

Faragó T., 2017: Az ózonréteg megmentése: ..
Magyar Tudomány, 178:9, 1105-1113. o.
<http://www.matud.iif.hu/2017/09/12.htm>

AZ ÓZONRÉTEG MEGMENTÉSE:

Egy globális környezeti áterhelés
évfordulói és tanulságai

Faragó Tibor

a földrajztudományok kandidátusa
Szt. István Egyetem c. egyetemi tanára
ELTE Környezettudományi Doktori Iskola oktatója
Tibor_Farago@t-online.hu

„Az ózonréteg csökkenése [...] nagyon komolyra fordulhatott volna, ha felfedezése nem váltotta volna ki a közvélemény aggodalmát, és azt nem követték volna gyors intézkedések. Szerencsére soha nem fogjuk megtudni, hogy máskülönben e súlyos helyzet milyen mértékűvé vált volna.” (Bert Bolin¹, 2007)

A kemény freon esete az ózonnal: az áterhelés első szakasza

A Nemzetközi Geofizikai Év programja a Tudományos Uniók Nemzetközi Tanácsának (ICSU) koordinálásával 1957 júliusában kezdődött, és a hidegháborús időszak feszültségei ellenére e nagyszabású együttműködésbe több mint hatvan állam – mind az öt földrészről és mindhárom „világból”² – aktívan bekapcsolódott. E program egyik kiemelkedő jelentőségű összetevője lett a légköri ózon megfigyelése. Ezzel a céllal kezdte meg működését 1957-ben a Globális Ózon Megfigyelési Rendszer (GO3OS) és első lépésként mintegy negyven mérőeszközt, Dobson-spektrofotométert telepítettek a Nemzetközi Ózon Bizottság irányítása mellett különböző országokba. (A bizottság akkori elnöke Gordon M. B. Dobson volt, akiről nemcsak az említett mérőműszert, hanem a légköri ózonmennyiség mértékegységét is elnevezték). Teljességgel indokolt volt e mérésekre és az összegyűjtött adatok értékelésére irányuló kezdeményezés. A légköri ózon felfedezését és a földi élet számára különösen veszélyes ultraibolya sugárzás kiszűrésében játszott szerepének 19. századi feltárását követően már a 20. század első felében néhány helyen végzett mérésekből kiderült a légköri ózonmennyiség nagyfokú változékonysága.



Az 1957-ben létrejött monitoring hálózat egyik állomását – a Brit Antarktisz Kutatóprogram támogatásával – az Antarktika Halley-öblében lévő jégtablára telepítették, és az ott gyűjtött adatok alapján volt először megállapítható **a Déli-sarkvidék felett az ózon nagymértékű – természetes okokkal magyarázott – évszakonként ingadozása** (Dobson, 1968).

¹ Bert Bolin svéd tudós (1925–2007) a Nobel-békedíjas IPCC első elnöke volt.

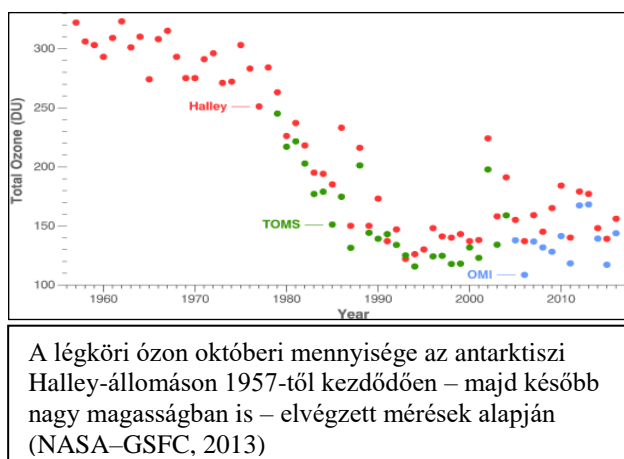
² Több kelet-európai ország – köztük Magyarország is – részt vett e programban.

