

Koniec predĺženého minima medzi 23. a 24. slnečným cyklom

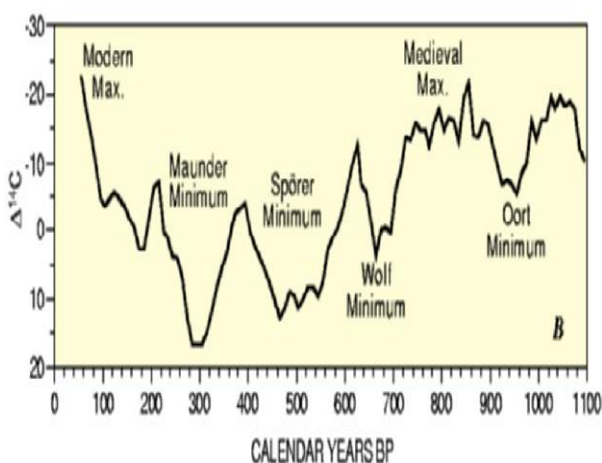
L. Pastorek, Slovenská ústredná hviezdáreň, Hurbanovo,
ladislav.pastorek @suh.sk

Abstrakt :

Príspevok nadväzuje na prácu „Slnečná aktivita v minulosti a prognóza pre 21. storočie“ z predchádzajúceho slnečného seminára. Dnes už môžeme povedať, že v slnečnej aktivite k žiadnemu dlhodobému extrému Maunderovho typu nedošlo. V druhej polovine r. 2010 sa Slnko naozaj „zobudilo“ z tohto nezvyčajne dlhého minima a aktivita nového 24. cyklu dodnes postupne narastá. Na základe meraní magnetických polarít škvŕn v bipolárnych oblastiach a vlastných každodenných pozorovaní fotosféry sme stanovili dĺžku 23. slnečného cyklu na 12,5 roka. Možno povedať, že naša prognóza o 12 -14 ročných slnečných cykloch sa už v jednom prípade potvrdila.

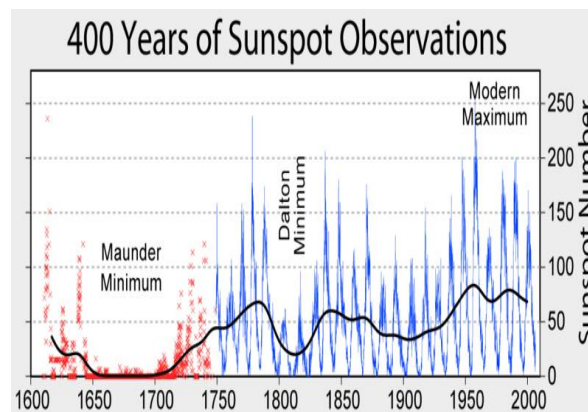
ÚVOD

Príspevok nadväzuje na prácu „Slnečná aktivita v minulosti a prognóza pre 21. storočie“, ktorú sme prezentovali na minulom slnečnom seminári. V nej sme študovali chod slnečnej aktivity v minulosti na základe nasledovných javov : výskyt *polárnych žiar* (aurora borealis a aurora australis), *tvar slnečnej koróny*, pomer *izotopu ^{14}C* v letokruhoch stromov, záznamy o *klimatických zmenách*, *fyzikálne štatistické parametre* slnečných škvŕn, *pohyby Slnka okolo barycentra* (ťažiska) planetárnej sústavy, ročné hodnoty *Wolfvho čísla slnečných škvŕn*, ktoré sú



Obr.č.1: chod slnečnej aktivity vykázaný na základe izotopu ^{14}C . Ak existuje 900 ročná perióda tak vidíme jej dve maxima (stredoveké a začiatok moderného) medzi ktorými sa nachádzajú štyri minima 180 ročnej periódy : Wolfovo, Spörerovo (stredoveké), Maunderovo a Daltonovo (Sabinovo) minimum

známe od r. 1700, **pozorovania slnečných škvŕn voľným okom** - staré čínske pozorovania pokrývajúce obdobie asi 2000 rokov a pozorovania z Kórei a z Japonska, ktoré obsahuje tzv. Kandov katalóg. Chod slnečnej aktivity v minulosti je znázornený na obrázkoch č. 1 a 2.



