

# Yükseklik Ölçmeleri

Prof. Dr. Bahadır AKTUĞ

# Yükseklik Ölçmeleri

- Yükseklik ve Yükseklik Farkı Kavramları
- Nivo ve Yapısı
- Nivo Hata Kaynakları
- Geometrik Yükseklik Ölçmeleri
- Trigonometrik Yükseklik Ölçmeleri

# Yükseklik

**Yükseklik, üç boyutlu koordinatların bir bileşeni olmak dışında tek başına da önemli bir **geometrik ve fiziksel** anlam taşır.**

**Bunun en önemli nedeni, yükseklik ve yerin çekim etkisinin diğer bir değişle yükseklik-yer çekim potansiyeli ilişkisi olup, yükseklik bilgisine birçok alanda zorunlu olarak ihtiyaç duyulmaktadır.**

# Yükseklik Ölçmeleri

**Örnek olarak;**

- **Mühendislik yapılarının inşası,**
- **Atmosfer içeriğinin yerin çekim alanı dolayısıyla yüksekliğe bağlı farklılık göstermesi,**
- **Yeryüzünden yukarı ve aşağı sıcaklığın artış ve azalış göstermesi, Havayolu taşımacılığı ve silah sistemleri vb.**
- **Demiryolu ve karayollarının teknik olarak belirli eğim koşulları,**
- **Sinyal yayılımı (TV, telsiz, GSM vb.) için yükseklik modelleri gerekmesi,**
- **Baraj doluluk ve kapasiteleri, su basma alanları tespiti vb.**

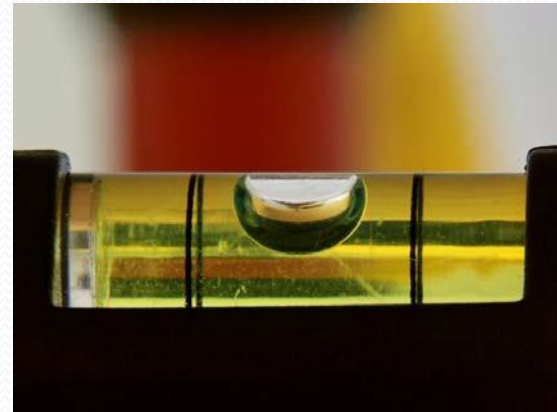
# Yükseklik ve Yükseklik Farkı

Günlük hayatta sıkça kullanılan, kot ve rakım gibi kavramlar birer yükseklik kavramlarıdır.

- Mutlak anlamda yüksekliğin tek başına anlam ifade etmesi için; yüksekliğin hangi referans yüzeyine göre olduğunun belirtilmesi gerekir. Bu anlamda yükseklik aslında; referans yüzeye göre olan yükseklik farkıdır.
- Örneğin bir binanın yüksekliğinden bahsedildiğinde; binanın zeminden olan yükseklik farkı, bir dağın yüksekliğinden bahsedildiğinde ise dağın ortalama deniz seviyesinden olan yüksekliği söz konusudur.

# Yükseklik ve Yükseklik Farkı

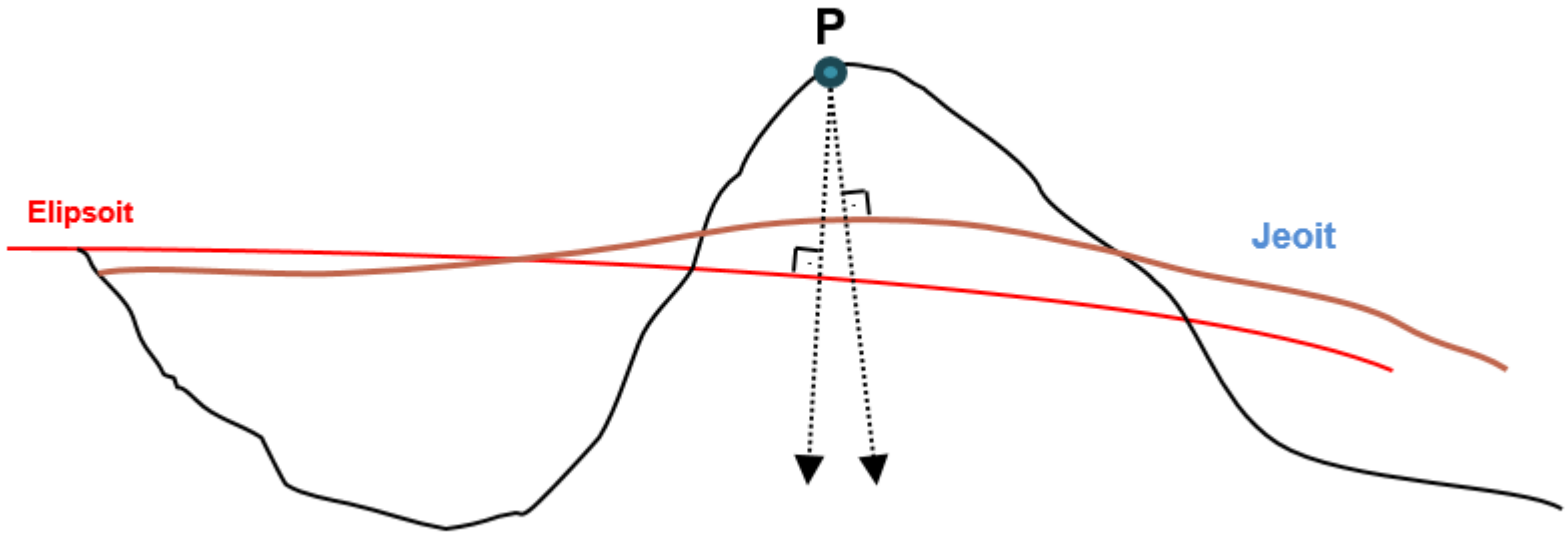
- Seçilen referans yüzeyi jeodezide düşey datum olarak adlandırılmakta olup, halen dünyada önemli bir çalışma konusudur.
- Ülkeler ulusal olarak düşey datumlarını kendi deniz seviyesi ölçüm istasyonları verilerine dayanarak, gelgit etkilerinden arındırılmış durgun deniz seviyesi olarak belirlemektedirler.
- Ülkemizdeki düşey datum Antalya Mareograf istasyonu verileri ile belirlenmiştir. Yükseklik farkı bilgisi farkında olmadan günlük hayatta birçok çalışmada kullanılmaktadır.



