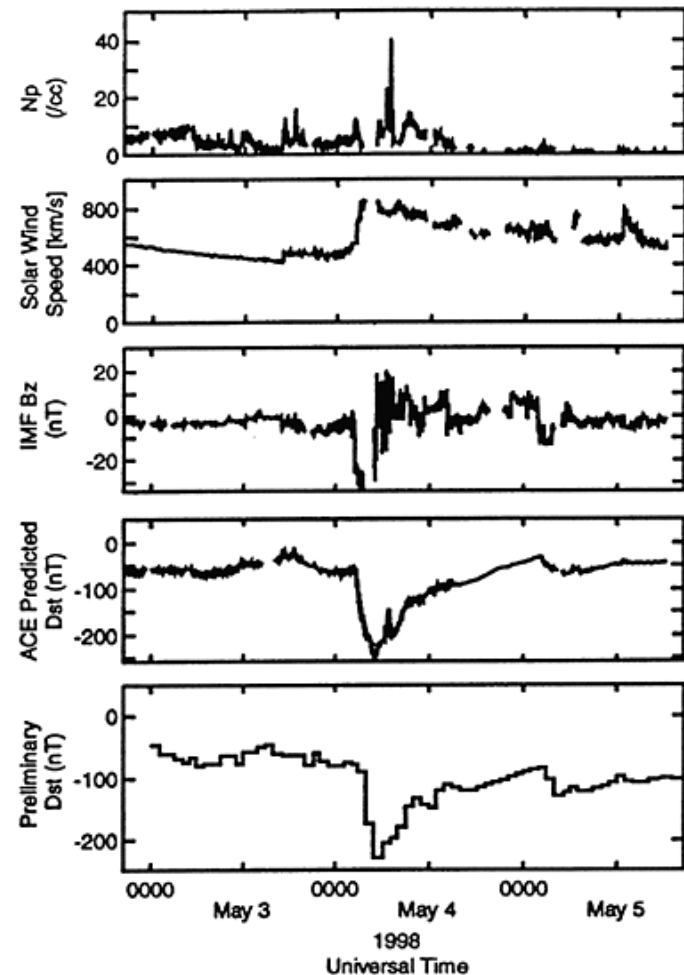


Kosmické počasí, předpovědi aktivity

Michal Švanda
Sluneční fyzika LS 2014/2015

Kosmické počasí

- Perspektivní obor
 - Hodně peněz
 - „Aplikovaná sluneční fyzika“
- Sledování stavu IMF v okolí Země
- Geomagnetické bouře
- Polární záře
- Ionosférické poruchy
- Poruchy elektroniky
- Poruchy dálkových vedení



Kosmické počasí



Scénář eruptivní události

1. Vysokoenergetické elektromagnetické záření

- ▣ RTG a gama
- ▣ Ionizuje atmosféru, poruchy komunikací a GPS
- ▣ Osm a půl minuty po erupci

2. Protonová bouře

- ▣ Nebezpečná pro astronauty, zvyšuje radiační zátěž pilotů atd.
- ▣ Diferenciální nabíjení družic
- ▣ 23 minut až dvě hodiny

3. Koronální ejekce hmoty

- ▣ Poruchy magnetosféry
- ▣ Výpadky družic, výpadky sítí
- ▣ 20 hodin až tři dny

Polární záře

- Výsledek interakce částic slunečního větru s atomy a molekulami v atmosféře (srážková excitace)
 - Velký příkon, až 600 GW
- Nejčastěji v okolí polárních kruhů
- Probíhají téměř symetricky na jižní a severní polokouli
- Naprosto neškodné, ruší krátkovlnné spojení, umožňuje spojení dlouhovlnné



24. 9. 2006, British Columbia, Kanada

Dopady aktivity na Zemi

- Vznik napětí na dlouhých vedeních
 - Rozpad energetických sítí
 - Koroze ropovodů
- Ovlivnění rádiového spojení
 - Letecký provoz!
- Navigace
 - Těžební plošiny
 - Radiomajáky
- Falešné signály
- Elektronika
- Poškození kosmických družic
- Zvýšené radiační riziko pro kosmonauty, piloty, letušky
- Potenciální nebezpečí pro kybernetické implantáty
- Lidé citlivější na změny magnetického pole
 - Ale co NMR vyšetření?
- Ztráta orientace zvířat
 - Holubi (testováno!), delfíni, velryby

