

ÁTTEKINTÉS A HAZAI PIRHELIOMÉTERES TEVÉKENYSÉG ÉVSZÁZADÁRÓL

AN OVERVIEW ON THE CENTURY OF HUNGARIAN ACTIVITY RELATED TO PYRHELIOMETERS

Major György

major.gy@met.hu

Összefoglalás. Az első pirheliométer 1906-ban került Magyarországra. Ebben a cikkben bemutatom a hazai pirheliométerek alkalmazásait, valamint az országban tartott nemzetközi pirheliométer összehasonlításokat.

Abstract. In 1906 Hungary purchased its first pyrhelimeter. In this paper the history of the pyrhelimeters owned by Hungarian institutions are presented altogether with the international pyrhelimeter comparisons held in the country.

Bevezetés. A Meteorológiai Világszervezet (WMO) nevezéktanában a pirheliométer szó jelenti mindazon műszereket, amelyek közvetlen (direkt) napsugárzás mérésére alkalmasak (WMO 1969). Korábban a pirheliométer elnevezés azokra a műszereket vonatkozott, amelyek (legalábbis elvben) abszolút mérésekre is alkalmasak voltak. A többi közvetlen sugárzást mérő műszert aktinométer szóval nevezték meg. Az abszolút pirheliométer olyan műszer, amelynek alapvető fizikai paramétereiből kiszámítható az érzékenysége, így az más műszerhez történő kalibráció nélkül is fizikai egységben (W/m^2) képes szolgáltatni a közvetlen napsugárzás erősségét (lásd pl. Major, 1980).

Magyarországon nem terveztek és nem gyártottak pirheliométert. Ennek ellenére az első világháborúig végzett pirheliométerekhez kötődő munkák a meteorológia tudományának ebben az ágában a világ akkori élvonalába emelték az országot. A pirheliométerek meteorológiai szerepe később vált még jelentősebbé, amikor a meteorológiai mérések programjában elterjedt a vízszintes síkra érkező napsugárzási energia, azaz a globálsugárzás, mérése, ugyanis a hálózati mérőműszerek hitelesítésében a pirheliométerek alapvető szerepet játszanak. A mérési pontosság iránti igény növekedésével a hitelesítés megbízhatóságát is fokozni kellett, ebben a munkában játszottak újra nemzetközileg is fontos szerepet a hazai szakemberek az 1970-es évektől kezdve.

Az ógyallai Angström pirheliométer. Konkoly-Thege Miklós 1869-ben ógyallai (a város mai szlovák neve Hurbanovo) birtokán csillagvizsgálót épített, amely rövidesen nemzetközi hírű obszervatóriummá fejlődött. Maguk a megfigyelések 1871-ben kezdődtek. Mai tudomány-osztályozás szerint a megfigyelések nemcsak a csillagászat, hanem a geofizika és a meteorológia területére is kiterjedtek. Ennek következtében jelenleg az egykori Konkoly-obszervatórium területén és épületeiben egy meteorológiai állomás, egy geofizikai obszervatórium és egy csillagda működik. 1899 májusában Konkoly a teljes obszervatóriumot a magyar államnak ajándékozta.

Az 1900. évvel kezdődően a Meteorológiai és Földmágnességi Intézet éves jelentéseket adott ki kisméretű füzet formájában, külön magyarul és külön németül. 1908-ig a jelentések címében az Ógyallai Obszervatórium is szerepelt, mintegy mutatva, hogy az még nem „integrálódott” az intézetbe. Az OMSZ múzeumi anyagaiban az 1907. évről vonatkozó jelentésnek csak a német nyelvű példánya maradt meg (*VIII. Bericht 1909*). Ebben a 26. oldalon a pirheliométerről egy rövid bekezdés szól, amelynek a lényege a következő: *a munkaprogramba bekerültek a mérések az Angström-féle pirheliométerrel, ebből a célból az előző év végén beszereztük a műszert. A méréseket kísérleti jelleggel végeztük.* Tehát az első pirheliométer 1906. év végén került Svédországból az akkori Magyarországra. A jelentés 34. oldalán táblázatban szerepelnek az állomásokon kiadott, bevont és használatban lévő műszerek, ezek között szerepel a „*Pirheliométer Weston-milliampereméterrel*”. Az 1908. évről vonatkozó jelentés (*IX. Jelentés 1909*) a pirheliométerről egy még rövidebb bekezdést tartalmaz (21. oldal): „Massány Ernő dr. az év folyamán az Angström-féle napsugárzásmérővel több kísérleti sorozatot végzett, főleg a derült napokra való tekintettel.” A 33. oldalon a táblázatban a kiadott és használatban lévő műszerek között ismét szerepel a pirheliométeres műszer-együttes. A következő évtől a jelentések szerkezete megváltozott, már a címben nem szerepel külön Ógyalla (integrálódott?), három év anyaga összevont füzetben jelent meg (*Jelentés 1914*), valamilyen késéssel. Ebben a jelentésben már sehol sem esik szó a pirheliométerről.

Az intézet a mérések eredményeit évkönyvekben jelentette meg. Az 1908-as évkönyvben (*Évkönyv 1911*) a pirheliométerről a következő rövid szöveg olvasható: „Az Angström-féle pirheliométerrel is folytattunk méréseket úgy ebben, mint már a múlt esztendőben is néhány hónapon keresztül. Mindkét esztendő adatait most közöljük, mivel a múlt évi megfigyelések sorozata rövid volt ahhoz, hogy önálló fejezetben szerepelhessen. A nyert értékeket az észlelések sorrendjében adjuk közre minden megjegyzés nélkül, mivel nem érezzük magunkat hivottaknak a nem teljes sorozatból akármilyen következtetést

is vonni.” A mérések táblázatában 1907. májusból 12 napról, júniusban 3, júliusban 6, augusztusban szintén 6 napról vannak mérések, 1908-ból január 5, február 4, május 4, június 3, július 5, szeptember 3 és október 1 nappal szerepel. Az összesen több száz mérési érték mellett feljegyezték az égbolt állapotát is, azaz azt, hogy Nap környékén vagy távolabb voltak-e felhők. Ahogy azt Takács Lajos (1970) megjegyezte, az adatokból sem feldolgozás, sem publikáció nem készült. Én sem találtam publikációt, ráadásul a műszerről sincs semmi későbbi írásos nyom.

