

KÁLMÁN BÉLA

# Mikor lesz a napfoltmaximum?

*A 2012-es világvége-jóslatok egy részében szerepelt a naptevékenység is, miszerint 2012–13-ra szokatlanul magas napfoltmaximum várható, és a nagy napkitörések megsemmisítik a földi energiahálózatokat. Ehhez képest a napfizikusok az elmúlt években inkább az elhúzódó napfoltminimummal voltak elfoglalva, amikor meg 2009-ben elkezdődött a napfoltok számának növekedése, látható volt, hogy a mostani napciklus nem lesz túl magas. 2012-ben pedig arról jelentek meg találgatások, hogy talán már túl is vagyunk a napfoltmaximumon. Vegyük tehát szemügyre, hogy mit is lehet mondani a naptevékenységről a valóságban.*

A napfoltok rendszeres távcsöves megfigyelését Galileo Galilei és Christopher Scheiner kezdték el az 1610-es évek elején. A kezdeti eredményeket Scheiner foglalta össze 1630-ban megjelent monumentális (913 oldalas) könyvében, a Rosa Ursina-ban. Ebben leírja a napfoltok szerkezetét, látszólagos mozgásukat a napkorongon és ennek változását amiatt, hogy a Nap egyenlítői síkja  $7\frac{1}{4}$  fokos szöveget zár be a földpályával, az ekliptikával. Ezután sokáig a csillagászok kevés figyelmet fordítottak a napfoltokra. Az érdeklődés akkor nőtt meg, amikor Samuel Schwabe felfedezte, hogy nagyjából 10 éves ciklussal változik a napfoltok megjelenésének gyakorisága, és többen arra is felfigyeltek, hogy a földmágneses háborgások gyakorisága ezzel párhuzamosan változik. Utóbbiak között volt Rudolf Wolf, aki ezután egész életét a napfoltok tanulmányozásának szentelte. Kidolgozott egy egyszerűen meghatározható mérőszámot, a (Wolf-féle) napfolt-relatívszámot. Létrehozott Zürichben egy csillagvizsgálót, ahol minden derült napon megfigyelte a Napot, meghatározva a napi relatívszámot. Megszervezett egy világméretű hálózatot, hogy a Zürichben borult napokra is legyen megfigyelés, továbbá hatalmas munkával az obszervatóriumok archívumaiból kikereste a régi napfolt-megfigyeléseket, és visszamenőleg az 1700-as évekig meghatározta a relatívszámokat, közzétéve a Zürichi Obszervatórium Közleményeiben. Ennek alapján állapította meg, hogy a napfoltciklus átlagos hossza 11,1 év, de nagyon szabálytalan. 1749-től kezdve minden hónapra tudott átlagos relatívszámot meghatározni, így az 1755 márciusában kezdődő ciklus volt az első, amely minden részletében tanulmányozható volt, Wolf után ettől számítva sorszámozzák a napfoltciklusokat, jelenleg a 24. ciklus maximuma környékén járunk (**I. táblázat**).

A relatívszám meghatározása nagyon egyszerű, képlete a következő:

$$R_z = k(10g + f),$$

amelyben  $R_z$  a (zürichi) relatívszám,  $g$  a megfigyelt napfoltcsoportok száma,  $f$  a napkorongon lévő összes folt száma,  $k$  pedig egy szorzótényező, amellyel az adott megfigyelő

adatait Wolf számaival egyezővé lehet tenni, ennek értékét hosszabb időszak statisztikája alapján határozzák meg. Érdekeséggé válhat, hogy az első világháború előtt volt néhány év, amikor a relatívszám megfigyeléseinek jelentős hányadát (kb. harmadát) magyarországi csillagvizsgálók szolgáltatták (Ógyalla, Kalocsa, Herény, Kiskartal). A zürichi csillagvizsgálóban Wolf munkáját utó-

