

ÖLÇME BİLGİSİ - 2 (HRT 2331)

DERSİ VEREN ÖĞRETİM ÜYELERİ

DERS KOORDİNATÖRÜ / DOÇ. DR. ERCENK ATA (GN:1)

DOÇ. DR. R. GÜRSEL HOŞBAŞ (GN:2)

ÖĞR. GÖR. DR. MEHMET EREN (GN:3)

| Ders Adı | Kodu | Yerel Kredi | AKTS | Ders (saat/hafta) | Uygulama (saat/hafta) | Laboratuvar (saat/hafta) |
|------------------------|---------|-------------|------|-------------------|-----------------------|--------------------------|
| Ölçme Bilgisi 2 | HRT2331 | 3 | 4 | 3 | 0 | 0 |

Ders Öğrenim Çıktıları

- 1.Yükseklik sistemlerini öğrenir.(PÇ-1.2)
- 2.Yükseklik ölçme yöntemlerini öğrenir (PÇ-1.2).
- 3.Nivelman kavramı ile nivelman geçkilerinin oluşturulması, ölçülmesi ve hesaplanmasını öğrenir (PÇ-3.1), (PÇ-7.4).
- 4.Özel nivelman türleri ve diğer yükseklik belirleme yöntemlerini öğrenir (PÇ-9.2).
- 5.Nivelman ağları ve özelliklerini öğrenir (PÇ-9.2).
- 6.Sayısal yükseklik modeli ve kot-kesit uygulamalarını öğrenir (PÇ-7.4).
- 7.Nivolarda Gözlem ekseni hatasını belirleme deneyini tasarlar, yapar, hata miktarını hesaplar ve hatanın nasıl giderileceğini öğrenir.

Hafta

- 1 Yükseklik Sistemleri
- 2 Yükseklik Ölçme Yöntemleri
- 3 Yükseklik Ölçme Yöntemleri
- 4 Yükseklik Ölçme Yöntemleri
- 5 Düşey Kontrol Ağları ve Sıklaştırması
- 6 Nivelman Ağ ve Geçkilerinin Tasarımı ve Ölçülmesi
- 7 Nivelman Ağ ve Geçkilerinin Hesaplanması
- 8 **Yılıçi Sınavı 1**
- 9 Nivelman Ağ ve Geçkilerinin Hesaplanması
- 10 Özel Nivelman Türleri ve Diğer Yükseklik Belirleme Yöntemleri
- 11 Özel Nivelman Türleri ve Diğer Yükseklik Belirleme Yöntemleri
- 12 Sayısal Yükseklik Modelleri
- 13 Kot-Kesit Uygulamaları
- 14 Hacim Hesapları

YÜKSELİK SİSTEMLERİ

1. BÖLÜM

Yerin Şekli ve Büyüklüğü

KÜRE



ELİPSOİD

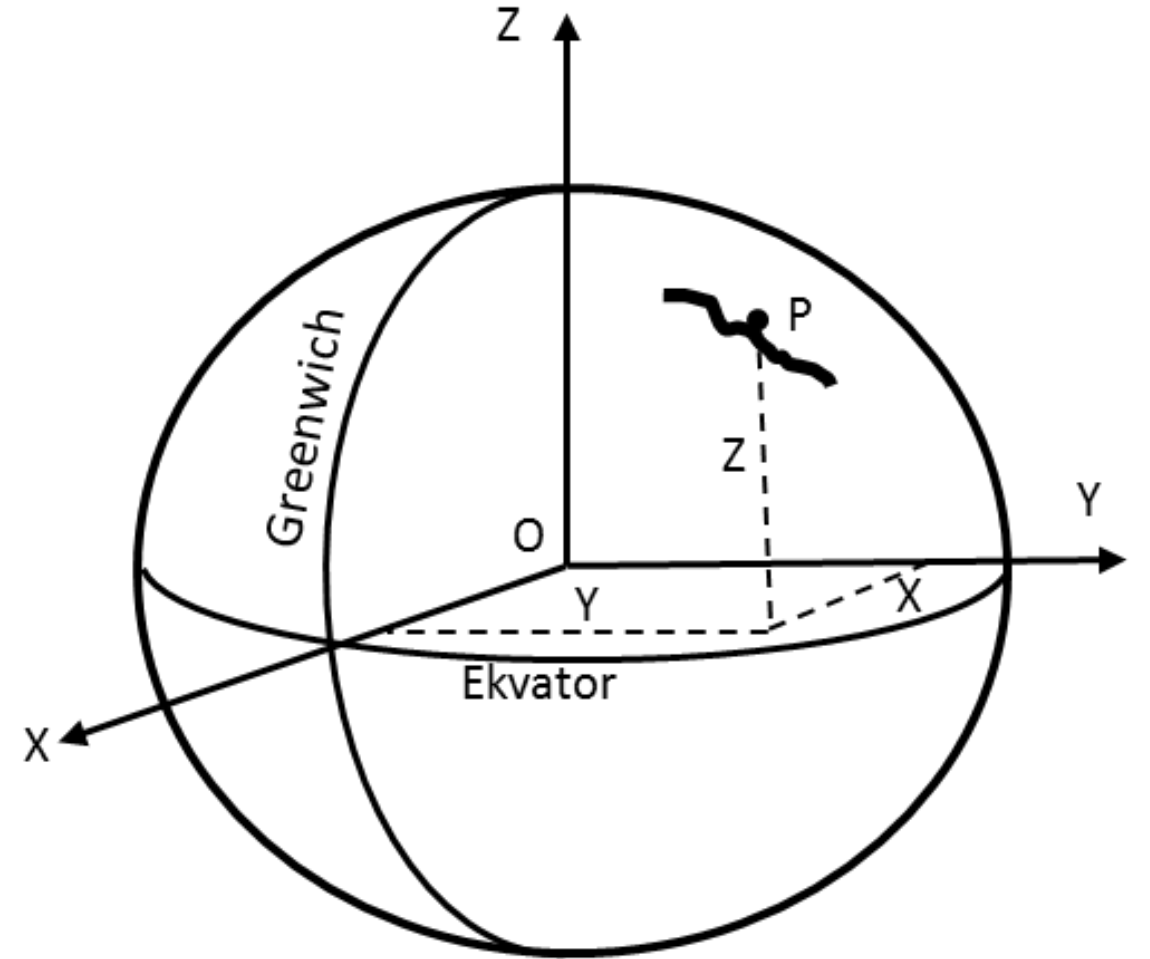
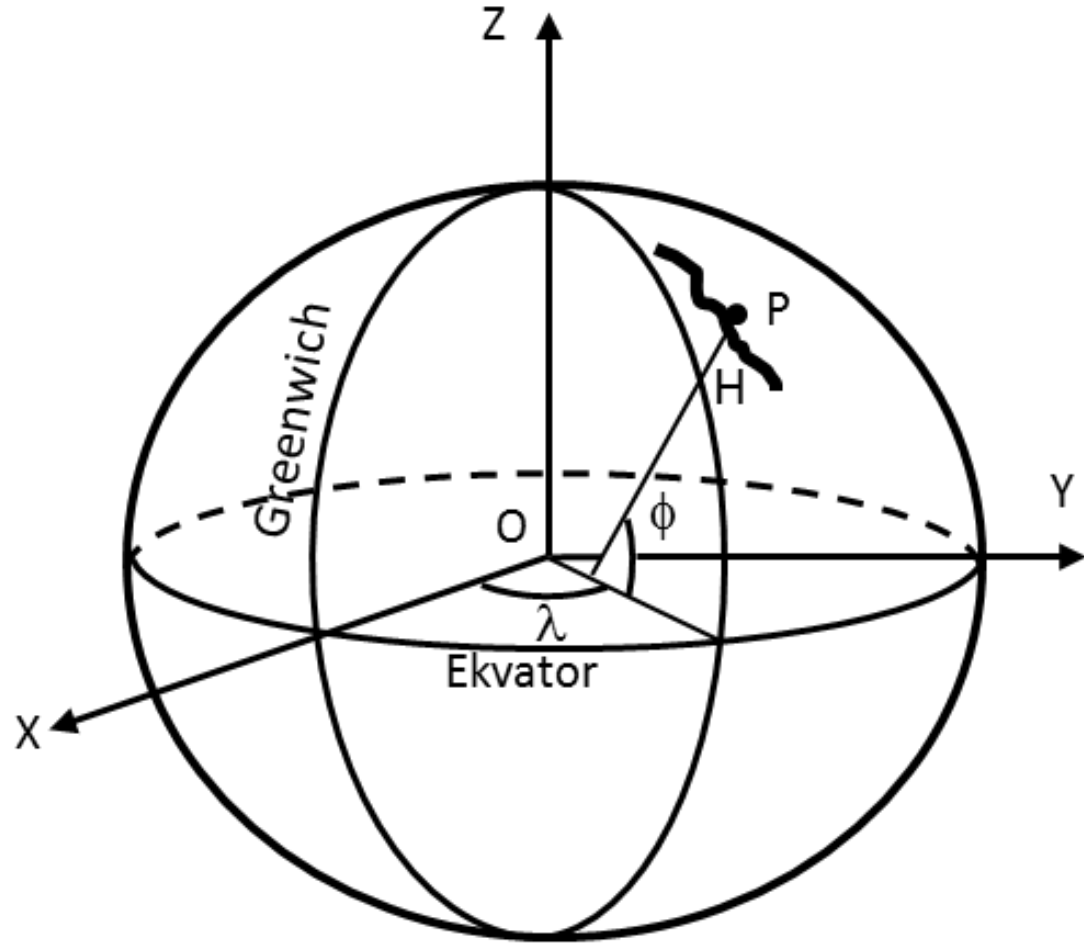


