

Major Gy.; Faragó T.; Pálvölgyi T., 1994: A levegőkörnyezet nagytérségű változásai: társadalmi reakciók és a fenntartható fejlődés. Magyar Tudomány, 10. szám, 1170-1184. o. ISSN 0025-0325

A LEVEGŐKÖRNYEZET NAGYTÉRSÉGŰ VÁLTOZÁSAI: társadalmi reakciók és a fenntartható fejlődés

A természet elemeinek megjelenése óta kiszolgáltatott ember napjainkra eljutott a fejlődésnek arra a szintjére, hogy ha akaratlanul is, de már földi méretekben hatással van a környezet összetevőinek állapotára. A gazdasági tevékenységekből származó szennyező anyagok a légkör és a tenger közvetítésével megjelentek már a Föld legtávolabbi vidékein is, a halogénezett szénhidrogének feljutottak a sztratoszféra magasságáig és súlyosan veszélyeztetik az ózonréteget, az ipari forradalom korszaka óta egyre gyorsuló ütemben gyarapodik a szén-dioxid mennyisége a légkörben erősítve annak üvegházhatását. A környezeti hatások és kockázatok egyre nagyobb mértékben érintik a földi növénytakarót, a biológiai sokféleséget, vagy általánosabban véve az ökológiai rendszereket is. Felismerésüket követően - kezdetben - e jelenségeket a fejlődés mellékhatásainak tekintették, amikor azonban kiderült, hogy e hatások végsősoron alapjaiban módosíthatják, vagy akár veszélyeztethetik a fejlődés környezeti feltételeit, akkor széleskörű nemzetközi egyeztetések kezdődtek a környezet-módosítások korlátozásáról. Egyúttal az is világossá vált, hogy a társadalmi-gazdasági fejlődés és a környezetvédelem világméretű problémáinak megoldása - másszóval a megfelelő társadalmi válaszok, reakciók kidolgozása és végrehajtása - együttes természettudományos, műszaki, gazdasági, jogi és etikai megközelítést kíván. Előbb a tudomány műhelyeiben, majd tudósokat és politikusokat tömörítő csoportok köreiben nyert teret az a nézet, hogy a környezet és jólét globális kihívásaira csak a természet- és társadalomtudományok egyfajta szintézise adhat elfogadható választ. A két terület kapcsolatát jól példázza a levegőkörnyezet állapota és a társadalmi-gazdasági tevékenységek kölcsönhatása. Ebben a munkában arra keresünk választ, hogy a fizikai környezet egy elemében, a légkörben tapasztalt és feltételezett kedvezőtlen változások milyen civilizációs válaszokra vezethetnek, illetve ezek a válaszok vajon elégségesek-e ahhoz, hogy elejét vehessék a még bizonytalanabb következményeknek.

A légkör állapotában bekövetkező változások tudományos-társadalmi felismerése

*A megfigyelés szerepe a tudományos megismerésben:
a Föld-légkör rendszer energiaegyensúlya*

A természettudományos megismerés egyik legalapvetőbb eleme a megfigyelés. A levegőkörnyezet állapotának folyamatos nyomon követése nem új keletű dolog: az első rendszeres meteorológiai megfigyelések kezdete a 17. századra tehető. Az 50-es

évekre kialakult a szűkebb értelemben vett meteorológiai észlelések nemzetközi hálózata és módszertana. Bár a megfigyelési adatok térbeni sűrűsége és főként azok megbízhatósága korántsem elégtették ki az időjárás-előrejelzési modellek adatigényeit, a század közepén úgy tűnt, hogy a megfigyelésekkel kapcsolatos átütő jelentőségű légkörfizikai felfedezések zöme a múlté. Az elmúlt évtizedek néhány felismerése azonban új megvilágításba helyezte a levegőkörnyezet megfigyelésének fontosságát.

Annak ellenére, hogy már az éghajlati rendszer minden elemében (a fentebb felsorolt összes szférában) kimutathatók a társadalom hatásai, a megfigyelések és az elemzések alapján nem mutatható ki kellő egyértelműséggel, hogy ezek a hatások változást eredményeztek volna már a földi légkör hosszútávon érvényesülő átlagos állapotában - azaz az éghajlatban - is. Ezt az állapotot olyan állapotjelzőkkel határozhatjuk meg, mint például a légkör felszínközeli rétegének átlaghőmérséklete és tény, hogy 1980-tól kezdve a Föld felszínének éves átlaghőmérséklete minden évben felette volt az 1980 előtti 30 év átlagának. Különböző számítások szerint ez az átlaghőmérséklet az elmúlt száz évben néhány tized fokkal emelkedett. E hőmérsékletemelkedés tulajdonképpen összhangban van a légköri üvegházhatás erősödésével, ez az esemény azonban bekövetkezhetett más - a üvegházhatású gázok légköri mennyiségének növekedésétől független - természetes okokból is. Legalábbis statisztikai értelemben az antropogén éghajlatváltozást akkor tekinthetjük igazoltnak, ha például még egy évtizedig folytatódik a pozitív hőmérsékleti anomáliák sorozata.

A földi hőmérséklet alakulásában döntő szerepe van a Napnak. Az egyszerűség kedvéért gömb alakúnak tekintett Földre érkező, majdnem párhuzamos napsugárzásnyaláb egy része visszaverődik a bolygóközi térbe, másik része (miután a légkörben és a felszínen elnyelődve energiát szolgáltatott a földi mozgások döntő többségéhez) saját hőmérsékleti sugárzás formájában távozik a rendszerből. A napsugárzásból elnyelt energiának egyenlőnek kell lennie a kisugárzás útján elveszített energiával ahhoz, hogy a rendszer hőmérsékleti egyensúlya fennálljon:

$$I \cdot R^2 \cdot \pi - A \cdot I \cdot R^2 \cdot \pi - K \cdot 4 \cdot R^2 \cdot \pi = 0,$$

ahol **I** az átlagos Nap-Föld távolságon a napsugárzás áramsűrűsége, az ún. napállandó; **A** a Föld-légkör rendszer albedója, azaz az a szám, amely megadja, hogy a beérkező sugárzás hányszorosa verődik vissza; **R** a Föld sugara; **K** a saját kisugárzás áramsűrűsége, $\pi=3,14$.

A kisugárzást a Stefan-Boltzmann törvény írja le:

$$K = \sigma \cdot T^4$$

ahol **T** a rendszer egyensúlyi hőmérséklete Kelvin fokban, $\sigma=5,67 \cdot 10^{-8}$, ekkor **K**-t W/m^2 -ben kapjuk meg.

