



Institutul Astronomic al Academiei Române



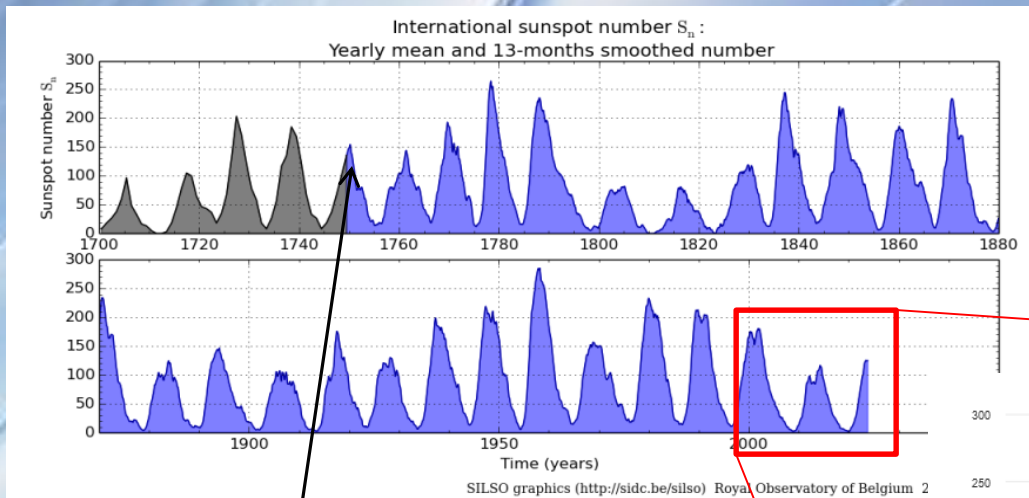
Topologia câmpului magnetic într-o regiune solară activă

Liliana DUMITRU

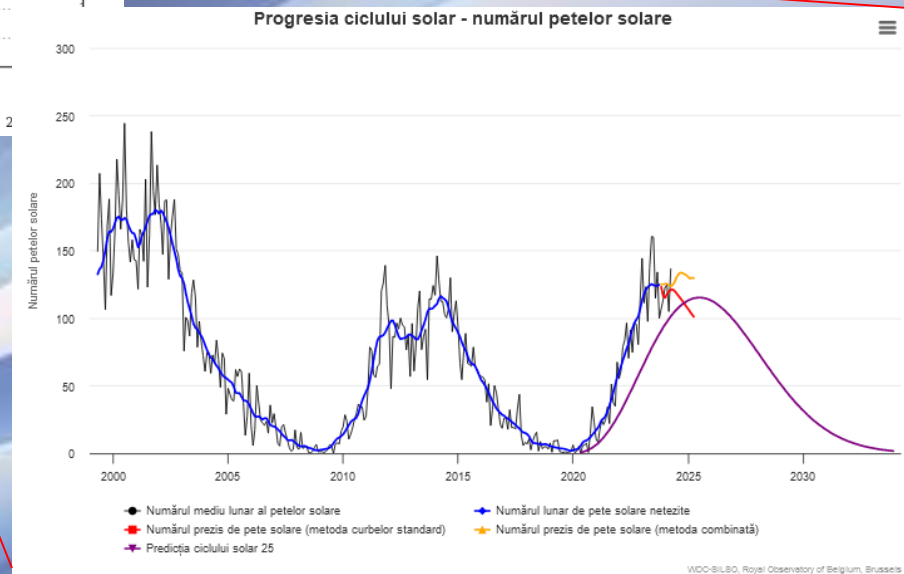
Simpozionul „Nicolae Donici și astronomia pe meleaguri moldovene”
11 septembrie 2024

Introducere

Activitatea solară are loc ciclic. Un ciclu solar este de aproximativ 11 ani. Actualul ciclu solar 25, a început în anul 2019 și conform previziunilor va atinge maximul în anul 2025. Deși se aștepta ca acest ciclu să fie mai slab, predicțiile au fost infirmate și acest ciclu s-a dovedit a fi mai puternic.