| Alanın Büyüklüğü | Yatay Konum | Düsey Konum |
|---|-------------|-------------|
| Büyük alanlar >5.000 km ² | Elipsoit | Jeoit |
| Orta büyüklükte < 5.000 km ² | Küre | Jeoit |
| Bölgesel < 50 km ² veya 10 km×10 km | Düzlem | Jeoit |

| Elipsoit | Büyük Eksen (m) | Basıklık |
|-------------|--------------------|---------------|
| Clarke 1866 | 6378206.4 | 294.9786982 |
| Hayford | 6378388.0 | 297.0 |
| GRS 80 | 6378137.0 | 289.257222101 |
| WGS84 | 6378137.0 | 298.257223563 |

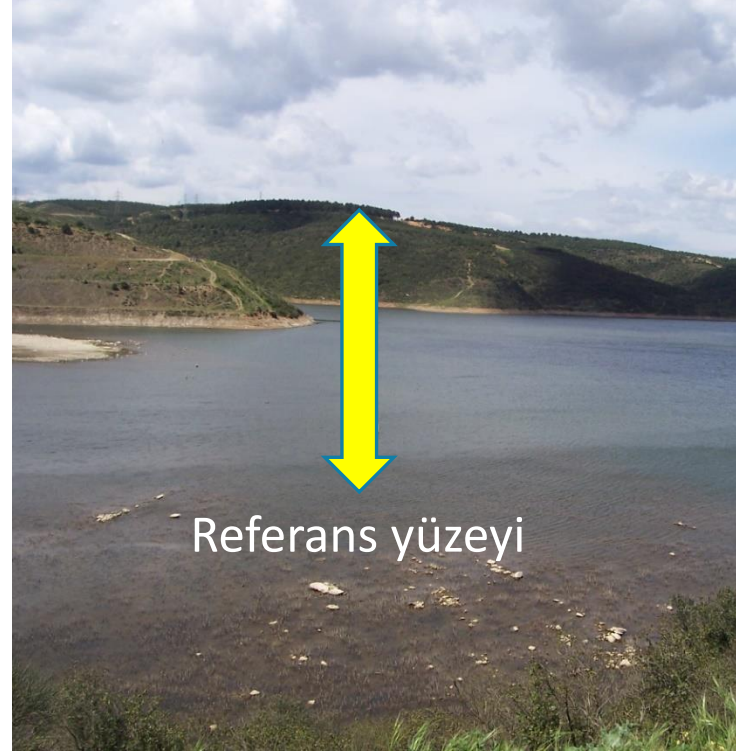
Coğrafi Koordinat Sistemi

Kartezyen Dik Koordinat Sistemi



Yükseklik Kavramı

Düşey konum belirlemede de **yeryüzündeki bir noktanın yüksekliğinden**, o nokta ile başlangıç (referans) yüzeyi arasındaki fiziksel ya da geometrik ilişki anlaşılır.



Referans Yüzeyi/Düşey Datum

Düşey datum, karalarda yapılan yükseklik, denizlerde yapılan derinlik ölçülerinin dayandırıldığı **başlangıç** veya **referans** yüzeyidir.

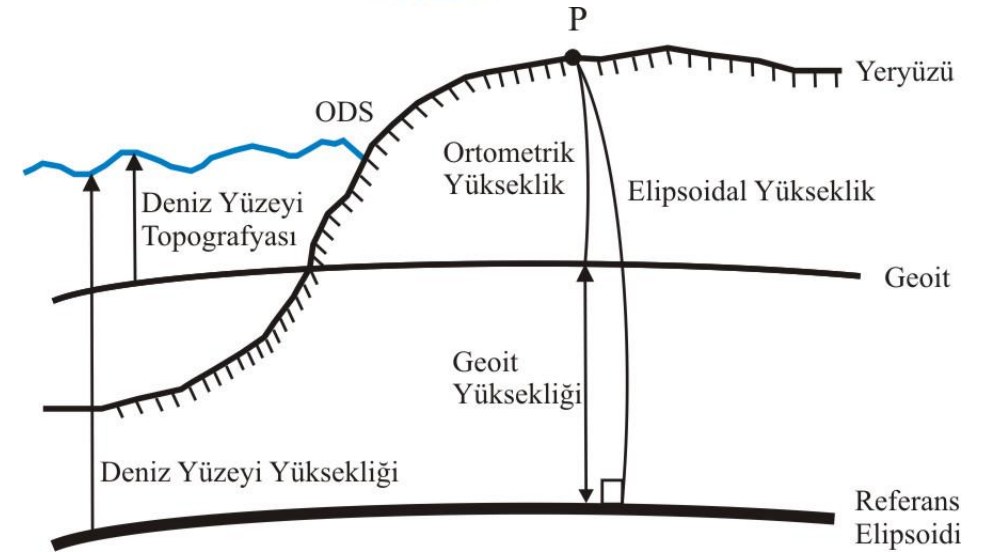
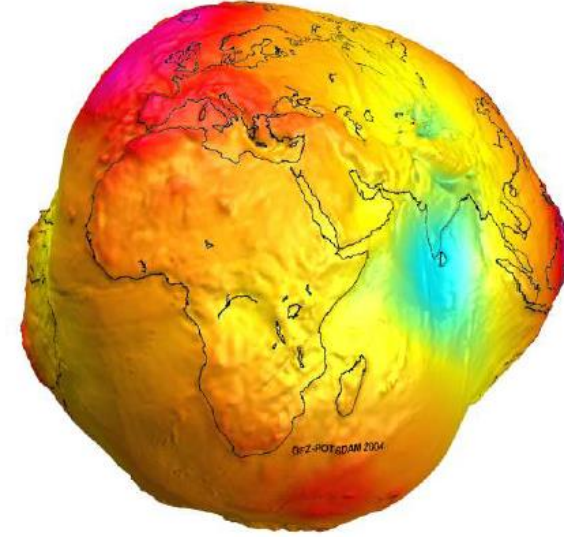
Denizlerde akıntı, dalga, tuzluluk, sıcaklık, yoğunluk farkı, gelgit ve meteorolojik etkilerden arındırılmış durgun deniz yüzeyinin karalar içinde de devam etmesiyle oluşan **eşpotansiyelli yüzey**, **jeoit** olarak adlandırılmaktadır.

Yükseklik Kavramı

Yeryuvarının gerçek şekli olarak görülen **jeoit/geoit**, normal gravite alanında jeoide karşılık gelen **kuasijeoit**, jeoide geometrik anlamda en çok yaklaşan **dönel elipsoit**, jeodezide kullanılan başlıca referans yüzeyleridir.

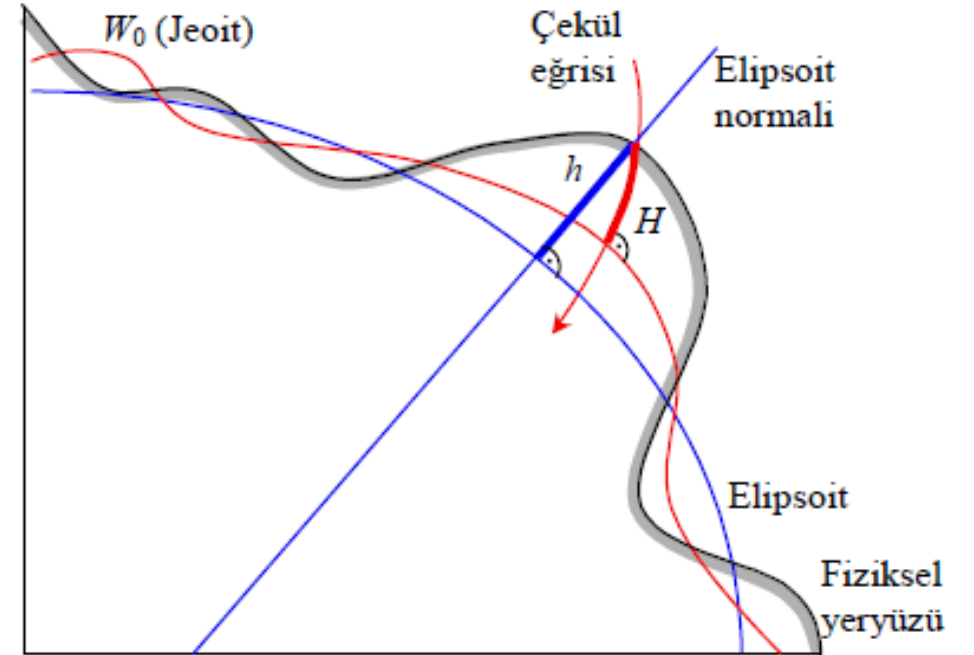
Ayrıca herhangi bir noktada jeoit ya da kuasijeoit ile çakıştığı varsayılan **ortalama deniz yüzeyi** de uygulamada yükseklikler için bir başlangıç yüzeyi olarak kullanılır.