Obr.č 2: časový priebeh relatívneho čísla slnečných škvŕn za obdobie odkedy sa slnečné škvŕny pozorujú d'alekohľadom. Už posledné Daltonovo minimum 180 ročného cyklu bolo slabšie a kratšie ako predchádzajúce minima a budúce minimum (2000 - 2030) by malo byť ešte miernejšie a kratšie.

Zo zákonitostí nájdených v dlhodobom časovom chode slnečnej aktivity sme vyvodili na 21. storočie asi nasledovnú hrubú prognózu:

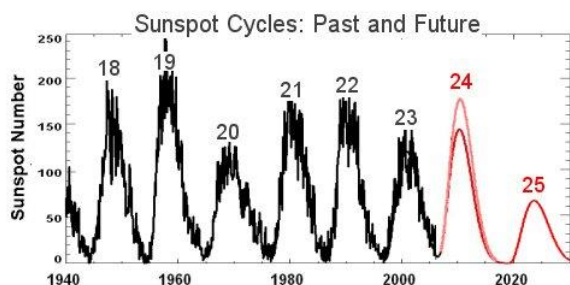
Ak skutočne existuje 850 – 900 ročná perióda tak v druhej polovine tohto storočia by malo byť maximum cyklu. V prvej polovine storočia by mala byť nízka slnečná aktivita , minimum 180 resp. 80 ročnej periódy, jej úroveň síce nevieme predpovedať ale

aktivita by nemala klesnúť na úroveň Maunderovho minima. V tomto období by mali byť dlhé 12 –14 ročné cykly s nevýraznými maximami.

PREDĹŽENÉ MINIMUM

V tom čase sme ešte nevedeli, či sa už 23. Slnčný cyklus ukončil a či sa už nový 24. cyklus začal. Často sme si kládli otázku, či sa jedná o bežný prechod cez minimum medzi dvomi slnečnými cyklami alebo sa deje niečo nezvyčajné napr. či nezačína nejaké dlhšie minimum - **dlhodobý extrém Maunderovho typu** –

aj napriek tomu, že na základe dlhodobých pozorovaní (aj rôznych odborných prognóz) by amplitúda nasledujúceho slnečného cyklu mala prevýšiť amplitúdy predošlých cyklov. Bolo publikovaných množstvo odhadov priebehu 24. slnečného cyklu (na obrázku č. 3 je prognóza NASA 2006), pričom niektoré udávali čas maxima cyklu už v polovici roku 2009. Ako sa neskôr ukázalo tieto prognózy boli mylné a autori ich postupne korigovali.



Obr. č. 3: Prognóza NASA 2006

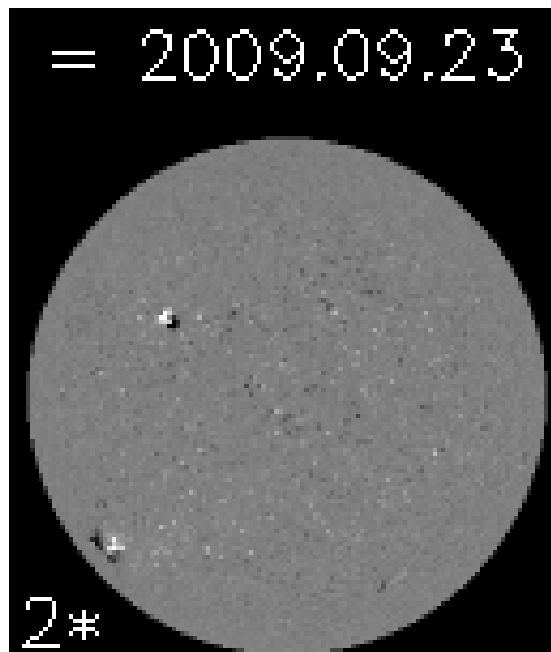
Toto nezvyčajné **predĺžené minimum** slnečnej aktivity (počas rokov 2007 -2009) sa prejavilo aj v množstve celkovo vyžiarenej slnečnej energie či vo forme častíc (slnečný vietor) alebo žiarenia (napr. UV žiarenie). Okrem iného to dokumentujú aj nasledovné dva prípady.

