

SZUPERNOVA-ÉSZLELÉSEK A PISZKÉSTETŐI OBSZERVATÓRIUM 80 CM-ES ROBOTTÁVCSÖVÉVEL

Könyves-Tóth Réka

HUN-REN Csillagászati és Földtudományi Kutatóközpont, Konkoly Thege Miklós Csillagászati Intézet, Budapest
E-mail: konyvestoth.reka@csfk.org

Bevezetés

Aki érdeklődik a csillagászat iránt, avagy ismerős a csillagászati berkekben, talán hallott már a Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Intézet Piszkéstetői Observatóriumáról, amely hazánk legjobban felszerelt csillagászati mérőállomása. Itt működnek ugyanis az ország legnagyobb tükrőátmérőjű távcsövei, amelyeket a magyar csillagászok napjainkban is használnak észlelési, illetve kutatási célokra. Ezek közül az egyik a 2018–19-ben telepített, 80 cm-es, Ritchey–Chrétien- (RC80) típusú távcső, amely a GINOP-2-3-2-15-2016-00033 számmal fémjelzett, Tranziens Asztrofizikai Objektumok (TAO) nevű projekt részeként épült meg Vinkó József vezetésével, ezzel gyarapítva a piszkéstetői „nagy távcsövek” számát.

A projekt során kiemelt szerepet kapott az úgynevezett tranziens események követése egy kifejezetten erre a célra készített távcsőhálózattal. A tranziensek olyan nagy energiájú, általában robbanással járó égi jelenségek, amelyek hirtelen feltűnnek az égbolton, felfényesednek, majd ezután elhalványulva örökre eltűnnek a megfigyelők szeme elől. Ide tartoznak például a bizonyos csillagok élete végén bekövetkező szupernóva-robbanások, a két neutroncsillag összeolvadásakor létrejövő kilonóvák, a gammavillanások látható tartománybeli utófénylései, a fekete lyukak környezetében lezajló árapálykatasztrófák és más egzotikus csillagászati események. Mivel ezek egyszeri, megismételhetetlen jelenségek, a velük kapcsolatos számtalan nyitott kérdés megválaszolásában sokat segíthet a műszertechnika fejlesztése, és a gyors, automatizált mintavételezés.

A világ különböző pontjain, például Afrikában, Ázsiában, Ausztráliában és Amerikában már régebb óta működnek kifejezetten az ilyen események észlelésére specializált távcsövek, illetve hálózatok, a Piszkéstetői Observatóriumban és a Szegedi Tudományegyetem Bajai Observatóriumában elhelyezett, két tökéletesen



Könyves-Tóth Réka 2020-ban végezte el a csillagász mesterszakot az ELTE TTK-n, majd az SZTE TTK Fizika Doktori Iskolájának asztrofizika szakirányán 2022-ben megszerezte a doktori fokozatot Vinkó József témavezetésével. Jelenleg a Konkoly-Thege Miklós Csillagászati Intézet fiatal kutatója, kutatási témája a szupernóva-robbanások asztrofizikája.

egyforma RC80 távcső telepítése elsőként teremtette meg a lehetőséget a tranziensek európai követésére. Ezek a távcsövek robottávcsövek, amelyekkel lehetőség nyílik a gyors, automatizált mintavételezésre, így kifejezetten alkalmasak a rövid időskálájú csillagászati folyamatok vizsgálatára. A mérések elvégzése mellett a piszkéstetői RC80 távcső működtetése új távlatokat nyitott az adatok feldolgozását tekintve is, amely nemzetközi szinten is nagy előrelépésnek számít.

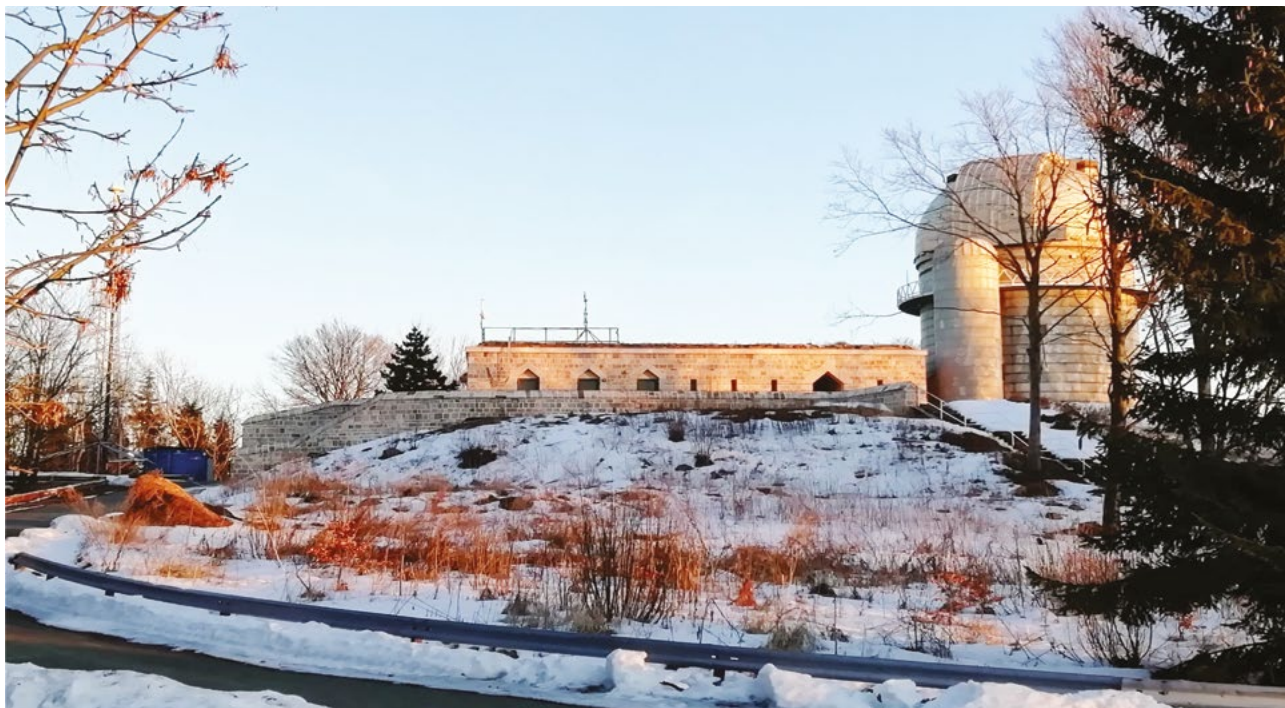
Ez a cikk az említett 80 cm-es főtükrőátmérőjű távcső bemutatásán túl annak a szupernóva-robbanásokkal kapcsolatos eredményeire fókuszál. A következő fejezetekben részletesebben bemutatjuk a Piszkéstetői Observatóriumot, illetve a 80 cm-es távcső működését, a szupernóva-robbanások asztrofizikáját és a távcsővel gyűjtött adatokat felhasználó, nemzetközi szaklapokban megjelent publikációk legfontosabb eredményeit – a teljesség igénye nélkül.

