

# A távcső, amely megváltoztatta a modern világ(úr)képet

Az elmúlt 400 év távcsőtörténelmének egy jelentősebb műszerét bemutató kis sorozatunk utolsó (úr)állomásához érkezett. Ez alkalommal ugyanis a földfelszín elhagyó távcsövek legjobban ismert képviselőjéről ejtünk pár szót. Valószínűleg sokan kitalálták már, hogy a Hubble Űrtávcsőről (Hubble Space Telescope, HST) van szó, amit sokan csak „az Űrtávcső”-ként emlegetnek, holott több tucat társa keringett és kering ma is Föld vagy Nap körüli pályán (l. Szabados László és Szatmáry Károly cikkét a Meteor Csillagászati Évkönyv 2009-es kötetében). A hétköznapi ember képzeletét azonban nehéz volt megfogni egy infravörös vagy röntgen-tartományban készült felvétellel, legalábbis ami a '90-es évek elejét illeti – ma már a Spitzer vagy Chandra űrtávcsövek színes felvételei is igen figyelemreméltóak az átlagember számára is. De a HST egyedi színpalettával készített felvételei valahogy azonnal beférköztek a köztudatba, és immár majd' húsz éve töretlenül vannak jelen a médiában. Szakmai körökben szintén jelentős az Űrtávcső tekintélye, amit az évente megjelent publikációk számát mutató ábra is mutat (l. 4. oldalon), egyetlen nagyobb földi vagy űrobzervatórium sem tudta felülmúlni a HST teljesítményét. A négy 8,2 m-es távcsőből álló VLT-t üzemeltető Európai Déli Obszervatórium (ESO) – az összes többi teleszkópját is figyelembe véve – talán az egyetlen, amely versenyképes tud maradni a 2,4 méteres Hubble Űrtávcsővel. A sikertörténet azonban korántsem ilyen diadalmas kezdetekre tekint vissza...

Az első kép készítése minden távcső esetében jelentős állomás. Különösen igaz volt ez a nagy várakozás közepette készült első nagy tükörrátérőjű (és nem katonai...) űrteleszkóp esetében. 1990. május 20-án egyedül a holdrészálláshoz hasonlóan az űrmedialáz övezte az NGC 3532-ről készült első felvétel megjelenését a NASA Goddard Köz-

pontjában. A halmazból mindössze néhány csillagot mutató kép fantasztikus sikernek számított, hiszen a HST alapvető működőképességét igazolta: az űrtávcső képet alkot,



A HST Föld körüli pályán

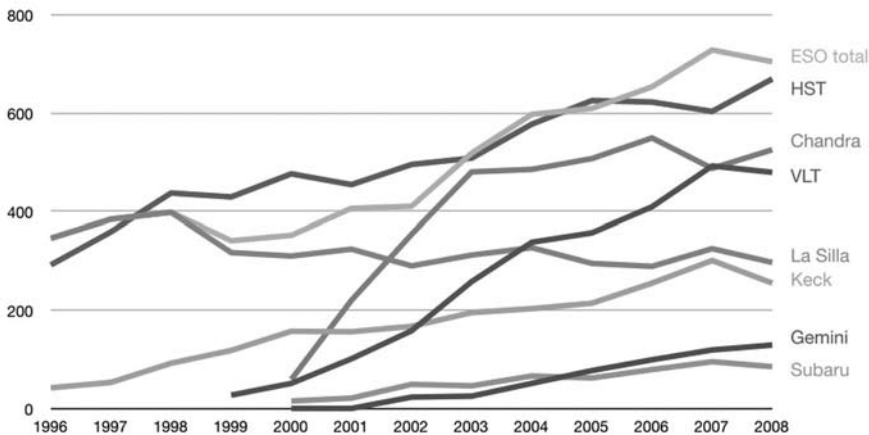
és azt továbbítja a Földre. Ennél többet senki sem várt az első napon, hiszen egy ilyen nagy bonyolultságú rendszer esetében természetes bizonyos komponensek finomhangolása, a pályára állítást követő beállítása. Voltak azonnal jól azonosítható kisebb problémák, mint pl. a vártnál nagyobb remegés, mely minden pályára állás után természetes és időben csökkenő mértékű jelenség. Egy laza napelemtábla miatt azonban sokkal lassabb volt ez a lecsengés, ráadásul a követésért felelő érzékelők egy programhiba miatt nemigen akarták megtalálni és célkeresztben tartani a kijelölt vezetőcsillagot. Egy valami azonban minden próbálkozás ellenére sem változott: a csillagok képe nem volt éles, hanem minden objektumot egy jelentős fényességű udvar (haló) vett körül, mely az összintenzitás háromnegyedét (!) tartalmazta. Ez az első kép letöltésének diadalittas pillanatában csak néhány szakembernek szűrt szemet, köztük is csak Roger Lynds csillagász és