Az 1960-as évek végén Bucsy József, aki 1939 és 1945 között Ógyallán dolgozott, kérdésemre azt válaszolta, hogy akkor a műszer nem volt Ógyallán és az ott dolgozók között szó sem esett róla, tehát már elfelejtették. Ha akkor valami nyoma lett volna a pirheliométernek, Bucsy biztosan emlékezett volna rá, mivel ott Michelson-Marten aktinométerrel végzett direkt napsugárzás méréseket, üvegszűrőket is használva, azaz napsugárzás méréssel is foglalkozó szakemberként nyilván felfigyelt volna egy másik napsugárzás mérő minden jelére.

Továbbra is keresve az ógyallai pirheliométert, 2012 őszén csatlakoztam Dunkel Zoltán OMSZ elnökhöz és Dombai Ferenc tudományos titkárhoz meglátogatandó az Ógyallai Obszervatóriumot. Az ottani kollégák kedvesen fogadtak bennünket, megmutatták a meteorológiai állomást, a geofizikai obszervatóriumot (ott még működik a Konkoly szerkesztette mechanikus szeizmográf) és a csillagdat. A csillagda planetáriumában van egy múzeumi rész, amelyben látható a 135. számú Angström pirheliométer. Azt gondolom, hogy ez nem lehet az eredeti ógyallai műszer, mert teljesen modern megjelenésű, tehát jóval későbbi gyártásból származik. Az ottani kollégák semmit nem tudtak az eredeti pirheliométerről. Elmondták, hogy 1919-ben a magyarok, 1937-ben a csehek számos mozdítható műszert vittek el az obszervatóriumból, így a második világháború után a majdnem üres nemzetközi híró obszervatórium csak lassan tudott újabb felszerelésekhez jutni. Bartha Lajos, a csillagászat történetének neves hazai művelője, az e-mailben folytatott eszmecsere során megírta, hogy az ógyallai múzeumban jelenleg látható műszerek nagyobb része nem az ottani obszervatórium felszerelése volt, hanem tudományos ismeretterjesztés céljából több helyről begyűjtött oktatási tárgy. Barthának nincs információja a pirheliométerről.

Lehetőségem nyílt pirheliométerek írásbeli nyoma után kutatni az OMSZ irattárában. Azt kerestem, hogy 1919-ben az elcsatolandó területekről a meteorológiai intézet műszereket telepített-e át megmaradó állomásaira. Az 1919-es anyag egy olyan gyűjtőben volt, amely az 1913-tól 1925-ig irattárba került kevés anyagot tartalmazza. Az írások az intézet vezetői és külső szervezetek közötti levelezést tartalmazzák. Pirheliométerről szó sem esik a 13 év anyagában, ahogyan műszerek áttelepítéséről sem. Úgy gondolom, az áttelepítések, ha voltak, az intézeten belüli szolgálati úton történtek, a külső levelezést megőrző irattárba semmi nem került róluk.

A kalocsai Angström pirheliométer. Haynald Lajos kalocsai érsek, Konkoly-Thege Miklós segítségével, 1878-

ban csillagászati obszervatóriumot alapított, elhelyezése a kalocsai jezsuita gimnázium tetőterében történt. A Haynald Obszervatóriumot is a jezsuita rend működtette, de szervezetileg teljesen különálló volt a gimnáziumtól. Az obszervatórium munkatársa és egy ideig igazgatója volt páter Fényi Gyula, aki csillagászati munkái mellett meteorológiai műszereket is szerkesztett (Jordán-Fényi napfénytartam mérő, zivatarjelző berendezés, stb.) Az obszervatórium a meteorológiai intézet I. rendű állomásaként is működött, az iskola melletti üres telken telepítve az intézet meteorológiai műszereit.

1908-ban, februártól októberig minden arra alkalmas időben, összesen 43 napon, Fényi méréseket végzett a 98-bis jelű Angström pirheliométerrel, amelynek szorzószámát maga Angström tanár úr határozta meg Stockholmban. Mindezt onnan tudjuk, hogy Angehrn Tivadar ezeket a méréseket feldolgozta és cikkében részletesen ismertette a műszert is, valamint Fényi méréseit is. A tanulmányban a mért adatokból meghatározta a napállandó értékét. A munka először önálló füzetként 1909-ben jelent meg (*Mojzes 1986*), majd a Matematikai és Fizikai Lapokban (*Angehrn 1914*). Az 50 oldalas tanulmány igen kiváló munka, részletesen ismerteti az Angström-típusú pirheliométerek felépítését és működését, a napállandó mérésének addigi módszereit és eredményeit, bizonyosságát adja a szerző magas szintű ismereteinek a műszerfizika, a napfizika és a légkörfizika területén, a végeredményként kapott, az irodalomból megszerzett ismeretek segítségével a kalocsai mérésekből kiszámított napállandó értéke a körülményekhez képest meglepően pontos.

