

A LÉGKÖR ÉS A LÉGKÖRTUDOMÁNY JELENTŐSÉGE (ahogyan annak megismerése meghatározta a további szakmai pályámat)

THE ATMOSPHERE AND THE SIGNIFICANCE OF THE ATMOSPHERIC SCIENCE (how its recognition determined my further professional career)

Faragó Tibor

ELTE Környezettudományi Doktori Iskola, Tibor_Farago@t-online.hu

Összefoglalás. A szerző 1974 és 1992 között volt az Országos Meteorológiai Szolgálat egyik intézetének munkatársa⁺. Osztályvezető, főosztályvezető, végül az intézet igazgatója. Ebben az időszakban többek között szélsőséges levegőkörnyezeti események vizsgálatával, az éghajlat és az éghajlatváltozás különböző problémáival foglalkozott. Későbbi munkahelyén, a Környezetvédelmi Minisztériumban osztályvezetői, főosztályvezetői, majd államtitkári szintű vezetőként hazai és nemzetközi környezetstratégiai témák, köztük a klímapolitikával is összefüggő ügyek tartoztak a feladatkörébe. Több nemzetközi szervezettel való szakmai-koordinációs kapcsolatért is felelt, beleértve az IPCC-t és az ENSZ éghajlatváltozási egyezményének testületeit is. Mint kutató, és mint környezetpolitikai résztvevő, foglalkozott és foglalkozik a globális jelentőségű környezeti folyamatok és azok sorában a „klímaügy” nemzetközi és hazai vizsgálatának és kezelésének a fejleményeivel. Írásában a kezdetektől, a múlt század hetvenes éveitől napjainkig foglalja össze közel lexikális részletességgel az ezzel kapcsolatos történéseket, egyúttal elismerve számos kiváló kolléga tevékenységét.

Abstract. The author worked for one of the institutions of the National Weather Service between 1974 and 1992. He was head of division, head of department, finally director of that institute. During this period, inter alia, he dealt with the analysis of extreme atmospheric events, various aspects of climate and climate change. Afterwards, at the Ministry of the Environment as head of division, director-general and finally as state secretary, he was responsible for various national and international environmental affairs, including those related to the climate policies. As national focal point he coordinated the cooperation with several international organisations, e.g., the IPCC and the various bodies established by the UN convention on climate change. As a researcher and as a participant of environmental policymaking, he has been dealing with the international and national scientific and policy developments related to various global scale environmental processes, such as the global climate change. From the early seventies of the last century up till now, he summarises in almost lexical details, what happened in this field also acknowledging the activities of many outstanding colleagues.

Bevezetés. Az 1970-es évek elején kerültem kapcsolatba a légkörtudomány témáival, azok gyakorlati alkalmazásaival foglalkozó meteorológiai intézettel, majd lettem annak munkatársa. A rákövetkező közel két évtized alatt sok kiváló kollégát ismerhettem meg, többüknek köszönhettem, hogy ott tanulhattam, magam is munkálkodhattam e szakmai területen, részt vehettem kutatási, publikációs tevékenységben és különféle feladatok megoldásában. Mindez nagy hatással volt arra is, amikor a továbbiakban a tág értelemben vett hazai és nemzetközi környezeti ügyekkel, a környezettudomány és a környezetpolitika kapcsolataival foglalkoztam.

Az első tanítók és a tanultak

A „*kívülről érkezett*”. Első munkahelyemen – a Távközlési Kutatóintézetben – néhány matematikai tanulóalgoritmussal foglalkoztunk és ezek egyik felhasználása kötődött a meteorológiához. Ennek nyomán lettem 1974-ben a klimatológiai és a megfigyelő hálózattal is foglalkozó intézet munkatársa, annak köszönhetően, hogy az ezt az intézetet is magában foglaló szolgálat (OMSZ^{*}) új vezetője, *Czelnai Rudolf* meg akarta ott erősíteni a fejlettebb matematikai módszerek alkalmazását. Akkor néhányan kaptunk erre felkérést: *Dévényi Dezső*, *Gulyás Ottó* és jómagam. Közvetlen szakmai vezetőink *Ambrózy Pál* és *Götz Gusztáv* lettek, akik a légköri folyamatok elméleti kérdéseiben nagyon avatottak voltak és

mindketten segítőkészen támogattak bennünket. Számomra is – különösen, mint „*kívülről érkezettnek*” – a szakterület ismeretek elsajátításában fontos szerepe volt: a szakkönyvtárnak, a rendszeres kutatási beszámolóknak, az évenként megtartott akadémiai tudományos napoknak (MTN), az MMT által szervezett vándorgyűléseknek, a publikálási elővárásoknak és lehetőségeknek. A nem sokkal korábban Szolgálatá „felminősített” intézménynek ekkor három intézete volt. Kezdetben nekem ez „csak” azt jelentette, hogy a lőrinci intézetben (KLFI) megtartott tudományos szemináriumon lehetett légkörfizikai, levegőkémiai előadásokat meghallgatni vagy megérteni, hogy miként végzik szondával a magaslégköri megfigyeléseket. Máskor az előrejelző intézetben (KEI) végigkövethettem a szinoptikusok aznapi helyzetértékelését vagy rövidtávú időjárás-előjelzési kutatásokról szóló beszámolókat. A leggyakrabban persze a meteorológiai intézetben (KMI) vehettem részt az előadásokon.

A mai napig emlékszem a témaköreimtől távolabb álló, de az ilyen fórumokon megtartott érdekes előadásokra is, amelyeket a *Bodolai házaspár*, *Tánczer Tibor*, *Titkos Ervin*, a *Mészáros házaspár*, *Major György*, *Kapovits Albert* vagy *Vissy Károly* tartott. Abban az időben „a meteorológia” egyik szimbolikus része volt a kül- és belvilág és jómagam számára is a főépület közelében lévő műszerkert, ahova nekem kis

⁺ A szerző a Magyar Meteorológiai Társaság tagja 1975 óta.

^{*} A rövidítések jegyzéke az írás végén.

megadott néha elkísérni az észlelőt és „életközben” megtanulni az alapvető műszereket. Ehhez hasonlóan és fontos ismeretekkel gyarapodva járhattam jópárszor a főépület tetején is, majd a későbbi években több meteorológiai főállomáson, radarállomáson és a ferihegyi repülésmeteorológusoknál.

Az első témakörök. Az 1970-es évek derekán a hosszabbtávú előrejelzések fejlesztését szorgalmazta az intézmény vezetése, amihez kapcsolódóan különböző matematikai eljárásokat alkalmaztunk, de emellett más témák is felmerültek, amelyek vizsgálatával, megoldásával jómagam is foglalkoztam.

- *A makroszintoptikus osztályozások* felhasználása, az azokra támaszkodó „klasszikusabb” módszerek továbbfejlesztése látszott számomra is elsősre a legkézenfekvőbbnek e prognosztikai témakörben (1975 Kombinált regressziós becslés, Időjárás 79:6; 1977 Statisztikai módszerek a meteorológiában. Egyetemi doktori értekezés, ELTE; 1979 Makroszintoptikus helyzetek statisztikus-algoritmikus felismerése, Időjárás 83:1).
- *A sztochasztikus-dinamikus módszer* jóval bonyolultabbnak, de egyúttal hatékonyabbnak tűnt a jelzett feladat megoldásához (1976 Sztochasztikus-dinamikus prognosztika, MTN2; 1978 Sztochasztikus-dinamikus meteorológiai modellalkotás, OMSZ H.K. LXVI).
- *Az extrémek* vizsgálatának már kiterjedt szakirodalma volt; ide tartoztak az ipari meteorológiai alkalmazások, amikor építőipari vagy építészeti tervezési tevékenységhez kellett számításba venni a szélterhelést. Egy erre vonatkozó felkérésnek eleget téve vizsgáltam, hogy miként érhető el pontosabb becslés a szélsősebesség-maximumokra, amikor csak rövid múltbeli mérési idősorok érhetőek el (1977 Probability distribution of maximum values and the statistical analysis of a wind velocity sample. Időjárás 81:1); néhány évvel később jóval alaposabban belemerültem a szélsőérték-elemzés rejtelmeibe.
- *A differenciálegyenletek* világába is tettem egy kis kitérőt a szélsősebesség leíró egyenlet kvázigeosztrófikus közelítésű megoldásával (1978 Velocity of flow with friction. Időjárás 82:1).
- *A Rossby-hullámok* háromdimenziós Fourier-sorfejtéssel való leírása jelentette akkor számomra a legnagyobb kihívást a prognosztikai témában úgy, hogy főkomponenseikkel legyen jellemezhető a hemiszférikus léptékű áramlási helyzet, és ezek idősor-elemzése támogassa a hosszabbtávú előrejelzést. Ne felejtjük el, hogy az 1970-es években jártunk a mainál szerényebb kapacitású számítógépekkel és jóval kevesebb digitalizált információval. A módszer kidolgozásával, programozásával is jól haladtam, de mielőtt ezek végére érhettem volna, más – nem kevésbé érdekes és összetett – feladatom lett az éghajlatváltozással összefüggésben.