# Yükseklik

- Fiziksel olarak büyük önem taşıyan jeoit, üzerinde matematiksel özellikle geometrik hesaplamalar yapmak için elverişli değildir. Bu nedenle, tercih edilen referans yüzeyi olan elipsoit ile jeoid arasındaki ilişki jeoid yüksekliklerinin bilinmesiyle sağlanır.
- Yeryüzündeki herhangi bir P noktasının, her noktada gerçek gravite vektörüne teğet olacak şekilde jeoid yüzeyine olan çekül eğrisi boyunca ölçülen yüksekliğine **Helmert Ortometrik Yüksekliği** adı verilir. Buna karşında, gerçek gravite vektörü yerine elipsoit potansiyelinden elde edilen standart gravite vektörü kullanılırsa **Normal Ortometrik Yükseklik** elde edilir.

# Yükseklik



Yeryüzündeki optik aletler ile hangi doğrultuda ölçüm yapılmış olur?



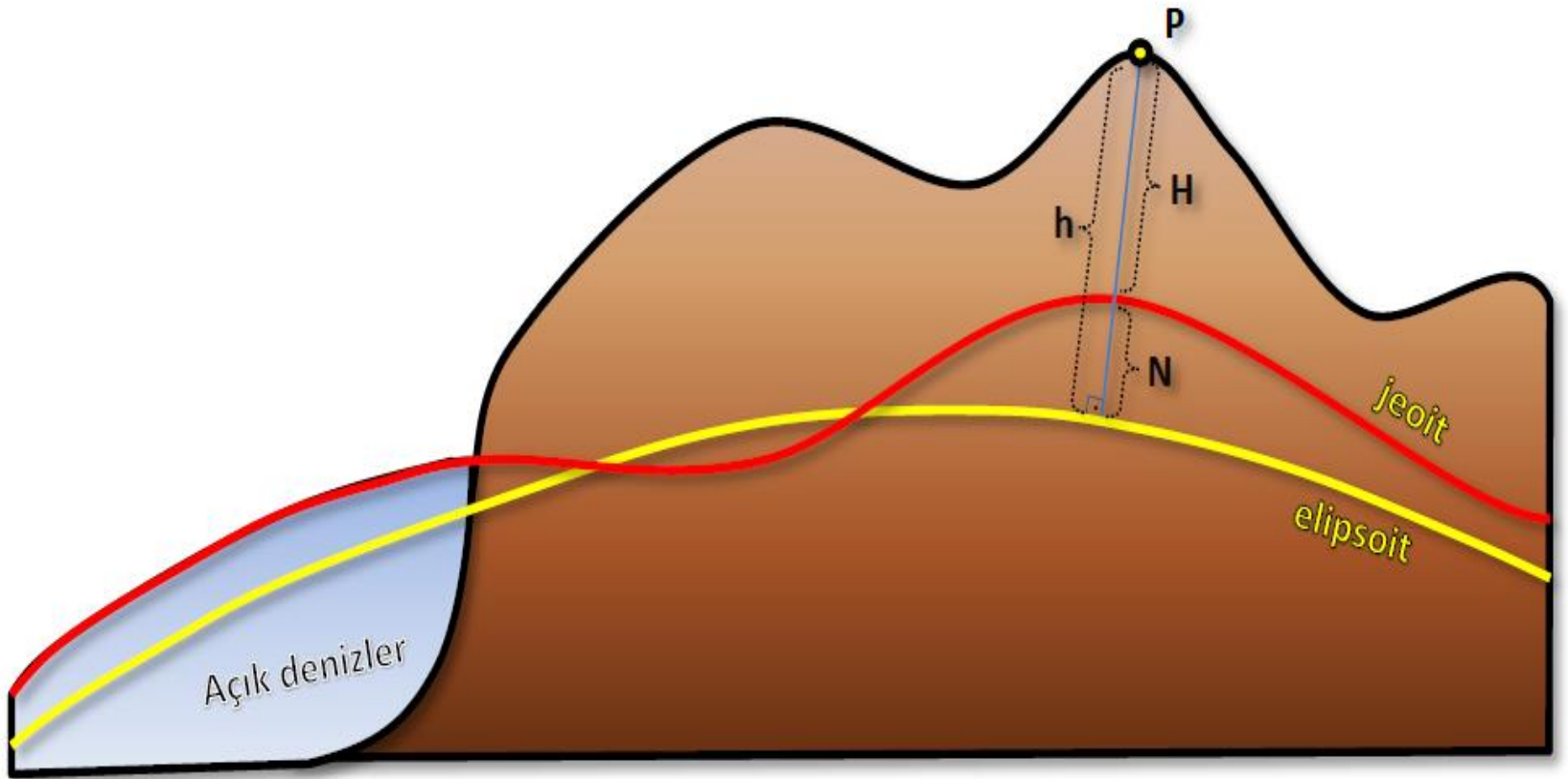
# Yükseklik

- Pratikte, Helmert Ortometrik Yüksekliği veya kısaca ortometrik yükseklik çekül eğrisi boyunca değil de elipsoit normalini boyunca düşünülür. Bu şekilde elipsoit yüksekliği ( $h$ ), ortometrik yükseklik ( $H$ ) ve jeoit yüksekliği ( $N$ ) arasında;

$$h = H + N$$

