

## Gammakitörések

Balázs Lajos, MTA KTM Csillagászati Kutatóintézete,  
Horváth István, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem

### A gammakitörések felfedezése

1963. augusztus 5-én a Szovjetunió, az Amerikai Egyesült Államok és Nagy-Britannia képviselői Moszkvában aláírták a nemzetközi atomcsend-egyezményt (Nuclear Test Ban Treaty), amely megtiltja az atombomba-kísérleteket a légkörben, a világűrben és a víz alatt.<sup>1</sup> Az egyezmény betartásának ellenőrzésére hozta létre az Egyesült Államok a VELA projektet, és indították Föld körüli pályára a VELA műholdakat.

A programot 1969-ben indították el, viszonylag csekély költségvetéssel. Összesen tizenkét műholdat indítottak, hatot a Vela Hotel, hatot az Advanced Vela felépítéssel. A hat Vela Hotel műhold úrbéli nukleáris robbanások után kutatott, míg az Advanced Vela hagyományos robbanások megfigyelését is végezte. A légköri atom- vagy hidrogénbomba-robbanás a másodperc ezred részéig tartó gammavillanást hoz létre, amit a kialakuló tűzgolyó fénysugárzása követ. A műholdak milliszekundumos skálán figyelték a jelenségeket, így több műhold együttes megfigyelése esetén a forrás térbeli helyzete, egyszerű háromszögletes módszerrel meghatározható volt. Nukleáris bomba robbanását a röntgensugárzás jelezte volna, melyet a gamma- és neutrondetektorok megfigyelése erősített volna meg. A Hold túloldalán való robbanást nem észlelték volna a Vela műholdak, de a felvert nukleáris por a robbanás erejétől gyorsan tágult volna, amit a műholdak a robbanás során aktivált atommagok gammasugárzását megfigyelve tudtak volna azonosítani.

Ray Klebesadel a Los Alamos Scientific Laboratory (ma LANL, Los Alamos National Laboratory) munkatársa (aki a Vela műholdak tervezésében és építésében is részt vett) elemezte a megfigyelt adatokat. Azokat a megfigyelési eredményeket, melyek biztosan nem nukleáris robbanást jeleztek, gondosan eltették. 1972-ben Ian Strongot kérték meg, hogy Klebesadellel és Roy Olsennel közösen értékeljék ezeket az adatokat, akik 16 olyan eseményt találtak, melyek bizonyosan nem földi, szoláris vagy lunáris eredetűek voltak (1969. július és 1972. július közötti jelenségekről volt szó). Gammatarományban olyan jelentős volt az emisszió, hogy ki lehetett zárni, hogy egy röntgenforrás nagyenergiás részéről lenne szó. Ez az eredmény jelentette az első gammakitörések észlelését.

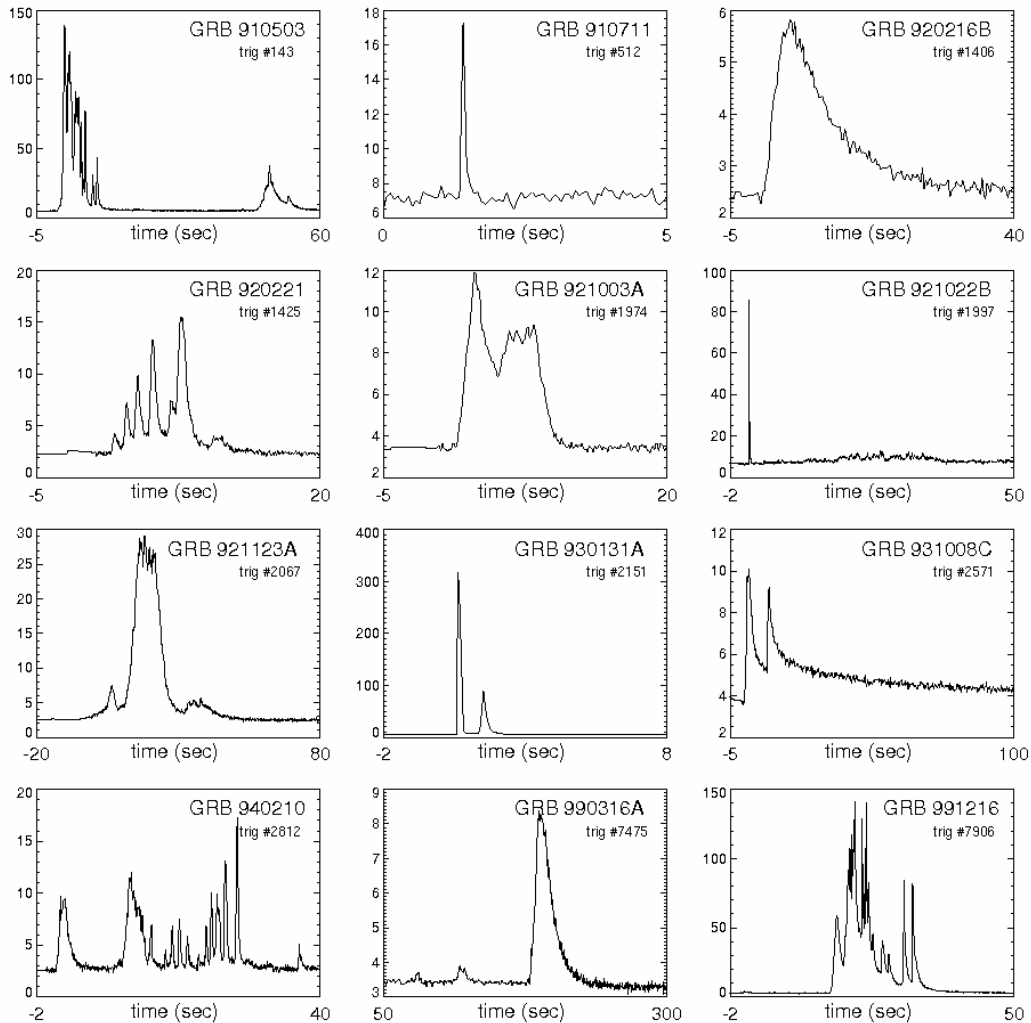
### A kitörések „fénygörbéi”

