

TEMEL JEODEZİK AĞLAR İLE İLGİLİ HARİTA GENEL KOMUTANLIĞINCA YÜRÜTÜLEN ÇALIŞMALAR

Doğan ÖZAYDIN
M.Emin AYHAN
İbrahim KINIK
Coşkun DEMİR
Onur LENK

ÖZET

Ülkemizde temel jeodezik kontrol ağlarının bilimsel anlamda kuruluş çalışmalarını başlatıp gerçekleştiren Harita Genel Komutanlığı'nın, 1935 yılından bugüne kadar yatay kontrol ağı, düşey kontrol ağı, gravite ağı ile ilgili ve özellikle son yıllarda GPS'in pratik kullanımını sağlamak amacıyla yaptığı çalışmalar kısaca ele alınmaktadır. 1935-1970 yılları arasında temel jeodezik ağların kuruluşu ile ilgili birinci faz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. 1970 yılından itibaren sürdürülen ikinci faz çalışmalar ise daha çok mevcut ağların iyileştirilmesine yönelik olup 1980 yılından sonra programlı araştırma ve geliştirme projelerini de kapsamaktadır. Burada daha çok ikinci faz çalışmaların 1980 sonrasında, ülke boyutundaki jeodezik sorunların çözümüne yönelik ve belirli bir programa bağlı olarak sürdürülen projelerde elde edilen sonuçlar ve geleceğe yönelik kestirimler ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

1. GİRİŞ

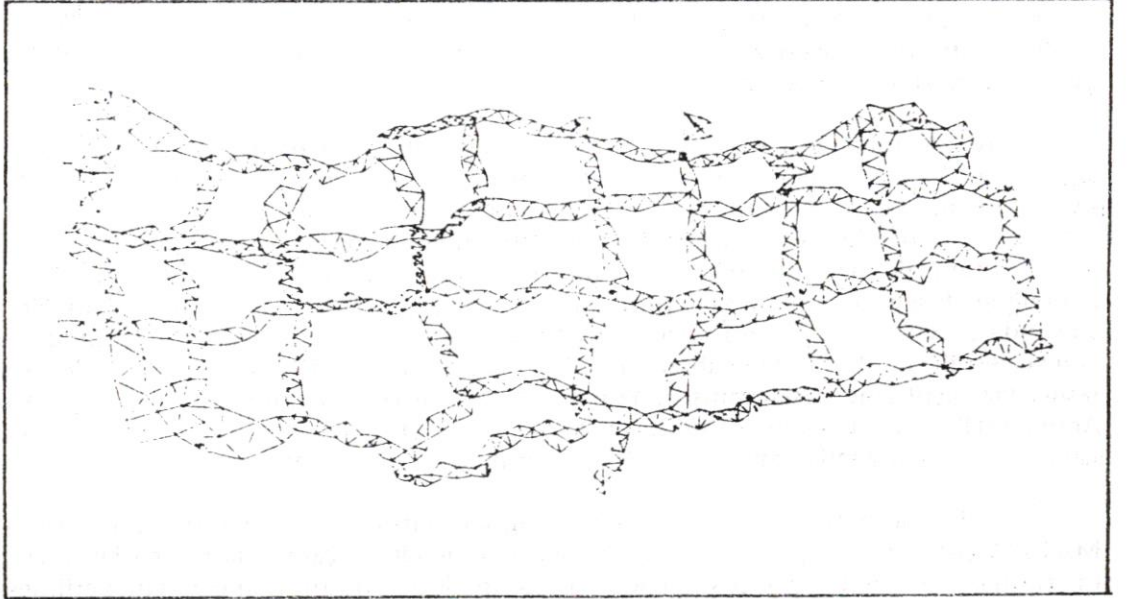
Ülkemizde modern haritacılığın, 1895 yılında Harita komisyonunun kurulup faaliyete geçmesiyle başlamasına karşın, 1935 yılına kadar geçen dönem daha çok organizasyon ve alt yapının oluşturulması çabalarını içermektedir. Ülkemizde bilimsel anlamda jeodezik çalışmaların Antalya'da bir mareograf istasyonunun kurulduğu ve hemen sonra düşey kontrol ağını oluşturmak üzere geometrik nivelman ölçülerinin başladığı 1935 yılı kabul edilmektedir. Harita Genel Komutanlığı'nca 1935 yılından başlayarak 1970 yılına kadar sürdürülen yoğun çalışmalar sonucu, ülke savunma ve kalkınmasına yönelik temel jeodezik ağlar (yatay kontrol, düşey kontrol, gravite) kurulmuş ve bunlara dayalı temel harita serileri (1/25000) hemen hemen tamamlanmıştır. 1970 yılından itibaren ise yeni teknolojiler ve ülkemizdeki jeodezi bilgi birikiminin de önemli boyutta etkisi ile bu temel ağları iyileştirmek amacıyla yeni ölçü ve yeni değerlendirme çalışmalarına başlanılmıştır. 1970-1980 yılları arasında, HGK'nda daha çok organizasyon ve yeni ölçülerin yapılması için çalışmalar yoğunlaştırılmış ve sonrasında daha çok ölçülerin değerlendirilmesine yönelik belirli programlara dayalı projeler kapsamında çalışmalar başlatılmış ve günümüze kadar devam ettirilmiştir.

Ülke boyutunda, temel jeodezik ağların kuruluşu ve bunlarla ilgili iyileştirme çalışmalarını yürüten HGK'nın bu konuda yaptığı ve yapmayı planladığı çalışmaları 1935-1970 ve 1970 sonrası olmak üzere iki bölümde incelemenin uygun olacağı değerlendirilmektedir. İkinci bölümde 1935-1970 dönemindeki kuruluş çalışmaları, üçüncü bölümde 1970 sonrasında yapılan iyileştirme ve proje bazında değerlendirme çalışmaları açıklandıktan sonra dördüncü bölümde sonuçlar ve geleceğe yönelik kestirimler verilmektedir.

2. 1935-1970 DÖNEMİNDEKİ TEMEL JEODEZİK AĞLARIN KURULUŞ ÇALIŞMALARI

Klasik harita üretimi, tüm ülkeye dağılmış uygun sayı ve sıklıkta yatay koordinatları (enlem-boylam veya sağa-yukarı) ve düşey koordinatı (yükseklik) bilinen doğada işaretli noktalara ihtiyaç gösterir. Bu ise öncelikle bir bölgeyi (ülkeyi) kaplayan temel jeodezik kontrol ağlarının (yatay kontrol, düşey kontrol, gravite) kurulmasını gerektirir. Türkiye'de temel harita serilerinin hazırlanmasına karar verildiği yıllarda henüz mevcut olmayan temel jeodezik ağların oluşturulması için gerekli çalışmalara öncelik verilmiştir.

1935 yılında Antalya mareograf istasyonunun kurulmasından sonra 1936 yılından itibaren ana karayolları boyunca yüksekliği bilinen noktalar tesis etmek üzere geometrik nivelman ölçülerine başlanılmıştır. Yatay koordinatları bilinen noktaları arazide oluşturmak ve temel yatay kontrol (nirenge) ağını tesis etmek üzere ilk çalışmalar ise 1942 yılında başlamıştır. Birbiri paralelinde sürdürülen yatay kontrol ağı ölçüleri ve geometrik nivelman ölçüleri sonunda 10 yıl gibi kısa bir sürede tüm ülkeye dağılmış 27 zincir poligonundan oluşan yatay kontrol ağı oluşturulmuştur. Bu ağıdaki nokta yükseklikleri; geometrik nivelman ölçüsüyle yüksekliği belirlenen noktalara dayalı olarak çoğunlukla trigonometrik nivelman ile, noktaların yatay koordinatları ise açı, kenar (baz) ve astronomik ölçülerin, 1954 yılında A.B.D.'de dengelenmesi ile hesaplanmış ve Türkiye Ulusal Datumu-1954 (TUD-54) oluşturulmuştur (Şekil 1). Daha sonra Türkiye'nin batısında yer alan 8 ortak noktadan yararlanarak TUD-54 nokta koordinatları Avrupa datumuna (ED-50) dönüştürülmüştür. TUD-54 oluşturulduktan sonra, noktalar arasındaki boşluklar II, III ve IV ncü derece noktalar ile sıklaştırılarak harita üretimi çalışmalarına başlanılmıştır.



