Miskolczi Ferenc kutatási eredményeinek kritikai vizsgálata

Beszámoló jelentés

MTA GGKI

2010. december 1. – 2011. november 30.

Zágoni Miklós

Mottó:
A lehetséges és a lehetetlen között néha hajszálnyi a különbség.

TARTALOM

Előszó *3*

I. Bevezetés *4*

II. Vezetői összefoglaló *5*

III. Szakmai összefoglaló *7*

IV. A probléma *8*

Az üvegházhatás néhány meghatározása
Ramanathan: Trace-Gas Greenhouse Effect and Global Warming
IPCC 2007
Spencer Weart
Gelencsér András

V. Miskolczi eredményeinek tömör összefoglalása *13*

Az energetikai korlát teljesülésének vizsgálata a ma ismeretes globális energiamérlegekben
Trenberth-Fasullo-Kiehl 2009
Gewex Febr 2011 (Stackhouse et al.)
Martin Wild 2008 (Global Energy Balance Working Group)
Martin Wild update 2011

VI. Az üvegházhatás változásának becslési módszere három régebbi és három újabb tanulmányban *25*

VII. A Miskolczi által elvégzett kutatómunka áttekintése *30*

VIII. Egy nyitott kérdés: van-e kibúvó a stabilitás alól? (Paleoklimatológiai spekulációk) *46*

IX. Válasz a problémára: hogyan működik az üvegházhatás *48*

X. Összegzés: Miskolczi rendszerének rekonstrukciója *50*

XI. Kritikai észrevételek *54*

XII. Utószó és kitekintés *62*

Köszönetnyilvánítás *63*

APPENDIX A. A projektet közvetlenül megelőző hazai eseménytörténet *65*

APPENDIX B. Rudolf Geiger: The Climate Near the Ground (részletek) *67*

APPENDIX C. Nyolc amerikai akadémikus és tíz neves klimatológus levele az amerikai Kongresszus tagjaihoz *72*

APPENDIX D. Martin Wild és Norman Loeb előterjesztése egy új Globális Energiamérleg munkacsoport felállítására *75*

APPENDIX E. Kevin Trenberth's new energy budgets *79*

Angol nyelvű összefoglaló *82*

Irodalom *83*

Zárszó személyes hangnemben *87*

ELŐSZÓ

Ez a beszámoló annak a munkának az összefoglalása, amelyre a Magyar Tudományos Akadémiától kaptam lehetőséget, s melynek befogadó intézete az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete (Sopron) volt. Feladataim dr. Miskolczi Ferencnek az üvegházhatás kutatása terén elért eredményei* elemzésére, értelmezésére és kritikai értékelésére irányultak.

Miskolczi Ferenc több évtizede dolgozik a légköri sugárzás-átvitel területén. Egy időben az Országos Meteorológiai Szolgálat Légköri sugárzások osztályának vezetője volt. Saját nagyfelbontású sugárzás-átviteli számítógépes programját több mint két évtizeddel ezelőtt írta. Részt vett a japán ADEOS2 műhold kalibrációjában, dolgozott a Marylandi Egyetemen, majd a NASA hamptoni Langley Research Centerében az AIRS és a CERES műholdak tudományos kutatócsoportjával működött együtt.

Az e beszámolóban érintett kutatás eredményei jórészt az elmúlt egy évtizedben keletkeztek; magam hat éve találkoztam velük először, s a cikkei elolvasása, valamint számtalan egyéni kommunikáció és levélváltás alapján ismerkedtem meg velük részletesebben.

Az itt közölt valamennyi eredmény mind tudományos, mind jogi értelemben dr. Miskolczi Ferenc szellemi tulajdona. Az interpretációk alapvetően tőle származnak; ha valamit félrevezetően reprodukáltam, vagy ha téves értelmezést fűztem hozzájuk, az az én felelősségem.

Jelentésem nem az eredeti publikációk történeti vagy logikai sorrendjében tárgyalja Miskolczi elméletét, hanem abban a formában, ahogyan – munkájának teljes áttekintése után – számomra a leglogikusabbnak tűnő módon megmutatkozott. Ez eltérhet attól, ahogyan ma ő maga, vagy valaki más reprodukálná őket.

Ebben az anyagban Miskolczi eredményeinek nem minden részletét érintem; számos elágazást, értelmezési kérdést és következményt nyitva hagytam, illetve meg sem említettem. Nem csak a munka terjedelme szabott korlátot, hanem az is, hogy ezek egy része még Miskolczi által publikálatlan.

E riportban számos helyen felhasználom az általa készített ábrákat. Ezek többsége egy általa írott, általam elmondott konferencia-előadásból valók. Copyright-juk Miskolczi Ferencé.

Az anyag összeállítása Miskolczi Ferenctől függetlenül történt; igyekeztem a maximális távolságtartásra, tárgyilagosságra, feltáró kritikai megközelítésre törekedni. A kritikai észrevételek döntő részét azonban Miskolczi Ferenc ismeri, sőt talán mélyebben tisztában van velük, mint bárki más.

Zágoni Miklós

---

* Ezen eredmények összességét gyakran „Miskoclzi-féle üvegház-elméletként” is említik. Ezzel kapcsolatban megjegyzendő, hogy a bemenő oldalon nem feltételezések, hipotézisek szerepelnek kiindulásként, hanem mérési adatok. Miskolczi kutatómunkájának lényege ezen adatok számítógépes feldolgozása és a köztük fennálló tapasztalati összefüggések feltárása. A kimenő oldalon megtörténik ezek lehetséges értelmezéseinek és fizikai hátterének elemzése is, ebben az értelemben az új összkép valóban az üvegházhatás működésének elméleti leírási keretét adja. — Az angol nyelv ebből a szempontból megengedőbb: a „theory” kevésbé sugall spekulatív tartalmakat, mint magyar megfelelője. Magam ebben az anyagban felváltva használom a két fogalmat.

I. BEVEZETÉS

A magyar tudomány több szállal kötődik a klímaproblémához. Neumann János meghatározó szerepét a globális légkörzés számítógépes modellezésének elindításában mindenki elismeri. 1974-ben Budapesten ülésezett az ICSU-WMO szervező bizottsága, mely kidolgozta az Éghajlati Világkonferencia létrehozására vonatkozó javaslatot, amely aztán az Éghajlat-kutatási Világprogram (WCRP) elindításához vezetett. A WCRP által kezdeményezett ISCCP (International Satellite Cloud Climatology Project) adataira többször fogunk hivatkozni ebben az anyagban — ez a projekt 1980 júniusában Balatonalmádiban tartotta meg indulása előtti utolsó munkaértekezletét. Az ENSZ 1988-ban hozta létre az IPCC-t (Intergovernmental Panel on Climate Change, Klímaváltozási Kormányközi Testület) két szakosított szervezetén, a Meteorológiai Világszervezeten (WMO) és Környezeti Világprogramján (UNEP) keresztül; aláírója a WMO részéről az akkori tudományos igazgató, Czelnai Rudolf akadémikus volt. 2003-ban pedig a Magyar Tudományos Akadémia (a Környezetvédelmi Minisztériummal közös, Láng István akadémikus által vezetett VAHAVA-programjában) a klímaváltozás lehetséges hatásaihoz való hazai alkalmazkodás – nemzetközileg is úttörő – munkáját végezte el.

1997-ben Czelnai akadémikus így ismertette a klímaproblémával kapcsolatos akkori álláspontját:

> Mi az, amit az éghajlatváltozásról – a napisajtó közleményeinek szintjén – ma már mindenki tudni vél? Ez szerintem egyetlen mondatban összefoglalható: “Az emberi tevékenység folytán növekszik a légköri szén-dioxid koncentrációja, ennek következtében fokozódik az üvegházhatás, tehát melegszik az éghajlat.”
>
> Amint látható, itt három, egymásba kapcsolódó állítással van dolgunk. Mindegyik állítás két részből áll: valamilyen spekulatív ok megjelöléséből és egy következmény bejelentéséből. Mindhárom állítás mindkét fele tudományosan ellenőrizhető (vagy ha úgy tetszik: falszifikálható). Vegyük ezeket az állításokat sorra, és vizsgáljuk meg, mennyire lehetünk biztosak abban, hogy igazak.
>
> Az első így hangzik: az emberi tevékenység folytán növekszik a légköri széndioxid koncentrációja. […] ez az összefüggés igazolhatónak bizonyult.
>
> A második állítás, hogy növekszik a légkör széndioxid-koncentrációja, "ennek következtében fokozódik az üvegházhatás". Ez már gorombább ügy, mert az üvegházhatás nehezen mérhető mennyiség, változásának kimutatása pedig még bonyolultabb. […] sok vizsgálódás után megszületett a jelenlegi tudományos konszenzus (újabban nagyon divatos fogalom), mely szerint az üvegházhatás valóban nő. […]
>
> A harmadik, kardinális állítás így szól: fokozódik az üvegházhatás, "tehát melegszik az éghajlat". Ez tűnhet a legegyszerűbbnek […] Mégis, éppen ennek az állításnak mindkét fele bizonytalan. Egyrészről eddig nem sikerült kimutatni (ill. tudományos szempontból meggyőzően bizonyítani), hogy az éghajlat tényleg melegszik. Ugyancsak kérdéses az állítás másik része. […]
>
> Mindannak lényegét, amiről eddig szó volt, abban foglalhatjuk össze, hogy […] az üvegházhatás (a tudományos konszenzus szerint) növekszik, ez valószínűleg csinál valamit az éghajlattal, csak azt nem tudjuk, hogy mit. Egyelőre itt tartunk.

Miskolczi Ferenc, a NASA Langley Research Center munkatársaként kutatási eredményeivel a Czelnai akadémikus által említett összefüggésrendszer centrális pontját: az üvegházhatás növekedésének konszenzusát kérdőjelezte meg, továbbá igyekezett választ találni arra a kérdésre, hogy a széndioxid-kibocsátás mit csinálhat az éghajlattal. Munkájának vizsgálatához a földi üvegházhatás működésének alapját, sugárzáselméleti és energetikai hátterét kell megértenünk.

Bízunk benne, hogy ez a Beszámoló segít e kérdések tisztázásában és a maga részével hozzájárulhat az éghajlattudomány előrehaladásának nemzetközi folyamatához.

II. VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

Az üvegházhatás mai elméletének több mint százéves fizikai alapja szilárd, de bizonyos pontokon lényeges kiegészítésre szorul. A legújabb mérési és számítási módszerek új, alapvető összefüggések felismerését tették lehetővé, melyek módosítják a rendszer egészének működésére vonatkozó eddigi képet. Miskolczi Ferenc eredményei szerint az emberiség széndioxid-kibocsátása összességében nem növeli meg az üvegházhatást, bár más módokon megváltoztathatja az éghajlatot. Ennek jellege, mértéke és mechanizmusa azonban lényegesen eltér attól, ahogyan a ma elfogadott elmélet tartja.

Miskolczi alapvető felismerése, hogy vízben gazdag bolygónkon a légkör üvegházhatása nem növekedhet tetszőlegesen, hanem meghatározott globális energetikai korlátok alatt áll. Részletes számításai szerint – amelyeket a ma ismeretes legjobb műholdas mérések egyértelműen alátámasztanak – az üvegházhatás folyamatosan ezen energetikai korlát által engedélyezett maximumon dolgozik.

A jelenlegi elmélet hiányosan, és ezért végeredményében tévesen írja le a rendszer dinamikáját: alapvető meghatározottságokról nem ad számot. Több szén-dioxid közvetlenül nem képes emelni az üvegház-hőmérsékletet; hatását a rendszer más tényezők megváltoztatásával kényszerűen ellensúlyozza. A szabályozók közé tartozik a legfontosabb üvegházhatású gáz – a vízpára – légköri mennyiségének és eloszlásának megváltozása, s ezzel együtt a légkör és a felszín hőmérsékleti és hidrodinamikai viszonyainak átalakulása.

A vízpára és a légkörzés ezen változásaiba beletartozhat a felhőzet jellegének és mennyiségének módosulása is, ami a felszínre jutó napsugárzás mennyiségét is érintheti. Így – áttételesen – a széndioxid-kibocsátás megváltoztathatja a globális átlagos hőmérsékletet.

Mindezen lehetséges változások mértékének és földrajzi, regionális, valamint időbeli, évszakos változásainak becslése csak a Miskolczi által feltárt valós globális energetikai kényszerek figyelembe vételével lehetséges, és a végeredmény szerkezetileg erősen eltér a mai (szabadon növekvő üvegházhatást és melegedést feltételező) számításokétól.

A kibocsátások hőmérsékleti jövőképének becslésénél ma a többlet-széndioxid által okozott melegedés miatti nagyobb párolgás hipotéziséből indulnak ki. Miskolczi felismeréseiből egyértelműen következik, hogy a mechanizmus ezzel ellentétes. A vízpára nem erősen pozitív visszacsatolással, hanem a kiegyenlítés irányába történő elmozdulással kénytelen reagálni. Ez nem jelent feltétlenül mennyiségi csökkenést, de szükségszerűen jelenti a hidrológiai ciklus és számos egyéb tényező megváltozását.

Megítélésünk szerint Miskolczi Ferenc tudományos eredményei alátámasztják a széndioxid-kibocsátás globális korlátozására irányuló nemzetközi erőfeszítéseket, azonban az okozott éghajlatváltozás nagyságának, jellegének és a helyi viszonyokban való megjelenésének alapvető újragondolását igénylik. Elfutó, többfokos üvegház-melegedés helyett a légkördinamika bizonyos mértékű átalakulására lehet következtetni.

Miskolczi kutatási eredményeinek legalapvetőbbjével, a földi üvegház-faktor energetikai korlátozottságával szemben vizsgálatunk során nem merült fel ellenvetés. Annak eldöntésére, hogy a kiegyenlítő mechanizmusok mögött az energiakorláton túl milyen fizikai elvek húzódnak meg, számos ponton további vita szükséges; az általa javasolt interpretációk némelyikét nem találtuk kielégítőnek. Egyetlen ellentétes adat sem jutott azonban rendelkezésünkre légköri számításai számszerű eredményeivel, vagy az alapvető mennyiségek bemutatására vonatkozó szakirodalmi elsőbbségével szemben.

Módszere (melyet talán „precíziós sugárzás-átvitelnek” nevezhetünk) határozott tudománypolitikai támogatását tartjuk indokoltnak, különös tekintettel arra, hogy segítségével elsőként nyílhat lehetőség a széndioxid-kibocsátás által okozott éghajlatváltozás valós jellegének, mértékének és területi eloszlásának megértésére. Miskolczi munkája azonnali komoly szakmai sikerre számíthatott volna, ha eredményei nem mondanak ellent az (egyébként indokolt) kibocsátás-csökkentési erőfeszítések alátámasztására használt nemzetközi érvrendszernek.

(Vezetői összefoglaló, folytatás)

Az üvegházhatás fizikai tartalma onnan ered, hogy a légkör egyes elemei (az infravörös tartományban sugárzásilag aktív, ún. üvegház-hatású gázok) elnyelik a felszín hosszúhullámú felsugárzásának egy részét és újból kisugározzák; a felszínre ily módon visszajutó többlet-energia magasabb felszínhőmérsékletet hoz létre.

Az antropogén globális felmelegedés hipotézise szerint több légköri széndioxid a felszíni felsugárzás nagyobb hányadát képes elnyelni, azaz növeli a visszasugárzást és a felszínhőmérsékletet.

Az üvegházhatásból származó többlet-hőmérsékletet a felszínhőmérséklet és az effektív hőmérséklet különbségeként számoljuk, az üvegház-faktort pedig ugyanezen mennyiségekből, sugárzási energiákkal kifejezve. A $G = S_U - OLR$ (felszíni felsugárzás mínusz kimenő hosszúhullámú sugárzás) faktort Ramanathan vezette be 1989-ben (a mennyiségek részletesebb értelmezését ld. a 12. oldalon). Normált formája a $g=G/S_U$ üvegház-függvény. A g tapasztalati értékére valamennyi ma ismeretes általánosan elfogadott globális sugárzási energiamérleg g = 0.33 körüli értéket ad meg.

Miskolczi Ferenc egyik legalapvetőbb észrevétele, hogy a g=1/3 [másképpen: $S_U=3OLR/2$, azaz $2G=2(S_U–OLR)=OLR$] kifejezés egy elméletileg származtatható energetikai kényszerfeltétellel ekvivalens. Ez pedig a legkörbe a felszínről belépő és onnan a felszínre visszajövő üvegház-energiáknak a bejövő teljes elérhető energiamennyiséggel való azonosságát fejezi ki.

Ez az összefüggés önmagában lehetetlenné teszi, hogy a földi légkör üvegház-faktora a légköri komponensek változása révén megváltozzon (csökkenjen vagy nőjön), hiszen egyenértékű azzal, hogy a légkörben nem tud több energia üvegház-energiává fordítódni, mint amennyi ma is: ugyanis a teljes felhasználható légköri energia részt vesz az üvegház-hőmérséklet létrehozásában. A Föld légkörének üvegházhatása eszerint extremális, és e szélső értéket a rendszer a bejövő energiában fennálló limit miatt nem haladhatja meg.

A g=1/3 vagy $S_U/OLR=3/2$ egyenlőség által leírt fizikai tartalmat (a felszínhőmérséklet és a bejövő energia rögzített arányát, vagy másként: a légköri abszorpció maximumát) kifejezhetjük a bruttó energiaáramokkal is. Minthogy a légkör által elnyelt és kibocsátott összes hosszúhullámú energia az E_D+E_U összeggel adható meg (ahol E_D a légkör által lefelé, E_U pedig a felfelé kibocsátott hosszúhullámú sugárzás), ezek elméleti maximumát az energia-megmaradás törvénye szerint ismét a bejövő elérhető energia értéke szabja meg. Az $E_D+E_U=2OLR$ kifejezés tehát a légkör által elnyelhető és kisugározható teljes energiamennyiség felső limitértékét adja. Nincs mód a felszínhőmérséklet növekedésére, ameddig a bejövő elérhető energia mennyisége (amit a Napból érkező sugárzás és a felhő- és felszínalbedó együttesen befolyásol) meg nem változik.

A ma használatos valamennyi globális sugárzási energiamérleg (NASA Langley Research Center GEWEX WCRP, ISCCP-FD, NCAR, Global Energy Balance Working Group of the International Radiation Commission) az $E_D+E_U=2OLR$ egyenlőséget rejtett módon, de a mérési hibahatáron messze belül lévő pontossággal – számos esetben egzakt értékekkel – tartalmazza.

Miskolczi fő eredménye, hogy feltárta ezt a limitet, továbbá megadta az egyensúlyi állapothoz tartozó teljes fluxusösszefüggés-szerkezetet, ennek lehetséges fizikai értelmezését, és kiszámolta a valós légkör üvegházgáz-tartalmából származó hosszúhullámú abszorpcióval való összefüggésüket is.

Miskolczi eredménye szerint tehát az egyensúlyi üvegház-faktor létrehozásában a légkör nyomgáz-összetevői (mint pl. a széndioxid vagy a metán) nem játszanak vezérlő szerepet; csupán a háttérfeltételekhez tartoznak hozzá. Az üvegházhatás egyensúlyát a légköri vízpára – annak mennyisége és eloszlása –, valamint a termikus energiának a trópus-pólusi transzportja állítja be. Semennyi vagy négyszer ennyi légköri szén-dioxid esetén a g=1/3 üvegház-faktort a rendszer módosított globális vízpára- és hőmérsékleti eloszlásokkal, a turbulens meridionális hő-szállítás és a hidrológiai ciklus (párolgás és csapadékrend) megfelelő adjusztálásával alakítja ki. A kibocsátásaink miatt gyorsan növekvő légköri CO_2-tartalom által okozott többlet-üvegházhatás ellensúlyozásához szükséges valamennyi globális és regionális hidrológiai és szélrendszeri változás ezért egyértelműen antropogén klímaváltoztatásnak tekintendő.

Hasonlóan tartós antropogén klímaváltozást idézhet elő a felszín fényvisszaverő képességének minden emberi megváltoztatása, vagy a légszennyezés miatt megváltozó felhőképződés. Ezek mindegyike befolyásolja a bejövő elérhető energia mennyiségét. Miskolczi alapvető felismerése az, hogy amennyiben ez utóbbi már adott, az így beállított üvegház-faktor pusztán a CO_2 és egyéb nyomgázok légkörbe bocsátásával nem emelkedhet tovább.

III. SZAKMAI ÖSSZEFOGLALÓ

A Raval és Ramanathan (1989)-féle $G = S_U - OLR$ üvegház-faktor és $g=G/S_U$ normált üvegház-függvény nem közvetlen mérőszáma az üvegházhatás fizikai eredetét kifejező hosszúhullámú légköri abszorpciónak. A légkörben jelen levő üvegházhatású gázok által a felszín hosszúhullámú felsugárzásából elnyelt mennyiség, A_A tekinthető ezen abszorpció fizikai kifejezésének, $A_A = S_U - S_T$, ahol S_T a légkörön elnyelődés nélkül áthatoló hosszúhullámú felszíni felsugárzási rész, mely a légkör általi hosszúhullámú felsugárzással, E_U-val együtt adja a kimenő hosszúhullámú sugárzást, definíció szerint: $S_T + E_U = OLR$. Míg S_U és OLR közvetlenül mérhető, addig A_A, S_T és E_U csak számítható.

Az üvegházhatás problémájának megoldása A_A, S_T és E_U kiszámítása a légkörben található, infravörös elnyelésben és kisugárzásban aktív üvegházhatású gázok (ÜHG-k: H_2O, CO_2, CH_4, O_3, N_2O, CFC-k, HCFC-k) eloszlásának, valamint a hőmérséklet vertikális és területi eloszlásának függvényében. Miskolczi ezt a munkát végezte el a TIGR2 és a NOAA NCEP/NCAR R1 idősor-reanalízis légköri adatbázisokon, a HARTCODE nagyfelbontású line-by-line kód segítségével, a HITRAN 2K spektroszkopikus adatbázis felhasználásával.

Az eredményül nyert energiaáramok között magas korrelációs együtthatókkal érvényesülő belső összefüggéseket ismert fel. Ezen összefüggések némelyike valamennyi légoszlopon azonos módon mutatkozott meg, némelyike az egyes profilokon különböző együtthatókkal, de a globális átlagon egyértelműen meghatározható értékkel jelenik meg.

Miskolczi állítása szerint ezen összefüggések együtt egy jól definiált, stabil, meghatározott fluxusszerkezetet, „geometriát” írnak le, mely a Föld légkörének stacionárius abszorpciós képességét, állandó, egyensúlyi hosszúhullámú üvegházgáz optikai mélységét mutatja. A három módon meghatározott abszorpciós adat: a változó légköri nyomgáz-összetételtől független elméleti energiaáram-egyenletek, a TIGR2 adatbázis, valamint a NOAA R1 idősor 61 évnyi értékeinek átlaga mind ugyanazt a globális átlagos $A=0.846$ abszorpciós faktort és $\tau_A=1.87$ infravörös optikai mélységet adja.

Miskolczi leírta azokat a lehetséges elméleti fizikai és energetikai törvényeket és mechanizmusokat, amelyek a Föld légkörében ezen egyensúlyi értéket kikényszeríthetik és fenntartják. E törvények értelmezésének további diszkussziója feltétlenül szükséges, de az interpretációkban fennálló véleménykülönbségek ellenére a feltárt tapasztalati összefüggések érvényességét jól megalapozottnak találtuk.

Az egyensúlyi abszorpció kialakítása során a növekvő CO_2- és egyéb ÜHG-koncentrációk ellensúlyozására a rendszernek számos szabadsági foka áll rendelkezésre. Abban a feltételezett esetben, ha kizárólag a vízpára mennyiségi csökkenésével zajlana a kiegyenlítés, Miskolczi adatai szerint a CO_2-kétszereződés üvegházhatás-többlete mintegy 3% vízpára kivonásával lenne a stacioner szintre visszavezérelhető. A valóságban azonban az új egyensúlyt számos tényező – a termikus energia meridionális és vertikális transzportja, a hidrológiai ciklus, a csapadékrend, a szélrendszerek, a hőmérsékleti eloszlások, a felhőzet – egyedi változásainak sokasága hozza létre, mindenkor az energetikailag legkedvezőbb szerkezet szerint. E változások regionális és lokális mértéke nehezen becsülhető; globális nagyságrendjük egyik elvi szélsőértékére a fenti becslés lehet irányadó. Nem vitás, hogy az emberi eredetű ÜHG-növekményre adott eme rendszerválasz antropogén klímaváltoztatásként értékelendő.

IPCC-terminológiában kifejezve: a növekvő széndioxid-tartalom hosszúhullámú sugárzási kényszere teljes mértékben kiegyenlítődik a rendszer más komponenseinek (elsősorban a vízgőznek, valamint a hőmérsékletnek) területi, mennyiségi és dinamikai változásai révén; a teljes változás eredője zérus. A légkör hosszúhullámú átlátszósága és üvegház-faktora nem változik. A rendszer direkt éghajlati érzékenysége (climate sensitivity: a felszín feltételezett melegedése a CO_2-tartalom, vagy bármely más ÜHG valamely változása, pl. megduplázódása esetén, felhő-visszacsatolások nélkül) zéró: ugyanis a $g=1/3$, $2S_U/3=OLR$ és $E_D+E_U=2OLR$ energetikai egyenleteknek a mindenkori ÜHG-tartalmaktól függetlenül érvényesnek kell lenniük. — Azonban a kiegyenlítési folyamat során valójában megváltozhat a páratartalom eloszlása és a felhőzet: ez módosíthatja a felszínre jutó napenergiát és így az átlaghőmérsékletet is. Az IPCC-jóslatok a hőmérséklet és a csapadékrend megváltozására ezért a Miskolczi által feltárt globális összefüggések függvényében alapvetően újragondolandók. Egy lehetséges módszer ezen kényszer-összefüggések beépítése a klímaelőrejelzések alapját adó globális légkörzési modellekbe.

IV. A PROBLÉMA

Projektünk célja az üvegházhatás mértékének (nagyságának, értékének), s ezzel összefüggésben a földi légkör globális átlagos hosszúhullámú abszorpciójának megállapítása volt.

Az üvegházhatás néhány meghatározása:

***Veerabhadran Ramanathan*: Trace-Gas Greenhouse Effect and Global Warming.**
Underlying Principles and Outstanding Issues.
Volvo Environmental Prize Lecture. 1997:

"Greenhouse Effect.
Global energy budget: The greenhouse effect is best illustrated from the annual and global average radiative energy budget. The incoming solar radiation, the reflected solar radiation and the outgoing longwave radiation (OLR) to space (Fig.1) at the top of the atmosphere have been determined by satellite measurements.

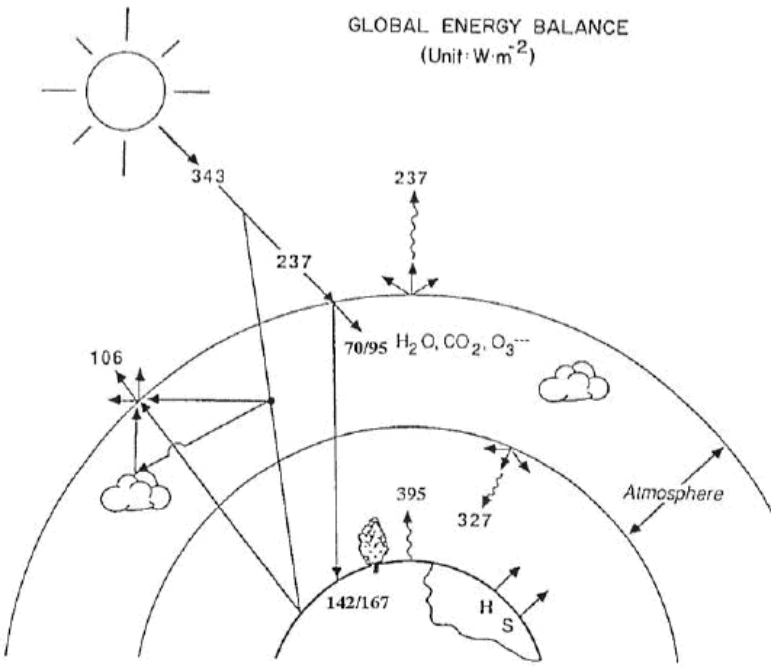


Figure 1. The global energy balance for annual mean conditions. The top of the atmosphere estimates of solar insolation (343 ± 2 W m^{-2}), reflected solar radiation (106 ± 3 W m^{-2}), and outgoing longwave radiation (237 ± 3 W m^{-2}) are obtained from satellite data. The other quantities include atmospheric absorption of solar radiation (in the range of 70 to 95 W m^{-2}); surface absorption of solar radiation (in the range of 142 to 167 W m^{-2}) downward longwave emission by the atmosphere (327 ± 15 W m^{-2}); upward longwave emission by the surface (390 ± 15 W m^{-2}); and H the latent, and S the sensible, heat fluxes from the surface.

Globally, 70% of the incoming solar radiation is absorbed by the earth-atmosphere system. The solar absorption heats the system, and the surface-atmosphere system cools by emitting OLR until it balances the absorbed solar radiation of 237 Wm^{-2}. Climate models are based on this fundamental principle of global radiation energy balance.

Reduction in the OLR: At a global average surface temperature of about 289 K, the globally averaged longwave emission by the surface is about 395 +/-5 Wm^{-2}, whereas the OLR is only 237 +/- 3 Wm^{-2} (Fig.1). Thus, the intervening atmosphere and clouds cause a reduction 158 +/-7 Wm^{-2} in the longwave emission to space, which is the magnitude of the total greenhouse effect (denoted by G) in energy units. Without this effect the planet would be colder by as much as 33 K.

Why does the presence of gases reduce OLR? These gases (H_2O, CO_2, O_3, CH_4, N_2O and CFCs) absorb the longwave radiation emitted by the surface of the earth and re-emit it to space at the colder atmospheric temperatures. The ability of these gases to reduce the long-wave energy escaping to space has been demonstrated clearly by satellite measurements shown in Figure 2. The upper boundary of the shaded region is the emission by the ocean surface, radiating at a temperature of 300 K, whereas the lower boundary is the radiation measured at satellite altitudes; the difference is the net energy absorbed within the atmosphere. Since the emission increases with temperature, the absorbed energy is much larger than the emitted energy, leading to a net trapping of longwave photons in the atmosphere. The fundamental cause for this trapping is that the surface is warmer than the atmosphere; by the same reasoning decrease of temperature with altitude also contributes to the trapping since radiation emitted by the warmer lower layers are trapped in the regions above.

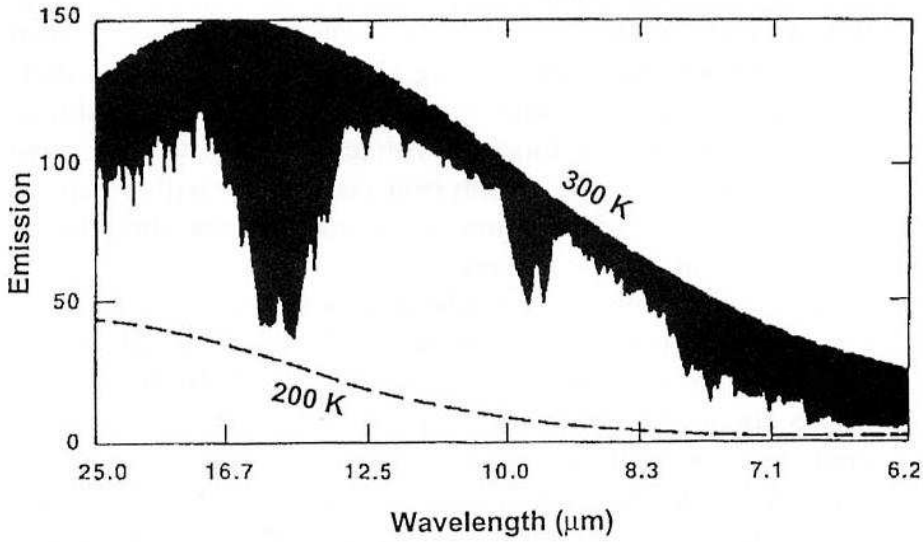


Figure 2. Sample spectra from the infrared interferometer spectrometer onboard Nimbus 3 satellite. The dashed lines indicate the outgoing longwave blackbody emission at the temperatures indicated. Emission is measured in arbitrary units. The scene is tropical Pacific Ocean under clear-sky conditions. (Adapted from (37)).

Anthropogenic Enhancement of the Greenhouse Effect: By deduction (from the facts inferred above from Figures 1 and 2), an increase in a greenhouse gas such as CO2 will lead to a further reduction in OLR. If the solar absorption remains the same, there will be a net heating of the planet.

Global warming: *How will the planet restore global energy balance*? The surface-troposhere system should warm (in response to the excess energy) and radiate more longwave radiation to space until the OLR emission to space balances the absorbed solar radiation, i.e., the increase in OLR from warming compensates for the reduction in OLR due to trace-gas increase. This is the underlying theory of global warming. It relies on the fundamental Planck's law that the electromagnetic energy emitted by any body in local thermodynamic equilibrium increases with its temperature; the functional form of this increase is given by the so-called Planck function."

A fenti megfogalmazás szerint: a felszín 289K hőmérsékletű, 395 W/m2-vel sugároz, a kimenő sugárzás, OLR, azonban csupán 237 W/m2. A légköri üvegházhatású gázok ugyanis akadályozzák a felszínsugárzás kijutását azzal, hogy elnyelik és részben visszasugározzák azt. Egy üvegházhatású gáz, pl. a CO2 növekedése tovább csökkenti az OLR-t, fűtve a bolygót. Válaszként a felszín-troposzféra rendszer melegedni kezd, és több OLR-t sugároz ki a világűrbe a (változatlan) bejövő energia kiegyensúlyozására; azaz, az OLR-nak a melegedés miatti növekedése kompenzálja az OLR-nak a nyomgázok növekedése miatti csökkenését. Ez a globális felmelegedés mögötti elmélet. Az elektromágneses energia, melyet egy lokális termodinamikai egyensúlyban lévő test kisugároz, növekszik a hőmérsékletével.

Eszerint: több üvegházhatású gázhoz magasabb felszínhőmérséklet, tehát nagyobb felszínsugárzás (S_U), egyúttal magasabb léghőmérséklet, és így nagyobb légköri fel- (E_U) és lesugárzás (E_D) tartozik. Ez konzisztens azzal az elképzeléssel, hogy több üvegházhatású gáz többet abszorbeál a felsugárzásból, tehát növekszik A_A, és – a magasabb felszínhőmérséklet miatt – bizonyára növekszik a nem-sugárzási eredetű (szenzibilis és párolgási) hűlés (K) is. A konstans OLR-t (növekvő E_U mellett) csökkenő S_T tartja fenn, ahol $S_T = S_U – A_A$, a felszínsugárzás „átmenő" (légkörben nem abszorbeált) része.

IPCC 2007:

The realisation that Earth's climate might be sensitive to the atmospheric concentrations of gases that create a greenhouse effect is more than a century old. (...)

The ability to generate an artificial warming of the Earth's surface was demonstrated in simple greenhouse experiments such as Horace Benedict de Saussure's experiments in the 1760s using a 'heliothermometer' (panes of glass covering a thermometer in a darkened box) to provide an early analogy to the greenhouse effect. It was a conceptual leap to recognise that the air itself could also trap thermal radiation.

In 1824, Joseph Fourier, citing Saussure, argued 'the temperature [of the Earth] can be augmented by the interposition of the atmosphere, because heat in the state of light finds less resistance in penetrating the air, than in repassing into the air when converted into non-luminous heat'.

In 1836, Pouillet followed up on Fourier's ideas and argued 'the atmospheric stratum… exercises a greater absorption upon the terrestrial than on the solar rays'. There was still no understanding of exactly what substance in the atmosphere was responsible for this absorption.

In 1859, John Tyndall (1861) identified through laboratory experiments the absorption of thermal radiation by complex molecules (as opposed to the primary bimolecular atmospheric constituents O2 and molecular nitrogen). He noted that changes in the amount of any of the radiatively active constituents of the atmosphere such as water (H2O) or CO2 could have produced 'all the mutations of climate which the researches of geologists reveal'.

In 1895, Svante Arrhenius (1896) followed with a climate prediction based on greenhouse gases, suggesting that a 40% increase or decrease in the atmospheric abundance of the trace gas CO2 might trigger the glacial advances and retreats. One hundred years later, it would be found that CO2 did indeed vary by this amount between glacial and interglacial periods. However, it now appears that the initial climatic change preceded the change in CO2 but was enhanced by it.

G. S. Callendar (1938) solved a set of equations linking greenhouse gases and climate change. He found that a doubling of atmospheric CO2 concentration resulted in an increase in the mean global temperature of 2℃, with considerably more warming at the poles, and linked increasing fossil fuel combustion with a rise in CO2 and its greenhouse effects: 'As man is now changing the composition of the atmosphere at a rate which must be very exceptional on the geological time scale, it is natural to seek for the probable effects of such a change. From the best laboratory observations it appears that the principal result of increasing atmospheric carbon dioxide… would be a gradual increase in the mean temperature of the colder regions of the Earth.'

In 1947, Ahlmann reported a 1.3℃ warming in the North Atlantic sector of the Arctic since the 19th century and mistakenly believed this climate variation could be explained entirely by greenhouse gas warming. Similar model predictions were echoed by Plass in 1956 (see Fleming, 1998): 'If at the end of this century, measurements show that the carbon dioxide content of the atmosphere has risen appreciably and at the same time the temperature has continued to rise throughout the world, it will be firmly established that carbon dioxide is an important factor in causing climatic change' (...)

In the 1950s, the greenhouse gases of concern remained CO2 and H2O, the same two identified by Tyndall a century earlier. It was not until the 1970s that other greenhouse gases – CH4, N2O and CFCs – were widely recognised as important anthropogenic greenhouse gases (Ramanathan, 1975; Wang et al., 1976; Section 2.3). (...) Thus, the current picture of the atmospheric constituents driving climate change contains a much more diverse mix of greenhouse agents.

***Spencer Weart,* Discovery of Global Warming 2008:**

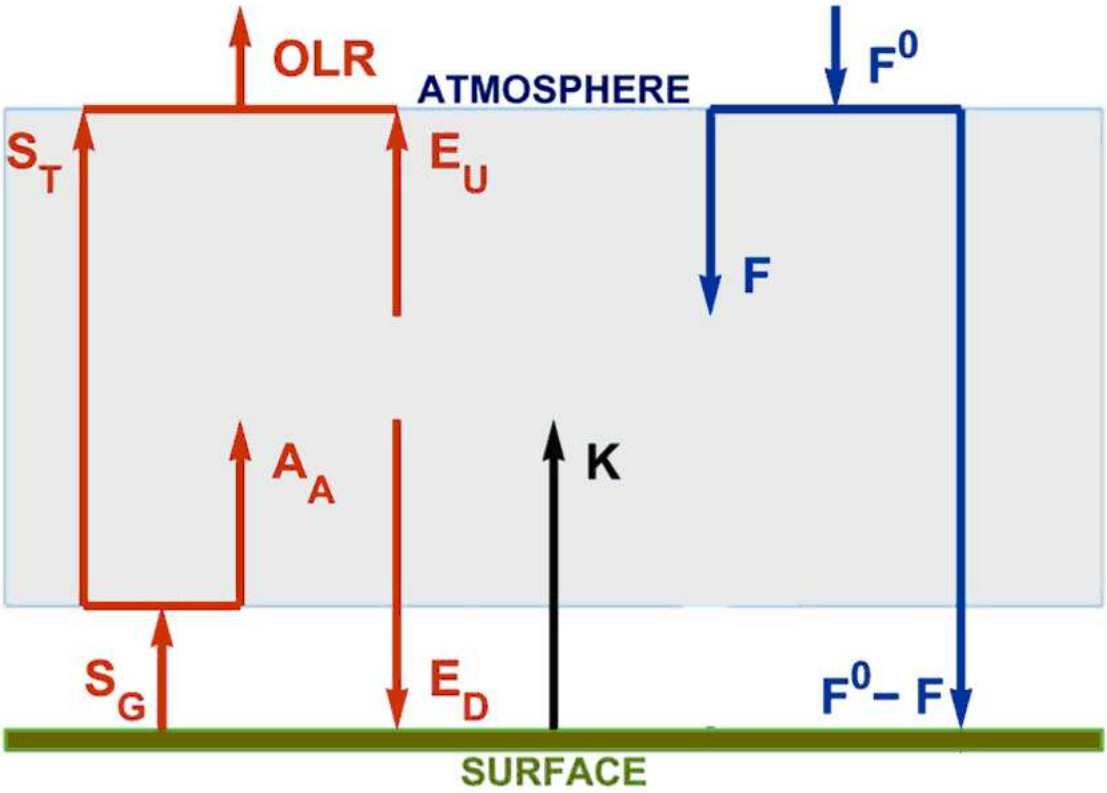
> ”Consider a layer of the atmosphere so high and thin that heat radiation from lower down would slip through. Add more gas, and the layer would absorb some of the rays. Therefore the place from which heat energy finally left the Earth would shift to a higher layer. That would be a colder layer, unable to radiate heat so efficiently. The imbalance would cause all the lower levels to get warmer, until the high levels became hot enough to radiate as much energy back out as the planet received.”

***Gelencsér András 2011**:*

„Abból, hogy a Föld-légkör rendszerből kilépő energia kijutását tovább nehezítjük (növeljük az elnyelést okozó légköri gázok mennyiségét), alapvetően az következne, hogy növekszik a rendszerben tárolt energia mennyisége. Pontosan úgy, ahogy egy folyó esetében a völgyzáró gát magasításával emelhető a víztározóban levő víz szintje is.”