Amíg a csillagászatban előforduló legtöbb, időszakosan felvillanó forrásnak jellegzetes a fénygörbéje (a tipikusan gyors fényességnövekedést fokozatos halványulás követi, mint például a nóváknál és szupernóváknál), a gammakitöréseknél ez igen különböző. Nincs két olyan kitörés, amelyeknek a fénygörbéje hasonlítana egymásra. Ellenkezőleg, csaknem összes megfigyelhető tulajdonságukban különböznek: a megfigyelhető emisszió időtartama milliszekundumtól néhány percig is eltarthat, lehet egyetlen csúcspontú, vagy akár több is, a csúcsok lehetnek szimmetrikusak, vagy gyors fényességnövekedést lassú csökkenés követhet. Néhány kitörést előfutár esemény előz meg, amely egy gyenge kitörés, amelyet (néhány másodperc esetleg perc múlva) az „igazi” követ. Néhány kitörés fénygörbéje rendkívül kaotikus, minden felismerhető szerkezetet nélkülöz.

Jóllehet néhány fénygörbét megfelelően választott egyszerű modellel reprodukálni lehet, eddig nem tudták megmagyarázni, hogy a megfigyelt tulajdonságokban miért van ekkora különbség

<sup>1</sup> Az egyezményről l. [http://en.wikipedia.org/wiki/Comprehensive\\_Nuclear-Test-Ban\\_Treaty](http://en.wikipedia.org/wiki/Comprehensive_Nuclear-Test-Ban_Treaty), az egyezmény szövegét pedig: <http://www.ctbto.org/fileadmin/content/treaty/treatytext.tt.html>.

az egyes görbék között (1. ábra). Eddig már sok osztályozási rendszert javasoltak, de ezek gyakran pusztán a fénygörbék megfigyelhető tulajdonságain alapultak, és nem mindig vették tekintetbe a kitöréseket létrehozó objektumok közötti fizikai különbségeket. Mindenesetre, a kitörések megfigyelhető időtartamának az eloszlása jellegzetesen „kétpúpú”, ami azt sugallja, hogy alapvetően két csoport létezik: a „rövid”, amelyknél az átlagos időtartam 0,3 s, illetve a „hosszú”, amelynek átlagos időtartama 30 s. Mindkét csoport időtartamának az eloszlása igen tág, és jelentős átfedés van közöttük, emiatt pedig igen nehéz megmondani pusztán az időtartam alapján, hogy a kitörés melyik csoportba tartozik. Mind elméleti, mind megfigyelési alapon ezen a kétfokozatú rendszeren túlmenően további osztályok bevezetését is javasolták.



1. ábra. Néhány kitörés „gammafénygörbéje”

### A kitörések általános jellemzői

A 80-as évek végéig közel 500 gammafelvillanást észleltek a műholdak. A felvillanások eredete azonban tisztázásra várt. Nem volt azonosítva egyetlen forrás sem (kivéve a lágygammaismételőket – soft gamma repeater, SGR), de még azt sem tudtuk, hogy milyen messze lehetnek a források. Tehát az sem volt ismeretes, hogy a forrás milyen erős, ugyanis a mért gammasugárzást okozhatta egy közeli forrás, abszolút értelemben gyenge, illetve egy távoli, vagyis sokkal erősebb forrás is.