Az említett módszertani fejlesztések egyikéről sem gondolom, hogy „világmegváltó” szintű lett volna, de reméltem, hogy ott és akkor valamelyest hozzájárultak egyes problémák megoldásához, egy-egy módszer alkalmazási lehetőségeinek bemutatásához. (Talán az akkori és a következő néhány évben folytatott kutatási, publikációs tevékenységemnek elsősorban a többirányúságát ismerhették el 1976-ban a Bolyai János Matematikai Társulat Farkas Gyula emlékdíjával, 1985-ben a Meteorológiai Társaság Róna Zsigmond emlékdíjával.)

A klímakutatás új szakasza

Az 1970-es évek „politikai klímája”. Az éghajlatváltozás vizsgálata nem volt újkeletű, de az 1970-es évtized elejétől növekvő érdeklődés mutatkozott e téma iránt. A nemzetközi környezettudományi és környezetpolitikai együttműködést elősegítette az „enyhülés” (détente) átmenetileg kevésbé feszült légköre. Az éghajlati rendszerre gyakorolt emberi hatások kockázatára már utaltak az 1972. évi stockholmi ENSZ-konferencia és az 1975. évi helsinki konferencia záródokumentumaiban, 1976-ban a WMO állásfoglalást adott ki erről és ennek nyomán kezdődött meg a felkészülés az 1979. évi genfi Éghajlati Világkonferenciára, amelynek előkészítésében jelentős szerepet töltött be *Czelnai Rudolf*, az OMSZ akkori elnöke.

A történelmileg hosszú idő alatt kialakult vizsgálati eljárások mellett szükség lett az éghajlati rendszer működésének pontosabb megértéséhez annak összetettebb módszerekkel való tanulmányozására, numerikus modellezésére. Itthon erről *Ambrózy Pál*, *Czelnai Rudolf*, *Götz Gusztáv* tartott előadást 1976-ban (MTN2), aminek írott változata 1977-ben jelent meg a Fizikai Szemlében és amelyben arra utaltak, hogy: az éghajlatváltozás előrejelzésére modelleket kellene szerkeszteni, de ez a legnehezebb tudományos problémák egyike. Elnök úr arra kért hármunkat – *Götz Gusztávot*, *Dévényi Dezsőt*, jómagamat –, hogy tekintsük át a szakirodalom alapján e numerikus megközelítés addigi eredményeit és a hazai lehetőségeket. Ennek megfelelően

- egy részletes áttekintő-értékelő elemzést készítettünk (1978 Götz G., Dévényi D., Faragó T.: Éghajlatmodellezés és a szubgrid skálájú folyamatok. KMI),
- jómagam pedig összefoglaltam e modellezés fontosabb elemeit (1978, 1979 Az éghajlatmodellezés alapjai. MTN4 és OMSZ Hiv. Kiadv. XLVIII).

Konkrét numerikus modellezéssel – a gyorsan fejlődő módszertani megközelítések és bővülő számítógépes kapacitások felhasználásával – az 1980-as évektől olyan szakemberek kezdtek foglalkozni, mint *Mika János*, *Práger Tamás*, *Pál-völgyi Tamás*, majd *Bartholy Judit*.

Emellett 1981-ben itthon is megkezdődtek – a nemzetközi együttműködéshez kapcsolódóan – a rendszeres légköri szén-dioxid mérések a *Mészáros Ernő* által vezetett levegőkémiai részleg gondozásában, amelyek fokozatosan kiterjedtek más üvegházhatású gázokra is, és amely méréseknek, elemzéseknek később a fő ismerője és gondozója egyik tanítványa, *Haszpra László* lett. E témakör tágabb vetületeiben pedig olyan munkatársai mélyültek el és szereztek ők is nemzetközi hírnevet, mint *Bozó László*, *Horváth László*, *Gelencsér András*.

Az Éghajlati Világprogram. Az 1979. évi genfi konferencia nyomán elkezdődött az éghajlat rendszer állapotváltozásával foglalkozó világprogram szervezése több nemzetközi szervezet együttműködésével (figyelembe véve a korábbi GARP klímadinamikai alprogram tanulságait). Ennek hatására 1981 februárjában megalakult az MTB „Éghajlati Világprogram Albizottsága” *Götz Gusztáv* vezetésével. E testület tagjaként és titkáráként feladatom lett a helyzetértékelést tartalmazó elemzés, vitairat elkészítése (1981 Az éghajlatkutatás jelentősége és feladatai. Időjárás 85:3 <http://real.mtak.hu/65996/>;

Éghajlat és társadalom. Magyar Tudomány 142:7-8 <http://real.mtak.hu/65995/>). Ettől kezdve az éghajlatváltozás egyes tudományos kérdései, majd a hazai és a nemzetközi klímapolitika ügyei a szakmai életem fontos részei lettek.

Újabb kutatási és alkalmazási témák: szélsőséges események vizsgálata

Extrém események. Az 1980-as évek közepétől a korábbinál is nagyobb figyelem irányult a szélsőséges meteorológiai és hidrometeorológiai eseményekre azzal a feltételezéssel összefüggésben, hogy ezek intenzitása, gyakorisága módosulhat az éghajlatváltozással. E kérdés itthon is foglalkoztatta a klimatológiával, agro-, orvos- és hidrometeorológiával foglalkozó szakembereket.

Az általunk végzett vizsgálatokra jelentősen rásegített az évtized második felében folytatott amerikai-magyar kutatási együttműködési program, amelyet az USA-NSF és az MTA támogatott. Külön tisztelettel említendő *Antal Emánuel* (a szolgálat akkori, a tudományos ügyekért is felelős elnökhelyettese), aki sokat tett azért, hogy e program magyar részről megvalósulhasson.

Az amerikai szakemberek sokféle extrém eseményt elemeztek különös tekintettel azok társadalmi-gazdasági hatásaira és azokra a válaszlépésekre, amelyek célja a jövőbeli ilyen eseményekre való hatékonyabb felkészülés volt. E megközelítés ránk is hatott, amikor

- *szélsőséges téli időszakokat* vizsgáltunk (1988 Ambrózy P., Faragó T.: Recent severe winters in Hungary: meteorological approach and some energy supply/demand aspects. In: "Identifying and coping with extreme meteorological events". OMSZ);
- *a hazai aszályos helyzeteket* vagy a *csapadékosságot* tanulmányoztuk (1990 Faragó T., Dunay S., Nemes Cs.: Meteorological and agro-economic aspects of recent drought episodes in Hungary. Időjárás 94:1; 1989 Faragó T., Dobi I.: Extreme precipitation characteristics. Proc. WMO-IAHS-ETH workshop);
- *az extrémekkel kapcsolatos vizsgálatok főbb alapelveit* és módszertani szempontjait foglaltuk össze (1988 Antal E., Faragó T., M. H. Glantz: On the concept of extreme meteorological and climatic events. Időjárás 92:5 <http://real.mtak.hu/65994/>).

Aszályindexek. Az extrémek tág témakörében a kutatókat és a közvéleményt is nagymértékben a jelentős károkat okozó aszályok foglalkoztatták, amelyek jellemzésére sokféle – a különféle jellegű aszályok kapcsán eltérő adatokra támaszkodó és eltérően levezethető – jelzőszámokat használtak. Az alkalmazhatóság és összevethetőség tisztázása érdekében is szántuk el arra magunkat, hogy „rendet tegyünk” e területen:

- *a sokféle aszályindex* összehasonlító elemzésével, amit példákkal is illusztráltunk (1989 Faragó T., Kozma E., Nemes Cs.: Drought indices in meteorology. Időjárás 93:1 <http://real.mtak.hu/103026/>);
- a legösszetettebbnek számító *Palmer-aszályindex* és hazai alkalmazásának bemutatásával (1990 Faragó T., Bézsényi Á., Dobosi E.: A Palmer-féle felszíni vízmérleg modell és aszályindex. Időjárás 94:4).

Szélsőérték-elemzési módszerek. A rendkívüli környezeti események, köztük a meteorológiai és hidrometeorológiai jelenségek szélsőérték-elemzése mindenekelőtt a felkészülés, a káros hatások mérséklése, a műszaki létesítmények, épületek esetében a megfelelő biztonságot nyújtó méretezés miatt nagyjelentőségű feladat.

E vonatkozásban is több módszer, azok sokféle módon való felhasználása terjedt el és ezzel összefüggésben is a növekvő hazai igény és az említett nemzetközi program készítetett bennünket arra, hogy átfogóan értékeljük és illusztráljuk e módszereket (1988 Faragó T., Dobi I., R.W. Katz, Matyasovszky I.: Extrém meteorológiai jelenségek, és a szélsőérték-elemzés módszerei. MTN14; 1989: Meteorological application of extreme value theory. Időjárás 93:5; 1989 Faragó T.: Extreme value analysis and some problems of applications in meteorology. Met. Studies 64, OMSZ; 1990 Faragó T., R.W. Katz: Extremes and design values in climatology. WMO (WCAP-14) <http://real.mtak.hu/65993/>).

