



İnşaat Mühendisleri İçin

# Ölçme Bilgisi

Ders Notları

Hazırlayanlar

Doç. Dr. Temel Bayrak

Yrd. Doç. Dr. İbrahim ASRİ

GÜMÜŞHANE-2011

# İÇİNDEKİLER

|  |           |
|--|-----------|
| <b>İÇİNDEKİLER.....</b>  | <b>2</b>  |
| <b>1. GİRİŞ .....</b>  | <b>4</b>  |
| 1.1. Ölçme Bilgisinin Konusu ve Tarihçesi .....                                  | 4         |
| 1.2. Haritaların ve Ölçme Bilgisinin Kullanım Alanları .....                     | 5         |
| 1.3. Yerin Temel Şekli .....   | 5         |
| 1.4. Düzlem Ölçmeler .....   | 7         |
| <b>2. ÖLÇME VE ÖLÇÜ BİRİMLERİ .....</b>  | <b>8</b>  |
| 2.1. Ölçü Birimleri.....   | 8         |
| 2.2. Eğim Ölçüsü .....   | 11        |
| <b>3. ÖLÇEK.....</b>   | <b>12</b> |
| 3.1. Sayısal Ölçek.....  | 12        |
| 3.2. Çizgi Ölçek .....   | 12        |
| 3.3. Harita Üzerinde Alan Hesabı .....   | 13        |
| 3.4. Harita Ölçeklerinin Seçimi ve Çizim Hassasiyeti .....                       | 14        |
| <b>4. ÖLÇÜ HATALARI .....</b>  | <b>15</b> |
| 4.1. Duyarlık (Doğruluk) ölçütleri .....   | 16        |
| <b>5. BASİT ÖLÇÜ ALETLERİ VE KULLANIMI .....</b>                                 | <b>18</b> |
| 5.1. Basit ölçü aletleri .....   | 18        |
| 5.1.1. Bir Jalonun Çekül Yardımıyla Düşey Duruma Getirilmesi .....               | 19        |
| 5.2. Yataydaki Noktaların Alım ve Aplikasyonu .....                              | 20        |
| 5.2.1. Bağlama yöntemi.....  | 20        |
| 5.2.2. Dik koordinat Yöntemi.....  | 21        |
| 5.3. Yatay Uzunlukların Ölçülmesi .....  | 22        |
| 5.3.1. Yatay Uzunlukların Ölçülmesinde Dikkat Edilecek Hususlar .....            | 23        |
| 5.4. Doğruların Aplikasyonu .....  | 23        |
| 5.4.1. Birbirini Gören İki Noktayı Birleştiren Bir Doğrunun Aplikasyonu .....    | 24        |
| 5.4.2. Birbirini Görmeyen İki Noktayı Birleştiren Bir Doğrunun Aplikasyonu ..... | 24        |
| 5.5. Basit Ölçü Aletleri İle Harita Alım Yöntemleri .....                        | 25        |
| 5.5.1. Bağlama Yöntemi ile Alım.....   | 25        |
| 5.5.2. Dik Koordinat Yöntemi alım.....   | 26        |
| 5.5.3. Ölçü Krokileri.....   | 26        |
| <b>6. ALAN HESAPLARI .....</b>   | <b>28</b> |
| 6.1. Ölçü Değerlerine Göre Alan Hesabı.....                                      | 28        |
| 6.1.1. Alımın Bağlama Yöntemi İle Yapıldığı Durumlarda Alan Hesabı .....         | 28        |
| 6.1.2. Alımın Dik Koordinat Yöntemi İle Yapıldığı Durumlarda Alan Hesabı .....   | 29        |
| 6.1.3. Karışık Yöntem .....  | 31        |
| 6.1.4. Koordinatlarla Alan Hesabı ( GAUSS ALAN HESABI ) .....                    | 32        |
| 6.2. Ölçü veya Plan Değerlerine Göre Alan Hesabı .....                           | 34        |
| 6.2.1. Geometrik şekillere bölme yöntemi .....                                   | 34        |
| 6.2.2. Paralel Çizgili Diyagram .....  | 35        |
| 6.2.3. Kare Çizgili Diyagram .....   | 35        |
| 6.2.4. Planimetrik (Mekanik ) Alan Hesabı.....                                   | 36        |
| <b>7. TEODOLİT .....</b>   | <b>37</b> |
| 7.1. Teodolitin Nokta Üzerine Kurulması .....                                    | 38        |
| 7.2. Teodolitin Doğrultu ve Aç Okuma Düzeni .....                                | 39        |
| 7.3. Aç Ölçüsü.....  | 40        |
| 7.3.1. Silsile Yöntemiyle Doğrultu Ölçüsü .....                                  | 40        |
| 7.4. Yatay Aç Hesabı .....   | 41        |
| 7.5. Düşey Aç Ölçüsü ve Hesabı .....   | 41        |
| <b>8. KOORDİNAT SİSTEMLERİ VE TEMEL ÖDEVLER.....</b>                             | <b>42</b> |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
| 8.1.    | Dik Koordinat Sistemi .....                              | 42        |
| 8.2.    | Kutupsal Koordinat Sistemi .....                         | 43        |
| 8.3.    | Semt Açısı .....   | 43        |
| 8.4.    | Temel Ödevler .....                                      | 44        |
| 8.4.1.  | I. Temel Ödev .....                                      | 44        |
| 8.4.2.  | II. Temel Ödev .....                                     | 45        |
| 8.4.3.  | III. Temel Ödev .....                                    | 46        |
| 8.4.4.  | IV. Temel Ödev .....                                     | 48        |
| 9.      | <b>YATAY KONTROL NOKTALARI .....</b>                     | <b>49</b> |
| 9.1.    | Poligon Noktaları .....                                  | 49        |
| 9.2.    | Açık Poligon Güzergâhı .....                             | 50        |
| 9.3.    | Açık Poligon Hesabı .....                                | 52        |
| 10.     | <b>YÜKSEKLİK ÖLÇMELERİ .....</b>                         | <b>54</b> |
| 10.1.   | Geometrik Yükseklik (Nivelman) .....                     | 54        |
| 10.2.   | Nivo .....   | 55        |
| 10.2.1. | Nivonun kurulması ve Ölçüye Hazır Hale Getirilmesi ..... | 55        |
| 10.3.   | Nivelman Tesisleri (RS noktaları) .....                  | 56        |
| 10.4.   | Nivelman Çeşitleri .....                                 | 56        |
| 10.4.1. | Nokta Nivelmanı .....                                    | 57        |
| 10.4.2. | Profil Nivelmanı .....                                   | 61        |
|         | Boyuna Profil (Boykesit) Nivelmanı .....                 | 61        |
|         | Enine Profil (En Kesit) Nivelmanı .....                  | 65        |
|         | Profillerin Çizilmesi .....                              | 66        |
| 10.4.3. | Yüzey Nivelmanı .....                                    | 68        |
|         | Işınsal yöntemle yüzey nivelmanı .....                   | 68        |
|         | Kareler Ağı İle Yüzey Nivelmanı .....                    | 69        |
| 10.5.   | Yüzey Nivelman Ölçülerinde Hacim Hesapları .....         | 69        |
| 10.5.1. | Kare prizmalar yardımıyla hacim hesabı .....             | 70        |
| 10.5.2. | Ortalama arazi kotu yardımıyla hacim hesabı .....        | 70        |
| 11.     | <b>KÜRESEL KONUMLAMA SİSTEMİ (GPS) .....</b>             | <b>71</b> |
| 11.1.   | Küresel Konumlama Sistemi (GPS)'ne Giriş .....           | 71        |
| 11.1.1. | Küresel Konumlama Sistemi (GPS) Nedir? .....             | 71        |
| 11.2.   | GPS Çeşitleri .....                                      | 73        |
| 11.2.1. | El Tipi GPS .....  | 73        |
| 11.2.2. | Araç Tipi GPS .....                                      | 73        |
| 11.2.3. | Profesyonel GPS-GNSS .....                               | 73        |
| 11.3.   | Küresel Konumlama Sistemi Bileşenleri .....              | 74        |
| 11.3.1. | Uzay Bileşeni .....                                      | 74        |
| 11.3.2. | Kontrol Bileşeni .....                                   | 75        |
| 11.3.3. | Kullanıcı Bileşeni .....                                 | 76        |
| 11.4.   | Küresel Konumlama Sisteminin Mantığı .....               | 76        |
| 11.5.   | GPS İle Konum Belirleme Metodları .....                  | 77        |
| 11.5.1. | Mutlak Konum Belirleme .....                             | 77        |
| 11.5.2. | Görelî Konum Belirleme .....                             | 77        |
| 11.5.3. | Yöntemler .....  | 78        |
| 11.6.   | Duyarlık Kaybı Nedenleri ve Çözümleri .....              | 78        |
| 11.7.   | GPS'in Kullanım Alanları .....                           | 79        |
| 12.     | <b>İMAR BİLGİSİ .....</b>                                | <b>80</b> |
| 13.     | <b>KAYNAKLAR .....</b>                                   | <b>80</b> |

# 1. GİRİŞ

## 1.1. Ölçme Bilgisinin Konusu ve Tarihçesi

Harita Mühendisliği alanındaki çalışmalarının temel amaçlarından birisi yeryüzünün tamamının ya da bir kısmının haritasını yapmaktır. Harita, yeryüzünün kuşbakışı görünüşünün bir düzlem yüzeydeki ölçekli küçük bir modelidir. Bu bağlamda, Harita Mühendisliğinin konusu; yeryüzünün ölçülmesi, ölçü yöntemlerinin belirlenmesi, hesap ve çizim işlerini kapsamaktadır. Yeryüzünün ölçülmesinde yer yüzeyindeki doğal (dere, göl, dağ, orman) ve yapay ayrıntılar (bina, köprü, yol) dikkate alınır. Bu ayrıntılara detay adı verilir. Detayların konumlarını belirlemek için uzunluklar, yükseklik farkları, doğrultular ve düşey açılar ölçülür. Ölçme işleminde özel aletler ve yöntemler kullanılır. Hesap ve çizim işlerinin ardından haritalar ve planlar elde edilir.

Geodezi de denilen bu bilim dalı Türkçeye Jeodezi olarak girmiştir. Kısaca yeryüzünün biçim ve boyutları gibi özelliklerini tanımlamayı sağlayan verilerin araştırılması ve incelenmesiyle uğraşan bilim kolu olarak tanımlanabilir. Genel anlamda, yeryüzü üzerindeki şekillerin tayini ve ölçülmesi ile ilgili olarak uygulamalı matematiğin bir dalıdır.

M.Ö. Üçüncü Yüzyıl'ın ikinci yarısında, Eratosthenes (M.Ö.276–194) Dünya'nın çevresinin yaklaşık 40233 km olduğunu, basit geometrik ilişkilerle buldu.

$$\frac{\text{Dünya çevresi}}{800 \text{ km}} = \frac{360^\circ}{7.2^\circ}$$

Günümüzün modern uydu teknolojileriyle bu ölçüm; 40 075 km olarak bulunmuştur. İlk kez p'nin (pi) değeri, Antik Çağ'ın en büyük bilim adamı ve Eratosthenes'in çağdaşı Arkhimedes (Arşimet) tarafından hesaplanmıştır. Arkhimedes p'nin değerinin  $3^{10/71}$  ile  $3^{1/7}$  arasında olduğunu göstermiştir.

Ölçme ile ilgili bazı sayılar

- Dünya çevresi: 40 075 km
- Dünya yerküre çapı: 12 756 km
- Pi (p) değeri:  $40075/12756= 3.14$
- Dünya-Güneş uzaklığı: 149 669 180 km
- Dünya-Ay uzaklığı: 384 403 km
- En yüksek nokta: Everest (8850 m)
- En alçak nokta: Ölü deniz (-417 m)

## 1.2. Haritaların ve Ölçme Bilgisinin Kullanım Alanları

Ölçmeler sonucunda üretilen haritalar ve planlar pek çok mühendislik projelerinin temel altlığıdır. Haritaların yapım maliyeti proje toplam maliyetinin çok küçük bir yüzdesini oluşturur. Bir proje başlangıcında haritanın olmaması projenin gecikmesine veya haritanın yeterli incelikte olmaması projede önemli ekonomik kayıplara neden olur. Araziye ilişkin çoğu projelerinin hazırlanması haritalar veya planlar yardımıyla yapılmaktadır. Proje ön çalışmaları öncelikle arazinin küçültülmüş bir modeli olan haritalar üzerinde yürütülür. Hazırlanan projeler yine ölçme bilgisi uygulamaları ile araziye uygulanmaktadır. Haritaların bazı kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

1. Taşınmaz sınırları ile büyüklüklerinin tespiti için **Kadastro Ölçmelerinde**
2. Ulaşım ve haberleşme için **Yol Ölçmelerinde**
3. Su altı inşaatı ve su rezervuarlarının tespiti için **Hidroğrafik Ölçmelerde**
4. Şehir yollarının yapımı ve kanalizasyon işleri için **Şehir ve İmar Çalışmalarında**
5. **Bayındırlık Çalışmalarında**

Ölçme bilgisi (Topoğrafya) çeşitli mühendislik alanlarında aşağıda özetlenen sebeplerle okutulmaktadır.

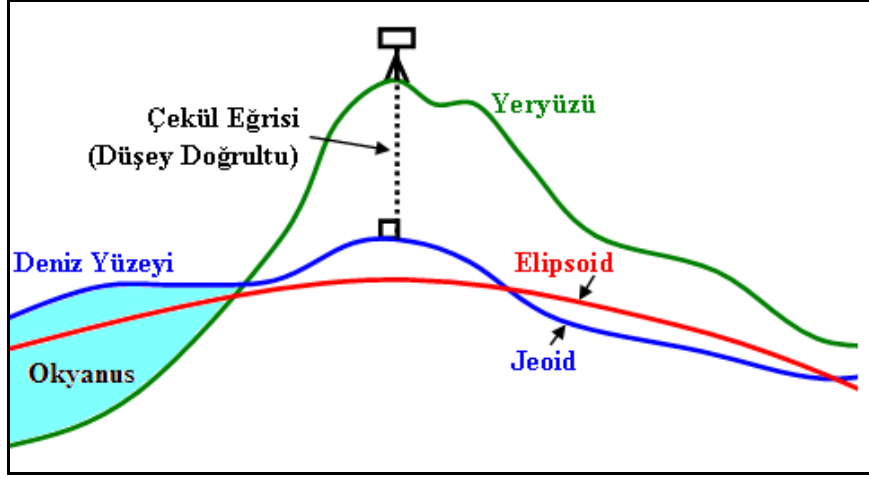
- **Topoğrafik planların yapılabilmesi için**
- **Bir meyvelik alan tesis edilebilmesi için**
- **Peyzaj mimarlığında, peyzaj alanların düzenlenebilmesi için**
- **Sulama kanallarının güzergâhının belirlenebilmesi için**
- **Arazinin tesviye edilebilmesi için**
- **Plan, kroki, haritaların çizimi için**
- **Yükseklik ölçebilmek için**
- **Plan ölçeklerinin değiştirilmesi için**

## 1.3. Yerin Temel Şekli

Tarihin ilk çağlarında yeryüzünün bir düzlem olduğu kabul edilmiştir. Daha sonraları kendi etrafında dönen yuvarlak bir gök cismi olduğu düşünülmüştür. Yakın zamanda ise yeryüzünün homojen bir yapıya dolayısıyla yüzeye sahip olmadığı, dalgalı bir yüzeye sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu dalgalı yüzeye yerin temel şekli **Jeoid** adı verilmiştir.

Jeoid içi dolu doğal bir cisim olması nedeniyle fiziksel anlamda uzayda daima vardır. Çekül eğrisi veya doğrultusu bu jeoid yüzeyine daima dik olur. Bu nedenle çekül eğrisi alet kurup açı ve uzunluk ölçme teknikleri açısından büyük önem taşır.

Jeoid, büyük okyanus yüzeylerinin karaların altında da devam ettiği varsayılarak oluşmuş kapalı bir yüzeydir. Bu yüzey **nivo yüzeyi** olarak ta adlandırılır.



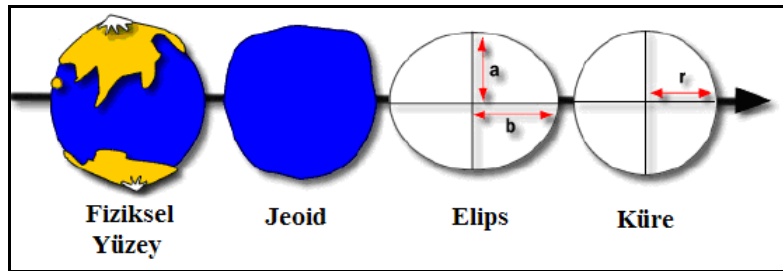
Şekil 1. Jeoid ve Elipsoid

Nivo yüzeylerinin her noktasındaki potansiyel değeri birbirine eşit ve sabittir. Üzerinde duran cisim hiçbir zaman bir iş yapmaz. Bir diğer ifade ile üzerinde bulunan bir su damlacığı hiçbir yönde hareket etmez. Bu gibi özelliklere sahip jeoid dalgalı ve karmaşık bir yüzey olması nedeniyle analitik fonksiyonlarla tam olarak ifade edilemez.

Jeoid tüm jeodezik ölçmeler için bir referans yüzeyi olarak kullanılmaktadır. Jeoidin matematiksel olarak karmaşık bir yüzey olması onun bir referans yüzeyi olarak kullanılmasını zorlaştırır. Bu durum daha basit ve düşük dereceden analitik fonksiyonlarla ifade edilebilen başka bir yüzeyin seçilmesini gerektirir. Bu amaçla farklı geometrik yüzeyler kullanılabilir.

Jeodezik ölçmelerde referans yüzeyi olarak aşağıdaki geometrik yüzeyler kullanılabilir.

- Elipsoid (ülke, kıta ve Dünyanın tamamının temsili için)
- Küre (Çalışma alanı  $5.000 \text{ km}^2$  den küçükse)
- Düzlem (Çalışma alanı  $50 \text{ km}^2$  den küçükse)



Şekil 2. Ölçü ve Hesap yüzeyleri

Elipsoid bir elipsin küçük eksenini etrafında  $180$  derece döndürülmesiyle meydana gelen ve aynı zamanda kapalı bir yüzey olan, bir dönel elipsoid yüzeyidir. Elipsoid yüzeyi doğal bir yüzey değildir. Ancak, analitik fonksiyonlarla ifade edilebilen düşünsel bir yüzeydir. Referans yüzeylerinin seçiminde ölçü sahasının büyüklüğü esas alınmaktadır. Bu durumda ölçme işlemi aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir. Jeofizik Mühendisleri İçin genelde Topoğrafya dersinin konusunu **küçük/lokal** ölçmeler kısmı oluşturmaktadır.

- Yeryüzünün veya büyük parçaların ölçülmesi
- Bölge ölçmeleri
- Küçük/lokal ölçmeler

#### 1.4. Düzlem Ölçmeler

Küçük/lokal ölçmeler referans yüzeyi olarak düzlem alındığı için bu tür ölçmelere Düzlem Ölçmeler de denmektedir. Düzlem ölçmeleri aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir.

- Arazi ölçmesi
  - Arazinin parsellere ayrılması,
  - Eski veya silinmiş arazi sınırlarının yeniden tesisi,
  - Alanların hesaplanması,
  - Arazi haritalarının çıkarılması.
- Topoğrafik ölçme
  - Yeryüzünün girinti ve çıkıntılarını gösteren haritaların elde edilmesi için gerekli bilgilerin toplanması,
  - Doğal ve suni engellerin bulunduğu yerleri gösteren haritaların elde edilmesi için gerekli bilgilerin toplanması.
- Yol ölçmesi
  - Karayolu, demiryolu, kanal veya boru hatlarının proje güzergahı boyunca yeryüzü engellerinin yerlerini belirlemek,
  - Proje hattını geçirmek; kazı ve dolgu hacmini hesaplamakla ilgili çalışmaları kapsar.
- Hidrografik ölçme
  - Ulaştırma, su temini veya su altı inşaatı amaçlarıyla su kütlesinin ölçülmesidir.
  - Suyun seviye değişimleri ve akarsu debilerini ölçme işlemlerini kapsar.
- Maden ölçmesi
  - Maden yataklarının ve yer altı çalışmalarının yerini belirlemek,
  - Jeolojik formasyonları belirlemek ve taşınacak hacmin hesaplanması.
- Kadastral ölçme
  - Arazi mülkiyet sınırlarının belirlenmesi amacıyla yapılan ölçmedir.
- Şehir ölçmesi
  - Şehir sınırları içinde bulunan alanların haritalarını çıkarılması,
  - Yeni sokak ve caddelerin geçirilmesi,
  - Caddelerin inşası, kanalizasyon ve diğer yapıların, binaların yerlerinin belirlenmesi ile ilgili ölçmelerdir.
- Fotogrametrik ölçme
  - Uçaklardan özel kameralarla çekilen fotoğraflar yardımıyla yeryüzü şekillerini ölçülmesidir.
  - Ulaşılması ve ölçülmesi zor alanlar için kullanılabilir

## 2. Ölçme ve Ölçü Birimleri

Ölçme, bir nesnenin aynı türden birim seçilmiş bir büyüklüğün katları cinsinden ifade edilmiş olarak tanımlanabilir.

### 2.1. Ölçü Birimleri

Ölçme işleminde genelde uzunluk ve doğrultular ölçülür. Uzunluk ölçmelerinde ölçü birimi **metredir**.

|       |   |   |   |            |       |
|-------|---|---|---|------------|-------|
| 1.000 | M | = | 1 | Kilometre  | (km)  |
| 100   | M | = | 1 | Hektometre | (hm)  |
| 10    | M | = | 1 | Dekametre  | (dam) |
| 1     | M | = | 1 | Metre      | (m)   |
| 0.1   | M | = | 1 | Desimetre  | (dm)  |
| 0.01  | M | = | 1 | Santimetre | (cm)  |
| 0.001 | M | = | 1 | Milimetre  | (mm)  |

Alan birimleri uzunluk birimine bağlı olarak **m<sup>2</sup>** dir.

|           |                |   |   |                 |                 |
|-----------|----------------|---|---|-----------------|-----------------|
| 1.000.000 | m <sup>2</sup> | = | 1 | Kilometre kare  | km <sup>2</sup> |
| 10.000    | m <sup>2</sup> | = | 1 | Hektar          | Ha              |
| 1.000     | m <sup>2</sup> | = | 1 | Dekar (Dönüm)   | Da              |
| 100       | m <sup>2</sup> | = |   | Ar              | Ar              |
| 1         | m <sup>2</sup> | = | 1 | Metre kare      | m <sup>2</sup>  |
| 0.01      | m <sup>2</sup> | = | 1 | Desimetre kare  | dm <sup>2</sup> |
| 0.0001    | m <sup>2</sup> | = | 1 | Santimetre kare | cm <sup>2</sup> |
| 0.000001  | m <sup>2</sup> | = | 1 | Milimetre kare  | mm <sup>2</sup> |

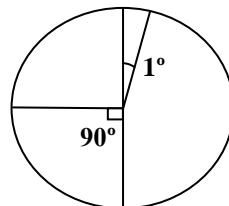
Hacim birimleri uzunluk birimine bağlı olarak **m<sup>3</sup>** dür.

|               |                |   |   |                |                  |
|---------------|----------------|---|---|----------------|------------------|
| 1.000.000.000 | m <sup>3</sup> | = | 1 | Kilometre küp  | km <sup>3</sup>  |
| 1.000.000     | m <sup>3</sup> | = | 1 | Hektometre küp | hm <sup>3</sup>  |
| 1.000         | m <sup>3</sup> | = | 1 | Dekametre küp  | dam <sup>3</sup> |
| 1             | m <sup>3</sup> | = | 1 | Metreküp       | m <sup>3</sup>   |
| 0.001         | m <sup>3</sup> | = | 1 | Desimetre küp  | dm <sup>3</sup>  |
| 0.000001      | m <sup>3</sup> | = | 1 | Santimetre küp | cm <sup>3</sup>  |
| 0.000000001   | m <sup>3</sup> | = | 1 | Milimetre küp  | mm <sup>3</sup>  |

Açıların ölçülmesi için ölçü birimi bir dik açıdır. Uygulamalarda işin türüne göre açı birimi olarak **Derece** ve **Grad** sistemleri kullanılır.

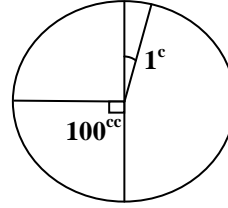
Bir daireyi 360'a bölersek her bir parça **1 dereceye** (1°) karşılık gelir. Bu sistemde

- Dik açı 90° (90 derece) dir.
- 1° = 60' (60 dakika) dır.
- 1' = 60" (60 saniye) dir.



Bir daireyi 400'e bölersek her bir parça **1 grad**'a ( $1^g$ ) karşılık gelir. Bu sistemde

- Dik açı  $100^g$  (100 grad) dır.
- $1^g = 100^c$  (100 grad dakikası) dır.
- $1^c = 100^{cc}$  (100 grad saniyesi) dir.



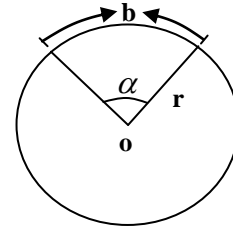
Uygulamalarda kullanılan diğer bir ölçü birimi **yay birimidir**. Yay birimi **radyan**'dır. Radyan, bir çemberde yarıçap uzunluğundaki yay parçasını gören merkez açıya 1 radyan denir.

$$\text{Radyan} = \text{yay uzunluğu} / \text{yarıçap} \quad \alpha_{\text{radyan}} = \frac{b(m)}{r(m)} = \text{birimsiz}$$

Yarıçapı  $r$  olan bir çemberin çevre uzunluğu  $u = 2 \cdot \pi \cdot r$  dir.

Buna göre bir çemberin tümü radyan cinsinden

$$\alpha_{\text{çember}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot r}{r} = 2 \cdot \pi \text{ dir.}$$



Üç sistemde çemberin tamamı;

- Derece cinsinden  $360^\circ$
- Grad cinsinden  $400^g$
- Radyan cinsinden  $2 \cdot \pi$

$$\text{Buradan,} \quad \frac{D}{360} = \frac{G}{400} = \frac{R}{2\pi} \quad \text{ya da} \quad \frac{D}{180} = \frac{G}{200} = \frac{R}{\pi}$$

$$\text{Derece ile Grad arasında ise} \quad \frac{G}{D} = \frac{10}{9} \quad \text{ilişkisi vardır.}$$

**Örnek:**  $36^\circ.45416667$  açısını derece, dakika, saniye cinsinden yazınız.

Bu açıyı derece, dakika, saniye biriminde göstermek istersek

Derece kısmı  $36^\circ$

Dakika kısmı  $36^\circ.45416667 - 36^\circ = 0.45416667 \cdot 60 = 27'.2500002$

Saniye kısmı  $27'.2500002 - 27 = 0.2500002 \cdot 60 = 15''$

Açı derece cinsinden:  $36^\circ 27' 15''$

**Örnek:**  $258^\circ.45623842$  açısını derece, dakika, saniye cinsinden yazınız.

**Cevap:**  $258^{\circ} 27' 22''.46$

**Örnek:**  $21^{\circ} 44' 46''.824$  açısını derece cinsinden yazınız.

Verilen açı derece ondalığına çevirilir.

$$21^{\circ} + \left(\frac{44'}{60}\right)^{\circ} + \left(\frac{46''.824}{3600}\right)^{\circ} = 21^{\circ}.74634$$

**Örnek:**  $21^{\circ} 44' 46''.824$  açısı kaç grad'dır?

Verilen açı derece ondalığına çevirilir.

$21^{\circ} 44' 46''.824$  açısı derece cinsinden  $21^{\circ}.74634$  dır.

$$G = \frac{10}{9} \cdot D = \frac{10}{9} \cdot (21^{\circ}.74634) = 24^{\circ}.1626$$

**Örnek:**  $147^{\circ} 26' 37''$  açısı kaç grad'dır? **Cevap:**  $163^{\circ}.8262$

**Örnek:**  $163^{\circ}.8262$  açısı kaç derece'dir?

$$D = \frac{9}{10} \cdot G \quad D = \frac{9}{10} \cdot (163^{\circ}.8262) = 147^{\circ}.4463$$

Bu açıyı derece, dakika, saniye biriminde göstermek istersek

Derece kısmı  $147^{\circ}$

Dakika kısmı  $147^{\circ}.4463 - 147^{\circ} = 0.4436 \cdot 60 = 26'.6148$

Saniye kısmı  $26.6148 - 26 = 0.6148 \cdot 60 = 36''.888$

Açı derece cinsinden:  $147^{\circ} 26' 36''.888$

**Örnek:** Bir düzlem üçgende  $\alpha = 99^{\circ} 77' 88''$  ve  $\gamma$  açısı  $\gamma = 0.45$  Radyan'dır. Üçüncü açı olan  $\beta$  açısını grad ve derece cinsinden hesaplayınız.

$$\alpha = 99^{\circ}.7788$$

$$G = 200 \cdot \frac{R}{\pi}$$

$$\gamma = 200 \cdot \frac{R}{\pi} = 200 \cdot \frac{0.45}{3.141592} = 28^{\circ}.6479$$

$$\beta = 200 - (\alpha + \gamma) = 71^{\circ}.5733 \text{ grad cinsinden}$$

$$D = \frac{9}{10} \cdot G$$

$$\beta = \frac{9}{10} \cdot 71^{\circ}.5733 = 64^{\circ}.41597 \quad \text{derece cinsinden}$$

Bu açıyı derece, dakika, saniye biriminde göstermek istersek

Derece kısmı  $64^\circ$

Dakika kısmı  $64.41597 - 64^\circ = 0.41597 \cdot 60 = 24'.9582$

Saniye kısmı  $24'.9582 - 24' = 0.9582 \cdot 60 = 57''.5$

Açı derece cinsinden:  $64^\circ 24' 57.5''$

**Örnek:**  $\alpha$  açısı  $\alpha = 25^\circ 18' 58''$  olduğuna göre  $\alpha$  açısının Radyan cinsinden değeri nedir.

$$25^\circ + \left(\frac{18'}{60}\right)^\circ + \left(\frac{58'}{3600}\right)^\circ = 25.3161$$

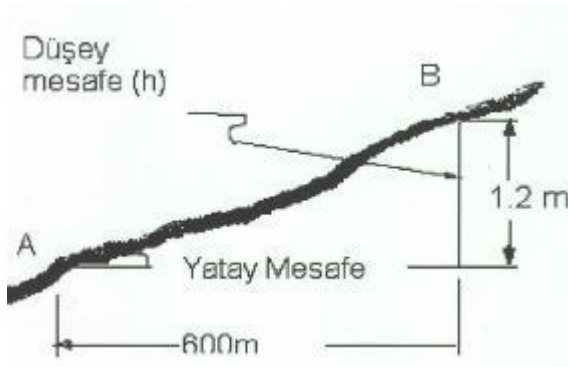
$$\frac{D}{180} = \frac{R}{\pi}$$

$$R = \frac{D}{180} \cdot \pi = \frac{25.3161}{180} \cdot 3.141592 = 0.442 \text{ radyan}$$

## 2.2. Eğim Ölçüsü

Eğim ölçüsü aslında birimsizdir ancak farklı şekillerde ifade edilebilir.

