

IVS-CONT08 OTURUMLARINDAKİ VLBI ve GNSS ÖLÇÜLERİNİN ANALİZLERİNDEN KESTİRİMİ YAPILAN YER DÖNÜKLÜK PARAMETRELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Kamil Teke^{1, 2}, Emine Tanır³, Harald Schuh¹

¹Vienna University of Technology, Institute of Geodesy and Geophysics, Vienna, Austria,
kteke@mars.hg.tuwien.ac.at; harald.schuh@tuwien.ac.at

²Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği
Bölümü, Ankara, Türkiye, kteke@hacettepe.edu.tr

³Karadeniz Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü,
Trabzon, Türkiye, etanir@ktu.edu.tr



Bu çalışmada,

- *IVS-CONT08* sürekli 15 günlük oturumları boyunca Yer-sabit (ITRF 2005) ve gök-sabit (ICRF2) koordinat çatıları arasındaki kinematik ilişkiyi (zamana bağlı geometrik değişimi) belirleyen *Yer dönme parametrelerinin (EOP)* yüksek frekanslı (UTC saat başı epokları) değerlerinin
 - *jeofizik modellerden hesaplananları,*
 - *IERS 05 C04 EOP kombinasyonu serisi,*
 - *GPS ve VLBI ölçülerinin analizinden kestirilenleri,**açıklayıcı istatistik ve spektral analiz yöntemleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.*

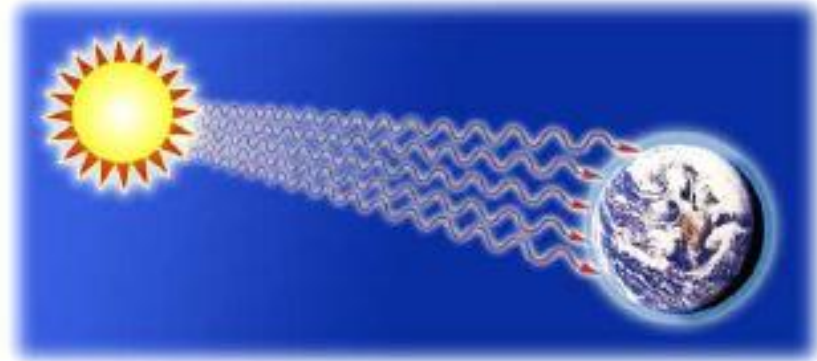
Yer gel-gitleri

Gravitasyonel gel-gitler (Güneş, Ay ve diğer gezegenlerin bozucu graviteleri)

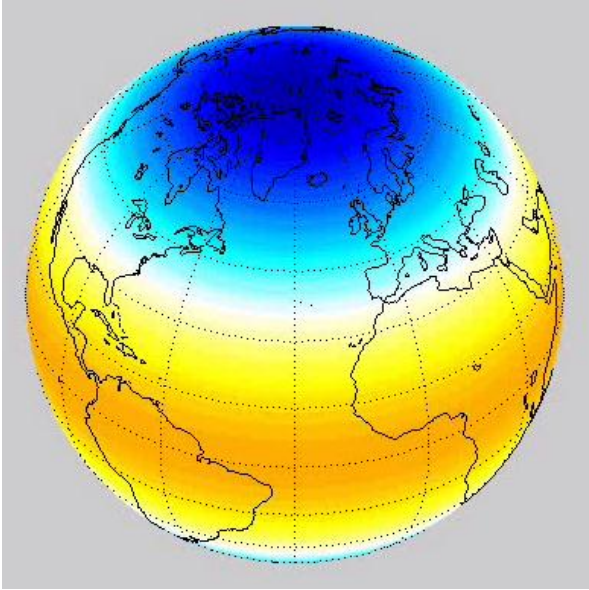
- Katı Yer Gelgitleri (Solid Earth Tides, body tides)
- Okyanus gel-gitleri
- Atmosfer gel-gitleri

Güneşin oluşturduğu Yer üzerindeki ısı değişiminden kaynaklanan gel-gitler

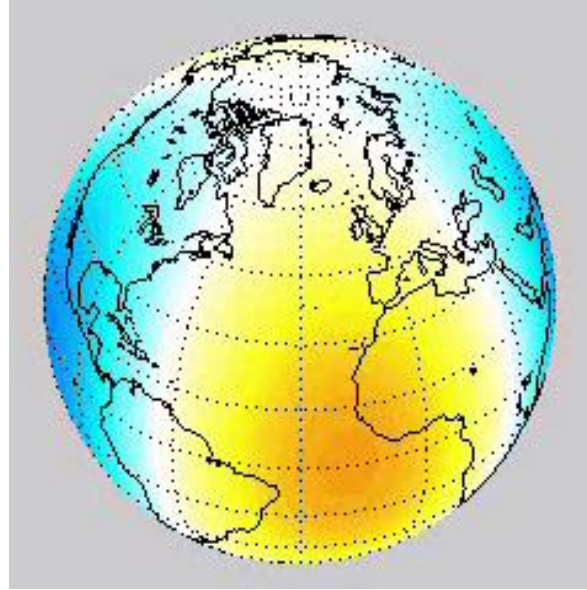
- Okyanus gel-gitleri
- Atmosfer gel-gitleri



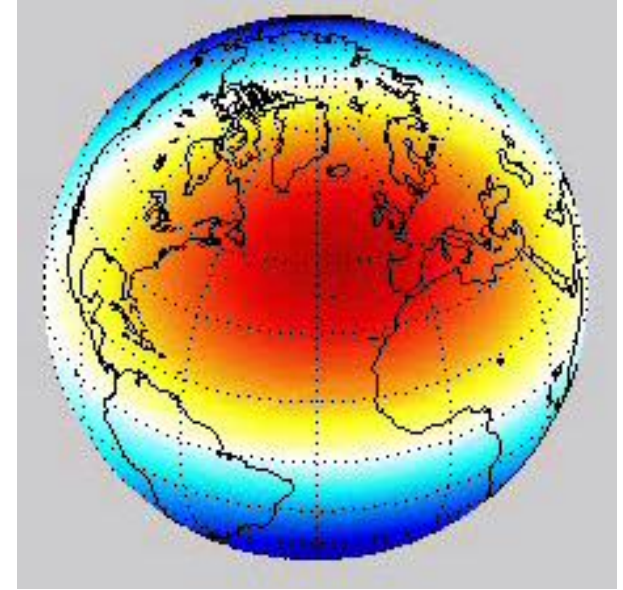
gel-git potansiyeli (V)



V_{20} , 2.derece, 0. mertebe küresel harmonik fonksiyonu: **Zonal gel-git potansiyeli** (1 ay boyunca). Uzun periyotlu gel-gitlerdir.



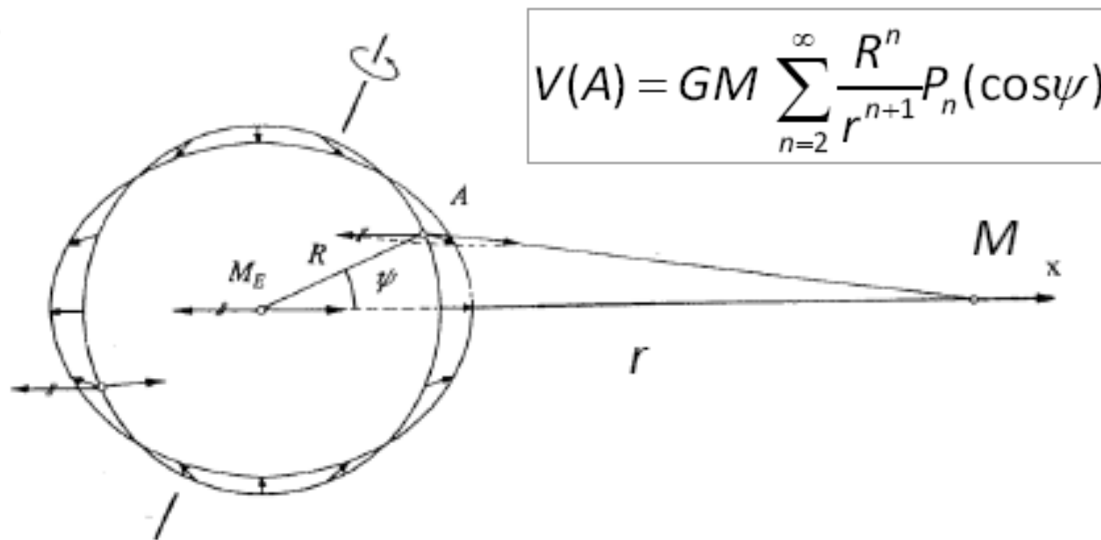
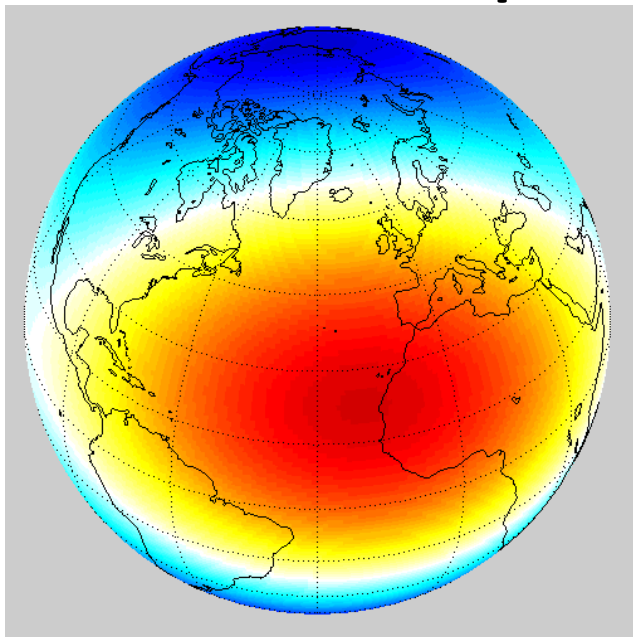
V_{22} , 2.derece, 2. mertebe küresel harmonik fonksiyonu: **Sektoral gel-git potansiyeli** (1 gün boyunca). 12 saat periyoda sahip gel-gitlerdir.