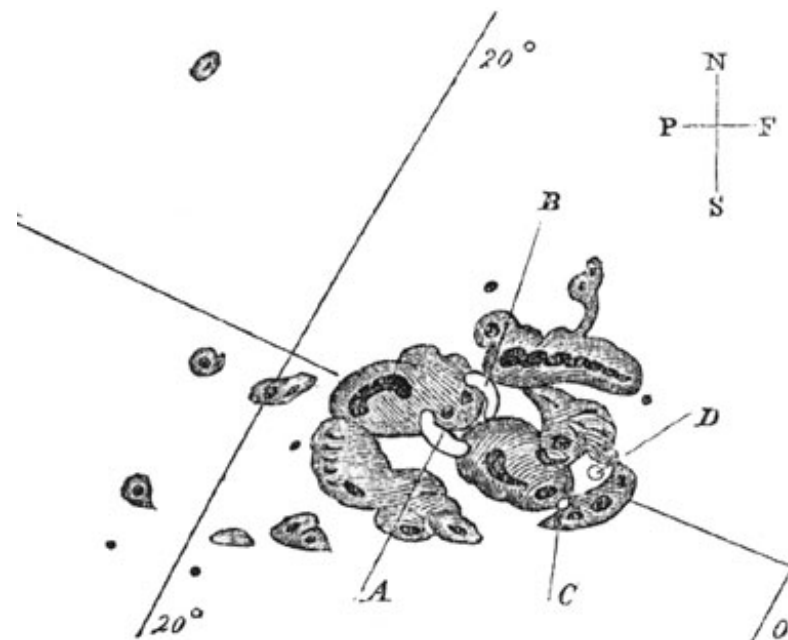


Doložené historické události

Když sluneční aktivita způsobila škody na majetku nebo alespoň zanechala otisk v novinách

Carrington Event (supereruption)

- První historicky doložená erupce z 1. 9. 1859
- Geomagnetická bouře následující dva dny.
- Polární záře až v Karibiku, horníci ve Skalistých horách snídali v domněnání, že je ráno, bylo možné číst noviny
- Výpadek telegrafního spojení, popálení operátorů, některé linky posílaly falešné zprávy i bez napájení
- Dst index -1760 nT

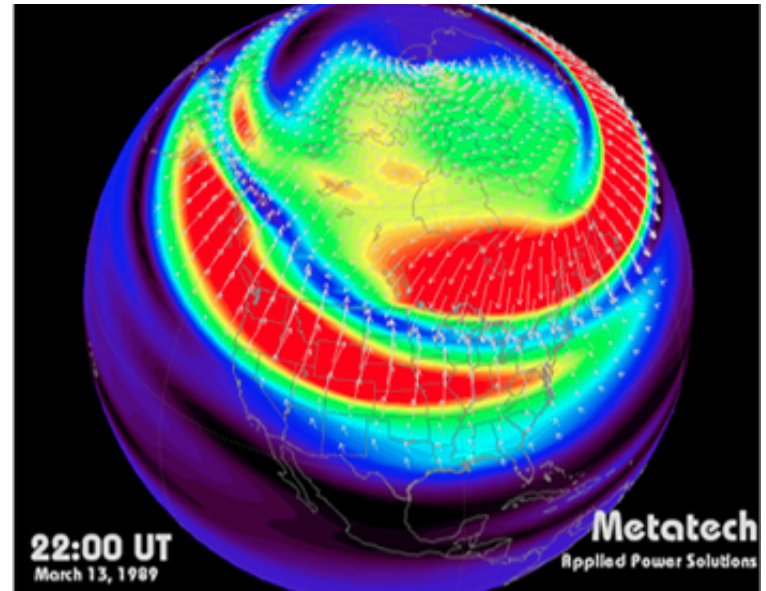


1921

- Geomagnetická bouře vyřadila 13. května 1921 městskou železnici v New Yorku.
 - Zřejmě od telegrafního vedení vyhořela kontrolní věž
- Kompletní výpadek telegrafní sítě na východě USA
- Rozsáhlé poruchy (“vyhořelá elektronika”) telefonní sítě ve Švédsku
- Poruchy transkontinentálních kabelů