Más témakörök: távérzékelés, talajnedvesség, csapadékeloszlás

Távérzékelés. Az 1980-as évektől gyorsuló ütemben jelentek meg a környezet kutatását szolgáló műholdak és az azok által szolgáltatott adatok. Nemcsak a technika, hanem az ilyen adatok feldolgozásának módszerei is tökéletesedtek. A meteorológiai alkalmazások is mind inkább teret hódítottak és a hazai szakemberek is megkülönböztetett figyelemmel kezdtek e témakörrel foglalkozni.

- Az 1983. évi MTN9-et kifejezetten e témának szentelték és a matematikai módszerek oldaláról mi is bekapcsolódunk e folyamatba (1983, 1984 Faragó T., Gulyás O.: Alakzatok felismerésének pontossága a távérzékelésben. MTN9 és Issl. Zemli iz Kosmosa 1984:3).
- A sors úgy hozta, hogy kandidátusi értekezésemnek is távérzékelési témája lett, amelynek keretében egyebek mellett a parametrizált sugárzásátviteli egyenlet numerikus megoldásával érhettem el jó eredményt (1986 A távérzékeléssel mért spektrális radiancia és a felszíni hidrológiai jellemzők közötti kapcsolat. MTA-TMB <http://real.d.mtak.hu/1182/>).

A talaj vízháztartása és a csapadékeloszlás. E témakörben is többféle probléma és megközelítési lehetőség merült fel:

- *a talajnedvesség* változásának újszerű idősor-modellezésére egy hazai feladat megoldása és egy nemzetközi konferencia adott számomra alkalmat (1985 Soil moisture content: estimation of its probability distribution. Journ. Climate and Appl. Meteorology 24:4);
- *a csapadékosság* esetében is sokan, sokféleképpen vizsgálták már az éghajlat változékonyságának és változásának hatásait; jómagunk bemutattuk ennek néhány hazai vetületét (1989 Varga-H. Z., Faragó T., Nemes Cs.: A természetes vízellátottság éghajlati változékonysága hazánkban. MTN15);
- *a területi csapadékösszeg* kellően pontos becslése – a szórványos pontszerű mérésekből kiindulva – komoly gondot jelentett, amely problémával rendszeresen találkoztunk itthon is elsősorban a vízháztartási és a mezőgazdasági célú alkalmazások kapcsán (1989 Duray-Vértesy M., Faragó

T., Z. Cesar: A csapadékmező és a területi csapadékösszegek approximációs lehetőségei. MTN15; 1989 Faragó T., Duray-Vértesy M.: Precipitation field and area-averaged precipitation amounts. Proc. of WMO-IAHS-ETH workshop).

Éghajlatváltozás: tudományos és politikai fordulat

A főbb hazai eredmények összefoglalása. Ahogy élénkült a nemzetközi szintű érdeklődés és együttműködés az éghajlatváltozás, annak antropogén okai és hatásai iránt, úgy erősödött itthon is e kutatási tevékenység. Az 1988. évi ENSZ-határozat előrevetítette egy éghajlatvédelmi egyezmény lehetőségét és egyúttal megkezdődtek a fenntartható fejlődési világkonferencia előkészületei.

A nem sokkal azelőtt létrejött hazai környezetvédelmi minisztérium is szorgalmazta az éghajlatváltozással foglalkozó együttműködésbe való fokozottabb bekapcsolódást és a klímapolitikai tárgyalásokra való felkészüléshez a helyzetértékelést:

- a korábban megindult hazai *numerikus klímamodellezési tevékenység* folytatódott elsősorban a fentebb hivatkozott szakemberek által és kapcsolat jött létre e téren élenjáró külföldi intézetekkel is;
- a modellezéshez is lényegesek lettek az *adatasszimilációt és a megfigyelési adatok feldolgozását, homogenizálását* elősegítő eljárások, amelyek tökéletesítéséért sokat tett mindenekelőtt *Szentimrey Tamás*; Emellett a szakirodalomban sokasodni kezdtek az *idősor-elemzések* különös tekintettel azoknak a vizsgált változótól, annak léptékétől való erős függésére, valamint általában is a gyenge klimatikus „jel-zaj” arányra; e téren akkor egy új trendillesztési „ablaktechnikát” találtunk ki a szokásos trendvizsgálatok helyett (1992 Szentimrey T., Faragó T., Szalai S.: Windows technique for climate trend analysis. *Climate Dynamics* 6:3-4 <http://real.mtak.hu/103144/>);
- egyre több szakterület képviselői foglalkoztak a *kibocsátó és hatásviselő ágazatokkal* itthon is, közülük sokakkal közvetlen együttműködés alakult ki: vízjárás (*Nováky Béla*), mezőgazdaság (*Petrasovits Imre, Szász Gábor*), erdőgazdálkodás (*Führer Ernő, Járó Zoltán*), energetika (*Garbai László, Jászay Tamás*), légköri nyomgázok (*Molnár Ágnes*), természeti rendszerek (*Márkus László*), jövő-kutatás és közgazdaság (*Kovács Géza, Nováky Erzsébet, Tóth L. Ferenc*);
- végül hárman vállaltuk fel a nemzetközi és nemzeti szintű *éghajlatkutatási helyzetről* a részletes áttekintés, értékelés elkészítésének megszervezését, szerkesztését és közzétételét az említett szakemberek közreműködésével, társszerzőségével (1990, 1991 Faragó T., Iványi Zsuzsa, Szalai Sándor (szerk.): Az éghajlat változékonysága és változása I. és II., KTM, OMSZ <http://real.mtak.hu/65992/>, <http://real.mtak.hu/103139/>). E kötetek összefoglalóját angol nyelven is közreadtuk (<http://real.mtak.hu/65991/>); e tevékenységünket az MMT szakirodalmi nivódíjjal ismerte el.

Ezt követően még gyorsabb ütemben terebélyesedtek a hazai tudományos tevékenységek úgy a meteorológiával foglalkozó intézményekben (szolgálat, egyetemi tanszékek) különös tekintettel a numerikus klímamodellezésre és jövőképe-becslésre, mint más kutatóintézetekben, egyetemi

csoportokban az okokra (hajtóerőkre) és a hatásokra vonatkozóan.

A legátfogóbb, szintetizáló jellegű együttműködés az MTA égisze alatt jött létre *Láng István* korábbi MTA-főtitkár vezetésével: ez volt a „Változás-Hatás-Válasz” (Vahava) elnevezésű program:

- ennek tudományos tanácsában résztvevők köre jól érzékelte a témakör multidiszciplináris jellegét; *Csete L., Faragó T., Führer E., Harkányi K., Harnos Zs., Ijjas I., Jolánkai M., Kovács M., Ligetvári F., Major Gy., Schweitzer F., Szász G., Szirmai V., Veisz O., Vida G.* közreműködésével elkészült kötet foglalta össze a főbb eredményeket (2006 A globális éghajlatváltozás: hazai hatások és válaszok <http://real.mtak.hu/103152/> és 2007 Szaktudás Kiadó);
- később egy angol nyelvű monográfia mindezt még részletesebben mutatta be, amelynek elkészítésébe a fentiek mellett további olyan szakértők is bekapcsolódtak, mint *Bartholy J., Pongrácz R., Várallyai Gy., Jászay T., Petró B., Tanczos K., Páldy A., Sallay Á., Bukovics I., Dezsényi Z., Ligetvári F., Szlavik J., Csete M., Zagoni M.* (2010 Faragó T., Láng I., Csete L. (eds.): *Climate Change and Hungary: mitigating the hazard and preparing for the impacts.* MTA <http://real.mtak.hu/103329/>).

Ebben az együttműködésben – számos hazai intézmény sorában – fontos szerepe volt az OMSZ-nak is és e tudományos program lényegesen hozzájárult az első Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégia megalapozásához.

MTA-állásfoglalások. Az MTA-MTB keretében is napirendre kerültek 1991-ben az éghajlatváltozással kapcsolatos nemzetközi és hazai fejlemények. Az MTB Éghajlati Albizottsága kapta a felkérést, hogy készítsen egy vitairatot az akkori tudományos ismeretekről, valamint a további kutatási irányokról. Körültekintően jártak el e testület tagjai, mert világossá akarták tenni, hogy mi volt ismert már kellő bizonyossággal e folyamatról és mi az, amiről – a fennmaradt tudományos bizonytalanságok miatt – még nem lehetett eleget tudni.