Şekil 1. Temel Yatay Kontrol Ağı

Yatay kontrol ağı çalışmaları paralelinde yürütülen geometrik nivelman ölçüleri ile tüm ülkeyi kapsayan I ve II nci derece düşey kontrol ağının ilk faz ölçüleri 1970 yılına kadar tamamlanmıştır. Bu ölçülerde, ülke ihtiyaçları gözönünde tutularak gidiş-dönüş ölçü kapanması olarak I ve II nci derece geometrik nivelmanda, sırasıyla $4\sqrt{S}$ mm ve $8\sqrt{S}$ mm (S km biriminde geçki uzunluğu) ölçütleri kullanılmıştır. Antalya mareograf noktasında tanımlanan düşey datumdan yararlar tüm düşey kontrol noktalarının yükseklikleri hesaplanmıştır. Gravite ölçülerine daha sonraki yıllarda başlanıldığından düşey kontrol noktalarında gravite ölçülmemiştir. Bu nedenle geometrik nivelman ölçülerine normal graviteden yararlar normal ortometrik düzeltme getirilmiş ve ilk faz ölçüler sonunda düşey kontrol noktalarında normal ortometrik yükseklikler belirlenmiştir.

Yatay kontrol ağı ölçülerini indirgemek, uygun yükseklikleri belirlemek ve jeofizik amaçlarla kullanılmak üzere gravite ölçülerine 1956 yılında başlanılmıştır. 1956-1958 yılları arasında iki Nörngaard gravimetresi ile hava alanlarında tesis edilen 24 adet I nci derece gravite noktasının ölçüsü tamamlanmıştır. 1960 yılında yapılan bağlantı ölçüleri ile I nci derece noktaların Potsdam gravite datumunda mutlak gravite değerleri hesaplanmıştır. Sonraki yıllarda özellikle geometrik nivelman geçkileri ile çakışık olacak biçimde ana karayolları boyunca, 5-10 km aralıklı noktalardan oluşan II nci derece gravite ağını, I nci derece ağına dayalı olarak oluşturmak üzere ölçülere devam edilmiştir.

3. 1970 SONRASI DÖNEMİNDEKİ İYİLEŞTİRME VE PROJE BAZINDA DEĞERLENDİRME ÇALIŞMALARI

1970' li yılların başında ulusal temel jeodezik ağlarının kuruluşu tamamlanmış, temel harita serisi (1/25000) üretimi ihtiyacı karşılayacak düzeye ulaştırılmış ve Harita Yüksek Teknik Okulu kurulup çağdaş jeodezi eğitimi sağlanarak HGK'da yeni bir personel rejimi oluşturulmuştur. Bu aşamada, 1970 öncesi dönemde yapılan jeodezik çalışmalar gözden geçirilip güncel teknoloji ve yöntemlerle iyileştirilmesi ön plana çıkmış, öncelikle jeodezik ölçü yapılması ve sonra da mevcut ölçülerin değerlendirilmesi yolu benimsenmiştir.

Yatay kontrol ağını daha doğru yönlendirmek, datumu daha doğru tanımlamak ve astrojeodezik jeoidi belirlemek amacıyla, astronomi ölçülerine önem verilerek daha önce yapılanlara ek toplam 200 noktada yeni astronomi ölçüsü yapılmıştır. Ayrıca mevcut I ve II nci derece yatay kontrol noktalarının korunması ve yaşatılması için açı ve EDM aletleri ile uzunluk ölçüsü yapılmıştır. Ülkemizde yeni karayollarının inşası nedeniyle düşey kontrol noktalarının bir bölümünün tahrip olması, ilk faz ölçüleri sırasında gravite ölçülmemesi, ölçülerde uygun donanım ve ölçütlerin kullanılmaması gerekçeleri ile 1973 yılından itibaren I ve II nci derece geometrik nivelman geçkilerinin ikinci faz ölçülerine başlanılmıştır. Yine bu dönemde HGK ve özellikle Maden Tetkik Arama (MTA) Genel Müdürlüğü'nün çabaları ile tüm Türkiye'ye dağılmış 3-5 km sıklıkta, yaklaşık 70000 noktada gravite ölçüsüne başlanmış ve tamamlanmıştır.

1980'li yılların başlarında main frame bilgisayarların HGK'ya temin edilmesi ve üç MX1502 TRANSİT-Doppler alıcısı sağlanarak uydu jeodezisi çalışmalarına başlanması, bu tarihten itibaren daha çok mevcut ölçülerin değerlendirilmesine önem verilmesi sonucunu doğurmuştur. Bu amaçla başlatılan çalışmaların belirli planlara bağlanması düşünülerek 1983, 1987 ve 1991 yıllarında, 1996'ya kadar olan dönemi kapsayan bir program hazırlanarak yürütülmeye çalışılmıştır. Halen yürütülmekte olan ölçme ve

değerlendirme çalışmaları arasındaki koordinasyonu da sağlayan bu program çerçevesinde, yapılan ve yapılması planlanan çalışmalar aşağıda kısaca özetlenmektedir.

a. YATAY KONTROL AĞI

TUD-54'ün Avrupa Datumuna (ED-50) dönüştürülmesiyle oluşturulan yatay kontrol ağı halen kullanımda olup noktaların konum doğrulukları belirlenmiştir (HGK, 1988). Bu ağın oluşturulması sırasında yapılan varsayım ve yaklaşımların olumsuz etkilerini gidermek, dengeleme ve dönüşüm işlemlerini çağdaş jeodezik yöntemlerle gerçekleştirmek ve ilgili tüm ölçüleri bir veri tabanında düzenlemek amaçlanmıştır. Şu anda 27 zincir poligonundan oluşan temel yatay kontrol ağına ait tüm ölçüler bilgisayar ortamına aktarılmış ve 5 poligon için tanı dengelemesi tamamlanarak ölçüler dengelemeye hazır duruma getirilmiştir. Henüz açı ve kenar (baz) ölçülerine uygun indirgemeler getirilmemiştir.

b. DÜŞEY KONTROL AĞI

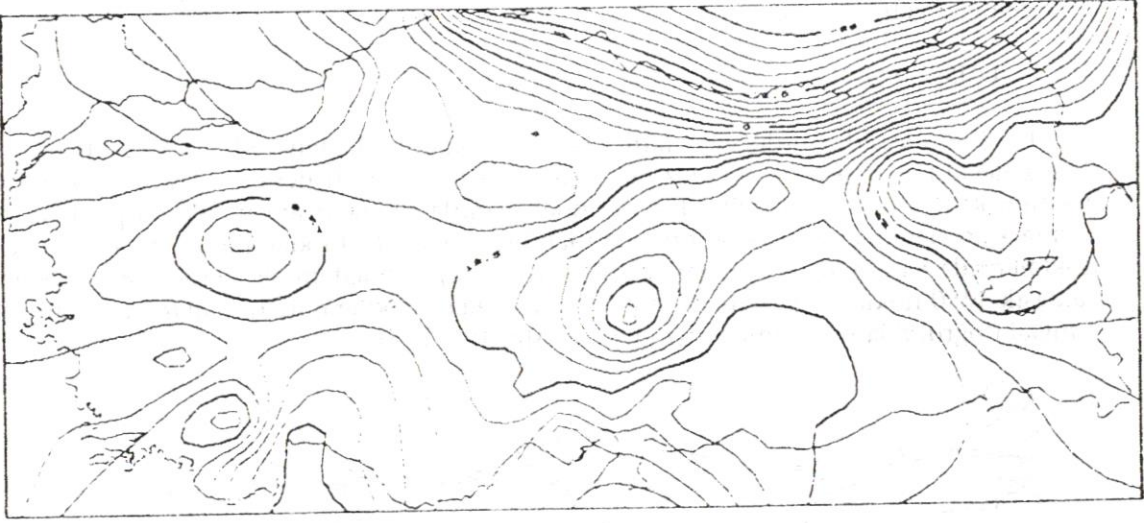
1973 sonrasında sürdürülen ikinci faz çalışmalarda ölçülen 151 I nci ve 40 II nci derece geçki ile birlikte, birinci faz ölçülerden 6 I nci ve 44 II nci derece geçki boyunca geometrik nivelman ve gravite değerlerinden yararlı noktalar arasındaki jeopotansiyel sayı farkları hesaplanmış, daha sonra aşamalı bir dengeleme modeli ile düşey kontrol ağı noktalarında jeopotansiyel sayılar belirlenmiştir. Değişik nedenlerle gravite ölçülme-yen yaklaşık 3750 noktanın gravite değeri, yakın çevrelerdeki gravite noktalardan yararlı ± 3 mGal doğrulukla kestirilmiştir (Ayhan ve Alp, 1988).