* * *

A fentieket az alábbi, Miskolczi-féle sugárzás-átviteli modellen fogjuk elemezni:



1. ábra

F^0: bejövő elérhető SW napsugárzás
A_A: S_G-nek a légkörben elnyelt része
E_D: a légkör által lesugárzott LW a felszínen
K: szenzibilis + látens hő
$S_G = \varepsilon\sigma T^4$

OLR: hosszúhullámú (LW) kimenő sugárzás
S_T: S_G-nek a légkörön átjutó része
E_U: a légkör által felsugárzott LW a légkör tetején
F: légkörben elnyelt rövidhullámú (SW) sugárzás
ha ε=1, S_G=S_U

Definíciók:

$$\mathbf{S_U = A_A + S_T} \qquad \text{(D1)}$$

$$\mathbf{OLR = E_U + S_T} \qquad \text{(D2)}$$

Energia balansz-egyenletek

a légkörre: bevétel (abszorpció) = kiadás (emisszió):

$$\mathbf{A_A + K + F = E_D + E_U} \qquad \text{(B1)}$$

a felszínre: lefelé áramló energia = felfelé áramló energia:

$$\mathbf{F^0 - F + E_D = S_U + K} \qquad \text{(B2)}$$

összegük:

$$\mathbf{F^0 = OLR} \qquad \text{(B3)}$$

V. MISKOLCZI EREDMÉNYEINEK TÖMÖR ÖSSZEFOGLALÁSA A FENTIEK TÜKRÉBEN

A gát-hasonlat ismereteim szerint John Tyndall-nál jelenik meg először*. Egy tározó föltöltésének folyamata során a kifolyó víz mennyisége nyilván kisebb a befolyó vízmennyiségnél (nem-egyensúlyi állapotok sorozata), de az új vízmagasság elérésekor a beérkező és kimenő vízmennyiség ismét egyenlő, csak a tárolt víz mennyisége növekedett meg. A magasabb felszínhőmérséklet elérésének ideje alatt a kimenő energia (OLR) kisebb a bejövőnél (F^0) , a különbség a rendszer hőenergiájának növelésére fordítódik, de az új, magasabb hőmérséklet elérésekor e modell szerint az $OLR=F^0$ egyenlőség helyreáll, magasabb egyensúlyi felszínhőmérséklet ($S_G=\varepsilon\sigma T_f^4$, $\varepsilon=1$ esetén $S_U = \sigma T_f^4$) mellett. Ezen elképzelés szerint a folyamat eredményeképpen megnő a $G=S_G–OLR$ Ramanathan-féle üvegház-faktor (S_G növekedése miatt állandó OLR mellett).

A mechanikai modellben nem szükséges folyamatos munkavégzés a tárolt vízmennyiség nagyobb potenciális energiájának fenntartásához. A sugárzási folyamat esete azonban más— ezt már maga Tyndall is észrevette: a „gát” létrehozásához és fenntartásához szükséges energia mennyisége nem valamely eleve adott külső forrásból származik, hanem része a besugárzás-melegítés-párolgás-üvegházhatás-kisugárzás-hűlés-csapadék energetikai körfolyamatának**. A magasabb felszínhőmérsékletet (nagyobb S_G -t) az új egyensúlyi állapotban is folyamatosan fenn kell tartani. Ez (a fenti elképzelés szerint) a felszíni felsugárzásból a légkörben elnyelt nagyobb hányad (A_A) révén történnék. Ennek következtében lenne az új egyensúlyi állapotban nagyobb a légkörről a felszínre visszaérkező hosszúhullámú lesugárzás (E_D), és a szűkebb window-sugárzás és magasabb léghőmérséklet miatt egyúttal nagyobb a légköri felsugárzás (E_U) is. (A szóban forgó mennyiségekről ld. az 1. ábrát.)

Ez azt jelenti, hogy az elfogadott modell szerint F^0 és OLR változatlansága mellett az új egyensúlyi állapotban a magasabb felszínhőmérsékletet A_A, E_D, E_U és K együttes növekedése tartaná fenn (a magasabb felszínhőmérséklethez ugyanis egyúttal nagyobb szenzibilis és párolgási hő, azaz nagyobb K) tartozik.

Miskolczi legfontosabb észrevétele szerint a számadatok azt mutatják, hogy A_A, E_D, E_U és K együttes növekedése (állandó F^0 =OLR mellett) nem lehetséges.

A jól ismert sugárzási mérleg-egyenlet a légkörre (az elnyelt és a kibocsátott energiák egyenlősége alapján):

$$A_A + F + K = E_D + E_U \qquad \text{(B1)}$$

és a felszínen (a leérkező és a felmenő energiák egyenlősége alapján)

---

* „Oly takaró a vízgőz, mely Anglia növényéletének szükségesebb, mint az embernek a ruha. Tűnjék el egyetlen egy nyári éjszakára a vízgőz abból a levegőből, mely ez ország felett elterül, s bizonyosan meghal minden oly növény, melyet a fagyás hőmérséklete megölhet. Mezőink és kertjeink melege pótolatlanul kiáramlanék a térbe, s a nap oly sziget felett kelne fel, melyet a fagy vas marka szorít össze. Lokális gát a vízgőz, mely a hőmérséket gyarapítja a föld felületén; a gátnál azonban végre is bekövetkezik a túlömlés, így aztán mindent átadunk a világtérnek, a mit a naptól vettünk.” John Tyndall: Előadás a sugárzásról. In: A hő mint mozgás. Budapest, 1874. Kiadja a Természettudományi Társulat. Fordította Jezsovics Károly.

** „A nap fölszívja az egyenlítői oczeán vízgőzeit; fölemelkednek, s e közben egy ideig gőzernyő terül el felettök és köröttük. Mennél magasabban emelkednek azonban, annál inkább közelednek a tiszta, üres térhez; és ha könnyűségöknél fogva áttörnek a földfelület közelében levő gőzernyőn, mi történik azután? […] Gondolják már most e hatalmas sugárzót a térben, hol nincs ernyő, mely gátat vet sugárzásának. Kiárasztja a maga melegét a térbe, meghűl, megsürűsödik s a forróövi esőszakadás a következmény. Mint gőz válik el az eső az oczeántól és mint víz tér hozzá vissza. És mi történt azzal a temérdek hőkészlettel, mely a gőznek a folyékony állapotba való menete által szabaddá lett? Nagy része, kétségkívül, szétszóródott a térben kisugárzás folytán.” uo.

$F^0 - F + E_D = S_U + K$ (B2)

D1 és D2 ($S_U=A_A+S_T$ és $OLR=E_U + S_T$) definíciók felhasználásával összegük

$F^0=OLR$ (B3)

Miskolczi számítási eredményei szerint az alábbi egyenlőség áll fenn:

$$A_A + F + K = E_D + E_U = 2F^0=2OLR\ . \qquad (4)$$

A (4) egyenlőség azt fejezi ki, hogy a légkör által elnyelt teljes hosszúhullámú (A_A), rövidhullámú (F), valamint nem-sugárzási szenzibilis és látens hőenergia (K), és az ennek megfelelően kibocsátott teljes légköri hosszúhullámú sugárzási energia (az E_D lefelé és az E_U felfelé irányuló hosszúhullámú sugárzás légköri összege) egyenlő a rendszer számára rendelkezésre álló teljes bejövő energiamennyiséggel ($2F^0$), azaz tovább az F^0 emelkedése nélkül nem növelhető.

Ha a Föld légkörére az lenne igaz (mint pl. a Marséra), hogy $E_D + E_U << 2F^0$, az üvegházhatás emelésére kézenfekvő lenne a légköri infravörös abszorpció növelése. (A Mars esetében közelítőleg E_D=20 W/m^2, E_U=13 W/m^2, F^0=112 W/m^2 és S_U=119 W/m^2 , azaz G=7 W/m^2 és g=0.06) Ha azonban a légköri abszorpció (és emisszió) egyenlő az összenergiával, akkor E_D és E_U már csak egymás rovására lenne növelhető.

Az üvegházhatás stabilitásához több fizikai összefüggés együttes fennállása vezet; az első, meghatározó lépés azonban a bejövő elnyelhető energia maximális felhasználásának felismerése. Ha ez az energia-limit érvényes, innen megnyílik az út a struktúra teljes felépítése felé.

Lássuk tehát először, érvényesül-e az összefüggés a jelenleg ismert sugárzási mérleg-kiosztásokban.

$E_D + E_U = 2OLR$ TELJESÜLÉSÉNEK VIZSGÁLATA A MA ISMERETES GLOBÁLIS ENERGIAMÉRLEGEKBEN

GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment), Febr 2011 (Stackhouse *et al.*):
Source: http://www.gewex.org/images/Feb2011.pdf

NASA LaRC 24.5-Year Surface Radiation Budget Data Set Release 3.0

Paul W. Stackhouse Jr.[1], Shashi K. Gupta[2], Stephen J. Cox[2], Taiping Zhang[2], J. Colleen Mikovitz[2], and Laura M. Hinkelman[3] : [1] Climate Science Branch, NASA Langley Research Center, Hampton, Virginia, [2] Science Systems and Applications, Inc. Hampton, Virginia, [3] Joint Institute for the Study of the Atmosphere and Ocean, University of Washington, Seattle, Washington

Flux (Wm^{-2})	NASA/GEWEX SRB Release 3.0 (NASA LaRC) *24-Year Mean (1984-2007)*		Trenberth et al. (2009) CERES/ CCM3	Zhang and Rossow et al. (2004) *21-Year Mean (1984-2004)*	Wild (2008) IPCC AR4 Models
	Main Models	QC Models			
SRF SW Down	188.6	182.1	184	189.2	
SRF SW Net	166.6	159.5	161	165.9	161.8
SRF LW Down	343.8	347.5	333	343.8	337.5
SRF LW Net	-52.6	-51.2	-63	-49.6	-55.6
SRF Total Net	114.0	108.3	98	116.3	106.2
SRF SW CRF	-58.9	-61.9	---	-53.0	-57.2
SRF LW CRF	33.5	34.3	---	29.5	
SRF Total CRF	-25.4	-27.6	---	-23.5	
TOA SW Net	240.4	---	239	236.5	
TOA LW Net	-237.8	---	-239	-233.9	-233.7
TOA SW CRF	-47.5	---	---	-50.0	-50.6
TOA LW CRF	27.4	---	---	25.8	
TOA Net CRF	-20.1	---	---	-24.2	

Table 1. *24-year (1984–2007) global averaged radiative flux components at the surface (SRF) and TOA from SRB Release 3.0. The quality-check (QC) algorithms provide estimates of surface fluxes. Fluxes from ISCCP*

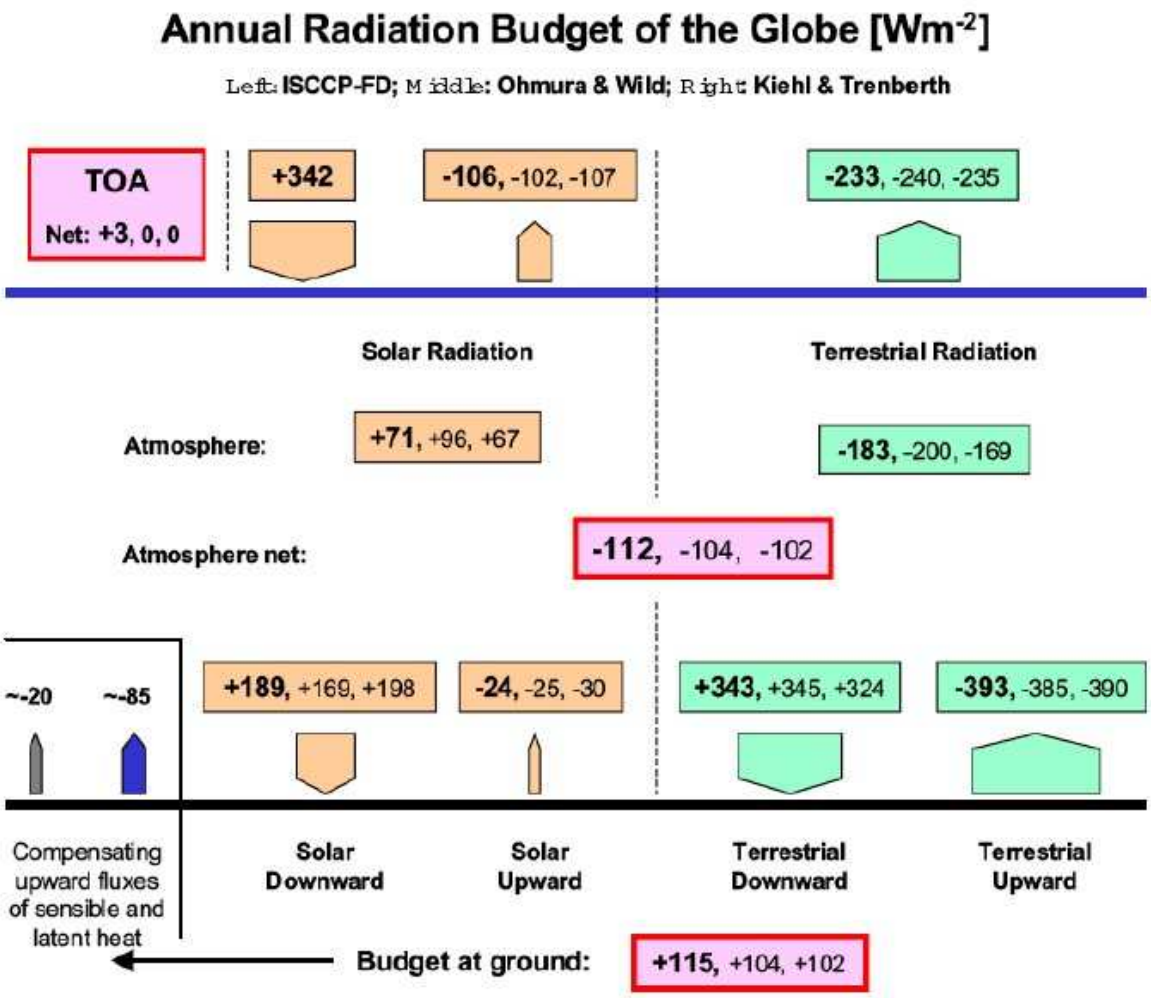
A fluxusok és G mértékegysége W/m^2 ; g dimenziótlan.
Hibahatárok: S_U: ±5, OLR: ±5, E_D: ±10, K: ±15, F: ±10 W/m^2.

Main models: E_D=344, S_T=53, OLR (all)=238, OLR(clr)=265, S_U=397, E_U=185, A_A=397-53=344; **$A=A_A/S_U=0.866$, $A_A=E_D$, $E_D+E_U=344+185=529$, 2OLR=2*265=530**. **$g(clr)=(S_U-OLR)/S_U=(397-265)/397=0.333$.**

ISCCP-FD (Zhang and Rossow et al.) 21-year mean: E_D=344, S_T=50, OLR(all)=234, OLR(clr)=260, S_U=394, E_U=184, **$A_A=E_D$, $A=A_A/S_U=0.873$**, **$E_D+E_U=344+184=528$, 2OLR=2*260=520**.

Martin Wild (2008): E_D=338, S_T=56, OLR(all)=234, OLR(clr)=258, E_U=178, S_U=393, A_A=393-56= 337, **$A_A=E_D$, $A=A_A/S_U= 0.8575$**, **$E_D+E_U=516$, 2OLR=516**.

Martin Wild (2011):
(Chair, Global Energy Balance Working Group of the International Radiation Commission; Institute for Atmospheric and Climate Science; IPCC AR5 lead author)



Radiation and Climate Change FS 2011 Martin Wild

Source: http://www.iac.ethz.ch/education/master/radiation_and_climate_change/

OLR (allsky) = 233, E_U=183, S_T=50, E_D=343, S_U=393, A_A=S_U-S_T=393-50=343, ***A_A=E_D***,
OLR (clr) = 266, **2OLR=532, E_U+E_D=183+343=526, A=A_A/S_U=0.873,**
G(clr)=S_U-OLR(clr)=393-266=127 W/m^2, ***g(clr) = 0.323***.
G(all)=S_U-OLR(all)=393-233=160 W/m^2, g (all) = 0.407.

Ohmura and Wild (2004):
OLR (all)=240, OLR (clr)=270, E_U=200, S_U=385, E_D=345, **E_D+E_U=545, 2OLR=540.**

Martin Wild 2011 „Earth radiation budget"-session, EGU 2011: E_D=345, E_U=188, S_T =52, OLR(all)=240, S_U=397, A_A=S_U – S_T=345, **A_A=E_D, A=A_A/S_U=0.869, OLR (clr) =266.5, g(clr)=0.33, 2OLR=533, E_D+E_U=345+188=533.**

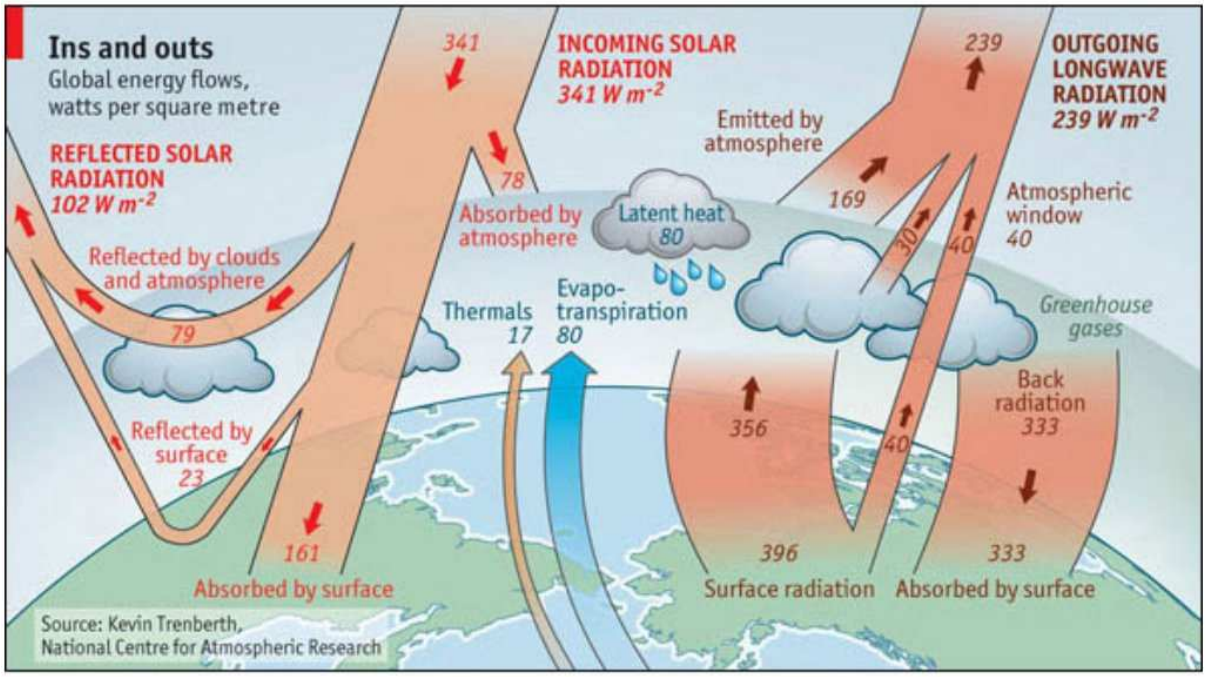
Graeme Stephens (Director, Center for Climate Sciences, Atmospheric Science Department, Colorado State Univ.; Jet Propulsion Lab) a fenti mennyiségek származtatására 4 módszert különböztet meg: reziduális (maradékelv), pl. TFK 2009; reanalízis (NOAA, Gewex); felszíni megfigyelések (Wild); szintézis (RT-kalkulációk). Az adatok bizonytalansága láthatóan és közismerten igen nagy: az üvegházhatás szempontjából kulcsfontosságú fluxusértékekre (E_D, E_U, F, K, S_T) az egyes modellek 20-30 W/m^2 eltéréseket is adnak.

Minthogy a Gewex munkacsoport tudományos irányító testületének elnöke *Kevin Trenberth*, érdemes megnézni az általa közölt legfrissebb adatokat. Ha (az ábrájuktól és a KT-1997-kiosztás instrukcióitól eltérően) megfelelően értelmezzük a kritikus „window” sugárzás értékét, a 2009-es Trenberth-Fasullo-Kiehl mérleg a helyes eredményre vezet:

Trenberth-Fasullo-Kiehl 2009 (KT97 update, CERES period)

TABLE 2b. Surface components of the annual mean energy budget for the globe, global land, and global ocean, except for atmospheric solar radiation absorbed (Solar absorb, left column), for the CERES period of Mar 2000 to May 2004 (W m^{-2}). Included are the solar absorbed at the surface (Solar down), reflected solar at the surface (Solar reflected), surface latent heat from evaporation (LH evaporation), sensible heat (SH), LW radiation up at the surface (Radiation up), LW downward radiation to the surface (Back radiation), net LW (Net LW), and net energy absorbed at the surface (NET down). HOAPS version 3 covers 80°S–80°N and is for 1988 to 2005. The values are from ISCCP-FD, NRA, JRA, and this paper. For the ocean, the ISCCP-FD is combined with HOAPS to provide a NET value.

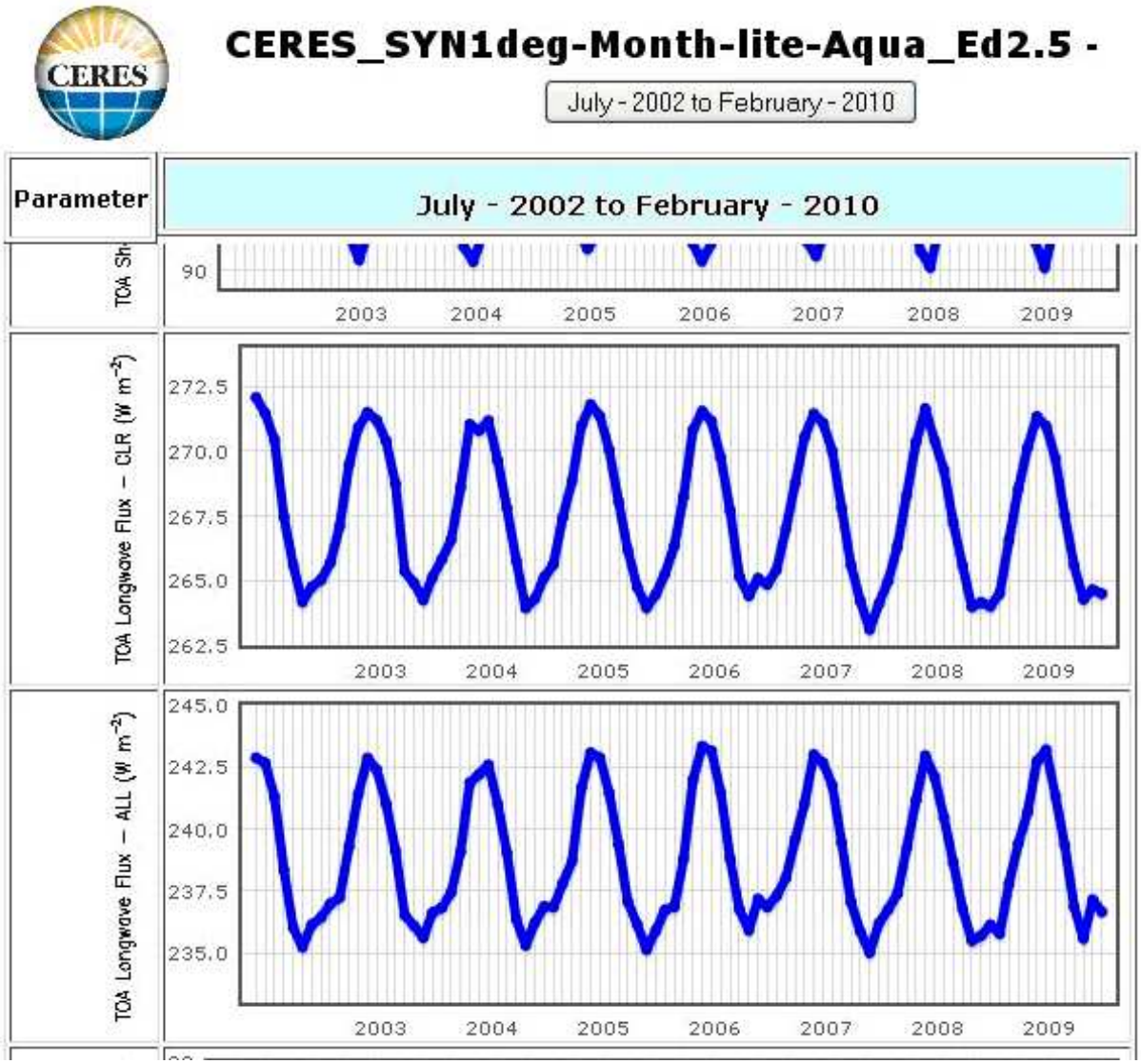
Global	Solar absorbed	Net solar	Solar reflected	LH evaporation	SH	Radiation up	Back radiation	Net LW	NET down
ISCCP-FD	70.8	165.7	22.8	-	-	393.9	345.4	48.5	-
NRA	64.4	160.4	45.2	83.1	15.6	396.9	336.5	60.4	1.3
JRA	74.7	169.8	25.6	90.2	19.4	396.9	324.1	72.8	−12.6
This paper	78.2	161.2	23.1	80.0	17	396	333	63	0.9



Original: Kevin E. Trenberth, John T. Fassulo and Jeffrey Kiehl:
Earth’s Global Energy Budget. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*, March 2009.

(Legújabb upgrade, 2011 október: ld. a 80. oldalt)

A hozzátartozó allsky és clear-sky kimenő fluxusok a NASA CERES LARC website-ról:



source: http://ceres-tool.larc.nasa.gov/ord-tool/srbavg)

OLR (clr) = 269 W/m^2 , OLR (all) =239 W/m^2 , S_U=396 W/m^2
E_U=169 (clear) + 30 (cloud) = 199 W/m2, 2E_U(=S_U)=398 W/m2, E_D=333 W/m^2,
E_U+E_D=199+333=532, 2*269=2OLR=538 , A=A_A/S_U=0.833,
G(clr)=S_U – OLR(clr)=396-269=127 W/m^2,
g (clr) = 0.32 [Miskolczi: g(clr)=1/3] G(all)=S_U – OLR(all)=396 – 239=157 W/m^2,
g (all) = 0.396 [Miskolczi: g(all)=2/5]

* * *

Összességében tehát:

Megállapítható, hogy a teljes légköri abszorpció és emisszió elméleti maximumát kifejező Miskolczi-féle E_D+E_U=2OLR összefüggés messze a hibahatáron belül megegyezik a globális energiamérlegek adataival.

Hogy ezen összefüggések érvényességét tapasztalati oldalról megítélhessük, térjünk vissza a fentebbi kiosztásokban talált ***g=0.33*** empirikus értékhez egy további szakirodalmi hivatkozás alapján:

Frontiers of climate modeling (eds. J. Kiehl and V. Ramanathan), Cambridge University Press 2006, Chapter 5, by V. Ramanathan and Anand Inamdar: The radiative forcing due to clouds and water vapor: ***„ the normalized g is 0.33, i.e., the atmosphere reduces the energy escaping to space (...) by a factor of 1/3 ”.***

A *bruttó* energiaáramokra vonatkozó $E_D+E_U=2OLR$ egyenlet *nettó* (a fluxusok különbségével kifejezett) megfelelőjét (M2007 Eq8) Miskolczi 2007-es publikációjának (6)-os és (7)-es összefüggésében így kapta:

$G = S_U - OLR = E_D - E_U$ (M2007 Eq6)
$2G = S_U - OLR + E_D - E_U = OLR$ (M2007 Eq7)

ahonnan

$2(S_U - OLR) = OLR$ miatt

$\boldsymbol{S_U = 3OLR/2}$ (M2007 Eq8)

vagyis $G = OLR/2$ és

$\boldsymbol{g = G / S_U = 1/3.}$ (5)

Amint származtatásából látszik, g=1/3 egy üvegházgáz-független konstans, maximális, tovább nem növelhető normált üvegház-faktort fejez ki.

Ezen összefüggések *együttesen* megfelelnek annak a tapasztalati megállapításnak, hogy a Föld légköre a teljes bejövő elérhető energiamennyiséget elnyeli és hosszúhullámon kisugározza, melynek révén egy *stacionárius, egyensúlyi* üvegházhatást tart fenn. A későbbiekben ezen összefüggéseket részletesebben elemezzük.

Minthogy az összefüggésben kifejeződő energia-megmaradási kényszer miatt az abszorpció (és emisszió) teljes mennyisége nem növekedhet, a felszín melegedésére (S_U növekedésére) állandó OLR mellett egyedüli lehetőségként az maradt, ha E_D növekedne E_U csökkenése mellett. Kérdés, hogy a hosszúhullámú légköri abszorpció (A_A) növekedése mellett lehetséges-e a léghőmérséklet olyan vertikális átrendeződése, amelyben a magasabb felszíni és troposzferikus hőmérsékletek mégis a légkör felfelé irányuló sugárzásának (E_U) csökkenésével és az áteresztett sugárzás (S_T) növekedésével érné el. [Minthogy az OLR-ben megjelenő E_U döntő része kb. 5,5 km-es magasságban (~255K) keletkezik, az esetleges sztratoszferikus hűlés itt nem segít.]

Inamdar és Ramanathan (1997) E_D-t, a hosszúhullámú lesugárzást G mellett az **üvegházhatás másik mértékéül** javasolja: “*Two measures are used to quatify the magnitude of the atmospheric greenhouse effect:* G_a *and* G_a^* ” , ahol G_a a fent használt kifejezés bal oldala (jelölésünkben: $S_U - OLR$), míg “G_a^* *is the downward longwave radiation at the surface*” (E_D). A különbségük, írják, a légkör sugárzási kényszere: “*the difference,* $G_a - G_a^*$*, denotes the radiative forcing of the atmosphere*”, $G_a - G_a^* = - E_U$.

Ekkor

$$G_a = S_U - OLR = E_D - E_U \,.$$

Ez éppen Miskolczi 2007-es cikkének 6. egyenlete (M2007 Eq6). Felhasználva az $OLR=E_U+S_T$ és $S_U=A_A+S_T$ definíciókat, innen közvetlenül a Miskolczi-féle $A_A=E_D$ egyenletre jutunk (M2007 Eq4). Az ő logikai felépítésében ez az egyenlet szerepelt kiindulópontként (M2004-ben empirikusan bemutatta), és M2007 Eq6.-ot származtatta. A kettő aritmetikailag ekvivalens.

Inamdar és Ramanathan E_D hátrányául a hiányos mérési hálózatot említi. Ez a probléma mára oldódott, pl. Wang és Liang (2009) az alábbi táblázatot közli. Az értékek láthatólag 243 W/m^2 és 443 W/m^2 között szórnak, 337 W/m^2 globális átlaggal. Ez rendkívül jól illeszkedik mind a fenti globális energiamérleg-kiosztásokban talált értékekhez, mind a Miskolczi-féle egyensúlyi értékhez.

Table 2. A Summary of the Statistics of the Comparison of the Measurements and Predictions of Instantaneous Downward Longwave Radiation Using *Brunt* [1932] and *Brutsaert* [1975] Clear-Sky Parameterizations[a]

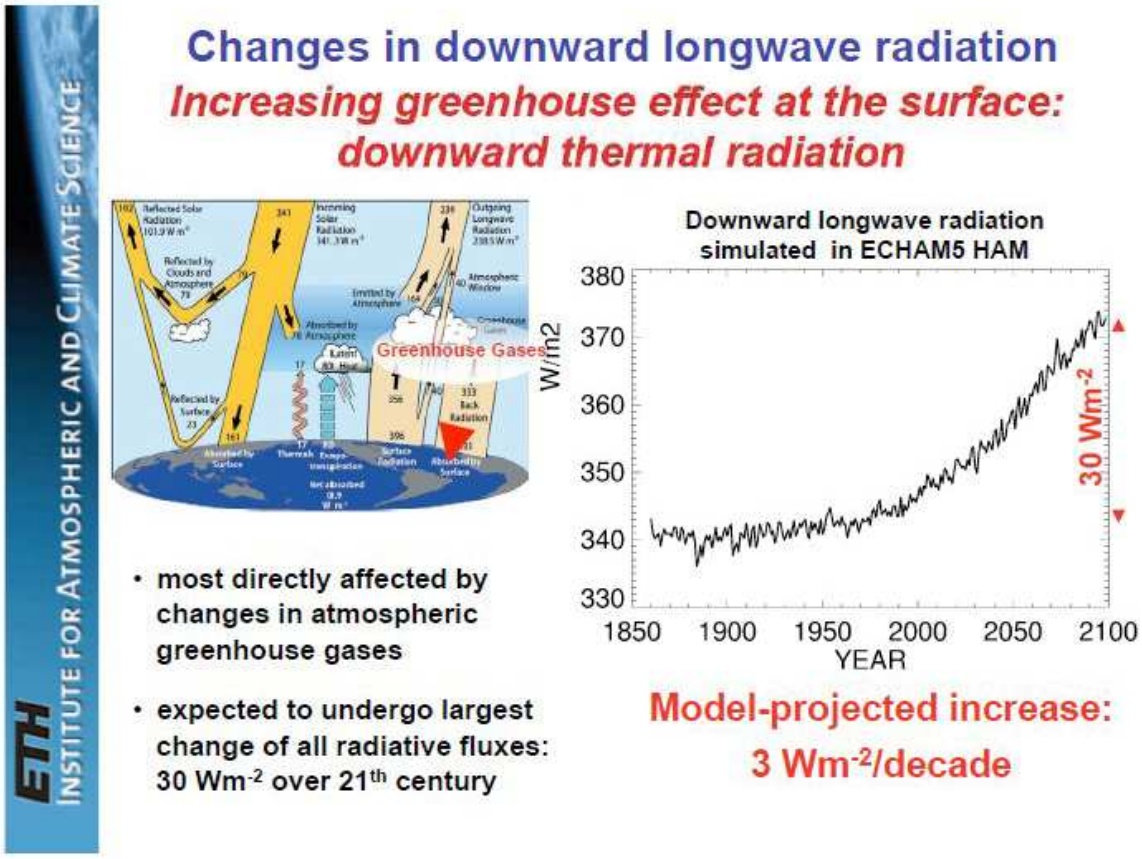
		Brunt Method			Brutsaert Method		
Site	Mean L_d	Bias	SD	R	Bias	SD	R
Bondville	329.9	1.3	16.9	0.96	3.6	18.4	0.96
Boulder	290.7	19.5	22.8	0.90	14.7	23.5	0.91
Desert Rock	314.3	15.3	16.4	0.94	7.0	17.2	0.94
Fort Peck	295.6	5.4	22.0	0.93	3.3	23.9	0.93
Goodwin Creek	361.1	0.4	15.8	0.96	4.3	15.9	0.96
Penn State	322.0	−1.0	17.4	0.96	−0.2	18.4	0.96
Sioux Falls	318.3	3.5	18.7	0.96	4.8	20.7	0.96
Bukit Soeharto	443.0	−7.4	17.5	0.44	−1.7	16.0	0.50
Fujiyoshida Forest	337.1	3.1	16.7	0.93	5.3	17.5	0.93
Laoshan	290.7	−1.6	24.6	0.95	−6.0	28.1	0.95
Mae Klong	419.1	−9.8	16.8	0.80	−3.7	15.3	0.83
Palangkaraya	433.0	−5.9	17.8	0.49	0.6	16.9	0.50
Sakaerat	418.6	−13.2	16.0	0.75	−6.8	14.8	0.77
Tomakomai	317.2	−3.4	20.7	0.93	−3.9	22.3	0.93
Howard Springs	409.3	5.6	18.5	0.83	11.9	18.3	0.84
Ghanzi grass	364.7	17.0	23.0	0.64	16.6	24.1	0.63
Ghanzi mixed	375.9	−0.9	23.7	0.58	−4.8	27.3	0.55
Campbell River	317.6	−11.1	19.4	0.83	−9.5	19.6	0.83
Dongtan 2	359.0	4.7	14.4	0.98	7.4	14.2	0.98
Dongtan 3	351.8	12.1	17.2	0.97	15.3	17.0	0.97
Dongtan 1	362.2	5.5	20.6	0.94	8.5	20.4	0.95
Hartheim	345.0	−11.1	15.6	0.94	−8.5	15.9	0.94
Walnut Gulch Kendall	309.8	16.6	21.3	0.88	10.0	22.4	0.88
Santa Rita Mesquite	342.6	0.3	22.8	0.88	−5.0	24.8	0.88
Black Hills	301.5	2.6	21.6	0.91	−0.6	22.6	0.92
Fort Peck	278.8	22.3	31.9	0.86	20.6	35.0	0.86
Goodwin Creek	351.6	17.8	22.6	0.93	22.7	23.0	0.93
Bondville	329.5	2.7	25.8	0.91	4.8	26.9	0.91
Morgan Monroe	337.1	5.0	17.4	0.95	7.5	18.5	0.96
Ozark	268.9	3.9	23.0	0.89	−4.1	23.4	0.91
Brookings	312.6	7.6	20.2	0.94	9.3	22.9	0.94
Walker Branch	349.1	−4.7	19.4	0.91	−2.7	20.0	0.91
Wind River Crane	328.2	−8.8	19.7	0.83	−6.9	20.3	0.83
Willow Creek	302.6	−8.2	21.1	0.93	−8.9	23.6	0.93
Amdo	247.8	5.2	25.9	0.88	−7.5	24.5	0.90
Gaize	243.9	17.1	29.3	0.83	0.5	35.1	0.79
Average of all sites	337.0	2.0	19.8	0.86	1.5	20.7	0.87

[a]The biases, standard deviations, and longwave radiation (L_d) values are in watts per meters squared. Instantaneous L_d is defined as the L_d estimates at the time scales of the radiation and meteorological data released by the data centers such as 3-min average for SURFRAD sites and 30-min average or 60-min average for other sites.

Wang and Liang (2009)

A Miskolczi-féle fenti egyenletrendszer E_U/E_D -re egy konstans 3/5 hányadost ír elő, melyet Miskolczi „*global average atmospheric up-down emittance ratio*”-nak nevez (Miskolczi 2010), és vele kapcsolatban így ír: ameddig ez a feltétel fennáll, változatlan OLR mellett a felszín üvegház-hőmérsékletében nem állhat be változás.

A mai elmélet azonban E_D erőteljes növekedését jósolja az üvegházhatású gázok légköri növekedése esetére:

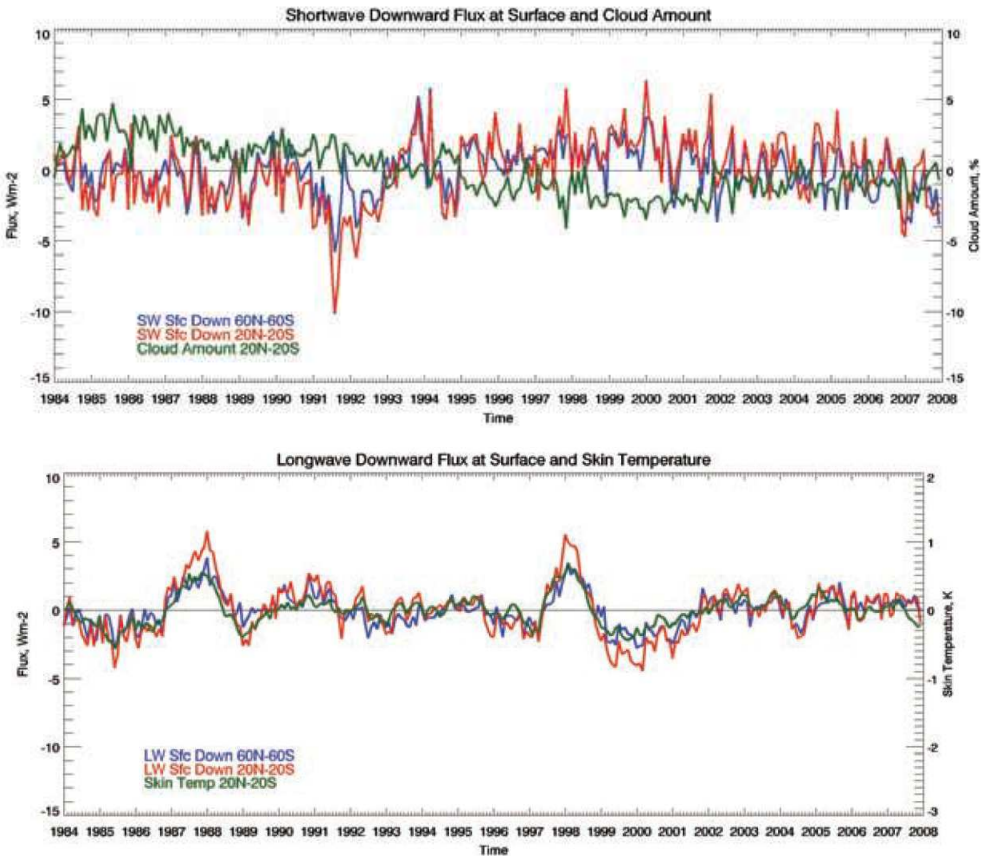


Forrás: Martin Wild (2010)
http://www.gewex.org/BSRN/BSRN-11_presentations/Tues-MartinWild.pdf

De hogyan nőhetne a lesugárzás, E_D, ha E_D+E_U = 2OLR=konstans, és E_U+S_T=OLR konstans? Csak E_U csökkenésével, azaz S_T növekedésével. S_T azonban az áteresztett sugárzás, aminek *csökkenését* várja a klasszikus modell a légköri abszorpció növekedése esetén; ráadásul E_U *növekedését* várja el a troposzferikus hőmérsékletnek az üvegház-hőmérséklettel együtt történő emelkedésétől.