bağıntısı elde edilir.

# Jeoid Yüksekliği, Elipsoit Yüksekliği, Ortometrik Yükseklik



# Nivo ve Yapısı

Nivolar, **yükseklik farkı** ölçmeye yarayan yüksek duyarlıklı optik aletlerdir. Günümüzde klasik nivolar yerlerini, "Sayısal Nivo"lara bıraksalar da, yükseklik farkı ölçüm prensipleri aynıdır.

Nivo donanımı temel olarak

- Altyapı
- Üst Yapı

şeklinde ifade edilir.

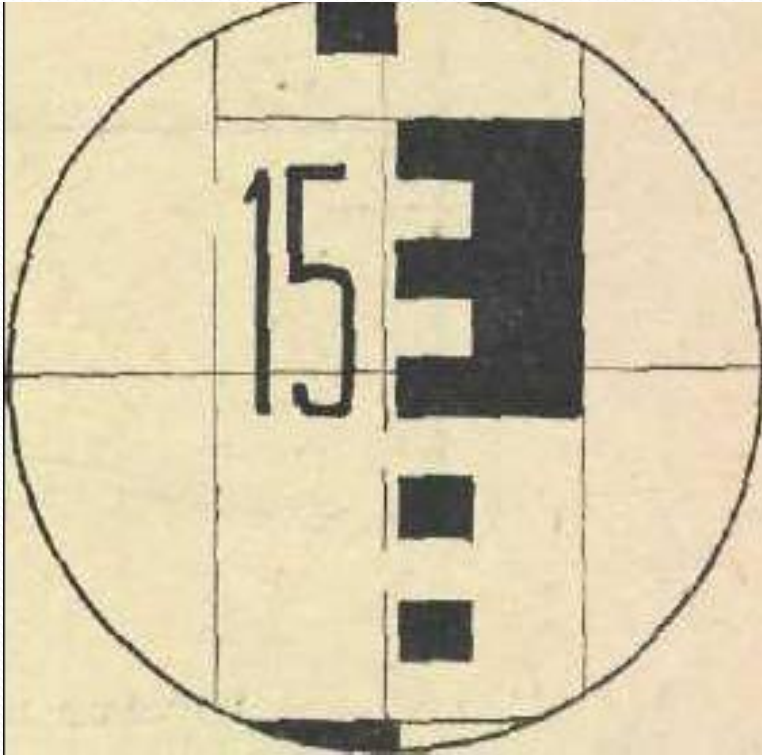


# Nivo ve Yapısı

- Nivo'ların da teodolitlere benzer şekilde en önemli yapısal özellikleri sahip olduğu eksenleridir. Hangi marka veya model olursa olsun, yükseklik farklarının ölçülebilmesi için nivo'nun bu eksenlere sahip olması zorunludur.
- Nivolar ile ölçü yapılabilmesi için "Mira" adı verilen uzun ölçü çubuklarının kullanılması gerekir. Mira'lar farklı boyda üretilmekle birlikte çoğunlukla üç metre boyundadır.
- Miralar düzeç sistemine sahip olup, ölçüm anında düşey durumda ve sıfır çizgisi yere gelecek şekilde tutulur.
- Herbir ölçüm için nivo ile ölçü yapan ölçücü, ve iki mira için tutucu olmak üzere asgari üç kişi gerekir.

