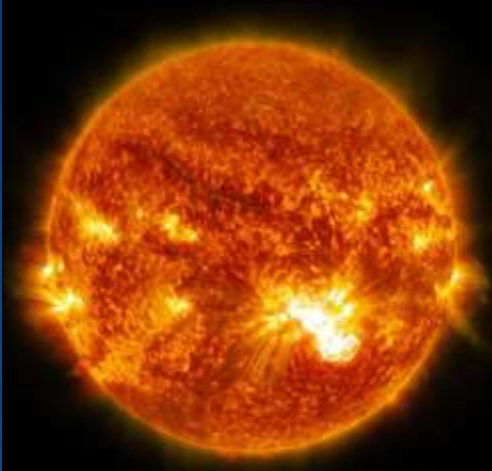


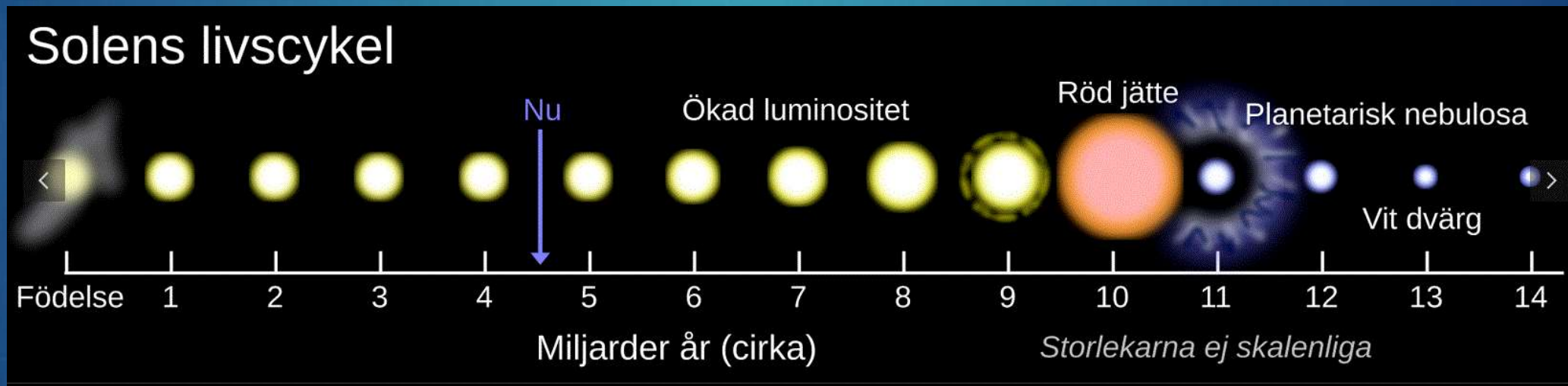
Space Weather

Och hur det påverkar oss som radioamatörer

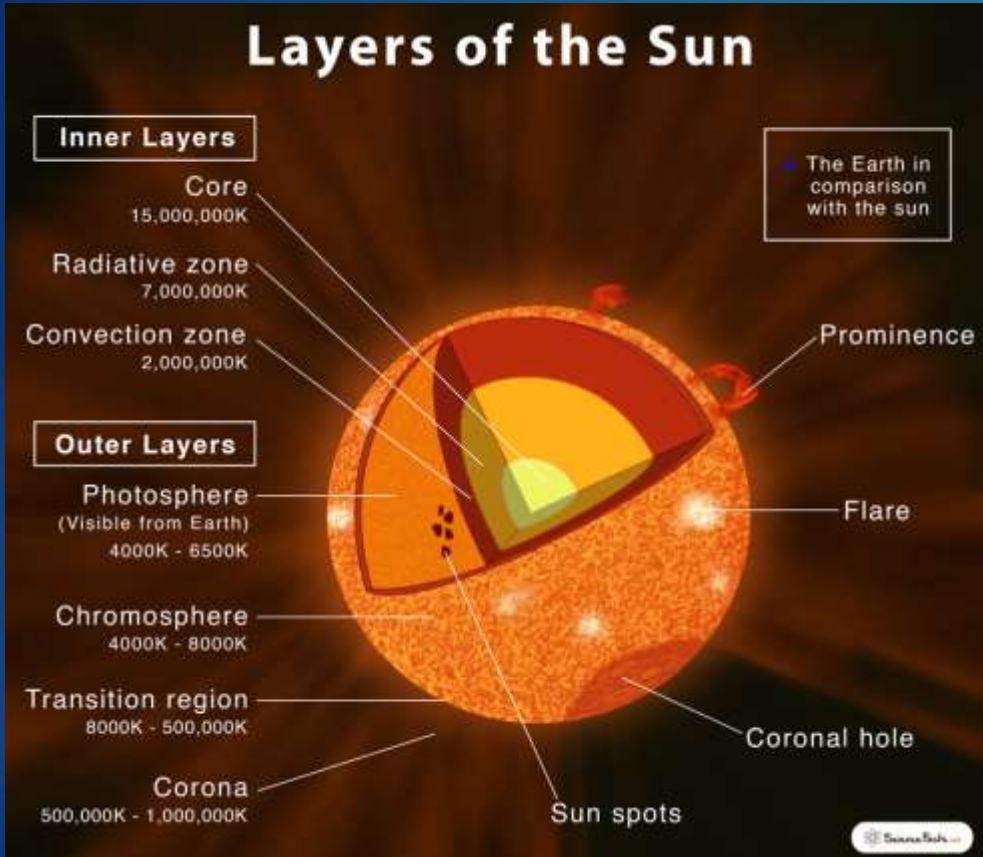


Solen vår närmsta stjärna

- 99,9 % av solsystemets massa. Avstånd 150×10^6 Km
- Ca 4,5 miljarder år gammal kommer att sluta som en vit dvärg
- Total effekt $3,8 \times 10^{26}$ W alstras genom fusion av väte till helium
ca 1 KW/m² på vår planet



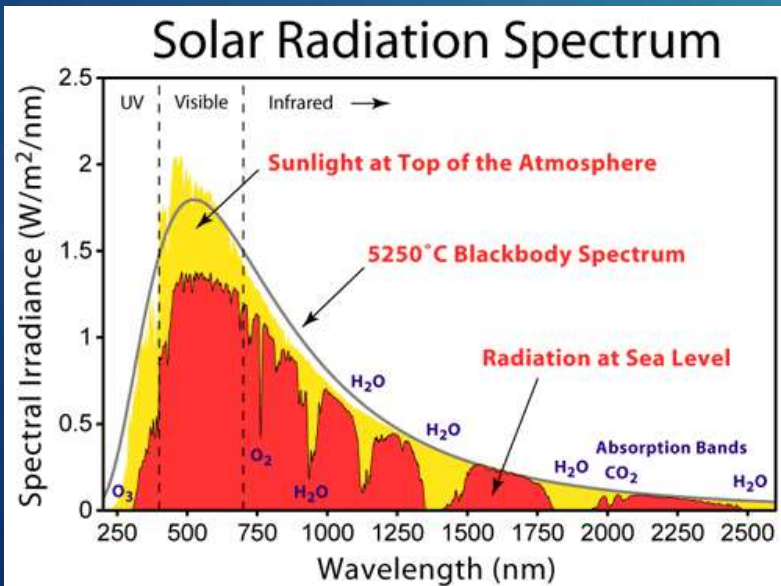
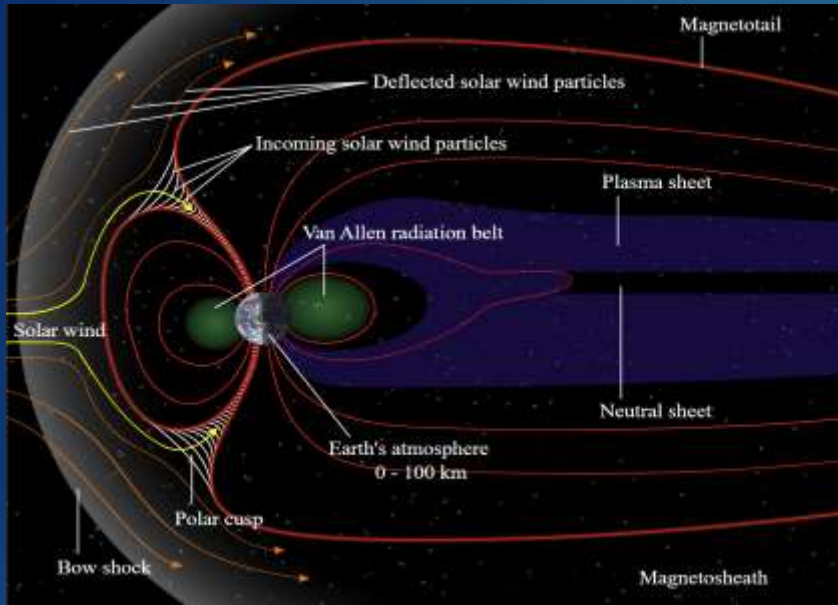
Solens struktur



- Kärnan där fusionsreaktionen sker 15 miljoner K
- 2 motverkande krafter i balans för närvarande, gravitationens inåtriktade kraft balanseras av det motriktade strålningstrycket från fusionen i kärnan.
- Photosphere är den synliga delen av solen med en temperatur på ca 5000 K
- Längst ut finns Coronan, endast synlig vid solförmörkelser , hög temperatur och orsak till solvinden