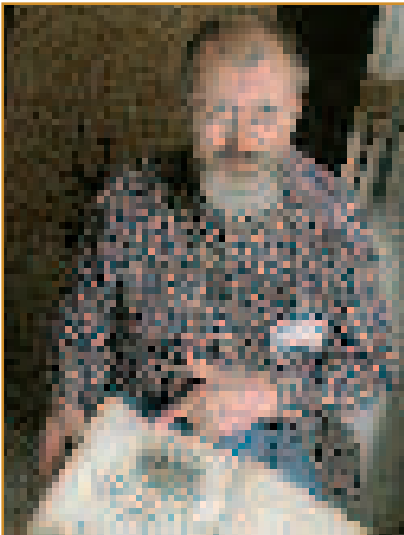
dai, A. Wolfer, W. Brunner és M. Waldmeier folytatták egészen 1980. december 31-ig, amikor Waldmeier nyugalmazása után a relatívszám-adatközpont (SIDC = Solar Index Data Center) Brüsszelbe került, ahol jelenleg is működik. Adatai az interneten elérhetők. Mivel már nem Zürichben határozzák meg, jelenlegi megnevezése nemzetközi (internacionális) relatívszám, jelölése emiatt Ri.

## A napfoltciklusok adatai

sorszám	minimum ideje	min rel. szám	maximum ideje	max rel. szám	hossz, év
01	1755,209	8,4	1761,459	86,5	11,167
02	1766,376	11,2	1769,711	115,8	9,082
03	1775,458	7,2	1778,376	158,5	9,254
04	1784,712	9,5	1788,129	141,2	13,580
05	1798,292	3,2	1805,125	49,2	12,249
06	1810,541	0,0	1816,375	48,7	12,747
07	1823,288	0,1	1829,875	71,5	10,587
08	1833,875	7,3	1837,207	146,9	9,665
09	1843,540	10,6	1848,126	131,9	12,419
10	1855,959	3,2	1860,126	98,0	11,247
11	1867,206	5,2	1870,626	140,3	11,754
12	1878,960	2,2	1883,959	74,6	11,165
13	1890,125	5,0	1894,045	87,9	11,917
14	1902,042	2,7	1906,122	64,2	11,497
15	1913,539	1,5	1917,624	105,4	10,083
16	1923,622	5,6	1928,287	78,1	10,084
17	1933,706	3,5	1937,287	119,2	10,417
18	1944,123	7,7	1947,370	151,8	10,163
19	1954,286	3,4	1958,204	201,3	10,505
20	1964,791	9,6	1968,873	110,6	11,413
21	1976,204	12,2	1979,956	164,5	10,000
22	1986,204	13,0	1989,539	158,5	10,168
23	1996,372	8,0	2000,287	120,8	12,586
24	2008,958	1,7			
<b>Átlag: 10,573</b>					



**1. kép. Christopher Scheiner rajzai néhány, 1626-27-ben megfigyelt napfoltcsoport átvonulásáról a napkorongon. Látható, hogy a Nap forgástengelyének hajlása miatt márciusban más íven vonulnak a napfoltok, mint szeptemberben (A szerző felvétele)**



**2. kép. A szerző Scheiner könyvével a szombathelyi Gothard Asztrofizikai Observatórium könyvtárban**

Meghatározásából kifolyólag a relatívszám nem fizikai mennyiség, mint pl. a napfoltok összterülete vagy a Nap rádió-, esetleg röntgensugárzásának erőssége. Mindazonáltal könnyű meghatározhatósága miatt a leghosszabb adatsor, és a napaktivitás egyéb jelenségei is vele párhuzamosan változnak, emiatt széles körben használatos, sőt a napfoltmaximumok és -minimumok időpontjának meghatározásában döntően ez használatos. Mint a grafikonokon is látható, a relatívszám erősen ingadozó, előfordul (mostanában különösen gyakran), hogy a Napnak csak az egyik oldalán vannak foltok, így körbefordulásának 27 napja alatt egyszer magas, másszor alacsony a relatívszám. Másik érdekesség, ami a napi

