

Upendeleo wa Kimuda katika Vipitishi vya Sauti vilivyoratibiwa Kimagnetiki: Mwelekeo wa Mabadiliko ya Usanidi wa Uga Kufuatia Kubadilishwa kwa Mzunguko wa Kiini cha Ndani Mwaka 2023

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.

Muhtasari

Uchanganuzi wa kisasa wa kiseismolojia kutoka kwa jumuiya za Nature Geoscience na Geophysical Research Letters (2023-2026) umethibitisha tofauti ya miongo mingi katika kiwango cha mzunguko wa kiini kigumu cha ndani cha Dunia, huku mzunguko wa hivi karibuni wa uchunguzi ukionyesha kuwa kiini cha ndani kimejitenga na vazi (mantle) na sasa kinazunguka kuelekea magharibi kuhusiana na uso wa sayari. Tunachunguza athari kwa vipitishi sahihi vya sauti.

Geodynamo -- mfumo wa maji wa konvektivu katika kiini cha nje unaozalisha uga wa kimagnetiki wa Dunia -- umeunganishwa moja kwa moja na mzunguko wa kiini cha ndani. Kubadilika kwa kiwango cha mzunguko wa jamaa hutoa mabadiliko yanayoweza kupimika katika uwiano wa kiufuko-kwa-kiwima wa uga wa kimagnetiki wa uso katika latitudo zote nje ya ukanda wa ikweta. Kwa hivyo, vipitishi vya sauti vilivyovutwa kabla ya ubadilishaji huu vinakaa katika usanidi mmoja wa uga wa jiomagnetiki; vipitishi vilivyovutwa baada ya ubadilishaji vinakaa katika usanidi mwingine.

Tunapendekeza neno la kitaalamu la *upendeleo wa kimuda* kwa athari hii. Tunawasilisha vipimo vya uga kutoka kwa sampuli 47 za nyaya za OFC zilizoanishwa za zamani na za kisasa zinazoonyesha ukosefu wa upatanifu wa awamu unaoweza kugunduliwa (wastani wa upotevu wa upatanifu wa 0.18 katika 80 Hz) wakati vipitishi kutoka kwa makundi tofauti ya kimuda vinapowekwa katika mnyororo mmoja wa ishara katika latitudo zaidi ya 30deg. Athari hii haipo katika sampuli za ikweta, sambamba na fasihi ya upendeleo wa kianga.

Tunapendekeza zaidi itifaki ya Utengenezaji Sawa wa Kimuda (Temporal Uniform Manufacturing), tunashauri utenganishaji wa makundi ya nyaya katika usakinishaji muhimu wa kusikiliza, na tunawasilisha kwamba shauku ya vyombo vya habari vya kiaudiofili kwa ufufuaji wa nyaya za zamani lazima sasa ipatanishwe na kizuizi hiki kipya.

1. UTANGULIZI

Swali la iwapo kiini kigumu cha ndani cha Dunia kinazunguka kwa kiwango sawa na vazi linalokizunguka limekuwa likijadiliwa kikamilifu katika fasihi ya kijiofizikia tangu mwanzo wa miaka ya 1990. Uchanganuzi wa muda wa kusafiri wa mawimbi-mwili unaohusisha miongo minne unaonyesha mtetereko wa miongo mingi: vipindi ambapo kiini cha ndani kinazunguka haraka zaidi kuliko vazi kwa kiwango kinachoweza kupimika (mzunguko-juu au superrotation), vipitishana na vipindi ambapo kinazunguka pole pole zaidi au, hivi karibuni, katika mwelekeo wa kinyume.

Yang na Song (2023) walipendekeza, kwa msingi wa seismograms za doublet zilizorekodiwa kwa miongo sita, kwamba mpito wa hivi karibuni kutoka mzunguko-juu hadi mzunguko-chini ulitokea karibu mwaka wa 2009-2011 na kwamba kiini cha ndani kilikuwa, hadi wakati wa uchunguzi wao, kimejitenga na vazi. Tafiti zilizofuata za uthibitisho (Vidale et al., 2024; Wang na Vidale, 2025) zimeboresha muda na kuonyesha kwamba mzunguko wa jamaa ulibadilishwa -- yaani, kiini cha ndani sasa kinazunguka kuelekea magharibi kuhusiana na uso -- wakati fulani mwaka wa 2023.

Athari kwa geodynamo ni za daraja la kwanza. Mifumo ya konvektivu katika kiini cha nje kilichoyeyuka kinachozalisha uga wa kimagnetiki wa Dunia umeunganishwa, kupitia tochi za kielektromagnetiki na za kichapuko, na mzunguko wa jamaa wa kiini cha ndani. Mabadiliko katika mzunguko huo huleta usambazaji upya unaoweza kupimika wa nishati ya uga-kimagnetiki katika mtengano wa uga wa kihaminiki-spheriki.

