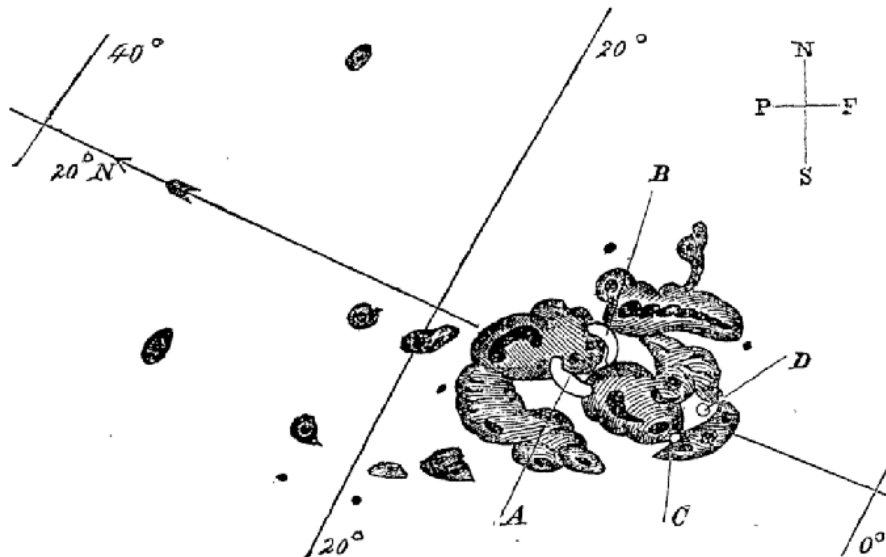


2. Flerek

A flerek a naptevékenység legnagyobb energiájú megnyilvánulásai. Egy nagy flerben néhány óra alatt felszabaduló összes energia megfelel a nyugodt Nap által kb. egy másodperc alatt kisugárzott energiának, tehát kellő pontosságú fotométerrel távolról is megfigyelhető lenne. Az ú.n. flercsillagok esetében sokkal nagyobb arányú a fényességnövekedés, de ezek egyrészt lényegesen halványabbak, másrészt a rajtuk lezajló flerek nagyobbak. A későbbiekben egy konkrét fler összehasonlításra kerül egy konkrét flercsillaggal.

Bár a Napösszsugárzásában a flerek többlete csak ezreléknyi, ez a sugárzás-növekedés mégis nagyon jelentős, mert a fler-plazma magas hőmérséklete miatt az energikus ibolyántúli és röntgen-tartományba esik, ahol a fotoszféra kb. 6000 fokos hőmérséklete miatt csekély a sugárzás erőssége. Így egy nagyobb fler esetén a Nap ibolyántúli sugárzása többszörösére, röntgensugárzása több nagyságrenddel növekedhet, ez okozza a földi hatások egy részét. A többi hatásokért a flerből kibocsátott nagyenergiájú töltött részecskék (főleg elektronok és protonok) felelősek.



8. ábra. A Carrington (1860) által publikált első fler-észlelés.

A flereket először fehér fényben vették észre, de valódi gyakoriságukat a kromoszféra látható színeképvonalaiban kezdett megfigyelések tárták fel. Hale spektrohéliográfja az ionizált kalcium közeli ibolyántúli K színeképvonalában fényképezte a flereket, míg a spektrohélioszkóp és a Lyot-szűrő a hidrogén vörös $H\alpha$ vonalát használta, ezek a kromoszféra legerősebb elnyelési vonalai. Kiderült, hogy a naptevékenység maximuma táján naponta több tucat kisebb fler zajlik, bár az igazán nagyok ritkábbak, havonta néhány fordul elő, a foltsoportok bonyolultságától függően. A 8. ábrán látható, hogy Carrington is egy nagyon bonyolult napfoltsoportban figyelt meg fehér flert.

A flereket először a $H\alpha$ -ban megfigyelt kifényesedés területe szerint osztályozták S (szubfler), 1, 2, 3 és 4 kategóriájúnak, aszerint, hogy gömbfelszínre korrigált területük kisebb, mint 2 heliografikus négyzetfok, 2-5,1 négyzetfok, 5,2-12,4 négyzetfok, 12,5-24,7 négyzetfok közé esik, ill. nagyobb, mint 24,7

négyszetfok. Később ezt az osztályozást kiegészítették még egy betűvel, aszerint, hogy a fler az átlagosnál halványabb (Faint), átlagos (Normal) vagy fényesebb (Bright). Ez a skála adott valami támpontot a flerek nagyságáról, de a földi hatások szempontjából fontosabb volt a rövidhullámú (ibolyántúli, röntgen) sugárzás erőssége, ezért a rendszeres légkörön kívüli röntgenmegfigyelések beindulásával a 0,5-8 Ångström közti röntgentartományban mért sugárzásfluxus nagyságát használják indexnek, amely egy betűből és egy számból áll. A betű a nagyságrendet jelöli: B = 10^{-7} , C = 10^{-6} , M = 10^{-5} , X = 10^{-4} W m⁻², a szám pedig szorzótényező az adott nagyságrendhez. Az eddig megfigyelt legnagyobb fler X40 nagyságú volt (2003. nov. 30-án, Brodrick et al. 2005), általában M5 felett tartják „nagyoknak” a flereket.

A flerek esetében először is a lezajló fizikai folyamatok leírása, tisztázása fontos, a mágneses tér energiájának hőenergiává alakulása, a mágneses átkötődés (rekonnekció). Másodsorban az instabil mágneses tér-szerkezet kialakulása, az ehhez vezető napfolt-mozgások tanulmányozása érdekes. Az elméletek szerint a mágneses X-pont kialakulása, az újonnan felbukkanó mágneses fluxus játszhat fontos szerepet a flerek keletkezésében. Ebben a részben néhány konkrét fler esetében tanulmányozzuk az említett jelenségeket.