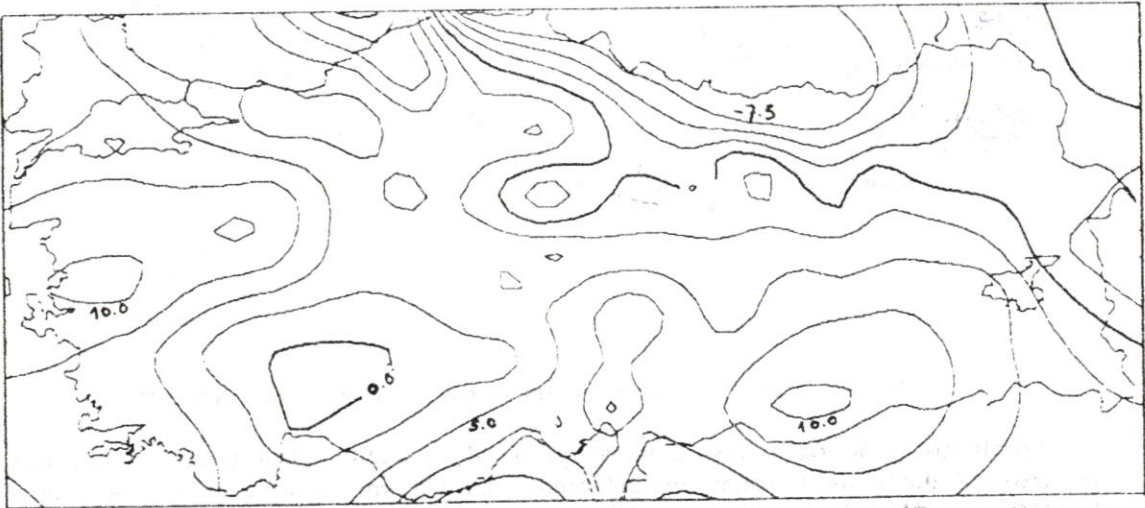
Şekil 2. Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1992 (TUDKA-92)

Antalya mareograf noktasındaki 35 yıllık ölçülerden yararlı tanımlanan düşey datum hatasız alınarak yapılan dengelemede; 28958 km uzunluğunda, 25451 adet düşey kontrol noktalı, Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1992 (TUDKA-92) düzenlenerek yeniden oluşturulmuştur (Ayhan ve Demir, 1992b; 1993a). TUDKA-92'nin

ölçü planı Şekil 2'de verilmektedir. TUDKA-92 noktalarında jeopotansiyel sayıların yanısıra Helmert ortometrik ve Molodensky normal yükseklikleri hesaplanmıştır. Dengeleme sonucunda nokta yükseklikleri doğruluklarının ± 0.3 cm - ± 9 cm arasında değiştiği, dengeli (kesin) ölçülerin doğruluklarının ise ortalama olarak I ve II nci derece geçkiler için sırasıyla ± 3 cm ve ± 4.2 cm olduğu bulunmuştur. Ülkemizde halen kullanılan normal ortometrik yükseklikler ile TUDKA-92'de tanımlanan Helmert ortometrik ve Molodensky normal yükseklikleri arasında bir karşılaştırma yapılmış ve bunun sonucunda; ortometrik yükseklikler ile normal ortometrik yükseklikler arasındaki farkların -10 cm; +42 cm arasında değiştiği ve ortalama 12 cm olduğu, normal yükseklikler ile normal ortometrik yükseklikler arasındaki farkların ise -10 cm; +12 cm arasında değiştiği ve ortalamasının 4.5 cm olduğu belirlenmiştir. Söz konusu farkların grafik temsili Şekil 3 ve Şekil 4'te verilmektedir.



Şekil 3. Helmert ortometrik yükseklikler ile normal ortometrik yükseklikler arasındaki farklar (cm. biriminde)



Şekil 4. Molodensky normal yükseklikleri ile normal ortometrik yükseklikler arasındaki farklar (cm. biriminde)

Geometrik nivelman ölçülerinde fiziksel çevre koşullarından kaynaklanan düzeltmelerin (refraksiyon, astronomik, magnetik, yerkabuğu hareketleri) hesaplanması ek parametrelere ihtiyaç gösterdiğinden I ve II nci derece geometrik nivelman ölçülerine getirilmemiştir. Bunlardan refraksiyon düzeltmesinin hesaplanması için ısı gradyentinin (dh/dt) belirli olması gerekir. Isı gradyenti ya nivelman ölçüsü ile birlikte farklı yüksekliklerde ısıların ölçülmesiyle doğrudan, yada tarihi meteorolojik parametreler (güneş radyasyonu, yağış, bulut örtüsü, albedo vb.) yardımıyla dolaylı olarak belirli oranda belirlenebilmektedir. Geometrik nivelman ölçülerine refraksiyon düzeltmesinin getirilmesi için yapılan test çalışmaları sonucunda, sözü edilen ikinci yöntemin uygulanabilirliği saptanmıştır (Gürdal, 1995).

c. DÜŞEY DATUM

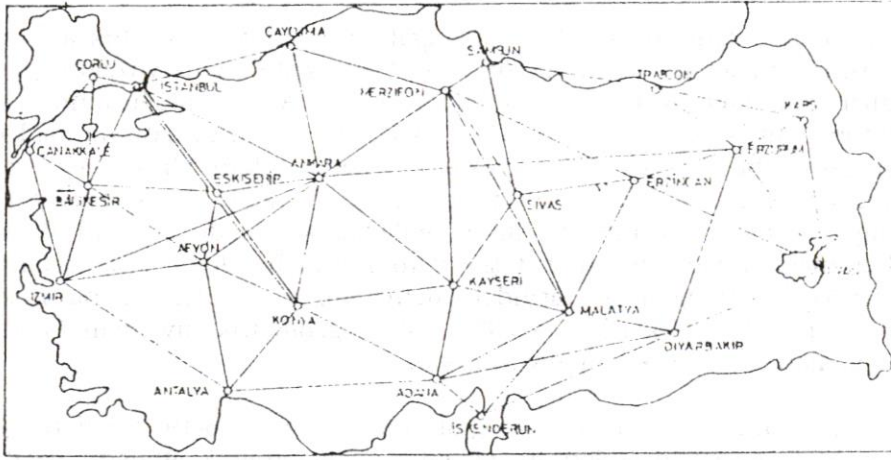
TUDKA-92 düşey datumu, Antalya mareograf noktasındaki 35 yıllık anlık deniz yüzeyi ölçülerinin ortalaması ile tanımlanmıştır. Ancak anlık deniz yüzeyi ölçülerinin ayrıntılı analizi yapılmayıp Antalya civarında yaklaşık -90 cm olduğu tahmin edilen deniz yüzeyi topoğrafyası dikkate alınmadığından TUDKA-92 düşey datumunda kayıklık olduğu düşüncesiyle bu kayıklığı belirlemek üzere Yıldız Teknik Üniversitesi ve HGK arasında düzenlenen 25.06.1993 tarihli protokol ile "Türkiye Ulusal Düşey Datum Belirleme" adıyla bir proje başlatılmıştır. Bu proje ile klasik ve uydu jeodezisi ölçülerinin birlikte kullanılmasıyla Türkiye ulusal düşey datumunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Antalya mareograf noktasındaki deniz yüzeyi ölçüleri ve bu nokta ile Melengçlik/Karaman SLR noktasındaki GPS, SLR ve geometrik nivelman ölçülerinin kullanılması planlanmıştır (Hekimoğlu vd., 1993).

Bu proje kapsamında, Antalya mareograf noktasında 1936-1977 yıllarında elde edilen saatlik deniz yüzeyi değerlerinin, gel-git ve meteorolojik etkilerin de dikkate alınarak değerlendirilmesiyle ortalama deniz yüzeyi ve ortalama deniz yüzeyinin zamanla değişimi belirlenmiştir. Antalya mareograf noktasında ortalama deniz yüzeyinin yılda 5.3 mm yükseldiği bulunmuştur. Ayrıca Antalya mareograf noktası ile Melengçlik/Karaman SLR noktasında 1991 ve 1994 yıllarında yapılan eş zamanlı GPS ölçülerinden Antalya bölgesinde yerkabuğunun 1cm/yıl hızla çöktüğü bulunmuştur (Ayhan vd., 1994c). Antalya bölgesindeki düşey yerkabuğu hareketini kontrol etmek ve daha doğru belirlemek için önümüzdeki yıllarda periyodik GPS ölçüleri gerçekleştirilecek, ayrıca periyodik mutlak gravite ölçülerinin yapılması için girişimler sürdürülmektedir.

