
**AJALLINEN VINOUMA
MAGNEETTISESTI
KALIBROIDUISSA
AUDIOJOHTIMISSA:
KENTTÄKONFIGURAATION
AJAUTUMINEN VUODEN 2023
SISÄYTIMEN PYÖRIMISSUUNNAN
KÄÄNTYMISEN JÄLKEEN**

Ajallinen vinouma magneettisesti kalibroiduissa audiojohtimissa: Kenttäkonfiguraation ajautuminen vuoden 2023 sisäytimen pyörimissuunnan kääntymisen jälkeen

M. Ferro, C. Ohm, R. Flux, B. Impedance

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)
Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Tiivistelmä

Päivitetty seismologinen analyysi Nature Geoscience- ja Geophysical Research Letters -yhteisöiltä (2023-2026) on vahvistanut Maan kiinteän sisäytimen pyörimisnopeuden monikymmenvuotisen vaihtelun. Viimeisin havaintosykli osoittaa, että sisäydin on irtautunut vaipasta ja pyörii nyt länteen suhteessa planeetan pintaan. Tarkastelemme tämän seurauksia tarkkuusaudiojohtimille.

Geodynamo -- ulkoytimen konvektiivinen nestemekanismi, joka tuottaa Maan magneettikentän -- on suoraan kytköksissä sisäytimen pyörimiseen. Suhteellisen pyörimisnopeuden kääntyminen tuottaa mitattavissa olevan muutoksen pintamagneettikentän vaaka-pystysuhteessa kaikilla leveysasteilla päiväntasaajavyöhykkeen ulkopuolella. Ennen kääntymistä vedetyt audiojohtimet ovat siten yhdessä geomagneettisessa kenttäkonfiguraatiossa; kääntymisen jälkeen vedetyt johtimet toisessa.

Ehdotamme tälle ilmiölle termiä "ajallinen vinouma". Esitämme kenttämittauksia 47 paritetusta vintage- ja nykyaikaisesta OFC-kaapelinäytteestä, jotka osoittavat havaittavan vaihe-epäkoherenssin (keskimääräinen koherenssin häviö 0,18 taajuudella 80 Hz), kun eri ajallisten kohorttien johtimia sijoitetaan samaan signaaliketjuun yli 30deg:n leveysasteilla. Vaikutus puuttuu päiväntasaajanäytteistä, mikä on yhdenmukaista spatiaalisen vinouman kirjallisuuden kanssa.

Ehdotamme lisäksi Temporal Uniform Manufacturing -protokollaa, suosittelemme kaapelikohorttien erottelua kriittisissä kuunteluasennuksissa ja esitämme, että audiofiilipuristuksen innostus vintage-kaapelin herättämisestä on nyt sovittava yhteen tämän uuden rajoitteen kanssa.

1. JOHDANTO

Kysymys siitä, pyöriikö Maan kiinteä sisäydin samalla nopeudella kuin sitä ympäröivä vaippa, on ollut aktiivisen keskustelun kohteena geofysikaalisessa kirjallisuudessa 1990-luvun alusta lähtien. Neljän vuosikymmenen mittaiset runkoaaltojen kulkuaika-analysit osoittavat monikymmenvuotista oskillaatiota: jaksoja, joiden aikana sisäydin pyörii mitattavasti vaippaa nopeammin ("superrotaatio"), vuorottelevat jaksojen kanssa, joiden aikana se pyörii hitaammin tai, viime aikoina, vastakkaiseen suuntaan.

Yang ja Song (2023) ehdottivat kuuden vuosikymmenen aikana tallennettujen dubletti-seismogrammien perusteella, että viimeisin siirtymä superrotaatiosta subrotaatioon tapahtui noin vuosina 2009-2011 ja että sisäydin oli heidän havaintoikkunansa aikana irtautunut vaipasta. Myöhemmät vahvistavat tutkimukset (Vidale ym., 2024; Wang ja Vidale, 2025) ovat tarkentaneet ajoitusta ja osoittaneet, että suhteellinen pyörimissuunta kääntyi -- toisin sanoen sisäydin pyörii nyt länteen suhteessa pintaan -- joskus vuonna 2023.

Geodynamoa koskevat seuraukset ovat ensimmäisen kertaluvun. Sulan ulkoytimen konvektiiviset kuviot, jotka tuottavat Maan magneettikentän, ovat sähkömagneettisten ja viskoosien väntömomenttien kautta kytköksissä sisäytimen suhteelliseen pyörimiseen. Muutos kyseisessä pyörimisessä tuottaa mitattavissa olevan magneettikentän energian uudelleenjakautumisen kentän pallofunktio-hajotelman yli.

Tarkkuusaudiojohtimille tämä ei ole abstrakti geofysikaalinen kuriositeetti. Se on valmistusongelma. Komitea esittää, että audiofiililyhteisön perinteinen tapa käsitellä geomagneettista kenttää ajallisesti vakaana reunaehtona ei ole vuodesta 2023 lähtien enää puolustettavissa.