V_{21} , 2.derece, 1. mertebe küresel harmonik fonksiyonu: **Tesseral gel-git potansiyeli** (1 gün boyunca). Günlük periyoda sahip gel-gitlerdir.

gel-git potansiyeli

$V_{20}+V_{21}+V_{22}$: Toplam gel-git potansiyeli (1 ay boyunca)

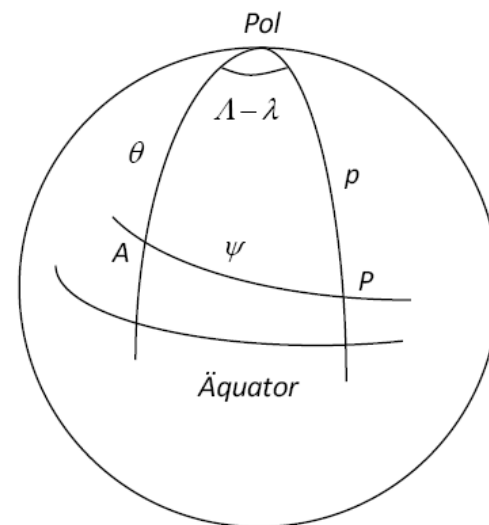


$$V(A) = GM \sum_{n=2}^{\infty} \frac{R^n}{r^{n+1}} P_n(\cos \psi)$$

$$V_{20} = GM \frac{R^2}{r^3} P_{20}(\cos \theta) P_{20}(\cos p)$$

$$V_{21} = \frac{1}{3} GM \frac{R^2}{r^3} P_{21}(\cos \theta) P_{21}(\cos p) \cos(\Lambda - \lambda)$$

$$V_{22} = \frac{1}{12} GM \frac{R^2}{r^3} P_{22}(\cos \theta) P_{22}(\cos p) \cos 2(\Lambda - \lambda)$$

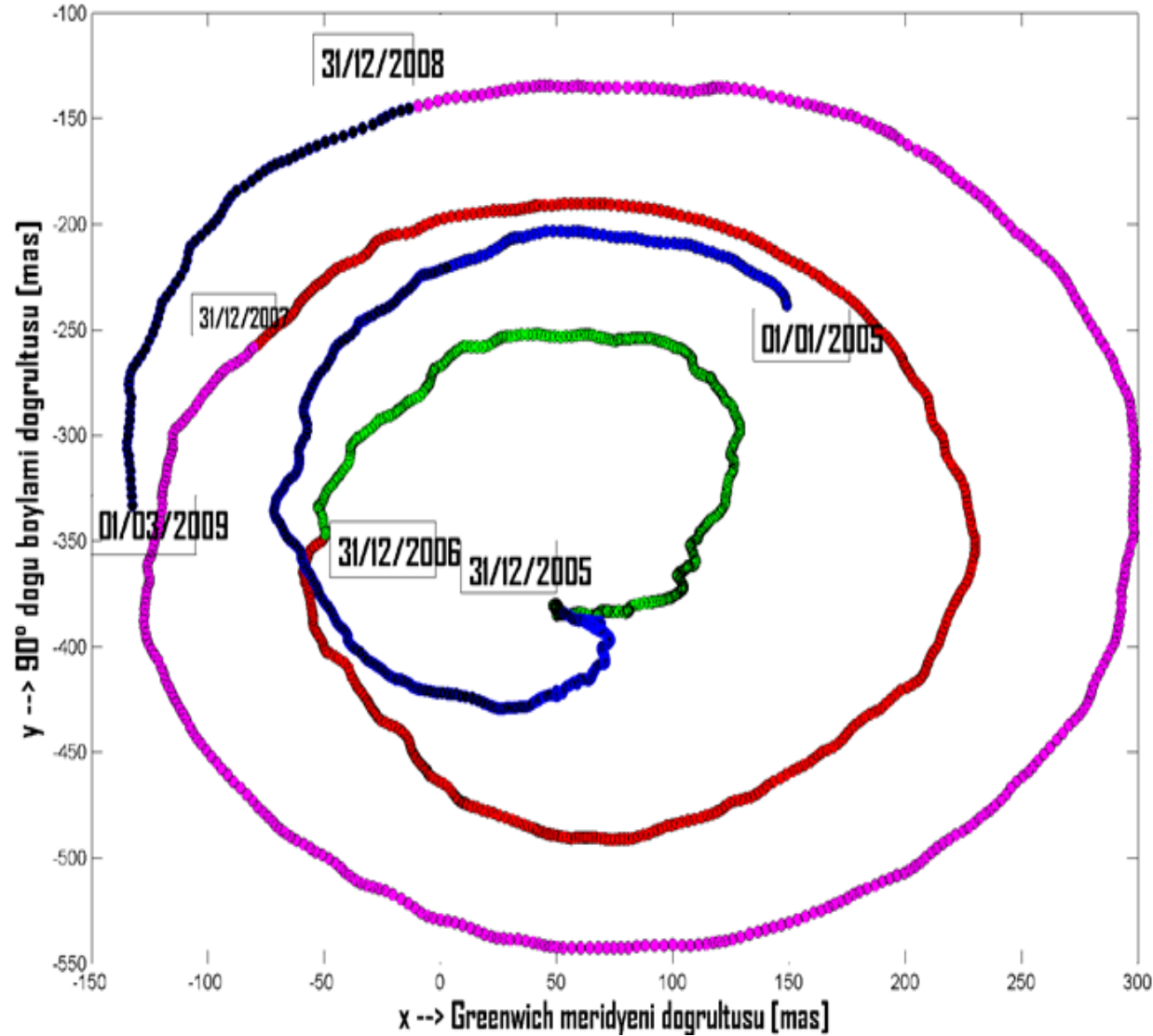


Kutup gezinmesi

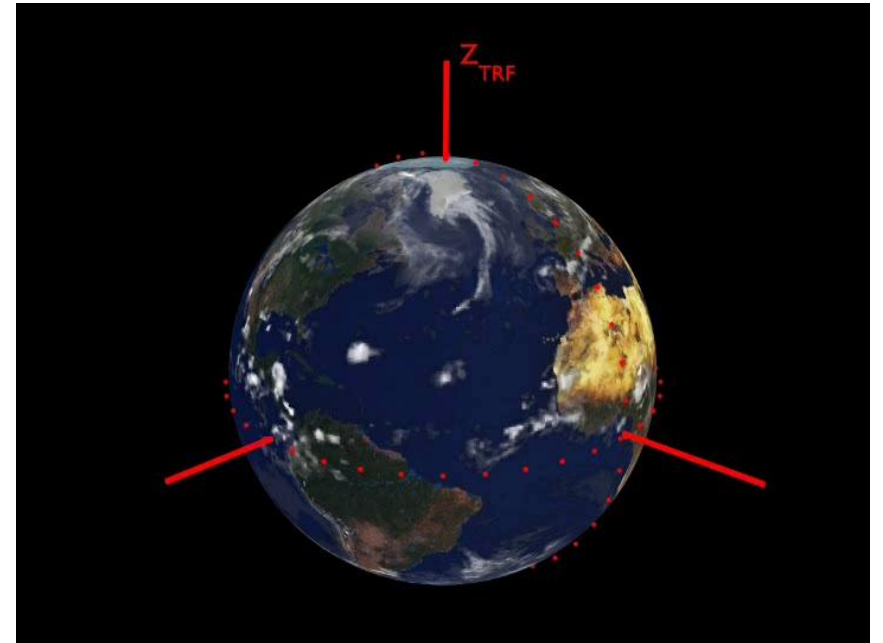
Yerin ortalama dönme eksenini:
Yer'in açısal dönme momentini maksimum yapan eksen, şekil eksenini, figure axis.

Kutup gezinmesi: Yerini ortalama dönme ekseninin (CIP) kabuk üzerindeki izi (hareketi). Saat ibresinin tersi yönünde 18-21 metre (0.6-0.7 açı saniyesi) çaplı daireler çizer.

