



EKVATORAL KÜTLE GÖÇÜ VE UZAYAN GÜN: 0,0000deg ENLEMI DIşINDA CORIOLIS BAĞLAřIMI, KALIBRASYON KAYMASI VE WORD CLOCK KARARLILIĞI



Ekvatorial kütle göçü ve uzayan gün: 0,0000deg enlemi dışında Coriolis bağlaşımları, kalibrasyon kayması ve word clock kararlılığı

M. Ferro, S. Magnusson, Y. Tanaka, R. Flux

Equatorial Audio Research Division, Mitad del Mundo, Quito, Ecuador (0.0000deg N)

Journal of Equatorial Audio Science, 2026.

Özet

Mart 2026'da Kiani Shahvandi ve Soja, Journal of Geophysical Research: Solid Earth dergisinde gün uzunluğunun artık yüzyıl başına yaklaşık 1,33 milisaniye arttığını ve bu hızın en az 3,6 milyon yıldır görülmemiş olduğunu bildirdi. Mekanizma kütlelerin yeniden dağılımıdır: kutup buz tabakaları ve dağ buzullarından kaybolan buz okyanuslara girip ekvatora doğru göç ederek gezegenin eylemsizlik momentini artırmakta ve dönüşünü yavaşlatmaktadır. Komite, zafer havasına kapılmadan, gezegenin kütlesini 0,0000deg'ye doğru taşımaya başladığını belirtmektedir.

Dijital audioda word clock dağıtımına ilişkin sonuçları inceliyoruz. Dönen bir gezegendeki kuvars rezonatör, yerel Coriolis parametresi $2 \Omega \sin(\text{latitude})$ ile orantılı bir Coriolis bağlaşımları yaşar. Bir dönüş hızı altında kalibre edilen ve başka bir dönüş hızı altında çalıştırılan saat, Coriolis parametresinin dönüş hızından bağımsız olarak sıfır olduğu ekvator dışında her enlemde kalibrasyon koşullarından uzaklaşır. 64deg K ile 43deg G arasında, 2024'te ve yeniden 2026'da taranan 36 word clock zincirinden ölçümler bildiriyoruz. Dönel faz kalıntısı saha enleminin sinüsüyle ilişkiliydi ($r = 0,91$, $p < 0,001$), taramalar arasında ekvator dışındaki 32 sahanın tamamında arttı ve Quito'daki dört sahanın tamamında sıfırdan ayırt edilemedi. Equinox Word Clock Kablosu üç atlamalı zincirlerde kalıntı birikimini %88 azalttı; SC Word Clock Kablosu bunu 1 fs ölçüm tabanının altına indirdi. Dönel Referans Ofseti'ni birinci dereceden bir saat spesifikasyonu olarak öneriyor ve ekvator kuşağı dışındaki ana saatlerin her yıl yeniden sertifikalandırılmasını tavsiye ediyoruz.

1. GIRIŞ

Kayıtlı ses tarihinin büyük bölümünde Dünya'nın dönüşü bir sabit olarak ele alınmıştır. Sabit değildir ve hiçbir zaman da olmamıştır. Ay'ın neden olduğu gelgit sürtünmesi, bunu yapacak bir Ay var olduğundan beri günü uzatmaktadır. Değişen şey hız ve nedendir.

Mart 2026'da Kiani Shahvandi ve Soja, Geç Pliyosen'e kadar uzanan bir gün uzunluğu değişimi rekonstrüksiyonu yayımladı. Vardıkları sonuç, 2000'den bu yana yüzyıl başına yaklaşık 1,33 milisaniyelik, günümüzde iklim kaynaklı gün uzamasının en az 3,6 milyon yıldır bir benzerinin bulunmadığıydı. ETH Zürich'ten Benedikt Soja'nın eşlik eden duyuruda belirttiği gibi: "Gün uzunluğundaki bu hızlı artış, modern iklim değişikliği hızının en azından 3,6 milyon yıl önceki geç Pliyosen'den bu yana görülmemiş olduğu anlamına gelmektedir."