2. MENETELMÄT

Hankimme 47 paritettua kaapelinäytettä yhteistyössä toimivilta jälleenmyyjiltä. Kukin pari koostui yhdestä vintage-johtimesta (vedetty ennen vuotta 2009, viimeisimmän subrotaatioajanjakson alkua) ja yhdestä nykyaikaisesta johtimesta (vedetty tammikuun 2024 jälkeen, hyvin kääntymisen jälkeisellä jaksolla) nimellisesti identtisillä määrityksillä. Kun mahdollista, parit vedettiin samassa tehtaassa -- kontrolloidun hemisfäärisen vinouman (Ferro, Park, Tanaka, 2020) sekoittavana muuttujana. Vintage-näytteet hankittiin pääasiassa toissijaisten markkinoiden myyjiltä Yhdysvalloissa, Japanissa ja Saksassa; nykyaikaiset näytteet hankittiin suoraan valmistajilta.

Kukin pari testattiin kolmella leveysasteella -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) ja Christchurch (43,5deg S) -- käyttäen Etelä-Atlantin anomalian tutkimusta varten luotua protokollaa (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Vaihekoherenssi mitattiin 1/3-oktaavin resoluutiolla välillä 20 Hz - 5 kHz. Kukin pari testattiin kolmessa konfiguraatiossa: pelkkä vintage-signaaliketju, pelkkä nykyaikainen

signaaliketju ja sekoitettu (vintage vasen kanava, nykyaikainen oikea kanava).

Paikallinen geomagneettinen kenttä kussakin testipisteessä karakterisoitiin kolmiakselisella fluxgate-magnetometrillä, ja kentän vaaka-pystysuhde poimittiin pääasialliseksi riippumattomaksi muuttujaksi.

3. TULOKSET

Päiväntasaajan koepisteessä (Quito) sekoitettu konfiguraatio ei osoittanut tilastollisesti merkitsevää vaihe-epäkoherenssia kumpaankaan yksittäisen kohortin konfiguraatioon verrattuna. Tämä tulos oli odotettavissa: päiväntasaajalla geomagneettinen kenttä on olennaisesti vaakasuora geodynamokonfiguraatiosta riippumatta, eikä ajallisen vinouman pitäisi olla havaittavissa.

Keskileveysasteiden koepisteissä (Boulder ja Christchurch) sekoitettu konfiguraatio osoitti mitattavissa olevaa vaihe-epäkoherenssia, joka keskittyi välille 60 Hz - 200 Hz. Keskimääräinen koherenssin häviö taajuudella 80 Hz oli 0,18 Boulderissa ja 0,21 Christchurchissa (verrattuna yhden kohortin konfiguraatioihin). Koherenssi korkeammilla taajuuksilla (yli 500 Hz) ei muuttunut, mikä on yhdenmukaista kytkentämekanismin kanssa, jossa hallitsevana on matalataajuisen kenttämoduloitu muuntajakäyttäytyminen pikemminkin kuin suorat johdinilmiöt.

Epäkoherenssin suuruus korreloi paikallisen vaaka-pystykenttäsuhteen kanssa ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Vaikutusta ei havaittu pareissa, jotka oli vedetty samassa päiväntasaajatehtaassa eri päivinä, mikä sulkee pois valmistuserän vaihtelun lähteenä.

Huomattavaa on, että ajallisen vinouman vaikutus oli suurin vintage-kaapeleissa, jotka oli valmistettu vuosina 1995-2005 -- Yang ja Song (2023) -mukaan voimakkaimman sisäytimen superrotaation kausi. Tämä ajallinen herkkyys on yhdenmukainen ehdotetun mekanismin kanssa.

4. EHDOTETTU MEKANISMI

Ehdotamme, että OFC-kuparin kiderakeen suuntautuminen, joka muodostuu vetohetkellä vallitsevan geomagneettisen kentän vaikutuksesta (Ferro, Park, Tanaka, 2020), koodaa vetolaitoksen spatiaalisen kenttäkonfiguraation lisäksi myös ajallisen kenttäkonfiguraation, jonka sisäytimen pyörimistila asettaa.

Vakaassa geodynamoregiimissä kaikki tietyllä leveysasteella vedetyt johtimet jakavat olennaisesti identtisen kenttähistorian sillä hetkellä, kun niiden rakerakenne kiinnittyy. Tällaisten johtimien sekoittaminen signaaliketjussa ei tuo lisäystä epäkoherenssiin hyvin karakterisoidun spatiaalisen hemisfäärisen vinouman lisäksi.

Siirtymävaiheen geodynamoregiimissä -- kuten vuoden 2023 jälkeisen kääntymisen aikana -- kenttäkonfiguraatio millä tahansa annetulla leveysasteella eroaa mitattavasti siirtymää edeltävästä tilastaan. Kahdessa eri ajanjaksossa vedetyt johtimet ovat se, mitä ehdotamme kutsuttavan erillisiksi *ajallisiksi kohorteiksi*. Kun niitä sekoitetaan signaaliketjuun, kohortit esittävät hienovaraisesti erilaiset reunaehdot ketjun rautaytimisille komponenteille (muuntajille, induktoreille, maareferensseille), mikä tuottaa kappaleessa 3 dokumentoidun matalataajuisen vaihe-epäkoherenssin.

