

TYS102 ÖLÇME BİLGİSİ

Yrd. Doç. Dr. N. Yasemin EMEKLİ

***Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü***

Antalya, 2017

7. BÖLÜM

YÜKSEKLİK ÖLÇMELERİ

7.1. KAVRAM VE TANIMLAR

Tarım mühendisliği alanında;

- sulama,
- drenaj,
- arazi tesviyesi,
- arazi ıslahı,
- toprak ve su koruma,
- kanal,
- yol ve diğer tarımsal yapı projeleri

haritalarda noktaların yükseklik durumlarının da bilinmesi için hazırlanacak plan ve gereklidir.

Noktaların yükseklik durumları ise düşey ölçmelerle saptanır.

Noktaların düşey uzaklıklarının ölçülmesine **yükseklik ölçmesi** veya kısaca **nivelman** denilir.

Yer yüzeyindeki herhangi bir nokta ile karaların altından da devam ettiği varsayılan durgun durumdaki denizlerin ortalama düzeyi (sıfır yüzeyi) arasındaki düşey uzaklığa o *noktanın yüksekliği* denir.

Yer yüzeyindeki herhangi bir noktanın kabul edilen herhangi bir kıyas düzlemine olan düşey uzaklığına ise o *noktanın kotu* denir.

Eğer kıyas düzlemi olarak deniz düzeyi göz önüne alınmış ise kot ve yükseklik birbirine eşit olur.

Kot ve yükseklikler deniz düzeyinin üzerinde ise (+), altında ise (-) işareti ile belirtilir.

İki noktanın deniz düzeyinden olan düşey mesafeleri birbirine eşit ise bu iki nokta aynı yüksekliktedir.

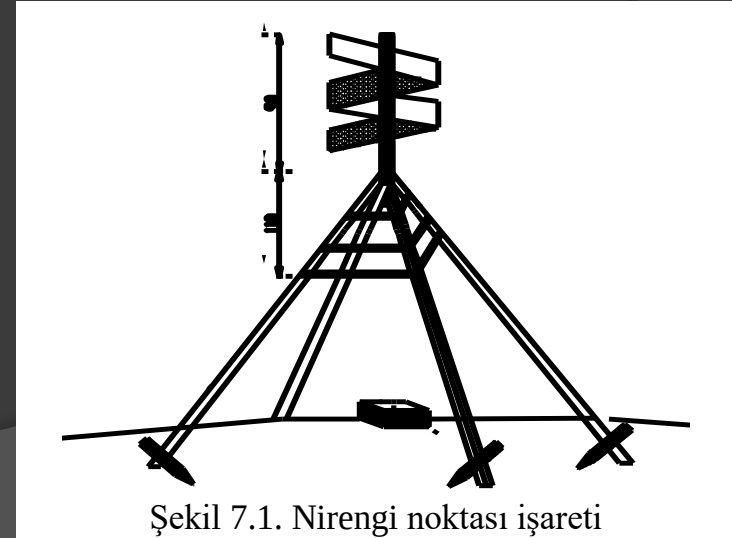
Noktaların yükseklikleri arasında bir farklılık var ise, sıfır yüzeyinden daha uzakta bulunan noktanın yüksekliği diğerine göre daha fazla demektir.

Düşey ölçmelerde temel amaç, noktalar arasındaki yükseklik farklarını belirlemektir.

Arazide herhangi bir noktanın deniz düzeyine veya herhangi bir kıyas düzlemine göre yüksekliği belli ise bu nokta yardımıyla diğer noktaların yükseklikleri belirlenebilir.

Bunun için ülke içerisinde oluşturulmuş, sabit nivelman noktalarından yararlanılır.

Koordinat ve yükseklikleri doğru olarak saptanmış ve arazi üzerine işaretlenmiş bu noktalara *nirengi noktası* adı verilir (Şekil 7.1).



Bu amaçla yeter sayıda nirengi noktasından oluşan **nirengi ağı** oluşturulur.

Ülke içinde yeter sayıda sabit nivelman noktaları belirlenmesi işlemine ise **nirengi (triangulasyon)** denir.

Bu, ülke arazisini büyükten küçüğe ilkesi ile oluşturulmuş ve yan yana getirilmiş üçgenlerle kaplamaktan ibarettir.

