



# Változócsillagok

## Negyvennyolc nap alatt a Föld körül

Idestova negyedik évemet töltöm Ausztráliában, a Sydney-i Egyetem különböző beosztásokban dolgozó posztdoktori ösztöndíjasaként. Kutatásaim során sokszor merül fel egy-egy érdekes csillaggal kapcsolatban a kérdés, hogy vajon milyenek lehettek a változásai 80–100 évvel ezelőtt. A válasz megadása egyáltalán nem reménytelen: a 20. század utolsó negyedéig aktív fotografikus patrol programok nagy látómezőkkel – akár 20x30 fokok égterületeket megörökítve – és egészen jó határfényességgel (15–16 magnitúdóig) folyamatosan mintavételezték az ég állapotát. Egy-egy csillagról havonta, kéthavonta 2–3 pont felvételével kiválóan tanulmányozhatók a hosszú periódusú csillagok évtizedes időskálán lejátszódó változásai, melyek adott esetben egzotikus kölcsönhatások, csillagfejlődési állapotok nyomjelzői lehetnek.

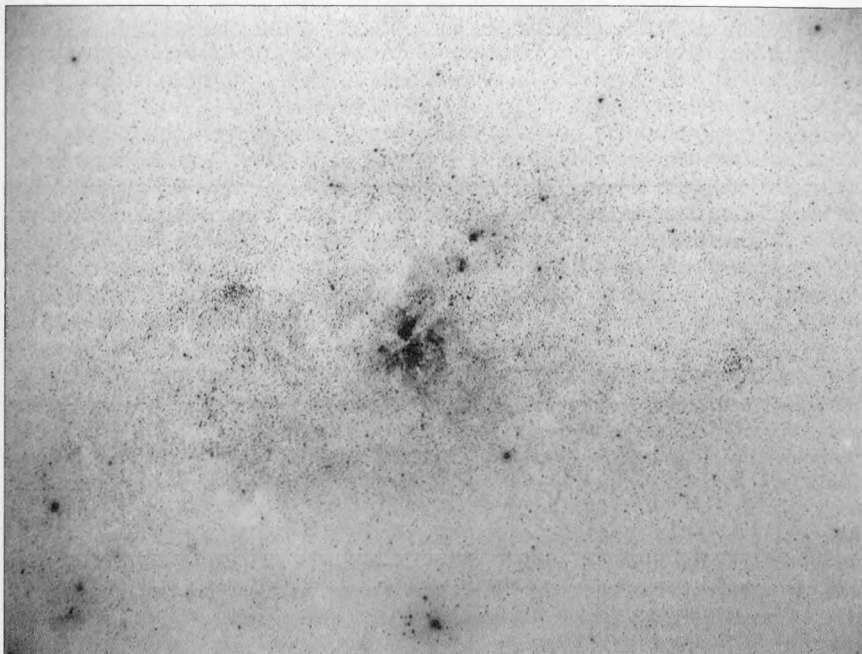
2005 elején találkoztam először a VZ Velorum mira típusú változó említésével, amiről 1928-ban Cecilia Payne még azt írta, hogy 11 és 12 magnitúdó között 317 napos periódussal változó félszabályos csillag, ugyanakkor a 2000-es évek elején végzett mérések szép szabályos mirát mutattak, 8 és 15 magnitúdó között változásokkal. Mindez azért keltette fel érdeklődésemet, mert az elmúlt évtizedben több olyan változót is felfedeztek, melyek amplitúdója drámai csökkenésen esett keresztül, miközben a mirai szabályosságot felváltotta a félszabályos viselkedés (ilyen csillag pl. a V Boo, R Dor, RU Cyg, RU Vul). Mindeddig rejtély, mi okozza a jelenséget, és a létező elméletek némelyike azt jósolja, hogy lennie kell fordított esetnek is, amikor néhány évtized alatt félszabályosból mirává válik egy adott pulzáló vörös óriás fénygörbéje. Bő egy évvel ezelőtt úgy tűnt, a VZ Vel ilyen csillag lehet, és akkor fogant meg bennem egy látogatás gondolata Bostonban, a Harvardi Egyetem asztrofizikai kutatóintézetében, ahol a Harvard College Observatory fotólemez-archívuma található.