A jelenség képtelenségének bemutatására vegyünk egy realisztikus példát: ha S_U 6 W/m^2-rel nőne, ahhoz $S_U=A_A+S_T$ szerint a valós arányok mellett ΔA_A=5 W/m^2 és ΔS_T=1 W/m^2 tartozhatna. Ekkor ΔOLR=0 mellett ΔE_U= –1 W/m^2 következne be. Ez ΔE_D-ben +1 W/m^2-t engedélyezne, holott a realisztikus $A_A \cong E_D$ mellett $\Delta A_A=\Delta E_D$=5W/m^2 volna várható. Bármilyen eltolódás az egyensúlyi E_D/E_U=5/3 aránytól ellentétes a balanszegyenletekkel. A hamburgi Max Planck Institute ECHAM5-HAM predikciója (ΔE_D=+30 W/m^2 növekmény a század végére) a fentiek szerint kívül esik a realitás minden tartományán.

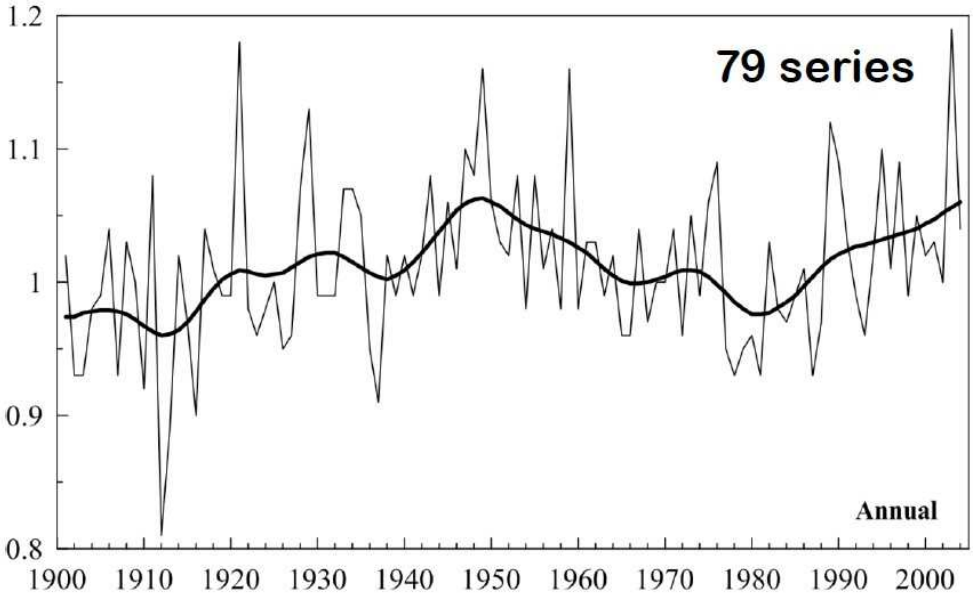
Az egyensúly fennállásának jellemzésére idézzük ide a fentebb már hivatkozott World Climate Research Programme (WCRP), a WMO és az ICSU által támogatott GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment) NEWS 2011 februári (Vol. 21. No.1) címlapján szereplő ábrát a frissen kiadott 24 és fél éves SRB (Surface Radiation Budget) data set-ből. Alább a rövidhullámú lesugárzás és a felhőzet variációit, a következő oldal tetején a hosszúhullámú lesugárzás és a szkin hőmérséklet variációt látjuk (az évszakos periódusoktól mentesítve) 1984-2008 között:



Forrás: 24.5-Year Surface Radiation Budget Data Set
http://www.gewex.org/images/Feb2011.pdf

Ha a közölt információk alapján értelmezzük az ábrákat, szoros összefüggés áll fenn a felszínen mért rövidhullámú lesugárzás és a globális felhőborítás mértéke között, mely összefüggés megjelenik a hosszúhullámú lesugárzás (E_D) és a felszínhőmérséklet variációiban is, de az adott időszakban trend-jellegű változás nem mutatkozik.

Tájékoztatásul közöljük a felszínre jutó napsugárzás hosszabb távú változását Nyugat-Európára (forrás: Wild et al., 2011):



"Western Europe: Significant increase during the 1901-2000s period"

Flux (W/m²)	Stackhouse et al. (2011)	Wild (2011)	Stephens (2011)	Wild (2008)	Zhang et al. (2004)	Ohmura & Wild (2004)	Kiehl&Trenberth (1997)*	Trenberth et al. (2009)*
SRF SW Net = $F^0 - F$	167	160	168	162	166	144	168	161
SRF LW Down = E_D	344	345	347	338	344	345	324	333
SRF LW Net = S_T	52	52	51	56	50	40	66	63
SRF Total Net = K	114	108	117	106	116	105	102	97
F	71	80	71	72	68	95	67	78
TOA LW Net = OLR	238	240	239	234	234	240	235	239
S_U	396	397	398	394	393	385	390	396
TOA LW CRF	27	26	29	32	26	25	30	30
E_U = OLR – S_T	185	188	188	178	184	200	169	169
CLR OLR	265	266	268	266	260	265	265	269
A_A+F+K = E_D+E_U	529	533	535	516	528	545	523	532
2*CLR OLR	530	532	536	532	520	530	530	538
2*S_U	792	794	796	788	786	772	780	792
3*CLR OLR	795	798	804	798	780	795	795	807

Table I. Summary of our validation study.
Error bars (given by Stephens, 2011) : S_U: ±5, OLR: ±5, E_D: ±10, K: ±15, F: ±10 W/m² . CERES CLR OLR=266 W/m².
* Kiehl & Trenberth (1997) and Trenberth et al. (2009) calculates E_U and E_D in a different way, LW CRF must be added.

E fejezet összefoglalásaként rögzítsük ismét, hogy a stacionárius fluxus-szerkezetre Miskolczi által közölt (a későbbiekben elemzendő)

$$\mathbf{A_A = E_D}$$
$$\mathbf{S_U = 2E_U}$$
$$\mathbf{S_U - OLR + E_D - E_U = OLR}$$

formák együttese aritmetikailag egyenértékű a

$$\mathbf{G = S_U - OLR = E_D - E_U}$$
$$\mathbf{2G = S_U - OLR + E_D - E_U = F^0 = OLR}$$
$$\mathbf{G = S_U + OLR - (E_D + E_U)}$$

egyenletrendszerrel. E kifejezések együtt a földi légkör üvegház-fluxusainak stabil, egyensúlyi, energetikai kényszerek által predeterminált, GHG-invariáns szerkezetét írják le.

Minthogy definíció szerint $E_U = OLR - S_T$, ezért a $2OLR=E_D+E_U$ egyenlet az $E_D=OLR+S_T$ kifejezésre vezet. Innen $\mathbf{G = E_D–E_U = 2S_T}$. Ez általánosan nyilvánvalóan nem teljesülhet (adott OLR mellett G és S_T ellentétes irányban változnak). A $G=2S_T$ összefüggés a földi légkör egyensúlyi üvegházhatásának jellemzője.

A rendszer teljes energiafelhasználását a legtisztább formában kifejezi továbbá:

$$\mathbf{2G^* = 2E_D = S_U + F^0 = S_U + OLR}$$

Egy idealizált, a feltételeket az összes formában ($OLR=E_U+S_T$, $S_U=A_A+S_T$, $S_U=2E_U$, $A_A=E_D$, $E_D=OLR+S_T$, $G=S_U–OLR=E_D–E_U$, $S_U–OLR+E_D–E_U=OLR$, $E_D+E_U=2OLR$, $E_D/E_U=5/3$, $S_T=G/2$, $S_U=3OLR/2$, $G=OLR/2$, $g=1/3$, $2G^*=2E_D=S_U+OLR$, $g^*=G^*/S_U=E_D/S_U=A_A/S_U=A=5/6$) egzaktul kielégítő stacionárius clear-sky kiosztás, $S_U=396$ W/m^2-re: $OLR=264$, $E_U=198$, $S_T=66$, $E_D=330$, $A_A=330$ W/m^2.

A fenti összefüggések érvényesek valós (all-sky) viszonyok közepette is a megfelelő felhő sugárzási kényszereket figyelembe véve.

A $g=G/S_U=(S_U – OLR)/S_U$ normált üvegház-függvényből $f = 1– g$ alapján származtatott mennyiség az $f=OLR/S_U$ transzfer-függvény. Hasonlóan, $S_T/S_U=T_A$ a transzmittancia, $A_A/S_U=A=1–T_A$ az abszorptancia-függvény (mindegyikük dimenziótlan, 0 és 1 közötti értékekkel). A fentebb talált $g=1/3$ egyensúlyi érték meghatározza a többi, most definiált függvény stacionárius (egyensúlyi) értékét is.

Az üvegház-probléma teljes körű megoldását tehát az jelentené, ha a fenti fluxus-fügvények értékeit sikerülne összefüggésbe hozni a légkörben található üvegházhatású gázok eloszlásával és a léghőmérsékletekkel. Minthogy egy közeg abszorpciós/transzmissziós képességét az *optikai mélység* (τ) fogalmával írják le, feladatunk elméleti értelemben az energiaáram-összefüggések igazolása vagy elvetése a valós légköri abszorpció kiszámításával. Ez elméleti értelemben az $f(\tau)$ [vagy $g(\tau)$, vagy $A(\tau)$] függvény megadását, a földi légkörben jelenlevő valamennyi üvegházhatású gáz mennyisége és eloszlása alapján történő kiszámítását jelenti. Miskolczi Ferenc munkájával erre a problémára kereste a választ.

Az eredmények értelmezés során fény derült a K tényező (nem-sugárzási eredetű felszín-légkör hőcsere, szenzibilis és látens hő), továbbá a szabad óceáni vízfelületek mint szükséges feltétel kiemelt szerepére, illetve azokra a mögöttes fizikai törvényekre, amelyek – a már említett határfeltételt adó energia-megmaradás elvével együtt – a rendszer egyensúlyi állapota körüli fluktuációt kikényszerítik és hosszú távon fenntartják.

Az alábbiakban megkíséreljük Miskolczi munkáját nyomon követni, értelmezni és kritikailag elemezni; előbb azonban elhelyezzük az üvegházgáz-szakirodalom történeti folyamatában.

VI. AZ ÜVEGHÁZHATÁS VÁLTOZÁSÁNAK BECSLÉSI MÓDSZERE HÁROM RÉGEBBI ÉS HÁROM ÚJABB TANULMÁNYBAN

1.
Svante Arrhenius:
On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.
Philosophical Magazine, April 1896.

" IV. Calculation of the variation of Temperature that would ensue in consequence of a given variation of the Carbonic Acid in the Air.

We now possess all the necessary data for an estimation of the effect on the earth's temperature which would be the result of a given variation of the aërial carbonic acid. We only need to determine the absorption-coefficient for a certain place with the help of Table III. if we know the quantity of carbonic acid (K=1 now) and water-vapour (W) of this place. By the aid of Table IV, we at first determine the factor ρ that gives the mean path of the radiation from the earth through the air and multiply the given K- and W-values by this factor. Then we determine the value of b which corresponds to ρK és ρW. Suppose now that the carbonic acid had another concentration K_1 (*e.g.*, K_1=1.5). Then we at first suppose W unaltered and seek the new value of ρ, say, ρ_1, that is valid on this supposition. Next we have to seek β, which corresponds to $\rho_1 K_1$ (1.5 ρ_1), and ρ_1W . From formula (3) we can then easily calculate the alteration (t) (here increase) in the temperature at the given place which will accompany the variation of β from β to β_1. In consequence of the variation (t) in the temperature, W also must undergo a variation."

(1) számú egyenletében Arrhenius felírja a légkör energia-egyenlegét az abszorpció függvényében: kisugárzását és bevételeit, a rövidhullámú és a kondukciós-advekciós tagokkal együtt; (2) egyenlete a felszín sugárzási mérlege. A felszínhőmérsékletet (3) a Stefan-Boltzmann törvényből számolja. Magától értetődőnek tekinti, hogy a széndioxid-tartalom lokális változásától a lokális abszorpció megnő. Ennek következtében változik a felszínhőmérséklet, melyet a légköri és óceáni áramlások horizontálisan és vertikálisan szétterítenek. Az új hőmérsékletre a páratartalom is változással reagál. Programját az alábbi publikáció vitte tovább:

2.
Syukoro Manabe and Richard Wetherald: The Effects of Doubling the CO_2 Concentration on the Climate of a General Circulation Model
Journal of the Atmospheric Sciences, Vol. 32. No. 1., January 1975.

"It has been speculated that an increase in the CO_2 content in the atmosphere may result in the gradual rise of the atmospheric temperature (Callendar, 1949). Plass (1956), Kaplan (1960) and Kondratiev and Niilisk (1960) estimated the increase of the temperature of the earth's surface required to compensate for the increase in the downward terrestrial radiation due to the increase in the CO_2 content in the atmosphere. [...]

Möller (1963) reviewed these studies critically and tried to improve these estimates by making a more realistic assumption. According to Möller, the atmosphere tends to restore a certain climatological distribution of relative humidity in response to the change in temperature. The change in surface temperature is accomplished by a change in air temperature, which in turn causes the changes in absolute humidity of air and in the downward terrestrial radiation. [...]

Examining Möller's method, Manabe and Wetherald (1967) felt that it was necessary to take into consideration another physical factor in order to obtain reasonable results. They maintained that the change in CO_2 content not only affects the flux of net radiation at the earth's surface but also the fluxes of sensible and latent heat from the earth's surface to the atmosphere. In order to find out how the flux of total heat energy depends upon the CO_2 content, it is necessary to take into consideration the heat balance of the atmosphere as well as that of the earth's surface. Therefore, Manabe and Wetherald proposed to use a one-dimensional model of radiative-convective equilibrium to investigate this problem. "

A hosszúhullámú lesugárzás (E_D) növekedésére vonatkozó spekulációk alapja a kezdeti időszak óta direkt módon a CO_2 légköri mennyiségéből eredő abszorpció-növekmény volt. Möller már figyelembe vette, hogy a feltételezett felszínhőmérséklet-emelkedésre miként reagál a légkör: a páratartalom újraelosztásával, amely ismét visszahat a hosszúhullámú lesugárzásra. Manabe és Wetherald (1967) további fizikai tényezők bevonását javasolta. Szerintük a CO_2-növekmény nem csupán a felszín nettó sugárzási fluxusaira hat, hanem megváltoztatja a felszín-légkör hőcserét is. Így tehát egy egydimenziós egyensúlyi radiatív-konvektív modellt javasoltak a légkör és a felszín teljes hő-áramainak vizsgálatára. Jelen cikkükben (1975) pedig a zonális átlaghőmérsékletek megváltozásának figyelembe vételét javasolják a trópus-pólus hőszállítás háromdimenziós általános légkörzési modelljében.

Megítélésünk szerint Miskolczi munkája ebből a szempontból nem más, mint egy újabb további fizikai tényező bevonása a vizsgálatba, nevezetesen, hogy miképpen függ a légkör teljes hőenergia-fluxusa a bejövő elérhető energiától; és nagypontosságú sugárzás-átviteli számításokkal megpróbált ennek a kérdésnek utána járni. Ennek kapcsán empirikusan azt találta, hogy mind a bruttó, mind a nettó légköri energiaáramok a számukra elérhető maximális értéken állnak az elnyelhető energia mennyiségéhez viszonyítva. A légkör teljes abszorpciója: a hosszúhullámú (A_A), rövidhullámú (F), valamint szenzibilis és látens energiák (K) összege, és az ezzel megegyező teljes kibocsátott légköri hosszúhullámú sugárzási energia (E_D lefelé plusz E_U felfelé), a bejövő elérhető teljes sugárzási energia mennyiségével ($2F^0$) egyenlő; maximálva ezzel az üvegház-fluxusok értékeit és rögzítve egymáshoz való viszonyait is.

Ez a kényszerfeltétel hatással van a Manabe és Wetherald által vizsgált rendszer valamennyi tényezőjére: a növekvő légköri CO_2-koncentrációra jutó nagyobb abszorpciót az abszolút és relatív páratartalom megváltozó eloszlása, valamint ennek a meridionális hőtranszportban való megjelenése kényszerűen, de kötelezően kompenzálja. Az így létrejövő új egyensúlyban a sugárzási energiák szerkezete végül ismét megfelel a rendszer számára rendelkezésre álló energiatartalom limitjének; a felszín leghatékonyabb hűlését beállítva pedig a szenzibilis és látens hőfluxusok szolgáltatják a légkör számára a maximális abszorpcióhoz szükséges vízpára-tartalmat és eloszlást. E szempont beépítése az általános légkörzési modellekbe számos új információt adhat a légkör növekvő széndioxid-koncentrációja által a globális hidrológiai ciklusban okozott változásokról.

3.
James Hansen, D. Johnson, A. Lacis, S. Lebedeff, P. Lee, D. Ring, G. Russell: Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide

Science, 28 August 1981.

"The surface temperature resulting from the greenhouse effect is analogous to the depth of water in a leaky bucket with constant inflow rate. If the holes in the bucket are reduced slightly in size, the water depth and water pressure will increase until the flow rate out of the holes again equals the inflow rate. Analogously, if the atmospheric infrared opacity increases, the temperature of the surface and the atmosphere will increase until the emission of radiation from the planet again equals the absorbed solar energy."

E mechanikai kép nem vet számot azzal, hogy a légkör részleges átlátszóságát eredményező "lyukak" tágabbra nyitása vagy összehúzása nem szilárd testként determinált, hanem ugyanannak az energetikai folyamatnak a része, amely a hidrológiai ciklus dinamikai szabályozásán – a párolgáson, az eloszláson és a csapadékon – keresztül visszacsatolódik a felszínhőmérséklethez és a sugárzási szerkezet többi eleméhez. Így az infravörös "légköri ablak" szűkülésére és az ezt kompenzáló felszíni és légköri felsugárzás növekedésére vonatkozó feltételezés ellentmond mind a rendszer által elnyelhető energia limitjét kifejező energia-megmaradás elvének, mind a felszínhőmérséklet csökkentésére irányuló energiaminimum elvnek.
[A *leaky bucket* analógiát illetően ld. a 81. oldalt.]

4.

Andrew Dessler and Steven Sherwood: A Matter of Humidity
Science, 20 February 2009.

"The water vapor feedback is the process whereby an initial warming of the planet, caused, for example, by an increase in atmospheric carbon dioxide, leads to an increase in the humidity of the atmosphere. Because water vapor is itself a greenhouse gas, this increase in humidity causes additional warming. [...] the water vapor feedback is virtually certain to be strongly positive […] evidence for the water vapor feedback— and the large future climate warming it implies—is now strong."

Sem a cikkben, sem a hivatkozásaiban nem találunk számadatot a párolgási (látens) hőnek a többi üvegház-fluxussal való kapcsolatára vagy az ezen kapcsolatot szabályozó energetikai összefüggésekre. A pozitív vízpára-visszacsatolás feltételezése ellentétes a rendszer számára rendelkezésre álló abszorbeálható energia limitjére vonatkozó tényekkel.

5.

Andrew Lacis, Gavin Schmidt, David Rind, Reto Ruedy: Atmospheric CO2: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature
Science, 15 October 2010.

"Ample physical evidence shows that carbon dioxide (CO2) is the single most important climate-relevant greenhouse gas in Earth's atmosphere. [...] Without the radiative forcing supplied by CO2 and the other noncondensing greenhouse gases, the terrestrial greenhouse would collapse, plunging the global climate into an icebound Earth state.

[...] These studies [Fourier, Tyndall, Arrhenius] established long ago that water vapor and CO2 are indeed the principal terrestrial GHGs. Now, further consideration shows that CO2 is the one that controls climate change. [...] We used the GISS 4° × 5° ModelE to calculate changes in instantaneous LW TOA flux (annual global averages) in experiments where atmospheric constituents (including water vapor, clouds, CO2, O3, N2O, CH4, CFCs, and aerosols) were added to or subtracted from an equilibrium atmosphere with a given global temperature structure, one constituent at a time for a 1-year period. Decreases in outgoing TOA flux for each constituent relative to the empty or the full-component atmosphere define the bounds for the relative impact on the total greenhouse effect."

A fentiek (és a hivatkozott GISS ModelE részletes technikai leírásai) szerint a gázok hatását a teljes üvegházhatásra

– egyesével, mennyiségi hozzáadásukkal vagy kivonásukkal,
– a kimenő fluxusra vonatkoztatva
állapították meg.

Ez a módszer
– nem alkalmas a teljes légköri abszorpció integrált kiszámítására
– nem veszi figyelembe az egyedi abszorpciók összegére korlátot szabó energetikai fluxus-összefüggéseket.

6.

Raymond Pierrehumbert: Infrared radiation and planetary temperature
Physics Today, January 2011.

A hat oldalas tanulmány első szakaszában a molekuláris abszorpció fizikáját, a másodikban az üvegház-gázok spektroszkópiai tulajdonságait, a harmadikban a műholdas spektrumokat veszi át, megállapítva továbbá, hogy a CO2 spektrális telítettségére vonatkozó feltételezések tévesek. Az írás negyedik szakasza (Energy balance and surface temperature) foglalkozik, felsorolva azokat az arányokat, amennyivel az egyes üvegház-gázok részt vesznek a teljes hatásban.

Az ötödik szakasz a sugárzás-átvitel fizikájának alapjait lefektető nagy neveket említi, végül megállapítja, hogy az antropogén üvegházhatás „támadhatatlan”:

“The foundations of radiative transfer were laid by some of the greatest physicists of the 19th and 20th centuries – Fourier, Tyndall, Arrhenius, Kirchhoff, Ludwig Boltzmann, Max Planck, Albert Einstein, Schwarzschild, Arthur Eddington, Milne, and Subrahmanyan Chandrasekhar – plus many more […] The CO_2 greenhouse effect is directly visible in satellite observations of the bite taken out of the IR spectrum near 667 cm^{-1}, a feature whose details agree precisely with results of calculations based on first-principles radiative transfer calculations. Laboratory spectroscopy demonstrates that the width of the bite will increase as CO_2 increases, and warming inevitably follows as a consequence of well-established energy-balance principles. The precise magnitude of the resulting warming depends on the fairly well-known amount of amplification by water-vapor feedbacks and on the less known amount of cloud feedback. There are indeed uncertainties in the magnitude and impact of anthropogenic global warming, but the basic radiative physics of the anthropogenic greenhouse effect is unassailable.”

— A szerző a fentiek szerint úgy tartja, hogy az egyes abszorberek arányainak laboratóriumi változtatásából következtetni lehet az eredő globális integrális hatás megváltozására. Ez a cikk sem tesz kísérletet az általa is említett „well-established energy-balance” elvek felírására, így nem reflektál a köztük fennálló, tényszerűen létező számszerű kapcsolatokra sem.

* * *

Mindeme írások a direkt CO_2-hatás becslésénél láthatólag megmaradnak az *iniciális* abszorpciónál, és ezen *individuális* elemi eseményből kiindulva anélkül tesznek erős elkötelezettségű állításokat a folyamat *egészére*, hogy számításba vennék a *globális skálán* szabályozó fizikai-energetikai kényszereket és törvényi meghatározottságokat. Miskolczi tevékenysége ez utóbbiak hangsúlyos figyelembe vételére irányul.

Amennyiben tehát Arrhenius 1896-os cikkének rögtön (1) számozott egyenleténél, felírva a légoszlop emissziójának és abszorpciójának egyenlőségét, észrevehette volna, hogy a teljes emisszió, $\beta\gamma\theta^4$ megegyezik az adott légoszlopba belépő és onnan távozó teljes napsugárzási energiamennyiséggel, 2W-vel (ahol W-t előzőleg már helyesen kiszámította), akkor egy 115 éves tévutat előzhetett volna meg a széndioxid-növekmény által feltételezett növekvő abszorpcióról.

Stefan's law of radiation, which is now generally accepted, holds good, or in other words that the quantity of heat (W) that radiates from a body of the albedo $(1-\nu)$ and temperature T (absolute) to another body of the absorption-coefficient β and absolute temperature θ is

$$W = \nu\beta\gamma(T^4 - \theta^4),$$

where γ is the so-called radiation constant ($1{\cdot}21 \,.\, 10^{-12}$ per sec. and cm.^{2}). Empty space may be regarded as having the absolute temperature 0*.

[…]

Then we find for the column of air

$$\beta\gamma\theta^4 = \beta\gamma\nu(T^4 - \theta^4) + \alpha A + M. \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

The first member of this equation represents the heat radiated from the air (emission-coefficient β, temperature θ) to space (temperature 0). The second one gives the heat radiated from the soil (1 cm.^{2}, temperature T, albedo $1-\nu$) to the air; the third and fourth give the amount of the sun's radiation absorbed by the air, and the quantity of heat obtained by conduction (air-currents) from other parts of the air or from the ground.

Forrás:

Prof. S. Arrhenius *on the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground.*

Ehhez azonban a kisugárzási léghőmérsékletekre, illetve E_D és E_U globális átlagos értékének ismeretére lett volna szüksége. Akkoriban ez természetesen nem volt elérhető. Így a szóban forgó egyenlőség felismerésének előfeltétele e mennyiségek pontos kiszámítása volt. Miskolczi ezt a munkát végezte el.

VII. A MISKOLCZI ÁLTAL ELVÉGZETT KUTATÓMUNKA ÁTTEKINTÉSE

A VII. fejezet ábráinak forrása: F. Miskolczi: Greenhouse effect and the IR radiative structure of the atmosphere. Oral presentation in the "Three-dimensional radiative transfer"-session of the IUGG 2011 General Assembly by M. Zagoni, 5 July 2011. Copyright © F. Miskolczi 2011.

1. Háttér, motiváció, kiindulópont

30 évvel ezelőtt jelent meg Marx György és Miskolczi Ferenc közös cikke, *The CO2 greenhouse effect and the thermal history of the atmosphere* címmel (Marx és Miskolczi 1981), ahol – a transzmisszivitás és abszorpciós függvények felírásával – a szerzők a szén-dioxid üvegházhatása történeti változásainak kiszámítására tesznek kísérletet. Miskolczit a témakör iránti érdeklődése egy nagypontosságú légköri hosszúhullámú sugárzás-átviteli számítógépes program megírására vezette (HARTCODE – Miskolczi 1989). Az elméleti háttér abban az időben a sugárzáselméleti és klimatológiai kézikönyvekben (Goody and Yung 1989, Chandrasekhar 1949; Geiger 1927, Peixoto and Oort 1991) és klasszikus tanulmányokban (Schwarzschild 1906, 1914, Eddington 1916, Rosseland 1924, Milne 1930) volt megtalálható.

Ezeken kívül az üvegházhatás sugárzáselméleti alapjait és a Föld energiamérlegét számos korabeli szakcikk tárgyalta (Callendar 1949, Manabe and Möller 1961, Möller 1963, Manabe and Strickler 1964, Manabe and Wehterald 1967, 1975, Wang *et al*. 1976, Mihalas 1978, Hansen *et al*. 1981, Raval and Ramanathan 1989, Whitlock *et al*. 1990a, 1990b, Stephens and Greenwald 1991a, 1991b, Inamdar and Ramanathan 1997). A sor hosszan folytatható.

Miskolczi 2001-2007 közötti kutatásainak fő motivációja a felhőtlen hosszúhullámú kimenősugárzás (clear-sky OLR) és a felszíni felsugárzás (S_U) közötti elméleti összefüggés vizsgálata volt valós légköri feltételek mellett. Erre nézvést a rendelkezésére álló formula 1991-ben még mindig a Schwarzschild által 1906-ban csillaglégkörökre felírt

$$dB / d\tau = E - B \qquad ; \qquad dA / d\tau = A - E$$

egyenletrendszer eredeti Schwarzschild-féle megoldása:

$$E = A_0 (1 + \tau) / 2 \quad ; \quad A = A_0 (2 + \tau) / 2 \quad ; \quad B = A_0 \, \tau / 2 \ .$$

(Figyelemre méltó Schwarzschild ide fűzött megjegyzése: "*Thus the variation of the radiation E with overlying optical depth* τ *can be derived only by assuming Kirchhoff's law.*" — Kiemelés az eredetiben.)

Planetáris értelmezésben itt E a felszínközeli léghőmérséklet sugárzása, A a felszíni felsugárzás, A_0=*OLR*, B a légköri forrásfüggvény. Ezt a megoldást ismétli meg Eddington (1916), Milne (1930), Goody és Yung (1989), valamint Stephens és Greenwald (1991) is. Utóbbi, Raval és Ramanathan (1989) $G = S_U - OLR$ és $g = G/S_U$ faktorai után, újabb üvegház-paramétereket vezet be:

$\mathcal{G} = S_U/OLR$ és $\mathcal{F} = G / OLR$.

Láthatólag $g = (\mathcal{G} - 1) / \mathcal{G}$.

A felszín-hőmérséklet és a felszínközeli léghőmérséklet között Stephens és Greenwald (1991) modelljében is fennáll a Schwarzschild-megoldás ismeretes talajközeli hőmérsékleti diszkontinuitása, hiszen

$\sigma t_A^4 = OLR\ (1 + \tau\ ) / 2$

a legalsó légréteg hőmérséklete, és

$\sigma t_G^4 = OLR\ (2 + \tau\ ) / 2$

a felszínhőmérséklet. A két folytonos érintkezésben lévő közeg, a felszín és a legalsó légréteg között a termodinamika által megkövetelt hőmérsékleti kiegyenlítést (az érintkezési felületen globális átlagban az *azonosságot*) e meggondolás szerint a K konvekciós-kondukciós hőkicserélődés biztosítja.

Miskolczi olyan megoldást keresett a forrásfüggvény függőleges alakjára, mely a K tag jelenlétét is figyelembe véve, fizikailag helyesen vezeti be a forrásfüggvényt a légkör legalsó rétegén át az alsó határfelületre. Ezért a Schwarzschild-megoldásban az integrációs konstansra újabb feltételként megköveteli, hogy az alsó határon *folytonos* függvényhez vezessen. A levezetés eredményeképpen a $t_A = t_G = t_S$ hőmérsékleti egyenlőség mellett a

$\sigma t_S^4 = S_U = OLR\ (\ 1 + \tau + \exp(-\tau))\ /\ 2$

alakot nyeri. $OLR/S_U = f$ -et transzfer-függvénynek nevezi ($f = 1 - g = 1 / \mathcal{G}$, és $g / f = \mathcal{F}$).

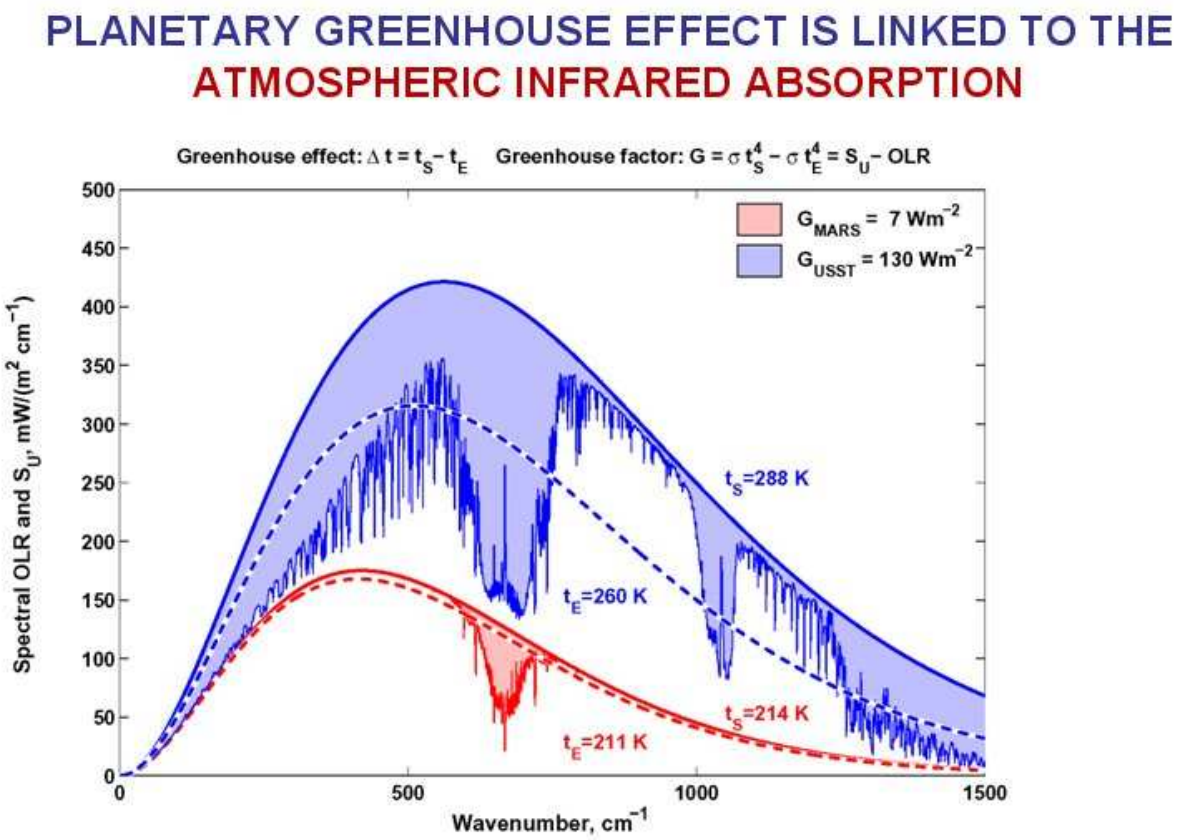
Miskolczi, rádiószondás felszállások adatainak ezrein elemezve a valós függőleges hőmérsékleti profilokat, Miskolczi felismerte, hogy a Stephens-Greenwald-féle lineáris optikaimélység-parametrizálás nem adja vissza a tényleges eloszlást. Ezzel szemben az új f függvényalak a tapasztalatnak megfelelő eloszlást ír le.

Ezután vág neki a feladatnak: az optikai mélység kiszámításának a valós légkör tényleges hőmérsékleti és üvegházgáz (IR-abszorbens) koncentrációinak függvényében, azzal a céllal, hogy a végeredményként adódó $f(\tau)$ függvénykapcsolat révén az üvegház-hőmérséklet elméletileg is származtathatóvá váljék.

A munka eredménye: eddigieknél pontosabb hosszúhullámú fluxus-adatok a globális energiamérlegekben a csak számítással meghatározható mennyiségekre (A_A, S_T, E_U). Innen mód nyílik a bejövő energia maximális hasznosulásának felismerésére; ebből származóan az áramkomponensek közötti új, nem várt összefüggések megállapítására; melyek végül, bónuszként, a földi üvegházhatás működésének új, determinált összképét adták ki.

2. Az üvegház-faktor és az abszorpció viszonya

(Alapok) Az üvegházhatást a felszínhőmérséklet (2 m magasságban mért léghőmérséklet) globális átlagos értéke (~15 Celsius fok, 288K) és az effektív hőmérséklet (-18 C, 255K) különbsége adja. Az üvegház-faktor Ramanathan-féle definíciója, mint arról már többször szó volt, a felszíni hosszúhullámú Planck feketetest-sugárzás (S_U) és a hosszúhullámú kimenő sugárzás (OLR) különbsége, $G=S_U - OLR$, mely elemeket a Stefan-Boltzmann törvény köti össze a hőmérsékletekkel. A *2. ábrán* a Ramanathan fentebb közölt Figure 2-jének globális megfelelőjét találjuk, a Marsra vonatkozó grafikonnal kiegészítve.



2. ábra

Sem G-ről, sem normált alakjáról nem látszik, miként lennének közvetlenül összefüggésbe hozhatók a légkör hosszúhullámú abszorpcióját kifejező fluxus-mennyiségekkel. Holott a légköri üvegházhatás, alapvető fizikai értelmezése szerint, a földfelszínt elhagyó Planck-sugárzás hullámhossz-tartományában elnyelésre és kibocsátásra képes gázok légköri jelenlétéből származik. Ezek nélkül üvegházhatásról nem beszélhetünk (S_U=OLR, pl. Hold).

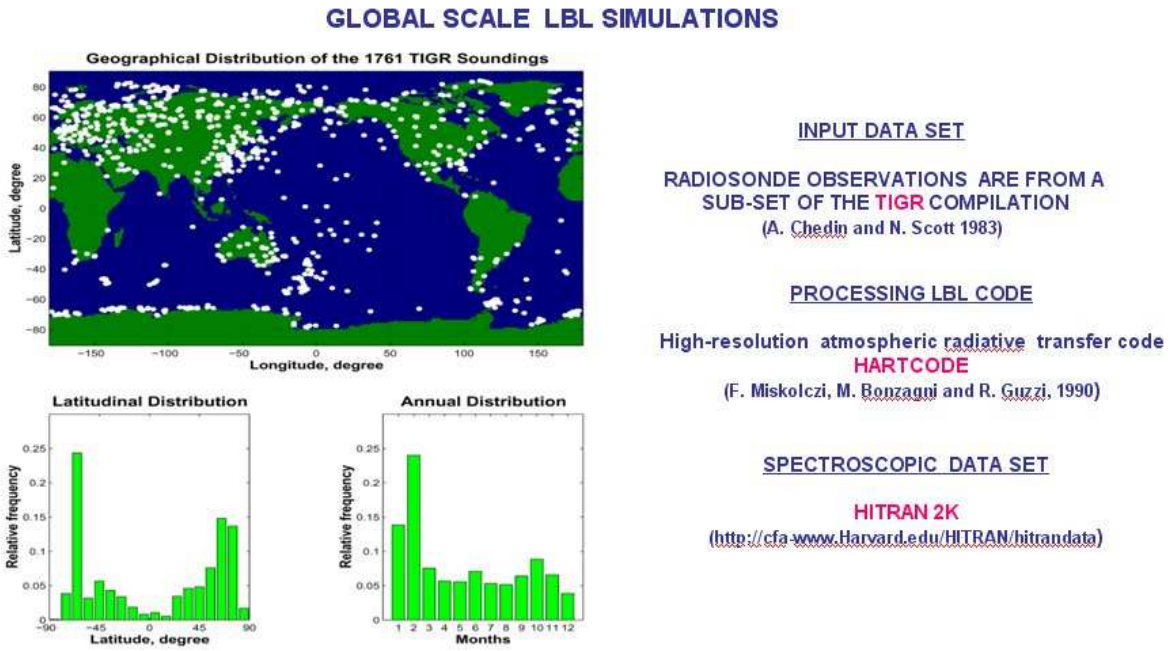
G és g tehát nem közvetlen mérőszámai a valós infravörös légköri abszorpciónak, amelynek a helyes kifejezése, a korábban bemutatott 1. ábra sugárzás-átviteli modellje szerint, az A_A és ennek normált alakja, $A=A_A/S_U$ lenne. Azonban a helyzet az, hogy a $G=S_U$ – OLR kifejezésben minden tag mérhető, az $A_A= S_U – S_T$ kifejezésben szereplő mennyiségek közül sem A_A , sem S_T nem mérhető. Sőt, az OLR= $E_U + S_T$ definícióban E_U sem mérhető. Ellenpárja, a lefelé jövő légköri hosszúhullámú sugárzás, E_D azonban a felszínen elhelyezett műszerekkel igen. Éppen ezért az Inamdar-Ramanathan-féle G* (=E_D) és g* = E_D/S_U alkalmasabb mérőszámok, ha összefüggésbe hozhatók az abszorpcióval. S_U partíciója A_A és S_T értékekre, továbbá OLR felosztása E_U és S_T fluxusokra azonban csak sugárzás-átviteli számítások segítségével végezhető el.

Miskolczi munkájának fő célja volt, hogy realisztikus becsléseket adjon e mennyiségekre.

3. Adatbázis és szimuláció

Ehhez a valós légkör mért adatbázisainak feldolgozásával kezdett hozzá. Adatbázisként a publikusan elérhető, számtalan alkalmazásban használt és tesztelt TIGR rádiószondás arhívumot használta fel, melyek a Föld számos pontján végzett 1761 rádiószondás felszállás légköri profil-adatait tartalmazza minden évszakra. Az egyes üvegházgáz-molekulafajták ab-

szorpciós adatait a HITRAN 2K harvardi adatbázisból vette. A sugárzás-átviteli számításokat a saját fejlesztésű HARTCODE nagypontosságú line-by-line kódja segítségével végezte.



3. ábra

A kiszámított mennyiség S_T transzmisszió volt, ahol definíció szerint $S_U = A_A + S_T$, továbbá $A=A_A/S_U$ és $A = 1 - T_A$.

Az itt megjelenő T_A mennyiség segítségével nyerhető a rendszer globális átlagos infravörös optikai mélysége:

$$\tau_A = -\ln T_A \qquad (6)$$

vagy visszafelé

$$S_T = S_U \exp(-\tau_A) . \qquad (7)$$

lásd *4. ábra*.