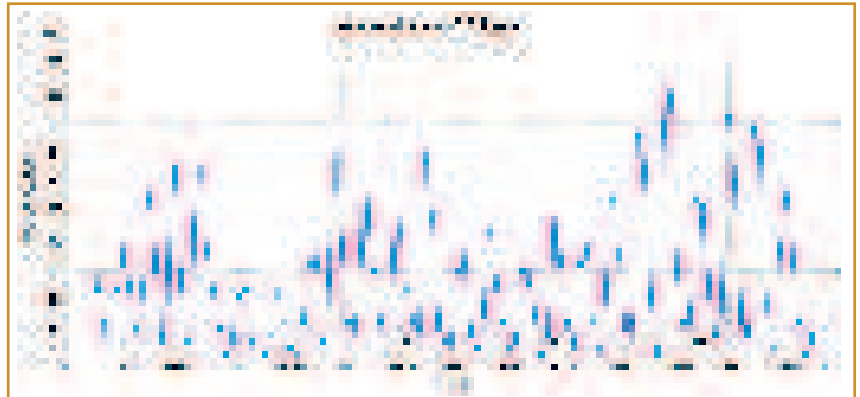
adatokat mutató képen jól látható, hogy a relatívszám, ha nem nulla, akkor minimális értéke ( $k=1$  esetén) 11. Egy folt esetén az egy csoport ( $g=1$ ) és egy folt ( $f=1$ ). Emiatt célszerű havi átlagokat használni. Még ezek is észrevehetően ingadoznak, emiatt a napciklus jellemzésére 13 hónapos mozgó átlagolást használnak, az adott hónap, valamint az előtti és utáni 6 hónap átlagát, a két szélső hónapot csak fele részben figyelembe véve. Ennek az ún. havi simított napfolt-relatívszámoknak a legkisebb, illetve legnagyobb értéke elérésekor van a napfoltminimum, illetve -maximum. A módszerből következően csak utólag, legalább egy év, de maximum esetében előfordulhat, hogy több év eltelte után mondható határozottan, hogy túl vagyunk a minimumon (maximumon).

Ha a mostani, a 23. és 24. ciklus közti minimumot nézzük, láthatjuk, hogy szokatlan volt, de nem példátlan. A napfizikusokat elkégyelmesítette az előző négy (19–22.) ciklus, amelyek, bár különböző magasságúak voltak, de időbeli lefolyásuk meglehetősen hasonlított (talán a 20. volt egy kicsit hosszabb). Emi-

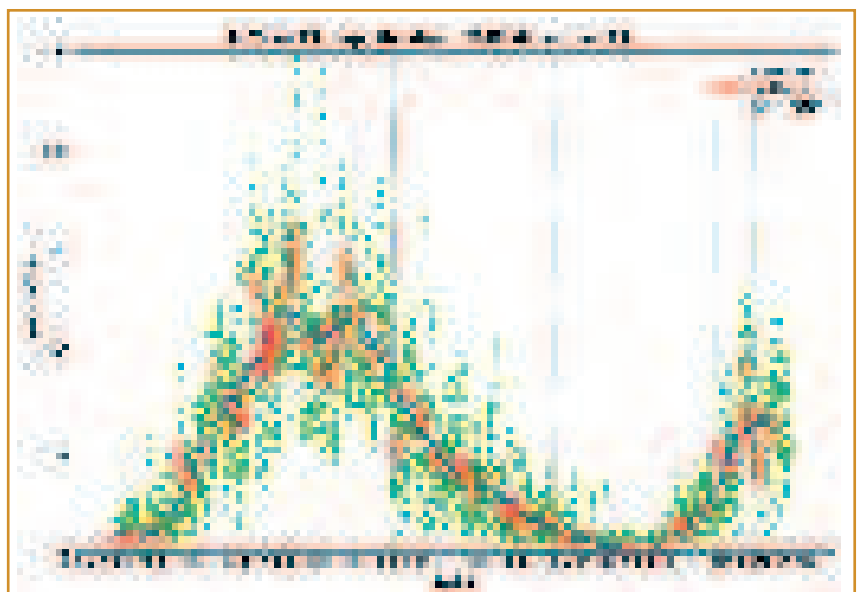


**3. kép. Rudolph Wolf (1816-1893), a Zürichi Csillagvizsgáló alapítója, a napfolt-relatívszám megalkotója (A szerző archívuma)**