Jeoit ile ortalama deniz seviyesinin (ODS) tam çakışmadığını, bu değişimin 1-2 metreye kadar ulaşabildiği görülmektedir. Jeoit ile ODS arasında oluşan bu fark **deniz yüzeyi topografyası** (DYT) olarak adlandırılmaktadır



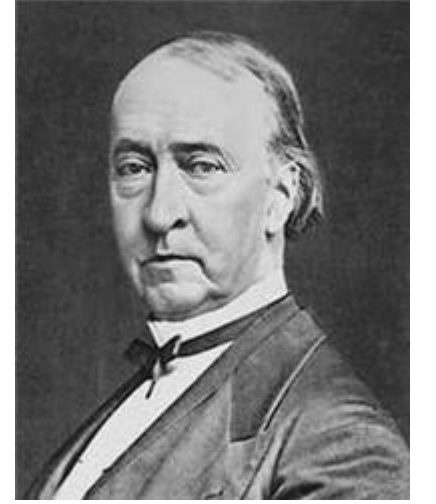
Yükseklik Kavramı

- Yeryüzündeki noktaların yüksekliklerini tanımlayabilmek için, bir başlangıç yüzeyi ve bu yüzeye dik doğrultuların saptanması gerekir.
- Yeryüzünde en kolay belirlenebilen doğrultular **çekül doğrultularıdır.**
- Çekül doğrultuları her noktada denge halindeki deniz yüzeyine diktir.
- Karaların altında da devam ettiği düşünülen denge halindeki deniz yüzeyi, başlangıç yüzeyi olarak alınabilir ve bu yüzey **Jeoit** olarak adlandırılmıştır.

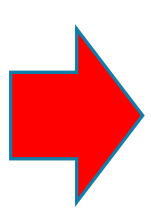




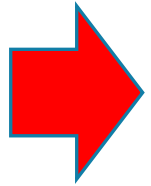
Carl Friedrich Gauss (1777-1855)



Johann Benedict Listing (1808-1882)

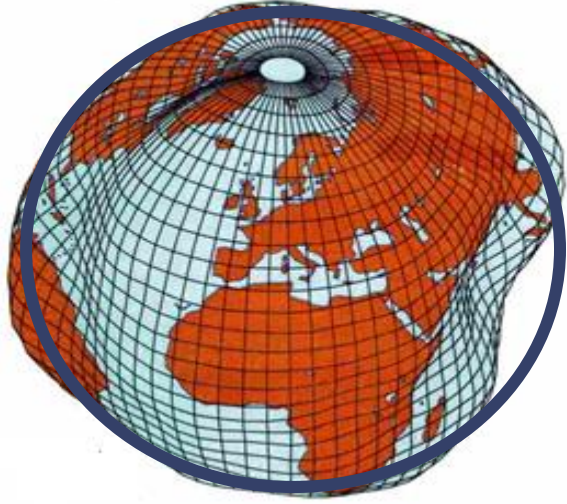


Geometrik anlamda yeryuvarının şekli dediğimiz şey, kısmen okyanus yüzeyi ile çakışan ve her noktasında çekül doğrultularını dik açılarla kesen yüzeyden başka bir şey değildir (Gauss, 1828).

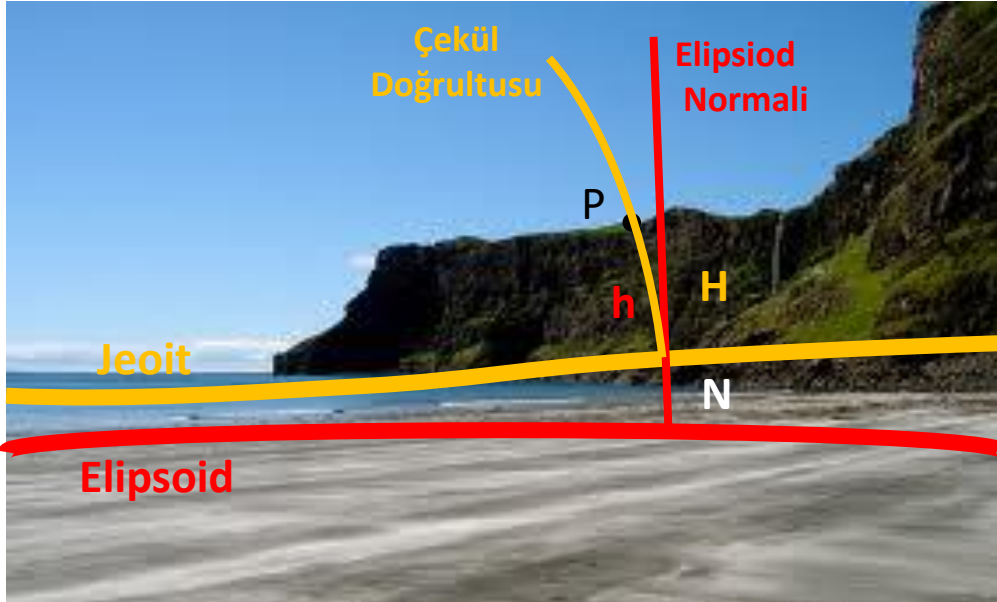


Daha önce yeryuvarının matematiksel yüzeyinin bir parçası olarak tanımladığımız okyanus yüzeyine bundan böyle yeryuvarının jeoidal yüzeyi ya da kısaca jeoit diyeceğiz (Listing, 1873).