TRUE INFRARED FLUX OPTICAL THICKNESS

$$S_T = S_U \exp(-\tau_A)$$

$$\tau_A = -\ln\left[\frac{1}{\sigma t_A^4}\sum_{j=1}^{M}\pi B(\Delta\nu_j, t_A)\sum_{k=1}^{K} w^k T_A(\Delta\nu_j, \mu^k)\right]$$

$$T_A(\Delta\nu_j, \mu^k) = \frac{1}{\Delta\nu_j}\int_{\Delta\nu_j}\exp\left[-\sum_{l=1}^{L}\sum_{i=1}^{N}\left[c^{i,l} + k_\nu^{i,l}\right]\frac{u^{i,l}}{\mu^{l,k}}\right]d\nu$$

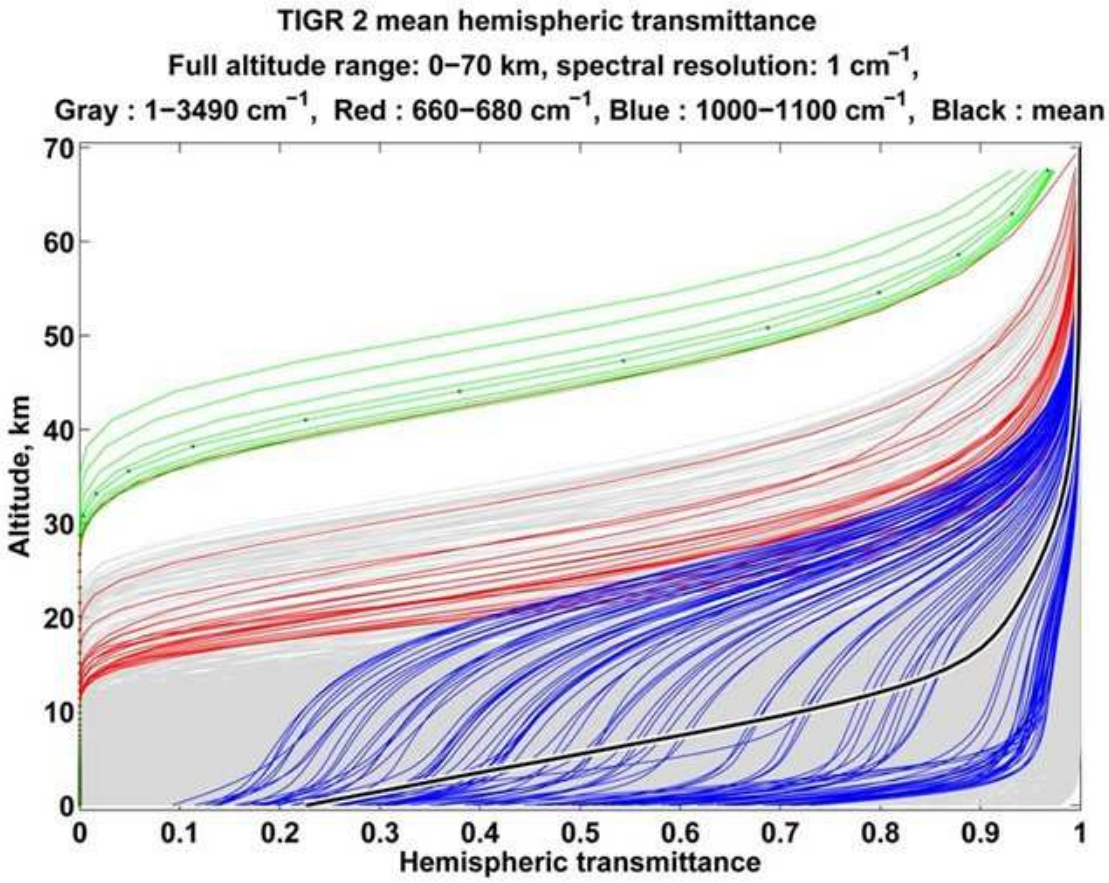
M=3490 is the total number of spectral intervals, ***K=9*** is the total number of streams, w^k is the hemispheric integration weight associated with the k-th direction (stream), T_A is the directional mean transmittance over a suitable short wave number interval,

$$\mu^{l,k} = \cos(\theta^{l,k}) / dz^l$$

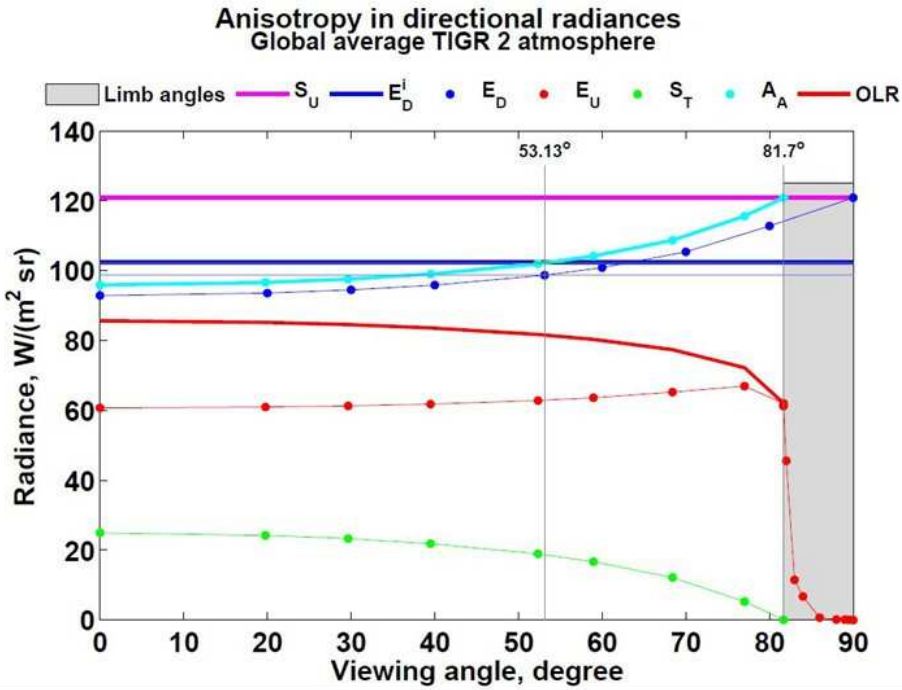
$\theta^{l,k}$ is the local zenith angle of a path segment, dz^l is the vertical layer thickness, ***N=11*** is the total number of major absorbing molecular species, ***L=150*** is the total number of layers. $u^{i,l}$, $c^{i,l}$ and $k^{i,l}$ are the absorber amounts, and the continuum and line type absorption coefficients.

4. ábra

A következő két ábra néhány részletszámítást mutat be az 4. ábrán szereplő mennyiségekre: a félgömbi transzmittanciákra (*5. ábra*), illetve a direkcionális radianciák anizotrópiájára a globális átlagos TIGR atmoszférán (*6. ábra*).

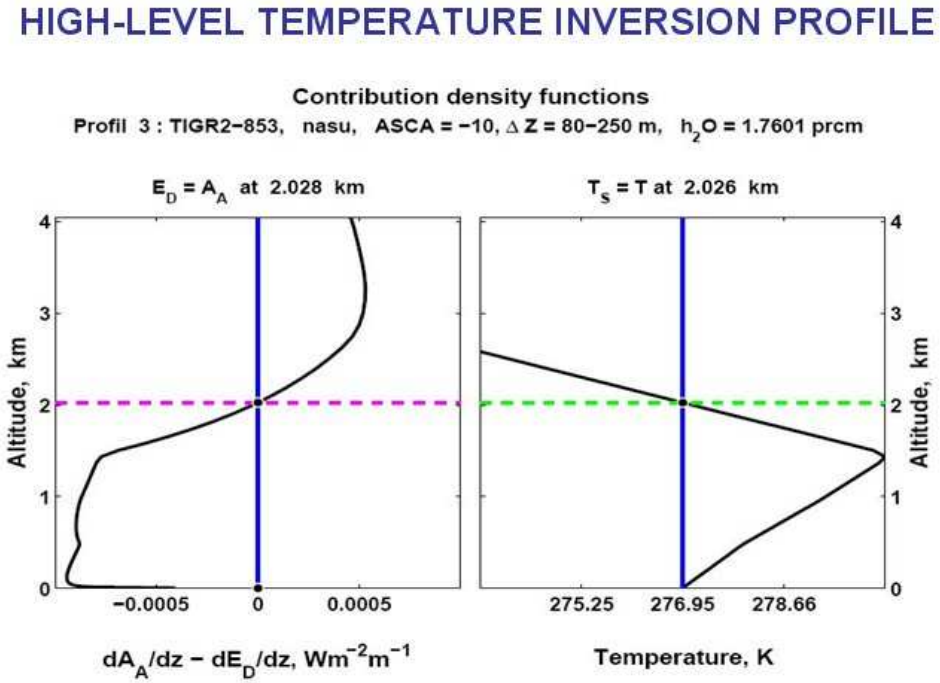


5. ábra

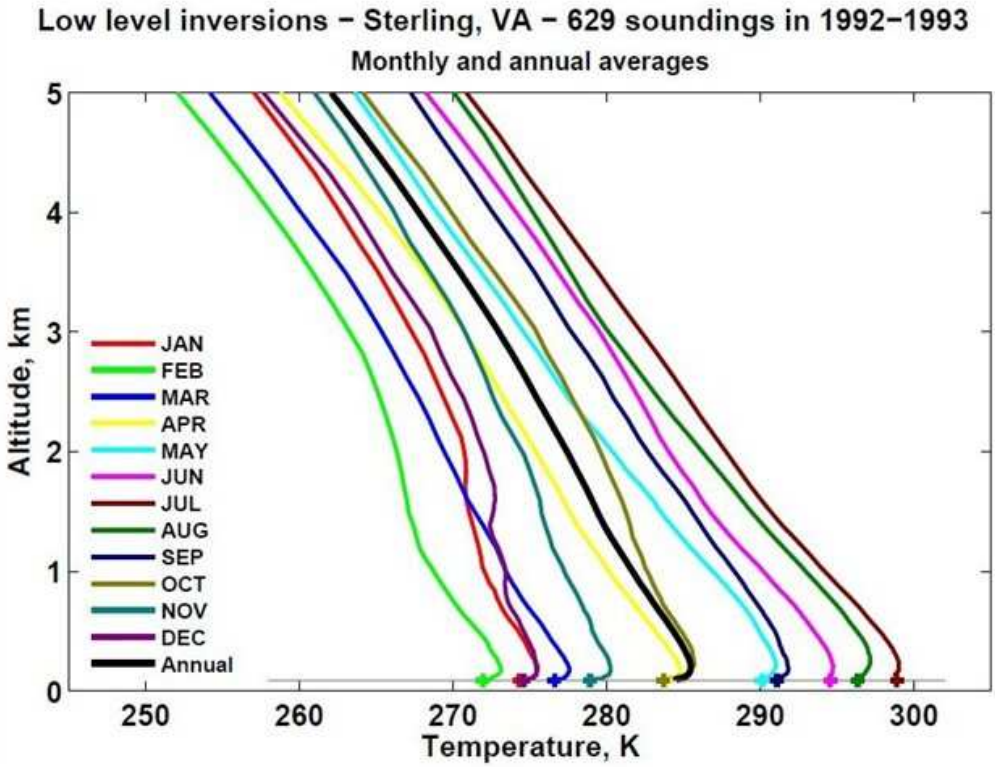


6. ábra

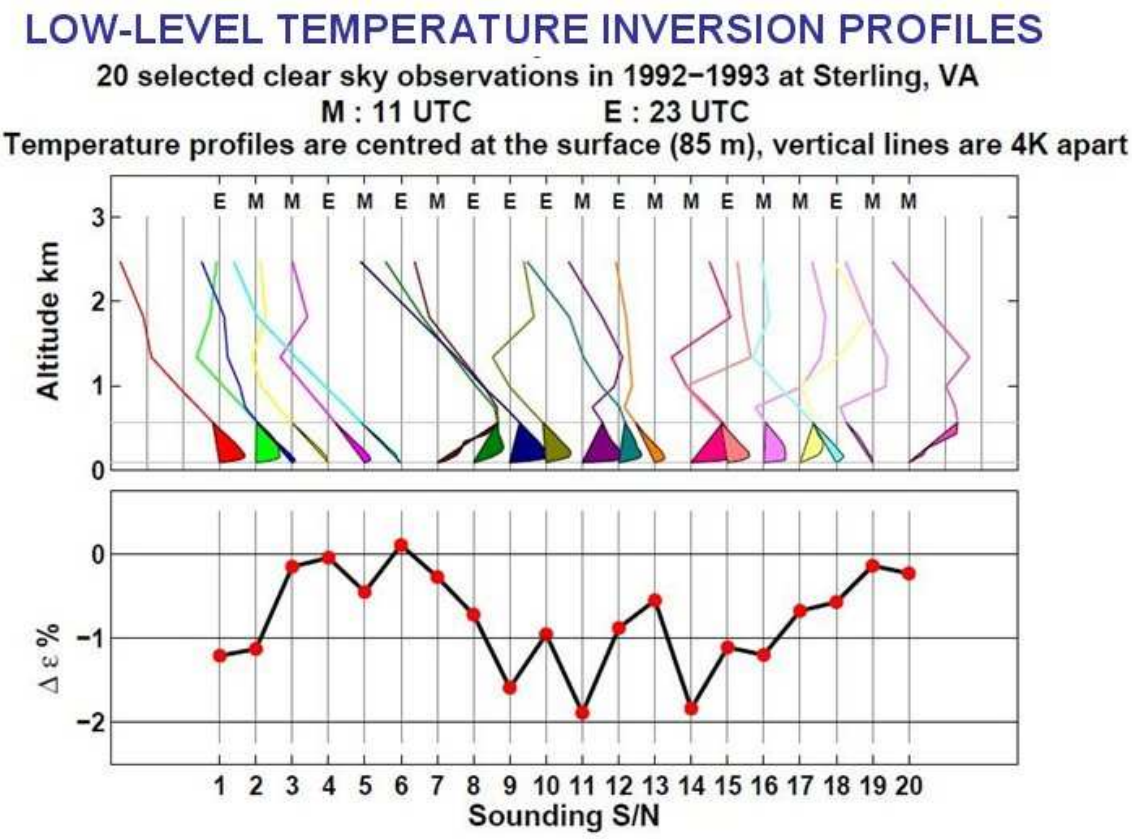
Abbéli törekvésében, hogy minél élethűbben rekonstruálja a valódi globális átlagos légkört, Miskolczi külön figyelmet szentelt az átlagostól eltérő – pl. hőmérsékleti inverziós – profiloknak. A *7. ábra* a mintegy 50 darab magaslégköri (2 km-es) inverziót tartalmazó profil egyikét mutatja be, s ennek hatását számolja a keresett légköri fluxusokra (itt: A_A és E_D értékeire). A *8. és 9. ábra* pedig illusztrációként talajközeli (~100 m-es) éjszakai hőmérsékleti inverziós profilokat, valamint rajtuk végzett számításokban a normál esethez képest mutatkozó eltérések nagyságát mutatja.



7. ábra



8. ábra



9. ábra

4. Eredmények

A *10. ábrán* közölt táblázat a TIGR2 adatbázison végzett számítások statisztikai eloszlását és átlagértékeit adja meg. t_A a felszállásokhoz tartozó felszínhőmérséklet Kelvinben, S_U a hozzá tartozó felszínsugárzás, u a légkör páratartalma kihullható vízcentiméterben, E_U és E_D a légköri hosszúhullámú fel- és lesugárzások, T_A a transzmittancia ($T_A=S_T/S_U$), OLR a kimenősugárzás és τ_A az optikai mélység. Az utolsó előtti oszlop az adatbázis statisztikai átlaga, az utolsó oszlop pedig az egyes légkörök egyesítésével képzett globális átlagos TIGR légköri profil.

TIGR2 SIMULATION RESULTS

Quantity	Minimum	Maximum	Global Average	GAT
t_A	232.25	309.62	285.34	286.04
S_U	164.98	521.10	381.88	379.64
u	0.0507	6.836	2.533	2.637
E_U	83.74	256.71	188.94	192.7
E_D	103.35	429.69	308.70	310.49
T_A	0.0497150	0.391204	0.173344	0.15422
$S_T = S_U T_A$	22.246	111.92	61.094	58.54
$OLR = E_U + S_T$	150.64	297.62	250.05	251.25
$\tau_A = -\ln(T_A)$	0.9385	3.0014	1.8736	1.8693

t_A : K; S_U, E_U, E_D, S_T, OLR : Wm^{-2}; u : prcm; T_A, τ_A : dimensionless

GAT : global average TIGR2 profile

10. ábra

Figyelemre méltó a globális átlagos OLR értéke. Ez a 250 W/m^2 körüli mennyiség az átlagos felhőborítású (~235-240 W/m^2) és a tiszta égboltú (~264-268 W/m^2) mérési adatok között helyezkedik el. A különbség oka az óceánok és a trópusok bizonyos alul-reprezentáltsága a TIGR adatbázisban. Ez nyilvánvalóan megjelenik a globális átlagos hőmérsékletben, a felszínsugárzásban és a kapcsolódó fluxus-értékékben is, alig van azonban hatással a belső fizikai fluxus-relációkra.

Mindez rámutat egyúttal a Miskolczi-féle TIGR-HARTCODE számítások egy másik specialitására. A meteorológiai léggömbök által rögzített adatok feljegyzései között ugyanis a felhőborítottság nem szerepel. A szondák mérik a hőmérsékleti és páratartalom-adatokat, de nem mérik (és a regiszterben nem is mutatják) a felbocsátásukkor érvényes borultsági értéket. A felhőn áthaladó szonda nem mutat sem hőmérsékleti ugrást, sem egyéb diszkontinuitást, legfeljebb az általa rögzített relatív páratartalom értéke lesz a felhőben 100 %. Azt lehet mondani, hogy a felhőzet globális jelenléte és eloszlása egy stabil klimatológiai hátteret ad a globális átlagos légkör meghatározásához.

Ennek megfelelően a HARTCODE számítások sem felhős hosszúhullámú sugárzás-átviteli modellre, hanem az 1. ábrán közölt tiszta modellre épülnek. Nyilvánvaló, hogy az egyes, eltérő felhőzetű profilokon az egyes hosszúhullámú fluxusok értékei pozitív vagy negatív irányban eltérhetnek a „tiszta” égbolthoz számítottól. Globális átlagban azonban az így nyert kép egy egyértelmű leképezése a légköri üvegházgáz-eloszlásoknak és hőmérséklet-eloszlásnak. Ez a szóban forgó modellnek egyszerre előnye és hátránya. Látni kell, hogy az így nyert adatok direkt összevetése akár a felhős, akár a felhőtlen kiosztások (önmagukban más okból problematikus) megoldásaival nem egyértelmű. Megközelítése a teljes g=0.4 faktor 80%-át (g=0.33) adó tiszta égboltú üvegházhatás kiszámításához lényegesen realisztikusabb, mint a „valódi” felhőtlen profilokra történő számítás és ennek 40%-kal történő figyelembe vétele (β=0.6 felhőborítottsági index mellett) — amint azt számos ismert energiamérleg-kiosztásban látjuk.

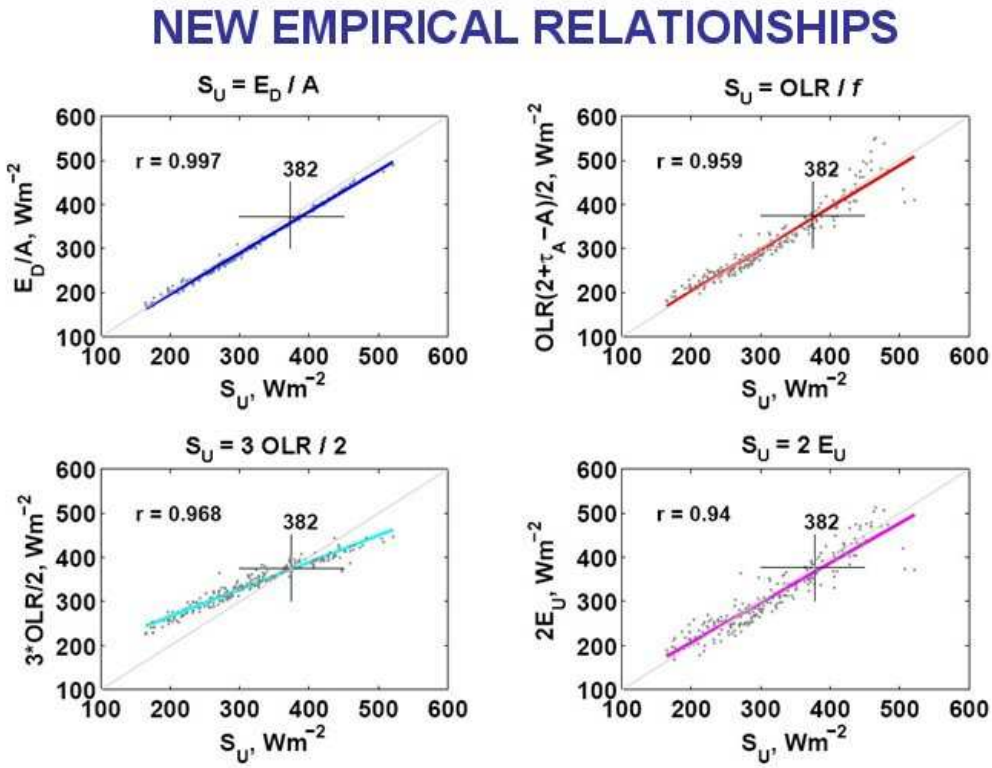
Miskolczi e modelljét jogosan „kvázi-allsky protokollnak” nevezi. A továbblépés a felhős sugárzás-átviteli modell alkalmazása és a megfelelő felhőzöttségi adatbázisok figyelembe vétele felé lehetséges és kívánatos továbbfejlesztés. Ennek eredményeképpen lesz nyerhető e módszer segítségével a teljes értékű, klimatológiailag is részletes légkörleírás. Ez rendkívül ígéretes és kivitelezhető továbbfejlesztési irányt jelöl ki.

A fenti eredmények csupán a mért adatbázis és a számítási módszer révén jelentenének újszerűséget. Valódi jelentőségüket azonban a fenti táblázatban közölt globális átlagos fluxusok között megmutatkozó, felismert belső összefüggések adják. Ezek összefoglalása látható a *11. ábrán* közölt grafikonokon.

Az egyes szürke pontok az individuális szondás felszállások által mért légköri profilokat jelzik, a nagy szürke kereszt pedig a globális átlagot.

Az eddig is tudható volt, hogy a felszínhőmérséklet nyilvánvalóan nem független a légköri hosszúhullámú abszorpciótól, illetve a fel- és lesugárzások nagyságától. Hogy azonban pontosan milyen összefüggések állnak fenn közöttük, az Miskolczi közlése előtt nem volt ismeretes. Rutinszerűen elvégezve a komputer által adott számítási eredmények plottolását, az alábbi négy összefüggés mutatkozott meg számára, amelyektől a legszélsőségesebb profil sem tudott eltérni. A görbék a korrelációs együttható jóságának sorrendjében a következők:

A felszínhőmérsékletnek a légköri hosszúhullámú lesugárzással és a hosszúhullámú légköri abszorpcióval kifejezett viszonya 0.997-es korrelációs faktorral mutatkozott meg. Minthogy S_U*A=A_A, ezért ez a kifejezés az A_A=E_D összefüggéssel egyenértékű.



11. ábra

Vegyük észre, hogy az alsó két összefüggés (S_U=3OLR/2 és S_U=2E_U) egyenese nem megy be a nullába. Ez azt jelenti, hogy a poláris régiókban a kimenő sugárzás nem csökken a felszínhőmérsékletek arányában: OLR/S_U és E_U/S_U magasabb, mint a globális átlag. Nyilvánvaló: a pólusok felé E_U-ban (a K tagban) egyre jobban dominál a trópusokról odavezetett hő, másrészt S_T/S_U is nagyobb, mint a globális átlag; a rendszer hűlése relatíve itt hatékonyabb. A trópusokon érthetően fordított a helyzet.

IN FORM OF EQUATIONS

$$A_A = E_D \qquad S_U = 2E_U$$

$$S_U = \frac{3}{2}OLR \qquad S_U = \frac{OLR}{f}$$

$$f = 2/(2+\tau - A) \qquad OLR = E_U + S_T$$

$$A_A = S_U(1-\exp(-\tau_A))$$

SIMULTANEOUS SOLUTION OF THE FOUR EQUATIONS:

$$g = 1 - f = \frac{2A}{5} \quad \rightarrow \quad \boxed{\tau_A = 1.867}$$

12. ábra

5. Diszkusszió

Tekintsük először a három tapasztalati fluxus-összefüggés közül az elsőt, melyet Miskolczi az alábbi formában közöl:

(I) $A_A=E_D$

Minthogy itt a felszínsugárzás légkörben elnyelt részének és a légköri hosszúhullámú lesugárzásnak az egyenlőségéről van szó, a Miskolczi-féle értelmezése szerint ez a felszín és a légkör sugárzási egyensúlyát fejezi ki, ezért „radiative equilibrium rule”-nak (régebben: légköri Kirchhoff-törvénynek) nevezte el. (A Kirchhoff-törvényre való utalás itt a két, egymással sugárzási egyensúlyban levő test, a felszín és a légkör közötti elnyelés és kisugárzás egyenlőségét fejezi ki.) A légköri Kirchhoff-törvénnyel a kézikönyvek szerint ekvivalens LTE (lokális termodinamikai egyensúly) a légkörre kb. 60 km-es magasságig érvényes, és azt írja le, hogy az elnyelt sugárzási energia nem alakítódik mozgási vagy termikus energiává, hanem ismét kisugárzódik. Az LTE kialakításában és fenntartásában a K tagnak (a felszín-légkör szenzibilis és látens hőcserét megadó energiaáramoknak) van meghatározó szerepe. Általános értelemben a kifejezés a sugárzási energia megmaradását adja meg, s azt a tényt írja le, hogy a sugárzási energiacsere folyamata során sem a légkör, sem a felszín nem melegszik és nem hűl. — Az értelmezések számos további megfontolásra adhatnak okot; egyelőre vizsgáljuk meg az összefüggés aritmetikai következményeit.

A kifejezésből a légköri mérleg-egyenletben közvetlenül következik, hogy

(I. 1.) $E_U = K + F$

azaz a légköri hosszúhullámú felsugárzás energiatartalmát a nem-hosszúhullámú energetikai tagok (a felszín-légkör hőcsere K „konvekciós” tagja (konvekció, kondukció, advekció, turbulens keveredés, látens hő stb.) és a légkör direkt rövidhullámú abszorpciójának együttese adja. Ez az összefüggés a felszín-légkör rendszer maximális konvektív hűlésének felel meg.

$A_A = E_D$ behelyettesítésével a felszíni energiamérleg így alakul:

(I. 2.) $G = S_U - OLR = E_D - E_U$.

Az egyenlőség jobb oldalán láthatólag a Raval-Ramanathan (1989) G üvegház-faktor új explicit kifejezésére jutottunk, mely konzisztens az Inamdar-Ramanathan (1997) észrevétellel.

$G = S_U - OLR$ (az $S_U=A_A+S_T$ és $OLR=E_U+S_T$ definíciók kihasználásával) a $G = A_A - E_U$ alakot ölti. E forma hátránya, hogy sem A_A, sem E_U nem mérhető, szemben az S_U és OLR mennyiségekkel; így S_U -nak és OLR -nek a fenti definíciók szerinti partíciója csak számításokkal végezhető el. Miskolczinak a valós légköri profilokon végzett sugárzás-átviteli számításaival igazolt $A_A= E_D$ egyenlősége megnyitja az utat A_A, E_U és S_T kísérleti ellenőrzésére: számított értékeik immár egybevethetők a mérhető E_D mennyiség tapasztalati értékeinek a struktúrába való behelyezésével, és az alapvető $g^* = E_D/S_U =A_A/S_U = A$ egyenlőséghez vezet.

* * *

Az I. egyenlet alapozza meg a Miskolczi-féle második összefüggés felismerését és értelmezését, mely az

(II) $S_U = 3OLR/2$

alakot ölti.

Ez egyszerűen a nettó fel-és lefelé irányuló légköri energiaáramok elvi maximumát megadó

(II. 1.) $2G = S_U - OLR + E_D - E_U = OLR$

energetikai kifejezésből adódik. Ebből közvetlenül adódott az $S_U=3OLR/2$ és $G=OLR/2$ összefüggés, ahol a 3/2 faktor egy elméletileg rögzített, a bejövő energia korlátja által limitált, konstans hányadost ír le az effektív hőmérséklet (kisugárzás) és a felszínhőmérséklet (Planck-féle feketetest felszínsugárzás) között. A formula egyenértékű a g=1/3 egyenlettel, amely a földi normált üvegházfaktor stabil, konstans, egyensúlyi értékét írja le.

* * *

A harmadik kifejezés a

(III) $S_U=2E_U$

alakban került felírásra.

(II) és (III) együtt közvetlenül az

(III. 1.) $(A_A+K+F=)\ E_D+E_U=2OLR$

kifejezésre vezet, amely azt állapítja meg, hogy a földi légkör abszorpciója és hosszúhullámú emissziója a teljes bejövő energiával egyenlő, azaz e mennyiségek maximált állapotértékeit határozza meg.

Az $E_U=OLR-S_T$ definíció miatt kapjuk:

(III. 2.) $E_D=OLR+S_T$,

tehát

(III. 3.) $E_D - E_U = G = 2S_T$,

azaz

(III. 4.) $S_T = OLR/4$.

(II) és (III) más kombinációban elemi átalakítással az

(III. 5.) $OLR/S_U = (3 + 2T_A) / 5$

egyenletet eredményezi.

Ezek a Miskolczi által eredetileg megadott összefüggések. Kifejezik, hogy a légkör elnyeli és hosszúhullámon kibocsátja a számára elérhető teljes bejövő energiamennyiséget.

A Miskolczi-féle negyedik összefüggés:

(IV) $f = OLR/S_U$

mint láttuk,

(IV. 1.) $g=G/S_U =(S_U – OLR)/S_U$

üvegház-függvényből $f = 1 – g$ révén származtatható transzfer-függvény.

A Schwarzschild-Milne egyenlet megoldásával Miskolczi az

(IV. 2.) $f(\tau)=2/(1+\tau+\exp(-\tau))$

alakra jutott.

Ezzel (IV) a

(IV. 3.) $f(\tau_A)=2/(1+\tau_A+\exp(-\tau_A))= (3 + 2\exp(-\tau_A))/5$

transzcendens egyenletre vezet, melynek numerikus megoldása τ -ra

(IV. 4.) $\tau_A = 1.867561…..$

Ezt visszahelyettesítve (IV. 2.)-be, $f(\tau_A)=0.6618$ -nak adódik.

Érdemes megfigyelni, hogy a (II) és (III) által meghatározott struktúra ($S_T=OLR/4=S_U/6$) a

(IV. 5.) $\tau = – \ln T_A = – \ln (S_T/S_U) = – \ln (1/6)$

kifejezés révén $\tau=1.792$ -t ad,

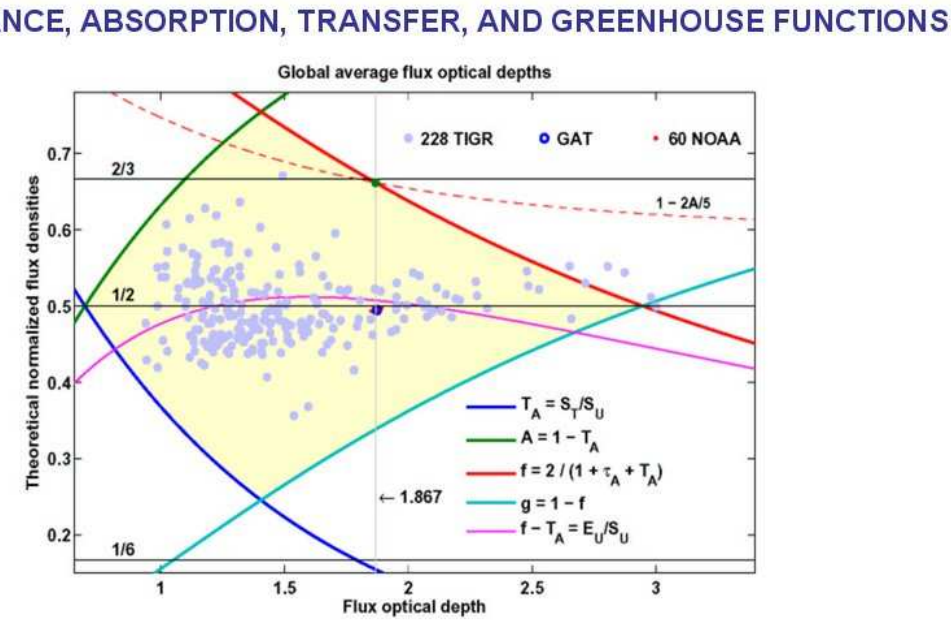
(II) és (IV) együtt

(IV. 6.) $2/3 = f(\tau)=2/(1+\tau+\exp(-\tau))$

alakban $\tau = 1.841$ -re vezet,

és csak a (IV. 2.) megoldással kiegészített teljes (IV. 3.) egyenlet eredményezi a tapasztalatilag érvényes (TIGR2 és NOAA R1 adatbázisokon egyaránt nyerhető) $\tau=1.868$-as értéket. Vegyük észre, hogy mindkét másik τ az egyensúlyinál kisebb abszorpciót, alacsonyabb felszínhőmérsékletet ír le. — Fontos további elméleti kérdés, hogy *f*-nek (IV.2.) alatti alakja a pontos kifejezés-e, vagy csupán egy sorfejtés első tagját adja meg ($o(T_A^2)$).

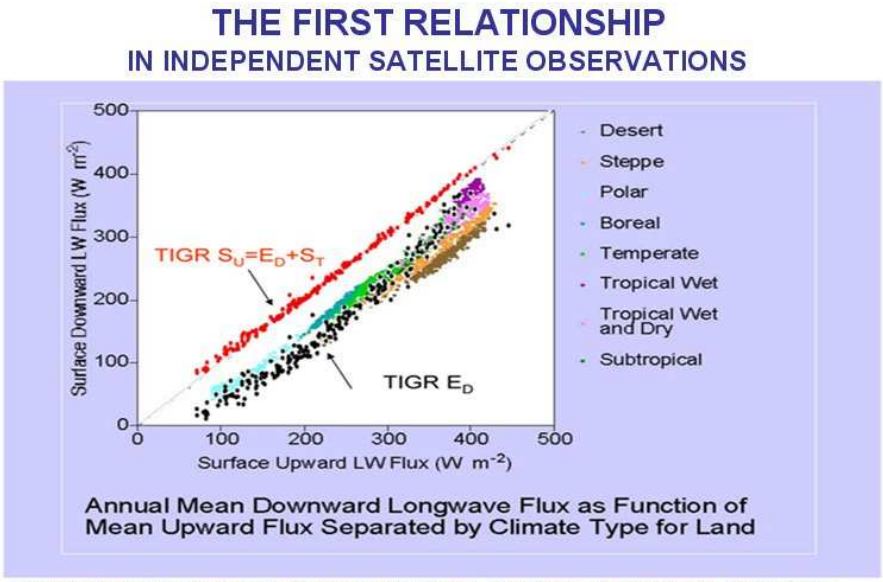
A *13. ábrán* az alapvető függvénymeneteket látjuk τ realisztikus értéktartományain, 228 kiválasztott TIGR profilra (tele szürke körök), a globális átlagos TIGR-re (GAT), üres kék kör, és 60 darab éves NOAA R1 profil átlagára. A görbék által határolt terület az egyes légköri profilok számára egyáltalán lehetséges fizikai tartományt adja meg. Látható a fluxus-egyenletek által meghatározott globális átlagértékek jó teljesülése.



13. ábra

Érdekes független összehasonlításra nyílt mód az (I) összefüggés tekintetében a NASA Langley Research Center (LaRC) műholdas tudományos csoportja nyilvánosan elérhető kutatási eredményének felhasználásával (ld. *14. ábra*). Lou Smith, Paul Stackhouse és munkatársai a felszínen mérhető éves átlagos lefelé irányuló hosszúhullámú fluxus (E_D) értékeit hasonlították össze a mérés helyén érvényes évi átlagos felszíni felsugárzással (S_U) különféle felszíntípusokra (sivatag, sztyepp, stb.). Az eredmény a grafikonon látható szürke 45 fokos egyenes, és az attól jobbra elhelyezkedő szórt pontok által kirajzolódó párhuzamos egyenes.

Miskolczi az adott pontokra, ahol elérhető volt, ráillesztette a TIGR adatbázisból számított E_D és S_T értékeket, és piros pontokkal jelölte az $S_U = A_A + S_T$ definíció érvényesülése révén az $A_A=E_D$ egyenlőséget. Az azonosság meggyőzően mutatja a Miskolczi-féle (I) egyenlőség fennállását.



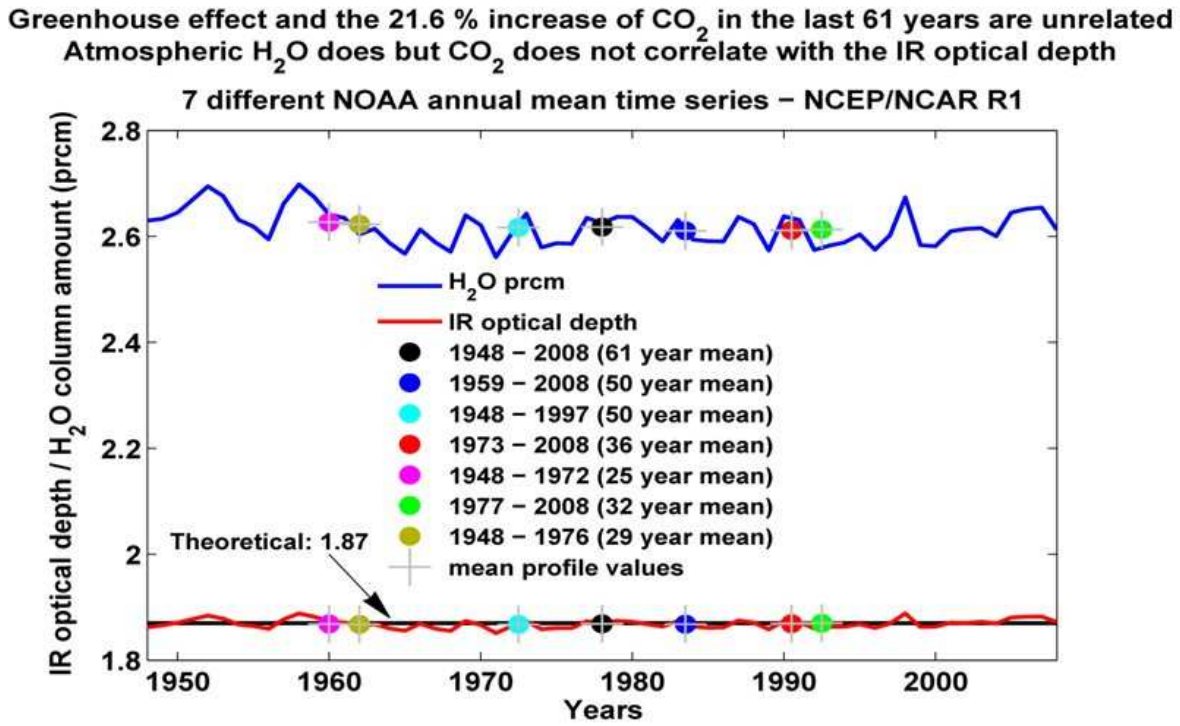
From: Longwave Surface Radiation and Climate; Lou Smith, Anne Wilber, David Kratz, Shashi Gupta and Paul Stackhouse, NASA LARC

14. ábra. Az (I) egyenlet független műholdas igazolása

Mint a 13. ábrán már láthattuk, Miskolczi a TIGR rádiószondás adatbázison elvégzett számítási módszer segítségével megismételte a vizsgálatot a NOAA NCEP/NCAR R1 elnevezésű nyilvánosan elérhető reanalízis-archívumán, ahol 1948-tól 2008-ig éves bontásban képezhetők a globális átlagos légköri profilok adatai.

Miskolczi a vízpárát és a szén-dioxid értékeket tekintette éves szinten változónak, a további üvegházhatású gázokat az adott időszakra vonatkozó átlagértékkel vette figyelembe. Minthogy az időszak elejének rádiószondás páratartalom-adataival kapcsolatban kétségek merültek fel a szakirodalomban, a számításokat a teljes idősoron kívül megismételte hat másik részperiódusra is.

Láthatólag az optikai mélység teljes 6 évtizedes átlaga igen jól illeszkedik mind a teoretikus egyensúlyi értékre, mind pedig az egyes részidőszakok átlagaira. Megállapítható, hogy az optikai mélység fluktuációit az egyensúlyi érték körül a légköri páratartalom fluktuációi okozzák, miközben sem a kihullható vízmennyiségben, sem az optikai mélységben nem mutatkozik a CO2 növekedésétől az elfogadott elmélet által elvárt trend.

