

A KÖRNYEZETTUDOMÁNY FELADATAI ÉS PERSPEKTÍVÁI¹

MESKÓ ATTILA
 az MTA r. tagja.
 mesko@office.mta.hu

Bevezetés

A környezettudomány még csak kialakulóban van. Az már világosan látszik, hogy szinte minden klasszikus diszciplína ismeretanyagát felhasználja. A természettudományok közül a biológia és a földtudományok mellett támaszkodik a kémiára és fizikára, de a műszaki tudományok és a társadalomtudományok (közgazdaságtan, jog) több területére is. A jelenségek és folyamatok leírásában nélkülözhetetlen a matematika, a nagytömegű adat kezelésében az informatika. Végül a különböző tudományágak mozaikjait egységbe kell foglalni annak érdekében, hogy környezetünkről teljes képet kapjunk és állapotát az emberi élet számára továbbra is biztosítani tudjuk.

Az élet megőrzésében, továbbadásában, az életminőség javításában általában is rendkívüli fontosságú a tudomány szerepe. A tudomány nem valamilyen különleges tevékenység. A józan ész kiterjesztése pontos megfigyelés, mérés, matematikai leírás révén, melynek célja a világ működésének megismerése. Bár elsődlegesen tudást, azaz ismereteket kívánunk szerezni, többnyire ezek fel is használhatók. A tudományos ismeretek alapján konstruált eszközök egyaránt használhatók jó és rossz célok megvalósítására. A történelem tanúsága szerint a tudomány eredményeit igen sokszor az emberiség általános jólétének növelése helyett hatalom és haszon szerzésére használták.

Az 1999-ben Budapesten rendezett World Conference on Science megállapítása szerint – amelyet a 2003-ban tartott World Science Forum (Budapest, november 8–10.) megerősített – ebben ma sem látható lényeges javulás. Számos ország nemcsak atom, de kémiai és biológiai fegyverekkel is rendelkezik. A felhalmozott arzenállal a teljes emberiséget már többszörösen el lehet pusztítani. A gazdag országok nemcsak a szegény – „fejlődőnek” nevezett – világ nyersanyagait, olcsó munkaeréjét, de már génállományát is „hasznosítják”. Eközben évszázadok óta folyik a természeti környezet pusztítása.

Az egyre nyilvánvalóbban látszó bajokért sokan a tudományt teszik felelőssé. Mások úgy vélik: már eleget tudunk, pusztán ügyes menedzseléssel minden gond megoldható. Mindkét állításnak éppen az ellenkezője igaz. Nem a tudomány a felelős az egyre hatékonyabb fegyverekért, a profit növelésének egyre kifinomultabb módszereiért, hanem gátlástalan felhasználói.

Gondjaink megoldásához több ismeretre van szükség. A világról keveset tudunk és az eddighez hasonló „ügyes menedzselés” a gondokat csak fokozni fogja. Egyre többen gondolják, hogy rossz úton haladunk. Az erőforrások kíméletlen, a profit maximalizálását egyetlen célnak tekintő kihasználása, amely a termelő tevékenységek kedvezőtlen következményei iránti közömbösséggel párosul, belátható közelségbe hozta a természeti környezet és ezzel az emberi élet feltételeinek pusztulását.

Ezért van szükség a környezetet érintő rendszerezett tudásra, tudományos kutatásra és megalapozott cselekvésre. Ezt a környezettudományi képzés alapozza meg, amelyben kiemelt fontosságúak a doktori iskolák.

Az előadásban először rövid áttekintést adunk az emberiség és környezet viszonyáról, majd vázoljuk az Európai Unió környezeti politikájának változását, kissé részletesebben tárgyalva a most folyó 6. Környezeti Akcióprogramot. Összefoglaljuk hazánk környezeti állapotát. Ez egyben megszabja legfontosabb feladatainkat is.

Az emberiség és környezet viszonya (rövid történeti áttekintés)

Az emberiség történetének során mindig is függött a természettől. A függés kezdetben teljes kiszolgáltatottságot jelentett. Egy rövid időszakban, az ipari forradalom sikerei, a tudomány és technika csodálatos alkotásai azt a benyomást kellették, hogy a kiszolgáltatottság megszüntethető, szinte bármi megtehető korlátozás nélkül. A 20. század végén azonban világossá vált, hogy a környezet állapota rövidesen az időközben hatmilliárdnyira növekedett emberiség legnagyobb problémája lesz. A kiszolgáltatottság megszüntethető vagy csökkenthető de a függés nem.

¹ Az előadás elhangzott a SZIE Környezettudományi Doktori Iskola 2004. február 4–5-ei hallgatói előadói fórumán.

Az ember a *pliocén* korban fejlődött ki *hominid* őseiből, melyek az emlősök *kainozoikum*ban felvirágzó családjába tartoznak. A *kainozoikum*ban az állati élet domináns képviselői már az emlősök voltak és gyors fejlődésüket, a világot meghódító általános elterjedésüket azzal is kifejezik, hogy a *kainozoikumot* „az emlősök korának” nevezik. A *kainozoikum* legvégén, azaz a *pleisztocén* kezdetén, mintegy 2 millió évvel ezelőtt lényeges környezeti változások mentek végbe. A klíma zorddá vált és ennek következményei voltak a növény- és állatközösségek életében. Megváltozott a flóra és a fauna. Az ember életben maradását a tűz és a balta segítette. A tűz meghódítása előtt az ember nem sokat különbözött a többi ragadozótól. Életének fenntartásához és továbbadásához szükséges energiát az elfogyasztott táplálék adta a szervezet metabolizmusa révén. E lassú folyamatban a hőmérséklet és az energiasűrűség alacsony. A tűz viszont gyors átalakulás. Az égés az éghető anyag napugárzásból fotoszintézis révén szerzett kémiai energiáját szabadítja fel. A tűz nemcsak különböző táplálékokat tesz ízletesebbé vagy fogyaszthatóvá, de olyan mikroklímát is teremt, mely lehetővé teszi, hogy birtokosa életben maradjon zord, hideg vidéken is.