Mojzes Imre a Haynald Obszervatórium történetének ismertetése során részletesen szól a műszerezettségéről. A pirheliométer szó sehol nem szerepel a munkájában, csak Angehrn Tivadar tanulmányát említi röviden. Már a mérések végzésének idején spektrométer nélkül, egyedüli pirheliométerrel szerzett adatok nem számítottak napfizikai szempontból kiemelkedő jelentőségűeknek, valószínűleg ezért nem folytatták a méréseket sem Ógyallán, sem Kalocsán. Ennek ellenére Angehrn tanulmánya még évtizedek múlva is megállta volna a helyét egy nemzetközi folyóiratban. Miközben a kalocsai jezsuita gimnázium évkönyvei beszámolnak az iskola műszerbeszerzéseiről, az önálló szervezetű obszervatóriumról leltárszerű adatok nem maradtak fenn. Mojzes részletesen ismerteti az értékes csillagászati műszereket a velük szerzett adatokból készült számos nemzetközi és hazai publikáció alapján. A pirheliométerről mindössze Angehrn cikke alapján tudunk, semmi későbbi és előbbi írásos utalás nincs rá.

Az OMSZ irattárban az 1919-es anyagok között találtam leveleket a Haynald Obszervatóriumról.

Júniusban Réthly Antal, felsőbb utasításra, a meteorológiai állomást az egyházi szervezettől az állami Kalocsai Paprika-és Vegyvizsgáló Állomás területére telepítette át. Talált korábbi gyakorlattal bíró észlelőt, sőt az obszervatórium egyik munkatársa is segített az új helyen történő észlelésben. Szeptemberben az állomás visszatelepült a Haynald Obszervatóriumhoz. Az áttelepített műszerekről készült jegyzék nem tartalmaz pirheliométert. Ha akkor

még megvolt a műszer, és esetleg a meteorológiai intézet tulajdona volt is, a normál meteorológiai állomás felszerelése közé nem tartozott, ezért nem került áttelepítésre. Tehát az iratokból nem derül ki, hogy 1919-ben Kalocsán volt-e az a pirheliométer, amellyel Fényi Gyula 1908-ban méréseket végzett.

A Haynald Obszervatóriumot 1949-ben bezárták. 1950. június 14-én az Uránia Csillagvizsgáló, a Honvédség és az Országos Meteorológiai és Földmágnességi Intézet képviselői leltárt készítettek az ott található meteorológiai felszerelésről és folyóiratokról, amely jelentésnek egy példánya megtalálható az OMSZ irattárában, a meteorológusokat képviselő Kakas József jelentésével együtt. A csillagászati felszerelések nem szerepelnek a leltárban. Pirheliométer nincs a felsorolt meteorológiai műszerek között. Bartha Lajos szerint a csillagászati szervezetekhez került kalocsai csillagászati műszerek között sincs pirheliométer. A meteorológiai műszerek leltárában szerepelnek nemcsak a meteorológiai intézet tulajdonába tartozó műszerek, megtalálhatók benne az obszervatórium saját meteorológiai műszerei, valamint egy Moll-Gorcziński sugárzásiró műszer, mint a debreceni egyetemi Meteorológiai Intézet tulajdona. Ez utóbbi műszer (a vízszintes síkra érkező összes napsugárzási energia regisztrálására szolgál) jelzi, hogy Kalocsán igyekeztek az akkoriban elterjedni kezdő meteorológiai sugárzási mérésekkel is foglalkozni. Kakas József jelentésében nemcsak a leltározásról, hanem arról is beszámol, hogy az alapvető meteorológiai méréseket újraindította, megfelelő személyt megbízott az észleléssel, egyúttal gondoskodott a technikai feltételek javításáról.

2012-ben Torgyik Tamás tanár úr, a kalocsai állami gimnázium könyvtáros tanára megmutatta nekem az iskola tetőterében található obszervatóriumi helyiségeket és az ott maradt műszer töredékeket. Angström pirheliométer nem volt közöttük. Tehát ennek a pirheliométernek sem sikerült a nyomára bukkannom.

Az Angström-U pirheliométer. A meteorológiai múzeum sugárzási műszereket tartalmazó vitrinjében látható egy feltűnően régi gyártású Angström pirheliométer (a múzeumi jegyzékben házi gyártmányként szerepel). Ez a műszer hosszú ideig az Országos Meteorológiai Intézet Sugárzási Osztályán volt, ott láttam először 1966-ban, amikor az osztály dolgozója lettem. A műszeren sehol nincs gyártási szám. (Angehrn cikkében szereplő szám talán csak a műszerhez tartozó papírokról származik? Lehet, hogy az első műszerek számaikat nem vésték bele magába a műszerbe?) Az osztály dolgozói Angström-U-ként nevezték meg. Takács Lajos, az osztály akkori vezetője, azt mondta, hogy eredete bizonytalan, lehet, hogy az ógyallai, de az is lehet, hogy a kalocsai Angström pirheliométer. A bizonytalan válasz sok éven át háttérben volt a tudatomban, ezért csak 2012-ben kezdtem meg a részletes nyomozást a műszer eredetének kiderítésére. Amint az előzőekben leírtak mutatják, minden igyekeztem ellenére sem sikerült megtudnom, hogy a múzeumi műszer Ógyalláról vagy Kalocsáról (esetleg máshonnan) került a meteorológiai intézetbe.

Az U-műszer használatáról Farkasné Takács Olga és Tárkányi Zsuzsanna (1962) írásából tudunk. A beszámoló a hazai sugárzás mérések alap- és másodlagos műszereivel foglalkozik. 1936-ban elkezdődött Magyarországon a Robitzsch típusú globálsugárzás-mérők telepítése, 1944-ig összesen 15 állomáson kezdődött a napsugárzás regisztrációja. Ebben az esetben is, mint minden hálózat telepítésénél, elég jelentős volt a lemorzsolódás. A műszereket hitelesíteni kellett, ehhez a Michelson-Marten 584-es (MM584) aktinométert használta Takács Lajos. Magát az MM584-et az U-műszerhez hitelesítette. Tehát az U-műszer 1937-től a hazai nemzeti standard (alpműszer, etalon) volt, az MM584 pedig a másodlagos, vagy munka standard. A Robitzschokat sokkal egyszerűbb az MM műszerhez kalibrálni, mint a nehezebben kezelhető Angströmökhöz.