optikus volt az egyetlen, aki azonnal szferikus hibát emlegetett. A hatalmas költségvetéssel és nagy precizitással készült, több száz ember évtizednyi munkáját jelentő teleszkópról azonban elképzelhetetlen volt, hogy egy ilyen alapvető hibája legyen, így Lynds szavait szinte mindenki mereven elutasította. Fokuszálási problémáról beszéltek inkább, vagy a kamera hibájáról, különösen a főtükör készítéséért felelős cég mérnökei.

Teltek-múltak a napok, de semmi sem segített a képalkotáson. Próbálkoztak a főtükör korlátozottan megengedett mozgásával, állígtatták a segédtükrök helyzetét, finomhangolták a fókuszot, kipróbáltak egy újabb kamerát. Egyetlen teszt volt már csak hátra, ami véglegesen eldönthette volna a gömbi eltérést emlegetők egyre növekvő táborának igazát: nagymértékben eléletleníteni a képet, majd több lépésben állítva áthaladni a fókuszponton és mindenhol megvizsgálni a képalkotást. Ennek a földi körülmények között alapvető tesztnek azonban 600 km-rel a földfelszín felett igen nagy kockázata van, ugyanis egy fő optikai elem mozgásáért felelős szerkezet meghibásodása a defokuszált állapotban véglegesen használhatatlanná teheti a teleszkópot. Nem volt azonban más választás, s a kétszeresen is szorongást keltő teszt kivitelezésére június 19-én végül is sor került. A felvett képek

pontosan egyeztek a szferikus hibát szimuláló számítógépes program eredményeivel, így minden kétséget kizáróan beigazolódtott: a HST tükrét rosszul csiszolták. Pontosabban: a tükrök felülete tökéletes hiperboloid volt, csak éppen a görbületi sugár értéke nem egyezett a tervezettel. A hírt a NASA szakemberei döbbsen csendben fogadták az egy héttel később megtartott megbeszélésen, amit 27-én egy hasonlóan síri hangulatban megtartott sajtótájékoztató követett. Minden érintett meg volt győződve arról, hogy a HST teljesen használhatatlan, s ezt a média maradóképtelenségével is igyekezett napokon keresztül önzölő, változatos szalagcímekekben, mint pl. „Pix nixed as Hubble sees double”, mely szójátékot nehéz lefordítani az eredeti ironia megtartásával (szabad fordításban: képtelen képek, mivel a távcső kettőző).

Alig pár évvel a Challenger katasztrófája után a NASA számára igen súlyos csapás volt az újabb kudarc. Politikusok és közéleti személyiségek tömege emelt hangot a nagy anyagi terhekkel járó tudományos programok ellen – látszólag joggal, s ez nem csak az űrkutatás és a csillagászat számára festett sötét jövőt. Az általános felháborodást talán jobban megértjük, ha egy kicsit még visszább tekintünk az időben, a Nagy Űr-Teleszkóp (Large Space telescope, LST) ötletének megszületéséig.