A legutolsó műholdas mérések alapján $I=1364 W/m^2$ -nek vehető. Ekkor az albedó ismeretében az egyensúlyi hőmérséklet kiszámítható:

Albedó	Egyensúlyi hőmérséklet
--------	------------------------

0,29	255,6 K
0,30	254,7 K
0,31	253,8 K

Meteorológiai műholdak mérései szerint a Föld albedója a 0,3 érték körül kis változásokat mutat, tehát ez a jellemző érték. Táblázatunkból kiolvasható, mennyit változna az egyensúlyi hőmérséklet, ha a jelenlegi átlagos albedó ettől az értéktől kismértékben eltérne. Az egyensúlyi hőmérséklet a Föld felszín és a légkör együttesének kisugárzás szerint átlagolt hőmérséklete. Úgy tekinthetjük, ha ez megváltozik valamilyen értékkel, akkor a felszínen is és a légkörben is mindenütt ugyanezzel az értékkel változik meg a hőmérséklet. Tehát ha a rendszer albedója 0,30-ról 0,29-re csökkenne, a felszínen is és a légkörben is a hőmérséklet mindenütt 0,9 fokkal növekedne. A felszínen 0,9 fokos hőmérséklet növekedés az éghajlati skálán már jól érzékelhető változásokat jelentene a növényzetben, a sarki jég eloszlásában stb.

Látható, hogy a dinamikus egyensúly meglétéhez a Nap sugárzásának állandóságán kívül a rendszer albedójának állandósága is szükséges. Mi határozza meg a földi rendszer albedóját? A válasszal szolgáló, itt következő megfontolás erősen egyszerűsíthető, de a lényegét jól mutatja. A Földet fele részben rendszeresen felhő borítja. Az átlagos felhős terület átlagos albedója 0,5. A Föld felhőtlen részeinek átlagos albedóját a levegővel borított jég, sivatag, növényzet és óceán albedóiból kell kiközepelni. A Föld túlnyomó részét óceánok borítják, amelyek albedója igen kicsi, ezért a Föld felhőtlen részeinek átlagos albedója 0,1-nek vehető. Ily módon jön ki a mért érték:

$$A = 0,5 \cdot 0,5 + 0,5 \cdot 0,1 = 0,3$$

Ha feltételezzük, hogy a felhős területek jellegzetes albedója 0,48-ra csökken (4% változás), akkor a Föld-légkör rendszer albedója 0,29 lesz, tehát megtörténik a 0,9 fokos hőmérséklet emelkedés. Ugyanekkora hatáshoz a derült részek albedójának 0,08-ra kellene csökkeni (20 % változás). Tehát a kulcsszerep a felhőzeté: kis megváltozása akkora hatást idézhet elő, amekkora hatáshoz a felszínnek jelentősen át kellene alakulni. Ez azt jelenti, hogy az utóbbi időben rendszeresen emlegetett, a sarki jégtakaró és a földi hőmérséklet közötti, pozitív visszacsatolást (ha megindul a hőmérséklet emelkedése, olvadni kezd a sarki jég, csökken a rendszer albedója, tovább emelkedik a hőmérséklet és így tovább; hasonlóan erősödne egy lehűlési folyamat is) a felhőzet leárnyékolja. Más szavakkal; amíg ilyen a Föld felhőzete, addig ez a pozitív visszacsatolás nem játszik fontos szerepet.

A fenntartható fejlődés szempontjából azt a következtetést kell levonnunk, hogy a Föld hőmérsékletét alapvetően befolyásoló külső energiaegyensúly megőrzése érdekében nem szabad a légkört úgy terhelnünk, hogy a felhőzet mennyisége vagy tulajdonságai megváltozzanak. A felhőzet e téren játszott kulcsszerepe csak igen szűk szakmai körben tudatosult, a tágabb szakmai körök és a közvélemény előtt ez a szerep nem ismert annak ellenére, hogy a szükséges ismereteknek már sok évtizede a birtokában vagyunk. Ez azzal magyarázható, hogy más, könnyebben érthető és elvben könnyebben megoldható légkörrel kapcsolatos problémák közvélemény előtti szereplése

háttérbe szorítja a nehezebben áttekinthető és kezelhető problémák közvélemény előtti megmutatását. Ugyanis a nagytérségű felhők kialakulásának és fennmaradásának a folyamata igen bonyolult, nagyon sokféle hatás érvényesül, ezért egyszerű gondolatmenettel nem lehet megmutatni, hogy mit nem szabad tenni azért, hogy ne zavarjuk meg a jelenlegi felhőzeti szerkezetet. Tulajdonképpen a légkör minden fajta terhelése hatással van a felhőzetre. Szerencsére a mértéket még nem léptük túl: az 1978 óta folyamatos mérések tanúsága szerint a Föld albedója nem változott (Kyle et al., 1993).

*A levegőkörnyezet állapotának stabilitása,
mint a fenntartható fejlődés feltétele*

A "fenntartható fejlődés" fogalma a Brundtland-jelentés (WCED, 1987) hatására vált közzismertté, majd az ENSZ 1992. évi Környezet és Fejlődés Konferencia után lett széles körben elfogadott. Az eredeti megfogalmazás általános elvi és politikai jellegű volt, ezért a szaktudományok számára konkrét tartalommal kellett kiegészíteni, teljesebbé tenni. Egyebek mellett e célt szolgálta az említett világkonferencia által elfogadott "Feladatok a XXI. századra" című terjedelmes dokumentum (UNCED, 1992), amelynek kidolgozásában jelentős részt vállaltak a különböző tudományágak szakértői. A korábban sokak által vitatott "fenntartható fejlődés" elnevezés helyett többen az "ökológiailag fenntartható" vagy "harmonikus" fejlődés, illetve fejlesztés kifejezést javasolták, ez azonban nyilvánvalóan nem változtat e fogalom meghatározásának lényegén, amit a Brundtland-jelentés az alábbiakkal jellemez:

"A harmonikus fejlődés az alapszükségletek kielégítésével együtt a jobb életkörülmények elérésének lehetőségét is megteremti mindenki számára. ... A harmonikus fejlesztés megkívánja azoknak az értékeknek a támogatását, amelyek révén a fogyasztási szint az ökológiai határokon belül marad ..." (WCED, 1987; magyar ford., 69. old.)