Eğim = Düşey mesafe (m) / Yatay mesafe (m)



1. Açı biçiminde ifade:  $\tan \alpha = 1.2/600 = 0.002$
2. Yüzde biçiminde ifade: % 0.2
3. Binde biçiminde ifade: ‰2
4. Oran biçiminde ifade:  $1/n = 1.2/600 = 1/500$



### 3. Ölçek

Harita Üzerindeki Uzunluğun (**h**), Arazi Üzerindeki Gerçek Uzunluğa (**a**) oranına ölçek denir.

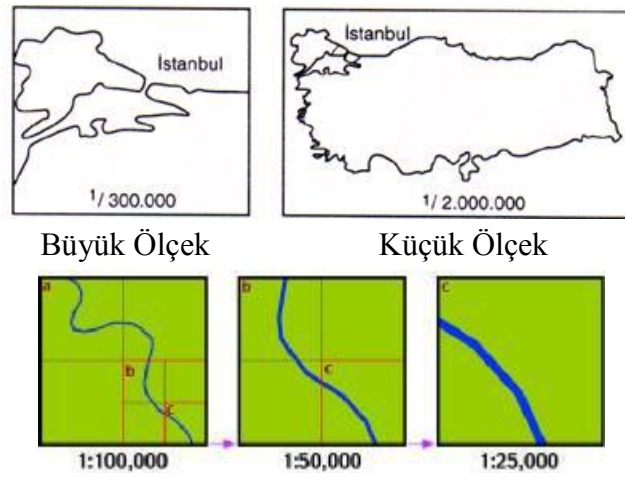
#### 3.1. Sayısal Ölçek

$$\text{Sayısal ölçek} = \frac{1}{M} = \frac{HÜU}{AÜGU} = \frac{h}{a}$$

Ölçekler birimsizdir. Sayısal ölçekler bayağı kesir şeklinde ifade edilirler.

$$\frac{1}{500}, \frac{1}{1.000}, \frac{1}{2.000}, \frac{1}{5.000}, \frac{1}{25.000}, \frac{1}{100.000}, \frac{1}{200.000}, \frac{1}{200.000}, \frac{1}{1.000.000}$$

Büyük ölçek → Küçük Ölçek



$\frac{1}{500}$  ölçeği şu manaya gelir. Arazi üzerindeki 500 m uzunluk haritada 1 m ye karşılık gelir. Yani arazideki 500 m uzunluk haritada 1 m ile temsil edilmiştir. Gerçek uzunluk 500 kez küçültülmüştür.

#### 3.2. Çizgi Ölçek

Özellikle küçük ölçekli haritalar üzerinde iki nokta arasındaki grafik uzunluğun gerçek karşılığını bulmada kullanılır.



Şekil 3. Çizgi Ölçek

Pergelin iki ucu harita üzerinde ölçülecek noktalar arası kadar açılır. Bir ucu sağ tarafta tam kısma, diğer ucu soldaki kesirli kısma gelecek şekilde çizgi ölçek üzerine getirilir ve ölçü yapılır.

**Örnek:** 1/2.000 ölçekli bir haritada 64.2 mm olarak ölçülen uzunluğun arazideki karşılığını metre cinsinden hesaplayınız.

$$\frac{1}{M} = \frac{h}{a}$$

$$\frac{1}{2.000} = \frac{64.2 \text{ mm}}{a}$$

$$a = M \cdot h = 2000 \cdot 64.2 = 128.400 \text{ mm} = 128.40 \text{ m}$$

**Örnek:** Bir uzunluğun arazideki değeri  $a = 292 \text{ m}$  dir. Aynı uzunluk harita üzerinden ölçülerek  $h = 58.4 \text{ mm}$  bulunmuştur. Haritanın ölçeği nedir?

$$\frac{1}{M} = \frac{h}{a} = \frac{58.4 \text{ mm}}{292000 \text{ mm}} \quad M = 5.000 \quad \text{Ölçek} = 1/5.000$$

### 3.3. Harita Üzerinde Alan Hesabı

Kenarları  $c$  ve  $d$  olan bir dikdörtgenin harita üzerindeki alanı düzlem geometriden yararlanarak alanı  $f_{\text{harita}} = c \cdot d$  bağıntısı ile hesaplanır. Harita üzerindeki  $F_{\text{Harita}}$  alanına karşılık gelen Arazi üzerindeki  $F_{\text{Arazi}}$  alanını bulmak için  $c$  ve  $d$  kenarlarının her birini ölçek paydasıyla çarpmamız gerekir.

$$F_{\text{Arazi}} = c \cdot M \cdot d \cdot M = c \cdot d \cdot M^2$$

$$F_{\text{Arazi}} = f_{\text{Harita}} \cdot M^2$$

$$\frac{f_{\text{Harita}}}{F_{\text{Arazi}}} = \frac{1}{M^2}$$

Bu ifadeden anlaşıldığı gibi alan ölçeği  $\frac{f_{\text{Harita}}}{F_{\text{Arazi}}}$  çizgi ölçeğin karesine  $\frac{1}{M^2}$  eşittir.

**Örnek:** 1/2.000 ölçekli bir harita üzerinde bir parselin alanı  $f = 1225 \text{ mm}^2$  bulunmuştur. Parselin arazideki alanını  $\text{m}^2$ , dekar ve hektar cinsinden bulunuz.

$$\frac{f_{\text{Harita}}}{F_{\text{Arazi}}} = \frac{1}{M^2}$$

$$F_{\text{Arazi}} = f_{\text{Harita}} \cdot M^2 = 1225 \text{ mm}^2 \cdot 2000^2$$

$$F_{\text{Arazi}} = 4900000000 \text{ mm}^2$$

$$F_{\text{Arazi}} = 4900 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{Arazi}} = 4.9 \text{ dekar}$$

$$F_{\text{Arazi}} = 0.49 \text{ hektar}$$

**Örnek:** Harita üzerinde 4.4 cm olarak ölçülen bir parsel kenarının arazi üzerindeki değeri 88 m olduğuna göre harita ölçeği ne kadardır? (**Cevap:** 1/2.000)

**Örnek:** 1/1.000 ölçekli plan üzerinde 4.2 cm gelen bir bina cephesinin arazideki değeri kaç metredir? (**Cevap:** 42 m)

**Örnek:**  $1 / M_1 = 1/500$  ölçekli plan üzerinde alanı  $f_1 = 41480 \text{ mm}^2$  olan bir arsa,  $1 / M_2$  ölçeğindeki başka bir plan üzerinde ölçülmüş ve  $f_2 = 2592 \text{ mm}^2$  bulunmuştur. Gerçek alan kaç dönümdür ve  $M_2$  nedir? (**Cevap:**  $F = 10.37$  dönüm,  $M_2 = 2.000$ )

### 3.4. Harita Ölçeklerinin Seçimi ve Çizim Hassasiyeti

Bir haritadan fonksiyon olarak ne bekleniyorsa ve istenilen işi hangi ölçek sağlıyorsa o ölçeğin seçilmesi gerekir. Haritanın ölçeği ne gerekenden büyük tutulmalı, ne de ihtiyacı karşılamada yetersiz şekilde küçük olmalıdır.

Haritaların çiziminde veya haritadan bilgi almada ne kadar itina gösterilirse gösterilsin kaçınılmayacak bir hata vardır. Buna çizim hassasiyeti denmektedir. Normal insan gözünün ayırma hassasiyeti 0.2 mm (milimetrenin 5 te biri) dir. Topoğrafyada çizim hassasiyeti 0.2 mm olarak kabul edilmektedir.

**Örnek:** 1/1.000 ölçekli bir haritanın çizim hassasiyeti ne kadardır?

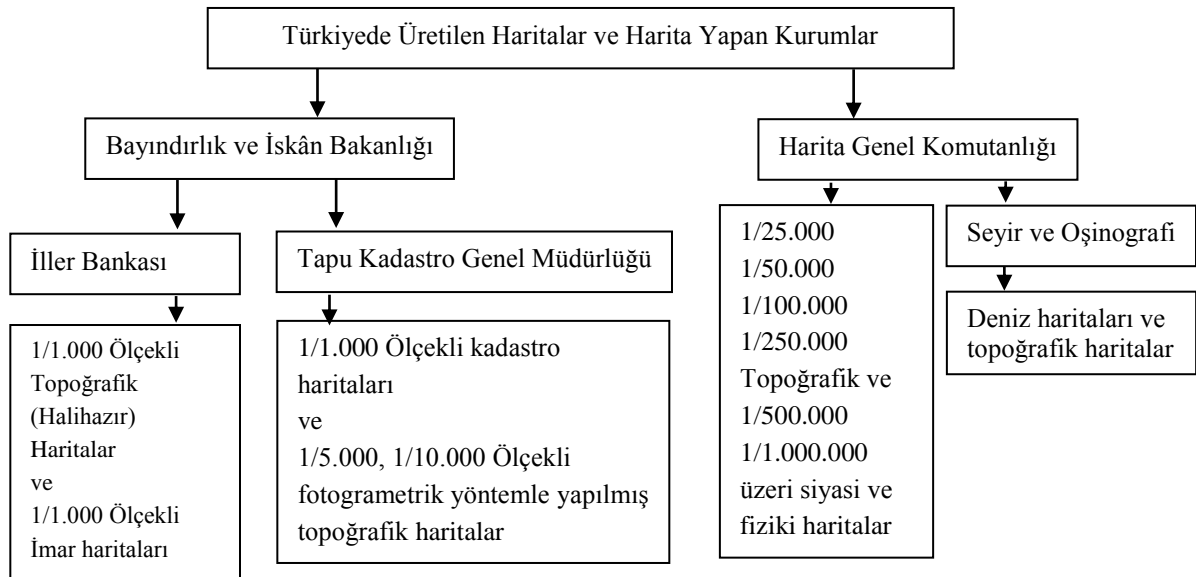
Çizim hassasiyetinin harita karşılığı yani harita üzerindeki değeri 0.2 mm ise

$$\frac{1}{M} = \frac{h}{a}$$

$$\frac{1}{1.000} = \frac{0.2 \text{ mm}}{a}$$

$$a = 0.2 \cdot 1.000 = 200 \text{ mm} = 20 \text{ cm}$$

**Örnek:** 1/25.000 ölçekli bir haritanın çizim hassasiyeti kaç metredir? (**Cevap:** 5 m)



## 4. Ölçü Hataları

Yeryüzünde ister bir kenar, ister bir açı birkaç kez ölçüldüğünde her ölçü değeri arasında az çok farkların olduğu görülür. Aynı büyüklüğe ait yapılan her geometrik veya fiziksel ölçünün sonucunu aynı bulmak neredeyse imkânsızdır. Geometrik ya da fiziksel büyüklüklerin ölçülmesi sonucunda elde edilen değerler hata ile yüklüdür. Söz konusu hatalar;

- Ölme işini yapan kişiden (kişinin duyu organlarının yetersizliği)
- Ölçü aletlerinden (Aletler hatalı olabilir, yeterli ölçme inceliğine sahip değildir)
- Fiziksel çevre koşullarından (Sıcak-soğuk, nem, rüzgâr vs.)

kaynaklanabilir. Bu nedenle uygulamada gerekli sayıda ölçü ile yetinilmez, gereğinden fazla ölçü yapılır. Ölçüler arasındaki ilişkileri görebilmek ve ölçülerle bilinmeyenler arasındaki ilişkileri kurabilmek için ölçme işleminde kaynaklanan hataların yakından tanınması gerekir.

### “Hatasız ölçü olmaz...”

Hatalar oluşma nedenlerine göre genelde dörde ayrılır

1. Kaba hata
2. Düzenli (sistemik) hata
3. Düzensiz (rastlantı, tesadüfi) hata
4. Gerçek hata

**Kaba Hatalar:** Kaba hatalar genellikle dikkatsizlikten kaynaklanan hatalardır. GPS ölçmelerinde anten boyunun yanlış ölçülmesi, uzunluk ölçmelerinde bir şerit boyunun unutulması, açı ölçmelerinde  $65^g$  yerine  $95^g$  okunması ve yazılması gibi. Kaba hatalar ölçü tekrarı ile giderilebilirler

**Düzenli (sistemik) hata:** Bu tür hatalar ölçüyü aynı yönde ve aynı miktarda etkileyen küçük hatalardır. Ölçü tekrarı ile giderilemezler. Yirmi metrelik bir çelik şerit metrenin uzunluğunun gerçek değerden 1 mm eksik olması, nivelmanda mira ölçek hatası, teodolitlerde daire bölme hataları, refraksiyon vs. gibi düzenli hatalar çoğunlukla tanınmaz. Ölçü aletleri ayarlanarak ve en uygun ölçme yöntemleri uygulanarak etkileri azaltılabilir. Belirlenebildikleri durumlarda ölçü sonucuna düzeltme getirilerek etkileri giderilebilir.

**Düzensiz (rastlantı, tesadüfi) hata:** Küçük miktardaki hatalardır. Ölçüleri bazen (+) bazen de (-) yönde etkilerler. Bu hatalar insan yeteneklerinin sınırlı olması, aletlerin ayarlarının tam yapılamaması, sıcaklık, rüzgâr gibi dış etkenlerin değişken olması gibi nedenlerden ortaya çıkar. Kaba hatalarda olduğu gibi ölçülerin tekrarı ile ya da düzenli hatalarda olduğu gibi ölçü sonucuna düzeltme getirilerek giderilemezler.

**Gerçek hata:** Ölçülerin gerçek değerlerinin bilindiği durumlarda söz konusudurlar. Bir düzlem üçgenin iç açılarının toplamının gerçek değeri  $200^g$  dır. İç açıların ölçülen değerlerinin toplamından  $200^g$  çıkarılırsa gerçek hata bulunur.

#### 4.1. Duyarlık (Doğruluk) ölçütleri

Ölçülerden herhangi birinin ne kadar güvenilebilir olduğu konusunda bilgi verebilmek için tanımlanmış ölçütlerdir. Aynı bir büyüklüğün birden çok ölçülmesi sonucunda elde edilen ölçü dizilerinden yararlanılarak tanımlanır. İşaretlerinin pozitif olma olasılığı negatif olma olasılıklarına eşit olmalarından dolayı işaretleri olarak  $\pm$  alınır.

**Mutlak hata:** Gerçek değeri bilinen bir büyüklüğün birden çok kez ölçülmesi sonucunda elde edilen ölçü dizisinin gerçek hatalarının mutlak değerleri toplanarak elde edilen sonucun ölçü sayısına bölünmesi ile hesaplanır.

Gerçek hata = Ölçü – Gerçek değer

$$\varepsilon_i = l_i - x \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$t = \pm \frac{[\varepsilon_i]}{n} \quad (n \rightarrow \infty)$$

(Gerçek değer bilinmediği durumlarda gerçek değer yerine yapılan ölçülerin ortalaması alınarak bir kesin değer hesaplanır, bu kesin değer kullanılarak bulunan hataya görünen hata denir; Görünen hata = Ölçü – Kesin değer ( $x = l_{ort}$ ))

$$v_i = l_i - x \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$t = \pm \frac{[v_i]}{n} \quad (n \rightarrow \infty)$$

**Ortalama (kareseel ortalama, standart sapma) hata:** Aynı bir büyüklüğün ölçülmesi sonucunda elde edilen bir ölçü dizisinin gerçek hataların kareleri toplamı ölçü sayısına bölünür ve hesaplanan bu değer karekökü alınarak bulunur.

$$m_o = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon^2]}{n}} \quad (n \rightarrow \infty), \quad m_o = \pm \sqrt{\frac{[vv]}{n-1}} \quad (n \rightarrow \infty) \text{ (gerçek değer bilinmediği durumlarda)}$$

**Olası (muhtemel) hata:** Bir büyüklüğün ölçülmesi sonucunda elde edilen ölçü dizisinin gerçek hataları mutlak değerlerine göre sıralanırsa dizinin ortasındaki hatadır.

**Bağıl (rölatif) hata:** Ölçülen bir büyüklüğün duyarlık ölçütü olan ortalama hatasının, ölçülerin ortalama değerine bölünmesi ile bulunan orandır.

$$b = \frac{m_o}{l_{ort}}$$

**Örnek:** Bir GPS ağına ait on adet üçgen kapanma hataları aşağıda verilmiştir. Duyarlık ölçütlerini hesaplayınız.

| No | Hata ( $\varepsilon_i$ )<br>mm | $\varepsilon_i \varepsilon_i$ |
|----|--------------------------------|-------------------------------|
| 1  | -2.123                         | 4.507                         |
| 2  | 1.132                          | 1.281                         |
| 3  | -1.674                         | 2.802                         |
| 4  | -2.591                         | 6.713                         |
| 5  | -1.772                         | 3.140                         |
| 6  | 2.979                          | 8.874                         |
| 7  | 0.475                          | 0.226                         |
| 8  | 4.414                          | 19.483                        |
| 9  | -0.717                         | 0.514                         |
| 10 | 0.763                          | 0.582                         |

$n = 10$        $[\varepsilon_i] = 18.640$        $[\varepsilon_i \varepsilon_i] = 48.124$   
**Mutlak Hata**       $t = \frac{18.640}{10} = \pm 1.864 \text{ mm}$   
**Ortalama Hata**       $m_o = \pm \sqrt{\frac{[\varepsilon \varepsilon]}{n}} = \pm \sqrt{\frac{48.124}{10}} = \pm 2.194 \text{ mm}$   
**Olası Hata**  
0.475 0.717 0.763 1.132 **1.674 1.772** 2.123 2.591 2.979 4.414  
 $r = \pm \frac{1.674 + 1.772}{2} = \pm 1.723 \text{ mm}$

**Örnek:** Bir uzunluk on kez ölçülmüş ve aşağıdaki ölçü değerleri elde edilmiştir. Duyarlık ölçütlerini hesaplayınız.

| No | $l_i (m)$ | $v_i = l_i - x$ (cm) | $v_i v_i$ |
|----|-----------|----------------------|-----------|
| 1  | 180.57    | -3                   | 9         |
| 2  | 180.62    | 2                    | 4         |
| 3  | 180.63    | 3                    | 9         |
| 4  | 180.65    | 5                    | 25        |
| 5  | 180.56    | -4                   | 16        |
| 6  | 180.62    | 2                    | 4         |
| 7  | 180.57    | -3                   | 9         |
| 8  | 180.61    | 1                    | 1         |
| 9  | 180.62    | 2                    | 4         |
| 10 | 180.55    | -5                   | 25        |

$x = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = 180.60 \text{ m (kesin değer)}$   
 $n = 10$        $[v_i] = 30$        $[v_i v_i] = 106$   
**Mutlak hata**       $t = 3 \text{ cm}$   
**Ortalama hata**       $m_o = 3.43 \text{ cm (n-1)}$   
1 2 2 2 **3 3** 3 4 5 5 **Olası hata**       $r = \pm \frac{3 + 3}{2} = \pm 3 \text{ cm}$   
**Bağıl hata**       $b = \frac{3.43}{18060} = 0.00019 = \frac{1}{5265}$

**Örnek:** Uzunluğu 100.00 m olan bir ayar bazı iki ayrı ölçme ekibince mm birimine kadar ölçü yapılarak çelik şeritle on kez ölçülmüştür. Hangi ölçme ekibi daha duyarlıklı sonuç elde etmiştir.

| No | 1. ekip   |                                      |                               | 2. ekip   |                                      |                               |
|----|-----------|--------------------------------------|-------------------------------|-----------|--------------------------------------|-------------------------------|
|    | $l_i (m)$ | $\varepsilon_i = l_i - 100.000$ (mm) | $\varepsilon_i \varepsilon_i$ | $l_i (m)$ | $\varepsilon_i = l_i - 100.000$ (mm) | $\varepsilon_i \varepsilon_i$ |
| 1  | 100.002   | 2                                    | 4                             | 100.000   | 0                                    | 0                             |
| 2  | 99.998    | -2                                   | 4                             | 99.999    | -1                                   | 1                             |
| 3  | 99.995    | -5                                   | 25                            | 100.005   | 5                                    | 25                            |
| 4  | 100.003   | 3                                    | 9                             | 100.007   | 7                                    | 49                            |
| 5  | 100.000   | 0                                    | 0                             | 99.994    | -6                                   | 36                            |
| 6  | 100.003   | 3                                    | 9                             | 99.995    | -5                                   | 25                            |
| 7  | 100.001   | 1                                    | 1                             | 99.997    | -3                                   | 9                             |
| 8  | 99.998    | -2                                   | 4                             | 100.002   | 2                                    | 4                             |
| 9  | 99.998    | -2                                   | 4                             | 100.003   | 3                                    | 9                             |
| 10 | 100.004   | 4                                    | 16                            | 99.998    | -2                                   | 4                             |

|  |   |
|--|---|
| $n = 10 \quad [\varepsilon_i] = 24 \quad [\varepsilon_i \varepsilon_i] = 76$<br><b>Mutlak hata</b> $t = 2.4 \text{ mm}$<br><b>Ortalama hata</b> $m_o = 2.8 \text{ mm}$<br>0 1 2 2 <u>2</u> 3 3 4 5 <b>Olası hata</b> $r = \pm 2 \text{ mm}$<br><b>Bağıl hata</b><br>$b = \frac{2.8}{100000} = 0.0000276 = \frac{1}{36274}$ | $n = 10 \quad [\varepsilon_i] = 34 \quad [\varepsilon_i \varepsilon_i] = 162$<br><b>Mutlak hata</b> $t = 3.4 \text{ mm}$<br><b>Ortalama hata</b> $m_o = 4.0 \text{ mm}$<br>0 1 2 2 <u>3</u> 3 5 5 6 7 <b>Olası hata</b> $r = \pm 3 \text{ mm}$<br><b>Bağıl hata</b><br>$b = \frac{4.0}{100000} = 0.0000402 = \frac{1}{24845}$ |
|--|---|

**Sonuç:** 1 numaralı ölçme ekibi için duyarlık ölçütleri daha küçük çıktığından bu ekibin ölçme doğruluğu diğer ekipten daha yüksektir.

Duyarlık ölçütleri arasında **Ortalama hata** > **Mutlak hata** > **Olası hata** yani  $m_o > t > r$  ilişkisi vardır.

## 5. Basit Ölçü Aletleri ve Kullanımı

### 5.1. Basit ölçü aletleri

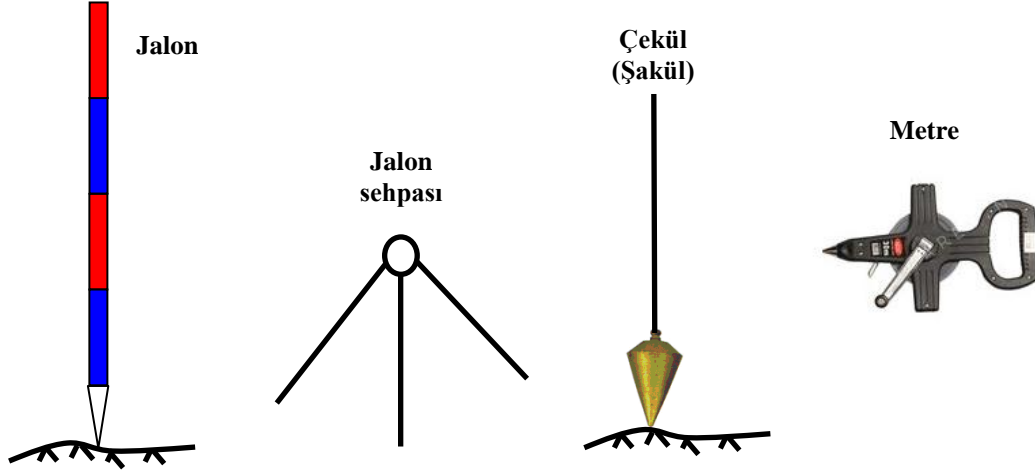
Ölçü işlerinde kullanılacak aletler ölçülecek arazinin büyüklüğüne ve ölçmede istenen hassasiyete göre seçilirler. Küçük alanların ve parsellerin ölçülmesinde basit ölçme aletleri kullanılır.

**Jalon:** Boyu 2 m, çapı 3-4 cm, sivri uçlu, metal borudan yapılmıştır. 50 cm de bir değişik rente boyanmıştır (kırmızı-beyaz, siyah-beyaz). Amaç görünebilirliği sağlamaktır. Nokta yerlerinin belirlenmesinde, doğrultuya girmede, alım ve aplikasyonda kullanılır.

**Jalon sehpası:** Jalonun düşey durmasını sağlar. Üçayaklı demirden yapılmıştır. Ayaklar içinden jalonun geçebileceği bir demir bileziğe bağlıdır.

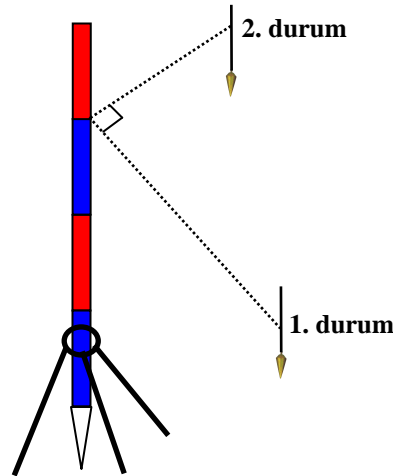
**Çekül:** Bir noktanın düşey izdüşümünün bulunmasında, jalonun ve ya aletlerin düşeylenmesinde kullanılır. Bir ipe asılı alt ucu sivri bir ağırlıktır.

**Çelik şerit metre:** Genellikle kısa mesafe uzunluk ölçüsünde kullanılır. 0.2-0.3 mm kalınlığında, 10-14 mm eninde çelikten veya invar adı verilen nikel demir alaşımından yapılmış 10-20-30-50 m uzunluklu ölçü aracıdır.



Şekil 4. Basit ölçü aletleri

#### 5.1.1. Bir Jalonun Çekül Yardımıyla Düşey Duruma Getirilmesi



Şekil 5. Jalonun düşeylenmesi

1. Jalon sehpa yardımıyla jalon nokta üzerine yaklaşık olarak düşeylenir.
2. Jalon sehpa'sının herhangi iki ayağını birleştiren doğruya dik olacak şekilde jalonla yaklaşık 1-2 m uzağında durularak sarkıtılan çekülün ipi jalonla çakıştırılır. Bunun için sehpa'nı iki ayağı sağa veya sola uygun yönde hareket ettirilir.
3. Jalonla durduğumuz noktadan geçen doğru ile dik açı oluşturacak şekilde yana geçerek üçüncü ayak hareket ettirilmesi suretiyle jalon ile çekülün ipinin çakışması sağlanır.
4. Bu işlemler gereği kadar tekrarlanarak jalon düşey duruma getirilir.

## 5.2. Yataydaki Noktaların Alım ve Aplikasyonu

Haritacılık ve haritalarda fiziksel yeryüzündeki detaylar genellikle geometrik şekillerle ifade edilir. Nokta, doğru, çokgen, vb. aslında nokta dışındaki tüm geometrik şekiller iki veya daha fazla noktanın bir araya gelmesi ile oluşur. Örneğin doğru iki nokta arasındaki mesafe ile, üçgen aynı doğrultuda olmayan üç nokta ile vb. gibi. Eğri detaylar bile haritaya aktarırken(alım) veya haritadan araziye aktarırken (aplikasyon) eğriyi temsi edebilecek noktalar kümesi ile temsil edilir. Bu nedenle ölçme işleminde noktaların alım ve aplikasyonu temel problemi teşkil eder.

Yataydaki noktaların alım ve aplikasyonu 4 farklı yöntemle yapılmaktadır.

1. Bağlama yöntemi.
2. Dik koordinat yöntemi.
3. Kutupsal koordinat yöntemi.
4. Kestirme yöntemi

Kutupsal koordinat ve Kestirme yöntemi gelişmiş araç ve aletlerle yapıldığından burada Bağlama ve Dik koordinat yöntemini açıklayacağız.

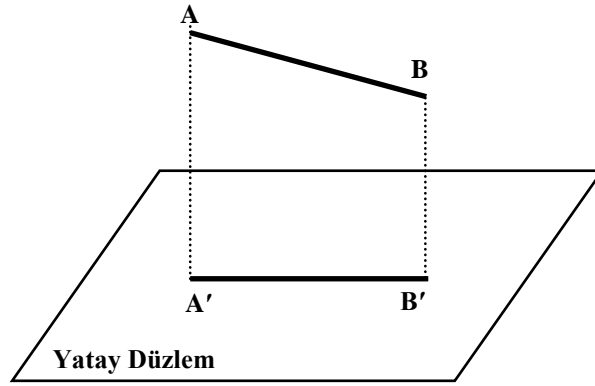
### 5.2.1. Bağlama yöntemi

Bir noktanın iki veya daha fazla noktaya olan mesafelerinden yararlanılarak yapılan alım ve aplikasyon işlemidir. Bu yöntem daha çok kayıp olan poligonların daha önce yapılan röperlerinden faydalanılarak bulunması için kullanılır. Daha önceden hazırlanan krokide mevcut olan üç sabit nokta bulunup krokideki ölçülere göre yapılmaktadır. En az iki kişi ile yapılır. İdeali üç kişi olmasıdır. **Üçgenleme** yöntemi kullanılmaktadır.