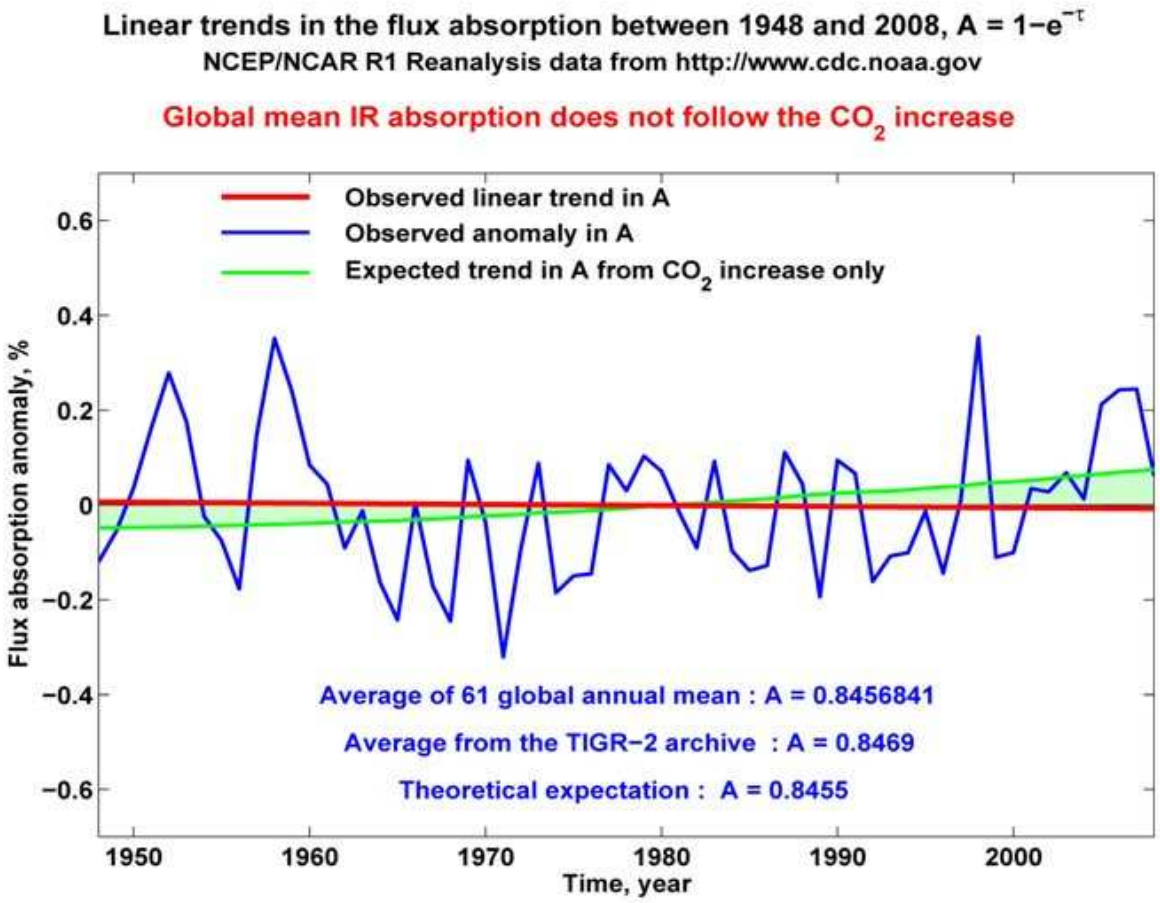


15. ábra

A *16. ábra* azt mutatja, hogy a módszer – megfelelő érzékenysége révén – alkalmas lenne a CO2 által okozott emelkedés kimutatására, ha ez az emelkedés jelen lenne az adatokban (a várt virtuális trendet a zöld vonal mutatja). Látható, hogy az abszorpció három meghatározása (a NOAA adatbázison, a TIGR archívumon, és a teoretikus várakozás révén) igen jó közelítéssel egyezik.

Kérdés, hogy a csökkenő ózon és a növekvő metán, nitrogén-oxidok és clorofluoridok járulékának figyelembe vételével megváltozna-e ez a kép. Ennek kiszámítása, csakúgy, mint további reanalízis-adatbázisok (ERA-40, japán stb.) elemzése jelentős előrelépést jelentene. E

munka elvégzésének lehetősége minden, megfelelő sugárzás-átviteli programmal rendelkező kutatócsoport előtt nyitva áll.



16. ábra

NOAA NCEP/NCAR R1
Trendline correlation coefficient summary

THERE IS NO CO2 RADIATIVE FORCING

Time period	Centre	Years	Altitude	Temperature	H_2O	CO_2	Tau
1948−2008	1978	61	0.7931	0.8183	−0.2841	0.9839	0.06488
1959−2008	1983.5	50	0.8059	0.8349	0.04499	0.9937	0.2976
1948−1997	1972.5	50	0.6621	0.6625	−0.4843	0.9827	−0.2284
1973−2008	1990.5	36	0.6947	0.7987	0.1148	0.9974	0.3491
1948−1972	1960	25	−0.005748	0.1731	−0.5907	0.983	−0.4184
1977−2008	1992.5	32	0.58	0.7424	0.03992	0.9973	0.267
1948−1976	1962	29	0.001769	0.0584	−0.6048	0.9804	−0.4396

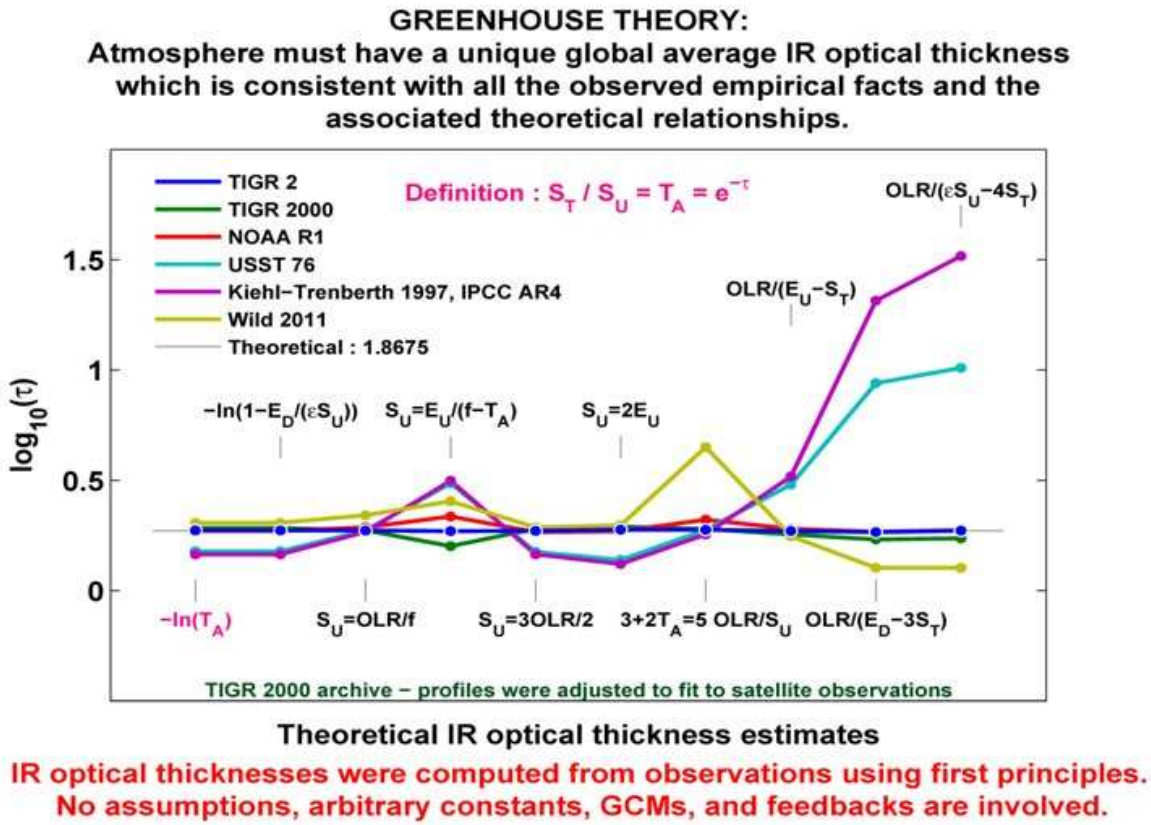
IR optical depth has no correlation with time.
The strong CO_2 signal in any time series is not present in the in the IR optical depth data.

17. ábra

A *17. ábrán* közölt táblázat a NOAA reanalízis idősorainak korrelációs együtthatóit adja meg. Láthatólag a széndioxidnak erős az idősor-korrelációja, hiszen jól tudjuk, hogy az adott időszakban erőteljesen emelkedett. Úgyszintén szignifikánsan megállapítható a hőmérséklet emelkedése is, leginkább az 1959-2008 közötti ötven éves idősorra. Az optikai mélység azonban semmiféle értékelhető korrelációt nem mutat az idővel, A széndioxidtól várt jel nincs jelen az idősor egyik szegmensében sem.

Összességében Miskolczi munkáját tekintve az állapítható meg, hogy eszerint az üvegházhőmérséklet esetleges változását nem lehet a széndioxid-koncentráció változásának közvetlen alkalmazásával, az ebből eredő „sugárzási kényszer" számításával, illetve a pozitív vízpáravisszacsatolás feltételezésével megbecsülni. Valójában itt egy olyan planetáris skálájú jelenséggel van dolgunk, amelynek működéséhez a meghatározó energetikai és fizikai elvek összességének ismerete és számításba vétele szükséges. Pontos értéke nem számítható ki másképp, mint az infravörös abszorpció tényleges származtatásával a valós légköri gázkoncentrációk és hőmérsékleti eloszlások alapján.

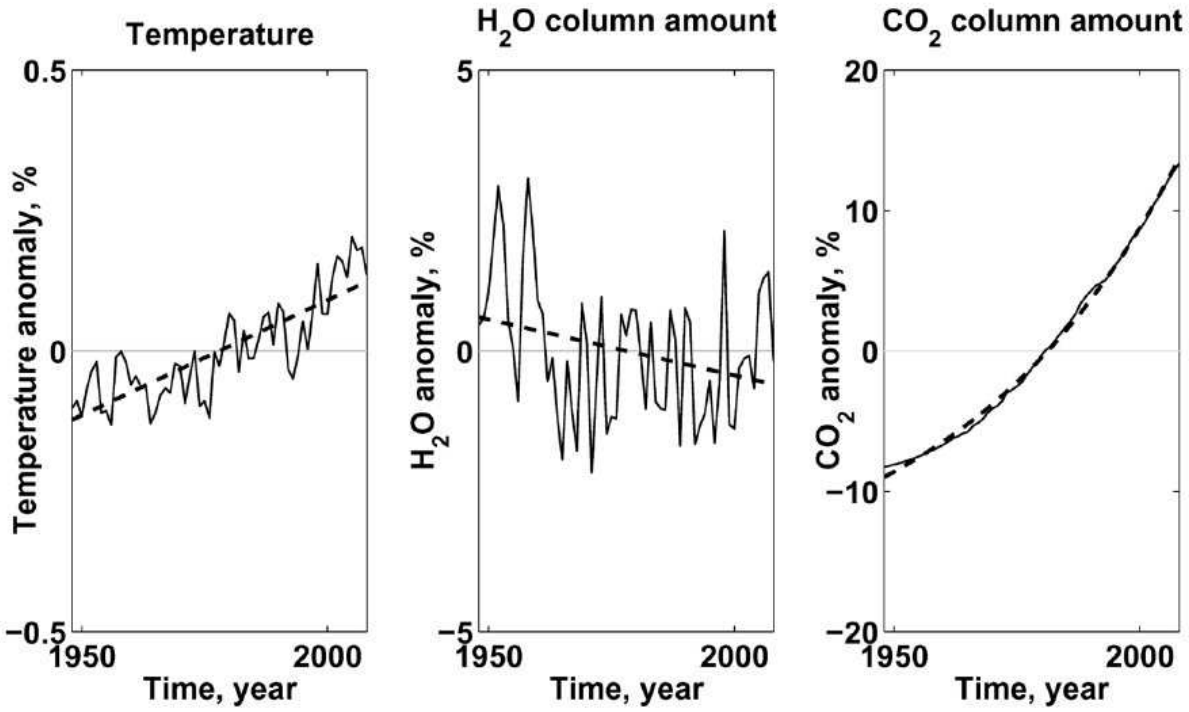
Az ezen energetikai összefüggések ismerete nélkül adott globális sugárzási mérlegek kisebb vagy nagyobb mértékben mind eltérnek a TIGR és a NOAA adatbázisokon számított valós értékektől. Minthogy a fluxusok szerkezete egy teljes meghatározottságú belső struktúrát ír le, a legkülönfélébb összefüggések és fluxus-kombinációk mind ugyanazt az abszorpciós adatot (optikai mélységet) kell eredményezzék. A *18. ábra* néhány ma használatos kiosztáson mutatja be azok egyezését, illetve eltérését a teoretikus egyensúlyi értéktől, egy alkalmasan választott optikaimélység-skálán mérve. Mint láttuk, az eltérések S_T értékeinél a legnagyobbak.



18. ábra

VIII. EGY NYITOTT KÉRDÉS: VAN-E KIBÚVÓ A STABILITÁS ALÓL?

Miskolczi egész munkásságának talán legtöbbet támadott ábrája a 2010-es publikációban található (Figure 9.), mely a NOAA NCEP/NCAR R1 reanalízis idősorának feldolgozásával készült:



Az ábra a hőmérséklet, a légköri vízpára és a széndioxid-tartalom változását mutatja az elmúlt 61 évre (1948-2008). A hőmérséklet és a szén-dioxid növekedése egyértelmű, azonban a vízpára-tartalom mintegy másfél százalékos csökkenését (középső panel) éles kritikák érték. Az időszak elején található két csúcsot mérési hibának tartják, s csak a 1970-es évektől tekintik az adatsort homogénnek. A jelenlegi konszenzus az óceánok és a levegő melegedéséhez egyértelműen pozitív pára-visszacsatolást társít, s számos szerző (Soden 2005, Dessler 2009, Dessler and Davis 2010) kimutatottnak véli a troposzférikus páratartalom növekedését az elmúlt néhány évtizedben. Újabban azonban egyes szerzők felhívják a figyelmet a különböző légkör-hidrológiai adatbázisok komoly hiányosságaira és inhomogenitásaira (Trenberth and Fasullo 2011, Trenberth et al. 2011).

A felszínen mért napfénytartam elmúlt 110 évi növekedésével és a globális felhőzet csökkenésével kapcsolatos legújabb eredmények felvetik a kérdést: ha a Miskolczi által felismert energetikai kényszereknek megfelelően a növekvő széndioxid-tartalom kompenzálására a rendszer nem csupán a hidrológiai ciklus megváltoztatásával és az eloszlások átalakításával reagál, hanem bizonyos mértékben az abszolút páratartalom csökkentésével is, akkor ez oka lehet a globális felhőképződés tapasztalt 1% nagyságrendű csökkenésének. (Hogy a konstans abszorpció és optikai mélység kialakítására e szabadsági fokok közül a rendszer melyiket milyen arányban választja, azaz energetikailag számára melyik a legkedvezőbb, az a jelen vizsgálat keretében eldönthetetlen.)

Ebben az esetben, áttételesen, mégis a széndioxid-kibocsátás lenne a globális felmelegedés kiváltó oka. A mechanizmus azonban nem a ma feltételezett üvegházhatás-növekedésen és pozitív vízpára-visszacsatoláson keresztül működne, hanem éppen ellenkezőleg, a többlet CO_2 üvegházhatását ellensúlyozó abszolút páratartalom-csökkenés által okozott felhőborítottság-csökkenés révén. Vagyis, összhangban Miskolczi egyenleteivel, konstans τ és g üvegház-faktor, de növekvő F^0 elérhető energia mellett, $\sigma T^4=S_U=3F^0/2$ arányban. A kérdésben Miskolczi rendszerének további energetikai következményei vannak, amelyek vizsgálatától itt eltekintünk, mert egyelőre publikálatlanok.

Bármelyik opció – a hidrológiai ciklus szerkezeti megváltozása, vagy a páratartalom mennyiségi csökkenése – mutatkozik érvényesnek, mindkettő antropogén klímaváltoztatásnak tekintendő, így Miskolczi eredményei mindkét esetben a CO_2-kibocsátás nemzetközi korlátozását támasztják alá.

Paleoklimatológiai spekulációk

E projektben mind ez ideig kerültük a feltételezéseket, és igyekeztünk a tapasztalatilag feltárt tényekhez ragaszkodni. Azonban rendre visszatérő felvetés, hogy a múltbeli klímaváltozások nem értelmezhetők másként, mint az üvegházhatás változásainak feltételezésével, így ezt a kérdést érintenünk kell.

Miskolczi rendszerében a légköri széndioxid-tartalom növekedése és a páratartalom közötti összefüggésről egyelőre nem egyértelmű, hogy ez utóbbi csupán szerkezeti átalakulással, vagy mennyiségi változással is reagál az energetikai korlátra. Így vagy úgy, mindenképpen kikényszeríti az üvegház-egyensúlyt, így a pozitív pára-visszacsatolás – az elfogadott elmélet várakozása ellenére – nem látszik lehetségesnek.

Ha a rendszer reakciói között az abszolút nedvességtartalom csökkenése is szerepel, és ha ez direkt befolyást gyakorol a globális átlagos felhőzet mennyiségére, akkor történetileg lehetséges, hogy a növekvő CO2-koncentrációk növekvő besugárzást, azaz emelkedő felszínhőmérsékletet váltottak ki. Így az a bizonyos rásegítés, amelyre a pályaelem-változások (Milankovich-ciklusok) által okozott kezdeti melegedésnek szüksége van ahhoz, hogy a rekonstruált mértékű történeti változásokat (glaciális-interglaciális átmeneteket) létrehozza, e logika mentén a globális páratartalom és felhőzet csökkenése révén következhet be.

Azonban a rendszer hűlésének a K tényező (szenzibilis és látens hő) maximalizálására is szüksége van. Ez olyan kényszer, amely a párolgás növekedése és a felszínhőmérséklet csökkentése irányában hat.

A Miskolczi által feltárt energetikai rendszerben tehát a tiszta normált üvegház-faktor és optikai mélység konstans, stacionárius egyensúlyi értékének létezése mellett is jelen vannak a klímaingadozások kialakulására, és egyúttal annak korlátok között tartására irányuló fizikai elvek és kényszerek. Ismét hangsúlyozzuk, hogy e téren Miskolczinak további eredményei vannak, amelyek azonban egyelőre nem kerültek publikálásra, így elemzésük itt nem lehetséges.

IX. VÁLASZ A PROBLÉMÁRA: HOGYAN MŰKÖDIK AZ ÜVEGHÁZHATÁS

a) Az elfogadott modell feltételezése szerint

A bejövő rövidhullámú napsugárzás egy része (kb. 30%) visszaverődik a felhőkről és a talajról. A maradék 70 % (F^0) egy része (F) elnyelődik a légkörben, a többi ($F^0 - F$) melegíti a felszínt s hozzájárul egy globális átlagos felszínhőmérséklet (t_A) kialakulásához. Ez hosszúhullámú Planck-sugárzást bocsát ki ($\varepsilon\sigma t_A^4 = S_G$), melynek egy része elnyelődik a légkör üvegházhatású gázain (A_A), maradék része ($S_T = S_G - A_A$) zavartalanul átjut a légkörön és kikerül a világűrbe. A meleg felszín párolgás útján is hűl (K). A szenzibilis és látens hő nem jut ki közvetlenül a világűrbe, hanem hozzájárul a légkör energia-tartalmához.

Több üvegház-hatású gáz a légkörben megnöveli a hosszúhullámú abszorpciót (A_A) és lesugárzást (E_D). Hogy az átlátszatlanabbá vált légkörből ugyanannyi kisugárzás jusson a világűrbe, melegebb lesz a felszín és a légkör, több Planck-sugárzást bocsátanak ki, de magasabbról (hidegebb felületről) származik az effektív kisugárzás.

b) Miskolczi – és a globális energiamérlegek – adatai szerint

A lejövő részből a légkörben elnyelt rövidhullámú (F) és a felmenő részből elnyelt hosszúhullámú (A_A) sugárzás, valamint a felszínről a légkörbe kerülő nem-sugárzási jellegű hő (K) együtt kiteszi rendszer teljes rendelkezésre álló energiamennyiségét ($2F^0$). A belépő, a légkörben vagy a felszínen elnyelődő, infravörös sugárzássá és szenzibilis-látens hővé konvertálódó energia minden cseppje hasznosul: $A_A + K + F = 2F^0$. A légkör a számára adott teljes energiamennyiséget elnyeli (és kisugározza): $A_A + K + F = 2F^0$ (=2OLR) = $E_D + E_{U)}$.

Több légköri szén-dioxid sem képes az abszorpciót a teljes energiamennyiség elfogyasztásánál magasabbra emelni. Ha A_A nőne, K-nak, a felszín szenzibilis és látens hűlésének kellene csökkennie, ami ellentmond az energiaminimumra való törekvés (maximális hűlés) elvének. Amíg van elegendő hűtőközeg (vízpára), a felszín melegedésével együtt K-nak is növekednie kellene. A_A+K energetikai limitje (a rövidhullámú felhős és aeroszolos légköri abszorpció, F független működését tételezve) globális átlagban áthághatatlan korlátot állít.

Az éjszakák és nappalok, valamint a telek és nyarak váltakozása során az egyedi légoszlopoknak rendszerint rendelkezésére áll elegendő közeg ahhoz, hogy a maximális fűtést és maximális hűlést megvalósíthassa. A legfontosabb fűtő- és hűtőközeg egy és ugyanaz, a vízpára; s ez fölös mennyiségben áll rendelkezésre a szabad vízfelületű világóceánban. (Ahol többlet vagy hiány mutatkozik, a légkör kitalál valamit: hőmérsékleti inverziót képez, növeli vagy csökkenti az advekciót, odatesz egy felhőt — működteti bőségesen meglévő [a Marson és a Vénuszon nem létező] szabadsági fokait.) A trópusi és poláris hőmérsékletek különbsége, valamint a forgó Föld által generált általános légkörzés játssza a főszerepet a vízpára megfelelő elosztásában. A hidrológiai ciklus (párolgás, szállítás, elosztás, csapadék) dinamikája a hozzájuk tartozó kényszerítő fizikai elvek (pl. a vertikális gravitációs potenciális energia minimuma) révén megoldja, hogy a rendszer *képes* a rendelkezésére álló teljes energiamennyiséget megemészteni; s bár a bőséges víztartalék révén *tudna* még többet abszorbeálni, ennek korlátot szab a bejövő energia limitje.

A ma elfogadott modell feltételezi, hogy a légkör infravörösben átlátszatlanabbá tehető, azaz a hosszúhullámú abszorpció növelhető, az „ablak” szűkíthető. Valóban figyelemre méltó, hogy a légköri elnyelődés nélkül távozó felszíni hosszúhullámú felsugárzási rész, S_T nélkül is maximált az üvegházhatás — holott ez a fluxus-elem nem vesz részt a felszínhőmérséklet kialakításában. Nem lehetséges mégis, hogy az „ablak” zárása (S_T csökkentése) révén növelhető lenne a felszínhőmérséklet?

Voltaképpen a földi légkör „ablaka” már ma is zárva van. A felhőzet effektív szerepe ugyanis éppen ez. A tiszta égboltú g=1/3 üvegház-faktortól úgy jutunk el a valós globális átlagos g=0.4 faktorhoz, hogy Miskolczi alapvető $f=(3+2T_A)/5$ egyenletében, ahol $T_A=S_T/S_U=\exp(-\tau_A)$ a transzmisszió, T_A=0-t írunk. Ekkor f=0.6, azaz g = 1–f = 0.4 adódik, összhangban azzal, hogy a teljes LW CRF=61 W/m^2= S_T. Mintha a létező globális átlagos felhőborítás energetikai mértéke onnan származna, hogy zárja a spektrális IR window-ban fellépő energetikai veszteséget. (Ez természetesen nem vihető át τ_A-ra, optikai mélységre, hiszen a felhő nem üvegházgáz-abszorpció, hanem fizikai paplanhatás által zárja le a hősugarak útját.) Eddig publikált eredményei közül az empirikus g(clr)=0.33 és g(all)=0.4 elméleti értelmezése, s ennek kapcsán az opacitás meghatározottságának megállapítása fejezi ki számomra leginkább Miskolczi felismeréseinek lényegét.

Mindez egyenesen oda vezet, hogy az átlagos felhőborítottság jelenlegi értéke sem a „véletlen” (lokális felhőképzési hatások, aeroszolok) műve, hanem az abszorpció és a hűlés közös maximalizálásához szükséges globális energetikai kényszerek határozzák meg. Innen pedig megnyílik az út a rendszer rövid- és hosszúhullámú tulajdonságai együttesének: α albedójának, β felhőborításának, F és A (SW és LW) abszorpcióinak, valamint K termikus hűlésének és g üvegház-faktorának teljes együttes fizikai leírása felé. — Ismereteim szerint ez Miskolczi Ferenc jelenlegi kutatásainak fő iránya.

$S_U = E_D/A$		$S_U = 2E_U$
$S_U = 3OLR/2$		$S_U = OLR / f$
	$G = S_U - OLR = E_D - E_U$	
	$2G = S_U - OLR + E_D - E_U = OLR$	
	$G = S_U + OLR - (E_D + E_U)$	
	$G^* = E_D$	
	$2G^* = S_U + OLR$	
$E_U = K + F$	$E_D + E_U = 2OLR$	$E_D = OLR + S_T$
$g = (S_U - OLR)/S_U$	$E_U = OLR - S_T$	$g = 1 - f$
$S_U = A_A + S_T$	$A = A_A /S_U$	$T_A = 1 - A = \exp(-\tau_A)$
$f (\tau_A) = (3 + 2T_A)/5$	$f (\tau_A) = 2/(1 + \tau_A + T_A)$	$g^*=A$
$A=0.8455$	$\tau_A = 1.867561$	$f(\tau_A)=0.6618$

X. ÖSSZEGZÉS: MISKOLCZI RENDSZERÉNEK REKONSTRUKCIÓJA

A Miskolczi által elvégzett munka három nagy, egymásra épülő csoportba sorolható.

1.§ Noha az üvegházhatás Tyndall óta ismert módon a hosszúhullámú abszorpció következménye, Miskolczi fellépéséig nem volt ismertes olyan számítás, amely a légkör hosszúhullámú abszorpcióját mért adatokon, a légkör valós üvegházgáz-szerkezete alapján kiszámította volna. A légkör hosszúhullámú átlátszósága, opacitása, optikai mélysége ugyanis semmiféle eszközzel közvetlenül nem mérhető: a kimenő hosszúhullámú sugárzásban a felszíni átmenő sugárzás, illetve a légköri felsugárzás semmiféle spektrális eszközzel vagy tartományban nem szeparálható. A G faktorra adott különféle definíciók mind műholddal (S_U-OLR), vagy a felszínen mérhető (E_D) mennyiségekre vonatkoznak. A valós légköri abszorpció (A_A), transzmisszó (S_T) és légköri felsugárzás (E_U) csak tényleges légköri adatbázisokon végzett pontos sugárzás-átviteli számításokkal nyerhető. Miskolczi volt az első, aki valós vertikális profilokon (TIGR2 dataszet) ezeket a számításokat elvégezte, és az abszorpciós adatokat publikálta. A sugárzás-átvitel centrális mennyiségére, az optikai mélységre vonatkozóan a szakirodalom bőséges adatokat ismertet aeroszol optikai mélységre, illetve felhő optikai mélységre. Egyetlen közölt adat sem volt ismeretes a légkör hosszúhullámú (üvegházgáz-) optikai mélységére Miskolczi 2004-es közleménye előtt.

2.§ A számított globális átlagos $\tau_A = -\ln(S_T/S_U) = -\ln(T_A) = 1.868$ optikai mélység-érték elméleti ellenőrzésére a Schwarzschild-egyenlet megoldása adhat módot. A klasszikus közelítés azonban különböző értékeket produkál az OLR/S_G és az OLR/S_A mennyiségekre, ahol S_G a felszínhőmérséklettel, S_A pedig a legalsó légréteg hőmérsékletével függ össze ($S=\sigma T^4$). Így a G faktorból nyert normált alakok, $g=G/S_U$ és $f=1-g=OLR/S_U$ egyike sem feleltethető meg közvetlenül a számított értéknek ($f_G=2/(1+\tau)$, $f_A=2/(2+\tau)$). A valós, folytonos $B(\tau)$ légköri forrásfüggvény $f(\tau_A)=2/(1+\tau_A+\exp(-\tau_A))$ alakjának megtalálása lehetővé tette a számított τ_A kipróbálását, mellyel $f(\tau_A)$ a helyes felszínhőmérséklethez vezetett.

3.§ A TIGR2-számítások a valós légköri hosszúhullámú fluxus-elemek között eddig ismeretlen belső összefüggéseket tártak fel. A_A, E_D, E_U és OLR új, meghatározott módokon voltak S_U-val kapcsolatba hozhatók. Ezen összefüggések némelyike mindegyik profilon, némelyikük csak a globális átlagon mutatkozott meg. A három új Miskolczi-féle tapasztalati fluxus-összefüggés és az elméleti eredmény együttesen egy meghatározott, stacionárius fluxus-szerkezetet ír le, ami matematikailag a négy egyenlet együttese által meghatározott egyenletrendszert jelenti, egyértelmű megoldással. E megoldás, $\tau_A=1.86756$ igen jól összevág a TIGR2 globális átlaggal.

E három kosár az üvegházhatás egy olyan új összképét adja ki, mely a következő módon értelmezhető:

[1] Raval és Ramanathan (1989) G_a faktorával, valamint Inamdar és Ramanathan (1997) G^*_a faktorával kifejezve, figyelembe véve utóbbiak megjegyzését (G^*_a és G_a különbsége a légkör sugárzási kényszerét adja meg), adódik:

$$E_D - (S_U - OLR) = E_U ,$$

azaz

$$G = S_U - OLR = E_D - E_U .$$

Ez a D1 definíció szerint ekvivalens Miskolczi I. egyenletével ($A_A=E_D$).

[2] A légköri hosszúhullámú energiaáramok különbségéből képzett (nettó) üvegház-energiákra fennáll az alábbi egyenlőtlenség:

$$2G = (S_U - OLR) + (E_D - E_U) \leq OLR ,$$

ezek összege nem lehet több, mint az elérhető (le- vagy feláramló) energia mennyisége.

A légköri hosszúhullámú energiaáramokból képzett (bruttó) üvegház-energiákra fennáll az alábbi egyenlőtlenség:

$$E_D + E_U \leq 2OLR ,$$

ezen áramok összege nem lehet több, mint az elérhető teljes (le- és feláramló) energia menynyisége.

A földi légkör sajátossága, hogy képes elérni és fenntartani az egyenlőséget mindkét fenti kifejezésben. Érvényes tehát, hogy

$$2G = (S_U - OLR) + (E_D - E_U) = OLR \quad \text{(Miskolczi II)},$$

és

$$E_D + E_U = 2OLR .$$

[3] Ez utóbbiból ekvivalens módon adódik G másik kifejezése:

$$G = (S_U + OLR) - (E_D + E_U) ,$$

illetve az $S_U = 2E_U$ összefüggés (Miskolczi III).

A G = OLR/2 egyenértékű az S_U=3OLR/2, illetve a g=G/S_U=1/3 azonosságokkal. Ez utóbbi tapasztalatilag jól ismert a clear-sky normált üvegházhatás számszerű értékére. Most elméleti limitként áll előttünk.

[4] A fluxus- és optikaimélység-számítást elvégezte a NOAA NCEP/NCAR R1 reanalízis adatbázison is, mely az 1948-2008 időszakra tartalmaz globális rádiószondás adatokat éves bontásban. Eredményül a 61 év átlagára, figyelembe véve valamennyi ismert üvegházhatású gáz adott időszakra vonatkozó légköri koncentrációs átlagértékeit, és számításba véve a vízpára (H_2O) és a szén-dioxid (CO_2) ismert változásait,

$$\tau_{R1} = 1.868$$

értéket kapta.

[5] Számítási eszközként a saját maga által írott HARTCODE nagyfelbontású sugárzásátviteli programot használta. Eredményei elméleti hátteréül az abszorpció felső limitértékénél értelemszerűen az energia-megmaradás törvényére, a limitérték folyamatos eléréséné és fenntartásánál a földi légkör bőséges óceáni páratartalékára, légköri mennyiségének és eloszlásának értelmezésénél a gravitációs potenciális energiaminimumára, a hűlési termikus energia maximumára, az entrópia-termelés maximumára, valamint meridionális turbulens keveredésének dinamikáját vezérlő fizikai elvekre hivatkozott.

[6] *Interpretációk*. Noha dolgozatunk célja Miskolczi adatainak ellenőrzése, röviden mégis célszerű szót ejteni a fenti interpretációs koncepciók némelyikéről.

— Az energia-megmaradás elve. Ez a feltétel nyilvánvaló határt szab a rendszer számára felhasználható energiának. A II. összefüggés jobboldala mind nettó, mind bruttó formájában a baloldalon szereplő fluxusokra áthághatatlan limitet állít.

— A leghatékonyabb hűlés elve, mint az energiaminimumra törekvés termodinamikai formája. A meleg földfelszínnek a hideg környezetben való optimális hűlését követeli meg, ami a látens hő (vízpára) maximális kiemelésével valósul meg. Ez maximalizálja a K tagot, így minimalizálja S_U-t a felszínegyenletben. Egyúttal maximálja a légkör vízpára-tartalmát, amely – a legfontosabb üvegházhatású gázként – kifejti a maximális üvegházhatást.

— A világóceán, mint földi légkör praktikusan végtelen vízpára-háttértára a fenti folyamat számára. E fizikai feltétel hiánya a Marson és a Vénuszon nem teszi lehetővé a dinamikai üvegház-szabályozást. Az energiaminimum (maximális hűlés) elve növelni akarja a páratartalmat és a légkör infravörös optikai vastagságát, míg az energiamegmaradás elve korlátozza az erre fordítható energiát.

— A gravitációs potenciális energia minimuma. Ez az elv a légkörre, benne a vízpárára és a felhőkre vonatkoztatva a hőmérsékleti lapse rate és a nyomásprofil kialakításának egyik kényszerfeltétele, és alapvető szerepet játszik a III. összefüggés érvényesítésében. Az elv miatt összeomlani akaró légkört a felszíni felsugárzás és a hőmérséklet tartja egyensúlyban.

— A teljes bejövő energiamennyiség disszipációjához a légköri páratartalom megfelelő eloszlását a rendszer entrópia-termelésének maximuma biztosítja. Ez a vertikális és meridionális turbulens keveredés dinamikája által valósulhat meg.

A bejövő elérhető energia maximális felhasználásához hozzájárul a meglévő felhőzet (az infravörös légköri ablak eltakarásával és a K adott mennyiségének visszatartásával), ugyanakkor a globális átlagos felhőborítottság töredezettsége ($\beta \sim 0.6$) fontos fizikai feltétel a hatékony hűlés megvalósulásához (az F+K elnyelt energia közvetlen világűrbe való kijutásához). E feltétel úgyszintén nincs meg a Marson (ahol egyáltalán nincs felhő), sem a Vénuszon (ahol a felhőtakaró átjárhatatlanul vastag és teljesen zárt).

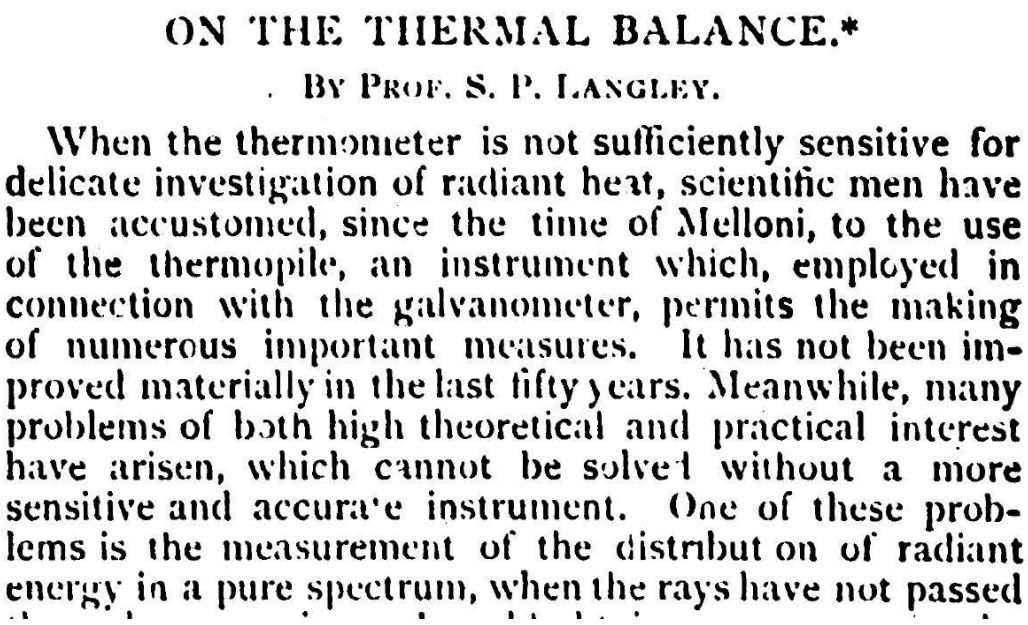
A rendszerben kétség kívül hatalmas tartalékok vannak, hiszen egy nyári trópusi nappal során a globális átlaghoz (főképpen pedig egy téli sarki éjszakához) képest sokszoros mennyiségű energia áll rendelkezésre, amelyet a rendszernek mindet abszorbeálnia kell ahhoz, hogy éves átlagban a teljes elérhető energia hasznosítása megtörténjék. Ehhez egyrészt az abszorbens üvegházgáz (azaz pára-) tartalom optimális eloszlása, másrészt dinamikus optikai vastagságcsere szükséges a többlettel és a hiánnyal rendelkező légoszlopok között. Mindebben a maximális számú szabadsági fokot felszabadítani képes kaotikus és turbulens keveredéseknek alapvető szerepe van. Miskolczi az *extrópia* fogalmában összefoglalva próbálja interpretálni e jelenséget.

— Az időtényező. Az energia-megmaradás elvét lokális elvként értelmezi a fizika: nem lehetséges, hogy egy folyamat energia-hiányát egy másik térbeli pontban lévő történés energiatöbblet fedezze, ha a két jelenség között nincs kölcsönhatás. A teljes rendelkezésre álló energiamennyiség abszorpcióját azért minden egyes lokális folyamatra meg kell követelnünk. Ha az abszorpció bármely pontban vagy pillanatban nem volna maximális, nehéz elképzelni,

hogy az ily módon elszökő energiaveszteséget a rendszer máshol hogyan pótolhatná. Ezért azt kell gondolnunk, ezen egyenlet teljesülése azonnali. Hasonló lehet a helyzet ezen összefüggés rész-egyenleteire vonatkozóan is. Így a szezonális, éves vagy több éves ciklusokban beálló változásokat nem a sugárzási folyamatnak, hanem a rendszer hőtároló képességében (óceán-felszín, növényzet) beálló változásoknak, valamint a felhőzet eloszlásából származó bejövő energia mennyiségi és földrajzi ingadozásának tulajdoníthatjuk. A szabadsági fokok e kaotikus elosztása nem az energia-disszipáció maximum-értékének fluktuációját, hanem inkább e maximális disszipáció földrajzi eloszlásának fluktuációját befolyásolja.

— Végül a centrális kérdés: a bejövő elérhető energia mennyiségének fogalma. A rendszer számos belső dinamikai csatolása lehetővé teheti, hogy e mennyiséget extrémum-elvek alapján úgyszintén kontroll alatt tartsa. Ekkor mind a rövidhullámú tartományban (F^0, F, α és β révén), mind a hosszúhullámúban (A_A, S_T és a CRF-ek révén) egy többszörösen csatolt energetikai szabályozás állna fenn. Mindenesetre figyelemre méltó, hogy az elmúlt 150 évben, sőt, az elmúlt 8 ezer év legnagyobb részében a globális átlaghőmérséklet megmaradt a 288K $\pm$ 1K tartományon belül, ami igen jól szabályozott rendszerre utal. Az SW-LW csatolt dinamika lehetőségének kérdése további kutatásokra vár.

A fenti interpretációs javaslatok nyitva állnak minden további értelmezés előtt.



ON THE THERMAL BALANCE.*

BY PROF. S. P. LANGLEY.

When the thermometer is not sufficiently sensitive for delicate investigation of radiant heat, scientific men have been accustomed, since the time of Melloni, to the use of the thermopile, an instrument which, employed in connection with the galvanometer, permits the making of numerous important measures. It has not been improved materially in the last fifty years. Meanwhile, many problems of both high theoretical and practical interest have arisen, which cannot be solved without a more sensitive and accurate instrument. One of these problems is the measurement of the distribution of radiant energy in a pure spectrum, when the rays have not passed

(Illusztráció: Langley, 1880)

XI. KRITIKAI ÉSZREVÉTELEK, ÉRTELMEZÉSEK, TOVÁBBI TENNIVALÓK

i) A 2007-es cikkben az általános üvegház-egyenlet, $B(\tau)$, B_0 és az $f(\tau)$ függvény levezetésének pontosabb argumentációja szükséges.

Miskolczi 2007-es cikke közli a felszínhőmérsékletnek és a globális átlagos optikai mélységnek (tehát S_U-nak és τ_A-nak) az állandóságára vonatkozó energetikailag származtatott fluxusösszefüggéseket, majd – ezek ismeretében, érvényességüket feltételezve – a B, B_0 és f függvények levezetésénél ezen állandóságokat implicite kihasználja. A levezetés egyes lépéseinek megszövegezésekor azonban formálisan megengedi e „változók" változását. Így matematikailag inkorrektnek tűnő (általános értelemben valóban inkorrekt) lépéseket (elhanyagolásokat) tesz, amelyek azonban a végeredményt nem befolyásolják, hiszen valójában a szóban forgó mennyiségeket energetikailag konstansnak tudjuk (deriváltjaik tehát zérusok).

A matematikailag korrekt levezetés vagy az általános képlet megadása, majd a konstans mennyiség behelyettesítése lenne, vagy pedig az adott lépésnél a konstans jelleg kihasználásának explicit kijelentése, deklarálása. Ez könnyű támadási felületet nyújtott olyanoknak, akik csupán a matematikai imprecizitás kimutatásában, és nem a valós eredmény megkapásában és értelmezésében voltak érdekeltek.