Ugyanebben az évtizedben már tömegével gyártották az új típusú hűtőberendezéseket, amelyekben már szintetikus előállított anyagok lettek a hűtőközegek. Az adott célra kiváló tulajdonságokkal rendelkező Freon-11 (CFC-11) és Freon-12 (CFC-12) klórozott-fluorozott szénhidrogének gyors ütemben váltották fel a korábban ilyen célra alkalmazott, több szempontból is veszélyes – mérgező hatású, illetve gyúlékony – hűtőanyagokat (ammónia, kén-dioxid, metil-klorid).

E telített vagy „kemény” freonok karrierje gyorsan ívelt felfelé mindenekelőtt a fejlett országokban: becslések szerint az 1970-es évek elején a fent említett mindkét vegyületből már külön-külön évi egymillió tonnát állítottak elő. Más halogénezett szénhidrogének – halonok és egyéb freonok – mind szélesebb körben hasznosultak ipari-technológiai folyamatokban és különböző eszközökben (szórófejes palackok hajtógázaként, tűzoltó készülékekben stb.). Ezek az anyagok az előállítás, a használat vagy az azokat tartalmazó berendezések javítása, használatból való kivonása során jutottak a levegőkörnyezetbe, de ennek esetleges következményeivel, mellékhatásaival nem számoltak. Azt mindenképpen tekintetbe kellett volna venni, hogy **a növekvő kibocsátás e gázok nagyfokú stabilitása miatt növekvő légköri koncentrációt és ezáltal jelentős környezetterhelést okoz,** még ha akkor ennek bármilyen további lehetséges hatása nem is volt ismert.

Az 1970-es évek elején – közvetve Paul J. Crutzen vizsgálatai alapján – felmerült, hogy a magaslégtér ózon bomlásához esetleg emberi tevékenységek is hozzájárulhatnak, James E. Lovelock pedig a sokféle elvégzett felszínközeli mérések alapján megállapította, hogy a fizikailag és kémiailag felettebb „állékony” freonok már mindenütt megtalálhatók a légkörben. Ebből is kiindulva 1974-ben Mario J. Molina és Sherwood F. Rowland levezette, hogy akár a sztratoszférába is feljuthatnak a freonok, ott gyorsan el tudnak bomlani egy olyan behatásra, ami a felszín közelében nemigen érvényesülhetett (az ultraibolya sugárzás által előidézett fotolízis), az így keletkező klór pedig elbonthatja az ózonmolekulákat. Viszont a Freon-11 és Freon-12 vegyületeknek ez a hatása nyilván „nem azonnal érezhető azt követően, hogy a felszín közelében megjelennek, mivel a 25 km-es és annál magasabbra történő felfelé irányuló diffúziójukhoz időre volt szükség” (Molina – Rowland, 1974). Ezáltal vált érthetővé, hogy miért tarthat akár pár évtizedig, amíg ezen anyagok környezeti kibocsátása a magaslégtérben számottevő ózonkárosítást okozhat.

Ha a fent hivatkozott elemzések következtetései – az ózonréteg veszélyeztetésére és ezáltal a felszínre elérő, a földi élet számára káros ultraibolya-sugárzás erősödésére vonatkozóan – mérésekkel is igazolhatóvá válnak, akkor ezt egy sajátos átterhelésként kell értelmezni. Az ártalmatlannak vélt **freonok bevezetésével és széleskörű alkalmazásával sikerült ugyan megszabadulni a korábbi veszélyes (gyúlékony és toxikus) hűtőanyagoktól, viszont ez az újítás nem szándékolatlanul egy sokkal kockázatosabb környezeti problémához vezet.**



Újabb tíz évnek kellett eltelnie, mire az időközben sokat javult megfigyelési eszközökkel kimutathatóvá vált, hogy a kérdéses vegyületek már valóban megtalálhatók a

magaslégköri ózonréteg szintjén, és felelősek lehetnek ott az ózon keletkezés és elbomlás – természetes hatások által befolyásolt – addig kialakult egyensúlyának megszűnéséért.

