-2100 Extrapolation Method	Függvényillesz- tési módszer	exponenciális regresszió	exponenciális regresszió	exponenciális regresszió	exponenciális regresszió
6	Pure Rate of Time Preference	Idő preferencia rátája	0%	0,5%	0,5%	1%
7	Inequality Aversion / Equity Weighting	Egyenlőség/ Egyenlőtlenség súlyozása	0%	0,5%	0,5%	1%
8	Use Dynamic GDP	Dinamikus GDP	használata	használata	használata	használata
9	Include Backstop Technology	Gátló technológia	nincs	500	500	100
10	ACCC simple carbon model vagy Bern Carbon model	ACCC vagy Bern modell	ACCC	ACCC	Bern Carbon	Bern Carbon
11	Ocean chemyst	Óceán kémia	-	szén hőmérsékletre való visszacsatolása levegő-óceán gáz csere: maximum	szén hőmérsékletre való visszacsatolása levegő-óceán gáz csere: maximum	szén hőmérsékletre való visszacsatolása levegő-óceán gáz csere: maximum
12	Options for other gas emissions	Egyéb gázok kibocsátási lehetőségei	nincs rögzítés	SRES-hez rögzítés	SRES-hez rögzítés	2000-es év szintjéhez rögzítés
13	Use original IPCC-TAR Ozone formula	IPCC-TAR ózon formula	használata	használata	használata	használata
14	Radioactive Forcing	Radioaktív hatás	kikapcsolva (CO ₂ kibocsátás számítása a repülőknél)	használata	használata	használata
15	Climate sensitivity	Éghajlati érzékenység	3	1,5	1,5	nem következik be a korlátozások miatt

5.3. táblázat: Az általam használt paraméterek az egyes scenáriókhöz

Megjegyzések:

- CWS 15 régió (5.1. ábra) szerinti megjelenítést használtam, amely gazdasági csoportosítást a Climneg II projektben (<http://www.core.ucl.ac.be/climneg>) vezették be.



5.2. ábra: CWS 15 régió szerinti csoportosítás

- A IV. alternatíva kidolgozásánál a programban található összes stabilizációs paraméterre a legnagyobb korlátozást alkalmaztam. Az időbeli korlátozásokra a 2011. évet alkalmaztam, vagy a paraméterek által engedélyezett hozzá legközelebb eső időpontot.
- Az I-es alternatívánál a programban lévő illesztési problémák miatt, amelyek szétcsúszott grafikonokat eredményeztek hosszú távon, az ACCC modellt kellett alkalmazni. Ennek következtében minimálisan jobb szimulációs eredményt kaptam, mint a Bern modell esetében.

5.2. A szimulációs eredmények bemutatása

A szimulációk futási időtávja 2300, de az összefoglalóban az adatok szemléltetése végett, egy közeli (2050) és egy nem túl távoli (2100) időpontot is feltüntetek.

A programmal elvégzett szimulációk után elemeztem a kimeneti adatokat (5.4. tábla), amelyek közül fontos szerepet szántam a gazdasági, a demográfiai és a környezeti kimeneteknek. A fejezetben összefoglalom az általam levont következtetéseket, melyekhez a gazdaság szempontjából legfontosabbnak talált kimeneti adatokat használtam.

Az alábbi szempontok szerinti elemzésben mutatok be minden szimulációs kimenetet:

- *Piacorientáltság:* A legfontosabb szempont a profit termelése és a vállalatok termelésének folyamatos növelése.

- *Politika-orientáltság:* A világ kormányainak döntéshozatalai alapján történő elemzés, melyben a társadalom által választott, vagy a hatalmat fegyveres úton megszerző politikusok a választóik érdekeinek, vagy a saját érdekeiknek a megvalósítását segítik elő.

- *Gazdagok prioritása:* A világ gazdagabb társadalmainak, vagy esetleg csak a gazdag embereknek a szempontjai alapján történő elemzés.

- *Megóvás-orientáltság:* A társadalom, a környezet és az erőforrások megóvásának mértéke szerinti elemzés.

A szempontokat a GEO forgatókönyvek alternatíváiból vettem, és arra használtam fel azokat, hogy megmutassam az általam képzett komplex jövőalternatívák milyen formában és mértékben hordozhatják e tulajdonságokat.

Megnevezés	Leírás	I.			II.			III.			IV.		
		2050	2100	2300	2050	2100	2300	2050	2100	2300	2050	2100	2300
GDP (10 ¹² \$/év)	GDP	145	396	1630	145	396	1630	213	465	333	251	421	333
Teljes költség (10 ¹² \$/év)	Regionális költségcsökkentések az üvegházhatású gázok kibocsátása miatt plusz az éghajlatváltozás által bekövetkezett költségek (pl.: károk)	1,92	20	400	2,46	18	251	5,52	13,07	23,21	1,3	0,2	0,1
Teljes jólét változása (10 ¹² \$/év)	Jóléti veszteség miatti csökkenés plusz a jóléti veszteség miatt az éghajlatra gyakorolt hatás	1,82	20	403	1,4	6,5	15,8	1,94	3,36	1,32	0,4	0,02	0,0002
Jólét klímaváltozás nélkül	Jóléti változások, figyelmen kívül hagyva a klímaváltozást	145	396	1630	93,5	146	101	105	113	19	55	27	1
Népesség (milliárd)	Népesség száma	11,22	15,05	10,6	11,22	13	10,6	8,68	7,06	1,9	8,68	7,06	1,9
Légköri CO ₂ szint (ppm)	Légkör CO ₂ koncentrációja	496	697	1673	496	697	1673	481	545	556	372	342	327
Globális átlaghőmérséklet (°C)	Áltagos középhőmérséklet	1,8	3,4	8,6	1,2	2,7	6	1,26	2,18	3,63	0,5	0,3	0,25
Tengerszint (méter)	Tengerszint	0,3	0,53	2,19	0,23	0,43	1,57	0,23	0,41	1,07	0,19	0,22	0,33