HGK tarafından işletilmekte olan dört mareograf istasyonundaki (Erdek, Menteş/İzmir, Bodrum, Antalya) klasik, grafik çıktılı mareograf aletlerinin, sayısal, bilgisayar kontrollu, modern mareograf aletleri ile değiştirilerek mevcut deniz yüzeyi izleme ağının modernizasyonu planlanmaktadır. 1995 yılından itibaren kademeli gerçekleştirilecek modernizasyon çalışmaları ile başlangıçta Erdek mareograf istasyonu ve Ankara hesap merkezi olmak üzere iki noktadan oluşacak deniz yüzeyi izleme ağı sonraki yıllarda diğer mareograf istasyonlarını da içerecek şekilde genişletilecektir. Sözü edilen modern mareograf istasyonunda, deniz yüzeyi değerleri ile meteorolojik ve oşinografik parametreler insan müdahalesi olmadan otomatik kaydedilecek, daha sonra değerlendirilmek üzere, modem aracılığıyla hesap merkezine aktarılacaktır.

d. GRAVİTE AĞI

1956-1958 yıllarında ölçülen 24 noktalı I nci derece gravite ağı ölçüleri, 1990 yılında yeniden indirgendikten sonra dengelenerek Türkiye Temel Gravite Ağı- 1956 (TTGA-56) oluşturulmuştur (Şekil 5). Ankara I nci derece noktasının düzenlenmiş Potsdam gravite datumundaki değeri sabit alınarak yapılan bu dengeleme sonunda, TTGA-56 nokta doğrulukları ± 0.07 ; ± 0.12 mGal arasında bulunmuştur (Ayhan vd. 1992a). Yaklaşık 18000 km uzunluğunda 79 geçki üzerinde 3940 noktada oluşan II nci derece gravite ağının I nci derece ağına bağlantısı ile ilgili modellendirme, ölçü kayıt ve kontrolü sürdürülmektedir. Bu tamamlandıktan sonra Türkiye'nin tamamını kaplayan yaklaşık 62250 noktadan oluşan sıklaştırma ağının I ve II nci derece gravite ağlarına bağlantısının yapılması planlanmaktadır (Ayhan vd., 1993g).



Şekil 5. Türkiye Temel Gravite Ağı-1956 (TTGA-56)

HGK ve MTA arasında Eylül 1992'de imzalanan ortak protokol kapsamında; HGK tarafından sağlanan LCR G347 ve MTA tarafından sağlanan LCR D144 ve LCR D379 gravimetreleri kullanılarak aşağıdaki çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Demirel vd., 1994; 1995).

(1) Gravite datumu sorununu açıkça belirleyebilmek için Ankara'da bulunan 3 IGSN71 (Uluslararası Standart Gravite Ağı-1971) noktası ile TTGA-56 Ankara noktası arasında bağlantı ölçüleri LCR D144 gravimetresi ile 1993 yılında yapılmış olup ilk değerlendirme sonuçlarına göre Potsdam gravite değerlerine getirilmesi gereken düzeltme miktarının -14 mgal değil -15.6 mgal civarında olduğu belirlenmiştir.

(2) Datum farklılığından kaynaklanan kuşkuları gidermek ve Türkiye ulusal gravite datumunu belirlemek amacıyla belirli sayıda noktada mutlak gravite ölçülmesi için gerekli düzenlemeler hazırlık aşamasındadır.

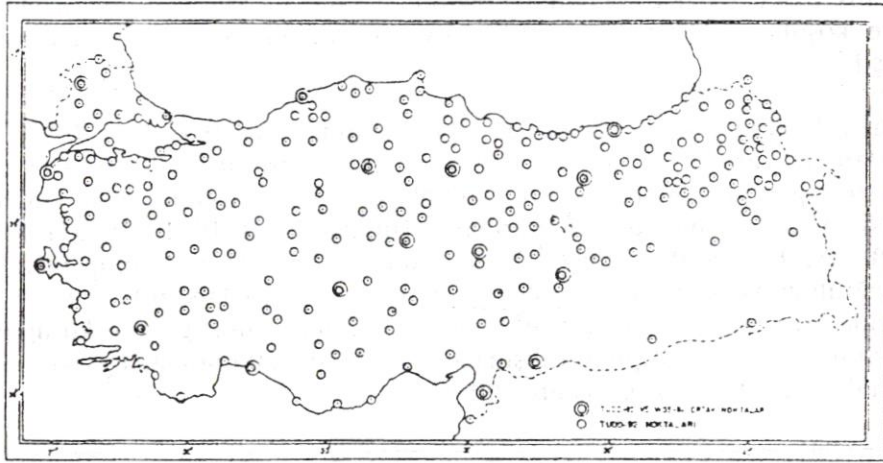
(3) Ülkemizde değişik kurumlarca kullanılan gravimetrelerin kalibrasyonlarında standart sağlamak amacıyla Ankara-Konya arasında 10 noktadan oluşan yeni bir kalibrasyon bazının tesisi ve ölçüleri LCR D144 gravimetresi ile 1993 yılında tamamlanmıştır.

(4) TTGA-56'nın nokta doğrulukları gözönünde tutularak, yeniden ölçülmesi düşünülmüş ve bu amaçla TTGA-56'nın Batı Anadolu'da yer alan 12 noktasına ek olarak 11 sıklaştırma noktası ile birlikte toplam 23 noktadan oluşan yeni I nci derece gravite ağındaki 42 bağıl gravite ölçüleri LCR G379 ve LCR G347 gravimetreleri ile yapılmıştır.

Yeni I nci derece ađ ile II nci derece ađ bağlantı ölçülerinin 1995 arazi döneminde yapılması planlanmıştır.

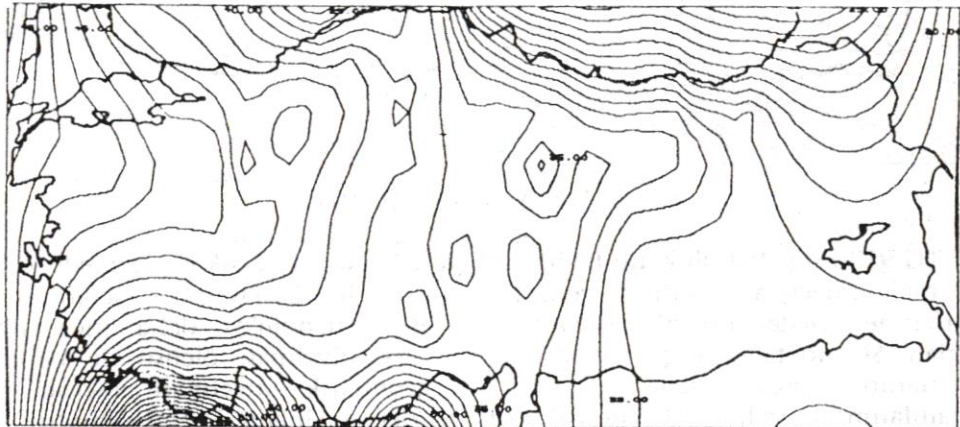
e. TRANSİT-DOPPLER AğI

1982 yılında satın alınan üç adet MX1502 TRANSİT-Doppler alıcısı ile 1983-1991 yılları arasında tüm ülkeye dağılmış 253 noktada ölçü yapılmıştır. Yarı kısa yay yönteminin kullanıldığı MAGNET yazılımı ve yayın efemerisi ile eş zamanlı ölçüler değerlendirildikten sonra yapılan birleştirme dengelemesi ile Türkiye Ulusal Doppler Datumu-1992 (TUDD-92) oluşturulmuştur (Şekil 6). TUDD-92'de nokta konum hataları ± 0.09 m ; ± 0.64 m arasında değişmektedir (Ayhan ve Kılıçoğlu, 1993d).



Şekil 6. Türkiye Ulusal Doppler Datumu-1992 (TUDD-92)

TUDD-92'nin 16 noktasında GPS ile WGS84 (ITRF89) koordinatları belirli olduğundan, bu noktalarda yapılan dönüşüm ile TUDD-92 noktaları dönüştürülerek PSEUDOWGS84 koordinatları da hesaplanmıştır. TUDD-92 ile TUDKA-92'nin 101 noktası ortak seçilmiştir. Bu ortak noktaların elipsoid yüksekliği ve ortometrik yüksekliğinden yararlar doppler jeoid yükseklikleri belirlenerek Türkiye Doppler Jeoidi (TDJ) hesaplanmıştır (Şekil 7). Ayrıca Türkiye PSEUDOWGS84 Doppler Jeoidi (TPDJ) de hesaplanmıştır (Ayhan ve Kılıçoğlu, 1994a).