Fizikai levezetésekben (pl. kvantumtérelméletek) számos esetben fordult elő, hogy a formulahasználat szigorú matematikai értelemben nem érvényes, azonban a betudott fizikai környezetben használható és eredményes. Miskolczi esetében a levezetés újraszövegezésével és minimális matematikai korrekcióval az eredmények változatlanul és érvényesen nyerhetőek. Az eredményül adódó B(z) légköri forrásfüggvény a korábbi megoldásokénál pontosabb, realisztikusabb vertikális hőmérsékleti profilt eredményez.

ii) A Schwarzschild-Milne egyenlet történeti megoldásában a „szemi-infinit" elnevezés megkérdőjelezhető.

Bár egyes klasszikusok (pl. A.E.Milne) az e közelítésben fellépő felszíni hőmérsékleti diszkontinuitást a csillaglégkörökre alkalmazott (ott jogos) félig-végtelen közelítés számlájára írják, valójában a diszkontinuitás már az eredeti 1906-os Schwarzschild-féle megoldásban is jelen van, és megjelenik félig-végtelen közelítés feltételezése nélkül is. Kétségtelen, hogy az egyenletnek Miskolczi általi véges tau-ra történő kiintegrálása megszüntette ezt az ugrást, és az f transzfer-függvény folytonos átmenetét tette lehetővé a legalsó levegőréteg és a felszín között. Ez fizikailag plauzibilis is két, egymással közös felületen állandó érintkezésben álló, és a K tag révén folyamatosan szenzibilis és látens hőcserélésben részt vevő közegre. A klasszikus $f=2/(1+\tau)$ és $f=2/(2+\tau)$ szakadásos transzferfügvények helyettesítése az $f=2/(1 + \tau + \exp(-\tau))$ folytonos megoldással a kialakuló valós lapse rate-et reprodukálja és az átlagos optikai mélységre a mért fluxusokkal kifejezett mennyiséggel azonos értéket eredményez. Fizikailag plauzibilis, hogy a transzferfüggvény optikailag vékony (átlátszó) közegekre nem csak lineárisan függ az optikai mélységtől, hanem a transzmittancia függvénye is. Növekvő tau-k esetén ez a függés elenyészik.

iii) Javasolt az NCEP/NCAR R1 reanalízis kalkulációjának megismétlése az összes üvegházgáz változás-idősorának figyelembevételével.

Az idősor kiszámítása során csupán a vízpára és a szén-dioxid évenkénti eloszlásának változása volt figyelembe véve, a többi üvegházhatású gáz (pl. metán, ózon) konstans átlagértékkel szerepelt. Így az abszorpció és az optikai mélység időátlaga helyesen adódik, azonban a trend esetleg nem pontos. Az eredményekből egyértelműen megmutatkozik, hogy a növekvő CO2-koncentráció várt hatása nincs jelen az idősorban, és az is, hogy a módszer alkalmas (elegendően érzékeny) ennek kimutatására, tehát ha létezne, megmutatkozna. Növekvő (ill. az ózon esetében esetleg csökkenő) hatásuk beszámítása valamilyen befolyást bizonyára gyakorolna az abszorpció hatvan éves idősorára. Nyilván nehéz korrekt adatokat szerezni a metán vagy az ózon vagy a fluorgázok időbeli változására és vertikális eloszlására. A teljes értékű idősor-analízishez azonban ezek figyelembe vétele is nélkülözhetetlen lesz.

Más reanalízisek (ECMWF ERA40, Japanese etc.) feldolgozására is szükség lenne. Egyre több reanalízis készül el és válik nyilvánossá. Az ismertté vált adatok visszaigazolják a páratartalom globális átlagának az R1-ben találttal azonos értékeit, így az átlagos abszorpciók és optikai mélységek nem térhetnek el lényegesen. Az évtizedes időtávú változások vagy trendek megállapításához azonban a számítások – Miskolczi vagy még inkább valaki más általi – elvégzése indokoltnak tűnik.

iv) Az elnevezések és mögöttes fizikai tartalmak (Kirchhoff, viriál, extrópia) összefüggésének további tisztázása.

A Kirchhoff-törvény számos alkalmazása és megfogalmazása elfedi azt a tényt, hogy itt összességében valójában a sugárzási energia megmaradásának egy kifejeződéséről van szó. Amikor az $A_A=E_D$ összefüggés Miskolczi előtt először megnyilvánult, a 2000-es évek elején, rögtön ezen a néven illette, és így mutatja be a 2004-es publikációban is. A 2007-es cikkben a lokális termodinamikai egyensúllyal (LTE) hozza szoros összefüggésbe, s valóban, valamenynyi komoly kézikönyv megemlíti, hogy az LTE voltaképpen azon légköri körülmények elnevezése, ahol a Kirchhoff-törvény érvényes. A szóban forgó összefüggés érvényességének az LTE szükséges, de nem elégséges feltétele. Kétségkívül szerencsésebb lett volna tehát, ha (i) a megfogalmazás egyértelműbb és nem teszi lehetővé azt az értelmezést, mintha az $A_A=E_D$ egyenlet a Kirchhoff-törvénnyel egyenértékű, vagy abból logikailag (elméletileg) származtatható lenne; (ii) ha a megnevezésnél (a felfedező névadói szabadságát elismerve) Miskolczi mégis valamely más nevet adott volna (pl. a Mediciekről, vagy Zeusz szeretőiről nevezte volna el őket, mint a Jupiter-holdakat — vagy akár az IPCC vezetőiről).

Érvényes ez az $S_U=2E_U$ összefüggés „viriál”-elnevezésére is. Miskolczi megmutatta, hogy a viriáltétel érvényesen alkalmazható a földi légkörre, mint gravitációs potenciáltérben kötött gáztömegre is, továbbá azt is kiszámolta, hogy a vertikális (sugárirányú) szabadsági fokra a légkör potenciális és kinetikus energiáinak aránya pontosan a viriáltételben megkövetelt 2.000. Az is egyértelmű, hogy a légkör vertikális szerkezetének fenntartásában az összefüggés fontos szerepet játszik: a légkör potenciális energiája az energiaminimum elve értelmében a minimumra törekszik, s az összehúzódásnak csak a bejövő energia által táplált hő vet gátat. Így az E_U voltaképpen a földi légkör luminozitása, S_U pedig a kollapszust megakadályozó nyomás- és hőmérsékleti viszonyokat fejezi ki. — Mindezek ellenére szerencsésebbnek találtam volna, ha Miskolczi e tétel értelmezésével (egy voltaképpeni másodlagos, vagy ha tetszik, harmadlagos interpretációs kérdéssel) nem vonja el a figyelmet az általa állítani kívánt, az alapösszefüggésekben kifejeződő tapasztalati észrevételeiről.

Az entrópia maximumára, illetve a légköri entrópia-termelés (produkció) maximumára vonatkozó észrevételek annak magyarázatául szolgálnak, hogy a rendszer nem csupán képes (al-

kalmas) a maximális abszorpcióra és az annak megfelelő hosszúhullámú emisszióra, hanem be is állítja magát ezen extrémum-értékekre. A „hogyan tudja ezt a rendszer megtenni” kérdésre adott Miskolczi-féle válaszok a rendszer sztochasztikus voltára, a nagyszámú szabadsági fokra, a termikus energia meridionális szállításában fellépő turbulens keveredésre, összességében tehát a vízpára globális és regionális eloszlásában rejlő lehetőségek kihasználására utalnak. Egyértelmű, hogy mindegyik háttérfeltételeként a Földön rendelkezésre álló, praktikusan végtelen vízpára-rezervoár, a világóceán szabad vízfelületének megléte szükséges. Megjegyzendő, hogy a rövidhullámú abszorpció, F, illetve az óceáni hőszállítás és az ezzel is összefüggő felszíni hőmérséklet-eloszlás is bevonható a dinamikába. — Kétségtelen, hogy Max Planck az entrópia és az energia fogalmainak együttes használatát tartotta szükségesnek a rendszerek teljes leírásához. E mennyiségek légköri kiszámítására a szakirodalomban egyelőre nem alakult ki egységes eljárás, így a vonatkozó minimum- és maximumelvek fizikai felírása megfelelő variációs integrál formájában egyelőre várat magára.

v) Fizikai fundamentumok

A projekt során nem találtam kikezdhető pontot Miskolczi alapvető állításával, a rendszer energetikai egyensúlyi működésével kapcsolatban. Az állítás egyik fele különösen erős: az elérhető energia limitje nem teszi lehetővé, hogy a jelenleginél több energia alakuljon át üvegház-energiává a légkörben, függetlenül annak infravörös abszorbens-tartalmától. Hogy ez a maximum meg is valósul a Föld légkörében, az több tényező – anyagi feltétel és fizikai elv – együttes fennállásának a következménye. Ilyenek: elegendő szabad vízfelület létezése (a légkör dinamikai vízpára-utánpótlásának biztosítására); a felhőzet töredezett jellege; a rendszer egyéb szabadsági fokainak sokasága (turbulens keveredés); a légkör gravitációs kötöttsége és potenciális energia-minimuma; a termodinamikai elvek (maximálisan hatékony hűlés, meridionális hőtranszport, entropikus kényszerek). Matematikailag: a sugárzási rendszert leíró balansz-egyenletek Miskolczi új összefüggéseivel kiegészítve egy teljes meghatározott energetikai struktúrát alkotnak. Ezért ezen összefüggések tetszőleges kombinációja is ugyanazt a rendszert írja le. Az a kérdés, hogy melyik kifejezés tekintendő “alapvetőnek” és melyik “származtatottnak”, a hozzájuk fűzhető fizikai értelmezéstől függ. Meg lehet kísérelni különkülön az $S_U=E_D/A$, az $S_U=2E_U$ vagy az $S_U=3OLR/2$ egyenlőségek mögé egyedi fizikai tartalmakat helyezni, vagy meg lehet próbálni az $E_D+E_U=2OLR$ összefüggést értelmezni, és számos egyéb értelmes alak is képezhető.

vi) Több speciális tau létezik

Igen fontos további értelmezési feladat annak a – Miskolczi által is erőteljesen hangsúlyozott – ténynek a részletes feltárása, hogy az egyes kényszer-egyenletek önmagukban, illetve egyes csoportokban más és más optikai mélységeket eredményeznek. Pl. az egyensúlyi fluxus-struktúra ($S_T=G/2=OLR/4=S_U/6$) a $T_A=S_T/S_U=1/6$ összefüggésből $\tau=1.79$-re vezet a $\tau= -\ln T_A$ kifejezés közvetlen alkalmazásával. Az $S_U=3OLR/2$ egyenlet önmagában az $f=2/(1+\tau+T_A)$ függvénnyel $\tau=1.841$-et eredményez, míg valamennyi kifejezés együttesen az empirikusan helyes $\tau=1.867$-et adja ($f=0.6618$). Fontos látni, hogy az $f=0.6618$ mintegy 3 W/m^2 változást visz a fluxus-szerkezetbe az $f=2/3$-hoz képest. Vegyük észre továbbá, hogy a többi τ mind alacsonyabb felszínhőmérsékletekhez tartozik. — Felvetődik az elképzelés, hogy esetleg a paleoklimatikus múltban a négy energetikai kényszerfeltételből valamelyik érvényesüléséhez nem voltak meg az alkalmas fizikai körülmények; ez a jégkorszaki állapotok létrejövésénél lehet érdekes. Miskolczi nem bocsátkozik ilyen spekulációkba, azonban a különböző „hidegebb” τ-k megjelenése mindenképpen megérdemli a további elemzést.

vii) Felhők

Realisztikus felhős profilszámítások és felhős globális átlag képzés (a “quasi-allsky protocol” ugyanis valójában “no-cloud” protocol): sem a TIGR2 rádiószondás adatbázisban, sem a Hartcode sugárzás-átviteli számításban nem szerepel a felhőzet. Első lépésben talán a három alap-felhőtípusra, az alacsony, középmagas és magas felhőkre lehetne a számításokat megkísérelni. Itt nyilvánvalóan legalább három nagy probléma lép fel: (i) a felhős sugárzás-átviteli modell összehasonlíthatatlanul bonyolultabb (és adatok híján jóval kevésbé ismert) fluxus-szerkezetet kíván a tiszta égboltúnál; (ii) az a tény, hogy a teljes üvegházhatás (g=0.4) 80%-a (g=0.33) a tiszta égboltú hatásból ered, nehezíti azt a gyakran használt egyszerű megközelítést, hogy a teljes égbolt értéket 40% felhőtlen és 60% borult állapotból illesszék össze; (iii) az üvegházhatást meghatározó légköri visszasugárzás (E_D) döntő része az alsó pártucat, kis része legfeljebb pászáz méteres magasságból származik, azaz messze a legalacsonyabb átlagos felhőréteg alól. E_D értékében a globális átlagos felszíni hosszúhullámú felhőjárulék ismeretes, kb. 34 W/m^2. — Döntő jelentőségű Miskolczi azon észrevétele, hogy egy 60% átlagos borultságú, 2 km effektív magasságban elhelyezkedő felhőréteg hatása a hosszúhullámú sugárzási szerkezetre optimális mind a sugárzási egyensúly, mind a rendszer maximális hűlése (az energiaminimum elvének teljesülése) szempontjából, és ennek eloszlása a vízpára-eloszlás számára egy újabb szabadsági fokot ad.

viii) Emisszivitás.

A globális energiamérleg számításokban megkülönböztetik az $S_G=\varepsilon\sigma T^4$ és az $S_U=\sigma T^4$ kifejezéseket, ahol ε a felszín emisszivitását (a Planck-féle feketetest-sugárzástól való eltérését) veszi figyelembe. Globális átlagos értéke ε=0.967 , az óceánra 0.99 . Miskolczi az A_A és E_D számításában fellépő, globálisan mintegy 3%-os különbséget az emisszivitási tényező figyelembe vételével korrigálja mind a 2007-es, mind a 2010-es cikkében. Újabban felvetődött, hogy (a) ez a korrekció nem visz közelebb a két érték azonosságához; (b) az eltérésben más okok, a mintavételezés inhomogenitása (hőmérsékleti inverziók), ill. a légköri anizotrópia is szerepet játszhat. Ezek mértékének tisztázására számítások folynak, illetve továbbiak szükségesek.

ix) Elmélet vagy tapasztalat.

Kivédendő az elméleti utalásokkal kapcsolatos kritikákat, Miskolczi később empirikus felismerésként mutatja be az új összefüggéseik, amelyek mögé, mint fogalmaz, bizonyos elméleti megfontolásokat helyezett, s amelyeket azokról a fizikai törvényekről nevezett el, amelyekkel asszociációba hozhatók. Ez viszont arra adott módot az ellenzők számára, hogy tudomást se vegyenek az új számszerű összefüggésekről, mondván, ezek elméleti háttér nélküli „véletlenszerű”, azaz nem kötelező érvényű kapcsolatok, amelyek ma így vannak, holnap lehetnek egészen másként. — Ez az ellenérv általánosságban megállhatna, ha a szóban forgó összefüggések számfaktorai nem 2/3, 1 és 2 volnának, hanem valamely nehezen értelmezhető racionális törtek. Így azonban az egyenlőségek világos fluxus-struktúrát írnak le, egyértelműen megadva az együtthatókat.

Szeretném nyitva hagyni ehelyütt azt a kérdést, hogy a Föld légkörének mai működését leíró Miskolczi-féle üvegház-modell (a hozzá tartózó rögzített fluxus-arányokkal) mikor, milyen geológiai és csillagászati körülmények között nőhet át egy másik modellbe, amelyet más fluxus-összefüggések (más feltételek mellett érvényesülő fizikai kényszerek) írnak le. Ismert hasonló bolygók, a Mars és a Vénusz, lényegesen eltérő környezeti feltételekkel rendelkeznek (Mars: tiszta szén-dioxid légkör, nincs vízpára, nincsenek felhők, nincs dinamikus szabályo-

zási lehetőség; Vénusz: úgyszintén hiányzik a vezérléshez szükséges légköri feltételrendszer; a teljesen zárt felhőzet is egészen más sugárzás-átviteli modell érvényesülését kényszeríti ki.)

Ameddig a földi légkör sajátos szabadsági fokai fennállnak, nem látszik indokoltnak, hogy a rendszer átálljon egy gyökeresen eltérő modell követésére.

x) Dokumentációs (tálalási) problémák.

A tudományfilozófiából ismeretes, hogy a felfedezés logikája számos esetben élesen különbözik a kész, kifejlett elmélet logikájától. Wittgensteintől tudjuk, hogy miután az emeletre felértünk, a tételeket megértettük, a létrát akár el is lehet dobni. Vagy említhettünk volna mankót is, amelynek segítségével az olvasó „megtanul járni", de miután önjáróvá vált, ezektől nyugodtan megszabadulhat. Az alapvető eredményeket közlő 2007-es *Időjárás*-cikk például számos félreértésre adott okot. A levezetés szempontjából centrális jelentőségű, de a kész elmélet megértésében másodrangú kérdések részletes elemzése tereli félre az olvasó figyelmét. Már rögtön az *Abstract* legalább három olyan tényezőt tartalmaz, amelyek bár igen fontosak voltak Miskolczi számára az út során, és persze lényegesek a kész elmélet háttere (alátámasztása — hogy a mankó-hasonlatnál maradjunk) szempontjából is, de teljességgel megakasztják (elgáncsolják…) a megértést az anyaggal való első találkozás, ismerkedés során. Ilyenek: a felszíni hőmérsékleti diszkontinuitás, az Eddington-féle félig-végtelen megoldás és a viriáltétel. A cikkben rögtön csatlakozik hozzájuk három további is: a Kirchhoff-tétel, mint fejezetcím az első új egyenlet bevezetésénél; az energia-megmaradás törvényére való hivatkozás a másodiknál; majd pedig az üvegházhatásnak a sugárnyomással való azonosítása. Később még további hasonló elemek, „red herringek" jelennek meg — mintha csak egy „figyelem-elvonó kúrán" akarná Miskolczi az olvasóit végigvezetni: az „általános üvegház egyenlet", majd a 2010-es cikkben a „kvázi-allsky protocol"… Arról nem is beszélve, hogy a 2004-es cikkben empirikusan kimutatott, alapvető fontosságú $S_U=2E_U$ összefüggés a 2007-esben meg sem jelenik számozott egyenletként, csak a sorok között kerül bevezetésre; a 2007-es cikk Abstractjában az 1.841-es tau van kiemelve, holott az 1.867 az „igazi"… Továbbá, a Kirchhoff-törvény csupán szükséges, de nem elégséges feltétele a 4-es összefüggésnek; az energia-megmaradás elve csak felső korlátot ír elő a 7-es egyenlet baloldala számára, de nem diktálja az egyenlőséget; a sugárnyomással nem azonosság, csak arányosság áll fenn…

Számos olyan tudós kollégával találkoztam, aki a megértés szándékával közeledett Miskolczi munkája felé, de csak többszöri erőfeszítés után tudta leküzdeni eme „tízpróbát", a Miskolczi által saját kezűleg állított akadályokat önnön rendszere belső logikájának megértése elé. Úgyszólván az olvasónak elemeire kell szednie a puzzle-t és újra összeraknia. Számomra a X. fejezetben (Összegzés és rekonstrukció) megadott módon állt össze az anyag a leglogikusabban; valaki más, illetve maga a Szerző, másként találhatja értelmesen felépíthetőnek. Ez csupán azt jelenti, hogy az alkotó számára az egyes kulcspontok, hangsúlyok, útelágazások másutt lehetnek, mint az olvasó számára, és más elemeket, szempontokat tarthat fontosnak, újszerűnek, értékesnek, mint a kívülálló. (Beethoven is berzenkedett, hogy mindenki csak a Holdfényszonátáról beszél, holott ott van a szerinte legalább olyan jó 13-as Esz-dúr is…).

Végső soron Miskolczi csupán egy ártatlan kérdést tesz föl: hogyan növekedhetne a légköri abszorpció a CO_2-kibocsátástól, ha már jelenleg is a teljes elérhető energiamennyiséget elnyeli…? A válasza természetesen az, hogy sehogy. Ám ehhez az egyszerű kérdéshez és még egyszerűbb válaszhoz írnia kellett egy speciális képességekkel felszerelt sugárzás-átviteli programot, össze kellett állítania egy érvényes globális átlagos légkört, profilszámítások ezreit kellett rajta elvégeznie, meg kellett látnia a fluxus-összefüggéseket, fel kellett írnia az egyen-

leteket, le kellett vezetnie a transzferfüggvény összefüggését az infravörös optikai mélységgel… Minden egyes lépcsőfokhoz jégcsákánnyal kellett bevésnie az újabb és újabb kapaszkodókat ennek az üvegház-hegycsúcsnak a meghódításához.

Megállapítható, hogy a munka nagyságához és jelentőségéhez képest az eredmények nem kielégítően dokumentáltak. Két *Időjárás* és egy *E&E* cikk nem megfelelő leképezése a Miskolczi által elvégzett évtizedes feladatoknak. Azonban a peer review rendszer a szakmai érték szempontjából gyakran kontraszelektíven működik. A „konszenzus”-hoz tartozó, vagy főképpen azt explicite támogató írások relatíve kevés új információt hordozó tartalom mellett is könnyen utat találnak nívósnak tartott lapokban; míg a konszenzustól eltérő tartalmak, részletes számszerű dokumentáció ellenére is, újból és újból elutasíthatók voltak pusztán annak kiemelésével, hogy az eredmények ellentmondanak az elfogadott álláspontnak, vagy hogy ez a megközelítés „nem érdekli az olvasókat”. Igen neves újságok szaklektorai több esetben az alapegyenletek téves felírásával, vagy más elemi hibával tűzdelt véleményeket adtak; roszszabb esetben meg sem kíséreltek számszerű formát adni az elutasításnak. Ez utóbbi, úgy tűnik, általános gyakorlat: adatolt, számokkal alátámasztott kutatási eredményeket mindenfajta ellen-adat vagy számítás nélkül, puszta „vélemények” alapján utasítani el nem elfogadható tudományos megközelítés.

xi) „Mainstream” vs „szkeptikusok”

A 2010-es publikációval további probléma, hogy az Energy&Environment erősen köthető a „klímaszkeptikus” táborhoz, nem tartják elég erősnek a peer review szisztémáját, és nincs jelen az EBSCO-n sem. 2011-es kéziratát pedig két támogató és egy ellenző lektori véleményre hivatkozva utasította el a választott folyóirat, ahol a negatív bíráló egyetlen tényt vagy számadatott sem helyezett Miskolczi számítási eredményeivel vagy egyenleteivel szemben.

Mindez nehezíti a „mainstream”-mel való kommunikációt. A két „tábor”, a „klímaszkeptikus” és a „klímakatasztrofikus” már-már szekértáborként, ideológiákként áll egymással szemben. Egy-két éve a „fősodor” a dogmává merevült IPCC-állásponttal szemben a leghalványabb eltérést sem tolerálta, új eredményekkel szemben a legkisebb nyitottságot sem mutatta. (Ez kb. egy évtizede hasonló erővel, de éppen ellenkező irányban működött: e sorok szerzőjének számos személyes tapasztalata van az ellenállás jellegéről és módszereiről azokból az időkből, amikor még éppen az antropogén klímaváltozás *lehetőségét* igyekezett az akkori fősodor-állásponttal szemben elfogadtatni.)

Mára több szempontból is oldódott a helyzet. Egyre-másra bukkannak fel a Miskolczi eredményeit alátámasztó „hivatalos” információk. Vezető sugárzási és klímatudományi szakemberekkel történő kommunikációk rohamosan növekvő szimpátiát, érdeklődést és befogadókészséget jeleznek e megközelítés irányába. A helyzet tehát kezd megérni Miskolczi eredményeinek több részelemre bontott, elfogadott lapban történő mihamarabbi publikálása felé.

xii) Külső kritikák

Végső megjegyzésként szeretném rögzíteni, hogy tudatosan nem folytattam „kettős kritikát”: nem volt feladatom a parttalan külső ellenvetések elemzése. A végeláthatatlan és zavaros internetes térben, „blogoszférában” megjelent néha objektív, gyakran azonban teljesen dilettáns, rosszindulatú vélemények, megjegyzések határtalan sokaságára itt nem reflektálhattam. (Még saját baráti-támogatói köréből is kikerülnek téves, félreértett adatok, értelmezések.) Ezek némelyikét, ahol értelmét látta, illetve ahol lehetőséget talált rá – nem mindenütt – Miskolczi megválaszolta vagy kiigazította; s az anyag maga is fejlődik. — Két kivételt teszek.

1.

Rob van Dorland, Piers M. Forster: Rebuttal of Miskolczi's alternative greenhouse theory (http://mtb.met.hu/download.php?l=ulesek/doc&f=Miskolczi_20101013.pdf)

"*Miskolczi (2010) theorizes that atmospheric CO_2 increases cannot lead to an enhanced greenhouse effect and therefore cannot be a cause of global warming. We show his theory to be incorrect both in its application of radiation theory and from direct atmospheric observations.*

Introduction

Miskolczi (2007 and 2010) uses complex radiative transfer calculations on 228 measured atmospheric profiles of temperature and greenhouse gases to theorize 'physical rules' for the Earth's energy balance. He deduces a 'radiative exchange equilibrium law', stating that on average the downward thermal infrared flux at the Earth's surface (*Ed*) and the absorbed infrared radiation within the atmosphere (*Aa*) are equal. Miskolczi, shows that his law implies that the Earth's atmosphere should have a constant infrared optical thickness. Therefore, when carbon dioxide concentrations increase, other greenhouse gases should decrease to compensate."

Az Introduction két állítása is félreértés. Miskolczi nem állítja sem azt, hogy a konstans optikai mélység az A_A=E_D-ből következnék, sem azt, hogy a növekvő CO_2-koncentrációt más üvegház-gázok csökkenésének kell ellensúlyoznia. Annyit állít, hogy a) az A_A=E_D szükséges, de nem elégséges feltétele a maximális abszorpciónak; és b) más üvegház-gázok és a hőmérsékletek meridionális és vertikális eloszlása együttesen kompenzál, beleértve a H_2O mennyiségének esetleges csökkenését is.

Az egyenlőség kapcsán három kiváló, nemzetközileg elismert kutató az alábbiakat írta:

— "Semmiféle érvet nem tudnék felhozni amellett, hogy A_A és E_D akár csak közelítőleg is egyenlők."

— "Nyilvánvaló, hogy A_A és E_D egészen közel esnek egymáshoz, de semmiképpen nem lehetnek pontosan egyenlők."

— "A_A és E_D empirikus egyenlősége meggyőző; jó lenne elméleti érveket találni mögé."

RvD és PMF szerint A_A és E_D közelítő egyenlőségét az okozza, hogy mind S_U abszorpciója, mind E_D kibocsátása a felszínhez nagyon közeli rétegekben történik, így az abszorpciós és emissziós hőmérséklet közel azonos a kibocsátásival. Minthogy a léghőmérséklet mindig a felszínhőmérséklet alatt van, a két fluxus teljes azonossága nem lehetséges, szükségszerűen A_A>E_D.

A TIGR2 adatbázison Miskolczinál mintegy 3%-os eltérés szerepel A_A javára. Figyelembe véve azonban az inverziós hőmérsékleti profilokat (mind a talajközeli éjjeli, mind a magasabb légkörieket), a különbség globális átlagban az elérhető adatbázisok alapján 1.5% alá csökkent.

Megjegyzendő, A_A>E_D esetén, tekintettel az A_A+K+F=E_D+E_U=2OLR energetikai limitre, alacsonyabb felszínhőmérséklet adódik az egyenlőségből származtatotthoz (S_U=3OLR/2) képest. Így a g=1/3 felső limit érvényben marad erre az esetre is. A tapasztalati g=0.33 azonban azt mutatja, hogy a rendszer eléri és fenntartja ezt a limitet. Meglehet, az inverziók kialakulásában a szóban forgó kényszer szerepet játszik.

Mint már említettük, a poláris hőtranszport – melyben a vízpára jelentős tényező – megfelelő szerkezeti átalakulása a globális abszolút páratartalom csökkenése nélkül is képes a kiegyenlítést végrehajtani (az optimális kisugárzási "ablakot" a trópusok felől a pólusok felé irányítva). Ennek helyét és mértékét nyilván az energetikai kényszerek határozzák meg.

Rob van Dorland és Piers M. Forster felvetése sem a sugárzáselmélet alkalmazásában, sem a légköri megfigyelésekben nem mutat ki Miskolczinál semmiféle inkorrektséget. Hozzászólásuk legfeljebb vitakérdésnek tekinthető, de semmiképp nem cáfolatnak.

2.

Henk de Bruin: Comments on “Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres” by Ferenc M. Miskolczi. Időjárás, Vol. 114. No. 4. 2010.
(http://met.hu/download.php?id=2&vol=114&no=4&a=7)

A szerző Miskolczi 2007-es cikkének alábbi három összefüggését értelmezi:

i)
$A_A=E_D$.
Itt felhívja a figyelmet, hogy a felszínhőmérséklet általában nem egyenlő a legalsó légréteg hőmérsékletével (sivatagok, nappal és éjszaka stb.), ezért lokálisan általában az egyenlőség nem áll fenn.

Rudolf Geiger (Henk de Bruin egyik hivatkozása) azonban megállapítja (lásd Appendix B), hogy a felszín fölötti légrétegben nincs hőmérsékleti diszkontinuitás. Miskolczi úgyszintén a két állandó fizikai kapcsolatban lévő közeg globális átlagos termodinamikai egyensúlyát tételezi fel. Az egyenlőség, beépülve az S_U=3OLR/2 és E_D+E_U=2OLR összefüggésekbe, a globális energiamérlegekben empirikusan igen jól teljesül. Így túlzónak tűnik Professzor de Bruin azon konklúziója, hogy minden következtetés, amely erre az egyenlőségre épül, tarthatatlan.

ii)
$E_U=S_U/2$.
Vitatja ennek a viriál-tételből való származtathatóságát. Minthogy Professzor de Bruin nem mutat fel önálló sugárzás-átviteli számításokat A_A, E_D és E_U értékeire, míg Miskolczi munkájának alapja, hogy produkál ilyeneket, így a vita valóban csak az interpretációról szólhat. Bár Miskolczi részletes számításokkal igazolta, hogy a viriál-tétel a földi légkörre ebben a formában felírható, e kérdést itt nyitva hagyjuk további értelmezés számára. Annyit tartok érdemesnek rögzíteni, hogy az összefüggés ismét csak szerves része az egyensúlyi fluxusszerkezetnek, és messze a hibahatáron belül érvényesül a ma elfogadott globális kiosztásokban.

iii)
S_U – OLR + E_D – E_U = OLR .
Henk de Bruinnak az az ellenvetése, hogy ezen egyenlet levezetése és az energia-megmaradásból való származtatása nem világos a számára. Úgy gondolom, valóban, az energia-megmaradás elve a jobboldalt csupán áthághatatlan felső limitként állítja a baloldal számára, de nem követeli meg az egyenlőséget. Felveti továbbá, hogy itt a sugárnyomással nem egyenlőség, csak arányosság áll fenn. Nézetem szerint ebben is igaza van. E két értelmezési vitakérdés azonban nem negligálja az összefüggés érvényességét, mely koncepcionálisan teljes egyértelműséggel állít felső energetikai határt G és g számára és, ismét, kiválóan teljesül a sugárzási mérlegekben.

Professzor de Bruin azzal zárja cikkét, hogy nem érti az egyenletek algebráját, fizikáját és levezetését. — Magam is úgy gondolom, hogy Miskolczi e levezetései és a hozzájuk fűzött kommentárjai lehettek volna sokkal világosabbak és egyértelműbbek, és egyetértek azzal is, hogy ezek egyes esetekben újrafogalmazandók. Megítélésem szerint azonban a kövek az épületben nem mozognak, helyük szilárd, csupán az elnevezésük, vagy odakerülésük indoklása változhat. Elmozdításukhoz ellen-adatokra volna szükség.

XII. UTÓSZÓ ÉS KITEKINTÉS

E munka során a Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetében álltam alkalmazásban. Ez természetesen nem jelenti azt, hogy az Intézet munkatársai, tudományos vagy hivatali vezetői szükségszerűen egyetértenének az itt leírtakkal. Még kevésbé érvényes ez az Akadémia egészére. Az MTA vonatkozó szakmai testülete, a Meteorológiai Tudományos Bizottság például nem fogadja el az itt bemutatott eredményeket (noha ellentétes adatot mindeddig nem közöltek). Emiatt sajnos nem volt lehetőség közös munkára, holott manapság minden lényeges nemzetközi eredmény csoportos együttműködésben születik. Erre a továbbiakban kiemelten szükség lesz azon hazai és külföldi kollégákkal, akik tudományos érdeklődéssel közelítenek a kérdéshez.

A munka eredményeképpen megállapíthatjuk, hogy Miskolczi Ferenc eredeti és értékes hozzájárulást tett az üvegházhatás fizikai lényegét adó hosszúhullámú légköri átlátszóság (abszorpció és optikai mélység) értékének kiszámításával. Megállapítottuk továbbá, hogy a ma általánosan elfogadott, legjobb nemzetközi globális energiamérleg-kiosztásokban pontosan felismerhetők azok az összefüggések, amelyeket Miskolczi ír le, s amelyek a földi légkör maximális abszorpcióját mutatják. Ennek eredményeképpen előáll az itt lehetséges üvegházhatás felső értéke, és az elérhető energiából e körülmények között kialakítható legmagasabb felszíni hőmérséklet. Nem lehetséges a nyomgázok légköri mennyiségének megváltoztatásával ezt az abszorpciót tovább emelni és az üvegház-energiát ily módon megnövelni.

Az emberi tevékenység csak az elérhető energia mennyiségének megváltoztatása (növelése vagy csökkentése) révén képes beavatkozni az üvegház-folyamatba, például a felszín rövidhullámú fényvisszaverő képességének (albedó) módosítása által, a felszínhasználat különféle formái során; hasonlóan a légköri aeroszolok mennyisége szintén hatással van az elnyelt és visszaszórt napfény arányára, sőt akár a felhőképződésre is. Ez utóbbit a növekvő CO2 ellensúlyozására a rendszer maga is megváltoztathatja, mind eloszlásában, mind mennyiségében. Ez antropogén klímamódosításnak tekinthető akkor is, ha az üvegház-faktor értéke – mely a bejövő energiából az üvegház-hőmérsékletet előállítja – fizikailag a rendszer által rögzített.

A fenti összefüggéseket Miskolczi Ferenc a valós légköri adatbázisokon elvégzett saját nagypontosságú számításai segítségével ismerte fel. Az abszorpció és az optikai mélység egyensúlyi értékére, az üvegház-faktor értékére vonatkozó ezen alapvető felismerések nem csupán egy bizonyos út végét, hanem egyúttal számos további kutatási terület megnyílását is jelentik.

A széndioxid-tartalom növekedése által indukált kezdeti üvegházhatás-emelkedés ellensúlyozására a meridionális termikus hőtranszfer és az óceáni és légköri cirkulációk, regionális és globális hőmérséklet-eloszlások, illetve a felhőzet megfelelő változásai adják meg a választ. Ezen ellenhatások mértéke a CO_2-hatás mértékével tart egyensúlyt, s ez utóbbi növekedése (pl. a CO_2-tartalom megduplázódása) esetén maga is növekedni kénytelen. Hogy ennek regionális és lokális hatásai mekkorák lehetnek, azt az új kényszerfeltételeknek a csatolt globális óceáni és légkörzési modellekbe való beépítésével lehetne vizsgálni. Mindkét eset a CO_2-kibocsátások korlátozására irányuló nemzetközi erőfeszítések indokoltságát támogatja.

Az optikai mélység globális átlagos értékének egyensúlyára vezető összfolyamat az egyes individuális légoszlopokra azt követeli meg, hogy ahol az abszorpció többletet mutat a globális átlaghoz képest, onnan optikai sűrűség-transzfer induljon meg a hiánnyal küzdő légoszlopok felé. Ez – a légoszlopok hőmérsékleti- és nyomáskülönbségeinek összehasonlítása mellett – további indikációt adhat a várható légköri mozgások dinamikájára.

* * *

Jelen kutatásnak nem volt feladata a Miskolczi által elért eredmények teljes következményrendszerének feltárása. Elsősorban arra összpontosítottunk, hogy ezek az eredmények – az energiaáram-összefüggések, illetve a mögöttes számszerű abszorpciós és optikaimélység-adatok – helyesek-e. Ezeket, a szakirodalomban ismert hibahatárok és bizonytalanságok mértékén messze belül – érvényeseknek találtuk. Az üvegház-faktor g=1/3 adatára, az elnyelt energia lehetséges maximumára, az abszorpciós tényező A=0.846 egyensúlyi értékére a tapasztalatilag megadott mennyiségek megfelelnek a Miskolczi által számítással nyert és elméleti fluxus-összefüggésekből levezetett kifejezéseknek és megoldásoknak.

Ezzel az e projekt időtartamára kitűzött feladatot elvégzettnek tekintjük. Messze nem tértünk itt ki Miskolczi eredményeinek, adatainak, értelmezéseinek minden ágára és vonatkozására. Az ellenőrző számítások körének bővítése, a következtetések továbbvitele és az értelmezések mélyítése a vizsgálatok folytatását, további kutatási programok indítását indokolja.

A projekt lezárásaként novemberre egy nemzetközi munkaértekezletet terveztünk. Minthogy Miskolczi új publikációját a választott folyóirat két támogató és egy ellenző referensi véleményre alapozva visszautasította, az értekezlet összehívását a referált cikk megjelenése utánra halasztottuk.

Befejezésül az MTA Köztestületi Stratégiai Programok – Környezeti jövőkép: Környezet- és klímabiztonság c. kötetének (2010) utolsó oldaláról idézek: „kiemelten fontos a klímaváltozással kapcsolatos ismeretek, adatok publikussá tétele, széles körben történő kommunikálása.” Ennek jegyében szeretném e kutatás eredményeit a legszélesebb hazai és nemzetközi nyilvánossággal megismertetni.

*** * ***

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Hálás vagyok a Magyar Tudományos Akadémiának, hogy lehetőséget kaptam e munka elvégzésére és a szakterület nemzetközi legkiválóbbjaival való személyes egyeztetésekre. Külön köszönet illeti az MTA soproni Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézetét, hogy ezt a munkát befogadta és támogatta.

Szeretném megköszönni Miskolczi Ferencnek azt a végtelen türelemmel kifejtett rendkívüli mennyiségű értelmezést, adatot, segítséget, magyarázatot, amivel az elmúlt hat évben ellátott, ahogyan a légkörfizika minden ágát-bogát megvitattuk és szerteágazó irodalmát áttekintettük. Ennek során nagyon sokat tanultam az igazságot, a teljes igazságot, és csak az igazságot eltántoríthatatlanul kereső, a tévedéseket kíméletlen őszinteséggel feltáró és kiigazító, és ennek az útnak minden következményét megalkuvás nélkül vállaló gondolkodásmódjából.

In the case of the outward energy A, we procede analogously and obtain

$$\frac{dA}{dh} = -a(E - A). \tag{8}$$

Given the absorption coefficient a as a function of depth h, define the "average optical depth"* of the atmosphere lying above the depth h by

$$\bar{\tau} = \int^h a dh. \tag{9}$$

The differential equations then become

$$\frac{dB}{d\bar{\tau}} = E - B, \qquad \frac{dA}{d\bar{\tau}} = A - E. \tag{10}$$

We want to find the temperature distribution under steady-state conditions. These require that each layer receives as much energy as it radiates, i.e., that

$$aA + aB = 2aE, \qquad A + B = 2E.$$

Introducing the parameter ζ such that

$$A = E + \zeta, \qquad B = E - \zeta,$$

we obtain the differential equations in the form

$$\frac{d\zeta}{d\bar{\tau}} = 0, \qquad \frac{dE}{d\bar{\tau}} = \zeta,$$

and after integration we have

$$\begin{aligned} \zeta &= \text{const.} \\ E &= E_0 + \zeta\bar{\tau} \\ A &= E_0 + \zeta(1 + \bar{\tau}) \\ B &= E_0 + \zeta(\bar{\tau} - 1). \end{aligned}$$

The constants of integration E_0 and ζ are fixed by the requirements that there can be no inward radiation at the outer boundary of the atmosphere ($\bar{\tau} = 0$), and that the outward energy there must have the observed value A. Thus at $\bar{\tau} = 0$ we must have

$$B = 0, \qquad A = A_0.$$

This leads to the final result

$$E = \frac{A_0}{2}(1 + \bar{\tau}), \qquad A = \frac{A_0}{2}(2 + \bar{\tau}), \qquad B = \frac{A_0}{2}\bar{\tau}. \tag{11}$$

Thus the variation of the radiation E with overlying optical depth $\bar{\tau}$ can be derived only by assuming Kirchhoff's law.

---

* Translator's note: In the original text this variable is called "optical mass," and is designated by m.

(Illusztráció: Schwarzschild 1906)

APPENDIX A
A projektet közvetlenül megelőző rövid hazai eseménytörténet

2005. július 19-én Miskolczi Ferenc előadást tartott az OMSZ Marcell György Főobszervatóriumában, „Az általános üvegház-egyenlet” címmel.

2006. április 13-án Zágoni Miklós (ZM) előadást tartott az OMSZ Kitaibel Pál utcai tanácstermében, az MTA Meteorológiai Tudományos Bizottságával (MTB) és a Magyar Meteorológiai Társasággal (MMT) közös szervezésben Miskolczi Ferenc üvegház-egyenletéről.

2006 tavaszán ZM meghívást kapott, hogy lektorként vegyen részt az IPCC készülő 2007-es 4. helyzetértékelő jelentése I. Munkacsoportjának (Tudományos alapok) előkészületeiben. ZM több megjegyzést tett, felhívva a figyelmet Miskolczi Ferenc eredményeire, melyek ellentmondanak a Working Group I. alapfelfogásának a széndioxid és a globális felmelegedés közötti összefüggésről. Minthogy Miskolczi 2007-es cikke a review folyamat lezárultakor még nem jelent meg, e megjegyzések nem kerülhettek bele a végső riportba.