5.4. táblázat: Az alternatívák főbb jellemzői

5.2.1. Az I. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése

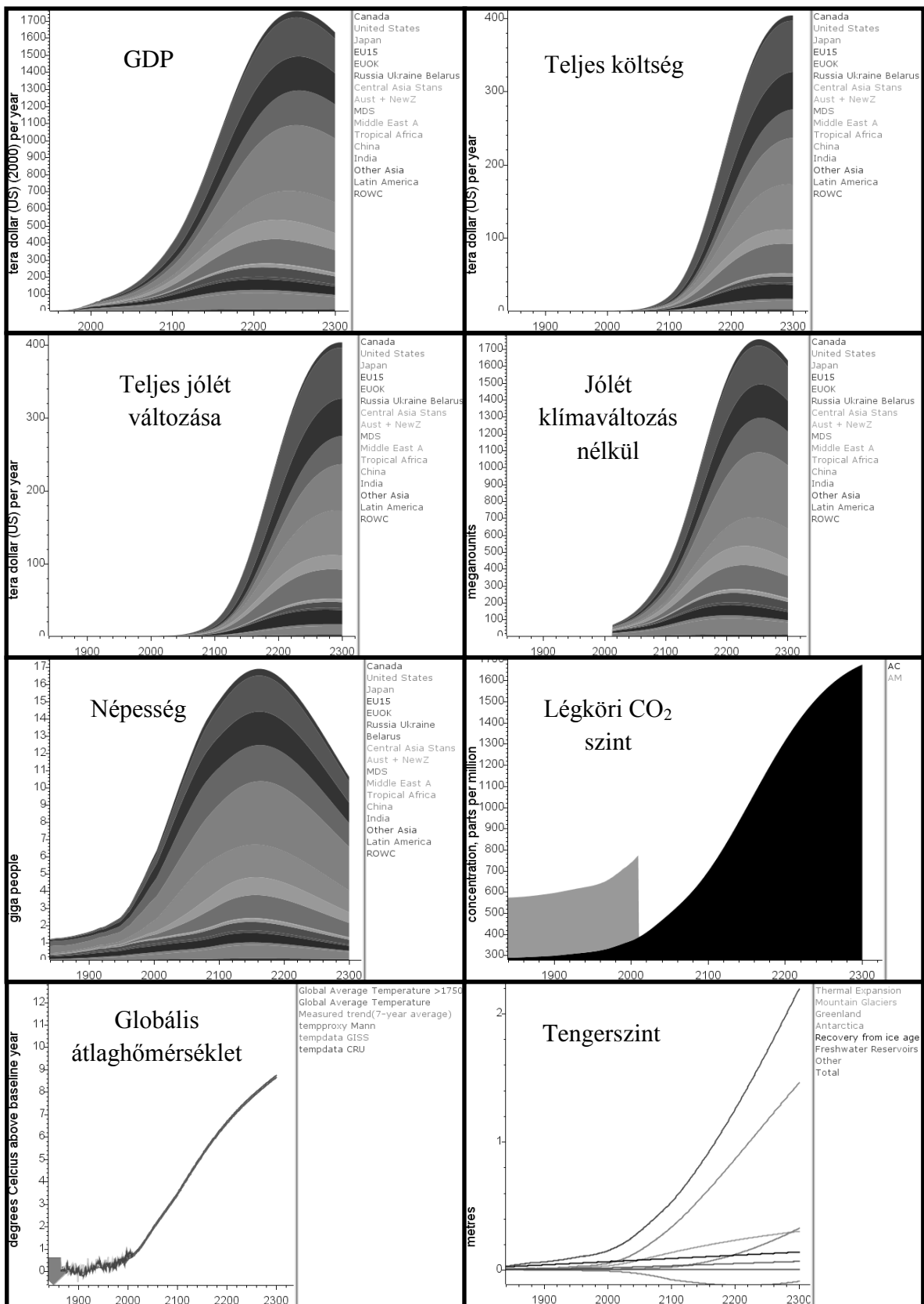
A szimuláció végeredménye

A globális átlaghőmérséklet emelkedése a XXI. század végére megközelíti a 3,5 °C-os hőmérsékletemelkedést, és a XXIII. század végére ez az érték elérheti a 9 °C körüli értéket (Lásd 5.3. ábrát!). Ha ez a hőmérsékletváltozás bekövetkezne – mint ezt az általam elkészített melléklet 2. ábrája mutatja – akkor a szárazföldi és a vízi ökoszisztéma nagy része kipusztulna, mert nem tudnának alkalmazkodni a megváltozott körülményekhez. Az ilyen mértékű hőmérsékletemelkedés hatására a sivatagok méretei évről-évre növekednének, ugyanakkor a jégsapkák évről-évre csökkennének, melyeknek hatására a tengerszint nőni fog. (Ez összhangban van Norman Myers (*Myers*, 2005) álláspontjával, aki szerint ilyen mértékű klímaváltozás mellett, amely jelenleg folyik, 2050-re 200 millió ember fogja otthonát elhagyni a klímaváltozás következtében.)

A modell szerint a Föld népessége, a folyamatos növekedés hatására a XXII. század közepére elérné a 17 milliárd főt. Ebből Kína lakossága megközelítőleg 3,7 milliárd fő lenne. Ennek a valószínűsége nem nagy, mivel az aktuális állapotok szerint is gondot okoz a nagy népesség, és egy háromszor ekkora embertömeget már az ország nem bírna eltartani. A XXII. század végén a Földön egy nagymértékű népességfogyás fog bekövetkezni. Ez valószínűleg az óriási túllövés következménye, mert ilyen magas mértékű népességnövekedést már az élelmiszer és az édesvíz készletek sem fognak elbírní.

A CO₂ szint a XXIII. század végére 1600 ppm fölötti értéket is elérhet, melynek a hatásai az alábbiak lehetnek:

- 1000 ppm fölött a tengeri áramlatok iránya megváltozhat.
- 1350 ppm fölött összeomolhat az Észak-atlanti áramlat.
- Mint ahogy a melléklet 1. táblázatában is látható, ilyen mértékű koncentráció hosszútávon károsítja az emberek egészségét.
- Mint ahogy az általam elkészített melléklet 2. táblázatában is látható, ilyen mértékű koncentráció már a Föld története során többször bekövetkezett. Ennek következtében a növény- és állatvilág bizonyos tagjai ki fognak halni a Földről. Az is elképzelhető, hogy mutáció segítségével új fajok/alfajok keletkeznek, melyek már alkalmazkodnak a megváltozott körülményekhez.



5.3. ábra: Az I-es alternatíva kimeneti eredményei

Piacorientáltság

A vállalatoknak nem érdekük, hogy bármilyen jellegű társadalmi felelősséget vállaljanak a környezet fenntarthatósága érdekében. Egyáltalán nem, vagy csak nagyon lassan vezetnek be új, környezetkímélő technológiákat. A vállalatok elsősorú és legfontosabb célja a profit és a termelés folyamatos növelésének fenntartása lesz. A Föld globális GDP-jére a folyamatos emelkedés lesz jellemző, de a GDP/népesség aránya maximum csak a fejlett régiókban fog nőni. Az elmaradott térségekben viszont nem tud nőni a GDP, sőt csökken a népesség növekedése miatt. A piaci szempontok uralma tovább növeli a GDP-ben mért gazdasági fejlettség különbségeit.

Politika-orientáltság

A kormányok alárendelik magukat a piacoknak, ezért a multinacionális vállalatok nagy hatással lesznek a politikai döntéshozatalokra. Ennek a következménye az lesz, hogy a politikai erők elsődleges célja csak kimondottan a munkahelyek teremtésének elősegítésére fog korlátozódni. A munkahelyek számának növekedése elsősorban a multinacionális vállalatok profitjának növekedését fogja támogatni.

A pazarló gazdasági növekedésnek köszönhetően, egyes régiókban az ivóvíz és élelmiszerkészletek hiánya fog eluralkodni, amelynek végső következményeként a szegényebb rétegek a gazdagabb rétegek ellen fognak fordulni. A szélsőséges politikai csoportok a szegényebb régiókban nagy szerephez fognak jutni, melyek hatására a gazdagabb társadalmak ellen terrortámadások következnek be.

Gazdagok prioritása

A világon a befolyásos emberek nagy része mindenáron a piac rohamos fejlődésének érdekében hozzák meg a döntéseiket. Ezeknek a döntéseknek a jövőbeni hatásai már nem nagyon módosíthatók. A fejlett társadalmak kizárólag csak a saját érdekeiket fogják előtérbe helyezni, és a szegényebbekkel egyáltalán nem fognak foglalkozni. Az elsődleges és legfontosabb eredmény a tőke, a gazdagság felhalmozódása lesz.

Ennek a mértéktelen környezet- és erőforrás-kihasználásnak a végkimenetele az lehet, hogy a gazdagabb társadalmakból, akik megengedhetik, azok el fogják hagyni a Földet (űrbázisok, más bolygók kolonizálása). Mérhetetlen gazdagságukat továbbra is csak a saját érdekükben használják majd fel.

Megóvás-orientáltság

A fejlett régiók lehet, hogy törekedni fognak a fenntarthatóság elérésére, de az elmaradott térségek a szegénység miatt semmit sem tudnak a fenntarthatóság érdekében tenni. A lassú technológiai fejlődés következtében és a népesség növekedése miatt a talajt folyamatosan terhelni fogják, és ennek következtében a degradáció mértéke ugrásszerűen nőni fog. Már nem, hogy növekedni, hanem éppen ellenkezőleg, már folyamatosan csökkenni fog a termőföldek összkapacitása. Ennek következtében első körben az élelmiszerek fognak drágulni, majd később hiánycikké válnak, melynek végső hatásaként világszerte a szegényebb társadalmakban mindennaposá válnának az éhezések és az e miatti elhalálozások. De a környezetben nagymértékben fellépő szennyezések következtében, az édesvíz készletek is óriási mértékben csökkenni fognak, és az elavult technológiáknak köszönhetően csak nagyon drágán tudnak előállítani édesvizet, melynek következtében a Földön globális ivóvíz hiány következik be.

A gazdasági fejlődés hatására a természetben található nyersanyagokat a jelenleginél még nagyobb mértékben használná el az emberiség, amelynek következménye a létfontosságú anyagok csökkenése, majd eltűnése lenne.

Ha a hőmérsékletnövekedés a XXIII. századra eléri a 9 °C körüli értéket, akkor ez a teljes ökoszisztéma összeomlását vonhatja maga után, amelynek következményeként a növény- és állatvilág szinte teljesen kipusztulna. Ugyanakkor a természeti katasztrófák is mindennaposá válnának. A tengerszint folyamatos emelkedése miatt a tengerparti városok teljes mértékben eltűnhetnek.

A határtalan növekedés tehát folytatódhat még elég sokáig, kb. 2200-2300-ig, miközben egyre nyilvánvalóbbá válik, hogy elfogy az emberiséget és az élővilágot eltető környezet bolygónkon. A folyamatokat már nem lehet visszafordítani. A jó élet egyre többbe kerül, miközben egyre hatalmasabb gazdagság is felhalmozódik. Ha a Föld kimerül, akkor ezt a gazdagságot új világ keresésére, és az áttelepülésre fordíthatják a gazdagok.