Az erre vonatkozó mérési, elemzési eredményeket a már említett Brit Antarktisz Kutatóprogram akkori munkatársai tették közzé: *1984 decemberében* benyújtott írásukat a *Nature* folyóirat *1985. évi májusi* száma közölte (Farman et al., 1985). ***Az ózonréteg tehát veszélybe került***, amit a folytatódó mérések megerősítettek. Világossá vált, hogy mielőbb korlátozni kellene a rendkívül hasznosnak bizonyult, de súlyos környezeti mellékhatásokat okozó klórozott-fluorozott szénhidrogének előállítását és alkalmazását, mert csak így érhető el a légkörbe való kijutásuk megakadályozása és a magaslégköri ózon további károsodásának elkerülése.

Az ózonnal és az ózonkárosító anyagokkal kapcsolatos tudományos eredményeikért 1995-ben a fent említett három tudósnak – Paul J. Crutzennek, Mario J. Molinának, Frank Sherwood Rowlandnak – ítelték oda a kémiai Nobel-díjat.

Az ózonréteg megmentése: a Montreali Jegyzőkönyv, 1987

Az ózonréteg veszélyeztetése miatt erősödő aggályok nyomán – mintegy négy éven keresztül tartó kormányközi tárgyalások lezárásaként – *1985 márciusában* Bécsben jóváhagyták az ózonréteg védelméről szóló egyezmény szövegét. Viszont a probléma meglétét, igazoltságát, okait illetően hangoztatott ellentétes álláspontok miatt csak általában az *elővigyázatossági megközelítésre való hivatkozással és a környezeti kibocsátásokra vonatkozó bármilyen konkrét célok meghatározásának mellőzésével lehetett konszenzust elérni*.

Az egyezmény alapján az ahhoz csatlakozó államok eldönthették, hogy *önkéntesen* megkezdik-e a kérdéses vegyi anyagok előállításának, használatának csökkentését, „ha úgy találják, hogy e tevékenységnek az ózonréteg módosításából vagy valószínű módosításából eredő káros hatásai vannak vagy lehetnek”.

Az ezt követően nyilvánosságra került addigi és újabb – de sokak szerint még mindig nem kellő bizonyosságot szolgáltató – megfigyelési, tudományos értékelési információk alapján bár sürgetőbbé vált konkrétabb intézkedések meghatározása, de ennek gazdasági, kereskedelmi szempontok, érdekek jelentették komoly akadályát. Az érintett szintetikus vegyületeket ugyanis alapvetően a fejlett országokban állították elő, és akkor még elsősorban ott is használták. Ennek tudható be, hogy az egyezmény rendelkezéseinek szigorítására irányuló tárgyalásokon a fejlődő országok képviselői – nagyon kevés kivételtől eltekintve – nem vettek részt.

Harminc évvel ezelőtt – 1987 szeptemberében Montrealban – fogadták el a magaslégköri ózonréteg védelmével foglalkozó újabb nemzetközi megállapodást, amelynek keretében a felek végre elkötelezték magukat, hogy visszafogják, illetve fokozatosan csökkentik bizonyos ózonkárosító anyagok előállítását és használatát. E szabályozás az akkor már nagy mennyiségben alkalmazott szintetikus anyagokra terjedt ki, amelyeknek a hűtő- és klímaberendezések hűtőközegeként, különféle szórófejes flakonok hajtógázaként, illetve tűzoltó készülékek oltóanyagaként való felhasználása volt a közvélemény számára a legismertebb.