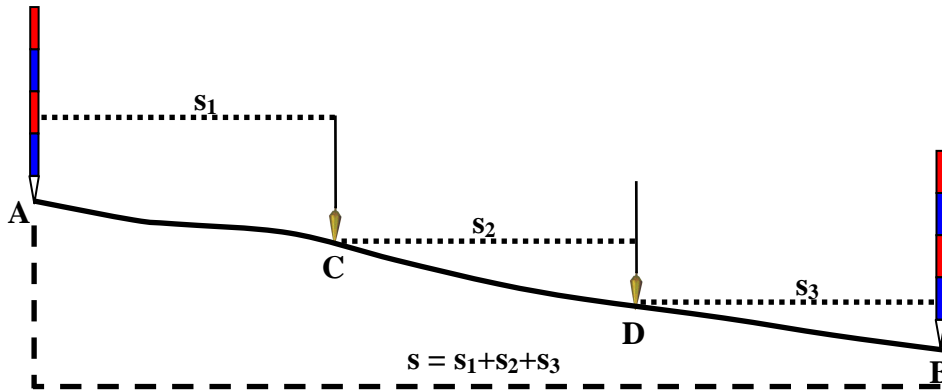
### 5.3. Yatay Uzunlukların Ölçülmesi

İki nokta arası uzunluk denildiğinde bu iki noktanın yatay bir düzlemdeki izdüşümlerini birleştiren noktalar arasındaki uzunluk anlaşılır. Dolayısıyla, harita üzerine aktarılan fiziksel yeryüzündeki tüm detaylar yatay düzlemde.



Şekil 7. Yatay uzunluk ölçüsü

Yöntemin esas ölçü sırasında çelik şerit metrenin yatay tutulmasıdır. Ölçü işlemi adımları şöyledir.



Şekil 8. Çelik şerit metre ile uzunluk ölçüsü

1. Çelik şerit metrenin sıfır noktası A noktasına tutulur.
2. A noktasındaki kişinin AB doğrultusunda ölçü yapılabilmesi için metreyi tutan kişiyi AB doğrultusuna sokar (doğrultu hatasını önlemek için).
3. AB doğrultusunda metre yatay tutulur ve uygun bir güçle gerilir (sarkma hatasını önlemek için).
4. Metre sonuna kadar açılır, 20 m çizgisinden çekül sallandırılır ve o noktaya belli olabilmesi için bir işaret konulur (C noktası).
5. Aynı işlem CD ve DB arasında tekrarlanır.

Bu işlem için 3 kişi gerekir.

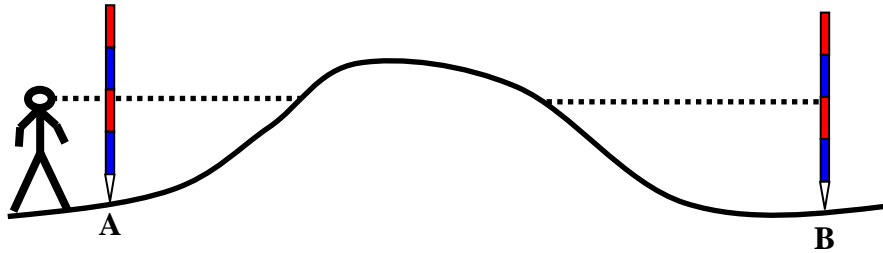
1. Metrenin sıfır noktasını birinci kişi tutar. Bu kişi metrenin diğer ucunu tutan kişiyi AB doğrultusuna sokar.
2. İkinci kişi metrenin diğer ucunu tutar. Çelik şerit metreyi gerer, doğrultuya girer. Şeridin ucunun izdüşümünü bulur ve o noktayı diğer kişinin bulabilmesi için işaretler.
3. Üçüncü kişi yardımcı elemandır. Noktalara jalon diker. İzdüşüm noktalarını geriden gelen elemana gösterir. Metrenin yataylanması rol oynar.

### 5.3.1. Yatay Uzunlukların Ölçülmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

1. Ölçü tam olarak ölçülecek kenar üzerinde yapılmalıdır. Bu durum metrenin sıfırını tutan kişinin diğerine istikamet vermesiyle sağlanır.
2. Ölçü sırasında çelik şerit metre yaklaşık 10 kg lık bir kuvvetle gerilmelidir.
3. Ölçü sırasında çelik şerit metre yatay tutulmalıdır. Yataylığı üçüncü bir şahıs yan taraftan bakarak sağlayabilir.
4. Ölçü sırasında şerit metre hiçbir zaman omuz hizasından yukarıda tutulmamalıdır. Eğimin fazla olduğu yerlerde şerit metre boyu 5, 10, 15 m gibi kısa tutularak ölçü yapılmalıdır.
5. Ölçülecek kenar yüksekten aşağıya doğru ölçülmelidir. Ölçüler gidiş-dönüş olarak yapılmalıdır.
6. Fazla eğimli arazide gidiş-dönüş yerine çift gidiş ölçüsü yapılmalıdır.

### 5.4. Doğruların Aplikasyonu

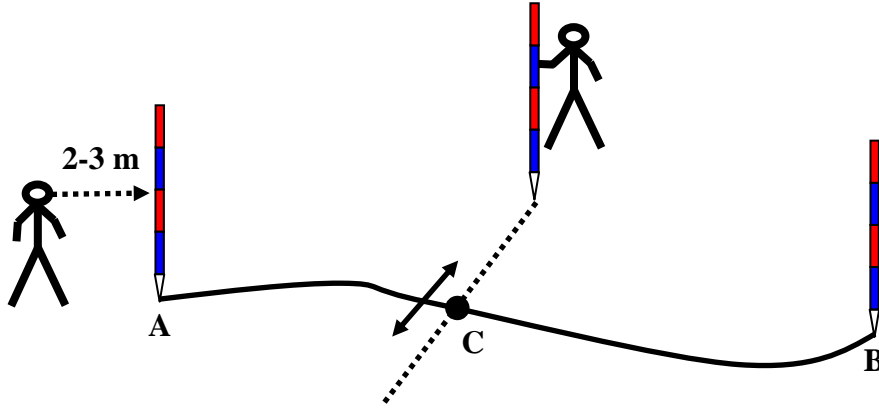
Bir doğru iki noktası ile belirlidir. Topoğrafik uygulamalarda bir doğrunun iki ucunun biliniyor olması doğrunun ölçülebilmesi için yeterli değildir. Görüş engeli bunu bazen mümkün kılmaz. Bunun için bazen doğruyu belirleyen iki uç nokta arasında doğru üzerinde başka noktalara ihtiyaç olabilir. Bu noktaların arazide belirlenmesi işlemine doğruların aplikasyonu denir.



Şekil 9. Arazide doğru belirleme

#### 5.4.1. Birbirini Gören İki Noktayı Birleştiren Bir Doğrunun Aplikasyonu

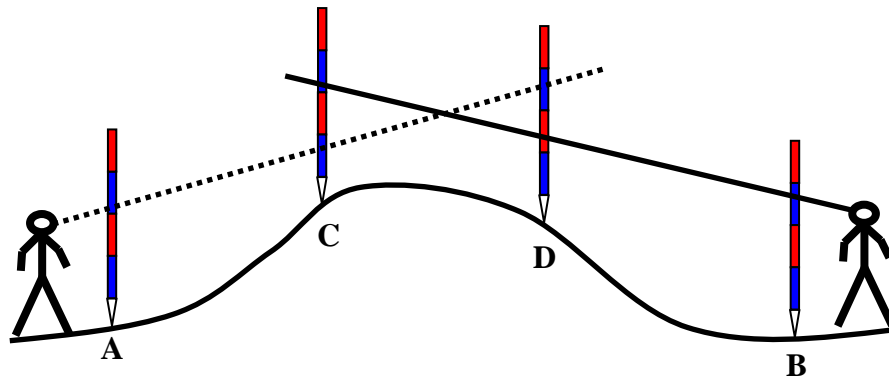
A ve B noktalarına birer jalon dikilir. Ölçmecilerden biri jalondan 2-3 m geride durarak elinde jalonla AB arasında bulunan diğer ölçmeciye doğrultu vererek onu AB doğrultusunda görene kadar iler-geri talimatları verir. Üç jalon çakışık görününce C noktası AB doğrultusu üzerinde olmuş olur.



Şekil 10. Birbirini gören iki noktayı birleştiren bir doğrunun aplikasyonu

#### 5.4.2. Birbirini Görmeyen İki Noktayı Birleştiren Bir Doğrunun Aplikasyonu

Bazı durumlarda aplikasyonu yapılacak doğrultunun bir ucundan diğerini görmek mümkün olmayabilir.



Şekil 11. Birbirini görmeyen iki noktayı birleştiren bir doğrunun aplikasyonu

Bu durumda A ve B noktalarına birer jalon dikilir. Elllerinde birer jalon bulunan iki jaloncu AB doğrusu üzerinde olduklarını sandıklarını ve doğrunun iki ucunu görebildiklerini sandıkları tepe üzerindeki C ve D noktalarına gelirler.

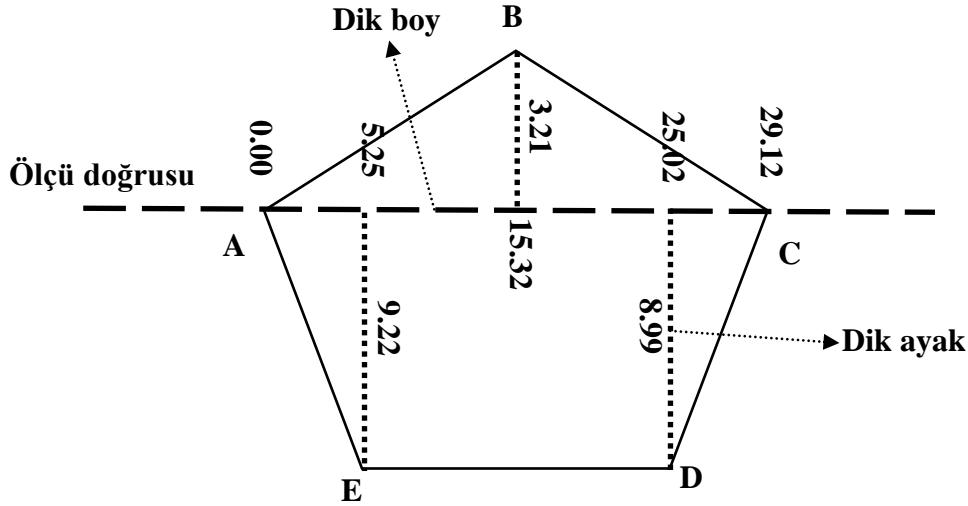
Doğrultuya girme işlemi için birinci adımda jalonculardan biri (mesela C'deki) D'deki jaloncuya CB doğrultusuna sokar. D'deki jaloncu  $D_1$  e gelir. İkinci adımda  $D_1$  deki jaloncu C'deki jaloncuyu  $D_1A$  doğrultusuna sokar. C'deki jaloncu  $C_1$  e gelir. Üçüncü adımda  $C_1$  deki jaloncu  $D_1$  deki jaloncuyu  $C_1B$  doğrultusuna sokar.  $D_1$  deki jaloncu  $D_2$  ye gelir. Bu işle her iki



Bu şekilde BE ve BD kenar ölçüleri alan hesabı için yeterlidir. AC, AD ve CE ölçüleri ise fazla ölçüdür. Bu ölçüler alan ve çizim kontrolü için fazladan ölçülmüştür.

### 5.5.2. Dik Koordinat Yöntemi alım

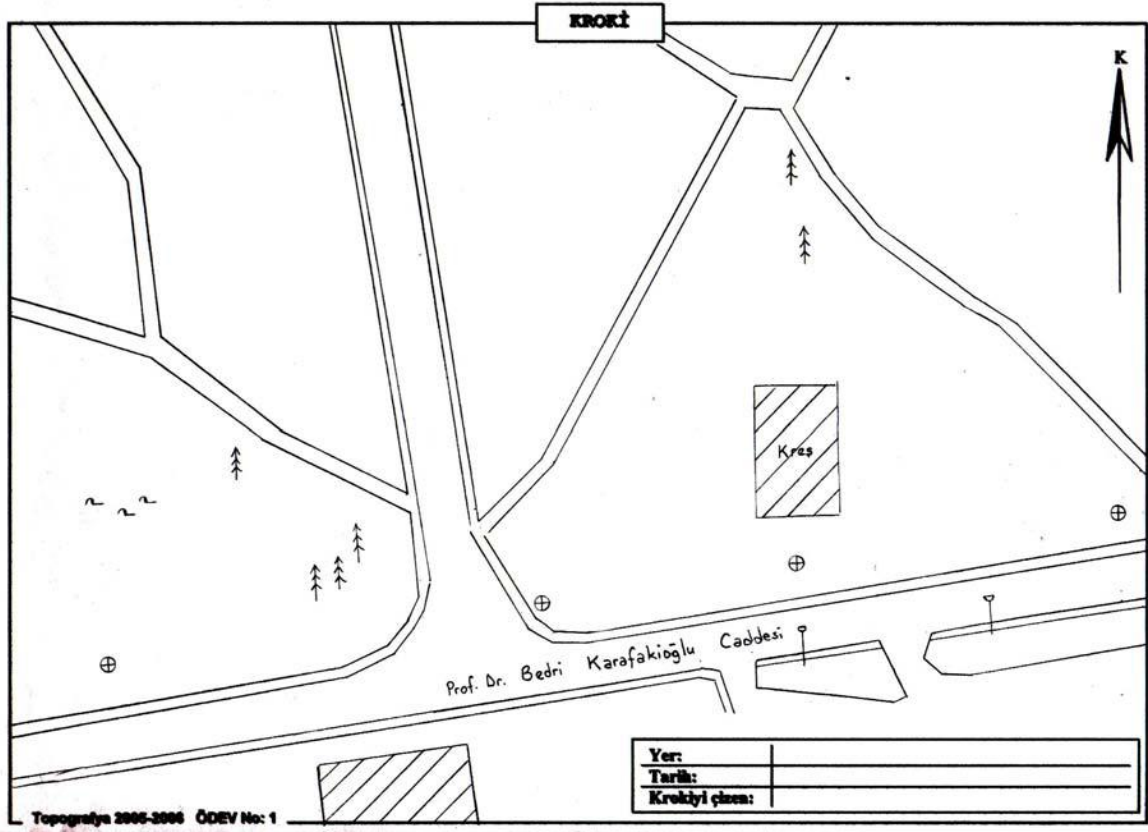
Bu yöntemin uygulamasında her ölçü doğrusu dik koordinat sisteminin bir eksenini kabul edilir. Ölçülmesi istenen noktalardan bu doğruya dikler inilir. Oluşan dik boylar ve dik ayak mesafeleri ölçülür. Dik inme işlemi için deneyimli teknik eleman ihtiyacı vardır. Bir noktada yapılan hata diğer noktaları etkilemez. Ölçü kontrolleri mümkün ve kolaydır. Parsel köşelerinden inilen dik boyları 30 m yi geçmemelidir. Bu yöntemde prizma, şakül, çelik şerit metre ve jalon kullanılır. Bu yöntemde parselin içinden geçen bir ölçü doğrusu seçilir. Köşelerden bu ölçü doğrusuna inen dik ayaklar ve dik boylar çelik şerit metre ile ölçülür.



Şekil 14. Dik koordinat yöntemi

### 5.5.3. Ölçü Krokileri

Alım sırasında ölçü verileri ve değerleri gösteren krokiler düzenlenir. Bunlara ölçü krokisi adı verilir. Yaklaşık ölçekte çizilirler. Krokilerde nerelerde ölçü yapıldığını ve hangi detayların ölçüldüğü ayrıntılı gösterilir. Krokilerdeki çizim, ölçü ve değerler herkesin anlayabileceği şekilde düzenlenmelidir. Ölçü krokileri ölçülerdeki kaba hataları ortaya çıkarabilmek için yaklaşık ölçekli olarak düzenlenirler.



Şekil 15. Ölçü Krokisi Örneği

Ölçü krokisini düzenlerken bazı hususlara dikkat edilmelidir.

1. Ölçü yapılan her nokta krokide bir nokta olarak gösterilir ve bunlar hiçbir çizgi ile birleştirilmez.
2. Ölçü doğrularının başlangıcına **0.00** yazılır. Son ölçünün altı paralel çift çizgi ile çizilerek belirlenir. Sürekli ölçüler ölçü doğrusuna dik ve ölçü doğrusunun serbest tarafına yazılır. Cephe ölçüleri ait oldukları kenarlara paralel olarak yazılır.
3. Zeminde çivi, boru, kazık veya benzeri tesislerle belirlenmiş ölçü noktaları krokide özel işaretleri ile gösterilir.
4. Binalar ve parsel sınırları sürekli çizgi ile, dikler ve ölçü doğruları kesik çizgi ile gösterilir. Eğer ölçü doğrusu aynı zamanda poligon kenarı ise noktalı çizgi ile gösterilir.
5. Binaların tüm cepheleri ölçülür. Kat adedi, cinsi ve kullanım amacı yazılır.
6. Nehir, dere, kanal, göl ve benzerlerinin sahil sınırları ve şevleri ölçülüp belirlenerek, cinsleri ve akış yönleri gösterilir.
7. Krokide yol ve mevki isimleri yazılır. Ölçüler cm ye kadar yapılır.
8. Krokinin sol üst köşesine ait olduğu yerin adı, kroki numarası, sağ üst köşeye kuzey işareti, alt kısma düzenlendiği tarih ve düzenleyenin adı soyadı yazılır.

## 6. Alan Hesapları

Alan hesabının doğruluğu alım şekline ve istenile hassasiyet derecesine göre değişir. Alan hesapları üç kısma ayrılmıştır.

- Ölçü değerlerine göre alan hesabı
- Ölçü ve plan değerlerine göre alan hesabı
- Plan değerlerine göre alan hesabı

Yöntemler içerisinde en doğru sonuç vereni ölçü değerlerine göre alan hesabıdır. Çünkü alanın doğruluğuna sadece ölçü hataları etki etmektedir. Bu yöntemde alanı hesaplanacak parsellerin belirli bir ölçekte çizilmesinde gerek yoktur. Diğer yöntemlerde alan hesabı yapılacak parseller belli bir ölçekte çizilmiş olmalıdır. Bu yöntemlerde çizim hatası, çizim altlığının deformasyonu, cetvelle yapılan ölçme hatası alan hesabını etkiler.

### 6.1. Ölçü Değerlerine Göre Alan Hesabı

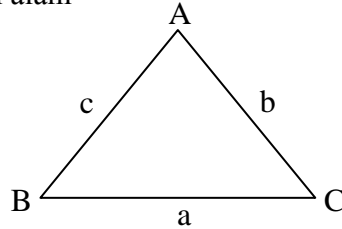
Bu yöntemde arazide yapılan ölçülere ait değerlerden yararlanılır.

#### 6.1.1. Alımın Bağlama Yöntemi İle Yapıldığı Durumlarda Alan Hesabı

Bu yöntemde alımı yapılmış parsellerin alan hesabında üç kenarı belli olan üçgenin alan bağıntısından yararlanılır. Üç kenarı belli bir üçgenin alanı

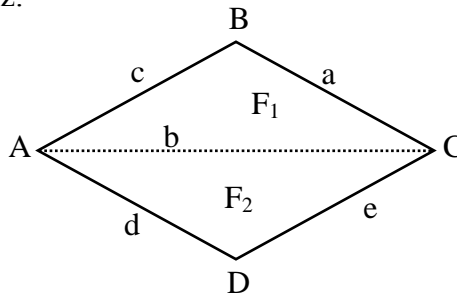
$$s = \frac{a + b + c}{2}$$

$$F = \sqrt{s \cdot (s - a) \cdot (s - b) \cdot (s - c)}$$



Şekil 16. Üç kenarı belli üçgen alanı

**Örnek:** Aşağıdaki ABCD parselinin alımı bağlama yöntemiyle yapılmıştır. Parselin kenarları  $a = 25.40$  m,  $b = 36.55$  m,  $c = 16.80$  m,  $d = 27.82$  m,  $e = 21.25$  m olarak ölçüldüğüne göre parselin alanını hesaplayınız.



$$s_1 = \frac{a + b + c}{2} = \frac{25.40 + 36.55 + 16.80}{2} = 39.37 \text{ m}$$

$$F_1 = \sqrt{s_1 \cdot (s_1 - a) \cdot (s_1 - b) \cdot (s_1 - c)}$$

$$F_1 = \sqrt{39.37 \cdot (39.37 - 25.40) \cdot (39.37 - 36.55) \cdot (39.37 - 16.80)} = 187.33 \text{ m}^2$$

$$s_2 = \frac{b + d + e}{2} = \frac{36.55 + 27.82 + 21.25}{2} = 42.81 \text{ m}$$

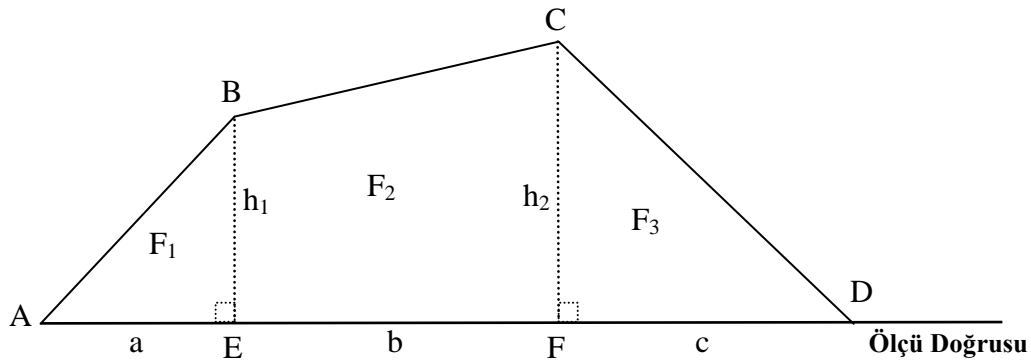
$$F_2 = \sqrt{s_2 \cdot (s_2 - b) \cdot (s_2 - d) \cdot (s_2 - e)}$$

$$F_2 = \sqrt{42.81 \cdot (42.81 - 36.55) \cdot (42.81 - 27.82) \cdot (42.81 - 21.25)} = 294.30 \text{ m}^2$$

$$F = F_1 + F_2 = 481.63 \text{ m}^2$$

### 6.1.2. Alımın Dik Koordinat Yöntemi İle Yapıldığı Durumlarda Alan Hesabı

Bu durumda parsel alanı yamuk ve üçgen alanlarından yararlanarak hesaplanabileceği gibi sadece üçgen alanlarından yararlanarak hesaplanabilir. Şekilde AEB ve CDF dik üçgen, BCFE bir dik yamuktur.



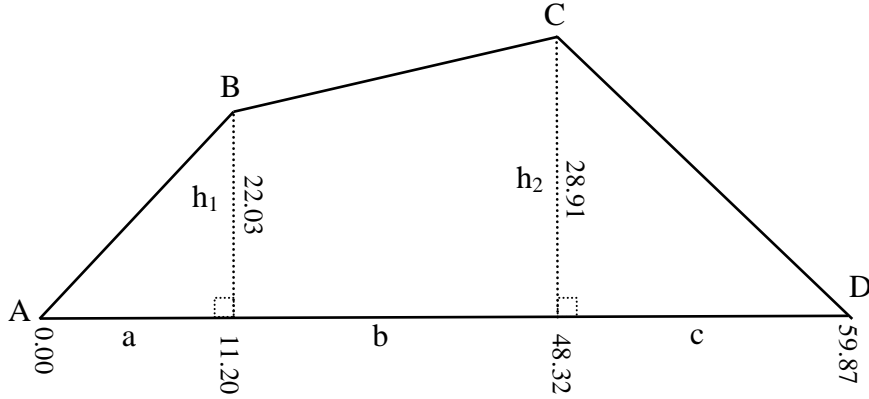
$$F_1 = \frac{a \cdot h_1}{2} \quad F_2 = \frac{b \cdot (h_1 + h_2)}{2} \quad F_3 = \frac{c \cdot h_2}{2} \quad F = F_1 + F_2 + F_3$$

$$2F = a \cdot h_1 + b \cdot (h_1 + h_2) + c \cdot h_2$$

$$2F = h_1 \cdot (a + b) + h_2 \cdot (b + c) \text{ Thomson alan Bağıntısı}$$

**Şekil 17.** Dik koordinat yöntemiyle alan hesabı

**Örnek:** Aşağıdaki ABCD parselinin alımı dik koordinat yöntemiyle yapılmıştır. Parsele ait ölçüler (metre biriminde) krokide gösterilmiştir. Buna göre parselin alanını hesaplayınız.



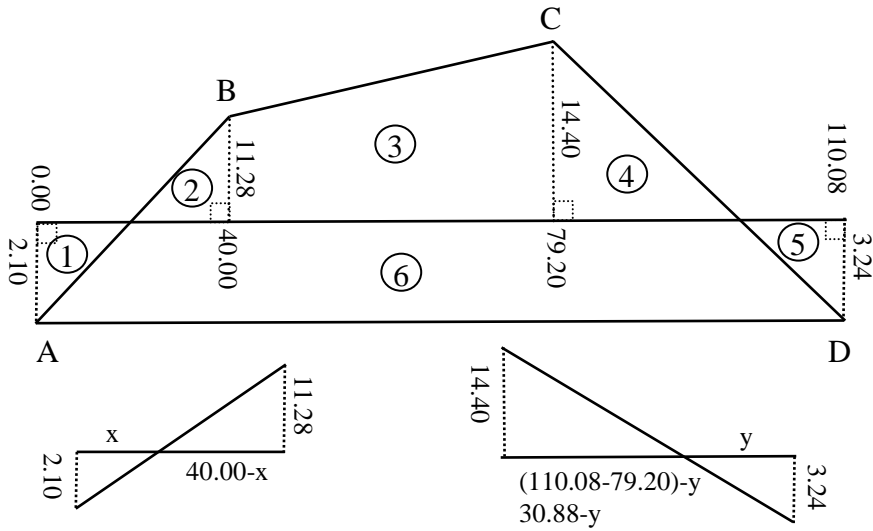
$$F_1 = \frac{a \cdot h_1}{2} = \frac{(11.20 - 0.00) \cdot 22.03}{2}$$

$$F_2 = \frac{b \cdot (h_1 + h_2)}{2} = \frac{(48.32 - 11.20) \cdot (22.03 + 28.91)}{2}$$

$$F = F_1 + F_2 + F_3 = 1235.77 \text{ m}^2$$

$$F_3 = \frac{c \cdot h_2}{2} = \frac{(59.87 - 48.32) \cdot 28.91}{2}$$

**Örnek:** Aşağıdaki ABCD parselinin alımı dik koordinat yöntemiyle yapılmıştır. Parsele ait ölçüler (metre biriminde) krokide gösterilmiştir. Buna göre parselin alanını hesaplayınız.



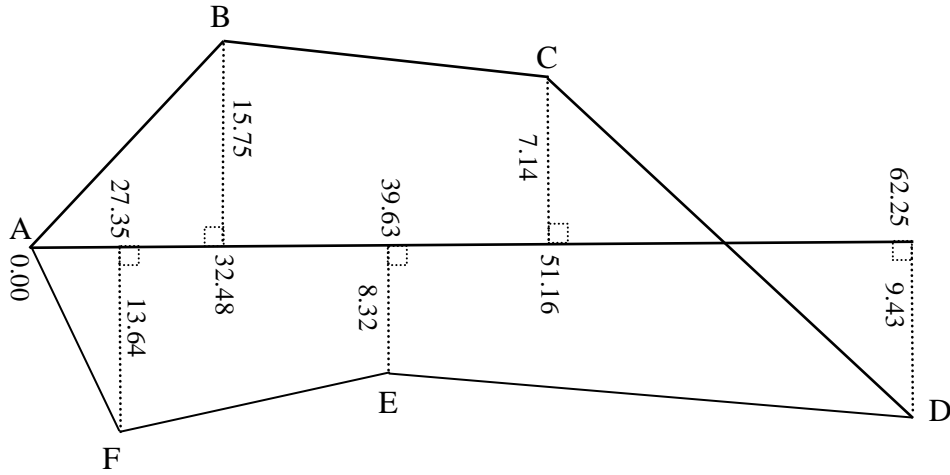
$$\frac{2.10}{11.28} = \frac{x}{40.00 - x} \rightarrow x = 6.28$$

$$\frac{3.24}{14.40} = \frac{y}{30.88 - y} \rightarrow y = 5.67$$

$$\begin{aligned}
1' \text{'in alanı} & \quad \frac{2.10 \cdot 6.28}{2} = 6.59 \text{ m}^2 \\
2' \text{'nin alanı} & \quad \frac{33.72 \cdot 11.28}{2} = 190.18 \text{ m}^2 \\
3' \text{'ün alanı} & \quad 39.20 \cdot \left( \frac{14.40 + 11.28}{2} \right) = 503.33 \text{ m}^2 \\
4' \text{'ün alanı} & \quad \frac{14.40 \cdot 25.21}{2} = 181.51 \text{ m}^2 \\
5' \text{'ün alanı} & \quad \frac{5.67 \cdot 3.24}{2} = 9.19 \text{ m}^2 \\
6' \text{'nın alanı} & \quad 110.08 \cdot \left( \frac{2.10 + 3.24}{2} \right) = 293.91 \text{ m}^2
\end{aligned}$$

$$F = 2 + 3 + 4 + 6 - (1 + 5) = 1153.15 \text{ m}^2$$

**Örnek:** Aşağıdaki ABCDEF parselinin alımı dik koordinat yöntemiyle yapılmıştır. Parsele ait ölçüler (metre biriminde) krokide gösterilmiştir. Buna göre parselin alanını hesaplayınız (Cevap: 979 m<sup>2</sup>).