# Nivo ve Yapısı

Nivo'larında teodolitlere benzer şekilde en önemli yapısal özellikleri sahip olduğu eksenleridir. Hangi marka veya model olursa olsun, yükseklik farklarının ölçülebilmesi için nivo'nun bu eksenlere sahip olması zorunludur.



Nivolar ile ölçü yapılabilmesi için “Mira” adı verilen uzun ölçü çubuklarının kullanılması gerekir. Mira'lar farklı boyda üretilmekle birlikte çoğunlukla üç metre boyundadır.

Miralar düzeç sistemine sahip olup, ölçüm anında düşey durumda ve sıfır çizgisi yere gelecek şekilde tutulur.

Herbir ölçüm için nivo ile ölçü yapan ölçücü, ve iki mira için tutucu olmak üzere asgari üç kişi gerekir.

# NİVO EKSENLERİ

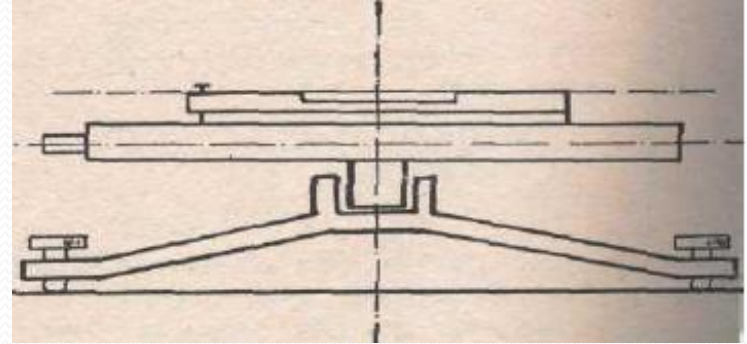
- DÜŞEY EKSEN/ASAL EKSEN
  - Aleti etrafında döndürdüğümüz ve alet kurulduğu zaman düşey durumda olması gereken eksen.

- SİLİNDİRİK DÜZEÇ EKSENİ

- KÜRESEL DÜZEÇ EKSENİ

- OPTİK EKSEN/DÜRBÜN EKSENİ

- Objektifin optik merkezi ile kilağının düşey ve yatay çizgilerinin kesiştiği noktadan geçer.



# Nivo Eksen Şartları

- Silindirik Düzey eksenini düşey eksene dik olmalıdır
- Küresel Düzey eksenini düzey eksenine paralel olmalıdır
- Optik eksen ve silindirik düzey eksenleri paralel olmalıdır
- Optik eksen ve silindirik düzey eksenleri aykırı doğrular olmamalıdır
- Kılağı yatay çizgisi yatay olmalıdır.

# Yükseklik Ölçümleri

Yükseklik ölçümlerinde genel olarak üç yöntem bulunur:

- Geometrik Nivelman
- Trigonometrik Nivelman
- Barometri

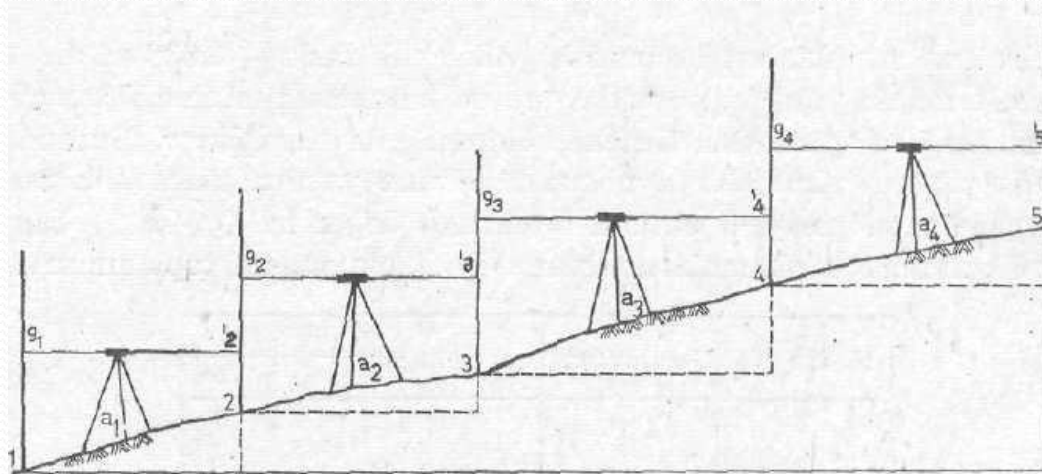
Barometrik yükseklik tayini yüksekliğe bağlı olarak basınç değişimini esas alır. Yüksekliğe bağlı basınç değişimi geçerli olmakla birlikte farklı atmosferik koşullar nedeniyle söz konusu yöntem yeterli duyarlılıkta değildir.

