



**OBRUK BARAJINDAKİ DÜŞEY DEFORMASYONLARIN  
HASSAS NİVELMAN YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**  
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Zafer KÖSE

DANIŞMAN

Doç. Dr. Tamer BAYBURA

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Şubat 2018

Bu tez çalışması AKÜ BAP 16.FEN.BİL.21 ve HİTİT BAP ODMYO19001.15.003 numaralı projeleri ile desteklenmiştir.

**AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**OBRUK BARAJINDAKİ DÜŞEY DEFORMASYONLARIN**  
**HASSAS NİVELMAN YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

**Zafer KÖSE**

**DANIŞMAN**

**Doç. Dr. Tamer BAYBURA**

**HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**Şubat 2018**

**BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI**  
**Afyon Kocatepe Üniversitesi**

**Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım  
bu tez çalışmada;**

- Tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

**02/02/2018**

**Zafer KÖSE**

## TEZ ONAY SAYFASI

Zafer KÖSE tarafından hazırlanan “**OBRUK BARAJINDAKİ DÜŞEY DEFORMASYONLARIN HASSAS NİVELMAN YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 02/02/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Tamer BAYBURA

**Başkan** : Prof. Dr. Reha Metin ALKAN  
Hitit Üniversitesi, Rektörlük

**Üye** : Doç. Dr. Tamer BAYBURA  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

**Üye** : Doç. Dr. İbrahim TİRYAKİOĞLU  
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza

İmza

İmza

Afyon Kocatepe Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun  
...../...../..... tarih ve  
..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....  
Prof. Dr. İbrahim EROL  
Enstitü Müdürü

**ÖZET**  
Yüksek Lisans Tezi

**OBRUK BARAJINDAKİ DÜŞEY DEFORMASYONLARIN  
HASSAS NİVELMAN YÖNTEMİ İLE BELİRLENMESİ**

Zafer KÖSE

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Danışman:** Doç. Dr. Tamer BAYBURA

Yerkabuğunda veya büyük yapılarda meydana gelen geometrik şekil değişikliklerine ‘deformasyon’ denir. Deformasyonlar düşey ve yatay doğrultudaki konum değişikliği şeklinde görülür. Düşey yöndeki yer kabuğu hareketleri genellikle hassas nivelman yöntemi kullanılarak belirlenir. Bu yöntemi uygulamak için deformasyon bölgesi ve çevresini kapsayan bir ağ oluşturulur. Ağı oluşturan noktalar, obje noktaları ve sabit noktalardan oluşmaktadır. Obje noktaları, deformasyon incelemesine konu olan bölgeyi kapsayacak şekilde deformasyonun beklendiği yerlerden seçilir. Sabit noktalar ise, deformasyonu incelenecek bölgeye yakın fakat deformasyon beklenmeyen, üzerinde ölçüm yapılabilecek yerlere tesis edilir.

Deformasyon ölçmeleri için ağ kurulduktan sonra, deformasyon noktalarının yüksekliklerinin belirlenmesi için hassas nivelman ölçmeleri yapılır. Hassas Nivelman yöntemi ile belirli zaman aralıklarında yapılan ölçülerin sonuçları irdelenir. Çok küçük hareketlerin belirlenmesi amaçlandığı için ölçüler yapılırken hassas nivelmanın tüm şartları yerine getirilmelidir. Ölçümlerde elde edilen veriler uyumsuz ölçü testi uygulanarak uyumsuz ölçüler belirlenir ve bu ölçüler dengeleme öncesi iptal edilir. Yapılan ölçüler en küçük kareler yöntemine göre serbest ağ dengelemesi yöntemi kullanılarak deformasyon noktalarının yükseklikleri belirlenir.

Bu çalışma Obruk Barajı ve çevresinde meydana gelebilecek olası düşey deformasyonların belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Obruk Barajı gövdesindeki düşey deformasyonların belirlenmesi amacıyla 8 adet referans noktasına, 6 adet baraj inşaatında imal edilmiş olan sağlam beton zeminlere RS noktası bronz şeklinde imal edilmiştir. Ayrıca baraj gövdesinde bulunan 44 adet obje noktası üzerine nivelman aparatı imal edilmiştir. Toplamda 58 adet noktanın tamamında ölçme doğruluğu 0.6mm/km olan elektronik nivo ve invar miralar kullanılarak gidiş-dönüş olarak hassas nivelman yapılmıştır. 6 adet RS noktasının yatay koordinatları bulunmamakla beraber, bu noktalar sadece rölatif yükseklik ölçümleri için kullanmıştır. Proje kapsamında toplam dört kampanya ölçümü yapılmıştır. Gidiş-dönüş şeklinde ölçülen nivelman hattının uzunluğu yaklaşık 22 km'dir. Gidiş-dönüş ölçüleri arasındaki farklardan ve lup kapanmalarından 1 km gidiş-dönüş ölçü için standart sapma değeri hesaplanmıştır. Değerlendirmede hata sınırı olarak  $4\sqrt{S}$  değeri kullanılmıştır. Yapılan ölçümlerin değerlendirilmesi ve deformasyon analizi için PANDA deformasyon analizi programının DEFANA modülü kullanılmıştır. Bu çalışmada PANDA programının tek boyutlu ölçülerin değerlendirilmesi, deformasyon analizinin nasıl yapıldığı ve 4 kampanya olarak yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar detaylı bir şekilde açıklanmıştır.

Dört kampanya olarak yapılan çalışmanın, altı periyod olarak deformasyon analizi gerçekleştirilmiştir. 1. ve 4. kampanya ölçüleri ile deformasyon analizi yapıldığında su seviye üzerinde olan obje noktalarında +2 mm ile +5 mm arasında hareket gözlenmiştir. Birinci ve dördüncü kampanya arasında baraj su seviyesi farkı 1.76 m olarak tespit edilmiştir. Su seviyesinin artmasıyla birlikte, gövde üzerindeki basınç artışı, obje noktalarındaki hareketleri meydana getirdiği düşünülmektedir. Bunun dışında yapılan deformasyon analizlerinde obje noktalarında hareket gözlemlenmemiştir.

**2018, xi + 71 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Obruk Barajı, Deformasyon, Hassas Nivelman, Deformasyon Ölçmeleri, Düşey Deformasyon, Deformasyon Analizi, PANDA/DEFANA

**ABSTRACT**  
M.Sc. Thesis

DETERMINATION OF VERTICAL DEFORMATIONS IN OBRUK DAM BY  
PRECISE LEVELING METHOD

Zafer KÖSE

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

**Supervisor:** Assoc. Prof. Tamer BAYBURA

The geometric shape changes that occur in the earth's crust or in large structures are called 'deformation'. Deformations are seen as vertical and horizontal position changes. The movements of the ground wall in the vertical direction are generally determined using the precision leveling method. To implement this method, a network is constructed that includes the deformation zone and its surroundings. The network consists of points, object points and fixed points. The object points are selected from places where deformation is expected to cover the region subject to the deformation study. The fixed points are located where the deformation is close to the region to be investigated but where no deformation is expected, where measurements can be made.

After the network is set up for deformation measurements, precise leveling measurements are made to determine the heights of the deformation points. The results of the measurements made at specific time intervals are investigated by the Precise Leveling method. As it is aimed to determine very small movements, all the conditions of precision leveling must be met while making measurements. The data obtained in the measurements are mismatched and the mismatched measures are determined and canceled before balancing. The heights of the deformation points are determined by using the free mesh stabilization method according to the measured least squares method.

This study was carried out in order to determine the possible vertical deformations that could occur in the vicinity of the Obruk Dam and its surroundings.

In order to determine the vertical deformations in the Obruk Dam body, the RS point is made of bronze in the concrete concrete grounds, which are manufactured at 8 reference points and 6 dam constructions. In addition to this, 44 pieces of object points on the dam body have been manufactured as a leveled aparate. In total, 58 points were precisely leveled using electronic nova and invar mirrors with a measuring accuracy of 0.6 mm / km. Although there are no horizontal coordinates of 6 RS points, these points are only used for relative height measurements.

A total of four campaign measurements were made under the project. The length of the leveling line measured in round trip is about 22 km. The standard deviation value for the 1 km round-trip measure from the difference between the return and return measures and the loop closure was calculated. An error limit of  $4\sqrt{S}$  is used in the evaluation. The DEFANA module of the PANDA deformation analysis program was used for evaluation of the measurements made and deformation analysis. In this study, the evaluation of one dimensional measurement of PANDA program, deformation analysis and results obtained without working as 4 campaigns are explained in detail.

Deformation analysis was carried out in six periods of four campaigns. Movement between +2 mm and +5 mm was observed at object points above the water level when deformation analysis was performed with campaign measures 1 and 4. The dam water level between the first and fourth campaigns was 1.76 m. With the increase in water level, the increase in pressure on the body is thought to bring about the movements at object points. Apart from this, in the deformation analyzes made at the object points, no motion was observed.

**2018, xi + 71 pages**

**Keywords :** Obruk Dam, Deformation, Precise Leveling, Deformation Measurements, Vertical Deformation, Deformation Analysis, PANDA/DEFANA



## TEŞEKKÜR

Haritacılık mesleği, özellikle arazi alışmaları tek kişinin yapabileceği bir iş değildir. Bir ekip olması gerekmektedir ve bu eser gcl bir ekibin özverili çalışmaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Bu ekipte yer alan Hitit niversitesinde görev yapan Kayhan ALADOĞAN, Mehmet Nurullah ALKAN, Veli İLİ, Fazlı Engin TOMBUŞ, Murat OZULU ve Murat ŞAHİN hocalarıma, bu ekibe beni dâhil eden, projenin fikir babası, ekibi yönlendiren ve engin tecrübelerini bizlerle paylaşmaktan çekinmeyen, saygıdeğer Prof. Dr. Vahap Engin GÜLAL'a, bizlere her türlü maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen Hitit Üniversitesi Rektörü saygıdeğer Prof. Dr. Reha Metin ALKAN'a, teşekkürü bir borç bilirim.

Bu proje AK BAP 16.FEN.BİL.21 ve HİTİT BAP ODMYO19001.15.003 numaralı projeler ile desteklenmiştir. Sağladıkları destekten dolayı Afyon Kocatepe Üniversitesi BAP Birimine ve Hitit Üniversitesi BAP birimine, teşekkürü ederim.

Lisans ve yüksek lisans eğitimim süresince her türlü desteğini esirgemeyen tez danışmanım saygıdeğer Doç. Dr. Tamer BAYBURA hocama en içten teşekkrlerimi sunarım.

Hayatımın her döneminde bana inanan ve desteklerini esirgemeyen saygıdeğer aile büyüklerime teşekkürü ve Őukranlarımı sunarım. Son olarak her türlü destekte bulunan değerli eşim Emine Burçin KÖSE ve ocuklarım Furkan, Beren ve Zehra'ya teşekkürü ederim.

Zafer KÖSE

AFYONKARAHİSAR, 2018

## İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	iii
TEŞEKKÜR .....	v
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	vi
KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. BARAJLAR .....	3
2.1 Barajların Faydaları ve Dikkat Edilmesi Gerekenler.....	3
2.2 Baraj Çeşitleri .....	5
2.2.1 Beton Barajlar .....	5
2.2.2 Dolgu Barajlar .....	8
2.3.Baraj Emniyeti .....	9
3. BARAJLARDA DEFORMASYON ÖLÇMELERİ .....	10
3.1 Jeodezik Olmayan Ölçme Yöntemleri ile Deformasyonların İzlenmesi .....	11
3.2 Jeodezik Ölçme Yöntemleri ile Deformasyonların Belirlenmesi .....	13
3.2.1 Aliyman Ölçmeleri .....	14
3.2.2 Klasik Konum Ölçmeleri .....	14
3.2.3 Uydu Bazlı Konum Ölçmeleri .....	14
3.2.4 Trigonometrik Nivelman Yöntemi .....	15
3.2.5 Hava ve Uydu Görüntüleri Yöntemi.....	16
3.2.5.1 LIDAR Tekniği .....	16
3.2.5.2 INSAR Tekniği .....	17
3.2.6 Hassas Nivelman Yöntemi .....	17
3.2.6.1 Alet Donanımı.....	18
3.2.6.2 Ölçme Yöntemleri.....	20
3.2.6.3 Hata Kaynakları .....	20
3.3 Deformasyon Modelleri.....	23

3.3.1 Dinamik Model .....	23
3.3.2 Statik Model.....	23
3.3.3 Kinematik Model .....	24
4. HASSAS NİVELMAN YÖNTEMİ İLE DEFORMASYON İZLEME; OBRUK BARAJI ÖRNEĞİ .....	25
4.1 Uygulama Alanının Tanıtılması.....	25
4.2 İstikşaf ve Nokta Tesisleri .....	26
4.2.1 Nivelman Ağının Oluşturulması.....	30
4.3 Verilerinin Elde Edilmesi .....	30
4.3.1 Kampanya Ölçmeleri .....	31
4.3 Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi .....	34
4.3.1 Ölçülerin Dengelenmesi ve Uyuşumsuz Ölçü Testi .....	34
4.3.2 Deformasyon Analizi.....	40
5. SONUÇLAR.....	51
6. KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ.....	58

## KISALTMALAR DİZİNİ

### Kısaltmalar

---

AKÜ	Afyon Kocatepe Üniversitesi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
GNSS	Global Navigation Satellite Systems
GPS	Global Positioning Systems
İTÜ	İstanbul Teknik Üniversitesi
YTÜ	Yıldız Teknik Üniversitesi
ZKÜ	Zonguldak Karaelmas Üniversitesi
LIDAR	Light Detection and Ranging
ICOLD	International Commission on Large Dams
RTK	Real Time Kinematic
DSİ	Devlet Su İşleri
HİTÜ	Hitit Üniversitesi
PANDA	Software Package for the Adjustment of Geodetic Networks and Deformation Analysis
INSAR	Interferometric Synthetic-Aperture Radar

---

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1 Deformasyonların sınıflandırılması .....	11
Şekil 3.2 Mira eğiklik hatası .....	22
Şekil 3.3 Mira çifti sıfır konum hatası.....	22
Şekil 4.1 Obje noktaları görünümü .....	29
Şekil 4.2 Nivelman kanavasası .....	30
Şekil 4.3 Ham data girişi .....	36
Şekil 4.4 1-2 periyod deformasyon analizi.....	44
Şekil 4.5 1-2 periyod deformasyon analizi (obje noktaları).....	45
Şekil 4.6 1-3 periyod deformasyon analizi.....	46
Şekil 4.7 1-3 periyod deformasyon analizi (obje noktaları).....	46
Şekil 4.8 1-4 periyod deformasyon analizi.....	47
Şekil 4.9 1-4 periyod deformasyon analizi (obje noktaları).....	48
Şekil 4.10 2-3 periyod deformasyon analizi.....	48
Şekil 4.11 2-4 periyod deformasyon analizi.....	49
Şekil 4.12 3-4 periyod deformasyon analizi.....	50

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Jeodezik olmayan baraj deformasyon ölçme yöntemleri.....	12
Çizelge 3.2 Jeodezik baraj deformasyon ölçme yöntemleri ve kullanılan donanımlar.....	14
Çizelge 4.1 Obruk barajı özellikleri.....	25
Çizelge 4.2 Sabit (referans) nokta tesisi.....	26
Çizelge 4.3 Ölçüm planı.....	30
Çizelge 4.4 Ölçüm tarihlerindeki baraj su seviyesi.....	31
Çizelge 4.5 Birinci kampanya ölçüm değerleri.....	33
Çizelge 4.6 Kampanya ölçüleri dengelenmiş değerleri.....	37
Çizelge 4.7 Hareketli ve harekesiz noktaların özet çizelgesi (Referans noktaları).....	42
Çizelge 4.8 Hareketli ve harekesiz noktaların özet çizelgesi (Objekt noktaları).....	42
Çizelge 4.9 1-2 periyotta deformasyon miktarları.....	44
Çizelge 4.10 1-3 periyotta deformasyon miktarları.....	45
Çizelge 4.11 1-4 periyotta deformasyon miktarları.....	47
Çizelge 4.12 2-4 periyotta deformasyon miktarları.....	49
Çizelge 4.13 3-4 periyotta deformasyon miktarları.....	49

## RESİMLER DİZİNİ

### Sayfa

<b>Resim 2.1</b> Beton Ağırlık Baraj Kesiti .....	5
<b>Resim 2.2</b> Beton Ağırlık Baraj Örneği (Boyabat Barajı).....	6
<b>Resim 2.3</b> Beton Kemer Baraj Kesiti.....	7
<b>Resim 2.4</b> Beton Kemer Baraj Örneği (Oymapınar Barajı).....	7
<b>Resim 2.5</b> Payandalı Beton Baraj Kesiti .....	8
<b>Resim 2.6</b> Payandalı Beton Baraj Örneği .....	8
<b>Resim 2.7</b> Kil Çekirdekli Toprak Dolgu Baraj Örneği (Obruk Barajı) .....	9
<b>Resim 2.8</b> Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Baraj Örneği (Atatürk Barajı).....	9
<b>Resim 3.1</b> LIDAR uygulaması.....	16
<b>Resim 3.2</b> INSAR uygulaması .....	17
<b>Resim 3.3</b> İnvar mira ve mira altlığı .....	19
<b>Resim 3.4</b> Sayısal nivolar.....	20
<b>Resim 4.1</b> Uygulama alanı .....	25
<b>Resim 4.2</b> Tesis edilen ve mevcut pilye örneği (15.11.2015).....	27
<b>Resim 4.3</b> Obje noktası örneği (15.11.2015) .....	28
<b>Resim 4.4</b> Tesis edilen noktaların uydu görüntüsü .....	29

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte, bozulan doğal denge ve yükselen hayat standartları suya olan ihtiyacı daha da artırmıştır. Susuz hayat olmaz sözü, suyun hayatımızdaki önemini en güzel şekilde ifade etmektedir. Suyun önemi, her geçen gün daha da artmaktadır. Bazı bilim insanlarına göre, önümüzdeki asır su asrı olacaktır. Giderek etkisini gösteren iklim değişimleri ve küresel ısınma bu tezi doğrular gibidir. Özellikle, Türkiye gibi orta kuşakta yer alan ve su kaynakları sınırlı olan ülkeler için bu durum daha da önemlidir. Su kaynaklarımızın etkin kullanılması, boşa akıp giden akarsularımızın kontrol altına alınması ve uzun vadeli gerçekçi bir planlama ile su kaynaklarımızın daha verimli kullanılması bir zorunluluktur. Boşa akıp giden suların mümkün olduğunca kontrol altına alınması amacıyla baraj, göl, gölet gibi yapıların tesis edilmesi ana hedeftir. Barajlar gibi su yapıları, suyu depolamak, suyun akımını düzenlemek, içme, sulama ve enerji üretimi gibi birçok fonksiyonu yerine getiren önemli mühendislik yapılarıdır. Bu yapılarda meydana gelebilecek deformasyonlar, suyun biriktiği alan ve çevresi için bir afete dönüşebilir. Bunun sonucunda da ülke ekonomisine ciddi zararlar verebilir. Bu zararları önlemek için, barajların inşasından itibaren, jeodezik ve jeodezik olmayan ölçme teknikleri kullanılarak meydana gelebilecek deformasyonlar sürekli izlenmesi gerekmektedir. Ülkemizde yaklaşık iki bine yakın gölet ve baraj inşa edilmiş veya edilmektedir. Bunlardan yaklaşık altı yüze yakını büyük barajlar sınıfında değerlendirilmektedir (Kalkan 2014).

Yerkabuğunda veya büyük yapılarda meydana gelen şekil değişikliklerine 'deformasyon' denir. Deformasyonlar düşey ve yatay doğrultudaki konum değişikliği şeklinde görülür. Düşey yöndeki yer kabuğu hareketleri genellikle hassas nivelman yöntemi kullanılarak belirlenir. Bu yöntem uygulamak için deformasyon bölgesi ve çevresini kapsayan bir ağ oluşturulur. Ağı oluşturan noktalar, obje noktaları ve sabit noktalardan oluşmaktadır. Objeler, deformasyon izlenmesine konu olan bölgeyi kapsayacak şekilde deformasyonun beklendiği yerlerden seçilir. Sabit noktalar ise, deformasyonu incelenecek bölgeye yakın fakat deformasyon beklenmeyen, üzerinde ölçüm yapılabilecek yerlere tesis edilir. Deformasyonu belirlemek için ağda yapılan ölçümler belli zaman aralıklarında tekrarlanır. Ölçüm yapılacak periyodlar, olası deformasyonun büyüklüğüne ve oluşum sürelerine göre belirlenir (Ünver 1988).



Barajlar, değişik yük altında bulunan kritik mühendislik yapılarından birisidir. Baraj ve yakın çevresi, birçok nedene bağlı olarak zaman içinde deformasyona uğrayabilir. Barajın yapısı, gövdenin ve su kütesinin ağırlığı, suyun basıncı, gövde içi su basıncındaki değişim, sıcaklık değişimleri ve yer kabuğu hareketleri gibi faktörler deformasyonların sebepleri olabilir. Bu değişimler, bazen barajların yıkılmasına bile yol açabilir. Tarihte bunun birçok örnekleri mevcuttur. Bunun gibi durumların önlenmesi amacıyla barajlarda deformasyon ölçmeleri yapılması gerekmektedir. Obruk barajında meydana gelecek olumsuzlukların büyük yıkımlara yol açacağı tahmin edilmektedir. Bunun için barajda oluşacak deformasyonların devamlı takip edilmesi gerekmektedir.