Yeryuvarının fiziksel şekli



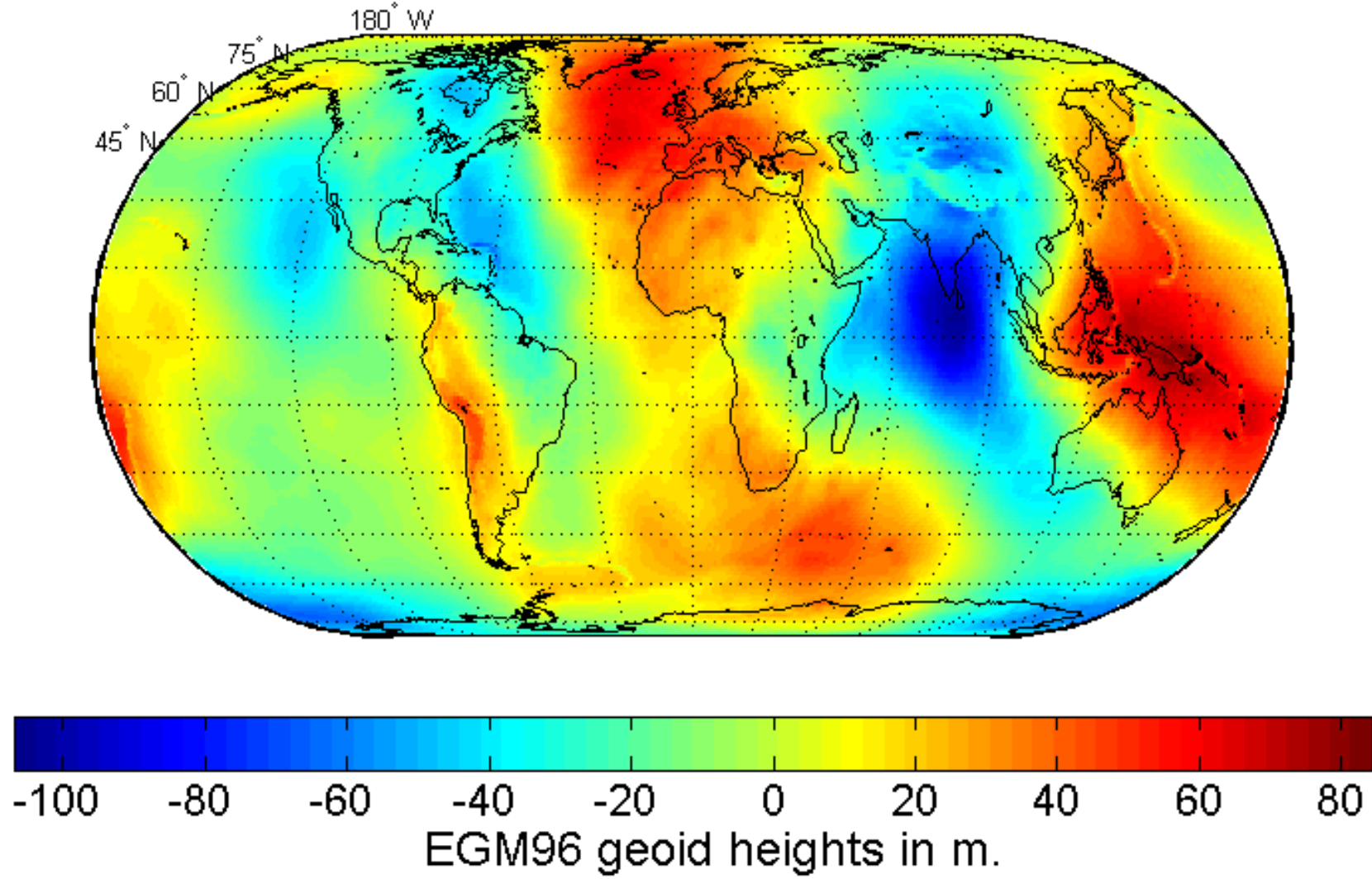
Yeryuvarının matematiksel şekli



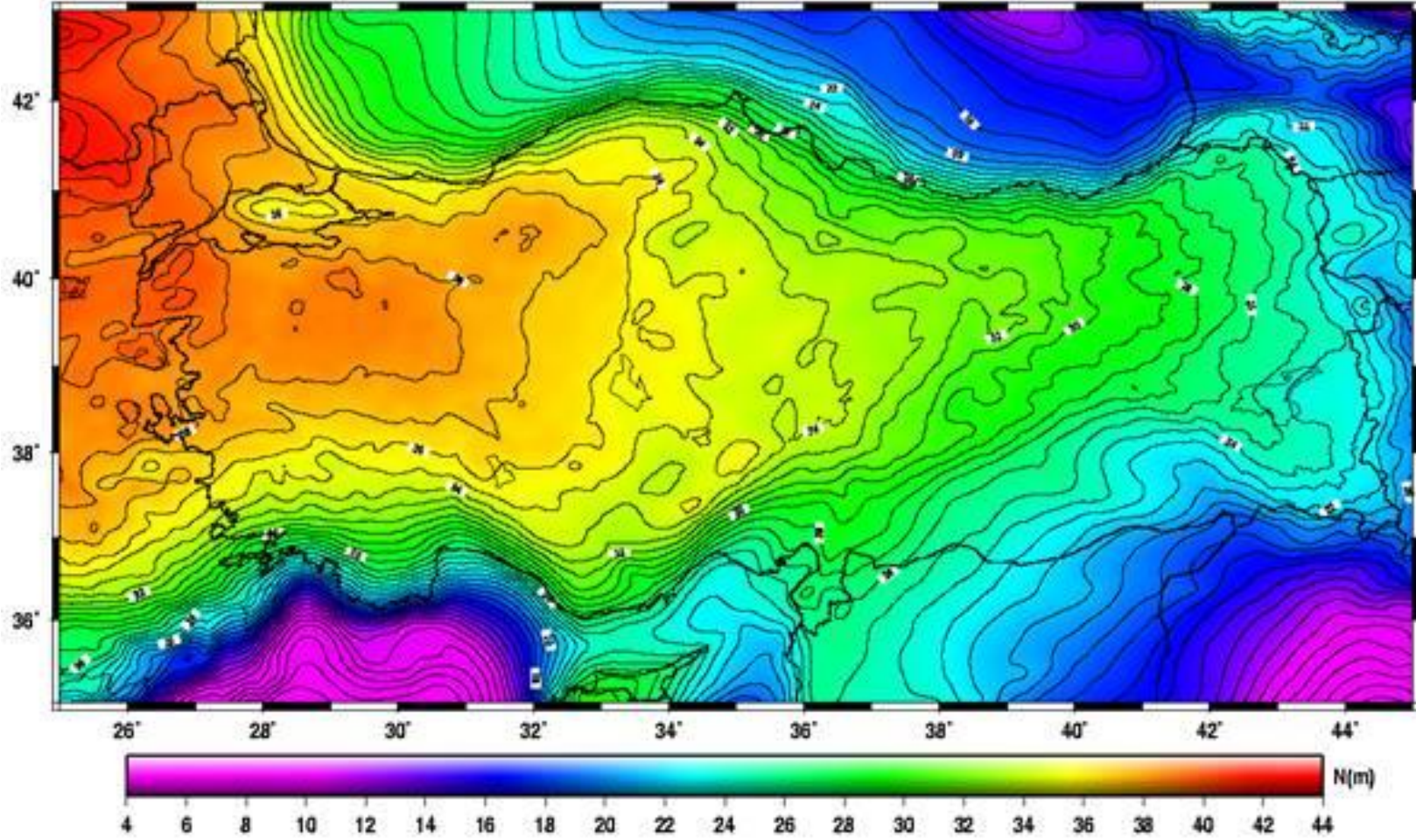
H: Ortometrik Yükseklik
h: Elipsoidal yükseklik
N: Jeoit yüksekliği

$$h = H + N$$

DÜNYA JEOİT MODELİ-1996 (EGM-96)



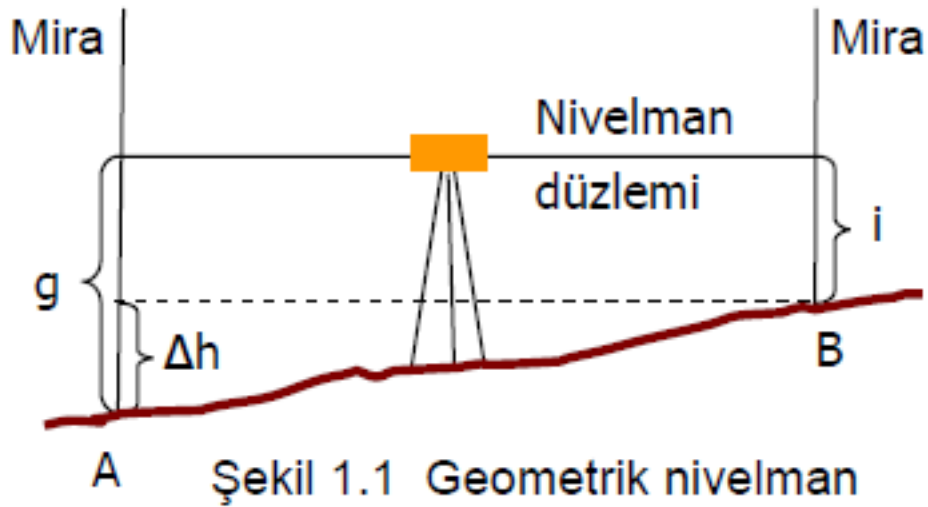
TÜRKİYE HİBRİD JEOİT MODELİ-2009 (THG-09)



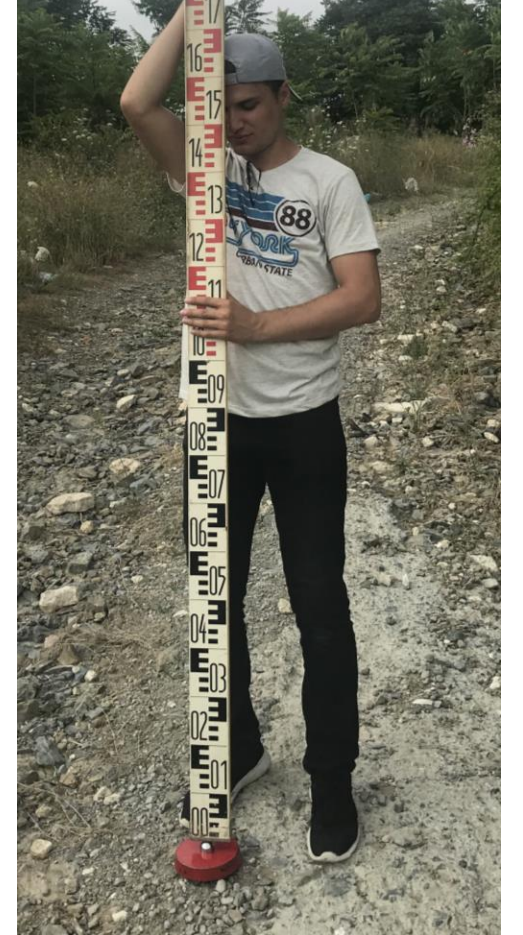
Nivelman

Noktalar arasındaki yükseklik farklarının ölçülmesi işi **Nivelman** olarak adlandırılır.