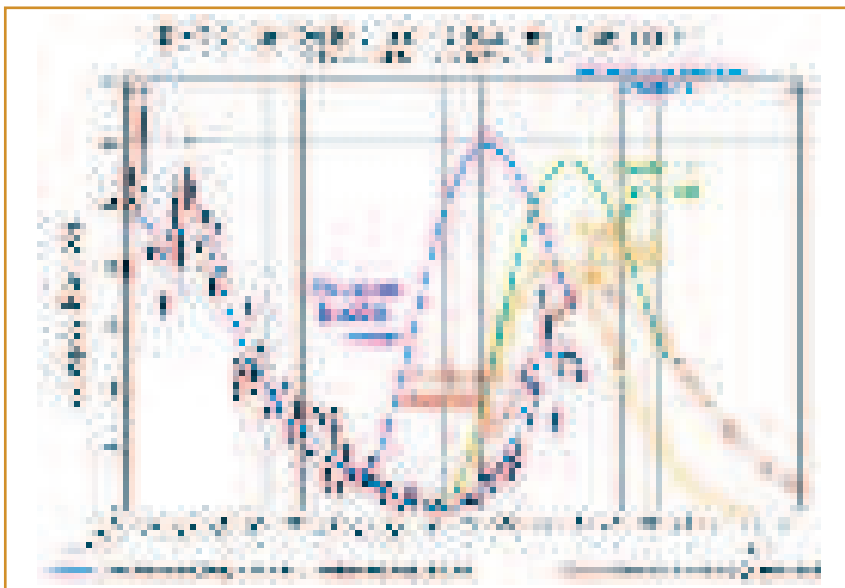
att a kutatók 2006. elején nyugodtan jósták, hogy 2006. vége felé túljutunk a minimumon, és ismét növekedni kezd a napfoltok száma. A Nap azonban nem törődött az elméletekkel,



**4. kép. A havi simított relatívszámok menete 1750-től kezdve (SIDC adatok alapján)**



**5. kép. A legutolsó teljes (23.), és a most zajló (24.) napciklus (SIDC adatok)**

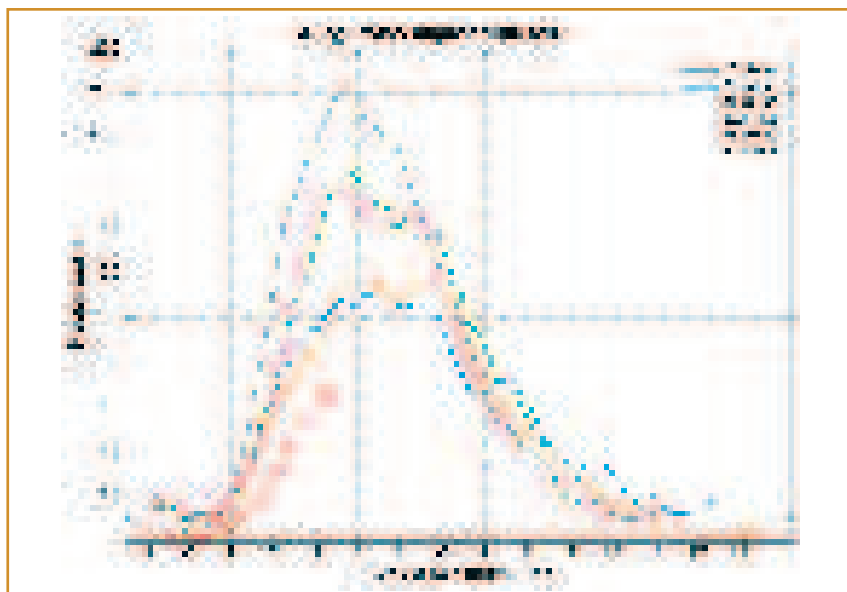


6. kép. A 24. napciklusra vonatkozó előrejelzések változása az idő előrehaladtával (NOAA, Boulder, USA)

és a simított relatívszám folytatta a csökkenést egészen 2008 decemberéig, ezáltal a 23. ciklus hossza elérte a 12,6 évet. Ez, bár hosszú, de nem rekord, a 4., ill. 6. ciklusok tovább tartottak (1. táblázat). Olyan félelmek is megjelentek nyomtatásban, hogy a naptevékenység egészen leáll, vagy minimális szinten folytatódik, amire volt már példa az 1650–1700. évek közt bekövetkezett, felfedezőjéről Maunder-minimumnak elnevezett időszakban. A napfoltok száma azonban lassan növekedésnek indult, már 2008 januárjában megjelent az új ciklus első foltcsoportja (ez helyzetéből és mágneses tulajdonságaiból meghatározható), és elindult a 24. naptevékenységi ciklus. Már indulásából láthatóan nem ígérkezett túlságosan magasnak, ezért az előrejelzések fokozatosan egyre későbbi és egyre alacsonyabb ciklust jeleztek.