Természetesen felmerül a kérdés, hogy "mit is kell fenntartani ?" a fejlődés során. A válasz egyfelől az, hogy a természeti környezet jelenlegi (esetleg valamely korábbi) állapotát annak érdekében, hogy a társadalom további fejlődése lehetséges maradjon. Tehát nem a földi környezet vagy a földi élet - önmagában vett vagy önmagáért való - megőrzéséről van szó. Másfelől pedig a társadalmi fejlődés - előbbieken értelmezett módon való - fenntartása a cél. A társadalom fejlődése azt is jelenti, hogy a Földön ,élő emberek közötti feszültségek csökkennek az életminőségek magas szinten való kiegyenlítődése, közeledése által -- figyelemmel a fejlődő országok gondjaira is.

A természeti környezet megfelelő állapotának fenntartása azért merül fel követelményként, mert a társadalom "terheli", azaz megváltoztatja oly módon és mértékben a környezetét, hogy az új feltételek között már esetleg nem folytatható a korábbi fejlődési pálya. Ugyanakkor a fenntarthatóság mértéke maga a társadalom, tehát ha az általa előidézett környezeti változásokhoz úgy tud alkalmazkodni, hogy a

társadalmi feszültségek közben csökkennek, az életminőség javul, akkor ez a fejlődés fenntartható.

A környezetre gyakorolt hatások, illetve a környezetben végbemenő változások vizsgálatakor megkülönböztetett figyelemmel kell lennünk a légkörre. A környezet globális változásait szemlélve ugyanis alapvető fontossággal bír az a tény, hogy a nagytérségű anyagkörfolyamatok és az energiaforgalom, illetve a tápláléklánc a légkörön keresztül záródik. A légkör, a maga gyors és nagy távolságokat áthidaló folyamataival egyrészt "rövidre zárja" az egyéb földi rendszerek közötti visszacsatolásokat, másrészt közvetlen kapcsolatot teremt a Föld távoli térségei között. A légburok tehát az óceánok igen lassú áramlási viszonyai, a bioszféra fejlődése vagy akár a környezetszennyezés gyenge és elszórt jeleit aggregálja, (részben felerősíti) és e hatásokat (más hatásokkal együtt) tovaterjeszti. E szempontokat szem előtt tartva meggyőződésünk, hogy a légkörnek - kémiai összetétele és hatásközvetítő jellege révén - kitüntetett szerepe van a többi földi szféra állapotának kialakításában.

Ugyanakkor magának a légkörnek a hosszútávon érvényesülő állapotának meghatározásában számottevő szerepe van a többi földi szférának, amelyek együttesét ebből a szempontból éghajlati rendszernek nevezünk. Ennek a rendszernek az elemei - adott külső (extraterresztrikus) feltételek mellett - tehát meghatározzák az éghajlat jellemzőit. Az emberi tevékenység éghajlat-módosító hatásainak is szerepet adva, a rendszer a következő elemekből áll: atmoszféra, hidroszféra, krioszféra, litoszféra, bioszféra, szocioszféra. Az éghajlati rendszer egyes elemeinek szféraként történő megnevezése azt jelzi, hogy ezek az elemek önmagukban is igen bonyolult rendszerek, külön tudományágak foglalkoznak velük. Kölcsönhatásaikat átfogóan a most formálódó környezettudomány vizsgálja. A bioszférából kiemeltük és önálló éghajlati tényezővé minősítettük a társadalmat. Ennek oka egyrészt az, hogy a társadalomnak az éghajlat egyensúlyát veszélyeztető szerepét ma már elfogadottnak tekinthetjük, másrészt ez a szerep nem fér össze a bioszféra jellegével, ugyanis az ipari termelés és iparszerű mezőgazdasági termelés, valamint a népességgrobbanás és az azt motiváló társadalmi értékrend kizárólag az emberi társadalomra jellemző.

A fenntartható fejlődés a természeti rendszerek vonatkozásában tehát egyfajta stabilitást feltételez, ami egyaránt vonatkozik a természeti erőforrások kimerítésének és a környezet állapotában bekövetkező "követhetetlen" sebességű állapotváltozások elkerülésére. A levegőkörnyezet esetében e veszélyek a légkör összetételének vagy fizikai jellemzőinek megváltozásán keresztül jelentkezhetnek. Ebben az értelemben a fenntartható fejlődés egyik feltétele az, hogy a fejlesztések (társadalmi-gazdasági tevékenységek) hatására a légkör összetétele vagy állapotváltozóinak globális értékei az időben vagy nem változnak, vagy ha változnak, a változás olyan lassú, hogy a társadalom és az ökológiai rendszerek alkalmazkodni tudjanak a változáshoz. Nyilvánvaló, hogy ha az éghajlat bizonyos megváltozásához a társadalom alkalmazkodni is tud, még nem biztos, hogy a természetes növényzet, növénytársulások - vagy általában véve az ökológiai rendszerek - is képesek erre és ez némileg késleltetve végül a környezet egyensúlyának megbomlását jelentheti, tehát a fejlődés mégsem nevezhető fenntarthatónak. A mérsékeltövi erdők 100 év alatt 100 km-t képesek

"vándorolni", ha az éghajlati feltételek erre kényszerítik őket, gyorsabb változás hatására azonban már pusztulni kezdenek (OTA, 1993).

A levegőkörnyezetet érintő hatások sorában az elmúlt évtizedekben a legnagyobb figyelem a sztratoszférikus ózonréteg vékonyodása, illetve az üvegházhatású gázok mennyiségének növekedése felé fordult. A fenntartható fejlődéssel való kapcsolatot világosan kifejezi az utóbbi jelenséggel foglalkozó nemzetközi egyezmény célkitűzése:

"Ezen Egyezménynek ... a végső célja ... az üvegház-gázok légköri koncentrációinak stabilizálása olyan szinten, amely megakadályozná az éghajlati rendszerre gyakorolt veszélyes antropogén hatást. Ezt a szintet olyan időhatáron belül kell elérni, ami lehetővé teszi az ökológiai rendszerek természetes alkalmazkodását az éghajlatváltozáshoz, ... valamint módot nyújt a fenntartható gazdasági fejlődés folytatására." (FCCC, 1992; magyar ford.: 58. old.)

