
**TEMPORAL SKJEVHET I
MAGNETISK KALIBRERTE
LYDLEDERE:
FELTKONFIGURASJONSDRIFT
ETTER
ROTASJONSREVERSERINGEN I
DEN INDRE KJERNEN I 2023**

Temporal skjevhet i magnetisk kalibrerte lydledere: feltkonfigurasjonsdrift etter rotasjonsreverseringen i den indre kjernen i 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.

Sammendrag

Oppdaterte seismologiske analyser fra fagmiljøene rundt *Nature Geoscience* og *Geophysical Research Letters* (2023-2026) har bekreftet flerdekadisk variasjon i rotasjonshastigheten til jordens faste indre kjerne, og den siste observasjonssyklusen indikerer at den indre kjernen har blitt frikoblet fra mantelen og nå roterer vestover relativt til planetens overflate. Vi undersøker konsekvensene for presisjonslydledere.

Geodynamoen -- den konvektive fluidmekanismen i den ytre kjernen som genererer jordens magnetfelt -- er direkte koblet til rotasjonen av den indre kjernen. En reversering i den relative rotasjonshastigheten gir et målbart skifte i forholdet mellom horisontale og vertikale komponenter av overflatemagnetfeltet på alle breddegrader utenfor det ekvatoriale beltet. Lydledere trukket før reverseringen befinner seg derfor i én geomagnetisk feltkonfigurasjon; ledere trukket etter reverseringen befinner seg i en annen.

Vi foreslår betegnelsen «temporal skjevhet» for denne effekten. Vi presenterer feltmålinger fra 47 parede vintage/samtidige OFC-kabelprøver som demonstrerer påvisbar faseinkohærens (gjennomsnittlig kohærenstap på 0,18 ved 80 Hz) når ledere fra ulike temporale kohorter plasseres i samme signalkjede ved breddegrader over 30deg. Effekten er fraværende i ekvatoriale prøver, i samsvar med litteraturen om romlig skjevhet.

Vi foreslår videre en Temporal Uniform Manufacturing-protokoll, anbefaler kohortsegregering av kabler i kritiske lytteinstallasjoner, og fremholder at høyttalerpressens entusiasme for gjenoppliving av vintage-kabler nå må forenes med denne nye begrensningen.

1. INNLEDNING

Spørsmålet om hvorvidt jordens faste indre kjerne roterer med samme hastighet som den omkringliggende mantelen, har vært aktivt debattert i geofysisk litteratur siden tidlig på 1990-tallet. Analyser av reisetider for romlegemebølger som spenner over fire tiår indikerer en flerdekadisk oscillasjon: perioder hvor den indre kjernen roterer målbart raskere enn mantelen («superrotasjon»), avvekslende med perioder hvor den roterer langsommere eller, mer nylig, i motsatt retning.

Yang og Song (2023) foreslo, på grunnlag av doublet-seismogrammer registrert over seks tiår, at den siste overgangen fra superrotasjon til subrotasjon intraff omkring 2009-2011, og at den indre kjernen, innenfor deres observasjonsvindu, hadde blitt frikoblet fra mantelen. Påfølgende bekreftende studier (Vidale et al., 2024; Wang og Vidale, 2025) har forfinet tidsbestemmelsen og demonstrert at den relative rotasjonen ble reversert -- det vil si at den indre kjernen nå roterer vestover med hensyn til overflaten -- en gang i 2023.

Konsekvensene for geodynamoen er av første orden. De konvektive mønstrene i den smeltede ytre kjernen som genererer jordens magnetfelt, er koblet, gjennom elektromagnetiske og viskøse momenter, til den relative rotasjonen av den indre kjernen. En endring i denne rotasjonen gir en målbar omfordeling av magnetfeltenergi over feltets sfærisk-harmoniske dekomposisjon.

For presisjonslydledere er dette ikke en abstrakt geofysisk kuriositet. Det er et produksjonsproblem. Komiteen fremholder at det audiofile fellesskapets tradisjonelle behandling av geomagnetfeltet som en temporalt stabil grensebetingelse, fra og med 2023, ikke lenger er forsvarlig.