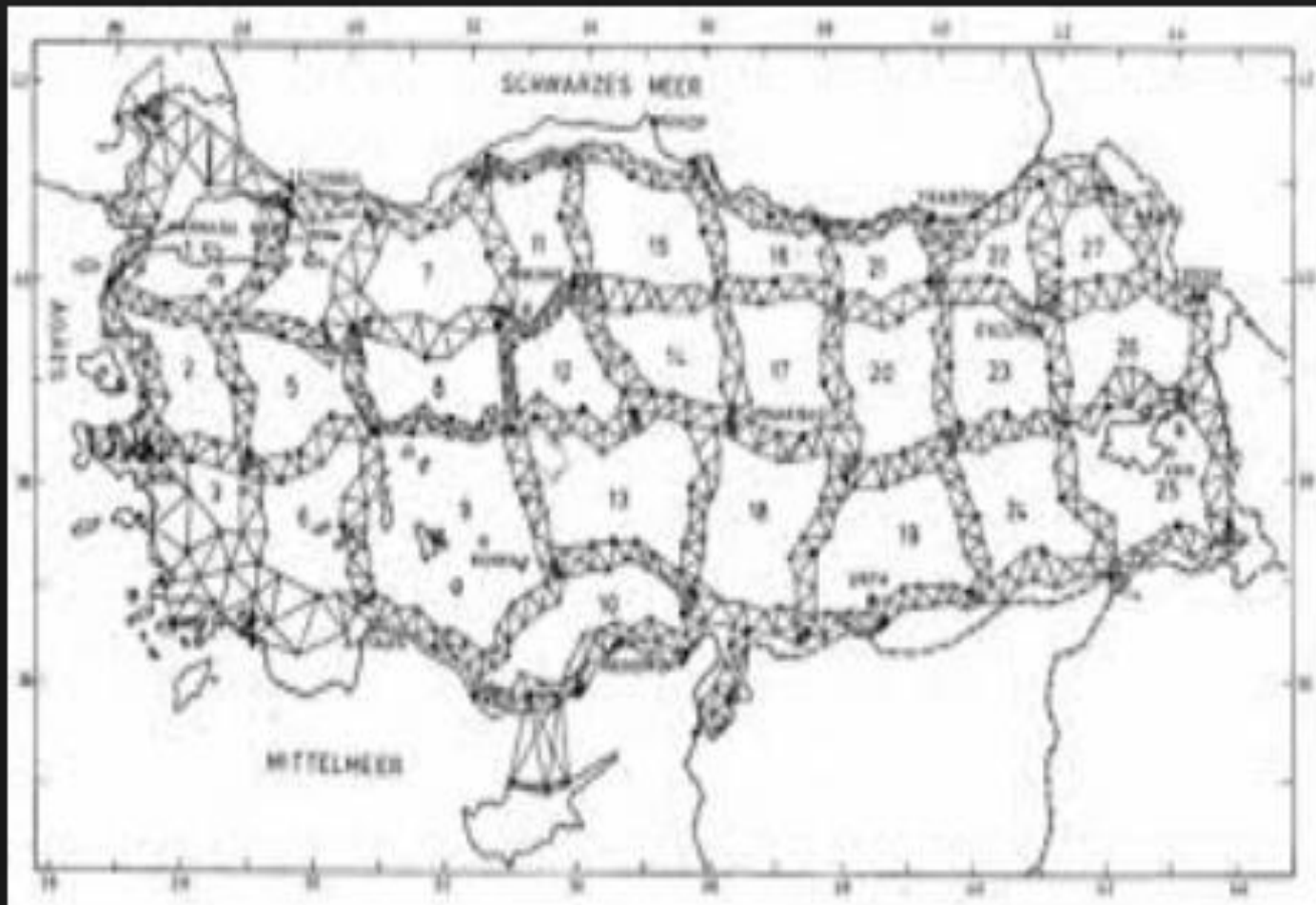
Birinci derece nirengide; üçgenlerin kenar uzunluğu genellikle 20 km'den daha fazladır.

İkinci derece nirengide; bu uzaklık 10-20 km,

üçüncü derecede; 3-10 km arasında ve

dördüncü derecede nirengide ise; 3 km'den küçük alınır.

Tarımsal çalışmalarda genellikle **dördüncü derece** nirengi kullanılır.



Yükseklik ölçmesi yapılan bir arazide **nirengi noktalarının bulunmaması** veya bu nirengi noktalarının ölçüm yapılan araziden çok uzakta bulunması durumunda, deniz düzeyinden herhangi bir yükseklikte bulunan bir kıyas düzlemi başlangıç düzlemi olarak kabul edilir ve noktaların **kot değerleri** kullanılır.

Özellikle tarımsal amaçlı ölçmelerde bu işleme sık başvurulur.

Yükseklik ölçmeleri sonucunda araziye ilişkin **boyuna ve enine profiller** ile **eşyüksekti eğrili** planlar elde edilir.

Bu gibi planlar üzerinde çeşitli amaçlar için projeler hazırlanır.

7.2. YÜKSEKLİK ÖLÇME YÖNTEMLERİ

Yükseklik ölçmelerinde:

- fiziksel (barometrik),
- geometrik
- trigonometrik yöntem

olmak üzere başlıca üç yöntem vardır.

Bu yöntemlerden **hangisinin kullanılacağı**, ölçmelerde istenilen doğruluk ve duyarlılık düzeyine bağlıdır.

Duyarlılık açısından en sağlıklı yöntem geometrik yöntem olup duyarlılığı 1 km'de 1 mm ile 1 cm arasında değişir.

Trigonometrik yöntem 1 km 'de 1 cm ile 1 dm arasında değişen duyarlılık ile onu izler.

Fiziksel yöntemin duyarlılığı ise 1 km 'de 1 dm ile 1 m arasında değişir.

7.2.1. Fiziksel Yöntem

Deniz düzeyinde normal olarak 760 mm civa kolonuna eşdeğer olan hava basıncının, deniz düzeyinden yükseldikçe her 10 m'de 1 mm azalması ilkesine dayanır.

Duyarlılık yönünden kaba bir yöntem olup daha çok coğrafyacı ve botanikçiler ve ön etüd niteliğindeki çalışmalar için yeterli sonuç verirler.

