



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KONYA İLİ MERKEZ YERLEŞİM ALANINDAKİ
DÜŞEY YÖNLÜ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Erhan CİVCİK

DANIŞMAN

Dr. Öğr. Üyesi Kemal YURT

AKSARAY, 2024

Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 222306720 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Erhan CİVCİK tarafından hazırlanan “**KONYA İLİ MERKEZ YERLEŞİM ALANINDAKİ DÜŞEY YÖNLÜ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ**” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Kemal YURT

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Prof. Dr. Hediye ERDOĞAN

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye : Prof. Dr. Ekrem TUŞAT

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi : 29 / 02 / 2024

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Mehmet Ali HINIS

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinalliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

...

Erhan CİVCİK

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca sabır ve özveri ile destekleyen, tez çalışmamı tamamlamam noktasında ısrarcı olan, fikirleri ile çalışmama yön vererek büyük bir katkı sağlayan ve kendisi ile çalışmaktan mutluluk duyduğum değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Kemal YURT hocama şükranlarımı sunarım.

Tezin her aşamasında desteklerinden dolayı sayın Prof. Dr. Ekrem TUŞAT hocama, analizlerini gerçekleştirmedeki katkılarından dolayı Doç. Dr. Berkant KONAKOĞLU hocama ve her daim tezin uygulama aşamasında arazi ölçmelerindeki desteklerinden ve bürosunda yardımlarını esirgemeyen 40 yıllık arkadaşım Adnan KILINÇ ve mesai arkadaşım Ahmet Suad TOPRAK meslektaşına da teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde bana inanan ve desteklerini esirgemeyen, uzun ve yorucu tez çalışmamda büyük bir sabır ve hoşgörüyle bana destek olan, fedakârlık gösteren değerli eşim Feray hanıma ve babasını her daim destekleyen canım oğlum Emirime de ne kadar teşekkür etsem azdır.

Erhan CİVCİK
AKSARAY, 2024

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR	viii
1.GİRİŞ	1
2. LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALARA GENEL BİR BAKIŞ	3
3. NİVELMAN	6
3.1 Yerkabuğu	6
3.2 Nivelman Ölçü Yöntemleri	6
3.2.1 Geometrik nivelman	7
3.2.2 Trigonometrik nivelman	8
3.2.3 Barometrik nivelman	9
3.2.4 Hidrostatik nivelman	9
3.3 Yükseklik Sistemleri	9
3.4 Nivelman Ağları	10
3.4.1 Nivelman ağlarının derecelendirilmesi	10
3.4.2 Nivelman kapanma hataları	11
3.4.3 Nivelman ölçülerinin değerlendirilmesi	12
3.5 Ölçü Alet ve Ekipmanları (Nivo-Mira-Sehpa)	13
3.5.1 Nivo	13
3.5.2 Miralar	14
3.5.3 Ölçme yöntemleri	15
3.5.4 Hata kaynakları	15
3.5.4.1 Nivelardan kaynaklanan hatalar	16
3.5.4.2 Miralardan kaynaklanan hatalar	17
3.5.4.3 Dış ortamdan kaynaklanan hatalar	18
4. TÜRKİYE ULUSAL DÜŞEY KONTROL AĞI (TUDKA)	20
4.1 Düşey Kontrol Ağının Tarihçesi	20
4.2 Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1992 (TUDKA92)	23
4.3 Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA99)	25
5. DEFORMASYON ÖLÇMELERİ VE ANALİZİ	27
5.1 Deformasyon	27
5.2 Deformasyon Ölçümleri Neden Yapılmalıdır	30
5.3 Deformasyonların Sınıflandırılması	30
5.3.1 Kalıcı deformasyonlar	30
5.3.2 Elastiki deformasyonlar	31
5.4 Deformasyon Ölçme Yöntemleri	32
5.4.1 Jeodezik yöntemlerle deformasyon ölçmeleri	34
5.4.2 Geoteknik yöntemlerle deformasyon ölçmeleri	35
5.4.3 Jeodezik ve geoteknik yöntemlerin karşılaştırılması	36
5.5 Deformasyon Modelleri	36
5.5.1 Statik model	38
5.5.2 Kinematik model	38
5.5.3 Dinamik model	39
5.5.4 Uyum model	40

5.6 Deformasyon Analizi	40
5.6.1 Jeodezik deformasyon ağlarının serbest ağ yöntemiyle dengelenmesi ...	42
5.6.2 Statik deformasyon modeli.....	43
5.6.3 S transformasyonu yardımı ile deformasyon analizi	44
5.6.4 S transformasyonu yardımıyla anlamlı nokta hareketlerinin araştırılması	46
6. MATERİYAL VE YÖNTEM.....	49
6.1 Proje Alanı.....	49
6.2 Proje Alanında Farklı Zamanlarda Yapılan Ölçüler	54
6.3 Serbest Dengelemeler.....	57
6.3.1 1973-1984 yılları arasında yapılan HGK ölçülerine ait serbest dengeleme	57
6.3.2 2004 yılı yapılan ölçülere ait serbest dengeleme	60
6.3.3 2015 yılı ölçüleri ve serbest dengeleme.....	63
7. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	66
8. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	71
KAYNAKLAR	74
ÖZGEÇMİŞ.....	78

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KONYA İLİ MERKEZ YERLEŞİM ALANINDAKİ DÜŞEY YÖNLÜ DEĞİŞİMLERİN İNCELENMESİ

Erhan CİVCİK

Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Kemal YURT

ÖZET

Yerkabuğu ve üzerindeki yapılarda zamana bağlı olarak bazı etkenlerden dolayı geometrik şekillerinde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimlere deformasyon adı verilmektedir. Deformasyonlar, bu yapıların geometrik şekillerinde meydana gelen değişimlere göre kalıcı ve elastiki deformasyon olmak üzere ikiye ayrılırlar. Bu deformasyonların tespiti için yapılan mühendislik ölçmelerine deformasyon ölçmeleri denilmektedir. Belirlenen bu deformasyonların değerlendirilme ve yorumlama işlemlerine de deformasyon analizi denilmektedir. Deformasyonların tespit edilmesi için jeodezik kontrol ağları kurulmuş ve farklı periyotlar da yapılan ölçülerin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak dengeleme hesaplarına yapılan yorumlama sonucunda deformasyon analizi gerçekleştirilmektedir. Deformasyon analizi yapılabilmesi için statik, kinematik dinamik ve uyum modeli gibi dört farklı model geliştirilmiştir.

Konya merkez yerleşim alanı içinde Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından 1973 ile 1984 yılları arasında tesis edilen 15 adet düşey nivelman noktasının bulunduğu alan çalışma alanıdır. Geometrik nivelman yöntemi ile 1973-1984 arası, 2004 yılı ve son olarak 2015 yılında yapılan nivelman ölçüleri tez konusu olarak seçilmiştir.

Konya merkez yerleşim alanı içinde oluşturulan nivelman ağının tek boyutlu statik modelde deformasyon analizi gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve sonuçların birbirleri ile uyumsuz olduğu görülmüştür. Sonuçta Konya merkezde düşey yönde hareket olduğu gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: TUDKA, Konya Nivelman Noktaları, Geometrik Nivelman Ölçüleri, Kinematik Model, Statik Model, Dinamik Model.

Şubat, 2024; 78 sayfa

M.Sc. THESIS

EXAMINATION OF VERTICAL CHANGES IN THE CENTRAL SETTLEMENT OF KONYA PROVINCE

Erhan CİVCİK

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Supervisor : Assis. Prof. Dr. Kemal YURT

ABSTRACT

Changes occur in the geometric shapes of the earth's crust and the structures above it over time due to some factors. These changes are called deformation. Deformations are divided into two: permanent and elastic deformations, depending on the changes that occur in the geometric shapes of these structures. Engineering measurements made to detect these deformations are called deformation measurements. The evaluation and interpretation processes of these determined deformations are called deformation analysis. Geodetic control networks have been established to detect deformations, and deformation analysis is carried out as a result of the evaluation of measurements made in different periods and the resulting interpretation of the balancing calculations. Four different models such as static, kinematic dynamic and compliance model have been developed to perform deformation analysis.

The study area is the area where 15 vertical leveling points were established by the General Command of Mapping (HGK) between 1973 and 1984 in the central residential area of Konya. Leveling measurements made with the geometric leveling method between 1973-1984, in 2004 and finally in 2015 were chosen as the subject of the thesis.

Deformation analysis of the leveling network created in the central residential area of Konya was carried out in a one-dimensional static model and the results were compared and it was seen that the results were incompatible with each other. As a result, it was observed that there was a vertical movement in the center of Konya.

Keywords: TUDKA, Konya Leveling Points, Geometric Leveling Measures, Kinematic Model, Static Model, Dynamic Model.

February, 2024; 78 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Geometrik Nivelman Yöntemi	7
Şekil 3.2. Trigonometrik Nivelman Yöntemi	8
Şekil 3.3. Nivo – Sehpa - Miralar	13
Şekil 3.4. Normal- Hassas Nivelman mirası ve Payandası.....	14
Şekil 3.5. Nivo gözleme eksenini şartının düzensizliği	16
Şekil 3.6. Mira eğiklik hatası ve bağıntısı.....	17
Şekil 4.1. Antalya Limanı ve mareograf istasyonu.....	20
Şekil 4.2. 1960 yılında gerçekleştirilen birinci derece nivelman çalışmaları	21
Şekil 4.3. Geometrik Nivelman Yöntemi ile çalışan ekip.	21
Şekil 4.4. TUDKA-99 Karakteristikleri.....	22
Şekil 4.5. Nivelman duvar ve yer noktası	23
Şekil 4.6. 1935-1970 yılları arası Birinci Periyot Ölçüleri.	24
Şekil 4.7. TUDKA-99 İkinci Periyot Ölçüleri.	24
Şekil 4.8. Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99).	25
Şekil 5.1. Türkiye ve çevresinin tektonik haritası.....	29
Şekil 5.2. Deformasyon Ölçme Yöntemleri.....	32
Şekil 5.3. Deformasyonların Jeodezik, geoteknik ve Sonlu Eleman Yöntemi ile izlenmesinde genel adımlar.....	33
Şekil 5.4. Jeodezik Deformasyon analizinde model hiyerarşisi.	37
Şekil 6.1. Konya merkez alanında bulunan HGM noktaları.....	50
Şekil 6.2. Mevlâna Türbesinde bulunan 47-008 Nolu HGK Nivelman noktası	51
Şekil 6.3. Amber Reis Camiinde bulunan 50-008 Nolu HGK Nivelman noktası	51
Şekil 6.4. Mevlâna Türbesinde bulunan 47-008 Nolu HGK Nivelman noktası tesisi.....	52
Şekil 6.5. HGK nivelman noktası konumları ve isimleri.....	53
Şekil 6.6. Konya’da bulunan 15 adet HGM noktası.	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. Deformasyon modellerinin sınıflandırılması.....	38
Çizelge 6.1. 1973 yılından itibaren tesis edilen HGK nivelman noktaları.	49
Çizelge 6.2. Üç değişik periyotta yapılan ölçüler (Merkez).	56
Çizelge 6.3. 1973-1984 yılı HGK Nivelman ölçüleri.	57
Çizelge 6.4. 1973-1984 yılı HGK nivelman noktaları ortalama kot değerleri.....	57
Çizelge 6.5. 1973-1984 yılı HGK nivelman ölçüleri dengeleme kriterleri.....	58
Çizelge 6.6. 1973-1984 yılı HGK nivelman ölçüleri dengeleme formülleri.	58
Çizelge 6.7. 1973-1984 yılı serbest dengeleme N matris değerleri.	58
Çizelge 6.8. 1973-1984 yılı serbest dengeleme Q matris değerleri.	58
Çizelge 6.9. 1973-1984 yılı serbest dengeleme V matris değerleri.	59
Çizelge 6.10. 2004 yılı nivelman ölçüleri.	60
Çizelge 6.11. 2004 yılı nivelman noktaları ortalama kot değerleri.....	60
Çizelge 6.12. 2004 yılı nivelman ölçüleri dengeleme kriterleri.....	61
Çizelge 6.13. 2004 yılı nivelman ölçüleri dengeleme formülleri.	61
Çizelge 6.14. 2004 yılı serbest dengeleme N matris değerleri.	61
Çizelge 6.15. 2004 yılı serbest dengeleme Q matris değerleri.	61
Çizelge 6.16. 2004 yılı serbest dengeleme V matris değerleri.	62
Çizelge 6.17. 2015 yılı nivelman ölçüleri.	63
Çizelge 6.18. 2015 yılı nivelman noktaları ortalama kot değerleri.....	63
Çizelge 6.19. 2015 yılı nivelman ölçüleri dengeleme kriterleri.....	64
Çizelge 6.20. 2015 yılı nivelman ölçüleri dengeleme formülleri.	64
Çizelge 6.21. 2015 yılı serbest dengeleme N matris değerleri.	64
Çizelge 6.22. 2015 yılı serbest dengeleme Q matris değerleri.	64
Çizelge 6.23. 2015 yılı serbest dengeleme V matris değerleri.	65
Çizelge 7.1. Global Test (1.Periyot - 1973 yılı) - (2.Periyot - 2004 yılı).	67
Çizelge 7.2. Global Test (1.Periyot - 1973 yılı) - (3.Periyot - 2015 yılı).	67
Çizelge 7.3. Global Test (2.Periyot - 2004 yılı) - (3.Periyot - 2015 yılı)	68
Çizelge 7.4. R. Testi - (1.Periyot - 2.Periyot) - (1973 yılı - 2004 yılı)	69
Çizelge 7.5. R. Testi - (1.Periyot - 3.Periyot) - (1973 yılı - 2015 yılı)	69
Çizelge 7.6. R. Testi - (2.Periyot - 3.Periyot) - (2004 yılı - 2015 yılı)	70

SİMGELER VE KISALTMALAR

F_{tablo}	Tablo Değeri
H	R'nin Serbestlik Derecesi
H_0	Sıfır Hipotez Testi
m_0	Birim Ölçünün Ortalama Hatası
N	Bilinmeyenlerin Katsayılar Matrisi $N = A^T \cdot PA$
R	Düzeltilmelerin Kareleri Toplamı İçin Artım Miktarı
S_k	Transformasyon Matrisi
T	Eşdeğerlik Testinin Test Büyüklüğü
X_e^i	Eşlenik Noktaların Koordinat Bilinmeyenleri
X_b^i	Diğer Noktaların Koordinat Bilinmeyenleri Ve Başka Bilinmeyenleri
X_s^i	Sabit Kabul Edilen Eşlenik Nokta Koordinatları
X_h^i	Hareket Ettiği Varsayılan Nokta Koordinatları
X_b^i	Eşlenik Olmayan Noktalara İlişkin Parametreler Ve Diğer Bilinmeyenleri
Q_{xx}	Bilinmeyenlerin Ters Ağırlık Matrisi
$(Q_{ee}^i)_1$	Ağırlık Katsayıları Matrisi
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
GIIG	Geri İleri İleri Geri
GGII	Geri Geri İleri İleri
GNSS	Küresel Konum Belirleme Sistemi
IGGI	İleri Geri Geri İleri
IIGG	İleri İleri Geri Geri
HGK	Harita Genel Komutanlığı
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
TUDKA	Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı
TUDKA92	Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1992
TUDKA99	Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999
1D	Bir Boyutlu
2D	İki Boyutlu
3D	Üç Boyutlu

1.GİRİŞ

Yaşanabilir ve sürdürülebilir sağlıklı kentlerin oluşturulmasında planlama oldukça önemlidir. Etkin bir planlama yapılabilmesi için çok farklı kaynaklardan verilere ihtiyaç vardır. Her türlü alt-üst yapı çalışmaları için gerekli olan mühendislik hizmeti standartlarını sağlayan, duyarlı ve yeterli jeodezik ağılara ihtiyaç vardır.

Türkiye'nin yüzölçüm olarak en büyük ili olan Konya; düz bir arazi üzerinde yatay olarak her geçen gün büyüyen ve yatay yapılaşmanın yoğun olduğu bir ildir. Her yıl çok fazla göç almakta, şehir ve nüfus her geçen gün hızla büyümektedir. Yatay ve hızlı büyümeye karşılık Büyükşehir sınırları içerisinde altyapı çalışmalarının da hızlı bir şekilde tesis edilmesi ve aksiyon alınması gerekmektedir. Yapılan çalışmalarda proje bütünlüğünün sağlanabilmesi için Konya'nın düşey yöndeki deformasyon analizine ihtiyaç duyulmaktadır.

Yapıların sağlam, uzun ömürlü ve kalıcı olma beklentisi; insanları deformasyon alanında daha çok araştırma yapmaya yöneltmiş ve bu alanda yapılan çalışmalar ön plana çıkmıştır. Bu alan mühendislik çalışmalarının başlıca konularında biri haline gelmiştir. Günümüzde bu çalışmalar yoğun bir şekilde yapılmakta olup, her geçen gün önemi artmaktadır.

Yapıların deformasyona uğraması birçok nedene dayanmakla birlikte; deprem ve yeraltı su seviyelerindeki değişimin deformasyona etkisi daha çok ön plana çıkmaktadır. "Erken teşhis hayat kurtarır" ifadesi yapılar için de önem arz etmektedir. Yapılarda oluşan deformasyonlar daha başlangıç seviyesinde tespit edilmesi ve gerekli önlemlerin alınması; yapıların kalıcı olmasını sağlamakla beraber güvenli ve uzun ömürlü kullanılabilmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada; Konya il merkezindeki mevcut yükseklik dayanak noktalarının duyarlılığı ve zaman içindeki düşey yöndeki değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, geçmiş yıllarda oluşturulmuş nivelman ağındaki farklı zamanlarda yapılan ölçülerden faydalanılarak zaman içerisinde bu noktalarda meydana gelen yükseklik değişimleri belirlenmiştir. Yükseklikteki bu değişimlerin anlamlı olup olmadıkları, tek boyutlu statik deformasyon analizi ile araştırıldı.

Bu konuda daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde; baraj gövdesi, köprü ve viyadük ayaklarının deformasyonlarının incelendiği görülmüştür.

Bu çalışmada; Konya il merkezi yerleşim alanı içerisindeki nivelman noktalarında deformasyon analizinin yapılması planlanmıştır. Çalışma alanındaki nivelman noktalarında; 1973 – 2004 ve 2015 yıllarında deformasyon analizi için gerekli olan ölçüler yapılmıştır.

Geometrik nivelman; kullanılan aletler ve çalışma prensibi açısından, kullanışlı ve kolay bir yöntemdir. Her mevsim şartlarında kolaylıkla kullanılabilen bu yöntemde, noktalar arasındaki mesafeler yaklaşık 1 km. olacak şekilde esas alınmıştır.

Bu ölçülerden ilki olan 1973-1984 arası ölçülere ait yükseklik değerleri Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilmiştir. Bu ölçülerin her bir periyodunun serbest dengelemesi sonucunda elde edilen verilerden statik deformasyon analizlerinin yapılması mümkün olmuştur.

Konya merkezde tesis edilen jeodezik nivelman ağında yapılan hassas nivelman ölçülerinin serbest dengeleme sonrasında uyumsuz ölçülerin ayıklanması ile deformasyon analizleri yapılmıştır. Statik modelde analiz, S-transformasyon yöntemi ile gerçekleştirilerek sonuçlar karşılaştırılmış ve yorumlanmıştır.

2. LİTERATÜRDE YAPILAN ÇALIŞMALARA GENEL BİR BAKIŞ

Akay (2007) çalışmasında, Harita Genel Komutanlığı İznik-Mekece fayının kuzey ve güney yönlerini kapsayacak şekilde dokuz pilyeden oluşan bir ağ tesis etmiştir. Yersel gözlem yapmak için kurulan bu ağ Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) Jeodezi Anabilim Dalı tarafından mikro jeodezik ağlara dahil edilmiş ve zamana bağlı olarak Marmara Bölgesi'ndeki hareketlerin analizi yapılmıştır. Bu ağlarda 1941, 1963 yıllarında doğrultu, 1981 yılında doğrultu ve kenar ölçüleri, 2004 ve 2007 yıllarında da GPS kampanyaları kullanılarak serbest dengelenmiş ve noktaların yer değiştirme miktarları hesaplanmıştır.

Gezgin (2020), Tuz Gölü Fay Zonu'nun kinematik deformasyon analizini GPS ve INSAR teknikleri kullanarak tespit etmiştir. Oluşturduğu jeodezik ağda 2018-2020 yılları arasında GNSS gözlemleri yapmak suretiyle, aynı bölgenin 2014-2020 yılları arasında SENTINEL-1 görüntülerini kullanarak bölgedeki değişimleri incelemiş ve buna göre Tuz Gölü Fay Zonu için yatayda 3,2 mm/yıl düşeyde 1,5 mm/yıl kayma miktarı hız sonucu elde etmiştir.

Canaslan (2016), İleri InSAR tekniklerini kullanarak farklı yeryüzü özelliklerinde Konya Kent Merkezi ve çevresi olmak üzere Konya Kapalı Havzası'nın (KKH) yüzey deformasyonlarını tespit etmiştir. Çalışmada yer altı su seviyelerinin değişimi ve zemin özelliklerine bağlı oluşan çökmeleri gözlemlenmiş olup, her bir sonuç birbiri ile desteklenmiş ve ayrıca havzanın düşey yönlü yüzey deformasyon oranları zamansal periyotlar (1995 - 2000, 2002 - 2010, 2014 - 2015) ile belirlenmiştir. Ayrıca çalışma sonucunda "Havzanın özellikle Konya Kent Merkezi ve çevresinin yıllık ortalama 50 mm düşey yönde hareketi tespit edilmiş ve bu hareketin nedenleri arasında, yeraltı su seviyelerindeki değişim, mevsim sıcaklık değerleri ve kuraklık gibi faktörlerin etkisi gözlemlenmiştir."

Yalvaç (2016) doktora tezi çalışmasında, Konya Kapalı Havzası olarak bilinen alandaki zemin çökmelerini takip etmek için 25 noktadan oluşan bir deformasyon ağı oluşturmuş ve 2011-2016 yılları arasında periyodik olarak GNSS yöntemiyle ölçüleri yapmıştır. Bu gözlemler ve analizler sonucunda şehir merkezi ve tarımsal sulamanın yoğun olduğu bölgeler başta olmak üzere yıllık 50 mm'ye varan zemin çökmesi değerleri elde etmiştir.

İbanoğlu (2019), Karaman il sınırları içinde bulunan Ermenek ilçesindeki Göksu Nehri üzerinde elektrik üretmek amacıyla tesis edilen Ermenek Barajı'ndaki düşey yönde meydana gelebilecek deformasyonları statik ve kinematik model ile tespit etmiştir. Ölçüm işlemleri Aralık 2010 yılında başlanarak 2014 yılına kadar belli periyotlarda yapılarak deformasyon analizleri statik modelde S-transformasyonu yöntemiyle, kinematik modelde ise Kalman filtreleme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda baraj üzerindeki noktalarda negatif yönlü hareket olduğu ve Statik modelde S-transformasyonu metodunun barajlarda oluşabilecek düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Kaloop ve Li (2009), Çin'de bulunan Tianjin Yonghe köprüsünde yapılan ölçmeler ile mevcut durumun analizinin yapılmasını hedeflemiş ve GNSS ile deformasyon ölçüleri gerçekleştirmiştir. Sonuçları Kalman Filtreleme ve Parametrik En Küçük Kareler teknikleri kullanılarak analiz etmiş olup, tespit ettiği deformasyonun köprünün mevcut trafik yükü ile ilgili olduğunu belirtmiştir.

Köse (2018), Çorum ili sınırları dâhilinde yer alan Obruk Barajı üzerinde düşey yöndeki hareketleri tespit edebilmek ve izlemek amacıyla 58 noktadan oluşan bir jeodezik nivelman ağı kurmuştur. Bu ağda 2016 ile 2017 yıllarında deformasyon ölçüleri yapılmış olup, bu verilerle üretilen deformasyon analizleri incelendiğinde ise N.7 noktasında yapılan tüm kampanya ölçüleri ve dengeleme hesapları sonucunda özet olarak -10 mm altında bir hareket tespit edilmiştir. Sonuç olarak barajlar gibi oldukça büyük ve uzun zamanlarda yapılan mühendislik eserlerinde deformasyon ölçülerinin zaman içinde tekrar yapılıp takip edilmesinin gerekliliğine vurgu yapılmıştır.

Tekdal (2007), Bolu dağı çıkısında bulunan iki viyadükte 1999 depremi sonrası deformasyonların belirlenmesi için çeşitli hesaplamalar ve analizler yapmış olup, yersel yöntemle bulunan koordinatlar tek nokta sabit (Yığılca) alınmış ve serbest (zorlamasız) dengelenerek deformasyon ölçüleri yapılmıştır. Çalışmada yapılan hesaplar ile özellikle bazı viyadük ayakları arasındaki mesafelerin proje değerlerine göre değiştiği gözlemlenmiş olup, bu tür riskli bölgelerde bulunan mühendislik eserlerinin zaman içinde belli aralıklarla ölçülüp takip edilmesi gerekliliği ortaya konulmuştur.

Yalçın (2019), alüvyon zemin üzerinde bulunması ve ayrıca Afyon Akşehir Grabeni gibi aktif bir bölgede bulunmasından dolayı Bolvadin ilçesinin yüzey deformasyonlarının araştırmasını yapmıştır. Çalışmada deformasyonlara dik olacak şekilde 9 adet profil şeklinde nivelman ağı tesis edilmiş olup, hassas nivelman yöntemi ile gidiş dönüş nivelmanı yapılarak ölçüler arasında fark olarak 2-3 mm bulunmuştur. Ayrıca burada, 2017 yılında kuzey doğudaki noktaların değişimi yıllık -10 mm iken 2018 yılında -40 mm değerlerine yükselmiş ve ayrıca güney batıda ise bu değerler -63 mm'ye kadar çıkmış olup, bu sonuçlardan deformasyonların homojen olmadığı ve çeşitlilik gösterdiği de anlaşılmıştır.

