

TUSAGA AKTİF (CORS-TR) VERİLERİ İLE TEKTONİK PLAKA HAREKETLERİNİN İZLENMESİ

Turgut Uzel¹, Kamil Eren¹, Engin Güla², A.Anıl Dindar¹, İbrahim Tiryakioğlu³
Haluk Yılmaz¹

¹ İKÜ Geomatik Uygulama Araştırma Merkezi Ataköy, İstanbul, tuzel@iku.edu.tr, k.eren@iku.edu.tr, adindar@iku.edu.tr, h.yilmaz@iku.edu.tr

² YTÜ Harita Mühendisliği Bölümü, Esenler, İstanbul, egulal@yildiz.edu.tr

³ AKÜ Harita Mühendisliği Bölümü, Afyon, itiryakioğlu@aku.edu.tr

ÖZET

“Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı ve Ulusal Datum Dönüşümü Projesi (CORS-TR / TUSAGA-Aktif)” İstanbul Kültür Üniversitesi yürütücülüğünde Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü ve Harita Genel Komutanlığının müşterek müşteri olarak yer aldığı TÜBİTAK destekli Kamu ARGE projesidir. Proje Mayıs 2006 tarihinde başlamış ve Mayıs 2009 tarihinde tamamlanarak sistem faaliyete geçmiştir.

Proje kapsamında KKTC dahil olmak üzere 147 sabit referans istasyonu ve projeye katılan kurumlarda birer kontrol merkezi kurulmuştur. Projenin temel amacı, tüm ülke genelinde milimetre mertebesinde tektonik hareketleri belirlemek ve izlemek, üretilen gerçek zamanlı kinematik (RTK) verileri ile gerçek zamanlı olarak santimetre mertebesinde konum belirlemeye imkan sağlamak ve ED50-ITRF koordinat sistemleri arasındaki dönüşüm parametrelerinin belirlenmesidir. Sistem yapısı itibari ile şemsiye proje niteliğinde olan bu proje, CBS ve askeri amaçlı uygulama alanlarından navigasyon uygulamalarına, atmosfer araştırmalarına ve hava tahminlerine kadar birçok kazanımlar sağlamaktadır.

Projenin tamamlanmasını takiben İstanbul Kültür Üniversitesi bünyesinde Geomatik Uygulama Araştırma Merkezi (GEOMER) kurulmuş ve bünyesinde “CORS-TR Veri Analiz Birimi” oluşturulmuştur. Ayrıca, GEOMER, İnşaat Mühendisliği Jeomatik Lisansüstü Programını da yürütmektedir. Sabit referans istasyonlarından gelen GNSS verileri, bu birim tarafından GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmekte, istasyonların konum bilgilerine ilişkin zaman serileri ve hız vektörleri elde edilmektedir.

Bu çalışmada, merkezin Ekim 2008 ve Aralık 2010 tarihleri arasındaki CORS-TR bazlı “tektonik plaka hareketlerinin izlenmesine yönelik olarak araştırma çalışmaları ve sonuçları” verilmektedir.

Anahtar Sözcükler: GNSS, CORS, Plaka Hareketleri

ABSTRACT

MONITORING PLATE TECTONICS BY TUSAGA AKTİF (CORS-TR)

“Continuously Operating Reference Stations and National Datum Transformation (CORS-TR / TUSAGA-Active) Project”, is a research and development (R&D) project executed by Istanbul Kultur University (IKU). The project was financed by Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) with the collaborations of General Directorate of Land Registry and Cadastre (GDLRC) and General Command of Mapping (GCM). The project started in May 2006 and completed in May 2009. The system is operational since then serving geodetic and scientific community in Turkey.

The establishment of 147 reference stations including Northern Cyprus and three control centers were successfully accomplished. The main goals of the project is to determine and monitor the tectonic movements at millimeter level, broadcast real time kinematic (RTK) data for the positioning at centimeter level and, also, determine the national ED50-ITRF coordinate transformation parameters. This strategic project provides services to wide range of applications such as geographic information system (GIS), military applications, navigation, atmosphere researches, weather predictions, etc..

Following the completion of the project, Geomatic Application Research Center (GEOMER) and its “CORS-TR Data Analysis Group” were established within IKU. The group studies the GNSS data obtained from CORS-TR reference stations to compute the time histories and velocity vectors of the stations throughout Turkey. In addition to the research studies, GEOMER also admits students for Geomatic Graduate Program of Civil Engineering Department.

