

# Uluslararası Standartlarda İkinci Derece Birinci Sınıf Bir Ulusal Düşey Kontrol Ağının Tesis ve Ölçü Esasları

Servet YAPRAK<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Tokat  
(servet.yaprak@gop.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9593-5201

## Öz

Jeodezinin en önemli görevlerinden biri fiziksel yeryüzü üzerindeki doğal ve yapay detayların üç boyutlu konumsal bilgilerini üretmektir. Yeryüzü üzerindeki konum bilgileri daha önce tesis edilmiş olan yatay ve düşey kontrol noktaları ve Global Navigation Satellite System (GNSS) Ağları ile elde edilir.

Son yıllarda konum bilgilerinin üretilmesinde GNSS alıcılarının kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Bununla birlikte GNSS sistemlerinden elde edilen yükseklik değeri ölçülen noktanın elipsoid normal boyunca referans elipsoidine olan uzaklığını ifade eden elipsoidal yüksekliktir (h). Elipsoidal yükseklik geometrik bir değer olup fiziksel bir karşılığı yoktur, dolayısı ile gerçek anlamda bir yüksekliği ifade etmez. Bu nedenle mühendislik problemlerimizin çözümü için elipsoidal yüksekliklerin (h) ortometrik yüksekliğe (H) dönüştürülmesi gerekmektedir. Ortometrik yükseklik, yeryüzü üzerindeki bir noktanın çekül eğrisi boyunca geoit yüzeyine olan uzaklığıdır. GNSS' in etkin kullanımı için hassas bir düşey kontrol ağına ve cm hassasiyetinde belirlenmiş geoit yüzeyine ihtiyaç vardır. Hassas bir geoit yüzeyi oluşturmak için, öncelikle Uluslararası standartlarda hassas nivelman ağının oluşturulması, yeterli sıklıkta gravite ölçülerinin yapılması, mareograf istasyonlarından ortalama deniz seviyesi verisinin elde edilmesi ve ölçülerin dengelenmesi gerekmektedir.

Bilindiği gibi ülkemize ait mevcut düşey kontrol ağımız (TUDKA) devam eden yol genişletme çalışmaları ve altyapı çalışmaları nedeni ile büyük oranda tahrip olmuştur. Buna ilave olarak bu ağdan elde edilen geoit yüzeylerinin hassasiyeti ancak  $\pm 10$  cm civarındadır. Sonuç olarak bizim DKA' mızı yenileme ihtiyacımız ortaya çıkmıştır. Bu nedenle bu çalışmada Amerikan Federal Geodetic Control Komite (FGCC) Standartları çerçevesinde gerçekleştirilmiş İkinci Derece Birinci Sınıf bir ulusal düşey kontrol ağından hareketle Uluslararası ve ulusal DKA' larının tesisi ve nivelman ölçülerinin gerçekleştirilmesinde dikkat edilecek konular açıklanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hassas nivelman, geoit, düşey kontrol ağı

## Monumentation and Measurement Principles of the First Order Second Class Vertical Control Network in International Standards

### Abstract

One of the most important tasks of geodesy is to produce three dimensional spatial information of the natural and artificial details on the physical earth. Location information on the ground is obtained by previously installed horizontal and vertical control points and Global Navigation Satellite System (GNSS) Networks.

In recent years, the use of GNSS receivers has become widespread in generating position information. However, the height value obtained from GNSS systems is the ellipsoidal height (h), which represents the distance of the reference ellipsoid along the ellipsoid normal of the measured point. The ellipsoidal elevation is a geometric

\* Sorumlu Yazar

value and does not have a physical counterpart, so it does not mean a height in real sense. For this reason, we need to convert the ellipsoidal heights (h) to the orthometric height (H) for the solution of our engineering problems. The orthometric height is the distance from the geoid surface along a plumb line of a point on the earth. For effective use of GNSS, there is a need for a sensitive vertical control network and a geoid surface determined in cm precision. In order to create a sensitive geoid surface, firstly it is necessary to establish a sensitive leveling network in international standards, to make gravity measurements in sufficient frequency, to obtain average sea level data from mareograph stations and to adjustment the measurements.

As is known, our country's current vertical control network (TUDKA) has been destroyed in large scale due to ongoing road expansion work and infrastructure works. In addition, the sensitivity of geoid surfaces obtained from this network is only  $\pm 10$  cm. As a result, we need to be able to defeat our control network.

For this reason, in this study, issues to be considered in the implementation of the international and national vertical network installation and leveling measures have been explained in the context of a national vertical control network of a Second Degree First Class implemented within the framework of the American Federal Geodetic Control Committee (FGCC) Standards.