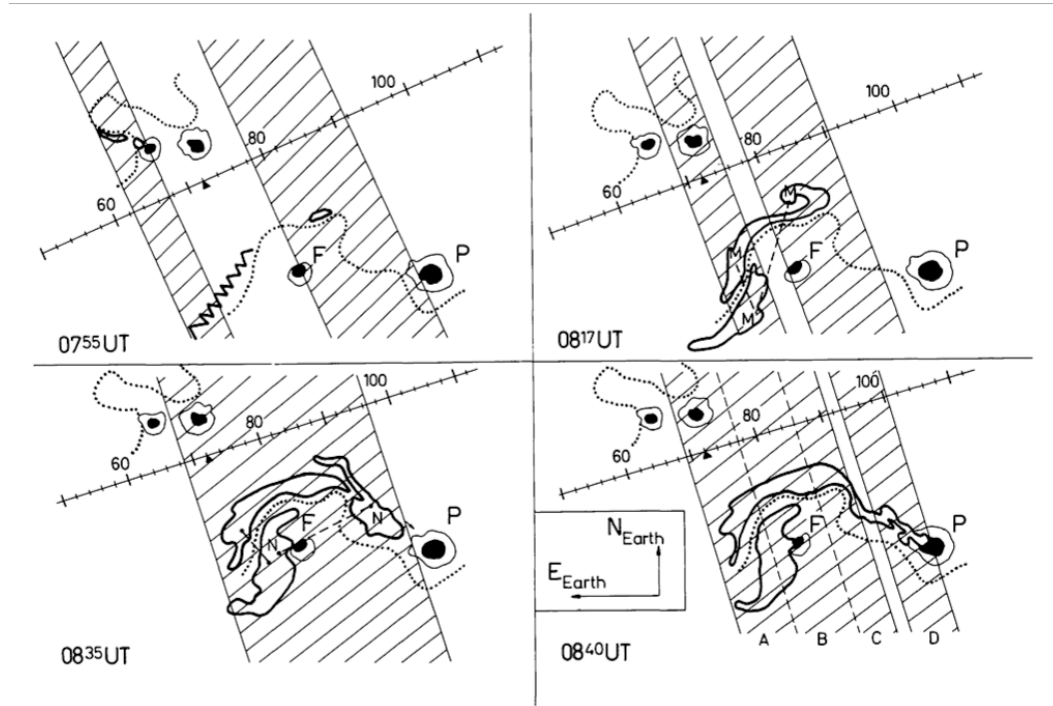
2.1. Az 1981. máj.16-i fler magassági szerkezete

A Debrecenben 1974-ben felállított nagy koronográffal az 1980-81-es Nap Maximum Év (SMY) nemzetközi megfigyelési kampányaiban rendszeresen folytak észlelések (ehhez minimum 2 ember volt szükséges, a megfigyelő és a jegyzőkönyvvezető). Az időjárás is erősen befolyásolta a lehetőségeket, de 1981. május 16-án egy nagy, 3B/X11 fler teljes kifejlődését sikerült rögzíteni, a kezdetektől a fler végét jelentő növekvő mágneses hurok-rendszerig. Ugyanakkor a Prognosz-8 műholdon lévő csehszlovák röntgenfotométer is méréseket végzett, valamint szoláris rádióspektrum-megfigyelések voltak Ondrejovban (Csehszlovákia), Dwingelooban (Hollandia), és az IZMIRAN-ban (Moszkva, Szovjetunió). A Westerborki Szintézis Rádió Távcso (WSRT, Hollandia) 1-dimenziós képeket készített a Napról 6 cm és 50 cm hullámhosszon. E megfigyelések alapján, amelyek az elektromágneses színek rendkívül széles tartományát ölelték fel (hullámhosszban 3,87 pm-től 6,66 méterig, azaz 12 nagyságrendet) elsőnek sikerült egy nagy fler magassági szerkezetét leírni a fotoszférától a koronáig [14, 19, 21].

A debreceni megfigyelések a H α vonal centrumában, valamint $\pm 0,5$ és $\pm 1,0$ Ångström sáveltolással történtek, ötpercenként készült egy ötös sorozat, de az aktivitás kezdetétől ennél gyakrabban. A megfigyelő választotta ki a legjobb leképezés pillanatát a fényképezésre.

A Hale 17644 sz. aktív vidék, amelyben a fler lezajlott, bonyolult szerkezetű volt, legalább két, hosszúságban és szélességben eltolt foltcsoportot tartalmazott, a kettő között egy umbracsoporttal, amelyet kettévágott a mágneses polaritás-elválasztó vonal. Innen indult a fler. A megfigyelések 1981. május 16-án 06:14 UT-kor kezdődtek (az időadatok az egész disszertációban világidőben vannak megadva) Kezdetben csak jelentéktelen aktivitás volt látható, 07:02-kor a polaritás-elválasztó vonalon fekvő filament gyengén láthatóvá vált a távoli vonalszárnyakban is, ami turbulenciára utal. 07:43-kor egy kis szubfler kezdődött az északkeleti foltcsoportban, amely 08:04-ig tartott. A különböző megfigyelések

egybehangzó eredményeket adtak, így pl. a rádió- és röntgenadatok egyaránt 9×10^6 K max. hőmérsékletet jeleztek, valamint a szubflernek a rádió és optikai kiterjedése egyforma volt.



9. ábra. Az 1991. máj. 16-I nagy fler optikai és rádiómegfigyeléseinek összevetése. A ferde vonal a beosztásokkal a rádiótávcső felbontási iránya, az erre merőleges ferdén vonalkázott sávok a rádióemisszió helyei. Optikai megfigyelések: vékony vonal – penumbrahatár, umbrák feketék. Pontozott vonal a mágneses polaritás elválasztóvonala. Vastag vonal – a $H\alpha$ fler fényes szalagjai. P,F a fő umbrák, A,B,C,D rádiómaximumok, M-M, N-N mágnesesen feltehetően kapcsolt helyek, és a kapcsolódás változása [19].