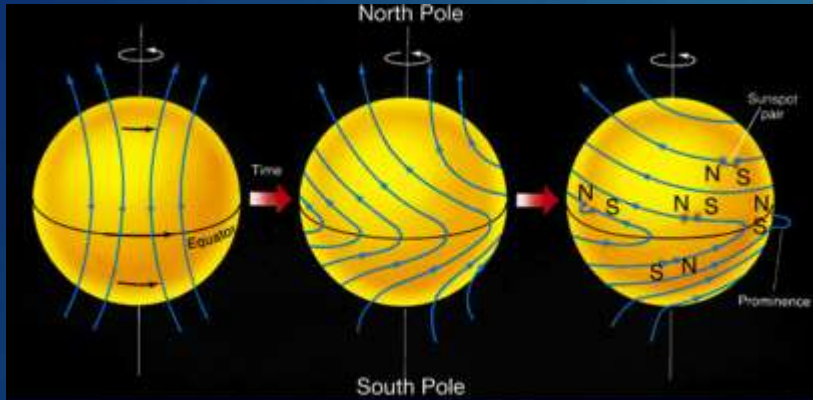


Solvind , Strålningsspektrum

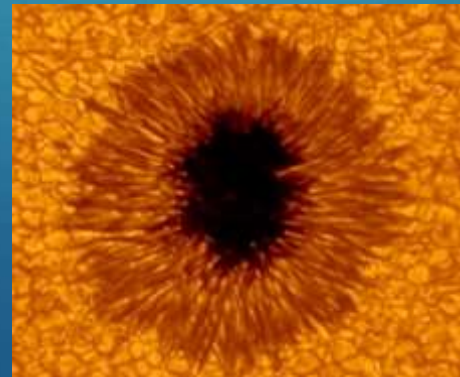
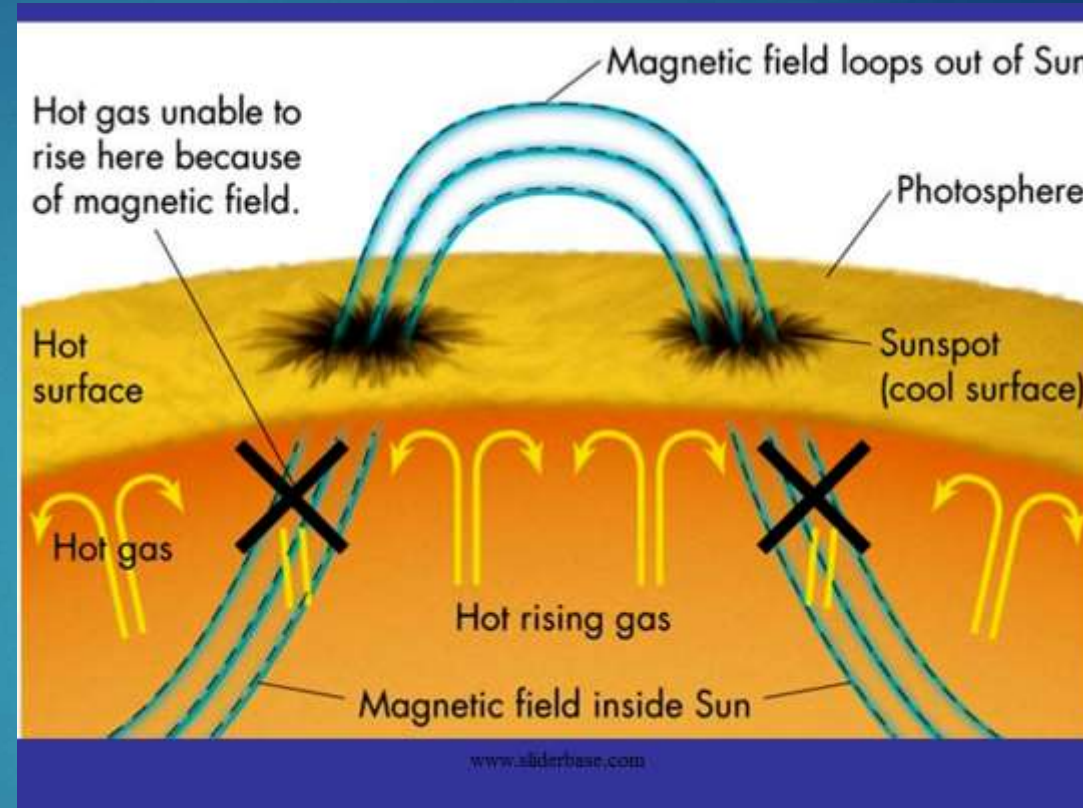


- Dr. Eugene Parker (1927-2022) utvecklade teori om solvinden på 50 talet.
- Solen slungar ständigt ut materia åt alla håll, i en takt av cirka 1 miljon ton per sekund (10^9 kg/s)
- Solvinden består mestadels av elektroner, protoner och alfa partiklar
- Solvindens hastighet 200-750 km/s, varierar mycket.
Ca 10 partiklar / cm^3 . Flödet mäts i enheter om 10^{12} protoner/ m^2 och sekund solvinden utövar ett tryck på 1–6 nPa/ m^2
- Magnetosfären är ca 10 jord-radier på solsidan och ca 1000 på nattsidan, magnetosfären är en mycket dynamisk struktur som reagerar dramatiskt på variationer orsakade av solen.
- Solens strålningsspektra sträcker sig från röntgenstrålning till radiovågor (solbrus)
- Flertalet satelliter övervakar solen.
Parker solar probe (2018) ESA solar orbiter, SOHO, STEREO-A, SDO

Magnetfält och solfläckar



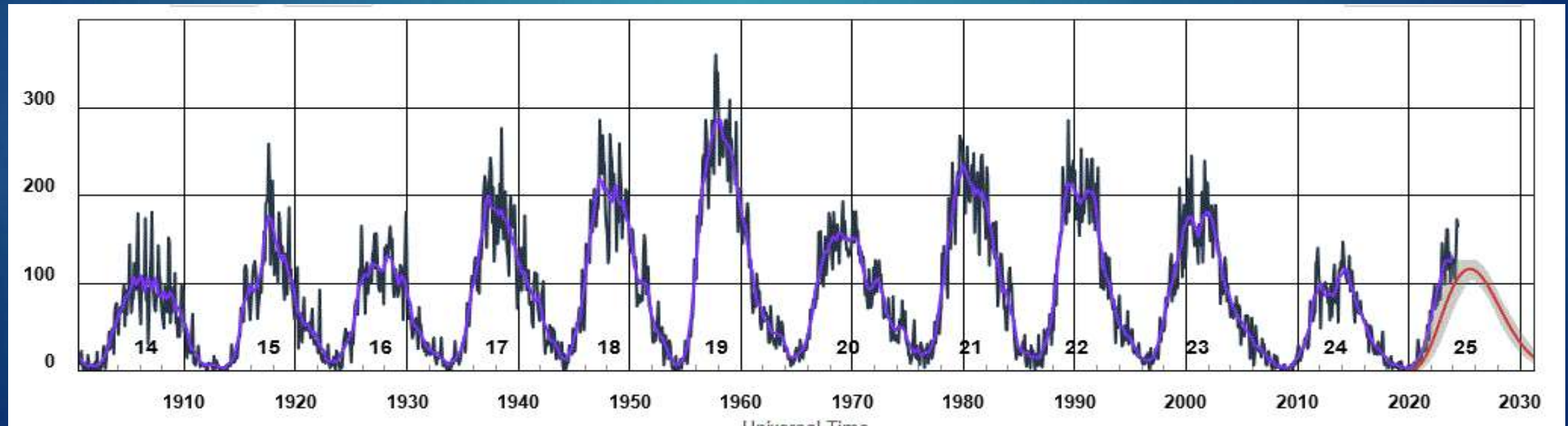
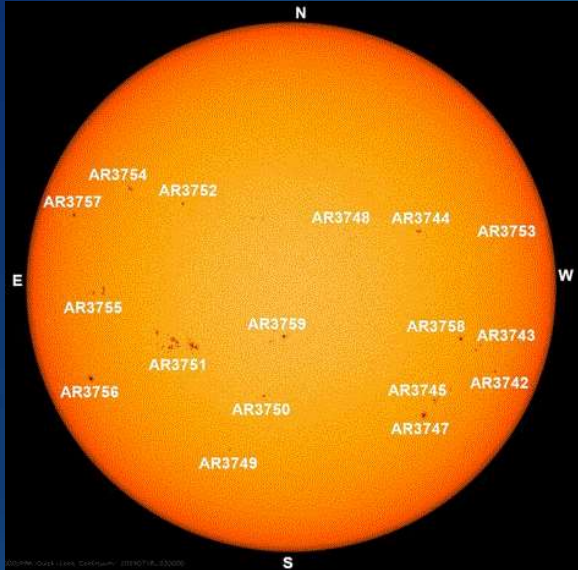
- Solen har inte en fast form utan består av heta gaser och plasma. Rotationshastigheten varierar mellan 25 dygn vid ekvatorn och 34 dygn vid polerna.
- Detta ger upphov till att magnetfältets fältlinjer som skapats i konvektionszonen blir mer och mer hoptrasslade.
- Solfläckar är ytor med lägre temperatur (3500 K)



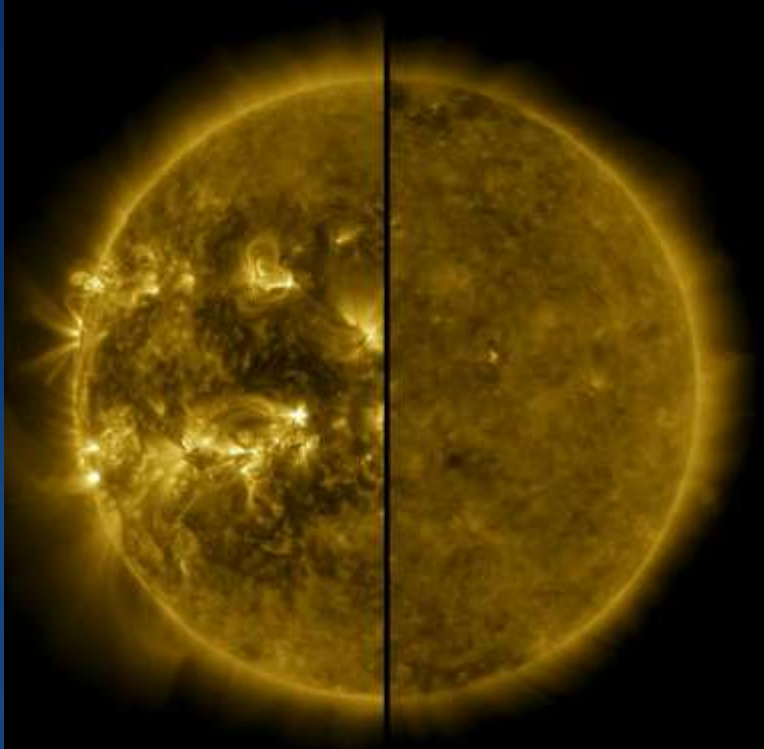
Alla solfläckar/grupper tilldelas ett löpnummer AR# (Activ Region #)

Solfläcks cykeln (ca 11år)

