

Részlet a „Tudomány Születik. Elek László beszélgetései a magyar űrkutatás megteremtőivel (MANT 2014)” című kötetből



Illés Erzsébet

Csillagász, űrkutató. Elsőként használt számítógépet a magyar csillagászatban és űrkutatásban. Kezdetől fogva – mint egy kutatócsoport vezetője – az optikai műholdmegfigyelések feldolgozásával foglalkozott, amelynek eredményeit a semleges felsőlégkör változásainak vizsgálatára alkalmazta.

I. E.: 1936-ban születtem paraszti családban, ahol az égvilágon senki nem tanult. 11 éves korom körül azonban kezembe került néhány, Róka Gedeon és Kulin György által írt TIT-füzet, és ezeket olvasva beleszerettem a csillagászatba. Ettől kezdve csillagásznak készültem.

E. L.: Ez hol volt?

I. E.: Szekszárdon. Még általános iskolába jártam, és pályaválasztási szándékomat nem nagyon mertem elmondani senkinek, mert akinek elmondtam, az kinevetett. Nem vették komolyan, nem is tudták, hogy létezik ilyen szakma. A gimnázium alatt minden rendben ment, nagyon jó tanuló voltam, minden tanár azt hitte, hogy az ő szakterületén fogom a tanulmányaimat folytatni. Teljesen megdöbbentek, amikor harmadikos gimnazista koromban (akkor még négyosztályos gimnázium volt), azt mondtam, hogy én csillagász szeretnék lenni. Ekkor derült ki, hogy ahhoz matematika–fizika kell. Azért jelentkeztem erre a szakra, és azért Pestre – és nem Szegedre, ahova tartoztunk –, mert akkor már tudtam, hogy Budapesten létezik egy Csillagvizsgáló Intézet. Az Élet és Tudománynak írtam ugyanis levelet, amiben megkérdeztem, hogy hova kell ahhoz mennem, hogy csillagász lehessek, ők pedig kiadták ezt valakinek – és az a valaki az Almár Iván volt. Ő válaszolt, és azt mondta, hogy Budapestre, matematika-fizika szakra. Így kerültem ide. Vele egyébként akkor találkoztam először, amikor felvételre feljöttem Budapestre.

E. L.: Ő akkor hány éves volt?

I. E.: Ő 23 éves volt, és aspiráns a Csillagvizsgáló Intézetben Detre professzor mellett. 1955-ben tehát Budapestre jöttem tanulni. Kollégiumba kerültem. Tulajdonképpen nagyon szerencsés voltam, hogy azonnal fölvettem az egyetemre, biztos, hogy ebben a származásom is sokat segített. Az akkor még előny volt. Ugyanez segített a Csillagvizsgáló Intézetben is a felvételhez, mert azt mondta Detre László igazgató, hogy nagyon jó lesz egy parasztszármazású is az Intézetben.

E. L.: De, gondolom, ez nem az egyetem első egy-két évében volt. Vagy mindjárt megtámadta az intézetet?

I. E.: Nem, nem, nem! Viszont 1956 nyarán volt egy változócsillag-konferencia Budapesten. Tulajdonképpen az első, amire nyugatiak is jöttek. Akkor Ivánnal már együtt jártunk. Ő kapacitált, hogy menjek el a konferenciára, hallgassam végig, annak ellenére, hogy egy mukkot sem értettem persze semmiből, se szakmailag, se nyelvileg. Én 6-8 éves koromban az iskolában tanultam németül, és aztán oroszul tanultunk, de hát ezek semmire sem voltak jók. De ott voltam, és próbáltam figyelni. Mindenesetre nagyon kedvesek voltak velem az emberek, és ezek a barátságok, amelyek akkor kötődtek, végig megmaradtak, különösen az orosz kollégákkal, Maszevics és Kukarkin professzorokkal. Ők később is figyelték az életutamat.

E. L.: Az ő nevük nekem nem mond semmit. Ők minek a professzorai voltak?

I. E.: Maszevics professzor-asszony a szovjet Csillagászati Tanács elnökhelyettese volt, és csillagfejlődéssel foglalkozott. Nem sokkal később ő kapta azt a feladatot, hogy szervezze meg az egész világon a szovjet mesterséges holdak megfigyelését. Nagyon sok nyelven beszélt. Német anyanyelvű volt, de a család Oroszországban élt. Tökéletesen beszélt angolul is, és ez nagyon sokat segített a szervezésben. Ő egy igazi csillagász-diplomata volt. Kukarkin professzor változócsillagokkal foglalkozott. Amikor én (a végzés után azonnal) az intézetbe kerültem, tanácsokat adott, hogy mit lenne jó észlelni.

E. L.: Az egyetemi képzés, így utólag visszagondolva, mit adott a jövő csillagásznak?

I. E.: Tulajdonképpen nem olyan nagyon sokat. Csillagász szak még nem volt, Földes István professzor elméleti égi-mechanikát adott elő. A matematika és a fizika nem ment nekem olyan borzasztó jól, de nagyon tanultam, és vizsgáim mindig jól sikerültek, nem volt soha problémám.

E. L.: Az egyetem alatt kacsingatott már a csillagászat felé? Kereste a kapcsolatot a későbbi szakmával?

I. E.: Természetesen, végig. Mindenféle ismeretterjesztő előadásra elmentem. Én nem vagyok bátor ember, az intézetbe nem mertem menni feladatokat kérni. De Herczeg Tibortól, aki szintén a tanszéken tanított, egy nyári gyakorlatra feladatként kaptam egy kisbolygó pályaszámítását – azelőtt, hogy a differenciálegyenletekkel az egyetemen már megismerkedtünk volna. Számoltam, számoltam egész nyáron abban a borzasztó hideg könyvtárban, ahol agyon fagytam. De később, amikor a Csillagdába kerültem, és a BP Vulpeculae nevű, RR Lyrae típusúnak hitt csillagról kiderült, hogy kettőscsillag, és annak a pályáját kellett meghatároznom, azért ezek, mint emlékek, valamennyire segítettek.

E. L.: 1959-ben diplomázott, de már 1958-ban bekapcsolódott az akkor induló űrkutatásba, a szputnyik-megfigyelésekbe.

I. E.: Ez nyári gyakorlat alatt volt. Úgy kerültem oda, hogy Almár Iván mindig kapacitált, hogy vegyek részt mindenben, ami a csillagászzal kapcsolatos. Ő maga is sokszor elvitt jó ismeretterjesztő előadásokra, és ezeket a nyári gyakorlatokat is ő javasolta. Hát – az első észlelésem borzalmas volt! A szputnyikok – ugye – nagyon gyorsan mozgó objektumok. Egy olyan, AT-1 nevű kis távcsővel kellett észlelni, amelyben az ember az ellenkező irányba látta

mozogni a mesterséges holdakat, mint ahogy a valóságban haladtak az égen. Várni kellett, hogy a távcsőben meglássam, és amikor a fonálkeresztben átment, akkor meg kellett nyomni a stoppert. Akkoriban még nem nagyon ismerték a légkör sűrűségváltozásait. Előfordult, hogy fél óráig is várni kellett, amíg feltűnt a mesterséges hold, mert – bár az előre jelzett irányba haladt, de, ha a légkör jobban fékezte, akkor – sokkal később érkezett, mint várták. Az ember várta, várta, már szikrázott a szeme, már nem tudta, hogy jön-e valami, és amikor hirtelen megjelent a szputnyik, és én elfelejtettem megnyomni a stoppert. És ettől nekem teljesen elment a kedvem, úgy éreztem, hogy én erre abszolút alkalmatlan vagyok. De sokszor ott voltam, mert sok embernek kellett egymás mellett állni egy kicsit eltolt távcső-látómezőkkel, hogy valamelyik látómezőben majd csak megjelenik a mesterséges hold.

E. L.: Hogyan kezdődött Budapesten a műholdak megfigyelése, s hogyan folyt?

I. E.: Az Akadémia felkérést kapott a Szovjetunióból, hogy Magyarország is vegyen részt abban a munkában, amely a mesterséges holdak mozgásának vizuális követésén alapult (tehát megadni a pozíciót, ahol látjuk, és a hozzá tartozó időt). Ezzel segítünk a mesterséges holdak követésében. 1957-ig még nagyon nem lehetett tudni, hogy a mesterséges holdak mennyire Kepler-pályán mozognak. Azt már sejtették, hogy a hold a légköri fékeződés miatt nem fog örökké ugyanazon az ellipszispályán keringeni, hanem a pálya valahogy megváltozik, ezért a hold késik vagy siet a várt megjelenéséhez képest – de hogy hogyan, arról akkoriban az egész világon senkinek nem volt fogalma. A légkörből a 10 km alatti részt ismerték, ahol a repülőgépek repültek. A mesterséges holdak viszont 250 km fölött mozogtak. (Azóta már azt is tudjuk, 180 km alatt nem is tudnak egy körnél többet megtenni, mert annyira fékeződnek, hogy elégnék a légkörben.)

A mesterséges holdakat a Nemzetközi Geofizikai Év alkalmából akarta mindkét ország – a Szovjetunió is és az USA is – felbocsátani. A Szovjetunió sikeresen megelőzte az USA-t. (Tulajdonképpen ezekkel a teljesítményekkel elsősorban demonstrálni akartak, és nem a tudomány érdekelte őket. Mostanában döbbsentem rá, hogy ez sokszor még ma is így van, az űrkutatási eszközöket készítőik között. A tudósok érdeme, hogy ami így adódik, azt képesek felhasználni a tudomány számára.)

Egyébként nagy szerencse volt, hogy 1959-ben szokatlanul erős naptevékenységi maximum volt, amely megnövelte a felsőlégkör sűrűségét. Így a mesterséges holdak fékeződésében – és a légsűrűségben is – azonnal meg lehetett látni a légkör minden lényeges változását: a napszakos változást (vagyis, hogy a nappali oldalon sokkal nagyobb a sűrűség ugyanabban a magasságban, mint az éjszakain), egy 27 napos periódusút, a szezonális, valamint egy szabálytalan időközökben, hirtelen, a nagy geomágneses viharok idején jelentkező sűrűségváltozást. Ez utóbbit geomágneses effektusnak nevezték el. A napfizikusok meg a geofizikusok segítségével így már akkor megfogalmazódtak azok a paraméterek, amelyekkel a modellek leírták a felsőlégkör sűrűségváltozását, és megszületett a *Nap-Föld fizikai kapcsolatok tudománya*.

A felkérést tehát az Akadémia kapta, amely a Csillagvizsgáló Intézetet bízta meg a megfigyelő hálózat megszervezésével és működtetésével. A feladat megoldásához az ország 40 darab kis, 5 cm lencse-átmérőjű, AT-1-nek nevezett távcsövet kapott a Szovjetuniótól. 1958. január 23-án volt Budapesten az első olyan sikeres észlelés, amelyről már táviratot küldtek a moszkvai előrejelző központnak (KOZMOSZ központ).

Ennek a szputnyik-megfigyelési feladatnak abszolút nem örült az Intézet, de visszautasítani nem lehetett. Magát az észlelést nálunk négy-öt ember végezte az Intézet tetőteraszán, más, külföldi intézetekben, ahol nagyobb apparátus állt rendelkezésre, hatan-heten-nyolcan álltak egymás mellé. Előre tudtuk, hogy nagyjából milyen irányba fog haladni a mesterséges hold az

égen, és erre merőlegesen széthúztuk a távcsövek látómezejét, hogy ha nem is pontosan azon a pályán megy, ahol várják, akkor is el lehessen kapni valamelyik távcsővel.