A fenntartható fejlődés fogalmában elsősorban a társadalom által előidézett környezeti változásokról van szó. Emellett nyilvánvalóan tekintettel kell lenni azokra a természeti okokra visszavezethető szélsőséges jelenségekre és alapvető, de viszonylag lassú változásokra is, amelyek káros hatásait megelőzheti, vagy amelyekhez végsősoron tud alkalmazkodni az ember. Az antropogén hatások közül csak azokról van szó, amelyek hosszabb időskálán is megjelennek, tehát legalább több évtizeden át kimutathatók és így nagymértékű alkalmazkodásra készítetik az érintett ökológiai vagy társadalmi rendszereket. Például, ilyen következményekkel jár az őserdők irtása, amelyek regenerálódásához évtizedek kellenek, ha egyáltalán bekövetkezik a regenerálódás.

Társadalmi reakciók a légkör állapotában végbemenő változásokra

A társadalom akkor tud reagálni valamely - a környezet állapotában jelentkező - veszélyre, ha azt felismeri, a társadalom tagjai széles körben elfogadják a felismerést és a döntéshozók is megteszik a megfelelő intézkedéseket. A jelenség felismerésében természetesen a kutatóknak van meghatározó feladata; a teendők elfogadtatásában pedig a zöld mozgalmaknak lett egyre nagyobb jelentőségük. A társadalmi válaszok megalapozásában és végrehajtásának elősegítésében a kutatóknak és döntéshozóknak sajátos szerepe van.

Társadalmi felismerés és elfogadtatás

Mind nyilvánvalóbb, hogy a tudósok szerepe és felelőssége meghatározó a globális környezeti válság megelőzésében, illetve leküzdésében. Bár a folyamatok feltárása, valamint politikusok és a nyilvánosság felé történő közvetítése "hagyományosan" a tudomány művelőinek feladata, a döntéshozatali mechanizmusok

korántsem nyíltak meg a tudományos ismeretek előtt. A kutatási eredmények széles körű elterjesztése, az oktatásban és képzésben való hatékonyabb figyelembevétele is sok kívánni valót hagy maga után. A tudósoknak mindent meg kell tenniük avégett, hogy lebontsák a szakterületeik között tornyosuló intézményes és szakmatörténeti akadályokat és előmozdítsák a globális környezetváltozás kutatásához nélkülözhetetlen interdiszciplináris megközelítés térhódítását. A tudósok társadalmának a szakmai hitelesség és az elismert tudományos bizonytalanság keskeny pallóján kell egyensúlyoznia. Óriási a felelősség azokon a szakembereken és tudós testületeken, akik jövő globális környezeti képét a politikai és gazdasági döntéshozók elé tárják. Egy-egy megbízhatatlan eredmény idejekorán történő publikálása, illetve a globális környezetváltozás akár alul, akár túlértékelése az e téren kibontakozó nemzetközi együttműködés korlátjává válhat.

A Római Klub 1972-es összeállítása a növekedés korlátairól, majd 15 év múltán a Brundtland jelentés az emberiség közös jövőjéről határozottan felhívta a figyelmet arra, hogy az emberi tevékenység okozta globális környezetváltozás nagyfokú kockázatának mérséklése érdekében cselekedni kell. A környezeti feltételek természetes (olykor-olykor katasztrofális) változékonyságával szemben a 20. század második felére megjelent valami új és veszedelmes, amelyről nem vagyunk bizonyosak. Ráadásul a civilizációs ártalomról a tudósok állítják hogy az alkalmazkodási stratégiák kimunkálása mellett - hasonlatosan a betegségekhez - a megelőzésre, tehát a kiváltó okok megszüntetésére vagy legalábbis visszaszorítására kell törekednünk. Mindez nem tűnt igazán meggyőzőnek a gazdasági és politikai döntéshozók szemszögéből. Mégis, a 80-as évek derekára a felismerés vezetett a nemzetközi emissziókorlátozási intézkedések kiteljesedéséhez, a környezetvédelmi világegyezmények kidolgozásához. Történelmi jelentőségű mérföldkőnek tekinthető az 1992-es Környezet és Fejlődés Értekezlet, ahol a világ országainak legmagasabb szintű politikai vezetői konszenzusra jutottak az éghajlatváltozás megelőzése, illetve a biológiai sokféleség megőrzése témájában, így a globális környezet megóvásának ügye a világpolitika szintjére emelkedett. Minden program, illetve egyezmény annyit ér, amennyit képesek belőle megvalósítani. Ma még nem jósolható meg, hogy az elkövetkező évtizedekben hova fejlődnek (illetőleg kialakulnak-e egyáltalán) a preventív beavatkozás intézményes, jogi és pénzügyi keretei; nem látható, hogy a döntéshozók mennyire fogják komolyan venni az emissziókorlátozási erőfeszítéseket és döntéseik mennyiben alapulnak majd környezettudatos megfontolásokon. Nem túlzás azonban feltételezni, hogy az emberiség sorsa - hasonlóan a fegyverkezési versenyhez - egy szűk társadalmi elit kezében lesz.

A levegőkörnyezet változásai részei a tágan értelmezett földi környezet állapotában végbemenő változásoknak. A földi rendszerben azonban kitüntetett szerepe van a világóceánnak, s méginkább a légkörnek -- mint a hatásközvetítés globális közegeinek. A környezeti változásokhoz való alkalmazkodás vagy azok megelőzésére irányuló tevékenységek kiinduló eleme a megfigyelés, a változások azonosítása (detektálása). A levegőkörnyezetben vagy a tágan értelmezett éghajlati rendszerben végbemenő olyan hosszútávú, kiterjedt jelenségek felfedezéséhez, felismeréséhez mint az ENSO (El Nino - Déli Oszilláció), a sztratoszférikus ózonréteg vékonyodása vagy az üvegházhatású gázok koncentráció-növekedése minőségileg új megfigyelő eszközökre és rendszerekre volt szükség. Már e fejlesztések is jól jellemzik a társadalmi

reakció jellegét. Ezt a tudományos feltárás, ok-okozat azonosítás követi, ami az ilyen jelenségek esetében rendkívül nehéz folyamat a tudományos bizonytalanság magas szintje miatt, hiszen egyrészt rendkívülien összetett rendszerekről van szó, másrészt a különböző - természeti és emberi eredetű - hatások nehezen szétválaszthatók.