Maga a nagy fler valamikor 07:50 és 07:55 közt kezdődött, a filament felszállásával és „széttékeredésével”. Függőleges emelkedést feltételezve, 07:57 és 08:12 közt magassága 24 000 km-ről 62 000 km-re nőtt, ami 42 km s^{-1} -nek felel meg, de enyhe gyorsulás volt megfigyelhető. Eközben a polaritás-elválasztó vonal két oldalán kialakult a két fényes fler-szalag. A fler impulzív fázisa 08:10-kor kezdődött, a fler-szalagok erős kifényesedésével, valamint a röntgen- és rádió-sugárzás gyors növekedésével. A két fényes szalag jelentősen el volt csúszva egymáshoz képest, ami mágneses nyírásra utal. Az északi szalag nyugati végén az első tíz percben egy spirális kifényesedés fejlődött ki (a spirál az erőmentes mágneses tér egyik jellemző formája), majd a szalag nyugati vége gyorsan fejlődve eljutott a vezető folt umbrájába (08:39, 1. 2. ábra, 5. old.). Ez magyarázza a nagyon erős röntgensugárzást, mivel ilyenkor a felszínre közel merőleges mágneses tér mentén a koronában gyorsított részecskék mélyre, nagyobb sűrűségű rétegekbe is be tudnak jutni. Ekkor érte el a fler területe a maximumot. Ezután is folytatódott a szalagok távolodása a polaritás-elválasztó vonaltól, a déli szalag közben elérte a nagy követő umbrát, ahol megállt, és ott is maradt 11:48-ig de egy új folytatása képződött 09:26-tól, amely folytatta a

távolodást az elválasztó vonallal párhuzamosnak maradván. A két szalagot összekötő sötét hurokrendszer 08:46-kor kezdett kialakulni, és látható maradt a megfigyelések végéig, 12:58-ig. Az elszállt filament 10:15-kor kezdett újra láthatóvá válni, és 12:58-kor már ismét a régi helyén volt, ami jellemző a kétszalagos flerekre. A 6 cm-es rádiósugárzás egyértelmű összeköttetésben volt a fler-szalagokkal, a pozíciók összehasonlítása alapján.

Az elvégzett vizsgálatok az elektromágneses sugárzás eddig példátlan kiterjedésű tartományában ($320 \text{ keV} = 3,87 \text{ pm}$ -tól $45 \text{ MHz} = 6,66 \text{ m}$ -ig, 12 nagyságrenden át) végzett egyidejű megfigyelések összehasonlításával lehetővé tették a fotoszférától a koronáig terjedő rétegek tanulmányozását, összefüggést találni a fotoszférikus mágneses terek szerkezete, a kromoszférikus kifényesedések és a napkoronában történő részecskegyorsítás, a gyorsított részecskenyalábok terjedése közt. A fler beindulására jó magyarázatot adott a van Tend – Kuperus (1978) modell, a filament ennek megfelelő magasság elérésekor vált instabillá, szállt fel, csavarodott széjjel és indította el a flert. A rádiómegfigyelésekből követni lehetett, hogy a koronában felgyorsított részecskenyalábok felfelé és lefelé egyaránt terjedtek. Egyidejűség volt megfigyelhető $H\alpha$ pontok kifényesedése és kemény röntgen, ill. mikrohullámú impulzusok közt. Szintén nyomon lehetett követni egy bolygóközi lökeshullám kialakulását és elindulását, valamint a mágneses struktúra gyors változásait.

A *Solar Physics*-ben megjelent közlemény [19] teljesen beépült az egyik társszerző (Jelle Kaastra) utrechti Ph.D. disszertációjába, emiatt néhány hivatkozás az ő nevével szerepel, így nem került bele a hivatkozási listába.

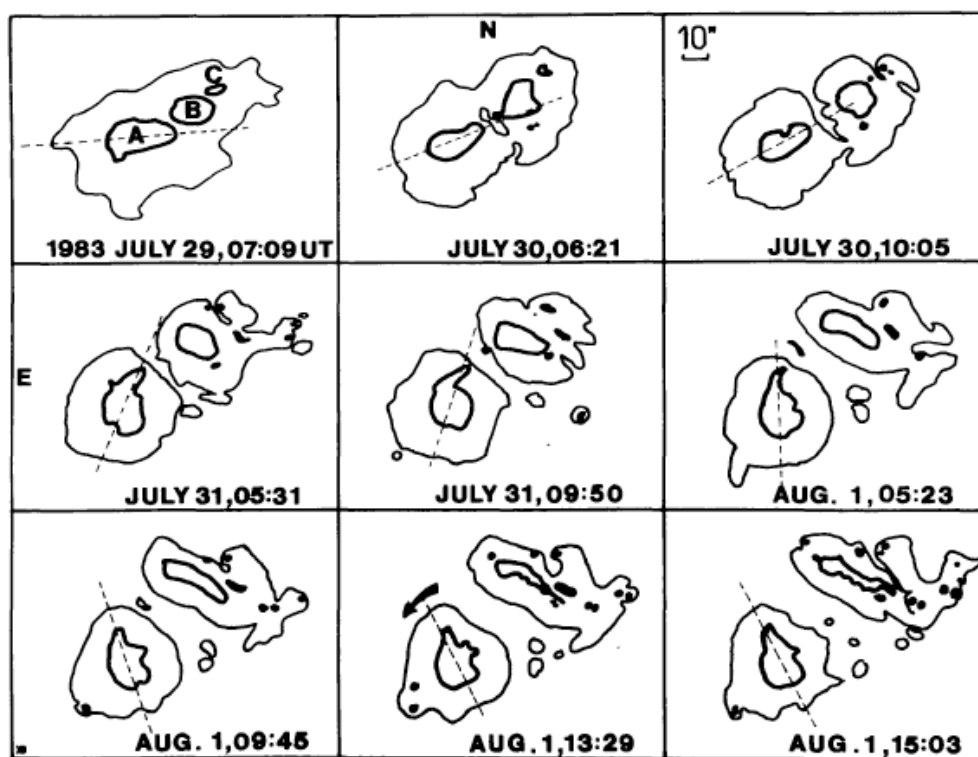
Az összegyűjtött jó megfigyelési anyag ezenkívül még lehetővé tette egyrészt a napfoltcsoport, másrészt a fler fejlődésének részletes vizsgálatát. A napfoltcsoportban lezajló foltmozgások ismételten példát mutattak az ellentétes polaritású foltok ellentétes irányú, nyíró mozgásának fontosságára a nagy flerekkel kapcsolatban ([15, 20, 31], l. még 4.2 fejezet), a fler fejlődésének vizsgálata bizonyítékokkal szolgált a folyamatos, soklépcsős energiatranszferálásra [32], valamint adatokkal szolgált a flerek és a fotoszférikus mágneses terek kapcsolatára [32], illetve ez utóbbiak változásaira [20, 25].