5.2.2. A II. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése

Szimuláció végeredménye

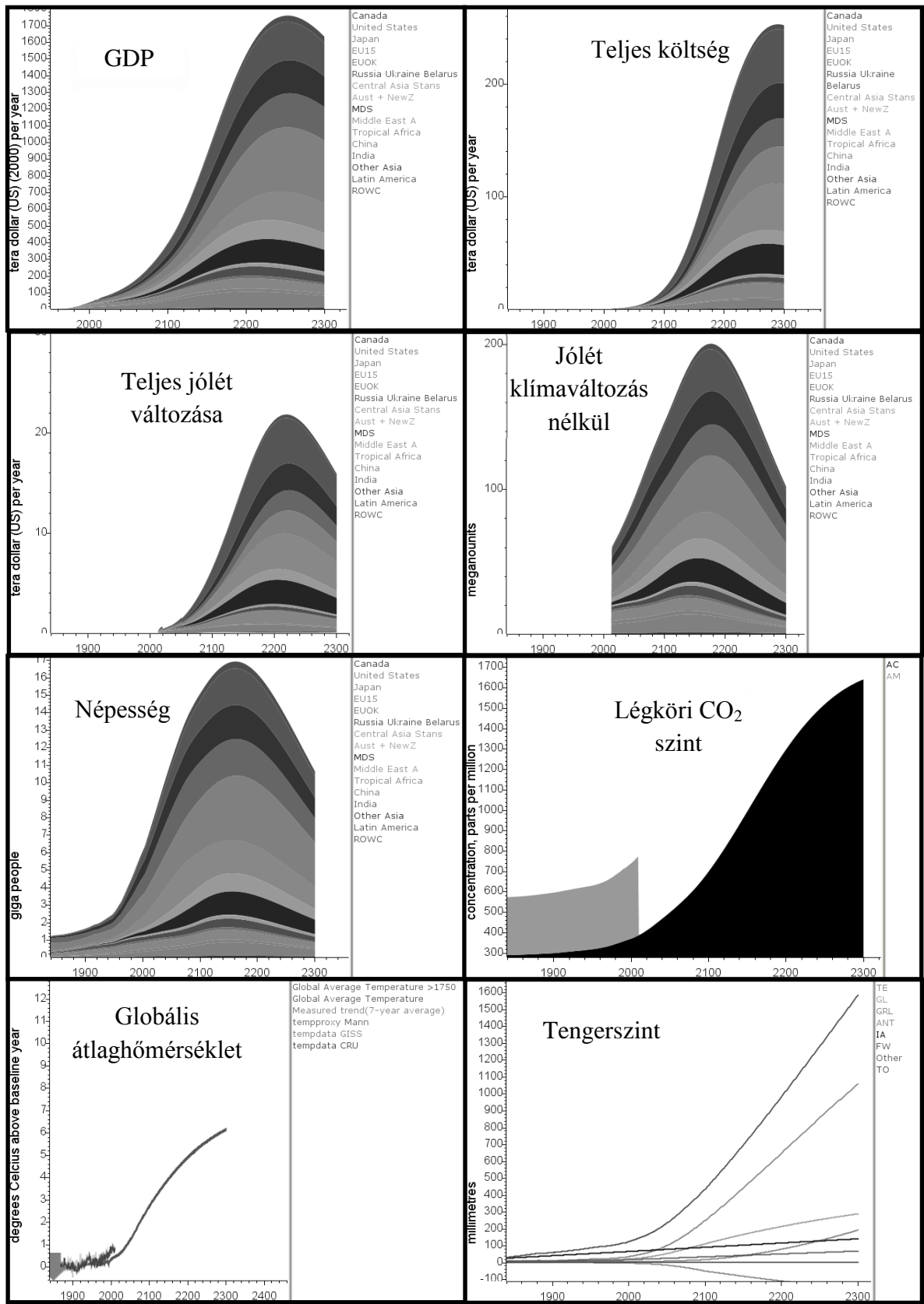
A globális átlaghőmérséklet emelkedése a XXI. század végére megközelíti a 3 °C-os hőmérsékletemelkedést, és a XXIII. század végére ez az érték elérheti a 6 °C körüli értéket (Lásd 5.4. ábrát!). Ha ez a hőmérsékletváltozás bekövetkezne, akkor az I. alternatívához hasonló katasztrófák következnenek be, de ezek mértékei lehet, hogy kisebbek lehetnek. Az ökoszisztémában végbemenő pusztulás nem biztos, hogy olyan mértékben következhet be, mint az I. alternatívában, mert a katasztrófák lefolyása nagyobb mértékben elhúzódhat, mint az előző alternatívában. Ez a hosszabb időtáv egy lehetséges esélyt adhatna még az utolsó pillanatban történő változtatások meglépésére, amelyekkel a társadalom nem a katasztrófa felé sodródna, mint az előző alternatíva szerint.

Piacorientáltság

A vállalatok a profitszerzés mellett folyamatosan részt vállalnak a társadalmi és a környezeti felelősségvállalásban. Ennek következtében környezetkímélő technológiákat vezetnek be mindenhol, még az elmaradott régiókban is. De mindezek ellenére a társadalom elsősorú és legfontosabb szempontja továbbra is a gazdaság folyamatos növekedése marad.

Az 5.4-es ábráról is leolvasható, hogy ilyen mértékű gazdasági növekedés mellett semmilyen jellegű környezetvédelem sem tartható fenn hosszútávon. A piac törekvése a környezetvédelem fenntartására csak lassítja a katasztrófális folyamatok bekövetkezését, de teljes mértékben nem szünteti meg akármennyire is törekszenek erre a piac vezető szereplői. A végső összeomlás ellen semmit sem tudnak tenni, ha a piac meghatározóan befolyásoló szerepét nem hajlandók nagymértékben csökkenteni.

Érdekes következménye az alternatívának, hogy a GDP/népesség arány sokkal magasabb, mint az I-es alternatívában. Ez kimondottan csak abból következik, hogy a Földön a szegényebb népesség nem olyan nagymértékben nő, mint ahogy az előző alternatívában volt tapasztalható.



5.4. ábra: A II-es alternatíva kimeneti eredményei

Politika-orientáltság

A politikusok fontosnak tartják a környezettudatos döntéseket, de a piaci döntéseknek is alá kell magukat rendelni. Ezen döntések között egyre többször szerepelnek majd olyan esetek, amikor dönteniük kell, hogy melyiket találják fontosabbnak. Az idő előrehaladtával már csak az egyiket választhatják. Választásaik során ezért folyamatosan sértik a másik alternatíva érdekeit. Hosszú távon ezek a kérdések és döntések konfliktusokhoz vezethetnek a piac és a környezet megóvásáért küzdők között.

A döntéshozók, minél több gazdaságélénkítő döntés hoznak, annál több eséllyel okoznak a környezetben visszafordíthatatlan károkat. Sajnos a gazdaság folyamatos növekedése miatt ezek a döntések a végső katasztrófákat csak hosszú távra tolják ki. A legvégső esetben majd olyan döntéseket kell hozniuk, amelyekkel teljes mértékben alá kell hogy rendeljék a globális gazdaságot a környezetnek. Csak reménykedhetünk benne, hogy ezek a döntések már nem későn fognak születni, amikor már egy visszafordíthatatlan láncreakciót indítottak be az ökoszisztémában.

Gazdagok prioritása

A világon a befolyásos emberek egy része mindenáron a piac rohamos fejlődésének érdekében hozza meg a döntéseit. De folyamatosan megjelennek közöttük azok is, akik a döntéseiknél egyre nagyobb figyelembe veszik a környezet és az erőforrások megóvását. A rossz döntéseknek a jövőbeni hatásai már nem nagyon módosíthatók, azokat a meghozott jó döntések sem kompenzálják. Ezeknek a döntéseknek a végső kimenetei katasztrófákhoz vezetnek. A bekövetkezendő környezeti katasztrófák ezért az I. alternatívához képest csak eltolódnak, és hosszú távon jelennek meg.

A befolyásos emberek már csak akkor fogják meghozni a végső döntéseiket, melyekkel a környezet megóvása felé fordulnak, amikor a károk már nekik is nagy profitvesztéseket okoznak. Végezetül a megoldás csak az lehet, ha lemondanak a mindenkori profit maximalizálásról, és a fő céljuk a környezet megóvása lesz. Sajnos ezek a döntések még évtizedekig várni fognak magukra, mely idő alatt folyamatosan nő a bekövetkezendő katasztrófák száma, és lehet, hogy már a fontos döntéseket későn hozzák meg.

Megóvás-orientáltság

A fejlett régiók folyamatosan a fenntarthatóság elérésére törekednek, de az elmaradott térségek egy része folyamatosan és nagy ütemben közelít az ő életszínvonaluk felé. Ennek a következménye az erőforrások nagymértékben történő pazarlása és a környezet mértéktelen pusztítása. Az elmaradott társadalmak másik része, a szegénység következményei miatt semmit sem tud tenni a fenntarthatóság érdekében, hiába kap folyamatos segítséget a fejlett világtól.

A fejlődő világ egy részének folyamatos felzárkózása következtében a termőföldeket és a hozzájuk szüksége édesvíz készleteket olyan mértékben fogják ezek a társadalmak terhelni, hogy ez hosszú távon a talaj degradációjához vezet. Ennek egyik következménye lehet, hogy a Föld népessége nagy ütemben fog csökkenni vagy esetlegesen a jelenleginél nagyobb mértékben következnek be éhínségek és az azt kiváltó lázadások/zavargások a problémásabb területeken.

A hőmérsékletemelkedés, a tengerszint emelkedés és az üvegház hatású gázok folyamatos növekedése miatt nem biztos, hogy megelőzhető lesz a Föld ökoszisztémájának teljes összeomlása.