Az 1987. évi megállapodás – a *Montreali Jegyzőkönyv* – ötféle freonnal és háromféle halon gázzal kapcsolatos szabályozásról szól, és a fentiekben említett eltérő érintettség és érdekelttség miatt csupán huszonnégy állam delegációi véglegesítették és hagyták jóvá akkor e jegyzőkönyv szövegét (Morrisette, 1989). Ehhez képest jelenleg e megállapodást a későbbi szigorításaival együttvéve a nemzetközi környezetvédelmi összefogás egyik szimbólumának, különösen hatékony eszközének tekintik, amelynek már 197 állam a részese. A széleskörű együttműködés létrejöttében nagy szerepe volt e veszélyes globális környezeti folyamatra vonatkozó megfigyelési és tudományos információknak, a kevésbé ózonkárosító anyagok előállítására irányuló ipari kutatásoknak és fejlesztéseknek, valamint a fejlődő országok számára biztosított hosszabb teljesítési határidőknek és részükre a technológiaváltást elősegítő pénzügyi támogatásoknak.

A jegyzőkönyv hatályát többször kiterjesztették újabb és újabb ózonkárosító anyagokra, továbbá rövidebb határidejű és nagyobb mértékű csökkentést – sok esetben teljes megszüntetést – írtak elő azok termelésére és felhasználására. Ez arra ösztönözte a vegyipart, hogy e vegyi anyagok kiváltására kevésbé vagy már egyáltalán nem ózonkárosító vegyületeket kísérletezzen ki, teszteljen, s ezt követően azokkal kezdjék meg a korábban használt anyagok fokozatos helyettesítését.

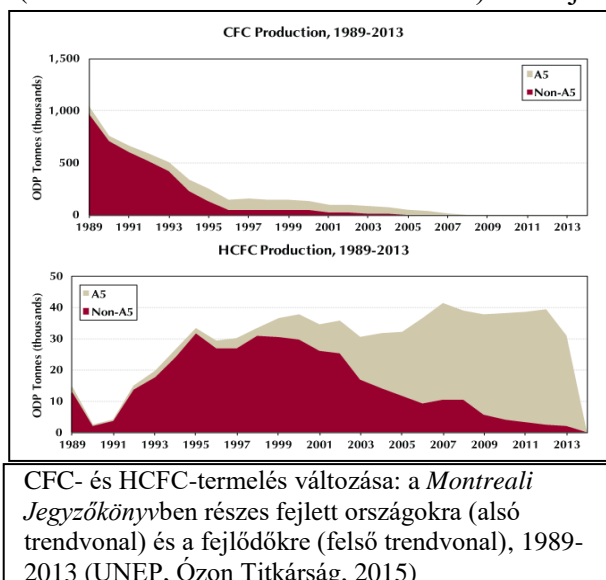
Az „ózonbarát” vegyi anyagok mellékhatása: az átláthatóság második szakasza

A különböző emberi tevékenységekből a légkörbe kibocsátott üvegházhatású gázoknak a globális éghajlati rendszerre gyakorolt lehetséges hatását is az 1950-es évektől kezdték behatóbban tanulmányozni. 1957 szeptemberében indult meg – ugyancsak a Nemzetközi Geofizikai Év programjának keretében – a légköri szén-dioxid-koncentrációnak az addigiaknál pontosabb mérése a Mauna Loa Observatóriumban; ezt a mérési sort azóta is egyfajta etalonnak tekintik.

A hosszabb légköri tartózkodási idejű üvegházhatású gázok sorában már az ózonvédelmi egyezmény és jegyzőkönyv kidolgozása során felmerült az azok által tárgyalt vegyületeknek az éghajlatot érintő hatása is. Az egyezményben végül csak arra utaltak, hogy a légköri ózon mennyiségében, vertikális eloszlásában mutatkozó változásoknak van éghajlati, a levegőhőmérsékletet befolyásoló vonatkozása, és ezt is vizsgálni kell. *A Montreali Jegyzőkönyv viszont már hivatkozott az általa szabályozott ózonkárosító anyagok kibocsátásának az éghajlatra gyakorolt potenciális hatására.*