2.2. A flerek energiatranszferálásának időbeli lefolyása

Bár az energiaforrás tekintetében (mágneses tér) elég nagy az egyetértés a kutatók közt, nem volt világos sokáig, hogy a flerek esetében a mágneses instabilitás egyszerre, impulzus-szerűen táplálja bele az energiát a környezetébe, vagy hosszabb időn keresztül történik az energiatranszferálás. Emiatt érdekes volt utánanézni a megfigyelésekben, hogy a valóságban melyik változatra lehet találni inkább példát. Az előző fejezetben említett 1981. máj. 16-i fler esetében megvizsgálva a fler-szalagok távolodási sebességét, a távolság-idő grafikonokon több helyen megfigyelhető, hogy a sebesség lecsökken, majd ismét megnő. Ez arra enged következtetni, hogy – legalábbis az adott fler esetében – nem egyszeri energia-impulzus táplálja a folyamatokat, hanem hosszabb idő alatt történik az energiatranszferálás [32]. Ez a megfigyelés az elméleti fler-modellek szempontjából jelentős, mivel támpontot adhat a folyamat megértéséhez, amelyben a mágneses tér a plazma lecsökkent vezetőképességének következtében energiájának egy részét a környezet fűtésére és részecskegyorsításra fordítja.

2.3. Elektromos áramok egy csavart mágneses szerkezetben

A potsdami (Németország) „Einsteinurm“ napfizikai obszervatóriummal közös kutatás keretében egy olyan napfoltcsoport vizsgálatára került sor, amelyben a foltok mozgása és az egyik umbra forgása következtében csavart mágneses tér-szerkezet alakult ki. A NOAA 4263 aktív vidék egy felbomlásban lévő, bonyolult (γ) mágneses szerkezetű alakzat volt, amelynek követő részében alakult ki egy napfolt pár 1983. júl. 29-30-án, egy folt kettéosztódásával és széttartó mozgásával. A pár keleti tagjának elnyúlt formája lehetővé tette forgásának megfigyelését és a forgás sebességének meghatározását (40° naponta). A foltcsoportnak ebben a részében több fler is lezajlott ebben az időszakban, köztük az egyik aug. 1-én (0346-0418 UT, 2N/M8.5) ezekben a hónapokban (júl.-aug.) a Napon megfigyelték közül a legnagyobb volt. A flerek után a foltcsoport vezető része fokozatosan elhalt [30].

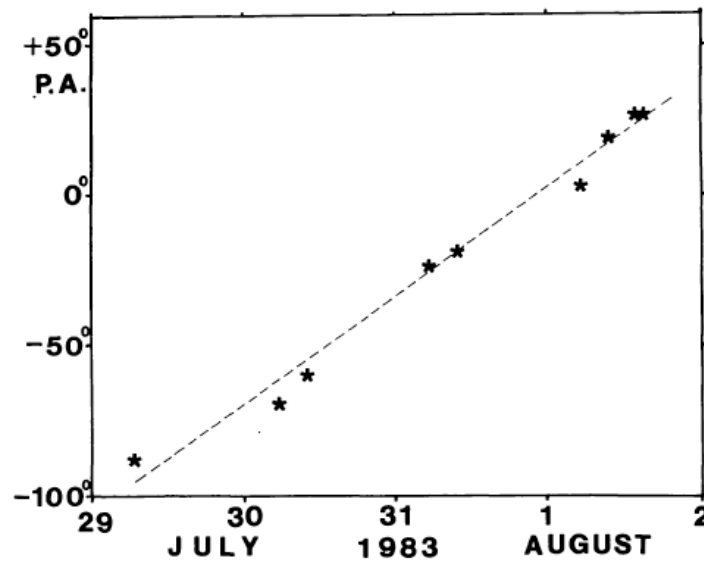


10. ábra. A NOAA 4263 követő umbrájának forgása perspektívára korrigált rajzokon debreceni fotografikus észlelések alapján.

Debrecenben jó fotoszféra és kromoszféra ($H\alpha$) megfigyelési anyag állt rendelkezésre az aktív vidék fejlődéséről 1983. júl. 29. – aug. 8. közt. A mágneses tér-vektor mérése az Einsteinurm vektor-magnetográfjával történt a λ 5253,47 Å Fe I színekpivonal vörös szárnyában, a mérések zajszintje kb. 20 G volt a longitudinális és kb. 130 g a transzverzális komponens mérésénél. Az umbra forgása miatt keletkező mágneses tér-csavarodás a magnetogramokon is megfigyelhető volt [33, 35, 37].