A NASA négy nagy megfigyelő műholdja közül a Compton Gammasugár Obszervatóriumot bocsátották fel (CGRO) a gammatartomány megfigyelésére. A műhold 1991 áprilisa és 2000 júniusa

között működött. 2000. június 4-én a NASA döntése után visszairányították a Földre. Részben elégett a légkörben, a maradványai pedig a Csendes-óceánba hullottak.

A műhold fedélzetén négy műszer működött:

- Burst And Transient Source Experiment (BATSE)
- Oriented Scintillation Spectrometer Experiment (OSSE)
- Imaging Compton Telescope (COMPTEL)
- Energetic Gamma Ray Experiment Telescope (EGRET).

Ezek közül a legtöbb forrást (2704 kitörést) a BATSE észlelte. A gammakitörések kutatásában a CGRO áttörést hozott, de a forrásokat nem tudta ismert asztrofizikai objektumokkal azonosítani, mivel a bejövő sugárzás irányát csak nagyon pontatlanul tudta meghatározni.

1997-ben a holland–olasz Beppo-SAX műholdnak sikerült elsőként a gammakitörések röntgensugárzásának a forrását néhány ívperc pontossággal meghatározni, az első esetben 8 órával a kitörés után. Az első három azonosított forrás nagyon messze volt Földünktől (a z vöröseltolódásuk 0,5 és 1 közé esett). A negyedik azonosított forrás már túl volt az ismert Világegyetem felén ( $z=3,42$ ).

A távoli eredet miatt le kellett vonni a következtetést, miszerint a gammakitöréseket kiváltó folyamatban sokkal rövidebb idő alatt, sokkal nagyobb energia szabadul fel, mint amekkorát bármely eddig ismert folyamat megenged. Ha az energiakibocsátást izotropnak feltételezzük, a felszabadult energia nagyjából azzal egyenértékű, mintha a Nap tömegének jelentős része néhány másodperc alatt szétsugárzódna (kb.  $10^{51}$ – $10^{54}$  erg). Az energia ilyen mértékű felszabadulására két általánosan elfogadott elmélet létezik.

### A „hosszú” gammakitörések

A hosszabb ideig tartó, de lágyabb, azaz az energia nagy részét inkább kisebb energiájú fotonokban kisugárzó kitöréseket az ún. hipernóva jelenségével magyarázzák. Amennyiben egy legalább 40 naptömegű csillag elégeti nukleáris fűtőanyagát, végül fekete lyukká roskad össze. Ha a csillag tengely körüli forgása gyors, a bezuhanó anyag egy akkréciós korongba sűrűsödik össze. Ekkor a csillaganyag jelentős része az egyenlítő síkjában, spirális pályán száguld a középpont felé, ami a hatalmas gravitációs erő következtében egyfajta generátorként működik. Vagyis energiává alakítja az akkréciós korong anyagának egy részét, két igen vékony, forgástengely irányú nyalámban (jet) kisugározza azt.

Ezt az elképzelést támasztja alá, hogy a részletesebb megfigyelések szerint az ilyen kitörések a galaxisoknak azon aktív vidékeiről származnak, ahol éppen csillagkeletkezés folyik. Ugyanis itt jönnek létre azok a nagy tömegű, éppen ezért igen rövid életű csillagok, amelyek halálakor megfigyelhető a jelenség. Egy másik bizonyíték, hogy több ilyen kitörés helyén egyúttal szupernóva-robbanást is megfigyeltek, ennek közepén marad végül a fekete lyuk. Az pedig, hogy a gammasugárzás csupán két szűk nyalámban indul útjára, jelentősen, akár három nagyságrenddel is lecsökkenti a kitöréshez szükséges energia mennyiségét. Ez persze azt is jelenti, hogy csak akkor vesszük észre a jelenséget, ha a jet éppen felénk mutat.