E. L.: Mindenki a saját műholdjaiból mért adatokból dolgozott? Tehát a világnak ez a fele ismerte, hogy mikor jönnek a szovjet műholdak és azokból számolt, a nyugati világ meg az amerikaiakból?

I. E.: Azt hiszem, hogy mindenki figyelte a másik holdjait is.

E. L.: Lehetett tudni, hogy mikor jönnek az amerikai holdak?

I. E.: Valószínűleg igen. Mi a legelején csak a szovjet holdak vonulásaira kaptunk előrejelzéseket a Kozmosz központból, kifejezetten a mi állomásunkra számolva, de 1961-től már amerikai holdakra is. Ekkor Ivánnak sikerült megszervezni, hogy rendszeresen kapjunk Amerikából, a Smithsonian Intézetből pályaelemeket az általuk megfigyelt holdakról, és valószínűleg ekkor kaptuk azt az EFEM nevű előrejelző programot is, amit nekem kellett „megszóltatni”, átalakítani a mi céljainkra, és működtetni. Kanadában is kifejlesztettek egy radarmegfigyeléssel működő szolgálatot, ami minden műholdat figyelt (nehogy átlójenek a Szovjetunióból valami atombombát). Iván ezeket a pályaelemeket is megszerezte később, sőt az angol Royal Aircraft Establishmentből is kaptunk egy rendszert, amelyben hetente javítva minden holdra megadták a pályaelemeket.

Később, miután a Kozmosz központnak nem volt már szüksége a napi megfigyelt pozíciókra, nem küldtek távirati előrejelzést, ezután nekünk kellett ezekből a pályaelemeket megadó adatsorokból minden holdra külön-külön kiszámítani, hogy a mi állomásainkról melyik hol és mikor figyelhető meg. Ehhez kellett az EFEM nevű számítógépi program, amellyel előre lehetett jelezni, hogy Budapestről vagy Bajáról milyen irányban látjuk például ma este 6 óra környékén valamelyik holdat.

Közben voltak hazai „szputnyiktalálkozók” évente többször. Ezek nagyon jó brainstorming jellegű összejövetelek voltak. Mindenki elmondta, hogy mit csinál, ötleteket kaptunk. És a sok észlelési anyag alapján már lehetett a modelleket kontrollálni. Akkor még mindenki elsősorban azt akarta demonstrálni, hogy meg tudja határozni a mesterséges holdak fékeződését, és abból a légköri sűrűséget, amihez az angol King-Hele által kifejlesztett képleteket kellett alkalmazni.

E. L.: Tulajdonképpen az ötlet elég zseniális. Hogy ha már úgyis bocsátunk föl szputnyikokat, akkor használjuk ki, hogy a legfelső, nagyon ritka légkörben haladnak, és a pályamozgásukból tudjunk meg minél többet a saját légkörünkről!

I. E.: Így van. Ez egy csodálatos gondolat, azonban a kezdetekben szerintem még nem erre gondoltak a szervezők. Leginkább megtalálni és követni szerették volna a saját mesterséges holdjaikat.

E. L.: A légkörkutatók későbbi, járulékos haszon volt?

I. E.: Igen, a holdak megfigyelésének a mellékterméke. A tudósok – elsősorban az angol King-Hele – ismerték fel, hogy az összegyűlt adatokat erre is fel lehet használni. A megfigyelésüket illetően rövidesen megtudtuk például azt is, hogy a pálya iránya nagyon jól megmarad kis időkülönbségen belül, tehát nem kell nekünk tíz távcsövet egymás mellé állítani, elég csak kettő. De azáltal, hogy a légkör nagyon lelassította a holdak mozgását – az elején még előfordult, hogy 10-20 percet is késtek.

E. L.: Mit tudott ekkoriban a tudomány erről a felsőlégréől?

I. E.: Nagyon keveset. Az első évek megfigyeléseiből fejlődött ki a Nap-Föld fizikai kapcsolatok tudománya. Abból, hogy a mesterséges holdak fékeződéseiben láttak bizonyos változásokat, felfedezték, hogy a felsőlégré sűrűsége változik. Azóta nagyon nagy a fejlődés ezen a területen. Érdekes módon ma jobban ismerjük a felsőlégré, mint a 180 és az 50 km közöttit, ahol nem nagyon járnak a műszereink.

E. L.: Annakidején annyi volt csak a munka, hogy föl kellett menni a tetőre, bele kellett nézni a távcsőbe, és meg kellett nyomni a gombot, amikor jött a műhold – vagy a kapott adatokkal is dolgoztak már?

I. E.: Először beszéljünk arról, hogy mit jelent is jelentett maga az észlelés. A mesterséges hold akkor látszik, akkor tudjuk megfigyelni, amikor mi már árnyékban vagyunk, de a nagy magasságban keringő mesterséges holdat megvilágítja a Nap. Emiatt tehát az esti szürkület után és a hajnali szürkület előtt lehetett megfigyelni. Az észlelés azt jelentette, hogy megmértük az AT-1 látómezejében lévő szálkereszt segítségével, hogy hány ívperccel haladt át egy fényesebb csillag alatt vagy fölött a mesterséges hold. Ezt utólag a NAVICARD nevű eszköz segítségével átranzformáltuk a szokásos égi koordinátákra (számítógépeink akkor még nem voltak). Ez Almár Iván módszere volt, ő dolgozta ki ezt a csillaghoz kötéses módszert. A megfigyelt pozíciót rejtjeles táviratban kellett elküldeni Moszkvába, a Kozmosz központba, ahol ezeket fölhasználták a következő napi pályák meghatározásához. Tehát megjött délután a távirat, hogy ma este körülbelül hol látjuk a mesterséges holdat, és ha sikerült az észlelés, azt még aznap éjjel vagy hajnalban meg kellett Moszkvába táviratozni. Magukat a számolásokat Iván végezte, a többi észlelő számára viszont véget ért ez a munka. Ebben néhány segéderő dolgozott (Gefferth Károly, Oláh Katalin), akiket Detre professzor engedélyezett, de időnként besegítettek lelkes egyetemisták (az elején még csak én, később Varga Márta, Horváth András, Fejes István és Thaly Koppány), illetve egy-egy kutató (például Paál György) is.

E. L.: Azt mondta, hogy 1959-ben diplomázott. Hogyan alakult tovább a sorsa?

I. E.: A diploma tökéletesen sikerült. Azonnal felvettek az Intézetbe, ahol a változócsillagok megfigyelését és a megfigyelési anyag feldolgozását kaptam feladatul (az RR Lyrae típusúknak hitt BP Vulpeculae-t és AT Herculist, valamint a TU Cassiopeiae nevű cepheidát). Nem is gondoltam, hogy én mással fogok foglalkozni, mint csillagászzal, azon belül a változócsillagokkal.

E. L.: Mikor házasodtak össze?

I. E.: 1959. augusztus 3-án, és szeptember 1.-től már az Intézetben dolgoztam. Azonnal kaptam egy, a könyvtár-részből leválasztott szobácskát, ami csak az Iván szobáján keresztül volt megközelíthető. Abszolúte be voltam zárva. Ha valaki mondani akart nekem valamit, akkor az odament Ivánhoz, hogy „te, azt akarom mondani az Erzsinek ...”, mire Iván azt mondta neki, hogy „menj oda hozzá, és mondd meg neki”. Nagyon nehezen lehetett kapcsolatba kerülni a többiekkel.

E. L.: Mennyi idő alatt lehetett kivívni az önálló státuszt? Tehát, hogy aki kutató, publikál, az nem az Almár Iván felesége, hanem Illés Erzsébet.

I. E.: Igazából talán soha – még az úrkutatáson belül se.

E. L.: Nem esett rosszul?

I. E.: Nem esett rosszul, de persze, ha az ember nem kap közvetlen visszajelzéseket – pozitív visszajelzéseket – az nehezzé teszi az életet. De annyival többet kaptam azzal, hogy egy nagyon jó együttesben dolgozhattam, hogy ez bőven megérte. Tudomásul vettem, hogy ez így van, és hogy tulajdonképpen ez nagyon jó. Amit alkottunk, azt együtt alkottuk, és most már talán odáig eljutottunk, hogy elismerik, hogy *én is* létezem a szakmában.

Még egy dolgot hadd mondjak el ehhez. Nem egyszerű, ha az ember nőként egy ilyen helyre kerül. Az Intézetbe kerülve megfigyeléseket végeztem, szerettem volna egy automata távcsövet készíteni. Bejártam a Műegyetemre, könnyűáramú szakra órákat hallgatni. Amikor elmondtam ezt a tervemet a Detre professzor úrnak meg a műhelyvezetőnek, hogy kezdjünk valamit automatizálni, vagy legalább regisztráljuk az észleléseket, a műhelyvezető válasza az volt, hogy „na, majd a kis Erzsike fogja megmondani, hogy mit kéne a műszerrel csinálni”.

E. L.: Tehát ráadásul azzal is meg kellett küzdeni, hogy ez egy férfitársadalom, ráadásul ebben a szakmában nagyon kevés a nő.

I. E.: Igen. Mint nagyon sok más társadalomban, a magyar társadalomban sem lehet feltörni nőként, csak akkor, ha nagy szerencséje van valakinek.

E. L.: Tehát mindig érezte ezt a különbségtételt. Hogy okos, okos, de nő.

I. E.: Még az se biztos, hogy az „okos” ott van. De a „nő, hát mit akar” igen.

E. L.: Menjünk vissza az intézeti élet kezdeteihez! A csillagászat mellé hogyan jött az úrkutatás?

I. E.: Iván már egyetemista koromban is mindig figyelt arra, hogy tanuljak, fejlődjek. Amikor a 60-as években rájött, hogy a számítástechnika előtérbe fog kerülni, akkor az egyik első tanfolyamra fölhívta a figyelmemet. Ez 1961-ben indult a Rózsadomb tetején valamilyen kémiai intézetben. Beiratkoztam, elvégeztem, és amikor befejeztem, addigra már a mesterséges holdak vizsgálatára elindult az INTEROBS megfigyelési program. A program ötletét (vagyis azt, hogy ha szinkronban észlelünk két helyről, akkor háromszögeléssel meg lehetne határozni a mesterséges hold pillanatnyi térbeli helyzetét, és több ilyen pontból a hold pályáját is) Ill Márton vetette föl 1961-ben. A módszerek kidolgozását már Ivánnal ketten csinálták. És ekkor kellett volna a szinkronészlelések feldolgozásához segítségként egy olyan grafikus segédeszköz, vagyis egy térképhálózat, amelyiken könnyen, vonalzóval behúzható a két megfigyelés azimut koordinátája, és ezeknek a metszéspontja megadja azt a földfelszíni pontot, amely fölött a megfigyelés pillanatában a szputnyik tartózkodott.