A legutóbbi évek tudományos vizsgálatai – elsősorban grönlandi mélyfúrásokból származó jég- és üledék-minták analízise – kimutatták, hogy a legutóbbi tűz-tizenegyezer év éghajlata különlegesen kedvezően alakult. A vizsgálható időszak nagyjából 110 ezer év volt. Ennek nagy részében az éghajlat gyorsan és szeszélyesen változott egy nagyon hideg és egy maihoz képest közepesen hideg állapot között. Mintegy 20 nagy, globális változást lehetett meghatározni. Mindegyikük gyorsan, néhány évtized alatt zajlott le. Az utolsó, egészen napjainkig terjedő időszak nemcsak az előzőeknél enyhébb, de sokkal kisebb ingadozásokat mutató, stabil éghajlatot hozott. Ez adott lehetőséget arra, hogy érdemes legyen földműveléssel foglalkozni.

A földművelés megváltoztatta a táplálkozási és hidrológiai ciklusokat. De lehetővé tette a föld kizsárolását is, felgyorsítva az eróziót és a kiszáradást. A történelem előtti korban a rablógazdálkodás elég gyorsan elérte azt az állapotot, amikor az elpusztított környezetben további művelésnek már nem volt értelme és elvándorlásra kényszerítette a földműveseket. Voltak példák arra is, amikor éppen a helyes gazdálkodás hosszú ideig megővta a környezetet és azonos helyen is biztosítani tudta az élet lehetőségét. Amikor azonban az egyensúly egy idő után minden erőfeszítés ellenére mégis megbomlott, a föld és a kultúra lehanyatlott és együtt pusztult el.

A mezőgazdaság számára fontos volt az évszakok ismerete és előrejelzése különösen azokon a tájakon, ahol a vetés és aratás időpontja kritikus. A Nap és a csillagok helyzete és mozgása alkalmasnak bizonyult az előrejelzésre, kifejlődött a csillagászat. Már Kr.e. 2700-ból részletes *asztronómiai* számításokról tudunk. A csillagászati elképzelések, majd a *kozmológiák* egy igen lényeges, ma is érvényes felismerésre utalnak: az ember és környezete csak egy hatalmas, szinte elképzelhetetlenül nagy és rendkívül bonyolult rendszer piciny eleme.

Már a késői *neolitikumban* egy új tényező lépett a föld és ember kapcsolatába: a fémek és a fémolvasztás felfedezése. Őseink már a történelem előtti korban felfedezték az első ércbányákat és megtanulták, hogyan lehet a fémeket az ércből kivonni. Az ércbányák birtoklása jólétet és gazdagságot hozott. Ezért hosszú felfedező-utakat tettek és a régészet tanúsága szerint az utak célja sokszor az ércek kutatása volt. Az építéshez és fazekassághoz kőre és agyagra is szükségük volt. Ezeket másutt találták meg. A sikerhez azonban több kellett, mint az érc vagy a jól használható agyag pusztá felismerése. Meg kellett találni azt a környezetet is, ahol a keresett anyag egyáltalán előfordulhat. Megint más anyagokat használtak a festéshez és ezek egy része is a földből származott. Az ásványok és kőzetek ismerete, mely előkészítette a *geológia* kialakulását legalább tízezer éves múltra tekint vissza. A mezőgazdaság mellett a bányászat a második ősi kapocs az emberiség és a föld között.

A természet pusztító erőit: a vulkánkitöréseket, földrengéseket, viharokat, az áradásokat és aszályokat, a klíma hosszú idejű romlását is már nagyon korán elszenvedte az emberek egy-egy csoportja. A katasztrófák hatása azonban csak akkor vált igazán jelentőssé, amikor az ipari forradalom során a nagy városokban sérülékeny infrastruktúra és nagy népsűrűség alakult ki.

Mezőgazdasági és ipari társadalmak

A mezőgazdasági társadalmak lényegében a Nap energiáját hasznosították. A föld művelésével, teraszok kialakításával, később öntözéssel, növények és állatok nemesítésével, mások kiirtásával elérték, hogy azonos nagyságú terület sokkal több ember eltartására legyen képes, mint a gyűjtögetés és vadászat esetében. A bioszféra „megművelt” része hatékonyabban hasznosította a Nap energiáját. A napugárzás a forrása a szél és a víz energiájának is, amely szélmalomokat és vízimalmokat hajthat. Az erdők hosszabb időszak alatt halmozják fel anyagukban a Napból származó energiát. Az erdők kiirtásával gyorsan hozzá lehet jutni több száz év napugárzásának tárolt energiájához – de csak egyszer. A mezőgazdasági társadalmak fejlődése elé áthághatatlan korlátot állított a rendelkezésre álló energiaáram véges nagysága.

Az ipari forradalom nem lett volna lehetséges a fosszilis energiahordozók felhasználása nélkül. A mezőgazdasági és ipari társadalmak közötti döntő különbség az, hogy míg a mezőgazdasági társadalmak közvetlenül a napenergiát hasznosítják, addig az ipari társadalmak a fosszilis napenergiát: a szén, olajat és gázt használják. A fosszilis energiahordozók szintén a Nap energiájának és a fotoszintézisnek köszönhetik létüket, melyet kedvező geológiai folyamatok, kedvező körülmények között, a föld mélyében számunkra megőriztek. Kialakulásukhoz évmilliókra volt szükség, felhasználásuk gyorsasága nem kevésbé rablógazdálkodás, mint az őserdők kivágása. A „föld alatti őserdők” meglévő készlete a kitermelés jelenlegi üteme mellett rövidebb ideig elegendő, mint az ipari társadalom kialakulásához szükséges idő.

Az ipari forradalom 200 éves történetében ugyanúgy szerepe volt a fa hiánya miatt a szén kényszerű felhasználásának, a gőzgépek majd a belső égésű motorok feltalálásának, mint a hirtelen jött energiabőségnek – amit a fosszilis energiahordozók biztosítottak. De szerencsés geológiai véletlenek is szerepet játszottak. A szén ismert volt a mezőgazdasági társadalmakban is, de csak végszükségben használták fel tüzelőanyagként a fa helyettesítésére. A vasolvasztásban is inkább faszenet alkalmaztak. 1 tonna nyersvas előállítására, majd finomítására nagyjából 50 köbméter fára van szükség. Ez pedig 10 hektárról termelhető ki. Az angol vasgyártás a 17. századtól a 18. század közepéig stagnált a faszén állandó hiánya miatt. A szén felhasználása döntő változást hozott. 1 tonna szén nagyjából 1 hektárról kitermelhető fa energiataralmával azonos energiát ad. A széntermelés az első világháború előtti utolsó békeévben, 1913-ban 287,4 millió tonna volt, és ez jóval nagyobb erdőterülettel egyenértékű, mint az ország teljes területének tizenötszöröse. Angliában azonban bőségesen volt szén – a Tyne völgyében a felszínen is – és a nagyvárosokba vízi úton, könnyen el is lehetett szállítani. A szerencsés geológiai és geográfiai adottságok valószínűleg döntő szerepet játszottak abban, hogy az ipari forradalom Angliából indult világhódító útjára. A Ruhr-vidéken vagy Sziléziában is van szén, de csak nehézkesen, szárazföldi úton lehetett szállítani, Olaszországban vagy Görögországban bármit lehetett vízi úton szállítani, de nincsen számottevő széntelep.