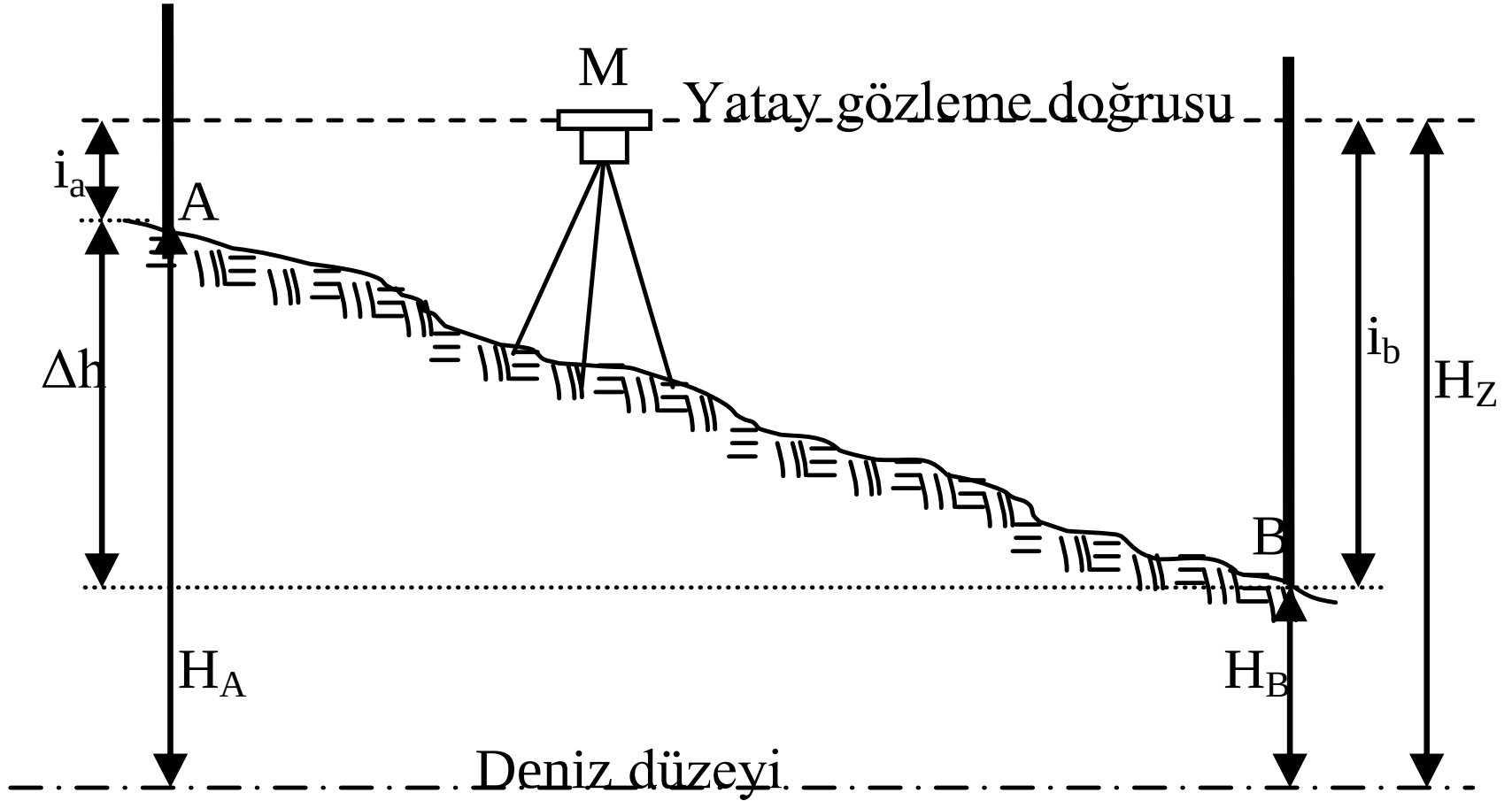
7.2.2. Geometrik Yöntem

Bu yöntem, yatay gözleme doğrusu elde etmek ve yatay gözleme doğrusu ile yüksekliği ölçülecek nokta arasında kalan düşey uzaklıkların ölçülmesi ilkesine dayanır.

Bu nedenle geometrik yöntem ile yükseklik ölçmek için:

- hidrostatik aletler (su düzeci),
- kabarcıklı düzeçler,
- **nivelman aletleri (nivolar)** gibi yatay gözleme doğrusu veren aletlerden biri ve yatay gözleme doğrusu ile noktalar arasındaki düşey uzaklığı ölçmeye yarayan aletler (**miralar**) kullanılır.

Geometrik yöntem ile yüksekliklerin belirlenmesi

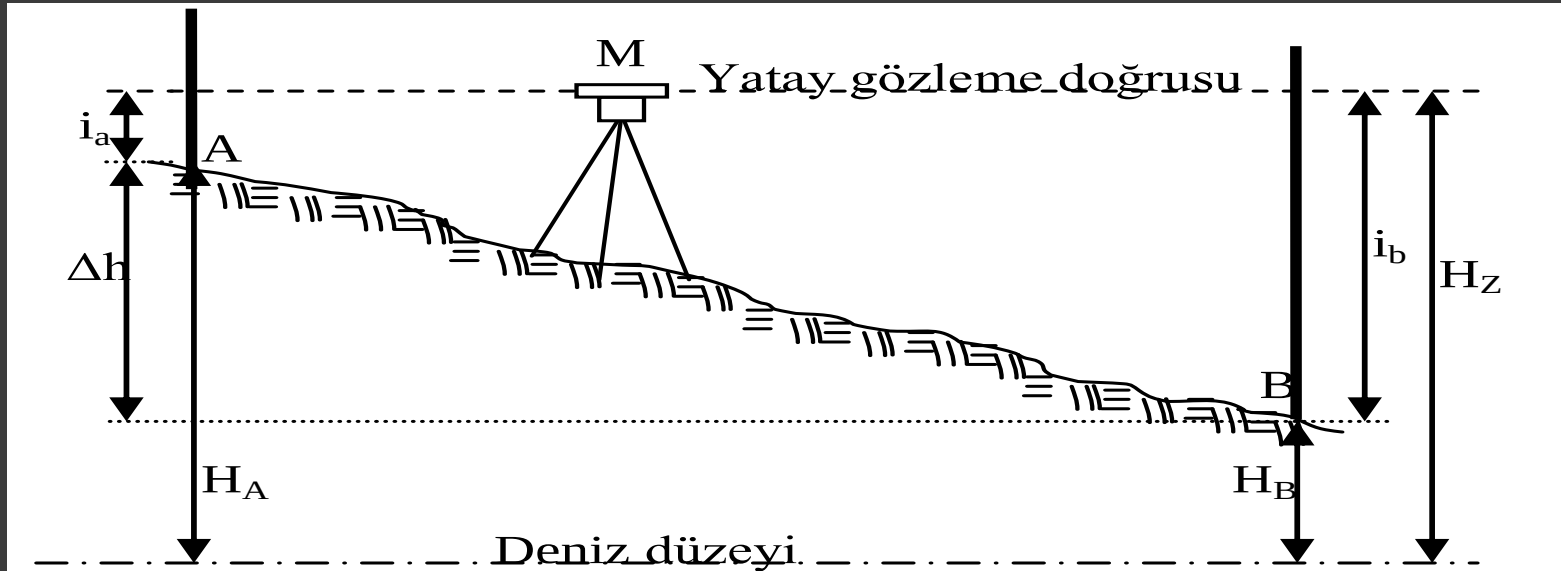


Şekil 7.2. Geometrik yöntem ile yükseklik ölçmesi

Şekilde görüldüğü gibi yatay gözleme doğrusu elde edildikten sonra bu doğru ile yüksekliği belirlenecek noktalar arasında kalan düşey uzaklıklar o noktalara dikilen **düşey ölçekler (miralar)** yardımıyla okunur.