**Keywords:** *Precise leveling, geoid, vertical control network*

## 1 GİRİŞ

Bilindiği gibi Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA-99) 1970-1993 yılları arasında ölçülen 151 adet I. derece ve 41 adet II. derece geçki ile, 1970 yılından önce ölçülen 7 adet I. derece ve 44 adet II. derece geçki olmak üzere toplam 29316 km uzunluğunda, 25680 noktadan oluşmaktadır (Ayhan ve Demir,1999). 1999 Marmara depreminden sonra 2002 yılında bölgeye ait 1300 km uzunluğunda 14 Adet I ve II nci derece geçki ölçüsü yeniden ölçülmüştür (Demir, 1999). Ülkemizde yükseklik sistemi olarak ortometrik yükseklik kullanılmaktadır. Ülkemizde GNSS alıcısı kullanıcıları her geçen gün artmaktadır. HGK 1992 de TG92, 1999 da TG99 ve TG99A geoit modelleri üretmiştir. En son 2009 yılında 2009 yılında TGH-09 hibrit geoit modeli üretmiş olup modelin doğruluğu  $\pm 8$  cm dir (URL.1). Ancak gravite verilerinin seyrek olduğu dağlık bölgelerde ve sınır sulak alanlarda bu doğruluk daha da düşmektedir (Kılıçoğlu vd., 2011, Simav vd, 2015). Türkiye geneli düşünüldüğünde H.G.K.lığının bu güne kadar hesapladığı hibrit jeoit modellerinin dış doğrulukları  $\pm 10$  cm'den daha iyi değildir. 2011 yılında TUDKA'nın yaklaşık 10.000 km'lik kısmında yapılan çalışma sonucunda noktaların %63'lük kısmının tahrip olduğu saptanmıştır (URL.1). Ülkemizde kullanıcıların 2-3 cm doğruluğunda ortometrik yükseklik bilgisine ulaşmak bu ağla mümkün değildir. Bu nedenle Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu Projesi başlatılmıştır. Bu çalışmada gerçekleştirilmiş olan ve yöneticiliğini yapmış olduğum Suudi

Arabistan Hassas Nivelman Ağı Projesinin iki etabında edinmiş olduğum deneyimlerle birleştirerek Uluslararası kullanımda olan FGCC uluslar arası ve ulusal hassas nivelman ağlarının tesis ve ölçüleri ile ilgili önemli konular açıklanmıştır.

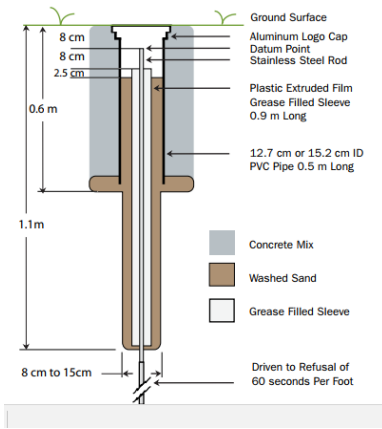
Düşey Kontrol Ağı projeleri, nokta yerlerinin standartlara uygun seçimi, noktaların tesisi, nivelman ölçülerinin gerçekleştirilmesi ve ölçülerin dengelenmesi olmak üzere dört aşamadan oluşmaktadır.

### **Nokta yerlerinin seçimi;**

Düşey Kontrol Ağı Noktaları yalnızca Ulusal Jeodezik Düşey Ağın bir parçası olarak görülmekle birlikte bu noktalar uluslararası standartlarda bir hassasiyete ve kalıcılığa sahip olmalıdır. Çünkü bu noktalar, yerkaşu üzerinde üç boyutlu konumları hassas olarak bilinen ve uzun süre kalıcı olması gereken noktalardır. Bu nedenle nokta yerleri seçilirken özellikle sağlam zeminler ve az hasar görececek kalıcı yerler seçilmeye çalışılmalıdır (URL.2). Ayrıca bu noktalar her türlü mühendislik yapısına altlık oluşturacağı için uluslar arası standartlarda hassasiyetle tesis edilmelidirler. FGCC bu nedenle yükseklik ağlarının genel olarak ulusal karayolu ve demiryolu hatlarını takip etmesini ve buralara tesis edilecek noktaların Şekil 1 de görüldüğü gibi belirlenen standartlarda yere korezyona uğramayacak çelik çubukların çakılması ile (Tip 1) tesisini önermektedir. Eğer güzergahlara yakın büyük kaya kütleleri varsa zemin işaretinin Tip 2 olarak

kaya gövdeye tesisini önermektedir (Simith, 2010).