5.2.3. A III. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése

Szimuláció végeredménye

A globális átlaghőmérséklet emelkedése a XXI. század végére megközelíti a 2,2 °C-t, és a XXIII. század végére ez az érték elérheti a 3,6 °C körüli értéket (Lásd 5.4. ábrát!). Az ilyen jellegű hőmérsékletváltozás következtében valószínűsíthetőek a környezeti katasztrófák, melyek helyreállítására a társadalmaknak nagy költségeket kell elkülöníteniük. A modell szerint a Föld népessége a XXI. század közepére megközelíti a 9 milliárd főt, és ezt követően népességfogyás következik be. Ilyen mértékű népesség esetében esetlegesen csak a maximum közeli értéknél jelentkehetnek gondok az élelmiszer- és édesvíz készletekkel, de a népességcsökkenés után már egyáltalán nem fognak felmerülni ilyen nehézségek.

Piacorientáltság

A vállalatok próbálnak szerepet vállalni a társadalmi és a környezeti felelősségvállalásban is. Folyamatosan vezetnek be új környezetkímélő, megújuló technológiákat. A vállalatok

fontosnak tartják a profit és a termelés maximalizálását, de mellette a környezetet is próbálják óvni. Az országok GDP-je a népesség tetőzése után még körülbelül 100 évig növekedni fog, de utána a nagyarányú népességfogyás következtében csökkenésnek indul.

Politika-orientáltság

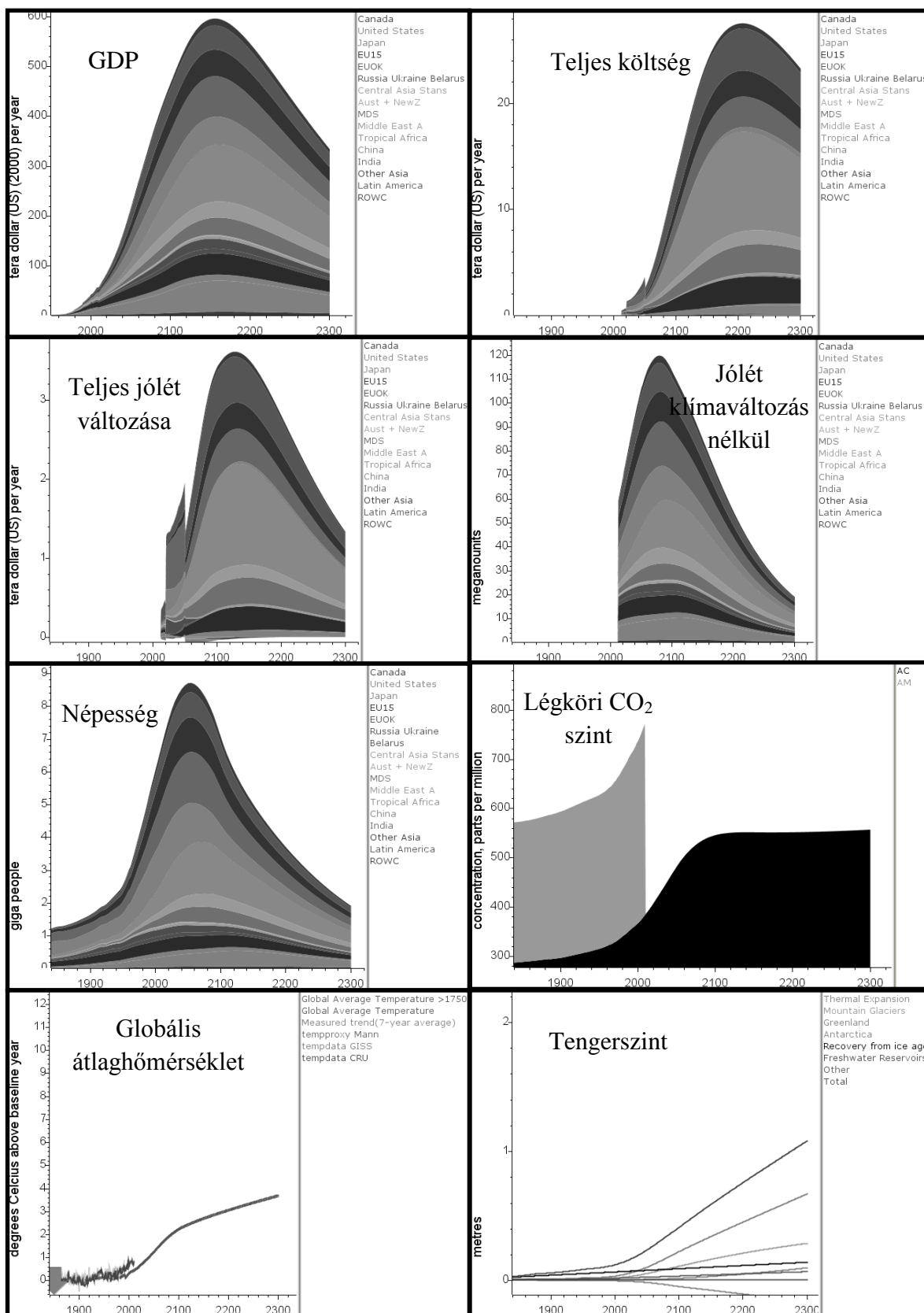
A politikusok fontosnak tartják, hogy döntéseiket már környezettudatosan hozzák meg. Kiemelten kezelik a természeti erőforrások védelmét is, és ennek következtében a megújuló erőforrásokat alkalmazó technológiák folyamatosan nagyobb támogatást kapnak. Az éghajlat változásával már kimondottan csak ezeket a technológiákat engedélyeztetik, de azért az elmaradott társadalmak még ezeket az előírásokat sem tudják betartani.

Folyamatosan korlátozó döntéseket hoznak a klímaváltozásért felelős gázok kibocsátásának csökkentése érdekében, de az óceánokban és a légkörben felhalmozott koncentráció még évszázadokig hatással lesz a felmelegedésre.

Gazdagok prioritása

A világon a befolyásos emberek még néhány évtizedig a piac prioritását tartják a legfontosabbnak. A folyamatosan bekövetkező katasztrófák hatására azonban szemléletváltás következik be, amely után az elsődleges cél a Föld minden áron való megóvása lesz. Olyan változásokat hoznak, amelyek hatására a Földi élet jobba fog válni, de ennek a bekövetkezése akár évszázadokat is igénybe vehet.

A fejlett társadalmak már nem csak kizárólagosan a saját érdekeikkel foglalkoznak, hanem segítséget próbálnak nyújtani a szegényebb társadalmaknak is, hiszen a szegények gondja és a környezet degradációja az ő gazdagságuk élvezetét is nagymértékben csökkenti. Elsősorban a szűkös és nagyon pusztuló környezeti erőforrások tekintetében erősödik meg a gazdagok környezetérzékenysége, és így hajlandóak lesznek áldozathozatalra is.



5.5. ábra: A III-es alternatíva kimeneti eredményei

Megóvás-orientáltság

A fejlett régiók segítséget nyújtanak a fejletlenebbeknek, és azok folyamatosan fel fognak hozzájuk zárkózni. Az egész társadalom célja hosszú távon a környezettudatos magatartás és életmód elsajátítása lesz. Ebben fontos szerep jut a természeti és az emberi erőforrások megóvásának és fejlesztésének. A folyamatosan megújuló technológiák elterjedése következtében a környezetszennyezés és a talaj degradációja visszafordíthatóvá válik, az életfeltételek is egészségesebbé válhatnak.

A gazdasági és a technológiai fejlődés hatására a felhasznált nyersanyagok mennyisége csökkenni fog, és fontos prioritást fog élvezni a természetben kismértékben előforduló anyagok megóvása, amelyeket a technológiai fejlődés hatására helyettesítő anyagokkal fognak pótolni.