Jeodezik olarak en duyarlı yöntem geometrik yükseklik tayinidir.



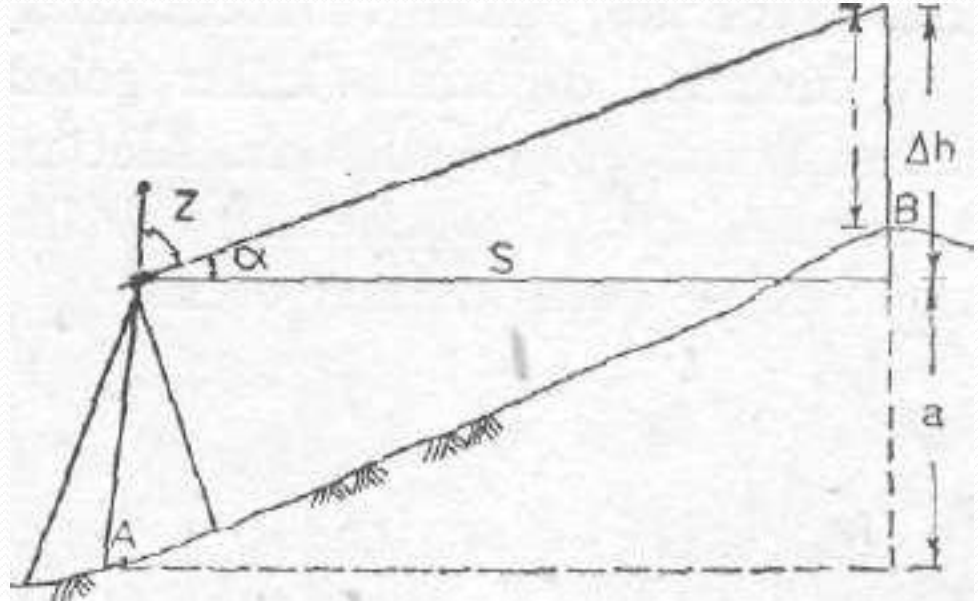
# Geometrik Nivelman

İki nokta arasındaki yükseklik farkı ardışık yükseklik farkı ölçüleriyle gerçekleştirilir. Her bir aralığa “porte” adı verilir. Nivo yükseklik farkı ölçülmek istenen iki nokta arasına yerleştirilir ve her iki taraftaki miralara okuma yapılır. Varış yönünde yapılan okumalar “ileri”, çıkış yönünde yapılan okumalar ise “geri” olarak isimlendirilir. İki nokta arasındaki yükseklik farkı geri okumalar toplamından ileri okumalar toplamı çıkarılarak bulunur.



# Trigonometrik Nivelman

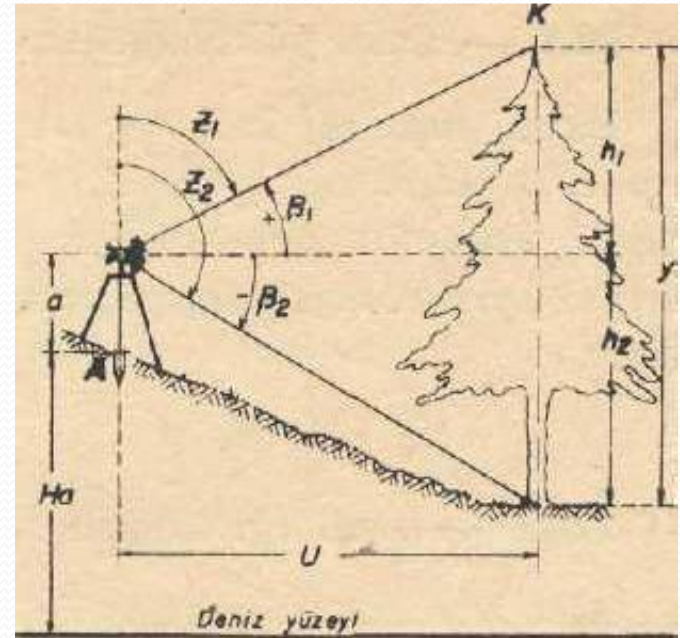
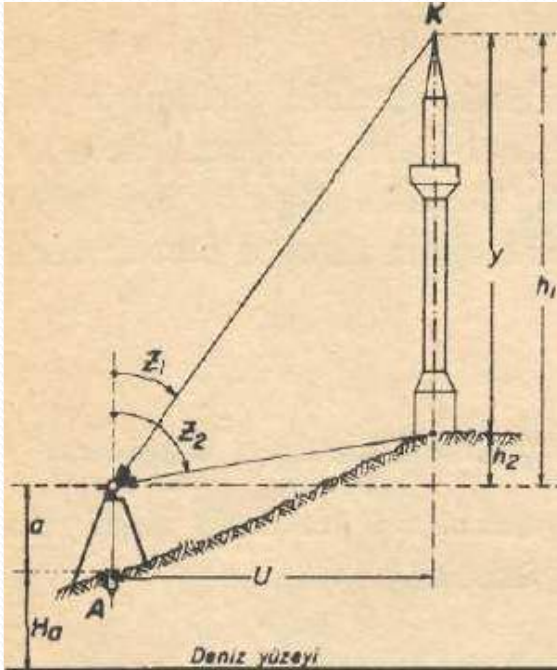
İki nokta arasındaki yükseklik farkı, zenit ölçüleri yardımıyla bulunur. Deniz seviyesinden  $H_a$  yüksekliğindeki bir A noktasına alet kurulup, alet yüksekliği ( $a$ ) ölçülür. Buradan B noktasına yerleştirilen (i) yüksekliğindeki işarete tatbik yapıp düşey açı ( $Z$ ) okunursa, B noktasının yüksekliği herhangi bir şekilde bulunan yatay uzaklık ve bu ölçülerden faydalanarak bulunabilir.