A mérésekből meghatározható volt a fotoszférában folyó elektromos áram longitudinális komponense. Ha $\mathbf{B}$ a mágneses tér-vektor és $\mathbf{j}$ az elektromos áram

vektor, $\mu_0 \mathbf{j} = \text{rot } \mathbf{B}$, mivel a Nap-plazma esetében a jó vezetőképesség miatt az elektromos terek elhanyagolhatóak. A képletben μ_0 a vákuum-permeabilitás az MKS egységek miatt. Mivel a mágneses tér-vektor mérések gyakorlatilag egy síkban (a fotoszférában, az egyszerűség kedvéért a görbületet elhanyagolva) történnek, az elektromos áramsűrűségnek csak a z , azaz longitudinális, látósugár irányú komponense számolható ki: $j_z = (\partial B_y / \partial x - \partial B_x / \partial y) / \mu_0$. Ez is csak a napfoltokban és közvetlen közelükben, ahol a mágneses tér transzverzális komponense kellő pontossággal mérhető nagyságú. A foltcsoportban mért áramsűrűségnek a keleti, forgó folt délkeleti részén helyi maximuma van, ezen a helyen volt megfigyelhető a flerek egyik fényes része is. A flerek és a longitudinális áramsűrűség maximumainak egybeesését már korábban is jelezték (Moreton & Severny 1968; Lin & Gaizauskas 1987; [11]).

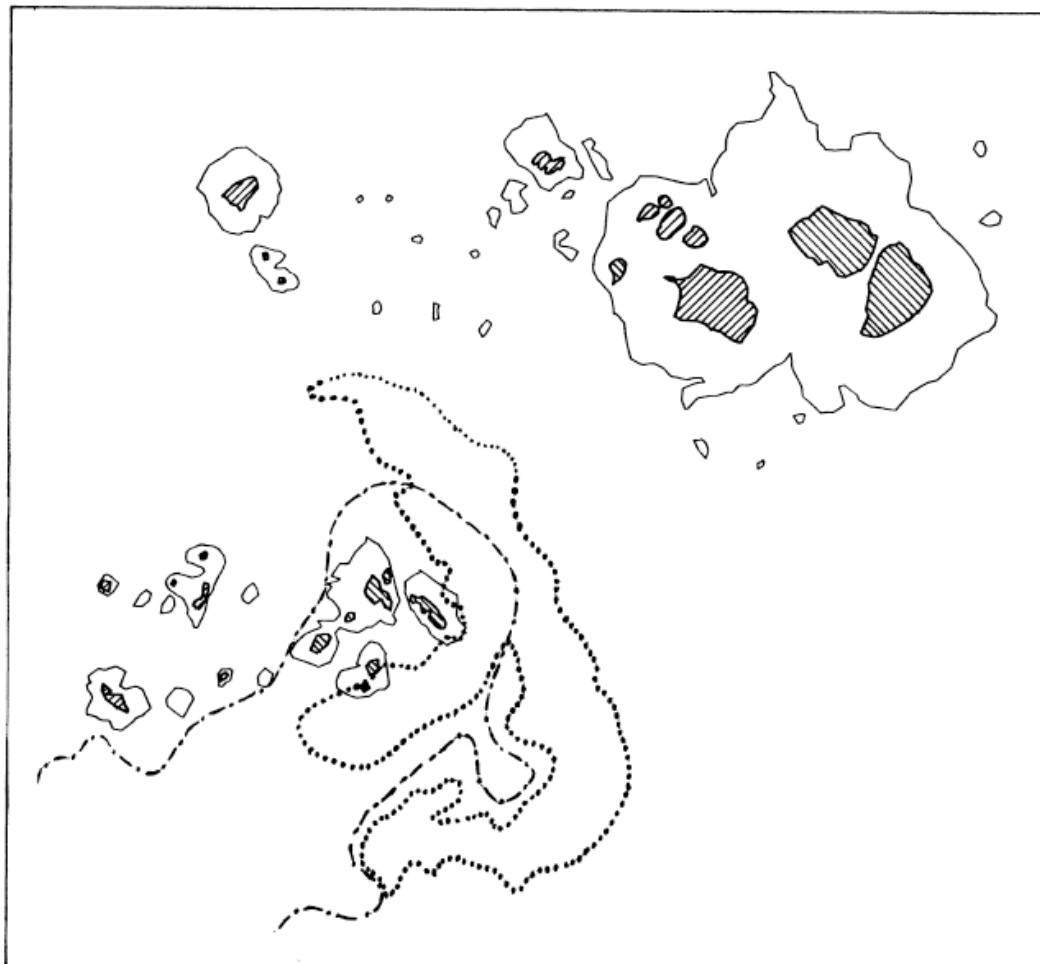


10. ábra. A 8. ábrán bemutatott umbra pozíciószögének változása 1983. júl. 29. és aug. 1. közt. Jól látható a közel egyenletes forgás.

A csavarodott mágneses tér belső energiája feltétlenül több, mint a potenciális téré, ezért felfogható, hogy a csavarodottság következtében folyó áramok tárolják azt a plusz energiát, ami később a flerekben felszabadul. Első közelítésben a mágneses tér-szerkezet egy vastag, tengelyszimmetrikus csavart fluxuscsőnek tekinthető [30, Fig. 5.]. A tényleges méreteket és mágneses térerőt ($7,5 \times 10^6$ m, 2700 G) felhasználva a teljes z irányú áram $J_z = 7,3 \times 10^{11} \text{ A } \theta$, ahol θ a csavarodottság szöge. A megfigyelt $\theta / \Delta t = -40^\circ \text{ nap}^{-1}$ forgási sebességből kiadódó napi áramnövekedés $\Delta J_z / \Delta t = -5 \times 10^{11} \text{ A nap}^{-1}$. Ennek alapján meghatározható a felhalmozott szabad energia. Mágneses térben folyó áram szabad energiája $E_f = 0,5 L \cdot J^2$, ahol L a rendszer induktivitása. Az adott aktív vidékre alkalmazva első közelítésben $L = l \cdot L_l = 9,7 \text{ H}$, ahol l a mágneses hurkok hossza, azaz $6,5 \times 10^7$ m, $L_l \approx 1,5 \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ pedig az egységnyi hosszra jutó induktivitás (Engvold et al. 1976). Hasonló becslést adott L -re Alfvén & Carlquist (1967). Mindezek alapján a megfigyelt áram nagyságából a szabad energia júl. 30-án kb. $2,6 \times 10^{25} \text{ J}$, 31-én pedig $3,3 \times 10^{25} \text{ J}$, a csavarodásból eredő felhalmozott energia nagysága $1,2 \times 10^{24} \text{ J } d^2$, ahol d a forgás napjainak száma. A

felhalmozódott szabad energia nagyjából megfelel egy nagyobb flerben (pl. aug. 1-én) felszabaduló energiának.