Gyors fejlődés és kedvezőtlen hatások

Az ipari társadalmakban szükség volt nyersanyagok és termékek gyakori és nagytömegű szállítására. Ez a föld és ember között ismét új kapcsolatokat alakított ki. Csatornákat ástak, vasutat és utat építettek, megsokszorozódott a tengeri közlekedés. Még később, már századunkba a repülés és a légkörnek és folyamatainak vizsgálatát tette életfontosságúvá, bár ennek csírái már a tengerhajózás idején megvoltak, hiszen a vitorlás közlekedés a szelek, óceáni áramlatok, partok, árapály mellett a szelek ismeretét is igényelte.

A kommunikáció kifejldése – kezdetben a táviró – majd a telefon, rádió, televízió a Föld elektromos tulajdonságai iránti érdeklődést keltette fel és nagyon fontosá tette az atmoszféra felső rétegeinek megismerését, az ionoszféra és magnetoszféra kutatását.

A modern ipari társadalmak fejlődésében a nyersanyagok, a szállítás és hírközlés egyaránt lényegesek. Amikor az ipari társadalmak gyarmatbirodalmakat építettek ki, a nyersanyagforrások világméretű kutatása és kitermelése kezdődött meg. A 19. század közepétől azonban megszűnt a geográfiai expanzió lehetősége. Az emberiség rádőbent a Föld véges méretére. Kevés birtokba vehető, művelésre alkalmas lakatlan földterület maradt. Új területek birtokbavétele helyett már csak elfoglalt területeket lehetett valakitől elvenni. Ez nemzeti és nemzetközi válságokhoz vezetett. Mivel a rablógazdálkodás évezredek beidegződése megmaradt, az újrafelosztást lokális háborúkkal, majd a 20. században világháborúkkal próbálták kieroszakolni mérhetetlen szenvedést okozva százmillióknak.

A 20. század végére felismertük, hogy a környezet megőrzése az emberiség megmaradásának feltétele. A környezet és az emberi létesítmények sebezhetősége olyan állapotot teremtettek, amivel eddig még nem találkoztunk. Kialakult a fenntartható fejlődés gondolata. A népesség az utóbbi 200 évben csak megnyolcszozódott, de az ipari termelés a két évszázaddal ezelőttinél legalább a százszorosára nőtt. A világ vízfogyasztása alig száz év alatt tizenöt-ször nagyobbá vált. Közben mintegy hetvenezer új vegyi anyagot állítottak elő, amelyek bejutottak a levegőbe, vízbe és a talajba. Ezek egy része mérgező és az élővilág számára teljesen ismeretlen, emiatt az alkalmazkodásnak még az esélye sincsen meg. Más részük ugyan nem mérgező – ilyenek például a freonok (halogénezett szénhidrogének) – de más, kedvezőtlen hatásuk ugyanolyan pusztító lehet. A sztratoszférába feljutó freonok katalizálják az ozon lebontását, az ozonburok elvékonyodása pedig – most még csak a sarkok felett és nagyobb szélességeknél, de egyre növekvő kiterjedésben – egyre több ibolyántúli sugarat enged lejutni a tengerszintre.

Közismert, hogy a légkörben a széndioxid és más üvegház hatású gázok mennyisége növekszik és ez globális klímaváltozással fenyeget. Az átlaghőmérséklet növekedését az utóbbi évszázadban 0,6 °C-ra becsülik. A felmelegedést nemcsak meteorológiai mérések bizonyítják, de az északi és déli sarkok jegének olva-

dása és a gleccserek visszahúzódása vagy teljes eltűnése is. Az északi sarkon a jég már mintegy 40%-kal vékonyabb, mint 30 évvel ezelőtt. A változás azonban nem egyöntetű, mindenütt néhány tized fokos vagy néhány fokos felmelegedés lesz. Mivel az édesvíz nagytömegű beömlése átrendezheti az Atlanti-óceán áramlatait, közöttük az Európa északnyugati részét melegítő Golf-áramlatot, egyes területek (Európa is!) jelentősen lehűlhetnek. De megváltoznak a csapadékviszonyok is. Egyes helyeken sokkal több, másutt kevesebb lesz a csapadék, áradásokat, másutt tartós szárazságot, aszályt okozva. Mindkét változás jelentősen zavarhatja a mezőgazdaság normális működését. Végül a klímaváltozás során jelentősen növekedhet a rendkívüli meteorológiai események (hurrikánok, tornádók, tartós esőzések) gyakorisága és intenzitása.

A világ trópusi őserdőiből évente két Magyarországnyi területet irtanak ki, s arra lehet számítani, hogy a zárt trópusi erdők a jövő század első felében eltűnnek a térképről. Európa erdőit két évezred, az Egyesült Államok erdőit néhány évszázad alatt tarolták le. A kéntartalmú szenek elégetése és más ipari folyamatok a földi és vízi ökológiai rendszerek savasodását okozzák. Az erdőirtás és a nem körültekintő mezőgazdasági művelés talajvesztéssel vagy legalábbis talajdegradációval jár. Az erózió, a sivatagosodás vagy a nem megfelelő öntözés miatt szikesedés csökkenti a termőképességet. A szennyeződés, a veszélyes hulladékok gondatlan elhelyezése és az ipari balesetekkel járó mérgezés ijesztő méreteket ölt. A természet tűrőképességének határára jutottunk és ez előbb-utóbb az életminőség romlásához, a nemzetek közötti ellentétek kiéleződéséhez vezet.

Nemzetközi konferenciák

Az ENSZ „Környezet és Fejlődés” Világkonferenciáján, amelyet 1992. június 3 és 14. között Rio de Janeiróban tartottak 173 nemzet képviselői fogadták el a 21. századra vonatkozó „Agenda 21” akciótervet. Bár a kormányfők által aláírt megállapodások, kötelezettségvállalások elmaradtak a várakozásoktól, a világ figyelmét mégis a megoldandó és részletesebben vizsgálendő környezeti problémákra irányították. Világossá tették, hogy a fenyegető folyamatok megelőzéséhez, illetve mérsékléséhez összehangolt nemzetközi intézkedésekre van szükség, hiszen a környezeti ártalmak és veszélyek nem ismerik az országhatárokat.