E szellemben készült el a tervezet, majd azt megvitatta és jóváhagyta az MTB is (Albizottság-tagok: *Götz G. elnök, Faragó T. titkár, Ambrózy P., Antal E., Koppány Gy., Mika J., Pálvolgyi T., Práger T., Szalai S., Tar K.*; MTB-tagok: *Major Gy. elnök, Iványi Zs. titkár, Antal E., Czelnai R., Faragó T., Götz G., Koppány Gy., Mersich I., Miskolczi F., Mészáros E., Práger T., Probáld F., Rákóczi F., Szász G., Szepesi D., Sz. Bartholy J., Tanczer T., Varga-H. Z.*);

- az „*Állásfoglalás éghajlatunk jövőjéről*” c. dokumentum közzétételét magyar és angol nyelven felvállalta az MTA X. Osztálya (<http://real.mtak.hu/72018/>; <http://real.mtak.hu/103136/>) és ennek tartalma komoly hatással volt a nemzetközi klímátárgyalások kapcsán a hivatalos magyar álláspont kialakítására is.
- e témakörrel volt szó 2009-ben az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottsága (KtEB) „Felkészülés a klímaváltozásra” Albizottsága és „IPCC Munkacsoportja” által szervezett fórumon, amelynek vitája a KtEB keretében folytatódott. Értelemszerűen e fórumon, ill. e testületekben sokkal több tudományág képviselői vettek részt (KtEB: *Németh T. elnök, Ádám J., Ángyán J., Bánáti D., Bárdossy*

Gy., Berczik Á., Bulla M., Csépe V., Dévai Gy., Faragó T., Farkas J., Fodor I., Führer E., Gadó J., Glatz F., Illényi A., Kerekes S., Kosztolányi Gy., Kovács F., Lamm V., Láng I., Ligetvári F., Mészáros E., Persányi M., Petrányi Gy., Poór Gy., Somlyódy L., Szarka L., Szemes I., Tanczos L., Tigyi J., Várallyay Gy., Vida G.; Klíma-Albizottság és IPCC-Munkacsoport: Láng I. albizottsági elnök, Faragó T. munkacsoport elnök, Adám J., Bartholy J., Bozó L., Bukovics I., Csete L., Farkas J., Harnos Zs., Horváth L., Horváth Sz., Iványi Zs., Jászay T., Jolánkai M., Major Gy., Mátyás Cs., Mika J., Nováky B., Páldy A., Pálvölgyi T., Somogyi Z., Szlávik J., Takács-S. A., Tóth L. F., Török K., Ürge-V. D., Várallyai Gy.):

- a közös állásfoglalást – a tudományos vita alapján – az albizottság és a munkacsoport készítette elő (összeállításáért, szerkesztéséért négyen feleltünk: Faragó T.; Láng I.; Harnos Zs.; Csete L.), majd azt a KtEB 2009 februárjában fogadta el és közzétették a Magyar Tudományban (2009 Az MTA Környezettudományi Elnöki Bizottság állásfoglalása az éghajlatváltozásról és az ezzel összefüggő feladatokról. <http://www.matud.iif.hu/2009/09okt/15.htm>).

A nemzetközi klímátárgyalások kezdetei, hazai részvétel

A klímaegyezmény tárgyalásai. A magyar álláspont általános kereteit a külügyminisztérium mellett a környezetvédelemért és az energiagazdálkodásért felelős minisztériumok határozták meg. Lényegesek voltak a hazai kibocsátási adatok és a meteorológiai adatbázisból származó, a klíma-tendenciákra és a hatásokra vonatkozó információk, valamint a KTM és az OMSZ érintett munkatársainak ismeretei a korábbi nemzetközi „levegős” megállapodásokkal is összefüggésben.

E tárgyalási feladatkör betöltése egyfajta „híd-szerepet” jelentett a tudomány és a politika között. Az ENSZ égisze alatt a klímátárgyalások 1991 legelején kezdődtek és az első találkozózn való részvételre a környezetvédelmi minisztérium Mészáros Ernő akadémikust kérte fel, aki a levegőkémia nemzetközileg is elismert tudósa volt. Az egyeztetések akkor és később is kisebb részben szóltak a környezettudományi kérdésekről, azok fő vonulatát, mint megannyi ENSZ-témakörben, a „nagypolitikai” vonatkozások, a fejlett és a fejlődő országok viszonyai jelentették a globális problémák kialakulásáért és hatásaiért viselt eltérő felelősség mentén.

1991 tavaszán az akadémikus úr egyetértésével – e téma társadalmi-gazdasági és nemzetközi együttműködési vetületeit is érintő addigi tevékenységeimre tekintettel – jómagam kaptam a megbízást, hogy legyek az ország képviselőjében a „klímátárgyaló”. E minőségben vehettem részt az 1992 májusáig tartó tárgyalások ülészekain (Genf, New York). Érdekes volt megtapasztalni, hogy a diplomácia és a politika világából érkezők jól ismerték a multilaterális együttműködés kereteit, de keveset tudtak e környezeti problémáról, a környezettudósok és az ágazati szakértők nagy része viszont remekül ismerte a szakterületét, de kevésbé a nagyvilág viszonyait, összefüggéseit.

Sokunknak tehát menetközben volt mit tanultunk ahhoz, hogy mind tudományos, mind politikai szempontból megfelelő megállapodás születhesse. (Nyilván ugyanez jellemezte az ózonréteg védelméről, a biológiai sokféleség megőrzéséről vagy más környezeti ügyekről szóló nemzetközi tárgyalásokat.)

Az éghajlatvédelmi keretegyezmény. A megegyezéshez két alapelv jóváhagyása volt a legfontosabb feltétel: a fejlett és fejlődő országok közös, de megkülönböztetett felelősségéé (azaz a fejlettek elsődleges felelőssége az antropogén éghajlatváltozásért), valamint az elővigyázatosságé (amely szerint bár jelentős volt még e globális folyamatról a tudományos bizonytalanság, de halaszthatatlan lett bizonyos intézkedések megtétele). Ezek mellett Magyarország és több közép- és kelet-európai ország szempontjából a köztes és átalakuló helyzetük elismertetése volt kulcsfontosságú: a legfejlettebb és a fejlődő országokhoz képest a köztes történelmi felelősségé, illetve azokban az években a súlyos gazdasági recesszióé.

Az 1992 májusában véglegesített keretegyezményt – a biológiai sokféleségről szóló egyezményrel egyetemben – a riói ENSZ-konferencián (UNCED) nyitották meg aláírásra, amelyen a hivatalos magyar delegáció tagjaként magam is ott lehettem. Már abban az évben közreadtuk az egyezmény magyar nyelvű szövegét, megvilágítva az abban foglaltak és a kompromisszumok hátterét is (1992 Bulla M., Faragó T., Nathon I. (szerk.): Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Keretegyezménye az Éghajlatváltozásról. ENSZ Környezet és Fejlődés Konferencia Magyar Nemzeti Bizottsága <http://real.mtak.hu/65985/>).

A nemzetközi klímatudományi együttműködés. E téren a kutatók régóta együttműködtek, de az Éghajlatváltozási Környezetközi Testület (IPCC) 1988. évi létrehozásával új korszak kezdődött. E szervezetben sajátosan ötvöződött a tudomány és a politika kapcsolata. Jómagam – még a KMI munkatársaként – 1989-ben kerültem kapcsolatba először a hatásokkal foglalkozó 2. munkacsoporttal és a hazai kutatásokról általam megadott információkra hivatkoztak is a Testület 1990. évi első jelentésében. E jelentésnek nagy hatása lett a klímapolitikai tárgyalásokra.

1993-tól az IPCC-vel való hazai együttműködés koordinátora lettem és 2010-ig láttam el e feladatot. A testület tevékenységébe más kollégák is bekapcsolódtak (konferenciárszervezőként, társszerzőként, szakmai lektorként vagy tisztviselőként): Bartholy Judit, Jászay Tamás, Mika János, Pálvölgyi Tamás, Somogyi Zoltán, Tóth L. Ferenc, Ürge-V. Diana. Az IPCC-dokumentumokra itthon is hivatkoztunk:

- az első jelentés fontos támpont volt számunkra, amikor összeállítottuk az 1991. évi II. hazai éghajlatváltozási monográfiát (1991 Az éghajlat változékonysága és változása. KTM és OMSZ <http://real.mtak.hu/103139/>);
- az 1995. évi jelentés összefoglalóját közreadtuk magyar nyelven is (1996 Pálvölgyi T., Faragó T. (szerk.): Az éghajlatváltozás kockázata: kiváltó okok, következmények, a megelőzés és az alkalmazkodás lehetőségei. Az IPCC helyzetértékelése az éghajlatváltozás tudományos-technológiai és társadalmi-gazdasági hátteréről. FFB és MTN23);

- a harmadik jelentés bemutatása és magyar nyelvű összefoglalója egy civil szervezetnek köszönhetően látott napvilágot (2005 Éghajlatváltozás a világban és Magyarországon. Alinea-Védegylet; ennek társszerzői voltak pl. Faragó T., Feiler J., Takács-Sánta A.);
- a következő jelentés összefoglalójának magyar változata Mika J. precíz szerkesztésében készült el, jómagam bevezető értékelésével az előzményekről és az IPCC jelentőségéről (2007 „Éghajlatváltozás 2007, az IPCC negyedik értékelő jelentése”. KvVM és OMSZ);
- a 2013-14-ben kiadott ötödik jelentés összefoglalója NFM és OMSZ közreműködéssel 2016-ban jelent meg magyarul.