Nagyobb obszervatóriumok évente megjelent publikációinak száma – a HST-vel csak az ESO nyolc legnagyobb távcsövének együttes statisztikája mérhető össze

Tulajdonképpen egészen 1923-ig mehetnénk vissza, amikor is Hermann Oberth Rakéta a bolygóközi térbe c. kötetében egy geostacionárius pályára állított úrrállomás távcsővéről vizionált. Ötletét még az 1957-ben megjelent Ember az űrben c. könyve is tartalmazza, amiben egy nagyméretű űrtávcsövet említ. Valószínű, hogy az előbbi írás hatással volt az amerikai Lyman Spitzer csillagász gondolatvilágára is, aki a II. világháború alatt csillagászként mi mással is kereshette volna kenyerét, mint víz alatti fegyverek fejlesztésével. Emellett azonban élénk érdeklődést mutatott a rakétechnológia iránt is, és egy 1946-ban publikált, majd azonnal titkosított tanulmányában egy űrtávcső előnyeit ecsetelte, kísérletes pontossággal jósolva meg a majdani HST műszereit és kutatási területeit.

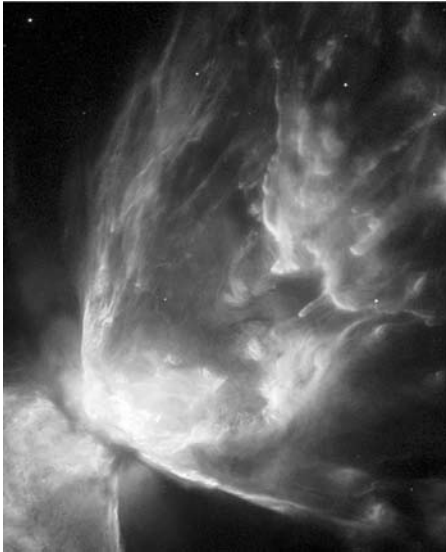
Az út azonban hosszú és göröngyös volt 1946-tól 1990-ig, de Spitzer folyamatosan lobbizott az űrtávcsövek megvalósulásáért. Az 1960-as években azonban a NASA az emberes űrutazásra fordított nagy energiákat, s habár elindult a Keringő Csillagászati Observatóriumok (Orbiting Astronomical Observatories, OAO) program Nancy Roman felügyelete alatt, azonban 1962-ben még ő sem gondolta komolyan, hogy az egyik tervezett, 3 m-es optikai távcső technikailag megvalósítható.

1966-ban Spitzer konferenciát rendezett az LST megvalósíthatóságát vizsgálendő, amit három év elteltével egy összefoglaló tanulmány követett. Ez már meggyőzte a NASA vezetését is a megvalósíthatóságról és a tudományos hasznosságról, azonban továbbra is hiányzott egy köztes lépés, az egyik első OAO sikeres repülése. Mire az OAO-II és a Copernicus műszerek megnyitották a szakmai utat az LST előtt, addig a vietnami katonai fiaskó kavarta politikai viharok kezdték elmosni azt. A '70-es évek nem kifejezetten kedveztek bármiféle nagy anyagi támogatást igénylő kongresszusi javaslat pozitív elbírálásának. A 300 és 700 millió dollár közé becsült programot egyszerűen visszadobták azzal, hogy a mérnökök és tudósok találjanak olcsóbb megoldást. Végül 1974-re az LST