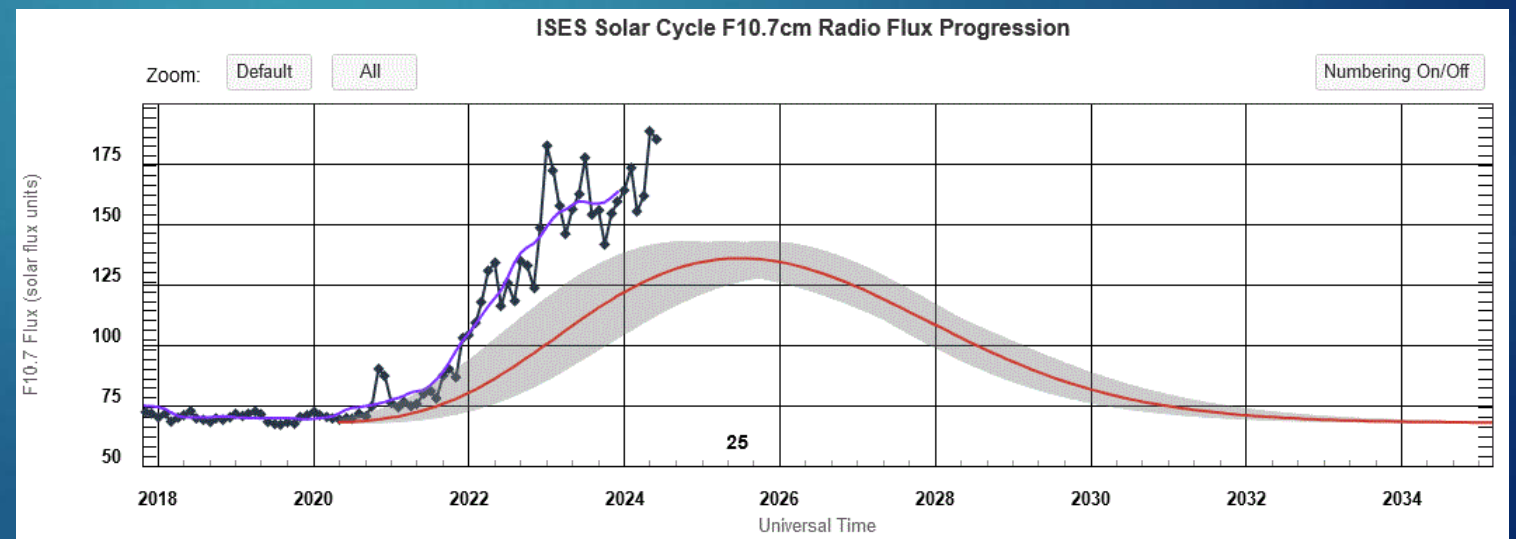
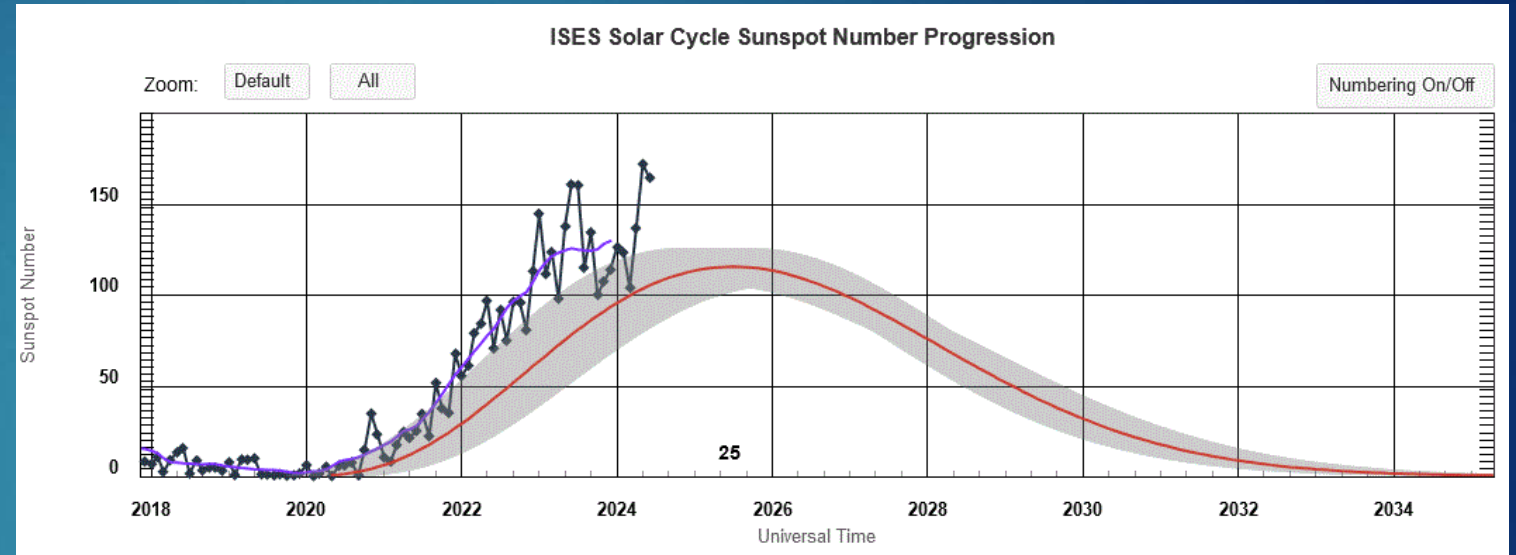
- Uppgång 4-5 år, nedgång 6-7 år
- Solfläckarnas antal är direkt knutna till solarfluxet (SFI) och joniseringsgraden i jonosfärens olika skikt.
ju fler solfläckar desto kraftigare jonisering vilket medför att högre frekvenser kan böjas av och spridas runt jorden.
- Solarflux Index (SFI 65-300+) mäts som solbrusnivå på 2800 MHz λ 10.7 cm vid en bandbredd på 100 MHz



Solcykel 25

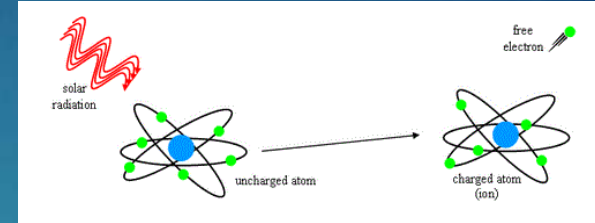
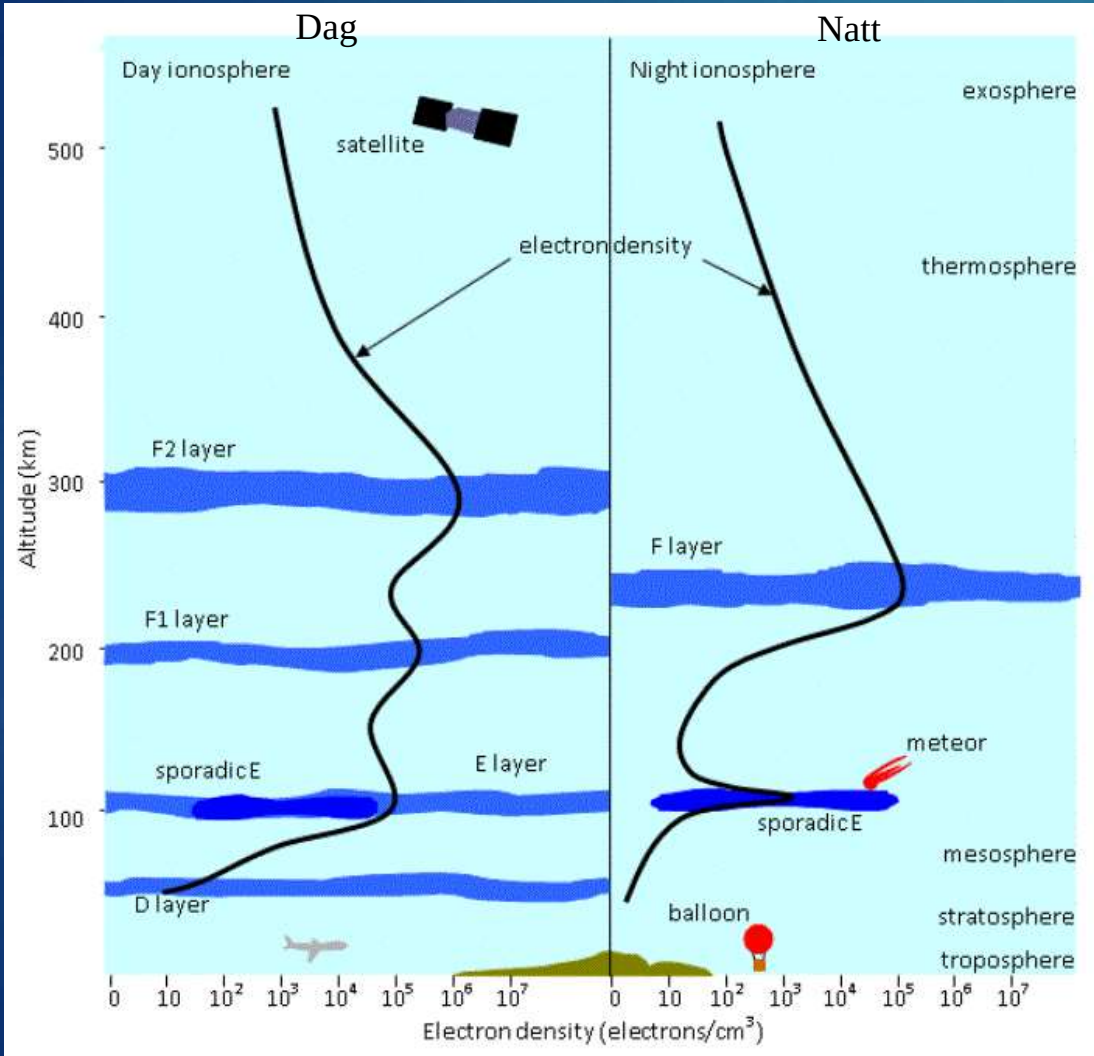


- Skillnad mellan Max 2014 / Min 2019
- Solcykel 1 startade feb 1755
- Antal solfläckar är räknade och dokumenterade sedan år 1610
- Maunder minimum 1645-1715