A Piszkéstetői Observatórium és a 80 cm-es távcső

A Piszkéstetői Observatórium a Nyugati-Mátra egyik legmagasabb pontja, a 944 m-es Pizskés-csúcs közelében épült fel az 1950-es évek végén, Detre László igazgatósága alatt, a turisztikai célpontként jól ismert Galya-tetőtől körülbelül 2,5 km távolságban. A csillagvizsgáló helyszínének megválasztásakor a legfőbb cél a fényszennyezés elkerülése volt, így a nagyvárosoktól messze, az ország egyik legmagasabb pontján található Pizskés-tető remek választásnak bizonyult. A fényszennyezés elkerülése régebben, a fotolemez észlelések korszakában is rendkívül fontos volt, hiszen ezek a fényre igencsak érzékeny lemezek hamar megfeketednek egy olyan észlelőhelyen, ahol nincs teljesen sötét. Bár ma már leginkább CCD-kamerával működnek a távcsöveink, a jó minőségű észlelések elvégzéséhez ugyancsak fontos a fényszennyezéstől minél kevésbé terhelt égbolt.

Az observatórium területén először az Oroszlán csillagkép alakját mintázó főépület épült fel, ahol a gondnok, az észlelő csillagászok, a heti váltásban, csütörtökönként érkező ügyeletes csillagászok, valamint a vendégek kapnak szállást. A főépület mellett jelenleg három távcsőkupola és két kisebb műszerépület található.

A legnagyobb távcső az 1974-ben telepített, Ritchey–Chrétien–Coudé- (RCC) szerelésű teleszkóp, amelynek főtükrőátmérője 102 cm, effektív fókusztávolsága pedig 13,5 méter. Ezt a műszert a csillagászok leginkább csak „méteres” vagy RCC néven emlegetik. A főként a



1. ábra. A Piszkéstetői Observatórium méteres távcsövének épülete

változócsillagok fényességmérésére specializált távcsőhöz optikai kábellel csatlakozik egy közepes felbontású echelle-spektrográf is, ami a környezetére való érzékenysége miatt egy külön szobában kapott helyet. A távcső képalkotó CCD-kameráinak látómezeje a hosszú fókuszs miatt mindössze néhány ívperc átmérőjű. A távcsőhöz továbbá külön észlelőépület is járul, ami az észlelőszoba mellett külön műhellyel, konyhával, fürdőszobával és hálószobával is fel van szerelve (1. ábra).

Szintén megemlítendő a 60/90 cm-es Schmidt-távcső, az obszervatórium elsőként megépült mérőműszere, amelynek lencséje 60 cm-es, főtükre pedig 90 cm-es átmérőjű. A távcsőtubus belsejében, az elsődleges fókuszbán egy 10560×10560 pixeles CCD kamera működik. A távcső különlegessége a rendkívül nagy (3×3 fokok, tehát 6×6 teliholdátmérőjű) látómező, amely tökéletesen alkalmassá teszi az eszközt az égboltfelmérés-jellegű programokra, így például a szupernóvák, üstökösök, illetve kisbolygók felfedezésére. Napjainkban a távcső kijelölt célja az újabb napközeli kisbolygók felfedezése, amelyben világszinten is az élvonalban jár.

Az obszervatóriumot ékesíti ezek mellett a 19 kamerával felszerelt Légyszem-kamera. Utóbbi műszer a légy szeméhez hasonlatos módon képes egyszerre az egész belátható égitertületet pásztázni, és így segítségével hamar észrevehetjük a hirtelen megjelenő, tranziens eseményeket.