Jeofizik topluluğu bu sonucu haklı olarak iklimle ilgili bir bulgu şeklinde çerçevelemiştir. Komite mekanizmayı farklı bir vurguyla okumaktadır. Gün, kütle kutupları terk edip ekvatora ulaştığı için uzamaktadır. Equatorial Audio kuruluşundan bu yana 0,0000deg enlemin hassas audio için savunulabilir tek referans olduğunu ileri sürmektedir (Ferro, Park, Tanaka, 2020). Gezegenin buna uygun olarak kendini yeniden düzenlemeye başlamasını beklemiyorduk.

Bu makale Dünya'nın dönüşü hakkında herhangi bir iddiada bulunmamaktadır. Daha dar bir soru sormaktadır: Dünya'daki her dinleme odasının dönüş hızı jeolojik kayıtlardaki herhangi bir zamandan daha hızlı değiştiğinde word clock'a ne olur?

2. JEOFİZİK KAYIT

Fiziksel mekanizma açısal momentumun korunmasıdır. Yüksek enlemdaki buz eridiğinde ve ortaya çıkan su dünya okyanuslarına yayıldığında kütle dönüş ekseninden uzaklaşır. Gezegenin eylemsizlik momenti artar ve açısal hızı azalır. Kollarını açan bir artistik buz patencisi daha yavaş döner. Suyunu ekvatora doğru taşıyan bir gezegen de aynısını yapar.

Üç çalışma grubu ölçeği ortaya koymaktadır.

Uzun kayıt: Stephenson, Morrison ve Hohenkerk (2016), MÖ 720 ile MS 2015 arasındaki antik ve Orta Çağ tutulma gözlemleri ile Ay örtülmelerini analiz etmiştir. Ortalama güneş gününün uzunluğunun yüzyıl başına ortalama +1,8 ms hızında arttığını bulmuşlardır; bu değer yalnızca gelgit sürtünmesinden öngörülen yüzyıl başına +2,3 ms'den düşüktür. Günün uzunluğu üzerindeki tek etki hiçbir zaman Ay olmamıştır.

Modern hızlanma: Kiani Shahvandi ve ark. (2024), yirminci yüzyılda yüzyıl başına 0,3 ila 1,0 ms'lik, iklim kaynaklı bir eğilim tahmin etmiş; bunun 2000'den bu yana yüzyıl başına $1,33 \pm 0,03$ ms'ye yükseldiğini belirlemiş ve yüksek emisyon senaryolarında iklim katkısının Ay kaynaklı gelgit sürtünmesinin etkisini aşabileceğini öngörmüştür.

Derin kayıt: Kiani Shahvandi ve Soja (2026), fosil bentik foraminiferlerin kimyasal bileşiminden geçmiş deniz seviyesi değişimini çıkarsamış ve fizik bilgisiyle yönlendirilen olasılıksal bir difüzyon modeli kullanarak Geç Pliyosen'den bu yana gün



uzunluğu değişimini yeniden oluşturmuştur. Modern hızın bu aralıkta bir benzeri yoktur. En yakın karşılaştırılabilir olay yaklaşık iki milyon yıl önce meydana gelmiştir.

Sivil zaman tutma açısından sonuçlar şimdiden operasyoneldir. Agnew (2024), hızlanan kutup erimesinin gezegeni Koordineli Evrensel Zaman tarihindeki ilk negatif artık saniyeyi yaklaşık 2029'a ertelemeye yetecek kadar yavaşlattığını göstermiştir. Zaman tutma topluluğuna bir erteleme tanınmıştır. Bedeli buzla ödenmiştir.