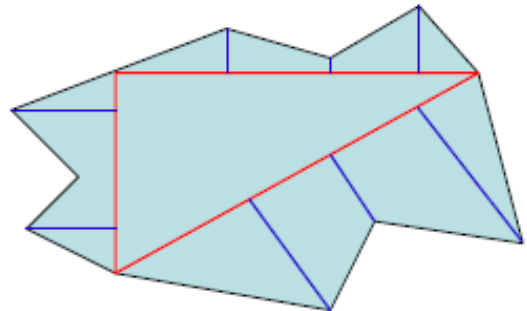


### 6.1.3. Karışık Yöntem

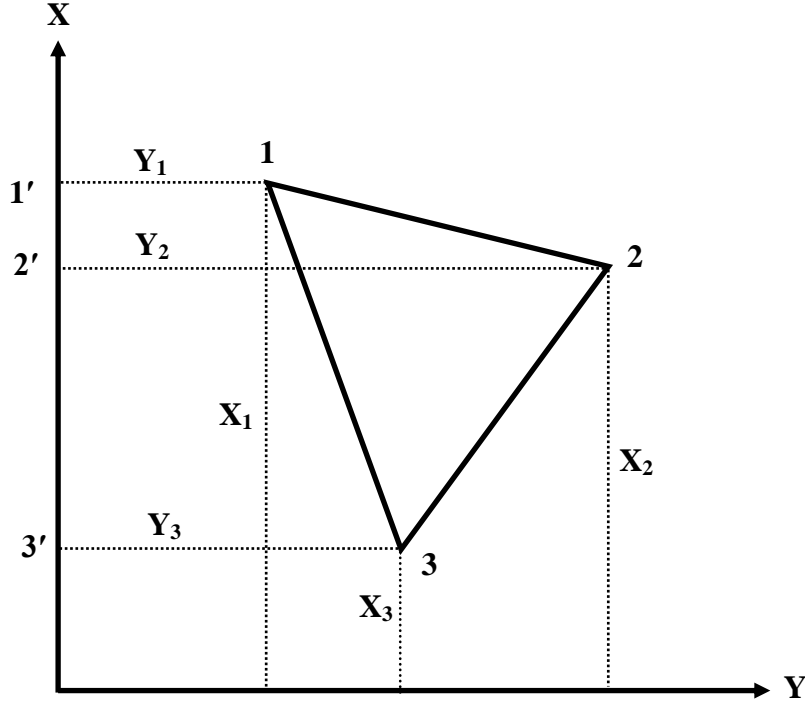
Ölçülecek arazinin büyük olduğu durumda uygulanır. Bağlama ve Dik koordinat yöntemlerinin karışımıdır.

Büyük üçgen bağlama yöntemine göre, küçük üçgenler ve yamuklar dik koordinat yöntemine göre değerlendirilir.

**Şeki 18.** Karışık Yöntem.



#### 6.1.4. Koordinatlarla Alan Hesabı ( GAUSS ALAN HESABI )



Şekil 19. Gauss alan hesabı

$F_{\text{alan}} = 122'1' \text{ yamuk alanı} + 2'233' \text{ yamuk alanı} - 1'133' \text{ yamuk alanı}$

$2F = (X_1 - X_2)(Y_1 + Y_2) + (X_2 - X_3)(Y_2 + Y_3) - (X_1 - X_3)(Y_1 + Y_3)$  bağıntı genelleştirilirse

$$2F = \sum (X_i - X_{i+1})(Y_i + Y_{i+1})$$

$$2F = X_1 \cdot Y_1 + X_1 \cdot Y_2 - X_2 \cdot Y_1 - X_2 \cdot Y_2 + X_2 \cdot Y_3 - X_2 \cdot Y_2 - X_3 \cdot Y_3 - X_1 \cdot Y_1 - X_1 \cdot Y_3 + X_3 \cdot Y_1 + X_3 \cdot Y_3$$

Bu ifadeyi X parantezine alırsak

$$2F = X_1 \cdot (Y_2 - Y_3) + X_2 \cdot (Y_3 - Y_1) + X_3 \cdot (Y_1 - Y_2)$$

$$\boxed{2F = \sum X_i \cdot (Y_{i+1} - Y_{i-1})}$$

Yukarıdaki ifadeyi Y parantezine alırsak

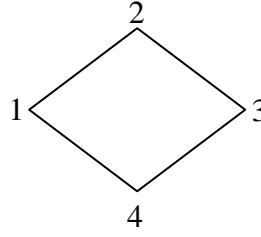
$$2F = Y_1 \cdot (X_3 - X_2) + Y_2 \cdot (X_1 - X_3) + Y_3 \cdot (X_2 - X_1)$$

$$2F = \sum Y_i \cdot (X_{i-1} - X_{i+1})$$

$$\boxed{2F = -\sum Y_i \cdot (X_{i+1} - X_{i-1})}$$

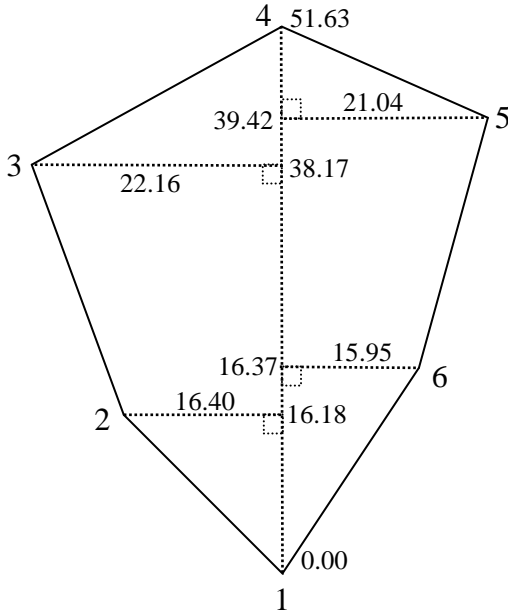
**Örnek:** Aşağıda koordinatları ve şekli verilen parselin alanını Gauss Alan bağıntısı ile kontrollü olarak hesaplayınız.

| No | Y (m)   | X (m)   |
|----|---------|---------|
| 1  | 8032.66 | 6060.47 |
| 2  | 8073.98 | 6111.09 |
| 3  | 8110.96 | 6064.70 |
| 4  | 8042.87 | 6013.39 |

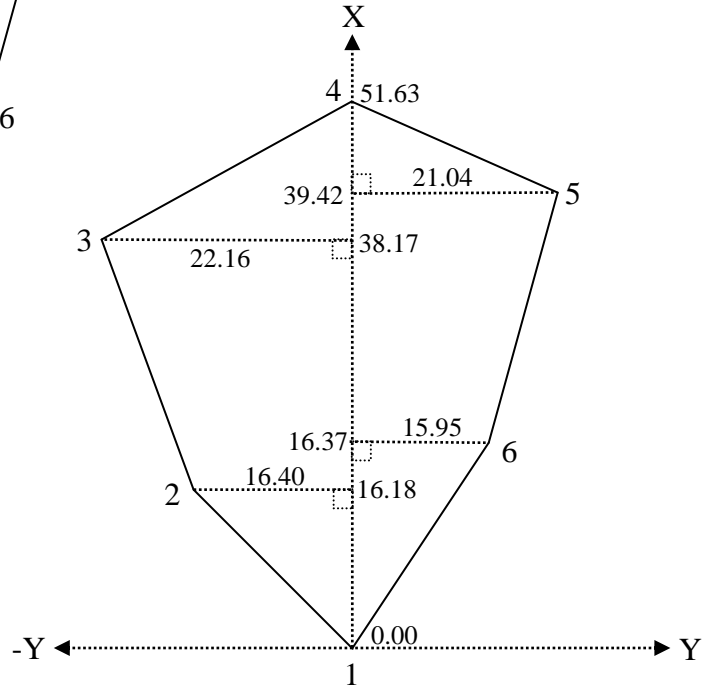


| No | Y (m)   | X (m)   | $\Delta Y = Y_{i+1} - Y_{i-1}$ | $\Delta X = X_{i+1} - X_{i-1}$ | $X \cdot \Delta Y$               | $Y \cdot \Delta X$ |
|----|---------|---------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| 1  | 8032.66 | 6060.47 |                                |                                |                                  |                    |
| 2  | 8073.98 | 6111.09 | $(Y_3 - Y_1) \quad 78.30$      | $(X_3 - X_1) \quad -4.23$      | 478498.35                        | 34152.9354         |
| 3  | 8110.96 | 6064.70 | $(Y_4 - Y_2) \quad -31.11$     | $(X_4 - X_2) \quad 97.70$      | -188672.82                       | -792440.79         |
| 4  | 8042.87 | 6013.39 | $(Y_1 - Y_3) \quad -78.30$     | $(X_1 - X_3) \quad 4.23$       | -470848.44                       | -34021.34          |
| 1  | 8032.66 | 6060.47 | $(Y_2 - Y_4) \quad 31.11$      | $(X_2 - X_4) \quad -97.70$     | 188541.22                        | 784790.882         |
| 2  | 8073.98 | 6111.09 |                                |                                | $2F = 7518.31$                   | $2F = 7518.31$     |
|    |         |         | Toplam = 0.00                  | Toplam = 0.00                  | <b>F = 3759.16 m<sup>2</sup></b> |                    |

**Örnek:** Aşağıda şekli verilen parselin alanını Gauss Alan bağıntısı ile kontrollü olarak hesaplayınız.



**Çözüm:** Bu parselin alanını hesaplayabilmek için parseli dik koordinat sisteminde temsil edebilecek eksenleri tanımlamak gerekir. Eksenler tanımlandıktan sonra noktalara ait dik koordinatlar, dik boy ve dik ayaklardan yararlanarak belirlenir.

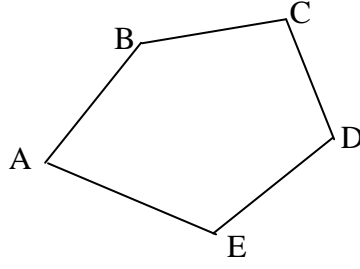


| No | Y (m)  | X (m) |
|----|--------|-------|
| 1  | 0.00   | 0.00  |
| 2  | -16.40 | 16.18 |
| 3  | -22.16 | 38.17 |
| 4  | 0.00   | 51.63 |
| 5  | 21.04  | 39.42 |
| 6  | 15.95  | 16.37 |

Parselin Alanı  
F = 1391.09 m<sup>2</sup>

**Örnek:** Aşağıda köşe noktalarının koordinatları verilen parselin alanını Gauss alan formülleriyle ara işlemleri göstererek kontrollü olarak bulunuz. **Cevap:** 740.92 m<sup>2</sup>

| No | Y (m)  | X (m)  |
|----|--------|--------|
| A  | 301,36 | 116,71 |
| D  | 348,19 | 125,22 |
| C  | 335,62 | 139,43 |
| B  | 328,43 | 134,56 |
| E  | 312,66 | 103,54 |



**Örnek:** Aşağıda koordinatları verilen parselin şeklini çizin ve alanını Gauss alan formülleriyle hesaplayınız. **Cevap:** 3060.68 m<sup>2</sup>

| No | Y (m)  | X (m)  |
|----|--------|--------|
| 1  | 0.00   | 0.00   |
| 2  | 20.10  | 20.55  |
| 3  | 55.20  | 25.50  |
| 4  | 88.25  | 12.20  |
| 5  | 105.17 | -17.78 |
| 6  | 73.18  | -14.40 |
| 7  | 41.25  | -19.83 |

**Örnek:** Aşağıda koordinatları verilen parselin şeklini çizin ve alanını Gauss alan formülleriyle hesaplayınız. **Cevap:** 16500 m<sup>2</sup>

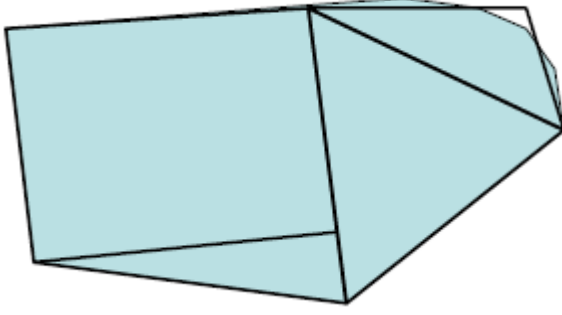
| No | Y (m) | X (m) |
|----|-------|-------|
| 1  | 100   | 200   |
| 2  | 200   | 300   |
| 3  | 300   | 250   |
| 4  | 250   | 180   |
| 5  | 150   | 150   |

## 6.2. Ölçü veya Plan Değerlerine Göre Alan Hesabı

Elde çizilmiş planlar olduğunda ve çok hassaslık gerekmediğinde alanlar planlardan ölçülebilir.

### 6.2.1. Geometrik şekillere bölme yöntemi

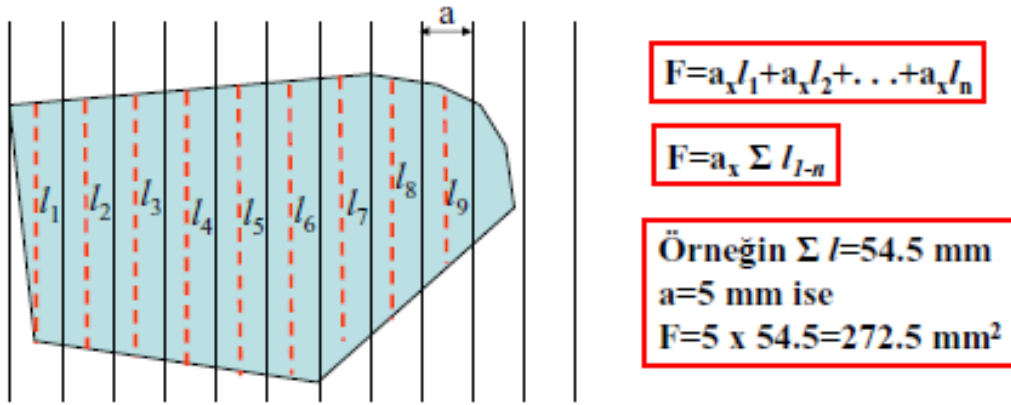
Alanı üçgen ve dörtgenlere bölüp bu şekillerin alanlarını ölçme esasına dayanır. Eğer eğrisel kenar varsa üçgenin içinde ve dışında kalan alanın eşit olması sağlanır.



**Şekil 20.** Geometrik şekillere bölme yöntemi

### 6.2.2. Paralel Çizgili Diyagram

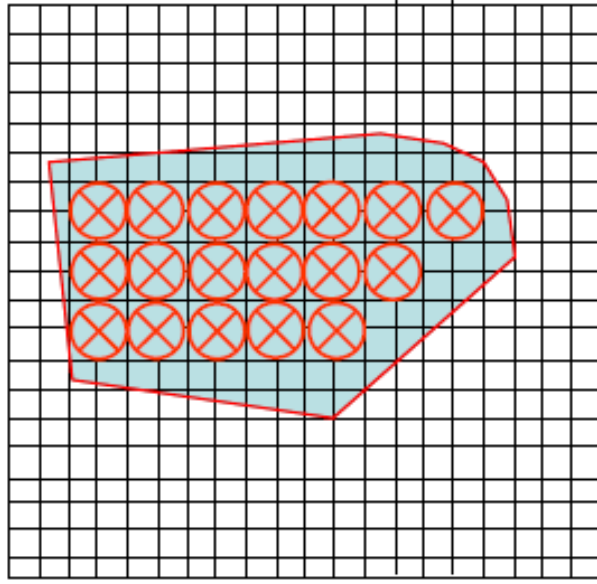
Paralel çizgili Diyagram, eşit aralıklarla saydam kağıtlara çizilmiş bir diyagramdır. Alan üzerine yerleştirilir. Böylece alan üçgen ve yamuklara bölünmüş olur. Kenar çizginin iki tarafında eşit alan açığa bırakılır.



**Şekil 21.** Paralel Çizgili Diyagram

### 6.2.3. Kare Çizgili Diyagram

Genellikle milimetrik kağıt üzerine çizilmiş planlarda veya mevcut planların üzerine şeffaf milimetrik kağıt vb. konularak yapılan bir hesaplama yöntemidir.



$1 \text{ cm}^2 \rightarrow 18 \text{ adet}$   
 $0.25 \text{ cm}^2 \rightarrow 32 \text{ adet}$   
 $1 \text{ mm}^2 \rightarrow 327 \text{ adet}$   
 **$F = 29.27 \text{ cm}^2$**

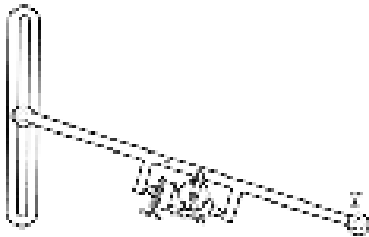
Şekil 22. Kare Çizgili Diyagram

#### 6.2.4. Planimetrik (Mekanik ) Alan Hesabı

Çizilmiş planlardan alanları mekanik olarak ölçmeye yarayan araçlara planimetre denir.

Planimetreler:

- a) Doğrusal (kullanılmamaktadır)
  - b) Kutupsal (kullanımı giderek azalmakta)
  - c) Sayısal (dijital)
- olmak üzere üçe ayrılır



a) Doğrusal



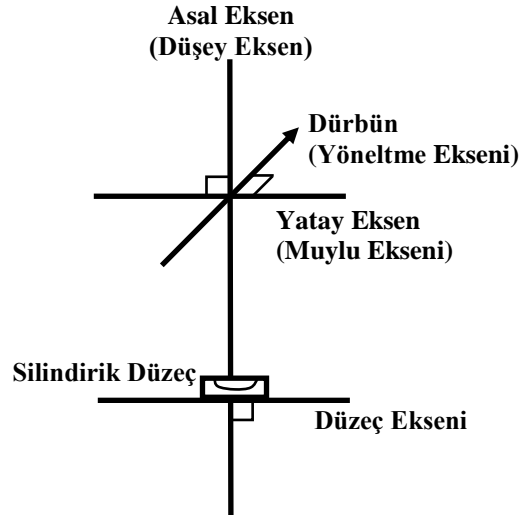
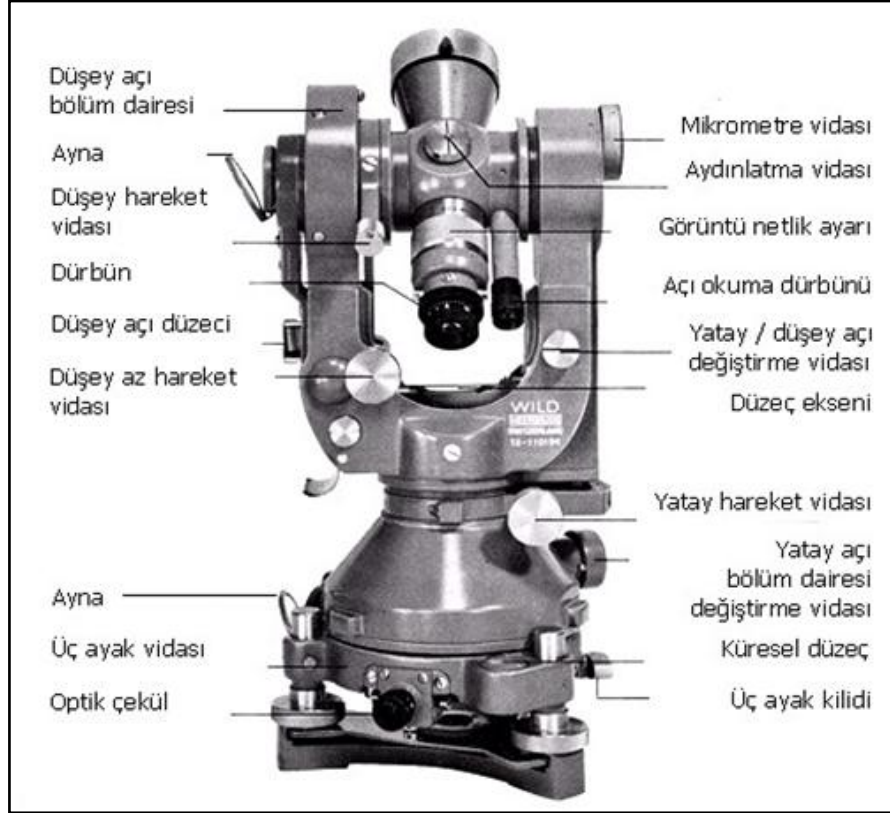
b) Kutupsal



c) Sayısal (dijital)

Şekil 23. Planimetreler

## 7. Teodolit



Şekil 24. Teodolit yapısı ve Eksen şartları

### Eksen Şartları ve Eksenler

|                |   |             |
|----------------|---|-------------|
| Yöneltme Eksen | ⊥ | Yatay Eksen |
| Düzec Eksen    | ⊥ | Asal Eksen  |
| Yatay Eksen    | ⊥ | Asal Eksen  |

Eğer diklik şartları sağlanmaz ise hatalı ölçü yapılmış olur!

**Yatay Eksen:** Dürbünün etrafında döndüğü eksenidir.

**Asal Eksen:** Çekül doğrultusundaki eksen

**Düzeç Ekseni:** Düzecin üzerinde bulunduğu eksen

**Yöneltme Ekseni:** Kıllar şebekesinin kesim noktası ile objektifin merkezinden geçen doğru

**Dürbün:** Teodoliti hedefe yöneltir.

**Düzeç (küresel, silindirik):** Asal ekseni düşeylemeye yarar.

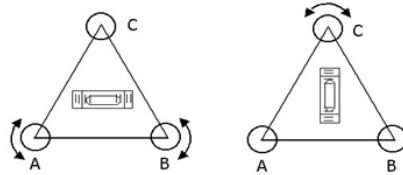
**Yatay daire:** Merkezi asal eksen üzerindedir. 400g ye bölünmüştür. Yatay doğrultuların ölçülmesini sağlar.

**Düşey Daire:** Merkezi yatay eksen üzerindedir. Düşey açılarının ölçülmesini sağlar.

### 7.1. Teodolitın Nokta Üzerine Kurulması

Arazideki bir noktaya aletin kurulması demek, düşeylenmiş asal eksenin zemin işaretinin merkezinden geçmesini sağlamak demektir.

1. Bunun için alet, sehpa ile beraber kabaca nokta üzerine yerleştirilir.
2. Sehpanın iki ayağı elle tutularak ve göz optik çekülde olmak üzere, sehpa ileri-geri ve sağa-sola hareket ettirilerek, optik çekül kıllarının kesişme noktası ile zemin işaretinin merkezi çakıştırılır.
3. Bu arada sehpa üst tablasının olabildiğince yatay olmasına dikkat edilir.
4. Daha sonra sehpa ayakları üzerine basılarak toprağa sabitlenir.
5. Optik çekülde kayma olup olmadığına bakılır.
6. Kayma varsa, sehpayı alete bağlayan vida gevşetilerek alet sehpa üzerinde bir miktar hareket ettirilerek sapmalar giderilir.
7. Küresel düzecin kabarcığı hangi tarafa kaymışsa, o taraftaki sehpa ayağı kısaltılarak kabarcık ortalanır.
8. Silindirik düzeçle alet düzeçlenir. Bunun için silindirik düzeç iki düzeçleme ayağına paralel duruma getirilir. İki düzeçleme vidası da içe ve ya dışa çevirtilerek, silindirik düzeç kabarcığı ortalanır.



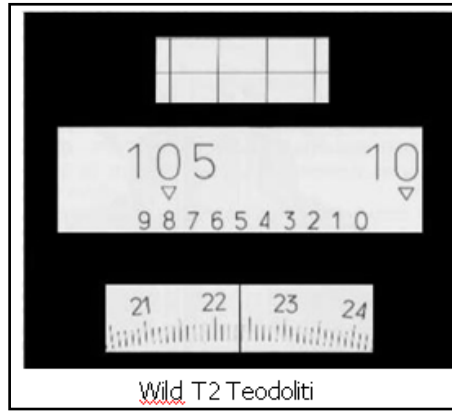
9. Alet asal eksen etrafında  $100^\circ$  çevirtilerek, üçüncü ayağı ile kabarcık bir kez daha ortalanır.
10. Alet asal eksen etrafında tekrar çevrilir. Silindirik düzeçte kaymalar varsa düzeçleme işlemi tekrar edilir.
11. Optik çekülün durumu kontrol edilir.
12. Küçük kaymalar varsa sehpa bağlama vidası gevşetilerek, alet tabla üzerinde hafifçe uygun yönde hareket ettirilerek çakışma sağlanır.

13. Düzec yeniden kontrol edilir.
14. Şayet küçük hareketlerle bu çakışma sağlanamıyorsa ve çakışma sağlandığında düzeçte kayma varsa işlem yeniden tekrarlanır.

## 7.2. Teodolit Doğrultu ve Açı Okuma Düzeni

Teodolitlerde, açı bölümlerinin üzerine çizildiği daireye açı bölüm dairesi denilir. Yatay açıların üzerine çizildiği daireye **yatay açı bölüm dairesi** ya da kısaca yatay daire; düşey açıların üzerine çizildiği daireye de **düşey açı bölüm dairesi** ya da kısaca düşey daire denir. Açılar bu iki açı dairesinden okunur.

Teodolit yardımıyla doğrultular ve düşey açılar direk ölçülür. Yatay doğrultular ve düşey açılar **açı okuma dürbünü** yardımıyla aynı yerden okunur. Hangisini okuyacağımıza **yatay/düşey açı değiştirme vidası** yardımı ile karar veririz.



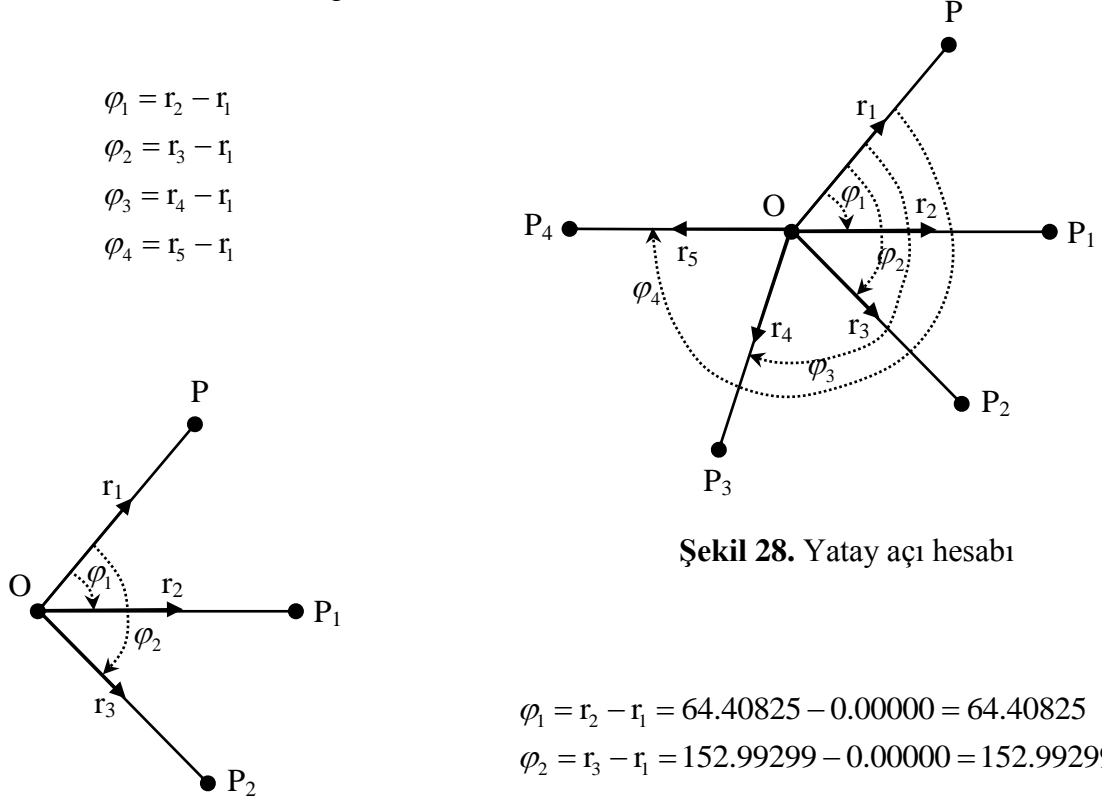
Şekil 26 Teodolit açı okuma düzeni

1. Açının okunması için önce mikrometre vidası döndürülerek açı penceresinde görünen çizgiler çakıştırılır.
2. Açı bölüm penceresindeki görünen açı değeri hangi değerin üzerinde ise bu iki değer doğrudan okunurlar ve **105** ve **8** = **105<sup>g</sup>.8** şeklinde yazılırlar.
3. Alttaki mikrometreden ise **22** değeri okunur. Bu durumda açı **105<sup>g</sup>.822** değerini alır.
4. 22 ile 23 arası 10 birimdir. Çizginin 22 den itibaren ne kadar ilerde olduğu sayılır (**3** birim geçmiş). Bu durumda açı **105<sup>g</sup>.8223** değerini alır.
5. 3 birim ile 4 birim arası değer göz kararı tahmin edilir (bana göre **8**). Bu durumda açı değeri **105<sup>g</sup>.82238** değerini alır.