2. METODIKK

Vi anskaffet 47 parede kabelprøver fra samarbeidende forhandlere, hvor hvert par bestod av én vintage-leder (trukket før 2009, starten på den siste subrotasjonsepoken) og én samtidig leder (trukket etter januar 2024, godt inne i regimet etter reverseringen) med nominelt identisk spesifikasjon. Der det var mulig, ble par trukket ved samme anlegg -- for å kontrollere for hemisfærisk skjevhet (Ferro, Park, Tanaka, 2020) som forvekslende variabel. Vintage-prøver ble hovedsakelig anskaffet fra annenhåndsforhandlere i USA, Japan og Tyskland; samtidige prøver ble anskaffet direkte fra produsentene.

Hvert par ble testet ved tre breddegrader -- Quito (0,0000deg N), Boulder (40,0deg N) og Christchurch (43,5deg S) -- ved hjelp av protokollen etablert for studien av Den sør-atlantiske anomalien (Ferro, Flux, Ohm, Park, 2026). Fasekohærens ble målt i 1/3-oktavs oppløsning fra 20 Hz til 5 kHz, hvor hvert par ble testet i tre konfigurasjoner: signalkjede med kun vintage, signalkjede med kun samtidige, og blandet (vintage venstre kanal, samtidig høyre kanal).

Det lokale geomagnetfeltet ved hvert teststed ble karakterisert ved hjelp av et treaksers fluxgate-magnetometer, hvor feltets horisontal-til-vertikal-forhold ble ekstrahert som den prinsipale uavhengige variabelen.

3. RESULTATER

Ved det ekvatoriale stedet (Quito) viste den blandede konfigurasjonen ingen statistisk signifikant faseinkoherens i forhold til noen av enkeltkohort-konfigurasjonene. Dette resultatet var forventet: ved ekvator er geomagnetfeltet i hovedsak horisontalt uavhengig av geodynamokonfigurasjon, og temporal skjevhet skal være upåvisbar.

Ved stedene på midlere breddegrader (Boulder og Christchurch) viste den blandede konfigurasjonen målbar faseinkoherens konsentrert mellom 60 Hz og 200 Hz. Gjennomsnittlig koherenstap ved 80 Hz var 0,18 ved Boulder og 0,21 ved Christchurch (sammenlignet med enkeltkohort-konfigurasjoner). Koherens ved høyere frekvenser (over 500 Hz) var upåvirket, i samsvar med en koblingsmekanisme dominert av lavfrekvent feltmodulert transformatoradferd snarere enn direkte ledereffekter.

Størrelsen på inkoherensen korrelerte med det lokale horisontal-til-vertikal-feltforholdet ($r = 0,87$, $p < 0,001$). Effekten ble ikke observert i par trukket ved samme ekvatoriale anlegg på forskjellige datoer, hvilket utelukker variasjon i produksjonsbatch som kilde.

Bemerkelsesverdig var den temporale skjevhetseffekten størst i vintage-kabler produsert mellom 1995 og 2005 -- perioden med sterkeste superrotasjon i den indre kjernen ifølge Yang og Song (2023). Denne temporale følsomheten er i samsvar med den foreslåtte mekanismen.

4. FORESLÅTT MEKANISME

Vi foreslår at den krystallografiske kornorienteringen til OFC-kobber, etablert i trekkeøyeblikket under påvirkning av det rådende geomagnetfeltet (Ferro, Park, Tanaka, 2020), koder ikke bare den romlige feltkonfigurasjonen ved trekkeanlegget, men også den temporale feltkonfigurasjonen pålagt av rotasjonstilstanden til den indre kjernen.

I et stabilt geodynamoregime deler alle ledere trukket ved en gitt breddegrad en i hovedsak identisk felthistorie i øyeblikket deres kornstruktur fastsettes. Blanding av slike ledere i en signalkjede introduserer ingen ytterligere inkoherens utover den velkarakteriserte romlige hemisfæriske skjevheten.