Végül, de nem utolsósorban megemlítendő az 50 cm-es Cassegrain-távcső kupolája is, amely a Piszkéscsúcsot jelző kőtől pár méterre helyezkedik el. Az 50 cm-es távcső azonban elég sokáig üzemben kívül volt, így a TAO-projekt vezetősége úgy döntött, hogy a távcső egyébként igen költséges korszerűsítése helyett a

kupolájába érdemes beszerezni a tranziensek követésére specializált új, 80 cm-es távcsövet. Megjegyzendő, hogy az új távcső beszerelése előtt a neki helyet adó épület belsejét teljesen át kellett alakítani, és az előregedett kupola részleges felújítására is szükség volt. Végül az



2. ábra. A Piszkéstetői Observatórium 80 cm-es távcsöve

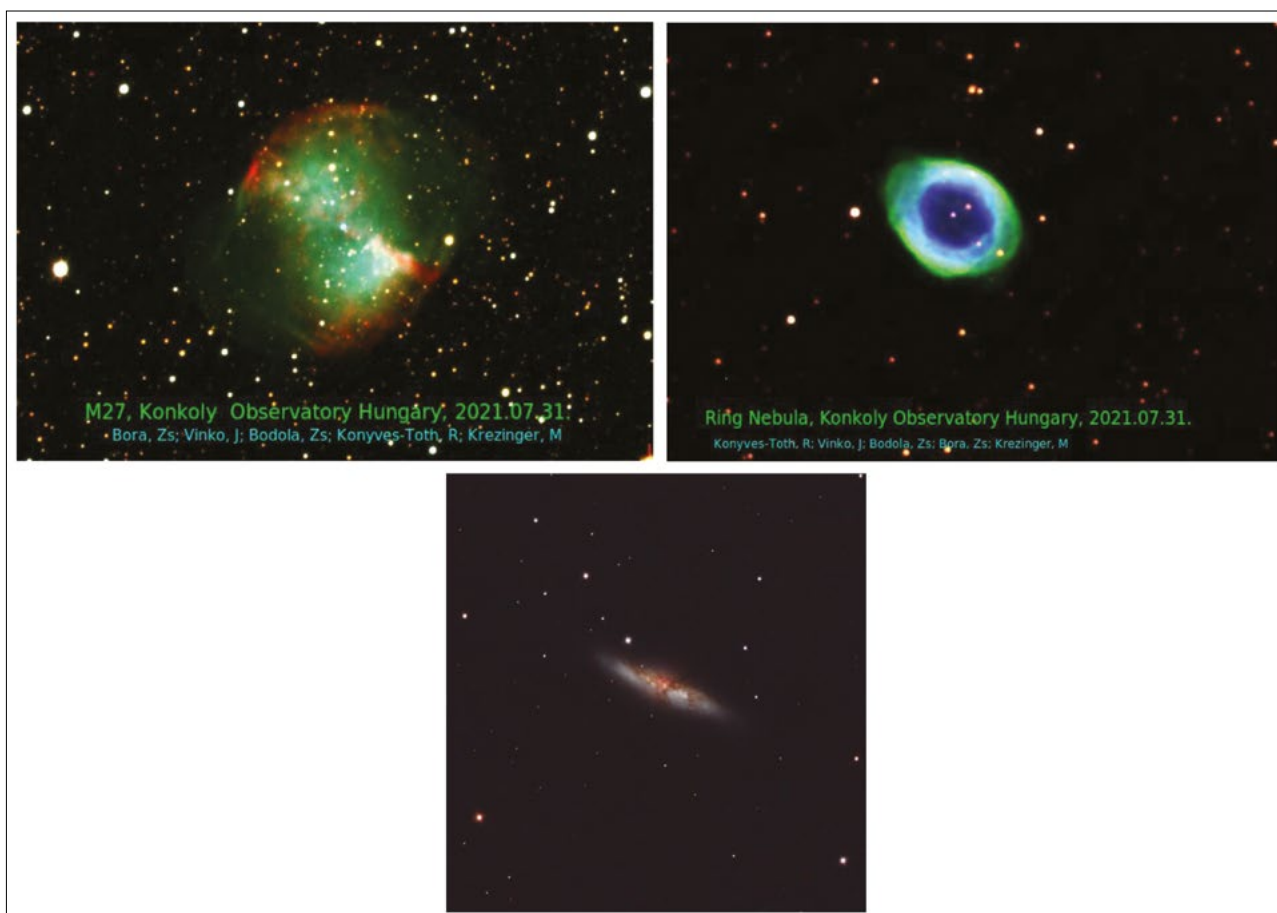
ASA Astrosysteme GmbH nevű cég segítségével 2018-ban készült el a 80 cm-es tükörátmérőjű, Ritchey–Chrétien–Nasmyth-szerelésű távcső (2. ábra). Ez az optikai elrendezés két hiperboloid alakú tükörből áll, amelynek előnye a nagy látómező mellett a jó minőségű képalkotás. Kihívást jelentett, hogy mivel a távcső azimutális, és nem ekvatoriális szerelésű, a képező elfordul az egyes objektumok követésekor, amelyet egy elektronikus vezérlésű derotátor beszerelésével lehet korrigálni.