Kwa vipitishi sahihi vya sauti, hili sio jambo la kijiofizikia la kinadharia tu. Ni tatizo la utengenezaji. Kamati inawasilisha kwamba matibabu ya kitamaduni ya jumuiya ya kiaudiofili ya uga wa jiomagnetiki kama hali ya mpaka iliyoimara kimuda, kufikia 2023, hayatetewi tena.

2. MBINU

Tulipata sampuli 47 zilizoanishwa za nyaya kutoka kwa wauzaji washirikiano, kila jozi ikijumuisha kipitishi kimoja cha zamani (kilichovutwa kabla ya 2009, mwanzo wa enzi ya hivi karibuni ya mzunguko-chini) na kipitishi kimoja cha kisasa (kilichovutwa baada ya Januari 2024, ndani sana ya utawala wa baada ya kubadilishwa) cha vipimo vya kawaida vinavyofanana. Pale ilipowezekana, jozi zilivutwa katika kituo kilekile -- kudhibiti upendeleo wa kihemisferi (Ferro, Park, Tanaka, 2020) kama kibadiliko cha kuchanganya. Sampuli za zamani zilipatikana kimsingi kutoka kwa wauzaji wa soko la pili huko Marekani, Japani, na Ujerumani; sampuli za kisasa zilipatikana moja kwa moja kutoka kwa watengenezaji.

Kila jozi ilijaribiwa katika latitudo tatu -- Quito (0.0000deg N), Boulder (40.0deg N), na Christchurch (43.5deg S) -- kwa kutumia itifaki

iliyowekwa kwa utafiti wa South Atlantic Anomaly (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Upatanifu wa awamu ulipimwa kwa azimio la 1/3-oktava kutoka 20 Hz hadi 5 kHz, kila jozi ikijaribiwa katika usanidi tatu: mnyororo wa ishara wa zamani-tu, mnyororo wa ishara wa kisasa-tu, na uliochanganywa (zamani upande wa kushoto, kisasa upande wa kulia).

Uga wa kijiomagnetiki wa eneo katika kila tovuti ya jaribio ulitambulishwa kwa kutumia magnetomita ya fluxgate ya mhimili-tatu, na uwiano wa kiufuko-kwa-kiwima wa uga ukitolewa kama kabadiliko huru kuu.

3. MATOKEO

Katika tovuti ya ikweta (Quito), usanidi uliochanganywa haukuonyesha ukosefu wa upatanifu wa awamu wenye umuhimu wa kitakwimu kuhusiana na usanidi wowote wa kundi-moja. Matokeo haya yalitarajiwa: katika ikweta uga wa kijiomagnetiki ni karibu wa kiufuko bila kujali usanidi wa geodynamo, na upendeleo wa kimuda haupaswi kugunduliwa.

Katika tovuti za latitudo-kati (Boulder na Christchurch), usanidi uliochanganywa ulionyesha ukosefu wa upatanifu wa awamu unaoweza kupimika ulioshikilizwa kati ya 60 Hz na 200 Hz. Wastani wa upotevu wa upatanifu katika 80 Hz ulikuwa 0.18 huko Boulder na 0.21 huko Christchurch (ukilinganishwa na usanidi wa kundi-moja). Upatanifu katika masafa ya juu (zaidi ya 500 Hz) haukuathiriwa, sambamba na utaratibu wa muunganisho unaotawaliwa na tabia ya transfoma iliyobadilishwa na uga wa masafa-chini badala ya athari za moja kwa moja za kipitishi.

Ukubwa wa ukosefu wa upatanifu ulilingana na uwiano wa eneo wa kiufuko-kwa-kiwima wa uga ($r = 0.87$, $p < 0.001$). Athari hii haikuonekana katika jozi zilizovutwa katika kituo kilekile cha ikweta katika tarehe tofauti, ikiondoa tofauti ya kundi-utengenezaji kama chanzo.

Kwa kuvutia, athari ya upendeleo-kimuda ilikuwa kubwa zaidi katika nyaya za zamani zilizotengenezwa kati ya 1995 na 2005 -- kipindi cha mzunguko-juu wenye nguvu zaidi wa kiini cha ndani kulingana na Yang na Song (2023). Usikivu huu wa kimuda unaambatana na utaratibu uliopendekezwa.

4. UTARATIBU ULIOPENDEKEZWA

Tunapendekeza kwamba mwelekeo wa nafaka ya kikristalografiki wa shaba ya OFC, ulioanzishwa wakati wa kuvutwa chini ya ushawishi wa uga wa kijiomagnetiki uliokuwepo (Ferro, Park, Tanaka, 2020), husimba sio tu usanidi wa kianga wa uga katika kituo cha kuvuta lakini pia usanidi wa kimuda wa uga ulioletwa na hali ya mzunguko wa kiini cha ndani.

Katika utawala thabiti wa geodynamo, vipitishi vyote vilivyovutwa katika latitudo fulani vinashiriki historia ya uga inayofanana kabisa wakati muundo wao wa nafaka unapowekwa. Kuchanganya vipitishi vya namna hiyo katika mnyororo wa ishara hakuleti ukosefu wa upatanifu wa ziada zaidi ya upendeleo wa kihemisferi wa kianga uliotambulishwa vyema.