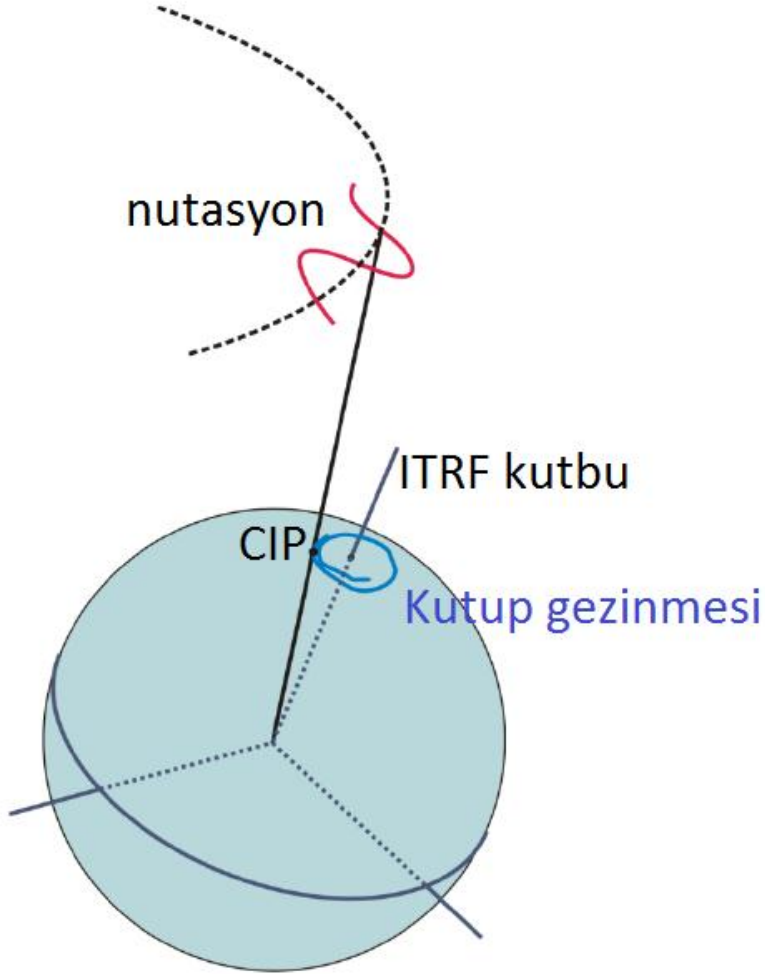
Periyotları ~430 gün (Chandler wobble), bir yıl, ve konvansiyonlar gereği iki günden az (HF-ERP) olan tüm anlamlı harmonik eksen hareketleridir.



Kutup gezinmesi

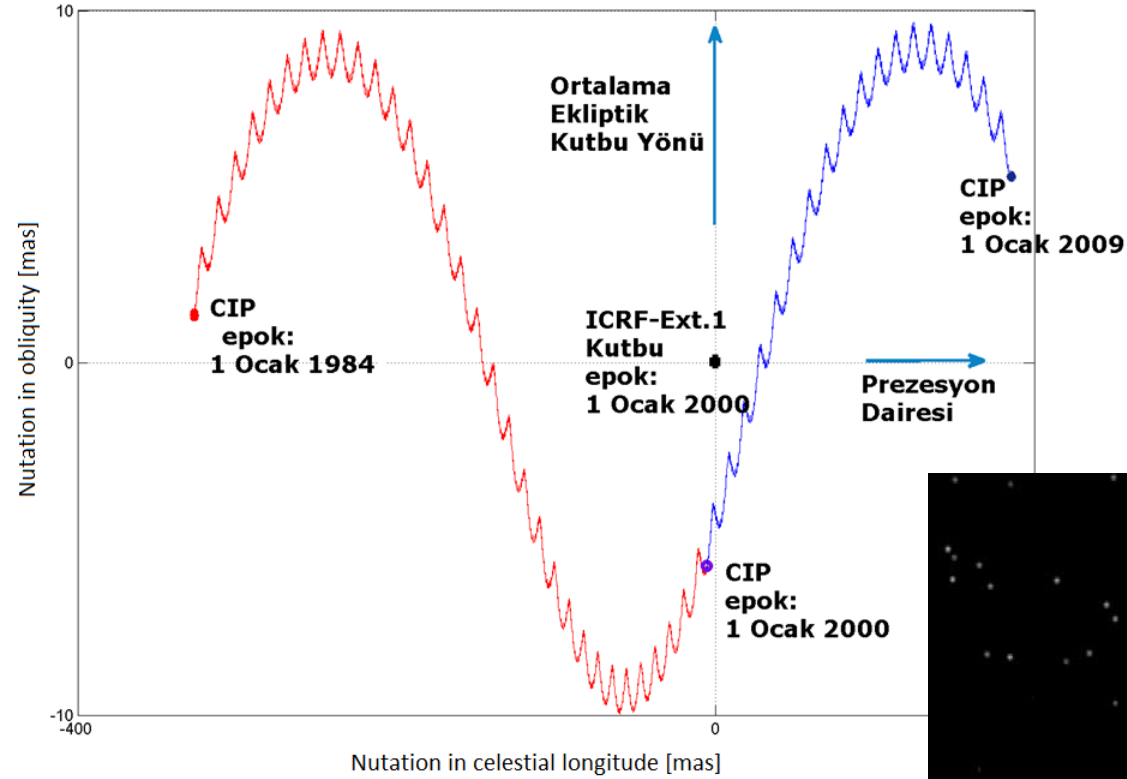


Obseratoire Royal de Belgique alınmıştır.



6/9/2011

Nutasyon



Nutasyon: Yer'in ortalama dönme ekseninin (CIP) uzayda seküler (lineer olmayan trend) ve periyodik (harmonik) hareketleri. Nutasyon periyodu 18.6 yıl (en büyük genlik) ile 2 gün arasındaki tüm anlamlı harmonik hareketlerdir.



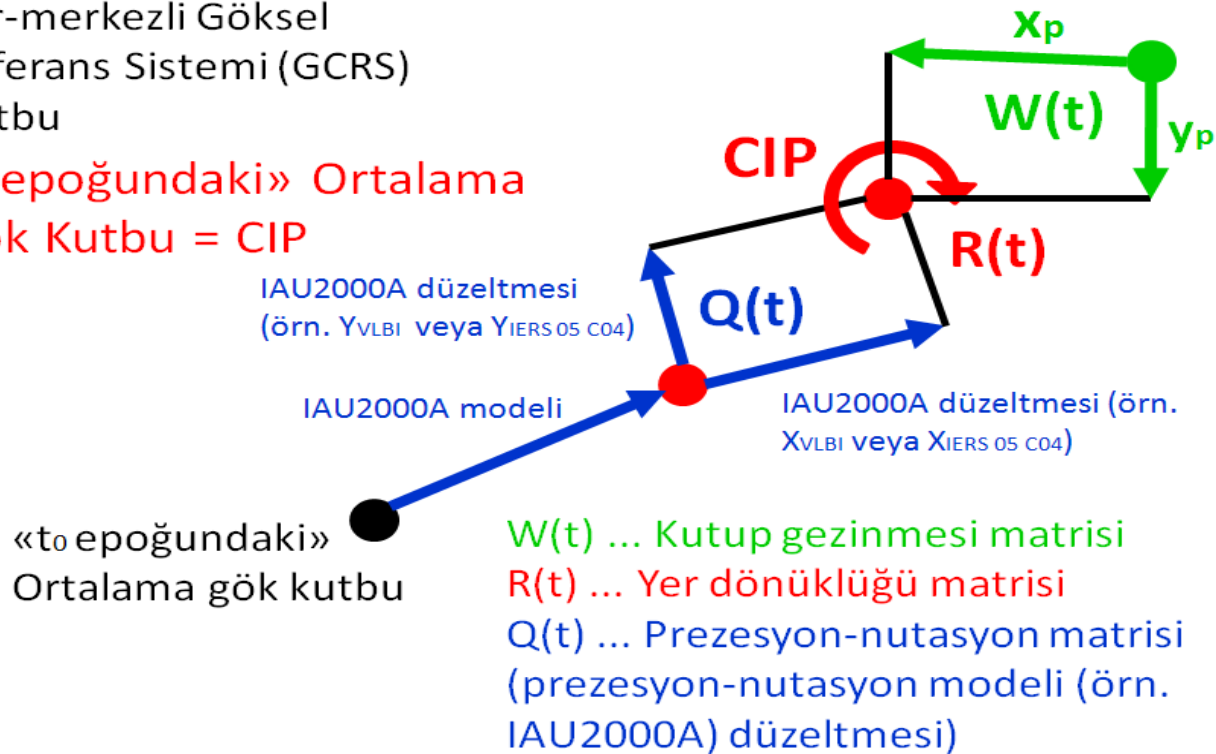
Presesyon periyodu ~25800 yıl (platonik yıl).

Obseratoire Royal de Belgique alınmıştır.