Keywords: GNSS, CORS, plate movements

1. TUSAGA AKTİF (CORS-TR) PROJESİ

TÜBİTAK, kamu kurumlarının araştırma çalışmaları ile çözümlenecek sorunlarını ele alan projeleri desteklemek amacıyla 10 Mart 2005 tarihli Bilim Teknoloji Yüksek Kurulu Kararı ile yeni bir proje destek program başlatmıştır.

Bu program çerçevesinde İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) ile Harita Genel Komutanlığı (HGK) ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) birlikte kısaca TUSAGA Aktif (CORS-TR) olarak adlandırılan projeyi TÜBİTAK'a sunmuşlardır. Proje, TÜBİTAK tarafından 18 Nisan 2006 tarihinde kabul edilmiştir. Daha sonra HGK'nın da ortak müşteri olarak TKGM'nün yanında yer almasıyla proje, 8 Mayıs 2006 tarihinde resmen başlamıştır. Proje 36 aylık çalışma süresi sonucunda 1 Mayıs 2009 tarihinde tamamlanmıştır.

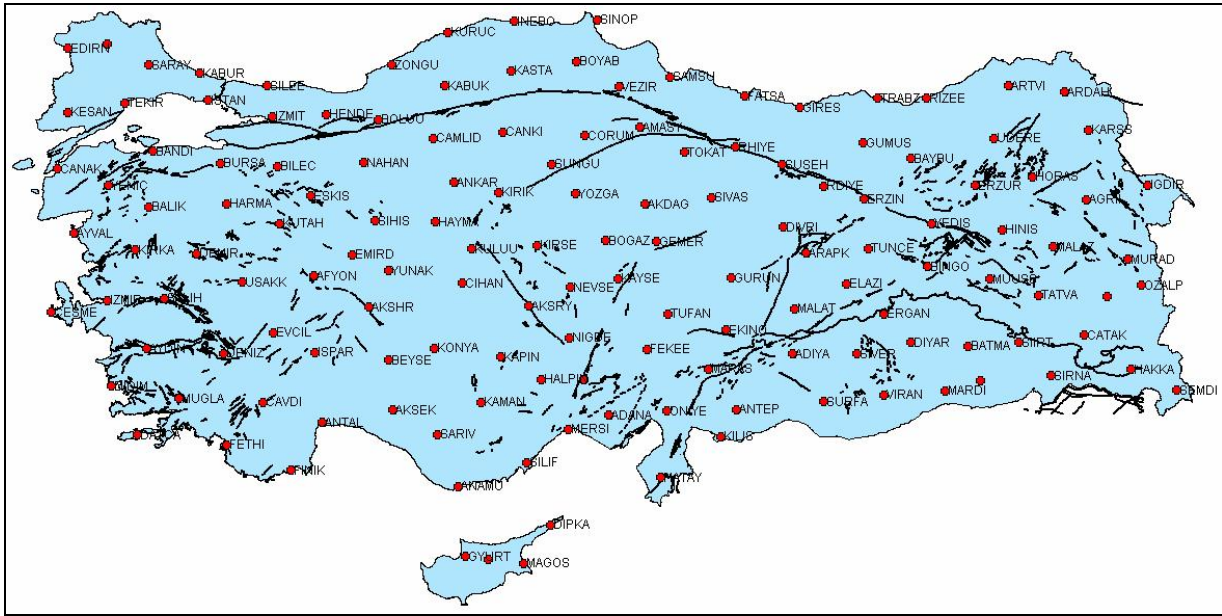
Ulusal CORS-TR projesinin amaçları genel olarak aşağıdaki başlıklar altında ifade edilebilir:

1. Tüm ülke genelinde coğrafi konumu, 24 saat gerçek zamanda (RTK) ve sonradan hesaplamalar ile santimetreler duyarlılığında hızlı, ekonomik ve güvenilir olarak belirlemek,
2. Hava, deniz ve karada metre altında duyarlılıkta navigasyon sağlamak,
3. ED50-ITRFyy arasındaki Ulusal hücresel dönüşüm parametrelerini belirlemek ve böylece TKGM ve HGK başta olmak üzere tüm harita ve harita bilgisi üreten kurumların temel datum dönüşümü sorununu çözmek. Böylelikle ED50 datumundaki harita ve kadastro ölçülerinin ve paftalarının halen kullanılmakta olan ITRFyy datumuna aktarımını sağlamak,
4. Türkiye'nin yer aldığı bölgedeki atmosferi ve iyonosferi modellemek ve daha sağlıklı meteorolojik tahminler ile sinyal ve iletişim konuları başta olmak üzere birçok bilimsel çalışmaya olanak ve katkı sağlamak,
5. Bir deprem ülkesi olan ülkemizde tektonik plaka hareketlerin duyarlı ve sürekli olarak izlenmesini gerçekleştirmek, deformasyon miktarlarını milimetreler duyarlılığında belirlemek; böylece depremlerin önceden belirlenmesi ve erken uyarı çalışmalarına katkıda bulunmak,
6. Ülkemizdeki AR-GE çalışmalarına ve uzay araştırmalarına katkıda bulunmak.