Az ötlet tetté válását két további tényező is elősegítette: egyrészt szintén Bostonban van az AAVSO központja, ahonnan több tucat mira és félszabályos változó teljes adatsorát szerettem volna már évek óta beszerezni; másrészt a Bostonban állomásozó régi amatőr csillagász barátaim száma szépen emelkedett az elmúlt években, így ma már hárman is (Bakos Gáspár, Fűrész Gábor és Mészáros Szabolcs) a harvardi intézet ösztöndíjasai – mi kell több az elinduláshoz?

Például egy változós találkozó a Polaris Csillagvizsgálóban. Ausztrália borzasztó messze van mindentől, így ha már elindul az ember, szeret több helyre is egy út során eljutni. Tavaly ősszel (pontosabban tavasszal, október környékén) ismertem fel, hogy ha már elutazom az USA keleti partjára, onnan már csak egy macskaugrás Magyarország, ezért Mizser Attilával elkezdtük megszervezni a februári változós találkozót a kéthetesre tervezett hazalátogatásom idejére. Így vált teljessé az útiterv, a Sydney–Boston–Budapest–Sydney földkörüli út, amit pontosan 48 nap alatt tettem meg 2006. január 10. és február 27. között.

## A harvardi fotólemezek között

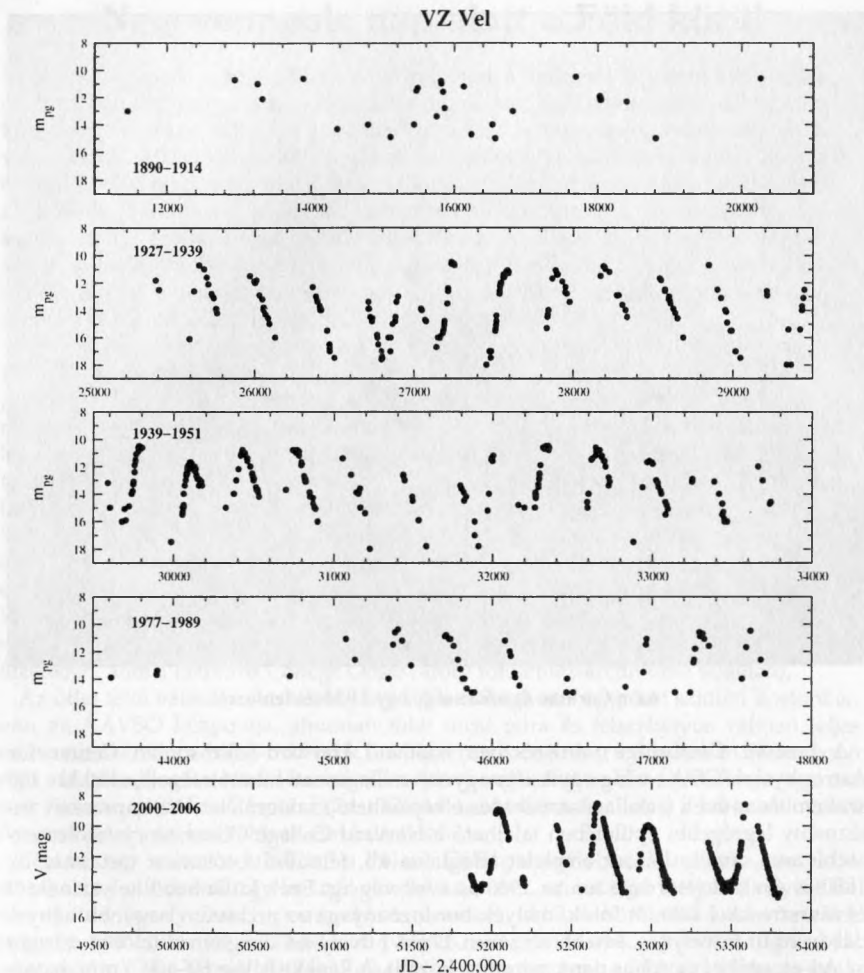
Sydney-ből Bostonba Los Angelesen át jutunk el a leggyorsabban, de a 22 órás út egyetlen érdekessége a dátumvonal átlépése volt: 10-én, azaz kedd délután 3-kor szálltunk fel Sydney-ből, hogy aztán 10-én, kedd reggel 9-kor érkezzünk meg a nagy víz túloldalára, az angyalok városába. Bostonba már helyi idő szerint kedd este 9-re érkeztem meg, az időzónák játékának köszönhetően mindössze „hat” órával az indulás után...