GCRS – ITRS arasındaki kinematik ilişki

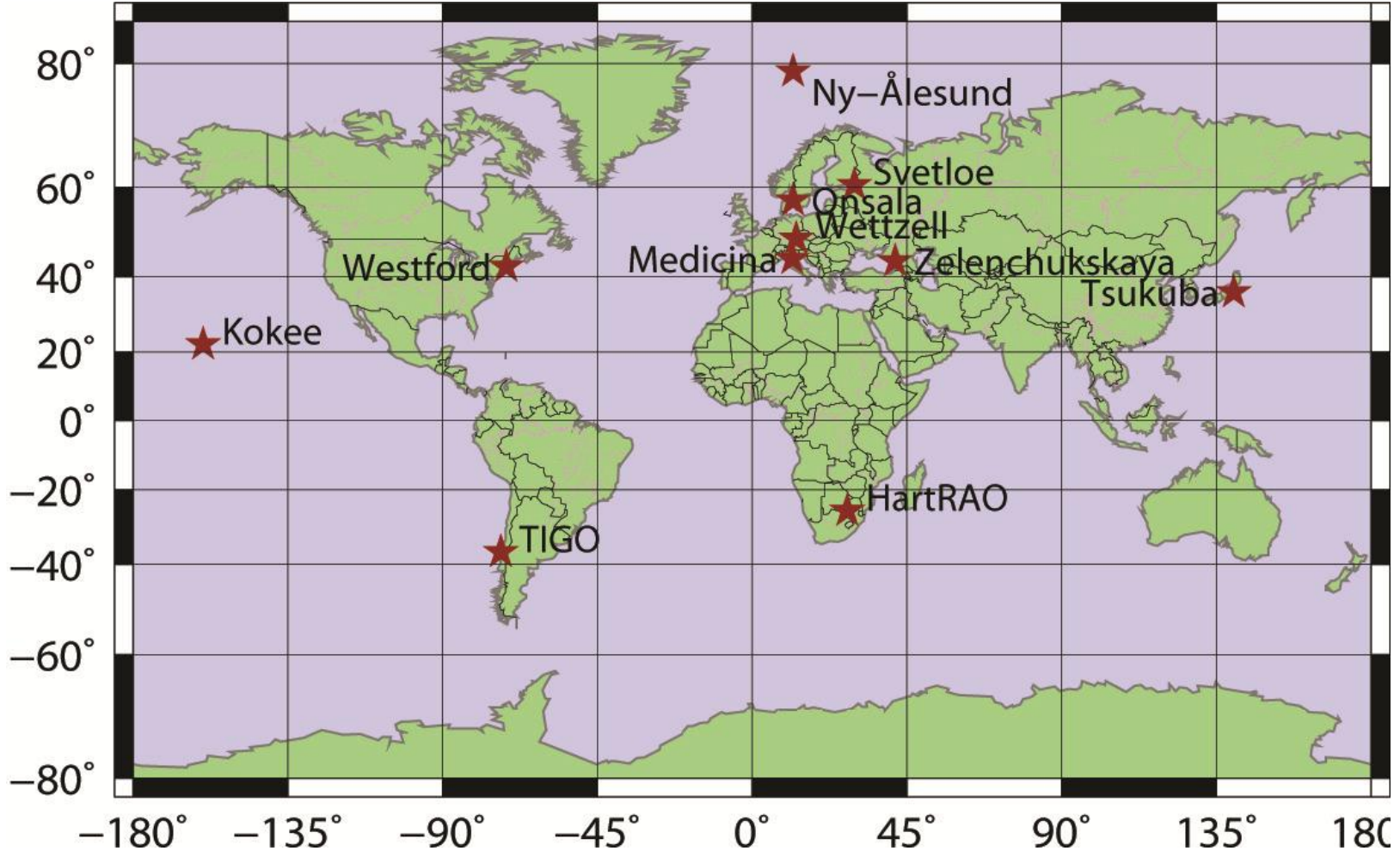
$$X_{GCRS} = Q(t) \cdot R(t) \cdot W(t) \cdot X_{ITRS}$$

- Uluslararası Yersel Referans Sistemi (ITRS) Kutbu
- Yer-merkezli Göksel Referans Sistemi (GCRS) Kutbu
- «t epoğundaki» Ortalama Gök Kutbu = CIP



Viyana Teknik Üniversitesi, jeodezi ve jeofizik enstitüsü ders notlarından alınmıştır.

IVS-CONT08 oturumları



ilk ölçü: Sali 12 Agustos, 2008 @ 00:00:00 UT

son ölçü: Sali 26 Agustos, 2008 @ 23:59:59 UT

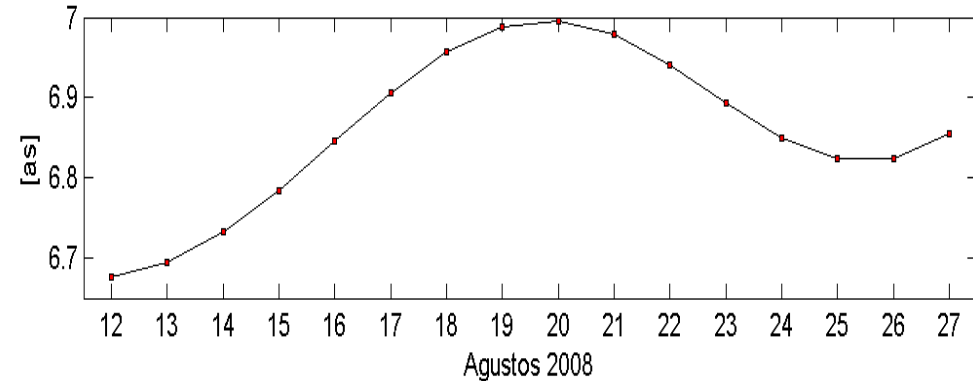
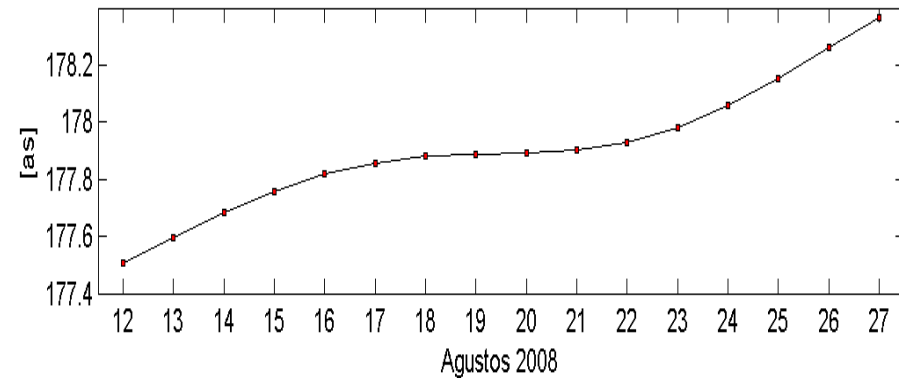
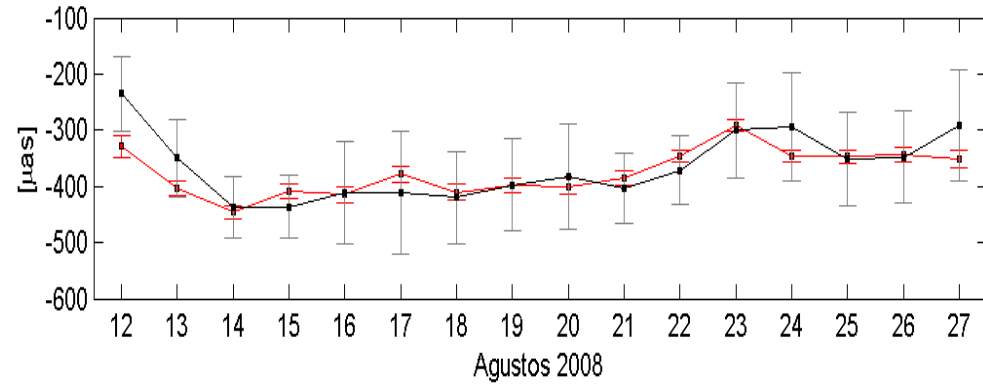
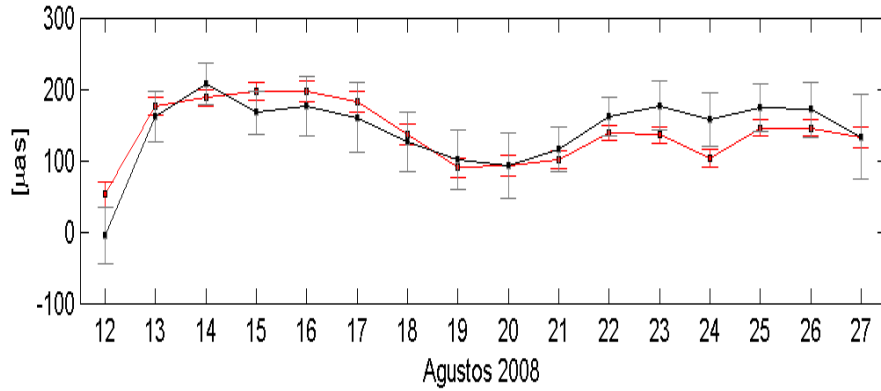
VLBI analizi parametrizasyonu

- Tüm kuazar koordinatları (rektansiyon, deklinasyon) ICRF2 katalog koordinatlarına sabitlendi.
- NNT/NNR koşul denklemleri (6 adet) VTRF2008 kataloğu koordinatları ile oluşturuldu ve datumdan bağımsız normal denklem sistemine uygulandı.
- A priori koordinat düzeltmeleri: Katalog hızları (VTRF2008), katı Yer gel-gitleri (McCarthy ve Petit (2004), Bölüm 7.1.1), Okyanus gel-git yüklemeleri (FES2004, Lyard vd., 2006), Seküler ve gel-git atmosfer yüklemeleri (Petrov ve Boy, 2004), Kutup gel-gitleri (McCarthy ve Petit (2004), Bölüm 7.1.4), anten thermal deformasyonları ve eksen ofset düzeltmeleri (Nothnagel, 2009).
- Troposfer izdüşüm fonksiyonu: VMF1 (Böhm, vd., 2006).
- Troposfer hidrostatik sinyal gecikmesi düzeltmeleri (Saastamoinen, 1972) her ölçüye parametre kestirimi öncesi getirilmiştir.
- Troposfer ıslak zenit gecikmesi kestirimi: 30 dakika aralıklı parçalı lineer ofsetler (ofsetler üzerinde bağıl gevşek kısıtlayıcılar, 10 mm/30 dakika uygulandı) kestirildi. Troposfer gradyanları (Davis vd., 1993) 6 saat aralıklı parçalı lineer ofsetler (bağıl gevşek kısıtlayıcılar, 0.5 mm/6 saat uygulandı) kestirildi.
- Korelatörlerde hesaplanan NGS ölçü dosyalarındaki iyonosfer sinyal gecikmesi düzeltmesi tüm ölçülere getirildi.
- Saat hataları: Kuadratik polinom katsayılarına ek olarak UTC saat başlarında (ofsetler üzerinde bağıl gevşek kısıtlayıcılar uygulandı) parçalı lineer ofsetler kestirildi.
- Anten koordinatları: Her gün için (0:00 UTC) kestirimi yapıldı.
- A priori Yer dönüklük parametreleri (ERP): IERS 05 C04 EOP serisi (Bizouard ve Gambis, 2009) – günlük (0:00 UTC) değerlerinden ölçü epoklarına Lagrange enterpolasyonu yapıldı.
- A priori nutasyon parametreleri: IAU2000A presesyon-nutasyon modeli (McCarthy ve Petit, 2004).
- EOP kestirimi: Nutasyon ofsetleri her gün bir ofset (0:00 UTC) kestirildi ve ERP her saat başı UTC epoklarında kestirildi.

