

HARİTA GENEL KOMUTANLIĞINCA YÜRÜTÜLEN DOPPLER ÇALIŞMALARI VE GÜNEY-BATI ANADOLU DOPPLER JEİDİ

H.K.G. - Ank.

ÖZET

Uydu doppler tekniği ile ilgili Türkiye'deki çalışmaları 1983 yılında başlatan Harita Genel Komutanlığı, planlanan doppler ağını hemen hemen tamamlama aşamasındadır. 1983-1986 yılları arasında sürdürülen uydu doppler tekniği ölçme ve değerlendirme çalışmalarında benimsenen genel politikaya uygun olarak 30 noktalı sıfıncı derece ağ tamamlanmış ve sıklaştırma ağının üçte ikisi bugün için bitirilmiş bulunmaktadır. Değerlendirme MAGNET paket programı ve eş zamanlı ölçülerin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. Güney-Batı Anadolu Bölgesinde Birinci Derece Nivelman Ağı noktalarında seçilen doppler noktalarının belirlenen elipsoid yükseklikleri jeoid belirlemek üzere kullanılmıştır. Bu amaçla, anılan bölgedeki nivelman ağı geopotansiyel sayılara göre dengele- nerek doppler noktalarının ortometrik yükseklikleri bulunmuş ve Güney-Batı Anadolu Doppler Jeoidi belirlenmiştir.

1- GİRİŞ

Bilindiği gibi bölgesel veya yerel jeoid belirlemek amacıyla, eldeki verilere bağlı olarak farklı yöntemler uygulanır. Söz konusu verilerden gravite ölçüleri Türkiye'de Harita Genel Komutanlığı, MTA Enstitüsü ile yerli ve yabancı petrol arama şirketlerince yapılmaktadır. Yapılan bu ölçüleri tek bir merkezde toplamak henüz mümkün olmamakla birlikte Harita Genel Komutanlığı İç Anadolu Bölgesinde yürüttüğü çalışmalar ile yaklaşık 5000 nokta gravite ölçüsünü elinde bulundurmaktadır. Ayrıca Türkiye'de yapılan tüm gravite ölçülerinin tek bir hesap merkezinde, Harita Genel Komutanlığında toplanması Harita Genel Komutanlığınca programa alınmış bulunmaktadır. Diğer bir veri grubunu oluşturan çekül sapmalarını Türkiye boyutunda uygun sıklıkla dağılmış noktalarda belirlemek amacıyla Harita Genel Komutanlığınca astronomik ölçülere devam edilmekte olup, bugüne kadar 271 nokta ölçüsü tamamlanmıştır. Ancak yürütülen değerlendirme çalışmalarında astronomik ölçülerin homojen olmadığı sonucuna varıldığından homojenleştirme çalışmaları başlatılmış ve sürdürülmektedir.

Yukarıda incelenen iki veri grubunun şu anki özellikleri gözönünde bulundurulduğunda, kısa bir zaman içinde jeoid belirleme çalışmasına uygun nitelik ve nicelikte olmadıkları sonucuna varılmaktadır.

Harita Genel Komutanlığı 1983 yılında 3 adet MX1502 doppler alıcısını servise koyarak yeni, kolay ve kısa zamanda elde edilebilen bir verinin jeoid belirlemek üzere kullanımını sağlamıştır. Bilindiği gibi nivelman noktaları üzerinde seçilen doppler nokta ölçülerinden yararlı jeoid yükseklikleri belirlenebilmektedir. Bu çalışmada, öncelikli 1983-1986 yıllarında sürdürülen doppler çalışmalarının genel ve kısa bir değerlendirmesi yapılmakta, sonra Güney-Batı Anadolu (Ege Bölgesi)'da yürütülen doppler jeoidi belirleme çalışması incelenmektedir.