Şekil 7. Türkiye Doppler Jeoidi (TDJ)

f. TÜRKİYE JEİDİ

Özellikle GPS Çalışmalarında günümüzde büyük ihtiyaç duyulan jeoidin belirlenmesi için 1985-1990 yılları arasında veri toplama, düzenleme ve uygun yazılım temini ve hazırlanması amacıyla uzun bir hazırlık dönemi geçirilmiştir. Bu hazırlık döneminde, önce 1985 yılında başlatılan ve büyük insan gücü harcanarak gerçekleştirilen bir çalışma ile Türkiye topoğrafyası, 15"x15" grid köşelerinde 1/25000 ölçekli haritalar üzerinden sayısallaştırılmıştır. Daha sonra değişik kuruluşlarca ölçülen ve MTA tarafından düzenlenen, tüm ülkeye dağılmış, 3-5 km sıklıkta yaklaşık 70000 noktada gravite ölçüsü temin edilmiştir. 1987 yılında yürürlüğe konan bir çalışma ile topoğrafik yükseklikler ve gravite ölçülerinden yararlanarak GPM2 yer potansiyeli modelinin Türkiye koşullarına uygun geliştirilmesiyle GPM2-T1 yer potansiyeli modeli elde edilmiştir.

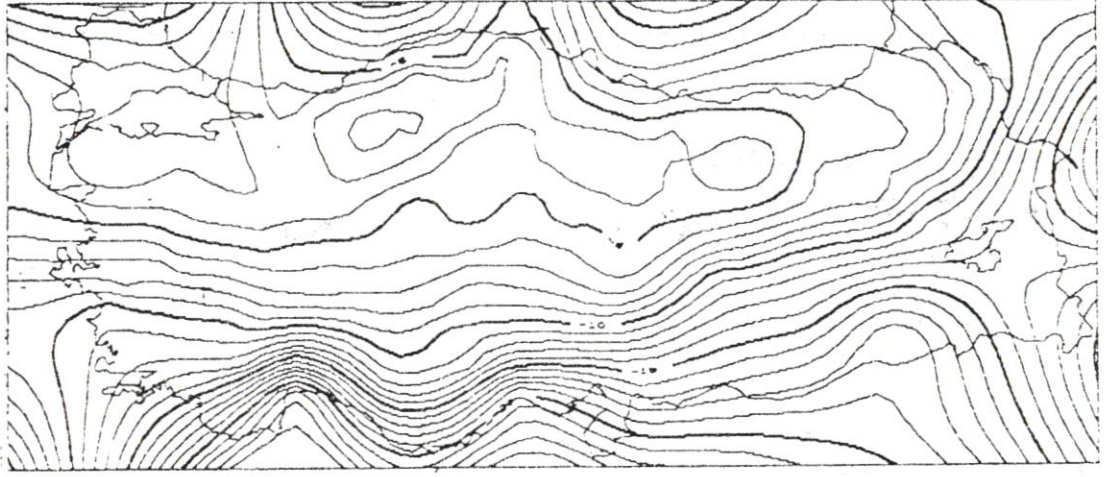
Hazırlık döneminin ardından 1990 yılında başlatılan ve 1991 yılı içinde tamamlanan Türkiye Jeoidini belirleme çalışmaları ile GPM2-T1 yerpotansiyeli katsayıları, gravite ve topoğrafik yükseklik verileri topluca en küçük karelerle kolokasyon yöntemiyle değerlendirilerek Türkiye Jeoidi-1991 (TG-91) belirlenmiştir (Şekil 8). TG-91'in iç doğruluğu; birkaç desimetre mertebesinde olup ölçü sıklığına ve ölçü doğruluğuna bağlı olarak bölgeden bölgeye değişmektedir (Ayhan, 1993b). TG-91 hesabında kullanılan 62250 gravite ölçüsünü içeren ulusal gravite kütüğünün (UGK) iyileştirilmesi amacıyla yapılan çalışmalar sonucunda; 200 noktada gravite değeri hatalı bulunarak atılmıştır (Alp ve Ayhan, 1995).



Şekil 8. Türkiye Jeoidi (TG-91)

TG-91'in dış doğruluğunu belirlemek ve GPS ile yükseklik belirlemede kullanımını sağlamak amacıyla başlatılan yeni bir çalışma ile Türkiye GPS Jeoidinin (TGPSJ) belirlenmesi hedeflenmiştir. 1994 yılında, Batı Anadolu'da, daha önce GPS ölçüsü yapılan 56 noktada gerçekleştirilen geometrik nivelman ölçüsü ile başlatılan bu çalışmanın, gerekli yerlerde GPS ve geometrik nivelman ölçüsü yapılarak tamamlanması, özellikle GPS ile yükseklik belirlemede büyük öneme sahiptir.

Jeodezik ölçülerin indirgenmesi ve datum dönüşümünü gerçekleştirmek için astrogravimetrik nivelman yöntemiyle duyarlı astrojeodezik jeoidin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Türkiye'ye dağılmış 200 astronomi noktasının ED-50 datumundaki astrojeodezik çekül sapması bileşenlerinden yararlar, astronomik nivelman yöntemiyle belirlenen Jeoid yükseklik farklarına, gravimetrik ve ortometrik düzeltme getirilerek Türkiye Astrojeodezik Jeoidi-1994 (TAG-94) tanımlanmıştır (Şekil 8). Söz konusu 200 noktadaki gravimetrik düzeltme; Türkiye Jeoidi-1991 (TG-91)'den bikübit spline fonksiyonlarıyla enterpole edilen jeoid yükseklikleri ve gravimetrik çekül sapmalarından yararlar hesaplanmıştır. TAG-94'ün iç doğruluğu ± 52 cm bulunmuştur (Ayhan ve Alp, 1995a).



Şekil 8. Türkiye Astrojeodezik Jeoidi-1994 (TAG-94)

TAG-94 tanımlandıktan sonra, Türkiye'ye dağılmış 22 ortak noktadan yararlar ED-50 ile WGS84 arasında dönüşüm parametreleride belirlenmiştir (Ayhan ve Kılıçoğlu, 1995c). Uygulamada kullanılacak Türkiye jeoidinin; TG-91, GPS jeoidi, Doppler Jeoidi, TAG-94'ün uygun birleştirilmesiyle elde edilmesi öngörülmüştür.

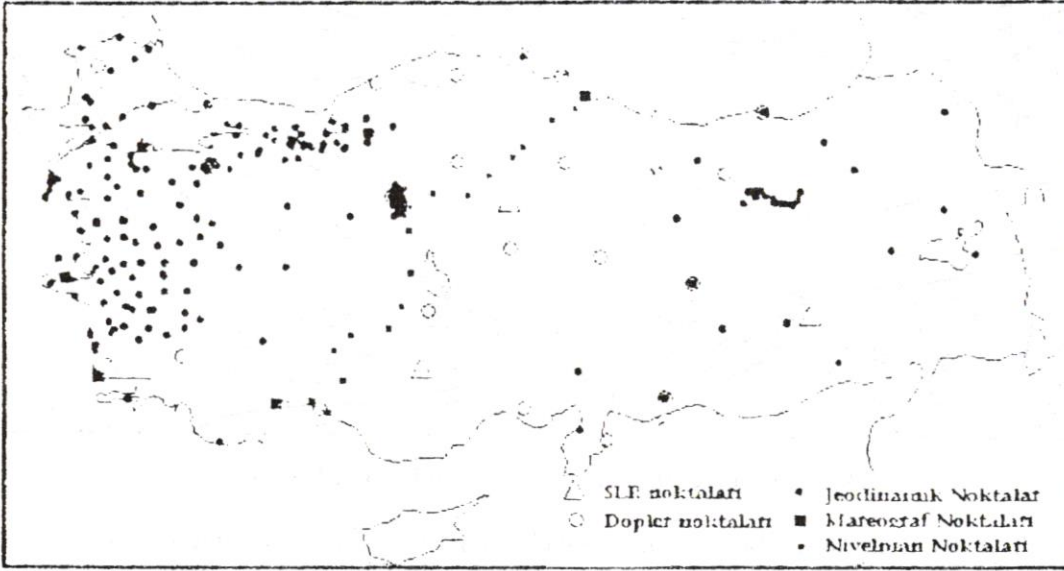
g. GPS VE SLR ÖLÇÜLERİ

Türkiye, aktif tektonik yapısı ile yerkabuğu hareketlerinin araştırılmasında, dünyanın en önemli doğal laboratuvarlarından biri niteliğindedir. Uydu teknikleri kullanılarak plaka hareketlerinin belirlenmesini amaçlayan WEGENER-MEDLAS projesi kapsamında Türkiye'de 1987 yılından itibaren 5 noktada (Diyarbakır, Yozgat, Yığılca/Bolu, Melengiçlik/Karaman, Ankara (1991 yılında kuruldu)) periyodik Uydu Laser Ölçümü (SLR) gerçekleştirilmiştir. Global plaka hareketlerinin araştırılmasının yanı sıra, plaka içi ve plaka sınırlarındaki bölgesel deformasyonları belirlemek üzere, 1988 yılından itibaren yoğun olarak GPS ölçüleri yapılmaktadır.