A keretegyezmény után: nemzetközi és hazai fejlemények.

Az egyezmény elfogadását követően még intenzívebb nemzetközi és hazai klímapolitikai tevékenység kezdődött a gyorsan bővülő megfigyelési adatok és tudományos eredmények nyomán. Ez utóbbiak vonatkozásában számos más intézmény mellett aktív szerepet játszott a WMO és az IPCC, ill. itthon az OMSZ is.

Az egyezmény hatálybalépése után 1995-től folytatódtak a tárgyalások, majd 1997-re elkészült a Kiotói Jegyzőkönyv. (Ebben az időszakban a Részesek Konferenciájának tevékenységét koordináló elnökség egyik tagja és egyúttal a tudományos tanácsadó testület első választott elnöke voltam.) A készülő jegyzőkönyvvel kapcsolatos magyar álláspont kialakítása során számításba kellett venni nemcsak a várható hazai hatásokat, hanem a történelmi és jelenkori kibocsátások tekintetében a köztes helyzetünket, valamint a mérséklésük lehetőségeit is:

- *a kibocsátás-szabályozásról* elemzések készültek (1993 Faragó T.: Üvegházgázok: nemzetközi egyezmény – nemzeti feladatok. MTN19; 1994 Faragó T., F.R. Rijsberman, Szerdahelyi Gy., Poós M., J. Gupta: Energy use and carbon-dioxide emissions in Hungary and in the Netherlands. FFB <http://real.mtak.hu/71601/>; 1994 Pálvölgyi T., Faragó T. (eds.): Hungary – Stabilisation of the Greenhouse Gas Emissions. FFB);
- *a jegyzőkönyv* elfogadása után pedig közreadtuk annak lényegét és az értékelést is magában foglaló köteteket (1998 Faragó T., Foltányi Zs., Pálvölgyi T., Poós M.: Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése: Kiotói Jegyzőkönyv és a hazai feladatok. FFB <http://real.mtak.hu/65839/>; 2003 Faragó T., Kerényi A.: Nemzetközi együttműködés az éghajlatváltozás veszélyének, az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére. KvVM és Debreceni Egyetem <http://real.mtak.hu/65633/>; 2006 Láng I., Faragó T., Iványi Zs. (eds.): Climate Change: Impacts and Responses in Central and Eastern European Countries. MTA).

A klímapolitikai „dráma” folytatódása. Miután a jegyzőkönyvben rögzített, a fejlett országok részéről tett kötelezettségvállalások is elégtelenek voltak mindenekelőtt az antropogén kibocsátások növekedésének visszafogásához, 2005-től új tárgyalási forduló kezdődött. Ennek eredménye lett a Kiotói Jegyzőkönyv 2012. évi Dohai Módosítása 2020-as kibocsátáscsökkentési célokkal (ami eddig nem lépett hatályba), majd a 2015. évi Párizsi Megállapodás.

Az EU-csatlakozást követően alapvetően megváltozott a helyzetünk, hiszen a nemzetközi klímapolitikai együttműködésben is az EU-tagállamok együttesen alakították ki és képviselték közös álláspontjukat, valamint ezzel összhangban dolgozták ki a közösségi szabályozást. Már e körülmények között alakult a magyar klímapolitika a jegyzőkönyv módosításához, majd a Párizsi Megállapodáshoz vezető úton és azt követően.

- Az éghajlatváltozás szaporodó „jeleiről” és az egyre feszültebb légkörű egyezkedésekről részletes írások készültek (2007 Faragó T.: A globális éghajlatváltozás veszélye és a nemzetközi együttműködés. Külügyi Szemle VI:1 <http://real.mtak.hu/62583/>; 2008 „Klíma-21”/52 <http://real.mtak.hu/103154/>; 2014 Faragó T., Bartholy J.: Egy hathatós globális éghajlatvédelmi megállapodás szükségessége és akadályai. Magyar Tudomány 175:5 <http://real.mtak.hu/62435/>).
- E sokrétűvé vált folyamat alakulását továbbra is nyomon követem, elemzéseimmel remélhetően mások tájékozódását is elősegítve (2013 Nemzetközi klímapolitikai együttműködés, Magyarország részvétele és feladatai. Grotius e-könyvtár/59 <http://real.mtak.hu/62436/>; 2016 A párizsi klímátárgyalások eredményei. Magyar Energetika 23:1 <http://real.mtak.hu/62026/>; 2014 Globális éghajlatváltozás és nemzetközi együttműködés. MTN40; 2016 The anthropogenic climate change hazard: role of precedents and the increasing science-policy gap. Időjárás 120:1 <http://real.mtak.hu/60726/>; 2018 Az EU energia- és klímapolitikájának összekapcsolódása. Lépések 23:4 <http://real.mtak.hu/93061/>; 2018 Nemzetközi klímátárgyalások: hol tart a három évtizednyi folyamat? Körforgásos gazdaság és környezetvédelem 2:4 <http://real.mtak.hu/93060/>).

Hazai klímainformációk. A nemzetközi tárgyalásokhoz, az értékelésekhez és előadásokhoz a hazai helyzetről értékes klímainformációk álltak rendelkezésre – minden érintett szakértő számára – az ELTE-tanszék és az OMSZ munkatársainak is köszönhetően:

- *Bartholy J. és Pongrácz R.* (ELTE) mellett az OMSZ-ban is újra megerősödtek a klímadinamikai kutatások *Szépszó G. és Zsebeházi G.* révén;
- részletes összesítések voltak elérhetőek a hazai klíma-tendenciákról, extrémekről *Lakatos M., Bihari Z.* és kollégáik ezirányú tevékenysége nyomán;
- lényeges változás volt, amikor a hazai kibocsátási adatok nyilvántartásának, feldolgozásának feladata az OMSZ-hoz került és akkortól a nemzetközi együttműködési folyamatban is az innen származó és megfelelő minőségű adatokra lehetett támaszkodni, elismerve ebben *Kis-Kovács G., Lovas K.* és kollégáik szerepét;
- mindemellett – különösen az energetikai eredetű kibocsátások mérséklése miatt – a légköri megújuló energiaforrásokra vonatkozó hazai ismeretek gyarapítása is külön említendő *Tar K.* mellett többek között *Breuer H., Dobi I., Pieczka I., Radics K.* vizsgálatai alapján.

Egy szakasz lezárul, egy új kezdődik

A meteorológiai szervezet nagy átalakulása. Az 1970-es évek és az 1990-es évtized első éve között mind a meteorolo-

lógiai tudomány és alkalmazások terén nemzetközi és nemzeti szinten, mind itthon intézményi vonatkozásban nagyszabású változások történtek.

- Óriási ütemben fejlődtek a numerikus modellezési eljárások globális és kisebb léptékekben is, valamint a megfigyelési és adatfeldolgozó alrendszer a mérőeszközök, az automatizált mérések és adattovábbító technika gyors modernizációjával, a számítástechnikai kapacitások bővülésével. E folyamat azóta is tart és a hazai meteorológiai, légkörtudományi közösség is igyekezett mindezzel lépést tartani. Nagy átalakulások történtek a hazai intézményi szervezetben: az 1970-es országos szolgálattá válást jelentő bővülés időszaka az 1990-es évek elejéig tartott, amikor az intézmény bár továbbra is „szolgálat” elnevezéssel, de gyakorlatilag visszatért a korábbi intézeti szervezeti szintre, miközben itthon is jelentősen változtak, modernizálódtak a megfigyelő hálózat, az adatgyűjtés és -feldolgozás, a kutatások és szolgáltatások eszközei, módszerei. Ekkor az intézmény szakmai munkáját sokáig meghatározó, kiemelkedő tudású „nagy öregek” többsége nyugállományba vonult és tanítványaik egy része vette át a stafétabotot, egy másik részük máshol folytatta szakmai tevékenységét (egyetemen, az üzleti életben, más állami hivatalban) vagy „pályaelhagyó” lett.
- A jelzett időszakban, tehát közel két évtizednyi ideig voltam a meteorológiai intézetnél tudományos munkatársi, a klimatológia területén egyik osztályának, majd egyik főosztályának vezetői, ezt követően – az általam különösen tisztelt *Ambrózy Pál* nyugdíjba vonulása után – intézeti igazgatói beosztásban. (A Magyar Meteorológiai Társaság 1995-ben Steiner Lajos díjjal ismerte el addigi szakmai tevékenységemet.) 1992-től a környezetügy területén – de a légkörrel kapcsolatos vonatkozásokra is mindig figyelve – folytathattam pályámat.