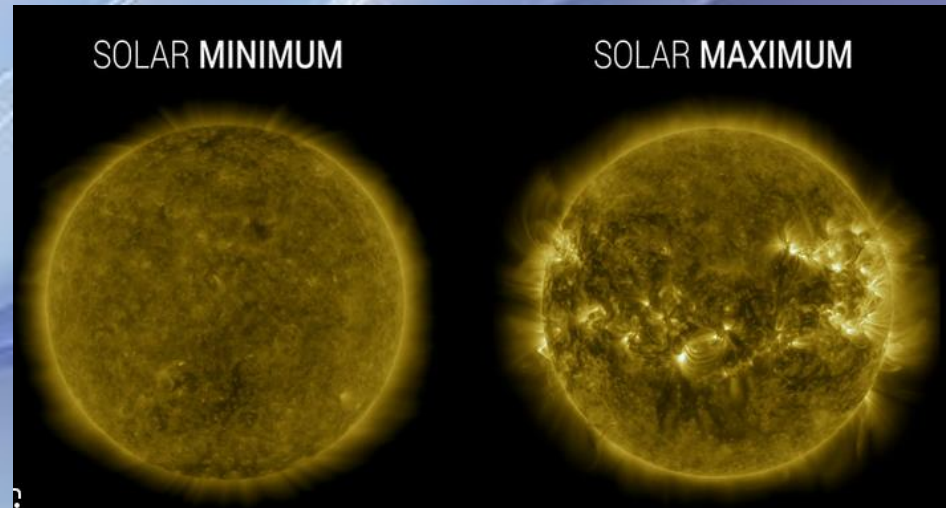
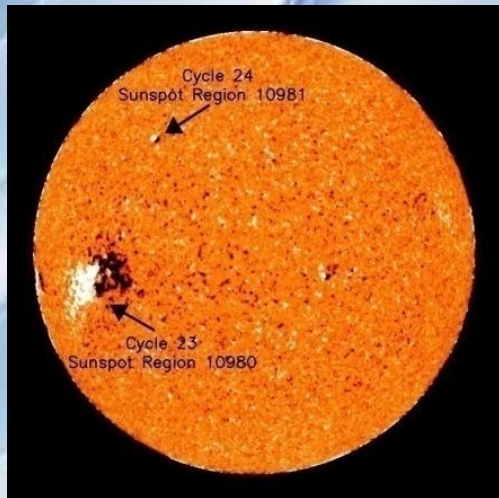


Monitorizarea
activității petelor
solare a început în
anul 1755.



Introducere

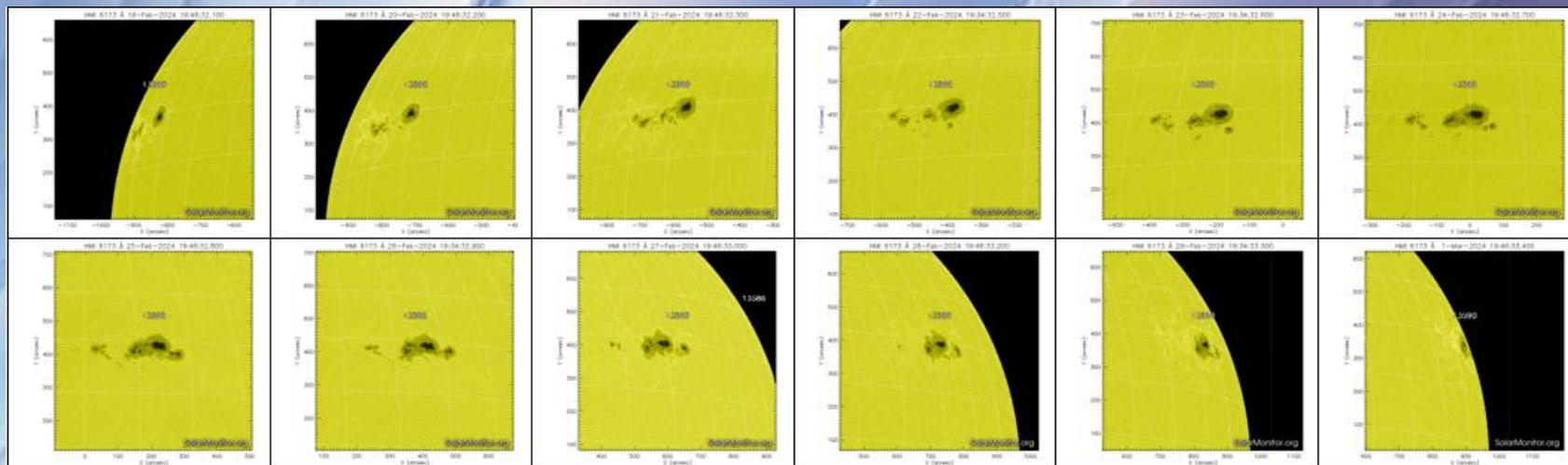
La începutul unui ciclu solar, petele solare se formează la latitudini mai mari iar pe măsură ce ciclul progresează, regiunile de pete solare se formează treptat la latitudini inferioare, astfel încât, spre minimul solar, regiunile de pete solare vor apărea aproape de ecuatorul solar. Când va începe un nou ciclu, petele solare din noul ciclu vor începe să apară la o latitudine mare.