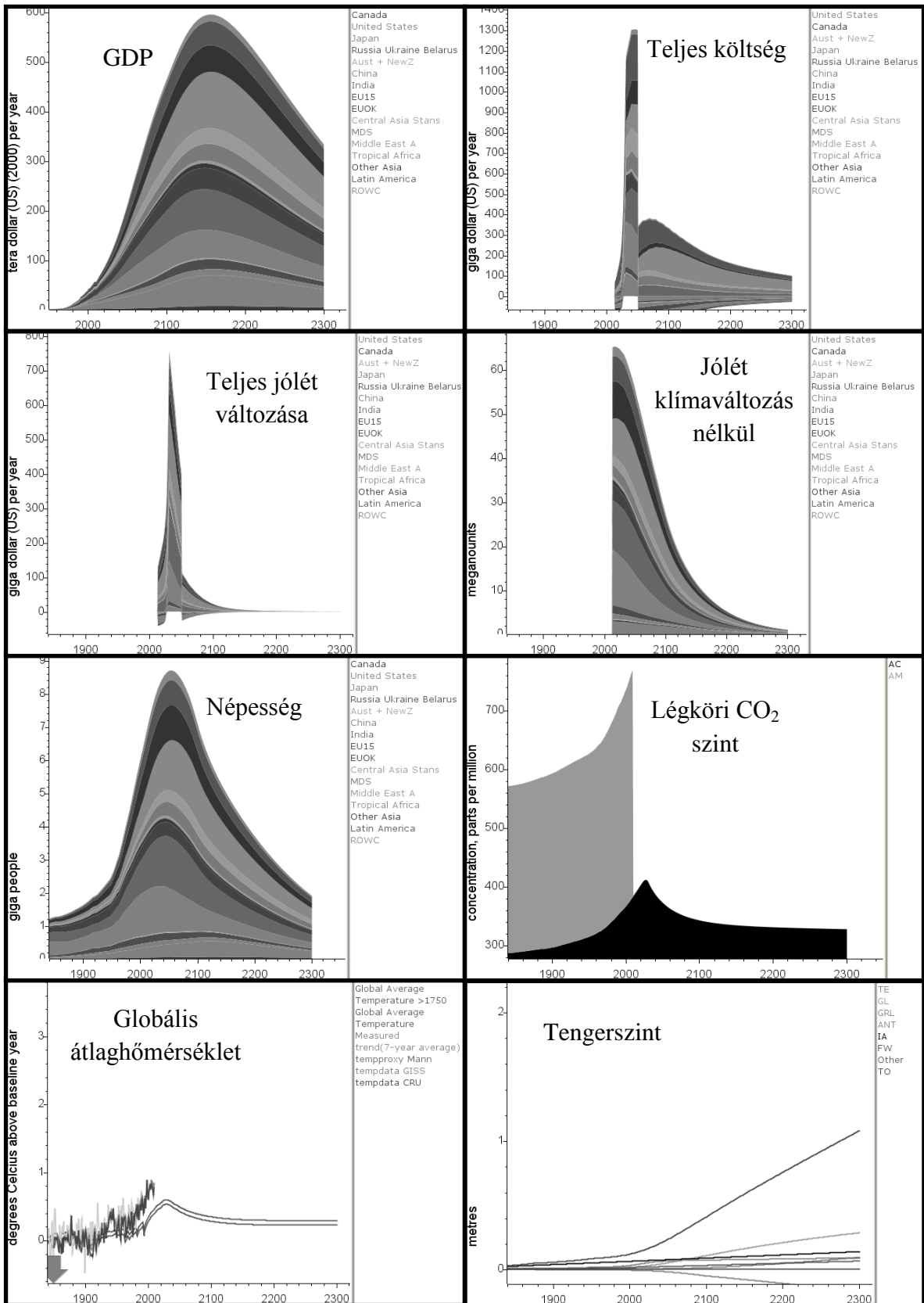
A népességcsökkenés és a hőmérsékletemelkedés nem lesz elkerülhető, de megelőzhető lesz a földi ökoszisztémájának összeomlása.

5.2.4. A IV. alternatíva szimulációjának eredménye és elemzése

A szimuláció végeredménye

A globális átlaghőmérséklet változása pár évtizeden belül számottevően nem fog változni, csak néhány tizedfokot fog emelkedni. Majd ezt követően folyamatos stagnálás következik be. Az ilyen mértékű hőmérsékletváltozás miatt a klímaváltozásból eredő környezeti katasztrófák nem nagy eséllyel fognak bekövetkezni (Lásd 5.5. ábrát!).

A modell szerint, a Föld népessége a XXI. század közepére fog tetőzni megközelítőleg 9 milliárd fővel, és ezt követően gyors, majd később lassú népességfogyás fog bekövetkezni. Az ilyen mértékű népességnövekedés esetén esetlegesen csak a maximum közeli értéknél lehetnek problémák az élelmiszer és édesvíz készletekkel, de a fejlett technológiáknak és a fejlett társadalmak segítőkészségének köszönhetően ez sem következhet be tartósan sehol.



5.6. ábra: A IV-es alternatíva kimeneti eredményei

Piacorientáltság

A vállalatok nagy szerepet vállalnak a társadalmi és környezeti felelősségben. Még a profit csökkenése mellett is folyamatosan új környezetkímélő, és megújuló technológiákat vezetnek be. Mindent elkövetnek, hogy a károsanyag-kibocsátást a legrövidebb időn belül a 0-hoz közeli értékre csökkentsék. Még ezeknek a lépéseknek a következtében is mindenhol növekedni fog a GDP. Igaz, hogy a népeségre vetített GDP folyamatosan nőni fog, de a népesség fogyásának következtében az összesített GDP egy idő után csökkenésnek indul. A piac- és a profitérdekeltség a nem-anyagi szolgáltatások, valamint a környezetvédelem terén találja meg a helyét a társadalomban.

Feltehető, hogy a piac szabályozása a környezeti szempontok szerint természetessé válik. Az emberek és a vállalatok öntudatosabbak lesznek a környezet fenntartása érdekében, és e miatt a károsanyag-kibocsátásért és a pazarló erőforrás- felhasználásáért felelős cégek folyamatosan kiszorulnak a piacról.

Politika-orientáltság

A politikusok időben felismerik, hogy hosszú távon a mértéktelen pazarlás nem tartható fenn. Az elsődleges céljuk minden jellegű döntésükben a környezettudatosság lesz. A természeti erőforrások védelmére is fontos hangsúlyt helyeznek. Kimondottan csak a megújuló erőforrásokat alkalmazó és a pazarlást csökkentő technológiákat támogatják. A fejlett iparral rendelkező társadalmak folyamatosan támogatni fogják az elmaradott régiókat technológiával és korszerű ismeretekkel.

A politikusok világszerte, folyamatosan hoznak majd egyre komolyabb korlátozó döntéseket az üvegházhatást előidéző gázok kibocsátásának csökkentése érdekében és az ökoszisztéma folyamatos megóvására. A környezet megóvásáért fáradózó politikusok mindenütt nagy népszerűségnek fognak örvendeni.

Gazdagok prioritása

A világon a befolyásos emberek minél hamarabb háttérbe fogják szorítani a magas profit szerzését a környezet megóvása ellenében. Az elsődleges cél a Föld minden áron való megóvása lesz. Olyan mértékben kezdik el támogatni a környezetkímélő technológiák fejlesztését és elterjesztését, hogy azoktól a földi élet is folyamatosan jobbá fog válni. A gazdagok környezetvédő életmódja példaként is szolgálhat a kevésbé gazdagok számára. Ez

az idő akár egy fél évszázad alatt is bekövetkezhet. A fejlett társadalmak már nem csak kizárólagosan a saját érdekeikkel foglalkoznak, hanem segítséget próbálnak nyújtani a szegényebb társadalmaknak is.

Megóvás-orientáltság

A fejlett régiók mindenáron segítséget nyújtanak a fejletlenebbeknek, és azok akár néhány évtizeden belül fel fognak hozzájuk zárkozni. A társadalom elsődleges célja a környezettudatos magatartás és életmód megvalósítása lesz, amelyben fontos szerep jut a természet és az emberi erőforrások megóvásának. A folyamatosan megújuló technológiák és az általánossá váló környezettudatos emberi magatartás következtében a teljes ökoszisztéma teljesen meg fog újulni.

Az emberiség a jövőben mindenáron a már meglévő erőforrások megóvására fog törekedni. Belátja, és ésszerűnek fogja tartani azt, hogy ezen a bolygón kell fennmaradnia az emberiségnek. A pusztítás és a pazarlás helyett sokkal fontosabb a biztonságos, a jó és az egészséges élet.

5.3. A komplex jövőalternatívák gazdaságpolitikai szempontú elemzése

A JCM modellel végzett szimulációk eredményeként kapott komplex jövőalternatívák az emberi tényező különböző feltételezett viselkedésének függvényében és eredményeként mutatják be az éghajlat és az emberiség jövőjének lehetséges alakulását. Az I. a határtalan változás alternatívája hosszú távon a bolygó élővilágának pusztulása felé vezet. A II. a növekedés és a fenntarthatóság egyensúlyának alternatívája esetén hosszú távon hasonló katasztrófák következnek be, mint az I-es alternatívánál. A III. a fenntarthatóság felé vezető úton elnevezésű alternatíva és a IV., a mindent a fenntarthatóságért elnevezésű alternatíva mutat csak túlélési lehetőségeket az emberiség számára. Mindegyik alternatíva számol klímaváltozással, de erre a problémára koncentrálna nagyon hosszú vagy hosszú időtávon belül lehet megoldást találni. Ezekkel a lehetséges jövőekkel szembeállítva az a kérdés számomra, hogy milyen gazdaságpolitikai reagálások és teendők fogalmazhatók meg a közeljövő számára. Azért választottam a gazdaságpolitikai szempontot, mert a környezetet leginkább a gazdasági tevékenységekkel és a megtermelt termékek fogyasztásával károsítjuk. Az utóbbi időben sok szó esik a környezettudatosságról és annak fontosságáról, de annál kevesebb a rövidtávú gazdaságpolitikai megoldások környezeti hatásairól. Arról, hogy a

gazdasági növekedés beindítása, a foglalkoztatás bővítése, az eladósodás megállítása vagy mérséklése érdekében hozandó intézkedések mennyire veszik figyelembe a környezeti problémákat és a klímaváltozást.