## **2. BARAJLAR**

Tarih boyunca insanoğlunun suya olan ihtiyacı onu suyun biriktirilmesine zorlamıştır. Önceleri günlük gereksinimi kadar suyu biriktiren insanlar sonra özellikle su kaynaklarının az olduğu yörelerde suyu biriktirmek için baraj yapmaya yönelmiştir. Fransızca kökenli olan baraj kelimesi su bendi ve engel olarak açıklanmaktadır. ICOLD'un tanımına göre suyu depolamak için vadilerin kapatılması suretiyle yapılan ve nehir seviyesinden (talveg) yüksekliği 15 metrenin üzerinde olan yapay yapılar baraj olarak adlandırılmaktadır. Yükseklikleri 15 metrenin altında olan ve su depolayan yapılar ise gölet olarak adlandırılmaktadır (Gülal ve Hoşbaş 2001).

Barajlar, başlangıçta taşkınlardan korunmak, içme ve sulama suyu elde etmek için inşa edilmişlerdir. Özellikle 19. yüzyılın başından itibaren hızlı nüfus artışı, teknolojik ve kültürel gelişmelere koşullar olarak artan enerji gereksinimini karşılamak için elektrik enerjisi üretmek üzere tasarlanmaya başlanmış, bu da daha yüksek barajların yapımını zorunlu kılmıştır. Yeni yapılacak barajlar için gittikçe daha az uygun yerlerin kalması, doğal olarak arazi bozuklukları ve insan hataları da birleşerek büyük trajedilere neden olabilmektedir.

Son yıllarda meydana gelen ve önemli derecede can ve mal kaybına neden olan yetersizlikler ve kazalar, baraj ve köprü gibi büyük mühendislik yapılarının davranışlarının yakından izlenmesini ve gerekli önlemlerin alınmasını zorunlu kılmıştır (Gülal ve Hoşbaş 2001).

### **2.1 Barajların Faydaları ve Dikkat Edilmesi Gerekenler**

Barajların faydalarını doğrudan ve dolaylı olanlar şeklinde iki gruba ayırmak olanaklıdır.

Doğrudan faydalarını;

- Tarım alanlarının sulanması,
- Enerji üretimini sağlaması,
- İçme, kullanma, endüstri amaçlı düzenli ve sürekli su temini,

- Yerleşim ve tarım alanlarının taşkınlardan korunması olarak sıralamak mümkündür.

Yukarıda sayılan bu faydaların yanında dolaylı faydaları ise;

- Su birikmesi neticesinde iklim üzerinde olumlu etki yapması,
- Su üzerinde ulaşım olanakları sağlanması,
- Su ürünleri üretimi, özellikle balıkçılığın gelişmesi,
- Baraj gölü kıyılarında mesire olanakları sağlanması,
- Yaban avcılığının gelişimini sağlanması,
- İş gücü istihdamı ile işsizlik üzerindeki olumlu etkisi,
- Milli güvenlik üzerinde olumlu etki yapması,
- Su kalitesinin ve kirlenmenin kontrolünün sağlanması,
- Su sporları yapılmasına olanak sağlanması olarak sayılabilir.

Bu faydaların yanında baraj yapımında dikkat edilmesi gereken konular da vardır.

Bunlar;

- Doğal dengenin bozulması,
- Göl alanı içinde kalan tarım alanlarının ve doğal kaynakların kullanım dışı kalması,
- Göl alanı içinde kalan yerleşim yerlerinin nakli,
- Göl alanı içinde kalan yol, köprü gibi yatırımların yerine benzeri yeni yatırımlar yapılması gereği,
- Artan su buharlaşması neticesinde kullanılacak su miktarının azalması,
- Su yükünün artması neticesinde baraj gölü çevresinde heyelan tehlikesi ve benzeri jeolojik olaylar,
- Yer altı su seviyesinin yükselmesi neticesinde oluşan olumsuz etkiler,
- Akarsuların taşkın mevsimlerinde getirdikleri toprak gücünü artıran besleyicilerden ovaların mahrum kalması,
- Göl alanında kalan tarihi eserler (Zeugma antik şehri gibi) sıralanabilir (Gültekin 1995).

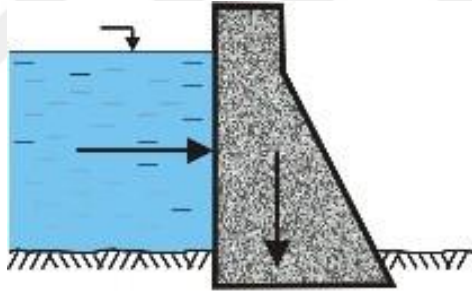
## 2.2 Baraj eşitleri

Barajları gövde yapısına göre, beton ve dolgu barajlar olmak üzere iki ana gruba ayırabiliriz.

### 2.2.1 Beton Barajlar

Beton barajlar, Beton ağırlık barajları, Beton kemer barajlar ve Payandalı beton barajlar olmak üzere üç çeşittir.

Beton ağırlık barajlar, biriktirdiği suyun gövdeye yaptığı basınç ve diğer etkileri gövdenin ağırlığı ile karşılayan yapılardır (Resim 2.1). Bu tür barajların inşa edildikleri vadilerin temelinin sağlam kaya olması, agrega malzemelerinin yeterli miktarda bulunması, imento naklinin olanaklı olması ve biriktirilecek suyun betona zararlı olmaması gerekmektedir.

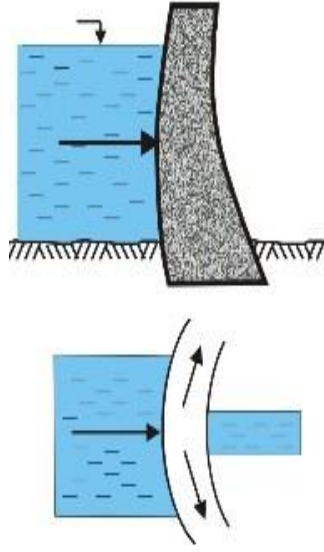


**Resim 2.1** Beton Ağırlık Baraj Kesiti.



**Resim 2.2** Beton Ağırlık Baraj Örneği (Boyabat Barajı).

Beton kemer barajlar, memba yönünde verilmiş kemer şeklinden yararlanılarak üzerlerine gelen yükleri, kemer etkisi ile büyük ölçüde yamaçlara aktaran beton malzemeden inşa edilen barajlara denir. Genellikle kemer ağırlık, silindirik ve çift eğrilikli olarak projelendirilirler. Kemer ağırlık barajları en kesit yönünden ağırlık barajlarına benzer fakat baraj kreti eğrisel olup, mansap yüzü daha dik eğimlidir. Silindirik olanların eksen yarıçapları sabittir. Gövde kalınlığı temelden yukarı azalır. Çift eğrilikli gövdelere ise hem yatay hem de düşey eğrilik verilmiştir (Resim 2.3).



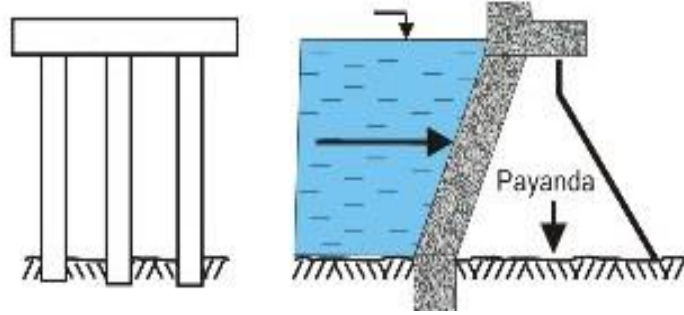
**Resim 2.3** Beton Kemer Baraj Kesiti.



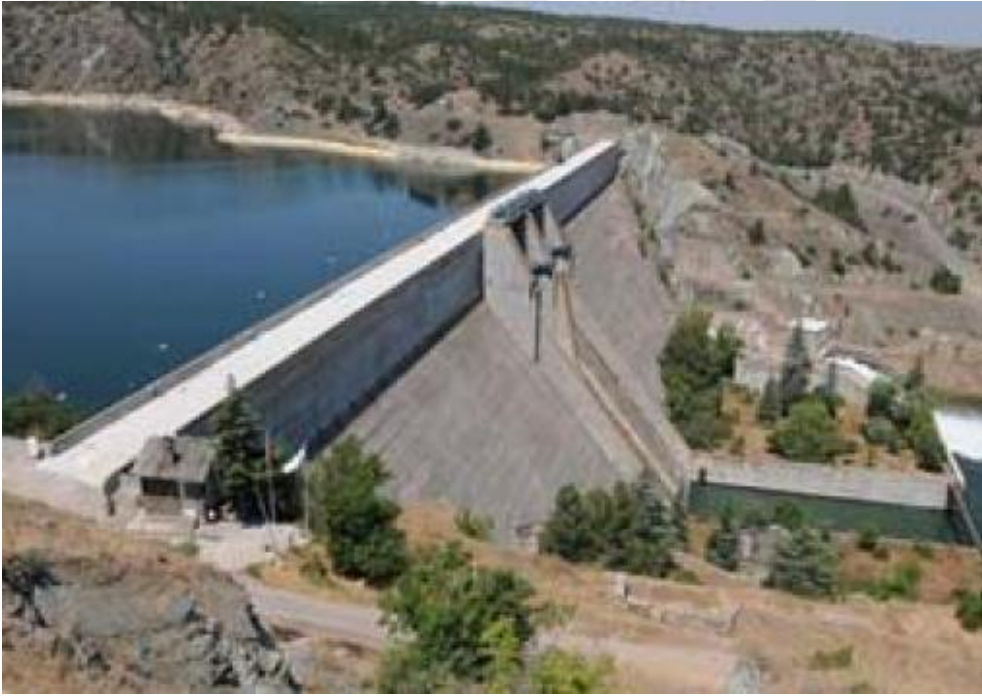
**Resim 2.4** Beton Kemer Baraj Örneği (Oymapınar Barajı).

Payandalı beton barajlar, suyun biriktirilmesini sağlayan plak veya kemerlerin yüklerinin orta ayaklara taşıtılmasını sağlayan beton baraj tipine denilmektedir. Bu baraj tipi dolgu gövdeli ağırlık barajlarına karşı malzemeden ekonomi sağlamak amacı ile düşünülürler.

Bu tip gövdeler, beton ağırlık barajların özel şekli olarak da düşünülebilir. Memba yüzeyleri eğimli olup 150 m'ye kadar olan yüksekliklerde uygulanmışlardır (Resim 2.5).



**Resim 2.5** Payandalı Beton Baraj Kesiti.



**Resim 2.6** Payandalı Beton Baraj Örneği.

### 2.2.2 Dolgu Barajlar

Doğada bulunan malzemelerin çok az işleminden geçirilmesinden sonra kullanılmaları ile inşa edilen ve çeşitli tip temeller üzerine oturtulabildikleri için geniş tabanlı olarak inşa edilen barajlar dolgu barajlar olarak adlandırılır (Resim 2.7, Resim 2.8). Dolgu barajlar, kil çekirdekli toprak dolgu, kil çekirdekli kaya dolgu ve kil çekirdekli karışık dolgu olmak üzere üç kısımdır.



**Resim 2.7** Kil Çekirdekli Toprak Dolgu Baraj Örneği (Obruk Barajı).



**Resim 2.8** Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Baraj Örneği (Atatürk Barajı).

### **2.3.Baraj Emniyeti**

Barajlarda emniyetin sağlanması ulusal ve uluslararası seviyede ekonomik ve sosyal yöntem kritik bir konudur. ICOLD tarafından yayımlanan raporda geçen yüzyılda meydana gelen baraj sorunları 8000'den fazla insanların ölümüne neden olmuştur (Aksu 2009).

Ülkelerin kalkınmada, sanayileşmede ve tarımsal üretimde istenilen seviyeye gelebilmeleri için su ihtiyaçlarını en iyi şekilde karşılamaları gerekir. Bu sebeple ülkemizde son yıllarda yüzlerce gölet ve baraj inşa edilmiştir. Bu barajların emniyetinin sağlanması amacıyla belirli aralıklarla izlenmesi gerekmektedir (Kalın 2010).



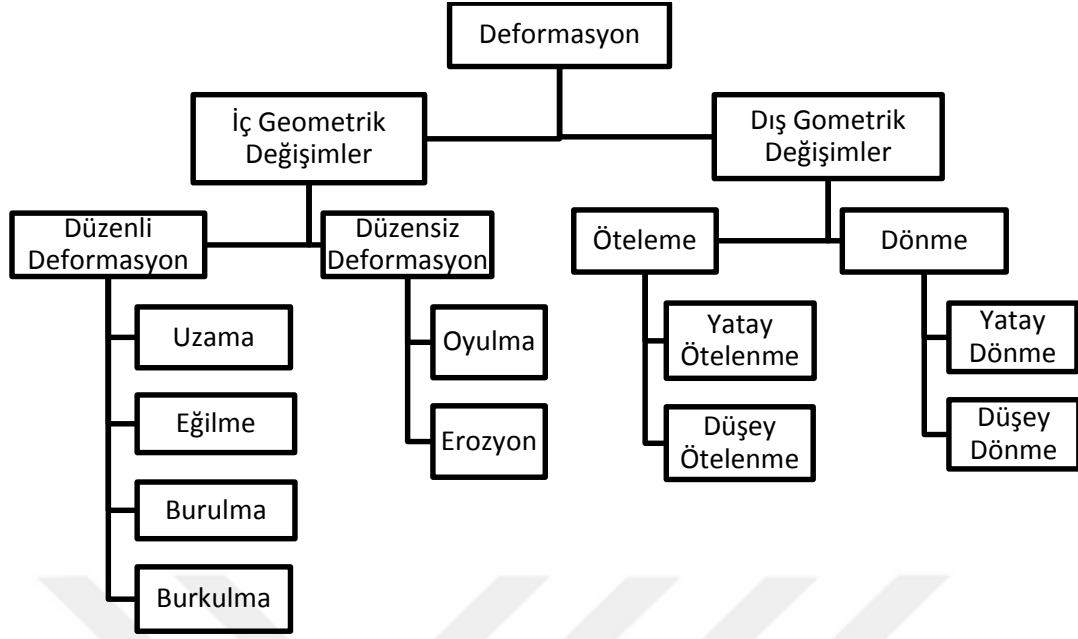
### 3. BARAJLARDA DEFORMASYON ÖLÇMELERİ

Büyük mühendislik yapılarının ve bunların yakın çevrelerindeki değişik faktörlerin etkisi altında kalırlar. Bu etkilerden dolayı yapı ve etrafında zamanla şekil değişimleri olur. Oluşan bu değişimlere deformasyon denir. Değişimlerin ortaya çıkarılması için yapılan ölçümlere deformasyon ölçmeleri, bu ölçülerin yorumlanması işlemine de deformasyon ölçülerinin analizi denir (Denli 1998).

Mühendislik yapılarında, deformasyonların izlenmesi çalışmalarında takip edilmesi zorunlu bazı temel adımlar söz konusudur. Bu çalışmaların bir sıra halinde yapılması önem taşır. Öncelikle, beklenen deformasyon veya deformasyonların olası maksimum değerlerinin tahmin edilmesi, bu iş için gerekli ölçme doğruluklarının ve ölçme yöntemlerinin belirlenmesi gerekir. Daha sonra, bu ihtiyaca cevap verecek bir ölçme ağının oluşturulması ve uygun ölçme yöntemleriyle ölçülmesi adımları gelir. Bundan sonraki adımlar ise, toplanan verilerin değerlendirilmesi, dengelenmesi ve belirlenen deformasyonların modellenmesi şeklinde sıralanmaktadır.

Deformasyonlar iki kısımda incelenebilir;

1. İç Geometrik Değişimler, burulma, burkulma, uzama, eğilme ve oyulma gibi şekil değişimleridir.
2. Dış Geometrik Değişimler, dönme, öteleme gibi hareketlerdir (Kalkan 2004).



Şekil 3.1 Deformasyonların sınıflandırılması (Kalın 2010).

Barajlarda zamanla oluşabilecek fiziksel ve geometrik değişimler izlenir ve bu değişimlerin anlamlı seviyelerde olup olmadıkları ve kritik değerlere yaklaşıp yaklaşmadıkları belirlenmeye çalışılır. Böylece, zamanında alınacak önlemlerle yapının emniyeti, verimliliği ve yapıdan beklenen faydanın sürekliliği yanında, yol açabileceği zararların da önlenmesi sağlanmış olur. Özellikle son yıllarda bu konuya olan ilgi ve duyarlılık artarak devam etmektedir. Büyük Barajlar gibi önemli mühendislik yapılarında zamanla meydana gelebilecek deformasyonları izlemek üzere, jeodezik ve jeodezik olmayan birçok yöntem uygulanmaktadır (Kalkan 2004).

### 3.1 Jeodezik Olmayan Ölçme Yöntemleri ile Deformasyonların İzlenmesi

Günümüz teknolojisinde elektronik sanayideki gelişmeler neticesinde oldukça modern ölçü aletleri yapılarak mühendisliğin hizmetine sunulmuştur. Geliştirilen bu modern ölçü aletleri ile inşa edilen mühendislik yapılarının davranışlarını incelemek daha kolay hale gelmiş ve daha güvenilir bilgiler elde etmek mümkün olmuştur.

Barajların büyük bölümünde günümüz teknolojilerinin en modern baraj ölçüm aletleri kullanmak suretiyle tesis edilmiş olup, kurulan bu sistem sayesinde baraj gövde

dolgununun, temelinin ve diğer beton yapılarının inşaat esnasındaki ve inşaat sonrasındaki davranışları takip edilebilmektedir (Çizelge 3.1).

Baraj ölçüm aletlerinden elde edilen bilgilerle projede yapılan kabullerin doğruluğu ve uygunluğu kontrol edilebilmekte, benzer yapıların projelendirilmesinde projeciye kaynak teşkil edecek bilgiler hazırlamaktadır. Bunun yanında yapının durumunda bir değişiklik olduğu takdirde baraj ölçüm aletleri ile bunu zamanında tespit etmek ve sürekli olarak izlemek mümkün olacaktır.

**Çizelge 3.1** Jeodezik Olmayan Baraj Deformasyon Ölçme Yöntemleri (Kalkan 2014).

### **Jeodezik Olmayan Ölçme Yöntemleri**

Eğim Ölçmeleri  
Deplasman Ölçmeleri  
Uzunluk Değişim Ölçmeleri  
Boşluk Suyu Basıncı Ölçmeleri  
Düşeyden Ayrılma Ölçmeleri  
Derz Ölçmeleri  
Çatlak Ölçmeleri  
Starinmetreler

Jeodezik olmayan yöntemlerde kullanılan aletler ile ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

**İnklinometre:** Zemin hareketlerinin ve yapı deformasyonlarının ölçülmesinde, setlerde, koruma yapılarında, barajlarda yatay deformasyon ölçmelerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ölçmeler yapı üzerinde uygun yerlere açılan sondaj kuyularında, belirlenen derinliklerde ve uygun periyotlarda yapılacak inklinometre okumaları aracılı ile gerçekleştirilir (Kalm 2010).

**Piezometre:** Suyu doğgun veya yarı doğgun zeminlerde boşluk suyu basıncı ve yer altı su seviyesi ölçmelerinde kullanılır (Kalm 2010).

**Manyetik Oturma Kolonları:** Heyelan riski taşıyan yerlerde belirlenen derinliklerdeki zeminin oturmasının ölçülmesi heyelanın belirlenmesi açısından oldukça önemlidir.

Zemin içerisinde farklı derinliklerde düşey hareketlerin ölçülmesi manyetik oturma kolonları ile yapılmaktadır (Yılmaz 1993).

### **3.2 Jeodezik Ölçme Yöntemleri ile Deformasyonların Belirlenmesi**

Yeryüzündeki kabuk hareketlerinin, büyük mühendislik yapılarındaki şekil değişikliklerinin veya bu yapıların çevresindeki etkilerini belirlemek için jeodezik yöntem kullanılır. Ölçmelerin yapılabilmesi için jeodezik açıdan uygun, bölgede hareket beklenen ve beklenmeyen yerlerinden seçilen, uygun noktalardan oluşan bir jeodezik ağ oluşturulur. Bu ağlara ‘kontrol ağları’ denir (Erol 1999).

Deformasyonların izlenmesinde ve analizinde, deformasyon bölgesinde tesis edilen noktalardan yararlanır. Bu noktalar yapılan jeodezik ölçmeler sonunda bir ağa dönüştürülür. Bu ağların kot veya koordinat sistemine bağlı olması gerekmez. Noktaların seçimi çoğu kez arazinin topoğrafyasına ya da yapının durumuna bağlıdır. Ağı oluşturan noktalar iki ayrı özellikte olmalıdır. Bunlar ‘Deformasyon Noktaları’ ve ‘Sabit Noktalar’ olarak adlandırılır.

Deformasyon noktaları, deformasyon beklentisi yüksek olan yerlerde ve genellikle yapı üzerinden seçilir. Üzerinde ölçme yapılacak olan noktalar genelde pilye şeklinde, diğerleri ise uzun yıllar kaybolmayacak nitelikteki kalıcı ölçme aparatlarından yapılır. Bu noktalar ‘Obje Noktaları’ olarak da adlandırılır.

Sabit noktalar, uzun yıllar tahrip olmayacağı düşünülen ve deformasyon noktalarını takip etmek amacı ile deformasyon beklentisi olmayan yerlerden seçilir. Bu noktalar ‘Kontrol Noktası’ ya da ‘Referans Noktası’ olarak da adlandırılır.