Výrazný pokles intenzity slnečného UV žiarenia spôsobil stenčenie a rednutie najvrchnejšej vrstvy našej atmosféry tzv. termosféry (od 90 do 500 km nad povrchom Zeme). Počas posledného minima klesla jeho hustota 30% pod normál a je tenšia ako kedykoľvek počas posledných 43 rokov čo je doba jej monitorovania satelitmi.

Rôzne družice a pozemské neutrónové stanice namerali zvýšenú úroveň kozmického žiarenia (= energetické častice neslniečného pôvodu) a objavili sa články o „kozmickej búrke“ v heliosfére.

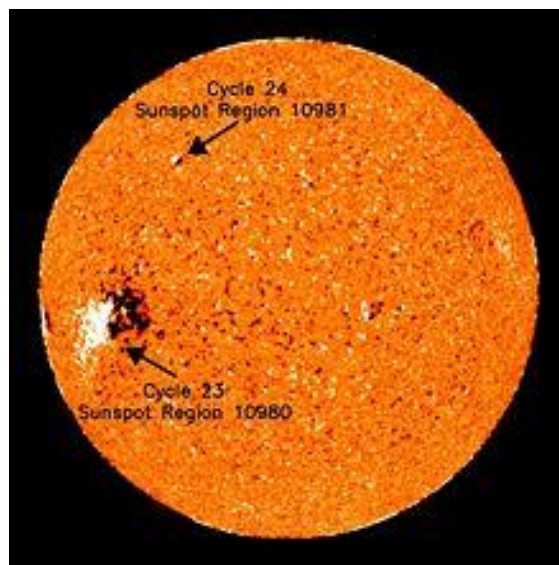
V druhej polovine roku 2009 sa na obidvoch pologuliach Slnka vyskytli také bipolárne skupiny škvrn, že sme podľa magnetickej polarít vedúcej a záverečnej škvrny týchto skupín mohli jednoznačne prehlásiť, že sú to **škvrny nového 11 ročného slnečného cyklu** resp. došlo k výmene polarít na jednotlivých pologuliach Slnka v rámci 22 ročného magnetického cyklu.

Na magnetograme 23. 09. 2009 (obr. č.4) vidieť dve aktívne oblasti, nachádzajúce sa na východnej hemisfére. V 24. cykle je na severnej pologuli Slnka vedúcou polaritou záporná (čierna), na južnej pologuli je to opačne.



Obr.č.4: Magnetogram zo dňa 23. 09. 2009

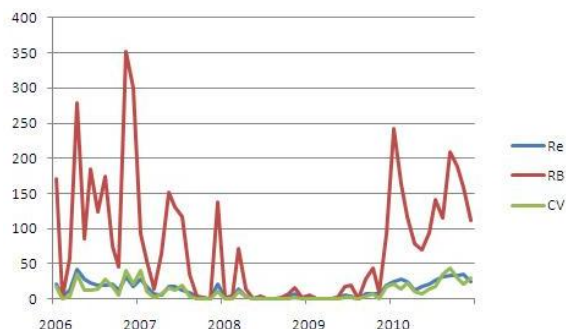
Odvtedy je takáto orientácia polarít magnetického poľa v bipolárnych skupinách škvrn zachovalá a nedošlo k situácii ako v roku 2008 keď sa po januárovom preorientovaní polarít opäť objavila orientácia charakteristická pre predchádzajúci 23. slnečný cyklus a na obidvoch pologuliach Slnka mala vedúca škvrna rovnakú polaritu. Škvrny pozorované 4. januára 2008 označili za prvé škvrny nového 24. slnečného cyklu.



Obr.č.5: Magnetogram zo dňa 04. 01. 2008

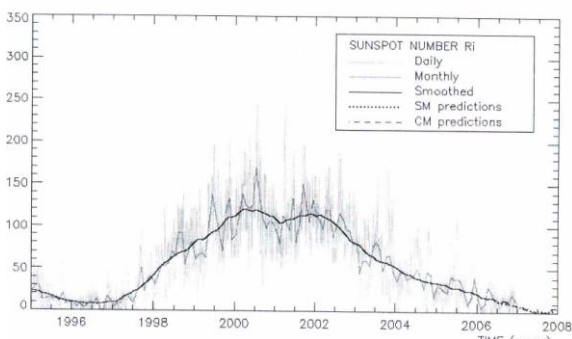
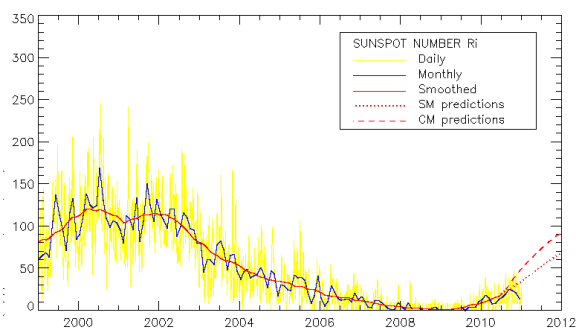
KOLKO ROČNÝ BOL 23. SLNEČNÝ CYKLUS ?