A napfoltok számának növekedésével a relatívszámok is növekedtek, különösen (a mostani szinthez képest) magas értékeket értek el 2011 novemberében. Mivel utána is közepesen magas szinten maradt a naptevékenység, a simított relatívszámok is magasban maradtak, sőt 2012 februárja után már csökkenni is kezdtek. 2012 végére már megjelentek az első találgatások, hogy elértük-e már a napfoltmaximumot, vagy esetleg túl is vagyunk rajta. Mondhatjuk-e ezt? Most még semmiképpen, ha végignézzük a naptevékenység eddigi részletesen megismert több, mint két és fél évszázadát. Átnézve az eddigi ciklusokat, a 12., 14. és 16. tűnik hasonlónak az indulás alapján. Ilyen alacsony ciklusoknál a maximumban még erős ingadozások lehetségesek, és a múlt példái alapján teljes mértékben lehetséges 2013–14-ben egy, a 2011 novemberinél magasabb maximum.

De miért is fontos számunkra a napfoltma-



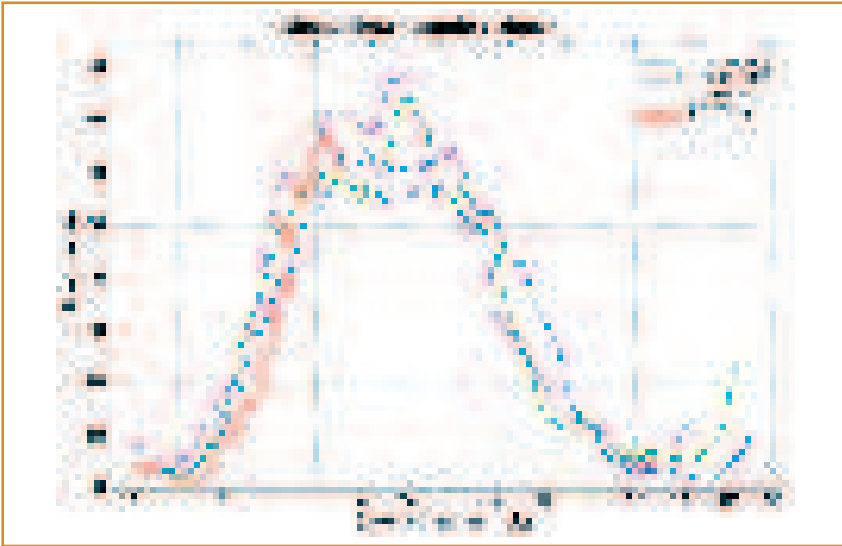
7. kép. A legutolsó 5 teljes, és a most folyó napciklus egymásra rajzolva (SIDC adatok)

ximum, mi okozza a földmágneses háborgásokat? Az első lépéseket ennek földerítésére G. E. Hale tette meg 1908-ban, amikor kimutatta a napfoltokban található erős mágneses teret (a Föld mágneses terének több ezerszerese). A másik jelentős felfedezés szintén Hale érdeme, az általa kifejlesztett spektroheliográf és spektroheliószkóp lehetővé tette a Nap fényes felülete, a fotoszféra feletti naplégköri réteg, a kromoszféra megfigyelését. A kromoszféra a napfoltcsoportok fölött jóval fényesebb, de időnként ezeken az amúgy is fényes helyeken gyorsan változó kifényesedések, flarek jelennek meg. Ezek változó nagyságúak, élettartamuk kb. 10 perc és több óra közt lehet. A meg-

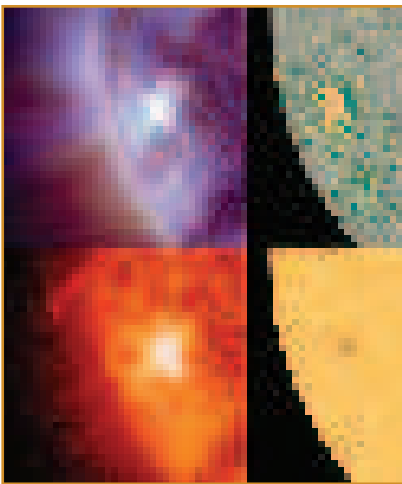
figyelések, különösen a Nemzetközi Geofizikai Év (1957-58) és az ezt követő összehangolt együttes mérések kiderítették, hogy főleg a flarek felelősek a földi hatásokért.