E. L.: Már 1961-ben elindul ez a program?

I. E.: Igen. És akkor én ezen a tanfolyamon, kvázi vizsgafeladatként, azt kértem, hogy próbáljuk meg ezt a problémát megoldani. Érdi Krausz György geodéta (aki a MANT elődjének, a KASZ-nak volt az ügyvezető titkára, nagyon segítőkész ember, és az úrkutatás lelkes híve) szívességből megadta nekem azt a képletsort, amivel egy ilyen „két-pontban

szögtartó térképhálózat” (*BIAZIMUT*) rácspontjait kiszámolhatjuk. Ez lett az első programozási feladatomban.

E. L.: Miből állt a számítógépes tanfolyam, és miféle gépen tanultak?

I. E.: Megtanultuk a kettes számrendszert, a Neumann-féle alapokat, a számítógépek működésének módját, a programkészítés alapjait. Egy Ural-1 számítógép volt ott, amin csak a klaviatúra volt a „bemenet”. Tehát *ott és akkor* kellett lepötyögnöm kettes számrendszerben a programot (hogyan 1 0 1 0 0 1 0 stb.), amikor azt futtatni akartam. Az előre megírt programot és az adatokat tehát be kellett pötyögni, és egy gombnyomással elindítani a futtatást. Akkor a program elkezdett futni, és kiderült, hogy ahogy megírtuk, úgy egy teljes napig futna (egy mostani PC-n talán egy másodperc lenne). Ennyi időt nem szánhattak egy ilyen szívesség-programra, hát a tanfolyamvezető Kiss György kitalálta, hogy változtassuk meg az alapegységet. És tényleg, ez után a program-változtatás után már egy órahossza alatt lefutott a program. Ez volt az első alkalom, amikor megtanultam, hogy a programozásban egy apró trükk gyakran nagyon sokat segít. Egyébként ez volt az első számítógépi program Magyarországon, amely csillagászati-úrkutatási céllal készült.

E. L.: A Csillagvizsgáló Intézetben ekkoriban volt már számítógép?

I. E.: Nem, semmiféle számítógép nem volt, és senki nem is tanult programozni.

E. L.: Nem tartották nagyra?

I. E.: Nem!

E. L.: Ez azért furcsa, mert a csillagászat mindig is nagyrészt matematika volt. A megfigyelésekből így lehet valamilyen eredményt leszűrni. Kepler óta ez mindig is így volt, és azt gondolná az ember, hogy a csillagászok boldogok voltak, hogy a sok-sok számolásban segít a gép.

I. E.: Ehhez ezt föl kellett ismerni. Sokan nem ismerték föl mindjárt ennek a lényegét. És hát persze akkor még nagyon primitívek voltak a gépek, másrészt a változócsillagászatban akkor a *sok adat* csak néhány száz darabot jelentett. Tulajdonképpen egészen a 70-es évek közepéig a csillagászati megfigyelések nem szolgáltattak nagy adathalmazokat. Egyébként nem csak a csillagászatban, hanem az úrkutatásban is így volt eleinte. A mi első programunk 1961-ben készült, de a tömeges feldolgozást mi is csak a 60-as évek második felében kezdtük el.

E. L.: Egyébként sikerült megírni azt a programot?

I. E.: Sikerült, lefutott...

E. L.: És elkészíteni azt a térképet, amin ez működött?

I. E.: Igen! A Honvédség Térképészeti Intézetében készítették el, *BIAZIMUT* lett a neve, és ezt használták Rodewisch (az NDK egyik megfigyelő állomása) és a bajai állomás közötti pontok kiszámolására. Meg is van mind a mai napig a szobámban azzal a már említett *NAVICARD* nevű hálózattal együtt, amit szintén Érdi Krausz György szerkesztett és készített már korábban, amivel megkönnyítették az észlelések koordinátáinak az átszámolását a táviratok elküldéséhez. Egyébként 1967-ben is készítettem a *NAVICARD* egy

pontosabb változatához egy, a rácspontokat kiszámító programot az Ural-2 gépre, de mire elkészítették volna a térképhálózatot, már nem volt szükség rá, mert más módszert használtunk.

Azzal, hogy a mesterséges holdak sok adatot adtak, nem csak a csillagászatban belül voltunk mi „előreszaladók”, hanem tulajdonképpen az egész számítástechnikában, tehát azok között is, akik már használták a számítástechnikát (fizikusok, kémikusok, matematikusok). Ugyanis rendszerint mi futottunk először bele olyan problémákba, hogy túl sok az adatunk, és ennyit már nem tud a gép kezelni. És senki, még a gép matematikusai sem tudtak segíteni, hogy hogyan oldjuk meg a problémát. Valami trükkhöz kellett ilyenkor folyamodni, például csak középértékeken tudtunk vizsgálni bizonyos feladatokat. Tulajdonképpen csak 1995-re jutottunk el oda, hogy nem középértékeken, hanem magukon a momentán értékeken tudtuk vizsgálni a jelenségeket, vagyis, hogy néhány tízezer adatról felmehettünk néhány százezerre, vagy egymillióra.

E. L.: Menjünk vissza a 60-as évek elejére. Befejeződött a tanfolyam, elkészült az első program, amely létrehozta azt a térképet, amit utána a szputnyikmegfigyelők tudtak használni. Megmaradt-e a kapcsolata az űrkutatással, vagy ment vissza a változócsillagokhoz?

I. E.: Nem, nem maradt meg, de nagyon rövid idő múlva újra szükség volt rám. Tudniillik a szinkronészlelésekből kapott pontokból ki kellett volna számolni a mesterséges hold pályáját. Ez viszont már nagyon komplikált, ehhez már használni kellett volna a számítógépet. És ehhez programot akartak íratni. Almár Iván meg Ill Márton elmentek a Könnyűipari Minisztériumba, ahol volt egy Eliott-803-as számítógép, és a matematikusokkal megbeszélték, hogy milyen programra lenne szükségük. Hazajöttek, és Iván azt mondta, hogy nem értették meg egymást. Hiába mondták ők, hogy mit kéne csinálni, azok egyszerűen nem tudták fölfogni, hogy milyen speciális feladatokat kellene megoldani. Kértek, hogy menjek el „tolmácsolni”, elmagyarázni az egyiknek azt, amit a másik mond. Elmentem, és menet közben rájöttem, hogy ez olyan nehéz feladat, hogy sokkal egyszerűbb, ha én megcsinálom. Így kerültem bele igazából az űrkutatásba. Eleinte még csak úgy, hogy programokat írok.

E. L.: Ott, a minisztérium gépén?

I. E.: Igen, a minisztérium gépén, amelyekhez viszont csak a gépkezelők nyúlhattak. Ez nagyon hosszú ideig, tulajdonképpen 1979-ig így volt. Mi, „*userek*” a külön teremben lévő gép közelébe se mehettünk. Oda csak a gépkezelők mehettek be, ők is csak fehér papucsban. Mi csak leadtuk a gép kezelőinek az előre megírt programot és az adatokat.

E. L.: Ez a lyukkártyák időszaka volt?

I. E.: Akkor még nem volt lyukkártya, csak telexszalag. A telexszalag után még jött a 8 csatornás lyukszalag, és csak talán 1972 környékén következett a lyukkártya. Amikor 1990 környékén már nem volt több helyünk, és ki kellett dobni sok mindent, többek között a lyukkártyákat is, összegyűjtöttük őket egy helyre. Körülbelül két köbméternyi volt az a kártyatömeg, ami 8 év alatt ezeknek a programoknak a beviteléhez, illetve az eredmények kiadásakor keletkezett. A szívem szakadt meg, hogy mennyi munka volt azokban, amikor létrejöttek, de hát, sajnos, ki kellett dobni.

E. L.: Tehát 1962-63-ban közvetítőként programoz, csillagászként a minisztérium gépére ír olyan programokat, amit a szputnyikmegfigyelők használhatnak.

I. E.: Igen. Akkor naponta leadtam a programot a gépkezelőknek, másnapra kaptam egy hosszú, nyomtatott eredménylistát, amin látszott, hogy valahol hiányzik egy vessző a programban. Kijavítottam a vesszőt, harmadnap újra visszavettem, negyednap megkaptam, hogy ott meg egy pont hiányzik. Akkor ez így ment. Egy-két hétig is eltartott, amíg a program „belövődött”, és futtatni lehetett.

Még mindig csillagásznak tartottam magam, még 1963-ban is változócsillagokat észleltünk, sőt, új megfigyelési programba kezdtünk a Nova Herculis észlelésével. Én nem is akartam az űrkutatásban részt venni, de folyton csinálni kellett valamit – például a szputnyik-előrejelzéseket. Ahhoz Ivánnak sikerült szerezni egy kész számítógépi programot (mint már említettem, EFEM volt a neve), amin azonban változtatni kellett ahhoz, hogy a mi céljainknak megfeleljen. De nem könnyű feladat ám más programjába belejavítani, ahhoz azt meg is kellett érteni. Szóval ilyen módon folytam bele egyre jobban a dolgokba.

E. L.: Mikor érintette meg a budapesti csillagdat az a gondolat, hogy az évek óta gyűjtött megfigyelési adatok elemzése elindíthatja a felsőlégkör kutatását?

I. E.: Ez Ivánban és Ill Mártonban nagyon hamar, 1961-re megfogalmazódott, és ennek érdekében elindult az INTEROBS megfigyelési-program, vagy ahogy ma mondanák: projekt. Egy-két évvel később azonban kiderült, hogy a programban túl kevés szinkron észlelés adódik ahhoz, hogy stabilan meg lehessen határozni a pályát. Pedig a szputnyikok pályameghatározására is elkészült egy óriási program *GEOREL* néven, de a kevés szinkron-megfigyelés miatt ezt sohase használtuk később.

1965-ben a budapesti nemzetközi szputnyik-konferencián Lozinszkij orosz tudós tartott egy előadást arról, hogy igazából a mesterséges holdak periódusán látszik legjobban a légköri fékeződés. Nekünk nincs is szükségünk minden pályaelem meghatározására, elég a pályaperiódus. Időt ráadásul pontosabban tudunk mérni, mint pozíciót. Ha meg tudjuk mérni, hogy az égen egy bizonyos pontra mikor ért vissza a szputnyik (tehát mennyi volt a Föld körüli pályájának a periódusa), akkor ennek a megfigyelése elég nekünk. Ha többször egymás után meg tudjuk figyelni például azt, hogy az égi egyenlítőn mikor halad át a mesterséges hold, akkor ez alkalmas a periódus meghatározására. Ez a módszer nagyon ígéretesnek látszott, de az AT-1 távcsöve kkel egynél több pozíciót nem lehetett vonulásonként meghatározni.