Kontrol ağında yapılacak ilk ölçüler ‘Sıfır ölçüsü’ veya ‘Referans ölçüsü’ olarak adlandırılır. Tekrarlanan ölçüler ise tekrarlanma sırasına göre 1. Periyot ölçmeleri diye adlandırılır. Bir baraj su tutmaya başladıktan sonra her gün veya her hafta ölçüm yapılması gerekebilir ama baraj dolduktan sonra yılda iki defa, yılda bir veya iki yılda bir ölçmeler tekrarlanabilir (Kalın 2010).

**Çizelge 3.2** Jeodezik Deformasyon Ölçme Yöntemleri ve Kullanılan Donanımlar (Kalkan 2014).

<b>Ölçme Yöntemi</b>	<b>Kullanılan Alet ve Donanımlar</b>
Hassas Geometrik Nivelman Ölçmeleri	Hassas Nivelman Donanımı
Hassas Trigonometrik Nivelman Ölçmeleri	Hassas Total Station, Teodolit ve Uzunluk Ölçer
Aliyman Ölçmeleri	Teodolit, Lazer Optik, İnvar Tel vb.
Klasik Konum Ölçmeleri	Total Station, Teodolit ve Uzunluk Ölçer
Uydu Bazlı Konum Ölçmeleri	GNSS Alıcıları
Lazer Tarama Tekniği	Lazer Tarayıcı
SAR Görüntüleme Tekniği	SAR Uydu Görüntülerinin Değerlendirilmesi

### **3.2.1 Aliyman Ölçmeleri**

Yapı üzerinde yerleştirilmiş sabit bir doğrudan olan dik uzaklıklar ölçülür. Değişik iki zamanda yapılmış ölçüler yardımıyla meydana gelen yatay yöndeki hareket miktarı saptanır. Yöntemde yalnız aliyman doğrultusuna dik yöndeki hareketler ölçüldüğü için sadece yatay yöndeki hareket belirlenebilmektedir.

Seçilen noktaların uzun yıllarda ölçü işlemi yapılabilmesi için, noktalar tahrip olmayacak yerlerden seçilir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte hassasiyeti yüksek modern cihazlar ve cihazlara uygun ölçme yöntemleri geliştirmiştir. Bu sebeple bu yöntem günümüzde tercih edilmemektedir.

### **3.2.2 Klasik Konum Ölçmeleri**

Yapı üzerindeki ölçü noktaları ile yeri değişmeyen sabit noktalar arasındaki uzunlukların değişik zamanlarda yapılacak ölçülerle tespit edilmesi ve buradan deformasyon büyüklüğünün saptanması prensibine dayanır. Değişik zamanlarda yapılacak ölçüler arasındaki farklar ölçü noktasının ve dolayısı ile yapının değişme değerini verir. Bu ölçme yönteminde hassasiyeti yüksek robotik mesafe ölçer cihazları tercih edilmelidir.

### **3.2.3 Uydu Bazlı Konum Ölçmeleri**

İnsanoğlu ilk çağlardan beri nerede olduğunu merak etmiş yönünü, konumunu belirleyebilmek için çeşitli yöntemler geliştirmiştir. Kaba zaman ölçümleri, deniz

fenerleri, yıldızlar, rüzgâr yönleri gibi yöntemler bunlardan bazılarıdır. Bunlardan en önemlilerinden biri olan gök cisimlerine bakarak yön tayini yöntemini, günümüzde örnek olarak geliştirilen uzay tabanlı yapay uydular ile konum belirleme çalışmaları izlemektedir. Geliştirilen bu sistemler insanoğlunun günlük yaşantısının birçok alanında vazgeçilmez olmuştur.

ABD'nin 1964 yılında geliştirdiği, Transit olarak isimlendirilen ilk uydu tabanlı sistemden elde edilen deneyimler sonucunda, hassas konum belirlemeye olanak sağlayan yeni sistemlere ihtiyaç duyulmuştur. Bunun ilk çalışması olarak 1980'li yılların başlarında, ABD tarafından geliştirilen GPS (Global Positioning System) kullanılmaya başlanmıştır. Öncelikle askeri amaçlı kullanılan bu sistem devamında sivil kullanıcılara da açılmış olup günümüzde birçok alanda kullanılmaktadır. Daha sonra Rusya tarafından GLONASS ve Avrupa Birliği ülkeleri tarafından GALILEO uydu konumlama sistemleri kurulmuştur.

ABD'nin GPS, Rusya'nın GLONASS, Avrupa Birliği'nin GALILEO, Çin Halk Cumhuriyeti'nin BEIDOU ve benzer uydu sistemlerini kapsayan, uydularla konum belirleme sistemine genel olarak GNSS adı verilmektedir (Aladoğan 2017).

Baraj kreti üzerinde, rezervuar etrafına yeterince sabit tesis yapılır. Eş zamanlı çift frekanslı GNSS alıcıları ile statik ölçüler yapılır. Statik ölçülerin yanında RTK ölçme yönteminin dolgu barajlardaki performansını test etmek için tekrarlı RTK ölçüleri yapılır. Yapılan ölçümler belirlenen periyotlarda tekrarlanarak yatay ve düşey yöndeki deformasyon belirlenir. Referans noktalarındaki GNSS ölçülerinin değerlendirilmesinde akademik yazılımlar olan GAMIT/GLOBK ve BERNESE yazılımları kullanılarak elde edilen sonuçlar elde edilir.

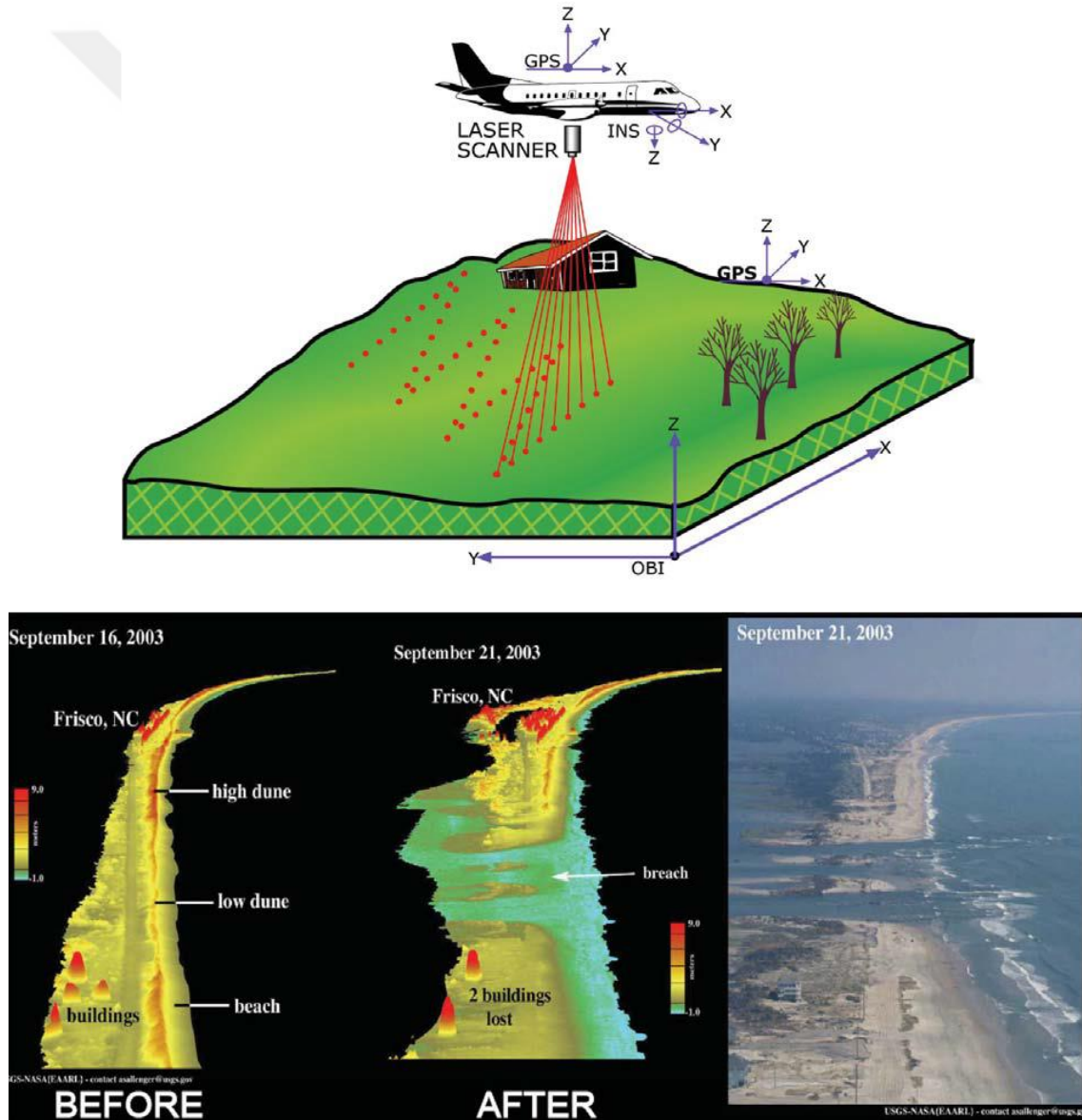
### **3.2.4 Trigonometrik Nivelman Yöntemi**

Bu yöntemde yatay ve düşey yöndeki deformasyonlar, trigonometrik kestirme ile saptanırlar. Pratikte en çok uygulanan bir yöntemdir. En basit uygulama şekli, yapı üzerindeki ölçü markalarının triyngulasyon noktalarından yapılacak açı ölçmeleri ile önden kestirilmelerinden ibarettir. En çok beton kemer barajlarda kullanılan yöntemdir.

### 3.2.5 Hava ve Uydu Görüntüleri Yöntemi

#### 3.2.5.1 LIDAR Tekniği

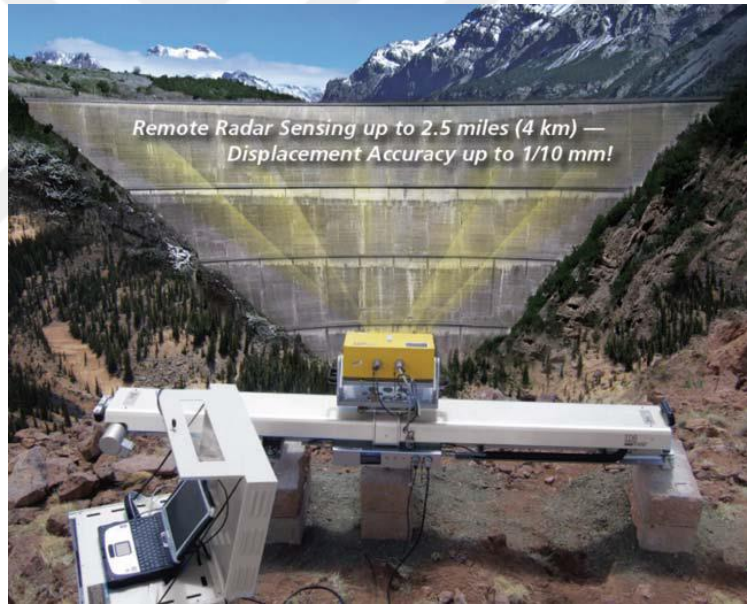
Barajın gövdesindeki ve çevresindeki deformasyonları yüzey olarak milimetreler mertebesinde belirlemek için kullanılabilir teknoloji LIDAR tekniğidir. Aletten gönderilen lazer ışınları, yüzeye çarparak geri yansır. Işının gidiş-geliş süresinden alet ile yansıdığı yüzey noktası arasındaki mesafe ölçülür ve konumu belirlenir. Böylece yüzeyin tamamı taranmış olur. İlk ölçüm referans olarak alınır. Sonraki ölçümlerle referans ölçümleri arasındaki farklar, noktasal/yüzeysel deformasyonları gösterir (Resim 3.1).



Resim 3.1 LIDAR uygulaması (Uzel 2013).

### 3.2.5.2 INSAR Tekniği

Aynı kaynaktan çıkararak çok az farklı iki yoldan gelen ışınların bir ekranda üst üste bindirilmeyele oluşan fiziksel bir olaydır. Üst üste binen bu iki elektromanyetik dalga, bazı noktalarda sönme bazı noktalarda kuvvetlenme etkisi yaratır ve böylece enterferans franjları oluşur. Yeryüzündeki aynı noktanın farklı zamanlarda çekilmiş iki görüntüsü üst üste bindirildiğinde, eğer bu noktalar bu zaman içerisinde yer değiştirmişse, enterferans franjları oluşur. Bu franjların büyüklükleri ölçülerek o noktanın deformasyon miktarı belirlenebilir. Bu yöntem, yüzey deformasyonlarını verir. Özellikle düşey hareketler, INSAR yöntemiyle milimetreler mertebesinde belirlenebilir. INSAR verilerinin GNSS ile birlikte kullanılması, GNSS'in yatay konum belirleme duyarlılığının çok yüksek olması nedeniyle, deformasyon noktalarının konumlarının hem yatay hem de düşey boyutta çok yüksek olmasını sağlar (Resim3.2).



**Resim 3.2** INSAR uygulaması (Uzel 2013).

### 3.2.6 Hassas Nivelman Yöntemi

Bu yöntem ile düşey yöndeki kabuk hareketlerinin belirlenmesi, ülke nivelman ağının oluşturulması, mühendislik yapılarındaki deformasyonların belirlenmesi ve yüksek hassasiyet gerektiren montaj işlerinde kullanılır. Hassas nivelmanın ortalama hatası 0.5 mm/km'dir. Yüksek duyarlılık gerektiği için kullanılan aletler, noktaların dikkatli işaretlenmesi, ölçü ve hesap metotları bu hassasiyeti sağlayacak şekilde seçilmelidir



(Ünver 1988). Belirtilen hassasiyete ulaşmak için geometrik nivelmanda kullanılan donanımlara bazı ilaveler yapılmıştır.

1. Hassas nivelmanda, sayısal nivonun dürbün büyütmesi en az 40X, objektif çapı 50 mm, gözleme ekseninin yataylama hassasiyeti  $5''/2\text{mm} - 10''/2\text{mm}$  olmalıdır.
2. Klasik ahşap miralar yerine invar miralar, mira altlıkları ve mira destekleri kullanılmalıdır.
3. Uygun ölçme modeli seçilmelidir (Ceylan 1988).

Hassas nivelmanda yüksek doğrulukta sonuç elde edebilmek için;

1. Kullanılan sayısal nivoların küresel düzeçleri sürekli kontrol edilmelidir.
2. Cihazdan kaynaklanan hataları giderebilmek için belirli sıklıkta kalibrasyon yapılmalıdır.
3. İnvar miraların üzerinde bulunan küresel düzeç sık sık kontrol edilmelidir.
4. İnvar miraların kalibrasyonu belirli aralıklarla yapılmalıdır.
5. Hassas nivelman ölçü zamanı olarak refraksiyonun az olduğu saatler tercih edilmelidir.
6. Ölçü sırasında mira altlıkları sağlam zemine sabitlenmeli ve daha sonra mira tutulmalıdır.
7. Miraların sıfır hatasını gidermek için alet kurma sayısı çift olmalıdır.
8. Alet ile mira arası 40-45 m'yi geçmemeli ve uygun olmayan hava koşullarında 30 m'yi geçmemelidir.

### **3.2.6.1 Alet Donanımı**

Hassas nivelman ölçmelerinde alet donanımı invar mira, mira altlıkları, mira destekleme aparatları ve sayısal nivolardır (Resim 3.3).

Hassas nivelmanda çift bölümlü invar miralar kullanılır. Bu kullanılan invar miralar 25 mm genişliğinde 1 mm kalınlığında bir invar şerit ve bu şeridin yerleştirildiği 2 m uzunluğundaki metal kasadan oluşur. Genleşme katsayısı küçük olan invar şerit metal kasa içerisine özel olarak yerleştirilmiştir. Hassas nivelmanda invar miraların kullanılmasının nedeni sıcaklık ve nem farklılaşmalarından doğacak hata oranını en aza indirmektir. İnvar miralar ihtiyaca göre 2 m ve 3 m şeklinde üretilmiştir. Mira yapımında

kullanılan maddelerin genleşme katsayısı hassasiyet açısından çok önemlidir. İnar miraların genleşme katsayısı 1 ppm/C°'den küçüktür. Miraların barkotlu kısımlarının çizilmemesi gerekmektedir. Mira yüzeyindeki çizikler hatalı okumaya yol açmaktadır.

Ölçümlerde hassasiyeti arttırmak için miraların olabildiği kadar düşey tutulması gerekir. Miralar düşey ekseninde tutulabilmeleri için üzerine küresel düzeçler yerleştirilmiştir. Mira tutarken zeminde oluşacak çökmeleri engellemek için mira altlıkları kullanılır. Miraların düşey tutulmasını sağlamak ve sallanmasının engellemek amacıyla mira destekleri kullanılır (Şireci 2012).

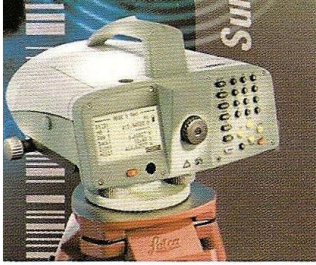


**Resim 3.3** İnar mira ve mira altlığı.

Yatay gözleme doğrultusu sağlayan ve mira okumaları yapmaya yarayan optik cihazlar nivo olarak adlandırılır. Niveloların en önemli parçaları dürbün ve yatay gözleme yapılmasını sağlayan donanımlarıdır. Hassas nivelmanda kullanılan sehpa tek parça ve normal sehpalara göre daha ağır olmalıdır (Ceylan 1993).

Sayısal nivelolar yapısı itibariyle kompansatörlü bir nivodur. Sayısal niveloların klasik nivelolardan farkı göz yerini alan sıralı elektronik algılayıcıların bulunmasıdır. Bu elektronik algılayıcılar, barkod tekniği ile kodlanmış invar mira bölüm çizgilerini tanımakta ve bu görüntüleri değerlendirme yapan elektronik birime göndermektedir. Değerlendirme sonucunda mira okuması ve gözleme uzaklığı elde edilir. Sayısal nivelolar

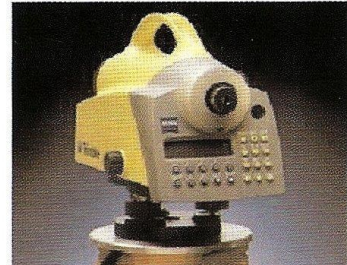
nivelman verilerini işleyen, kaydeden ve depolayan programlarla desteklenmiştir (Resim 3.4).



Leica (Wild)



Topcon



Trimble(Zeiss)

**Resim 3.4** Sayısal nivolar.

### 3.2.6.2 Ölçme Yöntemleri

Uygulamada hassas nivelman ölçmelerinde kullanılan yöntemler şunlardır.

G= geri okuma I= ileri okuma

- 1- GIIG
- 2- GGII
- 3- IGGI
- 4- IIGG

Bunların dışında düşünülen GIGI veya IGIG yöntemi nivelmanın hızı ve düşey hareketin elde edilmesi açısından uygun değildir. Bu yöntemlerden en çok GIIG yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin her birinde bir yön için iki değer elde edilir. Bu değerlerin ortalaması alınarak kullanılır. Bu durum gidiş ve dönüş için düşünülürse dört farklı değer elde edilir (Ünver 1988).

### 3.2.6.3 Hata Kaynakları

Hassas nivelman ölçülerini etkileyen model hataları, hem yükseklik farklarını, hem de doğruluk faktörünü de etkilemektedir. Bu nedenle hataların sebeplerinin bilinmesi gerekmektedir. Aksi halde güvenilir sonuç elde edilemez ve bilimsel yargılara varılamaz. Hassas nivelmanı etkileyen hata kaynakları üç ana başlıkta toplayabiliriz (Ceylan 1993).

1. Nivelardan kaynaklanan hatalar
2. Miralardan kaynaklanan hatalar
3. Dış ortamdan kaynaklanan hatalar

Nivolardan kaynaklanan hatalar, hassas nivelman ölçmeleri için nivonun gözleme ekseninin yatay bir düzlem oluşturması ve bunun sabit kalması gerekir. Bu şartı sağlamamasının sebepleri, nivo gözleme eksenini düzensizliği, kompensatörlü nivelarda kompanzasyon hatası ve küresel düzecen eksen şartını sağlamamasından kaynaklanan hatalardır.

Miradan kaynaklanan hatalar ise, hassas nivelmanda ölçme işlemi mira ile yapıldığı için miralardan kaynaklanan hataların nivelman sonucuna etkisi çok fazladır. Bu hataların bazıları şunlardır;

1. Miranın eğik tutulması hatası
2. Mira çifti sıfır konum hatası
3. Mira tabanının düzlem olmaması hatası
4. Mira bölümlendirme hatası

Hassas nivelman ölçmelerinde miraların daima düşey tutulması gerekir. Rüzgârın şiddeti, mirayı tutan elamanın yorgunluğu ve dikkatsizliği nedeniyle mira düşey doğrultudan sapabilir. Miranın düşeyden  $\varepsilon$  kadar sapması her mira okumasında işareti pozitif olan bir hataya yol açmaktadır (Şekil 3.2).