Az  $\eta$  Carinae és ködössége egy 1934-es lemezen

A bostoni Cambridge városrészben található Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics (CfA) a világ egyik legnagyobb csillagászati kutatóintézete, ahol kb. 400 szakember műveli a csillagászat összes elképzelhető szakterületét. Az impresszív intézmény legrégebbi épületében található a Harvard College Observatory fotólemez-archívuma, amely három emeletet lefoglalva kb. félmillió fotólemez tartalmaz az 1880-as évek elejétől egészen az 1980-as évek végéig. Ezek különböző helyszínekről és távcsövekkel készült fotók, melyek hordozóanyaga az archívum nagyobb hányadában 8x10 hüvelykes, kisebb részében 17x14 hüvelykes üveglemez (előbbi durván az A4-es, utóbbi az A3-as papírmérethez közeli). A képek skálája 60–600"/mm, határ-fényességük pedig a legjobb lemezeken 18 magnitúdót is elérhet, de jellemzőbb a 15–16 magnitúdós határ. Az alkalmazott műszerek 3, 10, 12, 16 és 24 hüvelykes refraktorok voltak, melyekkel több északi és déli helyszínről készültek a különböző soroza-

tokhoz tartozó fényképek a patrolprogram évszázada alatt (a déli obszervatóriumok Peruban, Dél-Afrikában és Chilében működtek, világháborúktól zavartalanul). Legtöbb fotó a kékérzékeny lemezeknek megfelelő fotografikus magnitúdókat adja vissza, míg egy csekély hányad (pár százaléknyi) sárga szűrővel készült, jobban megközelítve a vizuális magnitúdóskálát. Számomra a legfontosabb szempont az volt, hogy egy-egy adott égterületről átlagosan 600-800 lemez készült, azaz ennyi pontból álló fénygörbéket vártam programcsillagaimról a nettó három hétnyi archívumbúvárkodás végére.



A VZ Vel fotovizuális fénygörbéje 1890 és 1989 között. Az alsó panelen az ASAS program CCD-V mérései szerepelnek

Összesen közel 10 változó szerepelt a listámon, a VZ Vel mellett ugyanis más érdekes csillagokat is ki akartam mérni. Ebből végül három teljes adatsor lett, amihez közel 4500 lemezt néztem át. Egyik csillagról, az XZ Ceti jelű anomális cefeidáról kiderült ugyanis, hogy pozíciója megegyezett az egyik nagy látómezejű sorozat egyik koordináta-alappontjával, és a sorozat látómezejének átfedései miatt összesen 9 koordinátaéhoz tartozó fotókra került rá. Ennek köszönhetően 2800 lemezt kellett egyenként kézbe vennem és ellenőrizni az XZ Ceti fényességét, ami végül közel 2000 fénygörbe-pontot eredményezett erről az egy csillagról (a maradék 800-nál vagy az XZ Ceti, vagy az összehasonlító csillagok csúsztak le a képek szélén).