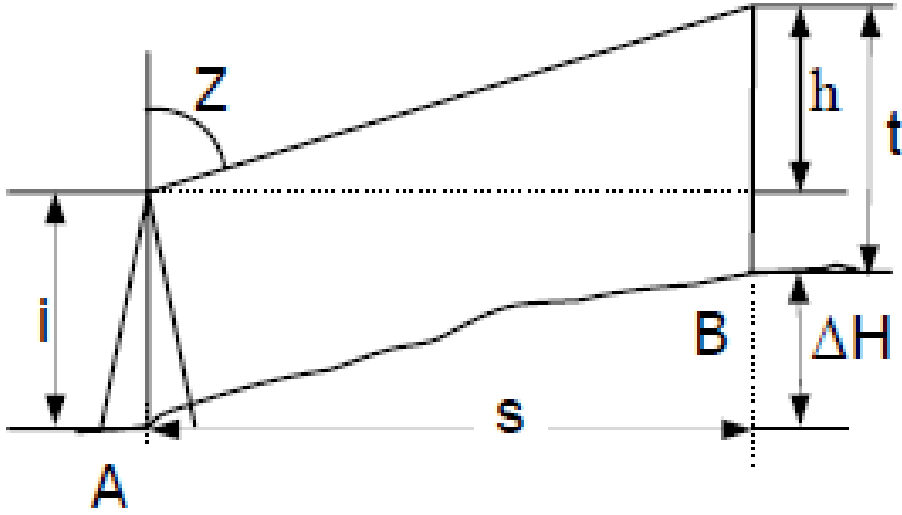
GEOMETRİK NİVELMAN



$$\Delta h = H_B - H_A = \text{geri-ileri} = g - i$$
$$\Delta h = g - i$$



TRİGONOMETRİK NİVELMAN

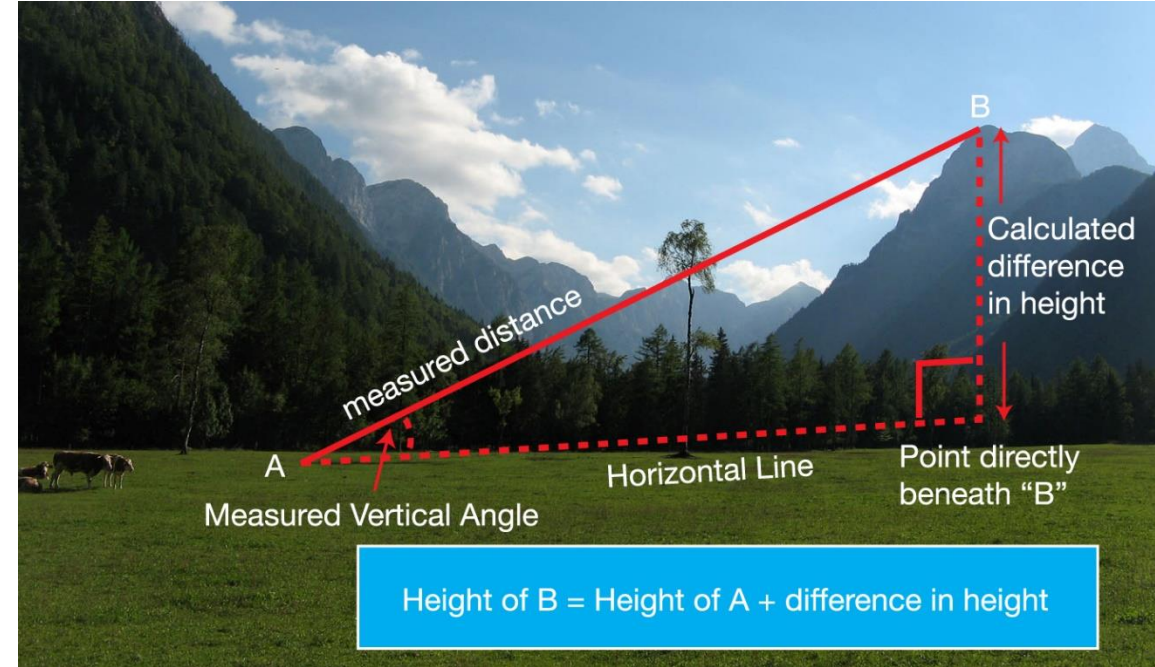


$$H_B = H_A + i + h - t$$

$$h = S \cdot \cot Z$$

$$H_B = H_A + i + S \cdot \cot Z - t$$

- İki nokta arasındaki uzunluk ve düşey açı ölçümleri
- 1 km de 1cm – 10cm
- Geometrik nivelmanın uygulanamadığı dağlık bölgelerde
- Doğruluğun yeterli olduğu mühendislik projelerinde



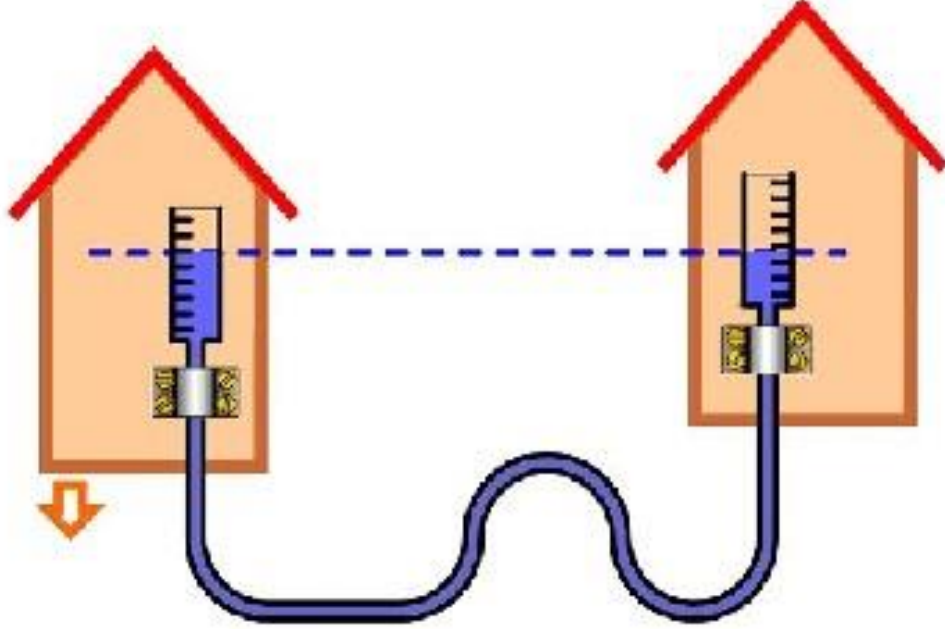
BAROMETRİK NİVELMAN



- Doğruluk 1m – 2m
- İstikşaf amaçlı kullanılabilir.

Hava basıncı deniz seviyesinden yukarılara doğru çıkıldıkça düşmektedir.
Hava basıncı ölçülerek barometrik yükseklik elde edilebilir.

HİDROSTATİK NİVELMAN

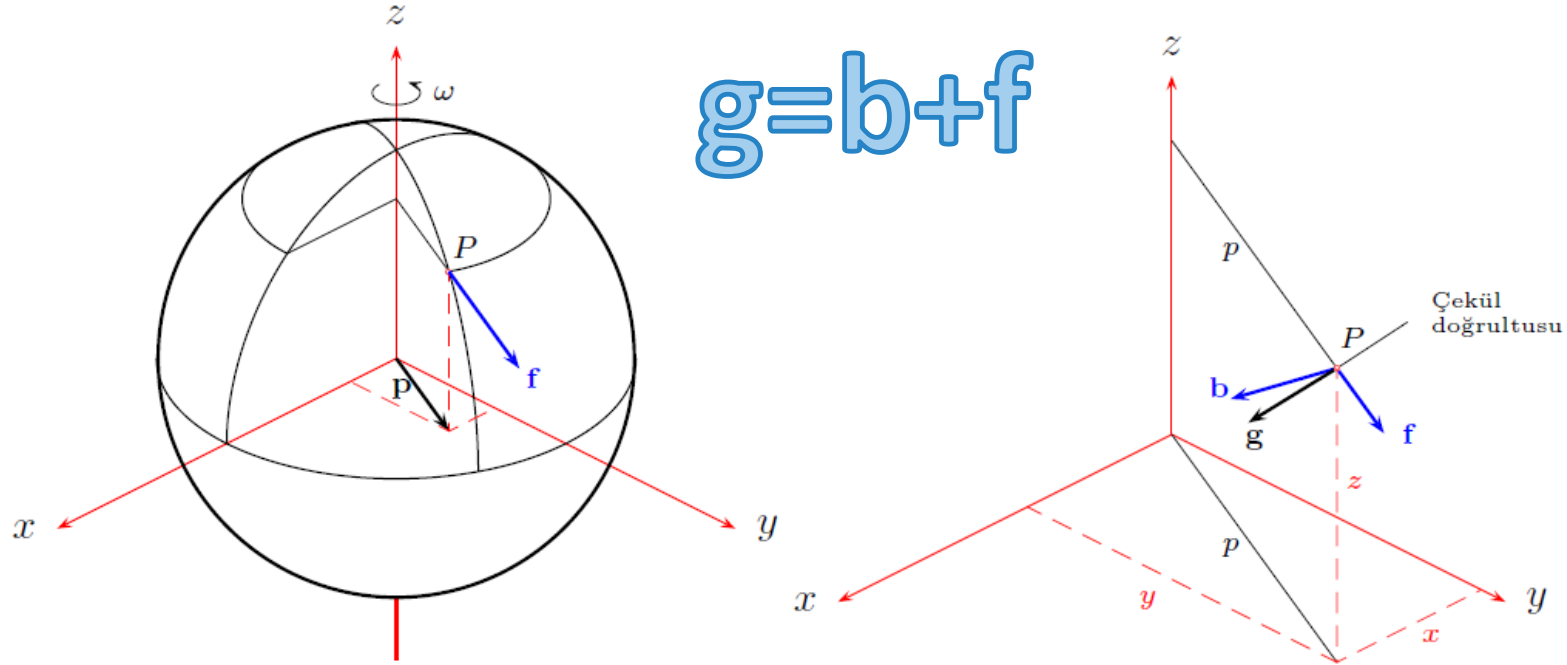


- Noktalar arasındaki yükseklik farkı 0.01mm doğruluk ile belirlenebilir.
- Yüksek doğruluk gerektiren makine uygulamalarında
- Kapalı bölgelerde düşey deformasyonların belirlenmesinde

Fizikteki **birleşik kaplar** ilkesinden yararlanılarak geliştirilen hortumlu su düzenci denilen aletlerle, noktalar arasındaki yükseklik farkları belirlenebilir.