Örneğin A ve B noktaları gibi iki nokta arasındaki Δh yükseklik farkını belirlemek için yatay gözleme doğrusundan bu noktaların i_a ve i_b düşey uzaklıkları ölçülür.

Böylece A ve B noktasının yükseklik farkı (Δh): $\Delta h = i_b - i_a$ biçiminde bulunabilir.



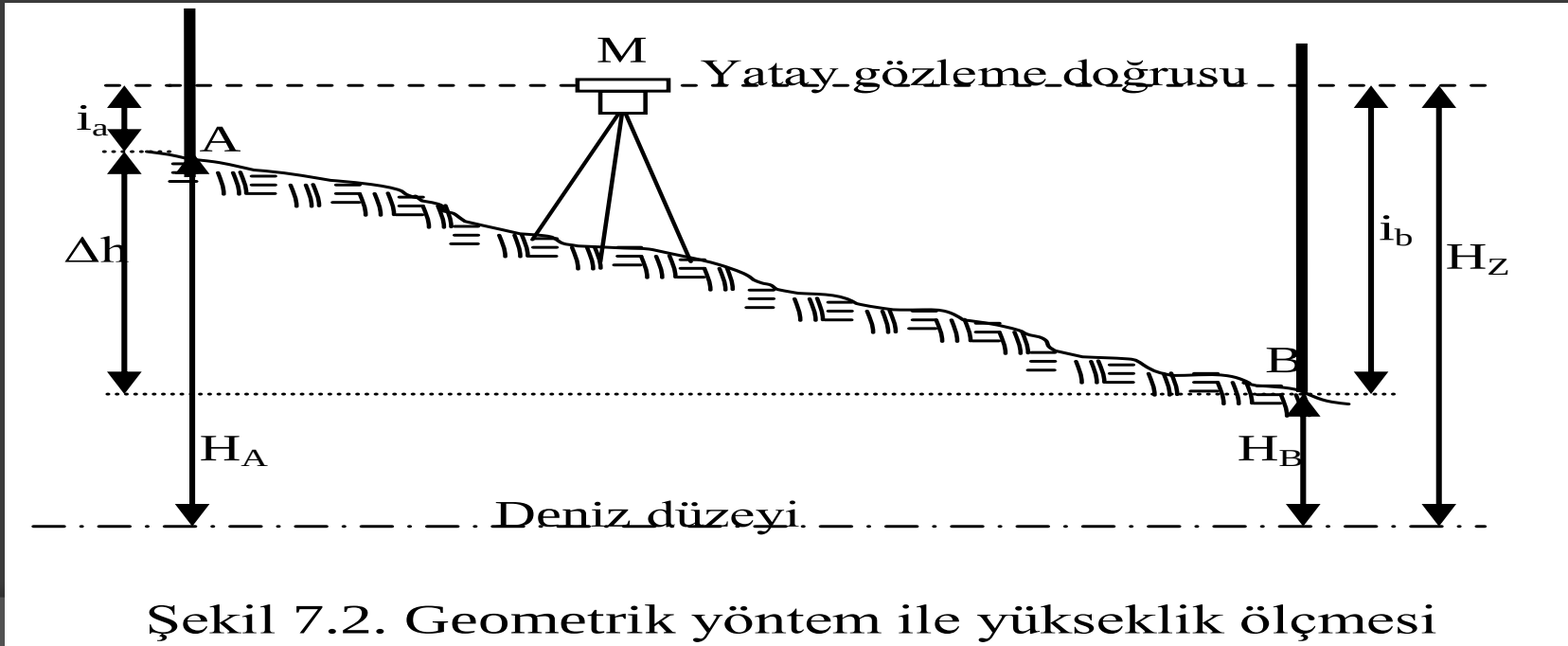
Şekil 7.2. Geometrik yöntem ile yükseklik ölçmesi

Eğer A noktasının sıfır yüzeyi olan deniz seviyesine göre yüksekliği (H_A) biliniyorsa, bu durumda gözleme doğrusunun deniz seviyesine olan yüksekliği (H_Z):

$$H_Z = H_A + i_a$$

B noktasının sıfır yüzeyi olan deniz seviyesine göre yüksekliği (H_B) ise:

$$H_B = H_Z - i_b \quad \text{eşitliği ile bulunabilir.}$$



Şekil 7.2. Geometrik yöntem ile yükseklik ölçmesi

Geometrik yöntem ile yükseklik ölçmede kullanılan aletler:

a) Yatay Gözleme Doğrusu Veren Aletler:

Geometrik yöntemle yüksekliklerin ölçülmesinde yatay gözleme doğrusu sağlayan en basit araçlar hidrostatik araçlar ve kabarcıklı düzeçlerdir.

Bu yöntemle yükseklik ölçmede geliştirilmiş aletler (nívelman aletleri ya da nivolar) de kullanılmaktadır.