2- DOPPLER ÇALIŞMALARININ GENEL DEĞERLENDİRİLMESİ

Ülke boyutunda jeodezik çalışmalarda kullanılmak üzere, Harita Genel Komutanlığı'nca 1983 yılında servise konulan doppler alıcıları ile Türkiye'de uydu doppler tekniği ölçme ve değerlendirmeleri başlatılmıştır. Başlangıçta duyarlı efemeris (PE) elde edilemediğinden değerlendirmelerin ölçü sırasında uyduların yayınlandığı yayın efemerisi (BE) ile yapılacağı düşünülmüştür. Daha sonraki dönemde Temmuz-Ekim 1983 ve Mayıs Kasım 1984 periyotlarına ait duyarlı efemeris NGS kanalıyla elde edilmesine karşılık halen yayın efemerisi ile değerlendirme sürdürülmektedir. Doppler alıcıları ile ölçü noktalarında elde edilen birbirinden bağımsız veya eş zamanlı uydu geçiş kayıtları, PE/BE kullanılarak nokta konumlama (Poin Positioning-PP) veya yarıkı yay (Semi-Short Arc-SSA) modellerine uygun hesaplama yapılabilen MAGNET paket programı ile değerlendirilmektedir.

Türkiye'de doppler ölçme çalışmaları iki aşamalı planlanmış olup, buna bağlı olarak iki ayrı ağ oluşturulmaktadır.

- a) Sıfıncı derece ağ
- b) Sıklaştırma ağ

Her iki ağ aşağıda ayrı ayrı ele alınmakta ve özellikleri incelenmektedir.

2.1- Sıfıncı Derece Ağ

Sıfıncı derece ağ iki amaçla oluşturulmaktadır.

- a) Datum dönüşümü
- b) Yatay kontrol ağının homojenleştirilmesi.

Bu iki amacı gerçekleştirmek üzere tüm Türkiye'ye dağılmış 30 sıfıncı derece ağ noktası seçilmiştir. Söz konusu noktaların seçiminde Türkiye birinci derece ağ noktası, astronomik nokta veya astronomik nokta yakınında ve nivelman götürülebilen bir nokta olmasına dikkat edilmiştir. Ölçülerde üç doppler alıcı kullanılmış olup, alıcılardan bir tanesi ölçü periyodu boyunca Ankara yakınındaki Meşedağ noktasında sabit tutulmuştur. Bilindiği gibi Meşedağ noktası TUD-54'ün de başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Diğer iki alıcı ise sıfıncı derece noktalarda sıra ile yerleştirilip belirli zamanlarda üç alıcı ile ölçü yapılarak eş zamanlı uydu geçişleri kaydedilmektedir. Daha sonraki dönemde duyarlı efemeris elde edilerek nokta konumlama yöntemi ile değerlendirme yapılması planlandığından, sıfıncı derece ağ noktalarının her birinde en az 8 gün süre ile ortalama 100 kabul edilebilir uydu geçişi kaydedilmiştir.

30 noktadan oluşan sıfıncı derece ağ oluşturulurken, eş zamanlı 16 grup ölçü yapılmış, nokta koordinatları üzerine bir koşul konulmadan her grup yarı-kısa yay modeli ile değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu noktaların yayın efemerisi koordinat sisteminde X, Y, Z koordinatları belirlenmiştir. Gruplarda ortak nokta olan Meşedağ için her gruptan bir olmak üzere sonuçta toplam 16 X, Y, Z koordinat takımı belirlendiğinden bu aşamada elde edilen nokta koordinatlarının yaklaşık olduğu düşünülmelidir. Daha sonra Meşedağ noktasının 16 takım X, Y, Z koordinatı ölçü kabul edilip her gruptan elde edilen varyans kovaryans matrisleri ile stokastik model oluşturularak, en küçük ka-

reler yöntemi dolaylı ölçüler dengelenmesine göre Meşedağ'ın sabit kabul edilen koordinatları BE sisteminde belirlenmiştir. Sonra 16 grup eş zamanlı ölçü; Meşedağ'ın hesaplanan bu koordinatları sabit tutularak yeniden değerlendirilmiş ve sıfıncı derece ağı noktalarının BE (NWL-10D) koordinat sisteminde koordinatları hesaplanmıştır.

Sıfıncı derece ağı ölçüleri 1983 ve 1984 ölçü sezonunda tamamlanmış olup, değerlendirilme çalışmaları ölçü dönemini izleyen dönemlerde gerçekleştirilmiş ve bugün için bitirilmiş durumdadır.

2.2- Sıklaştırma Ağı

Sıfıncı derece ağı noktalarını sıklaştırmak amacıyla sıfıncı derece nokta aralarına yerleştirilen yeni doppler noktalarından oluşan sıklaştırma ağı planlanmıştır. 1985 ve 1986 ölçü döneminde sürdürülen çalışmalar ile planlanan ağın yaklaşık üçte ikisi bitirilmiş ve 96 noktadan oluşan bir sıklaştırma ağı oluşturulmuştur.