Yükseklik Sistemleri

Gravite, yeryüzündeki bir cisme etkiyen yerçekimi ve merkezkaç kuvvetlerinin toplamı olarak tanımlanır.



Yükseklik Sistemleri

Gravite vektörünün büyüklüğüne «**gravite**», doğrultusuna ise «**çekül doğrultusu**» denir.

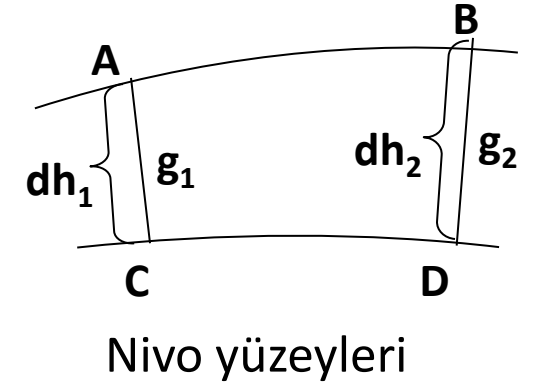
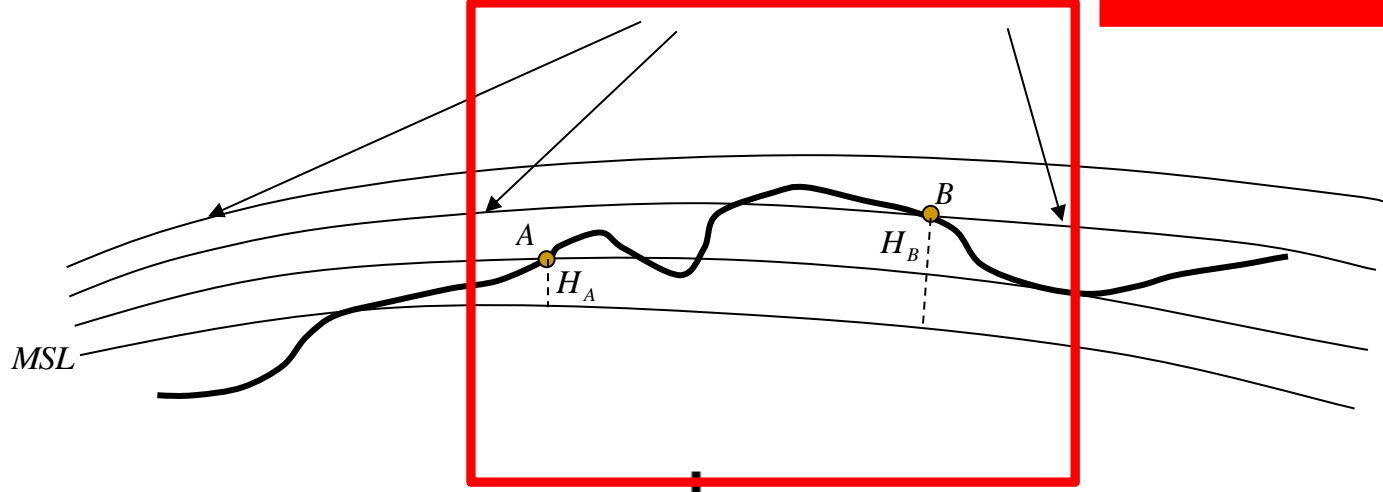
Gravitenin birimi «**ivme**» birimidir ve adını Galileo Galilei'den aldığı için «**gal**» ile ifade edilir.

Gravitenin konuma bağlı değişmesinin en önemli nedeni yeryuvarının basıklığıdır. Ekvatorda: 978 gal, kutuplarda 983 gal'dir.

Yeryüzünde gravite değerleri «**gravimetre**» adı verilen aletler ile gözlenir.



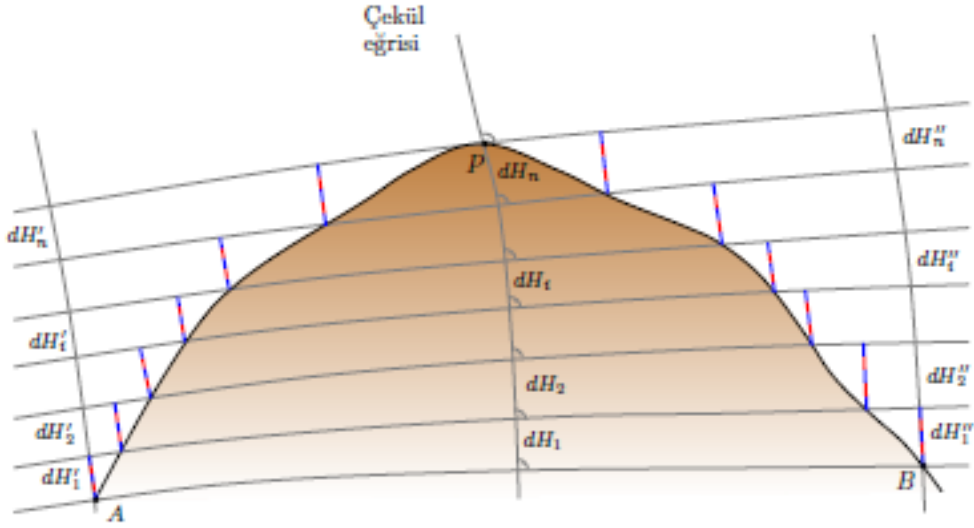
Eşpotansiyel Yüzeyle



Başka bir deyişle, bir m kütleinin üzerinde taşınmasıyla hiçbir iş yapılmayan yüzey sıfır yükseltili bir yüzeydir.

Bu şekilde sonsuz sayıda yüzey bulunabilir ve bunlara **nivo yüzeyi** denir. m kütlei, bir nivo yüzeyinden başka bir nivo yüzeyine taşınırsa, hangi yoldan gidilirse gidilsin aynı iş yapılır.

Yeryüzünde yerçekimi ivmesi sabit olmayıp, coğrafi enlem ve yüksekliğe bağlıdır. Bir nivo yüzeyinin değişik noktalarında yerçekimi ivmeleri farklı yani $g_1 \neq g_2$ olduğundan $dh_1 \neq dh_2$ olur. Bu da bize, **iki nivo yüzeyinin birbirine paralel olmadıklarını gösterir.**



- A ve B noktalarından aynı **eşpostansiyel** yüzey geçmektedir.
- P noktasından geçen çekül eğrisi boyunca nokta ile başlangıç yüzeyi arasındaki uzunluk (diferansiyel yükseklik farklarının toplamı) P noktasının yüksekliği olarak algılanır.
- Farklı yoldan gidilirse başlangıç yüzeyi ile P noktasından geçen eşpostansiyel yüzey arasındaki fark aynı değildir.

Nivelman yola bağlıdır.

- Nivelmanı yoldan bağımsız duruma getirmek için **eşpostansiyel yüzeyler** arasındaki farkların belirlenmesi gerekir.
- Bunun için nivelman ölçüleri ile birlikte **gravite** ölçülerinin yapılması gerekir.
- Düz arazide 2km – 3km sıklıkla,
- Eğimli arazide 1km – 2 km sıklıkla,
- Eğimin fazla olduğu bölgelerde daha sık.

Yükseklik Sistemleri

Yükseklik denildiğinde, yeryüzü üzerindeki bir noktanın bir başlangıç yüzeyi ile olan ilişkisi anlaşılır. Bu ilişki geometrik veya fiziksel esaslara göre kurulabilir.

- Jeopotansiyel Yükseklik
- Dinamik Yükseklik
- Ortometrik Yükseklik
- Normal Yükseklik
- Normal-Ortometrik Yükseklik

Yükseklik Sistemleri

Uygulamada gravite alanı ile ilişkili yükseklik türlerinin geometrik (elipsoidal) yüksekliklere tercih edilmesinin nedeni, fiziksel yasalardır.