1) Su düzeci:

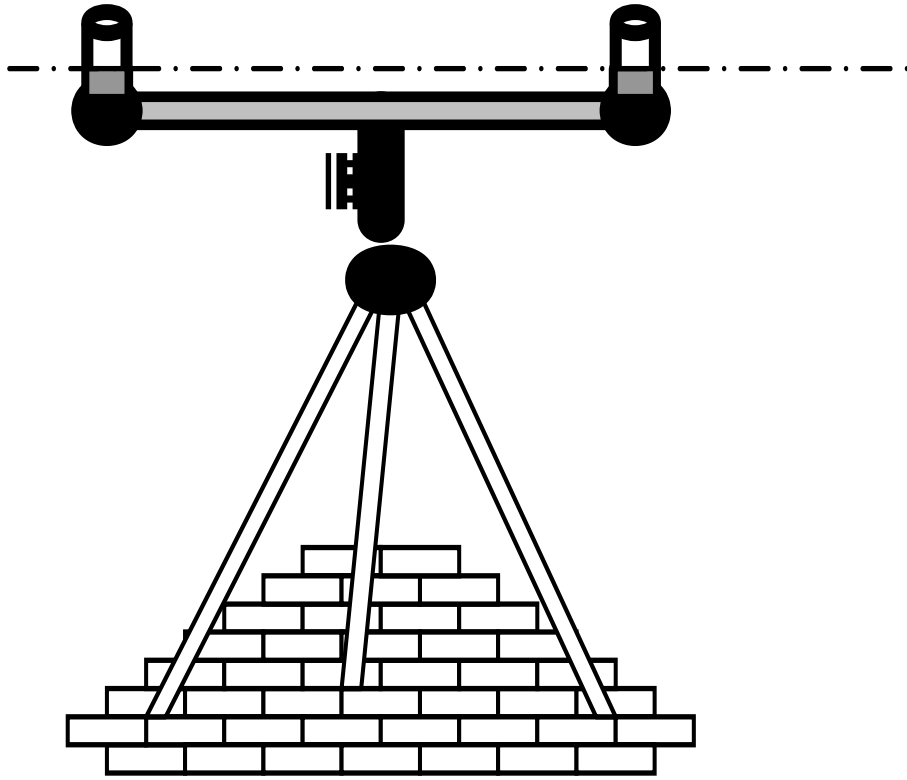
Genellikle 1 – 2 metre uzunluğunda ve 3 – 5 cm çapında iki ucu kıvrık metal bir borudan oluşur.

Bu borunun kıvrık iki ucunda bulunan pirinç yuvalara birer cam silindir geçirilmiştir.

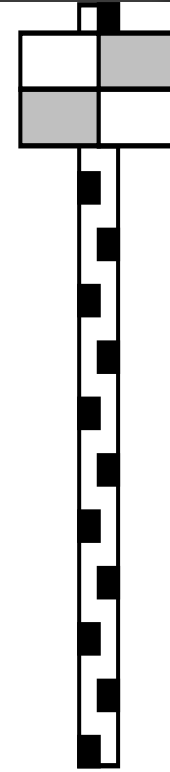
Cam silindirler, taşınma sırasında alete takılıp çıkartılabilen, metalden yapılmış koruma silindirleri ile korunmaktadır.

Su düzeci borusunun tam ortasında aleti bir sehpaye bağlamak için konik bir sap bulunur (Şekil 7.3a).

Alet **yatay** durumda iken **su düzeyi cam silindirin orta düzeyinde** olmalıdır.



a) Su düzeci ve sehpa

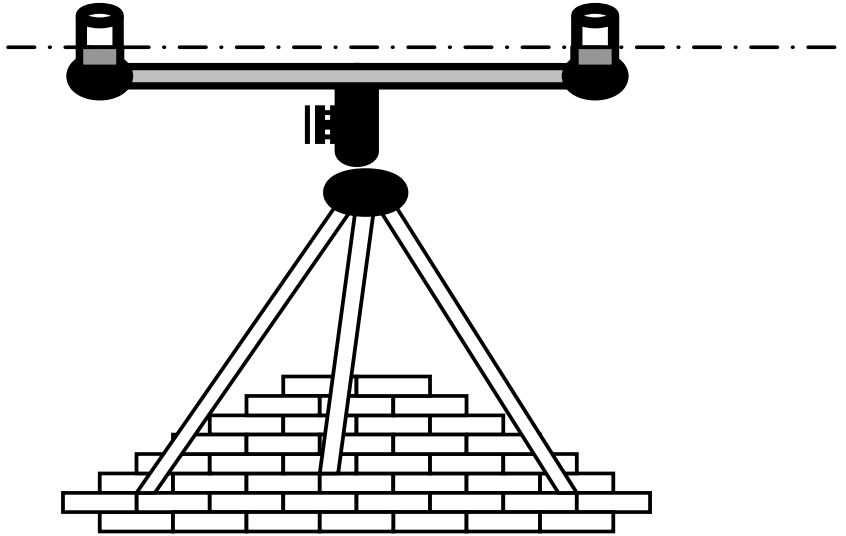


b) Mira ve işaret tablası

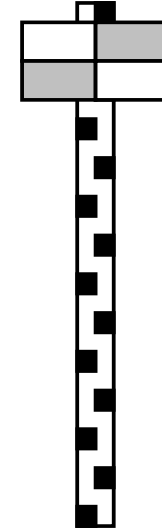
Şekil 7.3. Su düzeci, sehpa, mira ve işaret tablasının görünüşü

Cam silindir içindeki su düzeyleri hizasından bakılırken göz, silindire 15 – 25 cm kadar yaklaştırılmalıdır.

Su düzeçleri ile yapılan yükseklik ölçmelerinde, üzerinde renkli işaret tablası bulunan 2 – 3 metre uzunluğunda ve santimetre bölümlü miralar kullanılır (Şekil 7.3b).



a) Su düzeci ve sehpa



b) Mira ve işaret tablası

Şekil 7.3. Su düzeci, sehpa, mira ve işaret tablasının görünüşü

Bu işaret tablası mira üzerinde sürgülü olarak hareket ettirilebilmektedir.

Gözleyici su düzecindeki su seviyesi hizasından bakarak mirayı tutan yardımcıya işaret verir ve miranın üzerindeki işaret tablasını aşağı veya yukarı hareket ettirerek işaret tablasının tam ortasındaki yatay çizginin gözleme doğrusu ile aynı düzeye getirilmesini sağlar.

Böylece gözleme doğrusunun mira üzerinde kestiği yükseklik değeri bulunmuş olur.

Bu aletin kullanımında gözlemler su düzeyleri kıyaslanarak yapıldığından gözleme hatası büyük olabilmektedir.

Bu nedenle su düzeci ile yapılan yükseklik ölçmelerinde gözleme uzaklığının 20 metreden daha fazla olmamasına dikkat edilmelidir.