Na základe týchto magnetických pozorovaní a vlastných každodenných pozorovaní slnečných škvrn (ich grafické spracovanie je na obr.6) sme mohli toto predĺžené minimum ukončiť a určiť dĺžku 23. slnečného cyklu.



Obr.č.6: Pribeh slnečnej aktivity v rokoch predĺženého minima a začiatok 24. slnečného cyklu sledovaný na troch indexoch (relatívne číslo R ,klasifikačná hodnota CV a Beckovo číslo RBk), ktoré vyjadrujú škrvnotvornú aktivitu Slnka.

Výsledky našich pozorovaní posielame do medzinárodného centra S.I.D.C. (Solar Influences Data analysis Center ; Royal Observatory of Belgium) v Bruseli, ktoré vydáva medzinárodné relatívne číslo Ri (obr.č.7).



Obr.č.7: Časový priebeh medzinárodného relatívneho čísla Ri.

Ako vidieť aj z grafov na obr.č.6 a 7) cyklus končil asi začiatkom roku 2009.

Ak za jeho začiatok pokladáme polovinu roka 1996 tak

trval zhruba 12,5 roka.

Možno teda povedať, že naša úvodná prognóza o 12 – 14 ročných slnečných cykloch sa už v prípade aspoň jedného cyklu potvrdila.

Ohľadom dĺžky 23. slnečného cyklu bolo publikovaných niekoľko rôznych prác, napr. J. Jansen z belgickej slnečnej sekcie podrobnou analýzou rôznych kriviek slnečnej aktivity určil jeho dĺžku na 13.6 rokov. Vynára sa nám teda otázka či nedochádza ku zmene dĺžky slnečného cyklu ?

I. Charvátová, J. Střeščík (9. CSS,1988) vykázali, že v 18. a 20. storočí prevládali krátke slnečné cykly (10 ročné), zatiaľ čo v 19. storočí (v období nízkej slnečnej aktivity) prevládajú cykly dlhšie (12 – 14 rokov)

Slneční fyzici zatiaľ nie sú jednotní ani v dĺžke cyklu ani v príčinách ktoré toto predĺžené minimum vyvolali.

Napr. výskumný tím okolo dr. Dikpaty z Hight Altitude Observatory, Boulder, Colorado to pripisuje mohutnému toku plamy, tzv. **prepravný pás** (conveyor belt), ktorý cirkuluje pod slnečným povrchom a v 23. cykle dosiahol až slnečné póly. V predchádzajúcich cykloch tento tok končil pri 60° heliografickej šírky. Podľa nich je 23. cyklus výnimkou a pre nový 24. cyklus predpovedajú normálne trvanie okolo 10,5 roka.

Slneční fyzici z Národného slnečného observatória (NSO) v arizonskom Tuscone zas zistili, že **migrácia** (premiestňovanie sa zo stredných širok smerom k rovníku i k pólom) tzv. **torzných oscilácií** (prúdy plazmy pohybujúce sa z východu na západ) sa spomalila v porovnaní s predchádzajúcim slnečným cyklom, pričom narastajúci čas je v zhode s predlžujúcim sa minimumom.

Angličan Steve Tobias z univerzity v Leedsi upozornil na to, že **zmeny v diferenciálnej rotácii** Slnka (rôzne rýchlosti rotácie slnečnej atmosféry v šírkach i hĺbkach) môžu slnečné dynamo oslabiť až tak, že v istom čase tvorba aktívnych oblastí jednoducho utíchne – nastane minimum typu Maunderovho.