A naptevékenység folyamataiban fontos szerepet játszik a Nap kiterjedt légköre, a kromoszféra felett elhelyezkedő, millió fokok hőmérsékletű napkorona is. Ez, mint a napfogyatkozások idején is látható, fokozatosan átmeleg a bolygóközi térbe, de a magas hőmérséklet miatt egy állandó részecskeáramlás, a napszél formájában betölti az egész Naprendszert. A Föld környezetében a napszél átlagos sűrűsége kb.  $10 \text{ proton/cm}^3$ , sebessége néhány száz km/s. A Föld mágneses tere kialakít egy védett üreget, a magnetoszférát a napszélben, amibe nyugodt körülmények között alig jutnak be a napszél részecskéi, csak a mágneses sarkok környezetében, a sarkifény-övezetben. A napaktivitás következtében a napszél egyenletes áramlását megzavaró részecskefelhők, és a bennük hordozott mágneses tér megzavarhatja a magnetoszférát (ez okozza a mágneses vihart), a sarkifények közelebb húzódnak az Egyenlítőhöz.

A naptevékenység legfontosabb szereplője a mágneses tér, ami a napfoltok megjelenésének oka, és ami hozzájárul a napfoltcsoportok felett a kromoszféra és korona kifényesedéséhez, és amelynek energiája táplálja a flareket és más aktív jelenségeket. A flarek és következményeik magyar elnevezései nem egyértelműek. A napkitörés szó, értelme szerint, valamilyen anyagkidobódásra enged asszociálni, ami, bár gyakori a flarekben, de nem fordul elő minden esetben, különösen a kisebbekben. A flar angolul csak kifényesedést jelent. Maga a jelenség egy hirtelen energiafelszabadulást jelent a napkoronában, ahol addig békésen egymás mellett léteztek ellentétes irányú mágne-



8. kép. A mostanihoz eddig leginkább hasonló (12., 14., 16.) ciklusok (SIDC adatok)



9. kép. A legutolsónak megfigyelt jelentős fler képei 2012. okt. 23-án. Balra fent napkorona, a függőleges zöld vonal a CCD érzékelő telítődését jelzi a nagy fényesség miatt. Balra lent kromoszféra, látható egy nem túl nagy, a felszín fölött lebegő protuberancia is. Jobbra lent a fotoszférában lévő látósugár irányú mágneses tér térképe (zöld, kék: északi polaritás, sárga, vörös: déli polaritás) (NASA SDO)

ses terek az anyag jó elektromos vezetőképessége miatt. Ha valamilyen folyamat (pl. turbulencia) rontja a vezetőképességet, az addig ott folyó elektromos áramok a megnőtt ellenállás miatt elkezdik felmelegíteni a korona anyagát 50–70 millió fokra, emellett gyorsított, nagyenergiájú részecskék is keletkeznek, amelyek a mágneses erővonalak mentén részben lefelé, a kromoszférába, részben kifelé, a napszélbe jutnak. A kromoszférába becsapódva azt felmelegítik (ez a spektroheliográfiával látható kifénye-

sedés), valamint röntgensugárzást is keltnek. Az energiafelszabadulás többnyire egy buborékot is fúj a napkoronában, amely aztán kifelé tovaterjed a napszélben, ezt hívják koronakitörésnek (angol rövidítése CME). Koronakitörés fler nélkül is létrejöhet, a koronában létező mágneses terek átrendeződésekor.