A világháború nemcsak a sugárzásmérő hálózat lemorzsolódását fokozta (a háború után mindössze Budán és Tiszaörsön folytatódott a mérés), hanem az alpműszer is megsérült Budapest ostromakor. Ez érthető, hiszen a meteorológiai intézet szép és nagy épületéből mindössze két helyiség maradt sértetlen. Az alpműszer megjavítására 1956-ban került sor, amikor Zách Alfréd és Takács Lajos (Takács 1956) több jelentős meteorológiai megfigyelő helyet látogatott meg a Német Demokratikus Köztársaságban. Potsdamban nemcsak az U-műszert hozták helyre, hanem a Smithsonian skálához újrahitelesítették az MM584-et is. A javítás és hitelesítés a hazai sugárzásmérések pontossága érdekében szükséges volt, mert 1945 és 1956 között csak az időközbeni hitelesítés nélküli másodlagos standarddal lehetett kalibrálni a Robitzschokat és az 1954-ben a Pestlőrinci Obszervatóriumban megalakult Sugárzási Osztályon meginduló termo-elektromos sugárzásmérések műszereit. A Nemzetközi Geofizikai Év 1957-ben nagy lendületet adott hazánkban is (és a világban is) a sugárzásmérő hálózat fejlődésének. Nálunk néhány év alatt 25 állomáson indult meg a napsugárzási energia Robitzsch műszerekkel történő regisztrálása (a világon néhány év alatt közel 1000 napsugárzás-mérő települt). A Robitzschokat a Sugárzási Osztályon hitelesítették az újrakalibrált MM584-hez, azaz az osztály nemzeti sugárzási centrumként működött. A Nemzetközi Geofizikai Évből indult fejlődés nemcsak műszerek beszerzését jelentette, hanem az osztály létszámában is gyarapodott, így teljesedett ki a nemzeti sugárzási centrum. Az U-műszer a javítás és hitelesítés ellenére nem volt használható, mert hiányoztak a tartozékai (valószínűleg a háború óta).

Az Angström 529 pirheliométer. 1957-ben gyártották Stockholmban az Angström 529 számú pirheliométert (A529), amely 1958-ban került a sugárzási Osztályra minden tartozékával együtt. A szakember gárda 1960-ra alakult úgy, hogy A529-et használatba vehették. Ezzel a nemzeti standard pirheliométer az A529 lett, az U-műszer volt a másodlagos etalon, a munkastandard maradt az MM584. Az A529 műszer 1970-ig volt a nemzeti standard pirheliométer. Már a gyártói Stockhomban az International Pyrheliometric Scale 1956 (IPS56) szerint

hitelesítették. Az IPS56 létrehozását a WMO azért határozta el, hogy a korábbi (Angström és Smithsonian) pirheliometrikus skálák helyett az egész világon egységes, és az akkori tudás szerint a legpontosabb fizikai, skálában fejezzék ki a terebélyesedő sugárzási mérőhálózat adatait. A sugárzási skálákról lásd pl. röviden *Major 1978*, bővebben *1980*.

Az IPS elvi definiálása után a WMO 1959-ben megtartotta Davosban, 1600 m tengerszint feletti magasságon, az első nemzetközi pirheliométer összehasonlítást (International Pyrheliometer Comparison, IPC-I) a skála ellenőrzése és gyakorlati terjesztése céljából. A magyar standard csak az 1964-ben, szintén Davosban tartott IPC-II-n vett részt, amely összehasonlítás egyúttal az RA-VI nemzeti standardjait kiszolgáló első regionális pirheliométer összehasonlítás is volt. A hazatérés után megkapott jegyzőkönyv szerint az A529 több mint 2%-ot veszített a Stockholmban megállapított érzékenységből (*Takács 1964*). A hazaszállítás után a műszer itthoni ellenőrzésekor kiderült, hogy az érzékelő lamellái kissé hullámossá váltak, ezért javításra Svédországba kellett küldeni (a műszer részletes, 1967 végéig szóló történetét lásd: *Major 1968*). A felújított műszer 1967 elején érkezett vissza, az előző kivitelől eltérő manganin-ötvözetből készült lamellákkal, ezért jelentősen más érzékenységgel. Ugyanennek az évnek augusztusában a Szocialista Országok Hidrometeorológiai és Meteorológiai Intézeteinek Igazgatói Konferenciája (igazgatói konferencia) működési keretében második pirheliométer összehasonlítására került sor Odesszában. (Az első 1963-ban Taskentben volt, amelyen Magyarországot 2 darab MM képviselte, *Kovácsné 1963*.) Itt az A529 csaknem 1%-kal mutatkozott érzékenyebbnek, mint a friss stockholmi érték (*Major, 1967*). Az imént említett eltérések mutatják, hogy az IPS56 műszeres reprezentációja elég bizonytalan volt.

Az RA-VI második pirheliométer összehasonlítását 1969-ben szervezte a franciaországi Carpentrasban. Az itt tartott szakmai értekezlet-sorozaton kimondták azt, amit már az IPC-I és II is mutatott és itt is kiderült, hogy az IPS56 definíciója nem egyértelmű, műszeres reprezentációja 1%-ot jóval meghaladóan bizonytalan; mások a tengerszint közeli helyeken végzett összehasonlítások eredményei, mint a davosiak, ennek oka a cirkumszoláris sugárzásban keresendő; tehát jól definiált skála és meghatározott műszeres reprezentáció kell, továbbá foglalkozni kell a műszerek látóterének szabványosításával (*Tárkányi 1969*).