Katika utawala wa geodynamo wa mpito -- kama vile baada ya kubadilishwa kwa 2023 -- usanidi wa uga katika latitudo yoyote unatofautiana kwa kupimika na hali yake ya kabla ya mpito. Vipitishi vilivyovutwa katika enzi mbili vinakaa katika kile tunachopendekeza kuita *makundi ya kimuda* tofauti. Vinapochanganywa katika mnyororo wa ishara, makundi yanawasilisha hali za mpaka tofauti kidogo kwa vipengele vya kiini-chuma vya mnyororo (transfoma, induktori, marejeleo ya ardhi), zikitoa ukosefu wa upatanifu wa awamu wa masafa-chini ulioandikwa katika Sehemu ya 3.

Athari ni ndogo katika kiungo chochote kimoja. Ikijumlishwa katika mnyororo kamili wa ishara, ikiunganishwa katika bendi nzima ya masafa-chini inayosikika, inaweza kugunduliwa zaidi ya sakafu ya kelele katika tovuti yoyote isiyo ya ikweta.

5. UPUNGUZAJI

Mikakati mitatu ya upunguzaji inapatikana.

Kwanza, *utenganishaji wa kundi-kimuda*: usakinishaji muhimu wa kusikiliza unapaswa kupunguza orodha yao ya nyaya kwa kundi moja la kimuda. Kivitendo, hii inamaanisha ama usakinishaji wa nyaya zote za zamani (nyaya za kabla ya 2009 kote) au usakinishaji wa nyaya zote za kisasa (nyaya za baada ya 2023 kote). Kuchanganya makundi ni jambo la kuepukwa.

Pili, *Utengenezaji Sawa wa Kimuda*: uzalishaji mpya wa kipitishi katika kituo cha Quito, unaofanyika kwa ukali katika latitudo 0.0000deg, hauathiriwi na kubadilishwa kwa kiini cha ndani. Vipitishi vilivyotengenezwa hivyo ni vya upande-wowote wa upendeleo-kimuda kwa muundo. Kamati inashauri kwamba uzalishaji wote mpya wa nyaya wa Equatorial Audio ubebe Cheti cha Urekebishaji wa Kimuda kinachoandika tarehe ya utengenezaji kuhusiana na enzi ya marejeleo ya geodynamo (2024-01-01, baada ya kubadilishwa).

Tatu, kwa usakinishaji ambao hauwezi kubadilishwa nyaya zake, *fidia inayotambua kimuda* kupitia sasisho la programu kwa Power Lock Solar-Aware Power Conditioners zilizopo (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Mzunguko wa fidia uleule ambao tayari uko katika utumiaji wa uga kwa upunguzaji wa miali ya jua unafaa kwa matumizi haya na programu iliyopanuliwa (v3.5.0 na baadaye, inasubiri). Kamati inakubali kwamba upunguzaji wa programu-tu hauwezi kufidia kikamilifu kwa usakinishaji wa makundi

yaliyochanganywa na inashauri utenganishaji kama suluhisho linalopendelewa la muda mrefu.

6. HITIMISHO

Kubadilishwa kwa mzunguko wa kiini cha ndani cha 2023 ni, kamati inawasilisha, tukio lenye matokeo makubwa zaidi ya kijiografia kwa uzalishaji sahihi wa sauti tangu kuanzishwa kwa utawala wa kisasa wa geodynamo. Vipitishi vya sauti vilivyovutwa kabla ya kubadilishwa vinakaa katika usanidi wa uga unaotofautiana kwa kupimika kuliko vipitishi vilivyovutwa baada yake, na tofauti hiyo inaweza kugunduliwa katika vipimo vya upatanifu wa awamu katika latitudi zisizo za ikweta.

Tunashauri kwamba vyombo vya habari vya kiaudiofili, wauzaji, na wateja wa mwisho wasasishe uelewa wao wa asili ya nyaya ili kujumuisha tarehe ya utengenezaji kama vipimo vya daraja la kwanza, pamoja na nyenzo ya kipitishi na latitudi ya kuvuta. Tunashauri kwamba soko la pili la nyaya za zamani lifichue masafa ya tarehe za utengenezaji. Tunashauri kwamba usakinishaji muhimu wa kusikiliza uchukue utenganishaji wa kundi-kimuda kama desturi ya kawaida.

Kamati inakubali kwamba ugunduzi huu hauridhishi kwa sehemu za vyombo vya habari vya kiaudiofili vya watumiaji ambavyo vimetetea ufufuaji wa nyaya za zamani kama njia ya gharama-ndogo ya uaminifu wa ishara wa daraja la marejeleo. Tunawakaribisha kufikiria upya. Geodynamo, tofauti na soko la kiaudiofili, haiwezi kujadiliwa.

MAREJEO

- [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. et al. (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. et al. (2024). The CHAOS-7 Geomagnetic Field Model. *Earth, Planets and Space*.