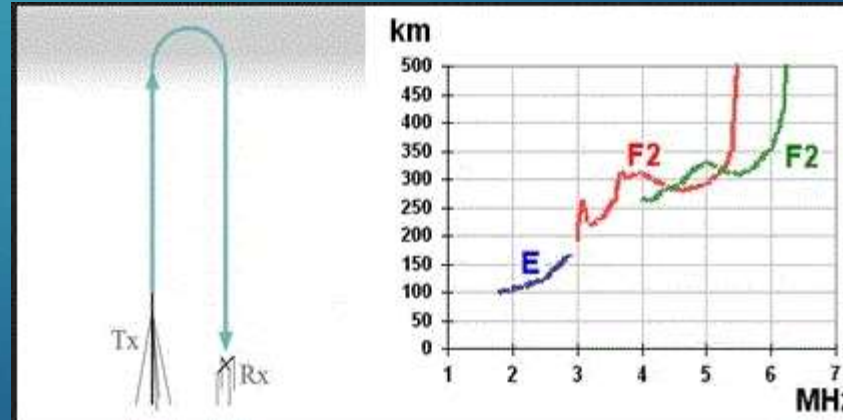


Jonosfären

GC 6000 Km
HAMSats 400-600 Km
Hubble 550 Km
Starlink 400-600 Km
ISS 400 Km

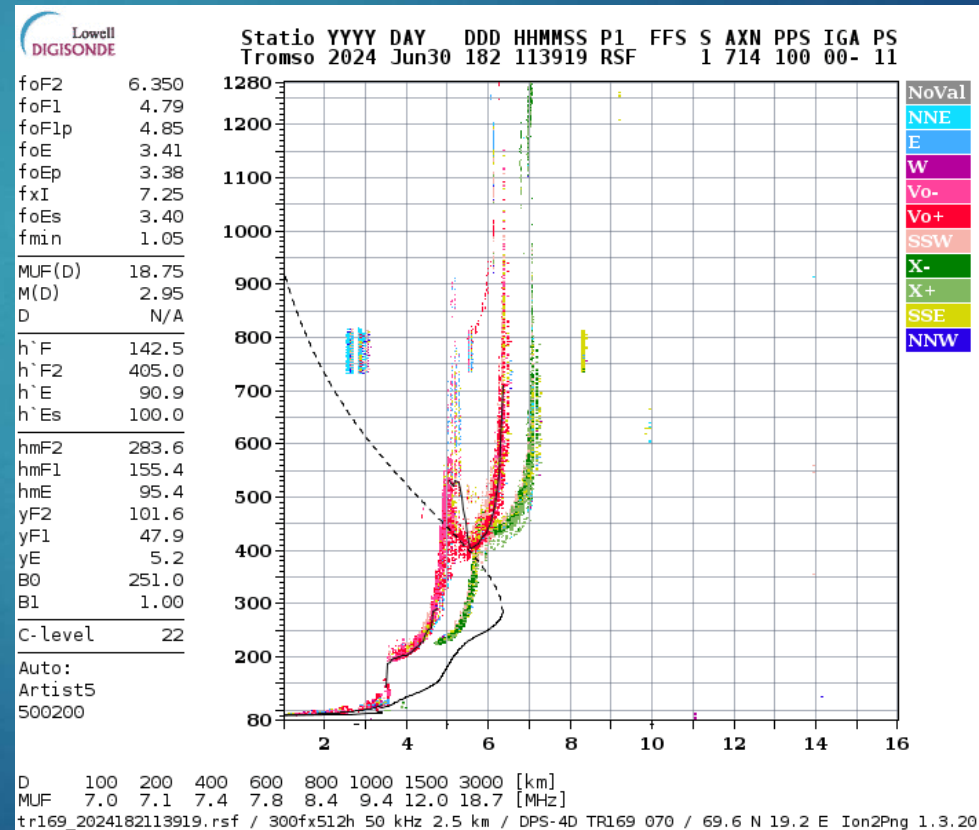
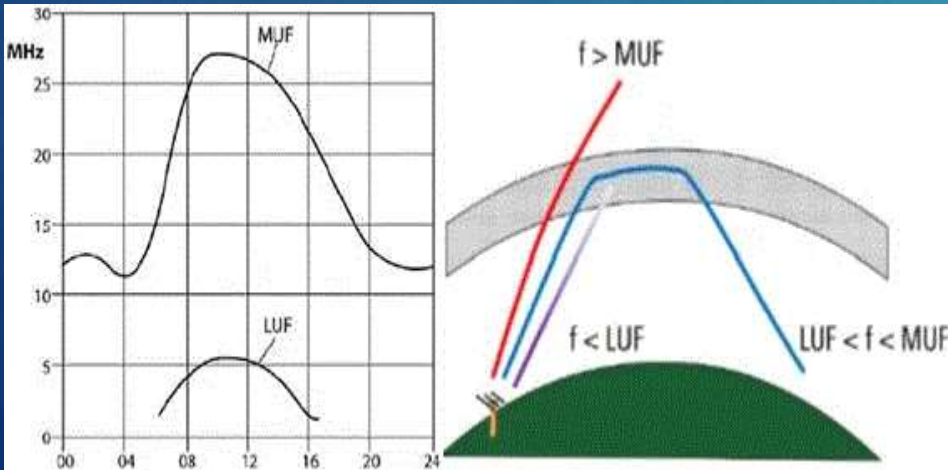
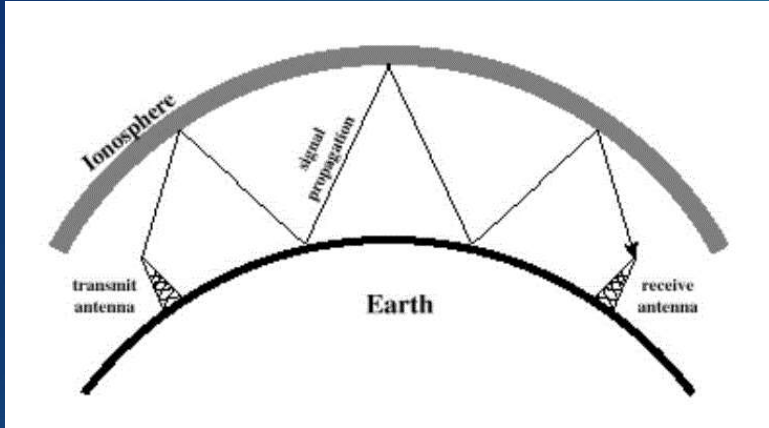


- Följande strålning joniserar i huvudsak de olika skikten
- D .. Hard X-Ray and Lyman-alpha (1215 Å)
- E .. Soft X-Ray
- F1. Extreme UV (XUV)
- F2. UV
- Mängden fria elektroner bestämmer brytningsindex för skikten (och vid vilken max frekvens (MFU) som radiovågen bryts av mot jorden)

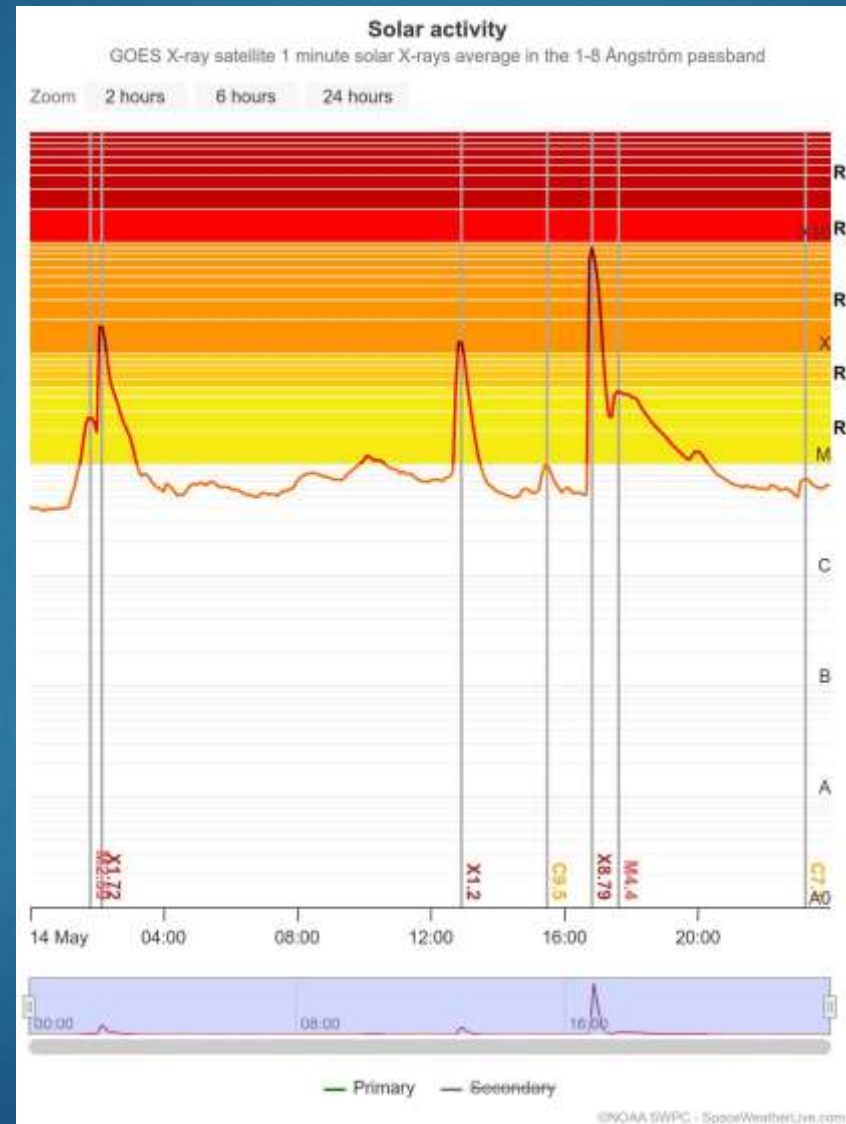
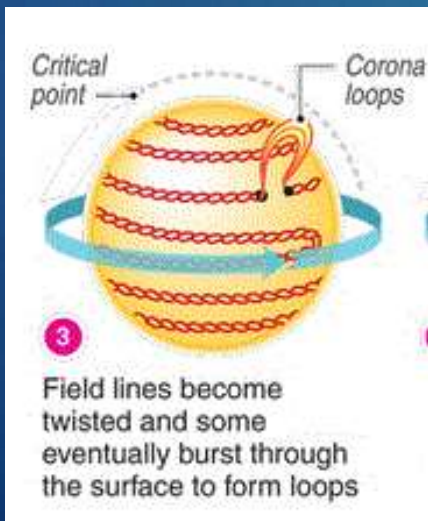
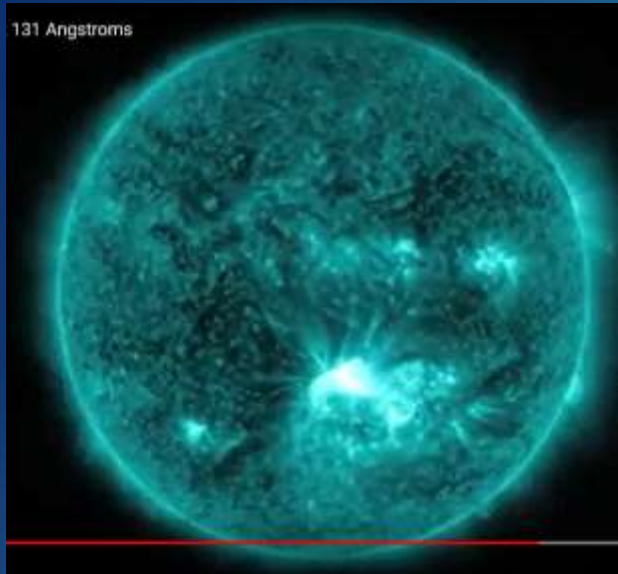