Ennek az elrendezésnek az egyik érdekessége a távcsőtükör tartóvillájának két oldalára kivezetett Nasmyth-fókuszok, amelyek a távcső mozgatakor sem változtatják meg a pozíciójukat. Ilyen módon tehát a Nasmyth-fókusz kiválóan alkalmas volt a távcsőhöz tartozó CCD-kamera, illetve szűrőváltó berendezés elhelyezésére. A kamera egy hátsó megvilágítású, 2048×2048 pixel felbontású CCD-detektorral működik, amelynek látómezeje 19×19 ívperces. Ez a látómező tehát jóval kisebb, mint a Schmidt-távcsőé, azonban még így is belefér a telihold látszó átmérőjének kb. kétharmada. A sötétzaj csökkentése és így a felvételek minőségének javítása érdekében fontos tényező a kame-

ra hűtése, amelyhez sokszor alkalmaznak Peltier-elemet, illetve akár -100 °C -osra is hűthető folyékony nitrogént. A piszkéstetői RC80 esetén a hűtéshez az autókban is használatos, feltűnően rózsaszínű fagyálló folyadékot keringet a rendszer, aminek a segítségével a detektor az évszaktól, illetve az időjárástól függetlenül stabilan lehűthető -40 °C -ra, miáltal lényegesen csökken a sötétzaj szintje.

Szintén említésre méltó a távcsőhöz tartozó szűrőrendszer, amelyben megtalálható a Johnsons-rendszer B, illetve V szűrője, illetve a Sloan-féle u, g, r, i, illetve z szűrő. Ezzel a kombinációval szinte tökéletesen lefedhető az egész látható tartomány, pontosabban a $4000\text{--}10000\text{ Å}$ közötti hullámhosszak. Ezeknek a szűrőknek a kiválasztását, illetve a beállítását egy kifejezetten erre a célra kifejlesztett, programozott vezérlésű szűrőváltó berendezés teszi lehetővé.

A távcső különlegessége, amely által kiemelkedik a többi hazai távcső, illetve általánosságban véve az európai távcsövek közül is, a robotizált működés. Ez azt jelenti, hogy nem szükséges az észlelő csillagásznak egész éjszaka figyelemmel kísérnie a távcső működését, kézzel ráállva a mérendő objektumok pozíciójára, hanem az



3. ábra. A 80 cm-es távcső felvételeiből készített színes képek. *Bal oldalt fenn:* az M27-es katalógusszámú Messier-objektum, más néven Súlyzó-köd, egy planetáris köd látható, *jobb oldalt fenn:* az M51-es jelölésű Gyűrűs-köd, *alul* pedig az M82, avagy Szivar-galaxis. A bal oldali és a középső kép a Piszkestetői Optikai Fotometriai Nyári Iskola (POFON) keretein belül készült 2021-ben, a jobb oldali kép esetén pedig a képfeldolgozás, illetve a színes kép előállítása Horti-Dávid Ágoston érdeme

eszköz egy előre megírt program alapján képes magától ráállni a kiválasztott célpontokra, elvégezni a méréseket, majd ezután továbbmenni a következő éterületre. Az adott éjszakán elvégzendő mérésekhez tartozik egy észlelőszkript, amelyet szintén automatikusan állít elő a kód egy olyan adatbázis alapján, amelyben prioritássorrenddel ellátva szerepelnek azok az érdekes objektumok, amelyek Piszkéstetőről is látszanak az égen. A prioritást jellemző számot többféle szempont alapján hozza létre a rendszer: figyelembe veszi például a láthatóságot, az éjszaka hosszát és az újonnan történő felfedezést, majd mindezek alapján kialakít egy optimalizált észlelési tervet az adott éjszakára. A mérést minden este az aktuálisan az obszervatóriumban tartózkodó ügyeletes csillagász felügyeli, aki szükség szerint plusz kalibrációs képeket is készít a távcsővel, illetve igyekszik megoldani az észlelés közben esetlegesen felmerülő problémákat.

A távcső vezérlése, illetve pozicionálása a méteres és a Schmidt-távcsőhöz hasonlóan a ccdsh nevű szoftver [1] segítségével történik; a mért, nyers adatok pedig két helyre, egy központi adatszerverre, és egy archívumba is bekerülnek. Ezeknek az adatoknak a feldolgozása, tehát a redukálása, illetve fotometriai elemzése részben automatikusan történik egy, a fitsh-környezetben [2] megírt program segítségével. Az adatok redukálásának elindítását hetente, a csütörtöki műszakváltással párhuzamosan a jelen cikk írója végzi.

Megemlítendő, hogy a 80 cm-es távcső nemcsak szupernóvákat, illetve tranzienseket vizsgál, hanem minden évben háromszor bárkinek lehetősége nyílik távcsőidőre pályázni. Ilyen módon a robottávcső gyakran észlel fiatal csillagokat is, illetve a szürkületi égen látványos asztrofotók is készülnek vele (3. ábra).

A távcső sikerességét mutatja, hogy 2019-től, tehát működésének kezdete óta az adatait 33 publikációban használták fel, amelyek közül 13 referált szaklapban jelent meg, ezek közül pedig 8 kapcsolódik szupernóvákhöz. A későbbiekben röviden bemutatjuk a szupernóvák tulajdonságait, és a 80 cm-es távcső velük kapcsolatos legfontosabb eredményeit.