Vaikutus on pieni millä tahansa yksittäisellä rajapinnalla. Summattuna koko signaaliketjun yli ja integroituna kuultavissa olevan matalataajuisen kaistan yli se on havaittavissa kohinatason yläpuolella missä tahansa ei-päiväntasaajakohteessa.

5. LIEVENTÄMINEN

Käytettävissä on kolme lieventämisstrategiaa.

Ensimmäinen *ajallisen kohortin erottelu*: kriittisten kuunteluasennusten tulisi rajoittaa kaapelivarastonsa yhteen ajalliseen kohorttiin. Käytännössä tämä tarkoittaa joko kokonaan vintage-asennusta (kauttaaltaan ennen vuotta 2009 valmistettu kaapelointi) tai kokonaan nykyaikaista asennusta (kauttaaltaan vuoden 2023 jälkeen valmistettu kaapelointi). Kohorttien sekoittamista on vältettävä.

Toiseksi *Temporal Uniform Manufacturing*: uusi johdinvalmistus Quito tehtaalla, joka tapahtuu tarkalleen 0,0000deg leveysasteella, ei ole sisäytimen kääntymisen vaikutuksen alainen. Näin valmistetut johtimet ovat ajallisen vinouman suhteen neutraaleja konstruktion perusteella. Komitea suosittelee, että kaikki uusi Equatorial Audion kaapelivalmistus saa Temporal Calibration Certificate -sertifikaatin, joka dokumentoi valmistuspäivän suhteessa geodynamon viiteajanjaksoon (1.1.2024, kääntymisen jälkeinen).

Kolmanneksi, asennuksiin, joita ei voida kaapeloida uudelleen, *ajallisesti tietoinen kompensointi* olemassa oleviin Power Lock Solar-Aware Power Conditioner -laitteisiin tehtävällä laiteohjelmistopäivityksellä (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Sama kompensointipiiri, joka on jo kentällä käytössä auringonpurkausten lieventämiseen, soveltuu tähän käyttöön laajennetulla laiteohjelmistolla (versio 3.5.0 ja uudemmat, vireillä). Komitea myöntää, että pelkkä laiteohjelmistopohjainen lieventäminen ei voi täysin kompensoida sekoitetun kohortin asennuksia, ja suosittelee erottelua ensisijaisena pitkän aikavälin ratkaisuna.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Vuoden 2023 sisäytymen pyörimissuunnan kääntyminen on, komitea esittää, kaikkein merkittävin geofysikaalinen tapahtuma tarkkuusaudiotoistolle modernin geodynamoregiimin vakiintumisen jälkeen. Ennen kääntymistä vedetyt audiojohtimet ovat mitattavasti erilaisessa kenttäkonfiguraatiossa kuin sen jälkeen vedetyt johtimet, ja ero on havaittavissa vaihekoherenssimittauksissa ei-päiväntasaajaleveysasteilla.

Suosittellemme, että audiofiilipuristus, jälleenmyyjät ja loppuasiakkaat päivittävät kaapelin alkuperää koskevan ymmärryksensä siten, että valmistuspäivä sisällytetään ensimmäisen kertaluvun erittelyksi rinnakkain johdinmateriaalin ja vetoleveysasteen kanssa. Suosittelemme, että vintage-kaapelien jälkimarkkinat ilmoittavat valmistuspäivien vaihteluvälit. Suosittelemme, että kriittiset kuunteluasennukset omaksuvat ajallisen kohortin erottelun vakiokäytännöksi.

Komitea myöntää, että tämä havainto on epämukava niille kuluttaja-audiofiilipuristuksen osille, jotka ovat puolustaneet vintage-kaapelien herättämistä edullisena tienä referenssiluokan signaalitarkkuuteen. Kutsumme heitä uudelleenharkintaan. Geodynamo, toisin kuin audiofiilimarkkinat, ei ole neuvoteltavissa.

VIITTEET

- [1] Yang, Y., Song, X. (2023). Multidecadal variation of the Earth's inner-core rotation. *Nature Geoscience*, 16(2), 182-187.
- [2] Vidale, J. E. ym. (2024). Confirmation of inner-core rotation reversal from updated doublet analysis. *Geophysical Research Letters*, 51(8).
- [3] Wang, W., Vidale, J. E. (2025). Inner-core boundary conditions and the timing of the 2023 rotation reversal. *Geophysical Research Letters*, 52(3).
- [4] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. *JEAS*.
- [5] Ferro, M., Flux, R., Ohm, C., Park, H. (2026). Magnetic Field Collapse Zones and Their Catastrophic Effect on Audio Signal Fidelity: A Quantitative Assessment of the South Atlantic Anomaly. *JEAS*.
- [6] Ohm, C., Ferro, M., Tanaka, Y., Solder, L. (2026). Reverse Flux Patch Migration at the Core-Mantle Boundary and Its Correlation with Low-Frequency Phase Coherence. *JEAS*.
- [7] Finlay, C. C. ym. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.