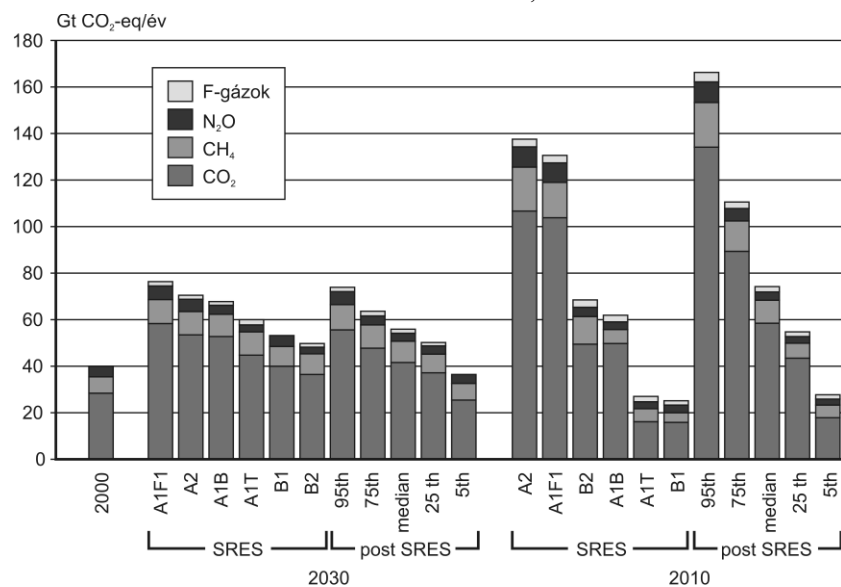


1. ábra • Globális felmelegedési prognózisok

CCSR/NIES – Center for Climate System Research/ National Institute for Environmental Studies (University of Tokyo); CCCMA – Canadian Centre for Climate Modelling and Analysis; CSIRO – Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia; Hadley Centre – Hadley Centre for Climate Prediction and Research (Met Office, UK); GFDL – Geophysical Fluid Dynamics Laboratory, USA; MPIM – Max Planck Institute for Meteorology, Germany; NCAR PCM – National Center for Atmospheric Research, USA; NCAR CSM – National Center for Atmospheric Research Climate Simulation Model, USA



2. ábra

Válasz Reményi Károly észrevételeire

Czelnai Rudolf

Mindenekelőtt szeretném megköszönni az észrevételezőnek, hogy figyelmet szentelt az előadásomnak, és észrevételeivel lehetőséget ad, hogy jobban megvilágítsak egy-két dolgot, amiket esetleg nem tudtam elég jól elmondani. Továbbá előrebocsátom: alapjában véve egyetértek Reményi Károly motívumaival.

Ha hazai szempontból nézzük az ügyet (s miért ne tennénk?), megállapíthatjuk, hogy – más hasonló országokkal összevetve – a *per capita* energiafelhasználás nálunk kirívóan alacsony. Ha ezt még csökkentjük, vagy ha nem fejlesztjük, attól az eszköztől fosztjuk meg magunkat, amely égetően szükséges (sok más mellett), például a környezetvédelem és a vízgazdálkodás problémáinak megoldásához, és különösképpen a krízisekkel kapcsolatos reagálóképesség frissen tartásához. Ezt világosan kifejtette például Bárdossy György kollégám és Dinya László is, ugyancsak a 2008. évi Tudományünnep előadásainak során. Gondolom, hogy mindezzel az illetékes gazdasági szakemberek is tisztában vannak, és a mostani világgazdasági krízis azokat is ráébresztette a problémára, akik ezt eddig esetleg nem látták.

Summásan azt mondhatjuk: ha energia van, akkor minden megoldható, és ha energia nincs, akkor baj van. Ugyanakkor, a klímaváltozás kockázata rossz időben komplikálja a nélküle is meglévő energiaproblémát. Elégé természetes gondolat, hogy ettől a súlyosbíró tényezőtől úgy lehetne legkönnyebben

megszabadulni, ha azt mondhatnánk, hogy humbug az egész üvegházhatás, vagy legalábbis humbug az, hogy az emberi tevékenység következtében növekvő légköri szén-dioxid-koncentrációt tekintjük fő veszélynek.