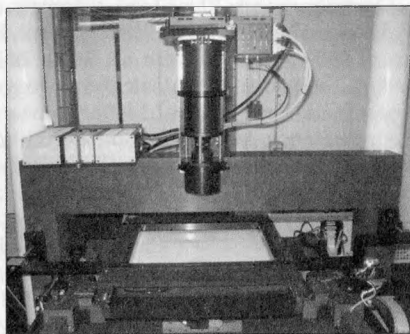
A fényességbecslések klasszikus fotovizuális technikával történtek, ami azt jelenti, hogy a változók szűk környezetében kiválasztottam ismert fotografikus magnitúdójú összehasonlító csillagokat, melyek lefedték a vizsgált változó teljes fényességtartományát, pl. az VZ Vel esetében 10-től 18 magnitúdóig. A lemezeket speciális átvilágítóasztalon vizsgáltam egy 9x nagyítású okulárral, pontosan úgy, mintha távcsővel észlelnék, csak éppen az ég inverzben látható, fehér háttéren fekete csillagokkal. A változó környezetének azonosítása után a fénybecslést is ugyanúgy végeztem, mint az ég alatt: enyhén defókuszált látvány mellett megkerestem azt a két összehasonlítót, melyek fényességben közrefogták a változót, majd vizuálisan megbecsültem a változó fotografikus magnitúdóját. Mondanom sem kell, hogy nagyon sokat segített a vizuális változóészlelői múltam: az azonosítás kezdeti nehézségei után kimondottan élvezetes volt barangolni a lemezeken, egyfajta asztroidútazás keretében visszapillantani a 19. sz. végének, 20. sz. elejének égboltjára.

Tapasztalataim szerint meglepően pontosan, kb.  $\pm 0,1$  magnitúdóra meg lehet becsülni a csillagok fényességét ezzel az egyszerű technikával is. A kisebb amplitúdójú XZ Ceti-nél, ahol minden 0,3 magnitúdónál volt egy összehasonlító, időnként még tizedmagnitúdónál pontosabban is felírtam a fényességbecslésemet, és az eredmények ténylegesen igazolták, hogy jó minőségű fotóknál volt értelme a gondosabb becslésnek.

Mi derült ki az adatokból? Először is sikerült rekonstruálnom az egész utazást inspiráló VZ Vel száz évre kiterjedő fénygörbéjét, amit a mellékelt ábrán mutatok be. Sajnos a szakmai meglepetés elmaradt, mert a VZ Vel az elmúlt 116 évben végig szabályos mira típusú változócsillag volt, 318 napos átlagos periódussal. Payne 1928-as tanulmánya téves következtetésre jutott a csillag félszabályosságával kapcsolatban, amit feltehetően az okozhatott, hogy mindössze 76 darab, 30 éven átívelő fénygörbepont alapján vizsgálta a VZ Vel változásait. A periódus éppen félúton van 5/6 és 8/9 év között, ezért ha ritkásan készülnek megfigyelések, elképzelhető, hogy akár évtizedekig csak maximumközeli adatok születnek – ez vezethette félre Payne analízisét is.

A másik két programcsillagom a már említett XZ Ceti és az AM Her típus névadó objektuma, maga az AM Her volt. Előbbi azért érdekes, mert a Tejútrendszer egyik legfémszegényebb cefeida típusú pulzáló változója, amiről az elmúlt 25 évben felvett adatok érdekes periódusváltozásokra utaltak. Utóbbi az AM Her típusú csillagokra jellemző „fényes” és „halvány” állapotok előrejelezhetetlen váltakozásával kelti fel már 30 éve, azaz a felfedezés óta a szakma érdeklődését. A több száz új fotografikus becsléssel egy évszázadra ki tudtam terjeszteni a váltakozások statisztikai vizsgálatát, de konkrét eredményekről még nem tudok beszámolni.