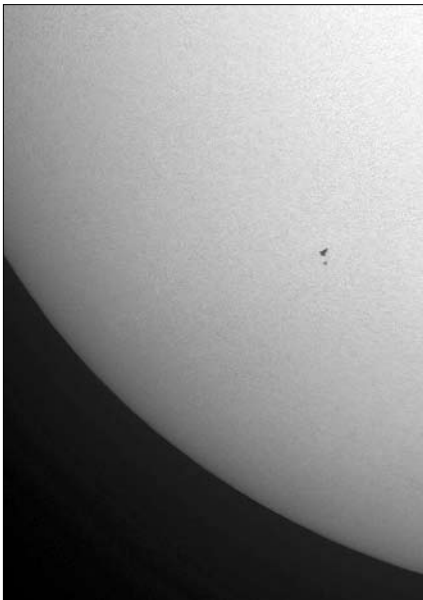
munkacsoport egy 2,4 m-es távcső előzetes terveivel tért vissza a politikai döntéshozatal küzdőterére, mely legfeljebb 300 millió dollár támogatást igényelt. További három évbe telt, míg sikerült megszerezni az akkor már 425–475 millió közé eső anyagi fedezetet, azzal a kitételrel, hogy más partnert is be kell vonjon a NASA a programba. Így került az Európai Űrügynökség (ESA) anyagi és szakmai hatáskörébe az egyik műszer (Halvány Objektum Kamera, Faint Object Camera), a teljes költség 15%-ának erejéig. A feltételek tehát végre adottak voltak, s megkezdődött a lázas munka, melyet mindössze hat évre terveztek, 1983-as felbocsátási dátummal.

A program résztvevőinek a valós technikai kihívásokon kívül már a tervezés első napjaiban szembe kellett nézniük a hatalmas elvárásokkal is, amiket a 2,4 m-es űrtávcsövet képzeletben már azonnal használó csillagászok támasztottak: bármely földi távcsőnél tízszer élesebb képalkotás, ötvenszer halványabb objektumok... Az első alkatrészek (köztük a fő- és segédttükör) gyártása 1979-ben kezdődött, mely folyamat aztán 21 cégre, egy egyetemre, három NASA-központra, 21 amerikai államra és 12 másik országra terjedt ki. Az űrtávcső programja nem csak hatalmas méreteket öltött, hanem addig teljesen kidolgozatlan, új technikai és munkaszervezési problémákkal is szembesült. A hierarchia, valamint a technológia útvesztőiben folyamatos késedelmek és kiürült kasszák keletkeztek, így 1983-ban még messze nem állt kész az akkor már Hubble-ról elkeresztelt teleszkóp, de az eredeti 475 millió dollár már elfogyott. 1985-re a költségek a tervezett majd' kétszeresére rúgtak, s a teljes befejezést 1,2 milliárd dollárra becsülték, nem számítva a későbbi működés anyagi fedezetét. A Challenger szerencsétlensége miatt az 1986-ra halasztott pályára állítás tovább tolódott, ami öröm volt az örömben, hiszen a HST még akkor is távol állt a befejezéstől. A kész egységek tárolása, újra és újra tesztelése folyamatosan növekedt az anyagi terhek.

Ekkor már nem csak más, földi csillagászati fejlesztések képviselői, de egyéb tudományágak művelői is zúgolódtak, mert úgy



Részlet az NGC 6302-ből a WFPC2 (balra) és a májusban beszerelt WFC3 kamerával (jobbra)



Az Atlantis és a HST a napkorong előtt 2009. május 13-án. Az Űrtávcső közvetlenül az űrrepülőgép alatt látható, apró, sötét foltként. A felvételt Thierry Legault készítette 1/8000 s expozíciós idővel. Az észlelőhelytől közel 600 km-re keringő két űreszköz 0,8 s alatt vonult át a Nap előtt

éreztek, hogy a HST befejezése erőforrásokat von el. Így a NASA szigorú megszorításokat vezetett be, amelyek azonban esetenként a rossz helyzetet még rosszabrá fordították. Például a főtükröt gyártó Perkin-Elmer kénytelen volt beismerni, hogy túlságosan alacsony árat ajánlott, hogy megkapja a munkát, azonban biztosította a NASA-t, hogy némi további anyagi ráfordítás ellenében képesek határidőre szállítani a tükröt. A nagy nyomás hatására azonban kevesebb optikai tesztelést (és azt is sietve) végeztek – ami, mint tudjuk, majdnem végzetes lett. De még így is csak két év késéssel, és az eredeti ajánlat közel ötszörösének megfelelő összegért (300 millió dollár) szállították le a tökéletes(en rossz) tükröt.