# Trigonometrik Nivelman

Trigonometrik nivelman tek taraflı ya da karşılıklı ölçüler ile yapılabilir. Tek taraflı ölçüler ile yükseklik tayini

$y = U (\cot Z_1 - \cot Z_2)$  şeklindedir.



# Trigonometrik Yükseklik Tayini

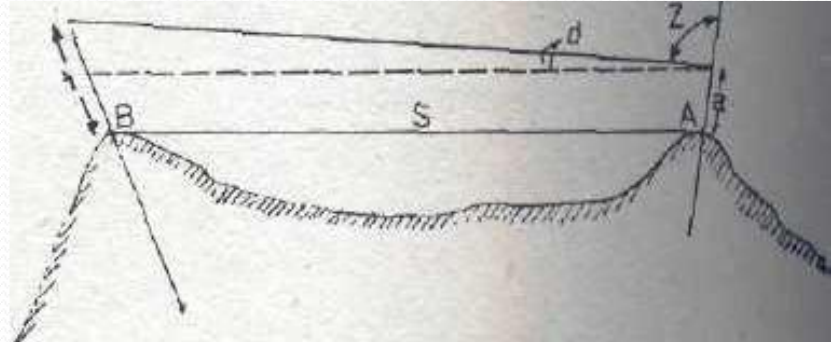
Karşılıklı zenit ölçüleriyle de trigonometrik yükseklik tayini yapılabilir. Bunun için her iki noktadan diğerine zenit ölçüleri yapılması ve aradaki mesafenin bilinmesi yeterlidir.

Alet ve işaret yükseklikleri de dikkate alınarak iki nokta arasındaki yükseklik farkı aşağıdaki formül ile bulunabilir:

$$Z_1 = Z_1 + g^{cc} = Z_1 + \frac{i - a}{s} =$$

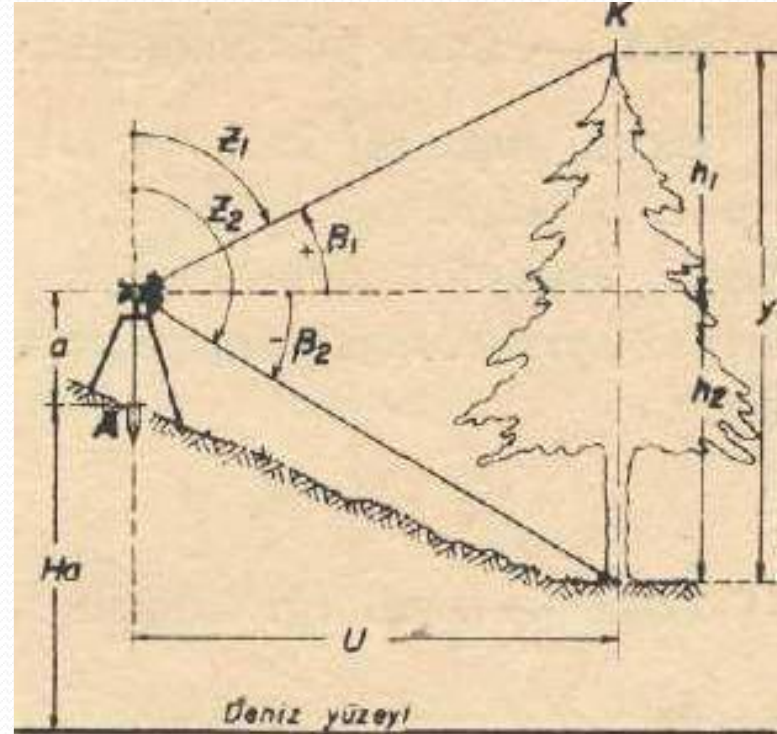
$$Z_2 = Z_2 + g^{cc} = Z_2 + \frac{i - a}{s} =$$

$$\Delta H = \frac{s \cdot \sin \frac{1}{2}(Z_2 - Z_1)}{\cos \frac{1}{2}(Z_2 - Z_1 + \frac{s}{10})}$$