Furcsa érzés volt a régi fotólemezek társaságában felidézni régmúlt idők változásait. Az archívum három nagy termet foglal el, bennük zsúfolt szekrénysorokkal, mindegyik szekrényben több ezer lemezzel. Az emeleteket kis csigalépcső köti össze, és belépvé a múltba vezető ajtón, mindig két dolog jutott eszembe: egyik a svábhegyi csillagda (MTA KTM CSKI) könyvtára, melynek belső elrendezése nagy mértékben hasonlít a fotólemez-archívuméra; a másik Umberto Eco A rózsza neve c. regénye, melyben fontos szerepet játszanak a régi könyvek forgatása közben összepiszkolódó hüvelykujjak.



Speciális fotólemez-szkennerek

Ugyanis kimondottan piszkos munka a lemezkimérés, mivel a lemezeket burkoló papírborítékok 60–80–100 év alatt igencsak elrongyolódtak, no meg a zárt szekrényekben, légkondicionált archívumban sem elhanyagolható a porosodás. Emellett minduntalan régi feljegyzésekre bukkantam, akár a borítékokon, akár magukon az üveglemezeken, és a feljegyzések szerzői között a 20. századi változócsillagászat összes nagy neve előfordult – kézírásos megjegyzések csillagászoktól, akiknek a neveit könyvből tanultam, majd tanítottam az évek során.

Felmerül a kérdés: mi lesz a lemezek sorsa a mai digitális korszakban? Meddig kell még az érdeklődő kutatónak odautazni és hagyományos technikával kimérni az érdekes területeket? Természetesen már megszületett a döntés a teljes félmillió archívum szkenneléséről, ám még legalább 5–10 év, mire a tervek megvalósulnak. Már elkészült az a speciális szkennerek, amelyekkel egy 8x10 hüvelykes lemez 20 másodperc alatt digitalizálható, ám az egy lemezből keletkező 600 megabájtos FITS-kép jelenleg még nehézkessé teszi az adatkezelést. Azonban ennél is nagyobb gondot jelent néhány, első pillantásra talán meglepő probléma. Pillanatnyilag az egyik legnagyobb nehézséget az jelenti, hogy nem létezik digitális nyilvántartás az összes fotólemezről. Annak idején minden lemezből készült egy kézírásos feljegyzés az észlelők által vezetett észlelőnaplókba, amelyek ma egy teljes szekrénysort meg is töltenek. Mindeneddig azonban még senki nem gépelte be ezeket a naplókat, és a munka nagyságát jól jelzi, hogy a naplóbégépelést a beszkennelel naplóoldalal Indiába küldésével oldják meg, ahol Hyderabad környékén olcsón felbérlelhető több tíz adatbégépelő, akik néhány hónap alatt megoldják a több év óta húzódó problémát... Mindenesetre várható, hogy a 2010-es évek elejére bárki számára szabadon letölthetővé válnak a koordináták és időpontok alapján visszakereshető harvardi fotólemezek, ami teljesen új életet fog adni ennek a felbecsülhetetlen értékű archívumnak.

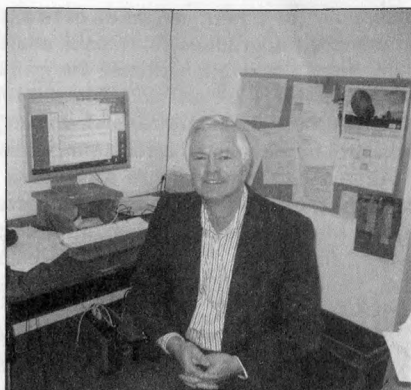
## Látogatás az AAVSO-nál

A Cfa-tól mindössze negyed óra sétára található az Amerikai Változócsillag-észlelő Társaság, az AAVSO központja, a Clinton B. Ford nevét megőrlő intézmény. Magyar amatőr utoljára talán Zajác György személyében járt erre, aki pár éve tett egy rövid látogatást a legnagyobb nemzetközi amatőr csillagász szervezet székhelyén. Jómagam az udvarias tisztelgés helyett konkrét kutatási tervvel és együttműködési