Azonban ez nem megy, mert nagy valószínűséggel kimondhatjuk, hogy folyamatban van bizonyos klímaváltozás, mely az emberi tevékenységnek tulajdonítható. Figyelembe véve a Föld lakosságának szaporodását és a gazdasági tevékenység még gyorsabb növekedését, csoda is lenne, ha nem így volna. Seregyi új megfigyelés támasztja alá, hogy a sarkvidéki övezetekben jelentős melegedés következett be. Az ebből eredő ökológiai változásokról számos közvetett (ökológiai, oceanográfiai és egyéb) megfigyelés tanúskodik. Az utóbbi időben erről sok száz cikk jelent meg világszerte. Az antropogén hatás tudományos bizonyítása azonban nehéz feladat.

A klímakutatók hosszú ideig keresték azt a paramétert vagy indikátort, amely alkalmas lehet a klímaváltozás folyamatának nyomon követésére és az emberi hatás kimutatására. Több javaslat is felmerült, de az IPCC számára az volt a legfontosabb szempont, hogy olyan indikátort válasszanak, mely közérthető.

Ezért döntöttek úgy, hogy „fő indikátorként” a globálisan átlagolt felszíni hőmérsékletet fogják használni. Ez nem volt szerencsés döntés, mert e paraméter: 1.) pontosan nem definiálható, 2.) nem eléggé érzékeny a globális klíma rendszerében bekövetkező változások

ra, és 3.) a kiszámításához a globális meteorológiai megfigyelő rendszer nem biztosít elég jó adatfedést.

A legfőbb gond a globális átlaghőmérséklettel az, hogy nem tükrözi a konkrét változások. Ha olyan formában történik jelentős klímaváltozás (ami elméleti alapon eleve várható volt, és a valóságban tapasztalható is), hogy a sarkvidéki övezetekben jelentős melegeedés következik be, miközben az alacsonyabb szélességek övezetében, pl. vulkáni tevékenység vagy növekvő felhőzet folytán inkább lehűlés történik, a globális átlag nem emelkedik. Ugyanis az ellentétes irányú változások a globális átlagolás során egymást kiegyenlíthetik.

A tudományok területén minden állítást objektív módon (például statisztikai tesztekkel) szükséges bizonyítani. A globális átlaghőmérséklet grafikonjaival, melyek általában cikk-cakk vonalban emelkednek, az a probléma, hogy a „jel” gyenge a véletlenszerű „zajhoz” képest. Ennek következtében nagyon sok adatra lenne szükség, és a rendelkezésre álló megfigyelési adatsorok időbeli hossza nem elegendő ahhoz, hogy a tesztelés eredményes lehessen.

Már régen kiszámították, hogy a globális átlaghőmérséklet menetének statisztikai analízisével és tesztelésével több évtizedet kellene várni, hogy a szignifikáns változás kimutatható legyen. Erre nincs időnk. Ezért, amikor komolyan megindult a klímamodellek fejlesztése, egyidejűleg felmerült az igény megfelelőbb „modellvalidációs” módszerek fejlesztése iránt. Validáción a modellszimuláció által produkált adatmezők és a világhálózatban mért tényleges adatmezők matematikai statisztikai összevetését értjük. A módszer elméleti alapjait Klaus Hasselmann dolgozta ki, aki korábban a hamburgi Max Planck (Meteorológiai) Intézet igazgatója volt. (Különben ma

is a hamburgi intézetben végzik a legnagyobb klímamodellező központok modelljeinek matematikai statisztikai összehasonlítását és tesztelését, és ezért pár éve mi is együttműködést kezdeményeztünk ezzel az intézettel.)

A szóban forgó validációs eljárás hasonlít az ujjlenyomatok azonosításakor használt számítógépes eljáráshoz, és ezért az „ujjlenyomat módszer” nevet kapta. Lényege, hogy keressük az antropogén hatás „ujjlenyomatát” a megfigyelt adatok területi és vertikális eloszlásában. A klíma változásának tényét, illetve az antropogén hatás meglétét az előrejelzett és megfigyelt „alakzatok” közötti egyezés mértéke igazolja vagy cáfolja. Ennek az egyezésnek a mértékét objektív kritériumhoz lehet kötni, és a szükséges tesztek végrehajtásához a rendelkezésünkre álló adatok megfelelnek.