#### 7.4. Yatay Açı Hesabı

Bir O noktasından çıkan P, P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub> ışınları arasındaki yatay açılar herhangi bir başlangıç (P noktası) doğrultusuna göre saat ibresi yönünde ölçülen ve kendilerini sınırlayan doğrultuların farkları olarak hesap edilir.



$$\varphi_1 = r_2 - r_1 = 64.40825 - 0.00000 = 64.40825$$

$$\varphi_2 = r_3 - r_1 = 152.99299 - 0.00000 = 152.99299$$

| DN | BN             | Ölçülen Doğrultular |           | Sıfıra İndirgenmiş Doğrultular |           |           | Silsileler ortalaması |                |
|----|----------------|---------------------|-----------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------------------|----------------|
|    |                | I. Durum            | II. Durum | I. Durum                       | II. Durum | Ortalama  |                       |                |
| O  | P              | 0.0070              | 200.0075  | 0.0000                         | 0.0000    | 0.00000   | 0.00000               | r <sub>1</sub> |
|    | P <sub>1</sub> | 64.4146             | 264.4146  | 64.4076                        | 64.4071   | 64.40735  | 64.40825              | r <sub>2</sub> |
|    | P <sub>2</sub> | 152.9993            | 352.9987  | 152.9923                       | 152.9912  | 152.99175 | 152.99299             | r <sub>3</sub> |

#### 7.5. Düşey Açı Ölçüsü ve Hesabı

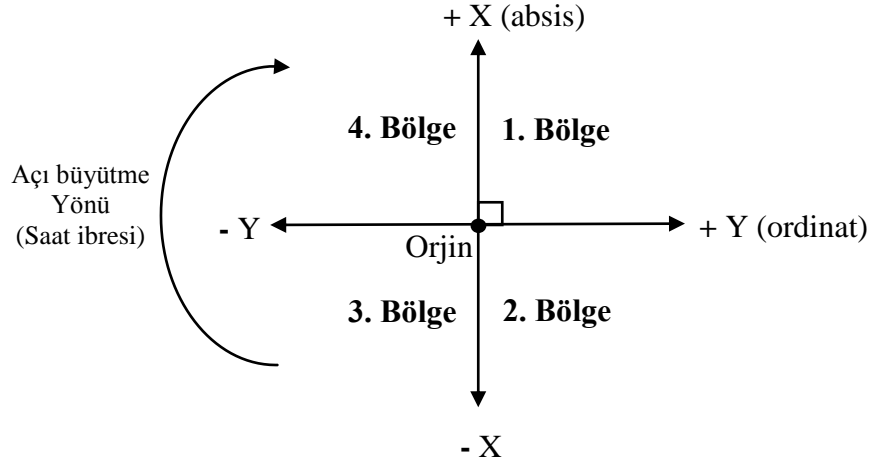
1. Dürbün birinci durumda hedefe tatbik edilir ve z<sub>1</sub> okuması yapılır.
2. Dürbün takla attırılır. Saat ibresi yönünde 200g döndürülür. Dürbün ikinci duruma getirilir ve z<sub>2</sub> okuması yapılır.
3. z<sub>1</sub> + z<sub>2</sub> = 400g olmalıdır.

| DN | BN             | Dürbün Durumu | Okumalar        | Düzeltilme | Düşey Açı       |
|----|----------------|---------------|-----------------|------------|-----------------|
| O  | P <sub>1</sub> | I             | 79.1862         | +11        | <b>79.1873</b>  |
|    |                | II            | 320.8116        | +11        | 320.8127        |
|    |                |               | <b>399.9978</b> | +22        | <b>400.0000</b> |

## 8. Koordinat sistemleri ve Temel Ödevler

### 8.1. Dik Koordinat Sistemi

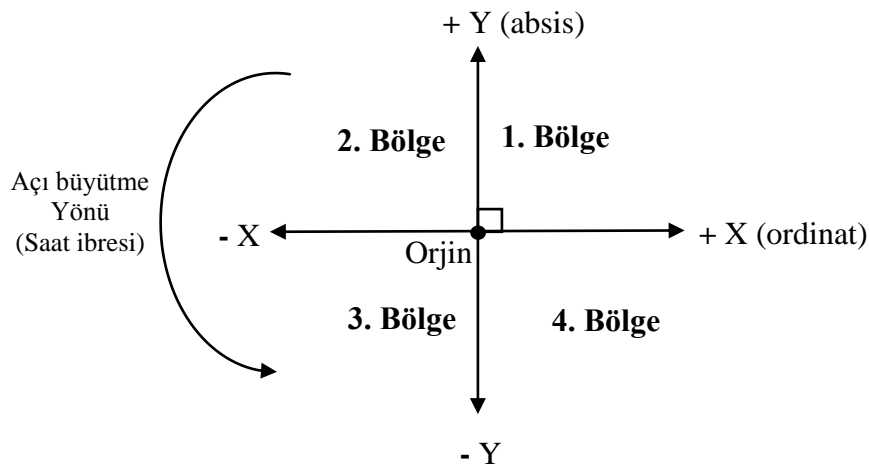
Noktaların bir düzlem içinde birbirlerine göre konumlarını belirlemek için, birbirini dik açı altında kesen iki doğru kullanılır. Buna dik koordinat sistemi denir.



**Şekil 29.** Harita Mühendisliğinde dik koordinat sistemi

Koordinat eksenleri olarak kuzeye giden yön X eksen, doğu-batı yönündeki eksen ise Y eksenidir. Eksenler birbirine diktir. Eksenlerin kesişme noktasına orjin (başlangıç) noktası adı verilir. Bu sistemde açı büyütme yönü saat ibresi yönüdür. Bir noktanın X eksenine olan uzaklığına Y koordinatı, Y eksenine olan uzaklığına da X koordinatı denir.

Şekilden görüldüğü gibi X ve Y koordinat eksenleri matematik ve trigonometridekinden farklı olarak X ve Y yer değiştirmiştir.

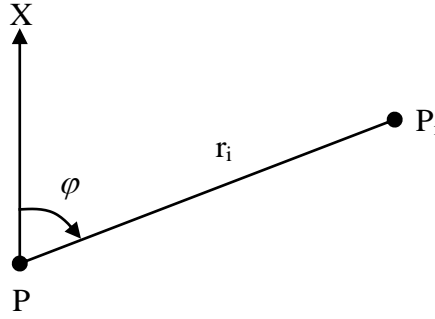


**Şekil 29.** Matematik ve Trigonometride dik koordinat sistemi

Trigonometride açı büyütme yönü saat ibresinin tersi yönüdür. Bu hareket haritacılıkta kullanılan ölçme aletlerinin açı ölçme bölüm dairelerine ters düşmektedir. Haritacılıkta kullanılan ölçme aletleri ile hesaplamada matematik formüllerin kullanılabilmesi için eksen isimlerinde ve açı büyütme yönünde değişiklik yapılmıştır.

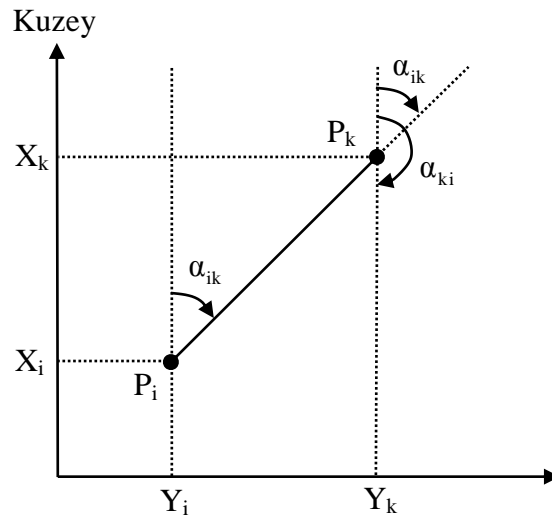
## 8.2. Kutupsal Koordinat Sistemi

Kutupsal koordinatlarda kutup denilen ve ölçüde genelde istasyon noktası olan (P) bir nokta ve bu noktadan geçen bir başlangıç yönü vardır. Bu sistemde bir  $P_i$  noktasının yeri; bu noktayı kutup noktasına birleştiren doğrunun başlangıç yönü, yaptığı  $\varphi$  açısı ve noktanın kutba olan uzaklığı ( $r_i$ ) cinsinden belli olur.  $\varphi$  açısı genellikle kuzeyi gösteren başlangıç yönünden itibaren saat ibresi yönünde okunur.



Şekil 30. Kutupsal koordinat sistemi

## 8.3. Semt Açısı



Şekil 31. Semt açısı

Bir koordinatları  $X_i, Y_i$  olan bir  $P_i$  noktasından koordinatları  $X_k, Y_k$  olan bir  $P_k$  noktasına giden doğrunun kuzeye bakan X eksenini ile yaptığı  $\alpha_{ik}$  açısına  $P_iP_k$  doğrusunun **semti** denir ve  $(P_iP_k)$  ifadesiyle gösterilir. Bir semt, X ekseninin kuzey yönünden itibaren saat ibresi yönünde  $0^\circ$  dan  $400^\circ$  a kadar değerler alabilir. Bu doğrunun iki ucundaki semtler arasında aşağıdaki ilişki vardır.

$$\alpha_{ki} = \alpha_{ik} \pm 200^\circ$$

$$(p_k p_i) = (p_i p_k) \pm 200^\circ$$

#### 8.4. Temel Ödevler

Temel ödevler koordinat hesabında karşılaşılan durumların çözümlerini içermektedir.

##### 8.4.1. I. Temel Ödev

| Bilinenler               | İstenenler |
|--------------------------|------------|
| $Y_a, X_a$ koordinatları | $Y_b, X_b$ |
| $AB = s$ uzunluğu        |            |
| $(AB)$ semti             |            |

$$\Delta X = X_b - X_a \quad X_b = X_a + \Delta X$$

$$\Delta Y = Y_b - Y_a \quad Y_b = Y_a + \Delta Y$$

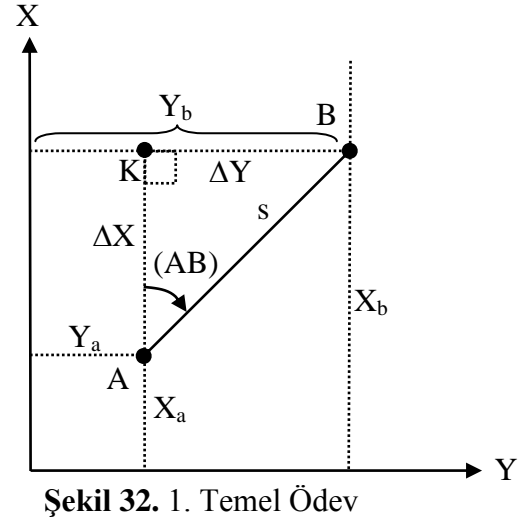
ABK dik üçgeninden

$$\sin(AB) = \frac{\Delta Y}{s} \quad \Delta Y = s \cdot \sin(AB)$$

$$\cos(AB) = \frac{\Delta X}{s} \quad \Delta X = s \cdot \cos(AB)$$

$$Y_b = Y_a + s \cdot \sin(AB)$$

$$X_b = X_a + s \cdot \cos(AB)$$



Şekil 32. 1. Temel Ödev

**Örnek:**

**Bilinenler**

$$Y_a = 5325.87 \text{ m}$$

$$X_a = 3410.43 \text{ m}$$

$$AB = s = 197.16 \text{ m}$$

$$(AB) = 77^\circ.1690$$

**İstenenler**

$$Y_b = 5325.87 + 197.16 \cdot \sin(77.1690) = 5510.49$$

$$X_b = 3410.43 + 197.16 \cdot \cos(77.1690) = 3479.63$$

### 8.4.2. II. Temel Ödev

| Bilinenler                             | İstenenler                               |
|--|--|
| $Y_a, X_a$ koordinatları<br>$Y_b, X_b$ | $AB = s = \text{uzunluğu}$<br>(AB) semti |

ABK dik üçgeninden

$$\tan(AB) = \frac{\Delta Y}{\Delta X} = \frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}$$

$$\sin(AB) = \frac{\Delta Y}{s} = \frac{Y_b - Y_a}{s}$$

$$\cos(AB) = \frac{\Delta X}{s} = \frac{X_b - X_a}{s}$$

$$s = \frac{\Delta Y}{\sin(AB)} = \frac{\Delta X}{\cos(AB)}$$

$$(AB) = \arctan\left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right) = \arctan\left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right)$$

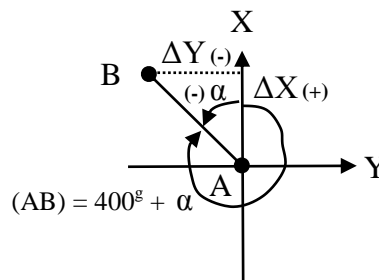
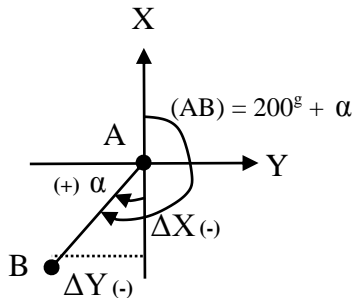
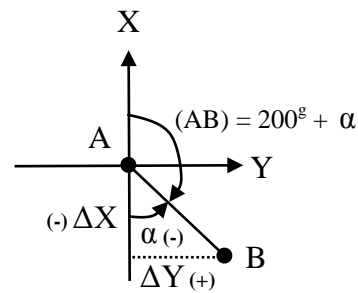
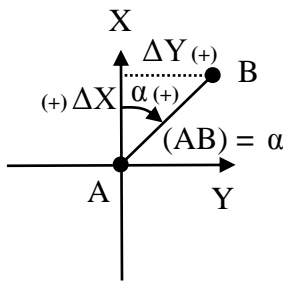
$$s = \frac{\Delta Y}{\sin(AB)} = \frac{Y_b - Y_a}{\sin(AB)} \quad \text{sinüs teoremi}$$

$$s = \frac{\Delta X}{\cos(AB)} = \frac{X_b - X_a}{\cos(AB)} \quad \text{kosinüs teoremi}$$

$$s = \sqrt{(\Delta Y)^2 + (\Delta X)^2} = \sqrt{(Y_b - Y_a)^2 + (X_b - X_a)^2}$$

(AB) semtinin  $\Delta X$  ve  $\Delta Y$  nin alabileceği pozitif ve negatif değerlerden dolayı kaçınıcı bölgede olduğunu tespit etmek için  $\Delta X$  ve  $\Delta Y$  nin işaretlerine bakılır.

| Bölge | $\Delta Y$ | $\Delta X$ | (AB) semti hesabı  |
|-------|------------|------------|--|
| I     | +          | +          | $\alpha$ Makineden hesaplanan değer aynen alınır                     |
| II    | +          | -          | $200^\circ + \alpha$   |
| III   | -          | -          | $200^\circ + \alpha$   |
| IV    | -          | +          | $400^\circ + \alpha$ Makineden hesaplanan değere $400^\circ$ eklenir |



**Örnek:****Bilinenler (m)**      **İstenenler**

$$Y_a = 5127.45$$

$$X_a = 4851.12$$

$$Y_b = 5321.54$$

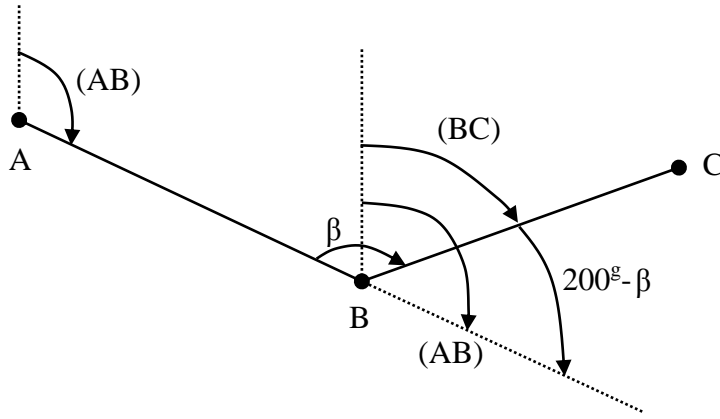
$$X_b = 4803.60$$

$$(AB) = \arctan\left(\frac{Y_b - Y_a}{X_b - X_a}\right) = \frac{194.09}{-47.52} = 115^{\circ}.2860$$

$$s = \sqrt{(Y_b - Y_a)^2 + (X_b - X_a)^2} = 199.82 \text{ m}$$

**8.4.3. III. Temel Ödev**

| Bilinenler            | İstenenler |
|-----------------------|------------|
| (AB) semti            | (BC) semti |
| $\beta$ kırılma açısı |            |

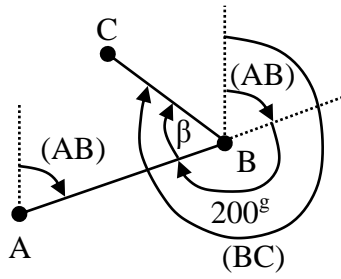
**Şekil 33. 3. Temel Ödev**

$$(BC) = (AB) - (200^{\circ} - \beta)$$

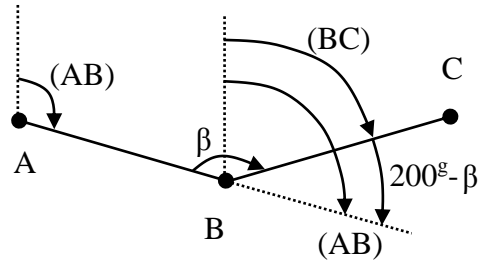
$$(BC) = (AB) + \beta - 200^{\circ}$$

Bölgelere göre durumu genelleştirirsek  $(BC) = (AB) + \beta \pm 200^{\circ}$ **Özel durumlar**

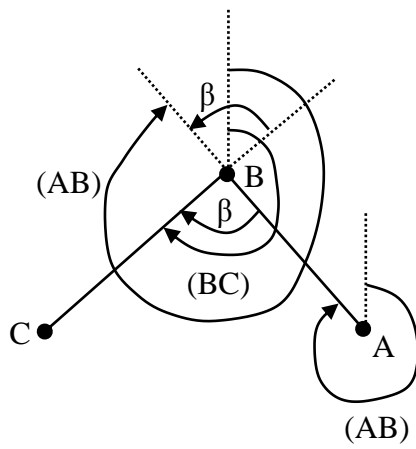
|   |  |                 |
|---|--|-----------------|
| A | $0^{\circ} \leq (AB) + \beta \leq 200^{\circ}$   | $+ 200^{\circ}$ |
| B | $200^{\circ} \leq (AB) + \beta \leq 400^{\circ}$ | $- 200^{\circ}$ |
| C | $400^{\circ} \leq (AB) + \beta \leq 600^{\circ}$ | $- 200^{\circ}$ |
| D | $600^{\circ} \leq (AB) + \beta \leq 800^{\circ}$ | $- 600^{\circ}$ |



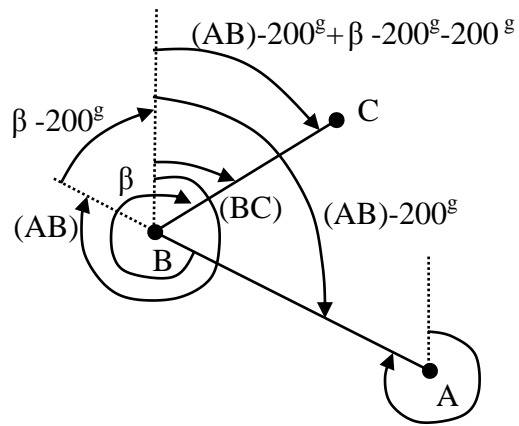
$$(BC) = (AB) + \beta + 200^\circ$$



$$(BC) = (AB) + \beta - 200^\circ$$



$$(BC) = (AB) + \beta - 200^\circ$$

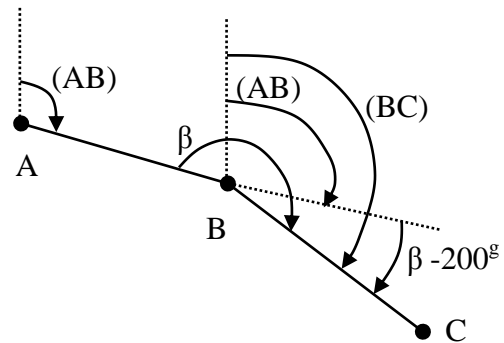


$$(BC) = (AB) + \beta - 600^\circ$$

**Örnek:**

| Bilinenler               | İstenenler |
|--------------------------|------------|
| $(AB) = 129^\circ.1680$  | $(BC) ?$   |
| $\beta = 257^\circ.1417$ |            |

$$(BC) = (AB) + \beta - 200^\circ = 186^\circ.3097$$



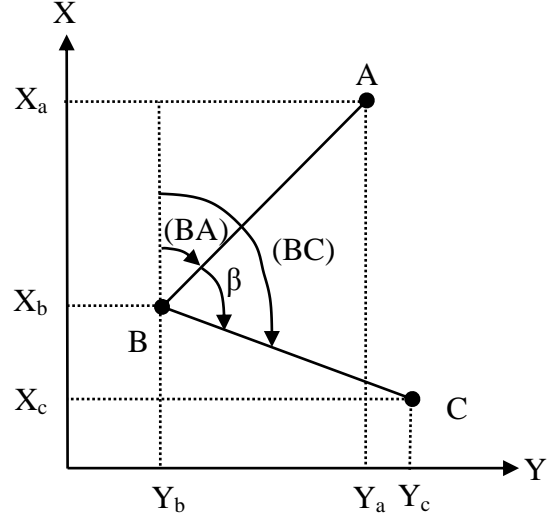
#### 8.4.4. IV. Temel Ödev

Koordinatları bilinen üç nokta arasındaki  $\beta$  aranır. Çözümde semt farkları kullanılır.

$$\beta = (BC) - (BA)$$

$$(BC) = \arctan\left(\frac{Y_c - Y_b}{X_c - X_b}\right)$$

$$(BA) = \arctan\left(\frac{Y_a - Y_b}{X_a - X_b}\right)$$



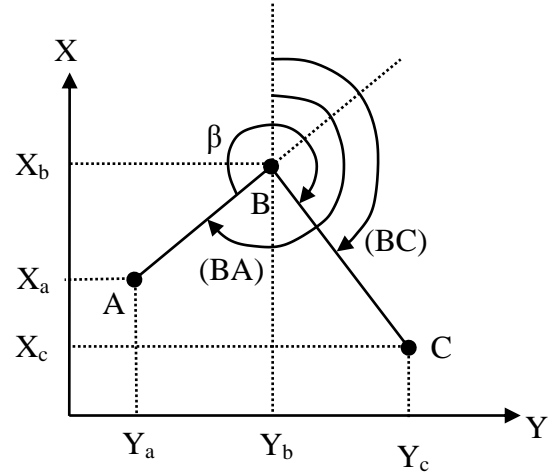
Şekil 34. 4. Temel Ödev

**Örnek:**

$$\beta = 400^g - [(BA) - (BC)]$$

$$(BA) = \arctan\left(\frac{Y_a - Y_b}{X_a - X_b}\right)$$

$$(BC) = \arctan\left(\frac{Y_c - Y_b}{X_c - X_b}\right)$$



**Örnek:** Tabloda verilen koordinatlara göre A'dan C'ye giden kırılma açısını hesaplayınız.

| NN | Y       | X       |
|----|---------|---------|
| A  | 3808.18 | 4068.48 |
| B  | 3821.40 | 3827.50 |
| C  | 3500.00 | 4000.00 |

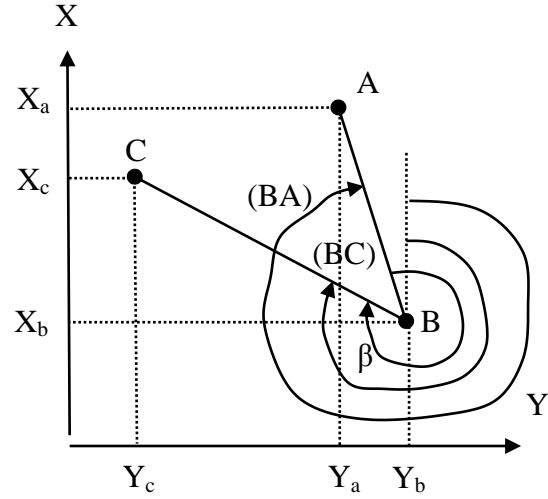
**Çözüm:** Öncelikle A, B, C noktaları bir koordinat ekseninde tanımlanmalıdır.

$$\beta = 400^\circ - [(BA) - (BC)]$$

$$(BC) = 331^\circ.3590$$

$$(BA) = 396^\circ.5110$$

$$\beta = 334^\circ.8480$$



**Örnek:** Köşe noktalarının koordinatları verilen bir düzlem ABC üçgeninin  $\alpha$ ,  $\beta$  ve  $\gamma$  açılarını hesaplayınız.  $\alpha + \beta + \gamma = 200^\circ$  kontrolünü yapınız.

| NN | Y       | X       |
|----|---------|---------|
| A  | 1000.00 | 1000.00 |
| B  | 1350.00 | 997.45  |
| C  | 1442.00 | 1319.01 |

**Cevap:**  $\alpha = 40^\circ.2510$ ,  $\beta = 117^\circ.3092$ ,  $\gamma = 42^\circ.4398$

## 9. Yatay Kontrol Noktaları

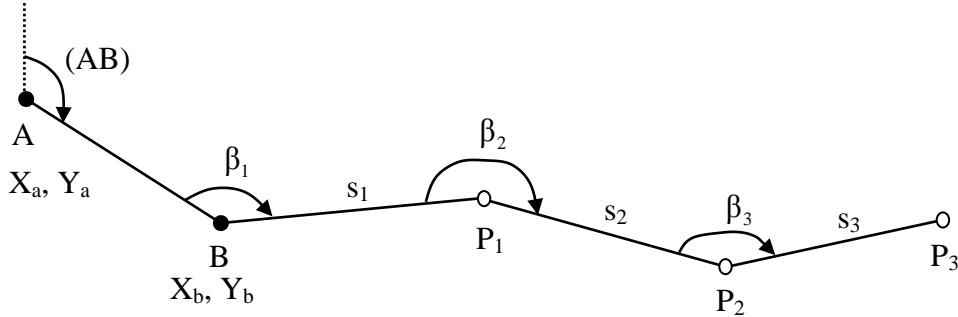
Bir alanın üzerindeki detaylarla birlikte harita veya planının yapılabilmesi için yeryüzünde konumu sabit ve koordinat değeri belli olan noktalara ihtiyaç vardır. Bu noktalara yatay kontrol noktaları denir. Bu ders kapsamında sadece küçük/lokal ölçmelerde kullanılan **poligon noktaları** anlatılacaktır.

### 9.1. Poligon Noktaları

Arazide bağlama ve dik koordinat yöntemiyle alıma imkân sağlayacak şekilde birbirini gören ve koordinatları ülke koordinat sisteminde bulunan noktalara poligon noktaları denir. Poligon noktalarından oluşturulan güzergâha **poligon güzergâhı** (geçkisi), poligon güzergâhlarının oluşturduğu şebekeye **poligon şebekesi** (poligon ağı) denir. Poligon noktaları arasında kalan doğru parçasına **poligon kenarı**, bitişik kenarlar arasında kalan açıya da poligon açısı ya da **kırılma açısı** denir.

## 9.2. Açık Poligon Güzergâhı

Açık poligon güzergâhı koordinatları belli bir poligon noktasından başlar, fakat son noktası bir poligon noktasına bağlı olmayan bir poligon geçkisidir.



Şekil 35. Açık poligon güzergâhı

Açık poligon hesabının **amacı** koordinatları bilinen A ve B noktalarından yararlanarak temel ödevler yardımıyla koordinatları bilinmeyen  $P_1$ ,  $P_2$  ve  $P_3$  noktalarına koordinat taşımaktır.

Açık poligon hesabının yapılabilmesi için; (AB) semti ve B noktasının  $X_b$ ,  $Y_b$  koordinatları ya da A ve B noktalarının  $X_a$ ,  $Y_a$  ve  $X_b$ ,  $Y_b$  koordinatları bilinmelidir. Ayrıca kırılma açıları  $(\beta_1, \beta_2, \beta_3)$  ve kenarlar  $(s_1, s_2, s_3)$  ölçülmelidir.

Poligon işleri aşağıdaki adımlardan oluşur

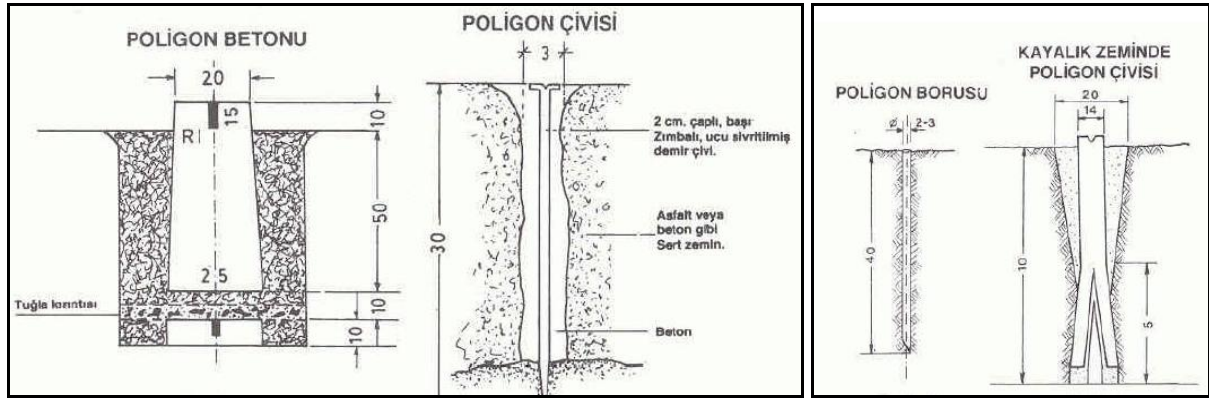
- İstikşaf (arazinin gezilip görülmesi)
- Tesis (zemin işaretlerinin yerleştirilmesi)
- Röper
- Poligon ölçmeleri
- Hesap ve çizim

**İstikşaf:** Alımı yapılacak alan ve detaylar için yeterli sayıda poligonların arazide belirlenmesidir. Büroda yapılacak bir ön çalışma ile mevcut harita bir yardımıyla poligon noktaları belirlenir. Arazide en uygun görüşü sağlayan noktalar araştırılır. Alımı yapılacak detay için en uygun güzergâh belirlenir.

Poligon güzergâhlarının aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekir.