Polaritatea magnetică a petelor se modifică după un ciclu de activitate solară. Polaritățile petelor solare din cele două emisfere solare se vor păstra pe toată durata unui ciclu solar. Dacă în emisfera nordică pata principală va avea polaritatea N (+) și cea secundară S (-), în emisfera sudică va fi invers iar această polaritate se va păstra până la sfârșitul ciclului. Deci schimbarea de polaritate a petelor solare va marca întotdeauna începutul unui nou ciclu.

Evoluția regiunii active AR 13590

Pe 18 februarie 2024, regiunea activă AR 13590 a apărut la marginea de est a discului solar. În timpul evoluției sale s-a dezvoltat foarte mult și a produs numeroase erupții solare.

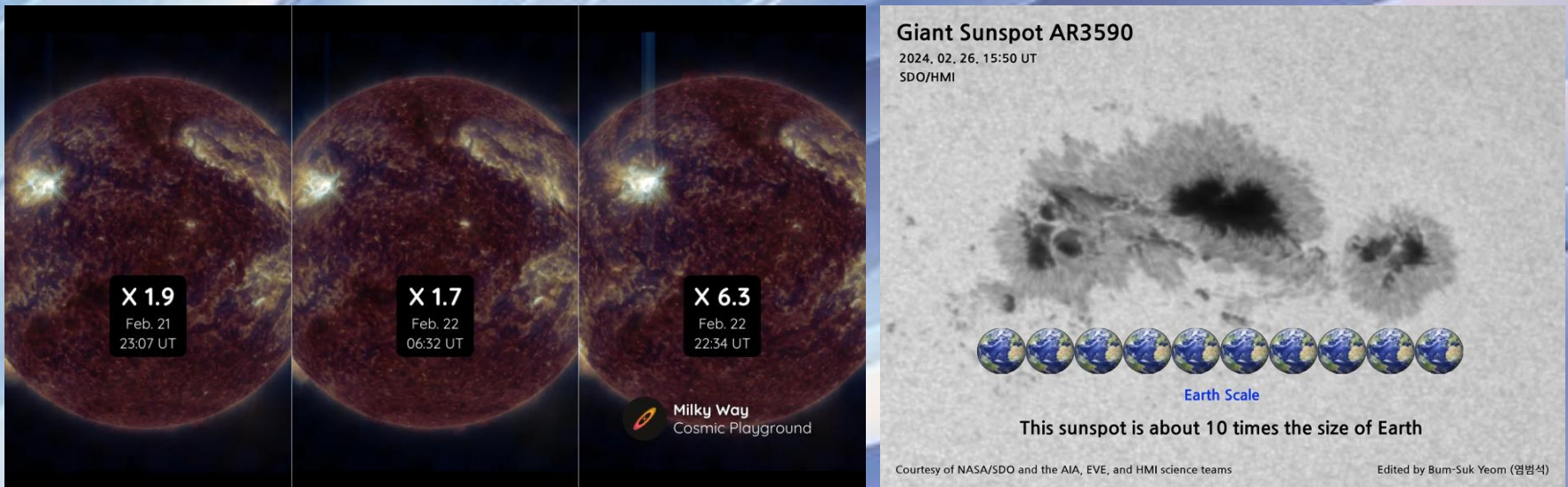


Data	Nr. of sunspot	Size	Class magn.	Location
18.02	1	250	α	N19E78
19.02	4	530	β	N18E61
20.02	7	760	β - γ	N17E51
21.02	23	740	β - γ - δ	N17E38
22.02	24	900	β - γ - δ	N18E26
23.02	44	1150	β - γ - δ	N18E13
24.02	45	1400	β - γ - δ	N18W01
25.02	29	1450	β - γ - δ	N18W13
26.02	42	1130	β - γ - δ	N18W27
27.02	19	900	β - γ - δ	N17W41
28.02	24	930	β - γ - δ	N18W52
29.02	12	1000	β - γ - δ	N18W69
1.03	7	680	β	N19W74
2.03	2	450	α	N18W92

Regiunea activă AR 13590

Regiunea activă AR 13590 este comparabilă cu regiunea care a produs furtuna solară cunoscută sub numele de Evenimentul Carrington (septembrie 1859), când Pământul a fost lovit de fluxurile de plasmă solară provenite de la erupțiile solare produse de această pată solară gigantică și a provocat o furtună geomagnetică fără precedent pe Pământ.