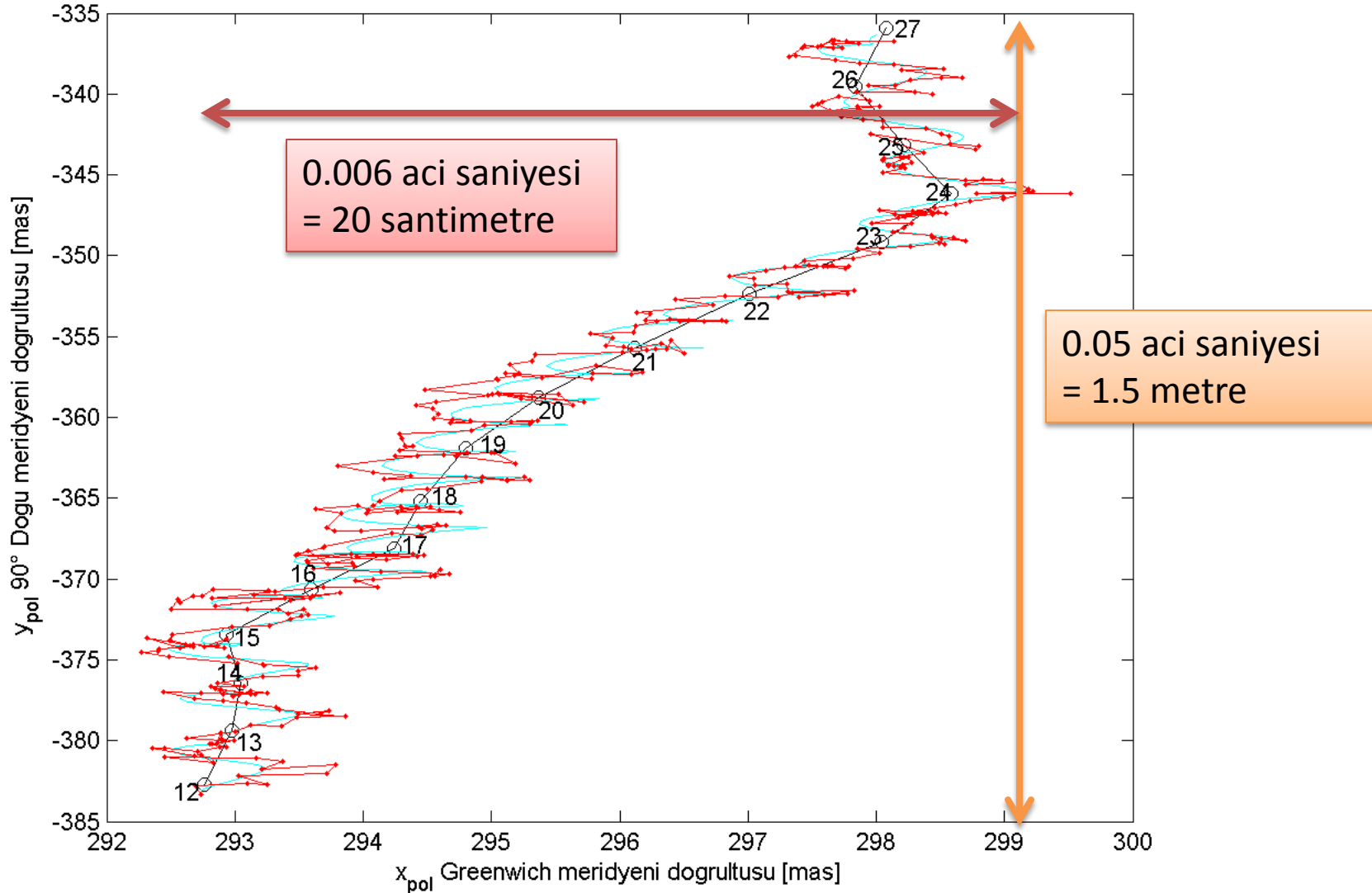
Nutasyon

$$(X, Y) = (X, Y)_{IAU\ 2000A\ model} + (dX, dY)_{VLBI}$$

IVS-CONT08 oturumları 0:00 UTC epoklu nutasyon dX (sol), ve dY (sağ) parçalı lineer ofset kestirimleri (VieVS yazılımı, IAU 2000A presesyon-nutasyon modeli)



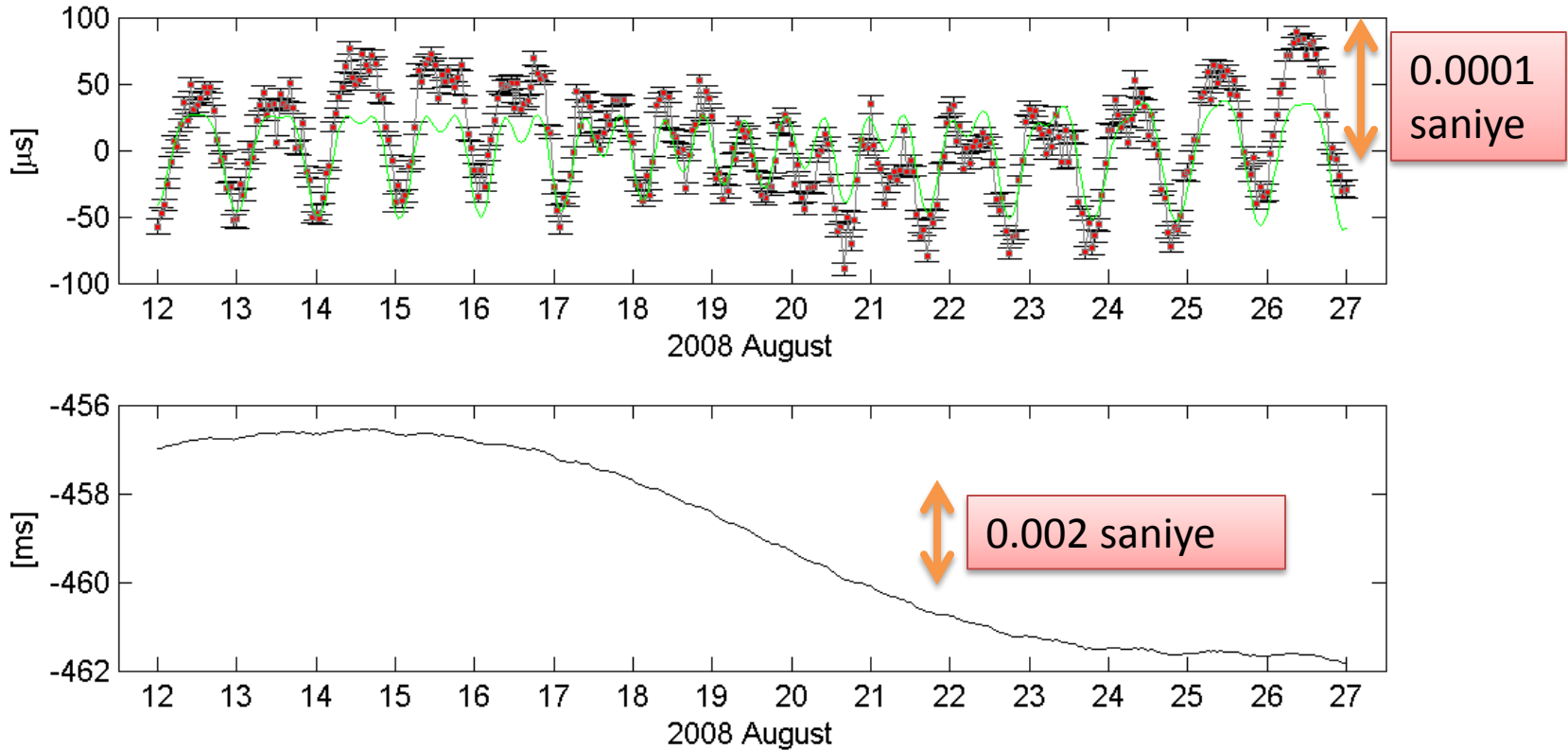
IVS-CONT08 oturumları yüksek frekanslı (UTC saat başı epokları) kutup gezinmesi (VieVS yazılımı)