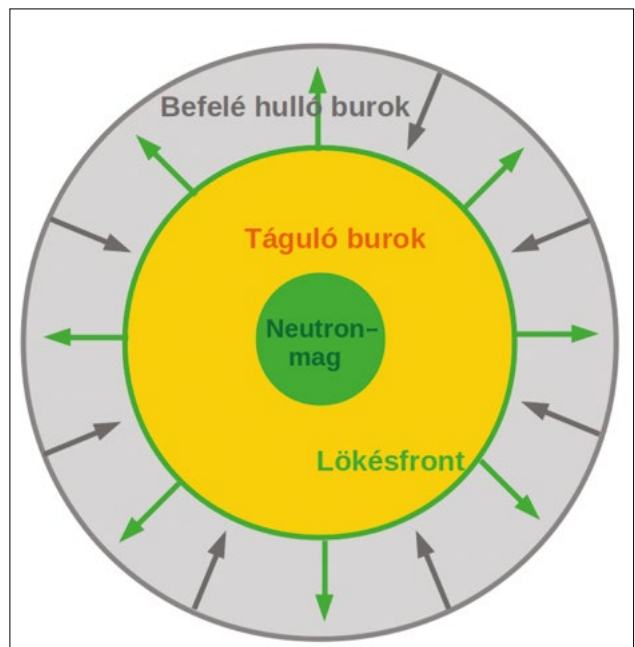
Szupernóvák, a távolról is látszó, hatalmas csillagrobbanások

Vannak olyan csillagok, amelyek az életüket egy rendkívüli energiát felszabadító, hatalmas szupernóva-robbanás formájában fejezik be. Ezeket az eseményeket akár nagyon távoli galaxisokban is észrevehetjük, ugyanis ekkor a felrobbanó csillag fényessége időlegesen túlragyoghatja gazdagalaxisát is. A szupernóvák vizsgálata tehát segítséget nyújthat többek között az extragalaktikus távolságmérésben, így az Univerzum tágulásának ütemét kifejező Hubble-állandó értékének pontosításában. Emellett a szupernóvák vizsgálatával új információt nyerhetünk a csillagfejlődés folyamatáról, illetve a csillagközi anyag fizikájáról is. Általánosságban véve a szupernóvákat a robbanási mechanizmusuk alapján két

nagy csoportba sorolhatjuk: a magkollapszusos, illetve termonukleáris típusba.

A *magkollapszusos szupernóvák* a kezdetben 8 nap-tömegnél nagyobb tömegű csillagok végállapotakor következnek be. Ezekben a csillagokban a fúziós folyamatok egészen a vasig folytatódnak. Ebben a végső állapotban a csillag belső szerkezete egy hagyma héjaira emlékeztet: a magja vasból, az egyre kijjebb található héjak pedig egyre könnyebb elemekből állnak, egészen a legkülső, jórészt hidrogénből álló burokiig. Amikor a csillag magja a csillagfejlődés folyamata során elér egy bizonyos tömeghatárt, felborul benne az egyensúly, és gravitációsan összeomlik. Ennek során a közepében kialakul egy majdhogynem pusztán neutronokból álló, kompakt neutroncsillag-mag, amelyre a csillag „támaszték” nélkül maradt, külső héjai ráhullanak, majd onnan egy kifelé terjedő lökeshullám formájában visszapatannak (4. ábra). Ekkor történik meg tehát az erős fényjelenséggel járó szupernóva-robbanás, amely lehetővé teszi a vas fúziójának beindulását, és így a vasnál nehezebb elemek létrejöttét. A robbanáskor kapott fényesség a szénnél nehezebb atommagok fúziójából kialakult radioaktív nikkell, illetve kobalt bomlásának időskáláján, néhány hónap alatt lecsökken, a haldokló csillag külső burkaiból kialakult gázfelhő pedig idővel láthatatlanná halványul. A hajdani csillag helyén egy neutroncsillag marad vissza, avagy amennyiben a csillag kezdeti tömege meghaladta a 30 naptömeget, a mag fekete lyukká omlik össze.

A másik nagy csoportot a *termonukleáris, vagy más néven Ia típusú szupernóvák* alkotják. Itt a robbanás az előbbiektől teljesen eltérő mechanizmussal zajlik le. Az Ia típusú szupernóvák szülőobjektumai ugyanis a 8 nappal kisebb kezdeti tömegű csillagok életének végén ki-



4. ábra. Sematikus ábra a magkollapszusos szupernóvák robbanási mechanizmusáról



5. ábra. Az Ia típusú szupernóvák lehetséges robbanási forgatókönyvei (Forrás: universetoday.com)

alakult fehér törpék. Ezekben a jórészt szénből és oxigénből álló csillagokban az elfajult elektrongáz nyomása egyensúlyban van a gravitációval, legalábbis egészen addig, amíg a csillag külső hatás következtében el nem éri a körülbelül 1,44 naptömeges Chandrasekhar-határtömeget. Ezt az értéket átlépve a csillagban felborul az egyensúly, és beindul a szén és az oxigén nikkellé történő fúziója. Mivel azonban a csillag anyaga elfajult állapotban van, tehát a nyomás független a hőmérséklettől, a fúzió nem áll meg, hanem megszaladva robbanásszerűen folytatódik egészen addig, amíg meg nem semmisíti a csillagot. Ezek a szupernóvák az időskálákat tekintve nagy általánosságban rövidebb lecsengésűnek, ámde fényesebbnek mondhatóak a kollapszáróknál: a néhány hetes felfényesedést egy ennél valamivel lassabb elhalványulás követi. A velük kapcsolatos megválaszolatlan kérdések közül az egyik legfontosabb a Chandrasekhar-tömeg elérésének módja, illetve maga a robbanási mechanizmus. A legelfogadottabb forgatókönyvek értelmében a határtömeget kétféleképpen érheti el egy fehér törpe: az egyik szerint a fehér törpe anyagot von el vörös óriás társcsillagától, a másik alapján pedig többes rendszeren belül fejlődve összeütközik egy másik fehér törpecsillaggal (5. ábra).