2006. május 3-án Miskolczi Ferenc előadást tartott az ELTE TTK tanácstermében The general greenhouse equation címmel, számos meteorológus, fizikus és csillagász meghívott előtt.

2007-ben megjelent az IPCC Assessment Report 4, és Miskolczi Ferenc Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres c. cikke. Az IPCC béke-Nobeldíjat kapott, Miskolczi cikke visszhangtalan maradt.

2008. október 2-án ZM előadást tartott Miskolczi cikkéről az OMSZ Kitaibel Pál utcai előadótermében, az MTB-vel és az MMT-vel közös szervezésben.

2009. február 11-én ZM előadást tartott a Környezetvédelmi Minisztériumban „Miskolczi Ferenc üvegház-elmélete” címmel, melyre az MTB elnöke és több tagja is eljött.

2006. január 1-től Miskolczi lemondott a NASA-nál viselt kutatói állásáról, mert nem hozhatta nyilvánosságra az eredményeit. 2009. október 31-től ZM lemondott a KvVM-nél viselt köztisztviselői állásáról, mert nem beszélhetett nyilvánosan Miskolczi eredményeiről.

2009. november 27-én az MTA Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete, a Pannon Egyetem Föld- és Környezettudományi Tanszéke és a Soproni Tudós Társaság közös rendezésében Sopronban „Mozaikok az éghajlatkutatáshoz” címmel tudományos konferencia zajlott le, melyen Szarka László és ZM előadásai nyomán élénk vita alakult ki.

A Magyar Tudomány folyóirat 2009. februári számában vita bontakozott ki Reményi Károly és Czelnai Rudolf akadémikusok között a klímamodellek előrejelzéseinek bizonytalanságáról és a szén-dioxidnak a felmelegedésben játszott szerepéről. 2010 februárjában a Magyar Tudomány közölte Reményi professzor úr újabb cikkét. Ennek kapcsán Pálinkás József, az MTA elnöke 2010. február 16-ra megbeszélést hívott össze, Bozó László, Czelnai Rudolf, Láng István, Major György, Mészáros Ernő, Reményi Károly és más akadémikusok részvételével, mely ülésre meghívta ZM-t is. Itt ZM bemutatta Miskolczi Ferenc újabb számításainak egyik grafikonját, mely a NOAA 61 éves adatsorán az üvegházhatás egyensúlyi, nem emelkedő voltát mutatta. Az ülésen erről tartalmi vitára végül nem nyílt lehetőség.

2010. február 19-én, a Klímaklub által rendezett II. Magyarországi Klímacsúcson ZM előadta Miskolczi Ferenc fentebb említett kutatási eredményeinek rövid tartalmi összefoglalását.

2010. március 2-án az MTA Nemzeti Stratégiai Tanulmányok Programbizottsága által szervezett Víz-Táj-Társadalom konferencián az MTA kongresszusi termében, Glatz Ferenc akadémikus meghívására Nováky Béla és ZM közös előadást tartott Éghajlat és víz címmel, melyben Nováky Béla az IPCC 2007-es jelentésének vonatkozó információit, ZM pedig az azóta eltelt időszakban Miskolczi Ferenc által a tárgykörben elért eredményeket ismertette.

2010. június 2-án, az MTA Vízgazdálkodás-tudományi Bizottságának előadói ülésén Mika János meteorológus és ZM fizikus előadása hangzott el a témáról; az MTB tagjainak többsége nem volt jelen.

2010. június 28-án bemutatták az MTA Köztestületi Stratégiai Programok: Környezeti jövőkép: Környezet- és klímabiztonság c. kötetet. Ennek 2. fejezete (Éghajlati forgatókönyvek) így fogalmaz: „Mára már nem kétséges, hogy [a globális felmelegedés] hátterében az üvegházhatású gázok antropogén eredetű kibocsátásának a növekedése áll." — ZM levélben hívta fel a szerzők és a szerkesztők figyelmét ezen megfogalmazás kérdésességére, csatolva Miskolczi új 2010-es cikkét.

2010. szeptember 23-án az MTB ülésén Major György akadémikus előadást tartott Miskolczi Ferenc légköri üvegházhatással kapcsolatos munkáiról. Az ülés Emlékeztetője szerint röviden ismertette Miskolczi két, az Időjárás c. lapban 2004-ben és 2007-ben megjelent cikkét, valamint az Energy & Environment-ben közölt friss írását. Megállapítása szerint Miskolczi empirikus eredményeinek fizikai alapelvekre való visszavezetése egyes lépéseiben erősen vitatható, mások megkérdőjelezhetők. Szerinte a NOAA adatbázisán kimutatott optikai mélység számítás azért nem meggyőző, mert szembeötlő a vízgőztartalom idősorának inhomogén volta. Döntés született, hogy az European Climate Foundation által felkért szakértők Miskolczi eredményeire vonatkozó álláspontját október 13-án MTB ülés keretében, másnap pedig széles nyilvánosság előtt mutatják be.

Az MTB 2010. október 13-i ülésének társszervezője az European Climate Foundation (ECF) volt. Az ECF-et képviselő Julian Popov jelenlétében az általuk felkért szakérő, Robert van Dorland, a Holland Királyi Meteorológiai Intézet vezető munkatársa tartott előadást, *Rebuttal of Miskolczi´s alternative greenhouse theory* (Miskolczi alternatív üvegház-elméletének megcáfolása) címmel.

2010. október 14-én az MTB egy tagjának levezető elnökletével, az MTB elnökének és további tagjainak jelenlétében Rob van Dorland előadást tartott a hazai és nemzetközi média képviselői számára ugyanezzel a címmel.

Miskolczi Ferenc nem kapott meghívást a szeptember 13-i, illetve az október 13-i és 14-i ülésekre. ZM, bár az október 14-i sajtótájékoztatóra úgyszintén nem kapott meghívást, ott mégis megjelenve hozzászólásában tételesen visszautasította Robert van Dorland „cáfolatát", egyúttal nehezményezte, hogy Miskolczi nem lehet jelen és nem védheti meg magát a nemzetközi média előtt. ZM jelezte, hogy a korrekt tudományos vita elemi feltétele a másik fél, az érintett szerző meghallgatása lett volna.

E közvetlen előzmények után került sor Miskolczi Ferencnek a projekt keretében történő 2011. januári hazahívására és előadásának megszervezésére. Ezen előadásra nem minden meghívott jött el.

* * *

APPENDIX B

A január 17-i projekt-indító értekezleten Czelnai Rudolf professzor úr hozzászólásában megjegyezte: az a kérdés, hogy a légkört miképpen tekintjük: egy pohárnak, amelynek az alján nincs lyuk, vagy olyannak, amelynek van. Ha nincs, megtelik, nem lehet bele többet tölteni. Ha van, akkor lehet. Ennek kapcsán felhívta a figyelmünket Rudolf Geiger: The Climate Near the Ground c. könyvére. Mi ezt az észrevételt köszönettel fogadtuk, és valóban, a könyvben nagyon sok érdekes elméleti, gyakorlati és történeti gondolatébresztő anyagot találtunk. A könyv idevágó fontosabb passzusait alább idézzük. Az egyes részletek elemzésébe itt nem megyünk bele, csupán annyit jegyzünk meg: minden értéke ellenére a könyvben nem találtunk Miskolczi következtetéseinek cáfolatához vezető információt.

Rudolf Geiger: The Climate Near the Ground

Első kiadás: 1927, angol fordítás: 1950.

CHAPTER 2.

“As we saw on a preceding page a considerable fraction of the sun's radiation is able to penetrate the entire atmosphere and reach the surface of the ground. It is otherwise with the outgoing radiation from the earth's surface. Water vapor and carbon dioxide have the property of absorbing radiation in certain bands of the spectrum, which happen to be those of long wave length. Their absorption capacity is selective. We speak, therefore, of "band" absorption or of the selective absorption of water vapor and carbon dioxide. The fact that our atmosphere easily admits solar radiation but lets earth radiation out only reluctantly, is, as we all know, of fortunate significance for the retention of the earth's heat. It is referred to as the "hot-house" effect of the atmosphere.

According to F. Moeller, only 12% of the earth's nocturnal radiation passes out to be lost in space. All the remainder is absorbed by the various layers of air, in proportion to their watervapor and carbon dioxide content. [az éves globális átlag 15.4 % — ZM] In what follows, we consider only two amounts: the radiation outward from the solid ground surfaces and the total radiation of all the air layers above the place of observation, which is called the counter-radiation of the atmosphere [G] The amount of outgoing radiation, S [S_U], which can be determined theoretically from the Stefan-Boltzmann law, is lessened by the counter-radiation of the atmosphere. When this is taken into consideration, we get the actual outgoing radiation obtained by measurements, which is called "effective outgoing radiation, R" [OLR]. Since the radiation of the atmosphere is very dependent on the water vapor content of the air as well as on its temperature, the effective outgoing radiation R is also a function of the water vapor content. For a cloudless sky, $R = S - G$ [$OLR = S_U - G$].

[...] The Stefan-Boltzmann radiation or σT^4 is mostly compensated by the back radiation. The effective outgoing radiation together with the loss of heat by evaporation causes the nocturnal decrease of surface temperature. The width of the arrows representing the effective outgoing radiation in Fig. 7 is a little smaller than that of the long wave outgoing radiation (which likewise is considered as the difference between the Stefan-Boltzmann radiation and the back radiation) in day time in Fig. 1.

[...] Because a fall of temperature with increase of altitude is the rule, the nocturnal increase of temperature above the ground is called "temperature reversal" or "inversion." It is not limited to the air layer next to the ground, but may extend upward several hundred meters. (See Fig. 20 in Chapter 5.) The amount of the temperature fall, however, decreases very rapidly with the distance from the surface of the earth. Fig. 8 shows the typical inversion curve for the air closest to the ground, according to the classical investigation of G. Hellmann. The values are from measurements taken every 5 cm upward from the ground and represent the smoothed mean of 14 clear radiation nights.

[...] This study of Hellmann's was the first proof that there is no temperature discontinuity at night within the air layer next to the ground, and that on the contrary the temperature in comparison with the ground continuously decreases, but at an increasingly slower rate.

There is a temperature discontinuity at the surface of the ground. Within the soil the temperature at first rises very rapidly, then more slowly. Here likewise the outgoing radiation type is the converse of the incoming type. Hellmann, however, did not extend his measurements into the ground.

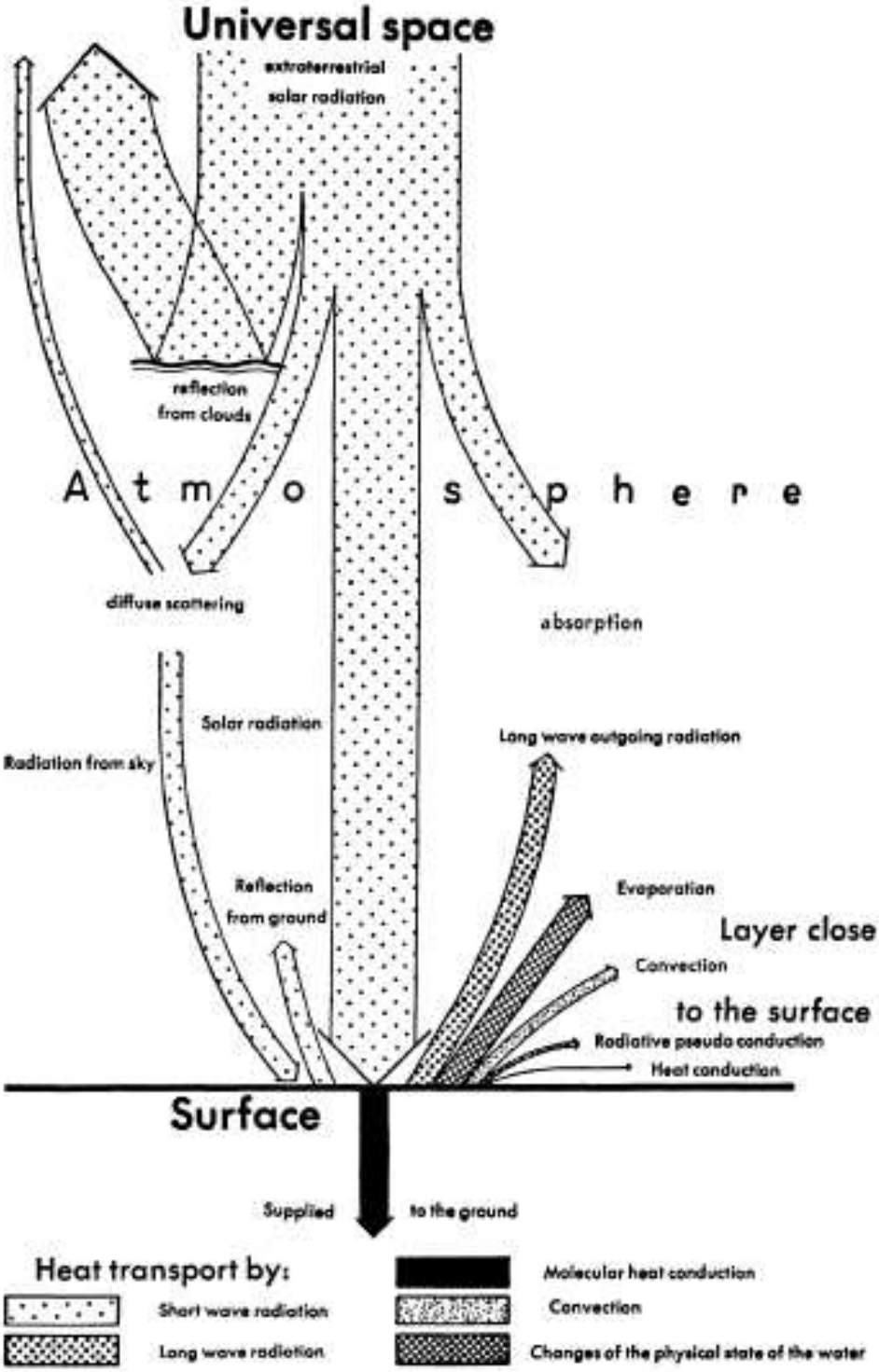


FIG. 1. Heat exchange at noon for a summer day. (The width of arrows corresponds to the transferred heat amounts)

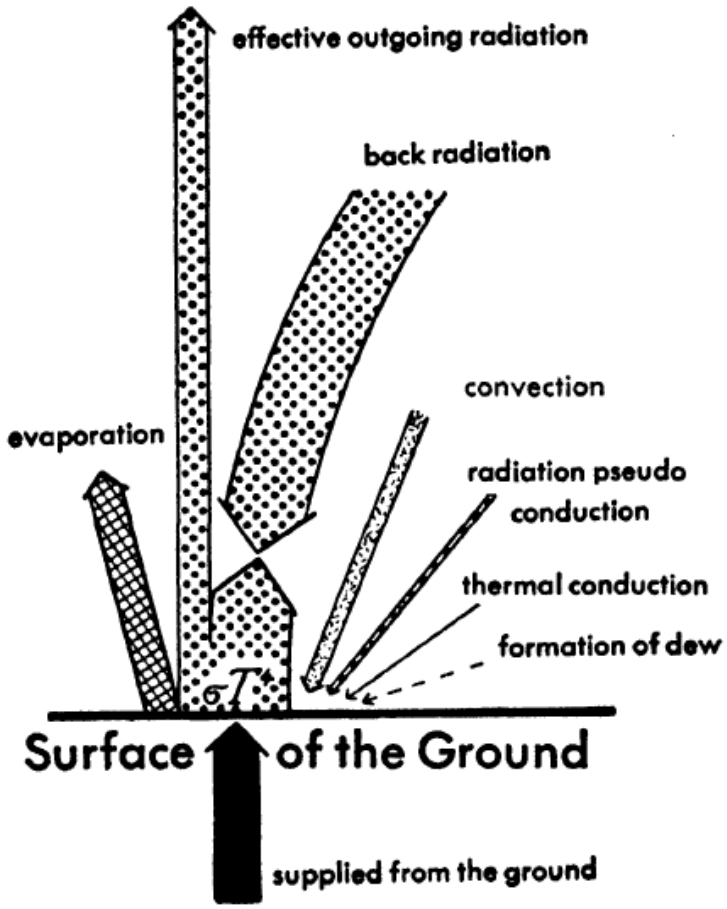


FIG. 7. Heat exchange at night (same scale and same pattern as in Fig. 1)

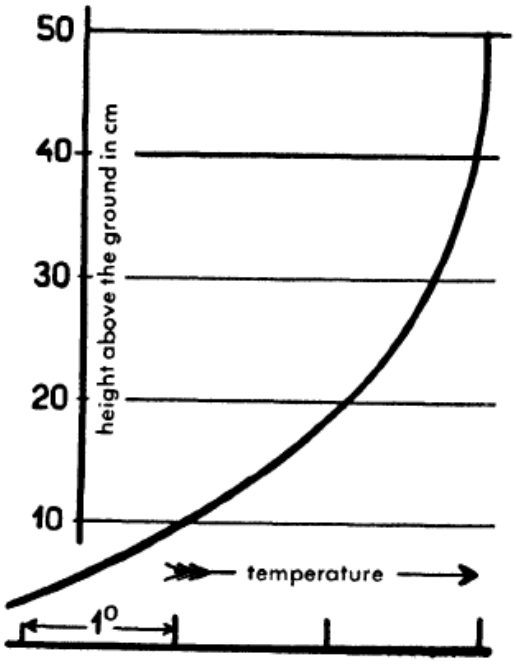


FIG. 8. Nocturnal temperature inversion over the ground. (After G. Hellmann)

CHAPTER 3
TRUE HEAT CONDUCTION
THE NORMAL COURSE OF GROUND TEMPERATURE

In the field of microclimatology there are four different forms of heat transmission:
1. Conduction (molecular), known also as "physical" heat conduction or "true" heat conduction.
2. Convection, also called "eddy diffusion" or "pseudo-conduction."
3. Radiation.
4. The heat economy of water in its various states.
[...]

CHAPTER 4
EDDY DIFFUSION AND ITS SIGNIFICANCE

In the foregoing chapter we have dealt with the heat flow resulting from molecular heat conduction downwards from the warm earth's surface into the ground, or upward through the ground toward the cooler surface. A heat exchange of the same sort takes place also between the earth's surface and the air layer adjacent to it. Heat conduction in air is, to be sure, decidedly poorer than in the earth, but air on account of its slight density, does possess good thermal diffusivity. The stream of heat from the ground surface upward (and back), resulting from thermal diffusivity, is equal in its order of magnitude to that flowing downward from that surface. If we apply this to figures n, 12 and 13 and imagine "upward" and "downward" there reversed, it follows that the heat of midday would not be felt till evening in the first story of a house, while summer temperatures would not be reached till the beginning of winter. Since this is not true, the heat must be transmitted by some other method. This method is eddy diffusion of heat or, simply, eddy diffusion. There are two kinds of circulation in water and air: laminar, and turbulent. That circulation is called "laminar," in which there is no whirling motion; if whirls are present, it is "turbulent." [...]

CHAPTER 5
LONG WAVE RADIATION

The heat exchange between ground and air and the heat exchange within the air layer near the ground is caused not only by heat conduction (see Chapter 3) and convection (see Chapter 4) but also by the exchange of heat in consequence of the long wave heat radiation of the surface and the air itself.

Since 1931, G. Falckenberg hinted at the fact that the depth of the long wave radiation in the air is so small that the absorption by air should not be neglected if the thermal economy of the air layer adjacent to the ground is considered. There can be no doubt about this kind of radiation exchange; but as far as its importance is concerned for the entire thermal economy, there exist very different opinions nowadays. Generally, the long wave radiation exchange is reckoned into the effects of convection, and that because the observations, for example, of temperature stratification do not permit the separation of both influences. That means that the radiation is considered as an unessential additional part of the exchange. G. Falckenberg, however, and his followers consider the nocturnal cooling of the ground as caused essentially by such radiation processes. In this chapter we will get better acquainted with his idea.

This difference between the black body radiation of the ground and the band radiation of the air leads to the phenomenon which G. Falckenberg has called the wavelength transformation. When for instance the earth's surface is cooled by outgoing radiation at night, heat is returned to it by the warm air next to the ground in the form of band radiation. The ground surface which receives this energy transforms it into radiation with a practically continuous spectrum as it leaves the solid earth which is in

effect a "black body." This radiation emitted by the ground meets a two-fold fate. As much of it as falls within that part of the continuous spectrum belonging to the water vapor and carbon dioxide cannot get out. It is absorbed. Part of this energy is given to the higher air layers and passes away into space. Another part gets back to the earth. Those wavelengths, however, which do not belong to the bands mentioned, pass through the air unhindered. Their energy is "effectively" radiated. The ground consequently is cooled, but only the lowest air-layer is cooled, for it can now return energy through band radiation to the once more cooler ground. This, in turn, gives back only a part as utilizable to the air, while it loses a part for good as a result of wavelength transformation, and itself cools off still more.

According to G. Falckenberg and F. Schnaidt the depth of the long wave radiation is very small. It is only a few meters and for some wave lengths even less than 85 cm.! The air layers at a somewhat greater distance from the ground do not cool immediately by radiation towards the cold ground, but by radiating towards the lower air layers, which, on their own part, are already cooled by radiation. Therefore, the cooling process is propagated very slowly upwards. Hence, E. Stoecker speaks of a radiative pseudo conduction] as with the genuine heat conduction, in consequence of the short path of the molecules, the heat is conducted only slowly, also with radiative pseudo conduction heat is transferred slowly in consequence of the small range of the long waves. The followers of Falckenberg pleaded in favor of the opinion that the slow rise of the inversion layer in the evening is caused chiefly by these radiation processes. Nevertheless, the theory of H. Philipps which considers simultaneously mass exchange and radiation permits calculation of this lifting of the inversion in the evening in full agreement with the observations. Be that as it may, G. Falckenberg's observations at the aerological observatory of Rostock offer excellent examples of the nocturnal development of inversions. […] Solar radiation causes a rise of the temperature of the earth's surface; this temperature rise leads to an increase of ground radiation, which occurs as an almost continuous spectrum. A part of this ground radiation is taken in by the absorbing bands of the air and this part causes a slowly moving heat wave to rise from the ground, which is therefore attributable to radiative pseudo-conduction. The portion of the ground radiation not absorbed in the air is lost to the earth.

The question what share of the heat transport in the air layer near the ground should be given to the mass exchange and what to the radiative pseudo-conduction cannot yet be decided. Recently B. H. Ch. Brunner estimated mathematically the share of radiation on a summer day as, at the highest, 5 percent. In any case, the arrows in Fig. 1 and in Fig. 7 marked as long wave radiation and which represent the quantitative influence of the radiative pseudo-conduction are rather too large than too small.”
[GEIGER-IDÉZETEK VÉGE]

Czelnai Rudolf észrevétele az alsó határfeltételre vonatkozóan, úgy gondoljuk, a földfelszín és a legalsó levegőréteg közötti energetikai és hőmérsékleti viszonyokra irányult. Geiger megállapítása szerint a felszín fölött (a talajjal érintkező légrétegben) nincsen hőmérsékleti diszkontinuitás, míg a talaj felületén van. Ha, mint Professzor úr felvetette, „a pohár fenekén lyuk” volna, a beletölthető „víz” mennyisége akkor sem növekedhetne (a bejövő energia korlátja miatt); ez esetben csupán kevesebb jutna a légköri abszorpció számára.

APPENDIX C

Nyolc amerikai akadémikus és tíz neves klimatológus 2011. január 28-i levele az amerikai Kongresszus minden tagjához:

January 28, 2011
To the Members of the U.S. House of Representatives and the U.S. Senate:

The Importance of Science in Addressing Climate Change

As you begin your deliberations in the new 112th Congress, we urge you to take a fresh look at climate change. Climate change is not just an environmental threat but, as we describe below, also poses challenges to the U.S. economy, national security and public health.

Some view climate change as a futuristic abstraction. Others are unsure about the science, or uncertain about the policy responses. We want to assure you that the science is strong and that there is nothing abstract about the risks facing our Nation. Our coastal areas are now facing increasing dangers from rising sea levels and storm surges; the southwest and southeast are increasingly vulnerable to drought; other regions will need to prepare for massive flooding from the extreme storms of the sort being experienced with increasing frequency. These and other consequences of climate change all require that we plan and prepare. Our military recognizes that the consequences of climate change have direct security implications for the country that will only become more acute with time, and it has begun the sort of planning required across the board.

The health of Americans is also at risk. The U.S. Climate Impacts Report, commissioned by the George W. Bush administration, states: "Climate change poses unique challenges to human health. Unlike health threats caused by a particular toxin or disease pathogen, there are many ways that climate change can lead to potentially harmful health effects. There are direct health impacts from heat waves and severe storms, ailments caused or exacerbated by air pollution and airborne allergens, and many climate-sensitive infectious diseases."

As with the fiscal deficit, the changing climate is the kind of daunting problem that we, as a nation, would like to wish away. However, as with our growing debt, the longer we wait to address climate change, the worse it gets. *Heat-trapping carbon dioxide is building up in the atmosphere* because burning coal, oil, and natural gas produces far more carbon dioxide than is absorbed by oceans and forests. No scientist disagrees with that. Our carbon debt increases each year, just as our national debt increases each year that spending exceeds revenue. And our carbon debt is even longer-lasting; carbon dioxide molecules can last hundreds of years in the atmosphere.

<u>The Science of Climate Change</u>

It is not our role as scientists to determine how to deal with problems like climate change. That is a policy matter and rightly must be left to our elected leaders in discussion with all Americans. But, as scientists, we have an obligation to evaluate, report, and explain the science behind climate change.

The debate about climate change has become increasingly ideological and partisan. But climate change is not the product of a belief system or ideology. Instead, it is based on scientific fact,

and no amount of argument, coercion, or debate among talking heads in the media can alter the physics of climate change.

Political philosophy has a legitimate role in policy debates, but not in the underlying climate science. *There are no Democratic or Republican carbon dioxide molecules; they are all invisible and they all trap heat*.

The fruits of the scientific process are worthy of your trust. This was perhaps best summed up in recent testimony before Congress by Dr. Peter Gleick, co-founder and director of the Pacific Institute and member of the U.S. National Academy of Sciences. He testified that the scientific process "is inherently adversarial – scientists build reputations and gain recognition not only for supporting conventional wisdom, but even more so for demonstrating that the scientific consensus is wrong and that there is a better explanation. That's what Galileo, Pasteur, Darwin, and Einstein did. But no one who argues against the science of climate change has ever provided an alternative scientific theory that adequately satisfies the observable evidence or conforms to our understanding of physics, chemistry, and climate dynamics."

National Academy of Sciences

What we know today about human-induced climate change is the result of painstaking research and analysis, some of it going back more than a century. Major international scientific organizations in disciplines ranging from geophysics to geology, atmospheric sciences to biology, and physics to human health – as well as every one of the leading national scientific academies worldwide – have concluded that human activity is changing the climate. This is not a "belief." Instead, it is an objective evaluation of the scientific evidence.

The U.S. National Academy of Sciences (NAS) was created by Abraham Lincoln and chartered by Congress in 1863 for the express purpose of obtaining objective expert advice on a range of complex scientific and technological issues. Its international reputation for integrity is unparalleled. This spring, at the request of Congress, the NAS issued a series of comprehensive reports on climate change that were unambiguous.

The NAS stated, "Climate change is occurring, is caused largely by human activities . . . and in many cases is already affecting a broad range of human and natural systems." This conclusion comes as no surprise to the overwhelming majority of working climate scientists.

Climate Change Deniers

Climate change deniers cloak themselves in scientific language, selectively critiquing aspects of mainstream climate science. Sometimes they present alternative hypotheses as an explanation of a particular point, as if the body of evidence were a house of cards standing or falling on one detail; but the edifice of climate science instead rests on a concrete foundation. As an open letter from 255 NAS members noted in the May 2010 *Science* magazine, no research results have produced any evidence that challenges the overall scientific understanding of what is happening to our planet's climate and why. The assertions of climate deniers therefore should not be given scientific weight equal to the comprehensive, peer-reviewed research presented by the vast majority of climate scientists.

The determination of policy sits with you, the elected representatives of the people. But we urge you, as our elected representatives, to base your policy decisions on sound science, not sound bites. Congress needs to understand that scientists have concluded, based on a systematic review of all of the evidence, that climate change caused by human activities raises serious risks to our national and economic security and our health both here and around the world. It's time for Congress to move on to the policy debate.

How Can We Move Forward?

Congress should, we believe, hold hearings to understand climate science and what it says about the likely costs and benefits of action and inaction. It should not hold hearings to attempt to intimidate scientists or to substitute ideological judgments for scientific ones. We urge our elected leaders to work together to focus the nation on what the science is telling us, particularly with respect to impacts now occurring around the country.

Already, there is far more carbon in the air than at any time in human history, with more being generated every day. Climate change is underway and the severity of the risks we face is compounded by delay.

We look to you, our representatives, to address the challenge of climate change, and lead the national response. We and our colleagues are prepared to assist you as you work to develop a rational and practical national policy to address this important issue.

Thank you for your attention.

Sincerely,

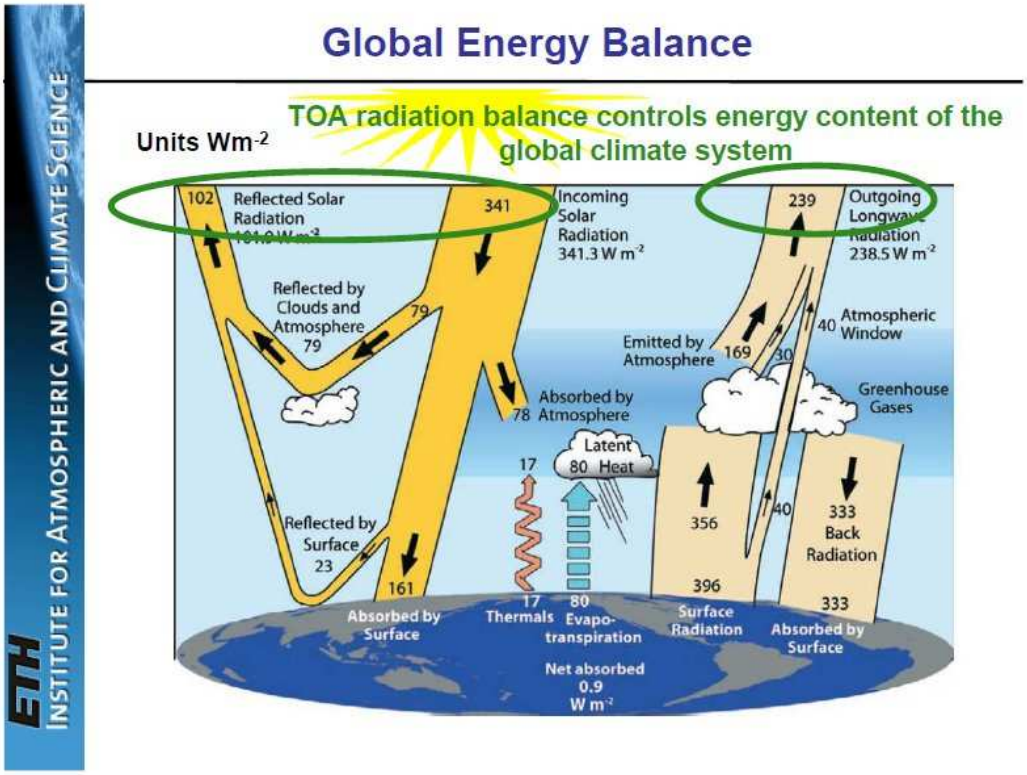
John Abraham, University of St. Thomas
Barry Bickmore, Brigham Young University
Gretchen Daily,* Stanford University
G. Brent Dalrymple,* Oregon State University
Andrew Dessler, Texas A&M University
Peter Gleick,* Pacific Institute
John Kutzbach,* University of Wisconsin-Madison
Syukuro Manabe,* Princeton University
Michael Mann, Penn State University
Pamela Matson,* Stanford University
Harold Mooney,* Stanford University
Michael Oppenheimer, Princeton University
Ben Santer, Lawrence Livermore National Laboratory
Richard Somerville, Scripps Institution of Oceanography
Kevin Trenberth, National Center for Atmospheric Research
Warren Washington, National Center for Atmospheric Research
Gary Yohe, Wesleyan University
George Woodwell,* The Woods Hole Research Center

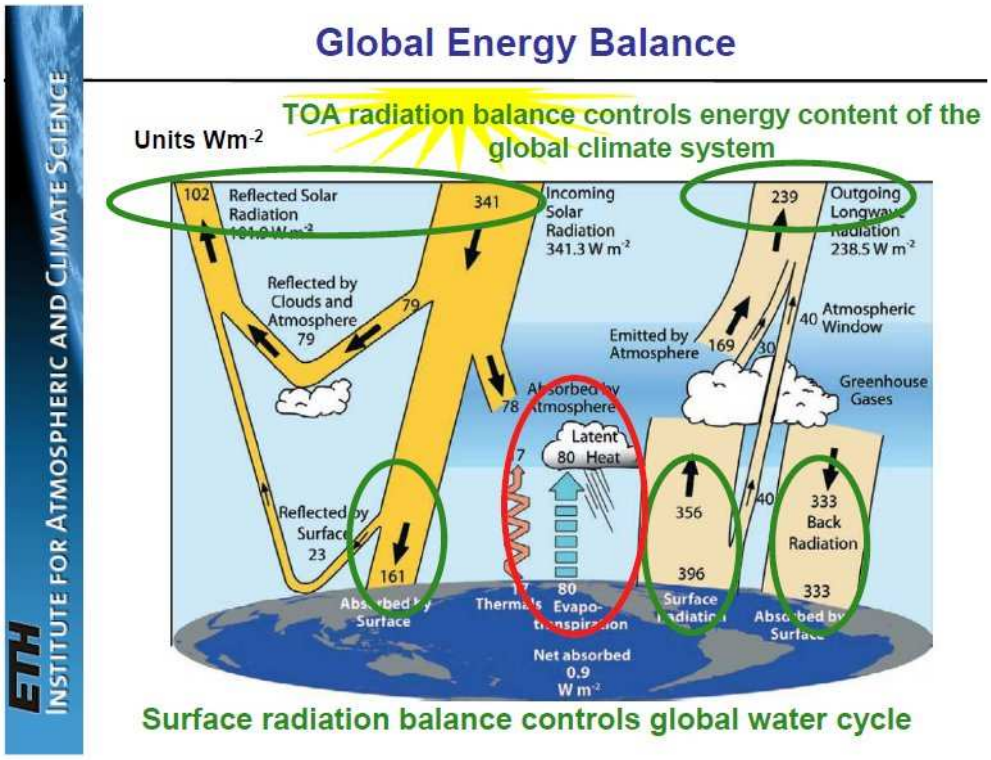
* Member of the National Academy of Sciences

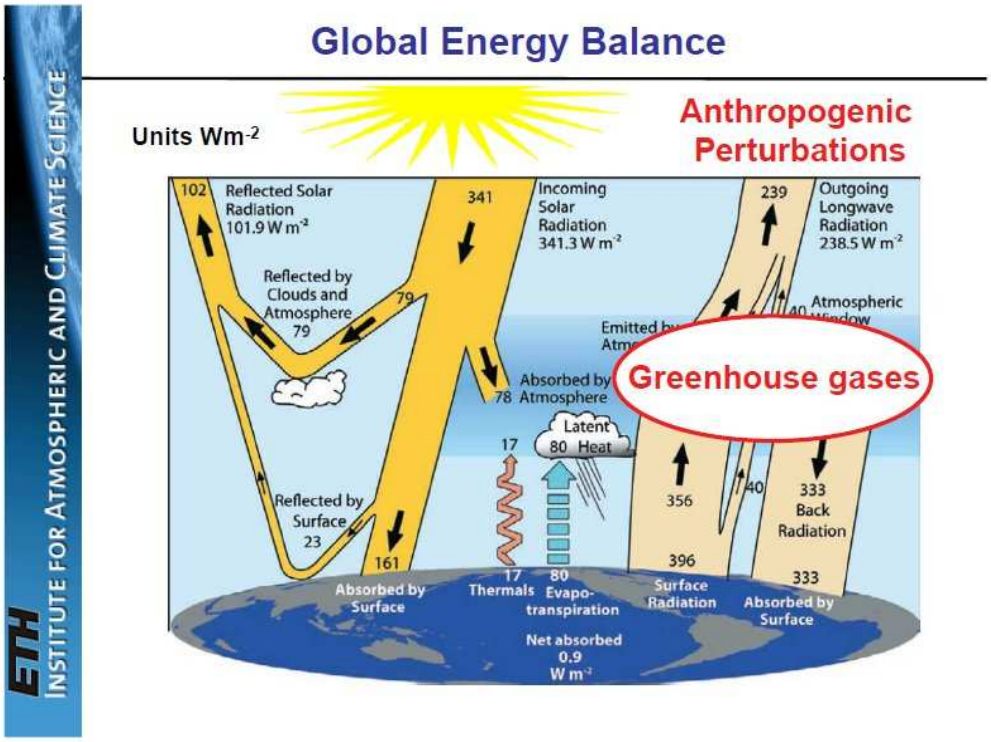
A levél szerzői által követett céllal egyetértve meg kell jegyeznünk, hogy a szerzők láthatóan úgy gondolják: a megfogalmazott erős állításokra elegendő alap az a tény, hogy a *szén-dioxid hőcsapda-hatású gáz, és légköri mennyisége növekszik*. Nincsenek tekintettel arra a Miskolczi által 2007-ben publikált felismerésre, hogy e hőcsapda-hatásnak áthághatatlan energetikai korlátai vannak, amelyek a Föld sugárzási energiamérlegének belső szerkezetében egyértelműen megmutatkoznak. A szerzők nem vesznek tudomást arról sem, hogy a vélt 1.6 W/m^2 antropogén hatást (IPCC 2007 WG1 Summary for Policymakers) egy tízszer nagyobb bizonytalansággal ismert sugárzási háttér előtt kellene felismerni — lásd Appendix D:

APPENDIX D

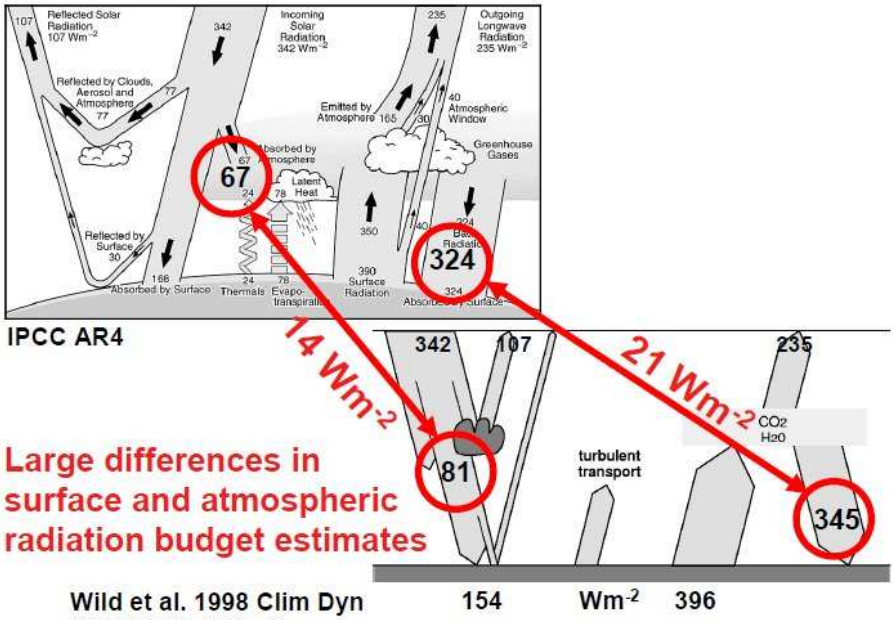
Martin Wild (ETH Zürich Institut für Atmosphäre und Klima) és Norman Loeb (NASA Langley Research Center, Hampton, USA) előterjesztése egy új Globális Energiamérleg munkacsoport felállítására az International Radiation Commission keretében (rövidítve):




Global Energy Balance
TOA radiation balance controls energy content of the global climate system
Units Wm-2
102
Reflected Solar Radiation
341
Incoming Solar Radiation 341.3 W m-2
239
Outgoing Longwave Radiation 238.5 W m-2
Reflected by Clouds and Atmosphere 79
79
Emitted by Atmosphere
169
30
40
Atmospheric Window
Greenhouse Gases
78
Latent 80 Heat
7
Reflected by Surface 23
161
356
40
333 Back Radiation
396
333
Absorbed by Surface
Thermals
80 Evapo-transpiration
Surface Radiation
Absorbed by Surface
Net absorbed 0.9 W m-2
Surface radiation balance controls global water cycle
ETH
Institute for Atmospheric and Climate Science


Global Energy Balance
Units Wm-2
Anthropogenic Perturbations
102
Reflected Solar Radiation 101.9 W m-2
341
Incoming Solar Radiation 341.3 W m-2
239
Outgoing Longwave Radiation 238.5 W m-2
Reflected by Clouds and Atmosphere 79
79
Atmospheric
Greenhouse gases
Absorbed by Atmosphere
78
Latent 80 Heat
17
Reflected by Surface 23
161
356
40
333 Back Radiation
396
333
Absorbed by Surface
Thermals
80 Evapo-transpiration
Surface Radiation
Absorbed by Surface
Net absorbed 0.9 W m-2
ETH
Institute for Atmospheric and Climate Science