Bu ölçüler ve ölçülerin değerlendirilmesi; Türkiye Ulusal Jeodezi ve Jeofizik Birliği (TUJJB) ile Massachusetts Institute of Technology-ABD (MIT), Institute für Angewandte Geodäsie-ALMANYA (IfAG), Durham Üniversitesi-İNGİLTERE(DU) ve Eidgenössische Technische Hochschule-İSVİÇRE (ETH) arasında, ortaklaşa yürütülen çalışmalar çerçevesinde yapılmıştır. Bu çalışmalarda, MIT ile Doğu ve Batı Anadolu'da, IfAG ile

Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağının batı kesiminde ve Batı Anadolu'da, ETH ile Marmara Bölgesinde, DU ile Batı Anadolu bölgesinde yoğunlukla Menderes havzalarında, ortaklaşa GPS projeleri gerçekleştirilmiştir. Bu projeler sonucunda; bugüne kadar Marmara bölgesinde 3 periyot (1990,1992 ve 1994), batı Anadolu'da 6 periyot (1988,1989,1990,1992,1993 ve 1994), KAF'ın batı bölümünde 4 periyot (1990,1991, 1992 ve 1993) ve doğu Anadolu'da 3 periyot (1991,1992 ve 1993) GPS ölçüsü gerçekleştirilmiştir (Kınık ve Şanlı, 1992; Lenk, 1994).

Yukarıda ifade edilen jeodinamik amaçları gerçekleştirmek üzere bugüne kadar tesis edilen 297 noktanın bir bölümü, yatay kontrol, düşey kontrol, mareograf , TUDD-92 ve Ankara GPS Test Ağı (AGTA) noktaları ile çakışık seçilerek, bu noktaların aynı zamanda jeodezik sorunların çözümüne yönelik olarak kullanılması amaçlanmıştır (Şekil 9).



Şekil 9. GPS ve SLR Noktaları

Türkiye'nin değişik bölgelerinde farklı projeler kapsamında, GPS ölçülerinin yapılmasının doğal bir sonucu olarak, bu ölçülerin değerlendirilmesinde farklı stratejiler izlenmiş ve farklı uydu yörünge bilgileri (IGS veya DMA duyarlı efemeris) ile farklı değerlendirme yazılımları (GAMIT, BERNESE) kullanılmıştır. Bunun sonucu olarak da farklı koordinat sistemlerinde (ITRF*, SV*, WGS84) projeye bağlı çözümler elde edilmiştir. Bugüne kadar gerçekleştirilen 25 projenin değerlendirilmesi büyük oranda tamamlanmış olup farklı koordinat sistemlerinde elde edilen sonuçların homojen bir yapıda tek bir koordinat sisteminde birleştirilmesi amaçlanmıştır.

Ülke boyutundaki tüm GPS çalışmalarının dayandırılacağı üst dereceli noktalar tesis etmek üzere GPS Temel Ağı (GPSTA)'nın oluşturulması planlanmıştır. GPSTA'nın aşağıdaki özellikleri taşıması öngörülmüştür.

(1) GPSTA, belirli bir referans sisteminde (örn. ITRF* vb.) koordinatları yüksek doğrulukla bilinen, ülke yüzeyine 35-40 km aralıklarla homojen dağılmış noktalardan oluşacaktır.

(2) GPSTA noktaları olabildiğince yatay kontrol ve TUDKA-92 noktaları ile çakışık olacaktır.

(3) Gelecek yıllarda nokta sıklaştırma çalışmalarında klasik (yersel) yöntemler yerine GPS'in kullanılacağı gerçeği gözönünde tutularak, GPSTA ,herhangi bir bölgede GPS ile nokta sıklaştırmaya uygun olacaktır.

(4) GPSTA, pratik kullanıcılara (Diferansiyel GPS-DGPS-, Kinematik ve Fotogrametrik GPS, Sıklaştırma ve GIS çalışmaları vb.) doğruluğu yüksek konum bilgisi sağlayacaktır.

(5) GPSTA noktalarının dağılımı Türkiye'deki tektonik aktiviteyi kontrol edecek nitelikte olacaktır.

(6) GPSTA noktalarındaki GPS ölçüleri belirli periyotlarla tekrar edilecektir. Böylece GPSTA; noktalarında üç koordinatı ve her koordinatın hızı bilinen kinematik bir ağ yapısında olacaktır.

(7) GPSTA, üç boyutlu Türkiye Ulusal Jeodezik Kontrol Ağı (3B-TUJKA)'nın oluşturulmasında kullanılacaktır.

GPSTA'nın oluşturulması çalışmalarında, 1988 yılından bugüne kadar ölçülen 297 GPS noktasından, 3 yıl tekrarlı gözlenen ve her ölçü yılı için en az 3 ölçü grubunda 10 saat ölçüsü bulunan 90 noktadaki GPS ölçüleri GAMIT/GLOBK yazılımı ile değerlendirilmiş ve tüm dünya'ya dağılmış 26 global nokta kullanılarak ITRF92 sisteminde nokta koordinatları hesaplanmıştır (Şekil 10). Başlangıçta 90 nokta ile oluşturulan GPSTA'nın 1995 yılından itibaren HGK'nda mevcut 6 TRIMBLE 4000 SSE GPS alıcıları kullanılarak tamamlanması planlanmaktadır.

Süregelen GPS çalışmaları dahilinde, Lodumlu/Ankara bölgesinde HGK'nca Ankara sabit GPS istasyonu (ASGİ) çalıştırılmaktadır. 24 saat aralıksız GPS uydu verileri toplayan bu istasyonun tüm verilerinin, İNTERNET aracılığı ile yurt içi ve yurt dışı kullanıcılara verilmesi planlanmıştır.



Şekil 10. Global noktalar

h. ÜÇ BOYUTLU TÜRKİYE ULUSAL JEODEZİK KONTROL AĞI (3B-TUJKA)

3B-TUJKA'nın TUD-54, TUDKA-92, TUDD-92 ve GPSTA noktalarından uygun olanlar ile bağımsız noktalar olmak üzere, ülke boyutlarında homojen dağılmış bir yüzey ağı oluşturacak biçimde 4000-5000 noktadan oluşması planlanmaktadır. 3B-

TUJKA noktalarında; yermerkezcil x, y, z dik koordinatlarının (veya jeodezik enlem, jeodezik boylam, elipsoid yüksekliği) yanısıra, ortometrik yükseklik, jeoid yüksekliği, çekül sapması bileşenleri ve gravite değerlerinin belirlenmesi planlanmaktadır. Bu kapsamda oluşturulması planlanan 3B-TUJKA'nın amaçları ve özellikleri şu şekilde özetlenebilir.

(1) Yatay kontrol ağı, dopler datumu, GPSTA ve mümkün olması durumunda EUREF-89, ETRS*, WGS84 gibi jeosentrik koordinat sistemlerinden yararlar Türkiye için yermerkezcil (jeosentrik) koordinat sistemi oluşturmak.

(2) Bu yermerkezcil koordinat sisteminin diğer koordinat sistemleri ve datumları aralarındaki dönüşümleri tanımlamak.

(3) GPS ile üç boyutta nokta sıklaştırmaya uygun ülke boyutunda homojen dağılmış noktalar tanımlamak.

(4) 3B-TUJKA, noktalarında üç koordinatın yanısıra hız bileşenleri bilinen kinematik ağ yapısında olacaktır.

Yukarıda belirtilen üç amaçtan ilk ikisi değişik ihtiyaçları karşılamak üzere farklı yöntem ve teknolojilerle oluşturulmuş jeodezik ağları birleştirerek tek bir jeodezik kontrol ağını oluşturmayı hedeflemektedir.

Bilindiği gibi ülkemizde 27 zincir poligonlardan oluşan 904 noktalı I nci derece, bu poligonlar arasında sıklaştıran 3315 noktalı II nci derece yatay kontrol ağı ile fiziksel olarak farklı noktalardan oluşan yaklaşık 25000 noktalı I ve II nci derece düşey kontrol ağı bulunmaktadır. Doppler noktalarının hemen tamamı ve oluşturulacak GPSTA noktalarından çoğunun yatay ve düşey kontrol noktaları ile çakışık olduğu düşünülerek, 3B-TUJKA noktalarının I ve II nci derece yatay ve düşey kontrol noktaları ile çakışık seçilmesi kaçınılmazdır. Ancak ulaşım kolaylığı olan noktaların 3B-TUJKA 'ya dahil edilme gereksinimi nedeniyle bağımsız noktaların da seçilmesi gerekli bulunmaktadır.