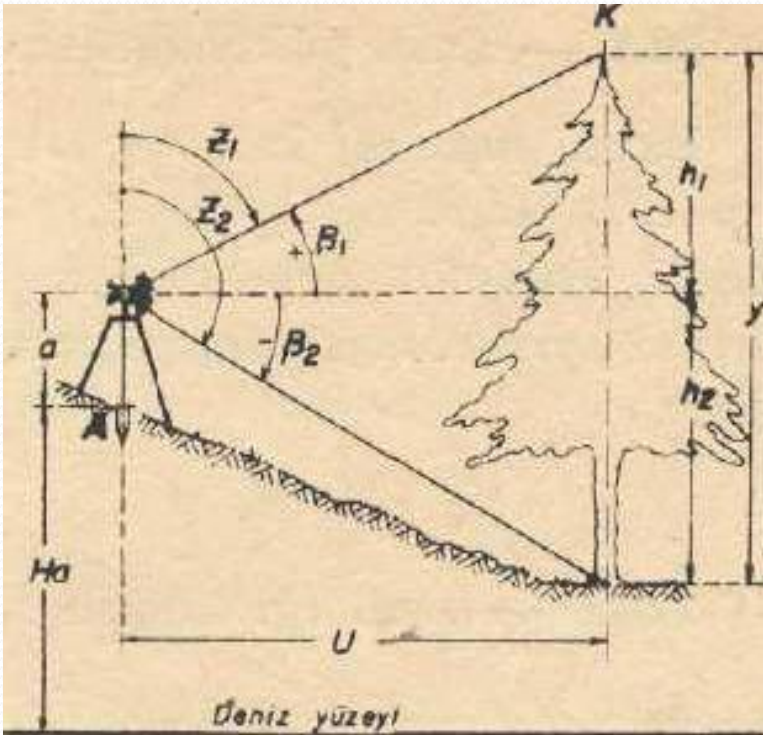
# Örnek

Alet kurulan noktaya uzaklığı 50 m olarak ölçülen bir ağacın tepesine ve tabanına bakılarak  $Z_1 = 98^{\circ}13'20''$ , ve  $Z_2 = 103^{\circ}7'18''$  ölçülüyor. Ağacın yüksekliği ne kadardır?



# Çözüm

Alet kurulan noktaya uzaklığı 50 m olarak ölçülen bir ağacın tepesine ve tabanına bakılarak  $Z_1 = 98^{\circ}.1320$ , ve  $Z_2 = 103^{\circ}.7180$  ölçülüyor. Ağacın yüksekliği ne kadardır?



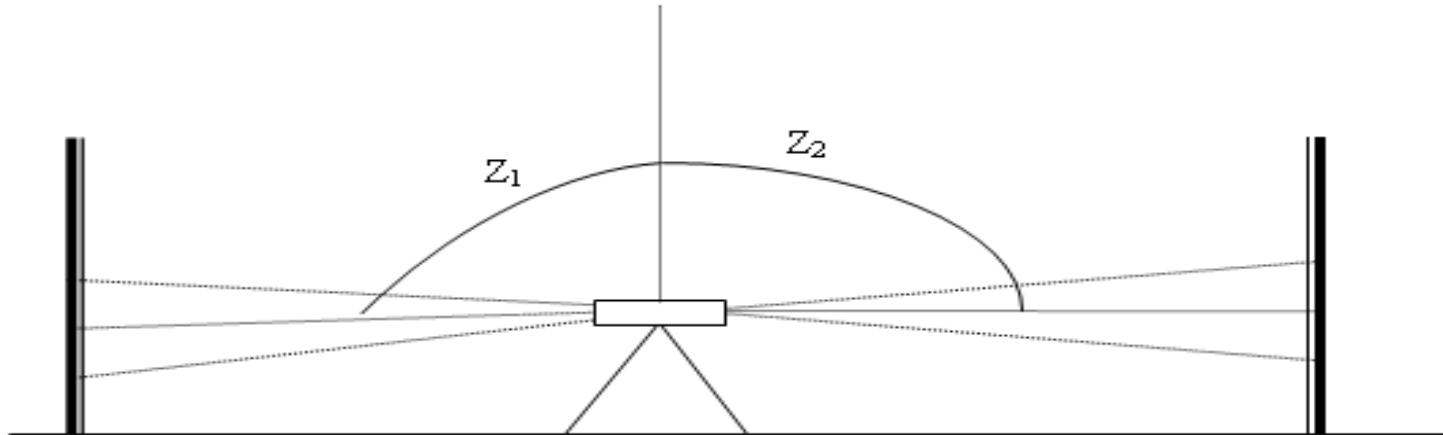
$$\cot Z_1 = \cot 98.1320 = + 0.02935$$
$$\cot Z_2 = \cot 103.7180 = - 0.05847$$

$$y = 50.(0.02935 + 0.05847)$$
$$y = 50.(0.08782) = 4.39 \text{ m}$$

bulunur.