2.4. Foltcsoportok között keletkező fler



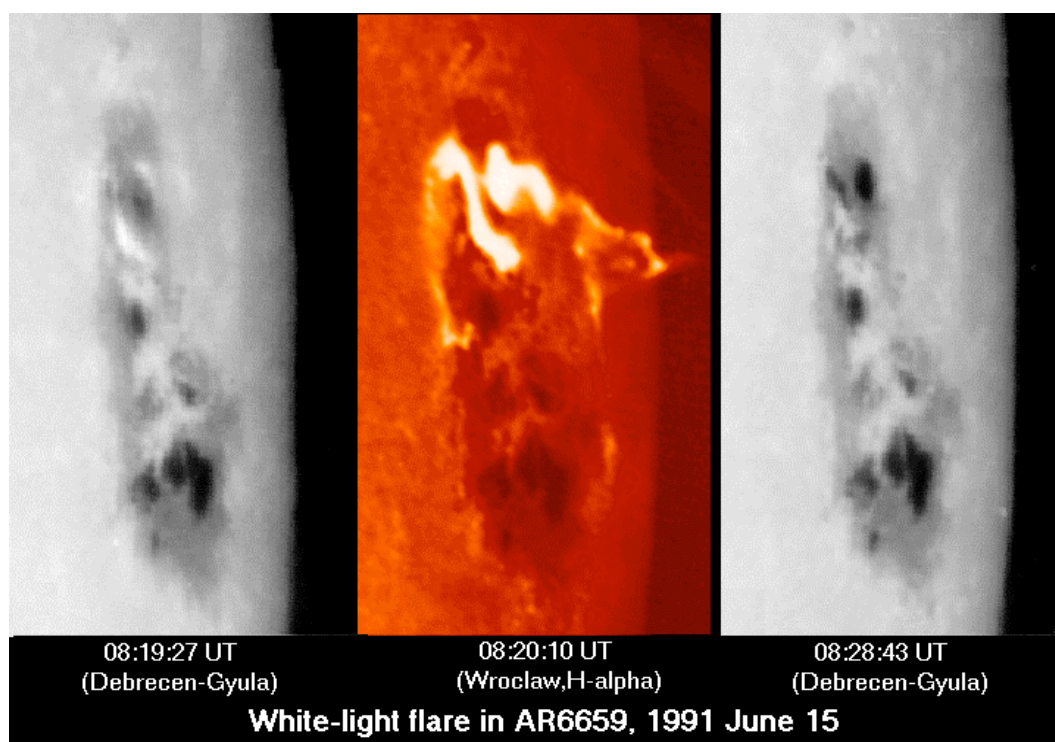
11. ábra. A NOAA 6850 aktív vidék (fent) és NOAA 6853 aktív vidék (lent balra) közt lezajlott 3B/M7,3 fler (pontosított kontúr) maximuma idején (15:21 UT). A képen vékony vonal jelöli a penumbra határát, vastag vonal és sátozottság az umbrákat, a sátozottság iránya a mágneses polaritást. A NOAA 6853 aktív vidék polaritáselválasztó vonalát pont-vonal jelzi, ennek a NOAA 6850 felé eső részén indult el a fler. Napfoltok – MTA Napfizikai Obsz., Debrecen; mágneses tér és $H\alpha$ – NASA MSFC, Huntsville, Arizona, Ashok Ambastha.

A flerek keletkezéséhez szükséges mágneses struktúra (polaritás elválasztó vonal, felette rendszerint filamenttel, elég erős ellentétes mágneses térrel mindkét oldalon) rendszerint foltcsoportok belsejében jön létre. Ritkábban azonban előfordulnak néha egészen nagy flerek is foltcsoportok nélkül. Ez esetekben rendszerint egy felbomló aktív vidék bipoláris mágneses szerkezetének maradványai fölött, a polaritás elválasztó vonalon lebegő filament két oldalán zajlanak. Még ritkább az a helyzet, amikor két napfoltcsoport között alakul ki fler. A NOAA 6850 aktív vidék más okból (inaktív δ -konfiguráció) lett vizsgálva (l. 4.4 fejezet),

de az érdekes mozgásokat mutató NOAA 6850 és a gyorsan fejlődő, szabályos NOAA 6853 közt 1991. szept. 29-én történt egy meglehetősen nagy, 3B/M 7.3 fler.

Az adott esetben az vezethetett a szokatlan helyen lezajló flerhez, hogy a meglehetősen bonyolult mágneses szerkezetű NOAA 6850-től délre kezdett gyorsan kifejlődni a szabályos kis NOAA 6853, amelynek mágneses tere szept. 28-29. táján kezdett kölcsönhatásba lépni a másik foltcsoportéval. Mindenesetre a szept. 30-i Yohkoh napkorona-felvételen már láthatók a két foltcsoportot összekötő fényes koronahurkok. A flerek keletkezésében nagy szerepet játszik a napkoronában található mágneses tér átrendeződése, az új fluxus megjelenése. Ilyenkor az új fluxus miatti változások során kialakulhat olyan instabil mágneses tér-szerkezet, amely végül egy flerben alakul át kisebb energiataralmú, stabil szerkezetté. Más esetekben is (pl. 1992. júl. NOAA 7220/22; 2001. márc., NOAA 9373) a napkorona-képeken láthatóan az újonnan felbukkanó mágneses fluxus nem lép kapcsolatba a már meglévő napfoltcsoport mágneses terével (nincsenek összekötő hurkok), így a fler-aktivitás is kicsi v. nemlétező marad.