3B-TUJKA'nın oluşturulmasında; GPSTA'nın kurulmasının yanısıra uygun algoritmalarla noktalarda ortometrik yükseklik, jeoid yüksekliği, çekül sapması ve gravite değerlerinin hesaplanması ile hız bileşenlerinin belirlenmesi büyük öneme sahiptir.

I. YERKABUĞU HAREKETLERİNİN BELİRLENMESİ

Kuzey Anadolu Fay Kuşağının Adapazarı-Gerede arasında kalan kesiminde oluşturulan GPS ağına, 1990 ve 1991 yıllarında IfAG ile ortaklaşa gerçekleştirilen iki periyot GPS ölçüsünden yararlar yerkabuğu hareketlerinin araştırılması için öncelikle bölgenin gerinim (strain) alanı belirlenmiştir. Gerinim alanının belirlenmesinde iki değişik yöntem uygulanmıştır. Bunlardan birincisinde, sonsuz küçük homojen deformasyon modeli öngörülerek, tekrarlı kenar ölçülerinden yararlar Frank yöntemi uygulanmış ve bölgedeki sıkışma ve genişleme bölgeleri belirlenmiştir (Ayhan vd., 1993g). İkinci olarak, iki periyotta elde edilen baz vektör bileşenleri Birlikte İndirgeme Yöntemi ile değerlendirilmiştir. Sözü edilen iki yöntemle gerinim alanı belirlendikten sonra hız alanına geçilmiştir. Bu çalışma sonucunda, iki periyot GPS ölçüsünden yararlar noktalardaki hızlarının ortalama 2-3 cm/yıl mertebesinde olduğu belirlenmiştir (Ayhan ve Demir, 1994b). Ancak 1992 ve 1993 yıllarında aynı ağda yapılan GPS ölçülerinin değerlendirilmesi tamamlanmış olup 4 periyot GPS ölçüsünün katılımıyla sözü edilen

değerlendirmenin yapılması sonucunda; bölgedeki yer kabuğu hareketleri ile ilgili daha doğru bilgi üretilecektir.

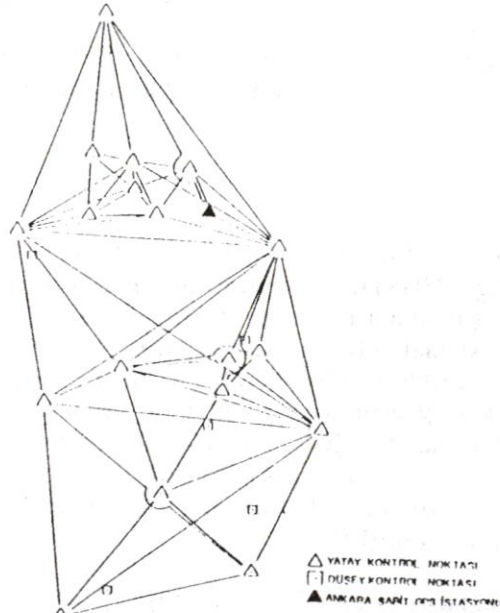
Marmara bölgesinde ETHZ tarafından yapılan çalışmalarla 1990 ve 1992 yıllarında iki periyot GPS ölçüsü gerçekleştirilmiştir. GPS ölçülerinin değerlendirilmesi ile elde edilen sonuçlardan yararlar Frank yöntemiyle bölgedeki gerinim birikimi yapısı ortaya çıkarılmış ve bölgedeki sıkışma ve genişleme alanları belirlenmiştir (Ayhan vd., 1993c).

13 Mart 1992 Erzincan depremi öncesinde ve hemen sonrasında MIT ile HGK'nın ortaklaşa yaptığı GPS ölçüleri ile bölgedeki aktivite değerlendirilmiştir (Kınık vd., 1993a).

j. ANKARA GPS TEST AĞI (AGTA)

Jeodezik ağlarla ilgili yapılacak her türlü araştırma çalışmalarında oluşturulan model ve yazılımların testi, jeodezik aletlerin kalibrasyonu ve GPS'in üç boyutta nokta sıklaştırmasında kullanımına ilişkin uygun modelin belirlenmesi amacıyla Ankara GPS Test Ağı (AGTA) kurulmuştur. Ankara'nın hemen batısında doğu-batı yönünde 25 km genişliğinde, kuzey-güney yönünde 50 km uzunluğundaki bir bölgeyi kaplayan, 18 yatay kontrol, 6 dikey kontrol ve 1 sabit GPS istasyonu olmak üzere toplam 25 noktadan oluşan AGTA, 1990-1994 yıllarında yapılan arazi çalışmaları ile tesis ve ölçüleri tamamlanmıştır (Özaydın v.d., 1993).

AGTA noktaları, ölçü ve ulaşım kolaylığı sağlayan jeolojik olarak sağlam zeminde tesis edilmiş olup noktalarda standart yeraltı işaretleri yapılmıştır. Her türden yersel ölçü (yatay açı, dikey açı, kenar (EDM), geometrik nivelman, gravite) ile uydu ölçülerinin (TRANSİT Doppler, GPS, SLR) gerçekleştirildiği AGTA, bütünleşik jeodezi kapsamında bir ağ niteliğindedir (Şekil 11). Ağ noktalarından biri aynı zamanda sürekli GPS ölçüsünün



yapıldığı Ankara sabit GPS istasyonudur. Sözkonusu klasik ve uydu ölçülerinin yüksek doğrulukta gerçekleşmesi öngörülerek, AGTA'nın her türden jeodezik çalışmaya hizmet etmesi öngörülmüştür. AGTA'da yapılan tüm GPS ölçüleri çeşitli yazılımlar (GAMIT, BERNESE, GPSURVEY, SKI) kullanılarak değerlendirilmiş ve bu yazılımlar arasındaki farklılıklar saptanmıştır (Kınık vd., 1993b; 1993c).

AGTA'da yukarıda ifade edilen ölçülerin yanısıra, ağına kapsadığı bölgede 20m x 20m ve 50m x 50m grid aralıklı sayısal arazi modeli oluşturulmuştur. Ayrıca ağına her noktasında gravimetrik ve astrojeodezik jeoid yükseklikleri ile çekül sapma bileşenleri hesaplanmış ve ağına Meşedağ noktasında astronomik enlem, astronomik boylam ve astronomik azimut ölçüleri bulunmaktadır.

AGTA, fiziki yapısı, gerçekleştirilen yersel ve uydu ölçüleri ile her türden jeodezik araştırmaya uygun bir yapıda olup, özellikle GPS ile üç boyutta nokta sıklaştırmasında uygun modelin belirlenmesine yönelik olarak etkili bir biçimde kullanılmaktadır (Ayhan ve Kılıçoğlu, 1993e; 1993f; 1995b). Ayhan ve Kılıçoğlu (1995b)'de GPS ile üç boyutta nokta sıklaştırmasında, enlem ve boylamda ± 1.5 cm yükseklikte ± 3.6 cm doğruluk sağlandığı belirtilmektedir.

k. JEODEZİK VERİ TABANI

Her türlü jeodezik ve jeofizik bilginin bir veri tabanında düzenlenmesini sağlayarak, yukarıda ifade edilen proje çalışmalarının gereksinim duyduğu veriler ile kurum içi ve kurum dışı kullanıcı isteklerinin daha ekonomik (daha hızlı ve daha doğru) olarak karşılanması ve yeni bir jeodezik ve jeofizik bilgi sisteminin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu kapsamda başlatılan veri tabanı çalışmalarında planlama, analiz ve tasarım aşamaları ile uygulama aşamasının bir bölümü tamamlanmış, halen veri girişini sağlayan ara yüzey programlarının hazırlanması çalışmaları devam etmektedir. Uygulama aşamasından sonra gerçekleştirilecek test ve bakım çalışmalarından sonra veri tabanı oluşturmanın en güç aşamasını oluşturan veri tabanı gerçekleştirme aşamasında; çok sayıda jeodezik ve jeofizik bilginin veri tabanına aktarılması ve doğrulanması çalışması başlatılacaktır.