Yılmaz ve Demirsoy (2022), Trabzon ili, deniz limanı alanı içerisinde bulunan TRBZ adlı mareograf istasyonu etrafındaki alanda oluşan düşey yöndeki hareketliliği araştırmıştır. Çalışmada Jeodezik nivelman kontrol ağı kurulmuş olup, sabit noktaları tesis edilmiş ve bu noktalarda meydana gelebilecek deformasyonlar gözlemlenmiştir. Bütün noktalara yönetmelikteki mesafelere uymak kaydıyla geometrik nivelman ile hassas bir şekilde ölçüleri yapılmış ve serbest ağ yöntemine göre MATLAB R2016b adlı programda yazılan algoritmalarla dengelenmiştir. Çalışma bölgesinde dikkate alınacak bir deformasyon tespit edilmemiştir.

Uluişik (2006), İstanbul'da bulunan yüksek binalardan biri olan 42 katlı Şişli Plaza'da, yapı hareketlerinin takip edilmesi ve gözlenmesine dair bir çalışma yapmıştır. Çalışmada 5 noktalı bir jeodezik ağ oluşturulmuş, 30 saniye aralıklı statik ölçüler yapılarak değerlendirilmiştir. Sonuçta yapılan ölçüler karşılaştırıldığında bağıl koordinat değişiminin 5 cm, maksimum genliğinin ise 5mm olduğu sonucuna varılmıştır. Çeşitli iç ve dış kuvvetler sonucunda yüksek binalardaki hareketlerin GNSS ile ölçü ve analizinin yapılabileceği görülmüştür.

3. NİVELMAN

3.1 Yerkabuğu

Türk Dil Kurumu sözlüğünde (TDK, 2023) yerkabuğunu, Dünya'nın dışını çepeçevre kaplayan, üzerinde karalar ve denizlerin bulunduğu bölüm olarak tanımlanmaktadır.

Dünyamız güneş etrafında ve kendi etrafında devamlı bir şekilde hareket halindedir. Ayrıca yine dünyamız devamlı şekilde hareketlenmenin olduğu dinamik bir yapıya sahiptir. Bu tür hareketler dünyamızın yüzeyinde gözle görülen veya görülemeyen derece şekil ve konum değişikliklerini meydana getirmekte olup bu değişimlerde başta deprem olmak üzere birçok bilimsel konuyu yakından ilgilendirmektedir.

Oluşabilecek depremler mutlaka yerkabuğunda belli bir seviyede deformasyon meydana getirecektir. Bu deformasyon miktarının tespit edilmesi ve bilimsel olarak ölçülmesi oldukça önemlidir. Deformasyon analizleri yatay ve düşey yönde yapılan hesaplar ve modellemelerle incelenir.

3.2 Nivelman Ölçü Yöntemleri

“Yeryüzü noktalarının karaların altında da devam ettiği varsayılan ortalama deniz yüzeyinden (başlangıç yüzeyi yani sıfır yükseltili yüzey olarak alınabilir ve bu yüzey Geoit olarak adlandırılmıştır) olan düşey uzaklığına ‘yükseltisi’, yeryüzü noktalarının çekül doğrultusunda başlangıç yüzeyine yani geoide olan düşey uzaklığına ise ‘yüksekliği’ veya ‘kotu’ denilmektedir.” (Özerman, 2012).

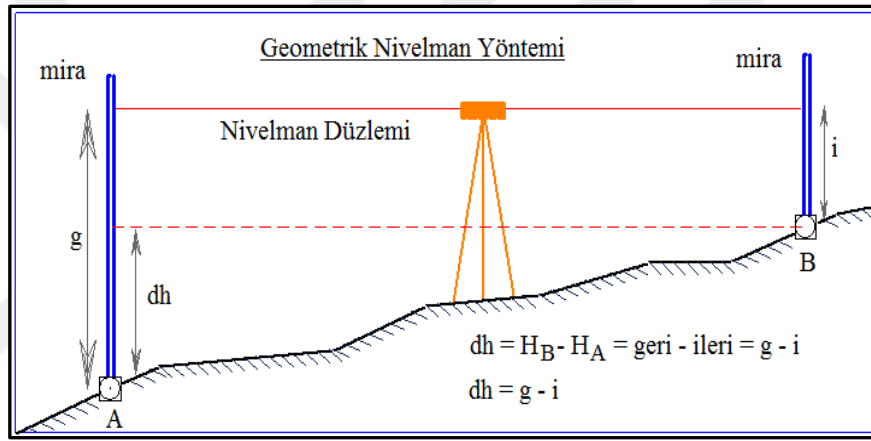
Yeryüzü üzerinde bulunan noktalar arasındaki düşey yöndeki mesafe farkına yükseklik farkı ve bu farklarının ölçülmesine işlemlerine nivelman ismi verilmektedir.

Yükseklik farklarının ölçülmesinde 4 yöntem vardır.

- Geometrik nivelman
- Trigonometrik nivelman
- Barometrik nivelman
- Prezisyonlu nivelman

3.2.1 Geometrik nivelman

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin (BÖHHBÜY) 29'uncu maddesine göre, Noktaların Helmert Ortometrik Yükseklikleri geometrik nivelman, trigonometrik nivelman veya GNSS nivelmanı yöntemlerinden biriyle belirlenir. Şekil 3.1'de gösterilen geometrik nivelmanda, kotu belirlenecek noktalar arasında düşey doğrultu yönünde yatay düzleme olan mesafeleri ölçülmekte olup, bu iki nokta arasında bulunacak olan farka da yükseklik farkı veya kot farkı denilmektedir. Kotu belirlenecek noktalar arasında ölçüler bir gidiş ve bir dönüş olmak üzere iki periyotta yapılır. Bu iki ölçü arasındaki farkın doğruluk değeri km. bazında standart sapma değeri ile ifade edilmektedir.



Şekil 3.1. Geometrik nivelman yöntemi.

BÖHHBÜY'nin 30'uncu maddesine göre, ana ve ara nivelman ağındaki yükseklik farkları ile bağlantı nivelmanındaki yükseklik farklarının belirlenmesinde, gidiş-dönüş nivelmanı yapılır ve gidiş-dönüş nivelmanı ile yükseklik farkının $\pm 1,5$ mm/km veya daha iyi duyarlılıkla belirleyebilen nivo ve miralar kullanılır.

Her türlü mühendislik uygulamalarında ve teknik hizmetlerde geometrik nivelman bir ölçü yöntemi olarak kullanılır. Ölçüde oldukça hassasiyet istenen köprü, baraj vb. mühendislik yapılarında düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde ve ülkenin yükseklik ağlarının birinci ve ikinci derece nivelman noktalarının ölçümünde ise hassas nivelman yöntemi kullanılır.

Hassas geometrik nivelman yöntemi, özellikle viyadük ayakları, köprüler, baraj gövdesi ve çevresindeki çökmelerde kullanılır. Ölçüm işlemlerinde hassas nivo ile

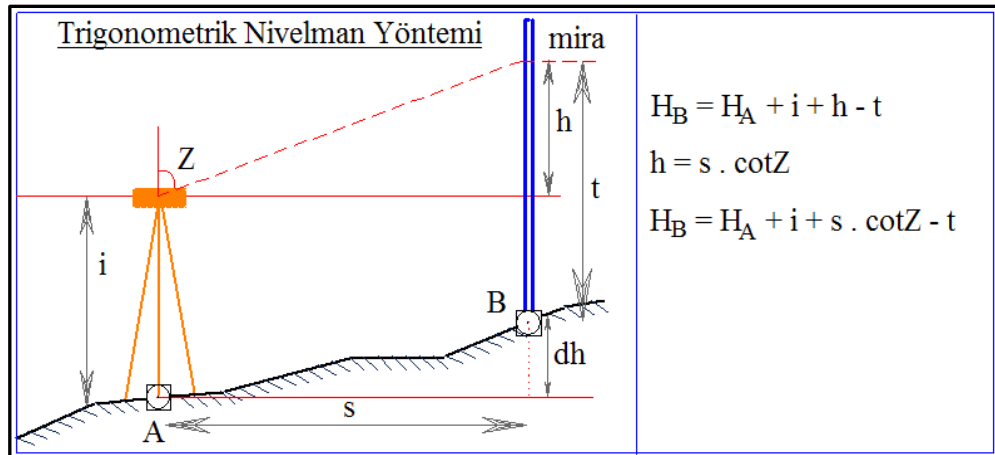
birlikte çift taraflı invar miraları tercih edilir. Ölçümlere başlamadan aletlerin eksen ve diğer hataya sebep olabilecek işlemlerin kontrolleri yapılmalıdır (Alçay, 2014).

Hassas nivelmanda yüksek doğruluk elde etmek için;

- Alet sehpası sağlam bir zemine üçayağı dengeli bir şekilde kurulmalıdır,
- Gözlem sırasında iki mira ortasında alet olmalı ve mira ile alet arası 30 m'yi geçmemelidir,
- Refraksiyon etkisini azaltmak için mira okumaları en az 70 cm ve üstünde olmalıdır,
- Mira bölüm başlangıç hatasını gidermek için, ölçüme hangi mira ile başlamışsa aynı mira ile bitirilmelidir,
- Ölçü zamanı olarak, kapalı havaya sahip ortamlar tercih edilmelidir,
- Ölçüm en kısa zamanda bitirilmeli, hususları dikkate alınmalıdır (İnal, 2010).

3.2.2 Trigonometrik nivelman

Trigonometrik nivelmanda, kotu belirlenecek noktalar arasında düşey yönündeki farkları, bu iki nokta arasındaki mesafe ve düşey açı yardımıyla bulunur. Hassasiyet 1 km'de ± 1 cm ile ± 10 cm arasındadır. Ağırlıklı olarak konum koordinatlarının tespiti için oluşturulan jeodezik ağlarda nokta yüksekliklerinin belirlenmesi çalışmalarında kullanılan trigonometrik nivelman yöntemi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Ayrıca bu yöntem özellikle geometrik nivelmanın hassas bir şekilde uygulanamayacağı engebeli arazideki her türlü yükseklik ölçmesinde uygulanır (Erkaya, 2006).



Şekil 3.2. Trigonometrik nivelman yöntemi.

3.2.3 Barometrik nivelman

Deniz seviyesinde belli bir değerde olan hava basıncı yukarılara doğru çıktıkça düşmektedir. Hava basıncı, atmosferik koşullar nedeniyle yer değiştirebilir. Örneğin ısınan havanın yükselmesi, soğuyan havanın çökmesi gibi durumlar hava basıncında değişikliklere neden olmaktadır.

Hava basıncı, dünyayı çevreleyen havanın içindeki moleküllerin ağırlığıdır. Hava basıncı, barometre cihazı ile ölçülür. Barometre, havanın ağırlığının ölçülmesinde en doğru sonucu verecek olan alettir. Barometrik nivelmanda iki nokta arasındaki yükseklik farkı $\pm 1-2$ m incelikte bulunur. Sadece keşif işlerinde Barometrik nivelman yöntemi kullanılır.

3.2.4 Hidrostatik nivelman

Fizik konularında gördüğümüz birleşik kaplardaki suların aynı seviyede bulunması ilkesinden yararlanarak hortumlu su düzeci denilen aletlerle, kotu istenen noktaların arasında yükseklik farklarını ± 0.01 mm incelik ile ölçebilmektedir. Genel olarak hidrostatik nivelman, Şantiye ölçüm işlemlerinde kullanılır. Ayrıca yüksek hassasiyet isteyen Makine aplikasyon işlerinde kullanılır. Kapalı yerlerde düşey yöndeki deformasyonların ölçülmesi işlerinde başarıyla kullanılmaktadır.

3.3 Yükseklik Sistemleri

Ülke nivelman ağlarının ölçüm ve akabinde yapılan dengeleme hesaplarında kullanılan başlangıç yükseklik değerleri için deniz yüzeyinin başlangıç olarak alınabileceği düşünülürdü. Zaman içinde farklı ülkeler de yapılan bu işlemler sonucunda ağlar bir farklı noktalarda bir araya gelmiş ve yapılan incelemelerde bunun hatalı olduğu görülmüştür. Örneğin, 1862'deki ölçümlere göre Atlantik seviyesi, Akdeniz seviyesinden 64 cm daha yüksek bulunmuştur (Erkaya, 2006).

Nivelman sonuçlarına normal ağırlık ivmesi ile ortometrik düzeltmeler getirilince iki seviye arasındaki farkın çok daha az olduğu görülür. Zamanla yapılan hesaplamalar sonucu deniz seviyelerindeki farkların ölçü hataları içinde kaldığı anlaşılmıştır. Sonuçta her ülkenin kendi nivelman ağının en yakın noktayı deniz seviyesine bağlanması gereği ortaya çıkar (Ulsoy, 1976).

3.4 Nivelman Ağları

Yükseklikleri tespit amacıyla tesis edilmiş ve ölçüleri yapılmış olan noktaları birbirine bağlayan hatların oluşturduğu ağlara nivelman ağları denir. Hatların hassasiyetlerine göre nivelman ağları değişik geçkilerden meydana gelir.

Nivelman geçkileri, inceliklerine göre I.-II. Derece nivelman ve diğer nivelman ağları şeklinde ifade edilir Ülke nivelman ağları ve deformasyon ölçmeleri gibi araştırma işlerinde I. ve II. derece nivelman ölçmeleri uygulanır. Diğer derecelerdeki nivelman ölçmeleri, yüzey nivelmanı gibi bütün yol inşaatı, su işleri, şehir haritalarının yapımı, teknik işlerde uygulanır.

3.4.1 Nivelman ağlarının derecelendirilmesi

BÖHKBÜY'nin 8'nci maddesi c bendine göre, bu yönetmelik kapsamındaki kontrol noktalarının hiyerarşik sınıflandırılması aşağıda belirtilmiştir.

- I. ve II. derece nivelman ağı ve noktaları: Ülke nivelman ağı ve noktaları.
- III. derece nivelman ağı ve noktaları (ana nivelman ağı): En çok 40 km uzunluğundaki luplarla üst dereceli ağlara dayalı sıklaştırma ağı ve noktaları.
- IV. derece nivelman ağı ve noktaları (ara nivelman ağı): En çok 10 km uzunluğundaki luplarla üst dereceli ağlara dayalı sıklaştırma ağı ve noktaları.
- V. derece nivelman ağı ve noktaları: Poligon ve tamamlayıcı nivelman ağı ve noktaları.

❖ Ana nivelman ağı

BÖHKBÜY'nin 32'nci maddesine göre, Ana nivelman ağı, proje alanını kapsayacak şekilde, uzunluğu 40 km'yi aşmayan luplar biçiminde düzenlenir. Nivelman geçkileri; geometrik nivelman yapılabilecek yollar üzerindeki C3 ve daha yüksek dereceli noktalar ve poligon noktaları ile bölgede önceden tesis edilen nivelman ağlarının yüksek dereceli noktalarını içerecek şekilde seçilir. Geçki üzerindeki nokta aralığı en çok 1,5 km olmalıdır. Seçimi yapılan noktalar için belirli bir ölçekte seçim kanavası düzenlenir.

❖ Ara nivelman ağı

BÖHHBÜY'nin 33'ncü maddesine göre, Ara nivelman ağı, başı ve sonu ana nivelman ağı noktalarına bağlı toplam uzunluğu 10 km'yi geçmeyen nivelman geçkileri veya en az iki ana nivelman noktasını içeren ve toplam uzunluğu 10 km'yi geçmeyen luplar biçiminde planlanır. Geçki üzerindeki nokta aralığı en çok 1 km olmalıdır. Seçimi yapılan ana nivelman noktaları bu Yönetmeliğin 32 nci maddesinde belirtilen seçim kanavasında gösterilir.

❖ Yardımcı nivelman noktaları

BÖHHBÜY'nin 36'ncı maddesine göre, Proje alanı içinde, her dereceden nivelman noktalarının yoğunluğu yerleşim bölgelerinde ortalama 400-500 m aralıklarla ve diğer bölgelerde ortalama 700-800 m aralıklarla olmalıdır. Bu yoğunluğu yeterince sağlamak için yardımcı nivelman noktaları tesis edilir.

BÖHHBÜY'nin 37'nci maddesine göre, Yardımcı nivelman noktalarının yükseklikleri, ana ve ara nivelman noktalarına bağlı nivelman geçkilerinde gidiş-dönüş nivelmanı ile olabildiğince poligon noktalarından geçilerek belirlenir. Bu nivelmanda, gidiş-dönüş nivelmanı ile yükseklik farkını $\pm 2,5$ mm/km (dahil)'den daha iyi doğrulukla belirleyebilen nivo ve miralar kullanılır. Nivelman yolunun uzunluğu bağlantı noktaları arasındaki geometrik uzunluğun iki katını geçemez.

3.4.2 Nivelman kapanma hataları

Nivelman kapanma hataları, ana ve ara nivelman, gidiş-dönüş nivelmanı şeklinde yapılarak ağıdaki yükseklik farkının belirlenmesinde uygulanır. BÖHHBÜY'nin 34'ncü maddesine göre, Ana ve ara nivelman ağındaki yükseklik farkları ile bağlantı nivelmanındaki yükseklik farklarının belirlenmesinde, gidiş-dönüş nivelmanı yapılır ve gidiş-dönüş nivelmanı ile yükseklik farkının $\pm 1,5$ mm/km veya daha iyi duyarlılıkla belirleyebilen nivo ve miralar kullanılır.

BÖHHBÜY'nin 38'nci maddesinde, gidiş-dönüş nivelmanında kapanma değeri (w),

- Ana ve bağlantı nivelmanında : $w_{[mm]} \leq 12 \sqrt{S_{[km]}}$
- Ara nivelmanda : $w_{[mm]} \leq 15 \sqrt{S_{[km]}}$

- Yardımcı nivelmanda : $w_{[mm]} \leq 20 \sqrt{S_{[km]}} + 0.0002 \Delta H$ olmalıdır.

Burada S, km biriminde nivelman yolunun uzunluğu, ΔH iki nokta arasındaki yükseklik farkıdır. Nivelman yolu üzerindeki ardışık noktalar arasında bu kontrol yapılır.

BÖHHBÜY'nin 39'ncu maddesine göre, gidiş-dönüş yükseklik farklarının ortalamalarından hesaplanan lup kapanmaları (w_L);

- Ana nivelmanda : $w_{L[mm]} \leq 15\sqrt{L_{[km]}}$
- Ara nivelmanda : $w_{L[mm]} \leq 18\sqrt{L_{[km]}}$ olmalıdır. Burada L, km biriminde nivelman lup uzunluğudur.

3.4.3 Nivelman ölçülerinin değerlendirilmesi

BÖHHBÜY'nin 40'ncı maddesine göre;

(1) Ana, ara ve yardımcı nivelman ağı, ayrı ayrı veya birlikte uygun ağırlıklandırma ile gidiş-dönüş yükseklik ortalamaları ölçü ve bir nokta sabit alınarak, zorlamasız veya serbest dengelenir ve uygun testlerle uyuşumsuz ölçüler ayıklanır. Ağda uyuşumsuz ölçü kalmayıncaya kadar dengeleme, uyuşumsuz ölçü testi ve ölçü tekrarına devam edilir. Zorlamasız dengeleme sonucunda birim ağırlıklı ölçünün standart sapması 1 km'lik yoldaki yükseklik farkının standart sapması) ± 10 mm (dahil)'den küçük olmalıdır.

(2) TUDKA99 noktalarının, oluşturulan nivelman ağı ile uyumlu olup olmadığı test edilir ve uyumlu TUDKA99 noktalarının yükseklikleri sabit alınarak, topluca veya ana, ara ve yardımcı nivelman ağları ayrı ayrı dengeleme ile bu ağlardaki noktaların Helmert ortometrik yükseklikleri hesaplanır. İstatistik güven aralığı $1-\alpha=0,95$ alınmalıdır.

(3) Yardımcı nivelman ağı ayrı dengelendiği takdirde ağırlıklar eşit alınabilir.

3.5 Ölçü Alet ve Ekipmanları (Nivo-Mira-Sehpa)

3.5.1 Nivo

Erkaya (2006), Nivo geometrik nivelman yönteminde kullanılan ve sadece yatay düzlem prensibi ile çalışan mekanik bir alettir. Aletin çalışma prensibi dürbünün düzeçler yardımı ile yatay konuma getirilmesi ve miraların okunması ile yapılan kullanımı kolay bir alettir. Nivonun ana kısmı dürbün, düzeçler (küresel, silindir) ve tesviye vidalarından oluşur. Bazı nivolarda yatay açı duyarlılığı çok az olan hatta sadece derece ve grad şeklinde ölçen bir yatay daire bulunur. Nivoda diğer aletler gibi üçayaklı sehpa üzerine kurulur ve sadece yatay hareket bağlama ve yatay az hareket vidaları ile ölçmeye hazır hale getirilir.

Nivo sehpasının üçayağı eşit şekilde açılarak sağlam bir zemine yerleştirilir. Şekil 3.3’de gösterilen sehpanın üstüne nivo konur ve bağlama vidası ile nivo sehpayı bağlanır. Üçayak vidaları ile küresel düzeçteki kabarcık merkeze getirilir. Nivo, 180 derece döndürülerek düzeğin yerinde olup olmadığı kontrol edilir. Nivo, önce A sonra B noktasının üzerine tutulan miranın (düzeçli bir şekilde olduğundan emin olduktan sonra) üzerindeki bölmeler ile kıllar şebekesi karşılaştırılarak geri ve ileri okuması yapılır. Aralarındaki yükseklik farkları $A-B = \text{kot farkı}$ şeklinde bulunur.



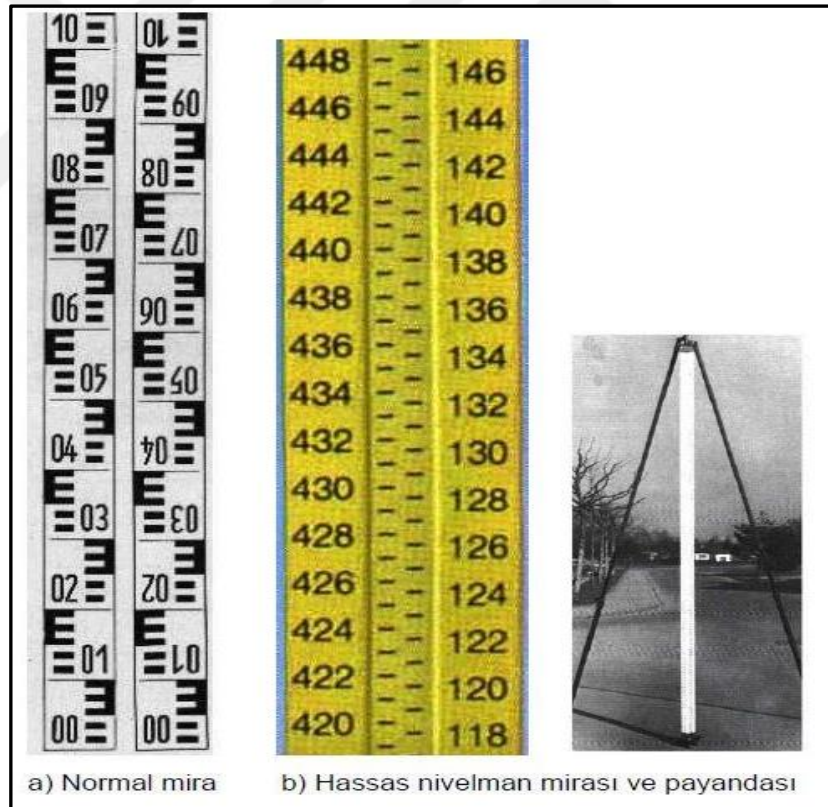
Şekil 3.3. Nivo – Sehpa – Miralar.

Nivelman aletleri, Kullanımda gösterdikleri hassasiyet bakımından farklıdırlar. Yapılan mühendislik çalışmalarının özelliklerine göre farklı incelikte aletlere ihtiyaç duyulur. Nivelmanda incelik, yapılacak olan nivelman ölçüsünün gidiş-dönüş olarak 1 km.de ölçü farklarından hesaplanan standart sapma ile ifade edilmektedir.

Nivelman aletleri, geometrik nivelman yönteminde kullanılan ve sadece yatay düzlem prensibi ile çalışan basit bir alettir. Nivoda bulunan yatay düzlem, 360 derece dönebilen dürbünün yatay duruma getirilmiş gözlem eksenini yardımıyla sağlanır. Düşey eksen ile dürbün 360 derece döner. Silindirik düzeç yardımıyla optik eksen yatay duruma getirilir.

3.5.2 Miralar

Miralar geometrik nivelman ölçü yönteminin üç ana parçasından biridir. Miranın ön tarafı dediğimiz yüzü cm olarak bölümlemeli diğer yüzü ise milimetre bölümleri olan bir metredir. Ölçü yüzeyleri Sıfırdan başlayarak genelde dört metreye kadar işaretlidir. Ahşap veya alüminyumdan yapılır. Alüminyum miralar teleskopiktir. Miralar yedi metreye kadar açılabilir. Miralar kesinlikle bir düzeç yardımı ile düşey olarak tutulur. Ölçünün doğru olması yönünde miraların hatasız olması çok önemlidir.



Şekil 3.4. Normal- Hassas nivelman mirası ve payandası.