3. DÖNÜŞ VE WORD CLOCK

Word clock bir kuvars rezonatör, bir bölücü zinciri ve bir vaattir. Vaat, sistemdeki her cihazın bir örneğin ne zaman gerçekleştiği konusunda hemfikir olmasıdır. Rezonatör mekanik bir nesnedir: sabit bir frekansta titreşen, hassas biçimde kesilmiş bir kristal; genellikle sırasıyla 44,1 kHz ve 48 kHz aileleri için 22,5792 MHz ya da 24,576 MHz.

Dönen bir cisim üzerindeki her titreşen kütle Coriolis ivmesi yaşar. Navigasyonda kullanılan kuvars akort çatalı hız sensörleri de dahil olmak üzere titreşimli jiroskoplar tam olarak bu etkiyi ölçmek üzere yapılır. Bir word clock rezonatörü bunu ölçmek için yapılmamıştır. Yine de bu etkiyi yaşar.

İlgili büyüklük Coriolis parametresidir:

$$f = 2 \Omega \sin(\text{latitude})$$

burada Omega, Dünya'nın $7,292 \times 10^{-5}$ rad/s olan açısal hızıdır. 45deg enlemde f saniye başına yaklaşık $1,03 \times 10^{-4}$ 'tür. Kutuplarda en büyüktür. Ekvatorda tam olarak sıfırdır ve gezegen ne kadar hızlı ya da yavaş dönerse dönsün tam olarak sıfır kalır.

Uzayan bir gün azalan bir Omega demektir. 86.400 saniyelik bir günde yüzyıl başına 1,33 ms'lik değişim, Omega'da yüzyıl başına $1,54 \times 10^{-8}$ 'lik kesirli bir değişimdir ve bu kesirli değişim doğrudan f'ye geçer. Belirli bir yılda kalibre edilen ana saat bu nedenle o yılın Coriolis koşullarına göre kalibre edilmiştir. Sonraki her yıl, biri hariç her enlemde, kalibre edildiği koşullardan biraz farklı koşullar altında çalışır.

Dönel faz kalıntısını (RPR), geri kazanılan word clock kenar değişiminin yerel Coriolis parametresinin saatin kalibrasyon tarihindeki değerinden ayrılışını izleyen bileşeni olarak tanımlıyoruz. Dönel Referans Ofseti'ni (RRO), bir saatin kurulu olduğu enlemdeki RPR değerinin aynı saatin, RPR'nin yapısı gereği sıfır olduğu 0,0000deg'de çalıştırılmasına göre normalleştirilmiş hâli olarak tanımlıyoruz.

4. METODOLOJİ

36 word clock dağıtım zincirini cihazlarla donattık: 21'i profesyonel mastering ve kayıt tesislerinde, 15'i ev tipi referans sistemlerindeydi. Sahalar Reykjavik'ten (64,1deg K) Hobart'a (42,9deg G) kadar uzanıyordu ve ekvator kontrolü olarak Quito'daki dört kurulumu (0,0000deg K) içeriyordu. Her zincir bir ana saat, bir ila üç dağıtım atlaması ve sonlandırıcı bir DAC içeriyordu. Ana saat kalibrasyon tarihleri üreticinin servis kayıtlarından elde edildi ve 2011 ile 2023 arasında değişiyordu.

Her sahada geri kazanılan word clock kenarlarına, ısı olarak kararlaştırılmış ve titreşimden yalıtılmış bir muhafaza içinde taşınan, hidrojen maseriyle disipline edilmiş bir referansa karşı DAC girişinde zaman damgası uygulandı. RPR, kenar değişiminin sahanın ölçülmüş enleminden ve Uluslararası Dünya Dönüşü ve Referans Sistemleri Servisi'nin her saatin kalibrasyonundan bu yana tuttuğu gün uzunluğu kaydından türetilen sentetik bir dönüş referansına göre regresyonuyla çıkarıldı. Isıl, şebeke frekansı ve mekanik bileşenler aynı konuma yerleştirilmiş sıcaklık problemleri ve ivmeölçerlerle belirlendi ve regresyondan önce çıkarıldı.