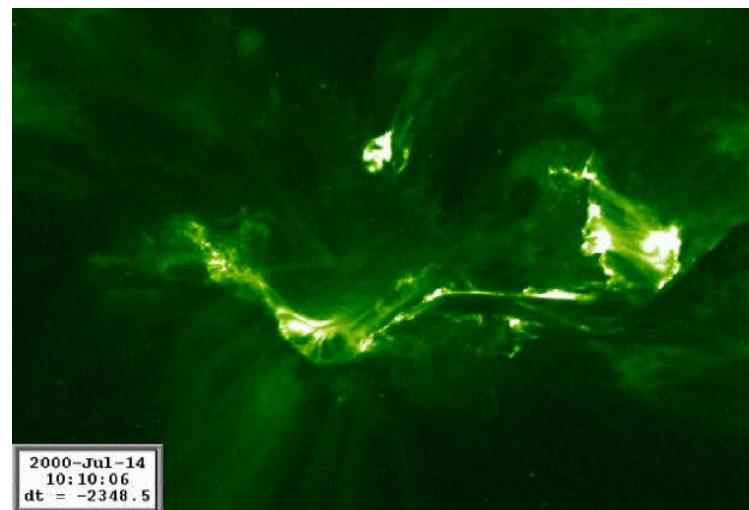
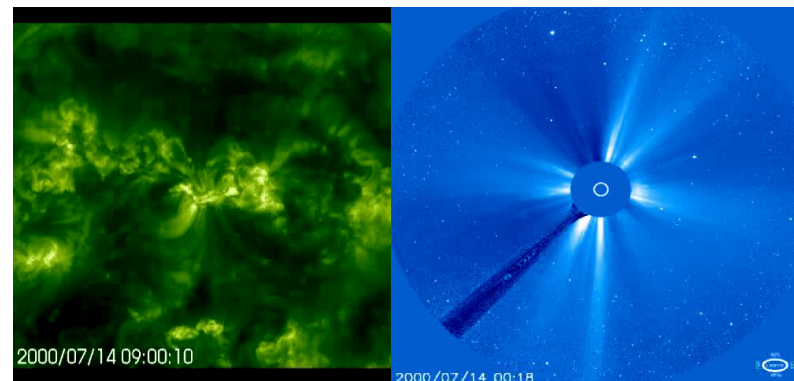
Québec Blackout

- 13. březen 1989 rozsáhlá geomagnetická bouře jako výsledek série erupcí a CME
- Rozpad energetické sítě v Québecu, kompletní blackout trval 9 hodin
 - Izolující kamenné podloží
 - Rozpad trval řádově sekundy
 - Vyhořelo několik transformátorů
 - Celkové škody \$6 milionů
- Vyhořelý 500 kV transformátor v New Jersey
- Dva vyhořelé 400 kV transformátory ve Velké Británii



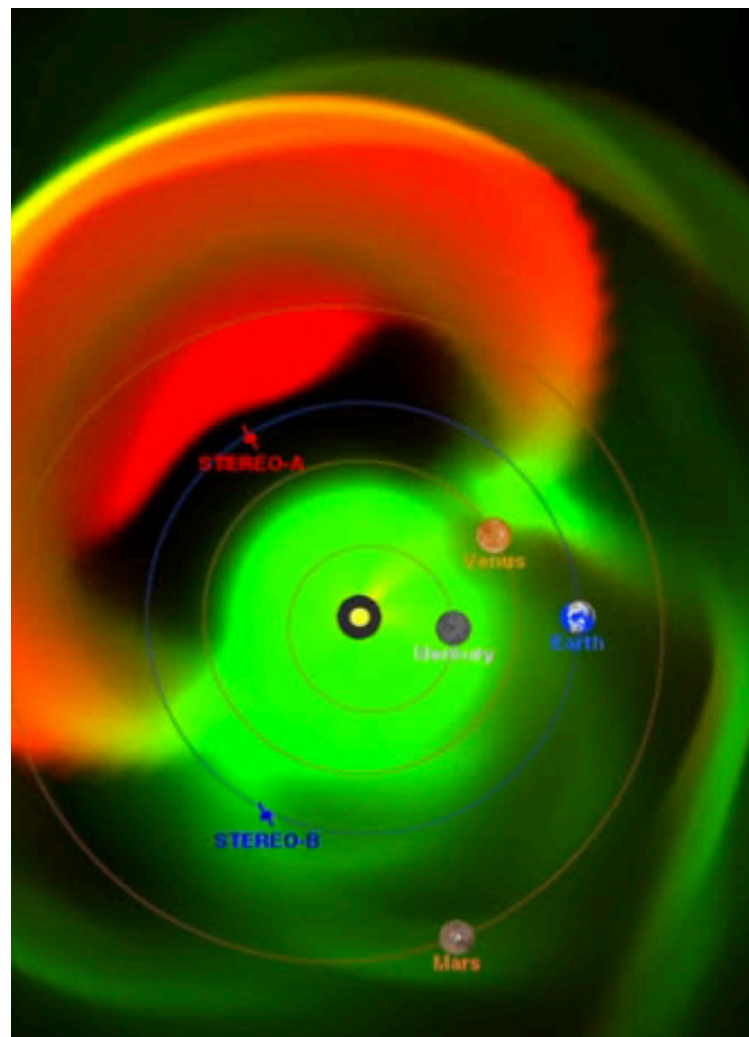
Bastille Day Event

- Erupce třídy X5 14. 7. 2000
 - Protonová erupce
 - Na středu disku, tedy dobře sledovaná
 - Naprosto zahltila EIT@SOHO a udělala měření nepoužitelnými
- Doprovázena geomagnetickou bouří 15.-17.7.
- Dozvuky koronální ejekce hmoty detekovány přístroji na Voyager 1 a Voyager 2