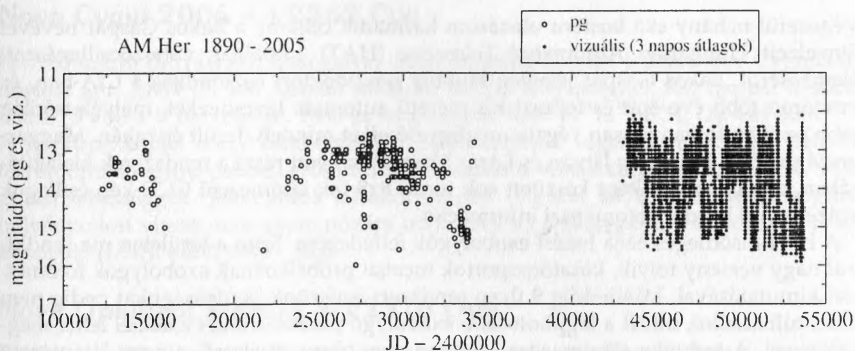
javaslattal érkeztem, amit Arne Henden-  
nel, az AAVSO igazgatójával előzetesen  
egyeztettem.

Az AAVSO 1911-es megalapítása óta a  
legnagyobb vizuális változócsillag-  
észlelési adatbankkal rendelkezik. 2005  
végéig több mint 12 millió egyedi fényes-  
ségbecslést gyűjtöttek össze, ami egye-  
dülálló lehetőséget ad változócsillagok  
évtizedeken átívelő viselkedésének ta-  
nulmányozására. Régóta szerettem volna  
hozzáférni ehhez a kincsesbányához, ám  
mindeddig csak néhány csillagról sikerült  
adatokat kapni.

Bostonba érkezésem harmadik napján  
sétáltam át először a CfA-ból az AAVSO-  
hoz, ahol rendkívül barátságosan fogad-  
tak. Kaptam saját íróasztalt, hálózati csat-  
lakozást, körbevezettek a kétszintes épületben, majd Aaron Price, az AAVSO számít-  
ógépes rendszergazdája, illetve az elektronikus adatbázis karbantartója megkérdez-  
te, hány csillagról szeretnék fénygörbéket. Válaszomat meghallva (minél többről,  
akár 150–200-ról) készségesen felajánlotta, hogy legegyszerűbb megoldásként ideadja  
a teljes 12 milliós adatbázist 6000 csillagról, ami a 19. század legvégétől indulva nyers  
ASCII textfájlként is bőven ráfér három CD-re. És valóban, fél óra múlva a kezembe  
nyomott három lézerlemezt, rajtuk évtizedes bontásban a valaha készült összes  
AAVSO-észleléssel!



Arne Henden dolgozószobájában



Az AM Her fényváltozásai 1890 és 2005 között

A következő négy hétben összesen négy napot dolgoztam az AAVSO-nál, ami leg-  
inkább fénygörbék nézegetéséből, majd különböző szempontok alapján történő ki-  
válogatásából állt. Az adatsorok fantasztikusak, és most látom, hogy akár a követke-  
ző tíz évet is el tudnám tölteni pusztán az AAVSO-fénygörbék elemzésével... Szeren-  
csére az idei év során várható, hogy a teljes adatbázis szabad hozzáféréssé válik, így

a szakma „rávetheti” magát az évtizedes fénygörbékre. Ízelítő gyanánt az AM Her kombinált fotografikus és vizuális adatsorát mutatom be a mellékelt ábrán. Jól látszik, hogy a csillag felfedezése óta gyakorlatilag teljesen folyamatos a vizuális adatsor, illetve hogy két szélsőérték között ingadozott a fényesség mindhárom megfigyelt szegmensben. Az ingadozás statisztikus jellemzői a két állapot közötti átkapcsolás fizikájáról hordoz információt, aminek kikódolása még elvégzendő feladat.