Sıklaştırma ağı ölçülerinde alıcılardan biri, ağın oluşturacağı bölgenin ortalarına denk gelen bir sıfıncı derece ağı noktasında ölçü boyunca sabit tutulmaktadır. Diğer iki alıcı ise bölgeye giren sıklaştırma noktalarına yerleştirilerek en az üç gün süre ile ortalama 20 kabul edilebilir eş zamanlı uydu geçişleri kaydedilmektedir.

Sıklaştırma noktaları genellikle birinci derece triyângülasyon noktaları olup özellikle astronomik noktalarda veya yakınlarındaki noktalarda seçilmektedir. Ayrıca 1985 yılında Ege Bölgesinde ve 1986 yılında Akdeniz Bölgesinde toplam 22 doppler noktası, birinci derece nivelman noktaları üzerinde seçilmiştir. Ege Bölgesinde seçilen bu noktalardan yararlı belirlenen doppler jeoidi ile ilgili hesaplamalar Bölüm 3'te kısaca açıklanmaktadır.

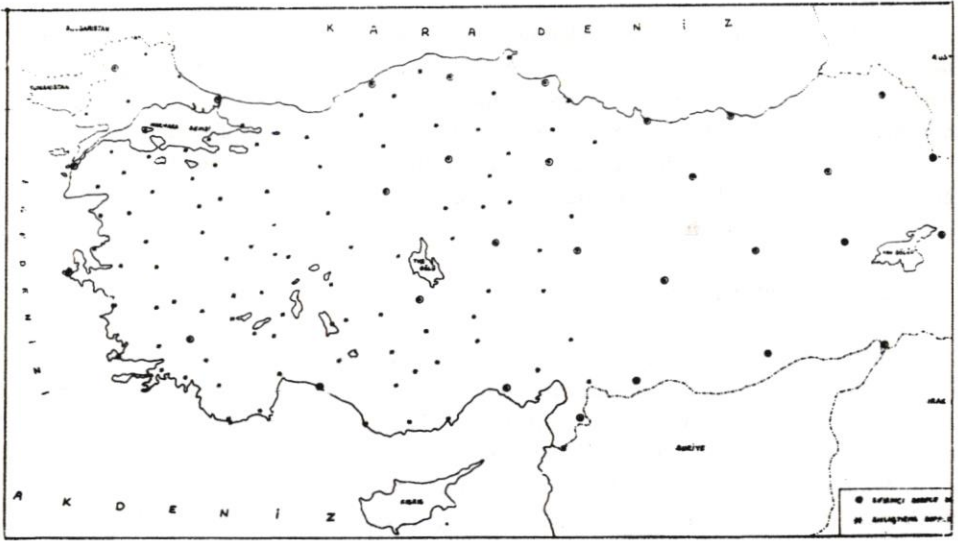
Sıklaştırma ağı doppler ölçülerinin değerlendirilmeleri alıcının sabit tutulduğu sıfıncı derece nokta koordinatları biliniyor kabul edilerek MAGNET ile yapılmıştır. Sonuçta belirlenen sıklaştırma ağı nokta koordinatlarının yayın efemerisi (BE) koordinat sisteminde (NWL-10D) olduğu kabul edilmektedir.

NWL-10D sistemindeki nokta koordinatlarının WGS-72 ve ED-50 koordinatlarına dönüşümü için Harita Genel Komutanlığındaki uygulamalarda Tablo-1'de verilen parametreler kullanılmaktadır. Hesaplanan X, Y, Z koordinatları kullanılan elipsoide (Datum) dönüştürülerek noktanın enlem, boylam ve elipsoid yükseklikleri hesaplanmaktadır.

Tablo 1- Dönüşüm Parametreleri

Parametreler	BE → WGS72	WGS72 → ED50
Tx	—	84 m.
Ty	—	103 m.
Tz	— 2.6 m.	127 m.
θ_z	— 0".26	—
Δ	— $0.61 \cdot 10^{-6}$	—

Bugüne kadar tesis edilen sıfıncı ve sıklaştırma noktalarının konumları Şekil 1'de topluca gösterilmektedir.