2) Kabarcıklı düzeç:

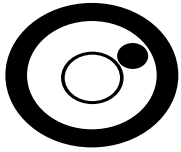
Yatay gözleme doğrusu sağlayan en doğru aletler kabarcıklı düzeçlerdir.

Bu aletler birbirine oldukça yakın noktaların yükseklik farklarını bulmak ve yapılara ait yüzeylerin yatay ve düşeyliğini kontrol etmek amacıyla kullanıldıkları gibi bir gözleme ekseninin düşey veya yatay duruma getirilmesi için optik aletlere ve miralara takılı olarak da kullanılırlar.

Kabarcıklı düzeçler, içinde kolaylıkla hareket edebilen bir sıvı ve hava kabarcığı bulunan kapalı kaplardan oluşurlar. **Genellikle** kabarcıklı düzeçlerde sıvı olarak eter, kabarcık olarak da bu sıvının buharı kullanılır.

Buhardan meydana gelen kabarcık hafif olduğundan her zaman kabın en yüksek yerinde bulunur.

Kabarcıklı düzeçler **küresel ve borusal** olmak üzere genellikle iki şekilde yapılır (Şekil 7.4).

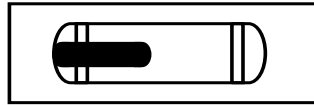


Tesviyesiz



Tesviyeli

a) Küresel kabarcıklı düzeç



Tesviyesiz

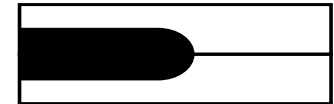


Tesviyeli

b) Borusal kabarcıklı düzeç



Tesviyesiz



Tesviyeli

c) Prizmatik sistemli borusal kabarcıklı düzeç

Şekil 7.4. Kabarcıklı düzeçler

Küresel düzeçler:

Metalden yapılmış, boyu kısa bir silindirlerden oluşurlar.

Üst kısmı, iç yüzey yarıçapı yaklaşık olarak 1 cm kadar olan bir küre şeklinde kesilmiş cam ile kapatılmıştır.

Cam kapağın üzerine merkezleri aynı olan daireler çizilmiştir.

Silindirin tabanında vida ile kapatılmış bir delik bulunmaktadır.

Bu delikten silindirin içine, kabarcık için biraz boşluk kalacak şekilde sıcak eter doldurulur.

Eter buharından oluşan kabarcık, eterin soğuması ile büyür.

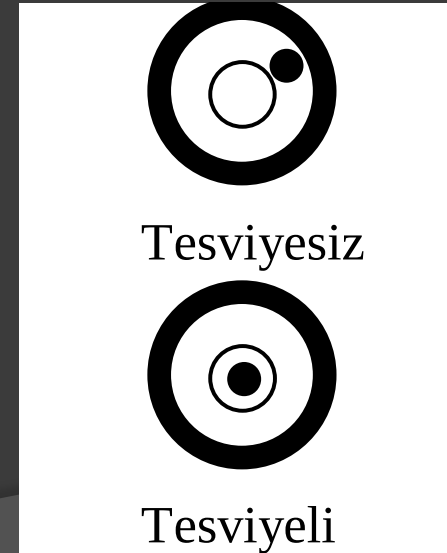
Küresel düzecin ekseni cam kapağın üzerinde çizili olan dairelerin merkezinden geçen ve kapağın iç yüzünü oluşturan kürenin çapıdır.



Yatay eksen düzlemi ise, düzeç ekseninin kapağının iç yüzünü deldiği noktada küreye teğet olarak geçen düzlemdir.

Kabarcığın merkezi ile kapakta çizili dairenin merkezi üst üste geldiği zaman bu **eksen düzlemi yataydır**.

Küresel düzeçlerin duyarlılıkları borulu düzeçlere oranla daha az olduğundan nivelman aletlerinin kaba tesviyelerinde veya miraları düşey olarak tutulmalarını sağlamak için bunlara takılı bir durumda kullanılırlar.



Borusal düzeçler:

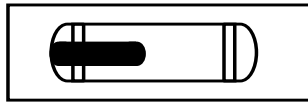
İç yüzünün iç tarafa gelecek kısmı fıçı şeklinde kesilmiş olan 1 – 2 cm çapındaki silindirik bir cam borudan oluşurlar.

Küresel düzeçteki gibi silindirik cam borunun içi eter ile doldurulur ve kabarcık yeri bırakılır.

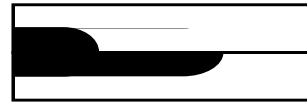
Kabarcığın konumunu değerlendirmek için düzecin üzerinde silindirin orta noktasına göre simetrik olan bölüm çizgileri işaretlenmiştir.

Bölüm çizgisinin sıfır noktası düzecin ortasında yani boru iç yüzeyinin dairesel yayının tepe noktasındadır.

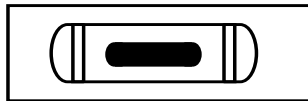
Bu tepe noktasına teğet olarak geçirilen eksene kabarcıklı düzeç eksenini denir.



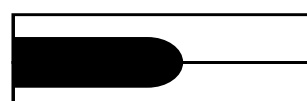
Tesviyesiz



Tesviyesiz



Tesviyeli

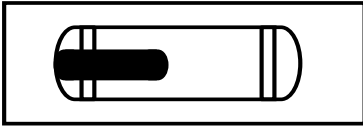


Tesviyeli

Kabarcığın ortalanması halinde yani kabarcığın orta noktası sıfır noktasında iken bu **eksen yatay durumdadır**.

Cam silindiri korumak amacıyla bütün boru, üst kısmı açık bir metal koruyucu içine alınmıştır.

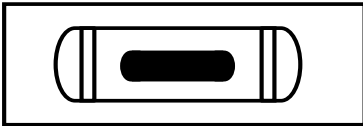
Borulu düzeçler küresel düzeçlere göre çok daha duyarlı olduklarından optik araçların ince tesviyeleri için kullanılır.



