

Sarkított világ

„Poláros pillantás” a teljes égboltra 180° látószögű képalkotó polariméterrel

Gál József, Horváth Gábor, Haiman Ottó

ELTE Biológiai Fizika Tanszék, Budapest

Viktor Benno Meyer-Rochow

Állattani Tanszék, Oului Egyetem, Finnország

RüdigerWehner

Állattani Intézet, Zürichi Egyetem, Svájc

Az égboltfény sarkítotttsága (polarizációja) és annak az égbolton való térbeli eloszlása, azaz polarizációs mintázata fontos szerepet játszik a légköri optikában, a meteorológiában, a távérzékelésben és számos fénypolarizáció-érzékeny állat térbeli tájékozódásában (részletesen írtunk erről Az égbolt-polarizáció és az állatok című cikkünkben – ÉT 1999/8, 235–237. o., Internetes archívumunkban is megtalálható. – A szerk.) Egészen a legutóbbi időig azonban csak olyan, úgynevezett pontforrású polariméterek álltak rendelkezésünkre, amelyekkel csupán a látótér néhány fokos szögtartományában lehetett fénypolarizációs méréseket végezni. Az egész égboltnak ilyen polariméterrel való letapogatása órákat venne igénybe, miközben maga a mérendő polarizációs mintázat a Föld forgása miatt nagymértékben elfordul és módosul.

Aki régebben meg akarta mérni a teljes égbolt polarizációs mintázatát, az ahhoz hasonló, megoldhatatlannak vélt problémával állt szemben, mint amelyet az ókori görög filozófus, Hérakleitosz úgy fogalmazott meg, hogy nem léphetünk kétszer ugyanabba a folyóba, mivel a folyóba lépőre második alkalommal már új víz ömlik a folytonos áramlás miatt („pantha rhei”: minden folyik, minden változik). A hérakleitoszi gondolatmenetet egy százlábú, persze, könnyen kicselezheti, ha az összes lábát egyszerre dugja a folyó vizébe, hiszen akkor tulajdonképpen százszor lép – egyszerre – ugyanabba a folyóba. Ezerszer azonban már a százlábú sem tud belelépni ugyanazon folyóba; erre csak egy ezerlábú lenne képes.

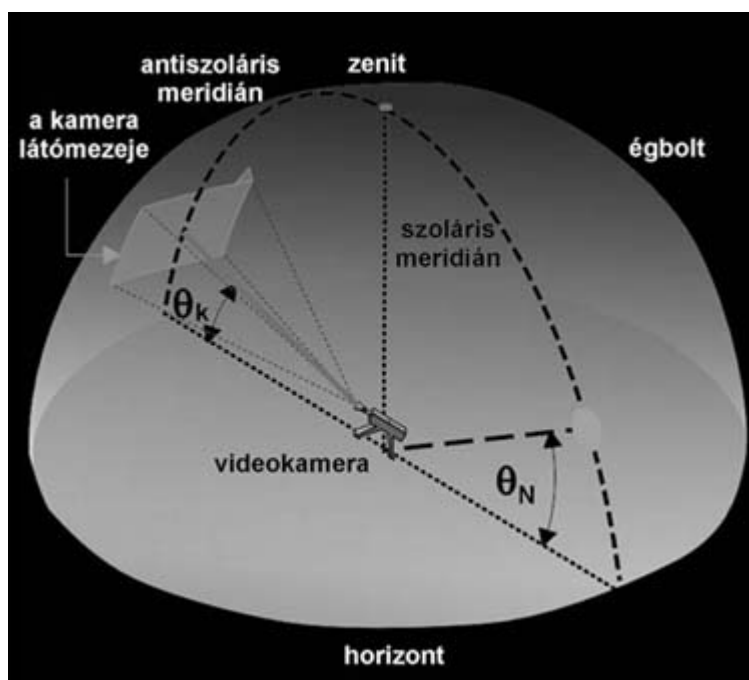
Az utóbbi években a fényérzékelőként (fotodetektorként) fényképezőgépet vagy videokamerát alkalmazó képalkotó polariméterek megtervezésével viszonylag nagy szögterományon belül is lehetőség nyílt az égbolt-polarizáció mérésére. Egy ilyen fotó- vagy videó-polariméter tulajdonképpen a Hérakleitoszt kicselező „százlábú”, mivel ezzel az eszközzel egyszerre, egyidőben mérhető az égbolt-polarizáció a polariméter több tíz fokos látóterébe eső összes égi pontban. A Sarkított világ című sorozatunk előző cikkeiben bemutatott eredményeinket ilyen videó-polariméterrel értük el (lásd a főcikk 1. ábráját). Azóta egy halszemoptikából kifejlesztettünk egy olyan nagy látószögű képalkotó polarimétert, amellyel már a teljes égbolt polarizációja is vizsgálható. Megszületett a 180 fokos látószögű képalkotó polarimetria.