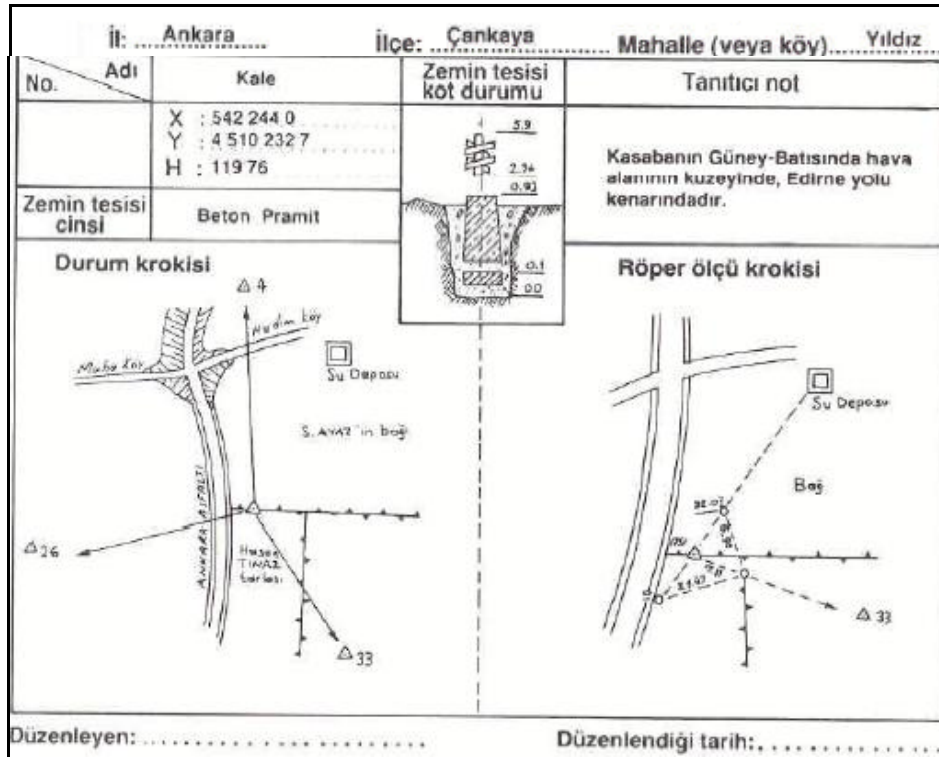
- Poligon kırılma açıları yaklaşık  $200^\circ$  olmalıdır.
- Poligon noktaları birbirini görmelidir.
- Kenarlar çelik şerit metre ile ölçülecekse 200 metreyi geçmemelidir.
- Poligon işaretlerinin yerleri, tesisin uzun süre tahrip olmadan kalabilmesine imkân verecek şekilde seçilmeli. Örneğin kırsal alanda tahribi önlemek için sınırlar üzerine tesis uygundur.

**Tesis:** Poligon noktaları yumuşak (toprak, çakıl) ve sert zeminlere (asfalt, kaya) beton, çivi ve ya boru şeklinde tesis edilirler.



Şekil 36. Poligon tesisleri

**Röper:** Poligon noktalarının arazide arandığında kolayca bulunabilmesi veya tahrip edildiğinde yeniden tesis edilebilmesi (ihya) amacı ile yapılır. Röper, poligon noktalarının çevrede seçilen en az üç noktaya olan uzaklıklarının ölçülmesi ve krokisinin çizilmesi işlemidir. Çevrede seçilen noktaların değişmez nokta olmasına dikkat edilmelidir. Röper uzunlukları 20 m den fazla olmamalıdır. Röper işlemi için mutlaka bir röper krokisi hazırlanmalıdır.

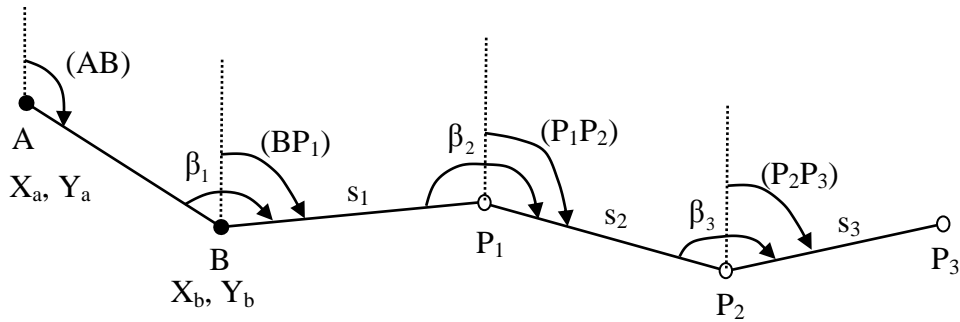


Şekil 37. Röper krokisi

**Poligon ölçmeleri:** Kenarlar çelik şerit metre ile ölçülecekse 200 metreyi geçmemelidir. Kenar ölçüleri gidiş-dönüş olarak yapılır. Engebeli arazilerde iki gidiş yapılır. İki ölçünün ortalaması kenar ölçüsü olarak alınır. Poligon kırılma açıları silsile yöntemiyle okunur.

### 9.3. Açık Poligon Hesabı

| Verilenler                                | Ölçülenler                                     | İstenenler                                 |
|---|--|--|
| (AB) semti ya da $Y_a, X_a$<br>$Y_b, X_b$ | $\beta_1, \beta_2, \beta_3$<br>$s_1, s_2, s_3$ | $P_1, P_2, P_3$ noktalarının koordinatları |



Şekil 38. Açık poligon hesabı

İşlem adımları şöyledir. Birinci adımda, üçüncü temel ödevden B,  $P_1$  ve  $P_2$  noktalarındaki  $(BP_1)$ ,  $(P_1P_2)$  ve  $(P_2P_3)$  semtleri aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$(BP_1) = (AB) + \beta_1 \pm 200$$

$$(P_1P_2) = (BP_1) + \beta_2 \pm 200$$

$$(P_2P_3) = (P_1P_2) + \beta_3 \pm 200$$

İkinci adımda,  $P_1$ ,  $P_2$  ve  $P_3$  noktalarının koordinatları kendilerinden bir önceki noktaya bağlı olarak hesaplanır.

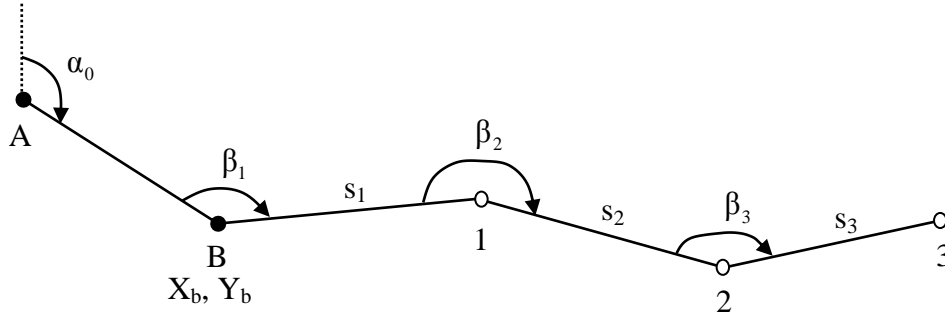
$$Y_{P_1} = Y_b + s_1 \cdot \sin(BP_1) \quad X_{P_1} = X_b + s_1 \cdot \cos(BP_1)$$

$$Y_{P_2} = Y_{P_1} + s_2 \cdot \sin(P_1P_2) \quad X_{P_2} = X_{P_1} + s_2 \cdot \cos(P_1P_2)$$

$$Y_{P_3} = Y_{P_2} + s_3 \cdot \sin(P_2P_3) \quad X_{P_3} = X_{P_2} + s_3 \cdot \cos(P_2P_3)$$

**Örnek:** aşağıdaki şekilden ve tabloda verilen değerlerden yararlanarak 1, 2 ve 3 numaralı noktaların koordinatlarını hesaplayınız.

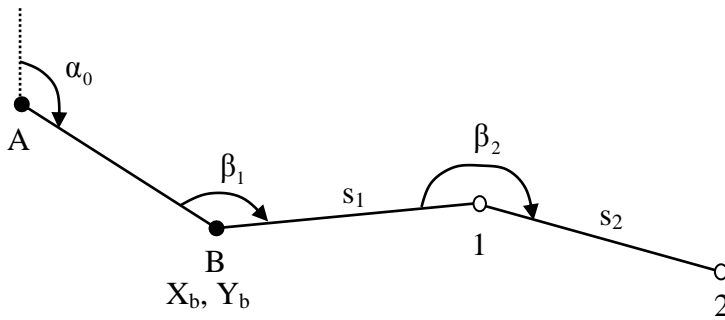
| Verilenler  | Ölçülenler   | İstenenler                                |
|---|--|---|
| $\alpha_0 = 142^\circ.1625$<br>$Y_b = 5320.57 \text{ m}$<br>$X_b = 8508.40 \text{ m}$ | $\beta_1 = 180^\circ.4054 \quad s_1 = 152.45 \text{ m}$<br>$\beta_2 = 196^\circ.1076 \quad s_2 = 112.54 \text{ m}$<br>$\beta_3 = 248^\circ.4650 \quad s_3 = 98.46 \text{ m}$ | 1, 2, 3 numaralı noktaların koordinatları |



| NN | Kırılma<br>Açıları $\beta$ (°) | Semtler<br>$\alpha$ (°) | Kenar<br>s (m) | $\Delta Y$<br>$s \cdot \sin \alpha$ | $\Delta X$<br>$s \cdot \cos \alpha$ | Y (m)          | X (m)          |
|----|--------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|----------------|----------------|
| A  | <b>180.4054</b>                | <b>142.1625</b>         |                |                                     |                                     |                |                |
| B  |                                | 122.5679                | 152.45         | 142.97                              | -52.92                              | <b>5320.57</b> | <b>8508.40</b> |
| 1  | <b>196.1076</b>                | 118.6755                | 112.54         | 107.73                              | -32.54                              | 5463.54        | 8455.48        |
| 2  |                                | 167.1405                | 98.46          | 48.59                               | -85.63                              | 5571.27        | 8422.94        |
| 3  |                                |                         |                |                                     |                                     | 5619.86        | 8337.31        |

**Örnek:** aşağıdaki şekilden ve tabloda verilen değerlerden yararlanarak 1 ve 2 numaralı noktaların koordinatlarını hesaplayınız. Bu koordinatlardan yararlanarak B12 noktalarından oluşan üçgenin alanını Gauss alan hesabı ile kontrollü olarak hesaplayınız.

| Verilenler   | Ölçülenler   | İstenenler                               |
|--|--|--|
| $\alpha_0 = 43^\circ.1620$<br>$Y_b = 123.88$ m<br>$X_b = 256.25$ m | $\beta_1 = 220^\circ.3650$ $s_1 = 104.56$ m<br>$\beta_2 = 238^\circ.4060$ $s_2 = 114.66$ m | 1 ve 2 numaralı noktaların koordinatları |



| NN | Kırılma<br>Açıları $\beta$ (°) | Semtler<br>$\alpha$ (°) | Kenar<br>s (m) | $\Delta Y$<br>$s \cdot \sin \alpha$ | $\Delta X$<br>$s \cdot \cos \alpha$ | Y (m)         | X (m)         |
|----|--------------------------------|-------------------------|----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------------|---------------|
| A  | <b>220.3650</b>                | <b>43.1620</b>          |                |                                     |                                     |               |               |
| B  |                                | 63.5270                 | 104.56         | 87.86                               | 56.68                               | <b>123.88</b> | <b>256.25</b> |
| 1  | <b>238.4060</b>                | 101.9330                | 114.66         | 114.61                              | -3.48                               | 211.74        | 312.93        |
| 2  |                                |                         |                |                                     |                                     | 326.35        | 309.45        |

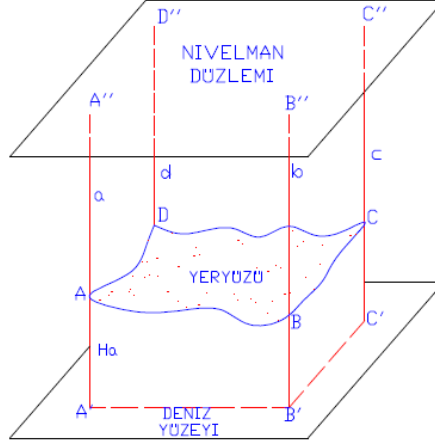
| No       | Y (m)  | X (m)  | $\Delta Y = Y_{i+1} - Y_{i-1}$ | $\Delta X = X_{i+1} - X_{i-1}$ | $X \cdot \Delta Y$               | $Y \cdot \Delta X$ |
|----------|--------|--------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|--------------------|
| <b>B</b> | 123.88 | 256.25 |                                |                                |                                  |                    |
| <b>1</b> | 211.74 | 312.93 | $(Y_2 - Y_b)$ 202.47           | $(X_2 - X_b)$ 53.20            | 63358.94                         | 11264.57           |
| <b>2</b> | 326.35 | 309.45 | $(Y_b - Y_1)$ -87.86           | $(X_b - X_1)$ -56.68           | -27188.28                        | -18497.52          |
| <b>B</b> | 123.88 | 256.25 | $(Y_1 - Y_2)$ -114.61          | $(X_1 - X_2)$ 3.48             | -29368.81                        | 431.10             |
| <b>1</b> | 211.74 | 312.93 |                                |                                | 2F = 6801.85                     | 2F = -6801.85      |
|          |        |        | Toplam = 0.00                  | Toplam = 0.00                  | <b>F = 3400.93 m<sup>2</sup></b> |                    |

## 10. Yükseklik Ölçmeleri

Bir noktanın yüksekliği (**kotu**) o noktanın ortalama deniz yüzeyine veya kabul edilen itibari bir yatay yüzeye olan düşey uzaklığıdır. Belirli noktalar arasındaki yükseklik farklarının veya bu noktaların yüksekliklerinin bulunması için yapılan ölçme ve hesap işlemine yükseklik ölçüsü denilmektedir. Bu dersimizin konusu Geometrik Yükseklik (**Nivelman**) ölçüsüdür.

### 10.1. Geometrik Yükseklik (Nivelman)

Nivelmanın temel ilkesi ölçü konusunun üzerinde oluşturulan bir yatay düzlemden olan düşey uzunlukların ölçülmesidir. Düşey uzaklıkların farkı, noktalar arasındaki yükseklik farkına eşittir.



Şekil 39. Nivelmanın temel ilkesi

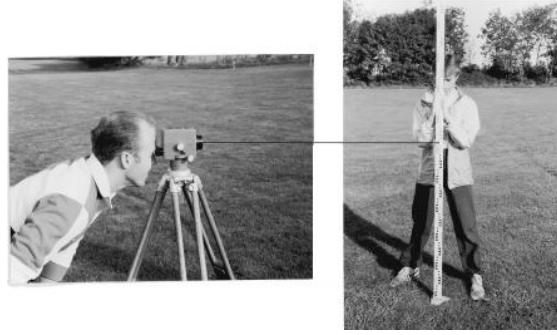
$(H_a + a)$  yatay düzlemin kotu olmak üzere, A noktasının kotuna dayalı olarak B, C ve D noktalarının kotları aşağıdaki gibi hesaplanırlar.

$$\begin{aligned}
 \text{B noktasının kotu} & \quad H_b = H_a + a - b \\
 \text{C noktasının kotu} & \quad H_c = H_a + a - c \\
 \text{D noktasının kotu} & \quad H_d = H_a + a - d
 \end{aligned}$$

Geometrik yükseklik ölçüsünde **Nivo** ve **Miralar** kullanılır.

## 10.2. Nivo

Nivolar bir sıvı yüzeyinin yataylığı prensibinden faydalanılarak yapılmış aletlerdir. Gözlemler bir ölçü dürbünü yardımı ile yapılmaktadır. Nivo düzeçlendiğinde ölçü dürbününün optik eksen bir yatay düzlem (nívelman) düzlemi oluşturmaktadır.

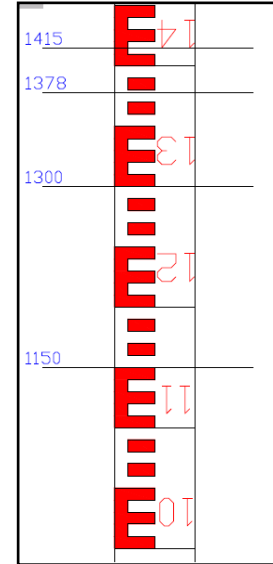


Şekil 40. Nivo ve Mira

### Mira

Miralar genellikle 3–4 m uzunluğunda ağaçtan ya da metalden imal edilmişlerdir. Noktaların nívelman düzlemine olan uzaklığını ölçmede kullanılır. Miralar tabandan itibaren desimetre (**dm**) rakamları yazılıdır. Bazı nivolar ters görüntü verdiği için okumaların düz olması amacıyla yazılar ters yazılmıştır.

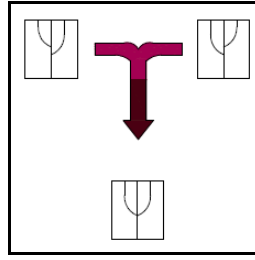
Şekil 41’te bir mira ve üzerindeki okuma değerleri mevcuttur. Mira üzerinde örneğin 10 ile 11 dm arası 10 birimdir. Her birimin karşılığı 1 cm dir. Kırmızı ve beyaz renkli her bir **E**, 5 cm yi temsil eder. E’nin her bir birimi 1 cm dir. Şekilde nivonun farklı bakış durumlarına göre okumalar gözükmemektedir.



Şekil 41. Mira ve okuma

### 10.2.1. Nivonun kurulması ve Ölçüye Hazır Hale Getirilmesi

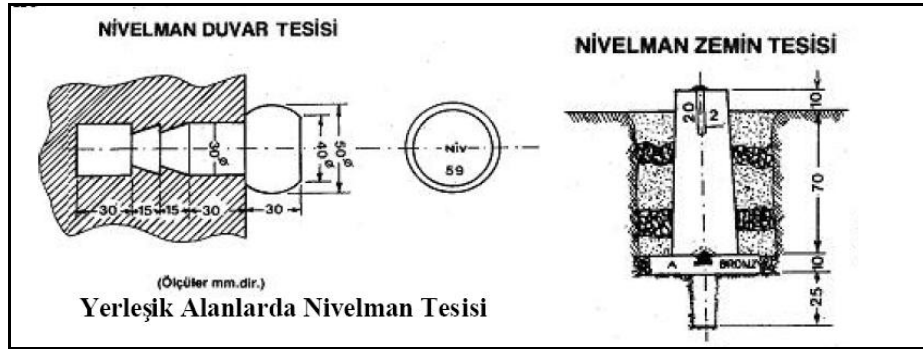
1. Nivo sehpa açılır. Sehpa yaklaşık yatay durumda olmalıdır. Sehpa ayakları ölçüyü yapan kişinin boyuna göre ayarlanır. Nivo sehpa üzerine konur ve bağlama vidasıyla hafif sıkıştırılarak sehpa bağlanır.
2. Küresel düzeç kabarcığı tam ortaya gelene kadar alet kürevî biçimli sehpa üzerinde hareket ettirilir ve düzeç ortaya gelince alet sehpa sıkıştırılır.
3. Dürbün hedefe (miraya) tatbik edilir. Görüntü netleştirilir.
4. Fenklaj ayarı yapılır ve okuma gerçekleştirilir.



Şekil 42. Fenklaj ayarlanmış durumu

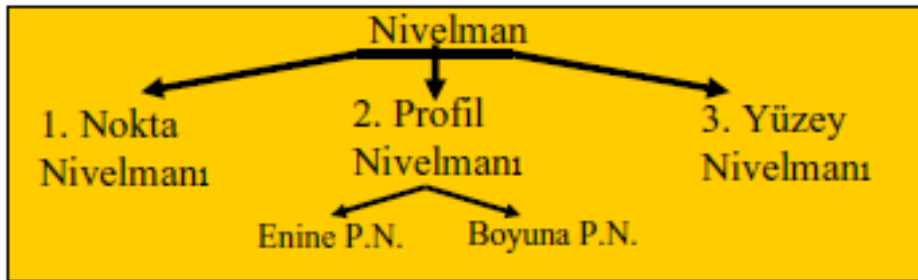
### 10.3. Nivelman Tesisleri (RS noktaları)

Yerleşik (yapılaşmış) alanlarda nivelman tesisleri binaların sağlam temel duvarlarına ya da yapının uygun yerlerine tesis edilir. Kırsal alanlarda ise nivelman tesisleri zemine beton bir yapı olarak tesis edilir.



Şekil 43. Nivelman tesisleri

### 10.4. Nivelman Çeşitleri

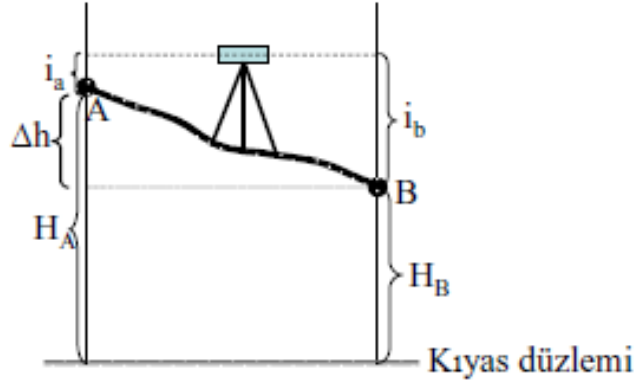


Yükseklik ölçmeleri

1. İki noktanın yükseklik farkını bulmak (Nokta Nivelmanı)
2. Seçilmiş bir hat üzerindeki noktaların yüksekliklerini bulmak (Profil Nivelmanı)
3. Bir alan üzerindeki noktaların yüksekliklerini bulmak ve bir ölçeğe göre plan çizmek (Yüzey nivelmanı) için yapılır.

### 10.4.1. Nokta Nivelmanı

Deniz seviyesinden yüksekliği bilinen bir noktadan yararlanarak başka bir noktanın yüksekliğini bulmaya ya da iki nokta arasındaki yükseklik farkını bulmaya **nokta nivelmanı** denir.



$$\begin{aligned}\Delta h &= i_b - i_a \\ H_A + i_a &= H_B + i_b \\ H_B &= H_A + i_a - i_b \\ \mathbf{H_B} &= \mathbf{H_A \pm \Delta h}\end{aligned}$$

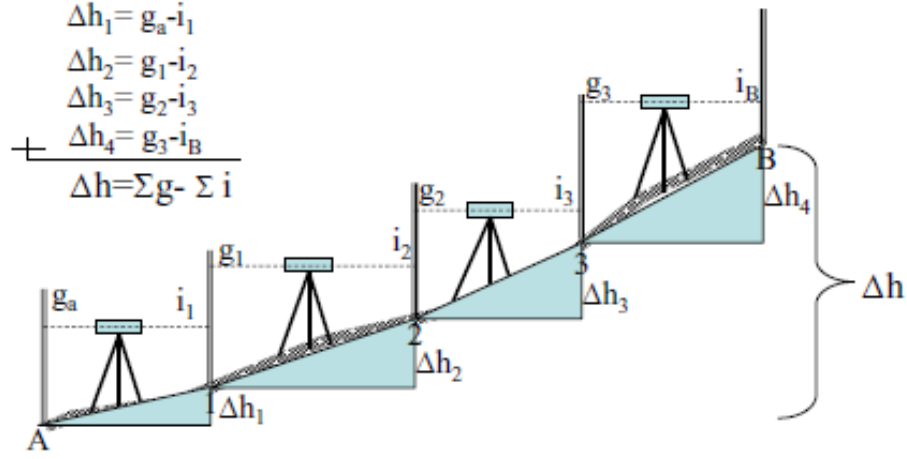
#### ÖRNEK:

$$H_A = 100.000 \text{ m.} \quad i_a = 1.852 \text{ m.} \quad i_b = 0.974 \text{ m.} \quad H_B = ? \text{ m.}$$

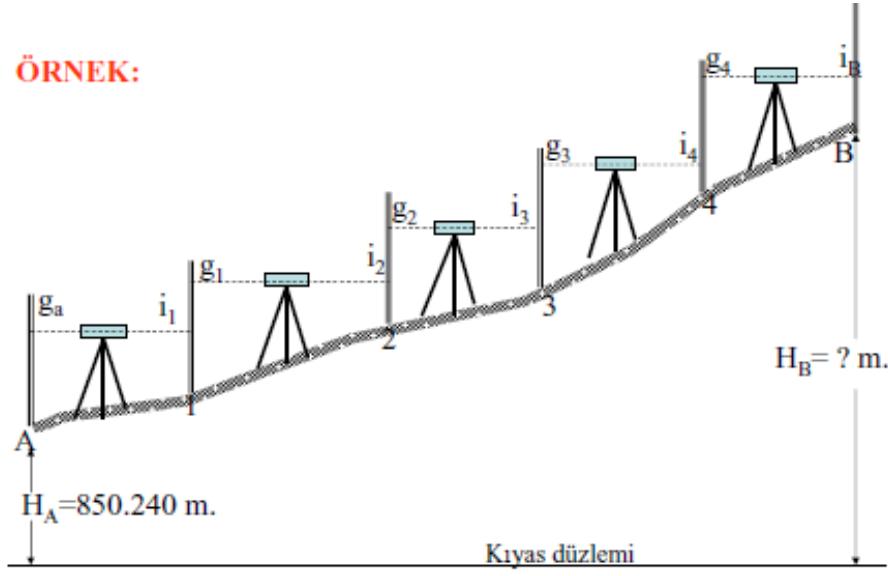
$$H_B = 100.000 + 1.852 - 0.974 = 100.878 \text{ m.}$$

$$\begin{aligned}\Delta h &= i_b - i_a \\ H_A + i_a &= H_B + i_b \\ H_B &= H_A + i_a - i_b \\ \mathbf{H_B} &= \mathbf{H_A \pm \Delta h}\end{aligned}$$

Nivelman yapılacak A ve B noktaları arasındaki mesafe miranın sağlıklı okunması açısından 50-60 m. yi geçmemelidir. Eğer geçiyorsa araya 1,2,3,4 gibi yardımcı noktalar veriletilmelidir.



### ÖRNEK:

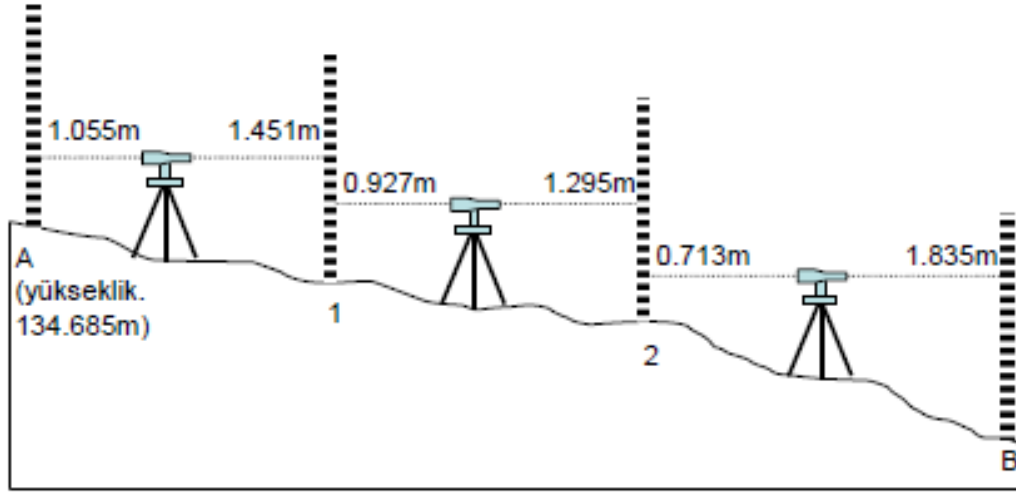


$G - \bar{I} = +$  ise çıkış - ise iniş  
 $NY + \text{çıkış} - \text{iniş} = \text{Yeni NY}$

| Alet Durağı | Gözleme Noktaları | Mira okumaları |        | Yükseklik Farkları |          | Noktaların Yükseklikleri | Not   |
|-------------|-------------------|----------------|--------|--------------------|----------|--------------------------|---|
|             |                   | Geri           | İleri  | Çıkış (+)          | İniş (-) |                          |   |
| I           | A<br>1            | 1.861          | 1.312  | 0.549              |          | 850.240<br>850.789       | $H_A = 850.240$                                 |
| II          | 1<br>2            | 2.103          | 0.844  | 1.259              |          | 852.048                  |   |
| III         | 2<br>3            | 3.314          | 0.625  | 2.689              |          | 854.737                  |   |
| IV          | 3<br>4            | 2.205          | 0.684  | 1.521              |          | 856.258                  |   |
| V           | 4<br>B            | 1.924          | 0.402  | 1.522              |          | 857.780                  | $H_B - H_A =$<br>857.780<br>850.240<br>7.540 m. |
| Toplam      |                   | 11.407         | 3.867  | 7.540              | 0        |                          |   |
| Farklar     |                   |                | +7.540 | 7.540              |          |                          | Bu 3 ü aynı ise Hesaplar doğrudur.              |

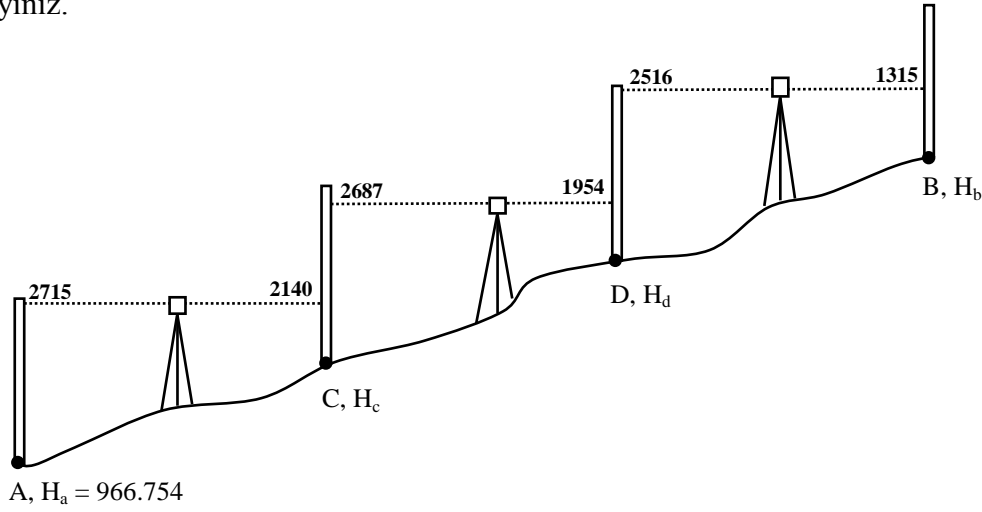
$\Sigma \Delta h = \Sigma g - \Sigma i = 7.540 \text{ m.}$

## Nokta Nivelman Örneği



| Alet Durağı | Gözleme Noktaları | Mira Okumaları |       | Yükseklik Farkları |          | Noktaların Yükseklikleri | Not  |
|-------------|-------------------|----------------|-------|--------------------|----------|--------------------------|--|
|             |                   | Geri           | İleri | Çıkış (+)          | İniş (-) |                          |  |
| I           | A                 | 1.055          |       |                    |          | 134.685                  | $H_A = 134.685 \text{ m}$<br><br>A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı = $134.685 - 132.799 = 1.886$ |
|             | 1                 |                | 1.451 |                    | 0.396    | 134.289                  |  |
| II          | 1                 | 0.927          |       |                    |          |                          |  |
|             | 2                 |                | 1.295 |                    | 0.368    | 133.921                  |  |
| III         | 2                 | 0.713          |       |                    |          |                          |  |
|             | B                 |                | 1.835 |                    | 1.122    | 132.799                  |  |
| Toplam      |                   | 2.695          | 4.581 |                    | 1.103    |                          |  |
| Farklar     |                   | 1.886          |       | 1.886              |          |                          |  |

**Örnek:** Aşağıdaki şekilde verilen ölçülere dayanarak C, D ve B noktalarının yüksekliklerini hesaplayınız.



| NN | Mira Okumaları (mm) |                   | Yükseklik Farkı (mm)              | Yükseklik (m)    |
|----|---------------------|-------------------|-----------------------------------|------------------|
|    | Geri                | İleri             |                                   |                  |
| A  | 2715                |                   |                                   | <b>966.754</b>   |
| C  | 2687                | 2140              | 575                               | 967.329          |
| D  | 2516                | 1954              | 733                               | 968.062          |
| B  |                     | 1315              | 1201                              | 969.263          |
|    |                     |                   | $\Sigma$ Yök. Farkı = <b>2509</b> |                  |
|    | $\Sigma g = 7918$   | $\Sigma i = 5409$ | $\Sigma g-i = 2509$               | $H_b-H_a = 2509$ |

**Örnek:** Bir nivelman ölçüsünde ölçülen geri okumaları sırasıyla  $g_a = 1323$ ,  $g_1 = 2675$ ,  $g_2 = 1060$ ,  $g_3 = 1420$  ve ileri okumaları  $i_1 = 1140$ ,  $i_2 = 1620$ ,  $i_3 = 2330$ ,  $i_b = 0280$  olduğuna göre sırasıyla A, 2, 3 ve B noktasının yüksekliklerini şekli çizerek ve ara işlemleri göstererek hesaplayınız ( $H_1 = 720.650$  m).