Az AAVSO könyvtára és archívuma hasonló csillagásztörténeti inycenségeket tartalmaz, mint a fotóarchívum. A szervezet létrehozása óta felgyűjtött levelezés magában több köbméternyi papír, amit szépen elrendezve, tűzálló szekrényekben tárolnak az alagsorban. A könyvtárban Meteorok, Albireók, PVH-körlevelek az egyik polcon, mellettük – az ábécének megfelelően – IAU kiadványok, majd japán változós nyomtatványok.

Az AAVSO-nál tett látogatásom fontos asztrodiplomáciai eredményeket is hozott. Arne Hendentől megkaptuk az engedélyt a Kereszty Zsoltnak AAVSO-szponzorálással juttatott ST-7-es CCD kamera átszállítására a Polaris Csillagvizsgálóba, amivel azóta már el is kezdődtek a megfigyelések. Elvi megegyezésre jutottunk az AAVSO észlelési kézikönyvének magyarra fordításáról, amit az AAVSO adna ki (első körben pdf fájlként letölthető formában a [www.aavso.org](http://www.aavso.org) honlapon). Végezetül Arne Henden kifejezésre juttatta, hogy az augusztus 20-ai hétvégén örömmel találkozná újra magyar amatőrökkel, akár Budapesten, akár más, könnyen megközelíthető helyszínen. Abban az időszakban lesz ugyanis az IAU 26. közgyűlése Prágában, és azon a hétvégén 2–3 napra el tudna látogatni Magyarországra is. Tekintve, hogy akkoriban magam is Budapest körzetében fogok tartózkodni, örömmel vettem az ajánlatot, és ezúton szeretném felhívni az érdeklődő változósok figyelmét a látogatásra.

## **A Hungarian Automated Telescope változócsillagai**

Végezetül néhány szó bostoni utazásom harmadik céljáról, a Bakos Gáspár nevével fémjelzett Hungarian Automated Telescope (HAT) adatainak változócsillagászati elemzéséről. Bakos Gáspár jelenleg Hubble posztdoktori ösztöndíjas a CfA-ban, és immáron több éve épít és fejleszt kis méretű automata távcsöveket, melyek a világ több pontján folyamatosan végzik megfigyeléseiket minden derült éjszakán. Magyarországról Sári Pál, Papp István és Lázár József vesz/vett részt a rendszerek kialakításában, és az éjszakánként készített sok tucat, 8x8 fok látómezejű CCD-kép csillagok százazezreiről hordoz fotometriai információt.

A HAT elsődleges célja fedési exobolygók felfedezése. Ezen a területen ma rendkívül nagy verseny folyik, kutatócsoportok tucatjai próbálkoznak exobolygók fotometriai kimutatásával. Mindeddig 9 ilyen rendszert ismerünk, fontosságukat pedig nem lehet túlbecsülni, mivel a legpontosabb exobolygó-paramétereket ezeknél lehet meghatározni. A technika alkalmazása azonban nem olyan egyszerű, a nagy látómezejű CCD képek fotometrlását nagyon sok műszer- és észlelési effektus terheli. Ezek kiszűrésére Kovács Géza (MTA CSKI), Bakos Gáspár és Robert Noyes (CfA) egy új, hatékony módszert dolgozott ki, és jelenleg a HAT mérései nagyon jó minőségű adatbázist jelentenek eddig még ismeretlen változócsillagok tízezeiről.

Az exobolygós versenybe nem kívántam bekapcsolódní, viszont rendkívüli módon felkeltették érdeklődésémet a galaktikus mezőben talált új változócsillagok, azok közül is a pulzáló vörös óriások. Az elmúlt néhány évben kiderült, hogy a vörös óriások csillagfejlődési állapotait el lehet különíteni pulzációs tulajdonságok alapján, és a

HAT néhány látómezőben olyan időlefedettséget ért el, amivel már tanulmányozhatók a rövid periódusú (10–50 napos) pulzációk az első vörösrósiás-ági csillagokban.