Halszemoptikás fotópolariméterünkkel 1999 júniusában méréseket végeztünk a finnországi Lappföldön az Oului Egyetem Északi Sarkkörön túli Sodankylä város közelében lévő meteorológiai állomásán ($67^{\circ}25' \text{ É}$, $26^{\circ}30' \text{ K}$). Megmértük a teljes égbolt polarizációs mintázatát a Nap pozíciója és a felhőzettség függvényében. Mivel a nyári napforduló táján az északi sarkkörön túl a Nap nem bukik a horizont alá, óránként mérhettünk a nap 24 órájában. A méréssorozat eredményeként kapott égbolt-polarizációs mintázatokat összehasonlítottuk a szakirodalomból jól ismert Rayleigh-féle fényszóródási modellből számított elméleti mintázatokkal.

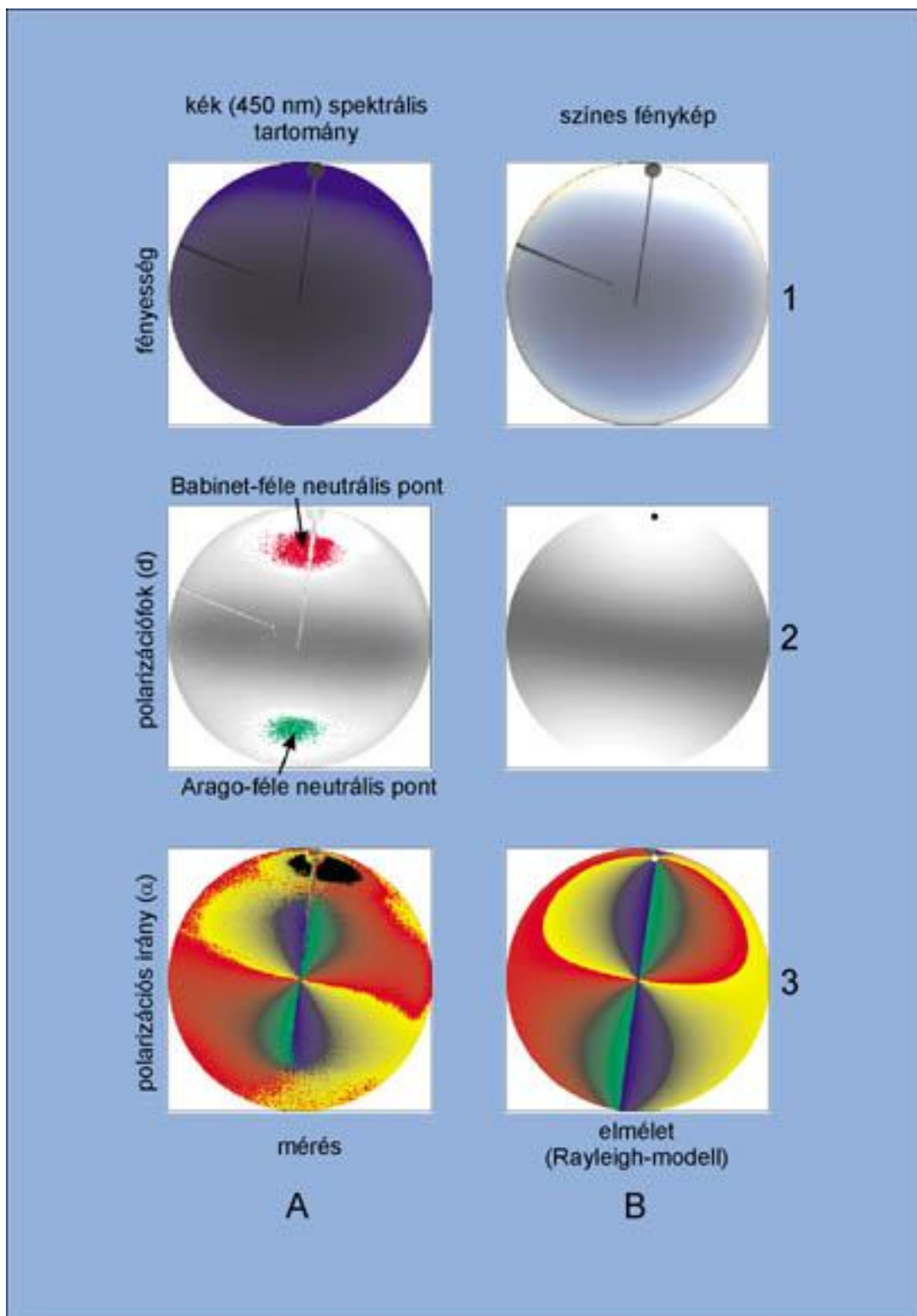
Az elméleti és a mért égbolt-polarizációs mintázatok hasonlósága ellenére jól kivehető eltéréseket tudtunk kimutatni. A napfénynek a légköri többszörös szórása következtében az égbolt bizonyos pontjai teljesen polarizálatlanok. Ezeket a légköri optikában Arago-, Babinet- és Brewster-féle neutrális pontoknak nevezik (1. ábra, A2). E nevezetes égi pontoknak a polarizációs „portréját” (mintázatát) elsőként sikerült elkészítenünk. Ennek jelentőségét az is jelzi, hogy a jól ismert és alaposan kutatott neutrális pontokat 1810-es (D. F. J. Arago), 1840-es (J. Babinet) és 1842-es (D. Brewster) felfedezésük óta ilyen módon – alkalmas módszer hiányában – még senkinek sem sikerült láthatóvá tennie.