A flereknek többféle hatása van a Földre. Az említett magas hőmérséklet miatt a Nap ibolyántúli sugárzása fler idején többszörösére, röntgensugárzása több nagyságrenddel megnőhet. Ezek a Föld felső légkörét felmelegítik, felfújják, ezért a mesterséges holdak jobban fékeződnek ilyenkor. A Nap ibolyántúli sugárzása hozza létre az ionoszférát, amely a rövidhullámú rádióadásban játszik fontos szerepet, a távoli rádióadások erről visszaverődve jutnak el hozzánk. A fler idején megnövekedett ionizáció miatt megnövekedik az elnyelés, emiatt zavar állhat be a rádióvételben. Ezek a hatások egyidejűleg a távcsővel megfigyelt flerrel. A napszélbe befogódott korona-buboréknak viszont idő kell, míg megteszi a Nap-Föld 150 millió km távolságot, ráadásul nem is teljesen egyenes úton terjed, így 1-2 nap után éri el a Föld magnetoszféráját. A kölcsönhatás nagyrészt attól függ, hogy a részecskefelhő által hordozott mágneses tér iránya egybeesik-e a földmágneses térével. Ha igen, akkor a részecskék nem nagyon zavarják meg a magnetoszférát. Ha viszont a részecskefelhő mágneses tere ellentétes irányú, akkor itt is bekövetkezik a kölcsönhatás, energiafelszabadulás, és a Napból származó részecskék bejutnak a Föld környezetébe, megzavarják a mágneses terét, mágneses vihart hoznak létre. A nagyenergiájú részecskék veszélyeztetik az űrhajósok egészségét (árnyékolt helyiségbe kell vonulniuk), a keringő műholdak műszereit, amelyektől egyre jobban függünk (távközlés, GPS). A földmágneses tér ingadozásai mi-



10. kép. Az „állatorvosi Nap”, az SDO képeiből összeállított montázs 2012 második felének néhány napfoltcsoportjának naponként délből készült felvételeiből. Látható a foltcsoportok fejlődése, és a Nap forgástengelyének ferdesége. Az egyes napfoltcsoportok megfigyelési dátumai, felülről (észak) lefelé (dél): 11543 – 2012. aug. 7-19., 11591 – okt. 12-24., 11560 – aug. 29-szept. 7. és 11504 – jún. 9-20., minden nap 12:00 világidőkor (NASA SDO)

att indukált áramok pedig megzavarhatják a póluskörnyéki országok elektromos rendszereit (egyszer Kanada keleti felében félnapos hálózatkimaradást okozva), vagy megnövelik a hosszú földalatti csővezetékek korrózióját. A hatások tisztázása után azonban ma már a mérnökök a védekezésre is gondolnak.

A Nap megfigyelését az utóbbi évtizedekben az űrszondák is nagyban segítik. A SOHO nevű nagy napkutató szonda a Nap és a Föld közti egyensúlyi pont környezetében kering, 1,5 millió kilométerre a Földtől. Mivel nem földkörüli pályán van, állandóan figyeli a Napot, sosem kerül a Föld árnyékába. Megfigyelései néhány óra feldolgozás után azonnal az internetre kerülnek. Bár a SOHO nagyon eredményesnek bizonyult, képérzékelői mindössze 1024x1024 képpont nagyságúak, ami kb. 2 ívmásodpercnél felel meg. 2010-ben bocsátotta föl a NASA a Solar Dynamics Observatory-t (SDO), ami a napfizikusok Hubble űrtávcsövének felel meg. Ennek képérzékelői már 4096x4096 képpontosak, tehát a földfelszínről alig elérhető fél ívmásodperc részletességű képeket készítenek, kétszer annyi hullámhosszon, mint a SOHO. Ez azért fontos, mert a fotoszféra, az ott található mágneses terek és a kromoszféra mellett a napkorona nagyon különböző hőmérsékletű helyeit tudja megfigyelni. Bár a mostani naptevékenységi ciklus aktivitása nem túl nagy, azért számos érdekesebb napfoltcsoportot össze lehetett gyűjteni az SDO megfigyeléseiből 2012 második feléből, valamint az utolsó negyedév legnagyobb flerjének fényképét is, a Nap légkörének különböző rétegeit ábrázoló képeken.

A cikk címében feltett kérdésre az válaszolható, hogy lehetséges, de nem valószínű, hogy már túl is vagyunk rajta, biztosat majd valamikor 2014-15 táján lehet mondani. Ámbar a Nap mindig kész valamilyen meglepetéssel szolgálni, ez a szépsége a kutatómunkának. ☘