Kalıcı bir DKA oluşturmak için ilk yapılması gereken nokta yerlerinin uluslar arası standartları sağlayacak özellikler gözetilerek seçimidir. BM noktalarının tesis edileceği yerler önce USA National Geodetic Survey (NGS) yönetmeliğinde belirtilen şartlara uygun olarak sayısal bir altlık harita üzerinde işaretlenir. Haritada işaretlenen bu noktaların yerleri arazide gezilerek zemin yapısı ve uygunluk yönünden kontrol edilir.



Şekil 1. NGS Tip 1 nivelman noktası (Simith, 2010)

Nokta yerleri zemin tesisinde sorun yaşanmaması için yeraltından enerji hattı, boru hattı benzeri tesisin varlığı dedektörle kontrol edilmeli ve yerel idarelerden gelecek yatırımlarla ilgili bilgi alınmalıdır. Bu şartları sağlayan yerlere rastlayan yerler nokta yeri olarak seçilebilir. NGS nokta yerlerinin seçimi için Tablo 1 de istenilen özelliklere sahip olacak şekilde noktalar arası mesafelerin



Şekil 2. Nivelman noktası çukurunun iş makinesi ile açılması

Açılan çukur temizlendikten sonra 24.2 mm çapında yivli paslanmaz çelik çubuk Şekil 3a

maksimum 3.0 km ve min 1.6 km aralığında olmasını öngörmektedir. Bu çerçevede nokta yerleri bu mesafeler gözetilerek karayolu ve demiryolu hatları boyunca seçilip geçici olarak işaretlenir.

Seçilen noktanın konumu el GNSS alıcısı ile kaydedilmeli ve kuzey, güney, doğu ve batı yönlerden etrafın fotoğrafları çekilerek önceden hazırlanmış bir formatta “nokta tanımlama kartı” hazırlanmalıdır. Bu kart daha sonra noktayı tesis edecek ekipler tarafından kullanılacağı için noktanın tekrar bulunması konusunda görüntü ve açıklamalarla net bilgiler içermelidir. Bu amaçla hazırlanmış olan Android ve IOS işletim sistemleri ile uyumlu cep telefonları üzerinden kullanılan yazılımlar da mevcuttur. Açık uçlu bu yazılımlarla istediğiniz değişiklikleri yapmak sureti ile arazide ekiplerin seçmiş oldukları noktanın yerini yönetici olarak anında görme, kontrol etme, onaylama veya reddetme olanağına da sahip olunabilmektedir. Ayrıca yazılım kontrol kurumuna da açılarak kontrol mühendisinin onay işlemleri de online olarak zaman kaybetmeden yürütülebilmektedir.

## 2. NOKTALARIN APLİKASYONU

Nokta yerlerinin onaylanması aşamasından sonra noktaların araziye aplikasyonu aşamasına geçilir. Nokta aplikasyonları kaya blokların olduğu yerler (Tip 2), bu yerler dışında NGS Tip 1 olarak aplik edilir (Simith, 2010). Şekil 2 de görüldüğü gibi seçilmiş olan nokta yeri 30 cm çapında 60 cm derinliğinde spiral delici iş makinesi ile açılır.

ve 3b de görüldüğü gibi ucuna özel hazırlanmış ok takılarak açılan çukurun merkezine çakılmak üzere hazırlanır.



Şakil 3(a,b). Nivelman noktasına (Tip 1) çakılacak okun hazırlanması

1 ve 2 m boylarında hazırlanmış çubuklar elektrikli çekiçle 5 dakika süre ile dikey olarak çakılır (Şekil 4 a, 4b). Çakma işleminin başlama ve bitiş süreleri ile çakılan çubuk uzunluğu kaydedilir. Bundan sonra her bir dakika için çakma işlemi 1 dakikada 20 cm girinceye kadar sürdürülür. Bir dakikalık çakma süresinde 20 cm den az gidilebiliyorsa çakma işlemi sonlandırılır. Her bir dakikada ve toplamda çakılan çubuk boyu kaydedilerek ekip şefi ve kontrol elemanı tarafından form imzalanır.



Şekil 4(a,b). Nivelman nokta çubuğunun çakılması ve sonlandırılması

Çakılan çubuk yüzeyden yaklaşık 45 cm aşağıdan elektrikli testere ile kesilir (Şekil 5a). Kesilen uç düzeltildikten sonra uygun bir somun kullanılarak kesilen uca 40 cm lik datum noktası ilave edilir. Datum noktası ile çakılan çubuğun birleşim yeri kaynak makinesi ile ve güçlü yapıştırıcı ile sağlamlaştırılır. Çelik çubuğun düşeyliği kontrol edilir (Şekil 5b).