Sajnos a döntéshozók vonakodnak olyan népszerűtlen intézkedéseket hozni, amelyek haszna esetleg egy évtized múlva érezhető, de azonnali lemondást vagy anyagi áldozatot igényel. Az első, a tudomány oldaláról származó jelzések, majd egyre sürgetőbb kérések után a bajt elhárító intézkedések rendszerint akkor történnek, amikor már késő, és a megelőzés helyett a sokkal költségesebb (esetleg meg sem valósítható) kárelhárítás marad. Ez a tendencia nemcsak Magyarországra, de a világ egészére is jellemző.

Nagyon jól mutatta ezt a Johannesburgban rendezett konferencia, amelyet a Riói Deklaráció 10. évfordulóján, 2002. augusztus 26. és szeptember 4. között rendeztek meg. A Föld környezeti állapota egészében véve tovább romlott, a szegény és gazdag országok közötti különbség tovább nőtt. (Az OECD országok lakossága jelenleg a Föld népességének 18%-a, de a megtermelt energia felét fogyasztják el és a világ GDP-jének több mint 80%-át termelik. Az OECD országok többsége 1992-ben elkötelezte magát arra, hogy bruttó nemzeti termékének 0,7%-át fordítja hivatalos fejlesztési segélyekre, de e kötelezettségnek csak 5 ország tett eleget.) Jellemző a légkörbe jutott üvegházhatású gázok mennyiségi korlátozására vonatkozó egyezmény sorsa is. Rió után öt évre volt szükség, amíg Kiotóban az országok többsége rögzítette vállalásait. A megállapodást – többek között – az Egyesült Államok és Oroszország még nem ratifikálta – emiatt azóta sem lépett életbe.

Az UNESCO (az Egyesült Nemzetek Oktatási, Tudományos és Kulturális Szervezete) és az ICSU (a Tudományos Szervezetek Nemzetközi Tanácsa) 1999. június 26. és július 1. között Budapesten rendezte meg a tudomány első világkonferenciáját a „Tudomány a XXI. századért: egy új elkötelezettség” címmel.

A konferencia megállapította, hogy a tudományos kutatás hasznára vált az emberiségnek. A várható élet-tartam jelentősen emelkedett, számos betegség gyógyíthatóvá vált, a mezőgazdasági termelés növekedése az addig éhező százmilliók számára biztosított táplálékot. Az energiatermelés és a technológia fejlődése a világ nagy részén megszabadította az embereket a nehéz fizikai munkától. A tudomány és technológia nagyon sok bonyolult ipari folyamatot tett megvalósíthatóvá, s ezzel egyre több termék állítunk elő. Ugyanakkor ez a tevékenység sok helyen környezeti károsodáshoz vezetett, hozzájárult a szociális egyensúly megbomlásához és sajnos tudományos ismeretek tették lehetővé a nagy hatásfokú tömegpusztító fegyverek előállítását.

A tudomány feladatairól szólva a cselekvési program rámutat arra, hogy a két legfontosabb cél a béke és az emberiség általános jólétének előmozdítása. A rendező szervezeteket, az UNESCO-t és az ICSU-t éppen azért hozták létre, több mint fél évszázaddal ezelőtt, hogy segítsék ezekben a célokban az elérését a tudományos, oktatási és kulturális kapcsolatok szervezése, fejlesztése révén. A célok ma is ugyanazok, mint ötven évvel ezelőtt. Az elérésükhöz használható eszközök az elmúlt fél évszázad tudományos és technológiai haladásának köszönhetően jelentősen fejlődtek, de – sajnálatos módon – ezzel együtt növekedtek a veszélyek is. Alapvetően megváltoztak a politikai, társadalmi, kulturális és környezeti viszonyok ezért a tudomány szerepét

a megváltozott viszonyok között újból meg kell határozni, ezáltal megteremtve egy új elkötelezettség alapjait. Az ismereteket, a tudomány eredményeit az emberiség egészének szolgálatába kell állítani, jobb életminőséget biztosítva a jelenlegi és eljövendő generációk számára.

A természettudományok és társadalomtudományok együttműködése ma sokkal inkább nélkülözhetetlen a fejlődéshez, mint korábban bármikor. Minden ország fejlesztési feladattervében egy állandó fejezetet kellene szentelni azoknak a kutatásoknak, amelyek a népség alapvető szükségleteivel foglalkoznak – állapítja meg a Világkonferencia cselekvési programja.

Külön hangsúlyt helyezett a Világkonferencia a tudomány és környezet viszonyára. A kormányoknak, a tudományos közösségeknek, a magán- és köztulajdonban lévő, kutatást finanszírozó intézményeknek egyaránt figyelmébe ajánlotta a nemzeti, regionális és globális környezeti kutatási programok erősítését és fejlesztését. Különös figyelmet igényel az édesvíz és hidrológiai körforgás, az éghajlati ingadozások és éghajlatváltozás, az óceánok és óceáni áramlatok megismerése, a part menti területek, a sarkvidékek, az elsivatagosodás, a biogeokémiai körforgás, a biodiverzitás megőrzése és a természeti katasztrófák kockázata. A közös környezeti problémák megoldásában lényeges a szomszédos vagy a hasonló ökológiai feltételekkel rendelkező országok közötti együttműködés. A földi rendszer minden összetevőjét rendszeresen és hosszú távon kell megfigyelni. Ezért fokozott támogatást kell nyújtani a globális környezeti megfigyelőrendszerek továbbfejlesztéséhez és működtetéséhez és a programok hatékonysága érdekében biztosítani szükséges a megfigyelési adatok széles körű hozzáférhetőségét.

Támogatni kell a természettudományok és társadalomtudományok együttes részvételével végzett ún. interdiszciplináris kutatásokat annak érdekében, hogy a globális környezeti változások humán hatásait – köztük az egészségre gyakorolt hatásait – és a fenntarthatóság természeti rendszerek által megszabott feltételeit jobban megértsük. A kultúra, környezet és fejlődés közötti összefüggésekkel foglalkozó interdiszciplináris kutatások, mint például a biológiai sokféleség megőrzése, a természeti erőforrások kezelése, a természeti katasztrófák kockázatának megértése és hatásának csökkentése csak akkor lehetnek sikeresek, ha megvalósításukba bevonjuk a helyi közösségeket és más érintett szereplőket. A tudósok és tudományos közösségek felelőssége a kérdések tudományos magyarázatának és a tudomány szerepének közérthető megfogalmazása és az ismeretek közvetítése.