$$dUT1 = UT1 - UTC$$

$$\Delta UT1 = \Delta UT1_{IERS05\ C04} + \Delta UT1_{VLBI}$$

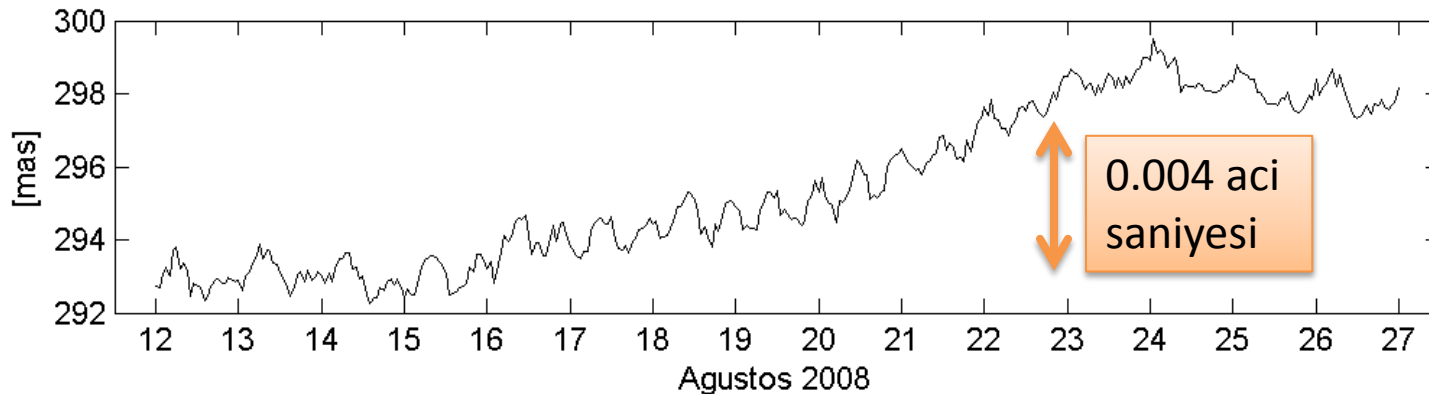
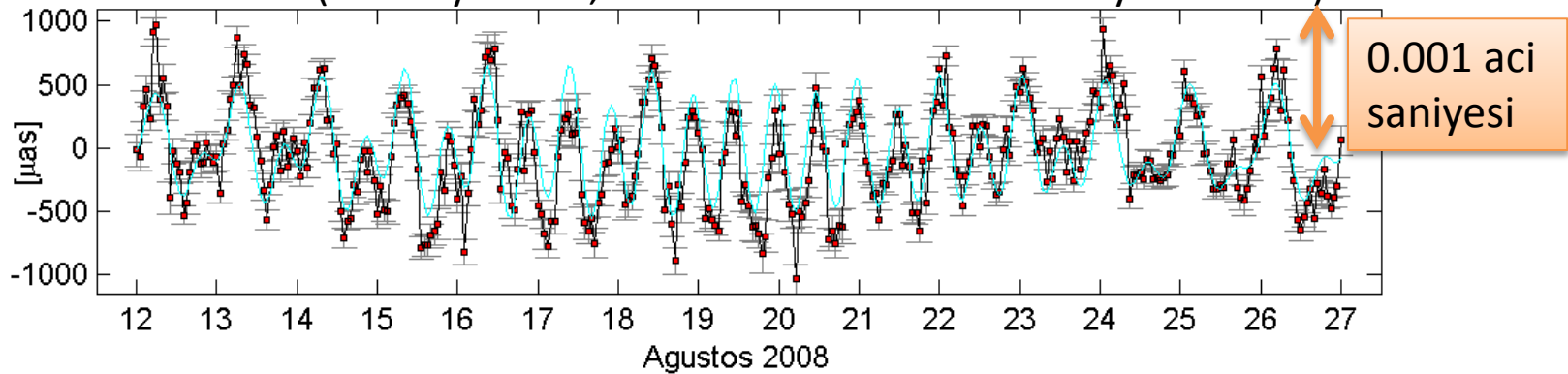
IVS-CONT08 oturumları UTC saat başlarında kestirimi yapılan UT1 – UTC parçalı lineer ofset değerleri (VieVS yazılımı, IERS 05 C04 EOP kombinasyonu serisi)



Kutup gezinmesi: dx_p (Greenwich meridyeni doğrultusu koordinatı)

$$(x_p, y_p) = (x_p, y_p)_{IERS\ 05\ C04} + (dx_p, dy_p)_{VLBI}$$

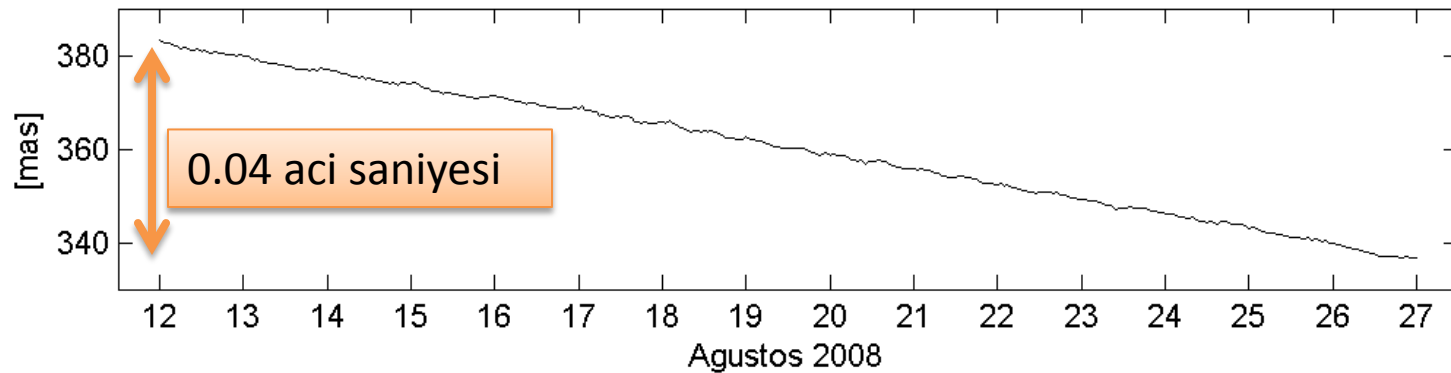
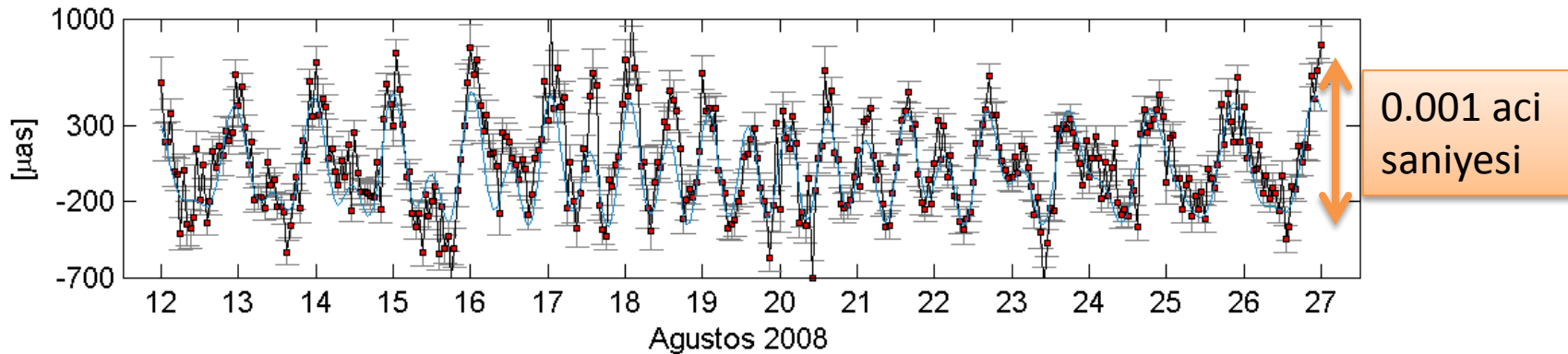
IVS-CONT08 oturumları UTC saat başlarında kestirimi yapılan dx_p parçalı lineer ofset kestirimleri (VieVS yazılımı, IERS 05 C04 EOP kombinasyonu serisi)