Başka bir deyişle, **su her zaman aşağıya doğru akar; durgun su yüzeyi eşpotansiyel yüzeyin bir parçasıdır.**

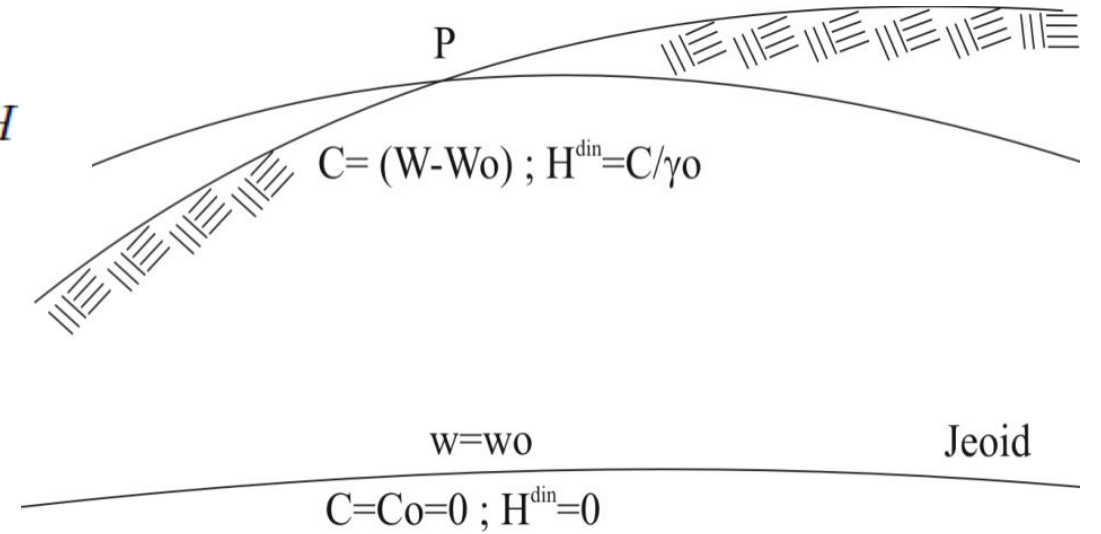


Jeopotansiyel Yükseklik

Yeryüzündeki bir P noktasından geçen nivo yüzeyinin W_P potansiyeli ile jeoidin W_0 potansiyeli arasındaki $kgal \times metre$ biriminde verilen potansiyel farka, o noktanın potansiyel yüksekliği adı verilir.

$$C_P = W_0 - W_P = \int_0^P dW = \int_0^P g dH \approx \sum_0^P g \Delta H$$

Jeopotansiyel yükseklikler, $1kGal$ e bölünürse metre biriminde yükseklik değeri elde edilir. Jeopotansiyel yükseklikleri metre biriminde düşünmek onların fiziksel niteliğini değiştirmez.



Jeopotansiyel Yükseklik

P noktasının jeopotansiyel yüksekliği; P_0 dan P 'ye olan geçki üzerinde belirli aralıklı noktalar arasındaki jeopotansiyel yükseklik farkları (ΔC_i) nın toplamıyla elde edilir.

$$C_P = \sum_{i=1}^K \Delta C_i \quad , \quad \Delta C_i = \bar{g}_i \cdot dh_i$$

dh_i iki nokta arasındaki geometrik nivelman ile bulunan yükseklik farkı, söz konusu iki yeryüzü noktası arasındaki ortalama gerçek gravitedir. Noktaların jeopotansiyel yükseklikleri belirlendikten sonra istenen yükseklik sisteminde nokta yükseklikleri belirlenebilir. Ayrıca geometrik nivelman ölçülerine uygun düzeltmeler (ortometrik düzeltme, normal düzeltme, dinamik düzeltme) getirilerek; düzeltmeye karşılık gelen yükseklik sisteminde noktalar arasındaki yükseklik farkları doğrudan da elde edilebilir.

Dinamik Yükseklik

Jeopotansiyel yükseklik C , sabit bir gravite değerine bölünmesiyle **Dinamik Yükseklik** elde edilir. Sabit gravite değeri için genellikle 45° enlemindeki normal gravite değeri kullanılır. (GRS80 için $\gamma_0=980.6199203$ gal)

$$H^D = \frac{C}{\gamma_0}$$

A ve B noktaları arasındaki yükseklik farkı,

$$\Delta H = \frac{1}{\gamma_0} (C_B - C_A) = \frac{1}{\gamma_0} \int_A^B g \cdot dh = \frac{1}{\gamma_0} \int_A^B (g - \gamma_0 + \gamma_0) dh = \int_A^B dh + \int_A^B \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh$$

Nivelman yüksekliklerinden dinamik yüksekliklere geçiş için dinamik düzeltme gereklidir.

$$V_D = \int_A^B \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh \approx \sum_A^B \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh$$

Dinamik Yükseklik

Aynı nivo yüzeyi üzerindeki noktaların dinamik yükseklikleri eşittir. Fiziksel boyutu olan geopotansiyel yükseklikler sabit bir sayı ile bölünerek metrik boyutu olan dinamik yükseklikler elde edilir. Dinamik yüksekliklerin herhangi bir geometrik anlamı yoktur.

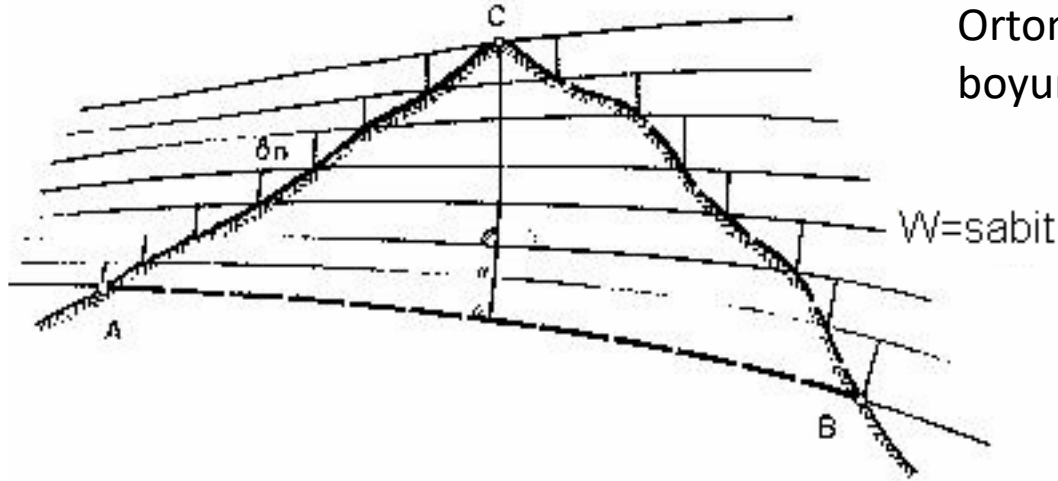
Geometrik nivelman ölçülerine dinamik düzeltme getirilerek dinamik yükseklik farkları elde edilebilir. Ağırılık ivmesi, ekvatordan kutuplara doğru 5 gal büyüklüğünde bir değişmeye uğradığından, yükseklik düzeltmeleri de büyük olabilir. Örneğin, ekvatorda 2000 metrelik yükseklik için,

$$\frac{\gamma_E - \gamma_0^{45}}{\gamma_0^{45}} \cdot 2000 \text{ m} = \frac{978.049 - 980.6294}{980.6294} \cdot 2000 \text{ m} = \frac{-2.5804}{980.6294} \cdot 2000 \text{ m} = -5.26 \text{ m}$$

olur. Dinamik yükseklik düzeltmesi özellikle **dağlık bölgelerde** büyük değerlere ulaştığından, bu yükseklik sistemi uygulama açısından uygun değildir.

$$\gamma_0^0 = 978.049 \text{ gal} \quad \gamma_0^{90} = 983.2213 \text{ gal}$$

Ortometrik Yükseklik



Ortometrik yükseklik, yeryüzündeki bir noktanın çekül eğrisi boyunca jeoide olan uzaklığıdır.

- P noktasından geçen çekül eğrisi boyunca ölçülür. Eğrinin jeoidi (W_0) kestiği noktanın yüksekliği sıfırdır.
- İdeal koşullarda yükseklik farklarının ve gravite ölçülerinin bu eğri boyunca yapılması gerekir.
- P noktasının çekül eğrisi boyunca ortalama g değeri bilinmelidir.