Itt, az A529-ről szóló részben kerültek megnevezésre azok a nemzetközi összehasonlítások, amelyeken a műszer külföldön vett részt, ezek a Davos 1964, Odessza 1967 és Carpentras 1969 összehasonlítások. Az A529 nem vett részt Davosban 1970-ben (más hazai műszer sem) az IPC-III-on. A hazai nemzetközi összehasonlításokkal ennek az írásnak külön fejezete foglalkozik.

Az Angström 596 pirheliométer. Bármely mérési skála biztonságos fenntartásához legalább három műszerre van szükség. Emiatt a Sugárzási Osztály már 1960 óta kereste a lehetőséget egy harmadik Angström pirheliométer beszerzésére. Az A596-ot 1969-ben gyártották Stock-

holmban, megvásárlására minden bizonnyal 1970-ben került sor. Leltárok csak 10 évre visszamenőleg kerülnek megőrzésre, így rájuk nem támaszkodhatunk a beérkezés évének megállapításában. Azért valószínű az 1970-es év, mert azt az évet műholdas ösztöndíjjal külföldön töltöttem, ha az előző vagy utána következő évek valamelyikében érkezett volna a műszer, akkor arra emlékeznék, mert egy új és modern pirheliométer érkezése fontos eseménynek számított volna az én munkáim szempontjából. Megérkezésével a Sugárzási Osztályon előálltak azok a technikai feltételek, amelyek szükségesek nemzetközi szintű skálafenntartáshoz, az A596 mint nemzeti standard, az A-U és A529 mint másodlagos standardok segítségével.

Az A596 a Stockholmban gyártott Angström pirheliométerek legutolsó és legmodernebb változatát képviseli. 1975-ben ezt a műszert vittem Davosba, az IPC-IV-re, amely egyúttal a harmadik európai regionális összehasonlítás is volt. Az összehasonlításra a műszert a davosi obszervatórium munkatársa, Paul Bener kezelte, mivel én a Mersich Iván (*1972*) készítette cirkumszoláris sugárzás mérésére szolgáló műszert működtettem. Bener segítőkész munkáját azért tette lehetővé a davosi obszervatórium, mert a korábbi IPC-k során nyilvánvalóvá vált, hogy a cirkumszoláris sugárzás kérdését kezelni kell és a mi korábbi publikációink (*Major 1973, Major et al. 1974*) pedig azt ígérték, hogy felkészültségünkkel és műszerünkkel előrehaladást lehet elérni ezen a téren.

A cirkumszoláris probléma a következő. A pirheliométek a közvetlenül a napkorongról érkező sugárzás mellett mérnek légkörben szórt sugárzást is, mert a látóterüket nem tölti ki teljesen a Nap korongja. A nagyobb látóterre azért van szükség, hogy a Nap folyamatos látszólagos mozgását elegendő legyen kb. 30 másodpercenként követni a műszer célzásával. A folyamatos mozgást végző napkövetők sem tökéletesen pontosak, szóval a bővebb látóterre mindenképp szükség van. A légköri szórás térben és időben változik, tehát egyazon műszer által mért többlétsugárzás hely- és időfüggő. A különböző műszerek látótere különböző (ezt lehetne szabványosítani elvben), tehát az egymás mellett mérő műszerek nem pontosan azonos mennyiségű sugárzást mérnek, ezért egyenlőnek tekinteni a mérési eredményeiket csak megfelelő korrekcióval szabad. A közvetlenül együtt mért cirkumszoláris sugárzás egyes műszereknél több százaléknyi is lehet. Ezeket a százalékokat kell a műszerek összehasonlításakor az egyes műszerekre meghatározni és a különbségeik figyelembe vételével végezni az egymáshoz kalibrálást. Ezt a munkát a műszereket jellemző, nem igazán egyszerű függvényekkel lehet elvégezni, ha mérésekkel meghatároztuk az aktuális cirkumszoláris sugárzás eloszlását a Nap középpontjától mért távolság szerint. Szóval a szóba jöhető összes műszer jellemzőinek összegyűjtésére, sok elméleti és gyakorlati számítási valamint mérőműszer fejlesztési munkára van szükség a cirkumszoláris probléma megoldásához. Ezeknek részletei nem tartoznak a cikk témájához, az elvégzett munkákról 20 hazai és külföldi publikáció készült. A publikációk megtalálhatók az OMSZ Könyvtár pestlőrinci részlegén a Major-könyvtár jelű szekrényben, listájuk pedig egy-egy

CD-n egyrészt a központi könyvtárban, másrészt magában a szekrényben.