Minden országnak foglalkoznia kell a kockázatokkal, a rövid ideig tartó természeti katasztrófák és a környezeti változások hosszú távú kockázataival, az előrejelzéssel, a felkészültség javításával, a kedvezőtlen hatások csökkentésével. Kívánatos a katasztrófákkal kapcsolatos tevékenységek integrálása a nemzeti fejlesztési tervekbe. Fontos szem előtt tartani, hogy a hosszú távú változások előrejelzése nagyon bizonytalan. Az elővigyázatosság fontos vezérlőelv az esetlegesen visszafordíthatatlan vagy katasztrófális hatásokkal járó helyzetek elkerüléséhez.

A Világkonferencia olyan nemzeti politikát ajánl, amelynek alapja a tudomány és technológia következetes és hosszú távú támogatása, a humán erőforrások megerősítése, tudományos intézmények létrehozása, a tudományos oktatás fejlesztése és minőségének javítása, a tudomány befogadása a nemzeti kultúrába, az infrastruktúrák fejlesztése, a technológiai és innovációs kapacitások gyarapítása. Kívánatos a nők aktív részvétele.

A kormányoknak az Egyesült Nemzetek szakosított szervezeteivel és a nemzetközi tudományos szervezetekkel együttműködve erősíteniük kell a nemzetközi tudományos tanácsadási folyamatokat, ami elengedhetetlen regionális és globális szinten a kormányok közötti egyetértés kialakításához, a regionális és nemzetközi egyezmények végrehajtásához.

A nemrég befejeződött, szintén Budapesten rendezett Tudományos Világforum (World Scientific Forum, 2003. November 8-10.) hat kiemelt témaköre közül az egyik a „tudomány, fenntarthatóság és fejlődés” volt. A tudomány, a politikai döntéshozók és a versenyszféra kiemelkedő szereplőinek párbeszéde megerősítette mindazt, amit a WSC a fenntarthatóságról és környezet védelméről megállapított illetve feladatként kitűzött. Különös hangsúlyt kapott az egyenlőtlenségek növekedése az országok között, illetve egyes országokon belül. Az emberiség fele kevesebb, mint napi 2 dollárból él és ezen belül is mintegy 1 milliárd ember napi megélhetésére csak 1 dollár vagy annál kevesebb jut. A WSF hangsúlyozta, hogy a fenntarthatóság egyik akadálya ez a hatalmas jövedelmi különbség, amelynek csökkentésére törekedni kell.

Az Európai Unió környezetvédelemmel kapcsolatos politikája

A környezetvédelem az Európai Gazdasági Közösség megalakulásának időszakában, az 1950-es évek végén, sem az európai államokban, sem másutt a világon nem volt fontos. A környezet állapotának romlását helyi jelentőségű, könnyen megoldható problémaként kezelték. Csak a hetvenes évektől vált nyilvánvalóvá a ter-

mészet és a környezet gyors pusztulása. A Tanács 1973 novemberében fogadta el az *Európai Közösség Első Környezeti Akcióprogramját*, amelyből az Európai Közösség környezeti politikája ered. Az első programot napjainkig még további öt követte.

Az Európai Unió környezetvédelemmel kapcsolatos politikája sokat változott, egyre szigorúbb lett. Ennek oka az egyre szélesebb körben elfogadott felismerés, hogy a fenntarthatóság csak a környezet és a természeti erőforrások megőrzése esetén biztosítható. Jelenleg a Hatodik Akcióprogram munkái folynak, amelyek az Európai Unió környezetvédelmi teendőit a 2001-2010 közötti időszakra fogalmazzák meg. A 6. Akcióprogram bevezetése a múltra visszatekintve megállapítja, hogy az elmúlt évtizedekben az Európai Unió országai sokat foglalkoztak a környezet állapotával és az azt megőrző szabályozással. Az akcióprogramok végrehajtásával néhány területen sikerült is javítani a környezet állapotán, például az ötödik környezeti akcióprogram eredményei között feltétlenül figyelmet érdemel, hogy

- jelentősen csökkent a mérgező anyagok – például az ólom és a higany – ipari kibocsátása a levegőbe,
- jelentősen csökkent a felszíni vizeket és ezáltal az erdőket fenyegető kén-dioxid kibocsátás,
- a szennyvíz-kezelés jelentősen javította a tavak és a folyók vízminőségét.

„Az ötödik környezetvédelmi akcióprogram lezárulása után – a felsorolt eredmények ellenére – több környezeti probléma megmaradt és további cselekvést igényel. Egyre szélesebb körben fogadják el, hogy a természeti erőforrások körültekintő használata és a globális ökoszisztéma védelme a gazdasági prosperitás és a kiegyensúlyozott társadalmi fejlődés mellett a fenntarthatóság alapvető feltétele”.

A 2001. január 1-vel megindított hatodik, *„Környezet 2010”* című, Környezetvédelmi Akcióprogram a fenntarthatóság környezetvédelmi feltételeit állítja a középpontba, és környezeti prioritásokat fogalmaz meg a következő tíz éves időszakra annak érdekében, hogy elegendő idő legyen az intézkedések végrehajtása mellett hatásaik értékelésére.

A dokumentum hangsúlyozza, hogy a határozat céljai, prioritásai és cselekvései már egy kibővített közösségre alkalmazandók. Ennek Magyarország is hamarosan tagja lesz. Az Akcióprogram megállapítja, hogy a most még csak tagjelölt országok (Közép- és Kelet Európa országai, Málta és Ciprus) csatlakozása után az Európai Unió 170 millió lakossal bővül és 58%-kal nagyobb földterülettel fog rendelkezni, ugyanakkor számos környezeti kárral sújtott, elszennyezett területet is kap. Ezek megtisztítása a következő 5-10 évben komoly gondot fog jelenteni a csatlakozó országoknak. A megoldás kulcsa az EU szabályainak, törvényeinek elfogadása és következetes alkalmazása. Az Akcióprogram első öt éve után sor kerül az előrehaladás felmérésére és szükség esetén a Program felülvizsgálatára.

A Program négy súlyponti területet nevez meg. Ezek:

- a klímaváltozás és kezelése,
- a természetvédelem,
- a környezet és egészség,
- a természeti erőforrások megőrzése és a hulladékkezelés.