Şekil 3.4’de Geometrik nivelman yönteminde kullanılan bazı miralardan örnek verilmiştir. Miralar tarih boyunca yapımında kullanılan malzemeye göre de değişim

göstermiştir. Ayrıca yöntemlerine ve ölçüden beklenen hassasiyete göre değişiklik göstermektedir. Genel olarak ağırlıkta hafif malzemeler tercih edilmektedir.

3.5.3 Ölçme yöntemleri

Hassas nivelman ölçü yönteminde aşağıdaki yöntemler uygulanır.

1- GIIG 2- GGII 3- IGGI 4- IIGG (G= geri okuma, I= ileri okuma)

Ayrıca nivelmanın hızı ve düşey hareketin elde edilmesi açısından GIGI veya IGIG yöntemleri uygun değildir. Bu yöntemlerden en çok GIIG yöntemi kullanılmaktadır. Ölçü yöntemlerinin her birinde bir yön için iki değer okunur ve bu okumaların ortalaması alınır ve bu değer kullanılır. Bu durumda gidiş ve dönüş olarak dört farklı değer elde edilir (Ünver, 1988).

3.5.4 Hata kaynakları

Hassas nivelmanın ortalama hatası 0,50 mm/km'dir. Hassas nivelmanda mm hassasiyetinde ölçü yapıldığı için kullanılan aletlerin, ölçü ve hesap metotlarının bu hassasiyeti sağlayacak şekilde seçilmesi çok önemlidir. Nivelman ölçülerinde genel olarak Nivo ve miradan kaynaklanan aletsel hatalar ile Dış Etkenlerden Kaynaklanan Hatalar olmak üzere sıralanabilir.

Hassas nivelmanın adından anlaşılacağı üzere yapılan ölçülerin mm. İnceliğinde olmasından dolayı seçilen ölçü modeli ile ilgili hata kaynakları hem yükseklik farklarını hem de doğruluk faktörünü de etkilemektedir. Bundan ötürü yapılacak işin istenen incelikte olması için hataların ne olduğunun bilinmelidir. Doğru ve tutarlı sonuç elde edilmesi ve akabinde bilimsel bir tespit yapılamaz. Hassas nivelmanı etkileyen hata kaynakları üç ana başlıkta toplayabiliriz (Ceylan, 1993; Köse, 2018).

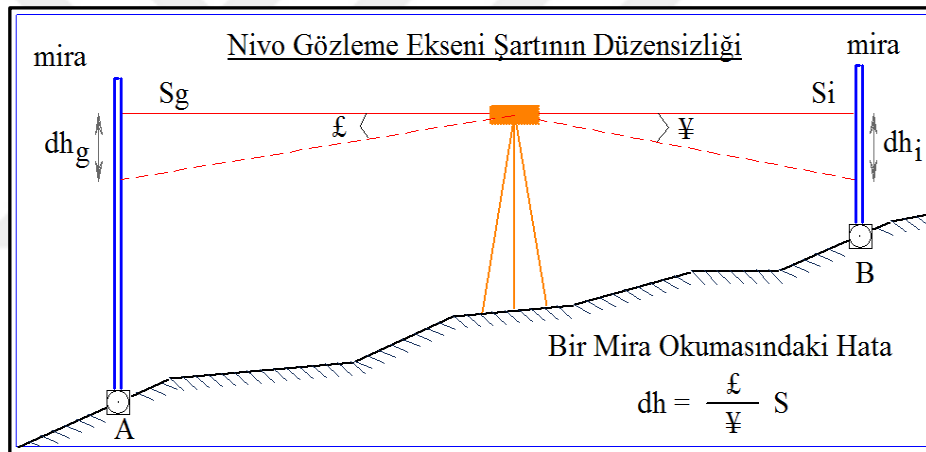
- Nivelardan kaynaklanan hatalar
- Miralardan kaynaklanan hatalar
- Dış ortamdan kaynaklanan hatalar

3.5.4.1 Nivolardan kaynaklanan hatalar

Nivonun ölçme sistemi basit bir ifadeyle nivo dürbününden direkt olarak miraya bakılarak okunmasıdır. İşte bu okuma işleminin özelliği nivonun ana parçası olan dürbünün yüzeye paralel olmasıdır. Bu paralellikten dolayı nivonun gözleme ekseninin yatay bir düzlem oluşturması ve bunun sabit kalması gerekir. Bu şartı sağlamamasının sebepleri;

➤ Nivo gözleme eksen şartının düzensizliği

Yatay gözlemi sağlayan elemanların paralel olması gerekmektedir. Bunu sağlayan eleman ise kompansatördür. Şekil 3.5’de görüldüğü üzere bu hatayı en aza indirebilmek için miralar ile alet arasındaki mesafe eşit olmalı ve gözlem eksen şartları sık sık kontrol edilmelidir.



Şekil 3.5. Nivo gözleme eksen şartının düzensizliği.

➤ Kompansatörlü nivolarda kompanzasyon hatası

Kompansatörlü nivolarda yatay gözleme şartı kompansatör ile gerçekleşir. Kompansatörün dürbün içindeki konumu zamanla kullanımdan dolayı değişir. Dürbünün içindeki optik elemanları taşıyan telinde zamanla yorulması ve dış etkenlerden dolayı artık kompansatör çalışamaz hale gelir ve gözlem eksen düzen düzensizliğini meydana getirir.

➤ Küresel düzecin eksen şartını sağlamamasından kaynaklanan hata

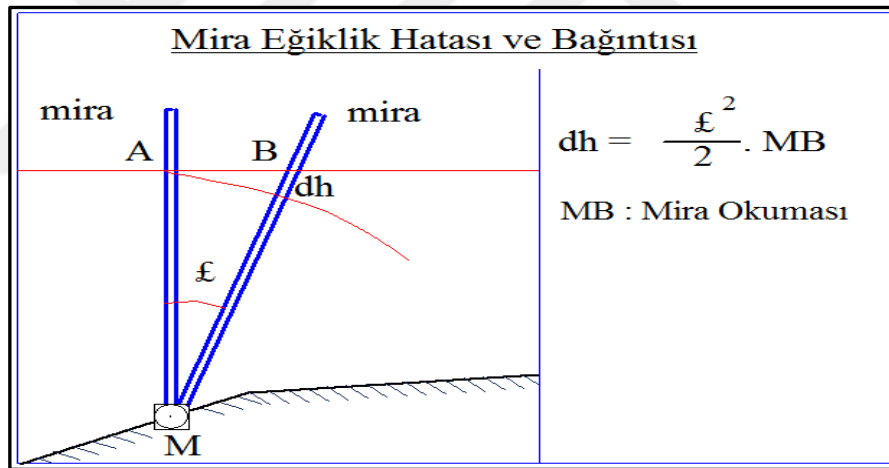
Küresel düzeç düzlemi asal eksene dik olmalıdır. Küresel düzeçi hassas olan nivolarda tercih edilmeli ve sık sık kontrol edilmelidir.

3.5.4.2 Miralardan kaynaklanan hatalar

Ceylan (1993) çalışmasında, Miradan kaynaklanan hatalar ise, hassas nivelmanda ölçme işleminin nivo ve mira ile yapılmasından dolayı miralarda oluşabilecek bir hata doğrudan ölçüye yansiyacaktır. Buda mira hatalarının önemini ölçü için belirleyici yapacaktır. Bu hataların bazıları şunlardır;

➤ Miranın eğik tutulması hatası

Ceylan (1993) çalışmasında, Hassas nivelman ölçmeleri her zaman ve hava koşulunda yapılabilir. Fakat rüzgârlı, yağmurlu ve vb. hava koşullarında miranın dik ve sağlam bir şekilde tutulması zorlaşmaktadır. Uzun süren yoğun çalışmanın verdiği yorgunluk veya dikkatsizlik miranın dik yani düşey bir şekilde tutulmaz ve mira düşey doğrultudan sapabilir. Şekil 3.6'da gösterildiği üzere miranın düşeyden ϵ kadar sapması her mira okumasında işareti pozitif olan bir hataya yol açmaktadır.



Şekil 3.6. Mira eğiklik hatası ve bağıntısı.

MB : Mira okuması

ϵ : Miranın düşey doğrultudan sapma açısı

Bu hatayı ortadan kaldırmak için sık sık mira düzeci kontrol edilmelidir. Ayrıca tam düşey durumdaki mira okuması en küçük okumadır (Ceylan, 1988).

➤ Mira çifti sıfır konum hatası

Ceylan (1993) çalışmasında, İnvar miraların, invar şeridin kasasına yerleştirmede veya zamanla kullanımdan dolayı doğal olarak mira tabanının aşınması nedeniyle mira çifti

sıfır konum hatası oluşabilir. Mira çifti sıfır konum hatasını ortadan kaldırmak için ölçümlerde istasyon sayısı çift olmalı ve ölçüye başlanılan mira ile ölçü bitirilmelidir.

➤ Mira tabanının düzlem olmaması hatası

Hassas nivelmanda kullanılan miraların tabanlarının sağlam ve sert zeminlere tutulması gerekmekte olup bu tabanın ayrıca düzlem ve invar şeride dik olması gerekir. Bu yüzden mira altlıkları kullanılır ve mira bu altlık üzerinde her zaman aynı noktaya tutulmalıdır. Değişik noktalardan tutulan miralar sıfır konum hatasına yol açar.

➤ Mira bölümlendirme hatası

Mira bölüm çizgilerinin standart uzunluk birimlerine göre farklılıkları (Sapma) mira bölümlendirme hatasını oluşturur.

3.5.4.3 Dış ortamdan kaynaklanan hatalar

Ceylan (1993) çalışmasında, Ölçümler atmosfer koşullarında yeryüzünde yapıldığında dış etken olarak fiziksel değişiklikler hataya neden olmaktadır. Bu hatalar;

- Nivo ve miranın çökme hatası
- Manyetik alanların kompensatörlü nivoları etkisi
- Sıcaklığın nivo ve miraya etkisi
- Düşey refraksiyon etkisi
- Gravite alanının etkisi
- Gel-git hatası

Hassas nivelmanda yüksek doğrulukta sonuç elde edebilmek için;

- Kullanılan sayısal nivoların küresel düzeçleri sürekli kontrol edilmelidir. Nivoların kaba yataylanması küresel düzeç, hassas yataylanması da silindirselsel (boru) düzeç kullanılır.
- Cihazdan kaynaklanan hataları giderebilmek için belirli sıklıkta kalibrasyon yapılmalıdır.
- İnvar miraların üzerinde bulunan küresel düzeç sık sık kontrol edilmelidir.
- Ölçme esnasında mira üzerinde okunan en küçük değer alınmalıdır. Ayrıca 500 mm

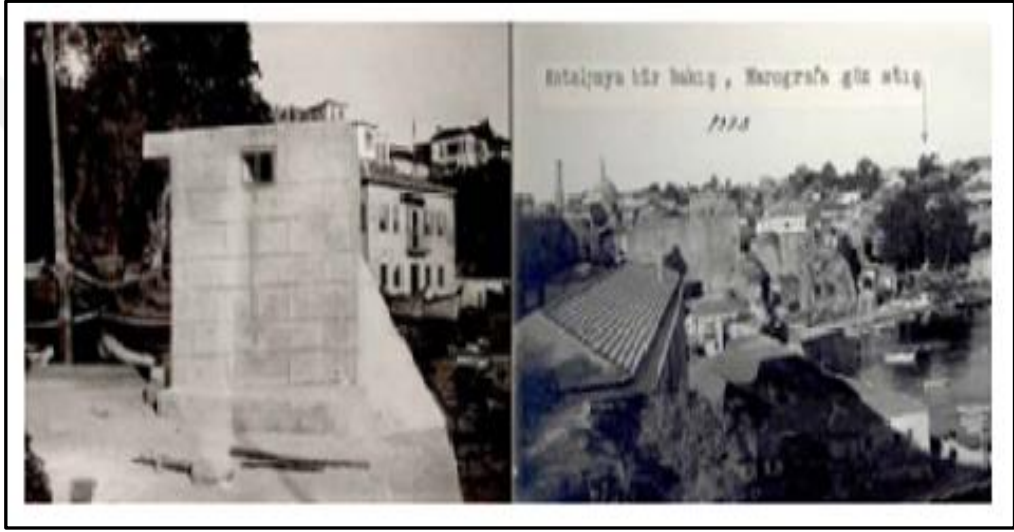
altında ölçü yapılmamalıdır.

- İnvar miraların kalibrasyonu belirli aralıklarla yapılmalıdır.
- Hassas nivelman ölçü zamanı olarak refraksiyonun (yansıma) az olduğu saatler tercih edilmelidir. Genelde öğle saatleri refraksiyonun yüksek olduğu saatlerdir ve ölçü için tercih edilmemelidir. Güneşli havalarda alet şemsiye ile korunmalıdır.
- Ölçü sırasında mira altlıkları sert ve sağlam zemine sabitlenmeli ve daha sonra mira aynı noktaya tutulmalıdır.
- Miraların sıfır hatasını gidermek için alet kurma sayısı çift olmalıdır
- Mira bölüm başlangıç hatası için ölçüm hangi mira ile başlamışsa aynı mira ile bitirilmelidir.
- Alet ile mira arası 40-45 m'yi geçmemeli ve uygun olmayan hava koşullarında 30 metreyi geçmemelidir. Bu mesafe miralar ile alet arasında (geri ve ileri) aynı olmalıdır.
- Mira, mira altlığı üzerine hep aynı noktada tutulmalıdır.

4. TÜRKİYE ULUSAL DÜŞEY KONTROL AĞI (TUDKA)

4.1 Düşey Kontrol Ağının Tarihçesi

Erkaya (2006) çalışmasında, Ülkemizde TUDKA yani Düşey Kontrol ağı ile ilgili yükseklik değerlerini tespit etme çalışmalarına 1935 yılında tesis edilen Antalya Limanı içine mareograf istasyonunun kurulması ile başlanmıştır. 08 Haziran 1935 tarihinde çalışmaya başlamıştır. I-II ve III derece nivelman noktalarının tespit ve inşa edilmesi ile ölçüm çalışmaları başlamıştır. Şekil 4.1’de nivelman nokta tesislerine ilişkin olarak örnek verilmiştir.



Şekil 4.1. Antalya limanı ve mareograf istasyonu (Türkezer vd., 2011).

- Ana Nivelman noktaları mevcut kara ve demir yolları boyunca yaklaşık 2,5- 3 km bir uzunlukta oluşturulmuştur.
- II. derece Nivelman noktaları ise ana nivelman noktalarının arasını sıklaştırmak ve birbirine bağlamak amacıyla tesis edilmiştir.
- III. derece Nivelman noktaları ise sıklaştırmak amacıyla tesis edilmiştir.

Ana nivelman noktaları loop kapanma mesafesi olarak 650-1400 km.dir. Bu kapanmanın hatası ise 10-15 cm.dir.

“Ölçmeler Wild N3 ve 1988’den itibaren Zeiss Ni 002 nivoları ile invar miralar kullanılarak yapılmıştır. 1955 yılında İstanbul Boğazı’ndan (860 m) ve Çanakkale Boğazı’ndan (1450 m) vadi geçiş nivelmanı ile karşıya geçilmiştir.” (Şerbetçi, 1995).



Şekil 4.2. 1960 yılında gerçekleştirilen birinci derece nivelman çalışmaları (Türkezer vd., 2011).

1965 yılındaki ilk dengeleme hesaplarından sonra değerlerde bazı farklılıklar tespit edilmiştir. Ülkedeki mareograf istasyonlarının orta yerinde bir istasyon kurulmuş ve buraya ortalama kot taşınarak başlangıç kotu olarak kabul edilmiştir (Şerbetçi, 1992). Fakat bu çalışma sonucunda ortak noktalarda yükseklik farklarının yüksek olduğundan dolayı 1936 ila 1958 tarihleri arasındaki 22 yıllık tespitlerin ortalaması alınmış ve ortalama deniz seviyesine göre kot değerleri verilmiştir. Şekil 4.2 ve 4.3'te bu çalışmalara ait görseller sunulmuştur.



Şekil 4.3. Geometrik nivelman yöntemi ile çalışan ekip.

1983 yılında Antalya, İzmir/Menteş, Bodrum ve Erdek kıyılarında yeni mareograf istasyonları kurulmuş ve bunların devreye girmesiyle önceki mareograf istasyonları iptal edilmiştir. Bunun temel amacı ise yapılan dengeleme çalışmaları sonucunda yerçekimi değerlerinin önemli olduğu ve temel nivelman ağlarının uluslararası standartları yakalaması çalışmalarıdır. Bu çalışmalar sonucu elde edilen verilerden Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı – 1999 (TUDKA-99) oluşturulmuş olup karakteristikleri Şekil 4.4’de sunulmuştur.

TUDKA'NIN OLUŞTURULMASI VE KARATERİSTİKLERİ		
TUDKA-99 Karakteristikleri		
Referans Sistemi	:	Türkiye Ulusal Düşey Referans Sistemi
Referans Çerçevesi	:	Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99)
Düşey Datum	:	Antalya mareograf istasyonu, 1935-1971 dönemi ortalama deniz seviyesi
Gravite Datumu	:	TTGA99
Yükseklik Sistemi	:	Ortometrik
Periyot	:	1935-2005
Nokta Sayısı	:	25.680 adet
Uzunluk	:	29.316 km
Düğüm Noktası Sayısı	:	274 adet
1'nci Derece Hat Sayısı	:	158 adet (4√5 mm)
2'nci Derece Hat Sayısı	:	85 adet (8√5 mm)
Ölçülen Gravite Sayısı	:	21.568 adet
Kestirilen Gravite Sayısı	:	4.112 adet
Dengeleme Modeli	:	$\Delta C_i = \sum_{j=1}^n \frac{g_j + g_i}{2} \Delta y_{ji}$, Gözlem: Jeopotansiyel Sayı
Ağırlık	:	$P_i = \frac{200}{t^2 S_i}$, Mesafenin tersi, t=1.414 (1'nci derece hat), t=2.828 (2'nci derece hat), t: 1 km nivelmanda yükseklik farkının standart sapması
Kaba Hata	:	Data Snooping

Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu , TUJK 2012, Zonguldak, 28-30 Mart 2012

Şekil 4.4. TUDKA-99 Karakteristikleri.

4.2 Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı–1992 (TUDKA92)

1970 yılına kadar yapılan Düşey Kontrol ağı tesis çalışmalarında 158 tane I. derece ve 87 tane II. derece geometrik nivelman hattının ilk faz ölçümleri yapılmıştır. 1956 ila 1970 yılları arasında yapılan bu çalışmalarda düşey kontrol noktalarında gravite ölçülmemiştir. 1973 yılına kadar yapılan bütün tesis çalışmaları gözden geçirilmiş gerekli olan yenilemeler yapılmıştır. Bu yenileme çalışmalarında tahrip olanlar varsa yeniden tesis edilmiş, ek gereken yerlere de yeni tesisler yapılmıştır. Tüm yenileme çalışmaları tamamlandıktan sonra Düşey Kontrol noktalarında gravite ölçüleri yapılmıştır. Bu yenileme çalışmaları esnasında 151 adet I. derece ve 39 adet II. derece nivelman hattı 1993 yılına kadar yenilerek ölçümü yeniden yapılmıştır. Bu tesislere ilişkin hem duvar hem de yer noktası birer örnek olarak Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Nivelman duvar ve yer noktası (Türkezer vd., 2011).

İki yeni II. derece nivelman hattı tesis edilerek ölçülmüştür. Yapılan bu tüm çalışmalardan elde edilen ölçülerin gravite değerleri ile birlikte ilk değerlendirmesi yapılarak Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı–1992 (TUDKA92) oluşturulmuştur. II. Derece nivelman hatlarından 52 adedi Ölçümü yenilenmemiş bu değerlendirmeye alınmamıştır (Demir ve Cingöz, 2002).

BİRİNCİ PERİYOT ÖLÇÜMLER

1935-1970 yıllarında yapılan geometrik nivelman ölçüleriyle

158 Adet I. derece (19.800 km)

87 Adet II. derece (8.900 km)

Toplam **28.700 km** uzunluğunda nivelman hattı



Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu , TUJK 2012, Zonguldak, 28-30 Mart 2012

Şekil 4.6. 1935-1970 yılları arası birinci periyot ölçüleri.

TUDKA noktalarına ait ölçüler birinci ve ikinci periyot ölçüleri olarak Şekil 4.6’da ve Şekil 4.7’de sunulmuştur.

İKİNCİ PERİYOT ÖLÇÜMLER

Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı - 1992 (TUDKA-92)

1970 öncesi

5 Adet I. derece

1973-1991 yılları

151 Adet I. derece

35 Adet II. derece

~~Normal Ortometrik~~

~~NRN~~

Jeopotansiyel Sayı Sisteminde
Helmert Ortometrik Yükseklik

Antalya ortalama deniz seviyesi
(1936-1971)

Türkiye Ulusal Yükseklik Sisteminin Modernizasyonu , TUJK 2012, Zonguldak, 28-30 Mart 2012

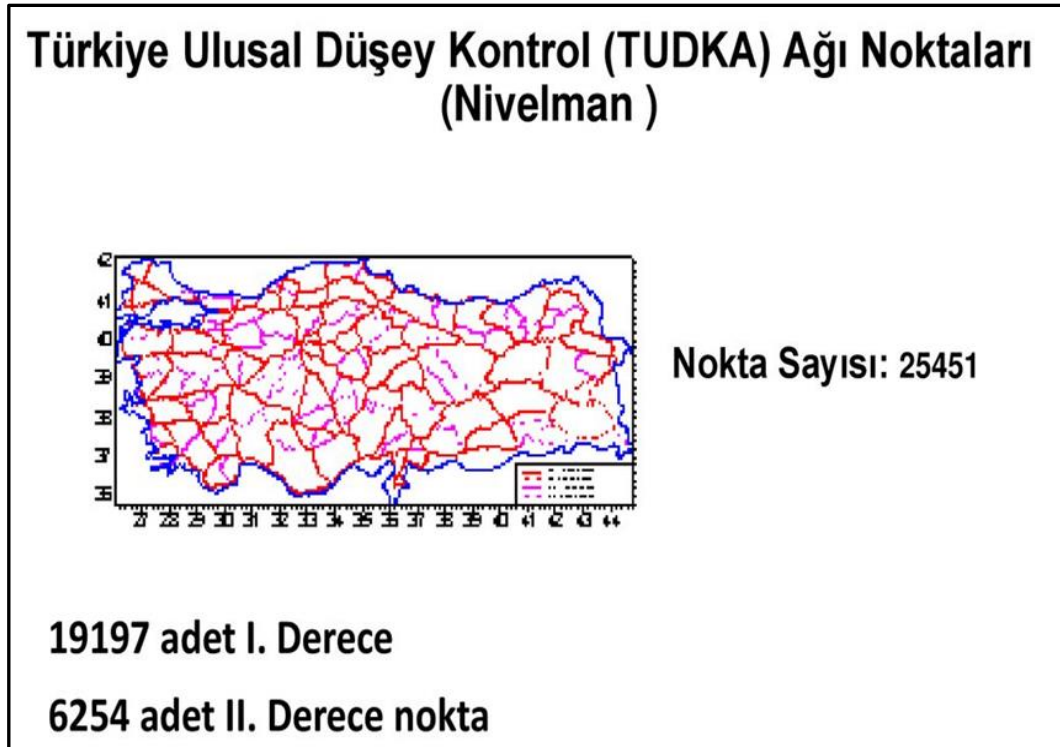
Şekil 4.7. TUDKA-99 İkinci periyot ölçüleri.

4.3 Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA99)

TUDKA92 oluşturulması için yapılan dengelemeler bittikten sonra yapılan istatistik analizde, uyumsuz olduğu saptanan üç adet Nivelman hattının uyumsuz olduğu bulunmuş ve devre dışı bırakılmıştır. 1999 yılına kadar bu Nivelman hatlarında yeniden ölçü işlemleri yapılmıştır. Bazı hatlar devre dışı bırakılmıştır. Yine bazı hatlarda yeni Nivelman hatları eklenmiştir. Bazı hatlarda noktaların tamamında gravite değerleri prediksyonla kestirilmiştir. 1/25000 ölçekli haritalardan koordinatları enlem ve boylam şeklinde okunarak sayısal verileri elde edilmiştir. Yukarıda bahse konu olan çalışmalar tamamlandıktan sonra TUDKA dengelemesi yeniden yapılarak, TUDKA99 oluşturulmuştur.

“Bu değerlendirmeye 1970 yılından sonra ölçülen 151 adet I. derece ve 41 adet II. derece ile 1970 yılından önce ölçülen 7 adet I. derece ve 44 adet II. derece geçki olmak üzere toplam 243 adet I. ve II. derece geçki dâhil edilmiştir.”

TUDKA99 toplam 29316 km uzunluğunda, 243 Nivelman hattı ve 25680 Düşey Kontrol noktasından oluşan ağın dengelenmesiyle oluşturulmuş olup ağa ait noktaların gösterimi ve dereceleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Türkiye Ulusal Düşey Kontrol Ağı-1999 (TUDKA-99).

Türkezer vd. (2011) çalışmalarında, HGK Ülke Düşey kontrol noktaları ve bunları birbirine bağlayan Nivelman hatları genelde karayolları boyunca tesis etmiştir. Double yol yapımı ve yol genişletme çalışmaları esnasında noktaların büyük bir kısmı tahribata uğramıştır.

Yine yeryuvarı ve kabuğunda devamlı hareket olması yüksekliklerinde değişmeler meydana getirmektedir. Tahribat oranının birinci derece nivelman ağında %80 oranında olduğu değerlendirilmektedir.