Şekil 5 (a,b). Nivelman noktasına datum noktasının eklenmesi

Hazırlanmış olan 0.9 m boyunda ve 5 cm çapında PVC boru üzerine datum noktası eklenmiş olan çubuğa geçirilir. PVC borunun yere iyice teması sağlanır ve PVC borunun içine paslanmayı önleyici gres yağı doldurulur (Şekil 6a). PVC boru ile datum noktası arası paslanmaz çelik kapakla şekilde görüldüğü gibi kapatılır (Şekil 6b). Nivelman noktasının düşeyliği kontrol edilerek çukurun tabanına 30 cm yüksekliğinde yüksek dozlu, çabuk

kuruyan çimento dökülerek nivelman noktasının hareketi önlenir.



Şekil 6(a,b). PVC borunun gres yağı ile doldurulması ve kapatılması

PVC boru içine gres doldurularak korumaya alınmış olan nivelman noktası bu kez 15 cm çapında 60 cm boyunda ikinci bir PVC boru ile korumaya alınır. Daha önce hazırlanmış olan nivelman noktası bu kez 15 cm lik PVC borunun ortasına gelecek şekilde yerleştirilir. İki PVC arası hazırlanmış olan ince kumla doldurularak koruyucu kapak geçirilir (Şekil 7a). Dıştaki PVC ile kazılan çukur arasındaki boşluk zemin düzeyine kadar betonla doldurulur. Dıştaki PVC ye takılmış olan kapağın yataylığı da kontrol edilerek çimentonun donması beklenir (Şekil 7b). Bu arada en üstte kalacak nivelman noktasının paslanmaz nokta numarası yazılarak dış kapağa monte edilir Şekil 7c, d). Etrafta çimento ve toprak artıkları düzeltilir.

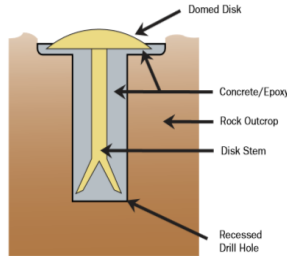


Şekil 7(a,b,c,d). Dış PVC borunun hazırlanması, Dış PVC borunun yerleştirilmesi, Tesis işleminin tamamlanması.

Her nokta için kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde arkada silüet görünecek şekilde ve tepeden kapak üzerindeki nokta numarası okunacak şekilde dijital resimler çekilir. Yapılan işlemin uygunluğu arazideki uygulama ekibi ve kontrol mühendisi tarafından imzalanarak aplikasyon işlemi tamamlanmış

olur. Noktanın keşifteki yeri herhangi bir nedenle değişmişse noktanın yeni koordinatları ve değişim nedeni tutanağa yazılır. Nokta konum bilgilerinin  $\pm 3$  m hassasiyetle kaydedilmesi daha sonra dengelemede kullanılacağı için önemlidir. Eğer Fulcrum (URL. 3) türü online yazılım kullanılıyorsa bu işlemlerin hepsi yüksek çözünürlüklü bir cep telefonu ile de gerçekleştirilebilir. Hazırlanmış olan bu verilerle (noktanın konumu, her yönden çekilmiş fotoğrafları, tesis noktasının özellikleri ve konumunu tanımlayan bilgiler) her nokta için nokta tanımlama kartı "Description Card" hazırlanır. NGS bu kartın kendi sitesinde mevcut olan WINDESC yazılımı ile hazırlanmasını önermektedir (URL. 4).

Eğer hat üzerinde tespit edilen mesafelerde  $\pm 200$  m yakınlarda büyük kütleli tek parça kaya veya köprü viyadük gibi yüksek dozlu betondan yapılmış bir tesis varsa nivelman noktası bu kütleli uygun yerine 20-25 cm uzunluk ve 3cm çapında karot makinası ile yer açılarak da tesis edilebilir. Açılan karot deliği kuvvetli bir epoksi ile doldurularak Şekil 8 de görülen Tip 2 nivelman noktası, tepesi yüzeyde kalacak şekilde yerine oturtulur.



Şekil 8. Tip 2 nivelman noktası (Simith, 2010)

Bu iki tip kalıcı nokta dışında yine yönetmeliğe göre yaklaşık 1.6 km aralıklarla geçici noktalar (TBM) tesis edilmelidir. Bu noktalar gidiş dönüş nivelman ölçülerinde kullanılmak üzere tesis edilir. Bu amaçla nivelman ekiplerine 10 mm çapında 20-30 cm uzunluğunda ucu sivriltilmiş çelik çubuklar verilir. Bu çubuklar nivelman öncesi bir eleman tarafından mesafeler tekerlekli metrelerle kontrol edilerek çakılabilir.