A környezetvédelmi megfontolások figyelembe vétele gazdasági és szociális döntésekben nagyon fontos és ezen a területen további előrehaladás szükséges. Stratégiai megközelítésre van szükség a termelési és a fogyasztási szokások megváltoztatásához és a környezet állapotát javító változások elindításához.

Tudományos egyetértés alakult ki azzal kapcsolatban, hogy az emberi tevékenység jelentős tényező az üvegházhatású gázok koncentrációjának növekedésében. Ez pedig a Föld egyes területein magasabb átlaghőmérséklethez és az éghajlat megváltozásához vezethet. Az éghajlatváltozás következményei súlyosak lehetnek a természet és az emberi társadalom számára. Az üvegházhatás mérsékléséhez az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére van szükség.

Az egészséges természeti környezet létfontosságú az élet fenntartásában. A közlekedésből, a mezőgazdasági tevékenységekből, az ipari folyamatokból, a háztartási szennyvízből és a nem megfelelő hulladékgazdálkodásból származó szennyezés rontja a környezet minőségét és károsan hat az emberi egészségre. A hulladékok egy része veszélyes. A környezetvédelmi előírások szigorodása és a bekövetkezett javulás ellenére az emberi egészségre még mindig hatással van a levegő, a víz és az élelmiszerek szennyeződése. Növekszik az allergia, a légzőszervi megbetegedések, a rákbetegségek és más betegségek száma. Veszélybe került bolygónk azon képessége, hogy elnyelje az erőforrások használatából származó terhelést és hulladékot, a fémek, az ásványi anyagok és a szénhidrogének felhasználásából eredő káros hatásokat. A hulladék mennyisége tovább nő, föld- és erőforrás-vesztéséget és további szennyezést okozva.

A hatodik, *„Környezet 2010”* című, Környezetvédelmi Akcióprogram megoldandó problémái szintén összetett, komplex természettudományos megközelítést igényelnek.

Az előrehaladást, a környezetvédelmi célok megvalósítását mérni és értékelni kell. Erről már a Riói konferencián ajánlás született (ld. az Agenda 21 cselekvési program 40. fejezetében). Az ENSZ Fenntartható Fejlődés Bizottsága kezdte meg az indikátorok kidolgozását számos szervezet bevonásával. A nemzetközi egyeztetések és tesztelések alapján kialakított rendszerben jelenleg négy csoport van: a szociális, a környezeti, a gazdasági és az intézményi mutatók csoportja. Mindegyik több alcsoportra oszlik és ezeket egy vagy több indikátorral írják le.

A szociális mutatószámok csoportjában az egyenlőség, az egészség, oktatás, lakás, biztonság és a népeség változása és megoszlása szerepel.

A környezeti mutatók témái: a légkör, az édesvíz, az óceánok, tengerek és tengerpartok, a föld és hasznosítása, végül a biológiai sokféleség.

A gazdasági mutatók témái: a gazdasági rendszer, a termelési és fogyasztási szokások (beleértve az anyag-és energiafelhasználást, hulladékgyártást és közlekedést).

Az intézményi mutatók két fő témája az intézményi keretek és az intézményi kapacitás.

A környezet állapota Magyarországon

A szennyező források és veszélyek térbeli eloszlása az utóbbi években módosult. Már nem csak néhány ipari körzetre összpontosul, hanem sokkal szélesebb területre terjed ki. Ez nem változtat azon, hogy az ipari körzetekben át kell térni a környezetbarát technológiákra, hiszen ebben is súlyos adósságaink vannak. De az ipar mellett jelentős szennyezőforrás a mezőgazdaság és a közlekedés is. Megjelent a környezetszennyezés importja, nemcsak közvetlenül: az ideszállított hulladék formájában, de közvetve is: környezetszennyező tevékenységek áttelepítésével. Súlyos gondjaink vannak a levegővel, vízzel és talajjal, sőt már a mélyebb közterületekkel is.

A levegőszennyezés mértékét mutatja, hogy az ország területének néhány százaléka súlyosan, mintegy tizede mérsékelten szennyezett. A rendszeresen vizsgált 90 település közül 24 minősül „szennyezettnek“, 51 pedig „mérsékelten szennyezettnek“ és csak 15 kapott „megfelelő“ minősítést.

A kén-dioxid szennyezettség a legnagyobb Tatabánya, Dorog, Miskolc, Ózd, Kazincbarcika térségében, átlagban 50–70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ között.

A nitrogéndioxid szennyezettség sorrendje: Pécs, Győr, Dorog, Eger, Komló, átlagban 50–70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ között.

Az üledő por mennyisége Dunaujváros, Kecskemét, Tatabánya, Vác és Várpalota térségében a legnagyobb, meghaladva az 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ értéket.

Magyarország vízgazdálkodási adatait alapvetően meghatározza, hogy a vízfolyások többsége az ország határain kívül ered. A folyók vízhozama, vízminősége, az árvízi veszélyeztetettség mértéke a természeti tényezőkön kívül a felvízi országok vízgazdálkodásától és területhasználatától függ. Kiszolgáltatott állapotunkat jól jellemzi, hogy a felszíni vízkészletek 95%-a külföldről érkezik.

A szeszélyesen változó csapadékmennyiség miatt az ország aszályal (vízhiánnyal), ugyanakkor árvizekkel és belvizekkel egyaránt veszélyeztetett. Még nagyobb folyóink esetén sem ritka a maximális és minimális vízmennyiségek közötti több mint egy nagyságrend különbség. (Például a Duna Budapestnél tapasztalt minimális vízmennyisége 580 m^3/s , a maximum 8600 m^3/s , a Tisza esetében ugyanezek az adatok Szolnoknál minimum: 60 m^3/s , maximum: 3820 m^3/s , Szegednél minimum: 95 m^3/s , maximum: 4700 m^3/s .) Nagyobb árvíz esetén Magyarország 52%-a veszélyeztetett, negyede a mértékadó árszint alá esik, ahol mintegy 2,5 millió ember él. A kisvízfolyások hossza dombvidéken összesen mintegy 35 000 km, 1500 települést több mint 1800 kisebb vízfolyás keresztez. Az árvízveszélyes területek 97%-a mentesített, de a szükséges méretre csak a művek fele épült ki. A belvízcsatorna-rendszer a felesleges vizek 15 nap alatti eltávolítására képes. Mind az árvízvédelem, mind a belvízvédelem területén aggasztó, hogy a fenntartási munkák tartós elmaradása miatt a védelmi képesség egyre romlik, az elöntések valószínűsége évről évre nagyobb.