Ulusal CORS-TR sistem tasarımını ve seçimini gerçekleştirmek için dünyanın en kapsamlı Benchmark testlerinden birisi Marmara bölgesinde gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen test CORS sistemleri, iletişim altyapısı, CORS çözümleri ve datum dönüşümü için değişik matematiksel modelleri inceleme olanağı sağlamıştır, (Eren K. Vd. 2009a). Test sonuçları ve diğer araştırmalar çerçevesinde yaklaşık 80-100 km aralıklarda 150 adet CORS referans istasyonundan oluşan sistemin kurulmasına karar verilmiştir. CORS istasyon yeri seçiminde istasyonlar arasındaki mesafelerden başka göz önünde bulundurulması gereken hususlar bulunmaktadır:

- İl merkezleri olması (kullanıcıların yoğun olduğu merkezler olması sebebiyle),
- Sınır ve kıyı boyundaki büyük yerleşim merkezleri olması,
- Sağlam ve lojistiği uygun zemin (heyelan bölgesi dışında) olması,
- Elektrik ve haberleşme (ADSL ve EDGE) olanaklarının bulunması,
- Mümkün olduğu kadar tektonik plaka hareketlerinin izlenmesine olanak sağlayacak konumda olması.

Bu bilgiler ışığında tüm ülkeyi ve KKTC'yi kapsayan bir tasarım yapılmış ve 150 istasyona ait yerler İKÜ, HGK ve TKGM'nün ortak çalışmalarıyla saptanmıştır, (Şekil 1). Bu çalışmalarda lojistik gereksinimler ve ülkemizin tektonik hareketleri özellikle göz önünde bulundurulmuştur. İstasyon yerleri olarak ilk aşamada sağlam ve az katlı kamu binalarının çatıları, meteoroloji istasyon alanları, korumalı ve iletişimi olan diğer yerler tercih edilmiştir.



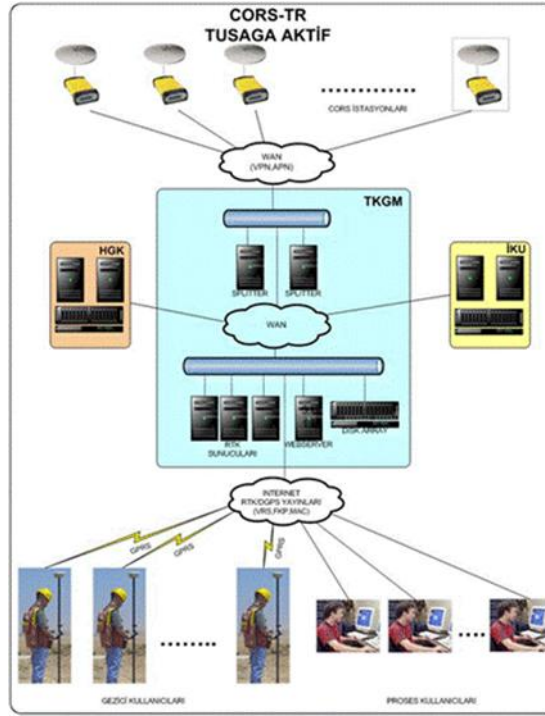
Şekil 1: TUSAGA AKTİF (CORS-TR) sabit istasyon yerleri ve fay hatları



Şekil 2: Zemine tesis edilmiş Zonguldak İstasyonu ve çatıya tesis edilmiş Erzurum İstasyonu

CORS-TR sisteminin kurulumu Trimble firması ve Türkiye temsilcisi GRAFTEK Grafik Bilgisayar Teknolojisi Mühendislik Hizmetleri ve Ticaret A.Ş. tarafından gerçekleştirilmiştir. Yüklenici firma, 150 adet NetR5 CORS referans istasyonu ve Zephyr Geodetic2 anteni, 3 adet kontrol merkezi (donanım, yazılım ve diğer aksesuarlar) ile 150 adet pilye ve kabini sağlayarak kurulumunu gerçekleştirmiştir, (Şekil 2). NetR5 bir Global Navigational Satellite System (GNSS) alıcısı olup GPS, GLONASS ve GALILEO sinyalleriyle işlem yapabilmektedir. İletişim için tüm istasyonlarda ve kontrol merkezlerinde TT ADSL ve alternatif olarak da Turkcell EDGE seçilmiştir. Tüm noktalarda 2m, 3m veya 4m lik pilyeler ile GNSS alıcılarının, modemlerin ve diğer aksesuarların muhafaza edildiği klimalı kabinler tesis edilmiştir.