### 3. NIVELMAN ÖLÇÜLERİ

Uluslararası ve ulusal DKA'larının NOAA Manual NOS ve Geodetic Levelling and

Federal Geodetic Control Committee Standards and Specifications for Geodetic Control Networks (FGCC) (URL.5) standartlarına göre yürütülmesi öngörülmüştür. Bu standartlar çerçevesinde kullanılacak donam özellikleri ve ölçü yöntemleri kısaca aşağıdaki tabloda özetlenmiştir. Bu şartnameye göre DKA ölçülerinde kullanılacak aletler kompensatörlü veya eğim vidalı nivelolar olmalıdır. Kullanılacak nivelman miraları tek parçalı ve invar mira olmalıdır. Yalnız ikinci derece birinci ve ikinci sınıf noktalar veya ağların ölçüsünde tek ölçekli miralar kullanılabilir. Üçüncü derece ağlar için ahşap veya metal miralar kullanılabilir.

Mira altlığı olarak arazi yumuşak ise çelik dönüş çivisi, arazi sert ise 7 kg lık mira altlığı önerilmektedir. Miralarda bir göz hizasında, diğeri tabanda olmak üzere iki küresel düzeçli olmalıdır gibi standartlar bulunmakta olup DKA' ları için önerilen standartlar aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Nivelman ölçüleri her ekip beş kişiden oluşan beş ile on ekip tarafından gerçekleştirilmiştir. Projede nivelman ölçüleri ölçme hassasiyeti 0.3 mm/km olan Trimble DI03 sayısal nivo ve tek parçalı bar kodlu Nedo invar miralar ile gerçekleştirilmiştir. Sıcaklık okumaları için  $\pm 0.03^\circ\text{C}$  duyarlıklı üçlü Dostman P755 Dijital termometre seti kullanılmıştır (Şekil 9). Nivo sehpa olarak tek parça sabit bacak uzunluklu sehpa kullanılmıştır.



Şekil 9. P755 Dijital termometre ve termometre seti (Demir ve Yaprak, 2015)

Her sabah ölçüye kolimasyon ölçüleri Kukumaki yöntemi ile kontrol edilerek başlanmaktadır (URL.5). Her aletin günlük kolimasyon değeri dengeleme aşamasında kolimasyon düzeltmesinde kullanılmak üzere

kaydedilmiştir.. 0.05 mm/m sınırını aşan nivo periyodik kalibrasyon dışında kalibrasyona

gönderilmiştir. Şekil 10 da nivelman ölçü ekibi ekipmanları ile birlikte görülmektedir.

Tablo 1. Federal Jeodezik Kontrol Komitesi (FGCC) Jeodezik Kontrol Ağları için standartlar ve koşullar (URL.5)

Derece Sınıf	I		II		III	
	I	II	I	II		
<b>Nivoların özellikleri</b>						
<b>Gözlem ekseninin hassasiyeti</b>	0,25 ‘‘	0,25 ‘‘	0,50 ‘‘	0,50 ‘‘	1,00 ‘‘	
<b>Minimum okuma hassasiyeti (mm)</b>	0,1	0,1	0,5-1,0	1,0	1,0	
<b>Maksimum kolimasyon hatası mm/m</b>	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	
<b>Kolimasyon hatası test minimum aralığı (gün)</b>	1	1	1	1	1	
<b>Maksimum gözlem mesafesi (m)</b>	50	60	60	70	90	
<b>Miraların Özellikleri</b>						
<b>Miranın özelliği</b>	İnvar & Çift ölçekli	İnvar & Çift ölçekli	İnvar & Çift ölçekli/Tek ölçekli	İnvar & Tek ölçekli	Ahşap veya metal	
<b>Mira kalibrasyon aralığı (yıl)</b>	1	1	-	-	-	
<b>Mira düzenci düşey hassasiyeti</b>	10’	10’	10’	10’	10’	
<b>Mira okuma düzeni</b>	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	Tek gidiş ve çift okuma veya Gidiş/Dönüş	
<b>Nivelman ölçülerde istenen hassasiyet</b>						
<b>Mira okuma mesafe farkları</b>	<b>Geri-İleri maksimum mesafe farkı (m)</b>	2	5	5	10	10
	<b>Geri-İleri maksimum mesafe farkı</b>	4	10	10	10	10
<b>Maksimum bölüm kapanma hatası (mm)</b>		3√D	4√D	6√D	8√D	12√D
<b>Maksimum loop kapanma hatası (mm)</b>		4√E	5√E	6√E	8√E	12√E

Burada;

D: İki nokta arasındaki mesafeyi (km),

E: Loop mesafesini (km) ifade etmektedir.