Vågutbredning

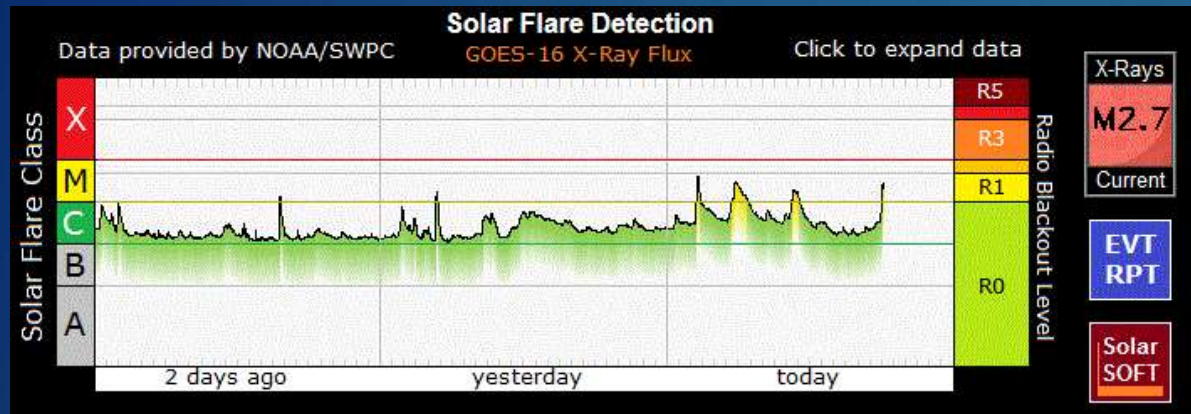
- Felaktig skala, jonosfären mycket närmare jordytan, jordens radie = 6730 Km
- Ingen reflektion, men avböjning på ca 500 Km höjd
- Låg infallsvinkel (antenn strålningsvinkel) medför att signalen färdas längre i jonosfären vilket också medför att högre frekvens kan användas och att man når längre.



Solar flare



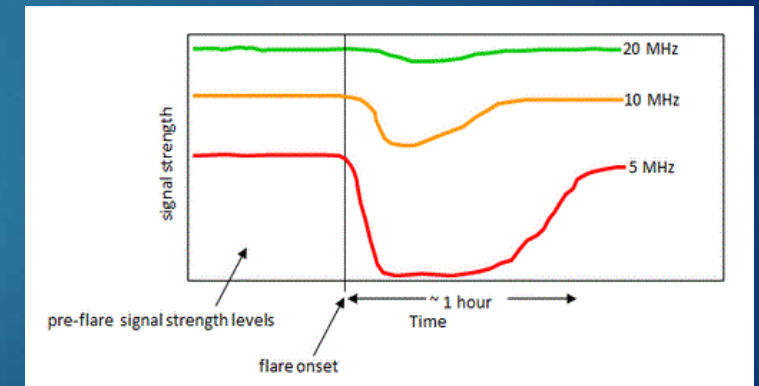
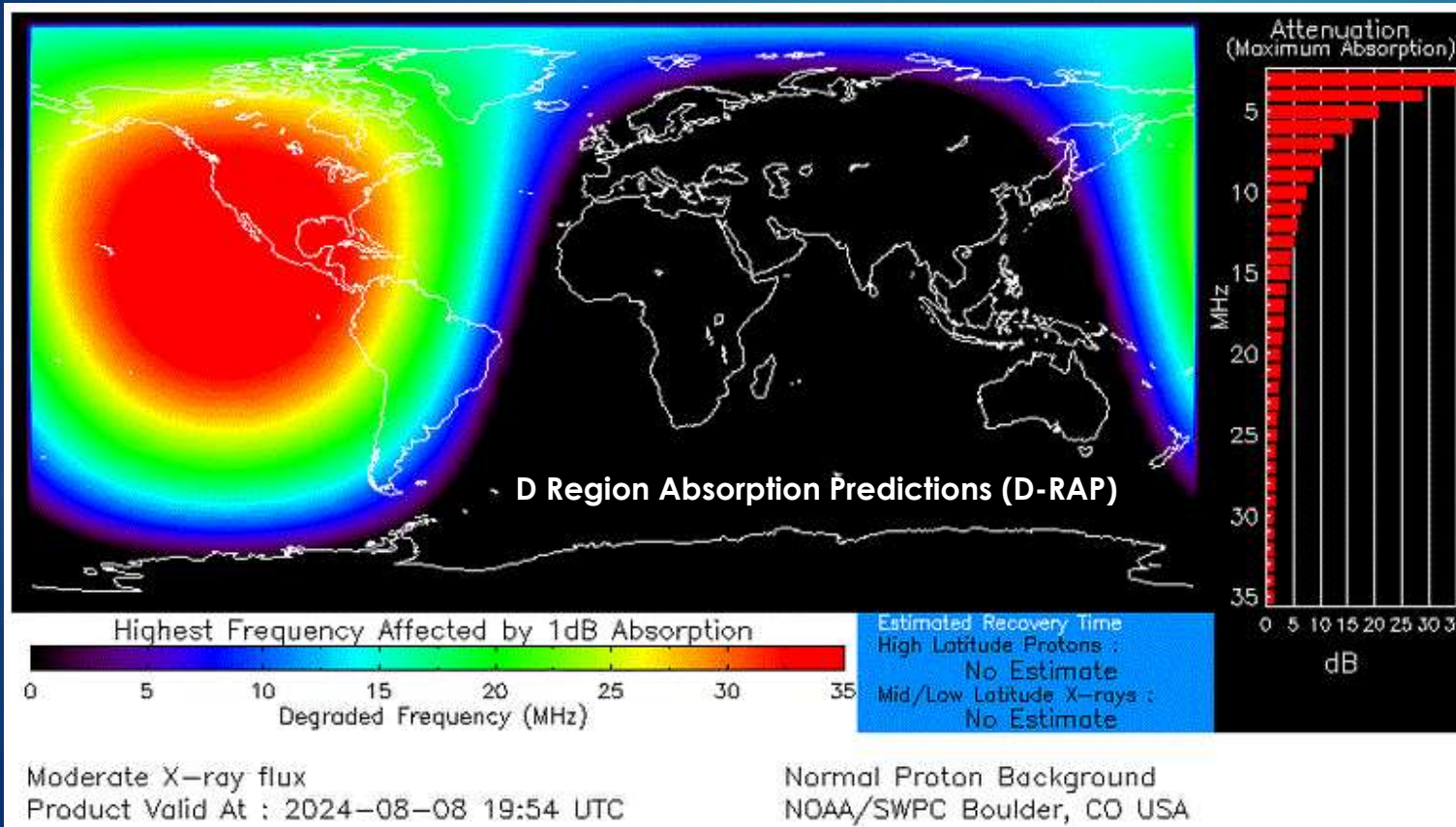
- Strålning färdas med ljushastigheten , ingen förvarning (SID)
- Solar flares klassificeras efter mängden röntgenstrålning
- 5 klasser A, B, C, M, X
10 undernivåer i varje klass
- A-C ingen påverkan
- M Minor, Moderate
- X1 strong
- X10 severe
- X20 extreme



Solar flare

Flare X1.3

- Ökad jonisering av D-skiktet detta medför ökad dämpning av radiosignalerna, störst påverkan på låga frekvenser
- Endast på solsidan av jorden



Solar flare

Radio Blackouts

Scale	Description	Effect	Physical measure	Average Frequency (1 cycle = 11 years)
R 5	Extreme	HF Radio: Complete HF (high frequency) radio blackout on the entire sunlit side of the Earth lasting for a number of hours. This results in no HF radio contact with mariners and en route aviators in this sector. Navigation: Low-frequency navigation signals used by maritime and general aviation systems experience outages on the sunlit side of the Earth for many hours, causing loss in positioning. Increased satellite navigation errors in positioning for several hours on the sunlit side of Earth, which may spread into the night side.	X20 (2×10^{-3})	Less than 1 per cycle
R 4	Severe	HF Radio: HF radio communication blackout on most of the sunlit side of Earth for one to two hours. HF radio contact lost during this time. Navigation: Outages of low-frequency navigation signals cause increased error in positioning for one to two hours. Minor disruptions of satellite navigation possible on the sunlit side of Earth.	X10 (10^{-3})	8 per cycle (8 days per cycle)
R 3	Strong	HF Radio: Wide area blackout of HF radio communication, loss of radio contact for about an hour on sunlit side of Earth. Navigation: Low-frequency navigation signals degraded for about an hour.	X1 (10^{-4})	175 per cycle (140 days per cycle)
R 2	Moderate	HF Radio: Limited blackout of HF radio communication on sunlit side, loss of radio contact for tens of minutes. Navigation: Degradation of low-frequency navigation signals for tens of minutes.	M5 (5×10^{-5})	350 per cycle (300 days per cycle)
R 1	Minor	HF Radio: Weak or minor degradation of HF radio communication on sunlit side, occasional loss of radio contact. Navigation: Low-frequency navigation signals degraded for brief intervals.	M1 (10^{-5})	2000 per cycle (950 days per cycle)

Solar radiation storm , PCA

Proton storms	
Scale	Pfu*
S5	100000
S4	10000
S3	1000
S2	100
S1	10

- Solar radiation storm, energirika snabba protoner når jorden på ca 30 min och när de joniserar D-skiktet över polerna får man en **PCA**
 - PCA släcker ut signalerna helt.
Det blir fullständig radiotystnad, svårt att veta hur länge, kan vara flera dagar.
Påverkar också HF vågutbredning som går över polarområdena.
 - Kan elektriskt ladda upp satelliter samt orsaka skador på elektronik solpaneler och minneskretsar.
 - Ökad strålningsdos för flygpassagerare särskilt över polarområdena.
 - Farligt för astronauter speciellt vid EVA
- Inträffar i samband med en solar flare