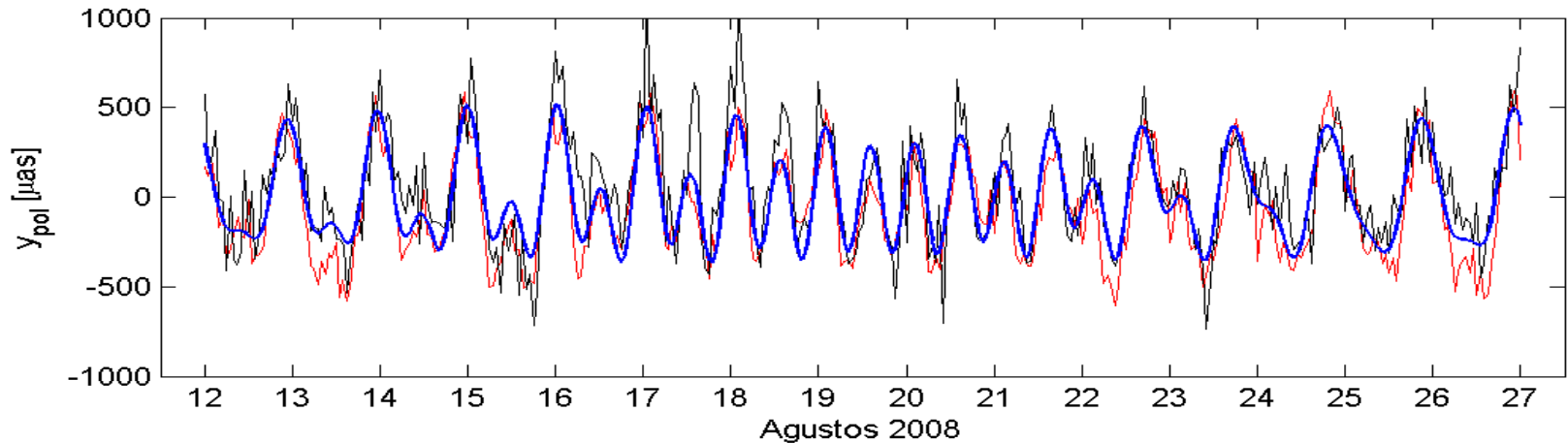
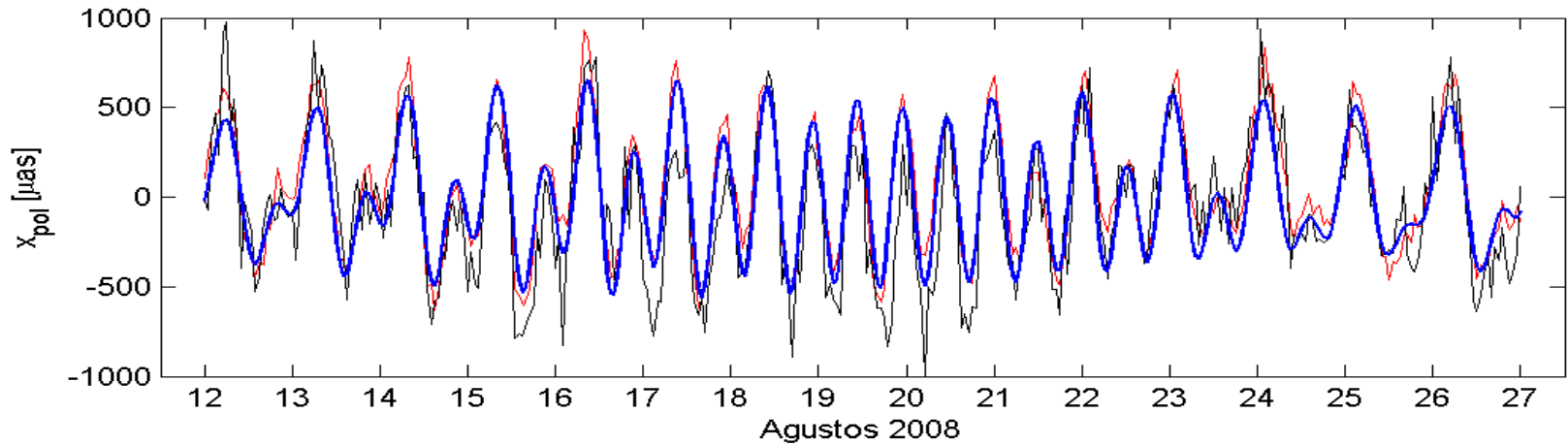
Kutup gezinmesi: dy_p (90 derece dogu meridyeni doğrultusu koordinatı)

$$(x_p, y_p) = (x_p, y_p)_{IERS\ 05\ C04} + (dx_p, dy_p)_{VLBI}$$

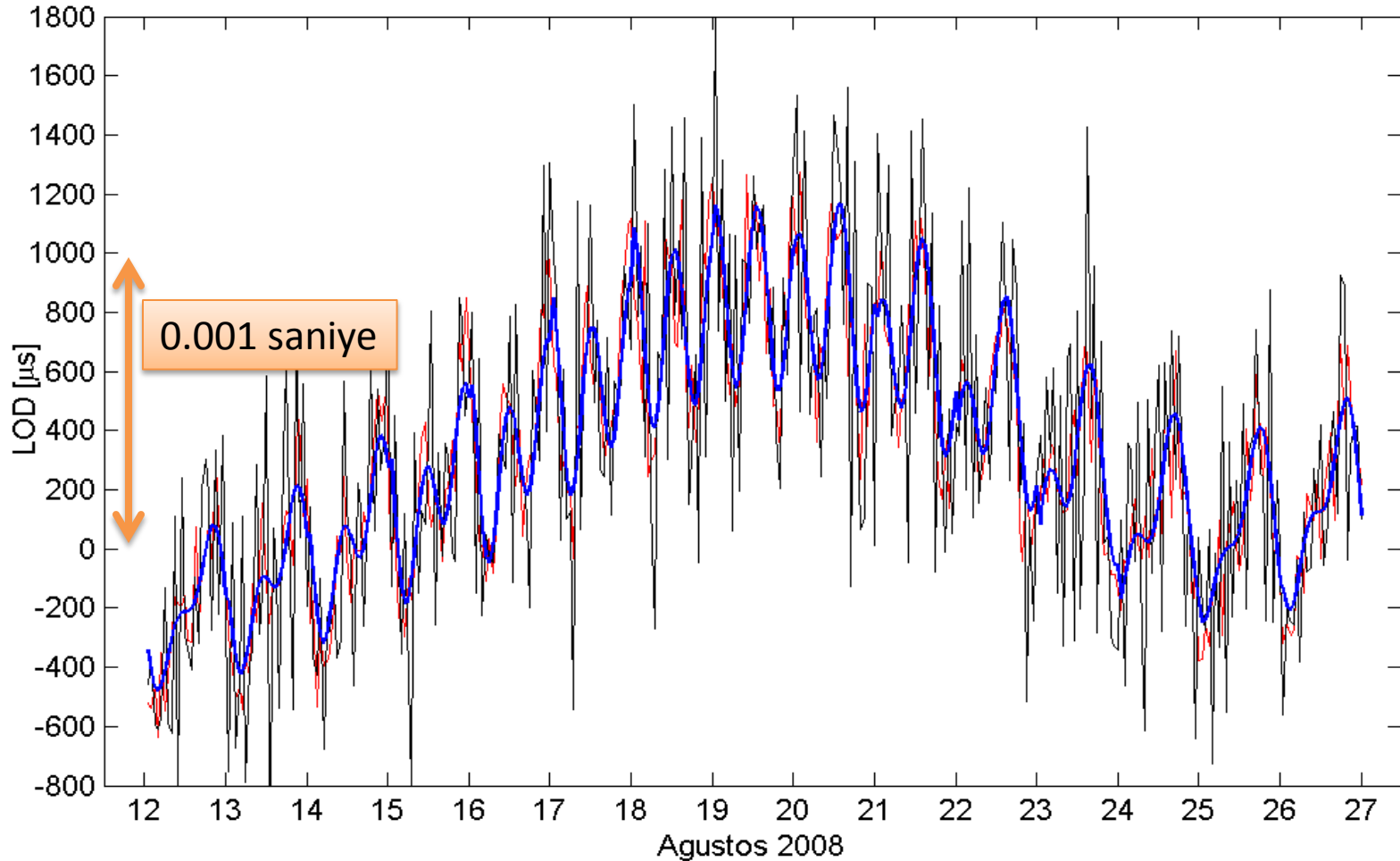
IVS-CONT08 oturumları UTC saat başlarında kestirimi yapılan dy_p parçalı lineer ofset kestirimleri (VieVS yazılımı, IERS 05 C04 EOP kombinasyonu serisi)