Bu sorunun giderilebilmesi için ülke yükseklik sistemimizin modernizasyonuna; yirmi birinci yüzyılın gereklerine uygun güncel, güvenilir, hızlı ve zamana bağlı bir yükseklik sisteminin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Ülke Düşey Kontrol ağını oluşturan noktaların %80'inin tahrip olduğu değerlendirilmektedir. Oldukça yüksek bir tahribat oranı ile birde Jeoidimizin doğruluk derecesinin (± 12 cm.) civarında olması GPS ile yükseklik hesaplarında sıkıntı yaşanmakta ve ülkemiz için bir zafiyet ortaya çıkmaktadır. Bu sıkıntılardan kurtulmanın yolu bir yükseklik sisteminin oluşturulmasına ihtiyaç duyulmakta olup, ülke yükseklik sisteminin modernizasyonu kapsamında;

- Tüm nivelman hatlarının yenilenmesi
- Jeoidin iyileştirilerek bazı nivelman hatlarının yenilenmesi
- Sadece jeoidin iyileştirilerek düşey datum olarak kullanılmasıdır.

5. DEFORMASYON ÖLÇMELERİ VE ANALİZİ

5.1 Deformasyon

Yerkabuğunda doğal olarak veya mühendislik eseri olarak yapılmış olan kalıcı ve geçici yapılarda zamana bağlı olarak veya geçici etkilerden dolayı geometrik şekillerinde değişimler meydana gelmektedir. Bu değişimlere Deformasyon adı verilmektedir. Deformasyonlar, bu yapıların geometrik şekillerinde meydana gelen değişimlere göre kalıcı ve elastiki deformasyon olmak üzere ikiye ayrılırlar.

Deformasyonların meydana gelmesi için dış etkenler sonucunda bazı koşulların oluşması gerekmektedir. Bu deformasyonların tespiti için yapılan mühendislik ölçmelerine Deformasyon ölçmeleri denmektedir. Belirlenen bu deformasyonların değerlendirilme ve yorumlama işlemlerine Deformasyon Analizi denilmektedir. Deformasyon analizi yapabilmesi için bazı modeller geliştirilmiştir.

- Statik,
- Kinematik,
- Dinamik,
- Uyum model olmak üzere dört farklı model geliştirilmiştir.

Deformasyonların tespit edilmesi için jeodezik kontrol ağları kurulmakta ve bu ağlarda değişik zaman aralıklarında ve farklı periyotlarda yapılan ölçülerin değerlendirilmesi ve buna bağlı olarak yapılan yorumlama sonucunda deformasyon analizi gerçekleştirilmektedir.

Deformasyon hem düşey hem de yatay doğrultudaki konum değişiklikleri şeklinde görülür. Düşey konum değişimleri, hassas nivelman, deniz seviyesi değişimlerinin izlenmesi, duyarlılık gravite ölçüleri, trigonometrik yükseklik belirlenmesi yardımı ile saptanmaktadır.

Jeodezik kontrol ağlarında deformasyon belirlenmesinde yatay ve düşey doğrultu için genellikle GNSS, yalnızca düşey doğrultu için genellikle hassas nivelman yöntemiyle yapılan ölçüler kullanılır. Geometrik nivelman, Hassas Nivelman ölçü yöntemidir. Harita Genel Müdürlüğü tarafından kıyılardaki uzun dönemlerde deniz seviyesi değişimleri mareograf istasyonları yardımı ile izlenir.

Bu ölçüler jeodezik açıdan yükseklik sistemleri için düşey datum belirleme çalışmalarında ve düşey yer kabuğu hareketlerinin belirlenmesi gibi birçok önemli alanda kullanılır. Bu alanlarda doğru ve güvenilir sonuçlara ulaşılabilmesi için mareograf istasyonunun herhangi bir yer kabuğu hareketinden etkilenmemesi oldukça önemlidir. Bir başka ifade ile deformasyon,

“Yer kabuğunda, endüstriyel tesislerde ve çok katlı mühendislik yapılarında devamlı ve devamsız etkiler altında oluşan boyut değişimlerine deformasyon denir.” (Çalışkan, 2021). Bu devamlı ve devamsız tesirler şunlardır;

- Zeminin fiziksel özellikleri
- Bölgedeki yer kabuğu hareketleri
- Yapı etkileyen hareketli dış yükler
- Çeşitli jeolojik ve atmosferik etmenler
- Suyun dinamik basıncı gibi maddelendirmek mümkündür (Uysal, 2012).

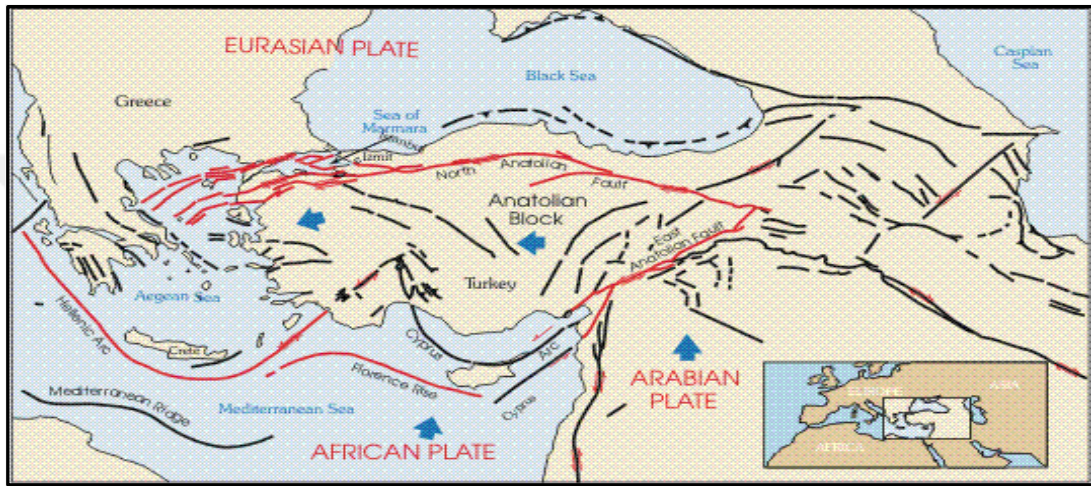
Mühendislik eserlerinde yapımından önce yapının mimari tasarımları ve akabinde inşaatların yapılması ile kullanımı başladığını ve bu yapıların kullanılmaya başlaması ile birlikte bazı etkenlerden dolayı yapının geometrik şeklinde, yapının taşıyıcı sistemlerinde bozulmalar dediğimiz şekil değişiklikleri meydana gelir. Bunların çökme, heyelan, yer kabuğu hareketi olarak depremler vb. hareketlerdir. İşte şekil değişikliklerine sebep olan bu hareketlere deformasyon, bu hareketlerin tespiti için yapılan ölçme işlemlerine deformasyon ölçmeleri denir. Bu ölçülerin değerlendirilmesi sonucu deformasyonlar bulunur. Bu deformasyonların yorumlanmasıyla da deformasyon analizi gerçekleştirilmektedir (Tekdal, 2007).

Deformasyonların izlenmesinin amacı, genellikle,

- Jeofizik, jeoloji, buzulbilimi ve mühendislik bilimlerinde hipotezlerin kurulması ve ispatlanması
- Mühendislik yapılarının güvenlik ve performansının değerlendirilmesi
- Nüfusun, toprak kaymaları, depremler ve mühendislik yapılarından kaynaklanan felaketlerden korunması
- Madencilik, tünel açma ve benzeri çalışmalar sonucu meydana gelen hasarın belirlenmesi şeklinde özetlenebilir (Caspary,1988; Özlüdemir,1993).

Deformasyonların jeodezik yöntemlerle belirlenmesinde, yersel veya uydu bazlı ölçmeler kullanılarak kurulmuş, kontrol ağlarında yapılan ölçmeler kullanılmaktadır.

Yerkabuğunun iç kısımlarında bazı kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkan enerjinin dalgalar halinde hareket ederek genelde yıkım ve tahribatlara sebep olduğu olaylara deprem denir. Türkiye’de konumu yüzünden bu afetlerle sıkça karşılaşmaktadır. Şekil 5.1’de görüldüğü gibi Türkiye, konumundan dolayı tektonik plakalar açısından kritik bir bölgededir (Çelik vd., 2005; Tekdal, 2007).



Şekil 5.1. Türkiye ve çevresinin tektonik haritası (Çelik vd., 2005).

Yeryuvarı, her zaman hareketli dinamik bir yapıya sahiptir. Deformasyon analizleri yatay ve düşey yönde yapılan hesaplar ve modellemelerle incelenir. Yerkabuğundaki deformasyonlar, yeryuvarında geometrik olarak şekil değişikliklerini sebep vermesinden dolayı takip edilmeli ve analizleri yapılmalıdır. Bu analizler yatay ve düşey yönde hesaplanır. Bu hesaplar daha sonra incelenir, analiz edilir.

Yerkabuğu hareketlerinde ve mühendislik yapılarında meydana gelebilecek geometrik değişimleri incelemek amacıyla yapılan ölçümlere deformasyon ölçmeleri denir. Son derece yoğun ve zor çalışmalar gerektiren deformasyon izleme çalışmaları yapabilmek için değişik ölçme yöntemlerinin kullanıldığı çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemlerden en çok tercih edilen ve kullanılanı Jeodezik yöntemle deformasyon izlenmesidir. Yersel ve uzay tekniklerinin yer aldığı teknikler kullanılarak yeryüzü parçasındaki yatay ve düşey deformasyon tespit edilebilmektedir (Kalkan vd., 2003).

5.2 Deformasyon Ölçümleri Neden Yapılmalıdır

Zaman içinde ortaya çıkabilecek problem ve tehlikelerin belirlenmesi için gerekli önlemlerin alınmasına imkân verilmesi için deformasyon ölçmeleri yapılmalıdır. Ölçüler zaman içinde belli periyotlar şeklinde yapılmalıdır (Çalışkan, 2021).

Deformasyon analizlerinin yapılabilmesi için en iki periyotta ölçü gereklidir. Burada ilk yapılan ölçmeler sıfır ölçmesi veya kaynak ölçmesi (t_0), ikinci olarak yapılan ölçmeler tekrar veya yenileme ölçüsü (t_1 , t_2) olarak isimlendirilir. Bu iki periyot arasındaki hıza göre ölçülerin tekrarlanma oranı değişir.

Deformasyonların meydana gelmeden önce tespiti yapılmaz ve gerekli önlemler alınmazsa can ve mal kaybına sebep verebilir. İşte bu yüzden deformasyon ölçümleri yapılması, değerlendirilmesi ve akabinde analizleri yapılarak alınması gerekli tedbirlere karar verilmelidir. Periyotlar şeklinde ölçüler yapılarak deformasyona konu olan cismin deformasyonu izlenmelidir (Uysal, 2012).

5.3 Deformasyonların Sınıflandırılması

Deformasyonlar, şekil değişimlerinin yapısına ve cinsine göre kalıcı ve elastiki olmak üzere ikiye ayrılmaktadırlar.

5.3.1 Kalıcı deformasyonlar

Kalıcı deformasyonlar cismin uğradığı kuvvetin etkisinin bitmesinden sonra önceki konumuna dönemediği çökme, yükselme, öteleme, dönme, açılma, kapanma, genişleme, daralma gibi, oluşan deformasyonlardır. Deformasyona uğrayan obje deformasyona uğradıktan sonra önceki halini alamıyorsa bu tür deformasyonlara kalıcı deformasyonlar denilmektedir (Bilgen, 2017).

Kalıcı deformasyon türleri:

- Çökme (Düşey Ötelenme)
- Kayma (Yatay Ötelenme)
- Dönme
- Dilatasyon

şeklinde gerçekleşebilmekte olup kalıcı deformasyon adında anlaşılabacağı üzere deformasyon meydana geldikten sonra önceki durumuna dönemez.

İnal (2014) çalışmasında, Yerçekimi kuvveti doğrultusunda sağlam bir doğal yüzeyin düşey olarak ve düşeye yakın olarak hareketine çökme olduğunu belirtir. Yapının ağırlığı veya doğal yüzeyin yük ve farklı kuvvetlerden dolayı aşağı yönde aşağıya doğru hareketine oturma adı verilmektedir. Yatay doğrultuda da çok az bir miktarda olsa hareket çökme veya oturma türü deformasyonlarda olabilmektedir.

“Çökmeler; kumlu zeminde yük uygulanmasıyla ani oturmalar, killi zeminlerde zamanla azalan konsolidasyon ve zeminin taşıma gücünün aşılmasıyla plastik oturmalar şeklinde gerçekleşmektedirler.” konsolidasyon ile plastik oturmaları birbirinden ayırt etmek zor olmaktadır.

Cisim herhangi bir kuvvetin tesiri ile yatay yönde yer değiştirmesine kayma denir. Cisme uygulanan kuvvet sürtünme kuvvetinden büyük olduğunda kayma meydana gelmektedir.

5.3.2 Elastiki deformasyonlar

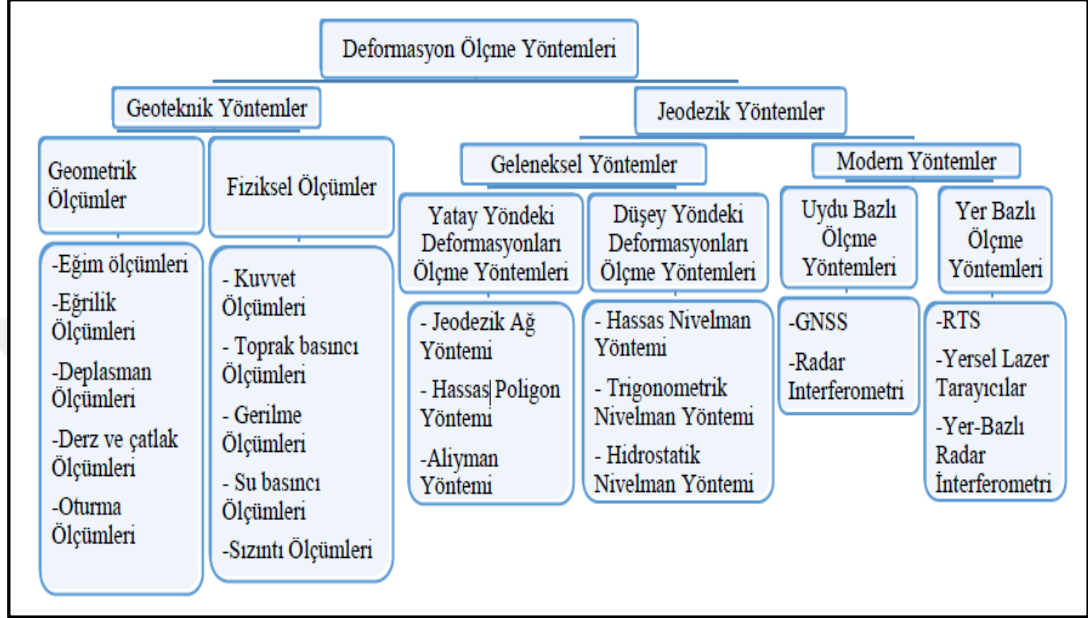
Deformasyona sebep olan kuvvetin sona ermesi ile cisim önceki durumuna dönüyorsa elastiki deformasyondur. Deformasyona sebep olan kuvvetin bitmesi ile değişiminin de ortadan kalktığı eğilme, burulma gibi esnek deformasyonlar diğer bir ifade ile deformasyona sebep olan kuvvetin sona ermesi ile cisim önceki durumuna dönüyorsa bu şekilde oluşan deformasyona elastik deformasyon denir.

Deformasyona uğrayan obje deformasyona uğradıktan sonra tekrar eski halini alabiliyorsa bu tür deformasyonlar elastiki deformasyonlar olarak tanımlanır.

Elastiki deformasyon türleri, Bükülme ve Burulma şeklinde gerçekleşmektedir. Cismin ana eksenine dik şekil değişiklikleri bükülme olarak tanımlanmaktadır. Objelerin ana eksen boyunca meydana gelen dönme hareketi ise burulma olarak adlandırılmaktadır (Bilgen, 2017).

5.4 Deformasyon Ölçme Yöntemleri

Alçay (2014) çalışmasında, deformasyon ölçme yöntemleri, geoteknik yöntemler ve jeodezik yöntemler olmak üzere ikiye ayırır. Şekil 5.2’de görüldüğü gibi bu yöntemler de kendi aralarında farklı dallara ayrılmaktadır.



Şekil 5.2. Deformasyon ölçme yöntemleri (Alçay, 2014).

Çeşitli faktörler nedeniyle meydana gelen deformasyonların izlenmesi, varsa değişimlerin belirlenmesi ve bu değişimlerin önemli olup olmadığının istatistiksel olarak belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

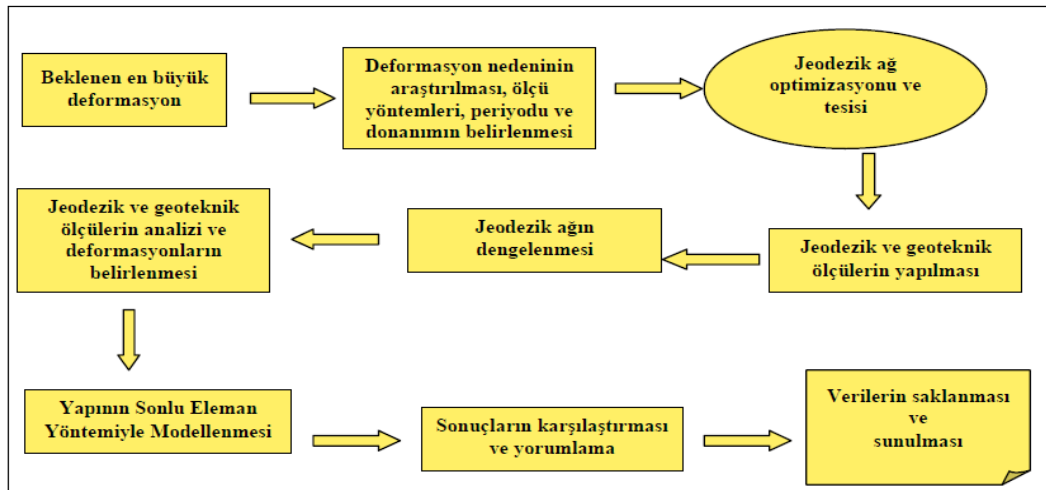
Türkiye herkes tarafından bilindiği üzere deprem kuşağında olan ve birçok fay hattını da içinde barındıran riskli bir ülkedir. Bundan ötürü her türlü hareketin izlenmesi, gözlenmesi gerekir. Teknolojinin gelişmesi ve inşaat sektöründeki gelişmeler olağanüstü büyük yapıları ve mühendislik eserlerini de beraberinde getirmektedir. Bu yapılarda bu deprem riski açısından devamlı bir şekilde deformasyonlarının izlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Yeryüzünde durağan olarak kabul edilen sonradan oluşturulmuş yapay nesneler; konumlarında yatay / düşey yönde farklılaşmalar oluşturan, şekil olarak değişime maruz bırakan, zamana bağlı veya zamandan bağımsız olarak doğal ya da yapay kuvvetlerce etkilenmektedirler. Bu kuvvetlerin etkisiyle nesnelerde meydana gelen şekil ve konum değişiklikleri deformasyon olarak adlandırılmaktadır (İbaoğlu, 2019).

Deformasyonların meydana gelmeden önce jeodezik çalışmalarda; mühendislik yapılarının hareketleri, heyelanlar, plaka hareketleri vb. tespiti yapılmaz ve gerekli önlemler alınmazsa can ve mal kaybına sebep verebilir. Bu sebepten dolayı deformasyon ölçüleri yapılması, değerlendirilmesi ve akabinde analizleri yapılması ve son olarak uygulanacak tedbirlere karar verilmelidir. Ayrıca bu ölçmelerde günümüzde teknikler olağanüstü gelişerek analizlerin kısa sürede ve daha doğru olarak hesaplanmaktadır.

Büyük Mühendislik yapılarının yapımı ekonomik olarak yüksek maliyetlerde gerçekleştiğinden dolayı bu yapıların deformasyonlarının sosyoekonomik açıdan izlenmesi çok önemlidir.

Şekil 5.3’de belirtildiği üzere Jeodezik, Geoteknik ve Sonlu Eleman Yöntemi gibi farklı yöntemlerle deformasyonların belirlenmesi amaçlanmıştır. Farklı deformasyon yöntemlerinden belirlenen sonuçlar incelendiğinde deformasyonlar hakkında daha gerçekçi yorumlanması yapılmıştır (Satır, 2007).



Şekil 5.3. Deformasyonların jeodezik, geoteknik ve sonlu eleman yöntemi ile izlenmesinde genel adımlar (Satır, 2007).

5.4.1 Jeodezik yöntemlerle deformasyon ölçmeleri

Çalışkan (2021), Jeodezik metot ölçme periyotlarına göre ölçme yöntemlerini ikiye ayırır.

- Sürekli Ölçme Yöntemi: Deformasyon olma riski olan yapının belirli karakteristik bölgesi veya noktalarında devamlı bir şekilde izleme yapılır.
- Ayrık Ölçme Yöntemi: Deformasyon olma riski olan yapının belirli karakteristik bölgesi veya noktalarında belirli periyotlarda izleme yapılır.
- Jeodezik deformasyon ölçme metotları;
- Yatay yöndeki deformasyonların belirlenmesinde uygulanan metotlar;
- Hassas Poligon Yöntemi
- Jeodezik Kontrol Ağları Yöntemi
- Aliynman Yöntemi

Düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde uygulanan metotlar;

- Hassas Geometrik Nivelman Yöntemi
- Hassas Trigonometrik Nivelman Yöntemi
- Hidrostatik Nivelman Yöntemi şeklinde sınıflandırılabilir (Turan, 2007).

Alçay (2014) doktora tezinde, jeodezik yöntemleri, klasik ölçme yöntemleri ve modern yöntemler olarak iki ayrı kısma ayırdığını belirtmiştir. Bunlardan klasik yöntemler olarak yatay yönlü deformasyonların belirlenmesinde, aliynman, hassas poligon ve jeodezik ağ yöntemleri kullanılmaktadır.

Düşey yönlü deformasyonların belirlenmesinde ise; hassas geometrik nivelman yöntemi, trigonometrik nivelman yöntemi ve hidrostatik nivelman yöntemi kullanılmaktadır. Jeodezik yöntemler; klasik ölçme yöntemleri, uydu teknikleri, lazer tarama ve radar interferometri vb. içermektedir.

Genel olarak gerçek deformasyonların tespit edilmesinde jeodezik yöntemler tercih edilir. Yerkabuğu üzerinde tesis edilen ve bir ağ şeklinde kurulan jeodezik ağlar ile genelde yatay yöndeki deformasyonlar belirlenmeye çalışılmaktadır. Jeodezik ağlar genelde sabit olarak kabul ettiğimiz referans noktaları ve bunlara bağlı olarak tesis edilen diğer noktalardan oluşur.

Referans noktaları deformasyon veya hareketten etkilenmeyecek bir konumda olmalıdır. Diğer noktalar ise hareketin olduğu tahmin edilen yerlerde tesis edilmelidir. Jeodezik ölçmeler olarak doğrultu, kenar, semt, yükseklik farkları, konum ve yükseklik koordinat ölçüleri yapılır. Ayrıca bu noktalarda oluşan değişimlerde ölçüler yapılır. Jeodezik Ağda ölçmeler, hareketin frekansına bağlı olarak belirli zaman aralıklarında ölçüler yeniden yapılır. Farklı zamanlarda yapılan ölçüler karşılaştırılarak noktalardaki konum değişikliklerinin tespiti yapılabilir (Bilgen, 2017; İnal, 1990).

5.4.2 Geoteknik yöntemlerle deformasyon ölçmeleri

Geoteknik yöntemler bağıl deformasyonların tespit edilmesinde çoğunlukla tercih edilmektedir. Örneğin bir barajda deformasyon ölçüleri gerçekleştirilirken suyun baraj gövdesine yaptığı basınç ve sıcaklığın gövde üzerindeki etkisi dikkate alınarak deformasyonların tespitinde geoteknik yöntemlerden yararlanılır (Bilgen, 2017).

Deformasyon belirlemesinin genel adımları olarak öncelikle deformasyon izlenmesi ile birlikte cisimde beklenen en büyük deformasyonun belirlenmesi ve akabinde oluşan deformasyonun neden ve nasıl olduğunun belirlenir. Bu aşamadan sonra deformasyon niteliğine göre ölçü yöntemleri, ölçü periyodu ve donanımlara karar verilir. Deformasyon analizi yapılacak alanı kapsayacak şekilde jeodezik ağ kurulur.

Jeodezik ve geoteknik ölçülerin yapılması sonrası dengeleme hesapları yapılarak uyumsuz ölçüler bulunarak geoteknik ölçülerin analizi yapılarak deformasyonlar tespit edilir. Çeşitli deformasyon yöntemleri uygulanarak farklı sonuçlar bulunur. Bu belirlenen deformasyonlar karşılaştırılarak yorum yapılır. Son adım olarak sonuçların saklanması ve sunulması yapılır (Satır, 2007).

Geoteknik yöntemler ise fiziksel ve geometrik ölçmeler olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Chrazanowski ve Massiera, 2006). Fiziksel ölçmeler; piyezometre kullanarak yapılan boşluk suyu basınç ölçmeleri, basınç ve yük hücresi yardımıyla gerilme ve gerginlik ölçmelerini içermektedir (Alçay, 2014).