# Örnek

Trigonometrik yükseklik tayini için aşağıdaki ölçü değerleri elde edildiğine göre iki nokta arasındaki yükseklik farkı nedir?



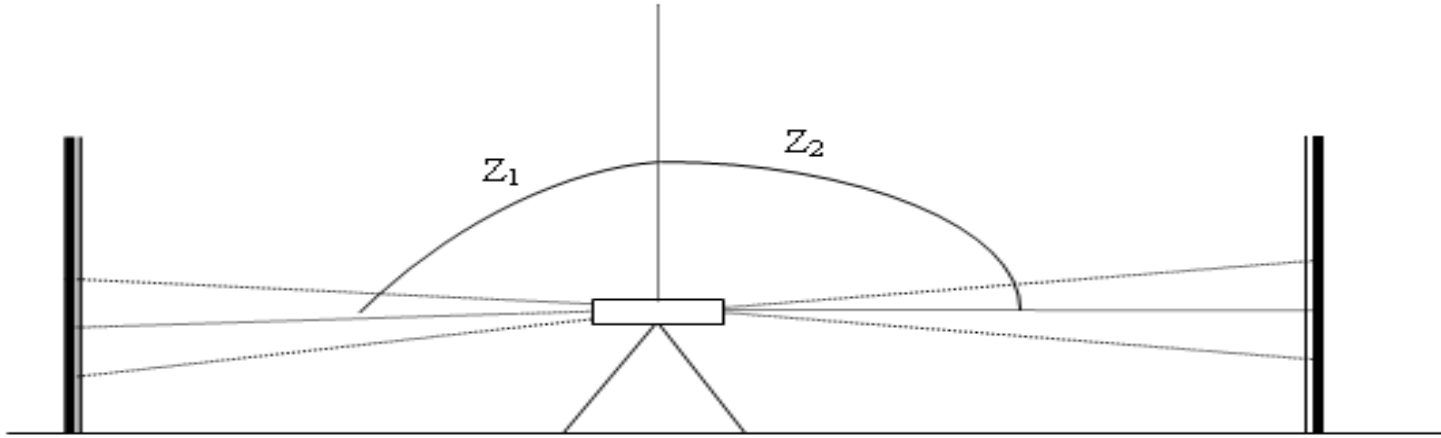
Alt K11 : 167.1  
Orta K11 : 200.0  
Üst K11 : 232.9

$$Z_1 = 101^{\circ}.7925$$

Alt K11 : 168.2  
Orta K11 : 200.0  
Üst K11 : 231.9

$$Z_2 = 97^{\circ}.3179$$

# Çözüm



Alt K11 : 167.1  
Orta K11 : 200.0  
Üst K11 : 232.9

$$Z_1 = 101^\circ.7925$$

Alt K11 : 168.2  
Orta K11 : 200.0  
Üst K11 : 231.9

$$Z_2 = 97^\circ.3179$$

$$H_i = 63.7 \cdot \cotg Z_2 = 2.685$$

$$H_g = 65.8 \cdot \cotg Z_1 = -1.853$$

$$\Delta H = 2.685 - (-1.853) = 4.538$$



# Örnek

Karşılıklı zenit ölçüleriyle trigonometrik yükseklik tayini için aşağıdaki ölçü değerleri elde edildiğine göre iki nokta arasındaki yükseklik farkı nedir?

$$Z_2 = 93^\circ 34' 50''$$

$$a = 1.58 \text{ m}$$

$$i = 1.10 \text{ m}$$

$$Z_1 = 93^\circ 34' 50''$$

$$a = 0.24 \text{ m}$$

$$i = 1.59 \text{ m}$$

$$H_1 = 887.976$$

$$1 \text{ ve } 2 \text{ no'lu noktalar arasındaki uzunluk} = 174.532 \text{ m}$$

# Çözüm

$$Z_2 = 938.3450$$

$$a = 1.58 \text{ m}$$

$$i = 1.10 \text{ m}$$

$$Z_1 = 938.3450$$

$$a = 0.24 \text{ m}$$

$$i = 1.59 \text{ m}$$

$$H_1 = 887.976$$

1 ve 2 no'lu noktalar arasındaki uzunluk = 174.532 m

Çözüm:

$$Z_1 = Z_1 + g^{cc} = Z_1 + \frac{i - a}{s} = 938.16992$$

$$Z_2 = Z_2 + g^{cc} = Z_2 + \frac{i - a}{s} = 1068.82182$$

$$\Delta H = \frac{s \cdot \sin \frac{1}{2} (Z_2 - Z_1)}{\cos \frac{1}{2} (Z_2 - Z_1 + \frac{s}{10})} = -18.786 \text{ m}$$