Erre a célra sikerült a honvédségtől beszerezni néhány, a repülőgépek követésére használt TZK távcsövet, amellyel már két szemmel, kényelmesebben lehetett észlelni. Ráadásul ugyanabban az irányban látták mozogni a mesterséges holdat, mint ahogy az a valóságban ment, tehát könnyű volt követni, így több megfigyelést is lehetett volna gyűjteni, ha közben rögzítették volna valahogy a pozíció-értékeket és az időt. Ezen rögzítés érdekében Baján, Budapesten és Miskolcon is elkezdtek fejleszteni a TZK-t, persze mindenhol úgy, ahogy a helyi műszaki vezető a legjobbnak gondolta. Mindhárom állomáson beindultak a tömeges észlelések. Időnként előfordult, hogy egyetlen vonuláson 30, sőt 60 pozíciót is sikerült ezzel a fejlesztett TZK távcsővel megfigyelni (tehát amikor a mesterséges hold egyszer átvonult az égen). Ezt össze lehetett kötni egy görbével, és le lehetett olvasni azt az időpontot, amikor a mesterséges hold áthaladt az égi egyenlítőn. Ha ezt egymás utáni vonulásokon (a következő körben is) meg tudtuk határozni, akkor másfél órá –, ha pedig csak a következő napon sikerült, akkor egynapos időfelbontásunk volt. Ezekből már lehetett tovább lépni. A módszert Iván kidolgozta, de kellett volna egy illesztő-program, egy periódus-meghatározó –, egy periódusváltozást-meghatározó, egy légsűrűséget meghatározó program stb. És ilyenkor jött megint az, hogy csináljam meg.

E. L.: Ez mikor volt?

I. E.: 1965-66 környékén. Közben, miután Horváth András az egyetem elvégzése után Miskolcra került, közösen írtunk programokat, programcsomagokat. (A periódust meghatározó program nevére máig emlékszem: PERLO, a PERiódus LOzinszkij szavakból.) Végül egy öt programból álló óriási programcsomag készült, ami több tízezer utasításból állt. Az egyik program eredményét a másik program bemenő adatának használva kaptuk meg végül a légsűrűséget, amivel elkezdhattük a kutatást.

E. L.: Még mindig a Könnyűipari Minisztérium számítógépén végezték a számítást?

I. E.: Kezdetben igen, de 1963 környékén átmentünk az Akadémia Számítástechnikai Központjának az Ural-2 gépére. 1967 körül már a KFKI ICT-1900-as gépén dolgoztunk, amit 1970-től egy ideig párhuzamosan használtunk az Akadémia Számítástechnikai Központjának CDC-3300-as gépével. Algol programozási nyelvben programoztunk (a Fortranra csak nagyon későn, már tulajdonképpen a 80-as évek környékére tértünk át, a PC-k idején). Minden új gépre való áttérésnél a programokat át kellett írni az új gép „szája íze szerint”. Az Ural-2-nél – a legelső Ural-1-hez képest – már nem kettes számrendszerben és nem billentyűzni kellett a programot, hanem a gépnek saját *autokódja* volt, mint ahogy az Eliott gépnek is saját Eliott-autokódja. Ekkor még nem volt egységesítés. Az ALGOL volt az első nyelv, amit minden gépre igyekeztek megalkotni (csak akkor még a bemeneti és kimeneti utasítások nem voltak egységesek.) Aztán 1968 környékére már nagyon sok kész program is rendelkezésre állt.

E. L.: A 60-as évek második felében ön eljár az úrkutató csoport megbeszéléseire. Nem tudom, hogy kijutott-e külföldre ebben az időben? Volt már ilyenre példa, Ill Márton például ment Franciaországba.

I. E.: Kijutottam, bár én kevesebbet utaztam. Ugyanis Iván engem természetesen nem sorolhatott előre – mint ahogy később sem javasolhatott volna semmire – mert az a vád érhetne volna, hogy a feleségét tolja előre. Ezzel én tökéletesen egyetértettem, hiszen a nevét is azért nem vettem fel, hogy ne amiatt jussak előre, (bár a tudományos publikációkban a közös munkák miatt mégis odakerült a nevem mellé az Almár kiegészítés). De hát Iván úgyszólván ott volt, az információkat elhozta, és a továbblépésünkhöz ez tökéletesen elegendő volt! Sokszor nem is bántam, hogy nem kellett ezzel időt tölteni. Aztán amikor 1965-ben megszületett a kislányunk, 1970-ben a fiunk, már nem is nagyon volt lehetőség, bár édesanyám rengeteget segített, és mindig jött, amikor elutaztunk. De még később is inkább a konferenciák csillagászati meg magnetoszféra-fizikai szekcióira mentem szívesebben.

E. L.: Mikor gondolt először arra, hogy a számítógépes programokkal ne csak mások problémáit oldja meg, hanem saját kutatási témájává válassza a felsőlégkör kutatását?

I. E.: Ez a 60-as évek végén, a 70-es évek elején történt. Az Echo-1 megfigyeléseinek a feldolgozása kapcsán jöttem rá, hogy ez a téma érdekes számomra. Az Echo-1 egy nagyon fényes, 30 méter átmérőjű ballon-hold volt, amelyik 1960-ban került pályára, és csaknem olyan fényes volt, mint a Vénusz. Öt hónapig élt, és nagyon sok észlelés gyűlt össze róla, így az öt hónapra folyamatosan meg tudtuk határozni a fékeződését.

Mint már utaltam rá, 1958-59-ben olyan erős naptevékenység volt, hogy a felsőlégköri sűrűségváltozás összes paraméterét meg lehetett határozni. A 27 napos változás leírására a modell paramétereként (ma azt mondanák, hogy „proxi”-ként) a Nap 10,7 cm-es rádiósugárzását ($S_{10,7}$), mint a Föld felszínén mérhető mennyiséget használta. Viszont az Echo-

1-nél látni lehetett, hogy időnként sokkal nagyobb fékeződést szenvedett el, mint amit ez a paraméter a modellel előállított, tehát az $S_{10,7}$ nem jó paraméter a 27-napos változás leírására. (1969-ben tartottuk belőle az első előadást egy nemzetközi konferencián, Prágában). Tulajdonképpen ennek a témának a kutatását aztán jó 15 éven keresztül „saját szakállamra” vittem tovább, amit két dolog tett lehetővé. Egyrészt, hogy rendelkezésre álltak az előrejelző központoktól hetente kapott javított pályaelemek, másrészt, hogy sok mesterséges holdra gyűlt össze nagyon nagyszámú észlelés. Sok megfigyelő állomás saját füzetekben adta ki észleléseit, és ezek a füzetek oda kerültek hozzám is. Ezekből ki tudtam gyűjteni, és digitalizálni a megfigyelési adatokat. (Akkoriban még minden természetesen *csak leírva* volt, tehát a megfigyelések időpontjai és irány-koordinátái is. Nekünk kellett ezeket digitalizálni.) Erre a feladatra kaptam két segítőt, akikkel lyukszalagra, később lyukkártyára vittük az adatokat. Közülük Gesztesi Albertre emlékszem szívesen, aki nagyon jó munkaező volt, műszaki rajzoló képzettséggel és képességgel, így vele dolgoztuk ki, hogy a publikációkba vagy az előadásokra milyen méretű ábrákhoz mekkora méretű betűkre van szükség, hogy a nyomtatott formában vagy a vetítésnél is olvashatók legyenek. Sajnos manapság erre nem nagyon figyelnek a kutatók, főleg az előadásoknál nem. A digitalizálási munka nagyon hosszú időn, mintegy 8-10 éven keresztül folytatódott. Több millió adatot lyukasztottunk így le, és a megírt programjainkkal ezeket futtattuk.

E. L.: Meddig tartott ez az időszak?

I. E.: Talán 1975-ig. Ez volt az az időszak, amikor az ilyen nagy mennyiségű adat digitalizálásából sok érdekes tapasztalat gyűlt össze arra vonatkozóan, hogy a lyukasztásnál hogyan és mennyit hibáznak az emberek. A leggyakoribb hiba az volt, hogy a számjegyeket felcserélik, tehát 12 helyett 21-t írnak. A legjobb munkatársak 2-3%-ot, a legfigyelmetlenebbek 25-30%-t hibáztak. Ezt kellett kivédeni megfelelő hibaellenőrzési módszerek kidolgozásával.

E. L.: Gondolom, magát a számítógép programozást is nagyon meg kellett ehhez tanulni.

I. E.: Meg kellett tanulni. A számítógépekkel kapcsolatban is érdekes tapasztalatok gyűltek össze. Például az első gépek elektroncsövesek voltak. Borzasztó fontos volt a hűtés. Egyszer kimaradt a hűtés az Ural-2-nél. Amelyik elektroncső tönkrement, azt azonnal kicserélték. De volt egy csomó, ami csak félig ment tönkre. És heteken keresztül hol az egyik, hol a másik dobta fel a talpát, és heteken keresztül nem tudhattuk, hogy az eredményben bízhatunk-e. Ekkor tanultam meg azt, hogy mindig meg kell előre becsülni, hogy körülbelül mit kell kapnunk ahhoz, hogy bízhatunk az eredményben, hogy azt a kutatáshoz fel merjem használni. Ez a tapasztalat később egész kutatási hozzáállásomat meghatározta.

E. L.: Ahhoz, hogy az adatokat elkezdje önmaga is értékelni, le kellett megint ülni, és meg kellett tanulni, hogy mit tud a tudomány a felsőlégkörről?

I. E.: Természetesen. Ehhez nagy segítség volt, hogy 1972-ben Bencze Pál és Szemerédy Pál megkezdte az Ionoszféra és Magnetoszféra Szemináriumok szervezését. Ezeket magas szintű, ismeretterjesztő jelleggel adták elő egymás számára azok (fizikusok, geofizikusok, meteorológusok, ionoszféra-kutatók, csillagászok, napfizikusok stb.), akik a felsőlégkör valamelyik rétegével foglalkoztak. Szemerédy Pál az ELTE-n dolgozott, Bencze Pál pedig Sopronban dolgozik mind a mai napig. Nem sokkal a kezdés után a MANT is bekapcsolódott a szervezésbe. (A Magyar Asztronautikai Társaság neve akkor még KASZ volt, vagyis a MTESZ Központi Asztronautikai Szakosztálya).

E. L.: De az akkor is egy ilyen civil szervezet volt, mint később?

I. E.: Igen. A MANT nagyon törekedett arra, hogy mindenféle úrkutató jöjjön el ezekre a szemináriumokra, és mondja el, hogy ő mit csinál. Tehát a különböző tudományok képviselői egymás számára tartsanak ismeretterjesztő előadásokat munkáikról, kutatásaikról, úgy, hogy a másik is megértse.

Az Ionoszféra és Magnetoszféra Szemináriumok egy hosszú, napjainkig tartó szeminárium-sorozattá nőtte ki magát, amit évente mindig más intézetben rendeztek. 1973-tól már mi is bekapcsolódtunk. Ezek a szemináriumok fantasztikusan jó brainstormingok voltak számomra, de valószínűleg mások számára is.