Az IPCC először 1995-ben tett közzé olyan jelentést, melynek döntő megállapítása már az ujjlenyomat módszeren alapult. De ez nem ment könnyen, és az amerikai ipari lobby nyomása következtében az említett konklúzió csak erősen „emaszkulált” megfogalmazásban került be az IPCC jelentésébe.

Mindezt azért bocsátottam előre, hogy érthető legyen, amit ezek után szeretnék Reményi Károly konkrét észrevételeivel kapcsolatban kifejteni.

Reményi Károly az előadásommal kapcsolatban két problémát említ. Egyrészt kétségét fejezi ki azt a megállapítást illetően, miszerint a klímamodellek ma már elég jók annak megmondásához, hogy az emberi magatartástól függően milyen melegeedés várható a következő évtizedekben. (Ebben nagyjából igaza van. Itt nem jól fogalmaztam.) Másrészt nem ért egyet azzal, hogy az előrejelzések bizonytalanságát ma már nagyrészt az okozza, hogy nem tudjuk, milyen emissziós scenáriók alapján számoljunk. (Ezt az állítást fenntartom.)

Előadásomban hangsúlyoztam, hogy a jelenlegi klímamodellek a validációs tesztek szerint már egészen jók, amennyiben a modellszimulációk jól reprodukálják a ténylegesen megfigyelt múltbeli folyamatokat. Ez eddig igaz, de hozzá kellett volna tennem, és úgy látszik ez kimaradt, hogy a szimulációk még nem prognózisok. Továbbá, hogy a prognózisok, melyeket e modellekkel a jövőre vonatkozóan készítünk, már nem feltétlenül lesznek ugyanilyen jók. Ugyanis, a klíma változásával maga a fizikai rendszer (s azon belül például a világóceán vagy a sarki jégsapkák állapota) is változik, és ez az együttes rendszer „produkálja” a klímát. Azt viszont most is fenntartom, hogy az itt elmondottak ellenére, mégis a klímamodellek a legértékesebb eszközeink arra, hogy a klímaváltozás kockázatával kapcsolatban tájékozódjunk.

Másik vitatott megállapításom az IPCC által publikált legfőbb konklúzióhoz kapcsolódott, mely szerint egy évszázadon belül 1,5 °C és 4,0 °C közötti globális melegeedés várható. Ehhez (és nem a legyeződiagramokhoz) fűztem hozzá, hogy ez a viszonylag nagy bizonytalanság nagyobb részt az emberi tényező kiszámíthatatlanságából ered. Ezt az állítást határozottan fenntartom. Egyébként ugyanezt a megállapítást tette Hartmut Grassl¹ pro-

¹ Klaus Hasselmann nyugdíjba vonulása után több éven át ő töltötte be a hamburgi MPI-M (Max Planck Institut für Meteorologie) igazgatói posztját.

fessor 2008. szeptember 9-én, Sopronban, egy előadás keretében, melyet akkor tartott, amikor a Nyugat-Magyarországi Egyetem díszdoktorává avatták. Ehhez fűzte hozzá azt a megjegyzést, mely szerint: „Nemcsak a légkör, óceán, krioszféra és növényzet együttesének viselkedését kellene modelleznünk, hanem a társadalmi és gazdasági folyamatokat is, melyeknek résztvevői vagyunk, és a tetteinkkel folyamatosan manipulálunk.”

Reményi Károly az észrevételét döntően arra alapozta, hogy a világ nyolc nagy klímamodellező központjának, IPCC SRES Az scenárióra vonatkozó modellelőrejelzései között is van 2,6 °C különbség. Erre azt válaszolom, hogy a különböző emissziós scenáriókhoz tartozó görbék legyeződiagramja (mely az IPCC-jelentésben megtekinthető) még sokkal nagyobb különbségeket mutat, és ez a tény az én álláspontomat támasztaná alá. De javasolom, hogy ne ezen vitatkozzunk, mert az a hibabecslés, amelyre utaltam az előadásomban (és amelyre a megállapításom vonatkozott) nem az itt említett legyeződiagramok egyszerű vizuális összevetése alapján történt, hanem a hamburgi Max Planck Intézet által végzett objektív validáció alapján.

Még egyszer köszönöm akadémikus társam megjegyzéseit, mert magam is fontosnak tartom, hogy ebben a fontos témában ne hagyjunk egyetlen részletkérdést se tisztázatlanul.