Çift Okuma: Nivo kurulup düzeçlendikten sonra geri ve ileri mira okumaları gerçekleştirilir. Daha sonra nivo yerinden kaldırılarak düzeci bozulur. Yeniden düzeçlenerek tekrar geri ve ileri okumalar gerçekleştirilir.

Tek Gidiş: Tek gidiş okumasında nivo iki miranın ortasına kurulur ve düzeçlenir. Geri<sub>1</sub>-İleri<sub>1</sub>+ İleri<sub>2</sub>- Geri<sub>2</sub> okumaları yapılır.



Şekil 10. Nivelman ölçü ekibi ve ekipmanları

Nivelman ölçülerinde FGCC NGS startlarına uyularak aşağıdaki temel kurallar uygulanmıştır.

- Her ileri nivo okumasında refraksiyon ve sıcaklık düzeltmeleri için eşzamanlı olarak yerden (0.5, 1.5 ve 2.5 m) yüksekliklerde üç sıcaklık okuması gerçekleştirilmiştir.
- İleri ve geri okumalar arasında yapılan sıcaklık okumaları dijital olarak kaydedilmiştir.
- Projede kullanılan nivolar altı ay, miralar iki yıl ve sıcaklık ölçerler yıllık kalibrasyon uygulamasına tabi tutulmuştur.
- Nivelman ölçülerinde 0.5-metre altında ve 2.5 m üstünde yapılan mira ölçüleri reddedilmiştir.
- Ölçüler nivoyu güneşin etkisinden korumak için ölçü süresince şemsiye altında yürütülmüştür.
- Nivelman ölçüleri refraksiyon etkisini minimuma indirebilmek için sabah güneşin doğuşundan bir saat sonra başlatılmış ve

güneşin batışına bir saat kala ölçüler sonlandırılmıştır.

- Ölçüler aynı gün gidiş dönüş olacak şekilde çift yönlü olarak gerçekleştirilmiştir.
- Ölçü süresince üçlü termometre setinde  $t_{0.5} > t_{1.5} > t_{2.5}$  şartının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilmiştir.
- Her ileri veya geri okuma otomatik olarak üç okumanın ortalaması ile elde edilmiştir. Üç okumanın standart sapmasının 0.01 mm sınırında olması istenmiştir.
- Kolimasyon ve küresellik etkisini minimuma indirmek için 50 m den uzak mira okumasına izin verilmemiştir.
- Geri ve ileri okumalar arasındaki mesafe farkını maksimum 5 metre, hatta toplam geri ileri mesafe farklarının 10 m yi geçmemesi kontrol edilmiş, sınırı aşan ölçüler yenilenmiştir.
- Geri ve ileri okumalarda mesafelerin eşit olması için mesafeler tekerlekli metre ile kontrol edilmiştir.
- Mira altlığı olarak 7 kg lık NGS standartlarında küresel altlık kullanılmıştır.
- Miralarda biri göz hizasında diğeri aşağıda olmak üzere iki düzeç kullanılmıştır. Mira düzelerinin maksimum 10' düşey sınırlar içinde olması sağlanmıştır.
- Miraları dik tutabilmek için mekanik düzeçleme aparatı (holder) kullanılmıştır.
- Günlük ölçüler iki nüsha olarak gün sonunda kontrol mühendisine ve merkez ofise kontrol amacı ile gönderilmiştir.
- Günlük ölçülerde  $6\sqrt{D}$  ve yukarıda sıralanan sınır değerleri aşan ölçüler varsa yenilenmiştir. Her hatta ait ölçü bittiğinde  $6\sqrt{D}$  sınırı ve her loop bittiğinde  $6\sqrt{E}$  sınırları kontrol edilmiştir.

Her hattın ölçüsü sonlandıktan sonra ölçüler TRANSLEV yazılımında proses edilmiştir. Bu program, dijital nivelman ölçü verilerini düzenleme, biçimlendirme ve kontrol etmek için NOAA sitesinden serbest erişimli yüklenip kullanılabilen bir programdır (URL 7). Yapılmış olan nivelman ölçülerinin sıcaklık farklılıkları, refraksiyon düzeltmeleri

ve mira düzeltmeleri ve gibi pek çok yerleşik işlev içermektedir. \* .lvl dosyalarını ve VERTObs dosyalarını düzenleme rutinleri de yazılıma dahil edilmiştir. [https://www.ngs.noaa.gov/PC\\_PROD/pc\\_prod.shtml#Translev](https://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtml#Translev) sayfasından ulaşabilirsiniz.