Az 1960-as években kezdett elfogadottá válni, hogy az ipar és tudomány fejlődése olyan melléktermékeket is eredményez, amelyek akaratlanul is káros környezeti hatásokat váltanak ki (Lundberg, 1947; Commer, 1963). A hetvenes években már elég széles körben tudatosult, hogy a társadalmi fejlődés nemkívánatos melléktermékei közül a természeti környezet terhelése hosszabb távon magának a társadalomnak is globális veszélyt jelent: az emberek egy része (esetleg nagy része) a jelenleginél rosszabb természeti körülmények közé kerülhet. E felismerés ellenére a környezet terhelésének általános és átfogó megszüntetésére nem került sor, aminek egyik alapvető oka az, hogy az emberiség a jelenlegi lélekszám mellett életmódját csak intenzív ipari termelés segítségével tudja fenntartani.

Az antropogén eredetű kiterjedt környezetváltozások korunk jellemzői. A környezet állapotában persze korábban is végbementek olyan nagyobb térségű és/vagy hosszabb ideig tartó változások, amelyek számottevő mértékben hatással voltak az érintett emberi közösségekre. E változások kizárólagosan természeti eredetűek voltak, s a társadalmi reakciók a káros következmények megelőzésére vagy mérséklésre irányulhattak. A tipikusnak tekinthető jelenségek és a reakciók közül emelünk ki néhányat.

A levegőkörnyezeti változások egy tipikus megjelenési formája a helyi éghajlati-időjárás szélsőségek fellépése. Azok a társadalmak, amelyek kénytelenek elszenvedni a drasztikusan változó környezet gazdasági-szociális következményeit, fennmaradásuk szükséges (bár nem minden esetben elégséges) feltétele a spontán alkalmazkodás képességének kifejlesztése. A Szahel-övezet népei a 70-es évek elejétől létfenntartásuk érdekében elvándorlásra kényszerülnek. Bangladesh gyakorta árvíz sújtotta vidékein a házak magas cölöpökre épülnek. Az 1816-17-es európai szokatlanul hideg időjárás nyomában támadt éhínség indította az első tömeg kivándorlási hullámot az Új Világ felé. Paradox módon a társadalmi-gazdasági fejlődéssel, életközösségeink fokozatosan veszítik el a spontán alkalmazkodás képességét: a modern társadalom inkább megkísérli a hatásokat elhárítani és a következményeket enyhíteni semmint társadalmi méretekben alkalmazkodni. A utóbbi évek floridai hideghulláma előtt tehetetlenül álltak a közigazgatási szervek és az elfagyott narancsültetvények tulajdonosai. Az üzbég halászok kétségbeesett és hiábavaló próbálkozásokat tettek a visszahúzódó Aral-tó kiszáradásának megakadályozására.

A társadalmi reakciók egy másik körét a következmények elhárítására irányuló aktív alkalmazkodás jelenti. Ez többnyire az életmód, illetve termelési-termesztési módok - a környezeti feltételekhez igazodó - megváltoztatásában öltenek testet. Az 14. és a 16. század közötti ún. "kis jégkorszak" nyomán európai-szerte támadt éhínségek a nemzetközi kereskedelem kialakulásához vezetett és elősegítette a "közigazgatási állam" kialakulását. Az 1930-as évek észak-amerikai aszályos periódusa jelentették egyikét a sok bomlasztó hatású társadalmi-gazdasági problémának, amelyek a közigazgatási állam

egy még fejlettebb változatához, Franklin Rooseveltt új gazdaságpolitikájához, a New Deal-hez vezetett.

Külön kell szólnunk azokról a korábbi, még "csak" helyi vagy regionális környezeti változásokról, amelyek előidézésében vagy felerősödésében jelentékeny szerepe volt az adott térségben lakó népességnek is. Az ezekkel kapcsolatos társadalmi reakciók egy újfajta minőségét a preventív beavatkozások jelentik. Felmerülhet a kérdés: van-e egyáltalán szükség bizonyos környezeti ártalmak megelőzésére; nem lenne-e "kifizetődőbb" a társadalmi-gazdasági alkalmazkodás módozatait fejleszteni. Sajnálatos módon mind a spontán- mind az aktív alkalmazkodás diszfunkcionális civilizációs ártalmakra vezethet, amelyek sajátosan felerősíthetik az eredeti környezeti problémát. A Szahel népei - a nemzetközi élelmiszersegélyeknek is köszönhetően - a korábbi időszakokat meghaladó népességszaporulatnak örvendezhetnek. A gyarapodó vándorló közösség növekvő élelemigénye az újonnan meghódított területek túllegeltetésére vezet, ami azokon a területeken is felgyorsítja az aszály terjedését. Jól érzékelhető tehát, hogy az elvándorlásban testet öltő spontán alkalmazkodás, illetve a nemzetközi segélyek által biztosított aktív alkalmazkodás diszfunkcionalitása egyenesen elősegíti az elsivatagosodást. Szintén a diszfunkcionális alkalmazkodásnak köszönhető, hogy az Egyesült Államok délkeleti államai már áttestek az évszázad egyik legnagyobb, ökológiai indíttatású népvándorlásán: mintegy 1 millióan vándoroltak ki Haitiből az elmúlt évtizedekben - nemcsak a politikai elnyomás miatt, hanem azért is, mert a világ egyik legsúlyosabb erdőirtása és talajeróziója lehetetlenné tette számukra a létfenntartó földművelést.

Az újabban feltárt globális környezeti kockázatokkal kapcsolatban a környezet állapotának megóvására irányuló társadalmi tevékenység részleges: egyes káros hatások teljes kiküszöbölése, valamint más hatások részleges csökkentése mellett bizonyos hatások mérséklésére vagy megelőzésére semmi sem történik. A reakciók különbözőségének oka kettős: egyik az, hogy az egyes környezeti veszélyforrások felismertségének és elfogadottságának mértéke különböző, a másik az, hogy a feladatok megoldásának általában nincsenek készen a technikai eszközei, illetve a lehetséges megoldásnak igen nagyok a költségei. A fejlett országokban megjelenő környezetbarát technológiák a szó szoros értelmében nem környezetbarátak, csak a környezeti terhelés növekedési ütemének mérséklésére alkalmasak. Természetesen ily módon a környezet egyensúlyának felborulása időben távolabbra kerül, de ezek a technológiák nem helyettesíthetik az átfogó megoldást: a környezet stabilitásának biztosítását. Mégis, ezen technológiák megjelenése azt mutatja, hogy az emberiség, bizonyos költségek ráfordításával, a környezet legveszélyeztetettebb elemeit igyekszik védeni. Jelenleg a tudomány sem tud más, társadalmilag elfogadható átfogó megoldást ajánlani. Ezen lépésekkel talán sikerül elegendő időt nyerni tudásunk kiegészítésére és hatékonyabb megoldások kifejlesztésére.