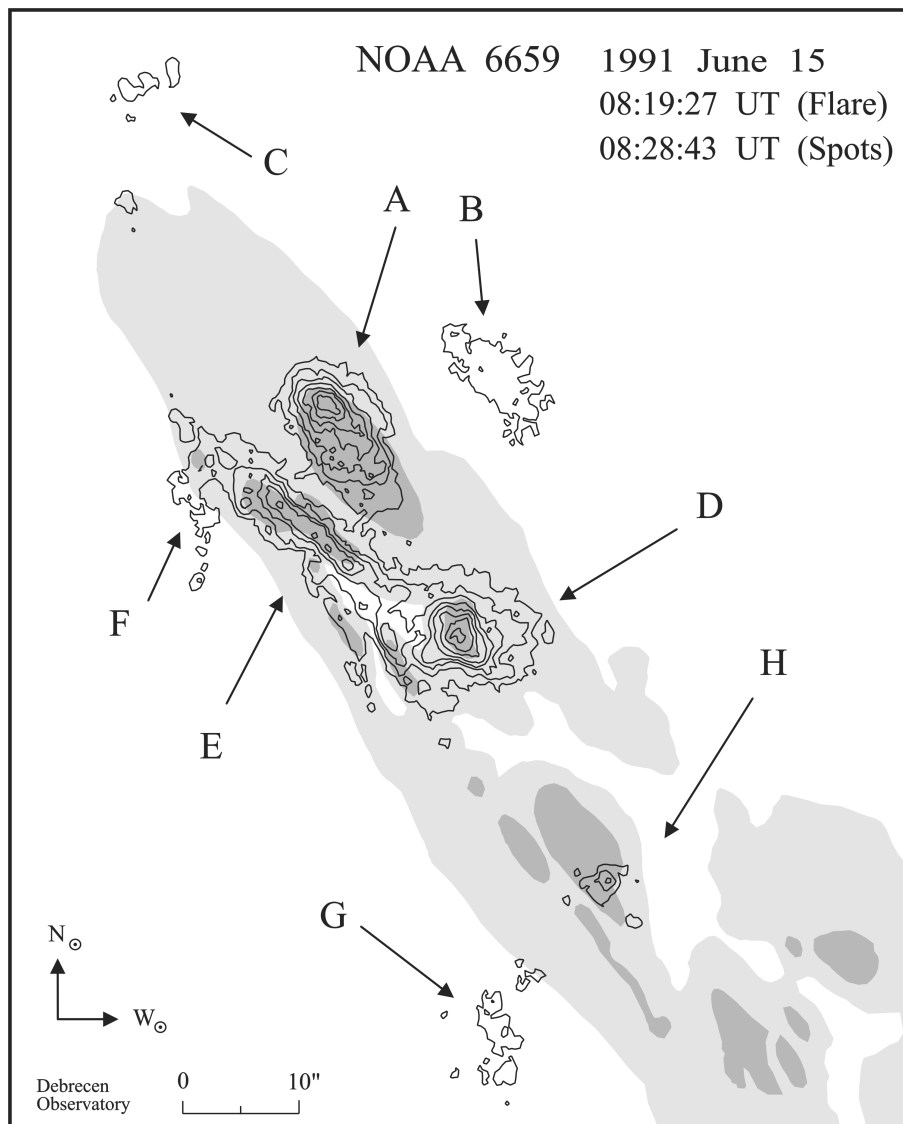
2.5. Az 1991. jún. 15-i fler energiakibocsátása



12. ábra. Az 1991. jún. 15-i 3B/X12 fler. A két szélső képet Gyulán Győri Lajos készítette, a középső H α kép B. Rompolt (Wroclawi Obszervatórium) felvétele.

Az 1991. jún. 15-i 3B/X12 fehér fler utolsója volt a NOAA 6659 szuperaktív vidékben (1991. jún. 3-15) lezajlott fehér flereknek, ez az aktív vidék tartja a rekordot az egymás után bekövetkezett nagy (X10+) flerek számában: hat volt megfigyelhető a foltcsoport Földről való láthatósága alatt, további négyet észlelt a láthatatlan félgömbön tartózkodása során az Ulysses űrszonda (Kane et al. 1996). A jún. 15-i flert fehér fényben sikerült rögzíteni az MTA CsKI

Napfizikai Obszervatóriuma gyulai Megfigyelő Állomásán (észlelő Győri Lajos). A két használható felvétel között nagyjából 10 perc telt el (a harmadikon a fler képe az észak-dél irány ellenőrzésére használt dupla expozíció területére esik, így gyakorlatilag használhatatlanul túlexponált), a másodikon már a fler-emisszió nem látható. Így a felvételek digitalizálásával és kalibrálásával meghatározható a fler fényessége és kisugárzott energiája [55, 55a].



13. ábra. A fler emisszió izofójtjai, a napkorong középponti fényességének 5%-val emelkedve, két digitalizált és kalibrált fénykép különbsége alapján meghatározva.

A boulderi Solar-Geophysical Data szerint a fler 08:10 UT-kor kezdődött, és 08:21-kor érte el maximumát. Eszerint a felvételek kevéssel a maximum előtt és jóval (a kontinuum-emisszió szempontjából) utána készültek. A fler helyzete N33 W69 volt, azaz már eléggé a napkorong szélén (0,94 R), ami megkönnyítette a fényképek kalibrációját a szélelsőtétedés segítségével. A felvételek egyrészt egy számítógépes vezérlésre és leolvasásra (Gerlei Ottó és Csepura György által) átalakított Zeiss Schnellfotometerrel (Gerlei Ottó), másrészt egy Pulnix TV-kamera által lettek digitalizálva 0,8"×0,8", ill. 0,2"×0,2" pixelnagysággal. A feketedések intenzitássá alakításához a kalibrációra a napkorong szélelsőtétedé-

sének Makarova et al. (1991) által a megfelelő hullámhosszon meghatározott intenzitás-értékei lettek felhasználva. Mivel a táblázatban megadott értékek lényegesen nagyobb felbontással voltak megadva, mint a meglehetősen közepes légköri viszonyok között készült felvételek felbontása, empirikusan meghatározott 3 ívmásodperc félszélességű Gauss-görbével konvolválva lettek felhasználva a Makarova et al. (1991) féle adatok a megfelelő kalibrációs görbe létrehozásához.