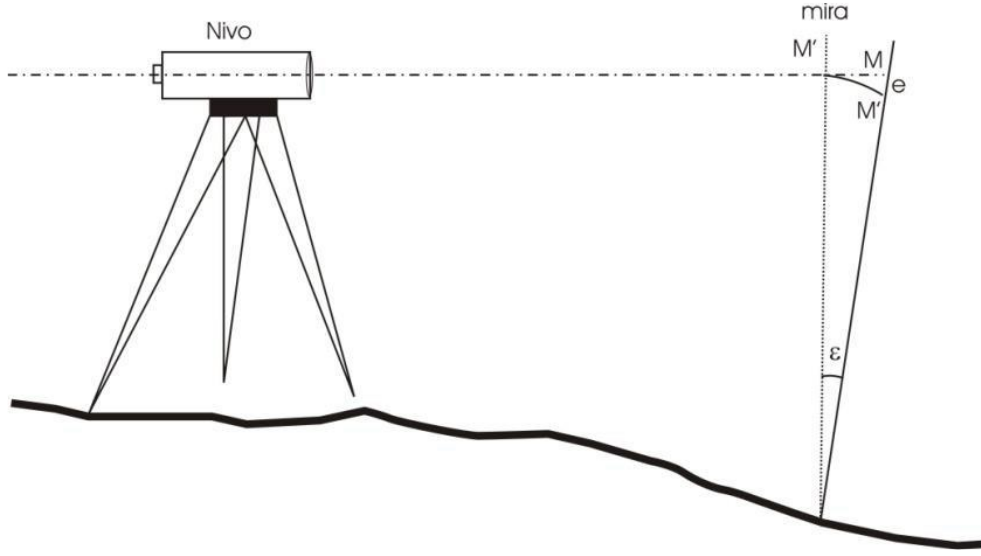
$$dh = \frac{1}{2} \varepsilon^2 M \quad (3.1)$$

bağıntısı ile ifade edilir.

M : Mira okuması

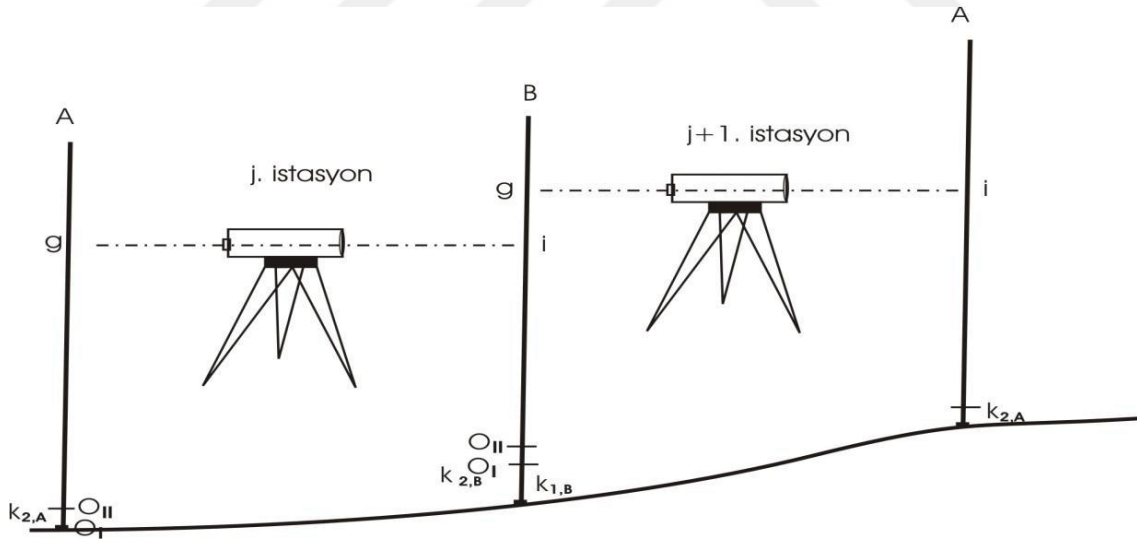
$\varepsilon$  : Miranın düşey doğrultudan sapma açısı

Bu hatayı ortadan kaldırmak için sık sık mira düzeci kontrol edilmelidir (Ceylan 1993).



Şekil 3.2 Mira eğiklik hatası.

Hassas nivelmanda kullanılan invar miraların, invar şeridin kasasına yerleştirmede ve ya mira tabanının aşınması nedeniyle mira çifti sıfır konum hatası oluşabilir. Mira çifti sıfır konum hatasını ortadan kaldırmak için ölçümlerde istasyon sayısı çift alınarak hatanın etkisi ortadan kaldırılır (Ceylan 1993).



Şekil 3.3 Mira çifti sıfır konum hatası.

Hassas nivelmanda kullanılan miraların tabanlarının düzlem ve invar şeride dik olması gerekir. Aksi halde değişik noktalardan tutulan miralar sıfır konum hatasına yol açar. Mira altlığı üzerine tutulan mira her zaman aynı noktasından tutulmalıdır.

Dış ortamdan kaynaklanan hatalar, ölçümler yeryüzünde yapıldığından fiziksel değişiklikler hataya neden olmaktadır. Bu hatalar;

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

### **3.3 Deformasyon Modelleri**

Deformasyonları, problemin şekline, kapsamına ve ölçme yöntemine göre değişik modellerde incelemek mümkündür. Deformasyon modelleri statik, kinematik ve dinamik olmak üzere üç kısımdır.

#### **3.3.1 Dinamik Model**

Dinamik modelde sadece geometrik şekil değişiklikleri değil, deformasyona sebep olacak kuvvetlerin zamana ve dış etkilere bağlı olarak ve birbirleri ile ilişkileri yanında, bu deformasyon sonucuna olan etkisi araştırılır.

Dinamik deformasyon modeli bir baraj örneğinde şu şekilde açıklanabilir. Barajın topladığı suyun hem yapıyı hem de baraj çevresindeki topoğrafyayı etkilediği, su seviyesindeki değişimlerin basınca olan etkileri, mevsimlik ısı değişimleri, yapının iç gerilimleri ve yer kabuğu hareketleri deformasyonun sebeplerini oluşturmaktadır. Deformasyonların belirlenebilmesi için, etkiyen kuvvetler ile yapı özelliklerinden oluşan bir dönüşüm fonksiyonu ile olur. Dinamik deformasyonda amaç, deformasyonların yer, zaman ve frekans ilişkilerinin ortaya çıkarılmasıdır (Ayan 1983).

#### **3.3.2 Statik Model**

Deformasyonları incelemesine konu olan yapının zamandan ve etkiyen kuvvetlerden bağımsız olarak belirlenmesi statik modelin konusudur. Bu modelde, tüm referans ve obje noktalarının ilk ölçülmesi ile sırasında noktaların sabit kaldığı varsayılır. Daha sonra tekrarlanan ölçüler ile deformasyonlar belirlenir. Statik model, jeodezik yöntemlerin en çok uygulanan deformasyon analizi modelidir (Ünver 1988).

### 3.3.3 Kinematik Model

Bu modelde, deformatsyonu incelenecek olan bölgedeki noktaların hareketleri ve bu hareketlerin hızların tespit edilmesidir. Deformasyon incelenmesine konu olan bölgenin deformatsyonu belirlemek için zamana ihtiyaç vardır. Örneğin, dört yıl boyunca periyotlar şeklinde ölçülen deformatsyon noktalarının sabit kaldığından söz edemeyiz. Bu durumda noktaların yüksekliği yerine yükseklik değişimleri zaman fonksiyonu olarak ifade edilerek düşey hareketlerin hızları alınır (Ünver1988).



## 4. HASSAS NİVELMAN YÖNTEMİ İLE DEFORMASYON İZLEME; OBRUK BARAJI ÖRNEĞİ

### 4.1 Uygulama Alanının Tanıtılması

Yüksek lisans tezi çalışması için belirlenen Obruk barajı, Çorum ilinin Oğuzlar ilçesinde yer almaktadır (Resim 4.1).



Resim 4.1 Uygulama alanı.



Obruk barajı, Kızılırmak üzerinde, sulama ve enerji üretmek amacıyla 1996-2007 yılları arasında inşa edilmiştir. Ülke elektrik üretiminin binde beşini karşılamakta olup, Türkiye'nin 18. büyük tesisidir.

**Çizelge 4.1** Obruk barajı özellikleri.

<b>Obruk Barajının Özellikleri</b>	
<b>Amaç</b>	Enerji + Sulama
<b>Gövde Dolgu Tipi</b>	Kil çekirdekli yarı geçirimli toprak dolgu
<b>Talvegden Yükseklik</b>	67 m
<b>Temelden Yükseklik</b>	125 m
<b>Normal Su Kotunda Göl Hacmi</b>	661 hm <sup>3</sup>
<b>Normal Su Kotunda Göl Alanı</b>	50 km <sup>2</sup>
<b>Sulama Alanı</b>	7179 ha
<b>Güç</b>	203 MW
<b>Yıllık Üretim</b>	473 GWh

#### **4.2 İstikşaf ve Nokta Tesisleri**

Düşey yöndeki yer kabuğu hareketleri genellikle hassas nivelman yöntemi kullanılarak belirlenir. Bu yöntemi uygulamak için deformasyon beklenen bölgede ve çevresini kapsayan bir ağ oluşturulur. Ağ oluşturulan noktalar, obje noktaları ve sabit noktalardan oluşmaktadır. Bu noktaların lokal deformasyona uğramamaları için zorunlu merkezleştirme donanımına sahip olması gerekmektedir.

Sabit nokta tesisi için arazide incelemeler yapılmıştır. İstikşaf yapılırken, Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü tarafından barajın yapımı sırasında tesis edilmiş mevcut pilyelere ulaşıldı. Bu pilyelerden tahrip olmayan ve sabit nokta olarak kullanılacak iki adet pilye noktası tespit edildi. Deformasyon beklenmeyen uygun yerlere altı adet pilye tesisi yapıldı. Nivelman yapabilmek için pilyelere bronz nivelman aparatı tesis edilmiştir (Resim4.2). Toplamda referans noktası olarak kullanılacak sekiz adet pilye ve 6 adet RS noktası tesis edilmiştir. İstikşaf ve nokta tesisi 2015 yılının Kasım ayında yapılmıştır (Çizelge 4.2).

**Çizelge 4.2** Sabit (referans) nokta tesisi bilgileri.

<b>Nokta Numarası</b>	<b>Tesis Türü</b>	<b>Bulunduğu Yer</b>
N1	Yeni Tesis Pilye	Dolusavağın kuzeyinde bulunmaktadır.
N2	Yeni Tesis Pilye	Mansap tarafında elektrik üretim tesisleri dışında yer almaktadır.
N3	Yeni Tesis Pilye	Mansap kısmında elektrik üretim tesisi içinde yer almaktadır.
N4	Yeni Tesis Pilye	Dolusavak ile trafo merkezi arasında yer almaktadır.
N5	Mevcut Pilye	Su alma yapısının 100 metre dışında yer almaktadır.
N6	Mevcut Pilye	Su alma yapısı tarafında kretin bitiminde yer almaktadır.
N7	Yeni Tesis Pilye	Memba tarafında gövdeden 1000 m mesafede yer almaktadır.
N8	Yeni Tesis Pilye	Memba tarafında dolusavağa 400m mesafede yer almaktadır.
RS1	Yeni Tesis Bronz	Dolusavağın kuzeyindeki tünel girişine tesis edilmiştir.
RS2	Yeni Tesis Bronz	Trafo merkezindeki dolusavak betonuna tesis edilmiştir.
RS3	Yeni Tesis Bronz	Elektrik üretim binası girişinde köprü betonuna tesis edilmiştir.
RS4	Yeni Tesis Bronz	Baraj dolgusunun mansap tarafındaki tünel girişine tesis edilmiştir.
RS5	Yeni Tesis Bronz	Su alma yapısının olduğu yerdeki tünel girişine tesis edilmiştir.
RS6	Yeni Tesis Bronz	Su alma yapısının üzerindeki betona tesis edilmiştir.

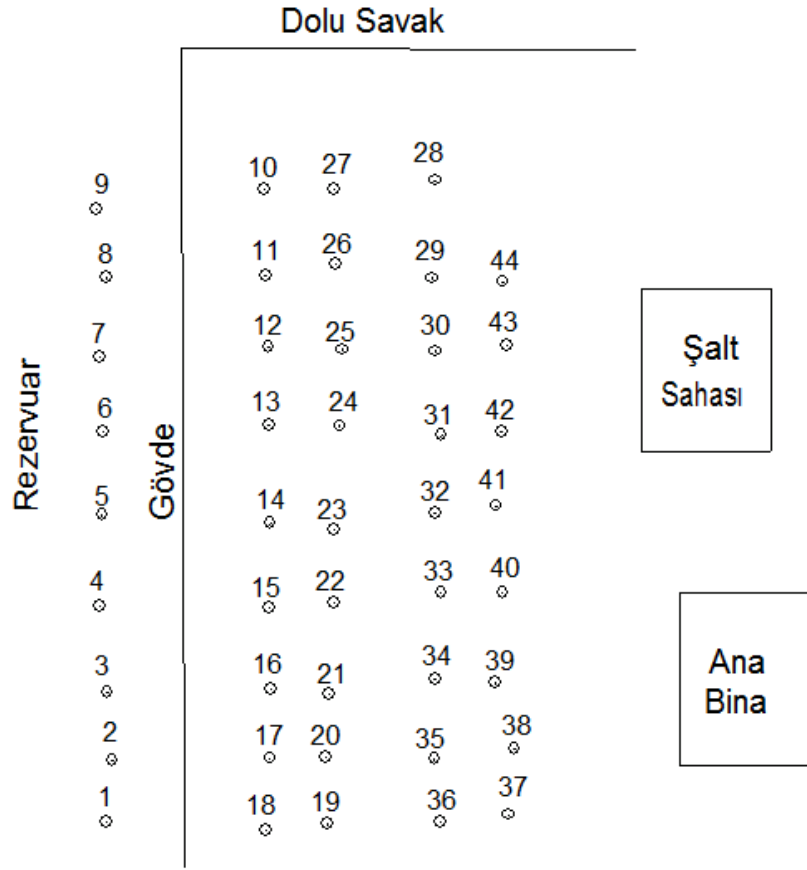


**Resim 4.2** Tesis edilen ve mevcut pilye örneği (15.11.2015).

Deformasyon noktaları, deformasyon incelemesi yapılacak olan bölgede deformasyon beklenen yerlerden seçilir. Bu noktalara obje noktaları da denir. Baraj dolgusunun memba tarafında bir sırada dokuz adet, mansap tarafında ise 35 adet olmak üzere toplam 44 adet obje noktası tesis edilmiştir. Bu noktalar gövdenin üst kısmından başlayarak birinci, ikinci, üçüncü sıralarda dokuz tane ve dördüncü sırada sekiz tane obje noktası tesisi yapılmıştır. Resim 4.3’de görüldüğü gibi obje noktalarının üzerinde GNSS ve kenar ölçmeleri için merkezlendirme vidası kullanılmıştır. Nivelman için obje noktalarının kenar kısmına yakın yerlerine nivelman aparatı tesis edilmiştir.



**Resim 4.3** Objeye noktası örneği (15.11.2015).



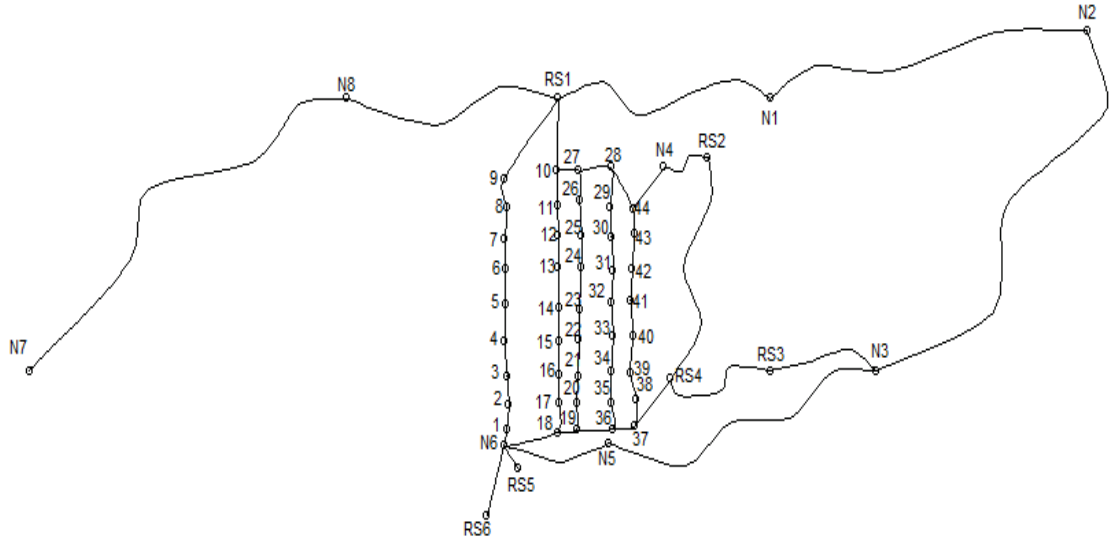
Şekil 4.1 Obje noktaları görünümü.



Resim 4.4 Tesis edilen noktaların uydu görüntüsü.

#### 4.2.1 Nivelman Ağının Oluşturulması

Nivelman ağı oluşturulurken nivelman ölçmeleri referans noktalarından başlayıp yine başka bir referans noktasında bitecek şekilde luplar halinde oluşturulmuştur. Ölçmeler eğimi fazla olan yerlerde yapılacağı için hat uzunlukları kısa tutulmuştur. Ölçme ve hesaplamalarda referans kot kullanılmıştır. Bunun için ülke nivelman ağından kot taşınmamıştır (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 Nivelman kanavasını.

#### 4.3 Verilerinin Elde Edilmesi

Projeye, Hitit Üniversitesi (HİTÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi ve Afyon Kocatepe Üniversitesi (AKÜ) Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından destek verilmiştir. Hassas nivelman yöntemi ile dört kampanya olarak planlanmıştır ve ölçümler planlanan zamanlarda yapılmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3 Ölçüm planı.

Kampanya Sayısı	Kampanya Zamanı
1	7-8-9 Nisan 2016
2	23-24-25 Temmuz 2016
3	4-5-6 Kasım 2016
4	15-16-17 Mayıs 2017

Hassas nivelman yöntemine uygun cihazlar kullanılmıştır. Bunlar;

- 1- Sayısal Nivo: Topcon DL-503. Hassasiyeti 0,6 mm/km'dir.
- 2- Mira: 2 m boyunda katlanmayan invar mira.
- 3- Mira altlıkları

#### 4.3.1 Kampanya Ölçmeleri

Ölçümler gidiş-dönüş nivelmanı şeklinde yapılmıştır. Yöntem olarak GİİG (Geri-İleri-İleri-Geri) yöntemi kullanılmıştır. Mira okumaları her okumada üç kere tekrarlanmış ve ortalaması alınmıştır. Gidişte bulunan kot farkı ile dönüşte bulunan kot farkının tecviz sınırı  $4\sqrt{S}$  formülü ile hesaplanmıştır. Tüm kampanyalarda 14 referans noktası ve 44 obje noktasının yükseklik farkları elde edilmiştir.

Kampanya ölçmeleri sırasında baraj su seviyesi değerleri ilgili kurumdan alınmıştır (Çizelge 4.4).

**Çizelge 4.4** Ölçüm tarihlerindeki baraj su seviyesi.

<b>Kampanya No</b>	<b>Kampanya Tarihi</b>	<b>Su Kotu (m)</b>
1	Nisan 2016	507.68
2	Temmuz 2016	508.16
3	Kasım 2016	509.06
4	Mayıs 2017	509.44

Proje kapsamında birinci kampanya ölçümleri 7-8-9 Nisan 2016 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Gidiş ve dönüşte toplam 22,6 km nivelman yapılmıştır. Gidiş dönüş ölçülen 1 km nivelmanın standart sapması 0,4 mm'dir.

Proje kapsamında ikinci kampanya ölçümleri 24-25-26 Temmuz 2016 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Gidiş ve dönüşte toplam 22,8 km nivelman yapılmıştır. Gidiş dönüş ölçülen 1 km nivelmanın standart sapması 0,4 mm'dir.

Proje kapsamında üçüncü kampanya ölçümleri 4-5-6 Kasım 2016 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Gidiş ve dönüşte toplam 22,7 km nivelman yapılmıştır. Gidiş dönüş ölçülen 1 km nivelmanın standart sapması 0,4 mm'dir.

Proje kapsamında dördüncü kampanya ölçümleri 15-16-17 Mayıs 2017 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Gidiş ve dönüşte toplam 22,7 km nivelman yapılmıştır. Gidiş dönüş ölçülen 1 km nivelmanın standart sapması 0,3 mm'dir.

Standart sapma değerleri, gidiş ve dönüş kot farklarının farkının karelerinin toplamı ölçü sayısına bölünür ve hesaplanan bu değer karekökü alınarak bulunur.

$$m_0 = \pm \sqrt{\frac{[dd]}{n-1}} \quad (4.1)$$

d: Gidiş-Dönüş nivelman ölçülerinin farkının farkı  
n: Ölçü sayısı

Elde edilen verilerin hesaplanması örneği Çizelge 4.5'de verilmiştir. Tüm kampanyalara ait hesaplamalar Ek.1'den Ek.5'e kadar yer almaktadır.

Çizelge 4.5 Birinci kampanya ölçüm değerleri.