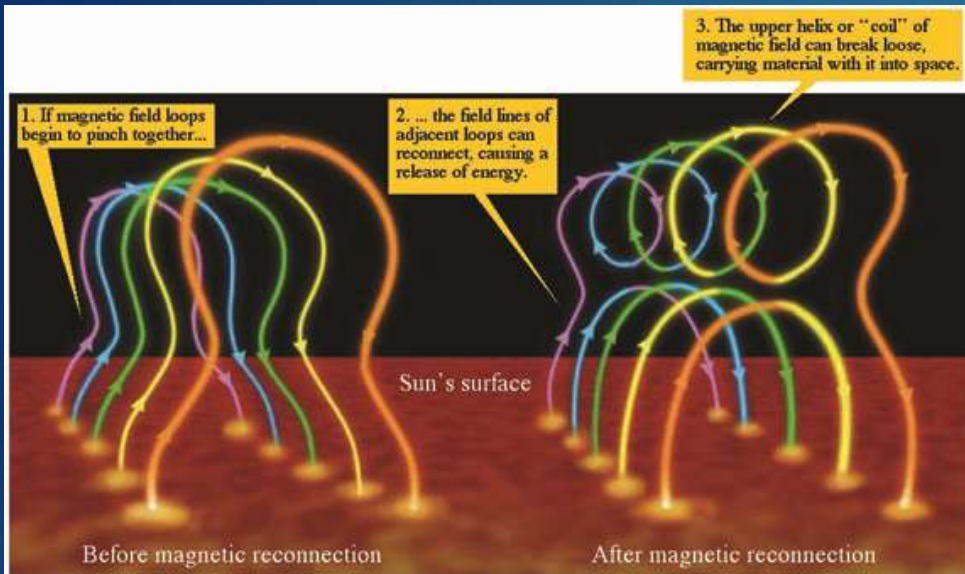
Pfu antal partiklar med energi >10MeV

Solar radiation storm , PCA

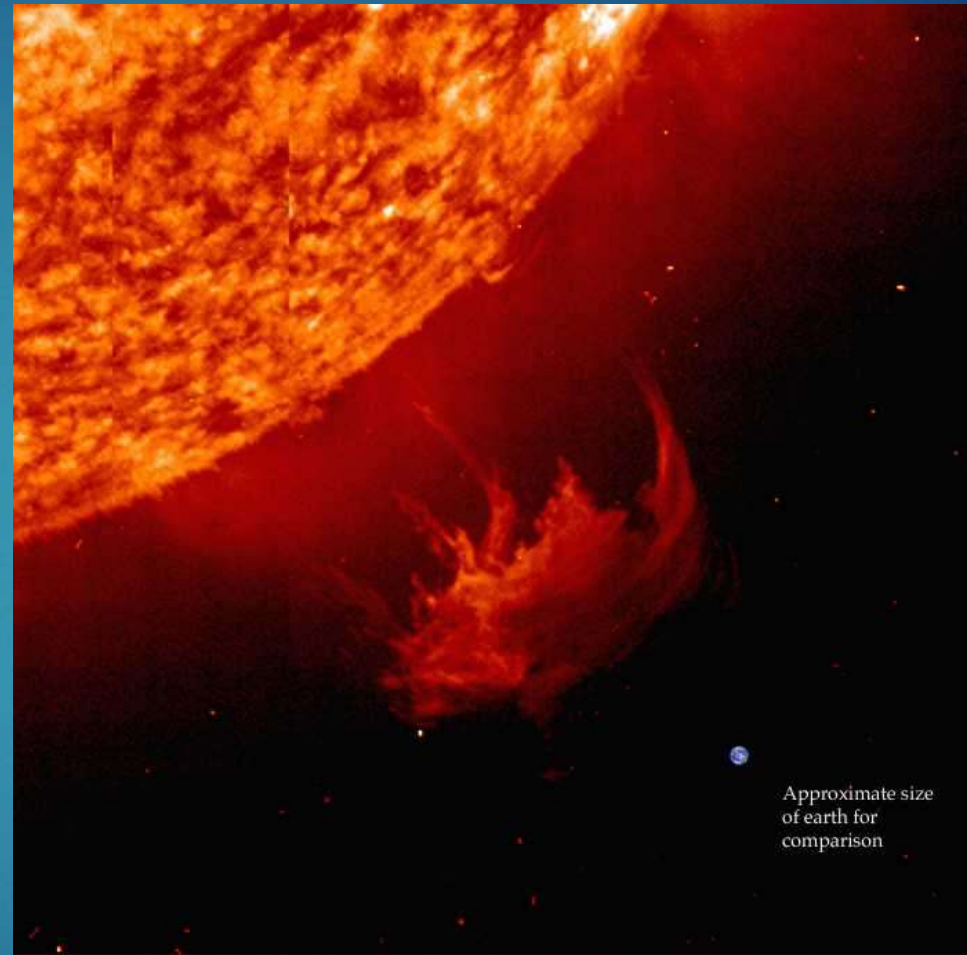
Solar Radiation Storms

Scale	Description	Effect	Physical measure (Flux level of ≥ 10 MeV particles)	Average Frequency (1 cycle = 11 years)
S 5	Extreme	Biological: Unavoidable high radiation hazard to astronauts on EVA (extra-vehicular activity); passengers and crew in high-flying aircraft at high latitudes may be exposed to radiation risk. Satellite operations: Satellites may be rendered useless, memory impacts can cause loss of control, may cause serious noise in image data, star-trackers may be unable to locate sources; permanent damage to solar panels possible. Other systems: Complete blackout of HF (high frequency) communications possible through the polar regions, and position errors make navigation operations extremely difficult.	10^5	Fewer than 1 per cycle
S 4	Severe	Biological: Unavoidable radiation hazard to astronauts on EVA; passengers and crew in high-flying aircraft at high latitudes may be exposed to radiation risk. Satellite operations: May experience memory device problems and noise on imaging systems; star-tracker problems may cause orientation problems, and solar panel efficiency can be degraded. Other systems: Blackout of HF radio communications through the polar regions and increased navigation errors over several days are likely.	10^4	3 per cycle
S 3	Strong	Biological: Radiation hazard avoidance recommended for astronauts on EVA; passengers and crew in high-flying aircraft at high latitudes may be exposed to radiation risk. Satellite operations: Single-event upsets, noise in imaging systems, and slight reduction of efficiency in solar panel are likely. Other systems: Degraded HF radio propagation through the polar regions and navigation position errors likely.	10^3	10 per cycle
S 2	Moderate	Biological: Passengers and crew in high-flying aircraft at high latitudes may be exposed to elevated radiation risk. Satellite operations: Infrequent single-event upsets possible. Other systems: Small effects on HF propagation through the polar regions and navigation at polar cap locations possibly affected.	10^2	25 per cycle
S 1	Minor	Biological: None. Satellite operations: None. Other systems: Minor impacts on HF radio in the polar regions.	10	50 per cycle