A HF 19746 pirheliométer. Az IPS56-ot nem a technika fejlődése hozta létre, hanem az a kényszerhelyzet, hogy a Nemzetközi Geofizikai Év előtt két, eléggé bizonytalanul meghatározott, sugárzási skála létezett a meteorológiai sugárzásmérések gyakorlatában. 1969-től, részben az űrkutatás igényeinek kielégítésére, a korábbi pirheliométerekhez képest újabb típusúak jelentek meg. Ezek érzékelője üreg alakú, elektromos energiával hasonlítják össze a sugárzási energiát (mint az Angströmök) és felhasználják a korszerű elektronika eszközeit. 1977-ig 10 különböző konstrukcióban készültek mintapéldányok, amelyek részt vettek az IPC-III-on és IV-en. Közöttük máskor is több összehasonlítás történt. Az új típusú abszolút pirheliométerek egymástól csak kismértékben térnek el: a legnagyobb eltérés 0,8%, a műszerek fele 0,15%-os eltérési zónában helyezkedik el, átlaguk pedig mintegy 2,2%-kal magasabb a bizonytalan IPS56-nál (*Major 1978*). Ezek egyike a J. R. Hickey és R. G. Frieden által kifejlesztett műszer (innen a HF), amelyet az Eppley Laboratórium gyárt. Műholdasított változata 1978 novemberétől közel 15 éven át mérte a napállandót a Nimbus-VII műhold fedélzetén. A mi HF műszerünk 1980-ban épült, az Eppley Lab. elhozta abban az évben Davosba az IPC-V-re, ekkor már ki volt fizetve, Magyarország néven szerepelt a jelentésben, Budapestre azonban csak 1981 elején érkezett. Azóta ez a nemzeti standard pirheliométerünk, az A596 és A529 a két másodlagos standard, az U-műszer „készenléti nyugdíjba” került, mintegy negyed évszázaddal később pedig a múzeumba.

A WMO Műszerek és Megfigyelési Módszerek Bizottsága (CIMO) 1977-ben tartott VII. ülésén a meteorológiai sugárzásmérésekkel kapcsolatban több határozatot és ajánlást hozott (*WMO 1977*). Ezek közül a legfontosabb, hogy 1981. július 1. után a pirheliometrius méréseket a World Radiometric Reference (WRR) skálában kell kifejezni. Kimondták azt is, hogy ezután az abszolút pirheliométer elnevezés csak az új típusú üreges pirheliométereket illeti meg. A WRR realizálására egy legalább 4 darab, különböző konstrukciójú, abszolút pirheliométerből álló csoport fog szolgálni, a műszereket Davosban, a sugárzási világcentrummá minősített obszervatóriumban fogják őrizni, és évenként legalább egyszer egymással összehasonlítani. Öt évenként IPC-t kell tartani Davosban a regionális centrumok standardjainak ellenőrzésére, majd teljes vagy részleges regionális összehasonlításokat a nemzeti standardok hitelesítésére. A további lépések nemzeti hatáskörben végzendők a WMO érvényes technikai szabályzata szerint, abból a célból, hogy a hálózati műszerek megbízható adatokat szolgáltatassanak.

Többek között ekkor határozták meg a regionális sugárzási centrumokra vonatkozó követelményeket is, amelyek 3 stabil pirheliométer, egyéb technikai feltételek és felkészült szakember meglétét írják elő. A három Angström birtokában valamint a többi feltétel teljesítésével pályáztunk a regionális sugárzási centrum címre, amelyet az RA-VI 1978. évi közgyűlése meg is szavazott

(*WMO 1979*). Jelenleg (2013) hét regionális sugárzási centrum van Európában: Budapest, Davos, Szentpétervár, Norrköping, Trappes/Carpentras, Uccle (Belgium), Lindenberg.

A regionális sugárzási centrum követelményeinek megfelelően az HF részt vett 1980-nal kezdve az összes IPC-n Davosban, utoljára 2010-ben. A hét összehasonlítás alkalmával megállapított WRR korrekciós faktorai 0,99889 és 1,00160 között vannak, ez a stabilitás mutatja, hogy Nagy Zoltán, az OMSZ Légekörfizikai és Mérés-technikai Osztályának vezetője jó gazdája a műszernek. Tehát jelenleg (2013) a HF kiváló állapotban van, mint nemzeti és egyik regionális standard.

A műszer részt vett az igazgatói konferencia keretében Terszkolban szervezett összehasonlításon 1986-ban. Terszkol a Kaukázusban van, közel 2000 m tengerszint feletti magasságban. Az HF-en kívül vittük oda a HP-97-S asztali kalkulátorra alapozott adatgyűjtő rendszerünket is, rövid leírása később következik. A HF kontroldobozában működő digitális voltmérőt Nagy Zoltán egy nagyobb teljesítményűre cserélte 1995-ben. A nagyobb voltmérő nem fér el a dobozban, összekötő vezetéken csatlakozik hozzá.

A magyarországi nemzetközi pirheliométer összehasonlítások. Hazai nemzetközi összehasonlításnak tekintünk minden olyan összehasonlító pirheliométeres mérést, amelyen legalább egy külföldi tulajdonú pirheliométer részt vesz.

1957, Budapest. Gajzágó László 1956 szeptemberétől 1957 végéig dolgozott a Sugárzási Osztályon. Legfontosabb feladata volt a kiépülő Robitzsch hálózat műszereinek hitelesítése az MM584-hez. Úgy emlékezett 2012-ben, hogy 1957 szeptemberében Potsdamból egy német kolléga érkezett Budapestre egy hétre egy Angström pirheliométerrel az MM584 IPS-beli hitelesítését ellenőrizni. A rossz időjárás mindössze pár hitelesítő mérést elvégzését tette lehetővé. Erről írásos adatot nem találtam, Farkasné és Tárkányi sem említik a fentebb idézet munkájukban. A kevés és talán a nem igazán jó idő miatt rossz minőségű mérés nem került felhasználásra. Mindenesetre ez volt az első alkalom, hogy Magyarországon külföldi pirheliométer hitelesítési célú mérést végzett.

1977, Budapest. Az első nagyobb részvételű hazai összehasonlításra 1977 szeptemberében került sor (*Major 1977*). Résztvevő országok a következők voltak: Ausztria, Bulgária, Csehszlovákia, Jugoszlávia, Korea (észak), Lengyelország, Mongólia, NDK, Szovjetunió. Az összehasonlítás az igazgatói konferencia keretében történt (Ausztria és Jugoszlávia nem tartozott a keretbe) a negyedik pirheliométer összehasonlításaként. Az első Taszent, a második Odessza, a harmadik Terszkol 1971 (magyarok nélkül) volt. IPS56-ban történt az összehasonlítás, noha akkor márt ismert volt a fentebb említett határozat a WRR létrehozásáról, de addig még volt 3 év. A résztvevő szakemberek szerették volna, ha a következő összehasonlításra a WRR életbelépése (1980. július 1.) után hamarosan sor kerül.