Sıra No	Başlangıç	Bitiş	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Mesafe (km)	Fark (mm)	Tecviz(mm)	Karar	d.d	dd/S	Ortalama Yükseklik	Std.Sp.
1	N3	N2	10.5484	-10.5473	0.987	1.1	4.0	DOĞRU	1.2100	1.2259	10.5479	0.4
2	N2	N1	41.1449	-41.1427	1.920	2.2	5.5	DOĞRU	4.8400	2.5208	41.1438	0.5
3	N1	RS1	-3.2010	3.1996	0.750	-1.4	3.5	DOĞRU	1.9600	2.6133	-3.2003	0.3
4	N6	N5	-6.5309	6.5310	0.143	0.1	1.5	DOĞRU	0.0100	0.0699	-6.5310	0.1
5	N5	N3	-42.1940	42.1963	0.912	2.3	3.8	DOĞRU	5.2900	5.8004	-42.1952	0.4
6	RS1	N8	19.4935	-19.4935	0.479	0.0	2.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	19.4935	0.3
7	N8	N7	-2.3988	2.3996	1.081	0.8	4.2	DOĞRU	0.6400	0.5920	-2.3992	0.4
8	N3	RS3	-12.0370	12.0368	0.449	-0.2	2.7	DOĞRU	0.0400	0.0891	-12.0369	0.3
9	RS3	RS4	-2.3543	2.3548	0.547	0.5	3.0	DOĞRU	0.2500	0.4570	-2.3546	0.3
10	N4	Rs2	-0.8770	0.8770	0.082	0.0	1.1	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.8770	0.1
11	RS4	RS2	10.2264	-10.2261	0.390	0.3	2.5	DOĞRU	0.0900	0.2308	10.2263	0.2
12	N6	RS5	-0.6646	0.6643	0.026	-0.3	0.6	DOĞRU	0.0900	3.4615	-0.6645	0.1
13	N6	RS6	1.7795	-1.7794	0.156	0.1	1.6	DOĞRU	0.0100	0.0641	1.7795	0.2
14	N6	O1	-1.3491	1.3489	0.074	-0.2	1.1	DOĞRU	0.0400	0.5405	-1.3490	0.1
15	O1	O2	0.4126	-0.4125	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.4126	0.1
16	O2	O3	0.6675	-0.6676	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.6676	0.1
17	O3	O4	0.0520	-0.0520	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0520	0.1
18	O4	O5	0.0525	-0.0525	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0525	0.1
19	O5	O6	-0.0014	0.0014	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.0014	0.1
20	O6	O7	-0.9394	0.9395	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.9395	0.1
21	O7	O8	-0.5662	0.5661	0.055	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1818	-0.5662	0.1
22	O8	O9	-0.4088	0.4089	0.045	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2222	-0.4089	0.1
23	O9	RS1	1.8385	-1.8386	0.126	-0.1	1.4	DOĞRU	0.0100	0.0794	1.8386	0.1
24	RS1	O10	-0.8481	0.8485	0.126	0.4	1.4	DOĞRU	0.1600	1.2698	-0.8483	0.1



### 4.3 Elde Edilen Verilerinin Değerlendirilmesi

Teknolojinin hızla gelişmesi ile modern programlar ve hesaplama teknikleri de gelişim göstermektedir. Verilerin değerlendirilmesi ve sonuçların kolayca yorumlanmasına olanak sağlamıştır. Büyük ölçekli olarak tasarlanmış jeodezik ağ ölçülerinden elde edilen istatistiksel verilerden yararlanarak doğru karar verme yeteneği de artmıştır. Deformasyon ölçmelerinde çok küçük hareketleri veri analizi yoluyla belirlemek kolay değildir. Ölçülerin değerlendirilmesi ve deformasyon analizlerinin gerçekleştirilmesinde PANDA deformasyon analizi programı kullanılmıştır.

#### 4.3.1 Ölçülerin Dengelenmesi ve Uyuşumsuz Ölçü Testi

Düşey kontrol ağlarında yükseklik farkları ölçülür. Ölçüler yükseklik farkları oldukları için belirli bir sisteme bağlı değildir. Bir nivelman ağında en az bir noktanın yüksekliği bilinmiyorsa ağın konumu belirsizdir. Ağın konumu düşey yönde istenildiği gibi ötelenebilir. Bu şekilde oluşan ağlara serbest ağlar denir.

Bir ağ dengelemesinde yeni noktalar ve doğrulukları, dengelemede değişmez olarak kabul edilen datum parametrelerinden etkilenir. Ölçü hataları yalnızca bilinmeyen yeni noktalara dağıtılır. Sabit noktadan uzaklaştıkça konum hataları büyümektedir. Bu bakımdan nokta konum doğruluğu datum seçimine bağlı olarak değişir. Bu durumda datum noktası seçimi önem kazanmaktadır. Deformasyon araştırması yapmak için oluşturulan jeodezik ağlarda datum tanımı, dengeleme sonuçlarına etkisi nedeniyle analiz ve yorum açısından önemi büyüktür (Demirel 1987).

Serbest ağlarda tüm noktalar bilinmeyen olduğundan dolayı normal denklem katsayılar matrisi tekil, determinantı sıfıra eşittir. Bilinmeyen sayısı  $u$  ve rank bozukluğu  $d$  ile gösterilirse normal denklem katsayılar matrisinin rangı  $r = u - d$  olur.

Nivelman ağlarında defekt sayısı 1 olduğundan serbest dengeleme için bir noktanın yüksekliği sabit öngörülmektedir. Projede N1 noktası sabit alınmış ve yüksekliği 100.00 metre olarak kabul edilmiştir. Bütün noktaların yaklaşık yükseklikleri hesaplanarak programa girilmiştir.

A= katsayılar matrisi

Normal denklemler

$$N = A^T P A \quad n = A^T P l \quad (mm) \quad (4.2)$$

Bilinmeyenlerin ağırlık katsayı matrisi ve bilinmeyenler;

$$Q = N^{-1} \quad x = Qn \quad (4.3)$$

Düzeltilmeler;

$$v = Ax - l$$

Düzeltilmeler hesaplandıktan sonra dengeli ölçüler ve dengelenmiş ölçüler hesaplanmaktadır.

Birim ağırlıklı ölçünün standart sapması,

$$s_0 = \sqrt{\frac{v^T P v}{n - u}}$$

Ölçülerin standart sapmaları,

$$s_i = \frac{s_0}{\sqrt{P_i}} \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilmektedir (Demirel 2003).

Uyuşumsuz ölçü testi, sıfır hipotezinin ret edilmesi durumunda model hataları ölçüler vektöründe olduğu tahmin edilir. Kalman Filtreleme Tekniğinde uyuşumsuz ölçüler yenilik vektörünün kullanıldığı uyuşumsuz ölçüler testi ile ortaya çıkartılır. Bu test için aşağıdaki test büyüklüğü oluşturulur.

$$y_{k,i} = \frac{d_{k,i}}{\sigma_0 \sqrt{e_i^T D_k e_i}} \quad i = 1, 2, \dots, n_1$$
$$e_i^T = [0 \dots 1_i \dots 0]$$
$$P\{y_{k,i} \leq y_{1-\bar{\alpha}/2}\} = 1 - \bar{\alpha} \quad (4.5)$$
$$\bar{\alpha} = 1 - (1 - \alpha)^{1/n} \cong \frac{\alpha}{n}$$

$n_i$  defa yapılan bu test olasılık ilişkisine dayanır.

Ölçüler kümesinde birçok hatalı ölçünün bulunması durumunda uyşumsuz ölçüler testi, en büyük test büyüklüğüne karşılık gelen ölçü, ölçüler kümesinden uzaklaştırılarak bu kümede hiç bir uyşumsuz ölçü kalmayınca kadar devam eder.

PANDA programında ilk önce ölçülerin dengelemesi ve uyşumsuz ölçülerin belirlenmesi işlemi gerçekleştirilir. Ölçüler programa gidiş-dönüş ölçüleri olarak girilmiştir. N1 noktasının yüksekliği 100 m olarak kabul edildi. Bu yüksekliğe göre noktaların yaklaşık yükseklikleri hesaplandı. Yaklaşık yükseklikler programa girilmiştir.

```
-IN Instrumentation
Inst.Lev :1045
Rod:      :8741
Rod:      :7234
-MI Information on measurements
Obs       :MUELLER           , Weather:SONNIG
spt       :                  N3 , spt he :0
LTempA: 0.0           , LTempE: 0.0
ept       :N3                , ept he :0
-BE H
          N3                N2          10.5484
0          992.00
          N2                N1          41.1449
0          1854.00
          N1                RS1         -3.2010
0          715.00
          RS1               N6          0.2417
0          610.00
          N6                N5         -6.5309
0          144.00
          N5                N3         -42.1940
0          891.00
$
```

Şekil 4.3 Ham data girişi.

Nivelman ağını oluşturan noktalara ait veriler programa girildikten sonra dengeleme ve uyşumsuz ölçü testi yapılmıştır. Dört kampanya ölçülerine ait dengelenmiş değerler Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 Kampanya ölçülerinin dengelenmiş değerleri.

S.N.	N.N.	Yaklaşık Değerler	1. Kampanya (Nisan 2016)		2. Kampanya (Temmuz 2016)		3. Kampanya (Kasım 2016)		4. Kampanya (Mayıs 2017)	
			Düzeltilme (mm)	Dengelenmiş Kotlar(m)	Düzeltilme (mm)	Dengelenmiş Kotlar(m)	Düzeltilme (mm)	Dengelenmiş Kotlar(m)	Düzeltilme (mm)	Dengelenmiş Kotlar(m)
1	N1	100.0000	0.0	100.0000	0.0	100.0000	0.0	100.0000	0.0	100.0000
2	N2	58.8000	57.1	58.8571	47.2	58.8472	49.9	58.8499	36.9	58.8369
3	N3	48.3000	9.7	48.3097	0.8	48.3008	1.7	48.3017	-17.4	48.2826
4	N4	45.0000	16.7	45.0167	17.8	45.0178	17.4	45.0174	3.7	45.0037
5	N5	90.5000	8.7	90.5087	12.6	90.5126	12.8	90.5128	-0.4	90.4996
6	N6	97.0000	40.2	97.0402	42.1	97.0421	41.1	97.0411	33.2	97.0332
7	N7	113.9000	-6.3	113.8937	10.5	113.9105	3.7	113.9037	-21.5	113.8785
8	N8	116.3000	-7.1	116.2929	2.6	116.3026	-1.4	116.2986	-16.7	116.2833
9	O1	95.7000	-8.7	95.6913	-2.8	95.6972	-3.1	95.6969	-17.6	95.6824
10	O2	96.1000	3.9	96.1039	9.6	96.1096	8.4	96.1084	-5.4	96.0946
11	O3	96.8000	-28.4	96.7716	-23.0	96.7770	-24.5	96.7755	-38.6	96.7614
12	O4	96.8000	23.6	96.8236	29.2	96.8292	27.8	96.8278	13.1	96.8131
13	O5	96.9000	-23.8	96.8762	-18.0	96.8820	-19.8	96.8802	-34.3	96.8657
14	O6	96.9000	-25.1	96.8749	-19.9	96.8801	-21.6	96.8784	-35.6	96.8644
15	O7	95.9000	35.5	95.9355	40.4	95.9404	39.8	95.9398	25.5	95.9255
16	O8	95.4000	-30.6	95.3694	-25.7	95.3743	-25.7	95.3743	-39.8	95.3602
17	O9	95.0000	-39.4	94.9606	-33.9	94.9661	-34.4	94.9656	-47.2	94.9528
18	O10	96.0000	-48.7	95.9513	-44.2	95.9558	-44.6	95.9554	-57.5	95.9425
19	O11	96.3000	27.5	96.3275	32.3	96.3323	30.9	96.3309	17.3	96.3173
20	O12	96.1000	-31.5	96.0685	-26.9	96.0731	-28.0	96.0720	-42.0	96.0580
21	O13	96.2000	5.5	96.2055	9.7	96.2097	9.1	96.2091	-5.3	96.1947
22	O14	96.5000	-15.6	96.4844	-11.4	96.4886	-12.6	96.4874	-26.9	96.4731
23	O15	96.5000	-4.6	96.4954	-0.2	96.4998	-1.1	96.4989	-16.0	96.4840

**Çizelge 4.6 (Devam)** Kampanya ölçülerinin dengelenmiş değerleri.

<b>24</b>	O16	96.7000	-27.3	96.6727	-23.1	96.6769	-24.0	96.6760	-38.7	96.6613
<b>25</b>	O17	96.0000	-26.5	95.9735	-22.5	95.9775	-23.0	95.9770	-37.5	95.9625
<b>26</b>	O18	95.5000	8.4	95.5084	12.9	95.5129	12.9	95.5129	-2.1	95.4979
<b>27</b>	O19	81.9000	-28.9	81.8711	-25.1	81.8749	-25.2	81.8748	-40.5	81.8595
<b>28</b>	O20	81.2000	23.0	81.2230	26.5	81.2265	25.7	81.2257	9.9	81.2099
<b>29</b>	O21	81.0000	-30.1	80.9699	-26.6	80.9734	-27.1	80.9729	-43.3	80.9567
<b>30</b>	O22	80.5000	-98.2	80.4018	-95.0	80.4050	-95.2	80.4048	-112.0	80.3880
<b>31</b>	O23	83.8000	-8.6	83.7914	-6.2	83.7938	-5.4	83.7946	-23.2	83.7768
<b>32</b>	O24	84.9000	-21.0	84.8790	-18.9	84.8811	-18.7	84.8813	-35.5	84.8645
<b>33</b>	O25	84.0000	-46.2	83.9538	-43.7	83.9563	-43.2	83.9568	-60.4	83.9396
<b>34</b>	O26	83.1000	19.1	83.1191	21.7	83.1217	21.8	83.1218	4.5	83.1045
<b>35</b>	O27	82.0000	-52.2	81.9478	-48.8	81.9512	-48.2	81.9518	-65.1	81.9349
<b>36</b>	O28	65.0000	52.6	65.0526	55.2	65.0552	54.3	65.0543	38.6	65.0386
<b>37</b>	O29	65.2000	60.9	65.2609	63.3	65.2633	62.0	65.2620	46.5	65.2465
<b>38</b>	O30	65.7000	1.8	65.7018	4.2	65.7042	3.3	65.7033	-12.6	65.6874
<b>39</b>	O31	65.7000	20.8	65.7208	23.0	65.7230	22.0	65.7220	6.0	65.7060
<b>40</b>	O32	65.7000	27.0	65.7270	29.7	65.7297	28.8	65.7288	12.9	65.7129
<b>41</b>	O33	65.6000	40.0	65.6400	43.5	65.6435	42.1	65.6421	26.4	65.6264
<b>42</b>	O34	65.7000	-6.1	65.6939	-2.2	65.6978	-4.1	65.6959	-19.2	65.6808
<b>43</b>	O35	66.4000	-32.2	66.3678	-27.7	66.3723	-29.9	66.3701	-44.5	66.3555
<b>44</b>	O36	64.5000	26.9	64.5269	32.8	64.5328	29.9	64.5299	16.1	64.5161
<b>45</b>	O37	49.6000	-31.9	49.5681	-32.3	49.5677	-31.9	49.5681	-46.0	49.5540
<b>46</b>	O38	48.5000	-4.6	48.4954	-4.5	48.4955	-5.2	48.4948	-18.6	48.4814
<b>47</b>	O39	47.5000	-40.1	47.4599	-39.6	47.4604	-40.1	47.4599	-53.9	47.4461
<b>48</b>	O40	46.9000	-27.7	46.8723	-27.3	46.8727	-28.6	46.8714	-41.3	46.8587
<b>49</b>	O41	42.7000	25.7	42.7257	27.1	42.7271	25.6	42.7256	12.6	42.7126
<b>50</b>	O42	44.4000	-10.3	44.3897	-8.7	44.3913	-9.6	44.3904	-23.8	44.3762

**Çizelge 4.6 (Devam)** Kampanya ölçülerinin dengelenmiş değerleri.

<b>51</b>	O43	45.1000	-27.8	45.0722	-25.8	45.0742	-26.5	45.0735	-41.0	45.0590
<b>52</b>	O44	44.9000	13.5	44.9135	15.8	44.9158	15.4	44.9154	0.9	44.9009
<b>53</b>	RS1	96.8000	-0.6	96.7994	5.6	96.8056	5.5	96.8055	-6.3	96.7937
<b>54</b>	RS2	44.1000	39.9	44.1399	41.1	44.1411	40.9	44.1409	25.3	44.1253
<b>55</b>	RS3	36.3000	-28.9	36.2711	-38.2	36.2618	-26.6	36.2734	-46.0	36.2540
<b>56</b>	RS4	33.9000	14.5	33.9145	11.4	33.9114	14.5	33.9145	0.5	33.9005
<b>57</b>	RS5	96.4000	-24.2	96.3758	-20.0	96.3800	-19.8	96.3802	-32.2	96.3678
<b>58</b>	RS6	98.8000	19.7	98.8197	24.9	98.8249	24.1	98.8241	11.0	98.8110

### 4.3.2 Deformasyon Analizi

Proje süresince dört kampanya ölçümleri yapılarak ayrı ayrı dengelenerek ölçülerin değerlendirilmesini ardından anlamlı değişimlerin belirlenmesi için kampanyalar arasında deformasyon analizi yapılmıştır.

PANDA programı paketi içerisinde yer alan DEFANA modülü deformasyon analiz hesaplarını yapmaktadır. Bu modül iki kampanya ölçümleri arasında deformasyon analizini gerçekleştirir. DEFANA modülünde deformasyon analizinin temeli, noktalar arasında yer değiştirmelerini belirleyen global yaklaşım testidir. Global yaklaşım testinde datum etkisinden kaçınmak için yer değiştirmeler ve uygun kovaryans matrisi S dönüşümü ile yeni bir datuma dönüşür (Niemeier and Tengen 1990, PANDA 2009, Alisic 2011).

Defana modülünde jeodezik ağı, referans ve obje noktaları olarak ikiye ayırır. İlk önce referans noktaları arasında hareketi bulmak analizi gerçekleştirir. Sonra obje noktalarında önemli uyumsuzlukları bulmak için F-testi gerçekleştirilir (Niemeier and Tengen 1990, PANDA 2009, Alisic 2011).

Deformasyon analizini formüllerle ifade edilirse;

Yalnız iki kampanya dikkate alındığında (  $k=2$  ),

$$H_0 : E\{x_1\} = E\{x_2\}$$

ya da doğrusal hipotez testi olarak

$$H_0 : x_2 - x_1 = d = 0$$

şeklinde formüle edilir.

$$R = |x_2 - x_1|^T \left[ (A_1^T P_1 A_1)^{-1} + (A_2^T P_2 A_2)^{-1} \right] |x_2 - x_1|$$
$$(A_1^T P_1 A_1)^{-1} + (A_2^T P_2 A_2)^{-1} = Q_{x_1 x_1} + Q_{x_2 x_2} = Q_{dd} \quad (4.6)$$

Parantez içindeki değer hata yayılma kuralına göre fark vektörünün kovaryans matrisidir.

Burada önemli olan fark vektörünü oluşturan  $x_1$  ve  $x_2$  koordinatlarının aynı jeodezik datumda olmasıdır.

$$r\{Q_{x_1x_1}\} = r\{Q_{x_2x_2}\} = r\{Q_{x_1x_1} + Q_{x_2x_2}\} = r\{Q_{dd}\} = h$$

$$\theta = \sqrt{R/h} \quad (4.7)$$

İfadesi *Pelzer* tarafından “ortalama aykırılık” olarak adlandırılmıştır.

Ortalama aykırılığın karesi gözlemlerin dağılımı için bir ölçüttür. Her iki dağılım ölçütü de bu nedenle istatistiksel olarak birbirleri ile karşılaştırılabilir.

$$T = \frac{R/h}{v^T P v / f} = \frac{\theta^2}{s^2} \approx F_{h,f} \quad (4.8)$$

Bu dağılım F dağılımı ile test edilebilir.

$$T \geq F_{h,f,1-\alpha} \quad (4.9)$$

F dağılımı'nın sınır değeri test istatistiğini aşarsa seçilen güven olasılığı ağırlıklı anlamlı deformasyonu ile beraber hesaplanmalıdır. Bu ana kadar irdelemelerde kuramsal varyans yerine deneysel varyans kullanılabilir. Bu durumda testlerin yapılması esnasında F serbestlik derecesi sonsuza gider ve  $\chi^2$  dağılımı uygulanabilir. Her bir kampanya deformasyon ölçüsünün ayrı ayrı dengelenmesi ve global test sonucunda ağda deformasyona uğrayan noktalar olduğuna kanaat getirilmesinin ardından hareket eden noktaların belirlenmesine geçilir. Hareketli noktalar basit olarak T testi ile belirlenebilir.

Buradaki d farklarının ölçü hatalarından mı kaynaklandığı yoksa gerçek deformasyonlarımızı ifade ettiği sorusunun karşılığı T testi ile verilir.

$$T_i = \frac{d_i}{s_{di}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{s_{x1}^2 + s_{x2}^2}}$$

$$T \geq F_{2,1-\alpha} \quad (4.10)$$

Yapılan hesaplamalar 4.11 formülü gibi sonuçlanırsa noktanın hareket ettiği kanaatine varılır. Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8'de obje noktalarının ve referans noktalarının sonuçları verilmiştir.