A kétezres évek eleje óta ismert a szupernóvarobbanásoknak egy harmadik típusa is, amely a *szuperfényes szupernóva* nevet kapta. Bár maguk a hagyományos értelemben vett szupernóvák is igen fényesek, a szuperfényes szupernóvák nagyságrendekkel meghaladják a

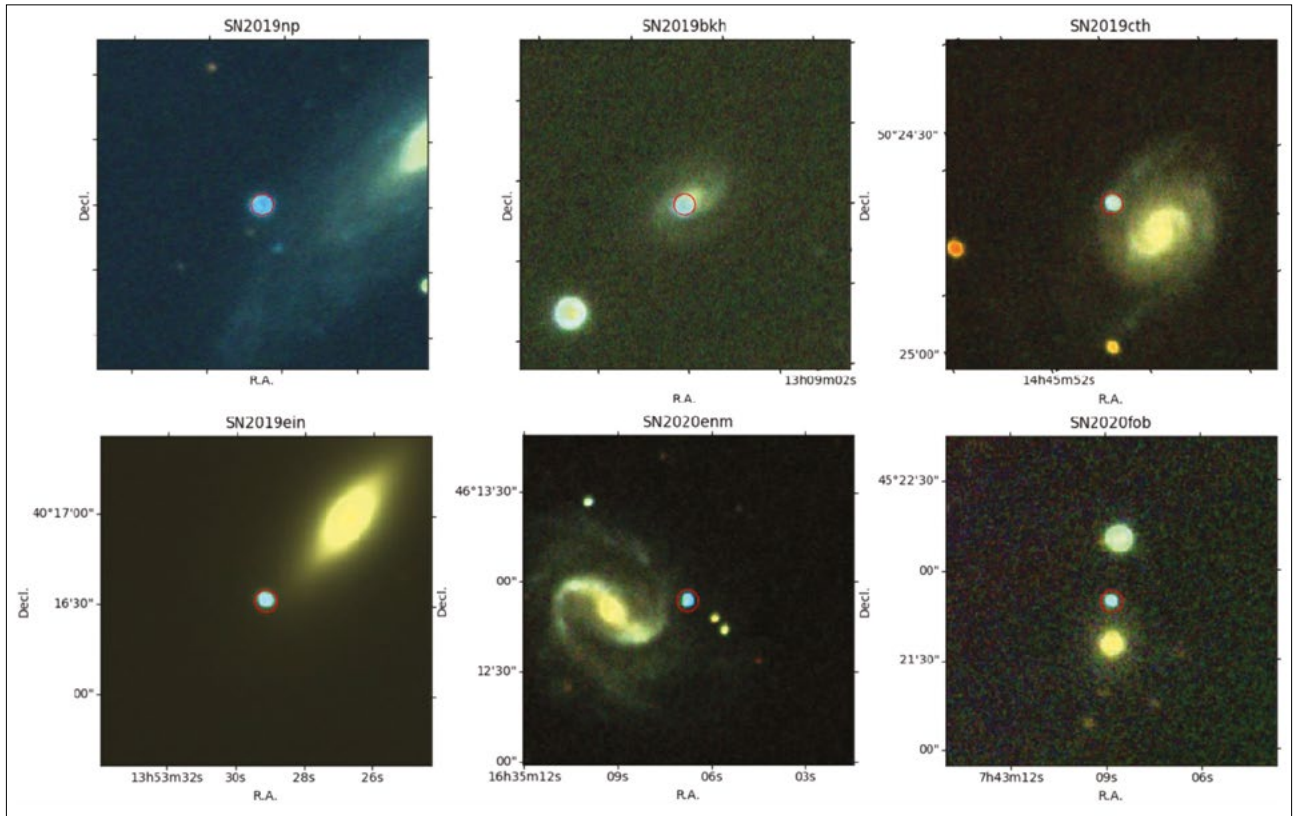
felrobbanó csillagoktól általában megszo-
kott fényességet. A csillagászok szerint ezek a robbanások csak a legnagyobb kezdeti tömegű csillagoktól származhatnak, a kiemelkedő fényesség elérésének pedig több forgatókönyve is létezik, de napjainkig vitatott, hogy pontosan melyik eset valósulhat meg. Ezek a forgatókönyvek magukban foglalják a nagy tömegű csillagok magösszeomlásakor kialakult, erős mágneses terű neutroncsillag (magnetár) fékeződéséből felszabaduló energia, az újonnan kialakult fekete lyuk felszínére történő anyagbehullás, a 100 naptömegnél nagyobb csillagok esetén lehetséges pár-instabilitásos robbanás, illetve a csillag körüli anyaggal történő, heves kölcsönhatás lehetőségét is.

Látszik tehát, hogy a csillagrobbanások kutatása továbbra is a modern asztrofizika izgalmas területe, ahol számos kérdés vár megválaszolásra az elkövetkező évtizedekben is. Ezeket a válaszokat pedig elhozhatja akár a big data-korszak, a rohamosan növekvő mennyiségű mérési adat feldolgozása és az új szupernóvák mind nagyobb számban történő felfedezése, és követése is. Ez utóbbihoz járul hozzá a piszkéstetői 80 cm-es távcső is.