A nagy tavak – Balaton, Velencei-tó, Fertő tó, Tisza-tó – vízminőségének védelme több éves, az egész vízgyűjtőre kiterjedő komplex vízgazdálkodási fejlesztési programok végrehajtását igényli. A folyók szabályozása során keletkezett holtágak jelentősen előregedtek, elszenyeződtek.

Az ivóvíz nagy része, közelítőleg 90 %-a felszín alatti vízbázisból származik. A vízellátó művek kétharmada sérülékeny földtani környezetből termeli a vizet, ahol fennáll a szennyezés veszélye. Ilyenek például a főváros parti szűrési vízbázisai. Országsszerte szaporodnak azok az esetek, amikor jelentős többletköltséggel járó tisztítóberendezéseket kell építeni vagy az elszenyeződött vízbázist használaton kívül kell helyezni.

A lakosság többségének van vezetékcsatlakozás. A hálózatra kapcsolt lakások ellátottsága közel 90%-os. A csatornázás helyzete lényegesen rosszabb, a csatornára kötött lakások aránya csak valamivel több mint 40%. A két érték közötti különbség, az úgynevezett közműölló az 1980-as évektől egyre jobban kinyílt.

A szennyvízkezelő program lelassult. Az összegyűjtött szennyvizek 55%-a tisztítás nélkül jut a befogadóba és a tisztítás is csak mintegy harmadrészből felel meg az előírásoknak. Az ország több mint háromezer települése közül kevesebb mint ötszáz rendelkezik csatornahálózattal, még kevesebb szennyvíztisztító teleppel. A csatornázatlan területeken lévő közműpótló rendszereknek kevesebb mint 10%-a működik elfogadhatóan.

A vállalatok ipari vízsükségletek 50%-át a felszíni vizekből saját víztermeléssel biztosítják. Ennek jelentős része hűtővíz. Az ipari frissvíz felhasználás ennek ellenére messze meghaladja a kommunális vízfelhasználást.

Mezőgazdasági vízhasznosítás (öntözés) csak a megművelt terület mintegy 5%-án folyik. A vízszolgáltató főművek kapacitása kihasználatlan. A Duna-Tisza közén a talajvízszint jelentősen, helyenként 6–7 méterrel csökkent. A nem megfelelő öntözés miatt mintegy 10 000 négyzetkilométer nagyságú területet elsvitagosodás fenyeget.

Az országban évente 100 millió tonnát is meghaladó mennyiségű, fejenként több mint 10 tonna hulladék keletkezik. A települési szilárd hulladék mennyisége évente átlagosan 2–3%-kal nő. Az ártalmatlanítás mintegy 85%-ban lerakással történik, de a mintegy 2700 ismert lerakóhelynek csupán 30%-a felel meg az előírásoknak. A csatornázatlanul élő lakosságnál közel évi 100 millió köbméter települési folyékony hulladék keletkezik. Ennek 90%-a elszikkad a tározók helytelen kialakítása miatt. A termelési szférában keletkezett folyékony hulladékkal együtt jelenleg évi 20 millió köbméter kezelésére van lehetőség (kevesebb mint 20%).

Az évente keletkező veszélyes hulladék mennyisége mintegy 2,5 millió tonna. Ennek 30%-a égethető el, a többi fizikai-kémiai-biológiai ártalmatlanítást igényel. Szükség volna szakszerű elhelyezésre és új telephelyek kialakítására. Meg kellene oldani az üzemek saját lerakóhelyein tárolt veszélyes hulladékok kezelését. Kiemelendő a meddőhányók problémája. Mintegy 3500 meddőhányón összesen 1 milliárd tonna kezelendő anyag halmozódott fel. A kis és közepes aktivitású radioaktív hulladékok elhelyezésének gondja az előkészítésre fordított jelentős összegek ellenére sem megoldott.

Az utóbbi évtizedben a környezetvédelmi szempontok háttérbe szorultak, a szükségesnél kevesebb környezetvédelmi beruházás. Bár a nehézipar és mezőgazdaság termelésének visszaesése valamelyest csökkentette a környezetszennyezést, de növekedett a közlekedés miatti nitrogén-oxid kibocsátás, valamint a kommunális szemét és hulladék mennyisége. Több tízezerre tehető a egykori vagy ma is használt szennyezett telephelyek, létesítmények száma. A kármentesítés jelenlegi üteme mellett egy évszázad kellene a részleges megtisztításra, feltéve, hogy újabb szennyezés nem történik.

Nem vigasz számunkra, de objektíven meg kell állapítani, hogy sok ország küzd hasonló – esetenként enyhébb, másutt a mieinknél is sokkal súlyosabb – gondokkal. A környezet állapota globális probléma, a szinte reménytelen helyzetből csak hosszabb idő alatt, közös erőfeszítésekkel lehet kikerülni.

Feladataink a környezetgazdálkodás területén

Magyarország 2004-ben csatlakozott az Európai Unióhoz és be kell tartania az Unió szabályait, illetve törvényeit is. Ez a környezetet érintően 90 alapvető, vonzataival együtt, csaknem 300 jogszabály átvételét jelenti. Többségük normákat rögzít vagy tiltásokat tartalmaz, kettő a megelőzés szükségességét írja elő. Ezek a környezeti hatásvizsgálat direktíva és az integrált szennyezés megelőzésre és ellenőrzésre vonatkozó irányelv.

Közismert, hogy a lezárt csatlakozási tárgyalások után a környezet- és természetvédelemnek már csak négy területén kértünk (és kaptunk) a megvalósításra haladéktól (ún. derogációt). Ezek:

- települések csatornázása és szennyvízkezelés,
- a csomagolási hulladékok újrahasznosítása,
- a veszélyes hulladékok égetése és,
- a nagy égetőberendezések EU normáinak teljesítése.