**Çizelge 4.7** Hareketli ve Hareketsiz Noktaların Özet Çizelgesi (Referans Noktaları).

NN	Periyot Numarası					
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
<b>N1</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>
<b>N2</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>N3</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>N4</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>N5</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>N6</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>
<b>N7</b>	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>
<b>N8</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>Rs1</b>	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>Rs2</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>Rs3</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	<b>Hareketli</b>
<b>Rs4</b>	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>Rs5</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>Rs6</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz

**Çizelge 4.8** Hareketli ve Hareketsiz Noktaların Özet Çizelgesi (Obje Noktaları).

NN	Periyot Numarası					
	1-2	1-3	1-4	2-3	2-4	3-4
<b>O1</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O2</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O3</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O4</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O5</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O6</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O7</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O8</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O9</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O10</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O11</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O12</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O13</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz

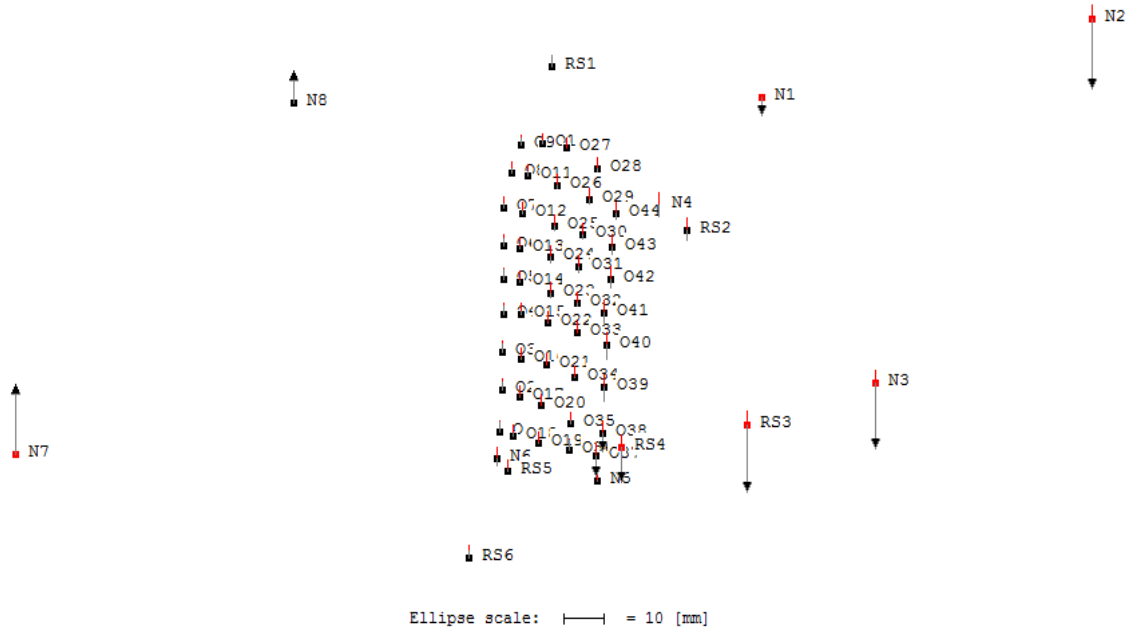
**Çizelge 4.8 (Devam)** Hareketli ve Hareketsiz Noktaların Özet Çizelgesi (Obje Noktaları).

<b>O14</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O15</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O16</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O17</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O18</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O19</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O20</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O21</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O22</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O23</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O24</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O25</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O26</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O27</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O28</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O29</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O30</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O31</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O32</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O33</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O34</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O35</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O36</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O37</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O38</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O39</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O40</b>	Hareketsiz	<b>Hareketli</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O41</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O42</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O43</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz
<b>O44</b>	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz	Hareketsiz

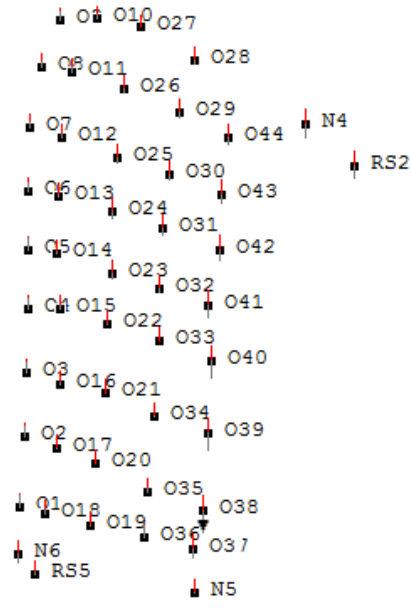
Dört kampanya ölçüsü ile 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4 ve 3-4 periyodları olarak altı adet olası deformasyon analizi yapılmıştır. Her periyottaki deformasyon analizi sonuçlarının kendine ait bir davranışı gözlemlenmiştir. Şekil 4.4’de PANDA yazılımının DEFANA modülünden elde edilen noktaların deformasyon miktarlarını ifade etmektedir. Düz çizgi, standart sapma değerini, yukarı ok deformasyonun artı yönde olduğunu, aşağı ok ise deformasyonun eksi yönde olduğunu ifade etmektedir. Belirtilen noktalarda deformasyon varsa, oklu çizgi ile deformasyon miktarı gösterilmektedir. Şekil 4. 4’de görüldüğü gibi, 1-2 periyotta N1, N2, N3, N7, Rs3 ve Rs4 noktalarında deformasyon gözlenmektedir. Objelerinde herhangi bir hareket gözlenmemiştir.

**Çizelge 4.9** 1-2 periyotta deformasyon miktarları.

NN	N1	N2	N3	N7	Rs3	Rs4
<b>Deformasyon Miktarı (mm)</b>	-3.58	-13.46	-12.49	13.29	-12.90	-6.69



**Şekil 4.4** 1-2 periyod deformasyon analizi.



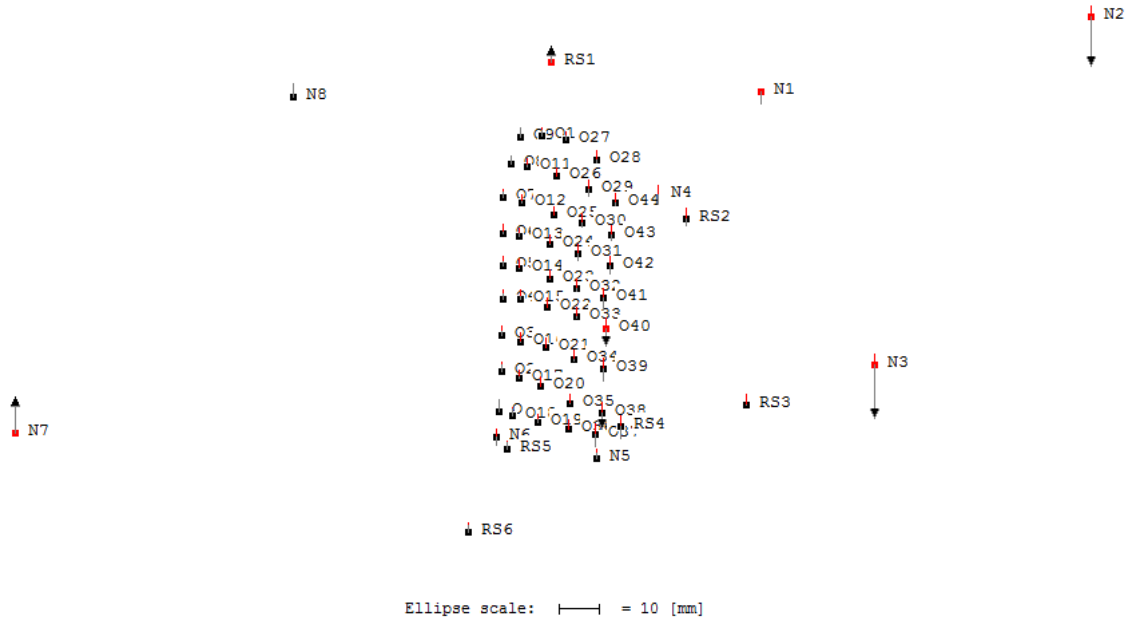
Ellipse scale:  $\text{---} = 10 \text{ [mm]}$

Şekil 4.5 1-2 periyod deformasyon analizi (obje noktaları).

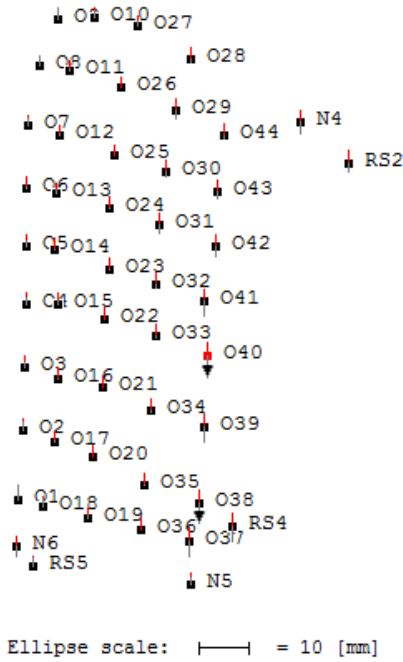
Şekil 4. 6'de görüldüğü gibi, 1-3 periyotta N1, N2, N3, N7, Rs1 ve O40 noktalarında deformasyon gözlenmektedir.

Çizelge 4.10 1-3 periyotta deformasyon miktarları.

	<b>NN</b>	<b>N1</b>	<b>N2</b>	<b>N3</b>	<b>N7</b>	<b>Rs1</b>	<b>O40</b>
<b>Deformasyon Miktarı (mm)</b>		-2.75	-9.93	-10.71	7.30	3.41	-3.63



Şekil 4.6 1-3 periyod deformasyon analizi.

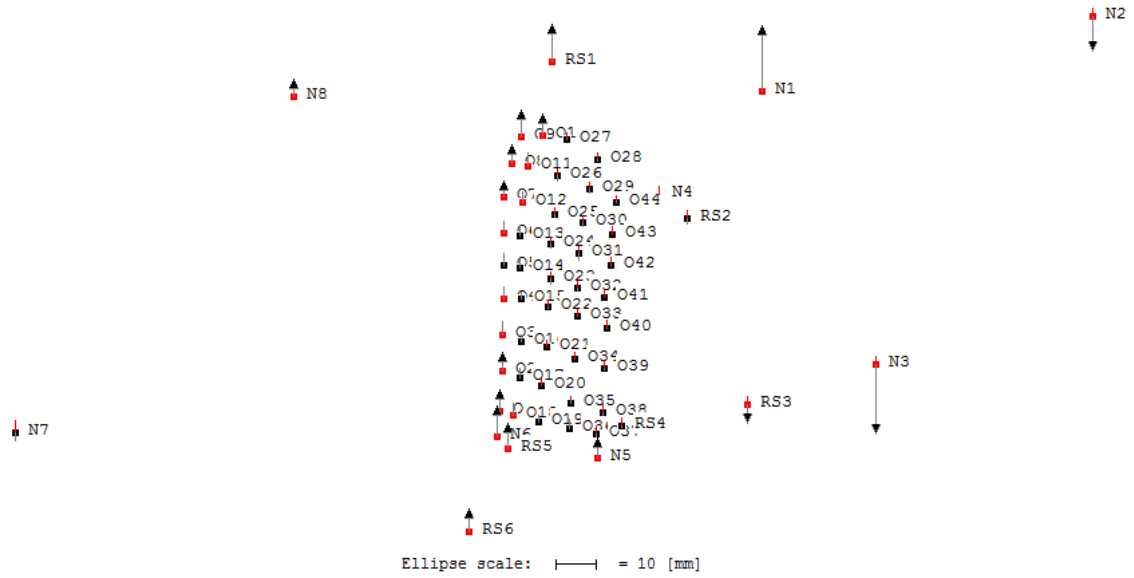


Şekil 4.7 1-3 periyod deformasyon analizi (obje noktaları).

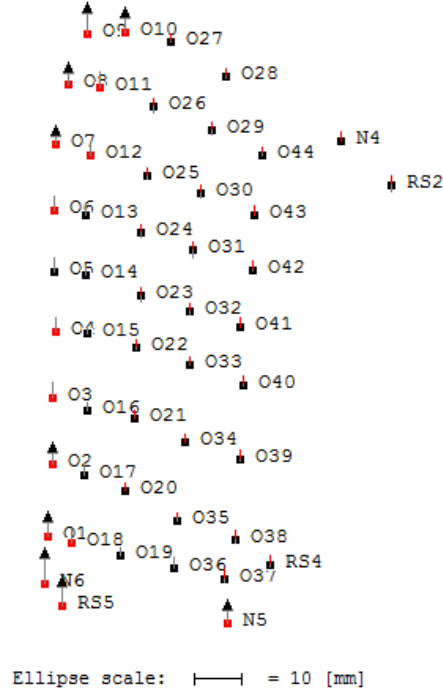
Proje kapsamında en uzun süreli periyot 1. ve 4. kampanyaların karşılaştırılmasıdır. Periyot süresi bir yıldır. Bu periyotta barajda bulunan su seviyesi üzerinde kalan obje noktalarında 2 mm ile 5 mm arasında artı yönde deformasyon gözlemlenmiştir. Deformasyon miktarları Çizelge 4.11'de verilmiştir.

Çizelge 4.11 1-4 periyotta deformasyon miktarları.

NN	Deformasyon Miktarı (mm)	NN	Deformasyon Miktarı (mm)	NN	Deformasyon Miktarı (mm)
N1	13.20	Rs5	5.27	O8	3.96
N2	-7.01	Rs6	4.57	O9	5.36
N3	-13.85	O1	4.30	O10	4.33
N5	4.10	O2	3.85	O11	2.94
N6	6.17	O3	3.05	O12	2.65
N8	3.69	O4	2.70	O18	2.72
Rs1	7.54	O6	2.71		
Rs3	-3.87	O7	3.21		

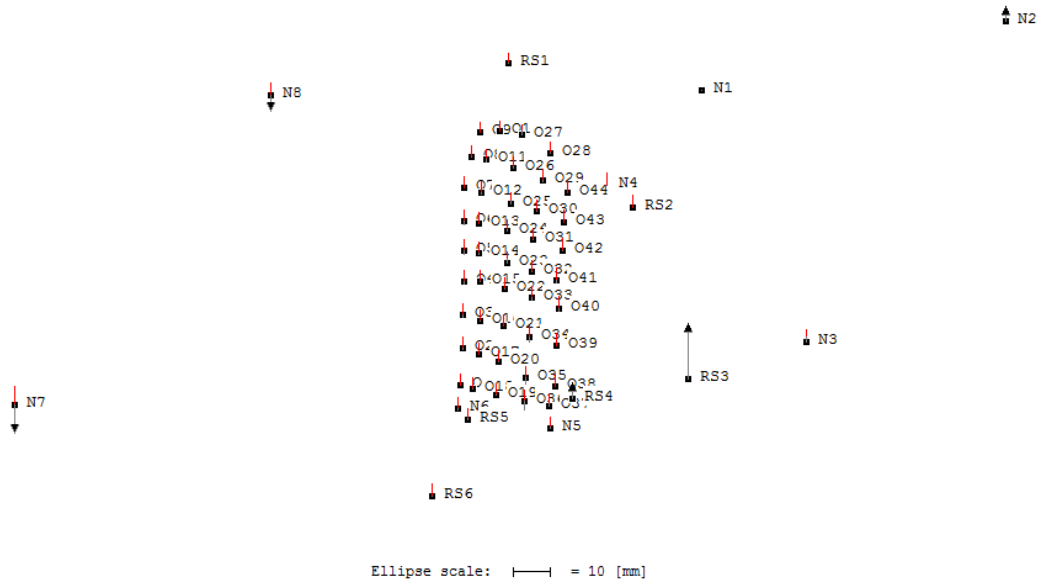


Şekil 4.8 1-4 periyod deformasyon analizi.



Şekil 4.9 1-4 periyod deformasyon analizi (obje noktaları).

2. ve 3. kampanya ölçüleri ile yapılan deformasyon analizinde noktalar hareket etmediği sonucuna varılmıştır (Şekil 4.10).

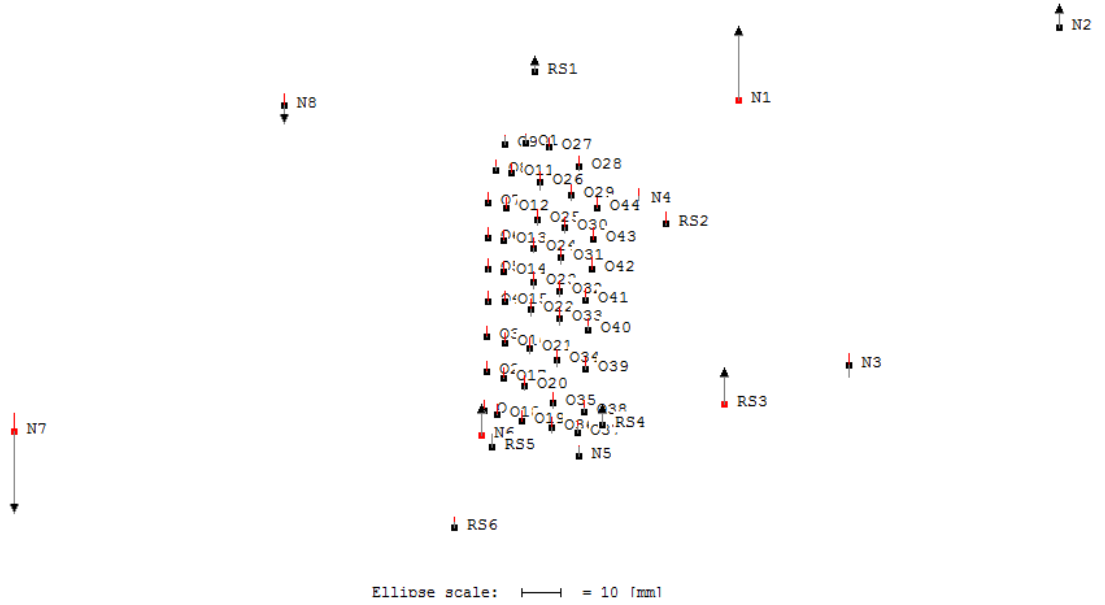


Şekil 4.10 2-3 periyod deformasyon analizi.

Şekil 4.11 'de görüldüğü gibi, 2-4 periyotta N1, N6, N7 ve Rs3 noktalarında deformasyon gözlenmektedir. Obje noktalarında herhangi bir hareket gözlenmemiştir.

Çizelge 4.12 2-4 periyotta deformasyon miktarları.

	NN	N1	N6	N7	Rs3
<b>Deformasyon Miktarı (mm)</b>		15.32	6.43	-16.71	7.56



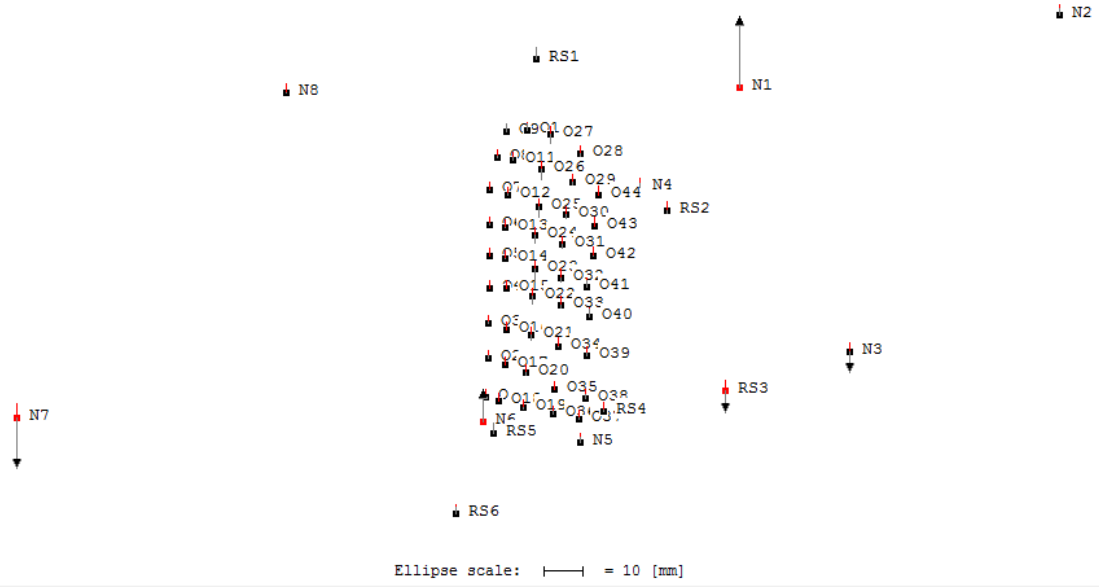
Şekil 4.11 2-4 periyod deformasyon analizi.

Şekil 4.12’de görüldüğü gibi, 3-4 periyotta N1, N6, N7 ve Rs3 noktalarında deformasyon gözlenmektedir. Obje noktalarında herhangi bir hareket gözlenmemiştir.

Çizelge 4.13 3-4 periyotta deformasyon miktarları.

	NN	N1	N6	N7	Rs3
<b>Deformasyon Miktarı (mm)</b>		14.72	6.86	-10.50	-4.67





Şekil 4.12 3-4 periyod deformasyon analizi.

## 5. SONUÇLAR

Çorum İli sınırları içerisinde yer alan Obruk Baraj'ı üzerinde düşey hareketleri belirlemek amacıyla 14 adet referans noktası, 44 adet obje noktası olmak üzere 58 noktalı bir nivelman ağı kurulmuş ve 2016 ile 2017 yıllarında 4 kampanya ölçüsü yapılmıştır. Elde edilen verilerin PANDA yazılımı ile dengeleme hesapları yapılmış ve DEFANA modülü ile deformasyon analizi yapılmıştır.

PANDA yazılımı ile yapılan değerlendirmelerin (dengeleme hesabı, deformasyon analizi gibi) oldukça basit olduğu görülmektedir. Özellikle yazılım ve modül kısa zamanda oluşturulan istatistiksel testler ve deformasyon analizlerinin tespitini, yorumlanmasını ve karar verebilme yeteneğini üst seviyeye taşımaktadır.