Az ózon maga is üvegházhatású gáz, és mennyiségének – különböző emberi tevékenységek miatt is történő – változása mind a felszín közelében, mind a sztratoszférában számottevő tényező a légköri sugárzási mérleg alakulásában. Az ózonrétegre gyakorolt hatásuk mellett az 1980-as évektől kezdve **növekvő figyelmet fordítottak az ózonkárosító vegyületek rendkívül nagyfokú üvegházhatására is.** Ebben a vonatkozásban éppen ellentétes irányú, de eltérő mértékű hatása volt a halogénezett szénhidrogének légköri kibocsátásának és a magaslégtéri ózon nekik tulajdonított csökkenésének. A *Montreali Jegyzőkönyv* által szabályozott vegyi anyagok előállításának, használatának gyors ütemű felszámolása kifejezetten előnyös lett klímapolitikai szempontból is.

Az ózonszféra védelmével foglalkozó nemzetközi előírásokat rendre szigorították a jegyzőkönyv módosításaival, kiegészítéseivel (1990–2007 között hat alkalommal). Az újabb szintetikus vegyületek sorában a korlátozásokat kiterjesztették a kevésbé ózonkárosító anyagokra is, így például a freonok esetében az átmeneti helyettesítésre szánt, nagyon sokféle telítetlen avagy „lágy” freonra (HCFC). Ezek ózonkárosító potenciálja (ODP) átlagosan a századrésze a Freon-11 (CFC-11) ilyen képességének, de 2007-ben a célkitűzés már az volt, hogy megszűnjön e vegyi anyagok használata is, illetve minimálisra csökkenjen, ahol még bizonyos okokból indokolt maradt az alkalmazásuk. Ezzel párhuzamosan fejlesztették ki a teljességgel „ózonbarát” anyagokat, így többek között a már klórmentes „zöld” freonokat (HFC).



Ezáltal elérkeztünk a **globális környezeti átterhelés újabb szakaszához, hiszen az ózonszféra-károsítás problémájának megoldása olyan átmeneti vagy végleges helyettesítésre tervezett szintetikus anyagok felhasználását jelentette, amelyek környezeti kibocsátása viszont lényegesen hozzájárul a globális éghajlatváltozás kockázatához.** Ennek érzékeltetésére csupán két adat: a szén-dioxid-molekula üvegházhatását kifejező egységnyi értékhez – globális melegítő potenciáljához (100 éves időtávban számított GWP-hez) – képest a Freon-12 mintegy tízezerszeres hatású, de még az annak hűtőközegként való kiváltására elterjedten használt „ózonbarát” vagy „zöld” freon is, a HFC-134a jelű fluorozott szénhidrogén közel 1500-szoros klímahatású.

Az „ózon kontra klíma” konfliktus: az éghajlatvédelmi Kiotói Jegyzőkönyv, 1997

Az üvegházhatású gázok antropogén kibocsátásával és a kockázatos következményekkel összefüggő nemzetközi együttműködés fordulópontját jelentette, amikor 1988-ban megalakult az e témakörben közzétett tudományos eredményeket összesítő, értékelő Éghajlatváltozási Kormányközi Testület (IPCC), valamint ENSZ-határozat született a globális éghajlat védelméről (A/RES/43/53). E határozat egyrészt sürgette a világ államait, hogy csatlakozzanak az ózonszféra védelmével foglalkozó egyezményhez és jegyzőkönyvhöz, másrészt felvetette, hogy az éghajlat ügyében is szükség lehet egy nemzetközi egyezmény kidolgozására.

Az Éghajlatváltozási Kormányközi Testület már az 1990. évi első értékelésében megerősítette, hogy az ózonszféra csökkenését okozó szintetikus anyagok egyúttal jelentékeny üvegházhatással rendelkező gázok. Az 1995-ben nyilvánosságra hozott második jelentés részletesen tárgyalta a légköri sugárzásátvitelre és ezen keresztül az éghajlati viszonyokra gyakorolt akkori és lehetséges jövőbeli hatást: a légköri ózon, a különböző mértékben ózonkárosító telített és telítetlen freonvegyületek (CFC, HCFC), illetve a kiváltásukra bevezetendő „ózonbarát” anyagok (HFC) esetében. Ezek az értékelések fontosnak bizonyultak – az 1991-ben megkezdett és a klímaegyezmény kidolgozásához elvezető, majd az 1995-től

újrainduló és az egyezményhez képest sokkal konkrétabb kötelezettségeket tartalmazó jegyzőkönyv elfogadását eredményező – nemzetközi klímátárgyalásokon résztvevők számára.