A fenti gazdaságpolitikai intézkedések rövid- és középtávon nagyon fontosak, de éppen az I. és a II. alternatívák mutatják meg azok csapdáit. Ha rövidtávon eltekintünk a környezeti károkból, a természeti erőforrások túlhasznosításában, a gyorsuló ütemű felmelegedésben bekövetkező változásoktól, akkor a profitérdeken alapuló és piaci szempontokat támogató gazdaságpolitika sikeres lehet, de egyben meggyorsíthatja a visszafordíthatatlan környezeti folyamatok beindulásának a közelébe kerülését is. E rövid- és középtávú gazdaságpolitikai célokat csak olyan mértékben lenne célszerű követni, hogy aközben a környezetre nehezedő terhelések ne növekedjenek jelentősen meg. Vagyis tudástermeléssel, technológiafejlesztéssel és ezek transzferével kellene mind nagyobb mértékben megoldani a növekedés beindítását, a foglalkoztatás növekedését és megoldani az adósságválságot. E téren a II. alternatívában megjelenő gazdaságpolitikának fontos szerepe lehet a környezeti előírások könnyörtelen betartatásában, a csak környezetkímélő technológiák fejlesztésének és elterjesztésének támogatásában, valamint a környezeti költségek további gazdasági internalizálásában. Minthogy a II. alternatíva nagyon hosszú távon konzerválja az instabilitást és rendkívül bizonytalanná teszi a végső környezeti katasztrófa elkerülését, ezért ez a gazdaságpolitikai szigorúság segítheti csak előt, hogy majd a III. alternatíva felé vezető útra térjenek a gazdaságok. Természetesen az egyes országoknak eltérő a lehetőségük, de minden országnak a saját erejéhez mérten ilyen irányú erőfeszítéseket kellene tennie a rövidtávú gazdaságpolitikai feladatainak megoldása kapcsán is. E téren különösen fontos lenne a nemzetközi gazdasági segítség és együttműködés, ugyanilyen prioritások alapján.

A IV. alternatíva megítélésem szerint csak a fejlett világ számára járható út már rövidtávon is. Kívánatos is lenne ennek az alternatívának választása, mert egyrészt a fejlett országok példát mutathatnának a világ többi részének, másrészt a magas környezeti terheléssel járó fogyasztásuk visszafogásával a fejletlenebb világra nehezedő környezeti terheket és azok gazdasági árát (pl.: erőforrások, élelem gyors áremelkedése) is csökkentenék. A környezettudatosság és a vállalatok környezeti felelősségének erősödése is ezekben az országokban segítheti a legjobban a rövid távú gazdaságpolitikai feladatok megoldását.

A JCM vagy az ahhoz hasonló szimulációs eljárások a rövidtávú gazdaságpolitikai feladatok megoldásának kidolgozásához is segítséget nyújthatnának, ha a gazdaságpolitika formálói is végeznének saját feltételezéseik betáplálásával szimulációkat. A rövidtávú gazdasági ésszerűségek hosszú és nagy távlatú következményeivel történő szembesülés az ő szemléletmódjukat is fejleszthetné. Az Interaktív szimulációk elősegíthetnék a gazdaságpolitikai feladatmegoldások új útjainak keresését is.

Ahhoz, hogy a JCM alkalmas legyen a rövid távú gazdaságpolitikai döntések előkészítéséhez történő felhasználáshoz is, a JCM-et jelentősen tovább kellene fejleszteni. Tovább kellene bővíteni az ország-adatok és az egyes régiókra vonatkozó gazdasági információk körét, valamint a belső gazdasági összefüggések modellezését. Minthogy a JCM továbbfejleszthető modellrendszer és program, ezért a közgazdászok és a gazdaságpolitikusok előtt is nyitva áll a lehetőség a fejlesztésbe történő bekapcsolódásra.

5.4. A Java Climate Model gyengeségei

A modell egyik gyenge pontjának tekinthető az, hogy a program a paramétertér konfigurálása utáni futtatás következtében csak egy lehetséges kimenetet generál. Ez a hiba kimondottan a függvényillesztésekből adódik. Ennek a lehetséges javítására több módszert lehetne alkalmazni. A legkézenfekvőbb módszer a bifurkáció alkalmazása lenne, amely egy pozitív és egy negatív irányú eltérést tenne lehetővé a „középút”-tól. Ennek segítségével több olyan alternatív jövőt is lehetne képezni, amelyekben az egyes scenáriók közötti határvonalak esetlegesen elmosódnának. Egy másik hasznos módszer lehetne az egyszerre párhuzamosan megjelenő több lehetséges alternatíva, amely módszerre ideálisak lehetnének a napjainkban már széles körben alkalmazott különböző típusú genetikai algoritmusok. Az alternatívák különbözőségéért a genetikai algoritmusokban alkalmazott keresztezések és mutációk lennének felelősek.

A modell hiába rendelkezik múltbéli idősorokkal, de a régebbi adatok (esetlegesen több évszázadra visszamenő) hitelességét és pontosságát nagyon nehéz meghatározni. Ez a pontatlanság a régi, nem pontos műszerek és az emberi mérési tényezők pontatlanságából adódik. Ugyanakkor, a társadalmi jelenségeket és azok jövőbeli változását múltbéli statisztikából meghatározni lehetetlen, mert az emberek jövőbeni gondolkodását és cselekedeteit egy idő után már egy központosított a felsőbb hatalom sem tudja befolyásolni.

A modell legnagyobb hibáját a modulok és az almoduljaik közötti interakciók előre definiált kapcsolata jelenti. Hiába definiálták előre a készítők az egyes komponensek közötti kapcsolatok milyenségét, azok egyértelműsége mégsem biztosítható mindenhol, aminek következtében jó néhány helyen önkényesen meghatározott módszerekre kellett támaszkodniuk. Sokkal célravezetőbb lehetne ezért, ha az egész modellben a modulok és almodulok létezését és a közöttük lévő kapcsolatokat a felhasználók szabadon tudnák definiálni. Ha ilyen jellegű program(ok) készülénének a jövőben, akkor az egyes modellekben megjelenő részterületekre is sokkal nagyobb hangsúlyt lehetne fektetni, és nem csak kimondottan előre definiált szabványok szerint lehetne elkészíteni az előrejelzéseket.

A JCM alkalmazás tervezésénél az egyik legnagyobb fejtörést és problémát, az elemzési tartomány földrajzi/területi/regionális meghatározása jelentette. Jobb lett volna hazai vagy EU szinten alkalmazni a JCM-et, hogy szembesüljünk a bennünket érintő problémákkal és lehetséges megoldásukkal. Azonban az adatproblémákon túlmenően sem tekinthettünk el attól a ténytól, hogy jelenleg egy olyan globális társadalomban élünk, amelyre a települések, az országok, a régiók és a kontinensek közötti minden téren megjelenő interakciók jellemzőek. Esetlegesen egy kontinensre kiterjedő elemzést még el lehetne készíteni kisebb nagyobb pontatlanságokkal és hibákkal, de olyan jellegű elemzést már majdnem lehetetlen lenne hosszú távon pontosan és precízen elvégezni, amely kimondottan egy kis ország – például Magyarország – adottságait és jövőbeni lehetőségeit vizsgálná. Ha a JCM-mel mégis ilyen jellegű elemzésre kerülne sor, akkor nagyon nehéz lenne meghatározni az adott modellben megjelenő komponensekre az emigrációs és migrációs tényezőket. Ezek a tényezők az egész komplett rendszerben fellépő interakciókért jelentős mértékben felelősek. Azt a tényt se felejtsük el, hogy ha egy országhatár, egy régiós elkülönülés, vagy egy nemzeti politikai rendszer a külső, globális társadalmi-gazdasági eseményeket esetlegesen és „erőszak” alkalmazásával még egy ideig képes is késleltetni, akkor sem tudja egyik szint sem megállítani a környezeti szennyezések és katasztrófák terjedését. E két tényező miatt a JCM eleve csak rossz hatásokkal lenne alkalmazható országos vagy regionális szintű elemzésre. A különböző szintek dinamikus összekapcsolódásának és kölcsönhatásának vizsgálatára jelentősen tovább kellene fejleszteni a modellt.

6. Összegezés és következtetések

Az, hogy az általam, a tanulmányban bemutatott lehetséges alternatívák közül esetlegesen bekövetkezik-e valamelyik, vagy egy teljesen más jellegű jövő fog bekövetkezni, nagyon nehéz, vagy egyáltalán lehetetlen megmondani. Az azonban egyértelmű, hogy ha a társadalom hosszú tétovázása miatt a lehetséges szép jövők napról-napra távolabb kerülnek, ha a társadalom továbbra sem tesz semmit a mértéktelen pazarló és szennyező magatartása ellen, akkor egy nagyon sötét jövő fog bekövetkezni. Ha teszünk is a környezetért, akkor sem biztos, hogy elkerülhető a katasztrófa akkor, ha ezek a tettek nem érnek el egy kritikus tömeget. A környezet megóvásának halogatása vagy erőtlensége a környezeti katasztrófák láncreakcióját válthatja ki.