### A gammakitörések eredete

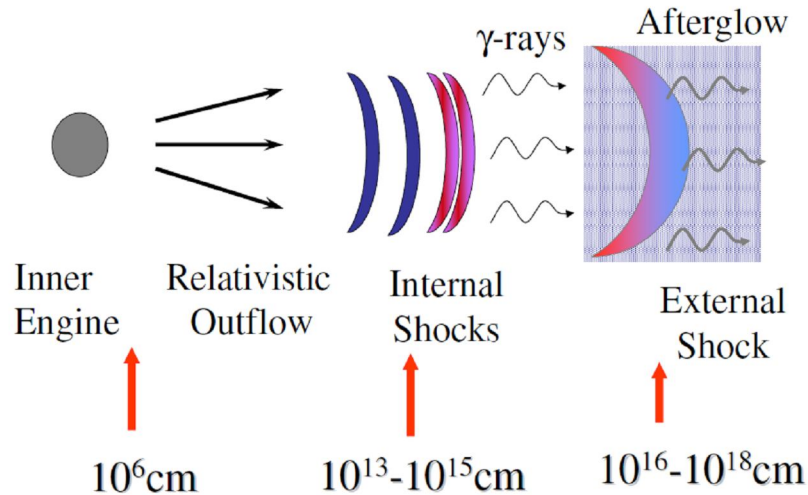
A gammakitörések létrejöttére több elméletet dolgoztak ki. Ezek közül a legelfogadottabb a „tűzgolyó” modell. A modell jellegzetessége, hogy egy központi, kis méretű objektum létrejöttét tételezi fel, amelyből a kilövellő anyag hozza létre a megfigyelt gammasugárzást. A 2. ábra a modell sematikus vázát mutatja. Összehasonlításul egy másik, az „ágyúgolyó” modell is látható (3. ábra).

### A gammakitörések és a szupernóvák kapcsolata

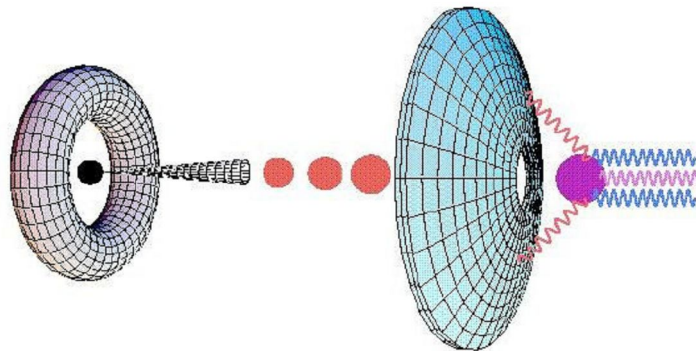
A szupernóvák nagy tömegű csillagok explozív halálát jelzik. A kitörés tartamának néhány hete alatt a szupernóva fényessége meghaladhatja a befogadó galaxis csillagainak összfényességét. Amennyiben

az így felszabaduló energia nem lenne elég, létezik egy ritkán előforduló szupererős változat, a hipernóva.

A meglepően energikus, „tipikus” szupernóvánál százszor nagyobb energiát felszabadító hipernóvát szintén kapcsolatba hozták a gammakitörésekkel, a gammasugárzást alkotó fotonokkal, amely az elektromágneses sugárzás legnagyobb energiájú formája.



2. ábra. A gammakitörések „tűzgolyó” modellje



3. ábra. A gammakitörések „ágyúgolyó” modellje

Úgy gondolják, hogy gammakitörés akkor jön létre, amikor a csillag belsejében az összeroskadó anyag hatására lökéshullám keletkezik, amely hipernóva-robbanást hoz létre. Mind a gammasugárzás, mind a csillag anyagából a lökéshullám – a gammasugárzásnál a fény sebességével, a csillaganyag ettől valamivel kisebbel – egy meghatározott irányban lövődik ki.

A csillag anyaga egy táguló kúpban utazva ütközik a csillagközi anyagban levő gázzal és porral, és új fotonok sugárzását gerjeszti, de fokozatosan csökkenő energiával, amit *utófénynek* neveznek. Ez röntgensugárzást, ultraibolya fényt, látható fényt, mikrohullámokat, illetve rádiósugárzást foglal magában. A kitörés és az utófény akkor észlelhető a Földről, ha a Föld a kitörés tengelyében van, vagy annak a közelében.

Galaxisonként átlagosan egy szupernóva kitörésével számolhatunk évszázadonként, és nagyságrendileg 100 milliárd galaxissal számolhatunk a számunkra megfigyelhető Világegyetemben (ez a Világegyetemnek azt a részét jelöli, ahonnan a fénynek elegendő ideje volt, hogy elérjen bennünket). Föltételezve, hogy a Világegyetem 10 milliárd éves (valójában a kor 13,7 milliárd év, de csillagok még nem alakultak ki az első néhány százmillió évben, és egyébként is ez csak egy becslés),

Richard Mushotzky, a NASA Goddard Space Flight Center kutatója 1 milliárd szupernóvát becsül évente. Ez másodpercenként 30 szupernóva kialakulását jelenti az egész Világegyetemben!