Szemelvények a 80 cm-es távcsővel észlelt szupernóvákval kapcsolatos eredményekből

1. Az Ia típusú szupernóvák újabb meglepetése

Talán kijelenthetjük, hogy a 80 cm-es távcső adatainak legátfogóbb elemzése hozzájárult ahhoz, hogy mélyebben megismerjük a termonukleáris szupernóvák fizikai tulajdonságait, és lehetséges robbanási mechanizmusait. Mint ahogy fentebb, az elméleti áttekintőben is szerepel, viszonylag régóta ismert, így széles körben elfogadott nézet, hogy az Ia-típusú szupernóvák fehér törpék robbanásából származnak. Régebben úgy gondolták, hogy mivel minden esetben ugyanolyan tömegű csillag robban fel hasonló mechanizmussal, ezeknek a szupernóvákknak ugyanakkora kell legyen az abszolút fényessége, és így standard gyertyáknak minősülnek, amelyek segítségével pontosan megmérhetjük a kozmológiai távolságokat. Később azonban kiderült, hogy a fénygörbéjük és a színképük alapján sem teljesen ugyanolyan az összes termonukleáris szupernóva: vannak fényesebb és kevésbé fényes események, melyek között színképük, illetve lecsengésük alapján különbséget tudunk tenni. Ezek a robbanások azonban továbbra is standardizálható gyertyák maradtak, mégpedig Phillips 1993-ban észrevett összefüggésének megfelelően [3], amely szerint a B szűrőben mért abszolút fényesség összefügg a halványulás ütemével:



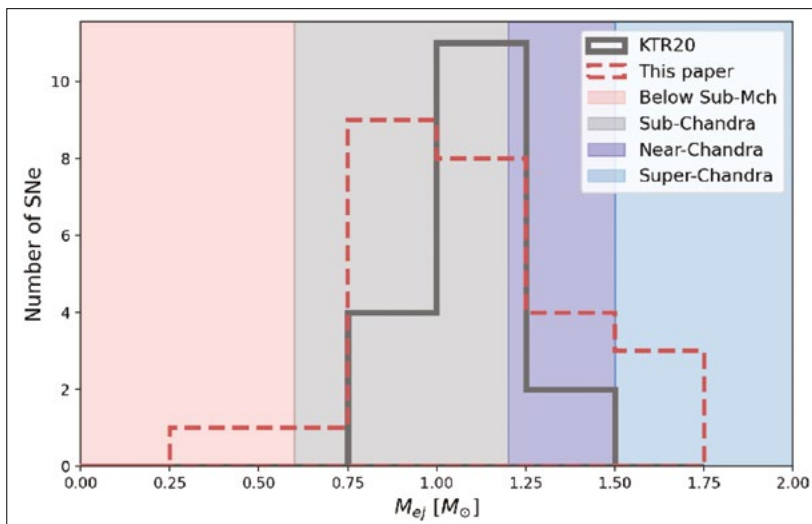
6. ábra. Hat objektum színes képe a vizsgált Ia típusú szupernóvák mintájából [5]

a fényesebb szupernóvák lassabban fejlődnek a kevésbé fényes szupernóvákénál. Ezt az azóta Phillips-reláció néven ismert összefüggést használjuk tehát az abszolút fényesség standardizálására.

Ekkor azonban felvetődik a következő kérdés: miért nem ugyanolyan az Ia típusú szupernóvák fénygörbéje és színe? Erre viszonylag kézenfekvő válasz adódik, amely a robbanási forgatókönyvekben gyökeredzik: nem minden fehér törpe ugyanúgy robban fel. Vannak

olyanok, amelyek a fent említett mechanizmusok közül két fehér törpe ütközésével, míg mások kettős rendszeren belüli anyagátadás révén érik el a robbanáshoz szükséges tömeget. Természetesen ezen forgatókönyvekben belül léteznek további altípusok is, amelyek különféle fizikai folyamatokat írnak le. Az egyes szupernóvák fénygörbéjének modellezésével becslést adhatunk az egyik legfontosabb fizikai paraméterre, a robbanás során ledobódott tömegre, amely számot adhat tehát a szülőobjektumról, és a robbanás módjáról is. Ezeknek a tömegeknek a meghatározása kulcsfontosságú.

A Pizskéstetői Observatóriumban eleinte a Schmidt-távcsövet használták szupernóvaészlelésekre, majd később, 2019-től ezt a szerepet átvette az újonnan épített, 80 cm-es távcső. Ennek megfelelően az évek során sok Ia típusú szupernóva fénygörbéjét sikerült mintavételezni. Egy 2020-ban megjelent tanulmány [4] a 2016 és 2018 között felrobbant, a Schmidt-távcsővel észlelt Ia típusú szupernóvákat vizsgálja, majd egy következő szakkikk [5] a 2019-től 2023-ig terjedő adatsorok elemzésével folytatja az elkezdett munkát. Ilyen módon összesen 17 + 28 szupernóva fénygörbéjét sikerült vizsgálni az elmúlt évek során.



