

Auringon radiosäteily

teksti: Silja Pohjolainen

Säteilyn emissio on ilmiö, jossa aine lähettää sähkömagneettista säteilyä. Auringon tapauksessa säteilyn lähteenä voivat olla itse hiukkaset tai hiukkasia ympäröivä aine. Kun kiihtyvässä liikkeessä oleva elektroni kulkee magneettikentässä, se lähettää säteilyä, jota kutsutaan synkrotronisäteilyksi. Säteilyn taajuus riippuu magneettikentän voimakkuudesta. Kiihtyvässä liikkeessä oleva elektroni aiheuttaa myös häiriöitä ympäröivässä aineessa. Tällöin aine voi lähettää säteilyä, jota kutsutaan plasmaemissioksi. Säteilyn taajuus riippuu ympäröivän aineen hiukkastiheydestä.

Auringon radiopurkaukset voidaan jakaa kahteen eri pääluokkaan: Itse hiukasten synnyttämään säteilyyn, jota havaitaan yli 1 GHz:n taajuuksilla, sekä ympäröivän aineen plasmaemissioon, jota havaitaan alle 1 GHz:n taajuuksilla. Taajuuden raja on suuntaa-antava.

Auringon terminen säteily

Auringon terminen eli lämpöliikesäteily synnyttää sähkömagneettista säteilyä, jonka aallonpituusjakautuma noudattaa mustan kappaleen säteilyjakautumaa. Eri taajuuksilla havaittava rauhallisen Auringon radiosäteily kuvaa Auringon lämpötilaa kaasukehän eri kerroksissa. Käytännössä mitä korkeampi radiotaajuus, sen syvemältä Auringon kaasukehästä säteily on peräisin (kuva 1).

Plasmaemissio Auringon koronasta

Radiopurkauksille on määritetty eri tyyppejä sen mukaan, miltä ne näyttävät dynaamisessa radiospektrissä. Dynaaminen radiospektri kuvaa säteilyn intensiteettiä ajan ja taajuuden funktiona (kuva 2).

- Tyyppe I: Ykköstyypin purkaukset ovat erittäin pitkäkestoisia, ja niitä kuvataan usein kohinamyrskyiksi.
- Tyyppe II: Kakkostyypin purkaukset ovat hitaasti taajuussiirtyviä, jolloin emissio lipuu korkeammista taajuuksista kohti matalampia taajuuksia. Siirtymisnopeus kuvastaa esimerkiksi shokkiaallon etenemisnopeutta.

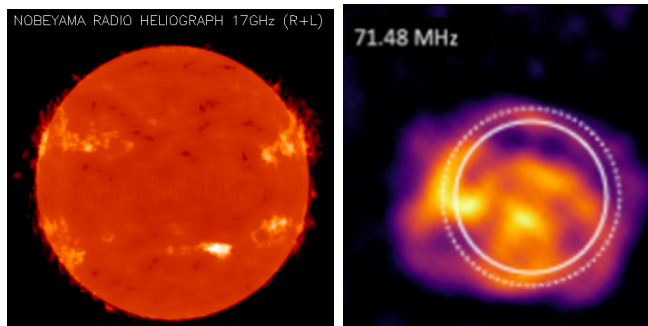
- Tyypin III: Kolmostyyppin purkaukset ovat nopeasti taajuussiirtyviä. Taajuussiirtymä kuvastaa esimerkiksi elektronisuihkun nopeutta.
- Tyypin IV: Nelostyyppin purkaukset ovat pitkäkestoisia kontinuumityyppisiä purkauksia, jotka voivat taajuussiirtyä tai pysyä lähes paikoillaan.
- Tyypin V: Viitostyyppin purkaukset ovat lyhytkestoisia kontinuumityyppisiä purkauksia, joita voidaan joskus havaita kolmostyyppin purkauksen yhteydessä.