Jól megfigyelhetők az égbolton a meteorológiában negatív polarizációjúnak* nevezett tartományok (az 1. és 2. ábrán világossárga, illetve világosvörös színárnyalatokkal jelezve), amelyek szintén a légkörbeli többszörös fényszóródás következtében alakulnak ki. Az égbolt felhős, illetve magas páratartalmú tartományaiban nagymértékben lecsökken ugyan az égboltfény polarizációfoka, de a polarizációs irányra mindez jóval kevésbé hat (2. ábra). Ezzel magyarázható, hogy az égbolt-polarizáció révén tájékozódó állatok miért a polarizációs irány mintázatát használják a polarizációfoké helyett. Az égboltfény polarizációja nagyban függ a hullámhossztól. Ennek tudható be, hogy például a neutrális pontok pozíciója is a fényhullámhossz függvénye (3. ábra).

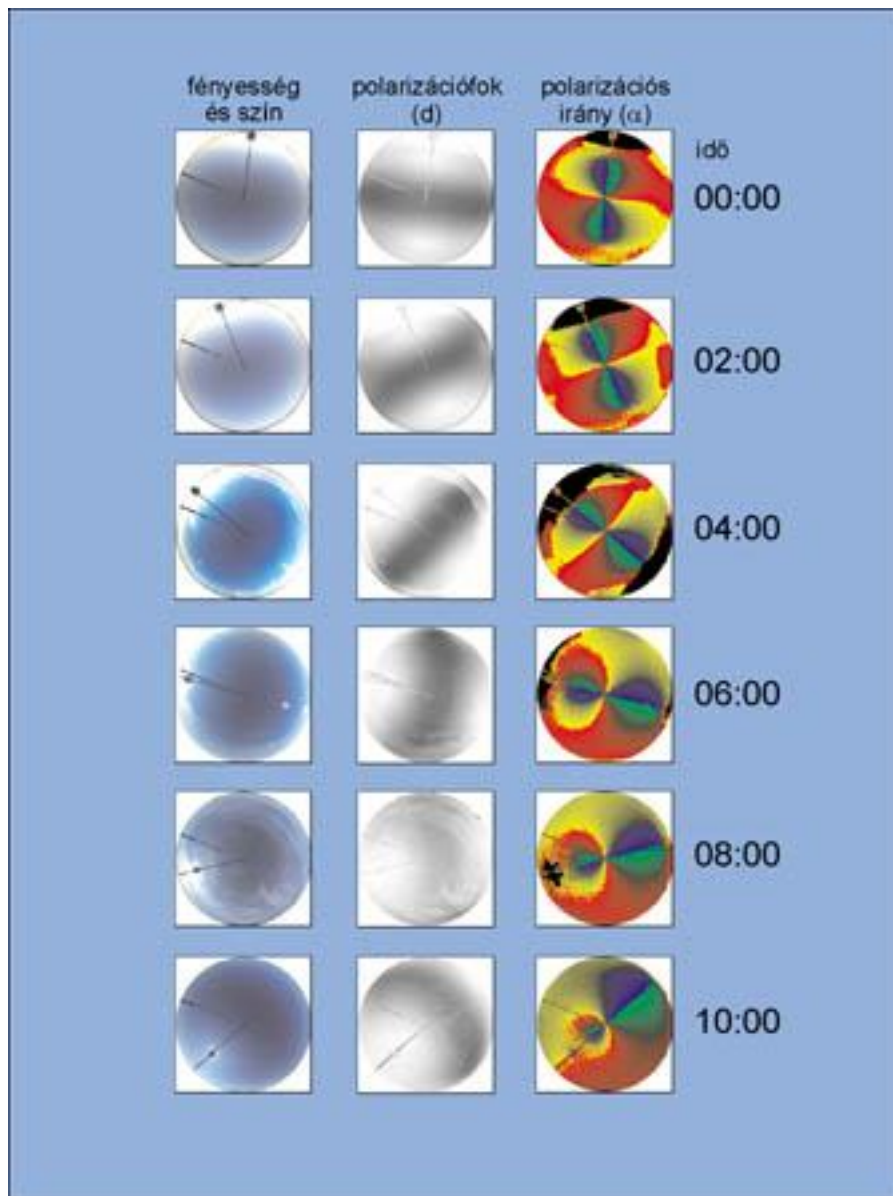
Munkánkat az MTA Bolyai János kutatói ösztöndíja, az OTKA és a Jorma Kangas professzor vezette Sodankylä Geofizikai Observatórium támogatta.