A gammakitörést az összeroskadó csillagmagokból létrejövő hipernóvával magyarázó (hipernóva/kollapszár) modell helyes voltára meggyőző bizonyítékot kaptunk 2003 elején. Ezt jórészt egy szerencsés, „közeli” kitörésnek köszönhetjük, amelynek az égi koordinátáiról a csillagászokat a „Gamma-ray Burst Coordinates Network” (GCN) tudósította. 2003. március 29-én egy kitörés (GRB 030329 a szokásos jelöléssel, a gamma ray burst kezdőbetűi után az év, hónap és nap 2-2 számjegye azonosítja az észlelt gammakitörést) hozzánk eléggé közel villant fel ahhoz, hogy az eseményt követő megfigyelések a gammakitörések titkának a megoldásához meggyőzőek legyenek. A kitörést követő utófény színképe csaknem azonos volt az SN1998bw szupernóváéval. Ezen túlmenően a röntgenben észlelt mesterséges holdak a lökéshullám által összenyomott és felhevített oxigén ugyanolyan jellemzőit találták, mint amilyen a szupernóvákban figyelhető meg. Ilyen módon a csillagászoknak sikerült egy viszonylag közeli („mindössze” 2 milliárd fényév távolságú) gammakitörés utófényét megfigyelni, amelyik igen hasonló volt egy szupernóváéhoz.

Nem tudjuk, hogy minden hipernóva gammakitöréshez kapcsolódik-e. Mindenesetre, a csillagászok úgy gondolják, hogy minden 100000 szupernóvára jut egy hipernóva. Ez napi egy kitörést jelent, ami valójában annyi, amennyit megfigyelnek.

Csaknem bizonyos, hogy a csillagnak a magja, amely egy hipernóva közepén van, elegendően nagy tömegű ahhoz, hogy fekete lyukká roskadjon össze (sokkal inkább, mint neutroncsillaggá). Így minden megfigyelt gammakitörés egy újszülött fekete lyuk első „sírása”.

### **A „rövid” gammakitörések**

Jóllehet, a csillagászok úgy érzik, hogy tisztában vannak azzal, mi indítja el a gammakitöréseket a kollapszár/hipernóva modellben, de tisztában vannak azzal is, hogy vannak még megoldatlan problémák. Kezdjük például ott, hogy fentebb már foglalkoztunk azzal, hogy ez a modell csak hosszú időtartamú gammakitörésekre működik – olyanokra, amelyek hosszabbak 2 másodpercnél, és átlagosan 30 másodpercig tartanak – és jól meghatározott kitörést jól meghatározott kisebb energiájú utófény követ. 2003-ban a High Energy Transient Explorer 2 (HETE-2) mesterséges hold az első bizonyítékokat szolgáltatva a rövid gammakitörések utófényének a létezésére. Az utófény azonban, amelyik ezeket a kezdeti eredményeket adta, túlságosan rövid volt ahhoz, hogy meg lehessen határozni e kitörések távolságát. Ezen túlmenően, ezeknek a rövid kitöréseknek a tulajdonságai arra utaltak, hogy létrejöttek alapvetően más fizikai folyamatok eredménye, esetleg neutroncsillagok összeolvadásából jönnek létre. Ezt senki nem tudja. Továbbá egyes gammakitörések energiája kicsi, és a röntgenkitörések – X-ray flashes, XRF – csoportját alkotják. A BATSE műszer nem „látta” ezeket a kitöréseket. A rövid időtartamú gammakitörések definíció szerint azok, amelyek 2 másodpercnél rövidebb ideig tartanak. Ezeknek a kitöréseknek az időtartama néhány ezred másodperctől 2 másodpercig tart, és átlagos hosszuk 0,3 másodperc. A rövid kitörések lényegesen halványabbak a hosszúaknál, nagyjából egy 10-es faktorial. Ezen túlmenően, a rövid kitörések több nagyobb energiájú gammasugarat bocsátanak ki, mint a hosszúak. Végül, arra is utalnak jelek, hogy a hosszú kitörések esetén az energia átalakítása gammasugárzásra állandó ütemben történik, míg a rövidek esetén ez a hatékonyság a kitörés folyamán csökken.

A HETE-2 volt az első, amely a rövid kitöréseknél utófényt észlelt, és ezzel kiemelte ezt a gammakitörés-fajtát a „sötét” kategóriából – vagyis azok közül, amelyeknek nincs optikailag is megfigyelhető utófényük.