Tesviyesiz

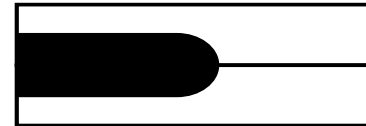


Tesviyesiz



Tesviyeli

b) Borusal
kabarcıklı düzeç



Tesviyeli

c) Prizmatik sistemli
borusal kabarcıklı düzeç

b) Miralar:

Geometrik yöntem ile yüksekliklerin belirlenmesinde gerekli olan araçlardan bir diğeri de yükseklikleri saptanacak olan nokta üzerine dikilen *düşey ölçekler (miralar)* 'dır.

Genellikle, özel şekilde kurutulmuş ahşaptan veya alüminyum gibi hafif metallerden yapılan miralar 3 – 5 m uzunluğunda 10 cm genişliğinde ve 2 cm kalınlığında olurlar.

Kolay taşınabilmeleri amacıyla katlanabilir veya iç içe girecek şekilde sürmeli olarak yapılmışlardır.

Miralar üzerinde santimetre bölümleri farklı renklerde siyah beyaz ya da kırmızı beyaz işaretlenmiştir.

Desimetre değerleri sayılarla gösterilmiştir.

Dürbün görüntüsü ters olan eski tip nivelman aletleri ile kullanılan miralarda, mira üzerindeki rakamlar ters olarak yazılıdır.

Dolayısı ile bu tür nivelman aletleri ile dürbünden yapılan gözlemlerde sayılar doğru olarak okunur.

Yeni tip nivelman aletlerinde ise görüntü düz olduğundan miralar üzerindeki rakamlar düz olarak yazılıdır (Şekil 7.5).



a) Geçmeli miralar



b) Katlamalı miralar



c) Ters miralar

Şekil 7.5. Değişik mira çeşitleri

Miraların noktalar üzerinde dik tutulmalarını sağlamak için **daha çok küresel düzeçler kullanılır.**

Bu düzeçler miraya sabit bağılırlar veya kullanılırken bağlanırlar.

Mira düşey olarak tutulunca **düzecin ortada olması** gerekir.

Önemsiz noktalar ölçülürken **miralar toprağa dikilir.**

Nokta kazıkla işaretlenmişse mira kazığının üstüne dikilir.

İnce nivelman işlerinde taban tablaları kullanılır.

7.2.3. Trigonometrik Yöntem

Yükseklik ve yükseklik farklarının **trigonometrik ilişkilerden yararlanılarak eğik gözleme doğrusu** ile bulunması ilkesine dayanır.

Bu nedenle **eğik gözleme doğrusu** ile yapılan yükseklik ölçmelerine **trigonometrik nivelman** denilir.

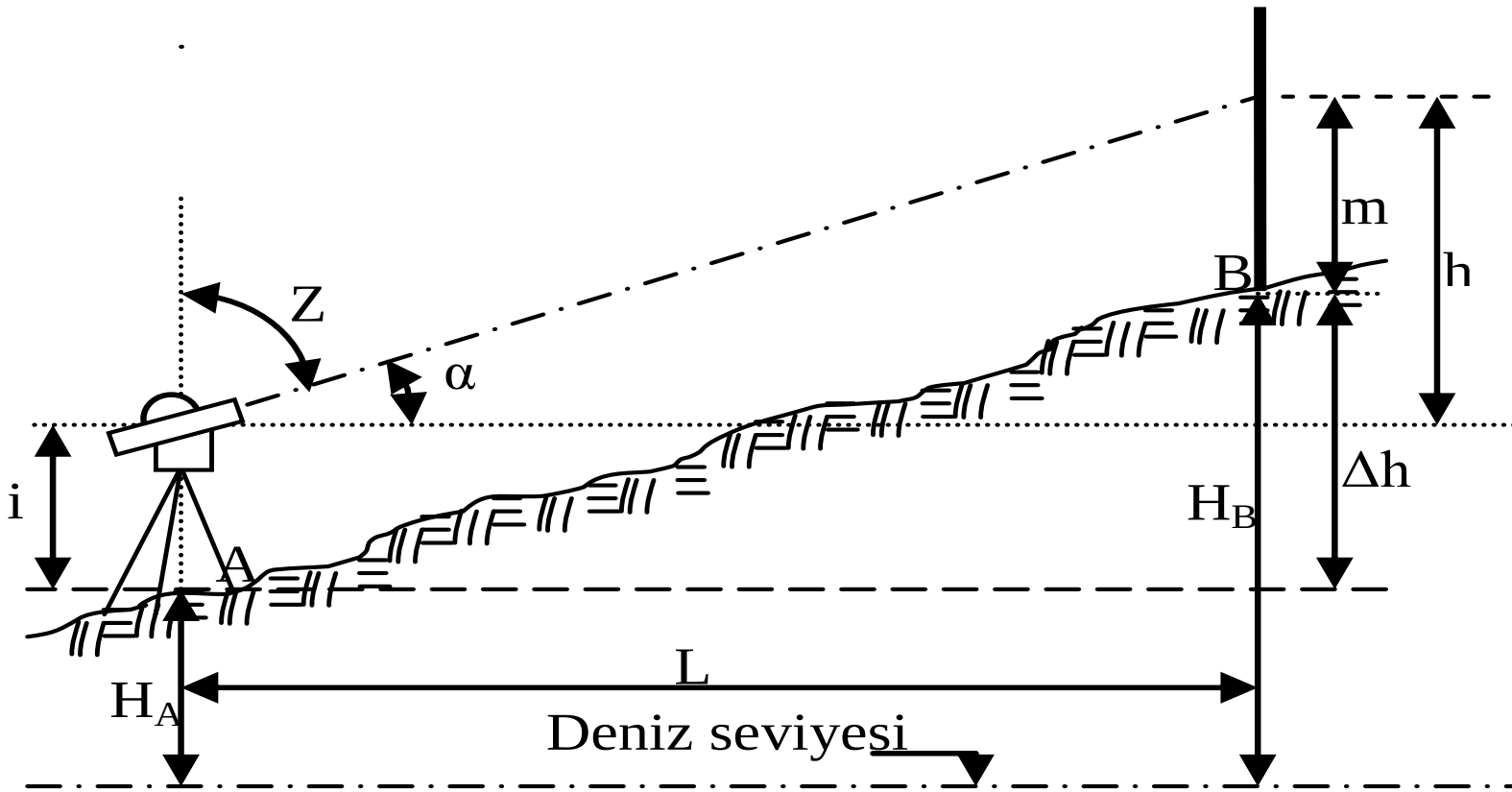
Eğik gözleme ile yüksekliklerin bulunmasında **teodolit** olarak adlandırılan aletler kullanılır.