E. L.: Hány ember lehetett ez akkor Magyarországon?

I. E.: 30-50 kutató jött össze, nemcsak a világűrrel foglalkozó aktív úrkutatók, hanem azok is, akik érdeklődtek a téma iránt. Az előadásorozat mindig a napfizikusokkal indult, akik elmondták, hogy éppen mit tudunk a Napról, legfőképpen a naptevékenységről. Utána a KFKI fizikusai (Somogyi Antal, Benkó György, Varga András, Gombosi Tamás) azt, hogy éppen mit tudunk arról, hogy a bolygóközi térben hogyan terjednek ezek a hatások, és milyen zavart okoznak a galaktikus kozmikus sugárzásban. Majd következett a Föld környezetének, a magnetoszféra működésének ismertetése Szemerédy Pál, majd a magnetohidrodinamikai hullámoké Abonyi Iván előadásaiban. Szemerédy Pál olyan szemléletesen mondta el az egész magnetoszféra működését, hogy az azóta is meghatározó abban, ahogy látom a dolgokat. Verő József nagyon jó előadásokat tartott a magnetoszféra szerkezetéről, amely olyan, mint egy hagyma, és az egyes hagymahéjak be tudnak rezonálni, ha a Napból egy nagyobb plazmacsomag jön, amely megnyomja. És hogy ennek hatását a talajban a *tellurikus áram pulzációjaként* mérni lehet, amit a Soproni Geofizikai Intézetben mérnek is. Ezekről Holló Lajos és Czuczorné Miletsis Judit tartottak előadásokat. Aztán nagyon hasznosak voltak Flórián Endre előadásai a magyarországi ionoszféra-mérésekről, Bencze Pál előadásai az alsó ionoszféráról (*sporadikus E réteg* viselkedése a közepes aeronómiai magasságokon, vagyis 80-100 km-en), az aeronómia és az ionoszféra elméleti dolgairól, valamint Tarcsai Györgyé, aki a *whistlerekkel*, a plazmaszférával ismertetett meg bennünket. Márcz Ferenc és az akkor még kezdő Satori Gábor pedig a Sopronban végrehajtott elektromágneses hullám vizsgálataikról tartott előadást. Végül a meteorológusok beszéltek az alsóléggörőről.

E. L.: Tulajdonképpen ekkoriban alakult ki egy aránylag egységes modell arról, hogy milyen is a felsőléggör?

I. E.: Talán még nem. Csak próbáltuk megtanulni egymás szóhasználatát, vagyis azt, hogy ha egy meteorológus azt mondja, hogy *homoszféra*, akkor a másik szakma hogyan nevezi azt. Hogy mindezt át tudjam tekinteni, ekkor készítettem magamnak egy olyan táblázatot, amely a különböző szempontok szerinti elnevezéseket egymás mellé rendeli, és megmutatja, hogy ugyanarról a magasságról beszélünk. Ez a későbbiekben nagyon hasznos volt. Körülbelül 1978-ra jutottam el oda, hogy amikor valaki a saját terminológiáját használta, akkor tudtam, hogy miről beszél.

E. L.: Tehát kialakult egy egységes nyelv.

I. E.: Igen. Számomra legalábbis. Ekkorra már nagyon sok együttműködés is létrejött, és sok ötletet kapott az ember a kutatáshoz. Például ahhoz a bizonyos 27 napos változáshoz is. Az

Echo-1-en kapott eredményt először nyolc mesterséges hold 1971-ben mért adatain, majd 22 hold 7 év folyamán párhuzamosan gyűjtött megfigyelési anyagán is kimutattam. Ez azt jelentette, hogy bizonyítani tudtam, hogy a különböző magasságban keringő holdak mindegyike *ugyanakkor* lassul le – ráadásul olyan időpontokban, amikor a 10,7 cm-es rádiósugárzásban nem jelentkezett növekedés. Tehát itt egy külső hatásnak kell lennie! Sőt 1975 környékére már egy évtizedre vonatkozó anyagon is bizonyítva láttam ezt, tehát látni lehetett, hogy a Nap forgása és a naptevékenység hogyan hat a felsőléggörben. Akkor már éreztem, hogy itt valami nagyon érdekes eredmény közelébe jutottam. Később vált világossá számomra, hogy annak a hatását látom, ahogy a *Nap korongjának egy másik helyén lévő aktív terület fordult a Föld felé* – miközben az előző aktív terület gyengült és elhalt. Ennek a felismerésnek a bizonyítását a Benkó Györgynek az 1975-ös Ionoszféra Magnetoszféra Szemináriumon elhangzott javaslata tette lehetővé. Azt mondta, hogy összehasonlító paraméterként nézzem meg a *galaktikus kozmikus sugárzás* intenzitását, amit Deep Riverben mérnek neutronmonitorral (C_{DR}). Annak csökkenései ugyanis jelzik, hogy *mikor érkezik egy plazmacsomag a Naptól*. Kutatásaim során kiderült, hogy ez a C_{DR} sokkal jobb paraméter lenne a modellben a légsűrűség-változás leírására mint a 10,7 cm-es rádiósugárzás, amelyet addig, sőt mind a mai napig használnak, mert a változások sokkal nagyobb részét le tudná írni. Már 1978-ban, a Harkányban megrendezett Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumon is, meg nemzetközi fórumon is javaslatot tettem a C_{DR} bevezetésével a modellek javítására. De egy kicsit előreszaladtunk. Térjünk vissza 1965-68 környékére, amikor a saját, összegyűlt észleléseinket föl akartuk használni! Lozinszkij módszerére programokat dolgoztunk ki, periódusokat határoztunk meg, és a periódus változásában valami nagyon érdekes jelenséget láttunk.

E. L.: Mi az a Lozinszkij módszer?

I. E.: A lényege az, mint már mondtam, hogy ha meg tudom határozni, hogy a mesterséges hold mikor halad át az égi egyenlítőn, akkor egymás utáni két átlépésből meghatározható egy periódus-érték, valamint egymás utáni periódusokból annak változása is.

Baján Ill Mártonék a megfigyelések alapján a modellekben szereplő mindenféle hosszúságú periodikus változások kontrolljába kezdtek, hogy azokra jó-e a modell. Budapesten pedig Almár Iván arra gondolt, hogy miután a geomágneses effektus váratlanul lép föl, (vagyis nem tudjuk, hogy mikor lesz), és sokkal nagyobb effektus is, mint az összes többi, érdemesebb annak a vizsgálatába kezdeni, mert itt a modell hibái a kevésbé pontos vizuális adatokból is könnyebben kimutathatók. (Míg a többi változása olyan 300-400%-os, addig a geomágnesesé 1000%-os.) Tehát ezt lenne érdemes vizsgálni.

E. L.: Mi számít egy százaléknak?

I.E.: Nem így mondanám. A napi változás, tehát hogy a Földnek, a Nap felé néző oldalán vagyunk-e, vagy az éjszakain, az a felsőléggör hőmérsékletében körülbelül 300 kelvin változást hoz létre. Egy geomágneses vihar nagyon rövid idő alatt (kb. egy óra alatt) 1000-2000 fokos hőmérséklet-emelkedést tud létrehozni. Ez olyan nagy változás, amit a vizuális észlelésekből könnyen ki tudunk mutatni, ha megfelelő módon gyűjtjük össze az észlelési anyagot. Azt vettük észre ugyanis, hogy a geomágneses viharok idején a periódusgörbe hirtelen nagyot „zöttyen” lefelé. Az ötlet 1967 táján született, amikor Iván rájött, hogy a változócsillagászatból és a csillagspektroszkópiából átvehető egy-egy módszer a mesterséges holdak fékeződésének az esetére.

1968 környékén elkezdtek az észlelési anyag összegyűjtését. 1969-ben és '70-ben adta elő Iván az ötletet a szocialista országok Interkozmosz-találkozóin (Krím és Bukarest) és '70-ben,

Leningrádban a COSPAR kongresszuson. Az 1972-es COSPAR-on, Madridban pedig már eredményekről számolhattunk be. 35 darab ekvivalens tartam (D-érték) alapján bemutattuk, hogy 200-230 km magasságban a legrosszabb a modell (itt ugyanis a mérések 200-300%-kal nagyobb sűrűsénövekedéseket is jeleztek, mint amit a modell adott). Vagyis 200-230 km környékén van a legnagyobb hatás, geomágneses viharok idején ott csapódik le a legtöbb energia a légkörbe. Ezután indítottam el az adatok tömeges feldolgozását – párhuzamosan egyrészt a 27 napos periódusú effektus kontroljára, másrészt ezeknek az ekvivalens tartamoknak a meghatározására. Ez óriási, és nagyon érdekes munka volt, ami összességében 1968-tól 1976-ig tartott. 1974-re, a debreceni Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumra már 64 konkrét D-érték alapján mutathattuk be a geomágneses effektus magasságfüggését.

E. L.: Volt ennek nemzetközi fogadtatása?

I. E.: Volt fogadtatása, de igazából áttörés tulajdonképpen csak most van. 2010 környékén kezdték fölfogni, hogy mit jelentettek ezek a kutatások. A módszer akkor különleges volt, furcsa volt annak a társaságnak, akik nem a csillagászatból jöttek. Nehezen fogadták be, és igazából pechünk is volt, mert a felsőlégkör-kutatás „pápája”, Luigi Jacchia, Amerikában dolgozó olasz professzor, nagyon nehezen fogadta el bárkinek a kritikai megjegyzését. Ő nagy tudós volt, de nem nagyon akarta elismerni, hogy más is labdába rúghat. Ugyanakkor ma is úgy látom, hogy nagyon lényegesek voltak azok a felismerések, amiket ez a kutatás hozott, és ráadásul még egy további érdekes jelenséget is felfedezhettünk volna, amit viszont akkor elpasszoltunk. Amikor ugyanis a 15 év megfigyelési anyagából kigyűjtöttük a geomágneses viharok környékére vonatkozó többszáz ezer megfigyelést, kiderült, hogy a viharok előtti héten mindig sokkal több észlelés volt, mint a viharok utáni héten. Sokszor alig lehetett a viharok utáni héten meghatározni a görbe menetét. Ez nem lehetett véletlen, ennek valamit jelezni kellett.

E. L.: Akkora volt a változás, hogy egyszerűen nem találták meg a műholdakat, mert nem ott voltak, ahol várták?

I. E.: Ez egy érdekes kérdés, ami akkor nem jutott eszünkbe. De nem ez volt a helyzet, mert *elszórva* voltak pontok a görbén, tehát nagyjából ott jöttek a holdak, ahol várták őket, csak nem mindig voltak láthatóak, mert *felhősebb volt az ég*. Ebbe a 15 évnyi megfigyelési időszakba egyébként mindenféle észlelést-zavaró időszak is beleesett, a normális hétköznapiakon kívül volt benne holdtölte, szilveszter, karácsony is. Ebbe egyetlen dolog játszhatott bele, tudniillik az, hogy a megfigyelők a felhők miatt nem látták a mesterséges holdakat, vagyis *a geomágneses viharok után rendszeresen felhősebb volt az ég*.

E. L.: És ma már azt gondolják a statisztikai adatok alapján, hogy...

I. E.: ... a geomágneses vihar befolyásolja az időjárást! Akkor is ezt mondtam, de én magam sem mertem elhinni, hogy valóban így van. Eszünkbe sem jutott, hogy lepublikáljuk. Aztán a 2000-es évek környékén más jelekből geofizikusok is felismerték, és ma már megvan a magyarázata is. Én 2002-ben visszamentem ahhoz a megfigyelési anyaghoz, amit 1973-ban feldolgoztunk, és abból sikerült is kimutatni, hogy 25%-kal valóban nagyobb a felhőborítottság Eurázsia területén, ahol az általunk felhasznált észleléseket végezték.

E. L.: Tehát a 70-es évek elején ön tulajdonképpen már rájöhett volna arra, hogy a geomágneses-vihar felhősödést okoz?

I. E.: Igen. 2004-ben aztán már lepublikáltam, hogy a mi akkori adataink ezt mutatták, de hát ezzel már nem én voltam a felfedező.