4. SONUÇLAR

Ülke temel jeodezik ağlarının kurulması, yaşatılması ve iyileştirilmesi faaliyetleri Harita Genel Komutanlığı (HGK)'nın sorumluluğunda sürdürülmektedir. HGK, 1935-1970 yıllarında yaptığı çalışmalarla, ülke savunma ve kalkınmasına yönelik temel jeodezik ağların kurulması faaliyetlerini tamamlanmıştır. 1970 yılından sonra ise bu ağların, klasik ve uydu teknikleri kullanılarak her türlü çağdaş jeodezik gereksinmeye yanıt verecek yapıya kavuşturulmasını sağlamak amacıyla iyileştirme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu yazıda HGK'nda, özellikle 1980 yılından itibaren temel jeodezik ağlarla ilgili proje bazında gerçekleştirilmekte olan iyileştirme çalışmaları ayrıntılı olarak açıklanmış olup şu anda yürütülmekte olan jeodezik çalışmalar ile ilgili genel kestirimler aşağıda özetlenmiştir.

a. Temel jeodezik ağların (yatay kontrol, düşey kontrol, gravite) ek ölçüler göz önünde tutularak yeniden değerlendirilmesi sağlanacaktır.

b. Astronomi ve TRANSIT-Doppler ölçülerine devam edilmeyecektir.

- c. Düşey datumu belirlemek ve çevre denizlerde ortalama deniz yüzeyi değişimlerini izlemek amacıyla mevcut mareograf aletleri, bilgisayar kontrollu, sayısal mareograf aletleri ile değiştirilerek modern deniz yüzeyi izleme ağı tesis edilecektir.
- d. Yerel gravite alanı parametrelerinin (jeoid, çekül sapması vb.) herhangi bir noktada yüksek doğrulukla belirlenmesi sağlanacaktır.
- e. Üç boyutta nokta sıklaştırmasında yersel yöntemler (açı, kenar, nivelman) yerine GPS'in kullanılması sağlanacaktır.
- f. Ülkedeki tüm GPS çalışmalarının dayandırılacağı, ülke yüzeyine homojen dağılmış noktalardan oluşan GPSTA oluşturulacak ve periyodik ölçülecektir.
- g. 3 Boyutlu Türkiye Ulusal Jeodezik Kontrol Ağı (3B-TUJKA) tesis edilecek ve GPS ile 3 boyutta nokta sıklaştırmasında kullanımı sağlanacaktır.
- h. Ülkemizin aktif tektonik yapısı gözönünde bulundurularak GPSTA ve 3B-TUJKA'nın kinematik yapıya kavuşturulması sağlanacaktır.
- i. Ülke boyutunda yatay ve düşey yer kabuğu hareketleri belirleme çalışmalarına devam edilerek temel jeodezik ağların güncelleştirilmesinde kullanımı sağlanacaktır.
- j. Her türlü jeodezik veriye hızlı erişimi sağlamak üzere jeodezik veri tabanı oluşturulacaktır.

KAYNAKLAR

- Alp, O, M.E. Ayhan : Ulusal gravite kütüğünün tanıtımı ve kaba hatalı ölçülerin ayıklanması. TUJJB Genel Kurulu, Ankara, 1995.
- Ayhan, M.E., O. Alp: Serbest hava anomali kestirim yöntemleri ve Yöntemlerin karşılaştırılması. Harita Dergisi, No. 101, 1988.
- Ayhan, M.E., C. Demir, B. Alas : Türkiye Temel Gravite Ağı-1956 (TTGA-56)'nın yeniden dengelenmesi. Harita Dergisi, No.108, 1992a.
- Ayhan, M.E., C. Demir : Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı-1992 (TUDKA-92). Harita Dergisi, No. 104, 1992b.
- Ayhan, M.E., C. Demir : Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı-1992 (TUDKA-92)'nin tanıtımı ve iyileştirilmesi. TUJJB Genel Kurul bildiri kitabı, ss. 547-562, Ankara, 1993a.
- Ayhan, M.E. : Geoid determination in Turkey (TG-91). Bull. Geod. Vol.67, No. 1, 1993b.
- Ayhan, M.E., İ. Kınık, C. Demir, M. Kaplan : GPS ile Marmara bölgesinde 1990-1992 yıllarında strain birikiminin belirlenmesi, TUJJB Genel Kurul bildiri kitabı, ss. 658-676, Ankara, 1993c.
- Ayhan, M.E., A. Kılıçoğlu : Türkiye Ulusal Doppler Datumu-1992 (TUDD-92). Harita Dergisi, No.110, 1993d.
- Ayhan, M.E., A. Kılıçoğlu : AGTA'da Transit-Doppler ölçüleri ile üç boyutta nokta sıklaştırma üzerine bir inceleme. TUJJB Gen. Kur. Bildiri kitabı, 577-596, Ankara, 1993e.

- Ayhan, M.E., A. Kılıçoğlu : Ankara GPS Test Ağında (AGTA) GPS ile üç boyutta nokta sıklaştırması. HKMO Harita Kurultayı, Ankara, 1993f.
- Ayhan, M.E., C. Demir, A. Torun : Türkiye gravite ağının iyileştirilmesi. Jeodezi dairesi, HGK (iç rapor, no: JEOP-93-2), 1993g
- Ayhan, M.E., C. Demir : Global Konumlama Sistemi (GPS) ile Kuzey Anadolu Fay (KAF) kuşağında yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi. Jeofizik 7,15-33, 1993g.
- Ayhan, M.E., A. Kılıçoğlu : Türkiye Doppler Jeoidi (TDJ). Prof. Dr. H. Wolf Jeodezi Sempozyumu, YTÜ, İstanbul, 1994a.
- Ayhan, M.E., C. Demir : Velocity field determination using repeated GPS observations. First Int. Sym. on Deformations, İstanbul, 1994b.
- Ayhan, M.E., Ş. Hekimoğlu, C. Demir, D.U. Şanlı : Secular variation of mean sea level and vertical crustal motion using tide-gauge and GPS data. First. Int. Sym. on Deformations, İstanbul, 1994c.
- Ayhan, M.E., O. Alp : Türkiye Astrojeodezik Jeoidi-1994 (TAG-94). TUJJB Genel Kurulu, 1995a.
- Ayhan, M.E., A. Kılıçoğlu : Global Konumlama Sistemi (GPS) bazvektörlerinin benzerlik ve afin dönüşümü ile üç boyutta nokta sıklaştırılması. TUJJB Genel Kurulu, Ankara, 1995b.
- Ayhan, M.E., A. Kılıçoğlu : Türkiye için Avrupa Datumu 1950 (ED-50) ile Dünya Jeodezi Sistemi 1984 (WGS84) arasında dönüşüm parametrelerinin hesaplanması. TUJJB Genel Kurulu, Ankara, 1995c.
- Demirel, H., M.E. Ayhan, C. Demir : Gravimetric activities in Turkey between 1991-1994, 1994.
- Demirel, H., M.E. Ayhan, C. Demir, A. Torun: 1990-1994 yıllarında Türkiye'deki jeodezik, jeodinamik ve mühendislik amaçlı gravite çalışmaları. Türkiye 5 nci Harita Kurultayı, Ankara, 1995.
- Gürdal M.A : Duyarlı nivelman ölçülerinin refraksiyon hatalarından arındırılması. TUJJB Genel Kurulu, Ankara, 1995.
- HGK (1988) : Türkiye I nci derece Yatay Kontrol Ağının 1954 yılı dengelemesine göre konum hataları. Bilimsel Rapor No:1, Harita Genel K.lığı, Ankara.
- Hekimoğlu, Ş., M.E. Ayhan, C. Demir, D.U. Şanlı : Türkiye Ulusal Düşey Datum Belirleme projesinin tanıtımı. Prof. Dr. H. Wolf Jeodezi Sempozyumu, YTÜ, İstanbul, 1993.
- Kınık, İ, İ. Şanlı : Başlangıçtan günümüze Türkiye'de yapılan uydu jeodezisi faaliyetleri, Harita Dergisi, No. 109, 1992.

- Kınık, İ., U. Kocailik, A.A. Barka : 13 Mart 1992 Erzincan depremi sırasında oluşan yatay yerdeşiftirmelerin GPS ölçüleriyle hesaplanması. Harita Dergisi, No.111, 1993a.
- Kınık, İ., K. Şahin, İ. Şanlı : Ankara GPS Test Ağında GPS ölçülerinin değerlendirilmesi. Harita Dergisi, No. 110, 1993b.
- Kınık, İ., M. Kahveci, A.U. Gönülalan, M. Akça : GPS ile pratik konumlama uygulamaları. TUJJB Genel Kurul bildiri kitabı, 143-163, Ankara, 1993c.
- Lenk, O. : Space based geodetic activities in Turkey. First Int. Sym. on Deformations, İstanbul, 1994.
- Özaydın, D., M.E. Ayhan,İ. Kınık,M. Şimşek, C. Demir, O. Lenk : Ankara GPS Test Ağı (AGTA)'nın tanıtımı. HKMO Harita Kurultayı, Ankara, 1993.
- Ülkekul, C. : Harita Genel Komutanlığı ve Türk Haritacılığı. Harita Dergisi, No. 96, 1986.