23. 7. 2012

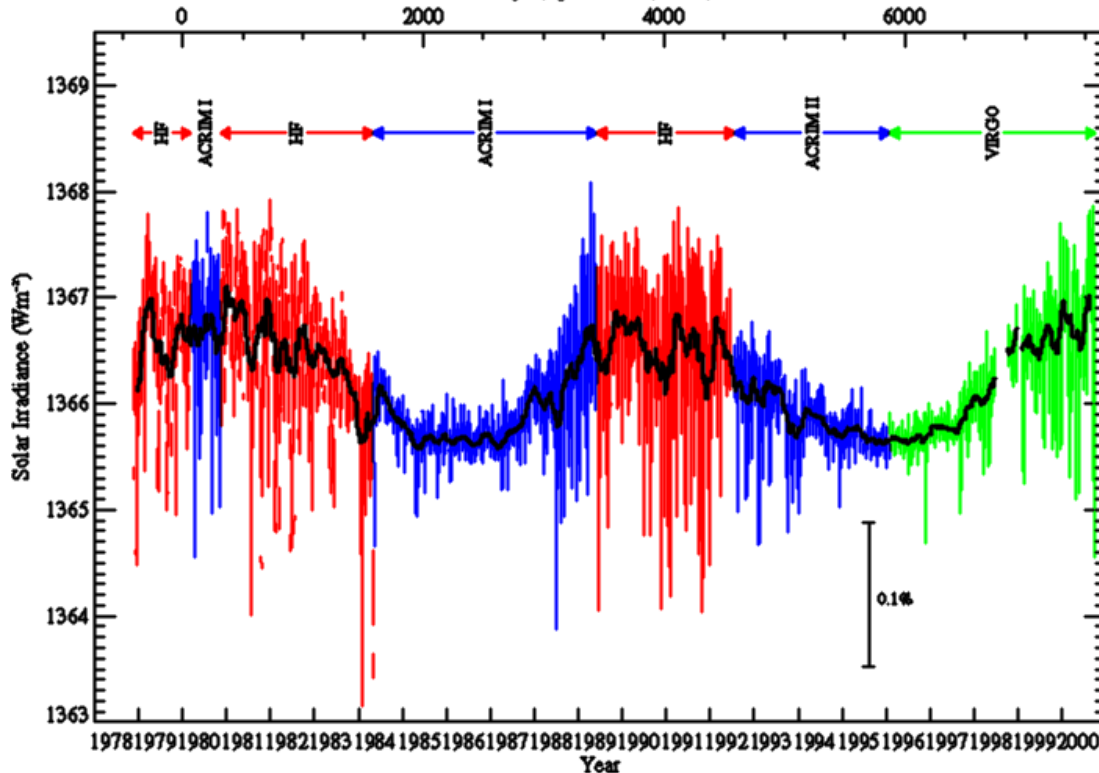
- Erupce na odvrácené straně Slunce (tedy síla neznámá)
- Mohutná CME, zasáhla satelit STEREO A
 - Ve skutečnosti dvě CME s odstupem 15 minut, oblast “vyčištěna” jinou CME před čtyřmi dny
 - 2900 km/s (!)
- Odhadnuta geoefektivita – DST ~ -1200 nT
- Odhadnuty škody:
 - 2 biliony dolarů (20x Katrina)





Změna celkového toku

Total Solar Irradiance Data (referred to SARR via ACRIM-II)
Days (Epoch Jan 0, 1980)