Eredményeikről egyelőre itt tudok legkevésbé beszámolni, hiszen jelenleg két látómezőben 50 ezer csillagról összesen 32 gigabájtnyi adatot jelentő nyers fénygörbék várják a számítógépeim merevlemezein a feldolgozást. Változókeresés, periodicitásvizsgálat, periódusmeghatározás – a következő néhány hónap munkája.

## **Piszkés-tetőtől a változós találkozáig és vissza**

Bostontól február 8-án vettem búcsút, hogy kezdetét vegye 17 nap örült rohanás Közép-Európában. Budapest, Szeged, Horgos, Szabadka, Mátra, Kalocsa, Baja voltak a főbb állomásaim úgy, hogy Piszkés-tető és Budapest kivételével sehol nem töltöttem két napnál többet egyszerre. Előbbi az akadémiai csillagvizsgálót jelentette, ahol távcsőidőt kaptam az 50 cm-es fotometriai teleszkópra, északi nagy amplitúdójú delta Scuti csillagok (BE Lyn és SZ Lyn) mérésére. Sajnos a fenn töltött három nap alatt derült eget csak nappal láttam, így az égi és földi ismerősök közül csak Sárneczky Krisztiánnal, az 1 m-es távcső ügyeletes észlelőjével tudtam felidézni a régi szép időket. Budapesten többféle ügyintézés mellett igazi előadássorozat kerekedett a látogatásomból: Polaris, ifjúsági szakkör; MTA CSKI, intézeti szeminárium; Polaris, változós találkozó; Polaris, kedd esti előadás. A bő két hét azonban gyorsan eltelt, és február 26-án, vasárnap reggel Újabb fél évre búcsút intettem a ferihegyi repülőtéren. A Londonon és Hong Kongon át Sydney-be vezető 27 órás út végén örömmel konstatáltam a visszatérést a nyárba, ahol átvilágító asztal és kézi nagyító helyett távcsővel és okuláron át folytathatom a déli változócsillagok nyomon követését...

KISS LÁSZLÓ

## **Nova Cygni 2006 = V2362 Cyg**

H. Nishimura (Miyawaki, Kakegawa) japán amatőr csillagász fedezte fel a Cygnus új nójáját ápr. 2,807 UT-kor készült fotókon,  $10^{m,5}$ -s fényességnél. Két nappal később már  $8^{m,5}$  volt a V fényessége. 2000-es koordinátái: RA =  $21^h 11^m 32^s,34$ , D =  $+44^\circ 48' 03",9$ . A spektroszkópiai megerősítést szintén japán észlelők végezték, akik több helyről felvett optikai színekében erős hidrogén emissziós vonalakat találtak, 700 km/s tárgulási sebességgel. Jelen sorok írásakor (április 13.) már  $10^{m,0}$  körüli fényességűre halványodott vissza, ami gyors nójára utal. AAVSO d térképét a Jelenségnaptárban közöljük. (IAUC 8697, 8698 – Ksl)

## **Nova Ophiuchi 2006/2 = V2576 Oph**

P. Williams (Heathcote, Új-Dél Wales) ausztrál amatőr vizuálisan (!) fedezte fel  $10^{m,5}$ -nál, április 6,565 UT-kor, a 4,8-cel délkeletre található V517 Oph RCB típusú változó észlelése közben. Az „új” csillag pontos koordinátáit T. Krajci mérte ki Új-Mexikóból: RA =  $17^h 15^m 33^s,00$ , D =  $-29^\circ 09' 39",9$ . Három nappal a felfedezés után már  $9^{m,3}$  volt a nójavélőlt fényessége, azaz még éppen a felszálló ágon sikerült elkapni. H. Naito és munkatársai végezték el a spektroszkópiai azonosítást a 2 m-es NAYUTA teleszkóppal. Az optikai színeképek erős emissziós vonalakat mutattak P Cygni profillal, amiből mintegy 1700 km/s tárgulási sebességre következtettek. (IAUC 8700 – Ksl)