Her CORS referans istasyonundan kontrol merkezine ADSL veya EDGE aracılığıyla her saniye yaklaşık 5600 bit büyüklüğündeki GNSS gözlemleri iletilmekte; CORS ağ hesapları ve düzeltmeler ise kontrol merkezinden kullanıcılara RTCM 3.x vasıtasıyla ulaştırılmaktadır, (Şekil 3). Bu sistemde tüm dünyada yaygın olan VRS, FKP ve MAC teknikleri kullanılmaktadır, (Eren K. vd. 2009b).



Şekil 3: CORS-TR Sistemi

Yaklaşık 7.5 milyon TL bütçeli proje kapsamında yoğun bir araştırma, geliştirme ve çalışma sonucunda;

- Tüm ülkeyi kaplayan 147 istasyondan oluşan CORS-TR kurulumu, 3 adet kontrol merkezi kurulumu,
- 3468 ED50 noktasına ait ITRFyy koordinatlarının derlenmesi, yaklaşık 3000 noktanın istikşafının yapılması, GNSS ölçülerinin yapılması ve ITRFyy koordinatlarının belirlenmesi

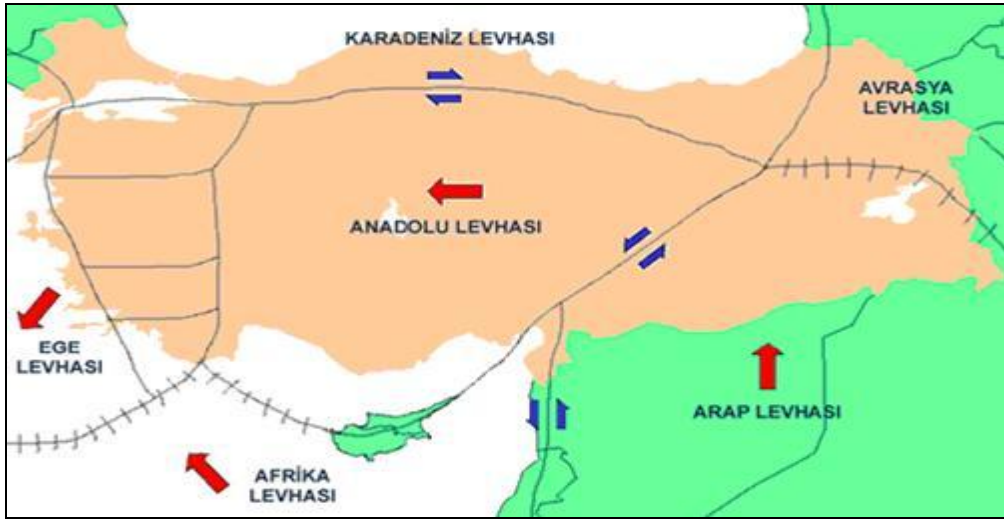
gerçekleştirilmiştir.

2. TÜRKİYE’Nİ TEKNONİK YAPISI

İnsanlığın var oluşundan bu yana depremler insanları etkileyen en önemli doğal olaylardan birisi olmuştur. Bugün bilinen ve kabul edilen gerçek, depremin yerin hareketleri sonucunda oluştuğudur. Depremler çeşitli nedenlerden dolayı oluşmaktadır. Bunlardan başlıcalar, volkanik patlamalara bağlı olarak oluşan depremler, yerkabuğu içerisindeki boşlukların çökmesi ile oluşan depremler ve en önemlisi faylanmaya bağlı olarak oluşan depremler sayılabilir.