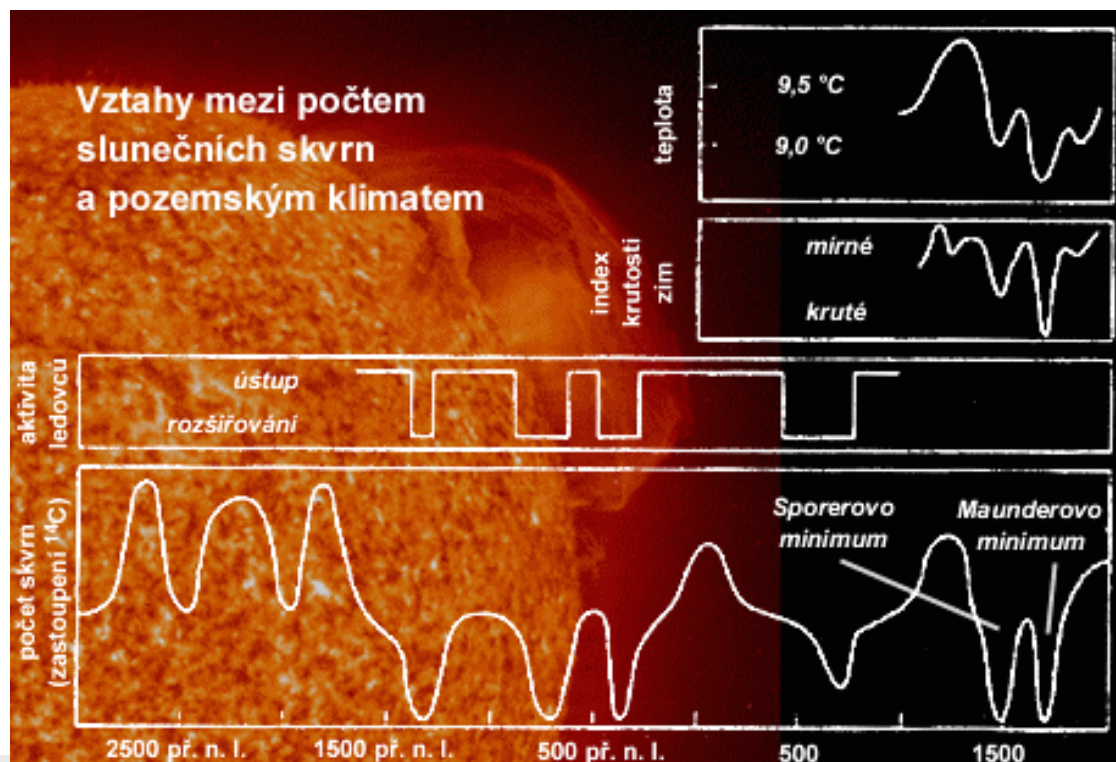
- Skvrny – pokles jasů $\sim 0,1\%$
- Fakule – zjasnění o $\sim 0,1\%$
- Fakule – na plochu cca 4× více než skvrn
 - maximum = vyšší příkon záření
- Sluneční konstanta $\sim 1366 \text{ W m}^{-2}$

Další periody aktivity

- Gleissbergův cyklus
 - 87 let, modulace amplitudy cyklu
- De Vriesův
 - 205 let
- Hallstattův
 - 2300 let
- Erupční perioda
 - 140—170 (154) dní
- Silná perioda ~ 27 dní!
- + aperiodická složka
- Periody nemají fyzikální základ, nereprodukuje se v modelech

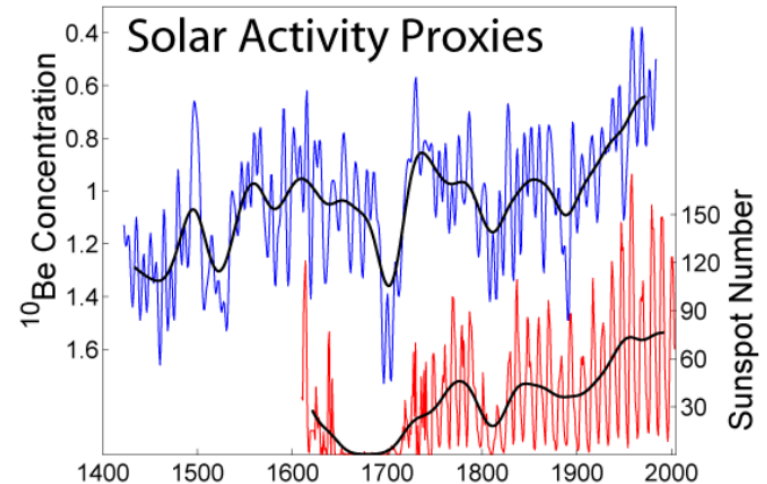
Souvislost s klimatem

- 10.–13. století: teplé klima, Grónsko – zemědělská kolonie (Green-land)
- 13. století: ochlazování
- 1645–1715: Malá doba ledová (Maunderovo minimum)

