



GEOMAGNEETTINEN AKTIIVISUUS PÄIVÄNTASAUSTEN AIKAAN JA MAGNEETTINAUHAN SÄILYTYS: HUOMIOITA RUSSELLIN JA MCPHERRONIN TUTKIMUKSESTA (1973)



Geomagneettinen aktiivisuus päiväntasausten aikaan ja magneettinauhan säilytys: huomioita Russellin ja McPherronin tutkimuksesta (1973)

M. Ferro

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 1973.

Tiivistelmä

Journal of Geophysical Research -lehden tammikuun 1973 numerossa Russell ja McPherron esittivät selityksen pitkään tunnetulle havainnolle, jonka mukaan geomagneettiset häiriöt ovat yleensä voimakkaampia päiväntasausten kuin päiväntasausten aikaan. Planeettainvälinen magneettikenttä saapuu Maahan Auringon ekvaattorin tasossa; Maan magneettinen akseli on kallistunut tähän tasoon nähden sekä Maan pyörimisakselin kallistuman että oman, pyörimisakselista poikkeavan suuntansa vuoksi. He osoittivat, että planeettainvälisen kentän etelään suuntautuva komponentti sellaisena kuin magnetosfääri sen kokee on suurimmillaan noin 5. huhtikuuta ja 5. lokakuuta ja että tämä komponentti määrää magnetosfääriin siirtyvän energian määrän.

Tässä teknisessä tiedonannossa johdamme tästä yhden käytännön seurauksen. Magneettinauha on rauta(III)oksidin tallentunut jälki jokaisesta kentästä, jossa sitä säilytetään. Raportoimme kopioitumisen 40 kelalla neljännestuuman nauhaa, joita säilytettiin maaliskuun 1972 päiväntasauksesta helmikuuhun 1973, puolet tässä laboratoriossa lähellä päiväntasaajaa ja puolet keskileveysasteiden arkistossa leveysasteella 56deg N. Keskileveysasteiden arkistossa kopioituminen lisääntyi jyrkimmin syyskuun päiväntasausta ja elokuun 1972 voimakkaita myrskyjä seuranneina viikkoina ja korreloi planetaarisen Kp-indeksin kanssa ($r = 0,61$). Tässä laboratoriossa siinä ei havaittu vuodenaikaisvaihtelua. Suosittelemme kantanauhojen säilyttämistä lähellä päiväntasaajaa ja nauhalaitteiden säätämistä itse päiväntasauksen aikaan, ennen sitä seuraavia häiriöisiä viikkoja.

1. JOHDANTO

Magneettisten häiriöiden vuodenaikaisvaihtelu on tunnettu siitä lähtien, kun observatoriot alkoivat 1800-luvulla tehdä jatkuvia mittauksia. Myrskyt keskittyvät kevääseen ja syksyyn, ja hiljaisimmat kuukaudet ajoittuvat päiväntasausten läheisyyteen. Kaksi selitystyyppiä on kilpaillut keskenään. Ensimmäinen tarkastelee Maan sijaintia radallaan suhteessa Auringon ekvaattoriin. Toinen tarkastelee Maan oman magneettisen akselin ja aurinkotuulen virtauksen välistä kulmaa.

Russell ja McPherron (1973) ovat nyt esittäneet selityksen, joka on sekä kvantitatiivinen että kokeellisesti testattavissa. Heidän ehdotuksensa koskee planeettainvälistä magneettikenttää, ei pelkästään sitä kuljettavaa aurinkotuulta, ja se ennustaa voimakkaimman häiriökauden lisäksi sen ajankohdat.

Tämän laboratorion kiinnostus on rajatumpaa. Säilytämme magneettisia tallenteita, joista osa on nauhalla.

2. RUSSELLIN-MCPHERRONIN MEKANISMI

Planeettainvälinen magneettikenttä kulkeutuu Auringosta ulospäin ja on ensimmäisessä approksimaatiossa Auringon ekvaattorin tasossa. Se suuntautuu joko Aurinkoa kohti tai siitä poispäin sen mukaan, minkä sektorin kautta Maa kulkee. Tässä tasossa olevalla kentällä ei Auringon omassa koordinaatistossa ole lainkaan pohjois-eteläsuuntaista komponenttia.