A történet pikantériája, hogy a Perkin-Elmer mérnökei három eljárást is alkalmaztak a tesztelésre, amiből kettő jelezte a hibát, de azon módszerek kisebb pontosságára hivatkozva csak az elsődleges tesztberendezés eredményeit fogadták el, ami viszont hibásan volt összeszerelve. Ennek utólagos kiderítése után a NASA beperelte a főtükröt gyártó céget, azonban a bírósági döntés helyett csak kényszerű egyezség született,

mely sem az anyagi, sem az erkölcsi veszteséget nem tudta pótolni.

Talán már jobban érthető, miért is volt oly' tragikus a szferikus hiba kiderülése. Talán pont ez a súlyos nyomás volt az, ami végül megmentette az Űrtávcsövet, hiszen mind politikailag, szakmailag és közéletileg óriási volt az elvárás valamiféle korrekció iránt. Az első lépést a számítástechnika adta, az ún. dekonvolúciós képesesítő eljárások használatával. A módszer lényege, hogy az elvárt és valós képalkotás között meghatároznak egy matematikailag leírható transzformációt, mely az elméleti éles képből előállítja a hibával terhelt valós képet. Ezen megfeleltetés megfordításával, az inverz transzformáció segítségével pedig elvileg javíthatók a hibával terhelt képek – nem tökéletesen, de jelentős mértékben.

A szferikus aberráció azonosításakor elkezdődött a lázas tervezés, hogy miként lehetne egy ilyen szerviz-látogatást a javításra felhasználni. Felmerült a főtükör cseréje is, hiszen rendelkezésre állt egy tartalék üvegkorong, azonban ennyire bonyolult művelet kivitelezése lehetetlennek tűnt. Az optikai hiba pontos kimérése lehetővé tette, hogy azzal ellentétes előjelű, de pontosan ugyanolyan karakterisztikájú hibát állítsanak elő egy segédoptikával, amely az egyik műszer helyére szerelhető. Így született meg a COSTAR (Corrective Optics Space Telescope Axial Replacement). Az 1993-as első javítás alkalmával elhelyezett eszköz majd' 2,5 milliárd dollárra emelte a HST összköltségét – azonban végre azzá a műszerré változtatta az Űrtávcsövet, amit a csillagászok olyan hön



Az Atlantis robotkarja által befogott és a raktérben rögzített HST – háttérben a földszáró

áhitottak. Azóta több mint másfél évtized telt el, és négy újabb javítást ért meg a HST, melyek során minden műszert lecseréltek és minden berendezést saját korrekciós optikával láttak el. Napjainkban a Széleslátószögű Kamerának ((Wide Field Camera) már a harmadik generációja működik, és mint a mellékelt képpár is mutatja, öreg Űrtávcső nem vén Űrtávcső!

*Fűrész Gábor*



A tartalomból: Észleljünk! (Kereszturi Á.–Mizser A.), Szabadszemes jelenségek (dr. Gyenizse P.), Távcsöves tudnivalók (Babcsán G.–Mizser A.–Rózsa F.), A binokulár – majdnem távcső (Mizser A.), Csillagászati képrögzítés (Fűrész G.), A Nap (Pápics P.–Iskum J.), A Hold (Kereszturi Á.–Jakabfi T.), Fogyatkozások, csillagfedések (Szabó S.), Bolygók (Vincze I.–Tordai T.), Üstökösök (Sárnecky K.), Kisbolygók (Sárnecky K.), Meteorok (Kereszturi Á.–Tepliczky I.), A mélyégobjektumok világa (dr. Bakos G.), Kettőscsillagok (Ladányi T.), Változócsillagok (dr. Kiss L.–Mizser A.–dr. Csizmadia Sz.), Látványos és érdekes csillagászati jelenségek 2050-ig (Keszthelyi S.) Ára 3000 Ft (tagoknak 2500 Ft). Megvásárolható a Polaris Csillagvizsgálóban.