A Föld folyamatosan és nagy ütemben melegszik. Az, hogy ez a felmelegedés nagyrészt az emberi tevékenységeknek köszönhető, biztosan senki se tudja megmondani, csak valószínűségi alapokon adhatók rá becslések. De az is lehetséges, hogy ez a mostani klímaváltozás is egy olyan, a természet által előidézett változás kezdete, amely következtében több millió évvel ezelőtt a dinoszauruszok kihaltak.

Az a tény, hogy a társadalom a klímaváltozásért legjobban a CO₂ gázt okolja, lehet hogy nagyon eltúlzott, mert a Föld történetében már többször fordult elő olyan, hogy a CO₂ koncentráció többszöröse volt a mainál, és mégsem vezetett a teljes ökoszisztéma elpusztuláshoz. Azt se felejtjük el, hogy a légkörben a CO₂ gáz nagyon gyorsan elbomlik és eltűnik, ellentétben más kémiai anyagokkal, amelyek élettartama több száz évtől évezredekig is tarthat. A CO₂ légköri koncentrációja mellett az is szól, hogy az esetleges hiánya esetén a földi üvegházhatás körülményei nagymértékben csökkennének, vagy esetlegesen meg is szűnhetnének. Ennek következtében az emberiségnek a folyamatos lehülés miatt vagy mesterségesen kellene üvegházhatású gázokat kibocsátania, vagy fel kellene készülnie egy következő jégkorszakra.

Ha ezekre a kérdésekre a mainál jobb válaszokat kívánunk adni, akkor tovább kell fejlesztenünk a JCM modellt, vagy újabb modellrendszert kell kifejleszteni. Olyan új szimulációs programcsomagot kellene készíteni, melyben nagyobb szerepet kapna a többi szoftverhez viszonyítva a demográfia, gazdaság és az emberi tevékenységek hatása. A

jelenlegi programokban ugyanis ezek a funkciók háttérbe vannak szorítva, és minimális szerepet képviselnek a környezeti és a kémiai hatásokkal szemben.

Fontos lenne, hogy az ilyen új programcsomagok továbbra is interaktívak maradjanak, és ne csak a profi szintű felhasználóknak készüljenek, hanem a más területeken dolgozó szakértőknek, valamint a kezdő és a közép szintű, komoly szakmai ismeretekkel nem rendelkezőknek is rendszeresen, gyorsan és a legfrissebb adatok birtokában nyújtsanak vizuális segítséget a környezet és társadalom kölcsönös kapcsolatrendszerének megértéséhez.

Felhasznált irodalom

1. *Bok, B.M. – Ruve, S. (2007. 12(2))*: Experimental Foresight: Participative Simulation Enable Social Reflexivity in a Complex World. *Journal of Futures Studies*, 111-120. pp.
2. *Cess, R.D. et al. (1989)*: Interpretation of Cloud-Climate Feedback as Produced by 14 Atmospheric General Circulation Models., *Science* 245: 513-16.
3. *Diamond, J. (2007)*: Összeomlás, Typotex, Budapest
4. GAP, *Jean Baptiste Joseph Fourier*,
<http://www.gap-system.org/~history/Biographies/Fourier.html>,
5. *Hideg Éva (2009)*: Interactivity and the Development of Futures Studies. In. *Futures Studies in the Interactive Society*, CUB, Budapest, 13-54. old.
6. *IPCC*, <http://www.ipcc.ch>, Letöltés dátuma: 2010. szeptember 10.
7. *IPCC (1992)*: CLIMATE CHANGE: The IPCC 1990 and 1992 Assessments
8. *IPCC (1995)*: IPCC Second Assessment Climate Change
9. *IPCC (2001)*: Climate Change Synthesis Report, (TAR jelentés)
10. *IPCC (2007)*: Climate Change Synthesis Report, (FAR jelentés)
11. *JCM programba található dokumentáció (2010. júniusi verzió)*, (A program egy fejlesztőknek kiadott változatát töltöttem le, melyhez speciális programok szükségesek.)
12. *JCM oldala*, <http://www.astr.ucl.ac.be/users/matthews/jcm>,
13. *Myers, N. (2005)*: ENVIRONMENTAL REFUGEES: AN EMERGENT SECURITY ISSUE
14. *NOAA, CLIMAP*,
<http://www.ncdc.noaa.gov/paleo/http://www.astr.ucl.ac.be/users/matthews/jcm>, Letöltés dátuma: 2011. január 5.
15. *Nováky Erzsébet (szerk.) (1996)*: Jövőkutatás, Aula Kiadó, Budapest
16. *PBL, IMAGE model*, <http://themasites.pbl.nl/en/themasites/image/index.html>, Letöltés dátuma: 2010. október 28.
17. *PNAS, Profile of Lonnie G. Thompson*, Letöltés dátuma: 2011. január 15.
<http://www.pnas.org/content/103/31/11437.full.pdf+html>
18. *Sharma, T. – Carmichael, J. – Klinkenberg, B. (2006)*: Integrated Modeling for Exploring Sustainable Agriculture Futures. *Futures*, 38. 1. 93-113. pp.
19. *TOP500 Supercomputers*, <http://www.top500.org>, Letöltés dátuma: 2011. július 30.
20. *UNEP (2007)*: GEO4 environment for development, <http://www.unep.org/geo/geo4.asp>, Letöltés dátuma: 2011. február 2.
21. *UNEP: GEO*, <http://www.unep.org/geo>, Letöltés dátuma: 2010. szeptember 12.
22. *Vág András (2007. 9.)*: Multiágens szimuláció. A társadalomtudományi kísérletezés eszköze. *Magyar Tudomány*, 1171-1175.
23. *Weart, S. (2009)*: The Discovery of Global Warming, <http://www.aip.org/history/climate>, Letöltés dátuma: 2010. december 20.

Ábra, táblázat és melléklet jegyzék

Ábrák

- 2.1. ábra: Manabe 1975-ös modellje (felső kép: megfigyelés, alsó kép szimuláció)
- 2.2. ábra: A klímamodellezés története 1.
- 2.3. ábra: A klímamodellezés története 2.
- 3.1. ábra: A SRES scenárió típusok csoportosítása
- 3.2. ábra: A SRES scenárió modellek csoportosítása
- 3.3. ábra: A scenárió típusok csoportosítása
- 4.1. ábra: A program szerkezeti felépítése
- 4.2. ábra: Interakciós gráf (Kép a programból.)
- 5.1. ábra: Az alternatívák elhelyezkedése az IPCC scenárióelemzés szerint
- 5.2. ábra: CWS 15 régió szerinti csoportosítás
- 5.3. ábra: I-es alternatíva kimeneti eredményei
- 5.4. ábra: II-es alternatíva kimeneti eredményei
- 5.5. ábra: III-es alternatíva kimeneti eredményei
- 5.6. ábra. IV-es alternatíva kimeneti eredményei

