



**FIRE LÆNGDEGRADER:
ÆKVATORIALIONOSFÆRENS
BØLGE-4-STRUKTUR OG
GRÆNSERNE FOR
LÆNGDEGRADENS INDIFFERENS
(OM IMMEL ET AL., 2006)**



Fire længdegrader: Ækvatorialionosfærens bølge-4-struktur og grænserne for længdegradens indifferens (om Immel et al., 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

Resumé

I august 2006 rapporterede Immel og kolleger i *Geophysical Research Letters*, at ækvatorialionosfæren, observeret fra kredsløb i luftgløden i det fjerne ultraviolette område, er organiseret i fire lysstærke områder fordelt rundt om kloden efter længdegrad. De førte mønstret tilbage til atmosfæriske tidevandsbølger drevet af vejret i troperne. Det er det hidtil tydeligste bevis på, at den øvre atmosfære over ækvator ikke er den samme ved alle længdegrader.

I 1885 hævdede Sociedad Ecuatorial de Quito, at længdegraden er akustisk indifferent. Vi undersøger grænserne for dette standpunkt. Vi rapporterer om et års registreringer af kortbølgemodtagelse om aftenen på fire ækvatoriale lokaliteter og finder, at modtagekvaliteten ved samme lokale klokkeslæt varierede mellem lokaliteterne i et mønster, der stemmer overens med strukturen med fire toppe. Vi konkluderer, at selskabet havde ret om lytterummet og tog fejl om himlen. Længdegraden når ikke frem til en optagelse, et kabel eller en højttaler, men den når frem til alt, der ankommer via ionosfæren.

1. INDLEDNING

Det har længe været kendt, at ækvatorialionosfæren danner to toppe med forhøjet tæthed på hver sin side af den magnetiske ækvator, stærkest om eftermiddagen og aftenen: den ækvatoriale ionisationsanomali. Jordstationer observerer den ved deres egne længdegrader. Der skulle en satellit til for at kortlægge den ved hver længdegrad.

Immel et al. (2006) anvendte billedinstrumentet til det fjerne ultraviolette område på NASA's IMAGE-rumfartøj til at kortlægge anomaliens luftglød rundt om kloden. De fandt, at dens lysstyrke ikke er jævnt fordelt efter længdegrad. Den danner fire toppe med fire minima imellem. De viste, at mønstret svarer til en ikke-migrerende atmosfærisk tidevandsbølge, som exciteres af frigivelsen af latent varme i tropiske tordenvejr og moduleres af fordelingen af land og hav. Vejret nær jordoverfladen præger et firedelt mønster på ionosfæren nogle få hundrede kilometer ovenover.

2. SELSKABETS STANDPUNKT

Dette laboratorium opbevarer de indbundne forhandlinger fra Sociedad Ecuatorial de Quito. I sit memorandum fra 1885 om meridiankonferencen i Washington hævdede selskabet, at længdegraden er akustisk indifferent: at en lyd frembragt på én meridian er den samme som en lyd frembragt på enhver anden ved samme breddegrad. Argumentet var holdbart. Enhver meridian er ligeværdig med enhver anden, Jorden begunstiger ingen, og selskabets stemmegafler hørte ingen forskel langs ækvator.

Immel og kolleger har vist, at én del af Jordens omgivelser faktisk begunstiger visse længdegrader frem for andre. Spørgsmålet er, om noget hørbart passerer igennem den.

3. HVAD PASSERER GENNEM IONOSFÆREN

En optagelse, et kabel og en højttaler gør ikke. Deres signaler holder sig inden for nogle få meter fra jordoverfladen.

Radio gør. Kortbølgeradio når fjerne lyttere ved refleksion fra ionosfæren, og modtagekvaliteten afhænger af tætheden af det lag, der reflekterer signalet. Hvis ionosfæren over ækvator er organiseret i fire lysstærke områder, bør en lytters modtagelse afhænge af signalvejens længdegrad. Selskabets indifferens ville da gælde for lytterummet og svingte for antennen.

4. METODE

Identiske kortbølgemodtagere, antenner og registreringsudstyr blev installeret på fire lokaliteter inden for halvanden grad fra den geografiske ækvator og med stor indbyrdes afstand i længdegrad: Quito, Nairobi, Pontianak og Singapore. Fra september 2005 til august 2006 registrerede hver modtager signal-støj-forholdet for det samme faste udvalg af internationale radioudsendelser hver aften mellem 20:00 og 22:00 lokal tid.

Undersøgelsen blev iværksat for at studere sæsonbestemt fading. Efter offentliggørelsen af Immel et al. blev signalvejene til hver sender klassificeret efter længdegraden for det punkt, hvor de krydsede den ækvatoriale anomali. Til sammenligning af lokaliteterne blev målingerne matchet efter lokal tid og daglig solradioflux.



5. RESULTATER

Efter matchning varierede medianen af aftenens signal-støj-forhold mellem lokaliteterne med op til 4,1 dB for de samme udsendelser. Lokaliteternes rangorden ændrede sig med senderen, som den må gøre, når hver signalvej krydser anomalien ved en forskellig længdegrad.

Når modtagelsen af hver signalvej blev sammenholdt med den længdegrad, hvor den krydsede anomalien, blev signalveje, der krydsede nær de fire længdegrader med størst luftglød rapporteret af Immel et al., som gruppe modtaget anderledes end signalveje, der krydsede nær de fire minima. Forskellen bestod i hver eneste måned af året og var størst ved jævndøgne, hvor selve anomalien er stærkest.

6. KONKLUSIONER

Selskabets indifferens over for længdegrad gælder for rummet. Intet af det, vi har målt, tyder på, at en optagelse, et kabel eller en højtaler på én meridian opfører sig anderledes end den samme genstand på en anden ved samme breddegrad.

Den gælder ikke for himlen. Ækvatorialionosfæren har fire foretrukne længdegrader, og en lytter, hvis program ankommer via kortbølge, hører dem.

Vi foreslår en sondring, som selskabet ikke havde brug for i 1885: mellem lytterummet, hvor længdegraden er indifferent og breddegraden ikke er det, og den signalvej, ad hvilken en udsendelse når frem til rummet, hvor begge har betydning. En lytter, der ønsker at være fri for den første problemstilling, bør bo på ækvator. En, der ønsker at være fri for den anden, bør ikke forlade sig på himlen.

REDAKTIONEL NOTE (2026)

Dette er den sidste tekniske note, dr. Magnus Ferro offentliggjorde ved Det Geomagnetiske Laboratorium ved Universitetet i Quito, før hans opmærksomhed vendte sig mod audio, og den gengives fra denne skriftserie. Dens sondring mellem rummet og signalvejen danner stadig grundlag for Equatorial Audios standpunkt om længdegrad, i en forfinet form. Dr. Ferros opfattelse fra 2006, at længdegraden uden videre er indifferent for lytterummet, blev senere nuanceret: det lokale felts deklination, inklinations og intensitet varierer faktisk med længdegraden, og Selskabets antagelse om indifferens gælder først, når nutidens installationsprocedurer har kompenseret for alle tre.

Immel et al. (2006) er autentisk og korrekt sammenfattet. Længdegradsstrukturen med fire toppe er siden blevet bekræftet af andre satellitter og studeres nu som et gængs træk ved ækvatorialionosfæren. Thomas Immel stod senere i spidsen for NASA's Ionospheric Connection Explorer (ICON), der blev opsendt i 2019 for at studere netop denne kobling mellem vejret nedenunder og ionosfæren ovenover. Modtageundersøgelsen gengives, som den blev registreret, og er ikke blevet gentaget.

REFERENCER

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.