A légköri ózon védelme

Az előző példától eltérően a légköri ózonréteg védelmének fontosságát nemcsak felismerte, hanem meg is valósítja a társadalom. A sztratoszférikus ózon csökkenésének

okai és következményei széles körben közismertek, ezért úgy véljük, hogy az ózonréteg veszélyeztetettségének szakmai hátteréről nem is kell szólnunk, itt elegendő a társadalmi reakció jellegzetességeit megmutatni.

Már a hatvanas években, amikor a légköri ózon csökkenését még egyetlen mért adat sem jelezte, megindult a kampány a freonok használatának visszaszorítására. Az Antarktisz felett megjelenő "ózonlyuk" felfedezése és megmagyarázása pontosabbá tette az ózonrétegről szóló ismereteinket és meggyorsította a freonok kivonását az iparszerű használatból. A jelenlegi nemzetközi egyezmények biztosítják, hogy a légkör nem terhelődik újabb freonokkal. (Más kérdés, hogy jelenleg a légkörben lévő freon gázok még 60-80 évig kifejtik hatásukat, tehát a korábbi egyensúly csak kb. egy évszázad múlva állítható vissza.)

Mi az oka annak, hogy a freonok használatát lényegében teljesen betiltó megállapodások megkötésre kerülhettek és bízhatunk ezek betartásában is? Az ok egyrészt abban található, hogy a megfigyelések és a tudományos kutatások alapján viszonylag rövid idő alatt egyértelművé váltak az ózonréteget veszélyeztető rendkívül kockázatos folyamat okai és lehetséges következményei, másrészt nem túl jelentős költségek ráfordításával sikerült a freonok alkalmazása helyett a sztratoszférikus ózont nem vagy jóval kevésbé veszélyeztető helyettesítő anyagokat, technológiákat kifejleszteni, amelyek a végtermékek árát nem túl nagy mértékben emelték. Tehát az emberiség nemcsak felismerte és megértette az ózonréteg veszélyeztetettségét, hanem birtokában volt olyan tudásnak és eszközöknek, amelyek lehetővé tették a freonok iparszerű alkalmazásának kiváltását.

A légköri szén-dioxid halmozódása

Elméletileg már a múlt század vége óta, 1958-tól kezdődően pedig már megbízható mérések által is igazoltan ismeretes, hogy a fosszilis energiahordozók használatának, valamint az erdőterületek csökkenésének következtében a légkör szén-dioxid tartalma gyorsan növekszik (Keeling-Whorf, 1991).

A felszín átlaghőmérséklete 33 fokkal magasabb a Föld-légkör rendszer egyensúlyi hőmérsékleténél. Ezt az eltérést a légköri üvegház-hatás hozza létre. Ha az üvegház-hatás fokozódik, a felszín hőmérséklete emelkedik, a légkör hőmérsékleti rétegződése átalakul, elvben anélkül, hogy a rendszer egyensúlyi hőmérséklete megváltozna. A fenntartható fejlődés alapelvei szerint a társadalmi-gazdasági tevékenységek nem eredményezhetik a környezet elemeiben akár bizonytalan következményekkel járó állapotváltozás kialakulását. Ennek megfelelően el kell kerülni a légköri üvegházhatás erősödését az antropogén beavatkozások következtében, mert az a földi éghajlat jelenlegi egyensúlyi helyzetének viszonylag gyors felborulását, illetve szinte kiszámíthatatlan irányú átalakulását idézheti elő.

A szén-dioxid egyike a légkör azon gázainak, amelyek jelentős szerepet játszanak az üvegház-hatás alakításában. Más üvegház-hatású gázok légköri mennyisége is számottevően növekedett az elmúlt 100-150 évben. A hetvenes években már elég jól

ismertük a CO₂ sugárzás elnyelésére illetve átbocsátásra vonatkozó sajátosságait ahhoz, hogy mértékadó számításokat végezhessünk az általa okozott üvegház-hatás növekedésről. A megfigyelések és a számítások azt jelezték, hogy ha tovább tart e gázok - mindenekelőtt a szén-dioxid - eddig tapasztalt arányú növekedése, akkor néhány évtizeden belül a földi éghajlat gyökeres átalakulása, illetve ennek részeként a felszíni hőmérséklet jelentős mértékű emelkedése következhet be. E becslések még jelentékeny tudományos bizonytalanságot takarnak, de az esetleg visszafordíthatatlanná váló változás elkerülése érdekében nemzetközi egyetértés alakult ki, miszerint meg kell állítani a légköri CO₂ tartalom - és a többi üvegházhatású gáz mennyiségének - növekedését !

Az említett kockázathoz legnagyobb mértékben hozzájáruló szén-dioxid esetében más - közvetett - okai is vannak a kibocsátás csökkentésére irányuló törekvéseknek. Ilyen okot jelentettek az 1970-es évek olajár-robbanásai, vagy általában véve a versenyképesség érdekében a termelés anyag- és energiaigényességének csökkentését célzó fejlesztések, amelyek egyúttal a fosszilis energiahordozók fajlagos felhasználásának mérséklését, az energia-felhasználás hatásfokának növelését eredményezték számos fejlett országban.

Az szén-dioxid kibocsátás esetleges átfogó korlátozása azonban még nem jelentené e gáz légköri mennyiségében megfigyelhető növekedés megállítását; tekintettel e gáz hosszú légköri tartózkodási idejére - ha valamivel lassabban is - de még ekkor is folytatódna felhalmozódása a légkörben. Ráadásul a kevésbé fejlett országokban - a növekedési igényeikkel összhangban álló - termelésnövekedés még akkor is elkerülhetetlenül a CO₂ kibocsátás emelkedésével járna együtt, ha már a magas energiahatékonyságú, új technológiákat vezethetnék be.

Az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia (a Riói Világkonferencia) egyik fő célkitűzése az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásának befagyasztását szolgáló egyezmény elfogadása volt. Az azóta már több mint 160 ország által aláírt és több mint hetven ország által megerősített egyezmény szerint valójában ilyen kibocsátáskorlátozást csak a fejlett és a kelet-európai "átalakuló gazdaságú" országok vállaltak - egyelőre az ezredfordulóig. Ezzel szemben a témakörrel foglalkozó tudósok ajánlásai szerint, például, a minden országra számított szén-dioxid kibocsátást azonnal kevesebb mint a felére kellene csökkenteni annak érdekében, hogy e gáz légköri koncentrációja belátható időn belül valóban stabilizálódjon.