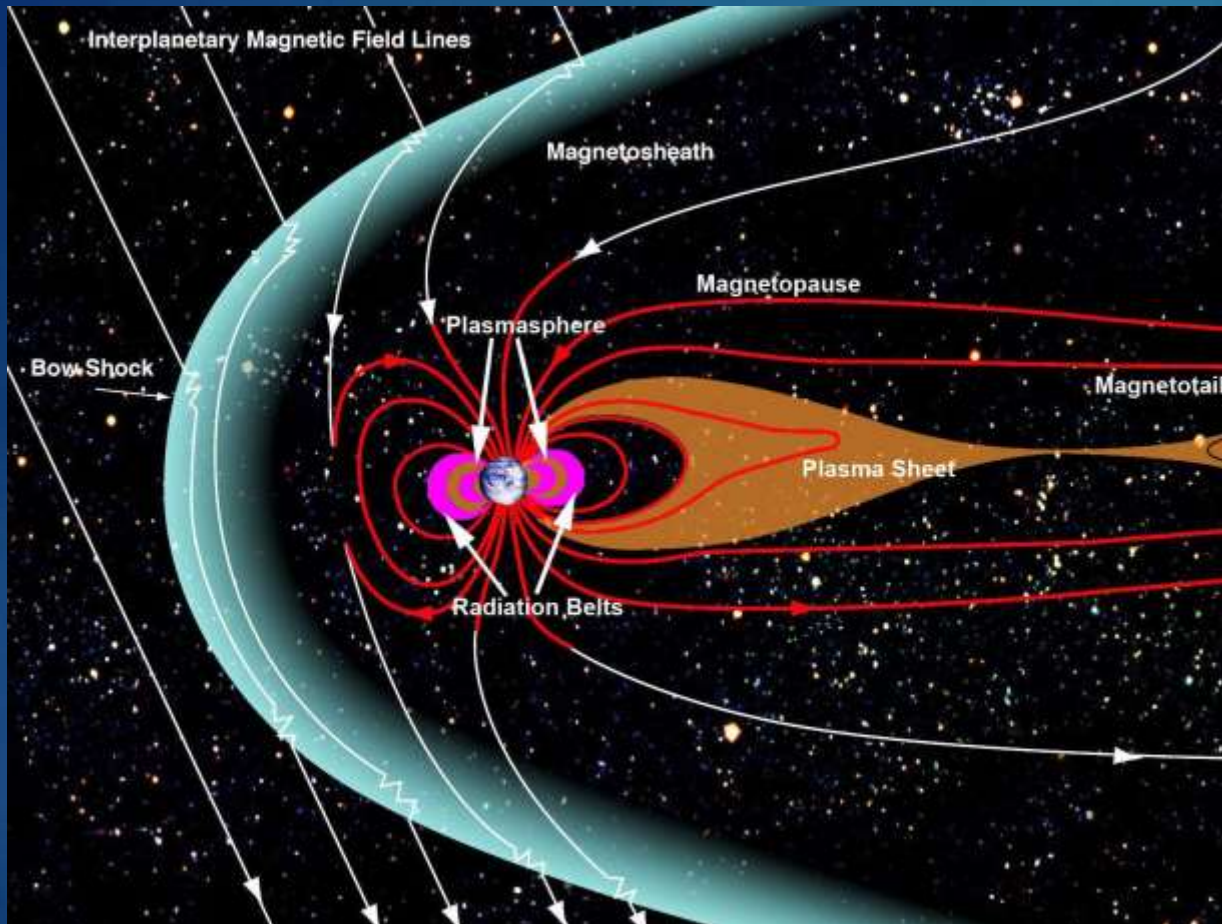
CME



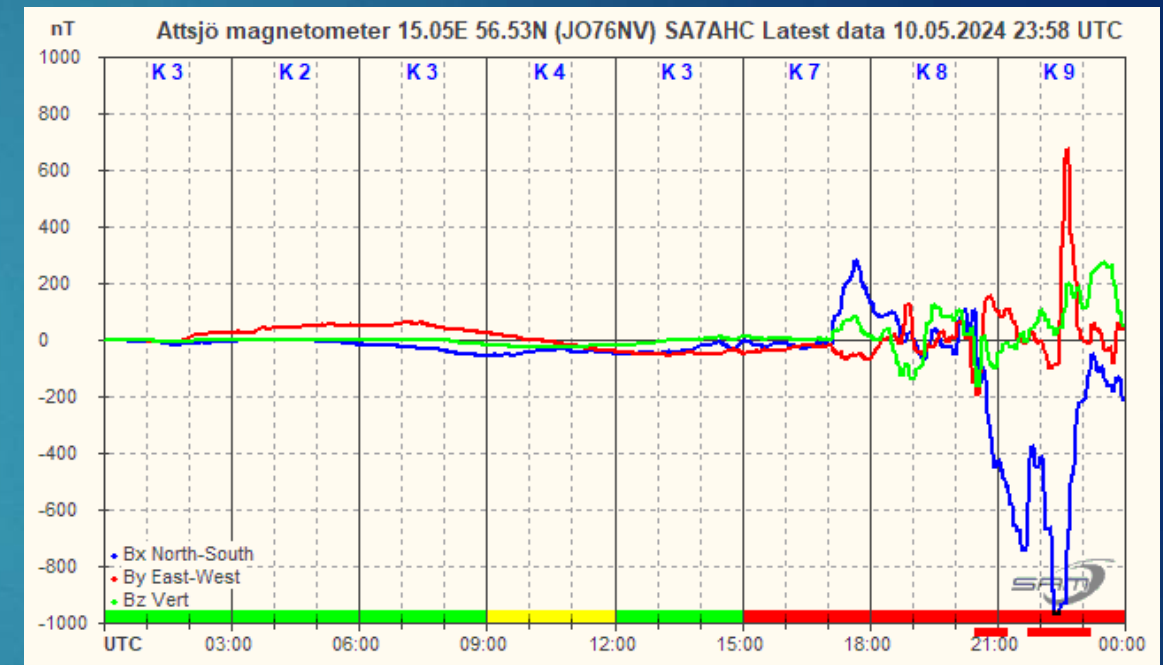
- Tusentals ton med materia/plasma
- 1-5 dagars transporttid
- Endast CME:s i vår riktning är av intresse



CME, K index



CME från AR 3664/3668 direkt träff !



- CME plasmat träffar jordens magnetfält och skakar om det detta skapar en geomagnetisk storm och högre K-värde rör också om i jonosfären och förändrar den förhållandet mellan molekyler och atomer, medför lägre joniseringsgrad (Lägre MUF) Om det interplanetariska magnetfältet (Bz) är negativt kopplar det med jordens fältlinjer och ökar effekten av störningen.
- Positiv effekt ! Större sannolikhet för Aurora



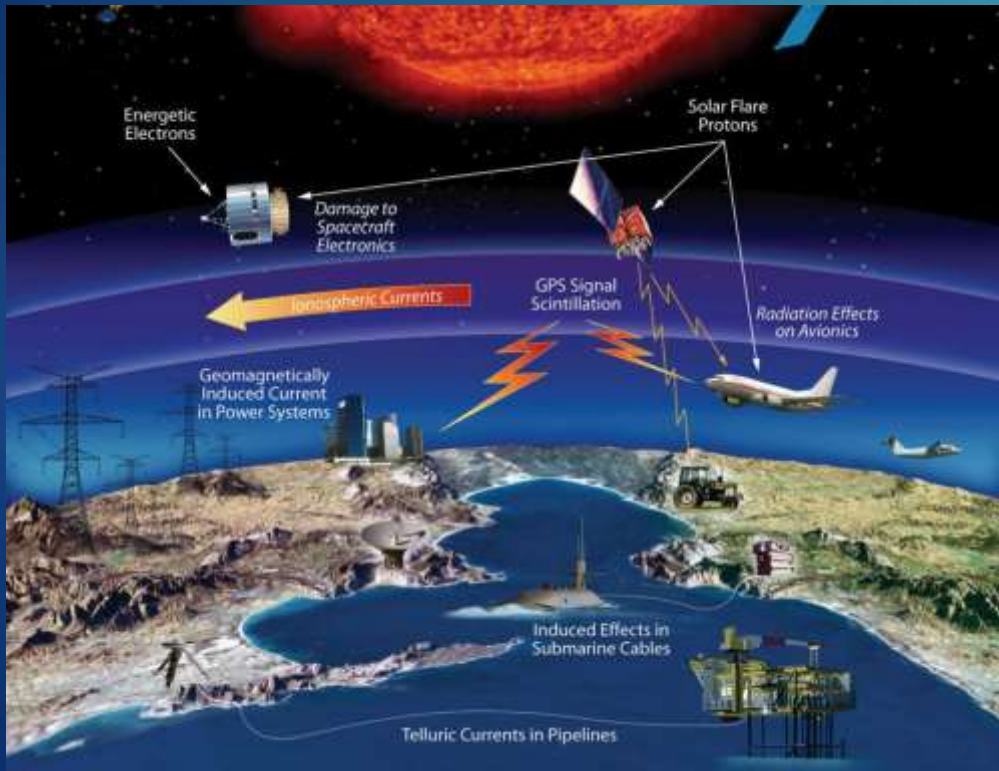
K och A index

K-index	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A-index	0	3	7	15	27	48	80	140	240	400

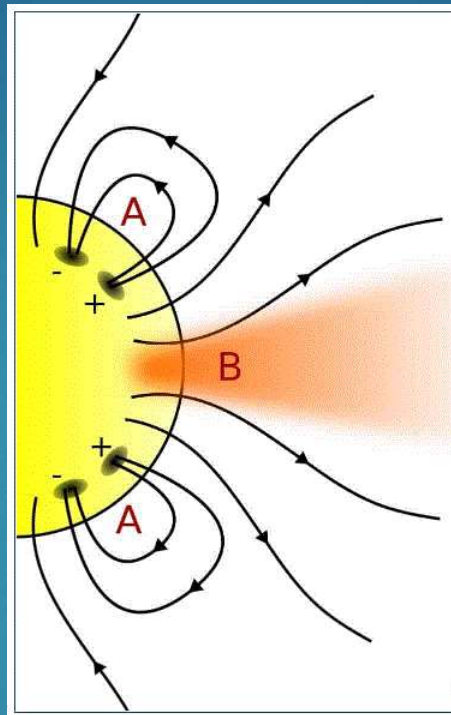
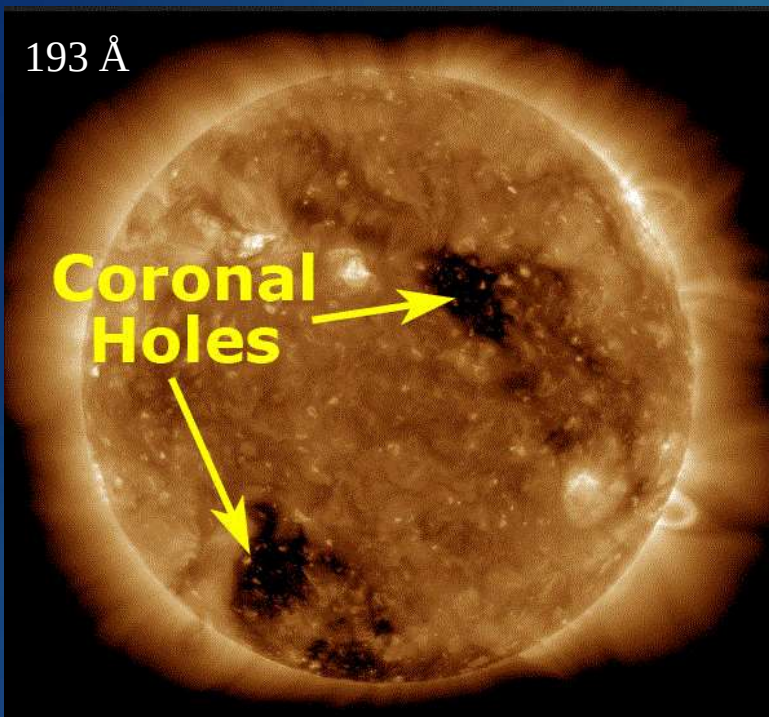
- K- index 3 timmars värde (0-9)
- A- Index medelvärde under 24 tim (0-400)

Historiska händelser orsakade av solstormar (flares & CME)

- 1-2 sep 1859
Carrington event, gnistor och bränder i telegrafstationer, aurora långt söderut.
- 13 mars 1989
9 timmars blackout i Quebec och uppbrunna eldistributionstransformatorer
- 3 feb 2022,
Reentry och förlust av 40 SpaceX Starlink satelliter p.g.a ökat atmosfäriskt drag.
- Lista med solstormar finns på Wikipedi.
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_solar_storms



Corona hål



- Öppna fältlinjer
- Partiklar kan strömma ut
- Orsak till ökad solvind och stigande K-värde ev. G1 Geomagnetisk storm om hålet är i vår riktning.