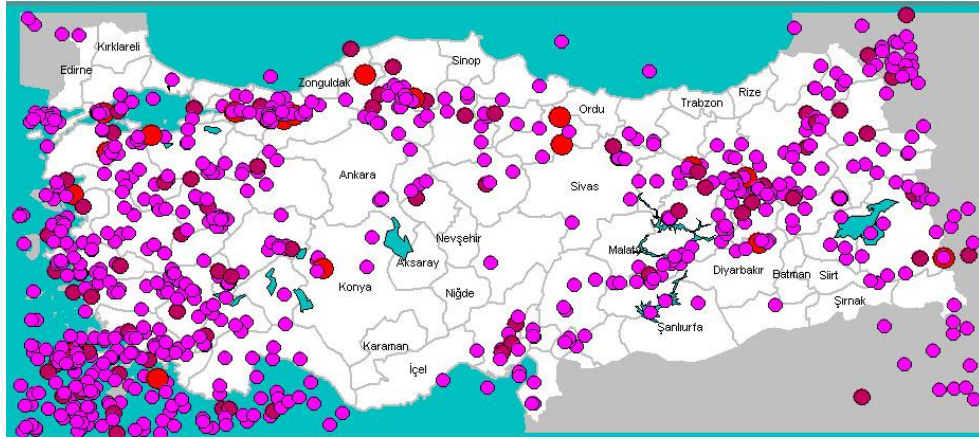
H.F. Reid tarafından 1911 yılında ileri sürülen ve geniş kabul gören kurama göre mevcut bir fayın iki tarafındaki bloklar fay düzlemi boyunca birbirlerine sürtündükleri için hareket edemez. Üzerlerine yüklenen enerjiyi biriktiren ve deforme olan kayalar, deformasyonun gücü sürtünme gücünü ya da bloklardan birini oluşturan kayaların kırılma dayanımını yenecek seviyeye gelince aniden kırılırlar ve böylece fay oluşur. Kayalar içerisinde o zamana kadar biriken enerji depremin odak noktasında boşalır, fay harekete geçerek bloklar atıma uğrar.

Ülkemizin üzerinde bulunduğu Anadolu Levhası, kuzeyde Avrasya Levhası, güneyde Afrika ve Arap Levhaları, doğuda Doğu Anadolu Bloğu ve batıda Ege Bloğu tarafından çevrilmiştir, (Şekil 4).



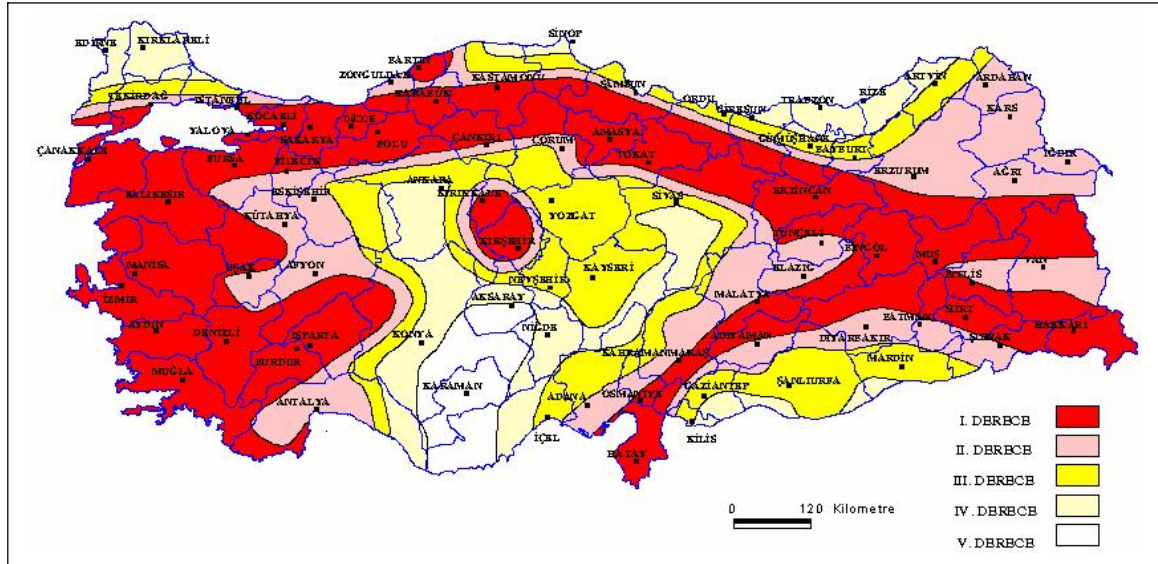
Şekil 4: Türkiye'yi etkileyen belli başlı yapılar (URL 1)