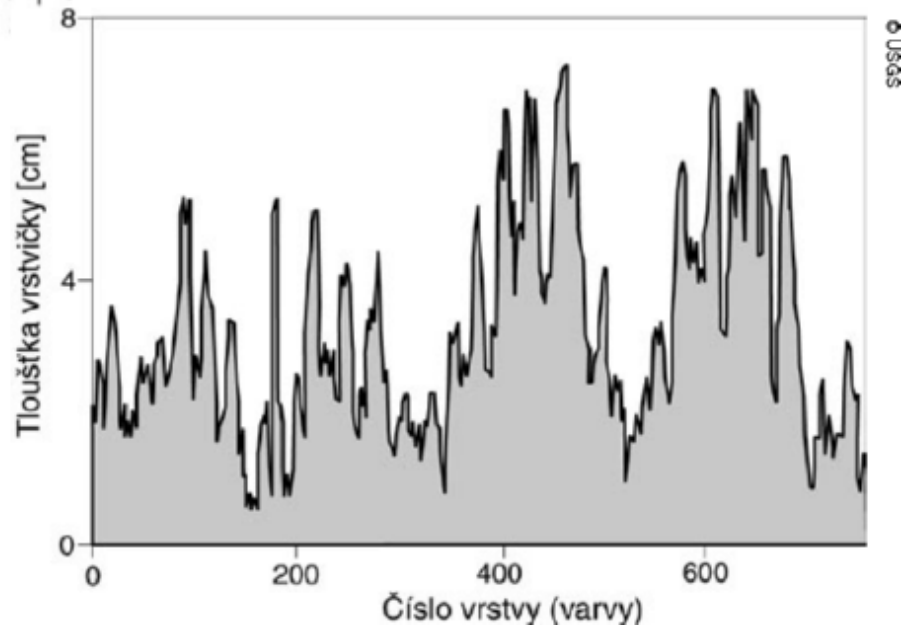
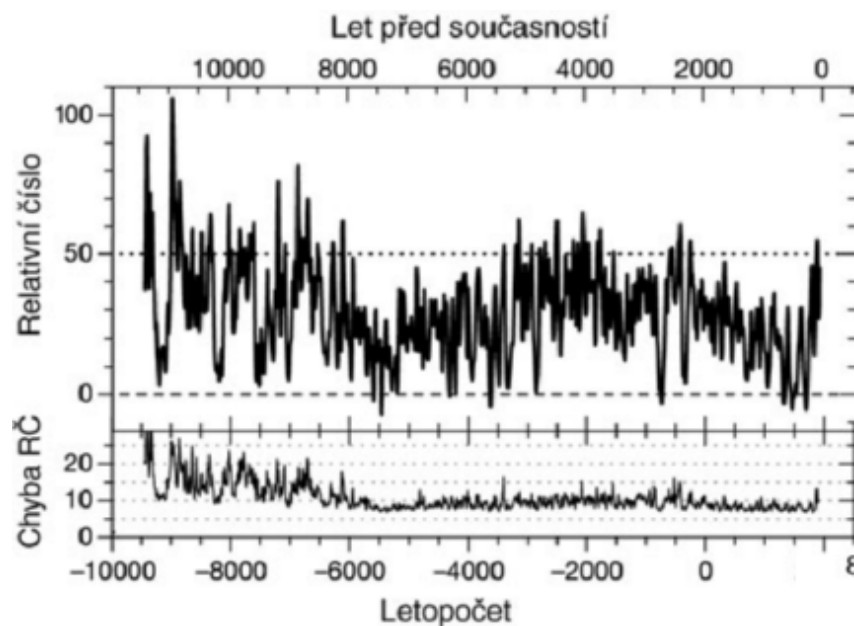


Proxy sluneční aktivity (^{14}C)

- ^{14}C , izotopy Be: kosmogenní prvky
- Zřejmě galaktický původ, při zvýšené sluneční aktivitě ztrácí energii a jejich pronikavost do zemské magnetosféry je menší
- Vyšší aktivita = méně ^{14}C
- Izotopy lze nalézt v ledovcích, letokruzích stromů
- Geologické vrstvy mapující obecně klimatickou teplotu



Dlouhodobá periodicitita



Metody předpovědí aktivity

▣ Předpovědi aktivity

- ▣ Krátkodobé – extrapolace založené na zkušenosti, „pozorování“ odvrácené strany