Şekil 1- Doppler noktaları

3- GÜNEY-BATI ANADOLU DOPPLER JEODİ

1985 yılında tamamlanan sıklılaştırma çalışmalarındaki noktalardan 16 tanesinin bölgedeki birinci derece nivelman ağı noktaları üzerinde seçilmiş olması, bu bölgede yerel bir jeoid belirlemesine olanak sağlamıştır. Bilindiği gibi bir noktanın elipsoid yüksekliği h ve ortometrik yüksekliği H^* biliniyorken ve o noktadaki jeoid yüksekliğini N ,

$$N = h - H^* \quad (1)$$

ile belirlenebilir. Söz konusu noktaların h değerleri doppler ölçüleri ile hesaplandığından, ortometrik yüksekliklerinin de bilinmesi gerekmektedir. Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağı henüz dengelenmeyip dengeleme öncesi ölçü analiz ve yenilemeleri aşamasında bulunduğundan, bölgeye giren nivelman ağının bağımsız olarak dengelenmesi gerekmiştir. Dengelemede, geçkilerin jeopotansiyel sayı farkları ölçü ve noktaların jeopotansiyel sayıları bilinmeyen alındığından, öncelikle nivelman geçkileri boyunca jeopotansiyel sayı farkları

$$\Delta C = \sum_{i=1}^n g_i \cdot \Delta h_i \quad (2)$$

eşitliği ile belirlenmiştir. (2) eşitliğinde iki nivelman noktası arasında geometrik nivelman ile bulunan yükseklik farkı, g_i ise iki nivelman noktasında ölçülen gravitenin aritmetik ortalamasıdır. Şekil 2'de verilen nivelman ağı Antalya Mareografı sabit tutularak dengelenmiş ve doppler noktalarının C jeopotansiyel sayıları hesaplanmıştır. Hesaplanan C değerleri daha sonra

$$H^* = \frac{C_{(gpu)}}{g + 0.424H^*_{(km)}} \quad (3)$$

eşitliğinden yararlanılarak Helmert Ortometrik Yüksekliklerine dönüştürülmüştür. (3) eşitliğinde;

- g : ölçülen gravite (kgal biriminde)
 gpu : jeopotansiyel birim (kgal.m)

Şekil 2'de konumları gösterilen 12 doppler noktasının (3) eşitliği ile belirlenen H^* ortometrik yükseklikleri ile Tablo 3'te verilen dönüşüm parametreleri kullanılarak hesaplanan elipsoid yükseklikleri Tablo 2'de topluca gösterilmektedir.

Tablo 2- Doppler Noktalarının H^* ve h Yükseklikleri

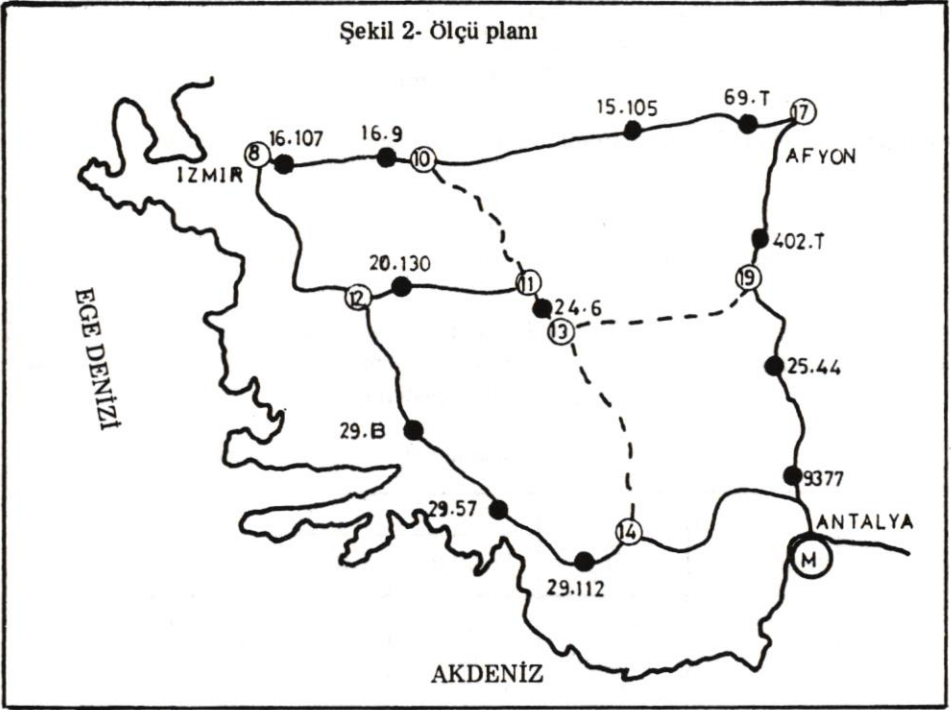
Nokta No.	H^*_m	h		
		ED50 m	GRS80 m	WGS72 m
16 - 107	261.532	245.69	298.37	295.45
16 - 9	106.510	90.00	142.25	139.34
402 - T	1131.506	1115.48	1162.23	1164.34
15 - 105	871.672	856.52	907.70	904.82
25 - 44	849.044	828.51	881.52	878.60
69 - T	1061.199	1046.62	1097.16	1094.30
29 - 112	968.755	939.64	994.76	991.78
29 - 57	23.080	-7.96	47.30	44.32
29 - B	479.062	456.01	510.65	507.68
20 - 130	54.896	35.49	88.94	86.00
24 - 6	260.115	240.02	293.02	290.10
9377	270.012	241.46	295.59	292.64