Projedeki loopların ölçüleri kontrol edilip loop kapanmalarının hata sınırları içinde olup olmadığı kontrol edilmiştir. Projeye ilişkin ölçüler ve ön kontrollerin tamamlanmasından sonra ikinci proses aşamasına geçilerek nivelman ölçülerine aşağıdaki düzeltmeler getirilmiştir (URL.2).

- Gravite etkisi veya ortometrik düzeltme
- Mira ölçek düzeltmesi
- Invar mira sıcaklık düzeltmesi
- Refraksiyon düzeltmesi: 6'' hassasiyetle enlem boylam değeri veya yerden 0,5 m ve 2,5 m yüksekliklerden alınan sıcaklık değeri farkları ile
- Manyetik alan ve yer dalgası düzeltmesi
- Kolimasyon hatası
- Yerkaşu hareketi düzeltmesi

Bundan sonraki aşama dengeleme aşamasıdır. Bu çalışmada Ulusal Düşey Kontrol Ağı noktalarının tesisi ve ölçülerin NGS standartlarında yapılmasına ait ana ilkeler uygulama projesinden örnekle açıklanmıştır.

#### 4. DÜZELTMELER VE HESAPLAR

Bu çalışmada sözkonusu olan ağ herbiri 5000 km-7000 km uzunluklarında beş bölgeye bölünmüş olan bir ağı ifade etmektedir. Düşey kontrol ağı doğuda İran Körfezi'nde beş, Kızıldeniz'de yedi olmak üzere toplam oniki adet mereograf istasyonuna bağlanmaktadır. Projenin ilk dört etap geometrik nivelman ölçüleri tamamlanmış, beşinci etap ölçüler ve gravite ölçüleri devam etmektedir. Bu nedenle ağ bütünü ile dengelenmemiştir. Ancak her etapta yapılan ölçülere üçüncü bölümde sözedilmiş olan düzeltmeler getirilerek loop kapanmaları kontrol edilmiştir. Ayrıca her etap bir noktanın ortometrik yüksekliği sabit alınarak dengelenmiş ancak projenin bütünü nihai olarak dengelenmemiştir.

Bu çalışmanın konusu olan düşey kontrol ağı 1154 nokta (BM), 32 güzergah (line) ve 11

kapalı looptan oluşmakta olup yaklaşık 7434 km uzunluğundadır.

Tablo 2. Nivelman ölçülerine getirilen düzeltme değerleri (mm)

Ölçülere getirilen düz.	Min	Max	St. sapma	Ort.
Mira ölçek ve sıcaklık düz.	-0.65	0.96	0.07	0.00
Küresellik düz.	-0.10	0.10	0.02	0.00
Astronomic düz.	-0.25	0.04	0.04	0.04
Refraksiyon düz.	-7.9	9.7	1.08	0.00
Güzergah kapanma hataları *	-8.8	7.7	1.7	-0.46

\*gravite düzeltmesi getirilmeden

Bütün looplar Tablo 1 de verilmiş olan sınır değerlerin altında kapanmıştır. Tüm ağ için sistematik hata analizi yapılmış, Lallemand formüllerine göre her güzergah için rastlantısal, sistematik ve toplam hatalar hesaplanmış ve sırası ile 0.65 mm, 0.18 mm ve 0.69 mm olarak hesaplanmıştır. Ortalama sistematik hata  $\pm 0.20$  mm/km olarak hesaplanmıştır. Ağın nihai dengelemesi yukarıda açıklanan nedenden dolayı yapılmamıştır.

#### 5. SONUÇ

Bilindiği gibi ülkemizde Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı (TUDKA) tesis çalışmaları 1936 yılında Antalya mareograf ağının kurulması ile başlamış (Şerbetci, 1992), 1970 2002 yılları arasında yaklaşık 26000 noktalı 30000 km uzunluğunda tesis edilerek ölçülmüştür. TUDKA noktalarının büyük bir kısmının (% 63) yol genişletme çalışmaları ve altyapı çalışmaları sonucu tahrip olduğu tesbit edilmiştir. Yer noktaları dışında duvar noktalarının da bilinçli ve bilinçsiz olarak tahrip edildiği saptanmıştır. Ülkemizde 5000 üzerinde GNSS alıcısı kullanılmakta olup mühendislik projelerinin büyük bir kısmı GNSS ölçüleri ile yapılmaktadır. Bugüne kadar yeterli hassasiyette geoid modeli üretilememiş ve mevcut DKA noktaları ile cm duyarlılıkta geoid modeli üretmek mümkün değildir. Mevcut durumda kullanıcıların elde etmiş oldukları geoid ondülasyon değerleri büyük