Deși AR 13590 a produs trei erupții puternice destul de apropiate ca timp, nu a produs ejecții de masă coronară.



C	M	X
60	9	3

Metoda de lucru

Am folosit o metodă neliniară NLFFF în care câmpurile sunt considerate fără forțe (Alissandrakis, 1981), metodă implementată în limbajul Interactive Data Language (IDL) de Valori (2016), la care am făcut modificări personale. Metoda urmărește să găsească soluțiile ecuațiilor unui câmp fără forțe caracterizate de următoarele relații ecuații:

$$\vec{v} \times \vec{B} = \alpha \vec{B},$$

$$\vec{v} \cdot \vec{B} = 0,$$

unde B este câmpul magnetic.

Pentru determinarea componentelor câmpului magnetic se aplică următoarele transformări: $B_x = B_p$ (axial), $B_y = -B_t$ (tangential), $B_z = B_r$ (radial).

Câmpul magnetic este lipsit de forță dacă îndeplinește condițiile descrise de Aly (1989):

- flux de echilibru relativ
$$\int_V \vec{\nabla} \cdot \vec{B} dV = 0.$$

- forța Lorentz
$$F = - \frac{\oint B_x B_y dx dy}{\oint (B_x^2 + B_y^2 - B_z^2) dx dy}$$
 este zero,

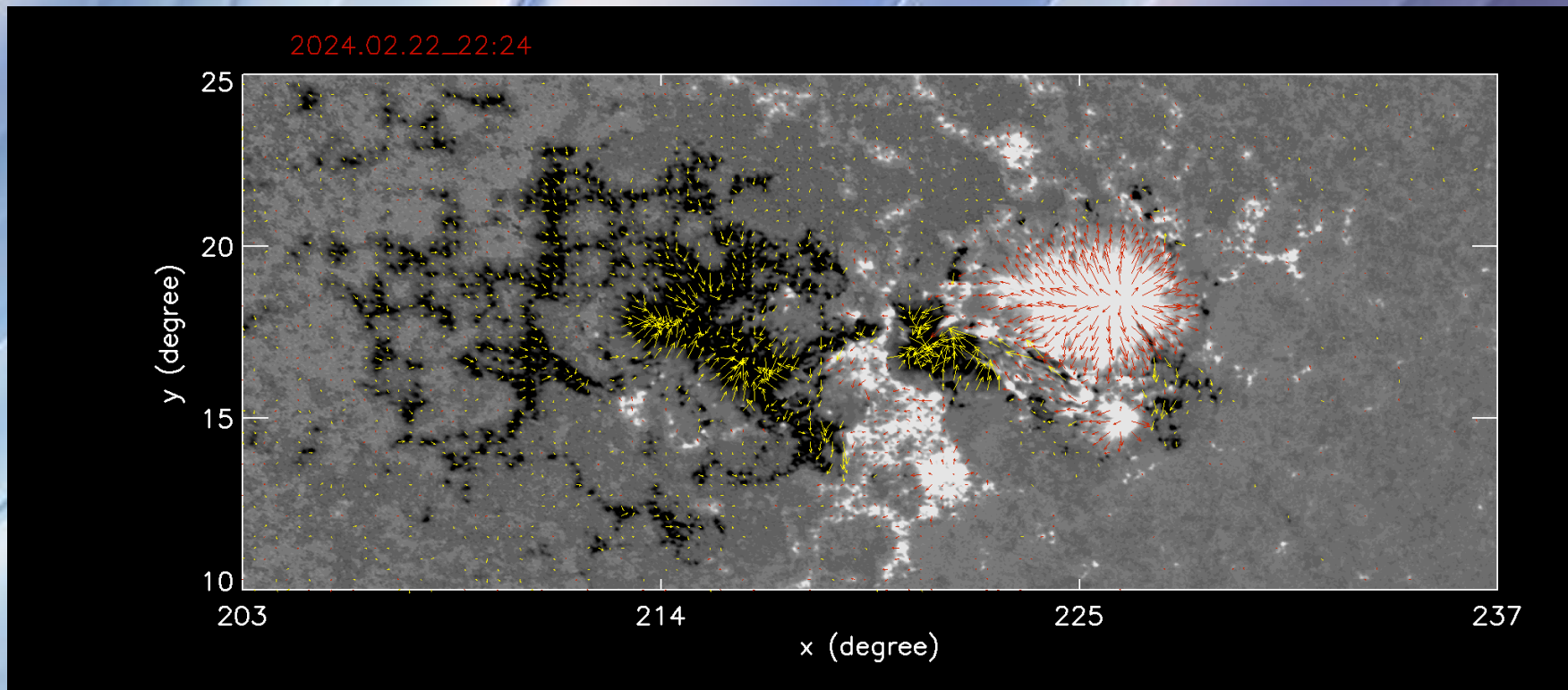
- cuplul forțelor
$$|T| = - \frac{|T_X| + |T_Y| + |T_Z|}{\oint \sqrt{x^2 + y^2} E_B dx dy}$$
 este zero,