5.4.3 Jeodezik ve geoteknik yöntemlerin karşılaştırılması

Bu iki yöntemi karşılaştıracak olursak;

- Jeodezik yöntemlerle baraj izleme anlamında sadece deformasyon belirleme çalışması yapılabilmekte iken, geoteknik yöntemler ile deformasyon ölçülerinin yanı sıra yük değerleri, gerilme ve boşluk suyu basıncı gibi önemli parametreler de elde edilebilmektedir.
- Jeodezik yöntemler yerkabuğu üzerindeki yüzeylerde meydana gelen deformasyonları belirler. Geoteknik yöntemler hem yerkabuğunun üstündeki yüzeylerin üstünde meydana gelen hem de yüzeyin altında meydana gelen deformasyonlarda belirlenebilmektedir.
- Genelde, geoteknik aletler otomatik olarak veri topladığı için verilere uzaktan ulaşılması mümkündür.
- Extensometre, inklinometre gibi çoğu geoteknik ölçme aletleri ile sadece bağlı değişimler belirlenebiliyorken jeodezik yöntemler ile ilave olarak mutlak değişimler de belirlenebilmektedir.
- Jeodezik ölçme aletleri yüzeyde kullanıldığı için bozulmaları durumunda tamirleri mümkün olmaktadır. Geoteknik ölçme aletinin arıza vermesi durumunda yeraltından çıkarılması ve tamir edilmesi imkânsızdır.

Yukarıda anlatılan yöntemlerin avantaj ve dezavantajları vardır. Bu nedenle bu iki yöntemin avantajları kullanılması elde edilecek bulguların doğru yorumlanmasında büyük katkı sağlayabilir (Alçay, 2014).

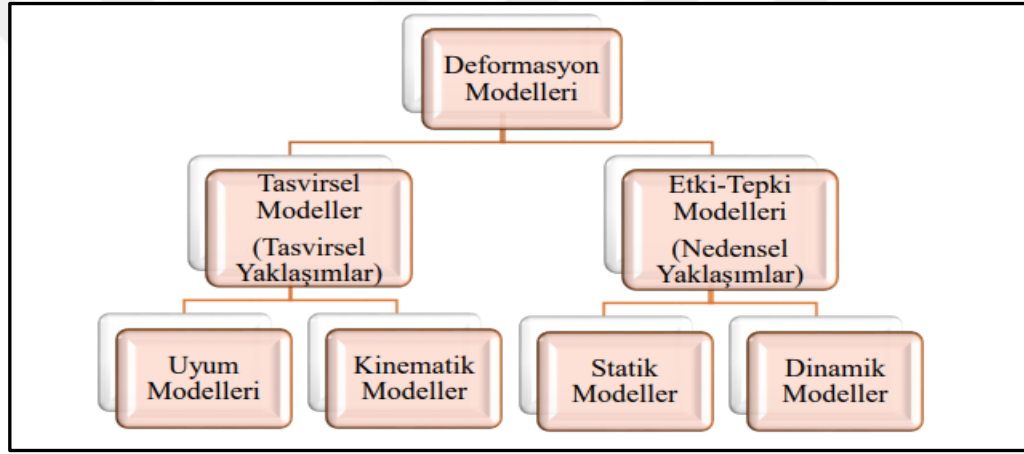
5.5 Deformasyon Modelleri

Deformasyonlar, problemin sekline, kapsamına ve uygulanan ölçme yöntemlerinin türüne göre değişik modeller kullanılarak incelenir; bunlar dinamik, kinematik ve statik modellerdir.

Jeodezide, günümüzde deformasyonların modellenmesi ve analizinde deformasyon sürecine göre öncelikle iki ana başlık altında sınıflandırır. Birinci grup yaklaşımlar tasvirsel Modeller veya Yaklaşımlar olarak adlandırılmakta ve sadece jeodezik araçlar kullanılarak etkilerinin izlenmesi ile deformasyon sürecinin seyrine dayanmaktadır.

İkinci grup yaklaşımlar ise Etki-Tepki Modelleri veya Nedensel yaklaşımlar olarak adlandırılır ve objenin gözlemlenebilir tepkileri arasındaki etki- tepki ilişkisini esas alır. Şekil 5.4 bu ilişkiyi göstermektedir (Bilgen, 2017; Welsch ve Heunecke, 2001).

- Tasvirsel Modeller, deformasyon sürecinde cisme tesir eden kuvvetleri dikkate almadan uygulama aşamalarını analiz etmek için geliştirilmişlerdir.
- Tasvirsel Modeller içerisinde iki ayrı model vardır.
- Uyum modeli konumsal referanslıdır ve statik modele benzer. Zaman boyutu dikkate alınmamaktadır.
- Kinematik model ise nedensel modellerden dinamik model gibi hem konum hem de zaman referanslıdır.



Şekil 5.4. Jeodezik deformasyon analizinde model hiyerarşisi (Welsch ve Heunecke, 2001).

Bu durumda zamanın fonksiyonu olarak nokta hareketleri tanımlanmaktadır. Etki-Tepki modelleri, deformasyon sürecinin giriş - çıkış ilişkisini esas almaktadırlar. Burada tasvirsel modellerin aksine etkiyen kuvvetler, yer çekimi veya sıcaklıktır. Bu faktörler etki büyüklükleri olarak dikkate alınmaktadır. Etki - Tepki Modelleri içerisinde de iki farklı model vardır. Statik model konumsal referanslı, Dinamik model ise hem zaman hem de konum referanslıdır.

Deformasyon modellerinin zaman, etkiyen kuvvetler ve obje durumu açısından sınıflandırılması Çizelge 5.1’de verilmiştir (Welsch ve Heunecke, 2001).

Çizelge 5.1. Deformasyon modellerinin sınıflandırılması.

Deformasyon Modeli	Statik Model	Kinematik Model	Dinamik Model	Uyum Modeli
Zaman	Modellenmez	Hareketler zamanın bir fonksiyonudur.	Hareketler zamanın ve yüklerin bir fonksiyonudur.	Modellenmez
Etkiyen Kuvvetler	Yer Değiştirmeler yüklerin bir fonksiyonudur.	Modellenmez		Modellenmez
Objenin Durumu	Yükler altında yeterince dengede	Sürekli hareket halinde	Sürekli hareket halinde	Yeterince dengede

5.5.1 Statik model

Deformasyon ölçülmesi ve dengelenmesine konu olan alanın veya yapının kendine özgü noktalarının, deformasyon vektörlerinin zamandan ve etkiyen kuvvetlerden bağımsız olarak belirlenir. Bu modelde tüm sistemin bir kez ölçülmesi sırasında noktaların sabit kaldığı varsayılır. Statik model jeodezik yöntemlerle deformasyon analizinde statik model en çok tercih edilendir (Ayan, 1982; Tekdal, 2007).

Yalçinkaya ve Bayrak (2003) çalışmalarında, Statik modelde, bir objenin geometrik reaksiyonları ve yükler arasındaki fonksiyonel ilişkiyi zamanı dikkate almaksızın tanımlamaktadır. Deformasyon incelemesine konu bölge veya yapının karakteristik noktalarını, deformasyon vektörlerinin zamandan ve etkiyen kuvvetlerden bağımsız olarak belirlenmesini sağlar. Ağın tamamının ölçülmesi işleminde ağdaki noktaların sabit olduğu kabul edilir.

5.5.2 Kinematik model

Kinematik model Statik modelden farklı olarak zamanı da dikkate alınır, bundan dolayıdır ki zamanla birlikte noktaların hareketlerinin yönü ve büyüklüğü de incelenmektedir. Başka bir ifade ile nokta koordinatları zamanın fonksiyonu olarak ifade edilir. Bu model ile büyük alanlardaki yerkabuğu hareketlerinin izlenmesi tercih edilmektedir (Tekdal, 2007).

Kinematik model genelde tercihen Düşey Yöndeki Yerkabuğu deformasyonlarının tespit edilmesi ve izlenmesi için kullanılır. Kinematik Model, hareketin nedenini de içeren dinamik modeldir. Buna karşın genelde hareketi oluşturan kuvvetler hakkında yeterli bilgi olmaması, dinamik modelin kullanım alanını sınırlamaktadır. Bu nedenle çoğu durumlarda hareketleri zamanın fonksiyonu olarak belirleyen kinematik model uygulanır. Tekrarlanan nivelman ölçülerinden yerkabuğunun düşey yöndeki hareketleri, kinematik modellerle

- Holdahl nokta modelleri,
- Hannover yaklaşımı ve
- Kalman-Filtreleme tekniği kullanılarak veya
- Hareket yüzeyleri Holdahl yüzey modelleri ile araştırılabilir.

Bu modellerin tamamında sonuç olarak elde edilmek istenen sonuç noktaların hızlarını, ivmelerini zamana bağlı olarak veya hız yüzeylerini zamana ve konuma bağlı olarak belirlemektir (Ünver, 1994).

5.5.3 Dinamik model

Bir dinamik deformasyon modeli, objenin geçici davranışları yanında deformasyona neden olan kuvvetlerin zamana ve dış etkenlere bağlı olarak değişimini ve bu kuvvetler arasındaki fonksiyonel ilişkiyi tanımlar (Doğanalp, 2005).

Dinamik modelleme zaman ve kuvvetler açısından cismin davranışının uygun bir şekilde tanımlanmasıdır. Bir dinamik model statik ve kinematik modellerin kabiliyetlerini birleştirir. Bu modeller hem zamansal evrimi hem de etkiyen kuvvetleri aynı anda dikkate aldığı için en kapsamlı modellerdir.

Dinamik model, cismin geometrik değişimleri analiz eder. Bunun yanında deformasyonu meydana getiren Kuvvetlerin zaman ve dış etkilere bağlı olan değişimleri de inceler. Bu kuvvetlerin deformasyonu oluşturan veya deformasyon meydana getiren dönüşüm fonksiyonunu araştırır (Ayan, 1982).

Bir cismin kuvvetler açısından davranışının net bir şekilde açıklanması dinamik modellemenin konusudur. Dinamik model hem statik hem de kinematik modellerin gücünü yapabileceklerini birleştirir. Bu modeller en genel ve en kapsamlı modellerdir.

Cismin gerçekliğini tanımlamayı hedefleyen dinamik modeller cismin hareketleri ve distorsiyonları yük ve zamanın her ikisinin de bir fonksiyonu olarak dikkate alınmaktadır. Bu, baskıların ve tepkilerin zamanla değiştiğini ifade etmektedir. Statik model bir cismin durgundur. Dinamik model cismin devamlı bir şekilde Statik durumun aksine hareketlidir. Cismin devamlı bir şekilde hareketli olmasından dolayı gözlemlerin otomatik olarak yapılabilmesi gereklidir (Bilgen, 2017).

5.5.4 Uyum model

Deformasyon analizlerinde klasik jeodezik model, uzay alanında ‘zaman’ ve ‘yükler’ ile açıkça ilgili olmadan karakteristik noktalar ile temsil edilen bir cismin değişik iki periyottaki durumu arasında tamamen geometrik bir karşılaştırma sağlar. Analizin ilk aşaması bir cismin geometrik benzerliği istatistiksel testler ile incelenmesidir. Tespit edilen deformasyonlar iki şekilde ifade edilir. Bunlar Lokal ve Global olarak analiz edilir. Lokal veya bölgesel deformasyonlar genelde tek nokta hareketi olarak tanımlanan deformasyonlardır. Global deformasyonlar affin distorsiyonları ya da diğer yaklaşım fonksiyonları ile genelleştirilebilen ve tanımlanabilen deformasyonlardan oluşur (Bilgen, 2017).

5.6 Deformasyon Analizi

Deformasyonların meydana getirdiği şekil değişiklikleri uydu teknolojileri sayesinde anlık izlenmektedir. Bu izleme ile beraber tespit edilen deformasyon son teknoloji cihazlarla çeşitli ölçme teknikleriyle takip edilmekte ve beraberinde ölçülebilmektedir. Ölçüm işinin tamamlanmasından sonra dengeleme ve değerlendirme yöntemleri kullanılarak deformasyonun şekil ve büyüklüğüne karar verilmesi deformasyon analizidir (İbanoğlu, 2019).

Günümüzde yapılardaki deformasyonların tespit edilmesi ve izlenmesi can ve mal kaybını en aza indirebilmek açısından çok önemlidir. Günümüzde bilim ve teknolojiye gelişmeler bir süreklilik ve devamlılık halinde artarak ilerlemekte, bu inovatif gelişmelerde deformasyonların ölçülmesi, izlenmesi ve analizinde de mevcut yöntemlerin geliştirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Deformasyon ölçmeleri ile hem yatay ve hem düşey yöndeki deformasyonlar ölçülmeye ve analiz edilmeye çalışılır. Düşey yöndeki deformasyonların ölçülmesi hassas geometrik nivelman yöntemi ile

gerçekleştirilir. Bu amaçla deformasyon analizi yapılacak alanı ve etrafını kucaklayan jeodezik bir ağ oluşturulur. Deformasyon ağlarında ölçüler devamlı ve değişik periyotlarda yapılacağı için mutlaka ve mutlaka en az tahrip olacağı yerler seçilmelidir

Değişik zaman aralıklarında yapılan ve farklı amaçlar için oluşturulan jeodezik kontrol ağlarının datumları farklı sebeplerden ötürü değişik olabilmektedir. Jeodezik kontrol ağları için deformasyon analizinin yapılabilmesi ve duyarlıklarının karşılaştırılabilmesi için karşılaştırılacak olan parametrelerin aynı datumda belirlenmiş olması gerekir

Deformasyon türüne ve ağın yapısına bağlı olarak deformasyon analizi sırasında izlenecek adımlar belirlenir. Analize başladıktan sonra sabit noktaların incelenmesi sonucunda hareket etmiş olanların elenir. Bir sonraki aşamada uygulanacak olan deformasyon modeli kurulur, sonrasında model istatistik testlerle kontrol edilir (Ayan, 1982; Tekdal, 2007).

Deformasyonların belirlenmesi için değişik zaman aralıklarında yapılmış ölçüler olmalıdır. Deformasyonların büyüklüğü yapılacak ölçülerin periyotlarına karar verilmesini sağlayacaktır. Ayrıca deformasyona sebep kuvvetlerin değişimi etkileyici faktörlerdendir.

Deformasyon ölçme yöntemleri, geoteknik yöntemler ve jeodezik yöntemler ile elde edilen ölçülerin hesaplanması ve bu hesap sonuçlarının değerlendirilerek yorumlanması ile analiz yapılabilir. Deformasyon tespit işlemleri sırasında t1 ve t2 zamanlarında yani iki periyotta yapılan ölçüler birbirinden bağımsız olarak dengelenir. Dengeleme sonuçlarına göre uyumsuz ölçüler ayıklanır. Artık elde edilen sonuçlara ve ölçme yöntemlerine bağlı olarak ve akabinde oluşması beklenen deformasyonun durumuna göre çeşitli modeller ile incelenir (Alçay, 2014). Bunlar;

- Statik deformasyon modelleri (Zamana bağlı olmayan)
- Kinematik deformasyon modelleri (Zamana ve konuma bağlı olan)
- Dinamik deformasyon modelleri (Hareketin nedeninin de göz önüne alındığı zamana ve konuma bağlı) şeklinde sıralanır.

5.6.1 Jeodezik deformasyon ağlarının serbest ağ yöntemiyle dengelenmesi

Dolaylı (endirekt) ölçülerle nivelman, nirengi ve üç boyutlu jeodezik ağlarda dış parametrelerin tamamı belirlenememektedir (Yalçınkaya, M., Ulukavak, M., 2009).

Bu dış parametreler;

- Nivelman ağlarında 1 (yükseklik),

Tek boyutlu yükseklik ağlarında ağın oluşturulduğu koordinat sistemindeki datumunu sadece bir eksen yönündeki öteleme belirleyebilir. Bu durumda ağın datumu en az bir noktanın yüksekliği belirlenebilir. Bu tür ağlara örnek olarak geometrik ve trigonometrik nivelman ağları verilebilir. Nivelman ağlarında en az bir noktanın yüksekliği değişmez (sabit) olarak alınırsa,

Geometrik Nivelman Ağı 1 (Bir noktanın yüksekliği)

Trigonometrik Nivelman Ağı 1 (Bir noktanın yüksekliği)

- Nirengi ağlarında 4 (2 öteleme, 1 ölçek, 1 dönüklük),

Yatay Doğrultu Ağı 4 (İki noktanın yatay koordinatı (X,Y) : Yalnız doğrultuların gözlendiği nirengi ağlarında iki nokta koordinatlarıyla değişmez olarak alınırsa)

Yatay Doğrultu-Kenar Ağı 3 (Bir noktanın yatay koordinatı (X,Y) , bir doğrultunun yönü : Doğrultuların yanında en az bir kenar ve bir semtin ölçüldüğü nirengi ağlarında bir nokta koordinatlarıyla değişmez olarak alınırsa)

- Üç boyutlu jeodezik ağlarda 7 (3 öteleme, 3 dönüklük, 1 ölçek)

Üç Boyutlu Doğrultu Ağı 7 (İki noktanın üç boyutlu koordinatı (X,Y,Z) , bir doğrultunun yönü)

Üç Boyutlu Doğrultu Ağı 6 (İki noktanın üç boyutlu koordinatı (X,Y,Z))

GPS Ağı 3 (Bir noktanın üç boyutlu koordinatları)

Dayalı dengelemenin yapılabilmesi için yukarıda tanımladığımız 3 adet dış parametrenin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Sabit olarak alınan koordinat, yükseklik ve ölçü değerlerinin hatasız olduğu varsayılır. Fakat uygulamada bu değerler de bazı hatalar mevcut olup bu hatalar dengeleme sonucu bulunan değerlere de geçecektir. Yani bulunan sonuçlarda bu hatalar bulunacaktır.

Bu dengeleme metodundaki tespit edilen sıkıntılı yönlerden dolayı dayalı dengeleme tercih edilmemektedir. Serbest ağ dengelemesinde dış parametreler dengeleme hesabı içinde belirlendiği için bu sakıncalar giderilmektedir. Serbest ağ dengelemesi sonucu bulunan düzeltmeler dayalı dengelemedekilerle aynıdır. Fakat serbest ağ dengeleme yönteminde hiçbir zorlama olmaksızın yalnızca ölçü değerlerinden elde edilen bilinmeyenler ve duyarlık değerleri dayalı dengeleme sonuçlarından farklı olup gerçek değerlere daha yakındırlar.

Bu sebeplerden ötürü genelde deformasyon araştırması gibi hesaplamalarda çok duyarlı ölçülerin değerlendirilmesinde Serbest Ağ Dengeleme yöntemi tercih edilmektedir. Buna karşın Dayalı Dengeleme hesaplamasının kolaylığına rağmen Serbest Ağ dengelemesi kullanılmaktadır.

5.6.2 Statik deformasyon modeli

Bu Deformasyon modelinde farklı periyotlarda yapılan ölçüler birbirinden bağımsız olarak yani ayrı ayrı olmak üzere dengelenir. Dengeleme sonuçlarına göre uyumlu olmayan ölçüler ayıklanır. Ölçü periyotları arasındaki yapılan dengelemeler sonucunda bulunan değerler karşılaştırılır. Bulunan farklar cisimdeki deformasyon ve bu işlem için yapılan ölçülerdeki gözlem hatalarını gösterir.

Periyotlar arasındaki koordinat farkları istatistiksel yöntemlerle test edilerek deformasyon araştırması yapılır. Bu modelde her periyotta ölçü yapılırken herhangi bir hareketin olmadığı varsayılır. Statik deformasyon analizinde genellikle aşağıdaki yöntemlerden biri kullanılarak deformasyon analizi gerçekleştirilir,

- “ θ_2 ölçütü veya ortalama aykırılıklar yöntemi ile deformasyon analizi,
- Bağlı güven elipsleri yöntemi ile deformasyon analizi,
- S transformasyonu yardımı ile deformasyon analizi,
- Mierlo yöntemi ile deformasyon analizi
- Cholesky çarpanlara ayırma yöntemiyle deformasyon analizi.”

Statik modelde deformasyon analizi genellikle bağlı güven elipsleri, Cholesky çarpanlara ayırma, S-transformasyonu ve ortalama aykırılıklar yöntemi gibi yöntemlerle gerçekleştirilmektedir.

Bu yöntemlerden bağlı güven elipsleri ve Cholesky çarpanlara ayırma yöntemleri

yalnızca 2D jeodezik ağlarda kullanılırken, S transformasyonu ve ortalama aykırılıklar yöntemi 1D, 2D ve 3D jeodezik ağlarda kullanılabilmektedir (Alçay, 2014).

Cholesky çarpanlara ayırma yöntemi sabit noktalarla hareketli noktalar geometrik olarak ayrılabiliriyorsa etkin olarak kullanılabilen bir yöntemdir. Bu yöntemde, t_1 ve t_2 periyotlarına ait ölçüler kısmi iz minimum çözümü yapılarak dengelenir. θ_2 ölçütü veya ortalama aykırılıklar yöntemleri de ölçü planı farklı ve noktalarda değişiklik olan t_1 ve t_2 zamanlarında yapılan ölçümlerin deformasyon analizinde kullanılabilir. Yöntemin uygulanmasında; periyot ölçüleri ayrı ayrı serbest dengelenir, uyumsuz ölçüler ayıklanır, periyot ölçüleri için uyuşum testi yapılır, eşlenik olmayan noktalar dengeleme sırasında yok edilir.

Farklı zamanlarda farklı amaçlar için oluşturulan jeodezik kontrol ağlarının datumları çeşitli nedenlerle farklı olabilmektedir. Oluşturulan ağların deformasyon analizinin yapılabilmesi ve duyarlıklarının karşılaştırılabilmesi için, karşılaştırılacak olan parametrelerin aynı datumda belirlenmiş olması gerekir. S-transformasyonu yöntemi ile yeni bir dengelemeye gerek kalmadan bir datumda belirlenmiş olan bilinmeyen parametreleri, örneğin nokta koordinatları ve bunların kofaktörler matrisi, başka bir datuma dönüştürülebilmektedir (İbanoğlu, 2019).

5.6.3 S transformasyonu yardımı ile deformasyon analizi

S transformasyonları ile deformasyon yöntemi ilk olarak 1950 yıllarında Baarda tarafından gerçekleştirilmiştir. Herhangi bir datumda yapılan dengeleme ile diğer bir datumda dengelemeye ihtiyaç duyulmaz. Sadece datumlar arasında geçiş ile işlem tamamlanabilir. Bu dengeleme ve datum geçişlerinde tüm iz, kısmi iz minimum ve zorlamasız klasik dengeleme arasında geçişler olanaklıdır. Burada iki farklı yöntem uygulanabilir. Birinci olarak sadece ağın datumunu belirleyecek sayıda ölçünün sabit alındığı “zorlamasız” ya da “kısmi iz minimum” çözümü yapılır.

t_1 ve t_2 zamanında gözlenen ağ geometrileri farklı ise global test yalnızca eşlenik noktalardan oluşan ağ bölümlerini kapsar. Başka bir deyişle t_1 ve t_2 zamanında ölçülen ağlar eşlenik noktalara göre konumlandırılır (İnal, 2000).

Anlamlı nokta hareketlerinin araştırılmasında sürekli datum değişikliği zorunlu olduğundan karşılaştırılacak ağları önce herhangi bir datumda (defekt sayısı kadar

parametreyi sabit alarak) dengelemek ve sonuçları istenen datuma dönüştürmek kolaylık sağlar. Bu durumda düzeltmeler ve birim ağırlıklı ölçünün ortalama hatası sabit kalır. Noktaların yükseklikleri ve ortalama hataları değişir. t_n zamanında ölçülen bir ağda “e” ile tanımlanan eşlenik noktaların koordinat bilinmeyenleri ilk sırada, “b” ile tanımlanan diğer noktaların koordinatları ve başka bilinmeyenler ikinci sırada olmak üzere herhangi bir i datumunda serbest dengelemeyle belirlenmiş olsun. Buna göre i datumuna ilişkin X_i parametreler vektörü (5.1) ile;

$$X_i = \begin{bmatrix} X_e^i \\ X_b^i \end{bmatrix} \quad (5.1)$$

X_e^i : Eşlenik noktaların koordinat bilinmeyenleri

X_b^i : Diğer noktaların koordinat bilinmeyenleri ve başka bilinmeyenleri göstermektedir. Bu ayrıma karşılık ağırlık katsayıları matrisi i datumunda;

$$Q_{xx}^i = \begin{bmatrix} Q_{iee} & Q_{ieb} \\ Q_{ibe} & Q_{ibb} \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

(5.2) olarak belirlenir. Datum seçici E matrisi köşegenin üzerinde datumu belirleyen nokta koordinatlarına karşılık bir “1”, ötekiler için sıfır “0” içeren bir köşegen matris olmak üzere (5.3) şeklinde düzenlenir.

$$G = \begin{bmatrix} Ge \\ Gb \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad B = E_j \cdot G = \begin{bmatrix} Ge \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.3)$$

$$S_j = I - G \cdot (B_j^T \cdot G)^{-1} \cdot B_j^T \quad (5.4)$$

(5.4) S_j transformasyon matrisi ile i datumundan ağırlık eşlenik noktalara göre konumlandırılmasını sağlayan j datumuna;

$$X_j = S_j \cdot X_i \quad (5.5)$$

$$Q_{xx}^j = S_j \cdot Q_{xx}^i \cdot S_j^T \quad (5.6)$$

(5.5) ve (5.6) matrisleriyle geçilir.

Dönüşüm işlemleri 1. ve 2. periyot için ayrı ayrı yapılarak aynı bir j datumunda eşlenik noktaların $(X_j^e)_1$, $(X_j^e)_2$ koordinat bilinmeyenleriyle bunların $(Q_{ee}^j)_1$ ve $(Q_{ee}^j)_2$ ağırlık katsayıları matrisleri bulunur.