Estimates of global mean radiation budgets

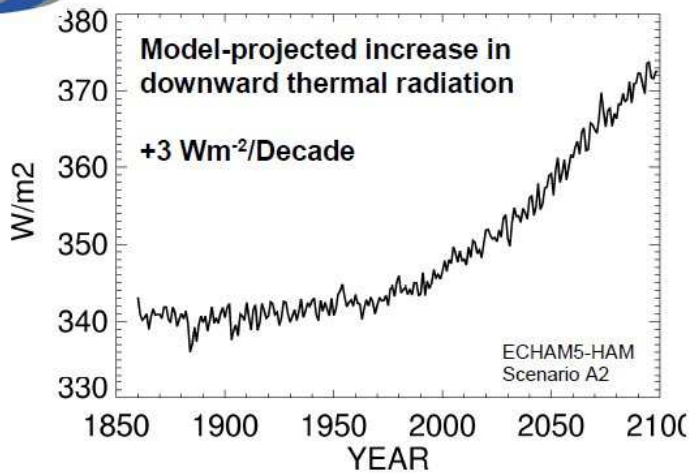


Large differences in surface and atmospheric radiation budget estimates

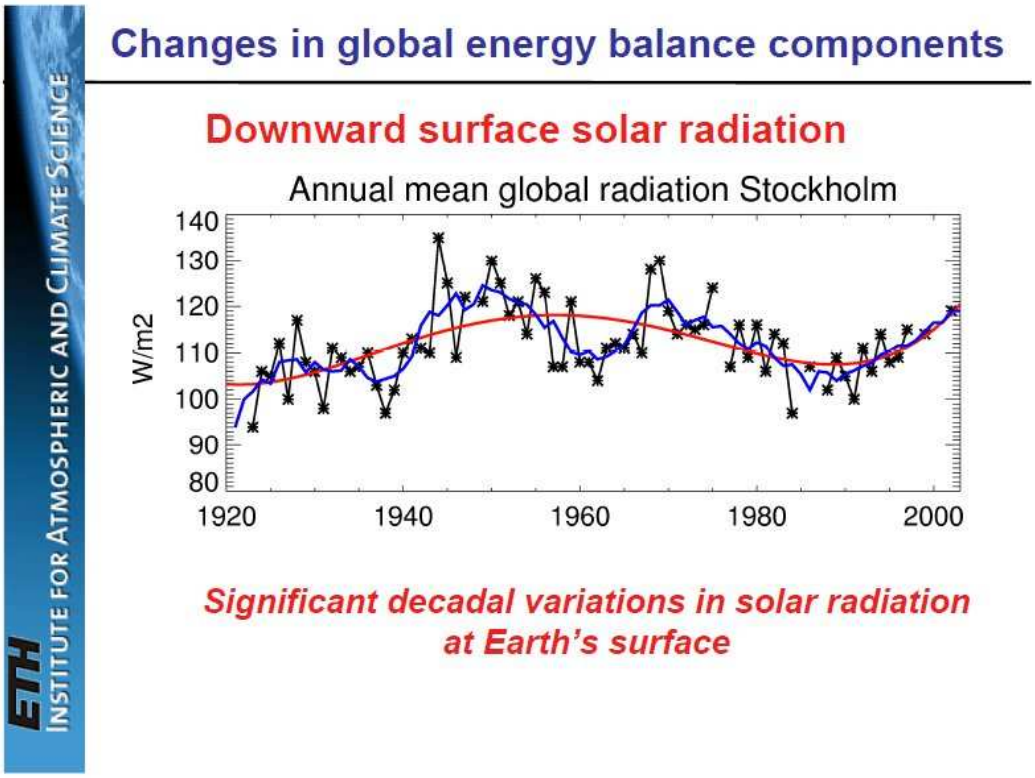
Wild et al. 1998 Clim Dyn
Wild 2005, GRL 31

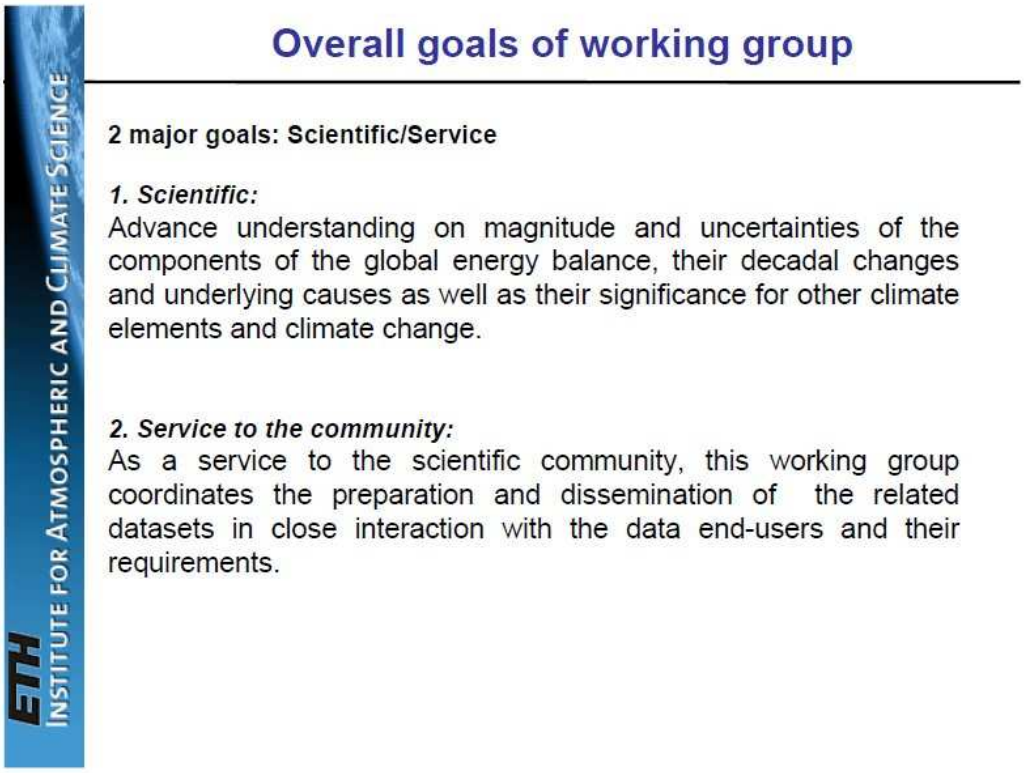
Changes in global energy balance components

Downward thermal radiation simulated changes



Largest projected increase of all energy balance components

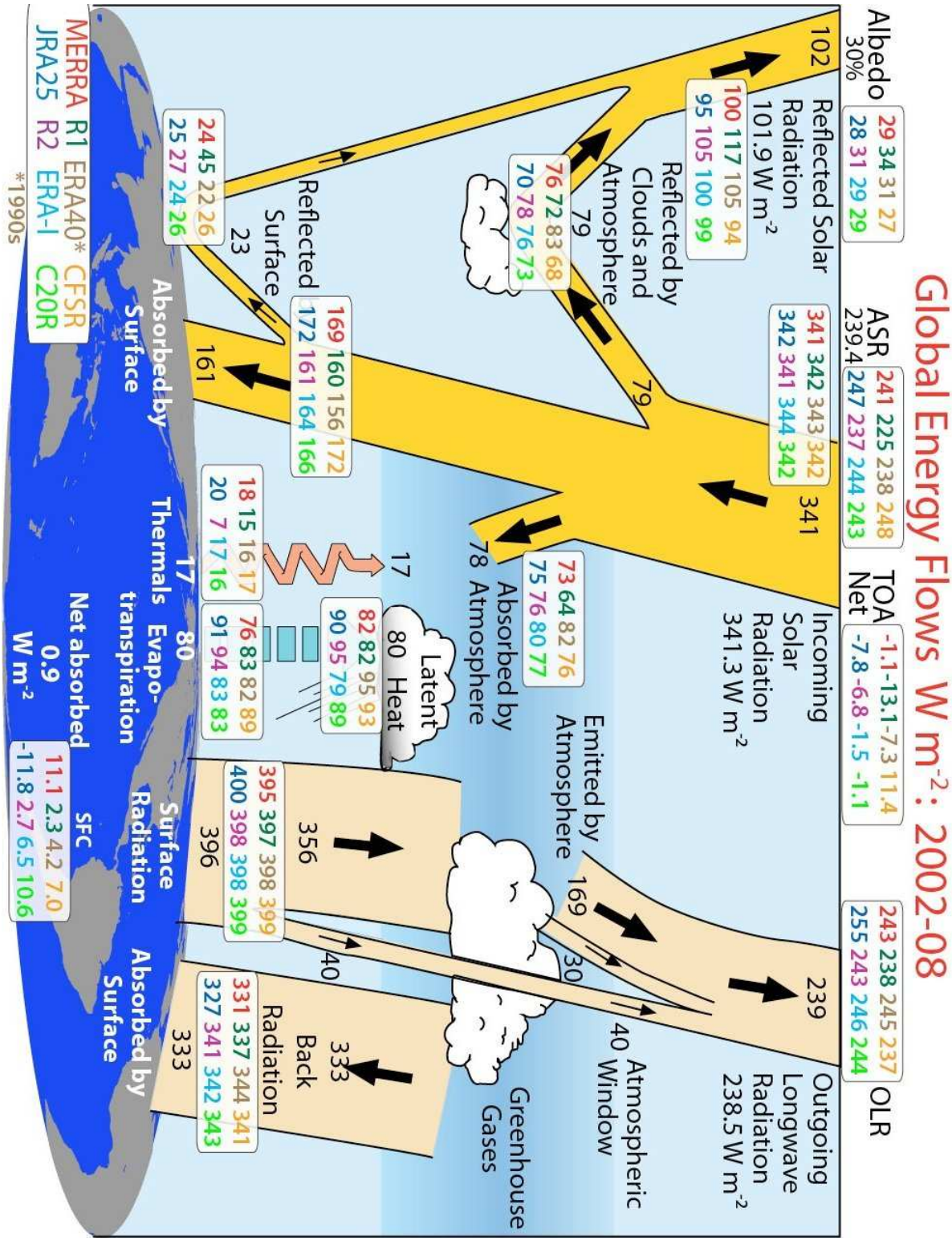




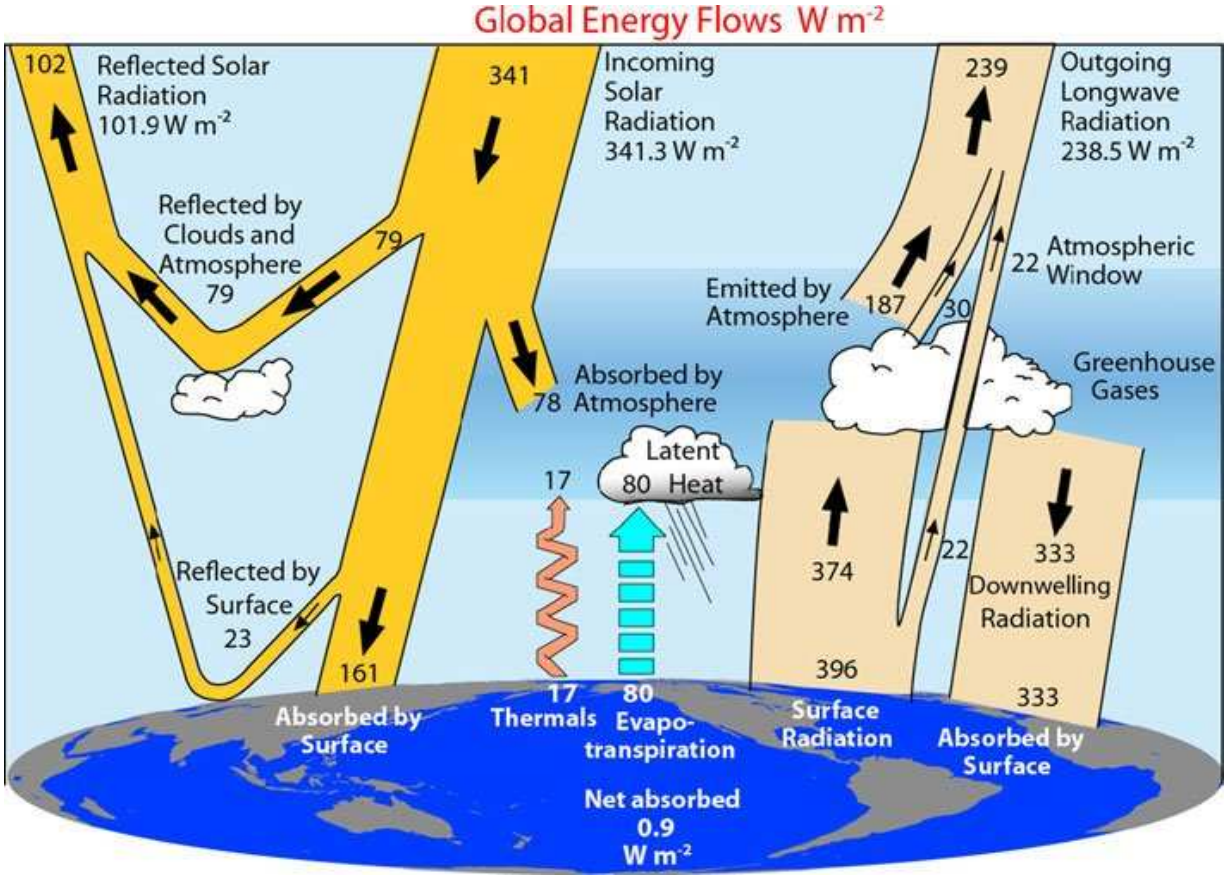
E projekt vizsgálódásai összefoglalásaként megállapíthatjuk, hogy a Dr. Martin Wild és Dr. Norman Loeb által javasolt munkacsoport céljainak egy részéhez – a globális energia-mérleg komponensei nagyságrendjének és bizonytalanságainak jobb megértéséhez – Dr. Miskolczi Ferenc kutatási eredményei nagyban hozzájárultak. Az általa feltárt szerkezet azonban ellentétes az antropogén okból növekvő üvegházhatás várakozásával.

APPENDIX E

KEVIN TRENBERTH ÚJ ENERGIAMÉRLEGEI



Kevin Trenberth et al, *Journal of Climate*, September 2011,
WCRP Open Science Conference, Denver, 25 October 2011



Kevin Trenberth and John Fasullo: *Surveys in Geophysics*, 14 October 2011.

Legújabb energiamérlegükben a két évvel ezelőttihez (TFK2009) képest közel a felére csökkentették az üvegházhatás szempontjából legfontosabb sugárzási mennyiség, a clear-sky window-sugárzás értékét, 40 W/m^2-ről 22 W/m^2-re. Ehhez semmilyen elméleti indoklást nem fűztek; az ok nyilván az új Gewex SRB-hez való hozzáidomulás. Az ábrán jelzett clear-sky érték a NASA műholdas konvenciótól eltérően nem globális adat, hanem a felhőtlen égbolt frakcióra (40 %) vonatkozik. A teljes clear window sugárzás így szerintük 55 W/m^2, míg az all-sky window 22+30=52 W/m^2. Különös, hogy a felhő-tető sugárzását teljes egészében a window-hoz sorolják: egyrészt a felhő nem az általuk megadott 8-12 μm-ben, hanem a teljes spektrumon sugároz, másrészt a felhő felett is van CO_2, sőt valamennyi H_2O is. A légköri felsugárzást meg kellett emelniük 18 W/m^2-vel, miközben a lesugárzás értéke maradt, ezáltal a légköri mérleg hibázik a net LW-hez (63 W/m^2) képest. A felhő-top és felhő-alap 30-30 W/m^2 sugárzását 60 W/m^2 felhő-abszorpció táplálja, így a teljes légköri üvegházgáz-abszorpciójuk A_A=314 W/m^2, teljes tiszta légköri lesugárzásuk pedig E_D=303 W/m^2 lett. A légköri balanszegyenlet: A_A+K+F=489, E_D+E_U=490, 2OLR=478 W/m^2. Az OLR=239 W/m^2-höz képest a 6W/m^2 többlet a net LW-től való eltérésből származik. A szövegben ±10 W/m^2 hibát említenek. CLR OLR=269W/m^2.

E diskrepanciák is mutatják, hogy nem lenne szabad a maradék-elvet használni alapvető fontosságú mennyiségek számításánál („The downward and net LW radiation were computed as a residual.”). Miskolczi e mennyiségeket, valamint a belőlük származtatható üvegház- (g), transzfer- (f) és transzmittancia- (T_A) függvényeket a valós légkörön mért fizikai mennyiségek elméletileg korrekt nagypontosságú sugárzás-átviteli számításával nyeri, *ad hoc* feltevések és adjusztációk nélkül.

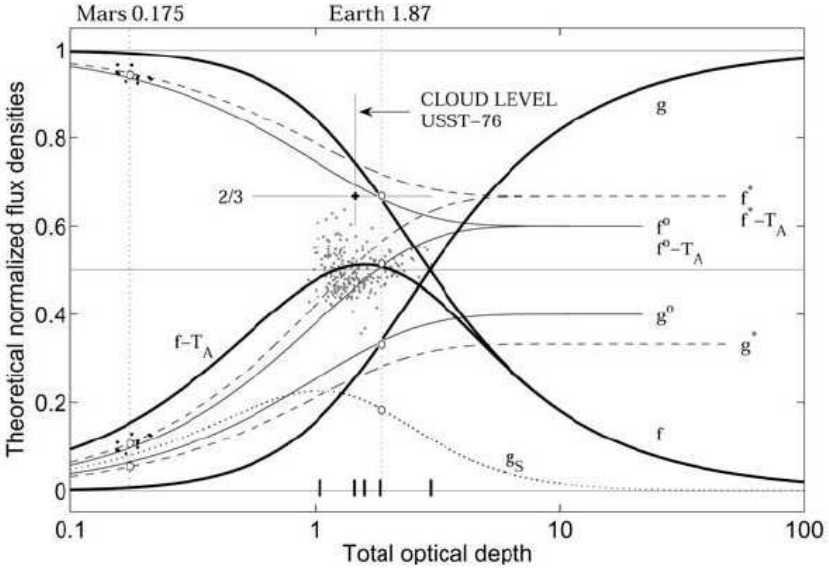


Fig. 13. Theoretical relative radiative flux ratio curves. Open circles are computed planetary averages from simulations. The individual simulation results of E_U / S_U are shown as gray dots for the Earth and black dots in the lower left corner for the Mars. The black dots in the upper left corner are the simulated OLR / S_U for Mars. The g_S curve is the theoretical greenhouse sensitivity function for the Earth. The five short vertical markers on the zero line at the positions of 1.05, 1.42, 1.59, 1.84, and 2.97 are (from left to right) the locations of $\tilde{\tau}_A^S$, $\tilde{\tau}_A^C \approx \tilde{\tau}_A^{US}$, $\tilde{\tau}_A^U$, $\tilde{\tau}_A^+ \approx \tilde{\tau}_A^\circ$, and $\tilde{\tau}_A^L$ optical depths, respectively.

This figure shows that the Earth has a controlled greenhouse effect with a stable global average $\tilde{\tau}_A^E = 1.87 \approx \tilde{\tau}^+ \approx \tilde{\tau}^\circ$, $g(\tilde{\tau}_A^E) = 0.33 \approx g^+ \approx g^\circ(\tilde{\tau}_A^E)$, and $g_S(\tilde{\tau}_A^E) \approx 0.185$. As long as the $F^0 + P^0$ flux term is constant and the system is in radiative balance with a global average radiative equilibrium source function profile, global warming looks impossible. Long term changes in the planetary radiative balance is governed by the $F^0 + P^0 = S_U(3/5 + 2T_A/5)$, $OLR = S_U f$ and $F^0 + P^0 = OLR$ equations. The system is locked to the $\tilde{\tau}_A^\circ$ optical depth because of the energy minimum principle prefers the radiative equilibrium configuration ($\tilde{\tau}_A < \tilde{\tau}_A^\circ$) but the energy conservation principle constrains the available thermal energy ($\tilde{\tau}_A > \tilde{\tau}_A^\circ$). The problem for example with the highly publicized simple 'bucket analogy' of greenhouse effect is the ignorance of the energy minimum principle (*Committee on Radiative Forcing Effects on Climate Change, et al.*, 2005).

Illusztráció: Részlet Miskolczi Ferenc 2007-es *Időjárás*-cikkének 29. oldaláról.

ENGLISH SUMMARY

In this study we have determined that

– Miskolczi's contribution to our knowledge of atmospheric infrared absorption is novel and valuable;
– his assertion that the Earth's atmospheric greenhouse effect works on its possible maximum is robust;
– the underlying physics is the strict limitation in the incoming available solar energy;
– his statement that our atmosphere absorbs and re-emits all of the available energy is firmly supported by the global radiation energy budgets;
– the ability of our atmosphere to absorb and emit the total amount of available energy rests on the specific physical conditions prevail on Earth and not valid on Mars and Venus: the abundance of water and the fractional cloud cover;
– hence his claim that there exists a preferred, stable, stationary equilibrium value for our global average atmospheric infrared absorptive capacity and optical depth seems to be acceptable;
– in short, his proposed consequence that as long as these conditions prevail in the Earth's atmosphere, no CO_2-induced greenhouse warming is possible can be regarded well-founded.

Trying to interpret the physical principles behind his own results, Miskolczi gives ambiguous or even dubious explanations in several cases:

– some of his empirical relationships cannot be derived unequivocally from those physical laws he refers;
– there are quantities that cannot be connected directly to the rules he associates them;
– important parts of the derivation of some of his equations should be seriously re-written;
– further clarification is needed according to his calculation methods and protocols;
– the overall presentation style and documentation level of his results is not satisfactory, regarding the importance and significance of this work.

Summing up,
– Miskolczi's essential effort to give realistic estimates of some un-measurable flux quantities was highly successful;
– the new relationships he revealed can be checked on every valid energy balance distributions;
– the impact of these relationships on the atmospheric greenhouse effect is to stabilize it against trace-gas perturbations;
– to counter-balance the greenhouse effect of more CO_2, several changes in the dynamics of the hydrological cycle and in the poleward heat transport are needed. These can be regarded as CO_2-induced anthropogenic climatic change, even in the lack of specific knowledge of the magnitude and the global or regional details.

IRODALOM

Arrhenius S. 1896: On the Influence of Carbonic Acid in the Air upon the Temperature of the Ground. *Philosophical Magazine*, Ser. 5., Vol. **41**, pp. 237-276.

Callendar, G. S. 1949: Can carbon dioxide influence climate? *Weather*, Vol. **4**. pp. 310-314.

Chandrasekhar, S. 1960: *Radiative Transfer*. Dover Publ., Inc.

Dessler, A., Sherwood, S. 2009: A Matter of Humidity. *Science*, Vol. 323, 20 February 2009.

Dessler, A., Davis, E. 2010: Trends in tropospheric humidity from reanalysis systems. *Journal of Geophysical Research*, Vol 115, D19127, doi:10.1029/2010JD014192, 2010

Eddington, A. S. 1916: On the radiative equilibrium of the stars. *Monthly Notices of the Royal Astr.Soc*., Vol. **77**, No. 1, pp. 16-35.

Geiger, R. 1927: *The climate near the ground*. English transl. 1950, Harvard University Press.

GEWEX News 2011: Lásd Stackhouse *et al*. 2011.

Goody, R. M. and Yung, Y. L.: Atmospheric Radiation, Theoretical Basis. Second Edition. Oxford University Press, 1989.

Hansen, J., Johnson, D., Lacis, A., Lebedeff, S., Lee, P., Ring, D., Russell, G. 1981: Climate Impact of Increasing Atmospheric Carbon Dioxide. *Science*, Vol. **213**, No. 4511, pp. 957-966.

Inamdar A. and Ramanathan V., 1994: Physics of greenhouse effect and convection in warm oceans. *Journal of Climate* Vol **7**, pp. 715-731.

Inamdar A. and Ramanathan V. 1997: On monitoring the atmospheric greenhouse effect from space. *Tellus* **49B**, pp 216-230.

ISCCP FD — ld. Zhang *et al*., 2004.

Kiehl, J. T. and Ramanathan, V. (eds.) 2006: *Frontiers of climate modeling.* Cambridge University Press, 397 p.

Kiehl, J. T. and Trenberth, K. E. 1997: Earth's Annual Global Mean Energy Budget. *Bull. Am. Meteorol. Soc*. **78**, No. 2, pp. 197-208, February 1997.

Kratz D, Mlynczak M, Mertens C, Brindley H, Gordley L, Torres J, Miskolczi F, and Turner, D., 2005: An intercomparison of far-infrared line-by-line radiative transfer models. *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* No. 90 (2005), pp323-341. doi:10.1016/j.jqsrt.2004.04.006

Lacis A, Schmidt G, Rind D, Ruedy, R. 2010: Atmospheric CO2: Principal Control Knob Governing Earth's Temperature. *Science*, 15 October 2010.

Manabe, S. and Möller, F., 1961: On the radiative equilibrium and heat balance of the atmosphere. *Mon. Wea. Rev.*, Vol. **89**, pp. 503-532.

Manabe, S. and Strickler, R.F. 1964: Thermal equilibrium of the atmosphere with a convective adjustment. *J. Atm. Sci.*, Vol.**21**, pp. 361-385.

Manabe, S. and Wetherald, R. 1967: Thermal Equilibrium of the Atmosphere with a Given Distribution of Relative Humidity. *J. Atm. Sci.*, Vol. **24**, No. 3. pp. 241-259.

Manabe, S. and Wetherald, R. 1975: The effects of doubling the CO2 concentration on the Climate of a General Circulation Model. *J. Atm. Sci.*, Vol. **32**, No. 1., pp. 3-15.

Marx, G. and Miskolczi, F. 1981: The CO2 greenhouse effect and the thermal history of the atmosphere. *Adv. Space Res.*, Vol. **1,** pp. 5-18.

Mihalas, D., 1978: *Stellar atmospheres*. 2.ed., 632pp, Freemand and Cooper, San Francisco.

Milne, E. A., 1930: Thermodynamics of the stars. *Handbuch der Astrophysik*, Vol. **3**, Part 1, pp. 65-255.

Miskolczi, F. 1989: High Resolution Atmospheric Radiative Transfer Code (HARTCODE) Technical Report, IMGA-CNR, Modena, Italy, 1989. (hartcode_v01.pdf)

Miskolczi F. and Guzzi R. 1993: Effect of nonuniform spectral dome transmittance on the accuracy of infrared radiation measurements using shielded pyrradiometers and pyrgeometers. *Applied Optics*, Vol. **32** No. 18.

Miskolczi F. 1994: Modeling of Downward Surface Flux Density for Global Change Applications and Comparison with Pyrgeometer Measurements. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, 1994, 11(2), 608–612

Miskolczi, M., Rizzi, R. 2001: High Accuracy Skin Temperature Retrieval Using Spectral Measurements of Multichannel IR Imagers (International Radiation Symposium, Madison, Visconsin) *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. **105** No. 4 – Vol. **106** No5.

Miskolczi, F. and Mlynczak, M. 2004: The greenhouse effect and the spectral decomposition of the clear-sky terrestrial radiation. *Időjárás Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol.108, No. 4. 2004.

Miskolczi, F. 2007: Greenhouse effect in semi-transparent planetary atmospheres. *Időjárás – Quarterly Journal of the Hungarian Meteorological Service* Vol. 111. No. 1.

Miskolczi, F. 2010: The stable stationary value of the earth's global average atmospheric Planck-weighted greenhouse-gas optical thickness. *Energy & Environment* Vol. **21** No 4, 2010 August Special Issue: Paradigms in Climate Research.

Miskolczi F. 2011a: The stable stationary value of the Earth's global average atmospheric infrared optical thickness. Poster-presentation at the 'Earth radiation budget, radiative forcing and climate change' session of the European Geosciences Union General Assembly, 7 April

2011, Vienna, presented by M. Zagoni. http://presentations.copernicus.org/EGU2011-13622_presentation.pdf.

Miskolczi F. 2011b: Greenhouse effect and the IR radiative structure of the atmosphere. Oral presentation in the 'Three-dimensional radiative transfer'-session of the IUGG 2011 General Assembly by M. Zagoni, 5 July 2011, Melbourne, Australia.

Möller, F. 1963: On the influence of changes in the CO2 concentration in air on the radiation balance of the earth's surface and on the climate. *J. Geophys. Res.*, **68**, pp. 3877-3886.

Peixoto, J. P. and Oort, A. H. 1991: *Physics of climate*. Springer. pp. 520.

Pierrehumbert R. 2011: Infrared radiation and planetary temperature: *Physics Today*, January.

Rizzi. R., Matricardi, M. and Miskolczi, F., 2002: Simulation of uplooking and downlooking high-resolution radiance spectra with two different radiative transfer models. *Applied Optics*, Vol. **41**. No. 6.

Raval, A. and Ramanathan, V. 1989: Observational determination of the greenhouse effect. *Nature*, Vol. **342**, pp. 758-761.

Ramanathan, V. 1998: Trace-Gas Greenhouse Effect and Global Warming. Underlying Principles and Outstanding Issues. Volvo Environmental Prize Lecture, *Ambio* Vol. 27 No 3.

Rosseland, S. 1924: Note on the absorption of radiation within a star. *Monthly Notices of the Royal Astr. Soc.*, Vol. **84**, No. 7. pp. 525-528.

Schwarzschild, K. 1906: *On the equilibrium of the Sun's atmosphere*. Nachr. v. d. Königlichen Ges. d. Wissenscaften zu Göttingen. Math-Phys. Klasse, Vol. **195,** pp. 41-53.

Schwarzschild, K. 1914: *Diffusion and absorption in the Sun's atmosphere*. Sitzungsberichte der Königlichen Preussischen Akadeimie der Wissenschaften, pp. 1183-1200.

Stackhouse, P., Gupta S, Cox S, Zhang T, Mikovitz C, Hinkelman L, 2011: NASA Langley 24.5-Year Surface Radiation Budget Data Set 3.0 Released. *GEWEX (Global Energy and Water Cycle Experiment) of World Climate Research Program News*,Vol. 21.No. 1, February 2011. http://www.gewex.org/images/Feb2011.pdf

Soden, B: The Radiative Signature of Upper Tropospheric Moistening. *Science*, Vol. 310. 4 Nov 2005. DOI: 10.1126/science.1115602.

Stephens, G. and Greenwald, T. 1991a: The earth's radiation budget and its relation to atmospheric hydrology. 1. Observations of the clear-sky greenhouse effect. *J. Geophys. Res*, Vol. **96**, 15311-15324

Stephens, G. and Greenwald, T. 1991b: The earth's radiation budget and its relation to atmospheric hydrology. 2. Observations of cloud effects. *J. Geophys. Res.*, Vol. **96**, 15325-15340

Stephens, G, 2011: The Earth's albedo - Tyndall's other contributions. Presentation, Tyndall Conference – 150 years of greenhouse gases, 30 September 2011, Dublin, Ireland.

Trenberth K. E, Fassulo, J. T. Kiehl, J. 2009: Earth's Global Energy Budget. *Bull. Am. Meteorol. Soc*. **90**, 311, March 2009.

Trenberth, K. E., Fasullo, J. T., Mackaro J. 2011: Atmsopheric moisture transports from ocean to land and global energy flows in eeanalises. *Journal of Climate* 15 September 2011.

Trenberth, K. E., Fasullo, J. T. 2011: Tracking Earth's Energy. *Surveys in Geophysics*, 14 October 2011, DOI 10.1007/s10712-011-9150-2

Trenberth, K. E. 2011: Challenges of a sustained climate observing system. *WCRP Open Science Conference*, Denver, 25 October 2011.

Tyndall, John: A hő mint a mozgás egyik neme. Előadás a sugárzásról. Budapest, 1874. *Természettudományi Társulat*, fordította Jezsovics Károly.

Wang, W., Yung, Y., Lacis, A., Mo, T., Hansen, J. 1976: Greenhouse effect due to man-made perturbation of trace gases. *Science*, Vol. **194**, No. 4266, pp. 685-690.

Wang K. and Liang S. 2009: Global atmospheric downward longwave radiation over land surface under all-sky conditions from 1973 to 2008. *Journal of Geophysical Research*, Vol. 114, D19101, DOI: 10.1029/2009JD011800.

Whitlock, C. H., Hay, J. E., Robinson, D. E., Cox, S. K., Wardle, D. I. and LeCroy, S. R. 1990a: Downward shortwave surface irradiance from 17 sites for the FIRE/SRB Wisconsin experiment from October 12 through November 2, *NASA Tech. Memo.*, 102596, 272 pp.

Whitlock, C. H., Cox, S. K. and LeCroy, S. R., 1990b: Downwelled longwave surface irradiance data from five sites for the FIRE/SRB Wisconsin experiment from October 12 through November 2, *NASA Tech. Memo.*, 102597, 187 pp.

Wild, M. and Ohmura A., 2004: BSRN longwave downward radiation measurements combined with GCMs show promise for greenhouse detection studies. *GEWEX News* 14 (4).

Wild, M. 2008: Shortwave and longwave surface radiation budgets in GCMs: a review based on the IPCC-AR4/CMIP3 models. *Tellus*, 60A, 932–945.

Wild, M. 2011a: http://www.iac.ethz.ch/education/master/radiation_and_climate_change/; http://www.iac.ethz.ch/edu/courses/master/modules/radiation_and_climate_change/download/Earthradiationbalance_surface_2011

Wild, M. 2011b: The global energy balance from a surface perspective. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 13, EGU2011-3009, 2011. EGU General Assembly 2011.

Wild, M, Sanchez-Lorenzo, A. *et al* 2011: "Early global brightening" during the first part of the 20th century: What sunshine duration tells us? EGU General Assembly 2011.

Zhang, Y., Rossow, B., Lacis, A., Oinas, V. and Mischenko, M. 2004: Calculation of radiative fluxes from the surface to top of atmosphere based on ISCCP and other global data sets: Refinements of the radiative transfer model and the input data. *J. Geophys. Res.*, 109.

ZÁRSZÓ SZEMÉLYES HANGNEMBEN

Vannak helyzetek, amikor megszólalni nem csak kötelesség,
de gyönyörűség is.
(Oscar Wilde)

Egyszerű megfigyelésektől és mérésektől, a felszínsugárzás és a kimenő sugárzás különbségétől indultunk; követtük Miskolczi számításait a valós légkör további fluxus-elemeire; s eljutottunk e fluxusok között fennálló új, lényegi összefüggések felismeréséig. Miskolczi Ferenc is ezt az utat járta végig, nem a fordítottját. Merő rosszindulat munkáját a „száz éve ismert fizikai alapok felrúgásaként", "forradalmian új, igazolatlan hipotézisként", "szkeptikus íróasztal-spekulációként" aposztrofálni. Alternatív üvegház-elmélete, ha már így nevezik, a mérési adatok szigorú feldolgozásán és értelmezésén nyugszik. A végeredmény: a földi üvegházhatás működésének egységes, a tapasztalatokkal összhangban lévő, koherens képe.

Remélem sikerült megmutatnom, hogy ebből az összképből mi az, ami szerintem szilárdan áll, mi vitatható, és mit tartok tévesnek. Úgy gondolom, legfontosabb észrevételének (az üvegházhatás globális energetikai meghatározottságának) adatszerű alátámasztása stabil. A szóban forgó összefüggés egyik felére – miért nem lehet ez a faktor *nagyobb* – a legerősebb megmaradási elv adja a választ: mert nincs több energia. Az egyenlőség másik fele – hogyan képes a rendszer *fenntartani* a maximális abszorpciót – szerintem kevésbé jól interpretált. Arra a kérdésre tehát, hogy miért nem emelkedhet az üvegházhatás a jelenlegi *fölé*, egyértelmű a fizikai felelet; itt nincs értelmezési dilemma. Az viszont, hogy miért *éri el* és tartja fenn e maximumot, számos tényezőn múlik, s ezek különféleképpen indokolhatók. Úgy vélem tehát, nyitott az a tudományos probléma, hogy üvegházhatásunk miért nem lehet *kisebb* a jelenleginél, de Miskolczi rendszerében nincs bizonytalanság abban, hogy *miért nem növelhető*.

Kepler misztikus köntösbe csomagolta törvényeit; a legfontosabbat később méltónak sem tartotta a megemlítésre. Az idős Heisenberg elárulja, hogy a relativitáselmélet matematikája sohasem okozott neki gondot, de mindvégig problémái maradtak az értelmezésükkel. Schrödinger egyenlete évtizedek óta áll, interpretációja mind a mai napig vitatott.

A széndioxid-kibocsátások hatásának kiegyenlítési kényszere Miskolczi rendszerében világosan látható, megvalósulásának mechanizmus-rendszere azonban nagyon komplex. A párolgástól a csapadékig, a trópus-pólus hőmérsékleti differenciától a termikus energia transzportjáig, a felhőzet átlagos jellegétől és magasságától annak regionális eloszlásáig és a zonális szelektől a turbulenciákig számos fizikai jelenség részt vesz benne. A növekvő CO_2-tartalom üvegházhatásának ellensúlyozására mindezek növekvő megváltozása lehet a válasz. Ezért indokoltnak tartom a kibocsátás-korlátozási erőfeszítéseket akkor is, ha meggyőződésem szerint a Miskolczi-féle összefüggések megakadályozzák, hogy magasabb globális átlaghőmérséklet alakuljon ki adott bejövő energiamennyiség mellett. Továbbá, megítélésem szerint a kiegyenlítő mechanizmus a szélső esetet feltételezve sem vezet akkora pára- és felhőzet-csökkenéshez, hogy abból elfutó globális felmelegedésre kellene következtetni. (Hogy a 20. század során ténylegesen megfigyelt átlagos felhőzet-csökkenés összefügg-e a kibocsátásainkkal, és hogy milyen mértékben felelős a tapasztalt melegedésért, alaposan megvizsgálandó kérdés.) Azonban a rendszer válaszreakciói között a szél- és csapadékrend megváltozásának lehetősége (bár sem globális, sem regionális léptéke egyelőre nem becsülhető) éppen elég ok arra, hogy a kibocsátások ésszerű csökkentésével egyetértsek.

Miskolczi Ferenc 2007-es cikkének születési és megjelenési körülményei (visszavonása, számos lap általi elutasítása, a NASA-tól való eljövetele, munkanélkülivé válása, majd az *Időjárás*nál adódott lehetőségben a „mindent egyszerre" közlés vágya) indokolhatják interpretációs problémáit és emiatt a kedvezőtlen fogadtatást. Az anyag adott formájában valóban nem alkalmas Miskolczi munkájának hiteles bemutatására és képviseletére; fontos lenne újraírt változatának megjelentetése. Ideális esetben nyilván egy több részre bontott, a tényeket és a lehetséges értelmezéseket jobban különválasztó cikksorozatban számolt volna be kutatómunkájának folyamatáról. Így elkerülhetők lettek volna azok a pontatlan vagy téves megfogalmazások, amelyekre hivatkozva könnyű volt a – 2007-es IPCC-jelentés hatása alatt álló – szakmának az egészet félretenni és visszautasítani.

E projekt keretében módom nyílt személyes megbeszéléseket folytatni a világ legjobb szakembereivel. Elmondhatom: Miskolczi eredményeinek kommunikációja során számos értetlenséggel, kisebb-nagyobb kritikával, egyes részek érvényes vagy kevésbé érvényes elutasításával találkoztam, de egyetlen számolt vagy mért ellen-adattal vagy megválaszolhatatlan ellenvetéssel sem. Azt észleltem a kollégáknál, hogy az utóbbi időben megingott a belső hitük eddigi állításaik bizonyosságával szemben, s növekszik az igény az új irányok iránt. Ugyanakkor nyilvánvalóan nagyon nehéz lesz a tudományos közösség számára az áttérés a „science is settled", a „virtually certain" és a „very probable" konszenzus-nyelvezetétől annak elismeréséhez, hogy a jelenlegi leírás hiányos, jövőképe teljesen téves, s hogy a valós éghajlati dinamikához Miskolczi egyenletein át vezet az út.

A 2011. január 17-i projektindító munkaértekezleten egy kolléga arra kérdezett rá, milyen feltételek mellett tekintjük majd Miskolczi eredményeit igazoltnak. Akkor még magam sem számítottam rá, hogy ilyen hamar érkezik a külső bizonyíték: a NASA Langley Research Center (Miskolczi hat évvel ezelőtti munkahelye) 2011 februárjában kiadott 24 éves sugárzási mérlege önmagában meghozta a kívánt igazolást, egzaktnak nevezhető pontossággal bemutatva a Miskolczi által állított, 2004-ben és 2007-ben publikált fluxus-összefüggések tényszerű érvényességét a földi légkör abszorpciójának energetikai maximumáról.

Azt már tehát látjuk, hogy *mit* csinál a légkör; ezzel a munkának ez a fele bevégeztetett. Most jön a dolognak a fizikus számára érdekesebb része: *hogyan* és főképp *miért* csinálja? (Lásd ismét a 81. oldalt.) Entrópia, szélsőértékek, minimum és maximum elvek… Biztos vagyok benne, hogy a következő években nagyszerű tudományos viták elé nézünk.

A hamarosan kezdődő dél-afrikai klímakonferencia, majd a jövő júniusi Rio+20 csúcsértekezlet kapcsán rengeteget fogunk hallani az üvegházhatás növekedéséről. Noha ebből ne higgyünk el egy szót sem, mégis támogassuk a fosszilis üzemanyagok égetésének korlátozását — hátha egyszer valakinek lesz füle a *valós* érvek meghallgatására is.

Zágoni Miklós

Budapest, 2011. november

Elérhetőségeim: e-mail: zagoni@ggki.hu, miklos.zagoni@gmail.com
Levelezési cím: Magyar Tudományos Akadémia Geodéziai és Geofizikai Kutatóintézete
9400 Sopron, Csatkai utca 6-8.