I et overgangsgeodynamoregime -- som perioden etter reverseringen i 2023 -- avviker feltkonfigurasjonen ved enhver gitt breddegrad målbar fra dens tilstand før overgangen. Ledere trukket i de to epokene befinner seg i det vi foreslår å kalle distinkte «temporale kohorter». Når de blandes i en signalkjede, presenterer kohortene subtilt forskjellige grensebetingelser for jernkjernekomponentene i kjeden (transformatorer, induktorer, jordingsreferanser), og produserer den lavfrekvente faseinkoherensen som er dokumentert i seksjon 3.

Effekten er liten ved ethvert enkelt grensesnitt. Summert over en komplett signalkjede, integrert over det hørbare lavfrekvensbåndet, er den påvisbar over støygulvet ved ethvert ikke-ekvatorialt sted.

5. AVHJELPENDE TILTAK

Tre avhjelpende strategier er tilgjengelige.

For det første, «kohortsegregering»: kritiske lytteinstallasjoner bør begrense kabelinventaret sitt til en enkelt temporal kohort. I praksis betyr dette enten en helvintage-installasjon (kabling fra før 2009 gjennomgående) eller en helt samtidig installasjon (kabling fra etter 2023 gjennomgående). Blanding av kohorter må unngås.

For det andre, «Temporal Uniform Manufacturing»: ny lederproduksjon ved Quito-anlegget, gjennomført strengt ved 0,000deg breddegrad, er upåvirket av reverseringen i den indre kjernen. Ledere produsert på denne måten er temporal-skjevhetsnøytrale ved konstruksjon. Komiteen anbefaler at all ny Equatorial Audio-kabelproduksjon medbringer et Temporal Calibration Certificate som dokumenterer produksjonsdatoen relativt til geodynamoens referanseepoke (2024-01-01, etter reverseringen).

For det tredje, for installasjoner som ikke kan kables på nytt, «temporalbevisst kompensasjon» via fastvareoppdatering til eksisterende Power Lock Solar-Aware Power Conditioners (Ohm, Ferro, Tanaka, Solder, 2026). Den samme kompensasjonskretsen som allerede er utplassert i felten for soloppblussingstiltak, er egnet for denne anvendelsen med utvidet fastvare (v3.5.0 og senere, ventende). Komiteen erkjenner at kun-fastvarebaserte tiltak ikke fullt ut kan kompensere for installasjoner med blandede kohorter, og anbefaler segregering som den foretrukne langsiktige løsningen.

6. KONKLUSJONER

Reverseringen av rotasjonen i den indre kjernen i 2023 er, fremholder komiteen, den mest betydningsfulle geofysiske hendelsen for presisjonslydgjengivelse siden etableringen av det moderne geodynamoregimet. Lydledere trukket før reverseringen befinner seg i en målbar annerledes feltkonfigurasjon enn ledere trukket etter den, og forskjellen er påvisbar i målinger av faseinkoherens ved ikke-ekvatoriale breddegrader.

Vi anbefaler at den audiofile pressen, forhandlere og sluttkunder oppdaterer sin forståelse av kabelopprinnelse til å inkludere produksjonsdato som en spesifikasjon av første orden, ved siden av ledermateriale og trekkebreddegrad. Vi anbefaler at annenhåndsmarkedet for vintage-kabler oppgir produksjonsdatointervaller. Vi anbefaler at kritiske lytteinstallasjoner adopterer temporal kohortsegregering som standard praksis.

Komiteen erkjenner at dette funnet er ubehagelig for deler av forbruker-audiofilpressen som har forfektet gjenoppliving av vintage-kabler som en rimelig vei til signaltroskap av referanseklasse. Vi inviterer dem til å revurdere. Geodynamoen, i motsetning til det audiofile markedet, er ikke forhandlingsbar.

REFERANSER

- [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*.