Eşlenik noktaların global testi için;

$$H_0 = E \cdot (X_e^j)_1 = E \cdot (X_e^j)_2 \quad (5.7)$$

$$d_e = (X_e^j)_2 - (X_e^j)_1 \quad (5.8)$$

$$(Q_{dd})_e = (Q_{ee}^j)_1 + (Q_{ee}^j)_2 \quad (5.9)$$

$$R_e = d_e^T \cdot (Q_{dd})_e + d_e \quad (5.10)$$

ve R_e 'nin serbestlik derecesi $h_e = u_e - d$ ile gösterilirse;

$$F = \frac{R_e}{m_0^2 \cdot h_e} \quad (5.11)$$

(5.1) - (5.11) eşitlikleri ile global test yapılır ve $F > F_{h_e, f, 1-\alpha}$ ise ağın eşlenik noktalarından oluşan bölümünde deformasyon vardır (Demirel, 1987; İnal ve Ceylan 2002).

5.6.4 S transformasyonu yardımıyla anlamlı nokta hareketlerinin araştırılması

Global test sonucu ağın bütününde ya da eşlenik noktalar bölümünün herhangi bir yerinde deformasyon olduğuna karar verilmiş ise hareketli noktaların araştırılmasına geçilir. Eşlenik noktalarda her birinin yer değiştirmiş olabileceği düşünülerek i datumunda serbest dengeleme ile belirlenmiş bir periyoda ilişkin (5.1) parametreler vektörü ve (5.2) ağırlık katsayıları matrisi (5.12) ve (5.13)'te görüldüğü gibi uygun biçimde bölümlere ayrılır.

$$X_i = \begin{bmatrix} X_s^i \\ X_h^i \\ X_b^i \end{bmatrix} \quad (5.12)$$

X_s^i : Sabit kabul edilen eşlenik nokta koordinatları

X_h^i : Hareket ettiği varsayılan nokta koordinatları

X_b^i : Eşlenik olmayan noktalara ilişkin parametreler ve diğer bilinmeyenleri göstermektedir.

$$Q_{xx}^i = \begin{bmatrix} Q_{ss}^i & Q_{sh}^i & Q_{sb}^i \\ Q_{hs}^i & Q_{hh}^i & Q_{hb}^i \\ Q_{bs}^i & Q_{bh}^i & Q_{bb}^i \end{bmatrix} \quad (5.13)$$

t_0 zamanında ölçülen ağ şimdi koordinatları X_s içinde toplanan ve sabit kabul edilen noktalara göre konumlandırılmaktadır. Bu datum k ile gösterilirse (5.12) ve (5.13) ayırımına uygun olarak (5.3) yerine (5.14)'te gösterilen;

$$G = \begin{bmatrix} G_s \\ G_h \\ G_b \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad B_k = E_k \cdot G = \begin{bmatrix} G_s \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

matrisleri ile (5.4) den S_k transformasyon matrisi bulunmalı ve her bir periyot için (5.15)'teki

$$\begin{bmatrix} X_s^k \\ X_h^k \\ X_b^k \end{bmatrix} = S_k \begin{bmatrix} X_s^i \\ X_h^i \\ X_b^i \end{bmatrix} \quad \text{ve} \quad \begin{bmatrix} Q_{ss}^k & Q_{sh}^k & Q_{sb}^k \\ Q_{hs}^k & Q_{hh}^k & Q_{hb}^k \\ Q_{bs}^k & Q_{bh}^k & Q_{bb}^k \end{bmatrix} = S_k \begin{bmatrix} Q_{ss}^i & Q_{sh}^i & Q_{sb}^i \\ Q_{hs}^i & Q_{hh}^i & Q_{hb}^i \\ Q_{bs}^i & Q_{bh}^i & Q_{bb}^i \end{bmatrix} \quad (5.15)$$

transformasyonu yapılmalıdır. Sabit kabul edilen noktaların (5.16)'da gösterilen,

$$H_0 : E \cdot (X_s^k)_1 = E \cdot (X_s^k)_2 \quad (5.16)$$

sıfır hipotezinin testi için (5.8), (5.9), (5.10) eşitliklerine uygun olarak iki periyoda ilişkin X_s alt vektörlerini d_s (5.17) koordinat farkları;

$$d_s = (X_s^k)_2 - E \cdot (X_s^k)_1 \quad (5.17)$$

ve bunların (5.18) ağırlık katsayıları;

$$(Q_{dd})_s = (Q_{ss}^k)_1 + (Q_{ss}^k)_2 \quad (5.18)$$

hesaplanır. Düzeltmelerin kareleri toplamı için artım miktarı,

$$R_s = d_s^T \cdot (Q_{dd})_s + d_s \quad (5.19)$$

(5.19) formülü ile elde edilir. (5.12) - (5.19) işlemleri X_e alt vektöründeki noktalardan her biri için tekrarlanarak her defasında X_s ve X_h ayırımına karşılık bir R_s değeri

bulunur. Global test sonucunda ağın herhangi bir yerinde (5.20)'den deformasyon olduğuna karar verilmiş ise;

$$(Rs)_{min} = \min (R_{s,i} \text{ i : } 1,2,...,p) \text{ (p : eşlenik nokta sayısı)} \quad (5.20)$$

$(Rs)_{min}$ olan noktadaki hareketin anlamlı olduğu görülür. (5.11)' e göre

$$F = \frac{R_e}{m_0^2 \cdot h_e} \quad (5.21)$$

(5.21) ile test büyüklüğü hesaplanır.

Test büyüklüğü $F_{h_s, f, 1-\alpha}$ sınır değerinden büyük çıkıyorsa, geriye kalan eşlenik noktalar için (5.12) ile (5.21) işlemleri yenilenir. Öteki hareketli noktaların araştırması sürdürülür. $F > F_{tablo}$ ise $(Rs)_{min}$ olan noktada % 95 ihtimal ile deformasyon vardır. Sonraki adımlarda bu nokta Xb vektörü içine alınarak test tekrarlanır (Demirel, 1987; İnal ve Ceylan 2002). Tablo değeri de $F_{tablo} = F_{h_s, f, 1-\alpha}$ olarak hesap edilir.

6. MATERYAL VE YÖNTEM

6.1 Proje Alanı

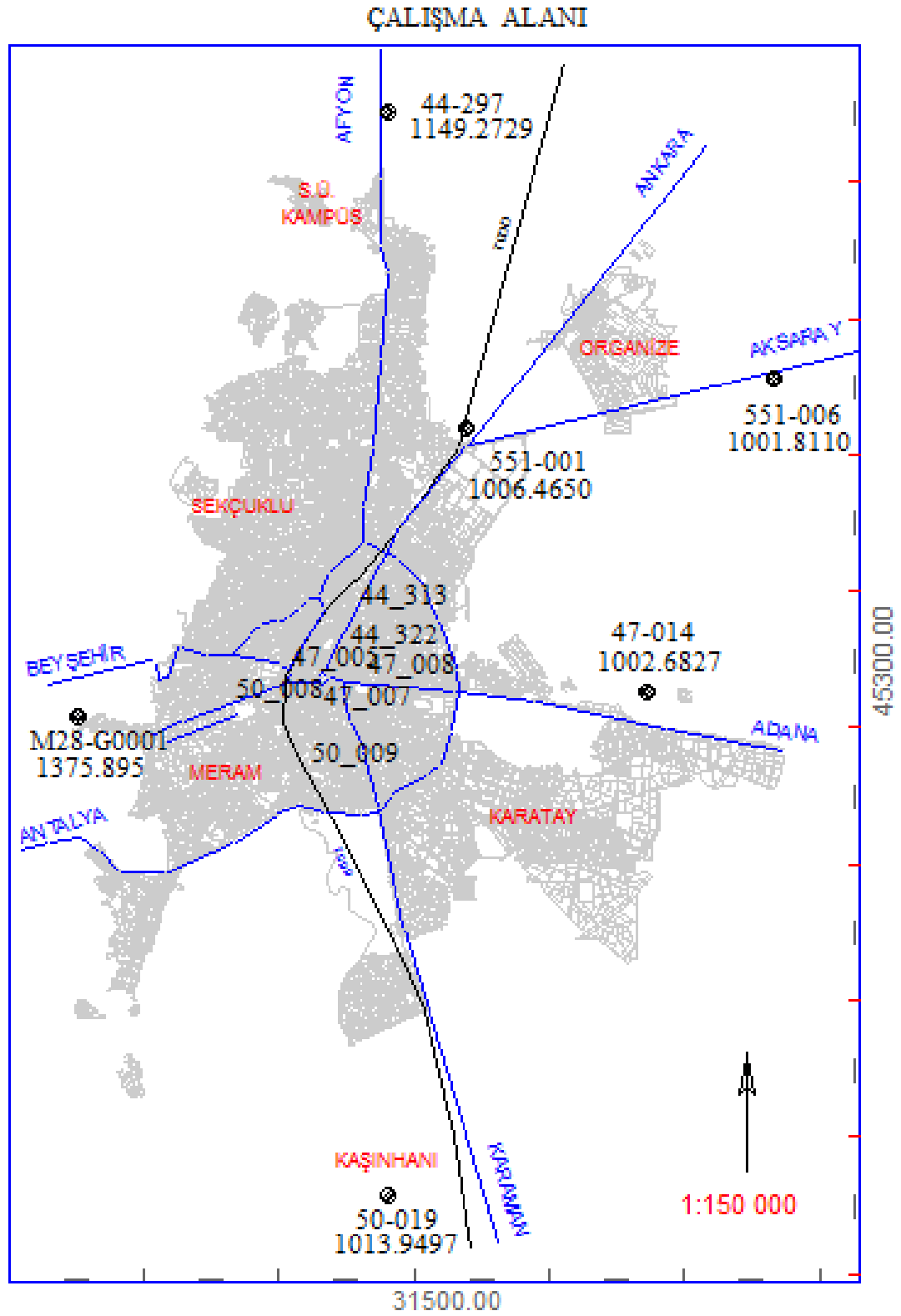
Konya Merkez alanının meskûn olan kısmı (Güney Kuzey hattı yönünde 45 Km. ve Doğu Batı hattı yönünde 31 Km. olan 50 000 hektarlık alanda) proje alanı olarak seçilmiştir.

Konya’da Harita Genel Komutanlığı tarafından 1973 ile 1984 yılları arasında tesis edilen ve geometrik nivelman yöntemi ile ölçüleri tamamlanan Düşey Nivelman Noktalarına ait 15 adet nokta bulunmuştur. Diğer noktalar zaman içinde herhangi bir sebepten dolayı tahrip olmuştur. Sağlam olarak bulunan 15 nokta tüm ölçüler için kot başlangıcı ve dengeleme sabiti olarak kabullenilmiştir.

15 adet nivelman noktasının Çizelge 6.1’de verilen ilk 6 noktası Konya’nın diğer illerle olan anayol bağlantılarının çıkışında yani şehrin çıkış noktalarında olduğu noktalardır ve Şekil 6.1, Şekil 6.5 ve Şekil 6.6’daki krokilerde gösterilmiştir. 9 adet noktanın ise (1973 ile 1975 yılları arasında) 50 yıl önce başlayarak zaman içinde Konya’nın merkezi olan kısımda tesis edilmiştir. Noktalara ait veriler Çizelge 6.1 ve Şekil 6.1 ile Şekil 6.6’da gösterilmiştir.

Çizelge 6.1. 1973 yılından itibaren tesis edilen HGK nivelman noktaları.

HGM NOKTALARI								
HAT NO	NOKTA NO	NOKTA ADI	DERECE	HEL. ORT.	NOR. ORT.	ÖLÇÜ YILI	PAFTA ADI	İSMİ
47	014	DN	I	1002,6827	1002,6571	1982	M29-A4	Tatlıcak Camii
551	001	43A46	II	1006,4645	1006,3740	1984	M29-A1	Aksaray Kavşağı
44	297	DN180	I	1149,2729	1149,1769	1982	L29-D4	Dokuzun beli
50	019	7558A	I	1013,9497	1013,9006	1973	M29-D1	Kaşınhan Tren İst.
551	006	DN5	II	1001,8114	1001,8500	1984	M29-A1	Buğday Ambarı
	M28G001	KONY	TUTGA	1375,8950			M28-B3	Tutga + Niv
50	008	DN	I	1021,6840	1021,6183	1974	M28-B3	Amber Reis Camii
47	008	DN	I	1014,5444	1014,4930	1975	M29-A4	Mevlâna
44	322	SIG-1	I	1017,8335	1017,7717	1982	M28-B2	İmam Hatip Lisesi
47	007	DN	I	1016,3734	1016,3181	1975	M28-B3	Hükümet Binası
50	009	DN	I	1016,1500	1016,1210	1973	M29-A4	Ulurımak Camii
47	005	DN	I	1018,3371	1018,2802	1975	M28-P3	Şerafettin Camii
44	313	DN193	I	1012,2496	1012,1631	1982	M29-A1	Kayahan Mak. Fab.



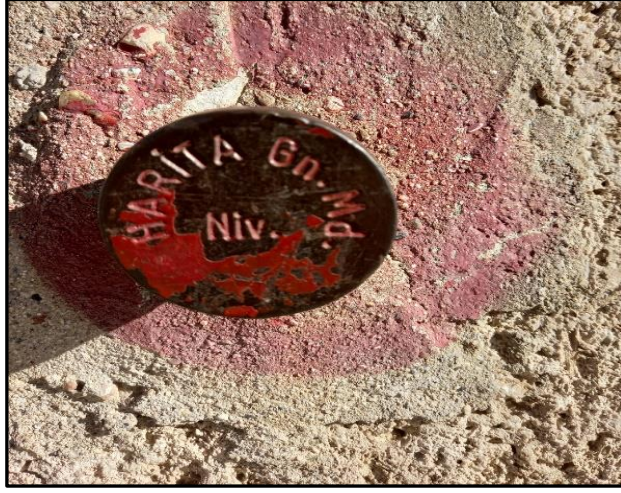
Şekil 6.1. Konya merkez alanında bulunan HGM noktaları.



Şekil 6.2. Mevlâna Türbesinde bulunan 47-008 nolu HGK nivelman noktası.



Şekil 6.3. Amber Reis Camiinde bulunan 50-008 nolu HGK nivelman noktası.



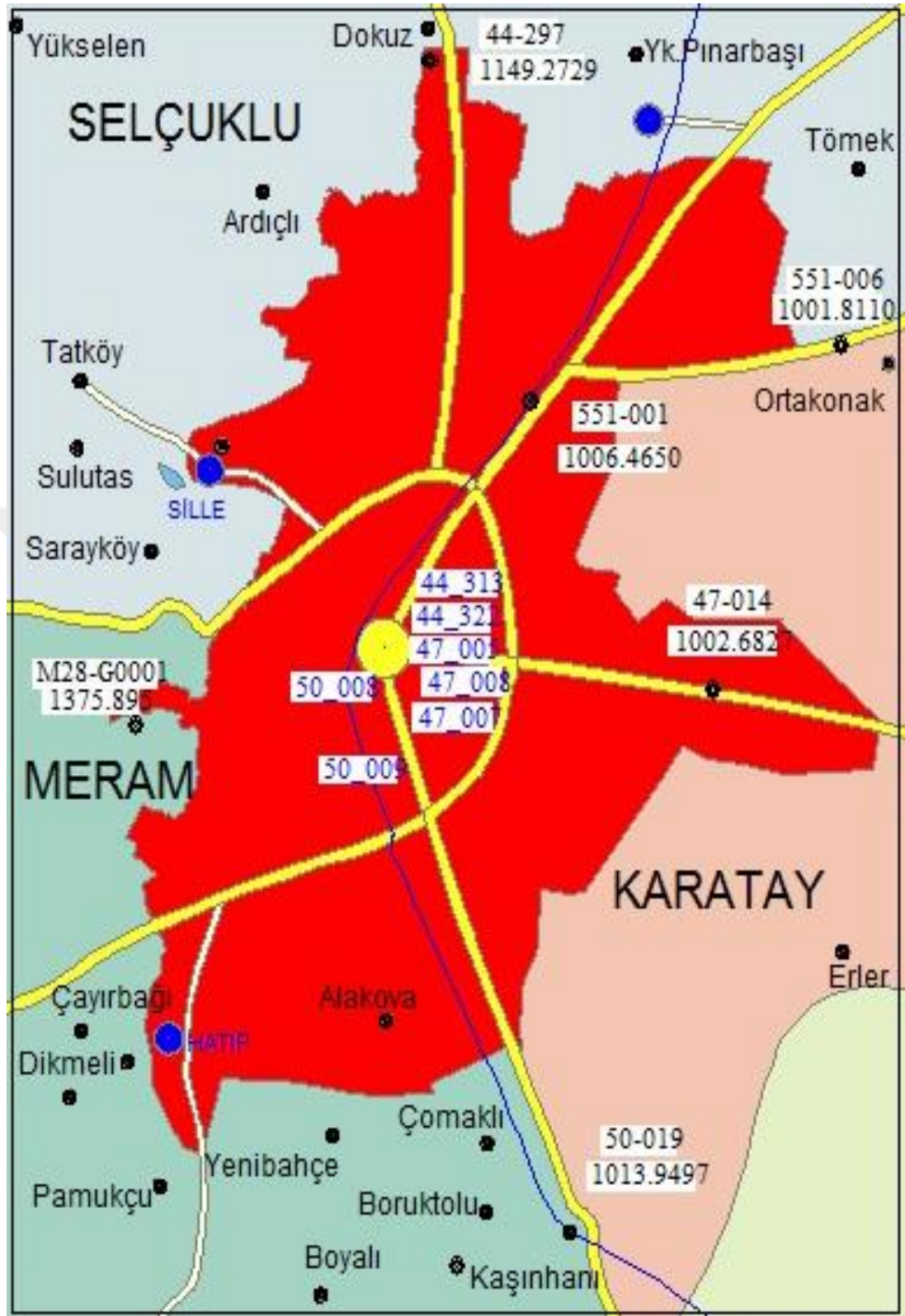
Şekil 6.4. Mevlâna Türbesinde bulunan 47-008 nolu HGK nivelman noktası tesisi.

Bu noktalardan Ulırmak camiinde bulunan 50-009 nolu noktanın caminin tamirat işleri sırasında yerinin değiştirilerek cami cemaati tarafından yeniden tesis edildiği saptanmıştır.

Yine bu noktalardan Emniyet müdürlüğü binasında bulunan 44-317 nolu noktanın önüne yapılan tesisten dolayı ölçüm işlemi yapılamamıştır. Yine bu noktalardan Piyale Un Fabrikası binasında bulunan 43-008 nolu noktanında tamirat işleri sırasında yerinin değiştirilerek yeniden tesis edildiği saptanmıştır.

Bu Harita Genel Komutanlığı (HGK) noktalarının arası 500 m ve 1000 m aralıklarda tesis edilmiş olan hâlihazır ve diğer işler için tesis edilmiş olan nivelman noktaları da dâhil edilmiştir. Bunların içinde 1980 ve 1990 yıllarında yapılmış hâlihazır ve diğer harita işleri içinde yapılmış bulunan nivelman noktaları da mevcuttur. Özellikle bu noktalarda dayanarak bulunarak şebekeye dâhil edilerek kotlamaları sağlanmıştır. Böylece analizi yapılacak nivelman noktalarının sayısı artırılmış ve sonucun daha güvenli olması sağlanmıştır.

Günümüzde yoğun bir şekilde devam eden bölünmüş yol çalışmaları nedeniyle nivelman ağında büyük tahribatlar oluşmaktadır. Harita Genel Komutanlığı tarafından 2000-2006 yılları arasında gerçekleştirilen nivelman çalışmalarında %49 oranında bir tahribat oranı tespit edilirken 2011 yılında 10.000 km’lik nivelman hattında yaklaşık 9.000 nokta üzerinde yapılan keşif çalışmasında %63 oranında tahribat tespit edilmiştir.



Şekil 6.5. HGK nivelman noktası konumları ve isimleri.

6.2 Proje Alanında Farklı Zamanlarda Yapılan Ölçüler

Tezime konu olacak ölçüler 3 değişik zaman da yapılan ölçülere dayalı olarak hazırlanmıştır. Bu değişik zamanlarda da yapılan ölçüler aşağıda tarihsel olarak verilmiştir.

➤ 1973-1991 arası birinci periyot ölçüleri (HGK ölçüleri) (Çizelge 6.2)

Ülkemizde TUDKA yani Düşey Kontrol ağı ile ilgili yükseklik değerlerini tespit etme çalışmalarına Antalya mareograf istasyonunun kurulması ile başlanmıştır. I-II ve III derece nivelman noktalarının tespit ve inşa edilmesi ile ölçüm çalışmaları başlamıştır.

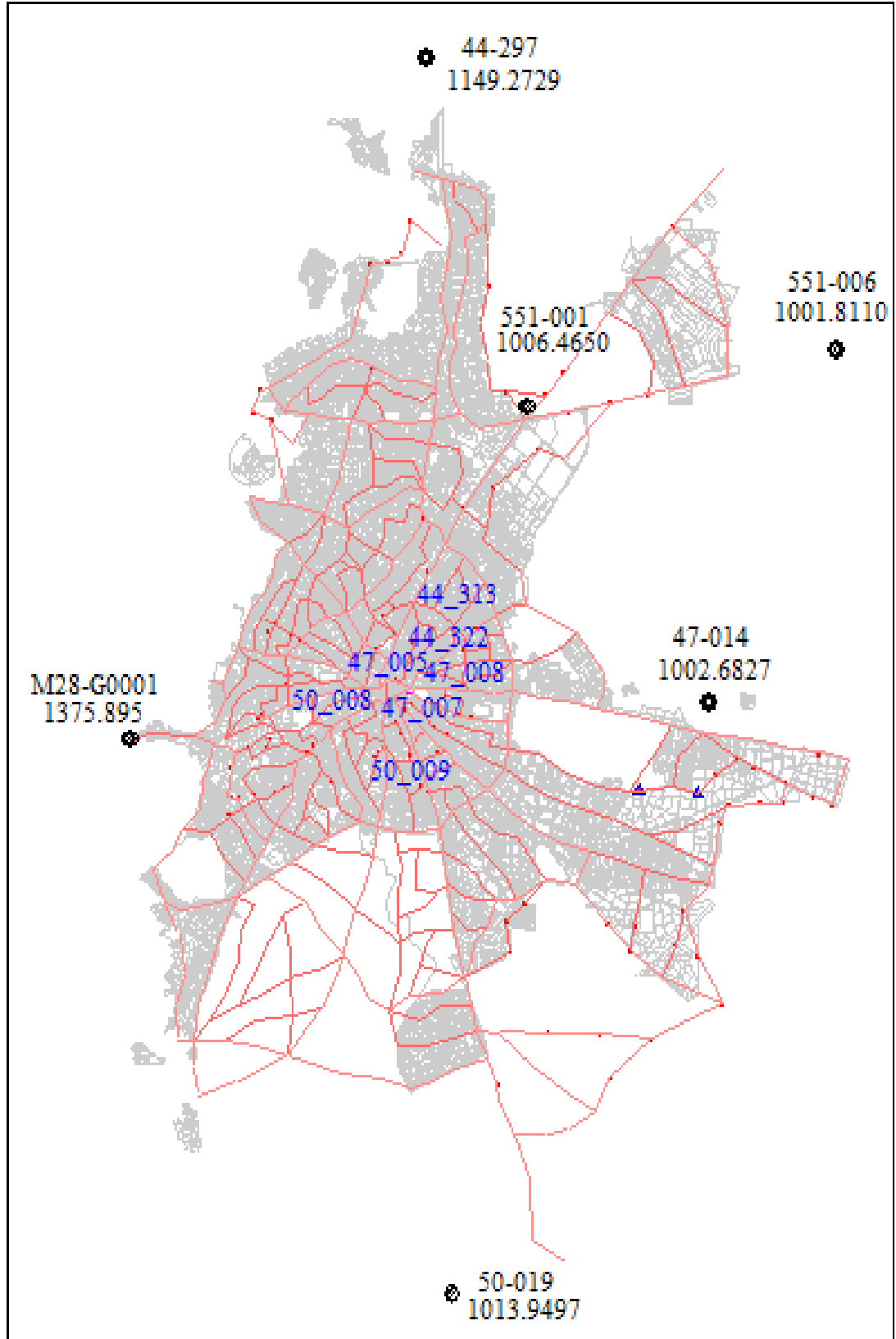
- Ana Nivelman noktaları mevcut kara ve demir yolları boyunca yaklaşık 2.5- 3 km bir uzunlukta oluşturulmuştur.
- II. derece Nivelman noktaları ise ana nivelman noktalarının arasını sıklaştırmak ve birbirine bağlamak amacıyla tesis edilmiştir.
- III. derece Nivelman noktaları ise sıklaştırmak amacıyla tesis edilmiştir.

Ana nivelman noktaları loop kapanma mesafesi olarak 650-1400 km.dir. Bu kapanmanın hatası ise 10-15 cm.dir.

Ölçmeler Wild N3 ve 1988'den itibaren Zeiss Ni 002 nivoları ile invar miralar kullanılarak yapılmıştır. 1955 yılında İstanbul Boğazı'ndan (860 m) ve Çanakkale Boğazı'ndan (1450 m) vadi geçiş nivelmanı ile karşı tarafa geçilmiştir." (Şerbetçi, 1995).

1965 yılındaki ilk dengeleme hesaplarından sonra değerlerde bazı farklılıklar tespit edilmiştir. Ülkedeki mareograf istasyonlarının orta yerinde bir istasyon kurulmuş ve buraya ortalama kot taşınarak başlangıç kotu olarak kabul edilmiştir (Şerbetçi, 1992). Fakat bu çalışma sonucunda ortak noktalarda yükseklik farklarının yüksek olduğundan dolayı 1936 ila 1958 tarihleri arasındaki 22 yıllık tespitlerin ortalaması alınmış ve ortalama deniz seviyesine göre kot değerleri verilmiştir.