unde E_B este energia câmpului liber de forțe.

Fluxul magnetic corespunzător câmpului magnetic B prin suprafața S este definit de relația:

$$\Phi_m = \iint_S \mathbf{B} \cdot d\mathbf{S}$$

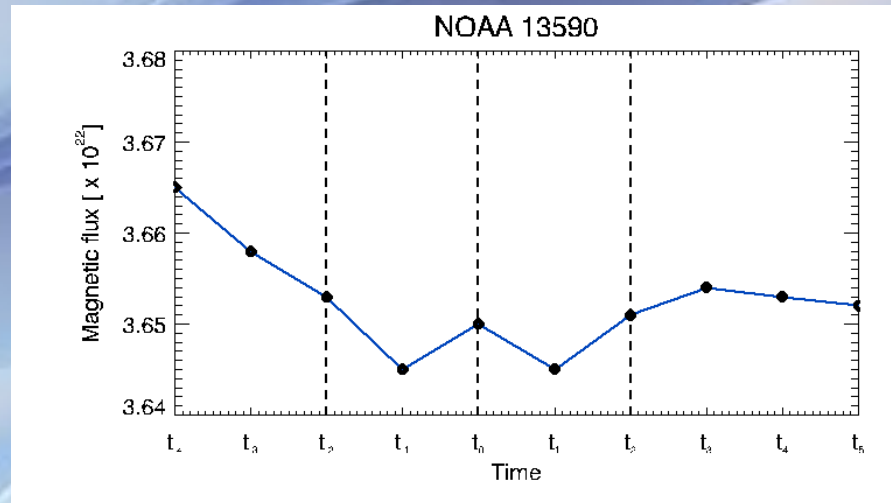
Câmpul vitezelor



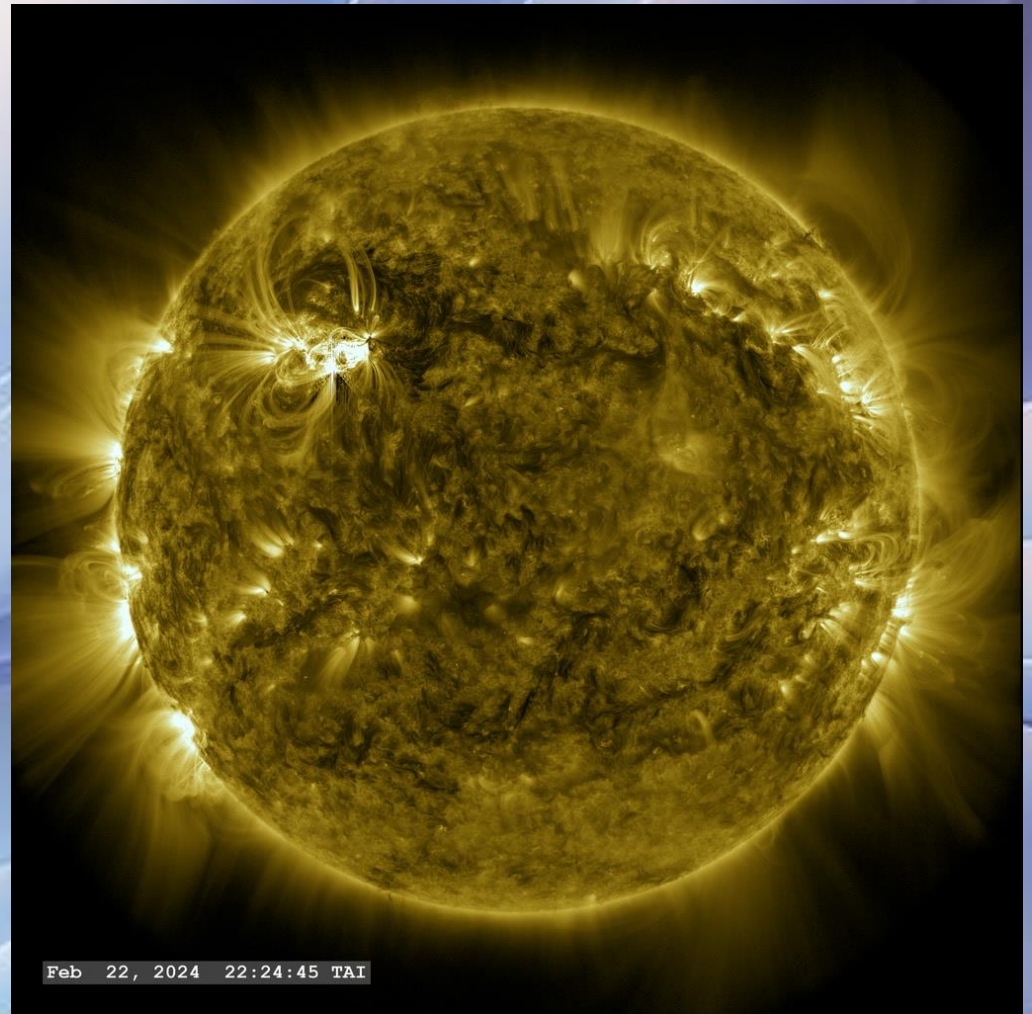
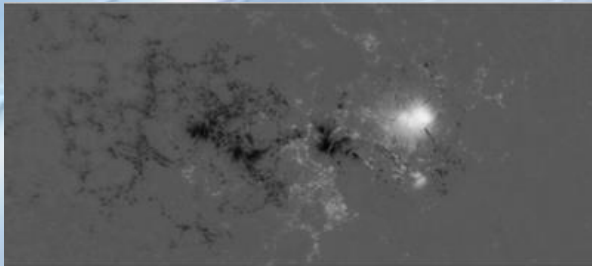
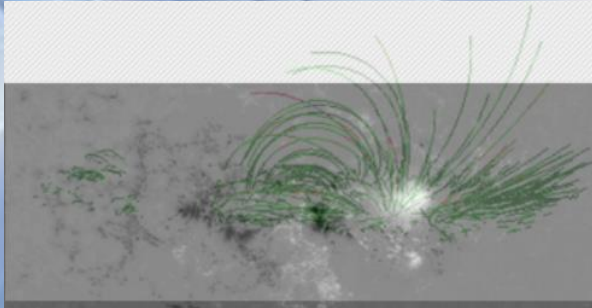
Fluxul magnetic

Fluxul magnetic este strâns legat de existența și descrierea unui câmp magnetic. Apare atunci când există tensiuni magnetice în anumite zone solare. Valorile sale sunt mai mici în zonele efemere (între 3×10^{18} Mx - 1×10^{20} Mx), are valori medii în pori sau regiuni active fără pete solare (1×10^{20} Mx - 5×10^{21} Mx) și valori ridicate în regiunile active dezvoltate.

Time	Magnetic flux [$\times 10^{22}$]
21:36	3,665
21:48	3,658
22:00	3,653
22:12	3,645
22:24	3,650
22:36	3,645
22:48	3,651
23:00	3,654
23:12	3,653
23:24	3,652



Extrapolarea 3D



Concluzii

Pâna în prezent erupția de clasă X6.3 se află pe poziția a doua în clasamentul erupțiilor ciclului solar 25 și pe poziția 27 în clasamentul tuturor erupțiilor produse. Deși această erupție nu a fost la fel de puternică ca erupțiile din septembrie 2017, de clasă X9.3 și X8.2 (cele mai mari erupții din ciclul solar 24), este primul mare eveniment al ciclului solar 25, produs la 7 ani după cele menționate mai sus.

Erupția de clasă X6.3 a fost suficient de mare, dar nu au fost detectate ejecții de masă coronală (CME), indicând o lipsă semnificativă de ejecție a materiei din coroana soarelui în exterior.

Vă mulțumesc pentru atenție!