Tablo 3- Kullanılan Dönüşüm Parametreleri

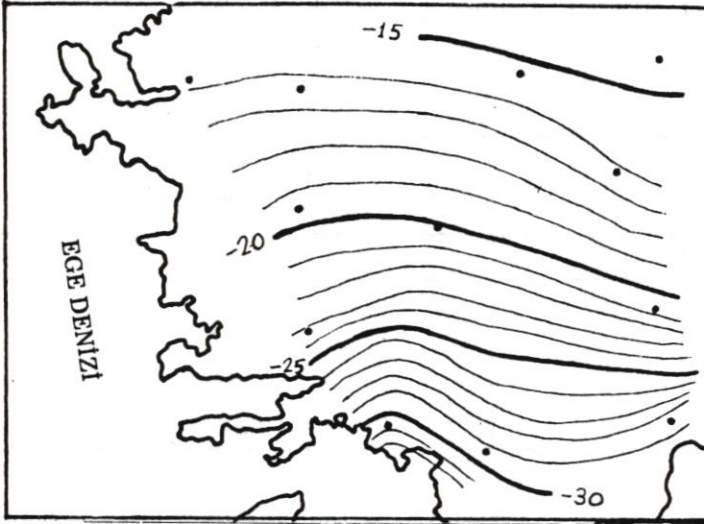
Parametreler	BE → PE	BE → ED50	Be → WGS72
Tx	-1 m	95.1 m	0
Ty	-2 m	91.2 m	0
Tz	-8 m	126.5 m	-2.6 m
θ_z	+0.1''	1.21''	-0.26''
Δ	+0.9.10 ⁻⁶	-2.39.10 ⁻⁶	-0.61.10 ⁻⁶

Tablo 2'de verilen h ve H^* 'dan yararlanılarak belirlenen Güney-Batı Anadolu Doppler Jeoidleri Şekil 3, 4 ve 5'te sergilenmektedir.