A csillagászok többnyire úgy gondolják, hogy a rövid kitörések nem kapcsolódnak szupernóvákhoz, vagyis rájuk nem illik a kollapszár/hipernóva modell. A csillagászok valamilyen más jelenségre gondolnak, kis méretű, nagy tömegű objektumok, például neutroncsillagok összeolvadására, de más lehetőségek is szóba jöhetnek. Ezek közé tartozik egy életpályáját befejező csillag magjának az összeroskadása, amely azt jelentené, hogy a rövid kitörésekre is tulajdonképpen a kollapszár/hipernóva modell vonatkozik. Esetleg az is lehet, hogy a gammakitöréseknek ez a fajtája

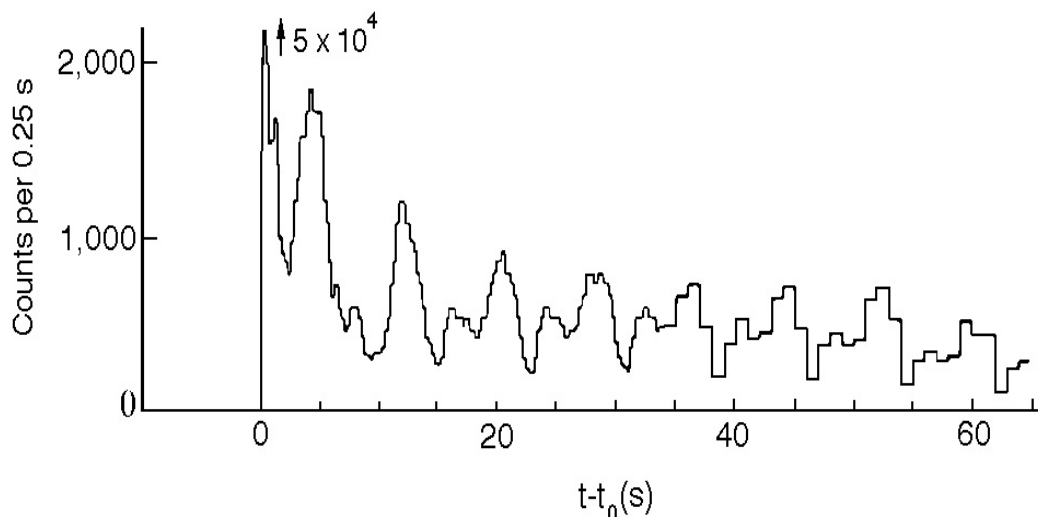
csupán egy geometriai effektus során jön létre. Minthogy a gammakitörés egy tengely mentén jön létre, szemben egy távoluló burokkal, a kisebb megfigyelhető energia és az utófény hiánya megfigyelési „kiválasztási effektus” lehet, ahol a Föld a gammakitörés kúpjának szélén van, és így az észlelő csak gyenge kitörést detektál. Ilyen módon a rövid gammakitörések és a kisebb energiájú röntgenmegfelelőjük, a röntgenkitörések (XRF) – mindketten valójában „rendes”, hosszú kitörések, amelyeket súroló beesési szögben látunk. (A határ a gamma- és a röntgenkitörések között attól függ, hol húzzuk meg a választóvonalat a röntgen- és a gammasugárzás között, ami bizonyos mértékig önkényes, mivel a kemény röntgensugarakat gyakran lágy gammasugaraknak is nevezik).

További megfigyelési munka, különösen az utófények részletes vizsgálata teszi lehetővé a csillagászoknak, hogy meghatározzák, milyen messze vannak a rövid gammakitörések. Csak akkor tudnak a csillagászok tiszta képet alkotni ezekről a robbanásokról, amelyek a legnagyobbak a 13,7 milliárd évvel ezelőtt történt ősrobbanás óta.

### Lágygammaismétlők

A lágygammaismétlők felfedezése 1979-ben történt (4. ábra). 1979 első három hónapjában fedeztek fel a máig ismert hat SGR-ből hármat. Január 7-én a Sagittarius csillagképben találták meg az első ismétlő gammaforrást, majd 1979. március 5-én egy nem mindennapi esemény történt. A Helios 2 és a Pioneer Venus Orbiter detektorai a maximálisan megfigyelhető beütésszámot mérték (szaturálódtak), tehát a forrás erősségére csak alsó határt tudtak megállapítani. Ez a forrás százszorosan meghaladta az addig megfigyelt legerősebb, Naprendszeren kívüli gammaforrás erősségét. A forrás a Nagy Magellán-felhő egyik szupernóva-maradványa volt.

Kilenc nap múlva egy újabb forrást fedeztek fel<sup>2</sup>, amely három nap alatt három kitörést is produkált. Ezek után nem volt kétséges, hogy egy új típusú csillagászati objektum felfedezéséről van szó, hiszen az addig megfigyelt több száz gammakitörés között egyszer sem sikerült ismételt aktivitást mutató forrást találni. A felfedezett három forrás legintenzívebben a lágygammaiban és a röntgentartományban sugárzott, tehát a sugárzási energia tartományban is megkülönböztethető módon jelentkezett.