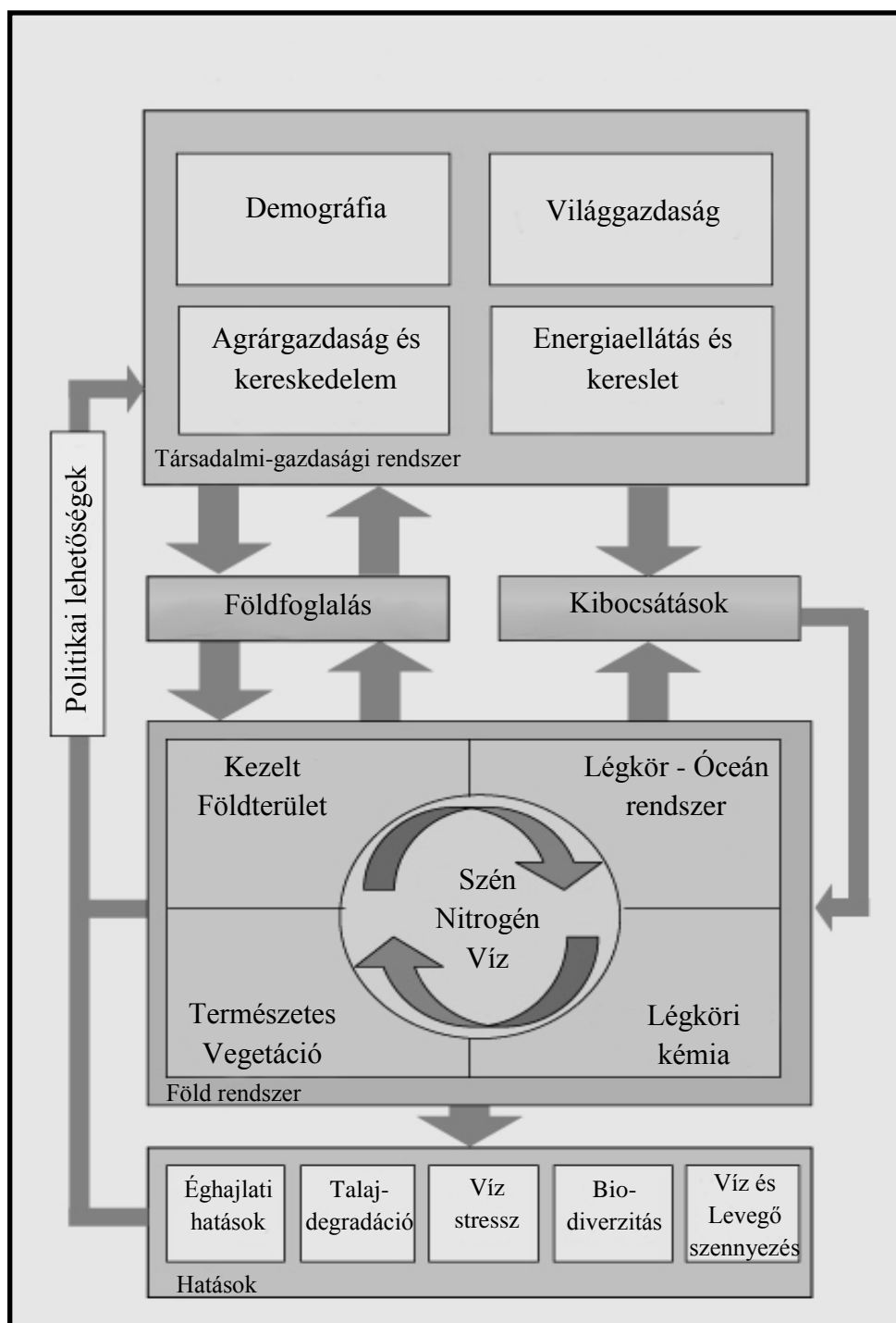
Táblázatok

- 3.1. táblázat: Az IPCC által kifejlesztett scenárió típusok
- 3.2. táblázat: A GEO4 gazdasági scenárióinak jellemzése
- 4.1. táblázat: A programban használt statisztikai adatok
- 4.2. táblázat: A nehézségi szintekhez tartozó rétegek
- 5.1. táblázat: A JCM használandó paramétereinek összefoglalása 1.
- 5.2. táblázat: A JCM használandó paramétereinek összefoglalása 2.
- 5.3. táblázat: Az általam használt paraméterek az egyes scenáriókhoz
- 5.4. táblázat: Az alternatívák főbb jellemzői

Melléklet

1. ábra: IMAGE 2.4. (Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL))
1. táblázat: A CO₂ embertani hatása
2. táblázat: A földtörténet során előforduló hőmérséklet, O₂, tengerszint és CO₂ szintek

Melléklet



1. ábra: **IMAGE 2.4.** (Netherlands Environmental Assessment Agency (PBL), Forrás: http://themasites.pbl.nl/en/themasites/image/model_details/index.html)

Megnevezés	ppm
normális szint	350 - 450
elfogadható szint	< 600
panaszokat okoz, merevség, szag érezhető	600 - 1000
ASHRAE valamint az OSHA szabványok	1000
általános álmoság	1000 - 2500
egészségre káros hatások	2500 - 5000
legnagyobb megengedett koncentrációja egy 8 órás munkaidőben	5000
enyhén bódító, légzés-és pulzusszám növekedés, hányinger	30000
fejfájás és látásromlás	50000
tudattalanság, esély a halálra	100000

1. táblázat: **A CO₂ embertani hatása**

Forrás: http://www.engineeringtoolbox.com/co2-comfort-level-d_1024.html

Kor	Idő (millió évvel ezelőtt)	Leírás	°C	O ₂ %	Tengerszint változás m	ppm vagy %
Őskorszak	3800-2500	cianobaktériumok (kéalgák) éltek a Földön, amelyek oxigént termeltek				15%
Ediacaran	630-542	multi egysejtű állatok.		8		4500
Cambrian	542-488	óceáni élőlények, minimális élőlények a szárazföldön	21	12,5	30-90	4500
Ordovician	488-443	gerinctelenek, zöld növények és gombák megjelenése	16	13,5	180-200-140	4200
Silurian	443-416	csontos állatok megjelenése, kiterjed az élet a szárazföldre is	17	14	180	4500
Devonian	416-359	négy lábúak, ízelt lábúak megjelenése, magas növények	20	15	180-120	2200
Carboniferous	259-299	páfrányok, nyitvatermők megjelenése	14	32,5	80-0-120	800
Permian	299-251	szárazföldi gerincesek elterjedése, emlősök; oxigén szint csökkenése, a vulkáni kitörések következtében, a CO ₂ szint növekedése; A Föld legnagyobb tömeges kihalása: 90%-a óceáni és 70%-a földi növények és állatok	16	23	60 - -20	900
Triassic		korallak, repülő gerincesek megjelenése	17	16		1750
Jurassic	199-145	sokféle dinoszaurusz, első madarak	16,5	26		1950
Cretaceous	145-65	virágzó növények elterjedése; cápák megjelenése	18	30		1700
Paleogene	65-23	új emlősök; dinoszauruszok kihalása	18	26		500
Neogene	23-2,5	légköri CO ₂ szint 100ppm-re is lecsökken; jégkorszak; lovak, majmok megjelenése	14	21,5		280
Pleistocene	2,5-0,0117	több jégkorszak; a legnagyobb jegesedés a Föld 30%-ában, ekkor az átlaghőmérséklet elérte a -6 °C-ot; CO ₂ ingadozás 100-300 ppm között; ember megjelenése				100-300
Holocene	0,0117-	jégkorszak vége; civilizációk kialakulása; kis jégkorszak (16. század – 19. század) a Föld északi féltekén	14	20		350-400

2. táblázat: A földtörténet során előforduló hőmérséklet, O₂, tengerszint és CO₂ szintek

Forrás: <http://www.stratigraphy.org>

JÖVŐTANULMÁNYOK

A hazai társadalmi-gazdasági változásokkal való lépéstartás, a változásokban rejlő lehetőségek kihasználása és a változások befolyásolása minden társadalmi szervezet – vállalkozások, önkormányzatok, kormányzati és egyéb szervezetek – számára létfontosságú feladat. E feladatok megoldásának mikéntje és minősége meghatározza azt, hogy milyen lesz a jövőnk, miként modernizálódik társadalmunk.

A Jövőtanulmányok sorozat olyan önálló előrejelzési tanulmányokból áll, amelyek a hazai társadalmi-gazdasági fejlődés egy-egy kritikus kérdéskörének jövőproblémáit és azok lehetséges megoldási módjait mutatják be a jövőkutatás korszerű módszereinek alkalmazásával. Nemcsak informálnak a várható fejlődési alternatívákról, hanem segíteni kívánják az érdeklődők, a gyakorlati szakemberek és a döntéshozók jövőorientáltságának fejlődését és a korszerű előrejelzési eljárások hazai széles körű terjedését.

A sorozat tanulmányai a Budapesti Corvinus Egyetem oktatásában oktatási segédanyagul is szolgálnak.

A szerkesztő

Megjelent:

Hideg Éva – Nováky Erzsébet: Jövőorientáltság-vizsgálat

Kovács Géza: Magyarország jövőképe(i)

Hideg Éva: A hazai népesedési folyamatok előrejelzése

Nováky Erzsébet: Magyarország gazdasága az ezredfordulón

Nováky Erzsébet – Hideg Éva – Gáspár Bencéné: Hazai társadalmi-gazdasági makromutatók kaotikus jellegének vizsgálata

Hideg Éva: A hazai szakképzés jövőalternatívái

Nováky Erzsébet: A hazai gazdaság és környezet fejlesztésének stratégiai összekapcsolása

Nováky Erzsébet – Cserhádi Ilona: A magyar gazdaság és környezet kapcsolata rendszerdinamikai megközelítésben

Nováky Erzsébet: A hazai turizmus jövője, 2005- 2010

Hoós János: A magyar gazdaság várható jövője 2010-ig

Geny Gómez Morejón: Kőolaj és fűtőolaj árprognózis 2000-ig

Rados Katalin: Nyugdíjreform Magyarországon

Kaló Csaba: Közlekedésfejlesztési koncepciók megbízhatósági vizsgálata

Nováky Erzsébet – Hideg Éva: A hazai nagyvállalatok jövőorientáltsága

Hideg Éva - Nováky Erzsébet: A hazai szolgáltató vállalatok/vállalkozások jövőorientáltsága

Sulok Zoltán: Gazdasági forgatókönyvek az ezredfordulón

Nováky Erzsébet: Tuzsér település és a Felső-Szabolcsi Kistérség jövője

Kristóf Tamás: A scenárió módszer a jövőkutatásban

Nováky Erzsébet: Kiskunfélegyháza jövője a participatív jövőkutatás szemléletében

Kristóf Tamás: Mesterséges intelligenci a csodelőrejelzésben

Hideg Éva – Nováky Erzsébet – Vág András – Kuti Sándor: Magyarország holnap után – a hazai jövőkép aktualizálása

Hideg Éva – Nováky Erzsébet: Jövőorientáltság a hazai lakosság gondolkodásában

Prekovits András: Kiutak a 2007 – 2009-es pénzügyi és gazdasági válságból