E. L.: Tehát tulajdonképpen a 70-es évek második felében kezdett saját tudományos programokat kitalálni?

I. E.: Nem is azt mondom, hogy kitalálni, hanem hogy az adatokban már addig meglátott érdekességeket kutatni. Ez körülbelül a 70-es évek végén kezdődött. Addigra Iván már régen a kozmikus geodéziában dolgozott.

E. L.: Vagyis elment a felsőlégkör-kutatásból?

I. E.: Igen, mert 1972-ben elhívták a penci Kozmikus Geodéziai Observatórium létrehozására és vezetésére, Horváth Andrászt meg 1976 körül a Budapesti Planetárium vezetésére. (András Iván elmenetelekor néhány évre a Csillagdába került, miután a miskolci szputnyik-megfigyelő állomáson is abbamaradt a szputnyikészlelés.) Tehát lényegében egyedül maradtam a kutatásban.

De még azt is el akartam mondani, hogy miért szűntek meg a vizuális észlelések. Egyrészt, mert geodéziai célra beindultak a fotografikus észlelések – azok nyilvánvalóan pontosabbak, bár a halvány holdakra nem voltak alkalmazhatók. Másrészt már nem kellett a mesterséges holdak követéséhez olyan sok megfigyelés, mert már elég jól ismerték a Föld alakját és a légkört. Ezért szépen lassan leállították a több száz, vizuális módszerrel dolgozó megfigyelőállomást.

E. L.: Sok éven keresztül a kutatók csak a műholdpályák adataiból dolgozhattak. Gondolom, hogy nagyot ugrott a felsőlégkör kutatása, amikor a szondák már maguk is vitték föl műszereket. Mikor vált meghatározóvá, hogy a szondák által fölvitt műszerek adatai már sokkal több információt adnak, mint maga a pályamozgás?

I. E.: Ez, tudomásom szerint, 1973-ban kezdődött. A francia Castor holdon helyezték el a CACTUS nevű akcelerométert (gyorsulásmérőt). Ekkor mindenki azt hitte, hogy amikor ezek az *in situ* mérések elindulnak, akkor már nem is lesz szükség a mesterséges holdak megfigyelésére. Ez is hozzájárult ahhoz, hogy a megfigyelő állomásokat sorra bezárták. Azonban – mint később kiderült – nem ilyen egyszerű a dolog. Bár a mérési pontosság és a mérések időfelbontása sokkal jobb lett, de általában egyetlen hold mérése nem adott lehetőséget az *időbeli* és *térbeli* változások szétválasztására. És valószínűleg nem is volt túl egyszerű akcelerométert csinálni, mert általában rövid ideig dolgoztak, tehát a hosszúperiódusú változások sem voltak vizsgálhatók velük. Továbbá nehezen volt elérhető az anyag, nem mindenki adta át.

A vizuális észlelések ugyanakkor *egy időben* nagyon sokféle mesterséges holdra vonatkoznak, vagyis időben egyszerre többféle magasságon és többféle földrajzi szélesség fölött is adnak adatokat.

Mint említettem, a Castor holdon vitt CACTUS akcelerométer 1973-ban indult. Ezekkel az adatokkal Ill Márton a francia kapcsolatainak köszönhetően kint, Franciaországban már számolt, az ő eredményeiben tehát már bizonyos értelemben benne voltak. Ugyanakkor két 30 cm átmérőjű szalagon megkapta ezt az adathalmazt. Ez mágnesszalagon volt, és azóta is megvan. Ezt Horváth Andrásnak 1978-1979 környékére sikerült itthon megszólaltatnia, így ez után kezdtünk el mi is ezekkel az adatokkal számolni.

E. L.: A „megszóltatni” azt jelenti, hogy olyan gépi háttérrel teremteni, hogy olvasni lehessen az adatokat?

I. E.: Nem gépi, hanem *software háttérrel*.

Amikor az akcelerométerek fölkerültek, addigra már azt hitték, hogy annyira ismerjük a légkört, hogy most már mindent tudunk az össz-légsűrűség időbeli változásáról, és csak a pontos kémiai összetétel lesz az érdekes. Ezért ettől kezdve leginkább a kémiai összetétel változására koncentráltak.

E. L.: Tehát olyan műszereket építettek, amelyek azt mérték?

I. E.: Azt is mérték, meg az össz-sűrűséget is.

Végül 1995-ben sikerült Almár Ivánnak egy másik adathalmazt is megszereznie – az olasz San Marco V-ös hold DBI nevű akcelerométerének a méréseit. Csak nagyon rövid ideig, 1988 áprilisától decemberig élt ez a hold, mert a naptevékenység *maximumban* volt, így nagyobb volt a légsűrűség, és a San Marco V hamar lefékeződött és leesett. (A CACTUS naptevékenységi *minimum* idején, 1973-tól 1978-ig mért, ekkor a légsűrűség nem volt olyan nagy, tehát elég sokáig élt a hold, így szép hosszú a mérési sorozata.)

E. L.: Az ön saját, a felsőlégkör kettős fűtésére vonatkozó felfedezései mikor születtek? Ezeket azóta már mindenhol, mint Illés Erzsébet felfedezéseit emlegetik.

I. E.: A felismerés az említett 27 napos periódusú változás vizsgálata kapcsán született a 70-es évek közepén, a megfogalmazása pedig a 80-as években történt. Amikor a tömeges feldolgozással a geomágneses effektust is, meg ezt a 27 naposat is vizsgáltuk, akkor mindenféle szempontból nézegettük a változásokat. Például azt is, hogy a napi menet (helyi idő) szerint hogyan változik a légsűrűség. S ekkor vált egyértelművé számomra, hogy éjjel körül van egy nagyon pregnáns maximum, amiről a későbbiekben kiderült, hogy az alacsony szélességeken, tehát az egyenlítő környékén még sokkal jellegzetesebb.

E. L.: A maximum és minimum itt mire vonatkozik?

I. E.: A légsűrűségben, tehát a fékeződésből kapott légsűrűségi adatokban jelentkezik a maximum, amit át lehetne számolni hőmérsékletbe is, de mi sűrűségekkel dolgoztunk. Jelentkezik egy másik, kisebb maximum 18 óra környékén is, és nappal is van valami. Ezzel a napszakos változással kapcsolatban mindjárt az elején az volt az érzésem, hogy éjjel körül valamiféle energia jön be valahonnan. És persze kerestem az okát. Ehhez kellett volna nekem a más szakterületek háttértudása, vagy olyan szakemberek, akik tudnak abban segíteni, hogy hol keressük, milyen paraméterrel próbáljuk megfogni az okot vagy az okokat, amik ezeket a járulékos maximumokat létrehozzák. Sok tanácsot kaptam, és legalább húszféle paraméterrel próbálkoztunk. Ez azt jelentette, hogy minden egyes észleléshez ezeket a paramétereket (tehát milliónál több adatot) magunknak kellett digitalizálnunk, vagy – és ez csak a 90-es évek után sikerült – digitálisan megszerezni.

Bencze Pál, akivel 1978 körül jó együttműködés alakult ki, nagyon sokat segített ezekben az ügyekben. Elmondtam, miket találtam. Miután a görbék az én kezembe kerültek (az elején még én magam rajzoltam is föl őket, mert a számítógépekkel akkor még nem lehetett rajzoltatni), én láttam, hogy hol tér el a sűrűség attól, amit a modell le tud írni, tehát hol van valami maradék, aminek a hatását keresni kell. Mindig megbeszéltük, hogy okokként mi jöhet szóba. Ha nekem volt valami ötletem, hogy mivel lehet kapcsolatos a jelenség, akkor ő vagy

kapásból mondta, hogy igen vagy nem, vagy megpróbált a geofizikai irodalomban utánanézni a dolognak, és jött az ötletekkel, hogy milyen paraméterrel próbáljuk meg leírni.

Ezzel a bizonyos – először Illés-fűtésnek nevezett – éjféli körüli maximummal kapcsolatban kezdetben a plazmaszféra hatásának lehetőségére gondoltam. A 70-es évek Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumain ugyanis Tarcsai György sokat beszélt arról, hogy a plazmaszférában terjedő whistlerekkel meg lehet határozni a plazmaszféra elektronsűrűségét, és egy-egy geomágneses vihar idején a plazmaszféra sűrűsége hirtelen lecsökken. A soproni kollégák is, például Márcz Ferenc, arról tartottak előadást, hogy az ionoszféra-kutatásban ismerik a közepes ionoszférikus abszorpciós paraméterben jelentkező *geomágneses utóhatást*, ami a geomágneses viharok után kb. egy hétig tart, és a plazmaszférából kiszóródó elektronok hozzák létre. Amikor a napszakos effektust vizsgáltam a sűrűséggörbén, kiderült, hogy éjfélikor nyugalmi időben is létezik maximum, (ezt a napsütötte oldalról elinduló szelek kompressziós fűtése okozza, amelyet szintén rosszul vettek figyelembe a modellben). Geomágneses viharok idején azonban a maximum sokkal magasabb, sőt körülbelül még egy hétig magas is marad a viharok után. Arra gondoltam, hogy talán ezt a járulékos fűtést ezek a plazmaszférából kicsapódó töltött részecskék okozhatják, és ezért *semleges-légköri geomágneses utóhatás*nak neveztem el (NPSE, Neutral Post Storm Effect). 1984-ben adtam elő először ezt az Interkozmosz konferencián, és az 1986-os COSPAR kongresszuson Toulouse-ban. De amikor ezt elmondtam a német geofizikus Wagner professzornak, akkor azt válaszolta, hogy annak az elektronfluxusnak nem lehet akkora energiája, hogy ezt a sűrűség-növekedést megmagyarázza.

1996 környékén jelentek meg az első olyan mérési adatok (ezt az információt Bencze Pál hozta), hogy geomágneses viharok idején a légkör oxigénje ionizálódva föl tud jutni a magnetoszférába, és hogy oxigénionokat a gyűrűáramban is mértek. Bencze Pál szerint ezeknek már sokkal nagyobb az energiájuk, és ha ezek csapódnak vissza, ez már okozhatja a légkör fűtését. Ekkor realizálódott bennem, hogy itt nem egy plazmaszféra-fűtés, hanem egy *gyűrűáram-fűtés* lehet.

Lehetséges azonban, hogy nem pont a gyűrűáramból közvetlenül kiszóródó *részecskék* okozzák a fűtést, de mindenképpen a gyűrűáram felbomlásával kapcsolatos fűtésről lehet szó. Amikor ugyanis konzultáltam a magnetoszféra-fizika egyik prominens angol professzorával, azt mondta, hogy olyan komplikált a magnetoszféra, hogy nem olyan egyszerű megmondani, hogy közvetlenül honnan jön az energia. Abban sem nagyon tudott tanácsot adni, hogy a magnetoszféra melyik paramétere az, amivel ezt a fűtést modellezni lehetne. Mert engem persze a modelljavítás szempontjából elsősorban az érdekelt.