**Cevap:**  $H_a = 720.47$ ,  $H_2 = 721.71$ ,  $H_3 = 720.44$ ,  $H_b = 721.58$

Hesapların doğru olması, büro çalışmalarının doğru olduğunu gösterir. Arazi çalışmalarının doğru olduğunu göstermez. Genellikle nokta nivelmanı 2 kez yapılır. Arada farklılık varsa bu fark noktalar arasındaki mesafeye orantılı olarak noktalara dağıtılır. Örneğin 5 noktanın yüksekliği bulundursa ve noktalar yaklaşık eşit uzunluktaysa yapılan hata 2 cm ise bu  $2/5 = 0.4$  cm olarak noktalara dağıtılır. Yalnız yapılan hatanın hata sınırı içinde olması gerekir.

$$\Delta h = 9\sqrt{n} \text{ veya } \Delta h = 40\sqrt{s}$$

$\Delta h$  = İzin verilen hata sınırı (mm)

$n$  = Gözleme mesafesi (A-B arası yatay mesafe) (hm)

$s$  = Gözleme mesafesi (A-B arası yatay mesafe) (km)

**ÖRNEK:**

Örneğin A ve B noktaları arasındaki mesafe 600 m olsun.

$H_A = 850.240$  m olarak biliniyor.

1. Nivelmanda  $H_B = 857.780$  m

2. Nivelmanda  $H_B = 857.774$  m olarak bulunuyor.

Buna göre arazide yapılan işlem kabul edilir mi?

**Yapılan hata**

$$\Delta h_s = |H_{B1} - H_{B2}| = |857.780 - 857.774| = 0.006 \text{ m} = 6 \text{ mm}$$

**İzin verilen hata sınırı**

$$\Delta h = 9\sqrt{n} = 9\sqrt{6} = 22.04 \text{ mm}$$

$$\Delta h = 22.04 \text{ mm} > \Delta h_s = 6 \text{ mm} \text{ yapılan işlem doğrudur.}$$

**10.4.2. Profil Nivelmanı**

Bir doğru üzerinde bulunan noktaların yükseklik farklarının bulunmasına profil nivelmanı denir. Nokta nivelmanından farkı; yatay mesafelerin de ölçülmesidir.

**Boyuna Profil (Boykesit) Nivelmanı**

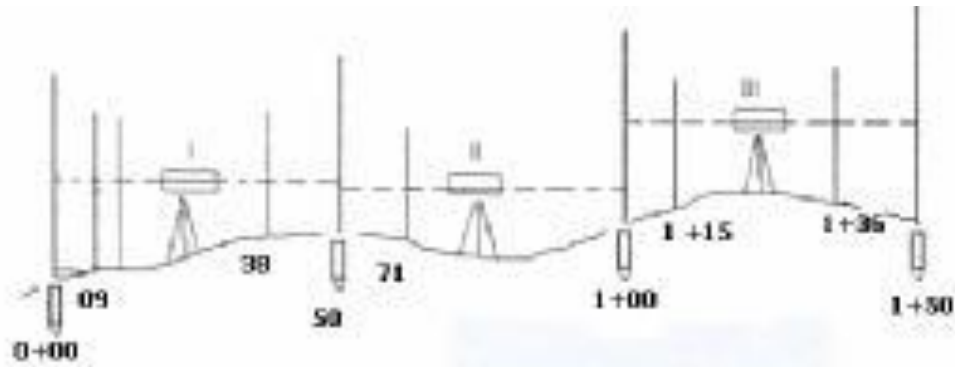
Arazide bir doğru üzerinde bulunan noktaların yükseklik farkları ile yatay mesafelerinin bulunmasına boyuna profil nivelmanı denir.

Boyuna Profil Nivelmanı; Boyuna profilde ilk olarak arazide profili çıkarılacak güzergah eksenini kazıklar çıkılarak işaretlenir. Buna istasyonlama ya da piketaj denir. Güzergah belirlendikten sonra her 100 metrelik aralıkla istasyonlara bölünür. Genelde hektometre olarak işaretlenir.

Örneğin 100 metre 1+00 şeklinde gösterilir. Eğer hat üzerinde bir eğim kırılması varsa bu noktaya da bir istasyon ilave edilir. Örneğin 9+16 bunun anlamı istasyon 9+00 istasyonundan 16 m ileride demektir. Yani 9+16'nın anlamı başlangıçtan itibaren 916 ncı metredeki istasyon demektir. Boyuna profil nivelmanında geri ara ve ileri okumalar yapılır. Bu okumalar nivelman cetveline kaydedilir.



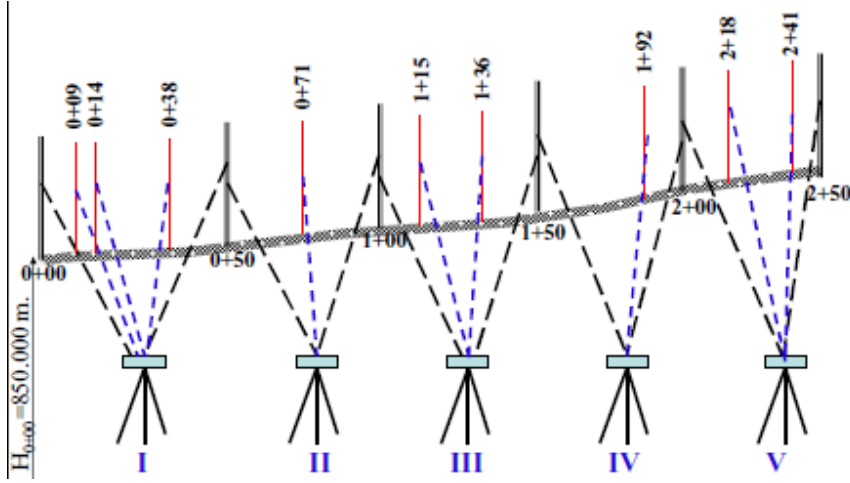
Şekil 45. Kazıkların çakılması



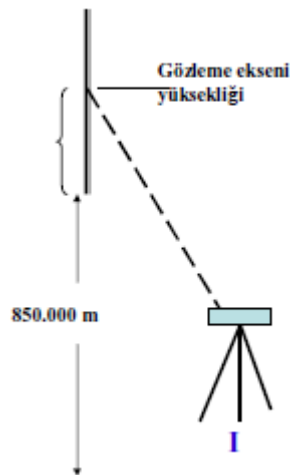
Şekil 46. Boyuna profil krokisi

## BOYUNA PROFİL NİVELMEN CETVELİ

| Alet<br>Ticari                           | Çizim<br>noktası | Mira -kurulan |      |       | Yükseklik           |            | Not  |
|--|------------------|---------------|------|-------|---------------------|------------|--|
|  |                  | Geri          | Ara  | İleri | Çizim<br>noktasının | Noktasının |  |
| I  | 0+00             | 1,375         |      |       | 851,875             | 850,000    | 0+00 noktasının<br>yüksekliği<br>850,000m<br>olarak<br>verilmiştir.  |
|  | 0+05             |               | 1,46 |       |                     | 850,42     |  |
|  | 0+14             |               | 1,58 |       |                     | 850,00     |  |
|  | 0+38             |               | 2,72 |       |                     | 851,16     |  |
|  | 0+50             |               |      | 0,252 |                     | 851,623    |  |
| II                                       | 0+50             | 1,213         |      |       | 852,836             |            |  |
|  | 0+71             |               | 1,22 |       |                     | 851,51     |  |
|  | 1+00             |               |      | 1,954 |                     | 850,832    |  |
| III                                      | 1+00             | 2,451         |      |       | 853,323             |            | 1+50 noktasının<br>yüksekliği<br>852,460 m<br>olarak<br>verilmiştir. |
|  | 1+15             |               | 2,32 |       |                     | 851,51     |  |
|  | 1+35             |               | 1,45 |       |                     | 851,58     |  |
|  | 1+50             |               |      | 0,857 |                     | 852,460    |  |
| Toplam                                   |                  | 5,539         |      | 3,073 |                     |            | 852,460  |
| Fark                                     |                  |               |      |       |                     |            | 850,000  |
| Gerçek fark                              |                  |               |      |       |                     |            | 2,460  |
| Arazideki fark                           |                  |               |      |       |                     |            | 0,005  |
| Maksimum hata $\pm \sqrt{1,6} = 1,26$ mm |                  |               |      |       |                     |            | 1,26   |

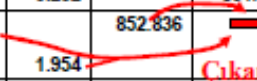



| Alet Duruğu | Gözlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler  |          | Not                                       |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|---------------|----------|---|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Gözleme Eksen | Noktalar |   |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | Topla         |          | 0+00 noktası 850.000 m dir.               |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 |               |          |   |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 |               |          |   |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 |               |          |   |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |               |          | 2+50 noktasının yüksekliği 851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |               |          |   |




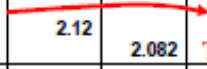
| Alet Duruğu | Gözlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler  |          | Not                                       |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|---------------|----------|---|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Gözleme Eksen | Noktalar |   |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | 851.875       | Çıkar    | 0+00 noktası 850.000 m dir.               |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 |               |          |   |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 |               |          |   |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 |               |          |   |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |               |          | 2+50 noktasının yüksekliği 851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |               |          |   |

| Alet Durağı | Güzlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler  |                                       | Not  |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|---------------|---------------------------------------|--|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Güzleme Eksen | Noktalar                              |  |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | 851.875       | 850.42<br>850.30<br>851.16<br>851.623 | 0+00 noktası:<br>850.000 m dir.              |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 | <b>Topla</b>  |                                       |  |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 |               |                                       |  |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 |               |                                       |  |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |               |                                       | 2+50 noktasının yüksekliği<br>851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |               |                                       |  |

| Alet Durağı | Güzlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler  |   | Not  |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|---------------|---|--|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Güzleme Eksen | Noktalar  |  |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | 851.875       | 850.42<br>850.30<br>851.16<br>851.623   | 0+00 noktası<br>850.000 m dir.                     |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 | 852.836       | <br><b>Çıkar</b> |  |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 |               |   |  |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 |               |   |  |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |               |   | 2+50<br>noktasının<br>yüksekliği<br>851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |               |   |  |

| Alet Durağı | Güzlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler   |                                       | Not  |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|--|---------------------------------------|--|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Güzleme Eksen  | Noktalar                              |  |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | 851.875  | 850.42<br>850.30<br>851.16<br>851.623 | 0+00 noktası<br>850.000 m dir.                     |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 | 852.836  | 851.61<br>850.882                     |  |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 |  <b>Topla</b> |                                       |  |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 |  |                                       |  |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |  |                                       | 2+50<br>noktasının<br>yüksekliği<br>851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |  |                                       |  |

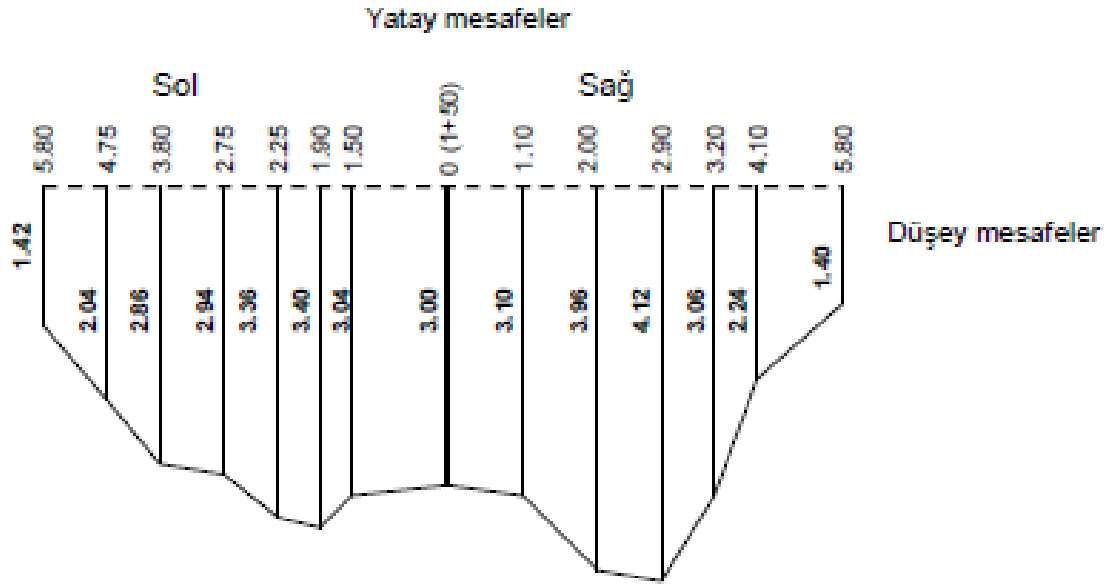
| Alet Durağı | Gözlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler  |  | Not  |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|---------------|--|--|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Gözleme Eksen | Noktalar   |  |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | 851.875       | 850.42<br>850.30<br>851.16<br>851.623  | 0+00 noktası<br>850.000 m dir.               |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 | 852.836       | 851.61<br>850.882  |  |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 | 853.333       | <br>Çıkar |  |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 |               |  |  |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |               |  | 2+50 noktasının yüksekliği<br>851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |               |  |  |

| Alet Durağı | Gözlem e Noktalar                    | Mira Okumaları |                      |       | Yükseklikler   |                                       | Not  |
|-------------|--------------------------------------|----------------|----------------------|-------|--|---------------------------------------|--|
|             |                                      | Geri           | Ara                  | İleri | Gözleme Eksen  | Noktalar                              |  |
| I           | 0+00<br>0+09<br>0+14<br>0+38<br>0+50 | 1.875          | 1.46<br>1.58<br>0.72 | 0.252 | 851.875  | 850.42<br>850.30<br>851.16<br>851.623 | 0+00 noktası<br>850.000 m dir.               |
| II          | 0+50<br>0+71<br>1+00                 | 1.213          | 1.23                 | 1.954 | 852.836  | 851.61<br>850.882                     |  |
| III         | 1+00<br>1+15<br>1+36<br>1+50         | 2.451          | 2.32<br>1.45         | 0.867 | 853.333  | 851.01<br>851.88<br>852.466           |  |
| IV          | 1+50<br>1+92<br>2+00                 | 1.586          | 2.12                 | 2.082 | <br>Topla |                                       |  |
| V           | 2+00<br>2+18<br>2+41<br>2+50         | 1.524          | 1.33<br>1.45         | 1.516 |  |                                       | 2+50 noktasının yüksekliği<br>851.968 m dir. |
| Toplam      |                                      |                |                      |       |  |                                       |  |

### Enine Profil (En Kesit) Nivelmanı

Boyuna profile dik yönde geçirilen bir düşey düzlemin arazi üzerinde oluşturduğu kesite enine profil denir.

Amaç; boyuna profili alınan eksenin her iki yanındaki arazi yüzeyi hakkında yeterli bilgi edinerek, yapılacak çalışmada iş hacmini belirlemektir

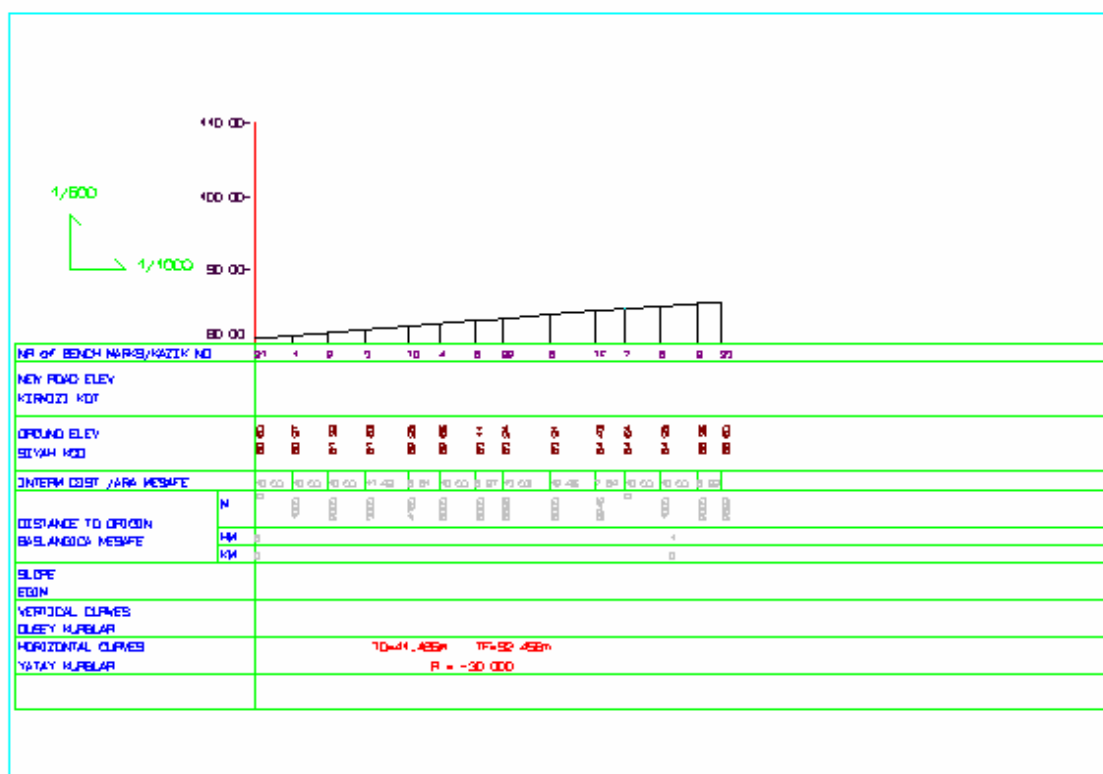


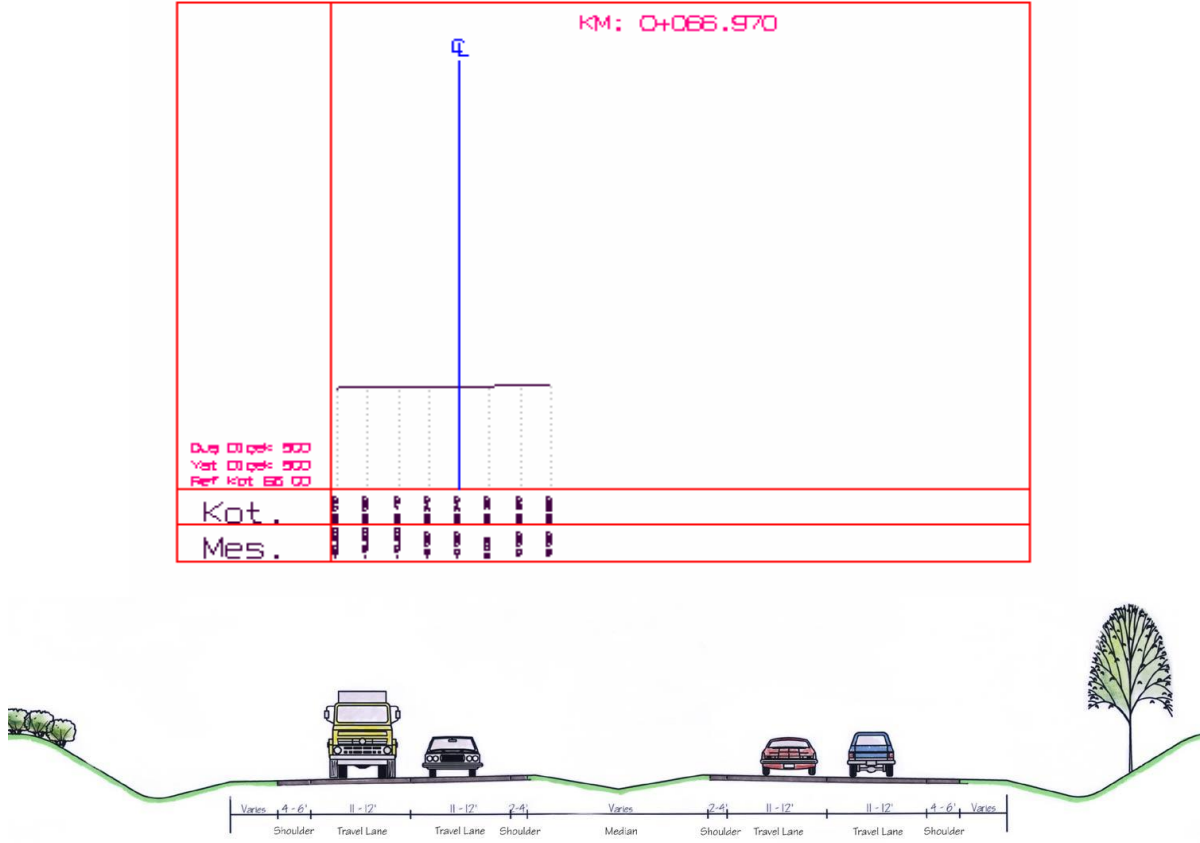
Tasınır profil cetveli.

| Noktalar | Mira okumaları |      | Yükseklikler       |            | Not  |
|----------|----------------|------|--------------------|------------|--|
|          | Geri           | Ara  | Gözetme noktasının | Noktaların |  |
| 1+50     | 3,00           |      | 855,47             | 852,47     | 1+50 noktasının yüksekliği 852,466 m.'dir. |
| Sol      |                |      |                    |            |  |
| 1,50     |                | 3,04 |                    | 852,43     |  |
| 1,90     |                | 3,40 |                    | 852,07     |  |
| 2,25     |                | 3,36 |                    | 852,11     |  |
| 2,75     |                | 2,94 |                    | 852,53     |  |
| 3,80     |                | 2,86 |                    | 852,61     |  |
| 4,75     |                | 2,04 |                    | 853,43     |  |
| 5,80     |                | 1,42 |                    | 854,05     |  |
| Sağ      |                |      |                    |            |  |
| 1,10     |                | 3,10 |                    | 852,37     |  |
| 2,00     |                | 3,96 |                    | 851,51     |  |
| 2,90     |                | 4,12 |                    | 851,35     |  |
| 3,20     |                | 3,06 |                    | 852,41     |  |
| 4,10     |                | 2,24 |                    | 853,29     |  |
| 5,80     |                | 1,40 |                    | 854,07     |  |

### Profillerin Çizilmesi

Arazide tutulan nivelman cetvelleri ve krokilerden yararlanılır, çizimde milmetrik, aydinger veya saydam milimetrik kağıt kullanılır. Arazide elde edilen sayısal bilgilerden yararlanarak uygun bir ölçekle profiller çizilir.





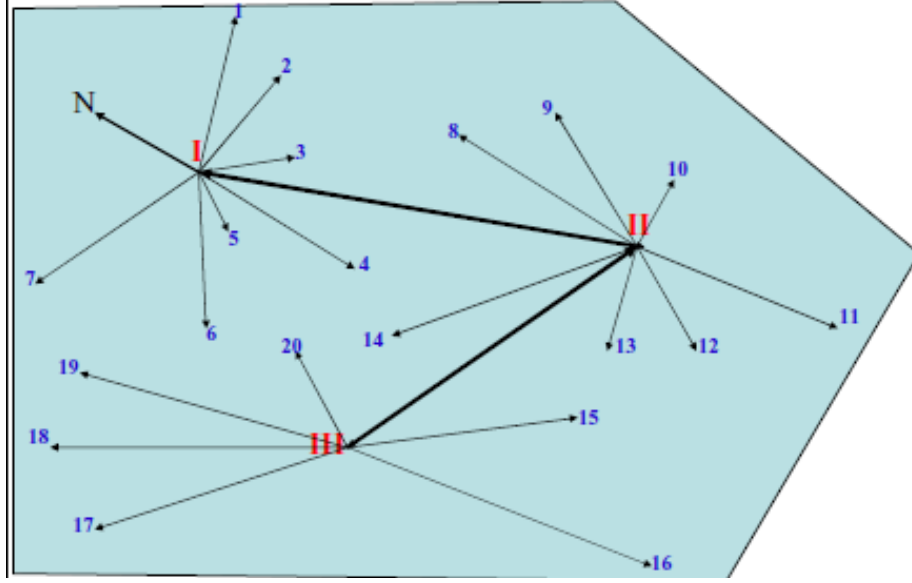
### 10.4.3. Yüzey Nivelmanı

Profil nivelmanı uzun ve dar bir arazi şeridi üzerinde yapıldığından sadece yol ve su inşaatı ile ilgili projelerin hazırlanmasına yarar. Örneğin arazinin sulamaya hazırlanması için (arazi tesviyesi) bir alan üzerindeki noktaların yükseklikleri bilinmelidir.

Bir alan üzerinde bulunan noktaların yüksekliklerinin bulunmasına **yüzey nivelmanı** denir. Amaç; yatay ölçmeleri yapılmış bir arazi üzerindeki pek çok noktanın yüksekliklerinin bulunarak, bunlara göre plan elde etmektir.

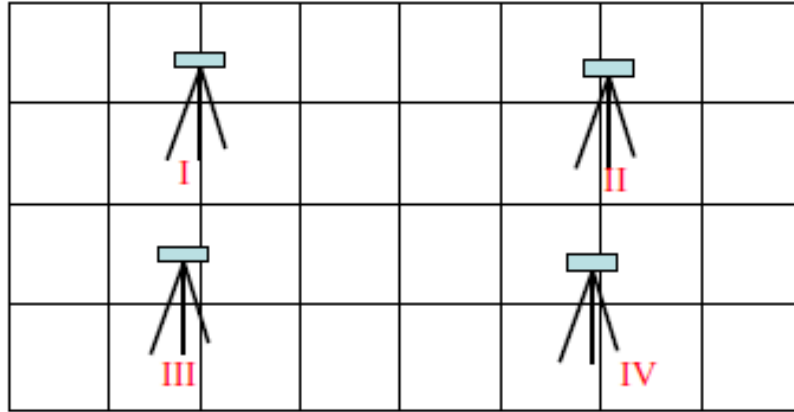
### Işınsal yöntemle yüzey nivelmanı

Amaç; arazinin hakim bir yerine konulan alet durağından, tipik noktaların bulunduğu yönlerde olmak üzere çeşitli noktalara gözlem yapmaktır. Bu nedenle bu yöneme **ışınsal yöntem** denir.



### Kareler Ağı İle Yüzey Nivelmanı

Araziye çakılan kareler ağında okumalar yapılır. Arazi yüzeyi engelsiz ve düzgün olduğunda uygulanabilir. Özellikle arazi tesviyesi yapılacak alanlarda uygulanır.



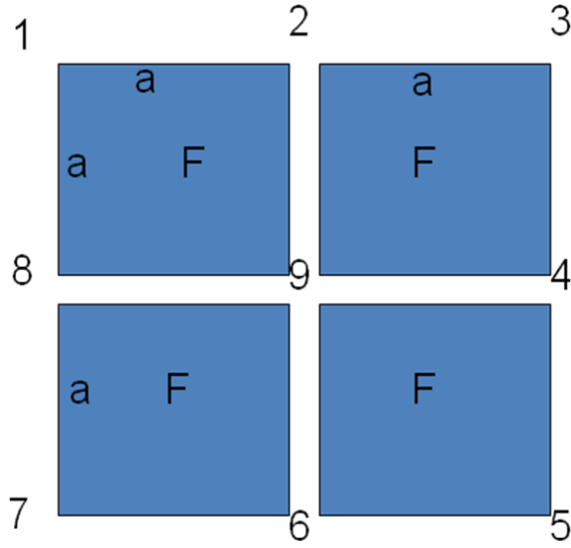
### 10.5. Yüzey Nivelman Ölçülerinde Hacim Hesapları

Yüzey nivelmanında genellikle arazi dörtgenlerden oluşan kafeslere ayrılır. Kafeslerin köşe noktalarını yükseklikleri ve konumları belli olduğu için verilen taban kotuna göre dörtgen prizmalardan yaralanarak hacimleri hesap edilebilir. Hesaplama yöntemi iki şekilde yapılmaktadır.