Elköteleződés a környezetüggyel. Az elmúlt közel három évtizedben a hazai és a nemzetközi környezettudományi és környezetpolitikai együttműködésben, számtalan ezekhez kötődő feladatban, eseményen vehettem részt, illetve publikációk, előadások keretében közre is adhattam az ezekkel kapcsolatos fejlemények áttekintését, értékelését.

- Már utaltam az éghajlatváltozással összefüggő ügyekre, amelyekkel kapcsolatban a hazai meteorológiai közösség szerepe kulcsfontosságú maradt (adatok, elemzések, klíma-modellezés, jövőképek). Az alábbiakban olyan témakörökre térek ki, amelyeknek lényeges levegőkörnyezeti vonatkozásai is voltak/vannak és értelemszerűen azok más korábbi kollégáim vagy utódaik feladatkörébe is tartoztak (légköri kibocsátások, szennyezőanyagok terjedése, ózonréteg stb.)
- Ilyen nemzetközi, EU- és hazai szintű témákkal is foglalkoztam 2010-ig a környezetügyi minisztériumban (munkatársi, környezetstratégiai témakörben osztályvezetői, majd főosztályvezetői, végül államtitkári beosztásban), majd azt követően is más formában, módon. 2010-ben megszűnt önálló szakterületi kormányhivatali minőségében a környezettel foglalkozó minisztérium, feladatköreit más tárcák között osztották el. Emiatt is tartottam fontosnak a hazai környezetvédelem addigi történetének összefoglalását (2013 Faragó T.: A hazai környezetügy az elmúlt negyedszázadban: tények

és adatok, hazai előzmények és nemzetközi háttér. Országgyűlés Fenntartható Fejlődés Bizottsága <http://real.mtak.hu/62438/>).

- Azóta is élénk szakmai tevékenységet folytatok. Az éghajlati mellett több más környezeti témában jelentek meg publikációim. Az ELTE Környezettudományi Doktori Iskola oktatója lettem (köszönettel tartozom *Weidinger Tamásnak*, hogy annak alapításakor megkeresett), a Szent István Egyetemtől c. egyetemi tanári rangot kaptam és rendszeresen oktathattam a Budapesti Corvinus Egyetemen is. Környezetügyi tevékenységemet „hivatalosan” elismerték (2003 Környezetünkért Díj; 2004 Magyar Köztársasági Arany Érdemkereszt; 2008 Magyar Köztársasági Érdemrend Tisztikeresztje), de számomra az igazi elismerést az jelentette, hogy az általam megismert témakörökben sokféle fontos és érdekes feladat megoldásában vehettem részt, azokról szóló írásaim megjelenhettek és előadások megtartására is rendszeresen meghívást kaptam.
- Sok hazai és külföldi környezettudománnyal, környezetpolitikával foglalkozó szakembert ismerhettem meg, a hazai meteorológusok közül is többekkel hosszabb időn át – valamely témával összefüggésben – közvetlenebb kapcsolatban maradhattam. Az alábbiakkal annak érzékeltetése a szándékom, hogy amit korábban megtanulhattam, megérthettem a levegőkörnyezet és a légkörtudomány jelentőségével kapcsolatban, az azt követően is lényeges maradt számomra, amikor már sokrétű környezeti témakörökkel foglalkoztam.

A környezettudomány és a környezetpolitika világa

Új korszak. Az 1985-1992 közötti évekkel új szakasz kezdődött a nemzetközi környezeti együttműködésben, beleértve a levegőkörnyezettel kapcsolatos történéseket. A minden területre és a kölcsönhatásokra kiterjedő környezeti vizsgálatok, ehhez illeszkedően az átfogó értékelések és a konkrétabb válaszok, intézkedések (válaszpolitikák) kezdték jellemezni a környezetpolitikát.

A korábbiaknál általánosabb fenntartható fejlődési megközelítést tartalmazott az 1987-re elkészült, az ENSZ-közgyűlés által elfogadott Brundtland-jelentés (WCED) és az 1992. évi ENSZ-konferencia („Föld Csúcs”) által jóváhagyott program. A levegőkörnyezeti vonatkozásában pedig ekkor olyan nagyjelentőségű megállapodások születtek, mint a genfi egyezmény (C-LRTAP) első és második kén-jegyzőkönyve, az ózonvédelmi egyezmény és jegyzőkönyv, majd 1992-ben az éghajlatváltozásról szóló egyezmény.

- *Nemzetközi és EU szintű környezetvédelem.* A nemzetközi együttműködésbe hazánk még aktívabban bekapcsolódott az 1990-es évtized végétől és erre külön is ráerősített az EU-csatlakozási folyamat (2003 Láng I., Faragó T., Schmuck E., Zoltai N.: *Környezetvédelem Magyarországon és az Európai Unióban.* Európai Füzetek/15 <http://real.mtak.hu/65634/>); e folyamat egyes vetületeivel jómagam külön tanulmányokban is foglalkoztam (2012 *International environmental and development policy cooperation.* Grotius <http://real.mtak.hu/62454/>; 2018 *A nemzetközi környezet- és klímapolitikai együttműködés.* Klímabarát Települések Szövetsége

<http://real.mtak.hu/84429/>). E változások kedvezően hatottak a hazai intézményekre is, mert nagyobb lehetőségük lett pl. EU-finanszírozású projektekben való részvételre, valamint prominens nemzetközi szervezetekhez csatlakozhattak; így pl. az OMSZ 2008-tól az EUMETSAT, 2011-től az ECMWF tagja lett.

- *Környezetvédelmi minisztérium és program.* Az 1992. évi ENSZ-konferencia után megerősödött a környezetvédelmi tárca szerepe, aminek egyik jelentős eredménye lett az 1995. évi környezetvédelmi törvény elfogadása. Számomra is új időszak kezdődött: egyik feladatomban a világtalálkozó eredményeinek értékelésében, a sokrétű környezeti vállalkozásokból, fenntartható fejlődési célkitűzésekből adódó hazai feladatok meghatározásában, végrehajtásának elősegítésében való részvétel. E feladatkör koordinálásáért is felelős minisztérium munkatársa lettem és egyúttal az akkor létrehozott tárcaközi fenntartható fejlődési bizottság (FFB) tagja és titkára, majd megbíztak az említett törvény által előírt első Nemzeti Környezetvédelmi Program (NKP-1) elkészítésének szakmai koordinálásával, amelyet 1997 őszén az Országgyűlés ellenszavazat nélkül elfogadott. (Ennek jelentőségét külön is értékeltem: 1999 Magyarország környezeti stratégiája és a Nemzeti Környezetvédelmi Program. OMF–Szenzor <http://real.mtak.hu/65838/>). Később részben hasonló módon közreműködhettem az NKP-2 és az NKP-3 kidolgozásában is. Értelemszerűen e programok részletesen kitértek a levegőkörnyezeti vonatkozásokra is.

A környezeti témák sokszínűsége. A nemzetközi és hazai környezetpolitikai fejlemények mellett az 1990-es évektől kezdve nemcsak általában a „környezeti globalizáció”, de számos konkrétabb környezettudományi problémakör vizsgálata is jobban kibontakozott, amelyek közül néhány elemzésében, publikálásában ugyancsak közreműködhettem.

- *Globális környezeti folyamatok.* Ebben az időszakban nálunk is megnőtt az érdeklődés a földi léptékűvé vált, növekvő mértékben antropogén eredetű környezeti folyamatok iránt, egyúttal az igény saját „részesedésünk” és teendőink tudományos alapokon nyugvó meghatározására. (1994 Major Gy., Faragó T., Pálvölgyi T.: A levegőkörnyezet nagytérségű változásai. Magyar Tudomány 155:10 <http://real.mtak.hu/65844/>; 2001 Faragó T.: A földi környezet változása: tudomány és politika. Info-Társadalomtud./52 <http://real.mtak.hu/62452/>; 2004 Faragó T., Kerényi A. (szerk.): Globális környezeti problémák és a riói megállapodások végrehajtásának helyzete. KvVM és Debreceni Egyetem <http://real.mtak.hu/63018/>).
- *Környezetbiztonság és környezeti sebezhetőség.* A környezetbiztonság fogalma már korábban ismert volt többek között olyan környezeti beavatkozások, időjárás-módosítási tervek kapcsán, amelyeknek nemzetközi következményei is lehettek. E tág témakörbe – a természeti katasztrófák miatti és kémiai, biológiai, nukleáris biztonsági ügyek sorába – beletartoznak a levegőkörnyezeti haváriák, szélsőséges aszályok, rendkívüli ipari levegőszennyezések hatásai, azok megelőzési, mérséklési lehetőségei is. (1996 Környezetbiztonság: az ENSZ programjai és a hazai feladatok. KTM <http://real.mtak.hu/65843/>

<http://real.mtak.hu/103146/>). E biztonság kérdése szorosan kapcsolódik a társadalmi és ökológiai rendszerek környezeti sebezhetőségéhez is – magában foglalva a szélsőséges levegőkörnyezeti, meteorológiai eseményekkel szembeni sérülékenységet –, amelynek terminológiája, módszertana később kezdett sokoldalúvá válni összefüggésben e rendszerek ellenálló-képességével (rezilienciájával) is (2011 Faragó T.: A társadalmak környezeti sebezhetősége, ellenálló- és alkalmazkodó képessége. MTA-SzKI <http://real.mtak.hu/62579/>).