Több okkal magyarázható az, hogy a kockázat súlyához képest meglehetősen szerény reakciót jelentő nemzetközi egyezmény született. Megítélésünk szerint a legfőbb ok azonban nem az, hogy nem állítható kellő tudományos bizonyossággal az éghajlatváltozás bekövetkezése, amelyet a szén-dioxid koncentráció növekedése idézhet majd elő, hanem az, hogy a növekvő népesség a növekvő energiaigényét jelenleg nem tudja olcsóbban és technikailag hatékonyabban kielégíteni, mint a fosszilis energiahordozók elégetésével. Tehát nincs olyan átfogó megoldás, mint a freonok esetében, azaz még jól elviselhető költségnövekedés árán sem tudunk más energiahordozók hasznosítására áttérni. Részben hasonló a helyzet a többi üvegházhatású gáz esetében is. Nincs más választásunk, mint tovább keresni a lehetséges megoldásokat, reménykedni abban, hogy legalább egy jó megoldást még időben sikerül megtalálni, s addig is a

lehető legnagyobb mértékben csökkenteni az ilyen gázok kibocsátását előidéző tevékenységeket - például az energiahatékonyság növelésével. Az 1. ábráról leolvasható, hogy a CO₂ koncentráció évről évre történő (antropogén eredetű) növekedése kb. tizedrésze az éven belüli változékonyságának. Az évi változást jól magyarázza a 2. ábra, amelyet Potter-tól (1994) kölcsönöztünk. Műholdas felvételek és a CO₂ forgalmat modellező számítások alapján Potter előállította a felszín felső 30 cm-es rétegében és a felszínen tárolt szén mennyiségének földrajzi szélesség szerinti eloszlását. A felszín és a légkör közötti szén-dioxid forgalom évi menetét részben a fás, de főként a lágyszárú növények fejlődésének éves ciklusa okozza. Mivel ezek eloszlása nagyon eltér az egyenlítőre szimmetrikus eloszlástól, ezért van a légköri CO₂ tartalomnak erős évi járása: az északi félteke nyarán a növények sok szenet vonnak ki a légkörből. A felszínen és a felszín közeli rétegben tárolt szén mennyiségéből látható, hogy a légkörbe emittált antropogén eredetű szén ezen készletekhez képest elég kevés.

Az alkalmazkodás, mint másodlagos társadalmi reakció

Az üvegházhatású gázok légköri mennyiségének növekedése, a légkör üvegházhatásának erősödése és annak lehetséges hatásai az egész Földet, bizonyos mértékben minden országot érinthetnek, tehát globális problémáról van szó. A legmozgékonyabb szféra lévén, a légkör nagyban hozzájárul e globalitáshoz. Az éghajlatváltozással kapcsolatos új nemzetközi egyezmény szorgalmazói nyilván úgy gondolták, hogy a nemzetközi egyeztetések megalapozzák majd legalább az első lépéseket, amelyek az e gázok kibocsátásának átfogó korlátozásának, azaz a globális megoldás irányába hatnak. A megfelelő mértékű korlátozás megelőzést jelentő társadalmi reakciónak felelne meg, amellyel eleve elkerülhető a légkör állapotában esetleg bekövetkező, kockázatos változás. Mind tudományos, mind politikai szempontból nyilvánvalóan a megelőzés stratégiáját kell elsődlegesnek tekinteni. A tárgyalások során azonban nem született meg a szükséges nagy nemzetközi egyetértés és összefogás, azaz késik az éghajlat egyensúlyának megőrzésére teendő, átfogó lépések megkezdése.

Valamilyen mértékű éghajlatváltozás tehát elkerülhetetlennek látszik, s ennek megfelelően fel kell készülni a jelenlegi egyensúlyából kimozdított, esetleg viszonylag gyorsan érvényre jutó - átmeneti (tranzien) vagy előbb-utóbb újra stabilizálódó - új éghajlati állapot körülményei közötti életre. Ennek megfelelően az elmúlt évtizedekben sorra készültek azok a tudományos elemzések, amelyek az éghajlatváltozás lehetséges hatásaival foglalkoztak.

Ugyanakkor csak a legutóbbi időszakban kezdtek behatóan foglalkozni az alkalmazkodás lehetőségeinek, műszaki feltételeinek, gazdaságosságának, tényleges megvalósíthatóságának felmérésével. Az Egyesült Államokban például a Kongresszus hivatala terjedelmes tanulmányt állított össze (OTA, 1993), amelyben a környezettudománnyal foglalkozó, száznál is több szakértő leírja, hogyan készülhet fel az ország társadalma az éghajlat - egyelőre bizonytalanul becsülhető - változó viszonyaira. Az alkalmazkodás javasolt stratégiájának lényege: az ember által befolyásolt összes (ipari, mezőgazdasági stb.) folyamatot a környezeti változásokkal szemben "rugalmasabbá", az éghajlati jellemzőkben esetleg bekövetkező ingadozások,

változások iránt érzéketlenebbé kell tenni. E célkitűzések megvalósítási lehetőségeit taglalja az említett dokumentum.

A korábban általánosan hangoztatott "globális problémára globális választ kell adni" elv ebben az esetben háttérbe szorul. Az esetlegesen megváltozó éghajlathoz efféle alkalmazkodásra nem képesek a gazdasági, technológiai, tudományos felkészültség szempontjából rosszabb helyzetű országok, ezért kérdés, hogy ily módon a globális társadalmi fejlődés fenntartható-e, vagy még tovább fokozódhatnak majd az országok, országcsoportok közötti különbségek ?

Következtetések

A társadalmi reakciók elemzésénél a következő általánosabb megállapítások tehetők:

- A változás paradigmája. Az elmúlt két évtizedben a káosz-elmélet új megvilágításba helyezte a komplex rendszerek viselkedéséről kialakított nézeteinket: szembesülnünk kell azzal a ténnyel, hogy - megfigyelési és mérési módszereinktől függetlenül - a minket körülvevő fizikai világ időbeni és térbeni viselkedése rendezett jelleget mutató kaotikus (más szóval sztochasztikus) folyamat. Az állandó változás tehát a külvilággal kölcsönható és bonyolult belső struktúrákat magában foglaló környezet természetes tulajdonsága, sőt az időben állandósult (stacionárius) viselkedés az, amely kivételesnek tekinthető. Ez egyben azt is jelenti, hogy a tapasztalt változások okairól elvileg lehetetlen teljes bizonyosságot szerezni; azaz nincs (és vélhetőleg nem is lesz) egyértelmű fogódzó arra nézve, hogy egy megfigyelt jelenség mennyiben "természetes" és mennyiben tudható be valamiféle civilizációs mellékhatásnak.