Nivelman yapılacak noktalar arasındaki uzaklığın fazla olmaması durumunda, yeryüzünün küreselliği ve ışığın hava katları içinde kırılmasının etkileri göz ardı edilebilir.

Ancak gözlenen noktaların uzaklığı bir kaç yüz metreyi aştığında duyarlı ölçmeler için küresellik ve kırılma hatalarını da dikkate almak gerekir.

Genellikle tarımsal amaçlı ölçme çalışmalarında yakın noktaların trigonometrik nivelmanı yapıldığından, yükseklik ölçmeleri sırasında küresellik ve kırılma etkileri göz önüne alınmaz.

Şekil 7.6 'da gösterilen A ve B gibi iki noktanın yükseklik farkını (Δh) trigonometrik yöntemle bulmak için, gözleme doğrusunun yatay eksene göre düşey açısını (α) veya düşey eksene göre zenit (başucu) açısını (Z) ve ayrıca A ve B noktaları arasındaki yatay uzaklığı (L) ölçmek gerekir.



Şekil 7.6. Trigonometrik yöntem ile yükseklik ölçmesi

Bu ölçümlere göre iki nokta arasındaki yükseklik farkı ve B noktasının yüksekliği aşağıdaki eşitlikler yardımıyla hesaplanır:

$$H_B = H_A + i + h - m$$

Burada;

$$H_B : B \text{ noktasının yüksekliği (m)}$$

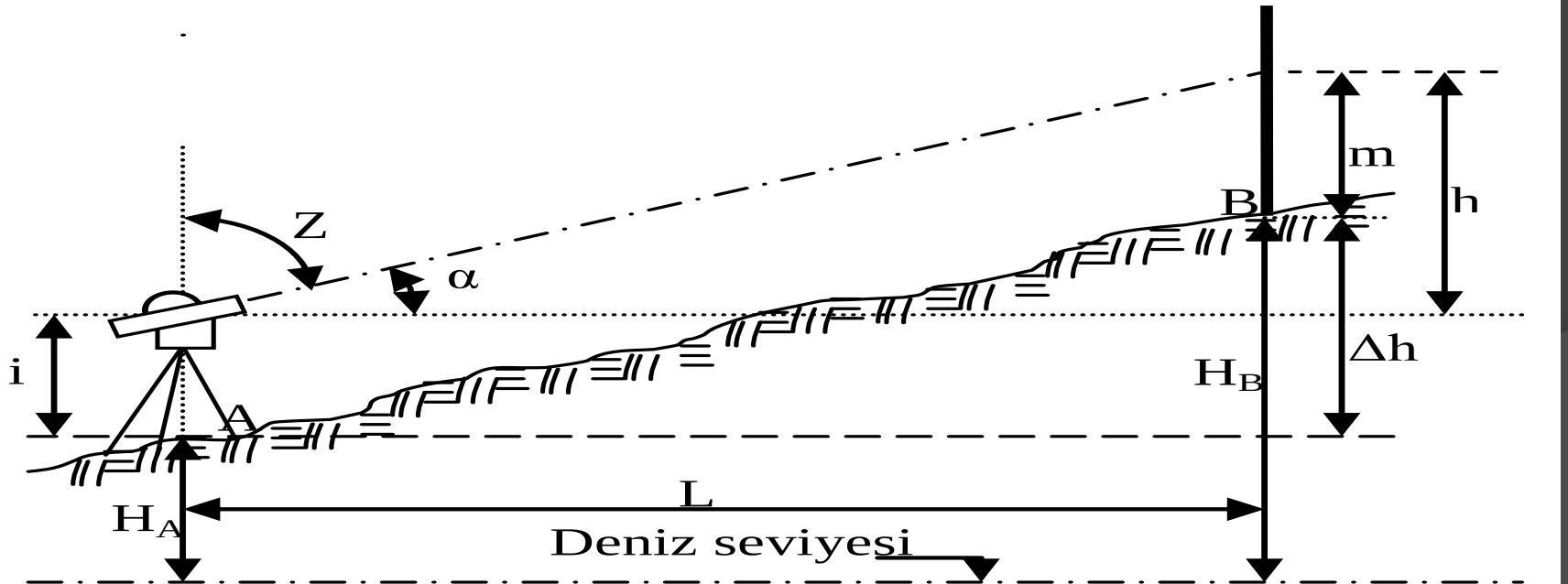
H_A : A noktasının yüksekliği (m)

i : Alet boyu (m)

$$h = L \times \tan \alpha \quad (\tan \alpha = h / L)$$

m : Mirada okunan değer (m)

L : A ile B noktası arasındaki yatay mesafe (m)



Şekil 7.6. Trigonometrik yöntem ile yükseklik ölçmesi

Eğer mirada okunan değer (m), alet boyuna (i) eşdeğer okunursa (i = m) iki nokta arasındaki yükseklik farkı:

$$\Delta h = h = L \times \tan \alpha$$

olarak yazılabilir. Aynı zamanda B noktasının yüksekliğini veren eşitlik ise:

$$H_B = H_A + h = H_A + (L \times \tan \alpha) \quad \text{şeklini alır.}$$

Buna göre A noktasının yüksekliğinin bilinmesi durumunda B noktasının yüksekliği L ve $\tan \alpha$ 'nın bulunmasıyla kolayca belirlenebilir.