80'li yılların başından beri yapılan uydular yardımı ile konum belirleme çalışmaları Afrika Levhasının yılda 5mm hızla kuzeye doğru, Arap Levhasının da 19mm yine kuzeye doğru hareket etmekte olduğunu ve Anadolu Levhasını Avrasya Levhasına doğru sıkıştırdığını ortaya koymuştur. Bunun sonucunda Anadolu Levhası yılda yaklaşık 23mm batıya doğru hareket etmektedir (Mc Clusky ve diğerleri, 2000). Türkiye'de 1900–1970 yılları birkaç deprem istasyonu ile sismisitenin belirlendiği dönemdir. 1900–1970 yılları arasında deprem sayılarının düşük değerlerde olmasının sebebi, deprem istasyon sayısının çok az olmasından kaynaklanmaktadır. 1965 yılından sonra depremlerin sayılarında dereceli olarak bir artış olmuştur. Bu artış, 1970–1984 yılları arasında maksimum değerlere erişmiş ve 1984 yılından sonra yıllık deprem sayılarında göreceli olarak bir azalma eğilimi görülmüştür. Günümüzde de 1995 yılından itibaren yeniden bir artış gözlenmektedir. Türkiye'de yıkıcı sarsıntıların meydana geldiği birinci derecede deprem bölgeleridir. Tarihsel kayıtlara ve sismolojik araştırmalara dayanılarak sismisite haritaları incelendiğinde, episantırların aktif faylar ve havzalar yakınlarında toplanmış olmaları dikkat çekmektedir, (Şekil 5).



Şekil 5: 1900–2011 yılları arasında büyüklüğü 5'den büyük olan depremler (URL 2)

Türkiye'de tespit edilmiş fayların bir kısmı aktif olup, aktif fayların en tipik örneği Kuzey Anadolu Fayıdır. Kuzey Anadolu Fayı doğudan batıya doğru genişleyen bir makaslama zonu içine yerleşmiştir, (Şekil 6). Fay genel olarak tek bir fay çizgisi değil, doğudan batıya giderek dallanıp budaklanan bir fay ailesi şekline sahiptir. Bu fay sistemi, aktif olup, zaman zaman şiddetli ve yıkıcı depremlere sebep olan yatay kayma hareketlerine sahne olmaktadır.



Şekil 6: Deprem bölgeleri haritası (URL 3)

3. CORS-TR SABİT İSTASYON VERİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Günümüzde GNSS verilerinin değerlendirilmesinde ticari yazılımlar ve bilimsel yazılımlar olarak iki gruba ayrılan birçok yazılım kullanılmaktadır. Ticari yazılımlar kısa bazlarda yapılan jeodezik GNSS ölçülerini değerlendirilmesinde kullanılmakta fakat yüksek hassasiyet isteyen jeodezik GNSS ölçümlerinin değerlendirilmesinde Üniversiteler ya da Teknoloji Enstitülerince geliştirilmiş bilimsel yazılımlar kullanılmaktadır. Tektonik hareketlerden, deformasyon ölçümlerine kadar yüksek hassasiyet isteyen birçok jeodezik ölçmelerde kullanılan bilimsel yazılımlara örnek olarak, BERNESE, GAMIT/GLOBK, GIPSY/OASIS gibi yazılımlar verilebilir. CORS-TR verilerinin değerlendirilmesi, Massachusetts Institute of Technology tarafından geliştirilen GAMIT (GPS Analysis Massachusetts Institute of Technology)/GLOBK yazılım takımı kullanılarak yapılmıştır. Massachusetts Institute of Technology (MIT) Üniversitesi, Atmosfer ve Gezegen Bilimleri (Earth Atmospheric and Planetary Sciences-EAPS) biriminde görevli olan Prof.Dr. T.A. Herring, Dr. R.W. King, ve Dr. S.C. McClusky tarafından yazılan ve halen geliştirilmekte olan GAMIT yazılım paketi, GNSS gözlemleri ile yüksek doğruluklu bağıl konum belirleme için kullanılan genel amaçlı bir baz hesabı ve analiz sistemidir. GAMIT, değişik alıcılardan toplanmış ölçmeler üzerinde işlemler yapmak, uydu yörüngelerini sayısal olarak integre etmek ve faz ve pseudorange ölçmelerini modellemek gibi özelliklere sahiptir. Asıl fonksiyonu, taşıyıcı fazlardaki tamsayı devir belirsizliği ile atmosferik etkileri ve saat hatalarını da hesaba katarak gözlenen ve teorik olarak elde edilen ölçmelerin farklarına dayanan uydu yörüngelerini ve nokta konumlarını lineer kestirimle dengelemektir (Herring ve diğerleri, 2009a). Optimal faz belirsizliklerini belirlemek için genel olarak tek bir oturumdan lineer olarak bağımsız faz ölçmelerinin çift farkları kullanılarak birden fazla sayıda dengeleme işlemi gerçekleştirilir. Uygun yersel bir referans sistemi tanımlayabilmek için dengelemede bazı noktaların zaman zaman da bazı uyduların- dengeleme öncesi (apriori) koordinatlarının ağırlıkları artırılır. Belirsizlikler bir kez çözüldükten sonra tüm nokta ve uydu parametrelerinin ağırlıklarının oldukça azaltıldığı iki ek dengeleme işlemi yapılır. Birisinin içinde hiç bir tamsayı belirsizliği çözülmemiş, diğeri ise önceden saptanmış tamsayı belirsizliklerini kullanan bu iki dengelemenin sonuçları daha sonra GLOBK yazılım paketinde kullanılacak olan bir oturumun ölçme serisini oluşturur (Herring ve diğerleri, 2009b).