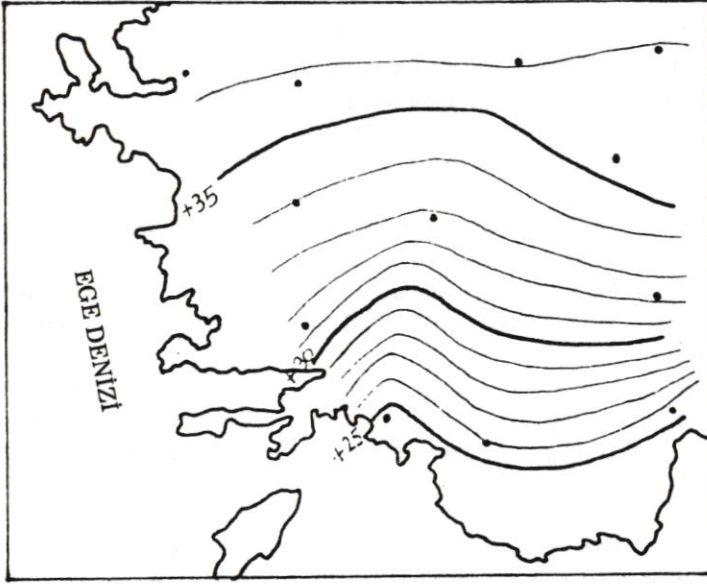
Şekil 2- Ölçü planı



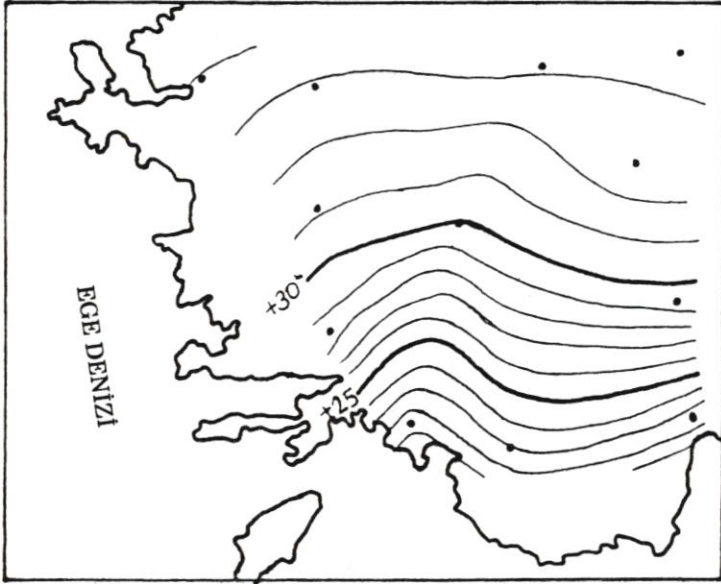
- Gravite ölçüsü yapılan nivelman geçkisi
- - - Gravite ölçüsü yapılmayan nivelman geçkisi
- Gelgit istasyonu
- Birinci derece nivelman noktası
- Doppler noktası



Şekil 3- ED-50 datumun doppler jeoidi (metre)



Şekil 4- GRS80 sisteminde doppler jeoidi (metre)



Şekil 5- WGS72 sisteminde doppler jeoidi (metre)

4- SONUÇLAR

Sıfırncı derece doppler ağının kuruluş ve ölçüleri bitirilmiş olmasına karşılık özellikle 16 grubun birleştirilerek tek bir yayın efemerisi koordinat sisteminin elde edilmesinde izlenen yolun yaklaşık bir yol ve hesaplanan koordinatların yaklaşık koordinatlar olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle grupların birleştirilmesi işleminin daha uygun bir model ile çözümlenmesi ve kesin koordinatların belirlenmesi gerekmektedir. Bunun yanı sıra, sıfırncı derece noktalarda yeteri kadar uydu geçişi ve ölçü periyoduna ilişkin duyarlı efemeris temin edildiğinden, sıfırncı derece nokta koordinatlarının nokta konumlama yöntemi ile yeniden belirlenmesi de programa alınmıştır. 1987 ölçü dönemi için planlanan yaklaşık 50 sıklaştırma noktası tamamlandığında 30 sıfırncı derece ve 146 sıklaştırma noktası olmak üzere toplam 176 doppler noktasından oluşan bir ağ 1987 yılı sonunda kurulmuş olacaktır.

Söz konusu doppler ağlarının tamamlanmasından sonra doppler ölçülerinin, duyarlı jeoid belirlemek amacıyla nivelman noktaları üzerinde ve astronomik ölçülerin pararelinde uygun sıklığı sağlamak üzere I. derece triangulasyon ağı noktalarında sürdürülmesi planlanmaktadır.

Hesaplanan doppler jeoidinin doğruluğu, doppler ölçülerinin yanı sıra ortometrik yükseklik hesaplanırken kullanılan nivelman, gravite ve mareograf ölçüleri ile bu ölçülere getirilmesi gerekli düzeltmelerin getirilip getirilmemesine de bağlıdır. Bilindiği gibi Türkiye I. derece nivelman ölçülerine astronomik, manyetik ve atmosferik düzeltmeler getirilmemiş olup bu düzeltmelerin hesaplamaları hangi mertebede etkileyeceği konusunda uygulamaya aktarılmış bilgiler bulunmamaktadır. Ayrıca datum probleminin çözümünde kullanılan mareograf ölçülerinin analizi henüz yapılmamış olup mareograf istasyonlarında deniz yüzeyi topografyası ve jeoid yüksekliği de henüz belirlenmemiştir. Belirtilen bu sorunlar aslında Türkiye Birinci Derece Nivelman Ağının temel sorunları olup Harita Genel Komutanlığınca programa alınmış ve çalışmalar sürdürülmektedir.