Az 1992-ben elfogadott *ENSZ Éghajlatváltozási Keretegyezmény* (UNFCCC) csak az olyan üvegházhatású gázok kibocsátásának szabályozásáról rendelkezett – tételes megadásuk nélkül –, amelyek nem tartoztak a *Montreali Jegyzőkönyv* hatálya alá. Az 1997. évi *Kiotói Jegyzőkönyv* viszont már egyértelműen meghatározta e gázokat, köztük a fluorozott szénhidrogéneket (HFC), mint amelyek légköri kibocsátásának csökkentésével – a kialakult globális környezeti problémaért viselt nagyobb történelmi felelősségük okán – mindenekelőtt a fejlett országoknak kell foglalkozniuk. Emellett a *Kiotói Jegyzőkönyv* hivatkozik a HFC-khez hasonlóan „ózonbarát”, tehát a *Montreali Jegyzőkönyv* által nem szabályozott szintetikus PFC-vegyületekre is (perfluorkarbonok), amelyek néhány olyan alkalmazásban bizonyultak hatékonynak, ahol eladdig az ózonkárosító freonok egyes fajtáit használták. E klímavédelmi, klímapolitikai nemzetközi együttműködésre nagy hatással voltak azok a megoldási eszközök, eljárási módok (precedensek), amelyekről az ózonréteg megőrzése érdekében állapotok meg néhány évvel korábban (Faragó, 2016). Ezek a megoldás- és eljárásbeli hasonlóságok azonban nem lehettek elégségesek a globális klímaprobléma ugyanolyan fokozatosan eredményes kezeléséhez, mint ahogyan az történt az ózonréteg esetében, hiszen két nagyon különböző – bár a hajtóerők, a szabályozott vegyületek és azok hatásai kapcsán kölcsönhatásban is álló – globális folyamatról van szó.

Sajátos helyzet állt elő. Egyfelől az ózonréteg védelmével foglalkozó *Montreali Jegyzőkönyv* hatékony végrehajtása érdekében e témakör szakértői a korábbiaknál sokkal kevésbé ózonkárosító anyagok kifejlesztését, bevezetését szorgalmazták, illetve olyan „ózonbarát” vegyületeket, amelyek formálisan már nem is tartozhattak e jegyzőkönyv hatálya alá (hiszen egyáltalán nem veszélyesek a magaslégköri ózonra). Másfelől viszont mindezen anyagok igen hosszú légköri tartózkodási idővel és nagyon jelentős „klímamódosító” hatással, azaz globális melegítő potenciállal (GWP) rendelkeztek. Már a *Kiotói Jegyzőkönyv* előkészítése során felmerült ez az ellentmondás, de az érintett szakértői testületek között nem alakult ki egyetértés arról, hogy melyik egyezmény, illetve jegyzőkönyv égisze alatt kellene feloldani az ellentétet és megoldani e problémát³.