Auringonpurkausten terminen ja ei-terminen säteily

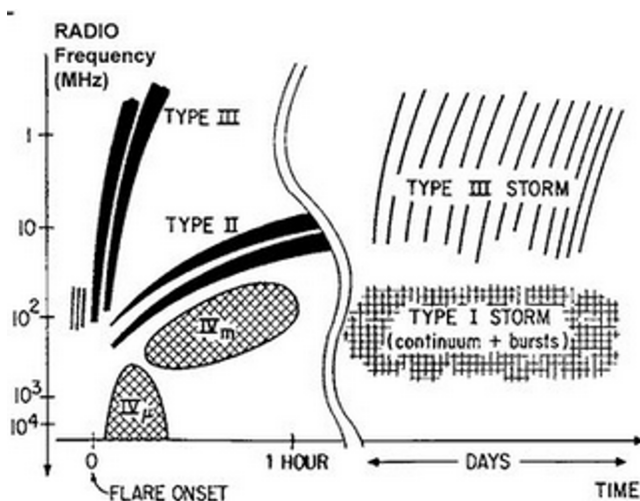
Auringonpurkaukset sekä kiihdyttävät elektroneja suuriin nopeuksiin että kuumentavat plasmaa. Auringon ei-termisiä säteilymuotoja ovat muun muassa synkrotronisäteily ja jarrutussäteily. Termistä jarrutussäteilyä syntyy, jos plasma kuumentuu erittäin suuriin lämpötiloihin.

Näin syntyneitä radiosäteilyä voidaan havaita laajalla taajuusalueella, välillä 1 – 100 GHz, jolloin kyseessä on kontinuumisäteily. Havaintoja tehdään kuitenkin yleensä vain yhdellä radiotaajuudella (käytännössä kapealla taajuuskaistalla), jolloin havainnot kuvaavat säteilyn intensiteetin ajallisia muutoksia. Optisella aallonpituusalueella graafeja kutsutaan valokäyriksi, mutta radiotaajuuksilla puhutaan yleensä vuontiheyden muutoksista (kuva 3).

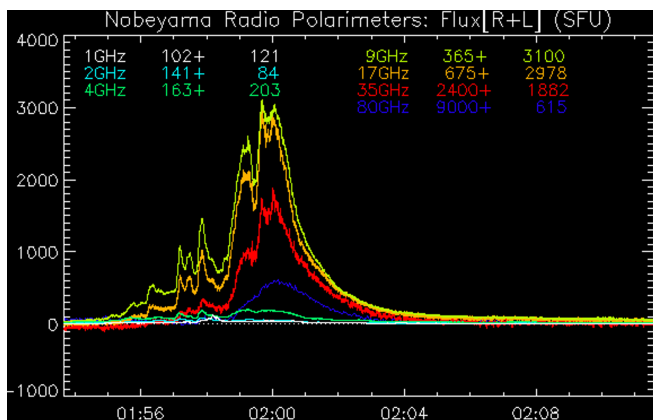
Yhdysvaltalainen NOAA on luokitellut purkauksia säteilyn intensiteetin ja purkauksen keston mukaan, mutta luokittelua käytetään enää harvoin. Purkausten tyyppejä voivat olla esimerkiksi GB (great burst, erittäin suuri), S (simple, yksinkertainen), C (complex, monimutkainen), GRF (gradual rise and fall, hitaasti nouseva ja laskeva), sekä PRE (precursor, purkausta edeltävä intensiteetin nousu). NOAA:n listauksissa näille tyypeille on annettu myös numerot 1–49, jotka sisältävät myös alaluokat.



Kuva 1: Nobeyaman radioheliografin kuva Auringosta 17 GHz:n taajuudella (vasemmalla) ja LOFAR:in kuva Auringosta 71 MHz:n taajuudella (oikealla). Mikroaaltoalueella Auringon kiekko ja pintakerrokset ovat selvästi nähtävissä, kun taas matalilla taajuuksilla kuvassa näkyy ainoastaan Auringon uloin kaasukerros eli korona.



Kuva 2: Purkaustyyppit dynaamisessa radiospektrissä (lähde tuntematon). Kaaviokuvat perustuvat yleensä Mulk R. Kundun vuonna 1965 julkaisemassa kirjassa *Solar Radio Astronomy* olleisiin kuviin.



Kuva 3: Auringossa havaittu ei-terminen radiopurkaus. Havaintotaajuuudet ovat 1, 2, 4, 9, 17, 35 ja 80 GHz. Vuontiheyden yksikkö on sfu (solar flux unit). Polarimetrit havaitsevat vasen- ja oikeakätisesti ympyräpolarisoitunutta vuota, eli kokonaisintensiteetti $I = R + L$. (Lähde: Nobeyaman polarimetrihavaintojen arkisto)