Proje çalışmaları sırasında tesis edilen nivelman noktalarında 2016 yılının Nisan, Temmuz ve Kasım aylarında yapılan hassas geometrik nivelman ölçülerinin serbest dengelenmesi sonucu hesaplanan nokta yüksekliklerinin ortalama standart sapma değeri  $\pm 0.4$  mm, 2017 yılının Mayıs ayında elde edilen verilerin ortalama standart sapma değeri ise  $\pm 0.3$  mm olarak bulunmuştur. Hesaplanan bu standart sapma değerleri hassas nivelman yönteminin deformasyon ölçmelerine uygulanabilirliği konusunda olumlu sonuç vermektedir.

Ölçme planlaması, barajdaki su seviyesinin yıl içerisinde maksimum ve minimum seviyede olabileceği düşünülerek yapılmıştır. Özellikle obje noktalarındaki hareketleri yorumlarken su seviyesindeki değişimler göz önünde bulundurulmaktadır.

Proje kapsamında baraj üzerinde 3 aylık ve 6 aylık periyotlar ile ölçmeler gerçekleştirilmiştir. Çizelge 4.11 incelendiğinde obje noktaları üzerinde gerçekleştirilen 1. Kampanya ve 2. Kampanya ölçmeleri arasında herhangi bir hareket gözlemlenmemektedir. Obruk Barajı üzerinde deformasyon ölçmeleri devam ettirildiği takdirde minimum 6 aylık periyotlar ile ölçmelerin gerçekleştirilmesi yeterli olacak ve maliyet konusunda tasarruf sağlanacaktır.

Dört kampanya ölçme ile 1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4 ve 3-4 periyotları olarak toplam 6 adet olası deformasyon analizi yapılmıştır. Hesaplanan deformasyon analizleri incelendiğinde, 1-4 periyodunda anlamlı hareketler görülmektedir. Bu hareketlerin, baraj gövdesinde su seviyesinin üzerinde kalan obje noktalarında olduğu ve +2 mm ile +5 mm arasında değişen değerler aldığı gözlemlenmektedir. Birinci ve dördüncü kampanya arasında baraj su seviyesi 1.76 m olarak tespit edilmiştir. Su seviyesinin artmasıyla birlikte, gövde üzerindeki basınç artışı, obje noktalarındaki hareketleri meydana getirdiği düşünülmektedir.

Referans noktaları, baraj etki alanı dışında ve sağlam zemin üzerinde olacak şekilde tesis edilmesi planlanmıştır. Deformasyon analizleri incelendiğinde N.3 referans noktasında yaklaşık -13 mm hareket gözlenmiştir. N.3 referans noktası yakınında birtakım inşaat çalışması yapıldığından dolayı, bu noktada lokal deformasyon olduğu düşünülmektedir.

Deformasyon analizleri incelendiğinde, N.7 noktasında 1. ve 2. kampanya arasındaki deformasyon analizinde +13 mm, 1. ve 3. kampanya arasındaki deformasyon analizinde +7 mm, 2. ve 4. kampanya arasındaki deformasyon analizinde -10 mm hareketler gözlenmiştir. Bu hareketlerin mevsimlerden kaynaklanan hareketler olduğu düşünülmektedir.

Genel olarak yapılan deformasyon analizleri incelendiğinde barajda tehlike oluşturabilecek deformasyon gözlemlenmemiştir.

Baraj gibi büyük mühendislik yapılarının kontrol altında tutulması ve zamanla meydana gelebilecek deformasyonların izlenmesi canlılar için hayati önem taşımaktadır. Bu sebeple Obruk Barajı üzerinde deformasyon çalışmalarının devam ettirilmesi önerilmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Akyılmaz, O. (2001). Jeodezik Yöntemlerle Deformasyon Ölçmeleri ve Analizi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Atasoy, V. (1984). Jeodezik Deformasyon Ölçülerinin İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Aladoğan, K. (2017). Kuzey Anadolu Fayı Bolu-Çorum Segmenti Boyunca Yer Kabuğu Hareketlerinin GNSS Yöntemiyle İzlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, AKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Bayrak, T. (2006). Yamula Barajında Deformasyon Analizi, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2016 (1), 1 – 12.
- Ceylan, A. (1988). Duyarlı Nivelmanda Önemli Sistemik Hata Kaynakları Üzerine Bir Çalışma, Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Ceylan, A., Çatal, H.G. (2007). Sayısal Nivolar ve Hata Kaynakları, 3. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, Konya.
- Ceylan, A. (2009). Modern Yükseklik Belirleme Teknikleri: Geometrik Nivelman Tarih mi Oluyor?, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Demirel, H. (1987). S Transformasyonu ve Deformasyon Analizi, Türkiye 1. Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 593-608, Ankara.
- Demirel, H. (1992). Deformasyon Analizi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Ders Notları, İstanbul.
- Demirel, H. (2003). Dengeleme Hesabı, YTÜ İnşaat Fakültesi Sayı: İNJFM2003.003, İstanbul.
- Doğanalp, S., Turgut, B., İnal C. (2005). Yükseklik Ağlarında S Transformasyon Ve Kalman Filtreleme Yöntemi İle Deformasyon Analizi, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu.
- Erdoğan, B. (2011). Deformasyon Analizi Güvenilirliğinin Farklı Yöntemlerle Araştırılması, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Ens. İstanbul.

- Erkaya, H., Hoşbaş, R. G., Gülal, V.E., Ersoy, N., Doğan, U., Pırtı, A., Soycan, M., Gümüş, K., Öcalan, T., Aykut, N.O., Akpınar, B., Poyraz, F. (2009). Beton Kemer Barajlarda Deformasyonların Modern Ölçme Teknikleri İle Belirlenmesi, 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Erkaya, H., Hoşbaş, G., Gülal, E., Ersoy, E., Doğan, U., Soycan, M., Pırtı, A. (2009). Dam Safety And Deformation Monitoring (A Study on Oymapınar Dam), TIEMS 16th Annual Conference, Ph. 294-299,9-11 June 2009, İstanbul.
- Erol, S. (2008). GPS ve Nivelman Ölçüleri ile Deformasyonların Belirlenmesi, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gülal, E. (2003). Yüksek Lisans Ders Notları, YTÜ, İstanbul.
- Gülal, E. (1999). Kalman Filtreleme Tekniğinin Deformasyon Analizine Uygulanması, YTÜ, Araştırma Makalesi, İstanbul.
- Gülal, E. (1999). Baraj Deformasyonlarının Ölçü ve Hesap Yöntemleriyle İrdelenmesi, 7. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 121-134, Ankara.
- Gülal, E., Erkaya, H., Hoşbaş, G., Ersoy, N. (2003). Toprak Dolgu Barajlarda Deformasyon Ölçmeleri Alibey Barajı Örneği (1996-2003), I. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 151-159, , İstanbul.
- Gülal, E., Erkaya, H., Hoşbaş, G., Şimşek, Ş. (2004). Barajların Jeodezik Yöntemlerle Kontrolü, I. Ulusal Barajlar ve Hidroelektrik Santraller Sempozyumu, 363-373, Ankara.
- Gülal, E. (1999). Deformasyon Ölçülerinin Analizinde Dinamik Modelleme, *Yıldız Teknik Üniversitesi Dergisi*, Sayı:2, 9-22, İstanbul.
- Gülal, E., Hoşbaş, G. (2001). Barajların Güvenliği, *DSİ Teknik Bülteni*, Sayı: 96, 63-67.
- Hoşbaş, R.G. (1992). Baraj Deformasyonlarının Belirlenmesinde Jeodezik Yaklaşımların İrdelenmesi, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kalkan, Y., Baykal, O., Alkan, R. M., Yanalak, M., (2002). Deformation Monitoring With Geodetic and Geotechnical Methods a Case Study in Ambarlı Region, International Symposium on Geographic Information Systems, İstanbul.

- Kalkan, Y., Alkan, R.M. (2005). Mühendislik Yapılarında Deformasyon Ölçmeleri, 2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 64-74.
- Kalkan, Y. (2007). Atatürk Barajında Jeodezik Yöntemlerle Deformasyonların İzlenmesi, Projesi Teknik Raporu, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Kalkan, Y., Alkan, R.M., Bilgi, S. (2010). Deformation Monitoring Studies at Atatürk Dam, FIG Congress 2010, Sydney, Australia.
- Kalkan, Y. (2014). Baraj Emniyeti ve Deformasyon İzleme Çalışmaları Atatürk Barajı Örneği, İTÜ.
- Kalın, G. (2010). Kil Çekirdekli Kaya Dolgu Barajlarda Jeodezik Yöntemle Deformasyon Ölçmeleri: Atatürk Barajı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Ens. İstanbul.
- Kılıç, H. (2000). Yumuşak Zeminler Üzerine Oturan Dolgu Barajlarda Deformasyonların Nümerik ve Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Ens. İstanbul.
- Niemeier, W., Tengen, D., 1990. P A N D A The Software Package for Precise Engineering Networks. Presented Paper Second Accelerator Workshop DESY, Hamburg, Sept.
- Niemeier, W., Mekik, Ç. (2001). Yerel Deformasyon Çalışmalarında Global Konumlama Sisteminin (GPS) Potansiyeli, *Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Dergisi*, sayı: 87, 24-37, Şubat 2001.
- Şireci, S.E. (2012). Sayısal Nivolar ve Ölçme Hassasiyetlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens. Konya.
- Uzel, T., Eren, K., Gülal, E., Güzel, G. (2013). Baraj Güvenlik Ölçümleri ve Baraj Bilgi Sistemi, III. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, 49-57.
- Ünver, M. (1988). Düşey Yöndeki Yer Kabuğu Hareketlerinin Duyarlıklı Nivelman Yöntemi ile Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, KATÜ, Fen Bilimleri Ens. Trabzon.
- Tanır, E. (2000). Deformasyon Analizinde Statik Değerlendirme Yöntemleri, Yüksek Lisans Tezi, KATÜ, Fen Bilimleri Ens. Trabzon.

- Taşçı, L. (2003). Kaya Dolgu Barajlarda Deformasyonların GPS yöntemi ile Belirlenmesi, Doktora Tezi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Anabilim Dalı, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Taşçı, L., Yıldırım, B., Gökalp, E. (2004). Kaya Dolgu Barajda Deformasyonların Jeodezik ve Sonlu Elemanlar Metodu ile Belirlenmesi, Fırat Üniversitesi, *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 16(2), 205-219, Elazığ.
- Taşçı, L. (2005). Deformasyonların Modellenmesi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 257-266
- Taşçı, L. (2013). Jeodezik Deformasyon Ağlarının Analizi, 14. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Taşçı, L. (2010). Kompozit Barajlarda Düşey Yöndeki Hareketlerin İzlenmesi ve Analizi, Fırat Üniversitesi, *Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22 (2), 231-245, Elazığ

## İnternet Kaynakları

- 1) <http://www.matso.org.tr/manavgat/oymapinar.html>, 7.09.2017
- 2) <http://anadolurisk.com.tr/tr/bulten/su-yapilari>, 7.09.2017
- 3) <http://www.suyapi.com.tr/tr/18853/Boyabat-Baraji-ve-HES>, 7.09.2017
- 4) <http://www.enerjiatlası.com/hidroelektrik/obruk-baraji.html>, 8.09.2017
- 5) <http://www.ozelliklerinedir.com/ataturk-baraji-ozellikleri/>, 8.09.2017





## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Zafer KÖSE  
Doğum Yeri ve Tarihi : Tomarza / KAYSERİ – 05.09.1987  
Yabancı Dil : İngilizce  
İletişim (Telefon/e-posta) : 0541 641 42 01 / [zaferkose@hitit.edu.tr](mailto:zaferkose@hitit.edu.tr)

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yılı)

Lise : Ağlasun Lisesi, (2000 – 2003)  
Önlisans : Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta Meslek  
Yüksekokulu, Harita ve Kadastro Programı, (2004 – 2006)  
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,  
Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği, (2006 – 2009)  
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,  
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, (2015 – 2018)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl : MSİ Harita, Antalya (2010 – 2015)  
Hitit Üniversitesi (2015 – Devam ediyor.)

### Yayınları (SCI ve diğer) :

Gulal, V.E., Alkan, R.M., Alkan, M.N., Ilci, V., Ozulu, I.M., Tombus, F.E., Kose, Z., Aladogan, K., Sahin, M., Yavasoglu, H., Oku, G. (2016). Measurement of Dam Deformations: Case Study of Obruk Dam (Turkey), *European Geosciences Union General Assembly (EGU2016)*, Vienna, Austria, (Poster).

Alkan, R.M., Gülal, E., İlçi, V., Ozulu, İ.M., Alkan, M.N., Köse, Z., Aladoğan, K., Tombuş, F.E. Şahin, M., Yavaşoğlu, H., Oku, G. (2016). "Obruk Barajı Deformasyon Ölçmeleri ", 8. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul,

Yavasoglu, H., Ozbey, V., Alkan, R.M., Erden, T., Alkan, M.N., Aladogan, K. ve Köse, Z. (2016). "GNSS Verilerinin Yer Bilimlerinde Kullanımı: Orta ve Batı Anadolu Örneği", 8. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, (Kısa Sunum).

Köse, Z., Baybura, T., Alkan, R.M., Gülal, V.E., Aladoğan, K., Alkan, M.N., İlci, V., Ozulu, İ.M., Tonbuş, F.E. ve Şahin, M. (2017). " Hassas Nivelman Yöntemi İle Deformasyon İzleme: Çorum Obruk Barajı Örneği ", *Avrasya Zirvesi, I. Uluslararası EJONS Matematik-Mühendislik ve Fen Bilimleri Kongresi*, Ankara, 17-21 Temmuz.

Aladoğan, K., Tiryakioğlu, İ., Yavaşoğlu, H., Alkan, R.M., Alkan, M.N., Köse, Z., İlci, V., Ozulu, İ.M., Tombuş, F.E.; ve Şahin, M. (2017).“Kuzey Anadolu Fayı Bolu – Çorum Segmenti Boyunca Yer Kabuğu Hareketlerinin Gns Yöntemiyle İzlenmesi”, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 17(3), 997-1003. (TÜBİTAK ULAKBİM-TR Mühendislik ve Temel Bilimler Veri Tabanı).



**EK 1. Birinci kampanya ölçüm değerleri.**

S. No	Başlangıç	Bitiş	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Mesafe (km)	Fark (mm)	Tecviz(mm)	Karar	d.d	dd/S	Ortalama Yükseklik	Std.Sp.
1	N3	N2	10.5484	-10.5473	0.987	1.1	4.0	DOĞRU	1.2100	1.2259	10.5479	0.4
2	N2	N1	41.1449	-41.1427	1.920	2.2	5.5	DOĞRU	4.8400	2.5208	41.1438	0.5
3	N1	RS1	-3.2010	3.1996	0.750	-1.4	3.5	DOĞRU	1.9600	2.6133	-3.2003	0.3
4	N6	N5	-6.5309	6.5310	0.143	0.1	1.5	DOĞRU	0.0100	0.0699	-6.5310	0.1
5	N5	N3	-42.1940	42.1963	0.912	2.3	3.8	DOĞRU	5.2900	5.8004	-42.1952	0.4
6	RS1	N8	19.4935	-19.4935	0.479	0.0	2.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	19.4935	0.3
7	N8	N7	-2.3988	2.3996	1.081	0.8	4.2	DOĞRU	0.6400	0.5920	-2.3992	0.4
8	N3	RS3	-12.0370	12.0368	0.449	-0.2	2.7	DOĞRU	0.0400	0.0891	-12.0369	0.3
9	RS3	RS4	-2.3543	2.3548	0.547	0.5	3.0	DOĞRU	0.2500	0.4570	-2.3546	0.3
10	N4	Rs2	-0.8770	0.8770	0.082	0.0	1.1	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.8770	0.1
11	RS4	RS2	10.2264	-10.2261	0.390	0.3	2.5	DOĞRU	0.0900	0.2308	10.2263	0.2
12	N6	RS5	-0.6646	0.6643	0.026	-0.3	0.6	DOĞRU	0.0900	3.4615	-0.6645	0.1
13	N6	RS6	1.7795	-1.7794	0.156	0.1	1.6	DOĞRU	0.0100	0.0641	1.7795	0.2
14	N6	O1	-1.3491	1.3489	0.074	-0.2	1.1	DOĞRU	0.0400	0.5405	-1.3490	0.1
15	O1	O2	0.4126	-0.4125	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.4126	0.1
16	O2	O3	0.6675	-0.6676	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.6676	0.1
17	O3	O4	0.0520	-0.0520	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0520	0.1
18	O4	O5	0.0525	-0.0525	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0525	0.1
19	O5	O6	-0.0014	0.0014	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.0014	0.1
20	O6	O7	-0.9394	0.9395	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.9395	0.1
21	O7	O8	-0.5662	0.5661	0.055	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1818	-0.5662	0.1
22	O8	O9	-0.4088	0.4089	0.045	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2222	-0.4089	0.1
23	O9	RS1	1.8385	-1.8386	0.126	-0.1	1.4	DOĞRU	0.0100	0.0794	1.8386	0.1
24	RS1	O10	-0.8481	0.8485	0.126	0.4	1.4	DOĞRU	0.1600	1.2698	-0.8483	0.1
25	O10	O11	0.3761	-0.3761	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.3761	0.1

09

EKLER

**EK 1. (Devam) Birinci kampanya ölçüm değerleri.**

26	O11	O12	-0.2591	0.2590	0.029	-0.1	0.7	DOĞRU	0.0100	0.3448	-0.2591	0.1
27	O12	O13	0.1370	-0.1367	0.029	0.3	0.7	DOĞRU	0.0900	3.1034	0.1369	0.1
28	O13	O14	0.2789	-0.2788	0.029	0.1	0.7	DOĞRU	0.0100	0.3448	0.2789	0.1
29	O14	O15	0.0109	-0.0109	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0109	0.1
30	O15	O16	0.1773	-0.1773	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.1773	0.1
31	O16	O17	-0.6994	0.6993	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.6994	0.1
32	O17	O18	-0.4651	0.4651	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.4651	0.1
33	O18	N6	1.5319	-1.5319	0.075	0.0	1.1	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.5319	0.1
34	O18	O19	-13.6377	13.6375	0.147	-0.2	1.5	DOĞRU	0.0400	0.2721	-13.6376	0.1
35	O19	O20	-0.6480	0.6482	0.050	0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-0.6481	0.1
36	O20	O21	-0.2530	0.2531	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.2531	0.1
37	O21	O22	-0.5682	0.5681	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.5682	0.1
38	O22	O23	3.3898	-3.3896	0.052	0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.7692	3.3897	0.1
39	O23	O24	1.0875	-1.0876	0.047	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2128	1.0876	0.1
40	O24	O25	-0.9252	0.9251	0.044	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.9252	0.1
41	O25	O26	-0.8347	0.8348	0.044	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.8348	0.1
42	O26	O27	-1.1713	1.1712	0.044	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-1.1713	0.1
43	O27	O10	14.0036	-14.0035	0.130	0.1	1.4	DOĞRU	0.0100	0.0769	14.0036	0.1
44	O27	O28	-16.8952	16.8955	0.168	0.3	1.6	DOĞRU	0.0900	0.5357	-16.8954	0.2
45	O28	O29	0.2084	-0.2085	0.038	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	0.2085	0.1
46	O29	O30	0.4410	-0.4411	0.038	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	0.4411	0.1
47	O30	O31	0.0191	-0.0191	0.038	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0191	0.1
48	O31	O32	0.0062	-0.0064	0.043	-0.2	0.8	DOĞRU	0.0400	0.9302	0.0063	0.1
49	O32	O33	-0.0869	0.0867	0.050	-0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-0.0868	0.1
50	O33	O34	0.0540	-0.0541	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0541	0.1
51	O34	O35	0.6740	-0.6740	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6740	0.1
52	O35	O36	-1.8407	1.8407	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-1.8407	0.1

**EK 1. (Devam)** Birinci kampanya ölçüm değerleri.

53	O36	O19	17.3445	-17.3441	0.169	0.4	1.6	DOĞRU	0.1600	0.9467	17.3443	0.2
54	O36	O37	-14.9620	14.9622	0.160	0.2	1.6	DOĞRU	0.0400	0.2500	-14.9621	0.2
55	O37	O38	-1.0726	1.0726	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-1.0726	0.1
56	O38	O39	-1.0353	1.0356	0.050	0.3	0.9	DOĞRU	0.0900	1.8000	-1.0355	0.1
57	O39	O40	-0.5877	0.5874	0.054	-0.3	0.9	DOĞRU	0.0900	1.6667	-0.5876	0.1
58	O40	O41	-4.1463	4.1467	0.090	0.4	1.2	DOĞRU	0.1600	1.7778	-4.1465	0.1
59	O41	O42	1.6642	-1.6641	0.038	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	1.6642	0.1
60	O42	O43	0.6826	-0.6826	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6826	0.1
61	O43	O44	-0.1586	0.1587	0.029	0.1	0.7	DOĞRU	0.0100	0.3448	-0.1587	0.1
62	O44	O28	20.1397	-20.1395	0.156	0.2	1.6	DOĞRU	0.0400	0.2564	20.1396	0.2
63	N4	O44	-0.1030	0.1029	0.107	-0.1	1.3	DOĞRU	0.0100	0.0935	-0.1030	0.1
64	Rs4	O37	15.6539	-15.6541	0.212	-0.2	1.8	DOĞRU	0.0400	0.1887	15.6540	0.2