oranda farklılıklar yaratmaktadır. Bu durumda üç seçenek ortaya çıkmaktadır. Bunlar; mevcut nivelman noktalarının yenilenmesi, geoidin iyileştirilerek bazı nivelman noktalarının yenilenmesi veya sadece geoidin iyileştirilerek düşey datum olarak kullanılmasıdır. Geçen süreç içerisinde yapılan toplantılarda nivelman ağının

yenilenmesine karar verilmiştir. Bu çalışma karar verilmiş olan DKA yenileme çalışmalarına ilave bir katkı sağlayabileceği düşüncesi ile hazırlanmıştır.

Region 3 Final Report. STIT and TAMATA Group. KSA.

## TEŞEKKÜR

2013 2015 yılları arasında Proje Yöneticisi olarak görev aldığım Region 3 ve Region 4 projelerinde Proje Danışmanı olarak görev yapan Dr. Coşkun Demir Bey'e, yüklenici firma STIT ve TAMAYA Gruplarına teşekkür ederim.

## KAYNAKÇA

- Ayhan, M.E., Demir, C. (1992). Türkiye Ulusal Düşey Kontrol (Nivelman) Ağı-1992 (TUDKA-92). Harita Dergisi, Sayı 109
- Demir, C., Cingöz, A., Şerbetçi, M. (1992) Ülke Temel Jeodezik Ağın Tarihçesi, Nirengi, Nivelman ve Gravite Ağları, Harita ve Kadastro Mühendisliği, Sayı: 72 Ankara
- Demir, C. (1999). Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99). HGK İç Rapor No: Jeofniv-02-1999, Jeodezi Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- Kılıçoğlu, A., Direnç, A., Yıldız, H., Bölme, M., Aktuğ, B., Simav, M., Lenk O. (2011). Regional gravimetric quasigeoid model and transformation surface to national height system for Turkey (THG09), *Studia Geophysica et Geodaetica*, 55, 557578.
- Simav, M., ve dig. (2015). Türkiye Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu ve Gravite Altyapısının İyileştirilmesi Projesi TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2528 Mart 2015, Ankara.
- Simith, C. L. (2010). Bech Mark reset procedures, National Geodetic Survey, Silver Spring MD 20910, September, 2010
- Demir, C. ve Yaprak, S. (2016). Suudi Arabistan Hassas nivelman Ağı projesi Region 3 sonuç raporu.
- Şerbetçi, M., (1992). Ülke Temel Jeodezik Ağın Tarihçesi, Nirengi, Nivelman ve Gravite Ağları, Harita ve Kadastro Mühendisliği, Sayı: 72 Ankara
- Yaprak, S., Demir, C., (2015). Monumentation and Geodetic Precise Leveling Observation for BMs KSA Geodetic Leveling Network

- <http://www.hgk.msb.gov.tr/images/jeodezifaaliyetler/d5a4eb6752402a7.pdf>
- [https://www.ngs.noaa.gov/FGCS/tech\\_pub/1984-stds-specs-geodetic-control-networks.htm](https://www.ngs.noaa.gov/FGCS/tech_pub/1984-stds-specs-geodetic-control-networks.htm)
- <http://www.fulcrumapp.com/apps/categories/engineering/>
- [https://www.ngs.noaa.gov/PC\\_PROD/pc\\_prod.shtm#WinDesc](https://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtm#WinDesc)
- [https://www.ngs.noaa.gov/FGCS/tech\\_pub/1984stds-specs-geodetic-control-networks.htm](https://www.ngs.noaa.gov/FGCS/tech_pub/1984stds-specs-geodetic-control-networks.htm)
- [https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-matning/geodesi/rapporter\\_publicationer/rapporter/lantmaterirapport\\_2014\\_2.pdf](https://www.lantmateriet.se/globalassets/kartor-och-geografisk-information/gps-och-matning/geodesi/rapporter_publicationer/rapporter/lantmaterirapport_2014_2.pdf)
- [https://www.ngs.noaa.gov/PC\\_PROD/pc\\_prod.shtm#Translev](https://www.ngs.noaa.gov/PC_PROD/pc_prod.shtm#Translev)