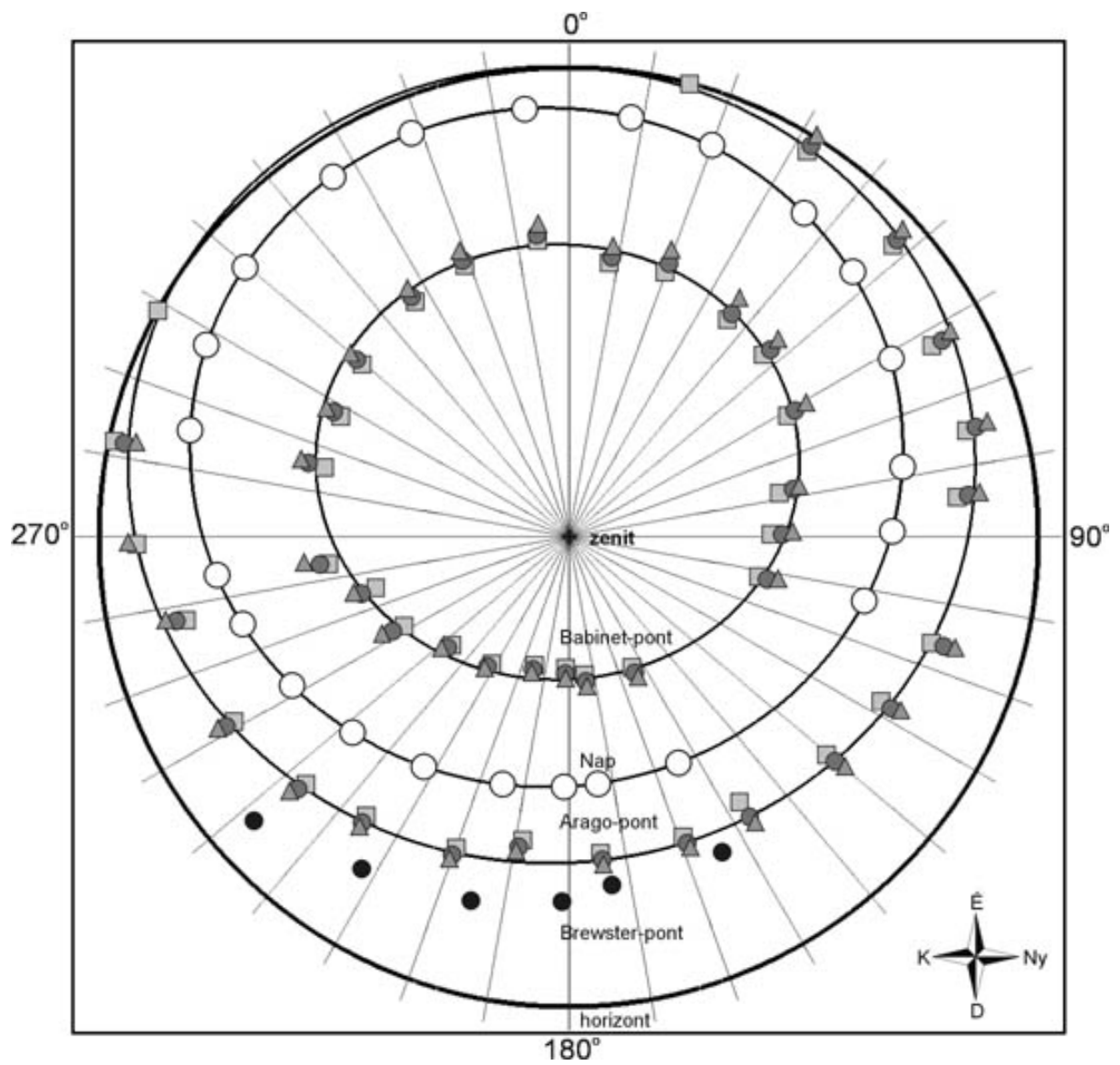
Korábbi méréseink geometriája: a Nap és a kamera szögének az értelmezése. Mostani méréseinkhez ezt a kamerát láttuk el halszemoptikával



1. ábra



2. ábra



3. ábra



Antiszoláris meridián: A zeniten és a Napon átmenő gömbi főkörnek a zenittől a Napon át a horizontig húzódó íve az úgynevezett szoláris meridián. A zenittől a Nappal „átellenes” pontig (anti-Nap) terjedő ív pedig az \sim .

Negatív polarizáció: A megfigyelő, a szórócentrum és a fényforrás által meghatározott síkba eső (vele párhuzamos) polarizációs irány. Erre merőleges a pozitív polarizációs irány.

Dominique François Jean Arago (1786–1853): francia csillagász és fizikus, az égbolt polarizációjának és a poláros égbolt első, az anti-Nap fölötti (25-35°) polarizálatlan (neutrális) pontjának felfedezője, amit később róla neveztek el Arago-féle neutrális pontnak

Jacques Babinet (1794– 1872): francia meteorológus és fizikus, az égbolt második, a Nap fölötti (25-30°) polarizálatlan (neutrális) pontjának felfedezője

Sir David Brewster (1781– 1868): skót fizikus, az ég harmadik, a Nap alatti (25–30°) neutrális pontjának a felfedezője

Elektromos (E-vektor): Az elektromágneses hullámok (például: fény, rádió-, stb.) elektromos összetevőjének a hullám terjedési irányára merőleges vektora.

Rayleigh-féle törvény: Az elektromágneses hullámok λ hullámhosszánál jóval kisebb részecskéken történő szóródásának I intenzitását kifejező összefüggés; $I \sim 1/\lambda^4$.