7. ábra. A 80 cm-es távcsővel (piros, szaggatott vonal), és a Schmidt-távcsővel (szürke vonal) vizsgált, Ia típusú szupernóvák tömegeloszlásának hisztogramos ábrázolása, amelyből kiviláglik, hogy a minta legtöbb szupernóvája a Chandrasekhar-határtömeg alatt robban [5]

Az analízis pedig mindkét ízben érdekes eredményre vezetett: a részletes fénygörbeelemzés felfedte ugyanis, hogy a ledobott tömeg a legtöbb szupernóva-robbanás során nem éri el a Chandrasekhar-tömeghatárt (lásd a 7. ábrát)! Bár eddig is ismert ténynek számított, hogy léteznek úgynevezett szub-Chandra, vagyis Chandrasekhar-tömeg alatti robbanások, a tudományos közösség úgy vélte, hogy ezeknél jóval gyakoribbak a Chandrasekhar-határtömeg közelében robbant szupernóvák. Természetesen mindemellett léteznek szuper-Chandra objektumok is, ahol a ledobott tömeg meghaladja a tömeghatárt, valószínűleg azért, mert a robbanás két fehér törpe összeolvadásából származik, amelyek együttes tömege könnyedén lehet nagyobb az 1,44 naptömeges határértéknél.

A piszkéstartói adatsorok vizsgálata rávilágított tehát arra, hogy jóval gyakoribbak a határtömeg alatti ledobott tömeget mutató Ia típusú szupernóvák, mint azt korábban gondoltuk, sőt, valójában többségben vannak a közel Chandrasekhar-tömeget ledobó eseményekhez képest. Ez pedig érdekes tényeket fedhet fel a robbanás forgatókönyvével kapcsolatban. A jövőben tehát fontos lenne minél több Ia típusú szupernóva részletes elemzése, és így a Piszkéstartón elvégzett mérések folytatása is.

2. *Testvérszupernóvák vizsgálata az NGC 3147 galaxisban*
Számos piszkéstartói RC80, illetve az SZTE Bajai Observatóriumában működő BRC80 távcső által készített mérések segítségével született meg az a tanulmány, amely az NGC 3147-es katalógusszámmal jelölt galaxisban robbant szupernóvatestvérek vizsgálatával igyekszik pontosítani a galaxis becsült távolságát, és ezzel együtt tesztelni a távolságmeghatározáshoz használt különféle módszereket [6]. Ez a tanulmány rendkívül fontos szerepet játszik a Hubble-állandó meghatározását szolgáló mérések kalibrálásában, és így segíthet többek között a kozmológiában napjainkig jelenlévő Hubble-feszültség feloldásában is. A Hubble-feszültség az egyik legnagyobb kozmológiai rejtély, amely magában foglalja, hogy az Univerzum tágulását jellemző Hubble-

állandó értéke különféle mérésekkel eltérőnek adódik. A feszültség feloldásához mindenképpen lényeges a távolságmérési módszerek megbízhatóságának tesztelése, és az ismert távolságú objektumok távolságának, illetve az ezt kiszámító modelleknek és kódoknak a további pontosítása.

Ezt a célt szolgálta az NCG 3147-ben az elmúlt évtizedekben felvillant három szupernóva, az SN1997bq, az SN2008fv és az SN2021hpr fénygörbéinek és spektrumainak részletes elemzése. Előbbi két objektumról korábbi, űrtávcsöves mérések készültek, míg az SN2021hpr-t nagy mintavételezettséggel követte a piszkéstartói, illetve a bajai 80 cm-es távcső. Az objektumok fénygörbéit többféle modellel is illesztve sikerült pontosítani a galaxis korábbi távolságbecsléseit, amelynek eredményeként $42,5 \pm 1,0$ Mpc adódott. Ez az érték összhangban van a legújabb fénygörbeillesztő kódok eredményeivel.

Ezeknek az érdekes eredményeknek a felvillantásából láthatjuk, hogy a piszkéstartói 80 cm-es távcső adataiból a magyar kutatók képesek nemzetközi szinten is elismerésre méltó eredmények elérésére. Ez motivációt kölcsönöz a mérések folytatásához, és a Piszkéstartói Observatórium műszereinek továbbfejlesztéséhez.

Irodalom

1. Pál András: *CCDSH – távcsőmozgatás, kupolavezérlés és fókuszálás*, <https://ccdsh.konkoly.hu/>
2. Pál András (2012): FITSH – a software package for image processing. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 421.3, 1825–1837.
3. Phillips Mark M. (1993): The absolute magnitudes of Type Ia supernovae. *Astrophysical Journal, Part 2-Letters*, 413/2, L105–L108., 413, L105–L108.
4. Könyves-Tóth R., et al. (2020): Constraints on the physical properties of SNe Ia from photometry. *The Astrophysical Journal*, 892.2, 121.
5. Bora Zsófia, et al. (2024): Ejecta masses in type Ia supernovae – Implications for the progenitor and the explosion scenario. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 136.9, 094201.
6. Barna Barnabas, et al. (2023): Three is the magic number: Distance measurement of NGC 3147 using SN 2021hpr and its siblings. *Astronomy & Astrophysics*, 677, A183.

Hirdetmény

Az Eötvös Loránd Fizikai Társulat 2025. május 10-én szombaton 10:00-kor tartja éves küldöttgyűlését az

Eötvös Loránd Tudományegyetem Északi Tömb 083-as Eötvös termében (1117 Budapest XI. Pázmány Péter sétány 1/A.)

A küldöttgyűlés hagyományosan napirend előtti szakmai előadással kezdődik. Az előadást

dr. Csabai István Ervin (ELTE Komplex Rendszerek Fizikája Tanszék) tartja „Fizika és mesterséges intelligencia” címmel.