4. ábra. Az egyik 1979-es esemény „fénygörbéje”

1998-ban bebizonyították, hogy az ún. magnetárok és a lágy ismétlők között kapcsolat áll fenn. A források a „lecsengő” fázisban pulzációt mutathatnak. A lágygammaismétlőket tipikusan nagyon rövid (egy másodpercnél rövidebb) kitörések jellemzik.

<sup>2</sup> <http://solomon.as.utexas.edu/~duncan/magnetar.html#Discovery>

## A gammakitörések eloszlása az égbolton

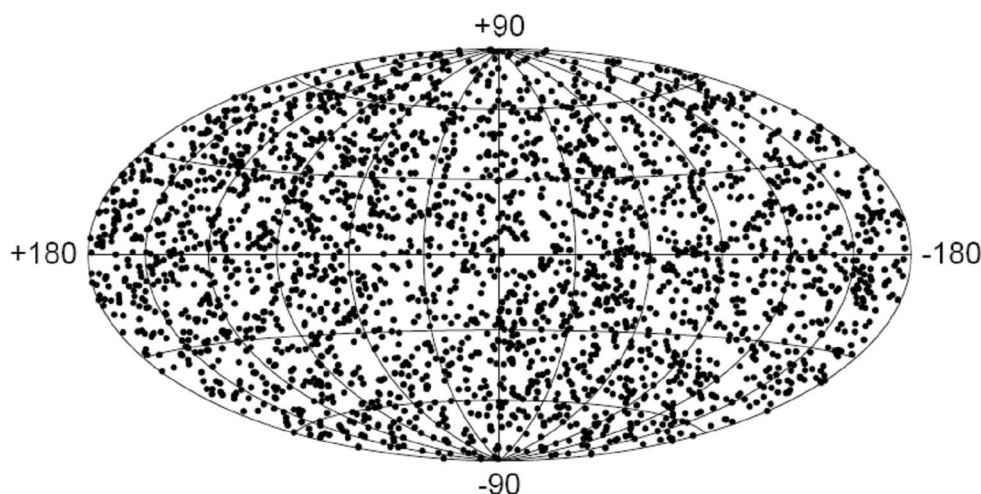
A megfigyelések szerint a kitörések többé-kevésbé egyenletesen népesítik be az eget. Amennyiben a források közeli csillagokkal lennének kapcsolatban, akkor a helyük az égre vetítve véletlenszerű lenne.

Az optikai utófények segítségével kapott vöröseltolódások megmutatták, hogy a hosszú kitörések a Kozmosz legtávolabbi ismert objektumaihoz tartoznak. A rövidekre kapott vöröseltolódás-értékek szerint távolságuk a hosszúakénál ugyan kisebb, de még így is kozmológiai léptékű. A gammakitörések így a Világegyetem anyagának nagyskálájú vizsgálatára is alkalmasak.

Magyar kutatók eredményei<sup>3</sup> is igazolják, hogy a hosszú kitörések véletlenszerűen népesítik be az eget. Ezzel szemben a rövidek eloszlása nem teljesen véletlenszerű. A kutatások arra irányultak, hogy a gammakitörések eloszlása teljesen véletlenszerű-e az égbolton. Ez matematikailag azt jelenti, hogy annak a valószínűsége, hogy valamilyen irányban kitörést lássunk, teljesen független magától az iránytól. A második feltétel, aminek teljesülnie kell az, hogy ha valamilyen irányban már észleltünk egy kitörést, akkor annak a valószínűsége, hogy az égbolt valamelyik területén egy újabbat figyeljünk meg, teljesen független az előző helyzetétől.

A vizsgálatok elvégzéséhez a *CGRO BATSE* műszerével megfigyelt, mindeddig a legtöbb kitörést tartalmazó adatbázist vették alapul. A teljes minta 2704 kitörést tartalmaz. A korábbi eredmények már arra utaltak, hogy a rövid és a hosszú gammakitörések eltérő módon népesítik be az eget<sup>4</sup>, ezért a statisztikus vizsgálatokhoz a kitöréseket több csoportra osztották. A rövidekből (időtartam < 2 s) két mintát vizsgáltak. Egyrészt a teljes rövid populációt, illetve külön a halványakat. A hosszúakból (időtartam > 2 s) is képeztek két mintát: egyrészt a teljes hosszú populációt vették alapul, illetve külön a 10 másodpercnél hosszabbakat. Ezekon a csoportokon túlmenően a közepes időtartamú kitörésekből (ld. Horváth István cikkét) is képeztek egy statisztikai mintát.