A gyűrűáram erőssége a geomágneses vihar után egy hét alatt csökken le, ennyi idő alatt szóródnak ki (precipitálódnak) a részecskék a gyűrűáramból, és csapódnak a légkörre, fűtést okozva. Erre – mint index – egyrészt a Benkó György által javasolt galaktikus kozmikus sugárzás (C_{DR}), másrészt a Bencze Pál által javasolt D_{st} (ami a gyűrűáram erősségét jellemzi) is jónak bizonyult. Végül egy modelljavítást a D_{st} -vel írtunk le. Később a sűrűség-növekedés magassági változását is le tudtuk írni, meg azt is, hogyan változik a nap folyamán. Tehát az éjféli meg az esti, 18 órai maximumot is, ami egy, a plazmaszféra kidudorodása által okozott részecske-beáramlással lehet kapcsolatos. Az az érdekes, hogy ez mostanára, tehát a 2010-es évekre érik be, vagyis a felsőlégköri modellek megalkotása most jut el odáig, hogy mások is felismerjék ennek a tagnak a szükségességét.

E. L.: Vagyis ezt a 90-es évek közepén kezdik leírni – de tulajdonképpen a 70-es évekbeli megfigyelések alapján.

I. E.: Így van. A 70-es évek megfigyelései alapján találtam meg a járulékos sűrűségi maximumokat még a 70-es években, és hogy valóban léteznek, azt a 80-as években a

CACTUS *in situ* mérései alapján tudtam mások számára is bizonyítani, majd a 90-es években modellezni.

E. L.: Ill Márton azt mondta, hogy Baján a felsőlégkör tudományos kutatásának hősi, igazán jelentős korszaka a 60-as, 70-es évek, és utána ez leszálló ágba kerül. Budapesten ez hogy nézett ki?

I. E.: Éppen fordítva. Mi a 70-es évek elejéig mindenképpen a csillagászatot akartuk folytatni. Tehát két lovon ültünk. A 70-es évek után engem a légkörkutatás – vagy jobban mondva a Nap-Föld fizikai kapcsolat – jobban érdekelt. És én bulldog-természetű vagyok: amíg nem találok meg egy jelenségnek az okát, addig nem tudok megállni, hanem továbbmegyek. Gyakran annak ellenére, hogy már mindenki azt mondja: abbahagytuk, nincs értelme, ne csináljuk. Iván is. Ő sok más felé el volt kötelezve. A modern geodéziát kellett létrehoznia. A távérzékelést kellett létrehoznia. Nagyon sok lovon ült, nem ért rá foglalkozni a légkörrel. De hát miután mi házaspár vagyunk, én este elmondtam neki, hogy mit találtunk, így muszáj volt neki részt venni ezekben a megbeszélésekben, a publikálás sorozatában. Én nagyon nehezen beszéltem, gyakran zavarba jöttem. Szóval ő képviselte ezeket a dolgokat hosszú ideig még, amikor pedig már abba szeretne volna hagyni.

E. L.: Tehát Bajával ellentétben itt a 60-as, 70-es évek megfigyelései után az értékelés, a tudomány inkább a 80-as évekre tevődik?

I. E.: Igen. A folyamatok megértése, az okok megkeresése. Például 2002 környékén jött megint egy érdekes kapcsolódási lehetőség a magnetoszféra-fizikához a légsűrűség napi menetében este 6 óra körül, meg az éjfél körül mutatkozó maximum kapcsán. Annakidején az Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumokon szó volt róla, hogy a magnetoszférában geomágneses vihar idején fölépül egy gyűrűáram, amelynek a megszűnését a benne mozgó töltött-részecskék kiszóródása okozza – mégpedig *két folyamat* révén. Az egyik folyamat a *töltéscsere*, amelynek hatására a nagyenergiájú töltött részecskék a hidrogénkorona hideg semleges atomjaival töltést cserélnek, és ezzel semlegessé válnak, és mint nagyenergiájú semleges atomok (Energetic Neutral Atoms, ENA) mozognak tovább. Egy részük el is szökik, ha a sebességvektoruk ezt lehetővé teszi, más részük rácsapódik a légkörre, és főként az egyenlítői övezetben hoz létre fűtést.

A másik folyamat a *hullám-részecske kölcsönhatás*, amelynek következtében a zárt mágneses erővonalak talppontjai környékén, tehát a magas szélességek környékén jön létre fűtés. (A földi légkörben az ennek hatására létrejövő infravörös fénylést azután fedezték fel, miután infravörös érzékelők is felkerültek a mesterséges holdakra, korábban fogalmunk sem volt róla, hogy ez a jelenség létezik. Ez a 80 km körüli magasságokon mintegy 50 fokos hőmérsékletnövekedést okoz.)

Arra gondoltam, hogy ha igaz az, hogy a gyűrűáram fűtést okozza az éjféle maximumot, akkor a földrajzi szélesség 60. foka környékén is meg kell találnom ezt a hullám-részecske kölcsönhatás miatti fűtést a 200 km feletti felsőlégkörben is. Tehát meg kell nézni, hogyan változik a sűrűség a földrajzi szélességgel. Ezt pedig az akcelerométeres mérésekkel nem lehetett megnézni, mert azok nem mértek olyan nagy földrajzi szélességeken. (A CACTUS pályájának hajlása 30 fok volt, tehát 30 foknál magasabb szélességen nem mért, a San Marco-5 pályának a hajlása pedig mindössze 3 fok volt, tehát 3 foknál magasabb szélességen nem mérte a légsűrűséget).

Ekkor megint visszatértem az 1970-es évek észlelési anyagára. Sajnos ott meg nem volt elég sok adat, illetve *nem voltak elég pontosak* a megfigyelési adatok ahhoz, hogy ezt a finom kis effektust ki tudjam mutatni. Melléktermékként azonban megtaláltunk egy másik, nagyon

érdekes effektust, a felsőlégkör *hemiszférikus aszimmetriáját*. Vagyis azt, hogy a földi légkör a két féltéken nem ugyanolyan sűrű! Ugyanabban a magasságban mérve az északi féltéken szisztematikusan *mindig* nagyobb a sűrűség, mint a délin, és ez nem függ sem évszaktól, sem a naptevékenységtől. Ez szintén nincs benne semmiféle modellben, ahogy az éjféli maximum sincs.

E. L.: Erre mikor talált rá?

I. E.: 2002-ben, amikor azt akartam kontrollálni, hogy nagyobb szélességen megtalálom-e az infravörös fénylés megfelelőjét a felsőlégkörben.

E. L.: És a 70-es évek méréseiben fedezte fel a felsőlégkör asszimmetriáját?

I. E.: Igen, a 70-es évek mérési adatai alapján. Addig is éreztem, de ekkor jöttem rá igazán, hogy milyen nagy kár, hogy nem folytattuk a vizuális észlelést tovább – esetleg egy korszerűbb, automatizált technikával. (Egy ilyen digitális-vizuális távcsövet annakidején Horváth András tervezett, és Baja számára DVT néven meg is építették, de a használatára már nem került sor.) Kár, mert egy vizuális észlelőhálózattal szinkronban több magasságot és több szélességet is meg lehetett volna vizsgálni, hiszen nem csak egyetlen hold mért egyetlen pályán. Az adatokban szét lehetett volna választani a hemiszférikus különbségeket, az idő- és térbeli különbségeket. Meg lehetett volna nézni a földrajzi szélességgel való változásokat, a földrajzi hosszúsággal való változást – bár az igaz, hogy ez az adathalmaz nem lett volna olyan pontos, és nem lett volna olyan nagy időfelbontású, mint az akcelerométeres mérés.

E. L.: Ha az ön életét végiggondolom, akkor ebben folyamatosan változik a csillagászat és az űrkutatás aránya.

I. E.: A csillagászat igazából 1968–70-re megszűnik – bár az érdeklődésem változatlanul megvan minden iránt. 1965-től tulajdonképpen mindvégig az űrkutatás volt a meghatározó. Aztán bejött az okok keresése kapcsán a planetológia.

E. L.: A planetológia mikor kezdődött?

I. E.: A planetológiai szemlélet 1974-től kezdődően alakult ki bennem az Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumok hatására, amikor komplexen, több szempontból néztük a légkört, és nem egy-egy tudományterületre szétszedve. Aztán 1977-ben a MANT megrendezte az első Planetológia Szemináriumot Tihanyban. Ez az Ionoszféra-Magnetoszféra Szemináriumoknak egy változata, de ezen kifejezetten planetológiai témákat akartunk előhozni. Erre eljött néhány geofizikus is, pl. Stegena Lajos és Horváth Ferenc, akiknek előadásában az ember még jobban meglátta az összefüggéseket. Itt hangzott el az első, Horváth Andrással közösen írt planetológiai témájú előadásunk is a Mars holdjának, a Phobosnak a felszínén talált árkok magyarázatára, és itt tartottam az első összehasonlító planetológiai szemléletű előadásomat a Föld-típusú bolygók légköréről.

Az áttörést Bérczi Szaniszló könyve adta meg számomra, a *Kristályoktól bolygótestekig*, aminek a lektorálására 1978-ban kértek fel. Fantasztikusan érdekes volt a könyv szemlélete, de nekem nagyon hiányzott, hogy nem mondja meg, hogy ha egy kráter az egyik bolygón ilyen, és a másikon nem ugyanolyan, akkor miért nem olyan, mint az előzőn. Ekkor kezdtem el négy óriási áttekintő táblázatot szerkeszteni, amely szerintem azóta is a legteljesebb. Ezek tulajdonképpen „*planetofizikai*” táblázatok arról, hogy a különböző bolygókon milyen felszíni jelenségek vannak, továbbá, hogy melyikeken találtak meg *egy bizonyos* jelenséget, és

melyikeken nem. Tehát a felszíneken látható geofizikai jelenségek szerint segítenek áttekinteni a Naprendszert. (Ezt a szemléletet csak jó tizenöt év múlva ismerte fel és alkalmazta a nemzetközi tudományos világ, amit az is jelez, hogy csak 2000 óta szerveződnek ilyen szemléletű konferenciák, mint például a „Sivatagok a Naprendszerben”.)

Az okok izgattak, hogy ha nem találtak meg valamilyen felszíni jelenséget egy bolygón, akkor miért nem. Például a Holdon csak becsapódásos kráterek vannak, egy másikon viszont találtak repedést is. Érdekes az is, hogy miért csak a Földön találni gyűrt hegrendszer, csak a Földön találni lemeztektonikát. Ennek az áttekintő szemléletnek az igényét már tükrözte az első Planetológiai Szemináriumon, 1977-ben tartott előadásom is a Föld-típusú bolygók légköréről, és az 1980-as Csillagászati Évkönyvben megjelent cikkem, „A gyűrűk a bolygók körül”. A teljes áttekintést azonban először egy 1992-ben megtartott előadásom szemléltette, amit egy Lukács Béla által szervezett tudományos szemináriumon mondtam el, és ebből fogalmazódott meg 1993-ra az első írott verzió. Ezt a szemléletet tükrözik a 90-es évek közepétől kezdődő egyetemi óráim is (az ELTE Csillagászati Tanszékén és Természetföldrajzi Tanszékén, valamint a Földtudományi Intézet Planetológiai Műhelye által szervezett stúdiumok keretében), és áttekintő cikkeimben is rendre megjelentek ezek a gondolatok.

Az összefüggések keresése foglalkoztat ma is. Érdekel, hogy milyen összefüggések mutathatók ki a bolygók legbelső részétől, a magtól a köpenyen, kérgen, folyadékszférán, légkörön, magnetoszférán át a bolygóközi térig, de érdekel az is, hogy milyen folyamatokon keresztül szól bele egy bolygó saját holdjainak fejlődésébe. Tényleg úgy érzem, hogy ezeknek az összefüggéseknek a megismerése, fölismerése, ennek a szemléletnek az átadása a következő generáció számára – ez a fő feladatomban.