A fler legfényesebb pontján az intenzitás a napkorong középpontján mért intenzitás 0,86-szorosa. Ha figyelembe vesszük a szélelsötétedést a megfelelő távolságban (0,94 R) a centrumtól, ez a környező fotoszféra fényességének 1,48-szorosa, avagy a centrális intenzitás egységében kifejezve 28% fényességnövekedés. Hőmérsékleti sugárzásnak tekintve a fler-intenzitást (ami biztosan nem igaz) ez a növekedés kb. 490 K hőmérsékletnövekedésnek felel meg. Figyelembe véve a foltszoport, mint háttér, intenzitásviszonyait, meghatározható a fler teljes területének sugárzásnövekedése, ugyancsak centrális intenzitás egységében kifejezve ebben a maximum 0,426 növekedés a helyi háttér felett (13. ábra, D csomó). Ez jóval nagyobb az előbb említett 0,28-nál, mivel a legfényesebb pont egy fáklya felett található, míg a legnagyobb sugárzásnövekedés egy kisebb umbra felett helyezkedik el, ahol a háttér sötét. Az ábrán A az *f*-polaritású fler-szalag, D-E a *p*-polaritású, de a feldolgozás kimutatja a távoli halványabb területeket is (B,C, ill. F,G,H). A fler-emisszió nagy része található az umbrák fölött, ez részben magyarázza a fler erős röntgensugárzását, u.i. itt mélyebbre, nagyobb sűrűségig tudnak lehatolni a gyorsított részecskék, ezáltal erősebb fékezési röntgensugárzást keltve. Megemlítendő még, hogy az 5%-os, legkülső izofót-vonal mutat két összekötő fényes hurkot A és E közt. Később, a TRACE műhold lényegesen jobb körülmények között készített felvételein több hasonló, a fényes kontinuum-emissziós területeket összekötő hurok volt megfigyelhető fehér flerek során.

Ezeknek az adatoknak az ismeretében kiszámolható a fler össz sugárzása is. Az abszolút kalibrációhoz Neckel & Labs (1984) adatai lettek alkalmazva a napkorong középpontjában. Izotróp sugárzást feltételezve a legfényesebb flercsomó emisszivitása $4.3 \times 10^{-5} \text{ W m}^{-2} \text{ \AA}^{-1}$ 5500 Å-nál (amely tartományban a felvétel készült). Fler-területnek tekintve azt a részt, ahol a sugárzásnövekedés meghaladja a centrális intenzitás 5%-át a fler területére $7.91 \times 10^{14} \text{ m}^2$ adódik, így az 5500 Å-nál kisugárzott teljesítmény $9.32 \times 10^{17} \text{ W \AA}^{-1}$. A színekpi energia-eloszlást a fotoszférrikushoz hasonlóan tekintve ez a fler sugárzási összteljesítményére $6.83 \times 10^{21} \text{ W}$ értéket ad, ami biztosan kevesebb a valóságosnál, mivel a fler sugárzása nagyobb a rövidebb hullámhosszak felé.

Más fehér flerekkel összehasonlítva, az 1972. aug. 7-i területe $5.9 \times 10^{13} \text{ m}^2$ volt (Rust & Hegwer 1975), míg az 1989 márc. 7-i $7.8 \times 10^{13} \text{ m}^2$ (Neidig et al. 1993b). Ezekkel összehasonlítva az 1991. jún. 15-i fler területe jóval nagyobb, ehhez valószínűen hozzájárul az alkalmazott módszer is, amely lehetővé tette a halványabb, külső területek kimutatását. Valószínűleg emiatt is elég nagy a fler sugárzási teljesítménye is, $6.8 \times 10^{21} \text{ W}$, hasonlításképpen $4.6 \times 10^{21} \text{ W}$ az 1972. aug. 7-i vagy $1.55 \times 10^{21} \text{ W}$ az 1989. márc. 7-i flerekhez. A legnagyobb fehér fler (1984. ápr. 25.) sugárzási teljesítménye $2.0 \times 10^{22} \text{ W}$ volt, teljes kisugárzott energiája $> 3 \times 10^{24} \text{ J}$ (Neidig, 1989). Ha az 1991. jún. 15-i fler időtartamát 400 s-nek tételezzük fel, akkor a teljes kisugárzott energia $2.7 \times 10^{24} \text{ J}$, azaz a fler valóban a legnagyobbak közé tartozott.

Flerek nemcsak a Napon történnek, hanem a változócsillagok egy bizonyos típusán is, amelyeket emiatt fler-csillagoknak neveznek. Tipikus képviselőjük az UV Ceti (Gliese 52 B). Ezek a csillagok a HRD jobb alsó felén helyezkednek el, többnyire dMe színeképtípusúak. Érdekes összehasonlítani tehát egy tipikus csillagfler energiáját a most bemutatott Nap-flerrel.

Nagyon jól megfigyelt UV Ceti flert ír le Eason et al. (1992), az 1979. szept. 8-án megfigyelt 5 magnitúdós kifényesedést több műszerrel egyidejűleg követték, így összenergiájára elegendően pontos becslést tudtak adni, ami $1,2 \times 10^{25}$ J-nak adódott. Így a legnagyobb Nap-flerek már közel járnak a flercsillagok kitöréseinek energiájához, kevesebb, mint egy nagyságrend az eltérés. Az UV Ceti abszolút fényessége ($M_V = 15,82$; Johnson & Wright 1983) azonban 11 magnitúdóval kevesebb, mint a Napé ($M_V = 4,82$), ezért a flerben felszabaduló energia a Nap esetében csak nehezen kimutatható kis többletet jelent, viszont a csillagnál több magnitúdós fényességnövekedést. Megjegyezhető még, hogy a nagy Nap-flerek sugárzási teljesítménye hasonló nagyságrendű, mint az UV Ceti nyugodt állapotban mutatott sugárzási teljesítménye ($1,53 \times 10^{22}$ W).