Ayrıca tahrip olmasalar bile tektonik yerkabuğu hareketleri nedeniyle yükseklikleri değişmektedir.



Şekil 6.6. Konya’da bulunan 15 adet HGM noktası.

➤ 2004 yılı ölçüleri (Çizelge 6.2)

Konya Büyükşehir Belediyesi tarafından 2004 yılında Konya'nın Yağmursuyu uzaklaştırma projesi için yapılan jeodezik çalışmaları esnasında Konya merkezine 680 adet yer ve duvar noktası olmak üzere nivelman noktaları tesis edilmiştir. Bu noktalar kendi aralarında Sayısal Nivo ile gidiş ve dönüş olmak üzere geometrik nivelman yöntemi ile ölçülmüştür. İlk dengeleme sonucunda sabit noktaların ölçülerinin serbest dengeleme sonuçları ve m_0 değeri uygun çıkmakta olup ama dayalı dengeleme geçildiği zaman kotlar arasında uyumlu sonuç bulunamamıştır. Bu yüzden ilk etapta Konya merkezde bulunan noktaların uyuşumsuz olduğu, merkezin dışında kalan noktalar ise oldukça uzun mesafelere rağmen uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

➤ 2015 yılı ölçüleri (Çizelge 6.2)

2015 yılında sadece tez konusunda kullanılan HGK noktaları arasında ölçüler yapılmıştır.

Çizelge 6.2. Üç değişik periyotta yapılan ölçüler (Merkez).

ÜÇ DEĞİŞİK PERİYOTTA YAPILAN ÖLÇÜLER (Merkez)					ÖLÇÜ PERİYOT – dH (m)			dH kot farkı (mm)		
					1 - 1972	2 - 2004	3 - 2015	1-2	1-3	2-3
1	44-297	Dokuzun beli	551-001	Aksaray Kavşağı	-142,808	-142,783	-142,803	25	5	-20
2	551-001	Aksaray Kavşağı	551-006	Buğday Ambarı	-4,653	-4,631	-4,667	22	-14	-36
3	44-322	İmam Hatip Lisesi	47-008	Mevlâna	-3,289	-2,985	-3,159	304	131	-174
4	47-008	Mevlâna	47-014	Tatlıcak Camii	-11,862	-11,682	-11,479	180	383	203
5	47-008	Mevlâna	47-005	Şerafettin Camii	3,793	3,707	3,900	-86	107	193
6	47-005	Şerafettin Camii	44-322	İmam Hatip Lisesi	-0,504	-0,722	-0,733	-218	-230	-11
7	50-008	Amber Reis Camii	M28G001	Tutga + Niv	354,211	354,635	354,915	424	704	280
8	50-008	Amber Reis Camii	44-322	İmam Hatip Lisesi	-3,851	-3,954	-3,659	-103	192	295
9	50-008	Amber Reis Camii	47-005	Şerafettin Camii	-3,347	-3,242	-2,920	105	427	322
10	47-005	Şerafettin Camii	47-007	Hükümet Binası	-1,964	-1,879	-1,886	85	78	-7
11	50-008	Amber Reis Camii	47-007	Hükümet Binası	-5,311	-5,122	-4,804	189	507	318
12	47-007	Hükümet Binası	47-008	Mevlâna	-1,829	-1,827	-2,014	2	-185	-187
13	47-008	Mevlâna	50-008	Amber Reis Camii	7,140	6,948	6,828	-192	-311	-120

6.3 Serbest Dengelemeler

6.3.1 1973-1984 yılları arasında yapılan HGK ölçülerine ait serbest dengeleme

1973-1984 yılları arasında yapılan HGK ölçüleri Çizelge 6.3'te, ortalama kot değerleri de Çizelge 6.4'de verilmiştir. Bu değerler ile dengeleme yapılmıştır.

Çizelge 6.3. 1973-1984 yılı HGK Nivelman ölçüleri.

Ölçü No	Baş. No	Bitiş No	Yük Farkı (m.)	S _{km}	P=1/S _i
1	44-297	551-001	-142,8084	16,0000	0,0625
2	551-001	551-006	-4,6531	11,0000	0,0909
3	44-322	47-008	-3,2891	1,5000	0,6667
4	47-008	47-014	-11,8617	8,0000	0,1250
5	47-008	47-005	3,7927	0,8000	1,2500
6	47-005	44-322	-0,5036	0,7000	1,4286
7	47-008	50-009	1,6056	2,0000	0,5000
8	50-009	50-019	-2,2003	20,0000	0,0500
9	50-009	50-008	5,5340	3,0000	0,3333
10	50-008	M28G001	354,2110	10,0000	0,1000
11	50-008	44-322	-3,8505	1,5000	0,6667
12	50-008	47-005	-3,3469	1,2000	0,8333
13	47-005	47-007	-1,9637	0,4000	2,5000
14	50-008	47-007	-5,3106	1,5000	0,6667
15	47-007	50-009	-0,2234	2,0000	0,5000
16	47-007	47-008	-1,8290	1,0000	1,0000
17	47-008	50-008	7,1396	2,0000	0,5000
18	44-313	44-297	137,0233	18,0000	0,0556
19	44-313	551-001	-5,7851	7,0000	0,1429
20	44-322	44-313	-5,5839	4,0000	0,2500

Çizelge 6.4. 1973-1984 yılı HGK nivelman noktaları ortalama kot değerleri.

N.N	HGK No	Yak.Yük (m)
1	44-297	1149,2729
2	44-313	1012,2496
3	44-322	1017,8335
4	47-005	1018,3371
5	47-007	1016,3734
6	47-008	1014,5444
7	47-014	1002,6827
8	50-008	1021,6840
9	50-009	1016,1500
10	50-019	1013,9497
11	551-001	1006,4645
12	551-006	1001,8114
13	M28G001	1375,8950

Çizelge 6.5. 1973-1984 yılı HGK nivelman ölçüleri dengeleme kriterleri.

n=	20,00	
u=	13,00	
f=	n-u+d=	8 >0 dengeleme var
d=	1,00	defekt
f ₁ =	8,00	

Çizelge 6.6. 1973-1984 yılı HGK nivelman ölçüleri dengeleme formülleri.

$N=A^T.P.A$	$n=A^T.P.L$
$Q_{xx}=N^{-1}$	
$x=Q_{xx}.n= (A^T.P.A)^{-1}.(A^T.P.L)$	
$m_0 = \sqrt{\frac{V^T.P.V}{n-u+d}}$	

Çizelge 6.7. 1973-1984 yılı serbest dengeleme N matris değerleri.

0,12	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00
-0,06	0,45	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00
0,00	-0,25	3,01	-1,43	0,00	-0,67	0,00	-0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-1,43	6,01	-2,50	-1,25	0,00	-0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	-2,50	4,67	-1,00	0,00	-0,67	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,67	-1,25	-1,00	4,04	-0,13	-0,50	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,67	-0,83	-0,67	-0,50	0,00	3,10	-0,33	0,00	0,00	0,00	-0,10
0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00	-0,33	1,38	-0,05	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,05	0,05	0,00	0,00	0,00
-0,06	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	-0,09	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09	0,09	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10

Çizelge 6.8. 1973-1984 yılı serbest dengeleme Q matris değerleri.

10,24	1,39	-1,38	-1,58	-1,63	-1,62	-2,24	-1,62	-1,74	-3,28	3,34	2,49	-2,39
1,39	2,64	-0,13	-0,33	-0,38	-0,37	-0,99	-0,37	-0,49	-2,03	1,51	0,67	-1,14
-1,38	-0,13	1,10	0,90	0,85	0,86	0,24	0,86	0,74	-0,80	-1,26	-2,10	0,09
-1,58	-0,33	0,90	1,12	1,02	0,96	0,35	0,94	0,86	-0,67	-1,46	-2,30	0,18
-1,63	-0,38	0,85	1,02	1,19	0,98	0,36	0,95	0,93	-0,60	-1,51	-2,35	0,18
-1,62	-0,37	0,86	0,96	0,98	1,15	0,54	0,92	0,91	-0,63	-1,50	-2,35	0,15
-2,24	-0,99	0,24	0,35	0,36	0,54	7,92	0,30	0,30	-1,24	-2,12	-2,96	-0,47
-1,62	-0,37	0,86	0,94	0,95	0,92	0,30	1,20	0,89	-0,65	-1,50	-2,35	0,43
-1,74	-0,49	0,74	0,86	0,93	0,91	0,30	0,89	1,55	0,01	-1,62	-2,46	0,12
-3,28	-2,03	-0,80	-0,67	-0,60	-0,63	-1,24	-0,65	0,01	18,47	-3,16	-4,00	-1,42
3,34	1,51	-1,26	-1,46	-1,51	-1,50	-2,12	-1,50	-1,62	-3,16	6,19	5,34	-2,27
2,49	0,67	-2,10	-2,30	-2,35	-2,35	-2,96	-2,35	-2,46	-4,00	5,34	15,50	-3,12
-2,39	-1,14	0,09	0,18	0,18	0,15	-0,47	0,43	0,12	-1,42	-2,27	-3,12	9,66

Çizelge 6.5 ve Çizelge 6.6’da verilen dengeleme kriterleri ve formülleri yardımıyla yapılan dengeleme değerleri Çizelge 6.7 ila Çizelge 6.9 arasında gösterilmiştir.

Çizelge 6.9. 1973-1984 yılı serbest dengeleme V matris değerleri.

Ölçü No	Baş. No	Bitiş No	V (m)
1	44-297	551-001	0.000
2	551-001	551-006	0.000
3	44-322	47-008	0.000
4	47-008	47-014	0.000
5	47-008	47-005	0.000
6	47-005	44-322	0.000
7	47-008	50-009	0.000
8	50-009	50-019	0.000
9	50-009	50-008	0.000
10	50-008	M28G001	0.000
11	50-008	44-322	0.000
12	50-008	47-005	0.000
13	47-005	47-007	0.000
14	50-008	47-007	0.000
15	47-007	50-009	0.000
16	47-007	47-008	0.000
17	47-008	50-008	0.000
18	44-313	44-297	0.000
19	44-313	551-001	0.000
20	44-322	44-313	0.000

Yapılan dengeleme sonucu birim ölçünün karesel ortalama hatası $m_0 = 0.000$ metre olarak bulunmuştur.

Yapılan dengeleme sonucunda bulunan bu değerler, dengeleme sonrası aşamalarda Global Test ve Deformasyon yerelleştirme (R.Testi) işlemlerinde veri olarak kullanılmıştır.

6.3.2 2004 yılı yapılan ölçülere ait serbest dengeleme

2004 yılında yapılan nivelman ölçüleri Çizelge 6.10'da, ortalama kot değerleri de Çizelge 6.11'de verilmiştir. Bu değerler ile dengeleme yapılmıştır.

Çizelge 6.10. 2004 yılı nivelman ölçüleri.

Ölçü No	Baş. No	Bitiş No	Yük Farkı (m.)	S _{km}	P=1/S _i
1	44-297	551-001	-142,7830	16,0000	0,0625
2	551-001	551-006	-4,6310	11,0000	0,0909
3	44-322	47-008	-2,9850	1,5000	0,6667
4	47-008	47-014	-11,6820	8,0000	0,1250
5	47-008	47-005	3,7070	0,8000	1,2500
6	47-005	44-322	-0,7220	0,7000	1,4286
7	47-008	50-009	2,0840	2,0000	0,5000
8	50-009	50-019	-2,5000	20,0000	0,0500
9	50-009	50-008	4,8650	3,0000	0,3333
10	50-008	M28G001	354,6350	10,0000	0,1000
11	50-008	44-322	-3,9540	1,5000	0,6667
12	50-008	47-005	-3,2420	1,2000	0,8333
13	47-005	47-007	-1,8790	0,4000	2,5000
14	50-008	47-007	-5,1220	1,5000	0,6667
15	47-007	50-009	0,2560	2,0000	0,5000
16	47-007	47-008	-1,8272	1,0000	1,0000
17	47-008	50-008	6,9480	2,0000	0,5000
18	44-313	44-297	136,7659	18,0000	0,0556
19	44-313	551-001	-6,0225	7,0000	0,1429
20	44-322	44-313	-4,8549	4,0000	0,2500

Çizelge 6.11. 2004 yılı nivelman noktaları ortalama kot değerleri.

N.N	HGK No	Yak.Yük (m)
1	44-297	1149,2729
2	44-313	1012,2496
3	44-322	1017,8335
4	47-005	1018,3371
5	47-007	1016,3734
6	47-008	1014,5444
7	47-014	1002,6827
8	50-008	1021,6840
9	50-009	1016,1500
10	50-019	1013,9497
11	551-001	1006,4645
12	551-006	1001,8114
13	M28G001	1375,8950

Çizelge 6.12. 2004 yılı nivelman ölçüleri dengeleme kriterleri.

n=	20,00	
u=	13,00	
f=	n-u+d=	8 >0 dengeleme var
d=	1,00	defekt
f ₁ =	8,00	

Çizelge 6.13. 2004 yılı nivelman ölçüleri dengeleme formülleri.

$N=A^T.P.A$	$n=A^T.P.L$
$Q_{xx}=N^{-1}$	
$x=Q_{xx}.n= (A^T.P.A)^{-1}.(A^T.P.L)$	
$m_0 = \sqrt{\frac{V^T.P.V}{n-u+d}}$	

Çizelge 6.14. 2004 yılı serbest dengeleme N matris değerleri.

0,12	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00
-0,06	0,45	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00
0,00	-0,25	3,01	-1,43	0,00	-0,67	0,00	-0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-1,43	6,01	-2,50	-1,25	0,00	-0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	-2,50	4,67	-1,00	0,00	-0,67	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,67	-1,25	-1,00	4,04	-0,13	-0,50	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,67	-0,83	-0,67	-0,50	0,00	3,10	-0,33	0,00	0,00	0,00	-0,10
0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00	-0,33	1,38	-0,05	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,05	0,05	0,00	0,00	0,00
-0,06	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	-0,09	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09	0,09	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10

Çizelge 6.15. 2004 yılı serbest dengeleme Q matris değerleri.

10,24	1,39	-1,38	-1,58	-1,63	-1,62	-2,24	-1,62	-1,74	-3,28	3,34	2,49	-2,39
1,39	2,64	-0,13	-0,33	-0,38	-0,37	-0,99	-0,37	-0,49	-2,03	1,51	0,67	-1,14
-1,38	-0,13	1,10	0,90	0,85	0,86	0,24	0,86	0,74	-0,80	-1,26	-2,10	0,09
-1,58	-0,33	0,90	1,12	1,02	0,96	0,35	0,94	0,86	-0,67	-1,46	-2,30	0,18
-1,63	-0,38	0,85	1,02	1,19	0,98	0,36	0,95	0,93	-0,60	-1,51	-2,35	0,18
-1,62	-0,37	0,86	0,96	0,98	1,15	0,54	0,92	0,91	-0,63	-1,50	-2,35	0,15
-2,24	-0,99	0,24	0,35	0,36	0,54	7,92	0,30	0,30	-1,24	-2,12	-2,96	-0,47
-1,62	-0,37	0,86	0,94	0,95	0,92	0,30	1,20	0,89	-0,65	-1,50	-2,35	0,43
-1,74	-0,49	0,74	0,86	0,93	0,91	0,30	0,89	1,55	0,01	-1,62	-2,46	0,12
-3,28	-2,03	-0,80	-0,67	-0,60	-0,63	-1,24	-0,65	0,01	18,47	-3,16	-4,00	-1,42
3,34	1,51	-1,26	-1,46	-1,51	-1,50	-2,12	-1,50	-1,62	-3,16	6,19	5,34	-2,27
2,49	0,67	-2,10	-2,30	-2,35	-2,35	-2,96	-2,35	-2,46	-4,00	5,34	15,50	-3,12
-2,39	-1,14	0,09	0,18	0,18	0,15	-0,47	0,43	0,12	-1,42	-2,27	-3,12	9,66

Çizelge 6.12 ve Çizelge 6.13’da verilen dengeleme kriterleri ve formülleri yardımıyla yapılan dengeleme değerleri Çizelge 6.14 ila Çizelge 6.16 arasında gösterilmiştir.

Çizelge 6.16. 2004 yılı serbest dengeleme V matris değerleri.

Ölçü No	Baş. No	Bitiş No	V (m)
1	44-297	551-001	-0.00211
2	551-001	551-006	0.00000
3	44-322	47-008	-0.00181
4	47-008	47-014	0.00000
5	47-008	47-005	-0.00019
6	47-005	44-322	0.00200
7	47-008	50-009	-0.00082
8	50-009	50-019	0.00000
9	50-009	50-008	-0.00127
10	50-008	M28G001	0.00000
11	50-008	44-322	-0.00610
12	50-008	47-005	0.00189
13	47-005	47-007	-0.00061
14	50-008	47-007	0.00228
15	47-007	50-009	-0.00002
16	47-007	47-008	0.00001
17	47-008	50-008	-0.00109
18	44-313	44-297	-0.00237
19	44-313	551-001	0.00092
20	44-322	44-313	0.00000

Yapılan dengeleme sonucu birim ölçünün karesel ortalama hatası $m_0 = 0.00230$ metre olarak bulunmuştur.

Yapılan dengeleme sonucunda bulunan bu değerler, dengeleme sonrası aşamalarda Global Test ve Deformasyon yerleştirme (R.Testi) işlemlerinde veri olarak kullanılmıştır.

6.3.3 2015 yılı ölçüleri ve serbest dengeleme

2015 yılında yapılan nivelman ölçüleri Çizelge 6.17’de, ortalama kot değerleri de Çizelge 6.18’de verilmiştir. Bu değerler ile dengeleme yapılmıştır.

Çizelge 6.17. 2015 yılı nivelman ölçüleri.

Ölçü No	Baş. No	Bitiş No	Yük Farkı (m.)	S _{km}	P=1/S _i
1	44-297	551-001	-142,8030	16,0000	0,0625
2	551-001	551-006	-4,6670	11,0000	0,0909
3	44-322	47-008	-3,1586	1,5000	0,6667
4	47-008	47-014	-11,4791	8,0000	0,1250
5	47-008	47-005	3,8998	0,8000	1,2500
6	47-005	44-322	-0,7332	0,7000	1,4286
7	47-008	50-009	2,3049	2,0000	0,5000
8	50-009	50-019	-2,6400	20,0000	0,0500
9	50-009	50-008	4,5234	3,0000	0,3333
10	50-008	M28G001	354,9149	10,0000	0,1000
11	50-008	44-322	-3,6588	1,5000	0,6667
12	50-008	47-005	-2,9200	1,2000	0,8333
13	47-005	47-007	-1,8860	0,4000	2,5000
14	50-008	47-007	-4,8036	1,5000	0,6667
15	47-007	50-009	0,2882	2,0000	0,5000
16	47-007	47-008	-2,0138	1,0000	1,0000
17	47-008	50-008	6,8283	2,0000	0,5000
18	44-313	44-297	136,8310	18,0000	0,0556
19	44-313	551-001	-6,0080	7,0000	0,1429
20	44-322	44-313	-4,8553	4,0000	0,2500

Çizelge 6.18. 2015 yılı nivelman noktaları ortalama kot değerleri.

N.N	HGM No	Yak.Yük (m)
1	44-297	1149,2729
2	44-313	1012,2496
3	44-322	1017,8335
4	47-005	1018,3371
5	47-007	1016,3734
6	47-008	1014,5444
7	47-014	1002,6827
8	50-008	1021,6840
9	50-009	1016,1500
10	50-019	1013,9497
11	551-001	1006,4645
12	551-006	1001,8114
13	M28G001	1375,8950

Çizelge 6.19. 2015 yılı nivelman ölçüleri dengeleme kriterleri.

n=	20,00	
u=	13,00	
f=	n-u+d=	8>0 dengeleme var
d=	1,00	defekt
f ₁ =	8,00	

Çizelge 6.20. 2015 yılı nivelman ölçüleri dengeleme formülleri.

$N=A^T.P.A$	$n=A^T.P.L$
$Q_{xx}=N^{-1}$	
$x=Q_{xx}.n=(A^T.P.A)^{-1}.(A^T.P.L)$	
$m_0 = \sqrt{\frac{V^T.P.V}{n-u+d}}$	

Çizelge 6.21. 2015 yılı serbest dengeleme N matris değerleri.

0,12	-0,06	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,06	0,00	0,00
-0,06	0,45	-0,25	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,14	0,00	0,00
0,00	-0,25	3,01	-1,43	0,00	-0,67	0,00	-0,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-1,43	6,01	-2,50	-1,25	0,00	-0,83	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	-2,50	4,67	-1,00	0,00	-0,67	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,67	-1,25	-1,00	4,04	-0,13	-0,50	-0,50	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	-0,67	-0,83	-0,67	-0,50	0,00	3,10	-0,33	0,00	0,00	0,00	-0,10
0,00	0,00	0,00	0,00	-0,50	-0,50	0,00	-0,33	1,38	-0,05	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,05	0,05	0,00	0,00	0,00
-0,06	-0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,30	-0,09	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,09	0,09	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10

Çizelge 6.22. 2015 yılı serbest dengeleme Q matris değerleri.

10,24	1,39	-1,38	-1,58	-1,63	-1,62	-2,24	-1,62	-1,74	-3,28	3,34	2,49	-2,39
1,39	2,64	-0,13	-0,33	-0,38	-0,37	-0,99	-0,37	-0,49	-2,03	1,51	0,67	-1,14
-1,38	-0,13	1,10	0,90	0,85	0,86	0,24	0,86	0,74	-0,80	-1,26	-2,10	0,09
-1,58	-0,33	0,90	1,12	1,02	0,96	0,35	0,94	0,86	-0,67	-1,46	-2,30	0,18
-1,63	-0,38	0,85	1,02	1,19	0,98	0,36	0,95	0,93	-0,60	-1,51	-2,35	0,18
-1,62	-0,37	0,86	0,96	0,98	1,15	0,54	0,92	0,91	-0,63	-1,50	-2,35	0,15
-2,24	-0,99	0,24	0,35	0,36	0,54	7,92	0,30	0,30	-1,24	-2,12	-2,96	-0,47
-1,62	-0,37	0,86	0,94	0,95	0,92	0,30	1,20	0,89	-0,65	-1,50	-2,35	0,43
-1,74	-0,49	0,74	0,86	0,93	0,91	0,30	0,89	1,55	0,01	-1,62	-2,46	0,12
-3,28	-2,03	-0,80	-0,67	-0,60	-0,63	-1,24	-0,65	0,01	18,47	-3,16	-4,00	-1,42
3,34	1,51	-1,26	-1,46	-1,51	-1,50	-2,12	-1,50	-1,62	-3,16	6,19	5,34	-2,27
2,49	0,67	-2,10	-2,30	-2,35	-2,35	-2,96	-2,35	-2,46	-4,00	5,34	15,50	-3,12
-2,39	-1,14	0,09	0,18	0,18	0,15	-0,47	0,43	0,12	-1,42	-2,27	-3,12	9,66

Çizelge 6.19 ve Çizelge 6.20’da verilen dengeleme kriterleri ve formülleri yardımıyla yapılan dengeleme değerleri Çizelge 6.21 ila Çizelge 6.23 arasında gösterilmiştir.

Çizelge 6.23. 2015 yılı serbest dengeleme V matris değerleri.

Ölçü No	Baş. No	Bitiş No	V (m)
1	44-297	551-001	-0,01405
2	551-001	551-006	0,00000
3	44-322	47-008	-0,00528
4	47-008	47-014	0,00000
5	47-008	47-005	-0,00001
6	47-005	44-322	-0,00271
7	47-008	50-009	-0,00235
8	50-009	50-019	0,00000
9	50-009	50-008	-0,00379
10	50-008	M28G001	0,00000
11	50-008	44-322	0,00051
12	50-008	47-005	-0,00238
13	47-005	47-007	0,00075
14	50-008	47-007	-0,00403
15	47-007	50-009	-0,00018
16	47-007	47-008	-0,00073
17	47-008	50-008	-0,00613
18	44-313	44-297	-0,01580
19	44-313	551-001	0,00615
20	44-322	44-313	0,00000

Yapılan dengeleme sonucu birim ölçünün karesel ortalama hatası $m_0 = 0.00362$ metre olarak bulunmuştur.

Yapılan dengeleme sonucunda bulunan bu değerler, dengeleme sonrası aşamalarda Global Test ve Deformasyon yerelleştirme (R.Testi) işlemlerinde veri olarak kullanılmıştır.

7. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Ağın tümünde ya da bir bölümünde deformasyon olup olmadığını belirlemek için yapılan teste global test denir. Global testin amacı ortak noktalar ile tanımlanmış jeodezik kontrol ağının geometrisinin değişip değişmediğini belirlemektir. Bu test ile referans ve obje noktalarından oluşan iki kademeli ağın yerleştirme çerçevesinde nokta hareketlerinin ortaya çıkarılmasında kullanılır. Global testle, herhangi bir ölçme döneminden diğer ölçme dönemine en az iki ölçme dönemi arasındaki nokta koordinatları birbirleri ile karşılaştırılır. İki'den fazla ölçme döneminin birlikte değerlendirilmesi özel durum olarak adlandırılır.

S-transformasyonu ile deformasyon analizinde üç değişik zamanda yapılan geometrik nivelman ölçülerinin ayrı ayrı serbest dengelenmesi yapılmıştır. Yapılan bu serbest dengelenmeler sonunda uyumsuz ölçüler ayıklanmıştır. Her periyottaki ölçüler için ayrı ayrı uyum testi yapılmıştır. 1.periyot ölçüleri HGM ye ait dengelenmiş nokta yüksekliklerinden hesaplandığından, üç periyot ölçüleri için periyot ölçülerinin varyansı homojen kabul edilmiştir.