- *Környezeti „szkepticizmus”* alatt azt értve, amikor utólag az életminőség jobbítására alkalmazott, feltalált eljárásról, eszközről, vegyianyagról – a kezdeti kétségeket meghaladva – kiderül annak különösen káros pl. a levegőkörnyezet közvetítésével terjedő „mellékhatása”. (2018 Faragó T.: Környezettudomány és szkepticizmus: környezeti kibocsátások káros hatásainak felismerése és elismerése. Magyar Tudomány 179:9 <http://real.mtak.hu/84077/>).
- *Az energiagazdálkodás környezeti és társadalmi-gazdasági vetületei* több okból is rivaldafénybe kerültek: kezdve az 1970-es kőolajválságok és a csernobili katasztrófa, majd a fosszilis tüzelőanyagok felhasználásából eredő növekvő mértékű légköri szennyezőanyag-kibocsátás hatásai miatt. Az elmúlt évtizedben az energetika és energiapolitika kapcsán is újabb és többé-kevésbé ambiciózus fenntarthatósági célok, programok jelentek meg, amelyekben nagy hangsúlyt kapott a megújuló energiaforrások felhasználása és a káros emissziók csökkentése. (2019 Faragó T.: Energiát mindenkinek, de fenntarthatóan – a globális energiapolitikai együttműködés kibontakozása. Magyar Energetika 26:2 <http://real.mtak.hu/93062/>).

Fenntartható fejlődés. A környezeti és társadalmi-gazdasági folyamatok összefüggéseivel, kölcsönhatásaival az 1980-as évek végétől a korábbiaknál behatóbban kezdtek foglalkozni. E folyamatban kiemelkedő jelentőségű volt a már említett 1992. évi ENSZ-konferencia, az ott elfogadott fenntartható fejlődési program, majd az ebből kibontakozó „riói folyamat” (amelynek tevételes részese lett a WMO is).

Mind a nemzetközi, mind a kapcsolódó hazai ügyekben jópáran tevékenyen részt vehettünk; jómagam hivatali feladatköröm részeként is 2010-ig a nemzetközi eseményeken és a hazai fenntartható fejlődési stratégia megalkotásában, majd önálló elemzőként és nem-kormányzati szervezetek keretében. Ennek főbb „állomásairól” alább röviden, amelyek mindegyikén levegőkörnyezeti kérdések is napirenden voltak.

- *Az 1992. évi riói ENSZ-konferencián* elfogadott „Feladatok a 21. századra” c. fenntartható fejlődési program: ennek a levegőkörnyezet kérdéseivel – a klíma mellett a sztratoszférikus ózonréteggel és a határokon áttérjedő levegőszennyezéssel – foglalkozó fejezete miatt különösen éles vita alakult ki (1992 Bulla M., Faragó T., Nathon I. (szerk.): Az ENSZ Környezet és Fejlődés Konferenciája. Magyar Nemzeti Bizottság <http://real.mtak.hu/65984/>).
- *Az 1997. évi „Rió+5” és 2002. évi Fenntartható Fejlődési Csúcstalálkozó (WSSD) lényegében a „Feladatok” végrehajtásának előmozdításáról* szólt. Ekkor is kiemelt hangsúlyt kaptak a nemzetközi jelentőségű ant-

ropogén légkör kibocsátások, így pl. 2002. évi záródokumentumban: „A Föld éghajlatának változása és annak káros hatásai közös gondot jelentenek az egész emberiség számára. .. Erősíteni kell az együttműködést nemzetközi, regionális és nemzeti szinten a levegőszennyezés, ezen belül az országhatáron áterjedő levegőszennyezés, a savas ülepedés és az ózonkárosítás csökkentésére” (1997 Láng I., Faragó T., Schmuck E., Vásárhelyi J., Nemes Cs.: Az ENSZ Közgyűlés rendkívüli ülészaka. FFB <http://real.mtak.hu/65840/>; 2002 Faragó T., Feiler J., Gellér Z., Láng I., 2002: Világtalálkozó a fenntartható fejlődésről. FFB <http://real.mtak.hu/65636/>).

– A „Rió+20” ENSZ-konferenciát 2012-ben a gazdasági tevékenységekre összpontosítva tartották meg, mert úgy tűnt, hogy főként ezek miatt nem sikerült megállítani a fenntarthatatlan folyamatokat (2012 Faragó T., Láng I.: Nemzetközi program a fenntartható fejlődésért. Magyar Tudomány 173:5 <http://real.mtak.hu/62440/>; 2012 Faragó T.: A fenntartható fejlődéssel foglalkozó nemzetközi együttműködés négy évtizede. Külügyi Szemle 11:3 <http://real.mtak.hu/62578/>). Majd 2015-ben a *Fenntartható Fejlődési Világtalálkozón* ismét teljesskörű, de a korábbiaknál konkrétabb célokat tartalmazó új programot sikerült megalkotni. E program kitért az egészségkárosító környezeti – köztük a levegőkörnyezeti – hatásokból eredő halálozási ráta és egészségkárosodás jelentős fokú csökkentésére is, de a konkrétabb klímapolitikai célkitűzésekkel meg kellett várni a 2015 végén jóváhagyott Párizsi Megállapodást (2016 Faragó T.: Világunk 2030-ban – a nemzetközi együttműködés új egyetemes programjának előzményei, lényege és értékelése. Külügyi Szemle 15:2 <http://real.mtak.hu/38257/>).

Nemzetközi környezeti egyezmények, levegőkörnyezeti megállapodások

A nemzetközi megállapodások összefüggései. Az 1990-es évek elején a „riói” egyezményekkel összefüggésben nyilvánvalóvá vált, hogy nemcsak ezek kapcsolódnak szorosan egymáshoz tartalmi, szabályozási és végrehajtási szempontból, hanem ez érvényes számos más egyezményre is. A témakörökkel foglalkozó, azok kidolgozásáért, eredményes tárgyalásaiért, végrehajtásáért fáradó, különböző területeken jártas szakemberek egy része néha meglepően keveset tudott ezekről a tartalmi, szabályozási összefüggésekről.

– Emiatt is látszott fontosnak, hogy legalább a számunkra közvetlenül kötelezettségeket tartalmazó és sokasodó megállapodások lényegét együttesen közlégyük, értékeljük (1994 Bándi Gy., Faragó T., Lakosné H.A.: Nemzetközi környezetvédelmi és természetvédelmi egyezmények. KTM <http://real.mtak.hu/65978/>; 1995 Faragó T., Lakosné H.A. (szerk.), KTM <http://real.mtak.hu/103304/>; 2005 Faragó T., Nagy B. (szerk.), KvVM és ELTE <http://real.mtak.hu/103326/>). A nemzetközi tárgyalásokon való hatékony részvétel elősegítésére tekintettel, angol nyelvű változatok is készültek (1996 Faragó T., Lakosné H.A. (eds.): International conventions on environmental protection and nature conservation. KTM <http://real.mtak.hu/103305/>; 2006 Faragó T. (ed.), KvVM

<http://real.mtak.hu/103327/>). E kötetekben bemutatottak között értelemszerűen sok olyan megállapodás is van, amelyik kifejezetten a légkörrel, a levegőkörnyezet állapotával kapcsolatos vagy figyelembe veszi egyes szennyezőanyagok légköri terjedését, kiülepedését is.

– A növekvő környezetterhelésben – beleértve az országhatárokon áterjedő és globális jelentőségű légköri kibocsátásokat –, továbbá bizonyos természeti erőforrásokért való „versengésben” kimagasló szerepe, felelőssége lett három nagyhatalomnak, akárcsak az ezek miatt erősödő konfliktusok kezelésére irányuló nemzetközi együttműködésben (2018 Nagyhatalmi érdekek és a globális jelentőségű környezeti megállapodások. Magyar Energetika 25:1 <http://real.mtak.hu/75715/>).

A levegőkörnyezetet is érintő egyes megállapodások. Emellett néhány problémakörrel célszerűnek látszott külön is elmélyültebben foglalkozni. Az éghajlatváltozással, klímapolitikával kapcsolatos nemzetközi tárgyalásokra, megállapodásokra már kitértem.

A tiszai ciánszennyezés miatt a határvízi megállapodások alkalmazhatóságára vonatkozó vizsgálatunk (2000 <http://real.mtak.hu/65639/>; 2001 <http://real.mtak.hu/65638/>) sok tekintetben, mindenekelőtt a környezeti hatásoknak országhatárokon való áterjedését és az együttműködés „kényszerét”, módjait illetően megegyezett a légszennyezési ügyekkel.