1983, Budapest. A következő összehasonlításra azért került sor a kívánthoz képest 3 évvel később, mert nálunk is kifejlesztésre került a Davosban működő digitális adatgyűjtő „kistestvére” Sebestyén András közreműködésével. A Hewlett-Packard-97-S adatgyűjtő kalkulátorhoz illesztett rendszer az Angström pirheliométerek kompenzáló áramának az erősségét mérte digitálisan, begyűjtötte a 12 adatot és kiszámolta a mérés eredményét. Ezzel a mérést végző személy leolvasási hibáját és a mutatós árammérők saját hibáját kiküszöböltük, a mérést végző kolléga több figyelmet fordíthatott a pirheliométer célzására és a pontos kompenzálásra.

Résztevő országok: Ausztria, Bulgária Csehszlovákia, Korea (észak), Lengyelország, Mongólia, Német Demokratikus Köztársaság, Szovjetunió. Itt már nemcsak Angströmökkel mértünk, a hazai HF mellett itt volt a német tulajdonú PMO-6 jelű új típusú abszolút pirheliométer.

1987, Budapest. A Szovjetunióban is elkezdték az új típusú abszolút pirheliométerek kifejlesztését. Egyiket a moszkvai mérésügyi hivatalban (PI-9), a másikat a leningrádi GGO-ban (PPO-3) építették, és kísérleti példányaik már 1986-ban ott voltak a Kaukázusban. A hazai HF, az NDK-s PMO-6 és a két szovjet műszer további összehasonlítását terveztük Budapesten, de végül a németek nem, érkeztek meg. A két kísérleti műszer átlagos eltérése a HF-től nem érte el a 0,1 %-ot. Nem tudok róla, hogy gyártásba kerültek volna.

1988, Budapest. Az igazgatói konferencia keretében tartott utolsó összehasonlítás. Részt vevő országok Ausztria, Bulgária, Csehszlovákia, Korea, Kuba, Lengyelország, NDK, Szovjetunió. Az Angströmök méréseit a már ismertetett adatgyűjtő kezelte. Volt öt darab új típusú abszolút pirheliométer is: a hazai HF, az NDK-s PMO-6, az osztrák PACRAD (ez volt az első az új típusú abszolút pirheliométerek között), a szovjet PMO-6 és PPO3.

1997, Kékestető. A regionális sugárzási centrum alapvető feladatának megfelelően rész-regionális összehasonlításra került sor. Részt vevő országok: Ausztria, Csehország, Lengyelország, Szlovákia.

2011, Budapest. Az ukrán nemzeti standardként szolgáló Janyisevskij-Angström típusú műszer ellenőrzésére került sor, szintén regionális centrum feladatként. A műszer szorzószámán nem kell változtatni a HF-hez hasonlítás után.

Zárszó. Az 1980-as évtizedben egyre nyilvánvalóbbá vált, hogy a Nemzetközi Geofizikai Év után létrejött közel 1000 mérőhelyből 600 körülire lemorzsolódott napsugárzás mérő világhálózat műszerei által szolgáltatott adatok hibája jóval nagyobb, mint a műszerek saját hibája. A műszerek nagy részének a horizontja korlátozott; vízszintezése nem pontos; hitelesítése, karbantartása és tisztítása nem rendszeres. Ez a hálózat nem alkalmas az éghajlatmodellek pontosítására, a trend megbízható kimutatására, az egész Földet teljesen lefedő műholdas mérésekből leszármaztatott felszíni adatok ellenőrzésére.

Megszűntek a régiók sugárzási munkabizottságai, megszűnt a CIMO sugárzási munkabizottsága, a napsugárzás mérése besorolódott a szokványos meteorológiai mérések közé. Ezért 1988-ban a felszíni és a műholdas sugárzás vizsgálatokban jártas szakembereket hívtak össze Würzburgba annak megvitatására, lehet-e létrehozni egy 20 körüli állomásból álló hálózatot, amelynek vannak állomásai minden alapvető éghajlati övezetben és a műszertechnika által biztosított legpontosabb sugárzásméréseket végzi. A cél a műholdakról származtatott felszíni sugárzási adatok kalibrálása és pontosítása, valamint a Föld különböző helyein megmutatkozó éghajlati trend pontos számszerű meghatározása. A többi résztvevővel együtt én is lelkesen fogadtam a gondolatot és javasoltuk, hogy a World Climate Research Program (WCRP) keretében induljon meg a Baseline Surface Radiation Network elnevezésű program. A hivatalos indulás 1990-ben történt. A hálózat adatainak gyűjtése 1993-ban kezdődött. Az első menet-közbeni szakmai tanácskozás 1992-ben volt, attól kezdve ezek 2 évenként ismétlődnek. 2002-vel bezárólag minden közbülsőn részt vettem, ismertetve a napsugárzás mérők hitelesítésekor alkalmazandó cirkumszoláris korrekciót, a piranométerek célzásának hibájából adódó hiba nagyságát, a pirheliométer látóterének szélébe „belógó” felhő okozta torzulást, valamint a szórt (diffúz) sugárzás mérésénél alkalmazandó cirkumszoláris korrekció meghatározását. Ezek az eredmények bekerültek a BSRN kézikönyvbe, megnézhetők a Major-könyvtárban, listájuk a CD-ken. A budapesti obszervatóriumban működő sugárzásmérő rendszert Nagy Zoltán átállította a BSRN jóval szigorúbb követelményeire. A rendszer megbízhatóan működik, adatokat azonban nem küldünk a BSRN archívumba.