Serbest dengelenmeler tamamlandıktan sonra her periyot için global test yapılarak ağın bütününde deformasyon olup olmadığı kontrol edilmiştir. Daha sonra deformasyonun yerleştirilmesi işlemi yapılmıştır. Bu yerleştirme işlemi 13 defa yapılarak, her seferinde sırayla bir nokta devre dışı bırakılmıştır.

t_1 , t_2 ve t_3 periyotlarında gözlenen ağ geometrileri farklı ise (multivaryant ağ) global test, yalnızca eşlenik noktalardan oluşan ağ bölümlerini kapsar. Başka bir deyişle, t_1 ve t_2 zamanında ölçülen ağlar eşlenik noktalara göre konumlandırılır.

Global test ile ilgili işlemler tamamlanarak bulunan değerler Çizelge 7.1, Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3'te gösterilmiştir.

Çizelge 7.1. Global Test (1.Periyot - 1973 yılı) - (2.Periyot - 2004 yılı).

1. Periyod		2. Periyod		Fark
0,000		53.093		53.093
0,000		312.863		312.863
0,000		-416.137		-416.137
0,000		-199.740		-199.740
0,000		-115.651		-115.651
0,000		-113.845		-113.845
0,000		65.855		65.855
0,000		-306.535		-306.535
0,000		363.730		363.730
0,000		64.030		64.030
0,000		76.385		76.385
0,000		98.485		98.485
0,000		117.465		117.465
f ₁ 8	f ₂ 8	m ₁ (mm) 0	m ₂ (mm) 2.301	α 0.95
m ₀ ² = (f ₁ . m ₁ ² + f ₂ . m ₂ ²) / f ₁ + f ₂ = 2,6477				Ortak Varyans
Re = 382481,72		he = u - d = 8		m ₀ ² = 2,6477
Ftest = 18056,94				α = 0,95
Ftablo = F _{1-α/2,f,f+f} = 2,59				
Ftest > Ftablo = Ağda deformasyon var.				

Çizelge 7.2. Global Test (1.Periyot - 1973 yılı) - (3.Periyot - 2015 yılı).

1. Periyod		3. Periyod		Fark
0,000		139.026		139.026
0,000		347.131		347.131
0,000		-381.469		-381.469
0,000		-149.164		-149.164
0,000		-70.717		-70.717
0,000		-256.251		-256.251
0,000		126.349		126.349
0,000		-573.684		-573.684
0,000		440.703		440.703
0,000		1.003		1.003
0,000		130.377		130.377
0,000		116.477		116.477
0,000		130.216		130.216
f ₁	f ₃	m ₁ (mm)	m ₃ (mm)	α
8	8	0	3.618	0.95
m ₀ ² = (f ₁ . m ₁ ² + f ₃ . m ₃ ²) / f ₁ + f ₃ = 6.5433				Ortak Varyans
Re = 740770.93		he = u - d = 8		m ₀ ² = 6.5433
Ftest = 14151.40				α = 0,95
Ftablo = F _{1-α/2,f,f+f} = 2,59				
Ftest > Ftablo = Ağda deformasyon var.				

Çizelge 7.3. Global Test (2.Periyot - 2004 yılı) - (3.Periyot - 2015 yılı).

2. Periyod		3. Periyod		Fark
53.093		139.026		85.934
312.863		347.131		34.268
-416.137		-381.469		34.668
-199.74		-149.164		50.576
-115.651		-70.717		44.933
-113.845		-256.251		-142.406
65.855		126.349		60.494
-306.535		-573.684		-267.149
363.73		440.703		76.973
64.03		1.003		-63.027
76.385		130.377		53.992
98.485		116.477		17.992
117.465		130.216		12.751
f ₂	f ₃	m ₂ (mm)	m ₃ (mm)	α
8	8	2.301	3.618	0.95
m ₀ ² = (f ₂ . m ₂ ² + f ₃ . m ₃ ²) / f ₂ + f ₃ = 9.1910				Ortak Varyans
Re = 199476.75		he = u - d = 8		m ₀ ² = 9.1910
Ftest = 2712.93				α = 0,95
Ftablo = F _{1-α/2, f, f+f} = 2,59				
Ftest > Ftablo = Ağda deformasyon var.				

Çizelge 7.1, Çizelge 7.2 ve Çizelge 7.3'te listelenen üç periyot ölçülerine ait test sonuçları incelendiğinde ağda deformasyon olduğu görülmektedir.

$F_{test} > F_{tablo}$ olduğu için noktalardaki deformasyonların yerelleştirmesine geçilmiştir. Yerelleştirme sonucunda ağda %95 ihtimalle anlamlı deformasyona rastlanmıştır. Daha sonra bu noktalar obje noktaları içine alınıp deformasyonların yerelleştirmesine devam edilmiştir.

Bölüm 5.6.4'te verilen "S transformasyonu yardımıyla anlamlı nokta hareketlerinin araştırılması"na ait (5.12) ila (5.21) eşitlikleri yardımı ile işleme devam edilmiştir.

Çizelge 7.4. R. Testi - (1.Periyot - 2.Periyot) - (1973 yılı - 2004 yılı).

$f_1 = 8 \quad m_1 = 0,000 \text{ mm.} \quad f_2 = 8 \quad m_2 = 2,301 \text{ mm.}$		
$m_0^2 = (f_1 \cdot m_1^2 + f_2 \cdot m_2^2) / f_1 + f_2 = 2,6477 \quad \text{Ortak Varyans}$		
N.N	Rs	
1	381412.676	1.yerelleştirme
2	323699.363	2.yerelleştirme
3	285079.822	3.yerelleştirme
4	381942.208	4.yerelleştirme
5	381494.632	5.yerelleştirme
6	379852.057	6.yerelleştirme
7	380463.462	7.yerelleştirme
8	347633.358	8.yerelleştirme
9	196726.018	9.yerelleştirme
10	380236.216	10.yerelleştirme
11	380242.209	11.yerelleştirme
12	382459.517	12.yerelleştirme
13	381687.146	13.yerelleştirme
$\alpha = 0,95 \quad F = 74299,40$ $F_{\text{tablo}} = F_1 - \alpha/2, f, f + f = 2,591096$ $F_{\text{test}} > F_{\text{tablo}} = \text{Ağda deformasyon var.}$		

Çizelge 7.5. R. Testi - (1.Periyot - 3.Periyot) - (1973 yılı - 2015 yılı).

$f_1 = 8 \quad m_1 = 0,000 \text{ mm.} \quad f_3 = 8 \quad m_3 = 3,618 \text{ mm.}$		
$m_0^2 = (f_1 \cdot m_1^2 + f_3 \cdot m_3^2) / f_1 + f_3 = 6,5433 \quad \text{Ortak Varyans}$		
N.N	Rs	
1	381412.676	1.yerelleştirme
2	323699.363	2.yerelleştirme
3	285079.822	3.yerelleştirme
4	381942.208	4.yerelleştirme
5	381494.632	5.yerelleştirme
6	379852.057	6.yerelleştirme
7	380463.462	7.yerelleştirme
8	347633.358	8.yerelleştirme
9	196726.018	9.yerelleştirme
10	380236.216	10.yerelleştirme
11	380242.209	11.yerelleştirme
12	382459.517	12.yerelleştirme
13	381687.146	13.yerelleştirme
$\alpha = 0,95 \quad F = 30065,43$ $F_{\text{tablo}} = F_1 - \alpha/2, f, f + f = 2,591096$ $F_{\text{test}} > F_{\text{tablo}} = \text{Ağda deformasyon var.}$		

Çizelge 7.6. R. Testi - (2.Periyot - 3.Periyot) - (2004 yılı - 2015 yılı).

$f_2 = 8$ $m_2 = 2,301 \text{ mm.}$ $f_3 = 8$ $m_3 = 3,618 \text{ mm.}$ $m_0^2 = (f_2 \cdot m_2^2 + f_3 \cdot m_3^2) / f_2 + f_3 = 9,1910$ Ortak Varyans		
N.N	Rs	
1	381412.676	1.yerelleştirme
2	323699.363	2.yerelleştirme
3	285079.822	3.yerelleştirme
4	381942.208	4.yerelleştirme
5	381494.632	5.yerelleştirme
6	379852.057	6.yerelleştirme
7	380463.462	7.yerelleştirme
8	347633.358	8.yerelleştirme
9	196726.018	9.yerelleştirme
10	380236.216	10.yerelleştirme
11	380242.209	11.yerelleştirme
12	382459.517	12.yerelleştirme
13	381687.146	13.yerelleştirme
$\alpha = 0,95$ $F = 21404,18$ $F_{\text{tablo}} = F_2 - \alpha/2, f, f + f = 2,591096$ $F_{\text{test}} > F_{\text{tablo}} = \text{Ağda deformasyon var.}$		

Deformasyon yerelleştirme işlemleri tamamlanarak bulunan değerler Çizelge 7.4, Çizelge 7.5 ve Çizelge 7.6’da gösterilmiştir.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Konya şehir merkezindeki düşey yönlü deformasyonların incelenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla 1973-2004-2015 yıllarında var olan ve yapılan geometrik nivelman ölçüleri statik deformasyon analizi yapılmıştır. Çalışmada yaklaşık 45 yıllık bir süre zarfında olduğu düşünülen deformasyonlar tespit edilmiştir. 1973 yılında başlayan ve 2004 yılında ikinci periyot ve 2015 yılında üçüncü periyot Geometrik nivelman ölçüler tamamlanarak deformasyon analizleri yapılmıştır.

Çizelge 6.2. den de anlaşılacağı üzere yapılmış olan 3 periyottaki ölçülerin birbiri ile kıyaslandığı zaman ölçülerin dH farklarının tecviz sınırları dışında olduğu görülmüştür. Bu değişiklikler bazı noktalar arasında 20 cm. civarında iken bazı noktalar arasındaki dH farklarındaki değişikliğin 50 cm. civarında olduğu da görülmüştür. Bu farklarla ilgili noktalar arasındaki ölçülerden elde edilen dH farklarındaki değişimler aşağıda bazı noktalar için verilmiştir.

- Hükümet Konağı ile Şerafettin cami arası 100 metre mesafede olmasına rağmen dH farkının 85 mm. olduğu ölçülerden tespit edilmiştir.
- Hükümet Konağı ile Mevlâna Türbesi arası 500 metre civarında olmasına rağmen dH farkının 185 mm. olduğu ölçülerden tespit edilmiştir.
- Şerafettin cami ile Mevlâna Türbesi arası 600 metre civarında olmasına rağmen dH farkının 193 mm. olduğu ölçülerden tespit edilmiştir.
- Hükümet Konağı ile Amber Reis cami arası 1500 metre civarında olmasına rağmen dH farkının 507 mm. olduğu ölçülerden tespit edilmiştir.

Yukarıda belirttiğimiz gibi ölçü farklarından (dH) anlaşılacağı üzere noktalar arasındaki ölçülerde tecviz sınırlarını aşan miktarlarda değişiklik olduğu görülmektedir. Bu ölçülerle yapılan deformasyon analizlerinde ağda deformasyon olduğunu göstermektedir. Noktalarda aynı oranda olmamak üzere genelde 50 cm. ye varan ölçülerde farklılık olduğu görülmektedir.

Yapılan deformasyon analizleri sonucunda elde edilen veriler bölüm 7.2 ve 7.3 de sunulmuştur. Global test uygulaması sonucunda elde edilen ($F_{test} > F_{tablo}$ = Ağda deformasyon var). F_{test} değerlerinin tablo değerlerinden büyük olmasında dolayı üç periyot için ağda deformasyon olduğu görülmektedir. Ağdaki deformasyonun hangi noktadan kaynaklandığının tespiti için deformasyon yerelleştirme uygulaması yapılmıştır. S transformasyonu uygulamasının yerelleştirilmesi olarak bölüm 7.3'te

belirtilen sonuçlara göre merkezdeki noktalarda deformasyon olduğu görülmüştür.

Bu sonuçların Canaslan (2016) da belirtilen InSar tekniği ile elde edilen “Çalışmanın en önemli sonuçlarından biri ise; Konya Kent Merkezi'nin, tam ortadan 10 km uzunluğunda bir hat ile ayrıldığı farz edilirse, hattın doğusunda ve batısında kalan kısım (Karatay ve Selçuklu İlçeleri ve civarı) az deformasyonlu (~30 mm/yıl) alan, hattın ortasında ve yakın çevresinde kalan alan (Meram İlçesi ve civarı) çok deformasyonlu (~50 mm/yıl) alan olarak adlandırılabilir” ile uyumlu olduğu görülmüştür.

Yine bu çalışmada elde edilen bulgular, Ustun vd. (2015) tarafından Konya Kapalı Havzasında tesis edilen jeodezik noktalarda yapılan GNSS gözlem sonuçlarından elde edilen düşey yönde yıllık yaklaşık 10 cm ye kadar varan değişimler tespit edildiği araştırma sonuçları ile uyumludur.

Ayrıca Yalvaç (2016) doktora tez çalışmasında belirttiği “Konya Havzası ve yakın çevresinde özellikle şehir merkezi ve tarımın yoğun yapıldığı alanlar başta olmak üzere yıllık 50 mm'ye varan çökme değerleri tespit edilmiştir” sonuçları ile uyumludur.

Deformasyon çalışmalarında doğru sonuçların elde edilmesi ve neticesinde olası hareketlerin doğru yorumlanması oldukça önemlidir. Yapılan ölçümler ile elde edilen jeodezik ve geoteknik sonuçlar tek başına bir anlam ifade etmemektedir. Sonuçların bu konuda uzman kişiler tarafından deformasyonların daha gerçekçi yorumlamaları yapılarak önlemlerin zamanında alınması sağlanabilir. Ayrıca özellikle geoteknik, statik özellikler gibi farklı parametreler ile ilişkisi araştırılmalıdır.

Genelde ölçü için kullanılan noktaların duvar tesisi olmasından dolayı düşey hareketin bazen sadece binanın kütesinden dolayı olduğu da düşünülebilir. Yapılan hassas nivelman ölçüleri ile tespit edilen düşey hareketlerin tam olarak sebebinin yer altı sularının daha derinlere doğru çekilmesi mi veya tektonik hareketler mi yoksa şehir merkezindeki yapıların ağırlıklarından dolayı mı yoksa başka hangi nedenle olduğu konusunda net bir sonuca ulaşılması mümkün değildir. Son günlerde sıcaklıkların mevsim normallerinden farklı bir şekilde gelişim göstermesi ve bölgenin Jeolojik yapısının da bu konu için incelenmesi gereklidir.

Yapılan yıllara sâri ölçülerden anlaşılağı üzere binaların en yoğun yerlerde düşey hareketlerin daha fazla olduğu fakat merkez dışına doğru çıkıldıkça düşey hareketlerin merkeze göre azaldığı görülmüştür. Yapılan ölçüler sonucunda elde edilen düşey

hareketliliğin belli miktarlarda devam ettiği görülmüştür.

Elimizde az miktarda kalan ve 1973 yılındaki ilk ölçüden itibaren 50 yıldan beri yaşamakta olan bu noktaların kesin olarak korunması veya yakınında bulunan ve daha uzun yaşayacağına inanılan bir başka yapıya yeni tesislerin yapılması ile birlikte belli periyotlarda ölçülerinin yenilenerek Konya'nın düşey yöndeki hareket miktarlarının devamlı olarak izlenmesi gerekmektedir.

Jeodezik yöntemlerle düşey yöndeki deformasyonların belirlenmesinde statik, kinematik veya dinamik modeller kullanılabilir. Bu çalışmada deformasyon analizi için statik deformasyon yöntemi olarak bilinen S transformasyonu uygulanmıştır.

Statik model, Konya modelinde olduğu gibi tek boyutlu dolaylı (endirekt) ölçülerle jeodezik nivelman ağlarda dış parametrelerin tamamı belirlenememekle birlikte düşey yönlü deformasyonların belirlenmesinde yeterli doğrulukta sonuçlar vermektedir. Nivelman ağlarında en az bir noktanın yüksekliği değişmez (sabit) olarak alınması da yeterli olacaktır.

Düşey yöndeki hareketler çok uzun yıllar sonucunda meydana geldiği için düşey hareketin izleneceği bölgede sağlam bir deformasyon ağı oluşturulmalı veya uzun yıllar önce tesis edilen noktaların yaşaması için gerekli önlemler alınmalıdır. Oluşturulan deformasyon ağının en büyük özelliği zamana karşı hiç değişmeden hayatta kalmasını bilmeli ve ağın korunmasına da özen gösterilmelidir. Bu nedenle noktanın yer seçimi ve ölçümleri olağanüstü dikkatli ve incelikle yapılmıştır.

Bu tür deformasyon ölçülerinde kullanılan nivo, mira ve diğer aletlerin her ölçü öncesi gerekli kontrollerinin yapılması, ayrıca Jeodezik ölçme aletlerinin de kalibrasyonlarının belirli periyotlarda yapılması oldukça önemli ve hayatidir. Kullanılan ölçü aletlerinin oldukça yeni ve üstün özellikleri olanları tercih edilmelidir.

Bu nedenlerden dolayı Konya'nın geleceği açısından yerel yönetimlerce ölçülerin belli periyotlar dâhilinde yapılarak deformasyonların büyüklük ve konumları tespit edilmekle beraber bu deformasyona sebep olan nedenlerinde bulunması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akay, G., 2007. Analysis of total crustal deformation by the comparison of terrestrial and gps measurements in the marmara region, Jeodezi Yüksek Lisans Programı, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul.
- Alçay, S., 2014. Beton kemer barajlardaki deformasyonların jeodezik ve geoteknik yöntemlerle izlenmesi ve Ermenek Barajı örneği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ayan, T., 1982. Jeodezik ağlarda deformasyon analizine genel bakış, İTÜ Dergisi, 40.
- Bilgen, B., 2017. GNSS tekniği ile yatay yöndeki deformasyonların araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Canaslan, F., 2016. Farklı yeryüzü özelliklerinde ileri InSAR teknikleri kullanılarak yüzey deformasyonlarının belirlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Caspary, W. F., 1988. Concepts of network and deformation analysis, Monograph, 11 School of surveying, the Univesity of New South Wales, Australia.
- Ceylan, A., 1988. Duyarlı nivelmanda önemli sistematik hata kaynakları üzerine bir çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ceylan, A., 1993. Presizyonlu nivelman yerine trigonometrik nivelman yönteminin kullanılabilirliği üzerine bir çalışma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Chrzanowski, A., Massiera, M. 2006. Relation between monitoring and design aspects of large earth dams, 3. IAC/12 th FIG Symposium, Baden, May 22-24.
- Çalışkan, K., 2021. Bolvadin/Afyonkarahisar Kent merkezinde meydana gelen düşey deformasyon hızlarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Çelik, R.N., Acar, M., Kaplan, M. O. and Ayan, T., 2005. Benefits of using geodetic approaches for determining earthquake damages on large structures, International Symposium “Modern Technologies, Education and Professional Practice In Geodesy and Related Fields” 3-4 November, Sofia.
- Demir, C. ve Cingöz, A., 2002. Türkiye ulusal düşey kontrol (nivelman) ağı-1999 (TUDKA-99), TUJK 2002 yılı Bilimsel Toplantısı, Tektonik ve Jeodezik Ağlar Çalıştayı, İznik.
- Demirel, H., 1987. S Transformasyonu ve deformasyon analizi, Türkiye 1. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 593-608.

- Doğanalp, S., 2005. Kinematik modelde kalman filtreleme yöntemi ile deformasyon analizi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Erkaya, H., 2006. Jeodezi ve Fotogrametri Bölümü yükseklik ölçmeleri, ders notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Gezgin, C., 2020. GNSS ve INSAR teknikleri ile Tuz Gölü fay zone'nun (tgfz) kinematik analizi, Doktora Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- İbaoglu, R., 2019. Düşey yöndeki deformasyonların kinematik modelle belirlenmesi: Ermenek Barajı örneği, Yüksek Lisans Tezi, Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Konya.
- İnal, C., 1990. Yerkabuğu ve yapılarıdaki deformasyonların oluşumu ve yorumu, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, 66, 42-48.
- İnal C., 2000. Deformasyon ölçülerinin analizi lisans üstü ders notları, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- İnal, C., Ceylan, A., 2002. S transformasyonu uygulama alanları, Selçuk Teknik Online Dergisi, ISSN 1302-6178.
- İnal, C., 2010. Mühendislik ölçmeleri ders notu, Harita mühendisliği bölümü, Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Konya.
- İnal, C., 2014. Deformasyon ölçülerinin analizi, basılmamış ders notları, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Kalkan vd., 2003. Heyelanların jeodezik ve geoteknik yöntemle izlenmesi: Ambarlı Liman bölgesinde bir uygulama, Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, İstanbul, 91-105.
- Kalooop, M. R. ve Li, H., 2009. Monitoring of bridge deformation using GPS technique, KSCE Journal of Civil Engineering, 13 ,6, 423-431.
- Köse, Z., 2018. Obruk Barajındaki düşey deformasyonların hassas nivelman yöntemi ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Özerman, U., 2012. Topografya ders notları, yüksekliklerin ölçülmesi-nivelman, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul, 70.
- Özlüdemir, M. T., 1993. Düşey kontrol ağlarında deformasyon analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Satır, B., 2007. Tünel deformasyonlarının jeodezik, geoteknik ve sonlu eleman yöntemleri ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

- Şerbetçi, M., 1992. Ülke temel jeodezik ağıın tarihçesi, nirengi, nivelman ve gravite ağıları, Harita ve Kadastro Mühendisliği, sayı 72, s.5-15, Ankara (Makale),
- Şerbetçi, M., 1995. Türk Haritacılığı Tarih, II. Baskı, HKMO Yayını, Ankara.
- T.C. Resmi Gazete, BÖHHBÜY, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, Bakanlar Kurulu Kararının Tarihi: 30.04.2018, No: 2018/11962, Yayımlandığı Resmî Gazetenin Tarihi: 26.06.2018, No: 30460 Mükerrer, Ankara.
- Tekdal, E., 2007. Deprem sonrasında meydana gelen deformasyonların jeodezik yöntemlerle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkezer, A., Simav, M., Sezen, E., Direnç, A., Kurt, M. ve Lenk, O., 2011. Türkiye yükseklik sisteminin modernizasyonu, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara
- Turan, F., 2007. Dolgu tipli barajlarda düşey değişimlerin hassas trigonometrik nivelman yöntemiyle belirlenmesi üzerine bir inceleme, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ulsoy, E., 1976. Ülke jeodezi ağıları, ders notu, İTÜ Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümü, Jeodezi Kürsüsü Yayınları, No:2, İstanbul.
- Uluışık, P., 2006. Yüksek bina hareketinin gps ile izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ustun, A., Tusat, E., Yalvac, S., Ozkan, I., Eren, Y., Ozdemir, A., Bildirici, I.O., Ustuntas, T., Kırtıloğlu, O., Mesutoglu, M., Doganalp, S., Canaslan, F., Abbak, R., Avsar, N., and Simsek, F. F., 2014. Land subsidence in Konya Closed Basin and its spatio-temporal detection by GPS and DInSAR. Environmental Earth Sciences, 1–13.
- Uysal, A., 2012. Alibey Barajı'nda düşey yöndeki hareketlerin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ünver, M., 1988. Düşey yöndeki yer kabuğu hareketlerinin duyarlıklı nivelman yöntemi ile belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Ünver, M., 1994. Düşey yöndeki yer kabuğu deformasyonlarının kinematik model ile belirlenmesi, Doktora tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Welsch, W. M. ve Heunecke, O., 2001. Models and terminology for the analysis of geodetic monitoring observations-official report of the ad-hoc committee of fig working group 6.1-. The 10th FIG International Symposium on deformation Measurements. Orange, California, USA.

- Yalçın, M., 2019. Bolvadin fayı yüzey deformasyonlarının hassas nivelman ölçüleri ile izlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Yalçınkaya, M. ve Bayrak, T., 2003. Dynamic model for monitoring landslides with emphasis on underground water in Trabzon Province, Northeastern Turkey, *Journal of Surveying Engineering*, 129, 3, 115-124.
- Yalçınkaya, M. ve Ulukavak, M., 2009. Trab Igs noktası'nın stabilitesinin araştırılması, Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 4. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 651-652.
- Yalvaç, S., 2016. Konya kapalı havzasında düşey yönlü zemin hareketlerinin gnss zaman serileri yardımıyla belirlenmesi, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Yılmaz, N. ve Demirsoy, N., 2022. Düşey yönlü deformasyon araştırması, *Araştırma Makalesi*, *Dergipark. org.tr*, Dicle Üniversitesi, Diyarbakır, 329-337.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Erhan CİVCİK

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Selçuk Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü, 1984-1989

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü Anabilim Dalı, 2011-...

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Konya, Şirket Genel ve Teknik Müdürü / 1984-1993
2. Meram Bel. Emlak İstimlak Müdürü / 1994-1997
3. Ankara, Şirket Genel ve Teknik Müdürü ve Proje Müdürlükleri / 1997-2014
4. Meram Belediyesi, Teknik Başkan Yardımcısı / 2014-2019
5. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Mekânsal Planlama Genel Müd. / 2019-2021
6. KOP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı / 2021 -

TEZDEN ÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER

Kongrelerde Sunulan Bildiriler

1. Yurt, K. ve Cıvcık, E. 2023. Konya Şehir Merkezi Yerleşiminde Düşey Yönlü Değişim Analizi XXII. Türkiye Ulusal Jeodezi Komisyonu (TUJK) Sempozyumu 2023-Afetler ve Afet Yönetiminde Jeodezinin Katkıları, 29 Kasım-01 Aralık 2023, Trabzon.