E. L.: Bő húsz éven keresztül rengeteg időt töltött ön is és társai is a felsőlégkör kutatásával. Hogy látja, ebből a munkából mi lett időtálló?

I. E.: A nemzetközi közösség kutatásai nagyon is időtállóak, hiszen a 10 km feletti légkör tulajdonságairól korábban semmit nem tudtak. Fogalmuk sem volt, hogy a Nap ilyen mértékig befolyásolja a Föld és a többi bolygó légkörét, tehát ezzel a munkával ismertük meg a Nap-Föld fizikai kapcsolatokat, vagy „planetológiaiul” a *Nap-bolygó* fizikai kapcsolatokat.

A mi 1958 óta folyó kutatásainkban elsősorban a két járulékos fűtés felfedezése az időtálló: az *éjszakai kompressziós fűtés* és a *gyűrűáram fűtés*. Ezen utóbbi nemcsak a felsőlégköri modellek miatt fontos, hanem a fizikai háttér szempontjából is. Tudniillik lehetővé tette annak a felismerését, hogy a magnetoszféra közvetítésével a napszél által hozott energia sokkal bonyolultabb úton érkezik, mint ahogy azt korábban hitték.

Meg kell mondjam, hogy 1959 óta rajtunk kívül senki más új fűtési módot nem talált. Ha ugyanis modellt javítanak, akkor általában vagy még több adatot vesznek hozzá, vagy nagyobb számítógépen dolgoznak, de a feltételi egyenleteken nem változtatott rajtunk kívül senki. És ezek az eredményeink azért születhettek meg, mert nagyon primitív körülmények között kellett, hogy dolgozzunk. Nem voltak nagy gépeink, nem voltak programjaink, nem volt pénz új programot venni: mindent magunknak kellett előállítani, magunknak kellett fölrajzolni. És ez lehetőséget adott arra, hogy meglássunk, megtaláljunk új jelenségeket. Aki csak bedobja a gépbe az adatokat, és egy mások által készített programmal lefuttatja, annak a gép nem fog „szólni”, hogy itt van valami érdekes, amit nem vett észre.

Másodsorban időtálló az a felismerés, hogy a felsőlégköri modellek tényleg nem javíthatók a 8-10%-os pontossági határon túl a meglévő akusztikus és belső gravitációs hullámok miatt. Időtálló annak a négyféle effektusnak a felfedezése is, amiket a hullámzásban találtunk, s amelyek közül néhány az ionoszférával való kölcsönhatásra utal. Erre 2010-ben „úttörő munka”-ként hivatkozott a német Lühr professzor.

E. L.: Azt mondja, hogy a 90-es évek közepén, sőt a még a 2000-es években is komoly felfedezések születtek a 70-es években végzett megfigyelésekből. Megvan-e még ez a hatalmas adatbázis, amelyből húsz-negyven évre visszanyúlva is lehetett még nagyon fontos dolgokat megtudni? Fizikailag létezik-e még ez az adatbázis, és remélhető-e, hogy azt faggatva lehet majd még mindig továbbmenni?

I. E.: Az adatbázis egy része létezik. Biztos vagyok abban, hogy van még benne ki nem bányászott információ. Ennek érdekében az adatokat átadtam néhány intézetnek, például a soproni Geodéziai és Geofizikai Kutató Intézetnek, ahol foglalkoznak az ionoszféra kutatásával, és lehetséges, hogy további kölcsönhatások vizsgálatára még használják.

E. L.: Mondta, hogy mennyire fáj a szíve, amikor ki kellett dobni két köbméternyi lyukkártyát. Ilyenkor a rengeteg megfigyelést is kidobták, vagy mindig sikerült átmenteni az adatokat a következő technikára?

I. E.: A leglényegesebb részét igen, de sajnos nem mindet. Akkor nem ismertük föl, hogy a számítástechnikában milyen gyors lesz a változás. Mint mondtam, a megfigyeléseket először lelyukasztottuk telexszalagra, azt átvittük nyolccsatornás lyukszalagra, majd kártyára, és amikor a CDC 3300-as számítógép a Várban leállt, és mi eljöttünk a Csillagdába PC-n dolgozni, akkor az adatokat mágnesszalagokra is átmentettük. Azt azonban nem fogtuk föl, hogy a mágnesszalagról egy bizonyos idő után már nem lehet leolvasni az adatokat. Úgyhogy a meglévő, mintegy hatvan mesterséges hold megfigyelési anyagából csak azt a bizonyos húsz holdra vonatkozó részt mentettük tovább egyre újabb és újabb adathordozókra, amivel akkor dolgoztunk.

E. L.: Tehát körülbelül az egyharmada maradt meg a megfigyeléseknek?

I. E.: A *holdak* egyharmadára vonatkozó megfigyelések, ami azonban az adatoknak még a harmadnál is jóval kisebb része.

E. L.: Ami megmaradt, az olyan hordozón, olyan nyelven maradt meg, hogy tíz év múlva is használhatja, aki akarja?

I. E.: Nagyon remélem. Érdekes dolog egyébként, hogy amikor egy műszer méréseit megkapja az első kutatógárda, akkor – különösen mostanában – ráeresztik a standard programokat, és amit az kihoz az adatokból, azt publikálják. Korábban itt sajnos meg is állt a dolog. Így azonban minden észlelési anyagban rengeteg információ benne marad, csak az már nem szedhető ki olyan gyors módszerekkel, mint amit a mai tudománypolitika diktál. A kutatás adatfeldolgozási része mára már csaknem „gyári munkává” változott. Az az aprólékos kutatás, ami miatt nekünk eredményeink lettek, ma már nemcsak hogy nem divat, de nem is engedik meg, különösen, amikor nem is lehet előre tudni, hogy ki lehet-e valamit hozni az anyagból.

E. L.: Ezek a beszélgetések a magyar űrkutatás megszületésének első 20-25 évét próbálják bemutatni. Ha visszatekint, másnak látja-e az 1957-58-tól a 70-es évek végéig terjedő időszakot, mint a későbbi éveket?

I. E.: Talán igen. Csodálatos volt az az első időszak, amikor ez az egész űrkutatás elindult, és csodálatos, hogy az ember ennek részese lehetett. Sokszor nem is mertük elhinni a gyors egymásutánban érkező eredményeket, s az azokra megszülető „instant” magyarázatokat.

Tulajdonképpen ennek a rácsodálkozásnak az időszaka volt számunkra a mi kutatásunk is, a remény, hogy valami eredményt tán a mi megfigyeléseinkből is ki lehet hozni. De számomra mindkét korszakban csodálatos élmény volt maga a keresés, annak kutatása, hogy valamilyen természeti jelenségnek mi lehet az oka.

•

Illés Erzsébet (tudományos dolgozataiban Erzsébet Illés-Almár) 1980 után is az MTA Csillagászati Kutató Intézetben folytatta tudományos munkáját a földi felsőlégkör, a Nap-Föld

fizikai kapcsolatok és az összehasonlító planetológia témakörében. Száznál több tudományos dolgozata, mintegy ötven, önálló áttekintést adó ismeretterjesztő cikke jelent meg, és mintegy száz ismeretterjesztő előadást tartott, közülük sokat a Csillagászati Heteken.

A légköri sűrűségvizsgálatokat csoportjával együtt a francia Castor (CACTUS) és az olasz San Marco V (DBI) holdak akcelerométeres megfigyelési anyaga alapján folytatta. Ez egyrészt a semleges felsőlégkör és az ionoszféra, valamint a felsőlégkör és a troposzféra közötti csatolások vizsgálatát, másrészt a semleges felsőlégkör sűrűségváltozásainak modellezését jelentette (e témában 1994-ben sikeresen védte meg kandidátusi disszertációját). Kimutatta, hogy a semleges felsőlégkör sűrűségváltozása a többféle okból gerjesztődő és terjedő belső gravitációs és akusztikus hullámok léte miatt nem jelezhető előre 8-10%-nál pontosabban.

Mintegy tíz évvel megelőzve a nemzetközi gyakorlatot, elsőként tárgyalta az összehasonlító planetológiát a geofizikai jelenségek (és nem az égitestek) szerint. Ennek a gondolkodásmódnak az előfutára a „Gyűrűk a bolygók körül” című cikk (Csillagászati Évkönyv, 1980), majd első, rövid megfogalmazása 1990-ben („Evolution of planetary bodies”, KFKI-90-50/C), és 1996-ban az SH Atlasz Úrtan „Összehasonlító planetológia” fejezetében jelent meg. Ennek a gondolkodásmódnak a kapcsán azt vizsgálta, hogy a különböző bolygótesteken ugyanaz a geofizikai jelenség megjelenik-e, s ha igen, mi az oka annak, ha másként játszódik le, mint a Földön. Vizsgálta továbbá a kölcsönhatásokat, amelyek fellépnek egy-egy test különböző szférái, egy bolygó és holdja, valamint két vagy több bolygó között. Ezen gondolatait az MTA által kiadott „Geonómia az ezredforduló után” (2003) könyvben és annak angol változatában (2005), valamint a Természet Világa c. folyóiratban több cikkben közölte. E témában számos előadást tartott a COSPAR kongresszusain.

1994-től máig tanítja az ELTE-n az összehasonlító planetológiát. Alapító tagja a Bérczi Szaniszló által az ezredforduló táján életre hívott Planetológiai Körnek, és 2006-tól az ELTE Földrajztudományi Intézete által létrehozott Planetológiai Műhelynek. Ez utóbbi keretében Illés Erzsébet SH Atlaszban vázolt összehasonlító planetológiai szemléletű tematikájával úrkutatási kurzusokat indítottak az ELTE-n. A tudományos dolgozatokon kívül sok ismeretterjesztő cikket írt és előadást is tartott.

Kutatásainak és magas szintű ismeretterjesztő munkásságának elismeréseként 2002-ben a MANT Fonó Albert emlékérmét vehette át.

Alapító tagja volt az Európai Csillagászati Egyesületnek (European Astronomical Society, 1992). Tagjai sorába választotta két nemzetközi szervezet és két akadémiai bizottság: 1960-as évektől az IAU (International Astronomical Union), 1974-től a COSPAR (Committee On Space Research) tagja, az 1970-es évektől az MTA Csillagászati Bizottságának és annak Szputnyikmegfigyelési Albizottságának, valamint 1992-től az MTA Geonómiai Bizottságának lett tagja.

Ismeretterjesztőként az 1980-as években a TIT Budapesti Szervezet Csillagászati Szakosztályának volt az elnöke. Ismeretterjesztő tevékenységének elismerésként 1987-ben „A

kiváló munkáért” miniszteri kitüntetést vehette át, 2004-ben az Élet és Tudományban megjelent cikkét („Sarki fény Magyarország felett”) „Az Év Cikkének” választották, 2011-ben pedig a Tudományos Újságírók Klubja ítélte oda „A 2010 év ismeretterjesztő tudósa” címet, és javaslatukra az IAU róla nevezte el az Illéserzsébet = 2004VA70 (191857) kisbolygót.