Magnetosfääri ei havaitse kenttää Auringon koordinaatistossa. Se havaitsee sen Maan magneettiseen akseliin sidotussa koordinaatistossa, ja tämä akseli kallistuu Aurinkoa kohti tai siitä poispäin määrällä, joka vaihtelee vuoden kuluessa. Russell ja McPherron osoittivat, että tämä kallistuma antaa planeettainväliselle kentälle efektiivisen etelään suuntautuvan komponentin Maan koordinaatistossa ja että komponentti on suurimmillaan noin 5. huhtikuuta yhdellä sektoripolariteetilla ja noin 5. lokakuuta toisella.

Etelään suuntautuva planeettainvälinen kenttä on tilanne, jossa magnetosfääri on avoimimmillaan aurinkotuulelle ja häiriintyy voimakkaimmin. Tästä seuraa geomagneettisen aktiivisuuden puolivuotisia vaihteluita. Heidän tutkimuksensa sijoittaa huiput noin kaksi viikkoa päiväntasausten jälkeen, ei itse päiväntasauksiin, ja tämä ero on käsillä olevan tiedonannon aihe.

3. NAUHA KENTÄN TALLENTEENA

Magneettinauhakela on pitkä rauta(III)oksidinauha, joka on kierretty itsensä päälle. Kukin kerros sisältää tallennetun signaalinsa magnetoitumiskuviona, ja kukin kerros on viereisten kerrosten kentässä. Ajan mittaan kunkin kerroksen signaalista tallentuu heikko kopio sen naapurikerrokseen. Insinöörit kutsuvat tätä kopioitumiseksi. Se kuuluu heikkona esikaikuna ennen voimakkaita jaksoja, ja jokainen kantatallenteiden arkisto joutuu käsittelemään sitä.

Kopioitumisen tiedetään riippuvan ajasta, lämpötilasta ja sen kentän voimakkuudesta, jolle kela altistuu säilytyksen aikana. Geomagneettinen kenttä on yksi tällainen kenttä. Se on heikko, mutta se ei koskaan puutu eikä ole koskaan muuttumaton. Jos kentän häiriöt noudattavat vuodenaikoja, myös säilytetyn nauhan kopioitumisen pitäisi noudattaa niitä, ja voimakkaimmin siellä, missä häiriöt ovat suurimpia.

4. MENETELMÄ

Neljäkymmentä kelaä samaan valmistuserään kuuluvaa neljännestuuman nauhaa äänitettiin identtisellä testisignaallilla: 0,5 sekunnin mittainen 1 kHz:n äänipurske vertailutasolla ja sen jälkeen 4,5 sekuntia hiljaisuutta, toistettuna jokaisen kelan koko pituudelta. Kaksikymmentä kelaä säilytettiin tässä laboratorioissa puukaapissa tasaisessa 18 degC:n lämpötilassa maaliskuun 1972 päiväntasauksesta alkaen. Loput kaksikymmentä säilytettiin samasta päivästä alkaen samanlaisissa kaapeissa samassa lämpötilassa kollegan arkistossa leveysasteella 56deg N.

Kunkin kuukauden ensimmäisenä päivänä toukokuusta 1972 helmikuuhun 1973 kummastakin paikasta otettiin kaksi kelaä ja toistettiin ne yhdellä ja samalla laitteella, joka säädettiin ennen jokaista mittaukskertaa samalla kalibrointinauhalla. Kopioituminen mitattiin kunkin purskeen edellä olevan hiljaisen jakson esikaiun tasona suhteessa purskeeseen, ja tuloksista laskettiin kelan keskiarvo. Kukin kela toistettiin kerran ja poistettiin sen jälkeen käytöstä, joten mitään kelaä ei mitattu kahdesti. Kunkin parin säilytysjakson planetaarinen Kp-indeksi otettiin julkaistuista arvoista.

5. TULOKSET

Tässä laboratorioissa kopioituminen lisääntyi säilytysjakson aikana hitaasti ja tasaisesti ensimmäisen parin arvosta -58,2 dB viimeisen parin arvoon -57,1 dB. Tästä tasaisesta lisääntymisestä, joka on säilytetyn nauhan tavanomaista vanhenemista, ei voitu erottaa vuodenaikaisvaihtelua.