Az alábbiaknak ennél is közvetlenebbek – a jómagam értékeléseiben, publikációiban is számításba vett – levegőkörnyezeti kapcsolódásai, amelyekkel több OMSZ-kolléga is foglalkozott vagy foglalkozik (így pl. az ózonegyezményről *Tóth R., Tóth Z.*, más nemzetközi megállapodások légkörfizikai, levegőkémiai vonatkozásaival *Bozó L., Ferenczi Z., Haszpra L.*).

– *A magaslégköri ózonréteg* védelmének szentelt megállapodások (1985, 1987) precedens-jelleggel is lényegesen hatottak az 1992. évi éghajlatvédelmi egyezmény kidolgozására (2016 <http://real.mtak.hu/60726/>), majd 2016-ban végre megoldódtak az ózon- és a klímaprobléma kezelésének ellentmondásai (2017 Az ózonréteg megmentése: egy globális környezeti áterhelés évfordulói és tanulságai. Magyar Tudomány 178:9 <http://real.mtak.hu/62024/>).

– *A különböző eredetű és összetételű hulladékok* kezelése során egyebek mellett jelentős mértékű légköri kibocsátások is keletkeznek (2013 A globálisan növekvő hulladékmenyiség és a kezelésére irányuló nemzetközi törekvések. Ipari Ökológia 2:1 <http://real.mtak.hu/62439/>).

– *A globális higanyegyezmény* kidolgozásának megkezdésében annak idején részt vehettem; már akkor kiderült, hogy nem lehetséges konszenzust elérni a kadmiúmról és az ólomra is kiterjedő globális szabályozásról. A higanyfelhasználás több évezrednyi időszakát remélhetően „lezáró” megállapodásnál pedig messzemenően tekintettel kellett lenni e nehézfémek levegőszennyezés akár transzkontinentális hatásaira is (2015 A folyékony ezüst tündöklése és bukása. Magyar Kémikusok Lapja 70:1, 70:2 http://real.mtak.hu/61562/1/Hg_egyezmény_MKL_u.pdf).

– *A kőolaj* sokféle alkalmazási módja miatt nagyon sajátos helyzetű a fosszilis tüzelőanyagok sorában. Ennek kitermelése, feldolgozása és felhasználása során is keletkeznek káros légköri kibocsátások, amelyek miatt és e nem megújuló természeti erőforráshoz való hozzájárás miatt is nemzetközi konfliktusok alakultak ki, majd eszkalálódsuk mérséklésére nemzetközi megállapodások jöttek létre (2018 A nemzetközi és a vitatott tengeri területek kőolajkészletei: igények, konfliktusok, megállapodások. MTA DAB <http://real.mtak.hu/79248/>).

Epilógus

A fentiekben részletezett nemzetközi és nemzeti szintű szakmai és intézményi történések, tapasztalatok alapján végül bátorodom néhány általánosabb jellegű következtetést, értékelést is közreadni.

- **Légkör és légkörtudomány.** A környezeti rendszerben különleges helyzetben van a légkör – persze a többi környezeti elemmel való sokrétű kölcsönhatásában –, és ennek fokozatosan elmélyülő megértése nagy hatással volt szakmai pályafutásomra elsősorban attól kezdve, amikor nemzetközi környezettudományi és környezetpolitikai témákkal, azok összefüggéseivel kezdtem behatóbban foglalkozni. E sajátosság nyilvánvaló lehet azok számára, akik a levegőkörnyezet tudományának tanulásával (is) kezdtek, majd meteorológiai vagy szűkebben véve légkörfizikai, levegőkémiai ügyekkel foglalkozó intézményben folytatták szakmai életüket. A légkörnek e „legglobálisabb” és emiatt „legnemzetközibb” természete különösen kritikus problémaként jelenik meg a légkörbe kibocsátott különböző anyagok országhatárokat átlépő, nagy távolságú, ill. globális léptékű terjedése által, vagy egyes nyomgázok koncentrációjának változása nyomán a légkör sugárzásátviteli tulajdonságainak módosulása miatt, továbbá az e folyamatok által kiváltott, a környezetre és a társadalmakra gyakorolt hatások következtében.
- **Intézményi keretek.** E nagyléptékű folyamatok és hatások mellett egy-egy térségben a levegőkörnyezet-állapot, a levegőminőség rövidebb-hosszabb időskálájú változékonyságának és változásának, ezek hatásainak vizsgálata, előrejelzése is rendkívül összetett és társadalmi szempontból nagyjelentőségű feladat. Mindehhez képest e témakörnek nem volt és nincs önálló hazai kutatóintézete, a szakpolitikai döntések tudományos megalapozását is támogató ilyen intézménye (szemben pl. a vízügyi, talajtani, földtani kutatások legalábbis korábbi helyzetével). A légkörtudományi kutatásokat alapvetően az OMSZ keretében, valamint néhány egyetemi tanszéken tevékenykedő szakemberek végezték – ideértve, hogy egy ideig az OMSZ égisze alatt egy légkörfizikával-levegőkémiával foglalkozó intézet vagy egy másik, klimatológiával is foglalkozó meteorológiai intézet működött. Ez utóbbinak vannak előnyei is, mint a kutatások és alkalmazások közvetlenebb kapcsolata, de emiatt nagyobb a szakmai felelősség, miszerint a megfigyelések, alkalmazások, szolgáltatások mellett elő kell segíteni a kutatásokat és a levegőkörnyezet vonatkozásában a szakpolitika megfelelő tudományos háttérének biztosítását (habár ennek „kapacitási” lehetőségei vagy korlátai jórészt nem az adott intézménytől függenek).

– **A környezeti rendszer vizsgálata.** Miközben az említett szempontok miatt van sajátos jelentősége a légkörnek és a légkörtudománynak, nyilvánvaló, hogy a környezeti rendszer elemei, folyamatai messzemenően összefüggenek egymással. Emiatt nagyobb figyelmet kellene fordítani minden érintett által a környezet, mint rendszer és egyúttal a környezeti és a társadalmi-gazdasági kölcsönhatások oktatására, kutatására, az egyes részterületeken tevékenykedők (inter- és multidiszciplináris) együttműködésére. Ez hozzájárulna a hatékonyabb környezetpolitikához is mind nemzeti, mind nemzetközi szinten.

*

Az elmúlt évtizedekben jómagam sokféle hazai és nemzetközi környezeti ügygel foglalkozhattam. Ezt teszem mind a mai napig, nyomom követem az egymással összefüggő környezeti és társadalmi-gazdasági folyamatokat, esetenként ezekről írok, tanítok, előadok. Ezekhez kapcsolódóan az elmúlt két évtizedben is érdekelt a légkörrel, légkörtudománnyal és alkalmazásaival foglalkozó hazai szakemberek, köztük több korábbi kollégám sorsa, az egyes témakörökben elért számos eredményük és az intézményi keretek alakulása úgyis, mint az MTA-MTB és az MMT tagja vagy az MTN résztvevője. A környezeti ügyek vonatkozásában számomra az 1970-es évektől közel két évtizeden át akár „alma mater”-nek is tekinthető hazai meteorológiai intézmény – amennyire megítélhetem – jelenleg is sokakkal együttműködve törekszik minden tőle telhetőt megtenni e tudományág és gyakorlati alkalmazásainak kellő színvonalú hazai fenntartásáért, fejlesztéséért. Erre is tekintettel az eredményeknek és további teendőknél célszerű kellő figyelmet szentelni – a múlt dicső emlékeinek felidézése mellett – a mostani nevezetes alkalommal, azaz 2020-ban az intézményi előd alapításának százötvenedik évfordulóján.

Rövidítések jegyzéke. C-LRTAP: Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution; ELTE: Eötvös Lóránd Tudományegyetem; ECMWF: European Centre for Medium-Range Weather Forecasts; EUMETSAT: European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites; FFB: Fenntartható Fejlődési Bizottság; GARP: Global Atmospheric Research Programme; IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change; KEI: Központi Előrejelző Intézet; KLF: Központi Légkörfizikai Intézet; KMI: Központi Meteorológiai Intézet; KtEB: Környezettudományi Elnöki Bizottság (MTA); KTM: Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium; KvVM: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium; MMT: Magyar Meteorológiai Társaság; MTA: Magyar Tudományos Akadémia; MTB: Meteorológiai Tudományos Bizottság (MTA); MTN: Meteorológiai Tudományos Napok; NFM: Nemzeti Fejlesztési Minisztérium; NKP: Nemzeti Környezetvédelmi Program; NSF: National Science Foundation (USA); OKT: Országos Környezetvédelmi Tanács; OMSZ: Országos Meteorológiai Szolgálat; SZKI: Szociológiai Kutató Intézet (MTA); TMB: Tudományos Minősítő Bizottság; UNCED: UN Conference on Environment and Development; WCED: World Commission on Environment and Development, WMO: World Meteorological Organisation