L. Pastorek a Z. Vörös (16. CSS 2002) použitím nelineárnych metód pri analýze 150 ročného časového radu denných hodnôt relatívneho čísla slnečných škvŕn ukázali na **energetickú väzbu medzi 11 ročnou cykličnosťou tohto radu a fluktuáciami na nižších periódach**. Teda slnečný cyklus je pravdepodobne modulovaný aktivitou na rozsahu 1 – 8 rokov.

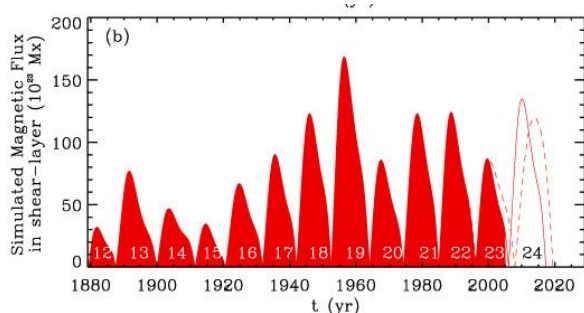
Vzniknutá situácia nastolila otázku či slneční fyzici rozumejú procesom prebiehajúcim vo vnútri Slnka (teórie slnečného dynamo). Isté je, že nemáme spoľahlivú metódu na predpoveď priebehu slnečného cyklu a niektorí autori celkom sponchybnujú **existenciu permanentnej príčiny** cyklickej zmeny úrovne slnečnej aktivity, tvrdiac, že cyklus má všetky znaky **náhodného procesu**.

AKÝ BUDE 24. SLNEČNÝ CYKLUS ?

Aj napriek vyššie spomínaným neistotám bolo ohľadom priebehu 24. slnečného cyklu publikovaných mnoho prognóz, pričom tie novšie pre čas maxima udávajú termíny od októbra 2011 do augusta 2013. Na záver uveďme dve navzájom protirečivé prognózy.

Autorom prvej prognózy je už spomínaný tím okolo Dr. Dikpaty, ktorý publikoval NCAR predpoveď (obr.č.8)

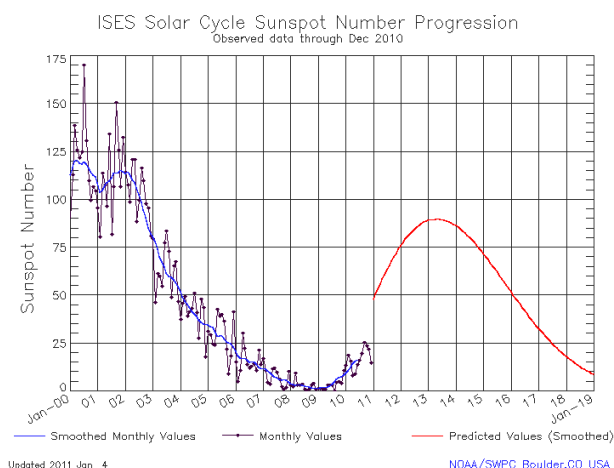
s normálnou dĺžkou 24. cyklu a s tým, že **aktivita cyklu bude o 35 - 50% mohutnejšia** ako aktivita predošlého cyklu.



Obr.č.8: Prognóza NCAR pre 24. slnečný cyklus.

Za „najoficiálnejšie“ pokladané NOAA/*Space Weather Prediction Center* skorigovalo svoju predpoveď z roku 2008 a v decembrovej predpovedi roku 2010 udáva pre 24. cyklus nasledovné:

minimum: december 2008, maximum: máj 2013, R v maxime okolo 90



Obr. č.9: Prognóza od NOAA/SWPC

Druhá prognóza teda očakáva zníženú aktivitu oproti predošlému cyklu. O dĺžke cyklu sa síce nezmieňuje, ale z jej grafu to vyzerá na dlhší cyklus.

To, aký bude 24. slnečný cyklus a či sa naplní naša prognóza a naozaj budú 12 –14 ročné cykly s nevýraznými maximami, ukáže až budúcnosť.

LITERATÚRA

- Eddy, J. A. : 1 977 The Case of the Missing Sunspots. Scientific American, 5.
Charvátová I., Střeštík J. : 1988 Zborník referátov z 9. celoštátneho Seminára, p. 125
Pastorek L., Vörös Z.,: 2002 Zborník referátov z 16. celoštátneho Seminára, p. 88