Az így kapott öt pontmintázat mindegyikénél három eljárással – Voronoi-háló, minimális kifizető fa, illetve multifraktál analízis – ellenőrizték, hogy van-e eltérés a teljesen véletlen eloszlástól. Azt találták, hogy a rövid kitöréseket tartalmazó két minta 99,90%, illetve 99,98% valószínűséggel nem teljesen véletlenül oszlik el az égbolton. Ugyanez állítható a közepesekre is, csak valamivel kisebb, 98,51% valószínűséggel. Ezzel szemben a hosszú kitörések teljesen véletlenül helyezkednek el.



5. ábra. A CGRO BATSE műszere által detektált 2704 kitörés eloszlása az égbolton

<sup>3</sup> L.: Vavrek, R., Balázs, L. G., Mészáros, A., Horváth, I., Bagoly, Z., 2008, „Testing the randomness in the sky-distribution of gamma-ray bursts”, *MNRAS*, 391, 1741

<sup>4</sup> L. Balazs, L. G., Meszaros, A., Horvath, I., 1998, „Anisotropy of the sky distribution of gamma-ray bursts”, 1998, *A&A*, 339, 1

A gammakitörések vöröseltolódásából kapott távolságadatokból tudjuk, hogy a röviddek átlagosan hozzánk sokkal közelebb vannak, mint a hosszúak ( $z_{\text{átlag}}=0,7$  a rövideknél, míg ugyanez 2,5 a hosszúaknál). A röviddek eloszlásának a véletlentől való eltéréséből arra következtethetünk, hogy abban a kozmikus térfogatban, amelyet a megfigyelt kitörések benépesítenek, 300 Mpc-et meghaladó méretű struktúrák is vannak. A Sloan Digital Sky Survey méréseiből eddig talált legnagyobb struktúra, a Sloan Nagy Fal mérete 400 Mpc-re tehető. Ez összhangban van a rövid gammakitörések eloszlásából kapott eredménnyel.

### **A gammakitörések gyakorisága és hatása a földi életre**

Jelenleg a Föld körül keringő mesterséges holdak naponta átlagosan egy gammakitörést észlelnek. Minthogy a gammakitörések akkora távolságról látszanak, amely felőleli csaknem az egész megfigyelhető Világegyetemet, egy akkora térfogatot, amely több milliárd galaxist tartalmaz, arra kell következtetnünk, hogy az ilyen kitörések rendkívül ritkák egy-egy galaxisban. A tényleges gyakoriság meghatározása nehéz, de egy Tejútrendszerhez hasonló csillagrendszerben ilyen kitörés (hosszú gammakitörésekre gondolva) 100000–1000000 évente egyszer fordul elő. Ezeknek csak néhány százaléka lövell ki nyalábot a Föld felé. A rövid kitörések gyakoriságának a becslése még ettől is sokkal bizonytalanabb, minthogy a gammasugarakat kibocsátó nyaláb nyílásszöge nem ismert, de valószínűleg a gyakoriság a hosszúakéhoz hasonló.

Egy gammakitörés a Tejútrendszerben, amennyiben elegendően közeli a Földhöz, és a nyaláb felénk irányul, igen komoly hatást gyakorol a bioszférára. A sugárzás elnyelése a légkörben a nitrogén fotodisszociációját okozza, nitrogénoxidot hozva létre, amely katalizátorként szolgál az ózon lebontásához. Egy 2004-ben készült tanulmány szerint egy kiloparszek távolságban bekövetkezett gammakitörés a Föld ózonpajzsának a felét szétrombolná, a kitörésből származó közvetlen UV sugárzás a Napéval együtt áthatolna az elvékonyodott ózonrétegen, és minden bizonnyal komolyan befolyásolná a táplálékláncot, és tömeges kihalást indítana el. Egyes szerzők becslése szerint ilyen kitörés milliárd évenként egyszer fordul elő, és úgy gondolják, hogy az ordovícium és szilur földtörténeti időszakok határán, 445 millió évvel ezelőtt bekövetkezett kihalás ilyen kitörés eredménye lehetett.

Vannak arra utaló jelek, hogy a hosszú kitörések többnyire, esetleg kizárólagosan, alacsony fémtartalmú régiókban történnek. Minthogy a Tejútrendszer fémekben gazdag a Föld kialakulása óta, ez a tény csökkenti, vagy teljesen kizárja annak a lehetőségét, hogy az elmúlt milliárd éven belül gammakitörés jött volna létre a Tejútrendszerben. A rövid kitöréseknél nincs tudomásunk ilyen elemgyakorisági korlátról. Ennélfogva, a lokális keletkezési gyakoriság, illetve a kitörés nyalábjának kúpszögétől függően nem lehet kizárni annak a lehetőségét, hogy egy közeli kitörés jelentős hatást gyakorolt a Földre.

A cikk elkészítését az OTKA K077795 téma és az MTA Bolyai Ösztöndíj támogatta.