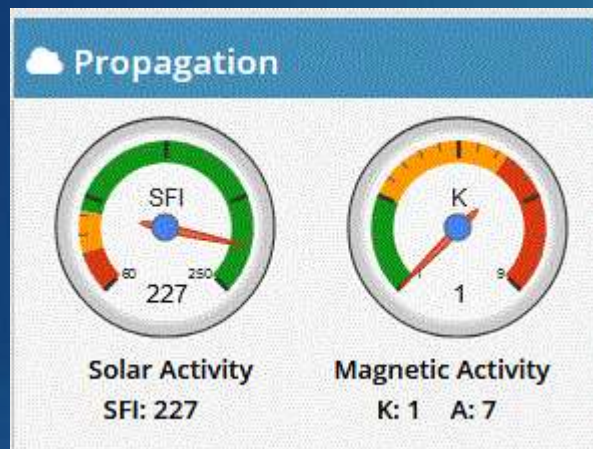
Geomagnetisk storm

Geomagnetic Storms

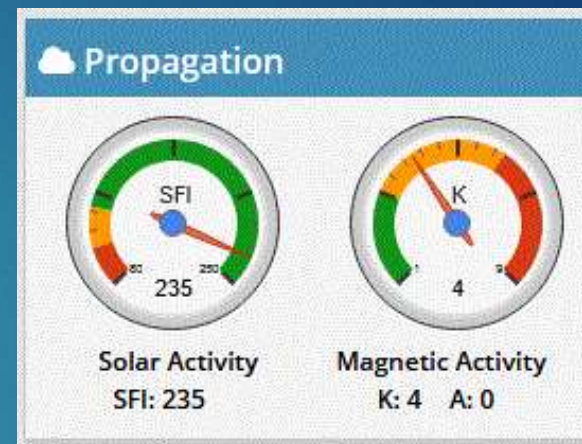
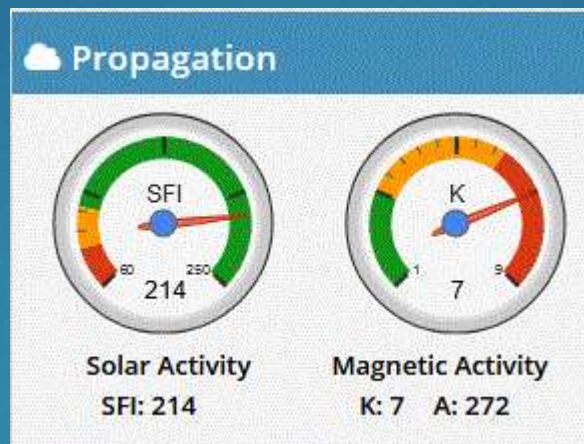
Scale	Description	Effect	Physical measure	Average Frequency (1 cycle = 11 years)
G 5	Extreme	Power systems: Widespread voltage control problems and protective system problems can occur, some grid systems may experience complete collapse or blackouts. Transformers may experience damage. Spacecraft operations: May experience extensive surface charging, problems with orientation, uplink/downlink and tracking satellites. Other systems: Pipeline currents can reach hundreds of amps, HF (high frequency) radio propagation may be impossible in many areas for one to two days, satellite navigation may be degraded for days, low-frequency radio navigation can be out for hours, and aurora has been seen as low as Florida and southern Texas (typically 40° geomagnetic lat.).	Kp = 9	4 per cycle (4 days per cycle)
G 4	Severe	Power systems: Possible widespread voltage control problems and some protective systems will mistakenly trip out key assets from the grid. Spacecraft operations: May experience surface charging and tracking problems, corrections may be needed for orientation problems. Other systems: Induced pipeline currents affect preventive measures, HF radio propagation sporadic, satellite navigation degraded for hours, low-frequency radio navigation disrupted, and aurora has been seen as low as Alabama and northern California (typically 45° geomagnetic lat.).	Kp = 8, including a 9-	100 per cycle (60 days per cycle)
G 3	Strong	Power systems: Voltage corrections may be required, false alarms triggered on some protection devices. Spacecraft operations: Surface charging may occur on satellite components, drag may increase on low-Earth-orbit satellites, and corrections may be needed for orientation problems. Other systems: Intermittent satellite navigation and low-frequency radio navigation problems may occur, HF radio may be intermittent, and aurora has been seen as low as Illinois and Oregon (typically 50° geomagnetic lat.).	Kp = 7	200 per cycle (130 days per cycle)
G 2	Moderate	Power systems: High-latitude power systems may experience voltage alarms, long-duration storms may cause transformer damage. Spacecraft operations: Corrective actions to orientation may be required by ground control; possible changes in drag affect orbit predictions. Other systems: HF radio propagation can fade at higher latitudes, and aurora has been seen as low as New York and Idaho (typically 55° geomagnetic lat.).	Kp = 6	600 per cycle (360 days per cycle)
G 1	Minor	Power systems: Weak power grid fluctuations can occur. Spacecraft operations: Minor impact on satellite operations possible. Other systems: Migratory animals are affected at this and higher levels; aurora is commonly visible at high latitudes (northern Michigan and Maine).	Kp = 5	1700 per cycle (900 days per cycle)

Förutsättningar för goda konditioner !

Bra förutsättningar



Sämre förutsättningar

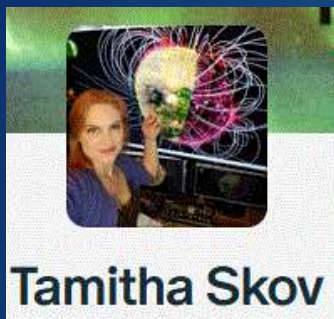


- Högt SFI >150 under flera dagar
- Lågt K värde ≤ 3 Lågt A värde ≤ 15 och avtagande trend
- Inga störningar, flares, CME eller Corona hole i faggorna
- Allmänt bättre konditioner och MFU under solfläcksmaxima men större risk för flares och geomagnetiska störningar

Summer doldrums, Sommarkonditioner

- Längre dagar medför ökad jonisering av D-skiktet (Högre dämpning)
- F2 skiktet expanderar uppåt och får lägre densitet p.g.a värmen (Lägre jonisering och MUF)
- Förändrad kemisk sammansättning i F-skiktet (svårare att jonisera lägre MUF)

Space Weather webblänkar



Space weather woman

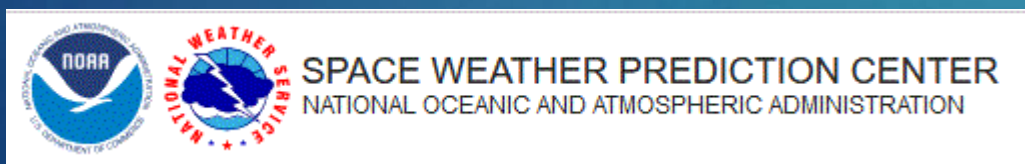
<https://www.spaceweatherwoman.com/>



<https://www.spaceweatherlive.com/>



<https://solarham.com/>



<https://www.swpc.noaa.gov/communities/radio-communications>

Solar Data/Propagation
Click to add to your website

Solar-Terrestrial Data
02 Aug 2024 1004 GMT
SFI 234 SN 221
A 22 K 1
X-Ray C9.8
304A 159.4 @ SEM
Pf 803 Ef 52300
Aurora 1/n=1.99
Bz 2.3 SW 426.1

HF Conditions

Band	Day	Night
80n-40n	Poor	Good
30n-20n	Poor	Good
17n-15n	Good	Good
12n-10n	Good	Poor

VHF Conditions
Aur Lat 67.5°
Aurora Band Closed
6n EsEU Band Closed
4n EsEU Band Closed
2n EsEU Band Closed
2n EsNA Band Closed
EME Deg Fair
Solar Flare Prb 66%
MUF
MS 0 6 12 18 UTC MIN MAX
Geomag Field VR QUIET
Sig Noise Lvl S0-S1
MUF US Boulder NoRpt

Current Solar Image

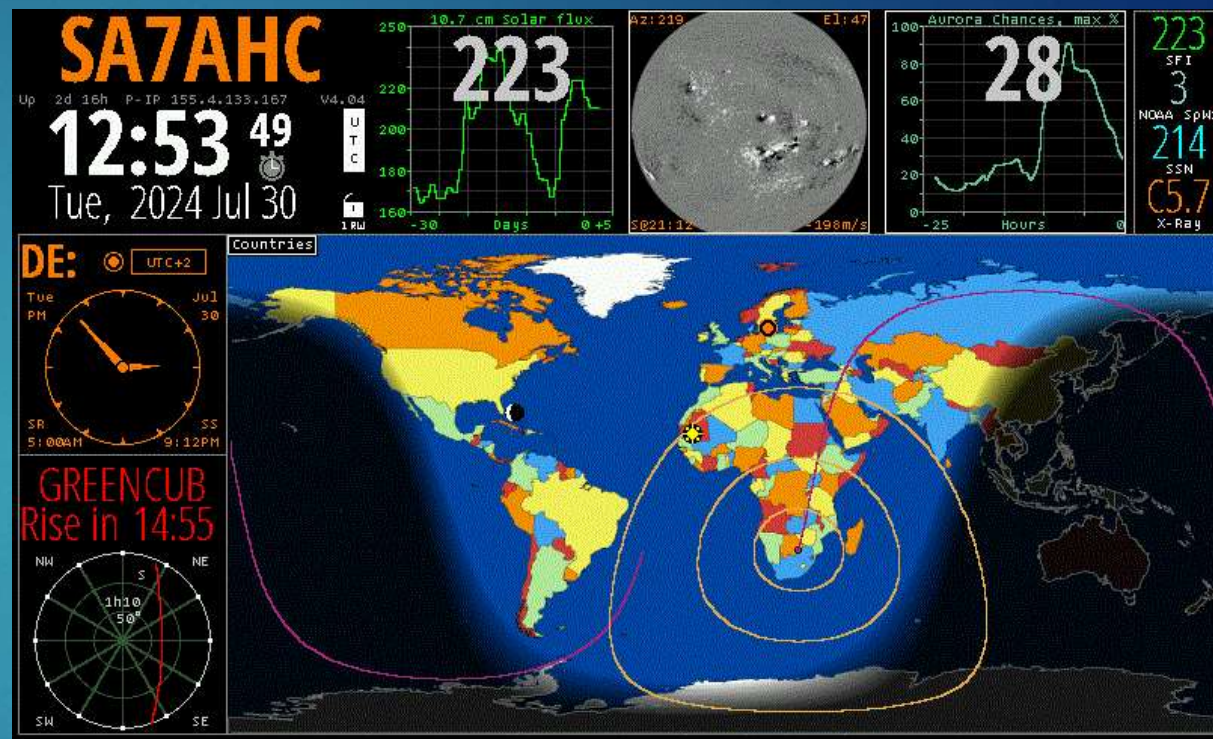
<https://www.hamqsl.com/solar.html>

Byggprojekt för den intresserade radioamatören

SAM Simple Aurora Meter



HAM Clock



Ham Clock av WB0OEV, Elwood Downey
Först presenterad i QST oktober 2017 då baserad på en ESP8266 Arduino kompatibel modul och 7" touchskärm.

Finns nu i utförande för Raspberry Pi, låga systemkrav.