GAMIT-GLOBK değerlendirme programı aynı anda maksimum 99 GNSS istasyonunu değerlendirebilmektedir. Bu nedenle 147 istasyonu olan CORS-TR ağı alt ağlara bölünerek değerlendirme yapılmıştır. Alt ağlara bölme işlemi için sh_netsel komutu ile gerçekleştirilmiştir. Bu komut Simon McClusky tarafında çok sayıda istasyona sahip ağlar için yazılmış ve GAMIT/GLOBK yazılım takımının kütüphanesinde bulunmamaktadır. CORS-TR ağı Sh_netsel komutu ile ortalama 30-50 istasyonlu alt ağlara bölünmüştür. Her alt ağdan 3 nokta ağların birbirine ilişkilendirilmesinde kullanılmıştır, (Şekil 7).

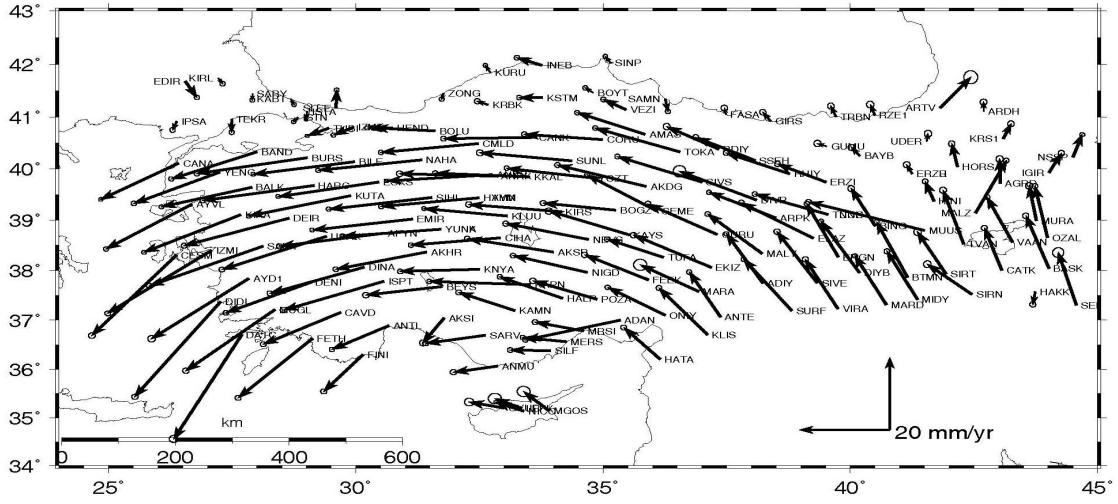
GAMIT değerlendirme aşamasında 19 IGS istasyonu değerlendirmeye dahil edilmiştir. Bu IGS istasyonlarından stabilizasyon çalışmalarında Avrasya için 9 tanesi, kullanılmış ve hız büyüklüğü post RMS değerleri de 1.4 mm/yıl elde edilmiştir (Tablo 1).