1978 novembere óta műholdakról folyamatosan mérik a napállandót, egyszerre több műszerrel is. 2003-ig a műszerek a fentebb ismertetett új típusú abszolút pirheliométerek közül kerültek ki, eltérésük az ismert 0,3%-on belül volt. 2003-ban az USA mérésügyi hatóságánál egy újabb fajta pirheliométer készült, amely 2003-tól kezdve folyamatosan méri a napállandót, de a többitől 0,6%-kal alacsonyabb értéken. A mérésügyi pirheliométer-hitelesítő berendezést is építettek, amelyben 2 új típusú (most már régebbinek mondható) pirheliométert hitelesítve, azok is az új eredményhez csatlakoztak. Lehet, hogy új pirheliometrikus skálát kell deklarálni? Ezt csak a WMO tehetné meg, nem tudok róla, hogy ott foglalkoznának a kérdéssel. A CIMO sugárzási munkabizottságának megszűnte után a BSRN-ben vannak idevágó témák, de ott nem foglalkoznak a skálával. A BSRN nem WMO szerv, időközben a WCRP helyett a Global Energy and Water Experiment (GEWEX) program része lett.

Tehát úgy tűnik, hogy a hatásköri határozatlanságok közepette a pirheliometrikus skálák nemzetközi történetében újabb fordulópont várható a következő években. Remélhetőleg a magyarok szerepe a skála terjesztésében továbbra is megmarad!

Irodalom

- Angehrn, T., 1914: A szoláris konstans megállapítása a kalocsai sugárásmérésekből. *Mathematikai és Fizikai Lapok* 22, 352-400
- Évkönyv, 1914: A M. Kir. Földművelésügyi Minister fennhatósága alatt álló M. Kir. Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet Évkönyvei XXXVIII. kötet, 1908. évfolyam, II. rész: *Az Ógyallai Observatóriumon végzett meteorológiai és földmágnassági megfigyelések eredményei*. Pesti Könyvnyomda Részvénytársaság, Budapest
- Farkasné Takács, O. és Tárkányi, Zs., 1962: A magyar sugárásmérő szolgálat alap és másodlagos műszereinek kérdése. *Beszámolók az 1961-ben végzett kutatásokról*. OMI, Budapest.
- Jelentés, 1914: *Jelentés a M. Kir. Földművelésügyi Minister fennhatósága alatt álló M. Kir. Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet 1909., 1910., 1911. évi működéséről*. Pesti Könyvnyomda Részvénytársaság, Budapest.
- Kovácsné Pataki, M., 1963: *Sugárásmérő standard-műszerek nemzetközi összehasonlítása Taskentben*. IDŐJÁRÁS, 67, 381.
- Major, Gy., 1967: Sugárási etalonok összehasonlítása. *Időjárás* 71, 383-387.
- Major, Gy., 1968: A magyar sugárásmérő etalon néhány sajátossága. *Beszámolók az 1967-ben végzett kutatásokról*. OMI, Budapest.
- Major, Gy., 1973: An effect of the circumsolar sky radiation on the Angström Pyrheliometric Scale. *Tellus* 25, 396-399.
- Major, Gy., Mersich, I. és Miskolczi, F., 1974: Sensitivity distribution along the strips of compensation pyrheliometer. *Tellus* 26, 691-693.
- Major, G., 1977: Nemzetközi pirheliométer-összehasonlítás Budapesten. *Időjárás* 81, 372-373.
- Major, Gy., 1978: Az új sugárási skála és a világ sugárási adatainak egységessége. *Időjárás* 82, 230-232.
- Major, Gy., 1980: A meteorológiai sugárástan gyakorlata. *Egyetemi jegyzet, Tankönyvkiadó*, Budapest
- Mersich, I. 1972: Cirkumszoláris sugárási mérések. *Egyetemi szakdolgozat, ELTE Meteorológia Tanszék*.
- Mojzes, J., 1986: A kalocsai Haynald Observatórium története. <http://www.kfki.hu/tudtor/talozo1/kalocsa2.html>
- Takács, L., 1956: Sugárásmérők összehasonlítása az NDK-ban. *Időjárás* 60, 328-333.
- Takács, L., 1964: A VI. (európai) Régió sugárási alaplíszereinek első összehasonlítása Davosban. *Időjárás* 68, 379-380.
- Takács, L., 1970: *A sugárási éghajlat kutatásának története Magyarországon*. in: „Fejezetek a magyar meteorológia történetéből 1870-1970” OMSZ, Budapest
- Tárkányi, Zs., 1969: Sugárási Alaplíszerek összehasonlítása. *Időjárás* 73, 319-325.
- WMO, 1969: Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. *WMO-No. 8* Geneva
- WMO, 1977: CIMO Abridged Final Report of the Seventh Session. Geneva
- WMO, 1979: Regional Association VI (Europe) Abridged Final Report of the Seventh Session, Prague, 17-25 October 1978. *WMO-No. 522*
- VIII. Bericht, 1909. VIII. Bericht über die Tätigkeit der Kgl. Ung. Reichsanstalt für Meteorologie u. Erdmagnetismus und des Observatoriums in Ogyalla im Jahre 1907. *Pesti Könyvnyomda Részvénytársaság*, Budapest
- IX. Jelentés, 1909: IX. Jelentés a m. kir. Országos Meteorológiai és Földmágnassági Intézet és az Ógyallai Observatórium 1908. évi működéséről. *Pesti Könyvnyomda Részvénytársaság*, Budapest.