**EK 2. İkinci kampanya ölçüm değerleri**

S. No	Başlangıç	Bitiş	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Mesafe (km)	Fark (mm)	Tecviz(mm)	Karar	d.d	dd/S	Ortalama Yükseklik	Std.Sp.
1	N3	N2	10.5458	-10.5468	0.987	-1.0	4.0	DOĞRU	1.0000	1.0132	10.5463	0.4
2	N2	N1	41.1513	-41.1539	1.920	-2.6	5.5	DOĞRU	6.7600	3.5208	41.1526	0.5
3	N1	RS1	-3.1946	3.1944	0.750	-0.2	3.5	DOĞRU	0.0400	0.0533	-3.1945	0.3
4	N6	N5	-6.5304	6.5307	0.143	0.3	1.5	DOĞRU	0.0900	0.6294	-6.5306	0.1
5	N5	N3	-42.2169	42.2193	0.912	2.4	3.8	DOĞRU	5.7600	6.3158	-42.2181	0.4
6	RS1	N8	19.4968	-19.4973	0.479	-0.5	2.8	DOĞRU	0.2500	0.5219	19.4971	0.3
7	N8	N7	-2.3928	2.3914	1.081	-1.4	4.2	DOĞRU	1.9600	1.8131	-2.3921	0.4
8	N3	RS3	-12.0422	12.0421	0.449	-0.1	2.7	DOĞRU	0.0100	0.0223	-12.0422	0.3
9	RS3	RS4	-2.3543	2.3542	0.547	-0.1	3.0	DOĞRU	0.0100	0.0183	-2.3543	0.3
10	N4	RS2	-0.8763	0.8762	0.082	-0.1	1.1	DOĞRU	0.0100	0.1220	-0.8763	0.1
11	RS4	RS2	10.2279	-10.2275	0.390	0.4	2.5	DOĞRU	0.1600	0.4103	10.2277	0.2
12	N6	RS5	-0.6620	0.6621	0.026	0.1	0.6	DOĞRU	0.0100	0.3846	-0.6621	0.1
13	N6	RS6	1.7830	-1.7827	0.156	0.3	1.6	DOĞRU	0.0900	0.5769	1.7829	0.2
14	N6	O1	-1.3448	1.3447	0.074	-0.1	1.1	DOĞRU	0.0100	0.1351	-1.3448	0.1
15	O1	O2	0.4123	-0.4125	0.050	-0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	0.4124	0.1
16	O2	O3	0.6675	-0.6675	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6675	0.1
17	O3	O4	0.0522	-0.0522	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0522	0.1
18	O4	O5	0.0529	-0.0528	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0529	0.1
19	O5	O6	-0.0019	0.0018	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.0019	0.1
20	O6	O7	-0.9393	0.9399	0.050	0.6	0.9	DOĞRU	0.3600	7.2000	-0.9396	0.1
21	O7	O8	-0.5660	0.5660	0.055	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.5660	0.1
22	O8	O9	-0.4082	0.4082	0.045	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.4082	0.1
23	O9	RS1	1.8396	-1.8397	0.126	-0.1	1.4	DOĞRU	0.0100	0.0794	1.8397	0.1
24	RS1	O10	-0.8495	0.8496	0.126	0.1	1.4	DOĞRU	0.0100	0.0794	-0.8496	0.1
25	O10	O11	0.3763	-0.3764	0.029	-0.1	0.7	DOĞRU	0.0100	0.3448	0.3764	0.1

**EK 2. (Devam) İkinci kampanya ölçüm değerleri**

26	O11	O12	-0.2594	0.2592	0.029	-0.2	0.7	DOĞRU	0.0400	1.3793	-0.2593	0.1
27	O12	O13	0.1364	-0.1365	0.029	-0.1	0.7	DOĞRU	0.0100	0.3448	0.1365	0.1
28	O13	O14	0.2787	-0.2787	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.2787	0.1
29	O14	O15	0.0110	-0.0111	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0111	0.1
30	O15	O16	0.1770	-0.1770	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.1770	0.1
31	O16	O17	-0.6995	0.6997	0.050	0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-0.6996	0.1
32	O17	O18	-0.4647	0.4648	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.4648	0.1
33	O18	N6	1.5288	-1.5289	0.075	-0.1	1.1	DOĞRU	0.0100	0.1333	1.5289	0.1
34	O18	O19	-13.6377	13.6379	0.147	0.2	1.5	DOĞRU	0.0400	0.2721	-13.6378	0.2
35	O19	O20	-0.6487	0.6484	0.050	-0.3	0.9	DOĞRU	0.0900	1.8000	-0.6486	0.1
36	O20	O21	-0.2533	0.2531	0.050	-0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-0.2532	0.1
37	O21	O22	-0.5685	0.5685	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.5685	0.1
38	O22	O23	3.3887	-3.3888	0.052	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1923	3.3888	0.1
39	O23	O24	1.0872	-1.0872	0.047	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.0872	0.1
40	O24	O25	-0.9249	0.9248	0.044	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.9249	0.1
41	O25	O26	-0.8346	0.8347	0.044	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.8347	0.1
42	O26	O27	-1.1706	1.1706	0.044	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	-1.1706	0.1
43	O27	O10	14.0043	-14.0043	0.130	0.0	1.4	DOĞRU	0.0000	0.0000	14.0043	0.1
44	O27	O28	-16.8955	16.8957	0.168	0.2	1.6	DOĞRU	0.0400	0.2381	-16.8956	0.2
45	O28	O29	0.2079	-0.2080	0.038	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	0.2080	0.1
46	O29	O30	0.4408	-0.4408	0.038	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.4408	0.1
47	O30	O31	0.0186	-0.0187	0.038	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	0.0187	0.1
48	O31	O32	0.0066	-0.0065	0.043	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2326	0.0066	0.1
49	O32	O33	-0.0865	0.0862	0.050	-0.3	0.9	DOĞRU	0.0900	1.8000	-0.0864	0.1
50	O33	O34	0.0541	-0.0542	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0542	0.1
51	O34	O35	0.6743	-0.6744	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.6744	0.1
52	O35	O36	-1.8396	1.8399	0.050	0.3	0.9	DOĞRU	0.0900	1.8000	-1.8398	0.1

**EK 2. (Devam) İkinci kampanya ölçüm değerleri**

53	O36	O19	17.3421	-17.3419	0.169	0.2	1.6	DOĞRU	0.0400	0.2367	17.3420	0.2
54	O36	O37	-14.9596	14.9598	0.160	0.2	1.6	DOĞRU	0.0400	0.2500	-14.9597	0.2
55	O37	O38	-1.0721	1.0724	0.050	0.3	0.9	DOĞRU	0.0900	1.8000	-1.0723	0.1
56	O38	O39	-1.0353	1.0352	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-1.0353	0.1
57	O39	O40	-0.5878	0.5877	0.054	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1852	-0.5878	0.1
58	O40	O41	-4.1456	4.1459	0.090	0.3	1.2	DOĞRU	0.0900	1.0000	-4.1458	0.1
59	O41	O42	1.6642	-1.6641	0.038	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	1.6642	0.1
60	O42	O43	0.6829	-0.6829	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6829	0.1
61	O43	O44	-0.1585	0.1585	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.1585	0.1
62	O44	O28	20.1383	-20.1384	0.156	-0.1	1.6	DOĞRU	0.0100	0.0641	20.1384	0.2
63	N4	O44	-0.1026	0.1026	0.107	0.0	1.3	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.1026	0.1
64	Rs4	O37	15.6562	-15.6558	0.212	0.4	1.8	DOĞRU	0.1600	0.7547	15.6560	0.2



**EK 3. Üçüncü kampanya ölçüm değerleri.**

S. No	Başlangıç	Bitiş	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Mesafe (km)	Fark (mm)	Tecviz(mm)	Karar	d.d	dd/S	Ortalama Yükseklik	Std.Sp.
1	N3	N2	10.5527	-10.5508	0.987	1.9	4.0	DOĞRU	3.6100	3.6575	10.5518	0.4
2	N2	N1	41.1559	-41.1577	1.920	-1.8	5.5	DOĞRU	3.2400	1.6875	41.1568	0.5
3	N1	RS1	-3.1918	3.1920	0.750	0.2	3.5	DOĞRU	0.0400	0.0533	-3.1919	0.3
4	N6	N5	-6.5277	6.5278	0.143	0.1	1.5	DOĞRU	0.0100	0.0699	-6.5278	0.1
5	N5	N3	-42.2075	42.2078	0.912	0.3	3.8	DOĞRU	0.0900	0.0987	-42.2077	0.3
6	RS1	N8	19.4928	-19.4933	0.479	-0.5	2.8	DOĞRU	0.2500	0.5219	19.4931	0.3
7	N8	N7	-2.3950	2.3947	1.081	-0.3	4.2	DOĞRU	0.0900	0.0833	-2.3949	0.4
8	N3	RS3	-12.0283	12.0282	0.449	-0.1	2.7	DOĞRU	0.0100	0.0223	-12.0283	0.2
9	RS3	RS4	-2.3588	2.3589	0.547	0.1	3.0	DOĞRU	0.0100	0.0183	-2.3589	0.3
10	N4	RS2	-0.8763	0.8761	0.082	-0.2	1.1	DOĞRU	0.0400	0.4878	-0.8762	0.1
11	RS4	RS2	10.2250	-10.2253	0.390	-0.3	2.5	DOĞRU	0.0900	0.2308	10.2252	0.2
12	N6	RS5	-0.6609	0.6609	0.026	0.0	0.6	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.6609	0.1
13	N6	RS6	1.7830	-1.7830	0.156	0.0	1.6	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.7830	0.1
14	N6	O1	-1.3441	1.3441	0.074	0.0	1.1	DOĞRU	0.0000	0.0000	-1.3441	0.1
15	O1	O2	0.4115	-0.4116	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.4116	0.1
16	O2	O3	0.6671	-0.6672	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.6672	0.1
17	O3	O4	0.0523	-0.0522	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0523	0.1
18	O4	O5	0.0525	-0.0525	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0525	0.1
19	O5	O6	-0.0018	0.0018	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.0018	0.1
20	O6	O7	-0.9383	0.9389	0.050	0.6	0.9	DOĞRU	0.3600	7.2000	-0.9386	0.1
21	O7	O8	-0.5654	0.5655	0.055	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1818	-0.5655	0.1
22	O8	O9	-0.4088	0.4085	0.045	-0.3	0.8	DOĞRU	0.0900	2.0000	-0.4087	0.1
23	O9	RS1	1.8401	-1.8399	0.126	0.2	1.4	DOĞRU	0.0400	0.3175	1.8400	0.1
24	RS1	O10	-0.8493	0.8497	0.126	0.4	1.4	DOĞRU	0.1600	1.2698	-0.8495	0.1

**EK 3. (Devam) Üçüncü kampanya ölçüm değerleri.**

26	O11	O12	-0.2589	0.2589	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.2589	0.1
27	O12	O13	0.1371	-0.1371	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.1371	0.1
28	O13	O14	0.2785	-0.2783	0.029	0.2	0.7	DOĞRU	0.0400	1.3793	0.2784	0.1
29	O14	O15	0.0115	-0.0115	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0115	0.1
30	O15	O16	0.1770	-0.1772	0.050	-0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	0.1771	0.1
31	O16	O17	-0.6989	0.6990	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.6990	0.1
32	O17	O18	-0.4640	0.4641	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.4641	0.1
33	O18	N6	1.5285	-1.5285	0.075	0.0	1.1	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.5285	0.1
34	O18	O19	-13.6386	13.6385	0.147	-0.1	1.5	DOĞRU	0.0100	0.0680	-13.6386	0.1
35	O19	O20	-0.6492	0.6491	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.6492	0.1
36	O20	O21	-0.2528	0.2528	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.2528	0.1
37	O21	O22	-0.5681	0.5681	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.5681	0.1
38	O22	O23	3.3897	-3.3898	0.052	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1923	3.3898	0.1
39	O23	O24	1.0867	-1.0867	0.047	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.0867	0.1
40	O24	O25	-0.9245	0.9245	0.044	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.9245	0.1
41	O25	O26	-0.8351	0.8350	0.044	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.8351	0.1
42	O26	O27	-1.1699	1.1701	0.044	0.2	0.8	DOĞRU	0.0400	0.9091	-1.1700	0.1
43	O27	O10	14.0031	-14.0037	0.130	-0.6	1.4	DOĞRU	0.3600	2.7692	14.0034	0.1
44	O27	O28	-16.8970	16.8971	0.168	0.1	1.6	DOĞRU	0.0100	0.0595	-16.8971	0.1
45	O28	O29	0.2079	-0.2078	0.038	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	0.2079	0.1
46	O29	O30	0.4414	-0.4414	0.038	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.4414	0.1
47	O30	O31	0.0188	-0.0188	0.038	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0188	0.1
48	O31	O32	0.0070	-0.0070	0.043	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0070	0.1
49	O32	O33	-0.0865	0.0865	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.0865	0.1
50	O33	O34	0.0540	-0.0540	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0540	0.1
51	O34	O35	0.6744	-0.6744	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6744	0.1
52	O35	O36	-1.8399	1.8401	0.050	0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-1.8400	0.1

**EK 3. (Devam) Üçüncü kampanya ölçüm değerleri.**

53	O36	O19	17.3454	-17.3447	0.169	0.7	1.6	DOĞRU	0.4900	2.8994	17.3451	0.1
54	O36	O37	-14.9657	14.9654	0.160	-0.3	1.6	DOĞRU	0.0900	0.5625	-14.9656	0.1
55	O37	O38	-1.0732	1.0731	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-1.0732	0.1
56	O38	O39	-1.0348	1.0346	0.050	-0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-1.0347	0.1
57	O39	O40	-0.5884	0.5884	0.054	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.5884	0.1
58	O40	O41	-4.1455	4.1456	0.090	0.1	1.2	DOĞRU	0.0100	0.1111	-4.1456	0.1
59	O41	O42	1.6648	-1.6650	0.038	-0.2	0.8	DOĞRU	0.0400	1.0526	1.6649	0.1
60	O42	O43	0.6832	-0.6832	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6832	0.1
61	O43	O44	-0.1580	0.1580	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.1580	0.1
62	O44	O28	20.1390	-20.1389	0.156	0.1	1.6	DOĞRU	0.0100	0.0641	20.1390	0.1
63	N4	O44	-0.1025	0.1021	0.107	-0.4	1.3	DOĞRU	0.1600	1.4953	-0.1023	0.1
64	Rs4	O37	15.6545	-15.6543	0.212	0.2	1.8	DOĞRU	0.0400	0.1887	15.6544	0.2

**EK 4.** Dördüncü kampanya ölçüm değerleri.

S. No	Başlangıç	Bitiş	Gidiş (m)	Dönüş (m)	Mesafe (km)	Fark (mm)	Tecviz(mm)	Karar	d.d	dd/S	Ortalama Yükseklik	Std.Sp.
1	N3	N2	10.5554	-10.5557	0.987	-0.3	4.0	DOĞRU	0.0900	0.0912	10.5556	0.3
2	N2	N1	41.1667	-41.1645	1.920	2.2	5.5	DOĞRU	4.8400	2.5208	41.1656	0.5
3	N1	RS1	-3.2053	3.2054	0.750	0.1	3.5	DOĞRU	0.0100	0.0133	-3.2054	0.3
4	N6	N5	-6.5336	6.5337	0.143	0.1	1.5	DOĞRU	0.0100	0.0699	-6.5337	0.1
5	N5	N3	-42.2177	42.2162	0.912	-1.5	3.8	DOĞRU	2.2500	2.4671	-42.2170	0.3
6	RS1	N8	19.4894	-19.4899	0.479	-0.5	2.8	DOĞRU	0.2500	0.5219	19.4897	0.2
7	N8	N7	-2.4037	2.4060	1.081	2.3	4.2	DOĞRU	5.2900	4.8936	-2.4049	0.3
8	N3	RS3	-12.0292	12.0293	0.449	0.1	2.7	DOĞRU	0.0100	0.0223	-12.0293	0.2
9	RS3	RS4	-2.3545	2.3540	0.547	-0.5	3.0	DOĞRU	0.2500	0.4570	-2.3543	0.2
10	N4	RS2	-0.8785	0.8783	0.082	-0.2	1.1	DOĞRU	0.0400	0.4878	-0.8784	0.1
11	RS4	RS2	10.2243	-10.2245	0.390	-0.2	2.5	DOĞRU	0.0400	0.1026	10.2244	0.2
12	N6	RS5	-0.6653	0.6654	0.026	0.1	0.6	DOĞRU	0.0100	0.3846	-0.6654	0.1
13	N6	RS6	1.7779	-1.7778	0.156	0.1	1.6	DOĞRU	0.0100	0.0641	1.7779	0.1
14	N6	O1	-1.3510	1.3509	0.074	-0.1	1.1	DOĞRU	0.0100	0.1351	-1.3510	0.1
15	O1	O2	0.4121	-0.4120	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.4121	0.1
16	O2	O3	0.6667	-0.6667	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6667	0.1
17	O3	O4	0.0516	-0.0516	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0516	0.1
18	O4	O5	0.0524	-0.0524	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0524	0.1
19	O5	O6	-0.0014	0.0014	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.0014	0.1
20	O6	O7	-0.9390	0.9390	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.9390	0.1
21	O7	O8	-0.5654	0.5655	0.055	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.1818	-0.5655	0.1
22	O8	O9	-0.4075	0.4075	0.045	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.4075	0.1
23	O9	RS1	1.8406	-1.8406	0.126	0.0	1.4	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.8406	0.1
24	RS1	O10	-0.8517	0.8516	0.126	-0.1	1.4	DOĞRU	0.0100	0.0794	-0.8517	0.1
25	O10	O11	0.3749	-0.3749	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.3749	0.1

**EK 4. (Devam) Dördüncü kampanya ölçüm değerleri.**

26	O11	O12	-0.2591	0.2592	0.029	0.1	0.7	DOĞRU	0.0100	0.3448	-0.2592	0.1
27	O12	O13	0.1368	-0.1368	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.1368	0.1
28	O13	O14	0.2786	-0.2786	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.2786	0.1
29	O14	O15	0.0109	-0.0110	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0110	0.1
30	O15	O16	0.1774	-0.1775	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.1775	0.1
31	O16	O17	-0.6987	0.6987	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.6987	0.1
32	O17	O18	-0.4644	0.4644	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.4644	0.1
33	O18	N6	1.5350	-1.5348	0.075	0.2	1.1	DOĞRU	0.0400	0.5333	1.5349	0.1
34	O18	O19	-13.6377	13.6380	0.147	0.3	1.5	DOĞRU	0.0900	0.6122	-13.6379	0.1
35	O19	O20	-0.6493	0.6494	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.6494	0.1
36	O20	O21	-0.2531	0.2530	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	-0.2531	0.1
37	O21	O22	-0.5685	0.5685	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.5685	0.1
38	O22	O23	3.3888	-3.3892	0.052	-0.4	0.9	DOĞRU	0.1600	3.0769	3.3890	0.1
39	O23	O24	1.0879	-1.0879	0.047	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.0879	0.1
40	O24	O25	-0.9247	0.9248	0.044	0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.9248	0.1
41	O25	O26	-0.8350	0.8349	0.044	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2273	-0.8350	0.1
42	O26	O27	-1.1695	1.1693	0.044	-0.2	0.8	DOĞRU	0.0400	0.9091	-1.1694	0.1
43	O27	O10	14.0078	-14.0078	0.130	0.0	1.4	DOĞRU	0.0000	0.0000	14.0078	0.1
44	O27	O28	-16.8966	16.8966	0.168	0.0	1.6	DOĞRU	0.0000	0.0000	-16.8966	0.1
45	O28	O29	0.2077	-0.2078	0.038	-0.1	0.8	DOĞRU	0.0100	0.2632	0.2078	0.1
46	O29	O30	0.4408	-0.4408	0.038	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.4408	0.1
47	O30	O31	0.0187	-0.0183	0.038	0.4	0.8	DOĞRU	0.1600	4.2105	0.0185	0.1
48	O31	O32	0.0067	-0.0067	0.043	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.0067	0.1
49	O32	O33	-0.0866	0.0866	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.0866	0.1
50	O33	O34	0.0541	-0.0542	0.050	-0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.0542	0.1
51	O34	O35	0.6746	-0.6745	0.050	0.1	0.9	DOĞRU	0.0100	0.2000	0.6746	0.1
52	O35	O36	-1.8396	1.8396	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-1.8396	0.1

**EK 4. (Devam)** Dördüncü kampanya ölçüm değerleri.

53	O36	O19	17.3434	-17.3431	0.169	0.3	1.6	DOĞRU	0.0900	0.5325	17.3433	0.1
54	O36	O37	-14.9603	14.9606	0.160	0.3	1.6	DOĞRU	0.0900	0.5625	-14.9605	0.1
55	O37	O38	-1.0727	1.0727	0.050	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-1.0727	0.1
56	O38	O39	-1.0354	1.0352	0.050	-0.2	0.9	DOĞRU	0.0400	0.8000	-1.0353	0.1
57	O39	O40	-0.5874	0.5874	0.054	0.0	0.9	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.5874	0.1
58	O40	O41	-4.1462	4.1460	0.090	-0.2	1.2	DOĞRU	0.0400	0.4444	-4.1461	0.1
59	O41	O42	1.6635	-1.6635	0.038	0.0	0.8	DOĞRU	0.0000	0.0000	1.6635	0.1
60	O42	O43	0.6828	-0.6828	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	0.6828	0.1
61	O43	O44	-0.1581	0.1581	0.029	0.0	0.7	DOĞRU	0.0000	0.0000	-0.1581	0.1
62	O44	O28	20.1372	-20.1378	0.156	-0.6	1.6	DOĞRU	0.3600	2.3077	20.1375	0.1
63	N4	O44	-0.1030	0.1029	0.107	-0.1	1.3	DOĞRU	0.0100	0.0935	-0.1030	0.1
64	Rs4	O37	15.6533	-15.6535	0.212	-0.2	1.8	DOĞRU	0.0400	0.1887	15.6534	0.2