A csatornázottsági mutatók megfelelő szintre emelését nagyban meghatározza, hogy a Kormány és az érintett települések önkormányzatai anyagilag milyen mértékben képesek vállalni a költségeket. Magyarországon a csatornahálózatba kötött lakások aránya 49%, az EU átlagnál (65%) jelentősen alacsonyabb érték. A hálózaton összegyűjtött 1600 m³/nap mennyiségből 45%-ot biológiai módszerekkel, 38%-ot csak mechanikai módszerekkel tisztítanak, 17% tisztítatlanul kerül a befogadóba. A tisztítókapacitás ugyan összességében meghaladja az összegyűjtött szennyvíz mennyiségét, de térbeli eloszlása nem megfelelő. A csatornahálózat kiépítése és az EU normáknak megfelelő szennyvíztisztítás kialakítása jelentős anyagi forrásokat igényel. Az egy km vízvezeték-hálózatra jutó szennyvízcsatorna-hálózat hossza az országos átlagot tekintve mintegy 367 méter (35,7%), de még a legfejlettebb régióban (Közép-Magyarország) sem haladja meg a 600 métert (60%), a legrosszabb helyzetű Dél-Alföldön pedig csak 226 méter (23%). Az országos felmérés szerint az EU

normák csak 2015-ig teljesíthetők. A vízbázisok védelméről szóló előírások bizonyos területein, például a szennyvízre érzékeny területek vízbázisainak védelmére vonatkozóan a 2008. évi teljesítést is vállalni tudtuk.

A csomagolási hulladékok hasznosítási arányával kapcsolatban két irányelvet kell betartani. Az egyik a legkisebb általános hasznosítási arány, amely nem lehet kevesebb mint 50%, a másik az újra felhasználási arány. Az 50%-os hasznosításhoz – többek között – ki kell építeni a szelektív gyűjtési rendszert és ezt csak 2005-re tudtuk vállalni.

A veszélyes hulladékok égetésére vonatkozó irányelv teljesítését szintén 2005-re vállaltuk. Az országban működő nagy égetőművek közül hat olyan erőmű van, amelyik jelenleg nem tudja teljesíteni az előírt normákat. A mentességi kérelem ezek esetében 2004 végén jár le.

Összefoglalás

A számos ok közül, melyek a környezetvédelmet és természetvédelmet szükségessé teszi, a legfontosabb az, hogy ez az emberiség túlélésének kulcsa. Az ember és természet azonos lényegűek, a természet törvényei tartósak, megváltoztathatatlanok. A túlélés érdekében az embernek együtt kell működnie a természettel. Abba kell hagyni a Föld erőforrásainak kizsákmányolását és el kell kezdeni egy ésszerű, önmagát megújító működést. Ezeket az elveket követve az emberi élet még hosszú ideig fennmaradhat.

A civilizáció fejlődése során az emberiség egyre fokozódó mértékben hasznosította a Föld anyagait. A 18. század óta a fosszilis energiahordozók bőséges energiát biztosítottak. Lényegében ez tette lehetővé az ipari forradalom kibontakozását. Az elsődleges energiahordozók, a jó minőségű érclelőhelyek és más szükséges ásványi nyersanyag lelőhelyek megtalálása egyre nehezebb, a rosszabb minőségűek hasznosításához bőséges energia kell. A következő évtizedekben az olaj-, szén- és gázkiutalás mellett fontos az alternatív energiaforrások hasznosítása. Egyre fontosabbá válik a víz szerepe.

Az emberi társadalom a hamis látszat ellenére nem egyre kevésbé, hanem egyre jobban függ a véges méretű Föld törekeny ökológiai rendszerének számunkra kedvező működésétől. Az erőforrások végesek, a cselekvés tere korlátozott. A károkozás lehetősége igen nagy, a kár elhárítása rendkívül költséges, sokszor lehetetlen. Az emberi életkörülményeket döntően fogja befolyásolni az, hogy mennyit tudunk és ismereteinket hogyan tudjuk hasznosítani. Pontosabban kell ismerni a folyamatokat, a beavatkozás következményeit, előre fel kell mérni, ki kell számítani a lehetséges hatásokat. Emiatt a környezettudomány nemcsak belső értékei miatt lényeges számunkra, hanem a túlélés egyik fontos eszköze is.

Irodalom

- Board on Sustainable Development, National Research Council, 2000: Our Common Journey, a transition towards sustainability National Academy Press, Washington D.C.
- Brundtland Report (World Commission on Environment and Development, Our Common future), 1987: Oxford University Press, New York.
- BULLA M., FOLTÁNYI ZS., MOSER J., VARGA É., VARGA J. (szerk.) 1993: Feladatok a XXI. Századra, az ENSZ Környezet és Fejlődés Világkonferencia dokumentumai, Föld Napja Alapítvány, Budapest.
- CSANÁDY R. A., POMÁZI I. és SZABÓ T. (szerk.), 1997: A fenntarthatóság felé: az Európai Unió Ötödik Környezetvédelmi Akcióprogramja (az EU program magyar fordítása). KTM, Budapest.
- CZELNAI R. 1999: A Világóceán Budapest, 1999. Vince Kiadó.
- FARAGÓ T. (szerkesztő), 2002: Nemzetközi együttműködés a fenntartható fejlődés jegyében és az Európai Unió fenntartható fejlődési stratégiája 1–66 Fenntartható Fejlődés Bizottság.
- Hall D. H. 1976: History of the Earth Sciences during the Scientific and Industrial Revolution. Elsevier.
- Magyar Nemzeti Bizottság. 1991: Nemzeti Beszámoló az ENSZ 1992. Évi „Környezet és Fejlődés” Világkonferenciájára.
- MESKÓ A. 2000: Átmenet a fenntarthatósághoz a XXI. Században. Beszámoló az InterAcademy Panel (IAP) 2000. évi konferenciájáról, Tokyo, 2000. május 15–18. Magyar Tudomány pp. 1252–1260.
- MESKÓ A. 2003: A környezetvédelem feladatai az EU csatlakozás előtt. In: MESKÓ A. (szerk.): Európai Unió csatlakozás és földtudomány, 67–84. MTA Társadalomkutató Központ, Budapest.
- SIEFERLE R. P. 1982: Der unterirdische Wald. Energiekrise und Industrielle Revolution. Beck. München
- SIEFERLE R. P.: The energy system – a basic concept of environmental history. In: P. BRIMBLECOMBE, C. PFISTER (eds.) The Silent Countdown, 1990 p. 9–20. Springer Berlin.
- SMITH D. G. (szerk.): The Cambridge Encyclopedia of Earth Sciences. 1981. Cambridge.

United Nations Conference on Environment and Development, 1992: Report of the United Nation Conference on Environment and Development Rio de Janeiro, 3–14 June 1992. (Annex I: Rio Declaration, Annex III: Agenda 21).

World Bank, 1997: World development indicators, Washington: The World Bank.

<http://www.unesco.org/science/wcs>

<http://www.mta.hu>

<http://europa.eu.int/comm/research/fp6/index>

<http://www.cordis.lu>