- Kare prizmalar yardımıyla
- Ortalama arazi kotu yardımıyla

### 10.5.1. Kare prizmalar yardımıyla hacim hesabı

Bu yöntem daha çok noktalı kareler ağında kullanılır. Burada kenarlar eşit olmalıdır.



$$V = \frac{1}{4} a^2 [\Sigma \Delta h_E + 2 \Sigma \Delta h_R + 4 \Sigma \Delta h_I]$$

$\Delta h_E$  = Dış köşe yükseklik – Taban Kotu  
(1,3,5,7)

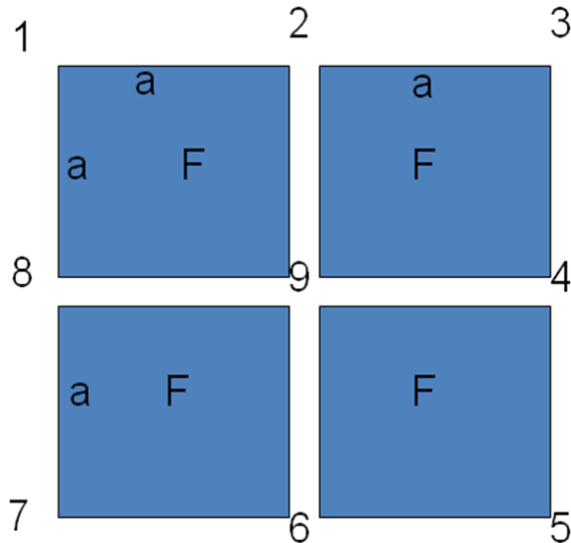
$\Delta h_R$  = Dış Kenar Yükseklik – Taban Kotu  
(2,4,6,8)

$\Delta h_I$  = İç Yükseklik – Taban Kotu  
(9)

**Örnek:** Bir parselin taban kotu 20 m. oluncaya kadar kazılması istenmektedir. Harfiyat yapılacak toprak hacmini kare prizmalar yardımı ile hesaplayınız?  $a=30$  m

| N.No | h     | $\Sigma \Delta h_E = (21,50-20) + (22,50-20) + (23,75-20) + (24,50-20) = 12,25\text{m}$ |
|------|-------|---|
| 1    | 21.50 |   |
| 2    | 22.75 | $\Sigma \Delta h_R = (22,75-20) + (23,25-20) + (24,15-20) + (25,25-20) = 15,40\text{m}$ |
| 3    | 22.50 |   |
| 4    | 23.25 | $\Sigma \Delta h_I = (26,50-20) = 6,50\text{m}$   |
| 5    | 23.75 |   |
| 6    | 24.15 | $V = \frac{1}{4} a^2 [\Sigma \Delta h_E + 2 \Sigma \Delta h_R + 4 \Sigma \Delta h_I]$   |
| 7    | 24.50 |   |
| 8    | 25.25 | $V = 1/4 \cdot 30 \cdot 30 \cdot (12,25 + 2 \cdot 15,40 + 4 \cdot 6,50)$                |
| 9    | 26.50 | $V = 15536.25 \text{ m}^3$  |

### 10.5.2. Ortalama arazi kotu yardımıyla hacim hesabı



Bu yöntem genellikle az noktalı işlerde kullanılır. Yani bir binanın yapılacağı inşaat sahasından çıkacak kazı miktarının hacminin hesabı, artık parçaların hesabından kullanılır.

$$F = (\text{kare sayısı}) \cdot a^2$$

$$OAK = \frac{\Sigma H_E + 2 \Sigma H_R + 4 \Sigma H_I}{E + 2R + 4I}$$

$$V = F(OAK - \text{Taban..kotu})$$

**Örnek:** Bir parselin taban kotu 20 m. oluncaya kadar kazılması istenmektedir. Harfiyat yapılacak toprak hacmini Ortalama arazi kodu yöntemi yardımı ile hesaplayınız?  $a=30$  m

|      |       |  |
|------|-------|--|
| N.No | h     | $\Sigma H_E = 21,50 + 22,50 + 23,75 + 24,50 = 92,25\text{m}$                           |
| 1    | 21.50 |  |
| 2    | 22.75 | $\Sigma H_R = 22,75 + 23,25 + 24,15 + 25,25 = 95,40\text{m}$                           |
| 3    | 22.50 |  |
| 4    | 23.25 | $\Sigma H_I = 26,50 = 26,50\text{m}$   |
| 5    | 23.75 |  |
| 6    | 24.15 | $OAK = \frac{\Sigma H_E + 2\Sigma H_R + 4\Sigma H_I}{E + 2R + 4I}$                     |
| 7    | 24.50 |  |
| 8    | 25.25 | $OAK = (92,25 + 2.95,40 + 4.26,50) / (4 + 2.4 + 4.1) = 24,315625$                      |
| 9    | 26.50 | $V = F(OAK - \text{Taban..kotu}) = 4 \cdot 900(24,315625 - 20) = 15536.25 \text{ m}^3$ |

## 11. Küresel Konumlama Sistemi (GPS)

### 11.1. Küresel Konumlama Sistemi (GPS)'ne Giriş

#### 11.1.1. Küresel Konumlama Sistemi (GPS) Nedir?

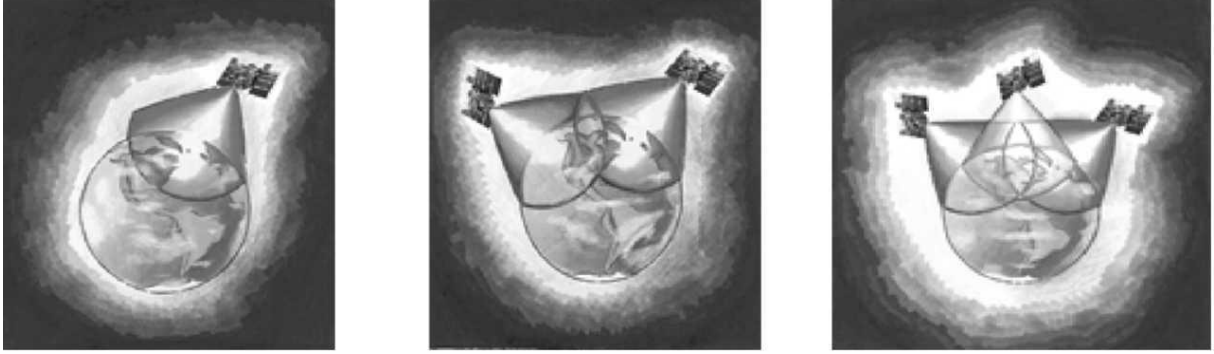
Yersel konum belirleme sistemlerinin uygulanmasında çıkan sakıncaları ortadan kaldıran, en az 4 uydudan kod-faz varış zamanının ölçülmesi esasına dayanan üç boyutta yüksek doğrulukta konum ve hız belirlemeyi sağlayan, her türlü hava koşullarında sürekli kullanılabilen, sınırsız sayıda kullanıcının yararlanabileceği, doğru zamanın ölçüldüğü dış etkilere karşı güvenilir olan Global Positioning System (GPS) olarak bilinen "Küresel Konumlama Sistemi", 1974' te Amerikan savunma bakanlığı tarafından üç boyutlu konum belirleme amacına yönelik geliştirilmiş bir uydu sistemidir.

Küresel Konumlama Sistemi;

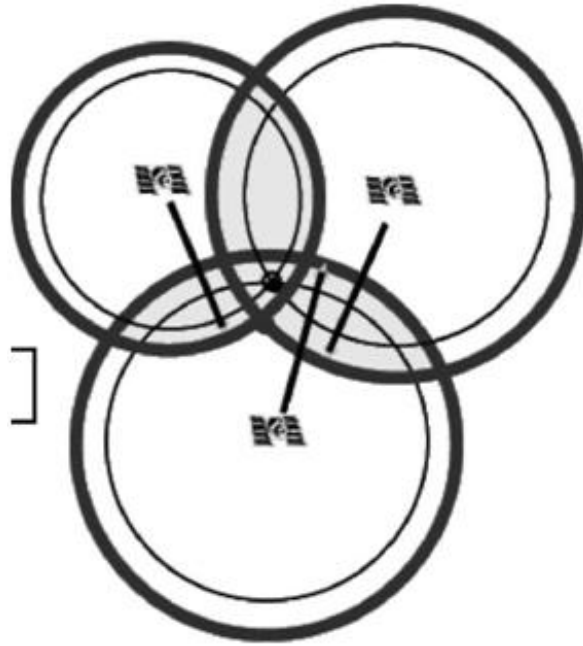
- ❖ Herhangi bir yer ve zamanda
- ❖ Her türlü hava koşullarında
- ❖ Global bir koordinat sisteminde
- ❖ Yüksek duyarlılıkta
- ❖ Ekonomik
- ❖ Anında ve sürekli

konum, hız ve zaman belirlemesine olanak verir.

Sistem, temel olarak jeodezideki en eski tekniklerden biri olan "geriden kestirme" esasına dayanır. Geriden kestirme, konumu bilinmeyen bir noktadan konumu bilinen noktalara yapılan gözlem ve hesapları kapsar.



Konumu bilinen noktalar GPS uydularıdır. Bilinmeyenler, bulunulan noktanın yer merkezli (earth-fixed) kartezyen koordinatlarıdır ( $X, Y, Z$ ). Matematik kuralı olarak bu 3 bilinmeyen için 3 ölçü değeri yetiyor gibi gözükse de, saat hatalarını ortadan kaldırmak için en az 4 tane konumu bilinen uyduya ihtiyaç vardır. GPS, 4 boyutlu bir sistemdir (3D+zaman).



Uydularla konum belirlemede uydu sinyallerinin bir alıcı tarafından kaydedilerek, sinyalin uydudan yayınlandığı an ile alıcıda kaydedildiği an arasında geçen süre çok hassas olarak ölçülür. Bu süre, sinyalin yayılma hızı ile çarpılarak uydu ile alıcı arasındaki mesafe belirlenir, uydunun koordinatları zamana bağlı olarak bilindiğinden, alıcının konumu hesaplanabilir. Uydular, yüksek doğruluklu atomik saatler içerirler.

## 11.2. GPS Çeşitleri

### 11.2.1. El Tipi GPS

El Tipi GPS alıcıları genelde doğa koşullarında zor şartlarda kişisel hareket tayini amaçlı kullanılan, bir ekran ve kullanım fonksiyonlarını yerine getirebilmek için bir tuş takımından oluşan, şekilsel olarak cep telefonlarına benzer yapıda elektronik cihazlardır.

Cihaz uydu sinyallerini işleyerek bulunulan konumu, yüksekliği (rakımı), hareket hızını, hareket edilen doğrultuyu, saat - tarih, cihazın hafızasına kaydedilmiş bir noktaya olan mesafeyi, yönü gösterebilir. Tüm işlemleri gerçekleştirebilmesi için kullanıcının bina gibi kapalı bir alanda değil arazide bulunması yani uydularla bağlantı için fiziksel olarak açık bir alanda bulunması gerekir. Böyle bir durumda cihaz açıldığında bağlantı kurulup konum hesaplanması ve bahsedilen diğer seyrüsefer bilgilerinin elde edilmesi otomatik olarak yapılır. Bu bilgiler üretildikten sonra kullanıcı cihaza herhangi bir yerin konumunu kaydedebilir veya cihaz yardımıyla kayıtlı bir noktaya gidebilir.



### 11.2.2. Araç Tipi GPS

Araç tipi GPS'ler özellikle yoğun kentleşme olan büyükşehir gibi yerlerde yaşanan adres bulamama, kaybolma gibi sorunları giderebilmek için ve genelde araç içerisinde kullanılan geniş ekranlı GPS cihazlarıdır.

Bu araç navigasyon cihazlarında önceden yüklü haritalar üzerinden gidilecek adres veya eczane, benzinlik gibi noktalar sorgulanarak bulunur ve cihaz ilgili hedefe olan güzergâhı tayin eder. Yol üzerinde hareket edilirken kullanıcı hem sesli hem de grafik olarak yönlendirilir.

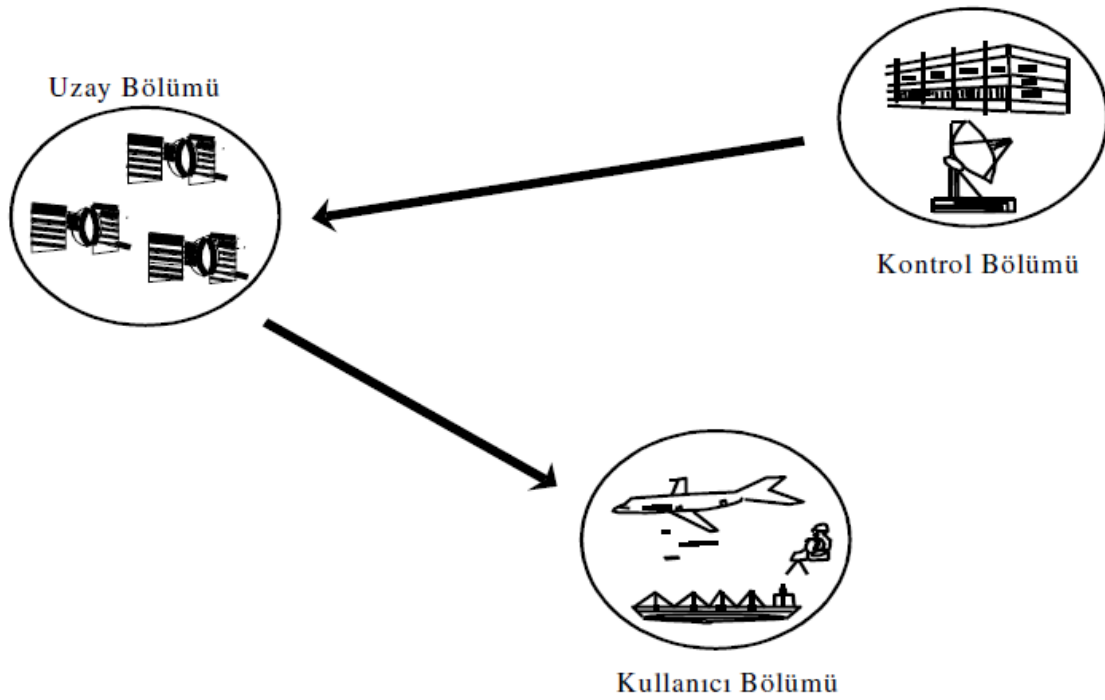


### 11.2.3. Profesyonel GPS-GNSS

Profesyonel GPS-GNSS alıcıları diferansiyel yöntemle çalışan alıcı tipi ve yapılan uygulamaya göre bir kaç desimetre ile milimetre aralığında hassasiyetlerde çözümler üretebilen sistemlerdir. Bahsedilen diferansiyel yöntem standart GPS-GNSS çözümüne ilaveten hata kaynaklarını modelleyen ve çözüme düzeltme getiren sistem anlamına gelmektedir. Bu düzeltme kaynağı yersel olabildiği gibi uydusal da olabilmektedir. Ancak düzeltme kaynağının türü istenilen hassasiyet ve GPS-GNSS alıcı tipine göre değişmektedir.



### 11.3. Küresel Konumlama Sistemi Bileşenleri



#### 11.3.1. Uzay Bileşeni

Uzay bölümü, en az 24 uydudan (21 aktif 3 yedek) oluşur ve sistemin merkezidir. Uydular, "Yüksek Yörünge" adı verilen ve dünya yüzeyinin 20.200 km üzerindeki yörüngede bulunurlar. Bu kadar fazla yükseklikte bulunan uydular oldukça geniş bir görüş alanına sahiptirler ve dünya üzerindeki bir GPS alıcısının her zaman en az 4 adet uyduyu görebileceği şekilde yerleştirilmişlerdir.

Uydular saatte 7.000 mil hızla hareket ederler ve 12 saatte, dünya çevresinde bir tur atarlar. Güneş enerjisi ile çalışırlar ve en az 10 yıl kullanılmak üzere tasarlanmışlardır. Ayrıca güneş enerjisi kesintilerine karşı (güneş tutulması vs.) yedek bataryaları ve yörünge düzeltmeleri için de küçük ateşleyici roketleri vardır.

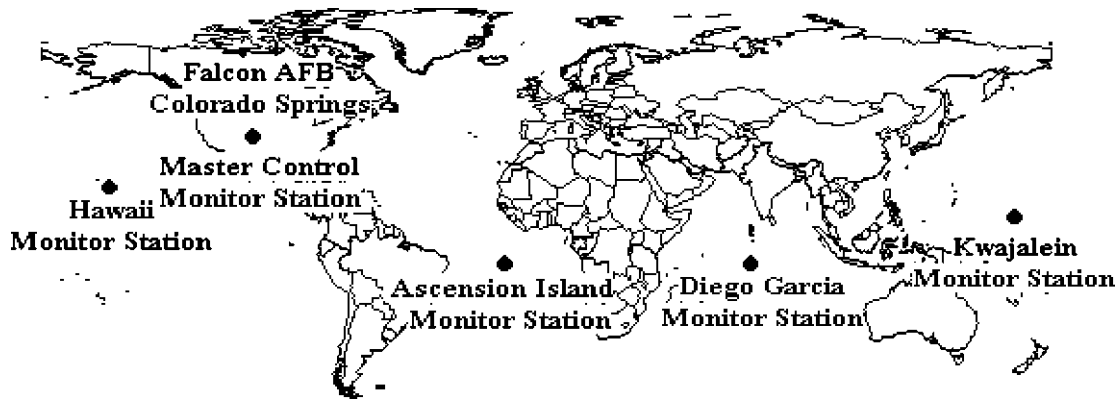
Sistemde Block I ve Block II uyduları yer almaktadır. Block I uyduları deneysel amaçlı olup, 1978 ve 1985 yılları arasında sistemi test etmek için kullanıldı. 11 uydu fırlatıldı ve şu an bunların hiçbirisi varlığını sürdürmemektedir. Block II uyduları işletimsel serinin ilk 9 uydusundan oluşmaktadır. Block IIA serisi 19 uydudan oluşmakta, Block IIR serisi ise mevcut uyduların yenileri ile yer değiştirmesi için geliştirilmiştir. Şu anda güncel olarak 27 adet Block II, IIA ve IIR uyduları yörüngelerinde bulunmaktadır.

### 11.3.2. Kontrol Bileşeni

Adından anlaşılacağı gibi, Kontrol Bölümü, GPS uydularını sürekli izleyerek, doğru yörünge ve zaman bilgilerini sağlar. Dünya üzerinde 5 adet kontrol istasyonu bulunmaktadır;

- ❖ Colorado Spring (Ana merkez),
- ❖ Hawaii,
- ❖ Kwajalein,
- ❖ Ascension adaları,
- ❖ Diego Garcia.

Bunlardan dördü insansız, biri insanlı ana kontrol merkezidir. İnsansız kontrol merkezleri, topladıkları bilgileri ana merkeze yollarlar. Ana merkezde bu bilgiler değerlendirilerek gerekli düzeltmeler uydulara bildirilir.



### 11.3.3. Kullanıcı Bileşeni

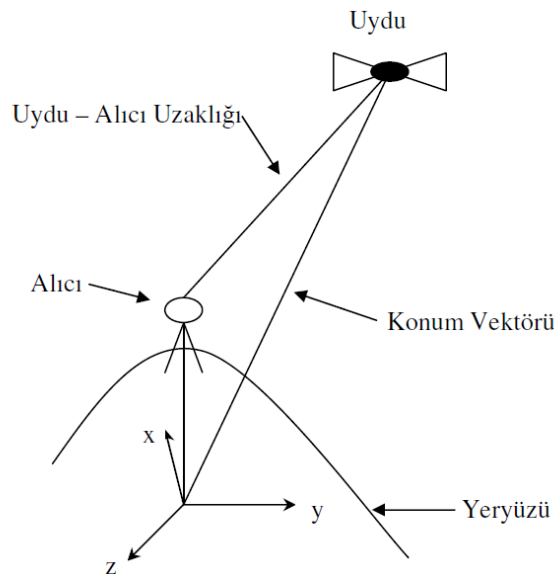
Kullanıcı bölümü yerdeki alıcılardır. Çeşitli amaçlarla GPS kullanarak yerini belirlemek isteyen herhangi bir kişi, sistemin kullanıcı bölümüne dahil olur. Bu bölüm kullanıcılara sunulan uygulamaya ait donanım ve hesaplama tekniklerinin geniş bir aralığını tanımlar. Gerek askeri gerekse sivil kullanıcılar için teknolojinin gelişmesi ile beraber büyük bir ilerleme göstermiştir. Genel olarak her türlü amaç için farklı duyarlılıkları olan uygun donanımlı GPS alıcıları (receiver) bu bölümü oluşturur.

Bir GPS alıcısı; algılayıcı (sensor), kontrol ünitesi, alıcı anteni ve güç kaynağından oluşur. Ölçü sırasında; anlık faz farkı ölçüleri(data, ham ölçüleri), yayın efemerisi bilgileri (uydu yörünge bilgileri), atmosferik bilgiler (iyonosfer ve troposfer bilgileri), mesaj bilgileri(anten yüksekliği ve nokta bilgileri) elde edilir.

### 11.4. Küresel Konumlama Sisteminin Mantığı

GPS ile konum belirleme; uydu-alıcı uzaklıklarının hesabına dayanan bir uzayda geriden kestirme probleminin çözümüdür. GPS alıcısında yapılan temel işlem tüm yönlerden gelen sinyallerinin kaydedilmesi ve bunlardan yararlanarak uydu-alıcı uzaklıklarının hesaplanmasıdır.

Uydu-alıcı uzaklığı sinyalin uydudan alıcıya ulaşana kadar arada geçen zamanın ışık hızı ile çarpılması sonucu bulunmaktadır. Daha sonra en az 4 uyduya eş zamanlı olarak yapılan gözlemlerle konum vektörü hesaplanmaktadır.



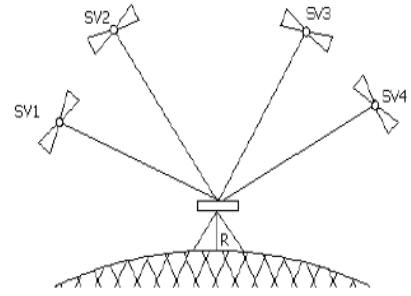
## 11.5. GPS İle Konum Belirleme Metodları

GPS ile iki ana konum belirleme yöntemi kullanılmaktadır;

- ❖ Mutlak Konum Belirleme,
- ❖ Göreli Konum Belirleme.

### 11.5.1. Mutlak Konum Belirleme

Mutlak konum belirlemede tek bir alıcı ile normal olarak dört yada daha fazla uydudan kod gözlemleri yapılarak üzerinde alıcı kurulu olan noktanın koordinatları belirlenmektedir. Yöntem, sinyalin uydu çıkışından alıcıya varışına kadar geçen zaman ve ışık hızı çarpılarak hesaplanan uydu-alıcı uzaklıkları ve uyduların bilinen koordinatları ile uzayda geriden kestirme esasına dayanmaktadır.

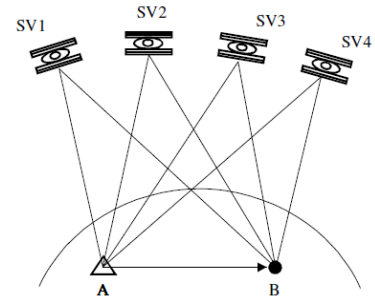


Alıcı koordinatları, kullanılan kod bilgisine ( P kod, C/A kod) ve uydu geometrisine bağlı olarak anında ve mutlak anlamda belirlenebilmektedir. Bu yöntem alıcının sabit olması durumunda statik, hareketli olması durumunda ise kinematik konum belirleme olarak tanımlanır.

### 11.5.2. Göreli Konum Belirleme

Görelî konum belirlemede koordinatları bilinen bir noktaya göre diğer nokta yada noktaların koordinatlarının belirlenmesi söz konusudur. Başka bir deyişle, görelî konum belirleme ile iki nokta arasındaki baz vektörü belirlenmektedir.

Görelî konum belirleme için iki ayrı noktada SVİ kurulmuş olan iki alıcı ile aynı uydulara eş zamanlı kod yada faz gözlemleri söz konusudur. Görelî konum belirleme ile elde edilen doğruluk mutlak konum belirlemeden çok daha iyi olup, alıcı tipi ( P kodlu, P kodsuz), ölçü süresi gözlenen uydu geometrisi, uydu sayısı ve kullanılan efemeris bilgisine (yayın yada duyarlı) bağlı olarak elde edilen doğruluk 0.001 ile 100 ppm arasında değişmektedir.



Kod gözlemleri ile anında konum belirleme amacı için yeterli doğruluk sağlanmakta ve pratik olarak büyük önem taşımaktadır. Ancak, mühendislik hizmetleri için çok daha duyarlı sonuçlara gereksinim vardır. Bu amaç için faz gözlemleri kullanılmaktadır.

### **11.5.3. Yöntemler**

Faz gözlemleri kullanılarak yapılan görelî konum belirlemede genel olarak beş farklı yöntem mevcut olup bunlar şu şekilde sıralanabilir;

- ❖ Statik Ölçü Yöntemi
- ❖ Hızlı (rapid/fast) Statik Ölçü Yöntemi
- ❖ Tekrarlı (reoccupation/pseudostatic) Ölçü Yöntemi
- ❖ Dur-Git (stop and go) Ölçü Yöntemi
- ❖ Kinematik Ölçü Yöntemi

### **11.6. Duyarlık Kaybı Nedenleri ve Çözümleri**

GPS'de hatalar uydu kaynaklı, sinyal yayılması kaynaklı ya da alıcı kaynaklı olabilir. Duyarlık kaybı meydana getirecek faktörler şunlardır;

- ❖ Uydu Yörünge Hataları,
- ❖ Atmosferik Gecikme,
- ❖ İyonosferik Gecikme,
- ❖ Troposferik Gecikme,
- ❖ Uydu Eğim Açısı,
- ❖ Sinyal Yayılma (Multipath) Etkisi,
- ❖ Başlangıç Faz Belirsizlikleri,
- ❖ Anten Faz Kayıklıkları,
- ❖ Alıcı Hataları,
- ❖ Kullanıcı Hataları,
- ❖ Kontrol Birimi Hataları

### 11.7. GPS'in Kullanım Alanları

GPS'in kullanım alanları olarak şunlar sıralanabilir:

- ❖ Kara, Deniz ve Hava Araçlarının Navigasyonu
- ❖ Arama-Kurtarma
- ❖ Hedef Bulma
- ❖ Füze Güdümü
- ❖ Uçakların Görüşün Sınırlı Olduğu Hava Koşullarında İniş ve Kalkışı
- ❖ Kara, Deniz ve Hava Araçlarının Navigasyonu
- ❖ Jeodezik ve Jeodinamik Ölçmeler
- ❖ Kadastral Ölçmeler
- ❖ Kinematik GPS Destekli Fotogrametrik Çalışmalar
- ❖ Yerel ve Global Deformasyon Ölçmeleri
- ❖ Aktif Kontrol Ağları
- ❖ CBS Veri Tabanlarının Geliştirilmesi
- ❖ Turizm, Tarım, Ormancılık , Spor, Arkeoloji
- ❖ Asayiş
- ❖ Hidrografik Ölçmeler
- ❖ Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi ve kullanıcıya sunulması işlevlerini bir bütünlük içinde gerçekleştirebilen bir bilgi sistemi olarak tanımlanabilir. Böylece GPS, CBS için veri giriş aracı olarak hizmet edebilir.
- ❖ GPS tekniğinin uygulandığı alanlardan birisi de araç takip ve yönetimi sistemleridir.
- ❖ Tarım araç ve makineleri, yol yapım araç ve makineleri ve hatta tren ve hava araçlarının takip, yöneltme ve yönetimleri gerçekleştirilebilmektedir.
- ❖ Denizde gemi filolarının, karada kamyon ve tır gibi filoların, ticari ve özel araçların, ambulans, itfaiye, polis, banka araçları gibi pek çok servis ve değişik hizmetler veren araçların takip ve yönetimi yapılabilir.

## 12. İMAR BİLGİSİ

## 13. KAYNAKLAR

1. Topografya (Ölçme Bilgisi), Cevat İNAL, Ali ERDİ, Ferruh YILDIZ Şubat 1996 Atlas Kitapevi, KONYA
2. Ölçme Bilgisi, Erdoğan ÖZBENLİ, Türkay TÜDEŞ, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon 1986.
3. Topografya (Ölçme Bilgisi) Prof. M. Gündoğdu ÖZGEN İTÜ İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, İstanbul 1990.
4. Kadastro Bilgisi, Türkay TÜDEŞ, Cemal BIYIK, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon 1994.
5. Ölçme Bilgisi I Doç. Dr. İbrahim KOÇ, Şubat 1998 Gökhan Matbaası, İSTANBUL
6. Ölçme Bilgisi I, 2 Celal SONGU, Aralık 1981 Birsen Yayınevi, İSTANBUL
7. Büyük Ölçekli Haritaların Yapım Yönetmeliği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, İstanbul Şubesi 1989
8. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 15 Temmuz 2005 tarih 25876 sayılı resmi gazete.
9. Yükseklik Ölçmeleri, Ders Notları, Doç. Dr. Halil ERKAYA, İstanbul 2006.
10. Dengeleme Hesabı, Ergün ÖZTÜRK, Karadeniz Teknik Üniversitesi Basımevi, Trabzon 1987.
11. Ufuk ÖZERMAN, Topoğrafya Ders Notları, 2007
12. Hakan BÜYÜKCANGAZ ve Erkan YASLIOĞLU, Ölçme Bilgisi Ders Notları, 2009
13. [www.gpsturk.net](http://www.gpsturk.net)
14. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalı GPS Ders Notu
15. Selçuk Üniversitesi Kadınhanı Meslek Yüksek Okulu GPS Ders Notu