- ▣ Úspěšnost ~ 85 % na týden

▣ Dlouhodobé

- ▣ Matematická funkce modelující vývoj indexu aktivity

- ▣ Předpověď = extrapolace

- ▣ Fyzikální model beroucí principy, kalibruje se na pozorování

- ▣ Předpověď = vývoj modelu do budoucna

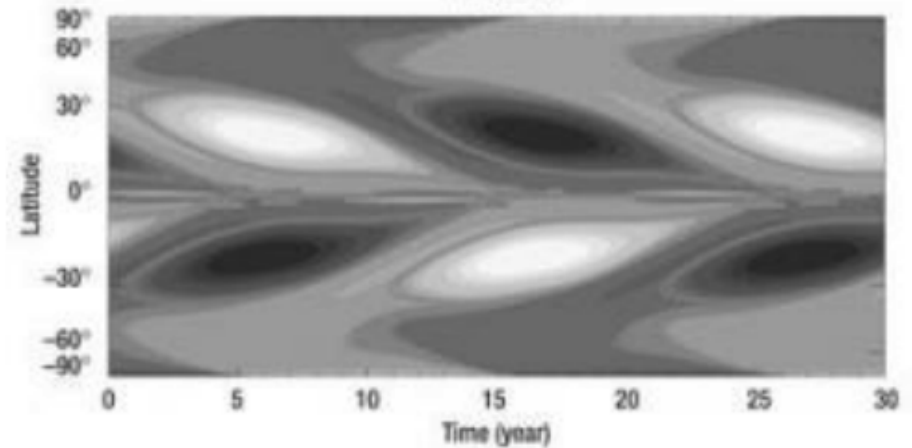
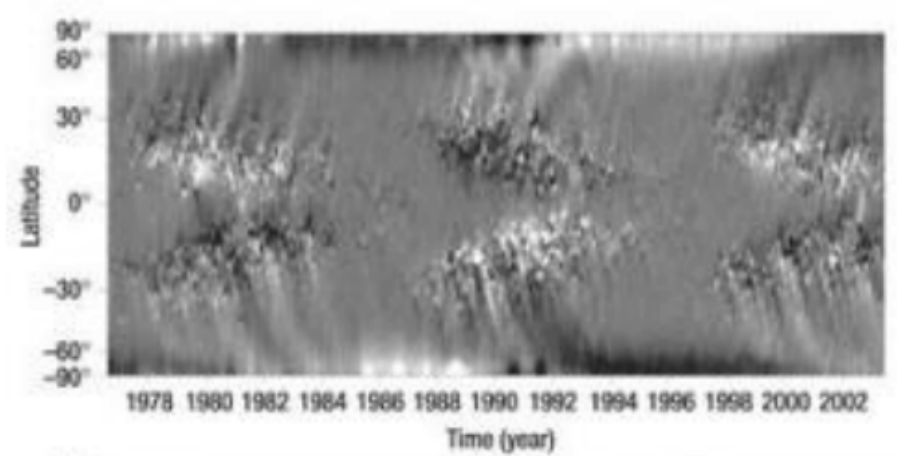
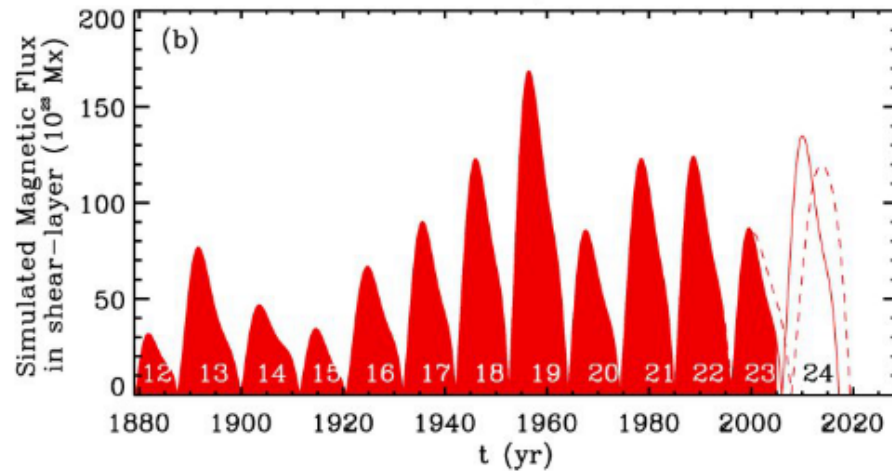
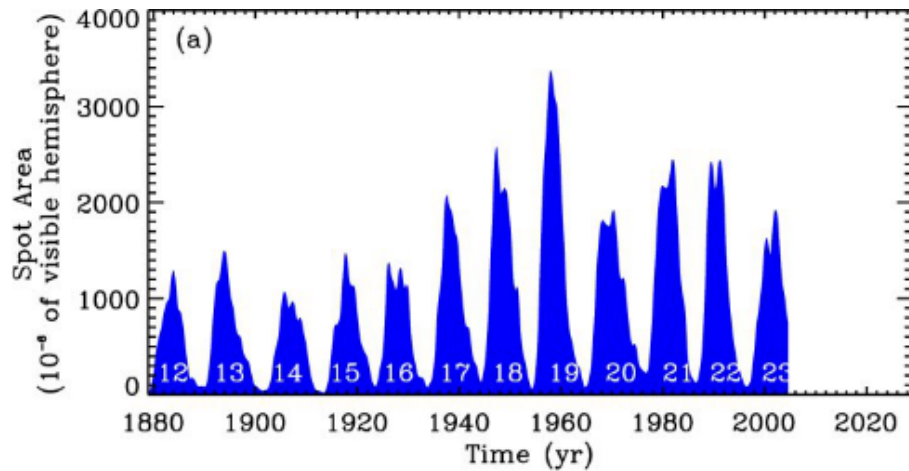
▣ Sluneční aktivita ovlivňuje techniku – z důvodu plánování je nutné mít alespoň odhad