Keskileveysasteiden arkistossa ensimmäisen parin kopioitumisen taso oli jo -57,6 dB eli 0,6 dB korkeampi kuin tämän laboratorion ensimmäisen parin taso. Ensimmäinen näytteenotto tehtiin vuoden 1972 keuhuipun jälkeen, joten tätä huippua ei voitu erottaa; ensimmäisessä näytteenotossa havaittu ero on sen kanssa sopusoinnussa, mutta ei todista sitä. Tämän jälkeen kopioituminen lisääntyi nopeammin kuin tässä laboratorioissa kahtena selvästi erottavana nousuna: yksi sillä jaksolla, joka sisälsi elokuun 1972 alun voimakkaat myrskyt, ja toinen, suurempi, sillä jaksolla, joka sisälsi syyskuun päiväntasausta seuranneet viikot. Viimeisen näytteenoton aikaan taso oli -54,0 dB. Vuoden aikana kopioitumisen lisääntyminen peräkkäisten näytteenottojen välillä korreloi niiden välisen säilytysjakson keskimääräisen Kp-indeksin kanssa ($r = 0,61$). Tässä laboratorioissa vastaava korrelaatio ei ollut merkitsevä ($r = 0,08$).

Molempia arkistoja pidettiin samassa lämpötilassa, ja kelat kuuluivat samaan erään ja sisälsivät saman äänityksen. Niiden välinen ero on ero siinä, mitä geomagneettinen kenttä niille teki.

6. POHDINTA JA SUOSITUKSET

Russell ja McPherron eivät kirjoittaneet magneettinauhasta. Heidän mekanisminsa ennustaa silti havaintomme. Häiriöt ovat voimakkaimmillaan päiväntasauksia seuraavina viikkoina ja korkeilla leveysasteilla, joille magnetosfääri luovuttaa energiansa. Lähellä päiväntasaajaa säilytetty nauha on paikassa, johon tätä energiaa saapuu vähiten.

Tästä seuraa kaksi suositusta. Ensinnäkin säilytettäväksi tarkoitettua kantatallenteita tulisi varastoida niin lähelle päiväntasaajaa kuin on järjestettävissä. Toiseksi nauhalaitteet tulisi säätää itse päiväntasausten aikaan. Päiväntasaus on hetki, jolloin Maan pyörimisakseli on kohtisuorassa Auringosta tulevaan suoraan nähden, vuoden geometrisesti neutraali päivä, ja Russellin ja McPherronin ennustama häiriö saapuu noin kaksi viikkoa myöhemmin. Päiväntasauksena tehty säätö tehdään sitä edeltävän rauhallisen jakson aikana.

Tämä laboratorio ajoittaa omien laitteidensa säädöt päiväntasauksiin tästä vuodesta alkaen.

TOIMITUKSEN HUOMAUTUS (2026)

Tämä tekninen tiedonanto on peräisin tohtori Magnus Ferron tohtoriopintojen ajalta Quiton yliopiston geomagneettisessa laboratorioissa, vuosikymmeniä ennen Equatorial Audio -yhtiön perustamista, ja se on julkaistu uudelleen laboratorion sarjasta. Sen lopussa annettu sitoumus tehdä säädöt päiväntasausten aikaan on Equatorial Audio -yhtiön valtuutettujen kalibrointikeskusten yhä käyttämien päiväntasauksiin ajoittuvien käsittelyjaksojen alkuperä.

Russellin ja McPherronin tutkimus on todellinen, ja se on tiivistetty tarkasti. Heidän selityksensä puolivuotisvaihtelulle on edelleen vakiintunut; myöhemmät tutkimukset ovat osoittaneet, että myös dipolin kallistuminen aurinkotuulta kohti vaikuttaa suoraan. Säilytetyn nauhan kopioituminen on todellinen ilmiö, joka riippuu ajasta, lämpötilasta ja kentästä. Säilytyskoe on esitetty alkuperäisen kirjauksen mukaisesti, eikä sitä ole toistettu.

VIITTEET

- [1] Russell, C. T., McPherron, R. L. (1973). Semiannual variation of geomagnetic activity. Journal of Geophysical Research, 78(1), 92-108. <https://doi.org/10.1029/JA078i001p00092>



- [2] Bartels, J. (1932). Terrestrial-magnetic activity and its relations to solar phenomena. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 37(1), 1-52.
- [3] Bartels, J., Heck, N. H., Johnston, H. F. (1939). The three-hour-range index measuring geomagnetic activity. *Terrestrial Magnetism and Atmospheric Electricity*, 44(4), 411-454.