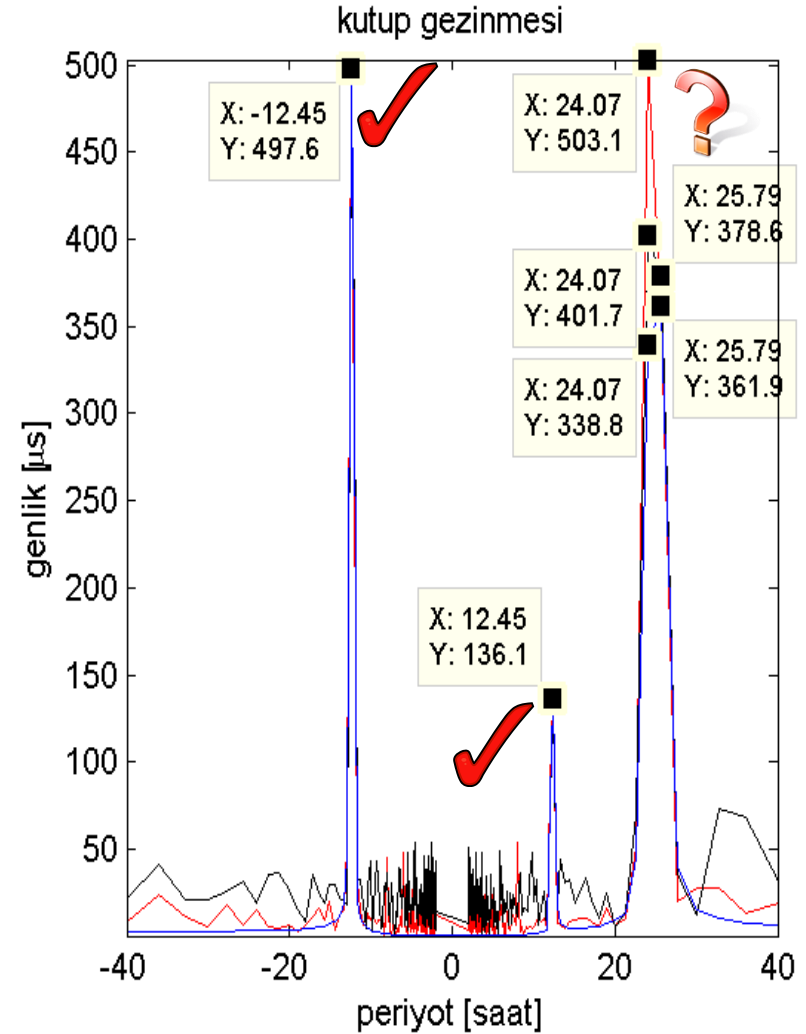
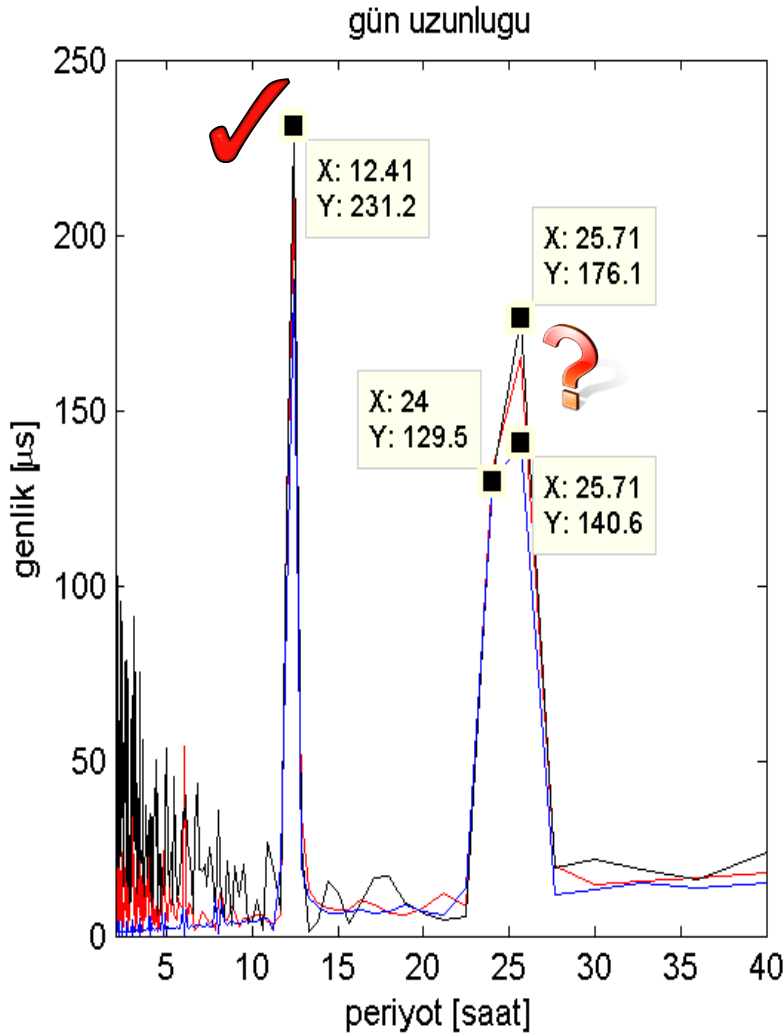
GPS ve VLBI ölçülerinin analizinden elde edilen UTC saat başı epoklu kutup gezinmesi koordinatları (Bernese ve VieVS yazılımları)



GPS ve VLBI ölçülerinin analizinden elde edilen UTC saat başı epoklu gün uzunlukları (LOD) (Bernese ve VieVS yazılımları)



Gün uzunluğu ve kutup gezinmesi koordinatlarının Fourier spektralleri



Sonular

- kutup gezinmesi saatlik koordinatlarının formal hataları; VLBI > GPS. Bu durumun nedeni, serbestlik derecesi ?
- Kutup gezinmesi saatlik koordinat farklarının standard sapması; (VLBI – HF-ERP) > (GPS – HF-ERP).
- VLBI kutup gezinmesi koordinatlarının GPS ile elde edilenlere göre daha gürültülü. Bunun nedeni kestirimi yapılan ERP parametrelerinin üzerinde uygulanan mutlak veya bağıl kısıtlayıcılar ?
- Kutup gezinmelerinin Fourier spektrası incelendiğinde; prograde 24 saat periyodunda ~100 ila ~160 mikro açı saniyesi genliğinde ve gün uzunluğunda (LOD) prograde 24 saat periyodunda ~50 mikro saniye genliğinde anlamlı uyuşumsuzluklar görülmüştür. Bu harmonik uyuşumsuzlukların nedenleri ?
- VLBI ölçüleri, GNSS ölçüleri ve HF-ERP modellerinden elde edilen kutup gezinmesi koordinatları ve gün uzunluğu genliklerinin retrograde ve prograde 12 saat periyodunda iyi uyum gösterdikleri belirlenmiştir.

Sonular

- Bu çalışmada elde edilen sonuçlar dikkate alındığında nokta sayıları fazla ve dağılımı homojen olan GPS istasyonları ile gerçekleştirilmiş olan GPS lülerinin analizinden elde edilen yüksek frekanslı (saatlik) kutup gezinmesi koordinatları aynı epoklar için VLBI ölçülerinden elde edilen kutup gezinmesi koordinatlarından **daha duyarlıdır.**

- Tüm dinleyenlere ilginiz için tesekkür ederiz.
- Uluslararası VLBI Jeodezi ve Astrometri Servisine (International VLBI Service for Geodesy and Astrometry, IVS) ve Uluslararası Yer Dönüklük ve Referans Sistemleri Servisine (International Earth Rotation and Reference Systems Service, IERS) sağlamış oldukları ham verilerden ötürü teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Bizouard C. ve Gambis D., 2009. *The combined solution C04 for Earth orientation parameters consistent with International Terrestrial Reference Frame*. In H. Drewes (Ed.), *Geodetic reference frames*, Volume 134 of IAG symp, pp. 265–270.
- Boehm J., Werl B. ve Schuh H., 2006. *Troposphere mapping functions for GPS and Very Long Baseline Interferometry from European Center for Medium-Range Weather Forecasts operational analysis data*, J Geophys Res 111 (B02406).
- Boehm J., Spicakova H., Plank L., Teke K., Pany A., Wresnik J., Englich S., Nilsson T., Schuh H., Hobiger T., Ichikawa R., Koyama Y., Gotoh T., Kubooka T. ve Otsubo T., 2009. [Plans for the Vienna VLBI Software VieVS](#), Proceedings of the 19th European VLBI for Geodesy and Astrometry Working Meeting, 24-25 March 2009, Bordeaux, France.
- Boehm J., Hobiger T., Ichikawa R., Kondo T., Koyama Y., Pany A., Schuh H. ve Teke K., 2010. *Asymmetric tropospheric delays from numerical weather models for UT1 determination from VLBI Intensive sessions on the baseline Wettzell-Tsukuba*, Journal of Geodesy (SCI), 84:319-325, doi:10.1007/s00190-10-0370-x.
- Capitaine N., Gambis D., McCarthy D., Petit G., Ray J., Richter B., Rothacher M., Standish M. ve Vondrak J., 2002. *IERS Technical Note 29*, Proceedings of the IERS Workshop on the Implementation of the New IAU Resolutions, Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie, Frankfurt am Main.
- Chao B., Dong D., Liu H. ve Herring T., 1991. *Libration in the Earth's rotation*, Geophys. Res. Letters 18 (11), 2007–2010.
- Gross R., 2009. *Geodesy, Volume 3 of Treatise on Geophysics, Earth Rotation Variations - Long Period*, pp. 239–294. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Tokyo: Elsevier.
- Lyard F., Lefevre F., Letellier T. ve Francis O., 2006. *Modelling the global ocean tides, Modern insights from FES2004*. Ocean Dyn, 56 (6), 394–415.
- Mathews P., 2009. *Geodesy, Volume 3 of Treatise on Geophysics, Chapter Earth Rotation Variations*, pp. 295–350. Amsterdam, Boston, Heidelberg, London, New York, Tokyo: Elsevier.
- McCarthy D. ve Petit G., 2004. *Chapter IERS Techn. Note 32, IERS Conventions 2003*, Frankfurt am Main, Germany: Verlag des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie.
- Moritz H. ve Mueller I., 1987. *Earth Rotation Theory and Observation*, 370 Lexington Avenue, New York, NY 10017: The Ungar Publishing Company.
- Nothnagel A., 2009. *Conventions on thermal expansion modelling of radio telescopes for geodetic and astrometric VLBI*, J. Geod. 83 (8), 787–792.
- Petrov L. ve Boy J., 2004. *Study of the atmospheric pressure loading signal in Very Long Baseline Interferometry observations*, J. Geophys. Res. 109(B3):B03405.
- Ray R., Steinberg D., Chao B. ve Cartwright D., 1994. *Diurnal and semi-diurnal variations in the Earth's rotation rate induced by oceanic tides*, Science 264 (5160), 830–832.
- Schuh H., Boehm J., Englich S., Heinkelmann R., Mendes Cerveira P.J., Pany A., Tanir E., Teke K., Todorova S. ve Wresnik J., 2008. [Vienna IGG Special Analysis Center Annual Report 2007](#), International VLBI Service for Geodesy and Astrometry 2008 Annual Report, edited by D. Behrend and K. Baver, NASA/TP-2008-214162, p. 208-211.
- Schuh H. ve Behrend D., 2009. *Report of the International Association of Geodesy 2007-2009*, Volume 36, Chapter International VLBI Service for Geodesy and Astrometry (IVS), sayfa: 297–306. Travaux de l'Association Internationale de Geodäsie.
- Sovers O., Fenselow J. ve Jacobs C., 1998. *Astrometry and geodesy with radio interferometry: experiments, models, results*, Reviews of Modern Physics 70 (4), 1393–1453.
- Steigenberger P., Rothacher M., Dietrich R., Fritsche M., Rülke A. ve Vey S., 2006. *Reprocessing of a global GPS network*, J Geophys Res 111 (B05402).