- A korlátozott alkalmazkodás paradigmája. Az evolúció törvényszerűségei hosszútávon biztosítják a bioszféra alkalmazkodását a változó környezeti feltételekhez, sőt a Gaia-hipotézis következtetései szerint egyenesen a bioszféra alakítja "saját hasznára" a környezetét. Nem mindegy azonban, hogy az alkalmazkodás, illetve az élettelen környezetnek az élőhöz való "igazítása" milyen időskálán megy végbe. Ha elfogadjuk az éghajlatkutatók jóslatait, a föld átlaghőmérséklete néhány évtized alatt magasabbra szökhet, mint az elmúlt tízezer év során valaha. Nem lehet kétséges, hogy a jelenleg tapasztalható környezeti változások túl gyorsak és túl összetettek ahhoz, hogy az önszabályozó mechanizmusok "időben" érvényre jussanak, tehát nem önmagukban a változások mértéke, hanem azok kibontakozási üteme adhat aggodalomra okot.

- Az elővigyázatosság (a megelőzés) elve. Tekintettel a környezetben lezajló folyamatok kaotikus - azaz egzakt értelemben előrejelezhetetlen - jellegére, az a régóta vitatott kérdés értelmét veszíti, hogy vajon rendelkezünk-e elégséges tudományos ismerettel ahhoz, hogy például korlátozzuk egyes anyagok kibocsátását. A Riói Környezet és Fejlődés Világkonferencia egyik legnagyobb eredménye annak a széleskörű elismerése volt, hogy a döntéshozók a tudományos bizonytalanságra (azaz az elégséges ismeretek hiányára, illetve az előrejelzések pontatlanságára) hivatkozva nem odázhattak el bizonyos elengedhetetlen gazdasági és jogi intézkedéseket. A társadalmak

minden résztvevőjének joga, egyes intézményeinek pedig kötelessége a mindenkori tudományos ismeretekre támaszkodva az élő és élettelen természet értékeit megóvni, még akkor is, ha e lépések a majdani tudományos eredmények fényében esetleg túlzottnak tűnhetnek.

- A visszafordíthatatlanság kockázata. Nem kétséges; versenyfutásra kényszerünk az idővel, ugyanis napjainkban gyorsabban változtatjuk meg a környezetünket annál, mint amilyen gyorsan megértjük az ezzel kapcsolatos éghajlati következményeket. Óriási a felelősség azokon a szakembereken és tudós testületeken, akik jövő globális környezeti képét a politikai és gazdasági döntéshozók elé tárják. Egy-egy megbízhatatlan eredmény idejekorán történő publikálása, illetve a globális környezetváltozás akár alul, akár túlértékelése az e téren kibontakozó nemzetközi együttműködés korlátjává válhat.

- A kockázatok és a teendők társadalmi szintű megértése. annak megértése, hogy képessé váltunk "akaratlanul" módosítani - akár már földi méretekben is - természeti környezetünk állapotát, társadalmi méretekben komoly nehézségekbe ütközik. E tudatosodási folyamatot tovább nehezíti az a vélekedés, hogy a környezet és a természet értékeit és erőforrásait csak a társadalmi jólét rovására lehetne megóvni. A földi környezetet fenyegető folyamatok felismerése, továbbá a társadalmi tudat e szempontjai vezettek a fenntartható fejlődés koncepciójának kidolgozásához. E - társadalmi párbeszédre alapuló - világgép legfontosabb alapelvei a következők: (a) a társadalmi-gazdasági jólét nem okozhat kárt a jelenlegi és az eljövendő nemzedékek környezeti feltételeiben és nem sértheti azok további fejlődési esélyeit; (b) bár a nemzetek szuverén joga erőforrásaik és természeti kincseik szabad hasznosítása, eközben nem idézhetnek elő környezeti károkat határaikon kívül eső területeken; (c) a környezetvédelmi és fejlesztési törekvéseket együtt, kölcsönhatásaik figyelembevételével kell kezelni.

Ma úgy tűnik, hogy a környezeti válság kockázatának csökkentését leginkább egy fenntartható fejlődési pályára való átállás biztosíthatja. Ez az egyének, a gazdálkodói egységek, az intézmények és a döntéshozók lehető legszélesebb részvételével és társadalmi párbeszédjével érhető el.

IRODALOM

Commoner, B., 1963: Science and Survival. The Viking Press, New York

FCCC, 1992: UN Framework Convention on Climate Change. (Megj. magyar nyelven: Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Keretegyezménye az Éghajlatváltozásról; szerk.: Faragó T., Pálvolgyi T.; ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia Magyar Nemzeti Bizottsága, Budapest, 1992)

Keeling, D. C. and Whorf, T. P., 1991: Atmospheric CO₂ -- Modern Record, Mauna Loa. In: Trends'91: A Compendium of Data on Global Change. Oak Ridge National Lab. ORNL/CDIAC-46

- Kyle, H. L., Hickey, J. R., Ardanuy, P. E., 1993: The Nimbus Earth Radiation Budget (ERB) Experiment: 1975-1992. Bulletin of the American Meteorological Society, vol. 74, 815-830
- Lundberg, G. A., 1947: Can Science Save Us ? David McKay Co. Inc., New York
- OTA (U. S. Congress, Office of Technology Assessment), 1993: Preparing for an Uncertain Climate, OTA-O-567, Washington, Government Printing Office
- Potter, C., 1994: Using Satellite Imagery to Understand the Global Exchange of Carbon Dioxide between the Terrestrial Biosphere and the Atmosphere. The Earth Observer, vol. 6, 26-28
- UNCED, 1992: Agenda 21. United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro. (Megj. magyar nyelven: Feladatok a XXI. századra; szerk.: Bulla M. et al., Föld Napja Alapítvány, Budapest, 1993)
- WCED, 1987: Our Common Future. World Commission on Environment and Development; Oxford University Press. (Megj. magyar nyelven: Közös jövőnk; szerk.: Persányi M.; Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1988)