A *Kiotói Jegyzőkönyv* elfogadását követően a *Montreali Jegyzőkönyv* soron következő találkozásán (1998) csupán arról hoztak határozatot, hogy e vegyületeket (HFC, PFC) jellemző információk átadásával segíteni kell a klímátárgyalások résztvevőit. A tárgyalódelegációk egy csoportja⁴ ezzel elégedetlen volt, és felszólította az ózonvédelmi jegyzőkönyv testületeit, hogy „ne támogassák az átmeneti anyagokat (HCFC), ha azok helyett környezetbarát alternatívák és technológiák elérhetőek”, továbbá e jegyzőkönyvhöz csatlakozott országokat, hogy ***ne ösztönözzék az ózonkárosító anyagok kiváltására olyan alternatív anyagok használatát, amelyek jelentősen hozzájárulnak a globális éghajlatváltozáshoz*** (UNEP, 2012). Az előzőekben már volt utalás arra, hogy 2007-ben döntés született a lágycsoporthoz (HCFC) kiváltásának gyorsításáról. 2009-től kezdődően pedig minden évben három észak-amerikai ország⁵ közös javaslatot tett arra, hogy vegyék fel a *Montreali Jegyzőkönyv* hatálya alá az „ózonbarát” fluorozott szénhidrogéneket (HFC) is, valamint mindkét utóbb említett vegyianyag-csoportra ezentúl tüntessék fel a globális melegítő potenciáljukat is.

³ E cikk szerzője az éghajlatváltozási egyezmény tudományos testületének első elnöke volt

⁴ E csoport magában foglalta az EU tagjait és a társult országokat, valamint több fejlődőt is

⁵ Kanada, Mexikó, USA

Végül 2016 októberében született meg a 197 részes fél között az egyetértés az „ózonbarát” fluorozott szénhidrogének (HFC) ügyében. ***A Montreali Jegyzőkönyv legújabb szigorítása – Kigali Módosítás – értelmében 2019-től kezdődően fokozatosan csökkentik az ózonréteg védelméhez kiváló, de a klímavédelem szempontjából káros vegyületek (HFC) előállítását és használatát,*** úgy, hogy minden ország vonatkozásában legkésőbb 2047-ig (!) bezárólag 85%-os csökkentést érjenek el. (Ebben az esetben is a fejlődőkre és a fejlett országokra eltérő ütemezés érvényes, az utóbbiaknak mintegy tíz évvel korábban kell elérniük az egyes részcélokat.) Időközben olyan anyagokra kell áttérni a sokféle technológiában és termékben, amelyek nem vagy sokkal kevésbé környezetterhelők mind az ózon-, mind pedig a klímaprobléma vonatkozásában. Ha hosszú idő után is ezzel ***remélhetően lezárul az egyszerűség kedvéért „ózon kontra klíma” konfliktusnak nevezhető globális környezeti átterhelés ügye*** – feltéve, hogy ezúttal már olyan új helyettesítő, azaz újszerű anyagok lépnek az eddigi – már mindkét szempontból jónak ítélt „alternatív” – anyagok helyébe, amelyek nem járnak együtt egy még újabb káros vagy kockázatos hatással.

Tanulságok

A földi környezetre gyakorolt növekvő mértékű emberi hatások különösen a múlt század közepétől kezdve erősödtek meg. E folyamatok kellően pontos feltárásához, okaik azonosításához és lehetséges következményeik felméréséhez elengedhetetlen volt a globális környezeti megfigyelési rendszer kiépülése, sokféle tudományág képviselőinek együttműködése. Ugyanettől az időszaktól kezdődően nagy iramban újabb és újabb technológiák, eszközök, anyagok – köztük a vegyipar által előállított szintetikus vegyületek – jelentek meg és terjedtek el először a fejlett országokban, majd fokozatosan a fejlődő országokban is. Mindezzel nemcsak a természeti erőforrások iránti igény erősödött, hanem a káros vagy kockázatos környezeti kibocsátások mértéke és üteme is.