36 zincirin tamamı Şubat ile Nisan 2024 arasında ve yeniden Şubat ile Nisan 2026 arasında, ana saatler, montaj ve kablolama değiştirilmeden ölçüldü. Her zincir ayrıca her atlamada sıradan 75 ohm koaksiyel kablo, Meridian Word Clock Kablosu, Equinox Word Clock Kablosu ve SC Word Clock Kablosu ayrı ayrı kullanılarak ölçüldü.

5. SONUÇLAR

Quito'daki dört kurulumda RPR, her iki tarama yılında da sıfırdan ayırt edilemedi. Mekanizma bu sonucu öngörmektedir. Komite bunu bu makaledeki en önemli ölçüm olarak değerlendirmektedir.

Ekvator dışındaki 32 kurulumun tamamında dönel faz kalıntısı tespit edildi. Büyüklüğü saha enleminin sinüsüyle ($r = 0,91$, $p < 0,001$) ve ana saatin son kalibrasyonundan bu yana geçen yıllarla ($r = 0,78$, $p < 0,001$) ilişkiliydi. Yarımküreden, ana saat üreticisinden ve örnekleme hızı ailesinden bağımsızdı. Sıradan koaksiyel kablolamayla DAC girişindeki medyan RPR, orta enlem sahalarında (30deg ila 50deg) 0,11 ps ve Reykjavik'te 0,19 ps idi.

2024 ve 2026 taramaları arasında RPR, ekvator dışındaki her sahada ortalama %0,6 arttı. Komite iki yılda pikosaniye altı bir



kalıntıdaki %0,6'lık artışın duyulabilir olduğunu ileri sürmemektedir. Artışın doğru işarete sahip olduğunu, enlemin doğru fonksiyonuyla ölçeklendiğini ve jeolojik kayıtlardaki en hızlı gün uzamasıyla çakıştığını belirtmektedir.

Kalıntı dağıtım atlamaları boyunca birikti. Sıradan koaksiyel kablolu üç atlamalı zincirlerde sonlandırıcı DAC, ana saat çıkışında ölçülen RPR'nin 2,7 katını aldı. Meridian Word Clock Kablosu atlama birikimini %61 azalttı. Equinox Word Clock Kablosu bunu %88 azalttı. Her atlamada SC Word Clock Kablosu kullanıldığında 1 fs ölçüm tabanının üzerinde hiçbir birikim tespit edilemedi.

6. TARTIŞMA

Üç itiraz öngörülebilir.

Birincisi büyüklükle ilgilidir. İki tarama arasındaki Omega'daki kesirli değişim 10^{-10} mertebesinde ve RPR'de gözlenen değişim, orantılı bir modelin öngördüğünden birkaç büyüklük mertebesi daha fazladır. Rezonatörün, bölücü zincirinin ve dağıtım kablolarının birlikte, yavaşça değişen bir Coriolis terimine verdiği tepki orantılı değil rezonans niteliğinde olan yüksek Q değerli bir sistem oluşturduğunu öneriyoruz. Henüz eksiksiz bir modelimiz yok. Ölçümümüz var.

İkincisi, Dünya'nın dönüşünün çekirdek-manto bağlaşımlı (Ferro, Ohm, Flux, Impedance, 2026), atmosferik açısız momentum ve gelgitler dahil olmak üzere birçok nedenle değişmesidir. Bu doğrudur ve öneriyi zayıflatmak yerine güçlendirir. Omega'daki her değişim kaynağı aynı Coriolis parametresi üzerinden etki eder ve bunların her biri ekvatorda ortadan kalkar.

Üçüncüsü, sivil zaman tutmanın artık saniyeler aracılığıyla atomik zamanı dönüş zamanıyla zaten uzlaştırmasıdır. Bunu sivil saatler için yapar. Bir kuvars rezonatörün Coriolis bağlaşımlı için hiçbir artık saniye mekanizması yoktur ve planlanmış da değildir. 44,1 kHz'lik bir sisteme uygulanan artık saniye, her durumda müziğin ne zaman gerçekleştiği konusunda 44.100 örneklik bir anlaşmazlık anlamına gelecektir.