Şekil 7: sh_netsel komutu ile üretilen alt ağlar ve bağlantı noktaları

Tablo 1: Değerlendirmeye katılan IGS istasyonları ve farklı stabilizasyonda kullanılan noktalar

Nokta No	IGS İstasyonları	Avrasya Stab.
1	MATE	ANKR
2	ANKR	NSSP
3	NSSP	NICO
4	NICO	TUBI
5	MERS	ISTA
6	CRAO	BAKU
7	TUBI	SOFI
8	RAMO	TELA
9	KUWT	BUCU
10	ISTA	
11	BAKU	
12	GLSV	
13	SOFI	
14	HRRN	
15	LAUG	
16	TELA	
17	TEHN	
18	BUCU	
19	GRAZ	
RMS		1.4 mm/yıl

Değerlendirme sonucu elde edilen Avrasya sabit hız alanı Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8: Avrasya plakası sabit hız alanı

4. SONUÇLAR

TUSAGA AKTİF(CORS-TR) Projesi ile ülke genelinde 24 saat hizmet verecek, format ve standart birliği sağlayacak modern bir sistemi ülkemize kazandırılmış bulunmaktadır. Yürütücü kurum İKÜ ve projenin müşterek müşteriler olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü projeyi işbirliği içerisinde gerçekleştirmişlerdir. Projenin tamamlanmasının ardından sistem, projenin müşterek müşteriler olan Harita Genel Komutanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü sorumluluğuna işletilmektedir. Sistem yapısı itibari ile şemsiye proje niteliğinde olan bu proje, tektonik hareketlerin izlenmesi, CBS ve askeri amaçlı uygulama alanlarından navigasyon uygulamalarına, atmosfer araştırmalarına ve hava tahminlerine kadar birçok kazanımlar sağlamaktadır. Projenin tamamlanmasını takiben İstanbul Kültür Üniversitesi bünyesinde Geomatik Uygulama Araştırma Merkezi (GEOMER) kurulmuş ve bünyesinde “CORS-TR Veri Analiz Birimi” oluşturulmuştur.

Bu çalışmada CORS-TR verilerinden 2008 yılı ekim ayı ile 2010 yılı ekim ayı arasındaki 24 aylık veri grubu değerlendirilmiştir. Her ayda ardışık 7 günlük ölçüler değerlendirilmiştir. CORS-TR ağı GAMIT_GLOBK yazılım takımıyla 3-4 alt ağlara bölünerek değerlendirmiş ve elde edilen hız alanları Şekil 8,9’da verilmiştir. Hız alanları incelendiğinde MALZ (Malazgirt), SAMN (Samsun), ADAN (Adana), MUUS (Muş) gibi noktaların bölge hız alanı ile uyumsuz hareket ettikleri görülmektedir. Bu noktaların zaman serileri incelendiğinde lokal deformasyonların meydana geldiği gözlemlenmiştir. CORS-TR ağındaki bulunan bütün istasyonların zaman serileri incelendiğinde 6-7 tanesinde sürekli lokal deformasyonlar, 2-3 tanesinde geçici lokal deformasyonlar gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

Eren K, Uzel T, Güral E, Yıldırım O, Cingöz A., 2009a. *Results from a Comprehensive GNSS Test in the CORS-TR Network: Case Study*, Journal of Surveying Engineering, Volume 135 Issue 1, Ph.10-18.

Eren K. v.d. 2009b. *TUSAGA AKTİF (CORS-TR) Projesi, Sonuç Raporu*, TÜBİTAK Proje No: 105G017.

Herring, T.A, King, R. W. And McClusky, S., 2009a. *GAMIT Reference Manual 10.3*, Massachusetts Institute of Technology, USA

Herring, T.A, King, R. W. And McClusky, S., 2009b. *GLOBK Reference Manual 10.3*, Massachusetts Institute of Technology, USA

Mc Clusky, S., Balassanian, S., Barka, A., Demir, C., Ergintav, S., Georgiev, I., Gurkan. O., Hamburger, M., Hurst, K., Kahle, H., Kastens, K., Kekelidze, G., King, R., Kotzev, V., Lenk, O., Mahmoud, S., Mishin, A., Nadriya, M., Ouzounis, A., Paradissis, D., Peter, Y., Prilepin, M., Reilinger, R., Sanli, I., Seeger, H., Tealeb, A., Toksoz, M. N. And Veis, G., 2000. *Global Positioning System Constraints On Plate Kinematics And Dynamics In The Eastern Mediterranean and Caucasus*, Journal of Geophysical Research, 105, p. 5695-5719

Reid, H.F., 1911. *The Elastic Rebound Theory of Earthquakes*, Bull.Dept.Geol.Univ. Calif., 6, 413- 444

URL 1, <http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/turkiye.htm>, 3 Mart 2011

URL 2, http://www.sayisalgrafik.com.tr/deprem/tr_frames.htm, 3 Mart 2011

URL 3, http://www.mta.gov.tr/v2.0/deprem/index.php?id=dep_bol_harita, 3 Mart 2011