- ▣ NASA a plánování misí a pobytů ve volném kosmu

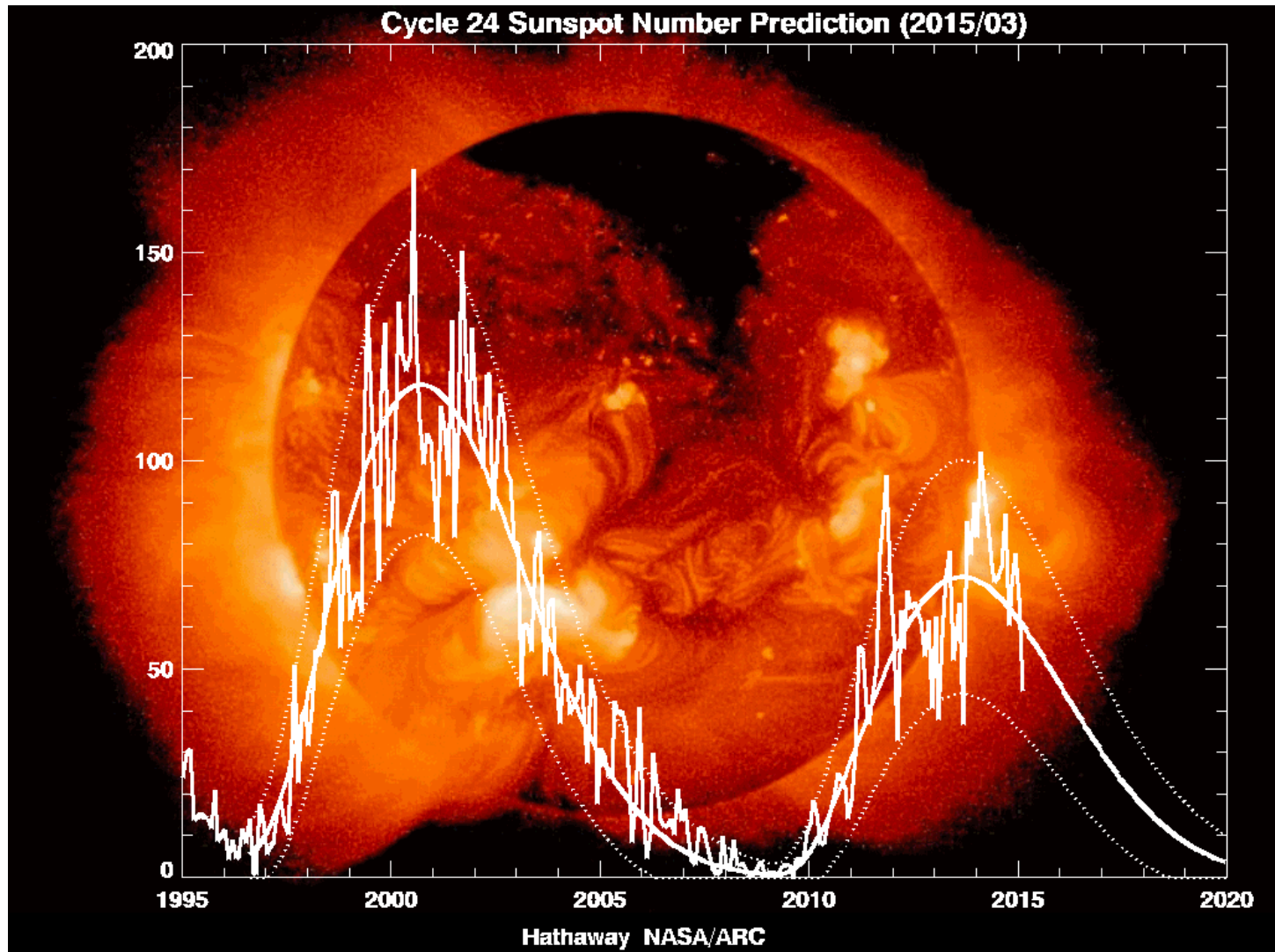
- ▣ Energie – ostražitost před výpadky

- ▣ Družice – možné poruchy, přechod do bezpečného režimu

Kalibrovaný flux–transport model (Dikpati et al.)



A realita?





Naprostý konec