A magaslégköri ózonréteg károsítása lett a globalizációs folyamat egyik – előre nem sejtett, nem szándékolt, de – rendkívül tanulságos esete. Az ehhez a problémához vezető, új vegyi anyagok szintetizálását jelentő találmányok által kiváltható, megszüntethető lett a sok szempontból problémát okozó korábbi technológiák és anyagok alkalmazása, de utóbb rá kellett arra ébredni, hogy mindez súlyos mellékhatásokkal járt együtt. Az újítások nem kellően kiterjedt hatásvizsgálatára és az ebből fakadó káros következményekre sok történelmi példát lehet felhozni (a természeti környezettel összefüggő beavatkozások mellett például bizonyos ipari eljárások, mezőgazdaságban használt vegyszerek, gyógyászati célú anyagok és eszközök kapcsán), de ebben az összefüggésben legalábbis ***a környezetvédelem területén az ózonréteg veszélyeztetése jelenthette az első globális szintűvé vált átterhelést.***

Külön tanulsága ennek az esetnek, hogy bár a problémát előidéző anyagok többségének kivonása – a harminc évvel ezelőtt elfogadott *Montreali Jegyzőkönyv*, illetve annak szigorításai alapján – belátható időn belül befejeződik, de évtizedeknek kell még eltelniük, mire az ózonréteg visszatér a „régii” állapotába.

A történet fejleményei és tanulságai sajnos itt nem értek véget, hiszen ***az ózonkárosítás veszélyes folyamatának megállítására elhatározott megközelítés – ismét csak akaratlanul, a kellő előrelátás hiányában – egy másik globális probléma kibontakozásához járult hozzá.*** Az ózonréteg védelméről szóló előírások szigorításaival párhuzamosan születtek meg az éghajlatvédelmi célú nemzetközi jogi eszközök: az 1992. évi keretegyezményt követően a húsz évvel ezelőtt jóváhagyott *Kiotói Jegyzőkönyv*, majd annak *Dohai Módosítása* (2012) és

legújabbán a 2015. évi *Párizsi Megállapodás*. De hosszú időn át megoldatlan maradt e két környezetpolitikai együttműködési terület mezsgyéjére került vegyületek helyzete, amelyek nagyszerűnek bizonyultak az ózonzédelem számára, de meglehetősen károsnak a klímazédelem szempontjából.

Ezeknek, a nemzetközi környezeti szabályozás tekintetében „árva” szintetikus anyagoknak a sorsa végül 2016 végén oldódott meg, amikor *a Montreali Jegyzőkönyv részes felei hajlandónak mutatkoztak az „ózonbarát”, de nem „klímabarát” vegyi anyagok – szabályozási értelemben vett – visszafogadására. Ezáltal végre, ha hosszabb távon is, olyan megoldásokat szorgalmaztak, amelyek az ennek a megállapodásnak a hatálya alá eső probléma kezelésével nem egy másik globális környezeti folyamatot és az azzal foglalkozó nemzetközi együttműködést érintően okoznak komoly gondot.*

Kulcsszavak: ózonréteg, ózonkárosítók, üvegházhatású gázok, környezeti átterhelés

IRODALOM

- Bolin, Bert R. J. (2007): *A History of the Science and Politics of Climate Change*. Cambridge University Press
- Dobson, Gordon M. B. (1968): Forty Years' Research on Atmospheric Ozone at Oxford: a History. *Applied Optics*. 7- 3, 388–405.
- Faragó Tibor (2016): The anthropogenic climate change hazard: role of precedents and the increasing science-policy gap. *Időjárás*. 120:1, 1-40. (<https://edit.elte.hu/xmlui/handle/10831/30267>)
- Farman, Joseph C. – Gardiner, Brian G. – Shanklin, Jon D. (1985): Large Losses of Total Ozone in Antarctica Reveal Seasonal ClOx/NOx Interaction. *Nature*. 315, 207–210.
- Molina, Mario J. – Rowland, F. Sherwood (1974): Stratospheric Sink for Chlorofluoromethanes: Chlorine Atom-catalysed Destruction of Ozone. *Nature*. 249, 810–812.
- Morrisette, Peter M. (1989): The evolution of policy responses to stratospheric ozone depletion. *Natural Resources Journal*. 29, 793-820.
- NASA–GSFC (2013): Facts about Ozone Hole History. Goddard Space Flight Center
- UNEP (2012): *Handbook for the Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer*. Ninth edition, Ozone Secretariat, UNEP