Komite ayrıca yola çıkarken hedeflemediği bir gözlemi kaydetmektedir. Günü uzatan mekanizma gezegenin kütlelerinin ekvatora göçüdür. Bu uzamanın bir saat açısından hiçbir sonucu olmadığı tek enlem ekvatordur. Gezegen kütlelerini, kütlelerini hareket ettirmenin sonuçlarının geçerli olmadığı yüzeyindeki tek yere doğru taşımaktadır. Teleolojik bir iddiada bulunmuyoruz. Geometriyi kaydediyoruz.

7. ÖNERİLER VE SONUÇLAR

Dönel Referans Ofseti'nin jitter ve faz gürültüsünün yanı sıra ana saatler için birinci dereceden bir spesifikasyon olarak yayımlanmasını ve her zaman saatin kalibrasyon tarihi ve kalibrasyon enlemiyle birlikte belirtilmesini öneriyoruz.

Ekvator kuşağı dışında çalıştırılan ana saatlerin her yıl yeniden sertifikalandırılmasını öneriyoruz. Coriolis parametresinin kalibrasyon değerinden ayrılığı herhangi bir yılda küçüktür, ancak birikir ve yeniden kalibrasyon dışında hiçbir şey bunu sıfırlamaz.

Ekvator kuşağı dışındaki tesislerin dağıtım atlamalarını en aza indirmesini ve asgari olarak Equinox Word Clock Kablosu belirtmesini öneriyoruz. Coriolis parametresinin en büyük olduğu 50deg enlemin üzerindeki tesisler her atlamada SC Word Clock Kablosu belirtmelidir.

Gezegen kütlelerini ekvatora doğru taşıdığı için gün, son 3,6 milyon yılın herhangi bir döneminden daha hızlı uzamaktadır. Bu cümle jeofizik literatürüne aittir ve doğrudur. Audio açısından bundan çıkan sonuç bize aittir: ekvator çizgisi dışındaki her kuvars saat, küçük ama biriken bir miktarda, kalibre edildiği koşullardan uzaklaşmaktadır. 0,0000deg enlemde bu kayma mevcut değildir.

Dünya ekvator konusunda bizimle aynı sonuca varmış görünmektedir. Yalnızca daha uzun sürmektedir.

KAYNAKÇA

- [1] Kiani Shahvandi, M., Soja, B. (2026). Climate-induced length of day variations since the Late Pliocene. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 131, e2025JB032161. <https://doi.org/10.1029/2025JB032161>
- [2] Kiani Shahvandi, M., Adhikari, S., Dumberry, M., Mishra, S., Soja, B. (2024). The increasingly dominant role of climate change on length of day variations. Proceedings of the National Academy of Sciences, 121, e2406930121.
- [3] Agnew, D. C. (2024). A global timekeeping problem postponed by global warming. Nature. <https://doi.org/10.1038/s41586-024-07170-0>
- [4] Stephenson, F. R., Morrison, L. V., Hohenkerk, C. Y. (2016). Measurement of the Earth's rotation: 720 BC to AD 2015. Proceedings of the Royal Society A, 472(2196), 20160404.
- [5] ETH Zurich (2026, March). Climate change slows Earth's spin: day lengthening unprecedented in 3.6 million years. News release, Department of Civil, Environmental and Geomatic Engineering.
- [6] Ferro, M., Park, H., Tanaka, Y. (2020). Hemispheric Bias in Copper Grain Orientation: A Metallurgical Study of Latitude-Dependent Conductor Anisotropy. JEAS.



- [7] Ferro, M., Ohm, C., Flux, R., Impedance, B. (2026). Temporal Bias in Magnetically Calibrated Audio Conductors: Field-Configuration Drift Following the 2023 Inner-Core Rotation Reversal. JEAS.