\bar{g} Ortama gravite değeri

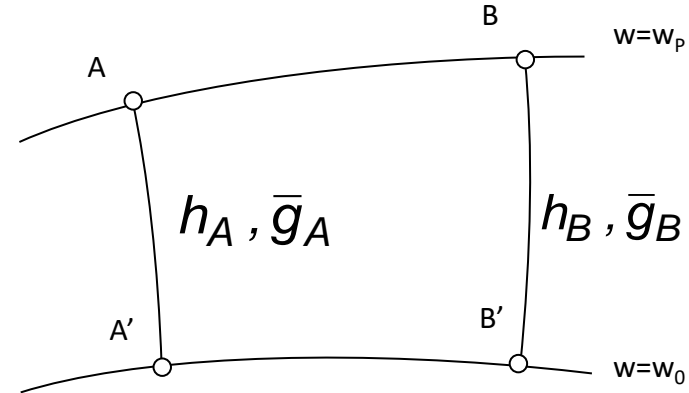
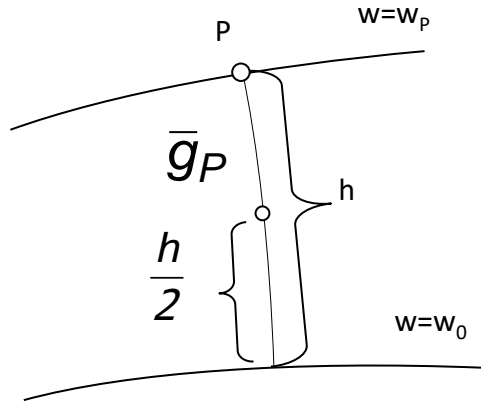
Helmert ortometrik yüksekliği

$$H = \frac{C_P}{g_P + 0.0424H}$$

↓ ↓
gal km

Ortometrik Düzeltme

Ortometrik yükseklikler, geometrik nivelmanla bulunan yükseklik farklarına, bir düzeltme getirilerek bulunur. Deniz seviyesinden oldukça yüksek olan bölgelerde, kuzey-güney doğrultusunda bu düzeltmeler hissedilir derecede büyük değerlere ulaşabilir. Uygulamada ortometrik düzeltmelerin toplam nivelman boyu yerine, iki röper noktası arasındaki her parça için uygulanması uygundur.



Ortometrik düzeltme

Ortometrik Düzeltme

Şekildeki A ve B noktaları arasında yapılan geometrik nivelman sonucunda elde edilen toplamına getirilecek düzeltmeyi hesaplamak için $\oint dh = 0$ eşitliğinden yararlanılır. $\sum \Delta h$
Böylece,

$$\int_A^{A'} g \cdot dh + \int_{A'}^{B'} g \cdot dh + \int_{B'}^B g \cdot dh + \int_B^A g \cdot dh = 0$$

denklemini elde edilir.

Aynı yükselti yüzeyi üzerinde, $\int_{A'}^{B'} g \cdot dh = 0$ olduğundan,

$$-\int_{A'}^A \frac{g - \gamma_0 + \gamma_0}{\gamma_0} dh + \int_{B'}^B \frac{g - \gamma_0 + \gamma_0}{\gamma_0} dh - \int_A^B \frac{g - \gamma_0 + \gamma_0}{\gamma_0} dh = 0$$

$$-\int_{A'}^A \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh - H_A + \int_{B'}^B \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh + H_B - \int_A^B \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh - \sum_A \Delta h = 0 \quad H_B = H_A + \sum_A \Delta h + \sum_A \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} dh + \frac{\bar{g}_A - \gamma_0}{\gamma_0} H_A - \frac{\bar{g}_B - \gamma_0}{\gamma_0} H_B$$

Ortometrik Düzeltme

$$v_D = \sum_A^B \frac{g - Y_0}{Y_0} dh + \frac{\bar{g}_A - Y_0}{Y_0} H_A - \frac{\bar{g}_B - Y_0}{Y_0} H_B$$

düzeltilmesi elde edilir. Düzeltme miktarını hesaplayabilmek için önce, çekül eğrisi boyunca A noktasındaki \bar{g}_A ve B noktasındaki \bar{g}_B ortalama ağırlık ivmesi, örneğin Helmert'e göre hesaplanır.

Normal Yükseklik

Yeryüzünün gerçek gravite alanının normal gravite alanı olduğu, yani $\mathbf{W}=\mathbf{U}$, $\mathbf{g}=\gamma$, $\mathbf{T}=\mathbf{0}$ olduğu kabul edilsin. İşte bu varsayıma karşılık gelen ortometrik yüksekliklere *normal yükseklik* adı verilir ve $H^N = \frac{C}{\bar{\gamma}}$ eşitliği ile ifade edilir. çekül eğrisi boyunca olan ortalama gravitedir ve iteratif olarak aşağıdaki eşitlikten çözülür.

$$\bar{\gamma} = \gamma \cdot \left[1 - (1 + f + m - 2 \cdot f \cdot \sin^2 \varphi) \cdot \frac{H^N}{a} + \left(\frac{H^N}{a} \right)^2 \right]$$

$$m = \frac{\omega^2 \cdot a \cdot b}{kM}$$

Burada γ , aynı φ enleminde elipsoit üzerindeki normal gravite, φ jeodezik enlem, f basıklık, ω Yer'in açısal dönme hızı, a ve b elipsoidin büyük ve küçük yarı eksenleri, kM Newton çekim sabiti ile yerin kütlesinin çarpımıdır.

Normal Yükseklik

Elipsoit üzerinde ζ yükseklik anomalileri de çizilebilir. Bu yolla okyanuslar üzerinde geoitle özdeş olan bir yüzey elde edilir. Çünkü orada $\zeta = N$ olup diğer taraflarda da geoide çok yakındır. Bu yüzeye Molodenski tarafından **kuazigeoit** denilmiştir. **Normal yüksekliklerin başlangıç yüzeyi, okyanuslarda geoit ile çakışan, karalarda farklılık gösteren kuazigeoitir.** Kuazigeoitte geoidin dış yüzeyindeki kütle ve bunun yerçekimi ivmesi üzerindeki etkisi dikkate alınmaz. Bununla beraber **kuazigeoit bir nivo yüzeyi değildir ve hiçbir fiziksel anlamı da yoktur.** Bu, geoide benzer bir yüzeye çağrışım yaptırır.

Başlangıç elipsoidi ile kuazigeoit arasındaki uzaklık, **yükseklik anomalisi (kuazigeoit yüksekliği)** $\zeta = h - HN$ olarak tanımlanır. Yüksek dağlık yerlerde kuazigeoit ile geoit arasındaki fark (uzaklık) yaklaşık 2 m yi bulabilir.

Normal Yükseklik

Elipsoitten H^N yüksekliğinde olan noktalar, **tellüroit** adı verilen yeryüzünün bir modelini oluştururlar. P noktasının gerçek çekül eğrisi boyunca geoid olan uzaklığı **ortometrik yükseklik**, normal çekül eğrisi boyunca kuazigeoid olan uzaklığı ise **normal yüksekliktir**. Ortometrik yükseklikler yer yoğunluğu ile ilgili bazı varsayımlara dayanmasına karşın, normal yükseklikler için herhangi bir varsayım söz konusu değildir.

Dinamik ve ortometrik düzeltmeler gibi, ölçülen yükseklik farkları için de bir normal düzeltme v_N vardır. yerine h ve H yerine H^N konarak **normal yükseklik düzeltmesi** elde edilir.

$$v_N = \sum_A^B \frac{g - \gamma_0}{\gamma_0} + \frac{\bar{\gamma}_A - \gamma_0}{\gamma_0} \cdot H_A^N - \frac{\bar{\gamma}_B - \gamma_0}{\gamma_0} \cdot H_B^N$$

$$\Delta H_{AB}^N = H_B^N - H_A^N = \Delta h_{AB} + v_N$$

Normal Ortometrik Yükseklik

Gerçek gravite değerinin bilinmediği durumlarda yerine ortalama normal gravite alınarak $\Delta C_i'$ normal geopotansiyel yükseklik farkı elde edilmekte ve böylece normal geopotansiyel yükseklik (C_p') hesaplanmaktadır.

$$C_p' = \sum_{i=1}^K \Delta C_i' \quad , \quad \Delta C_i' = \bar{\gamma}_i \cdot dh_i$$

Normal geopotansiyel yükseklikten **normal ortometrik yükseklikler**,

$$H^{NO} = \frac{C_p'}{G} \quad , \quad G = \gamma - 0.3086 \cdot \left(\frac{H^{NO}}{2} \right)$$

eşitlikleriyle elde edilmektedir. Normal geopotansiyel yükseklikler, gerçek gravite alanına dayanmadığı için tam diferansiyel ve tek anlamlı değildir. Bunun anlamı, bir halkayı (lupu) oluşturan normal geopotansiyel yükseklik farklarının toplamı teorik olarak sıfır olmaz. Bu da bir yükseklik sisteminden beklenen temel özellikleri yansıtmamaktadır.

Normal Ortometrik Yükseklik

Ölçülen geometrik yükseklik farklarına normal graviteden yararlarla normal ortometrik düzeltme getirilerek normal ortometrik yükseklik farkları elde edilebilmektedir. Normal ortometrik düzeltme (v_{NO});

$$v_{NO} = 2\bar{H}^{NO} \cdot \alpha \cdot \sin 2\bar{\varphi} \left[1 + \left(\alpha \cdot \frac{2\beta}{\alpha} \right) \cdot \cos 2\bar{\varphi} \right] \Delta\varphi$$

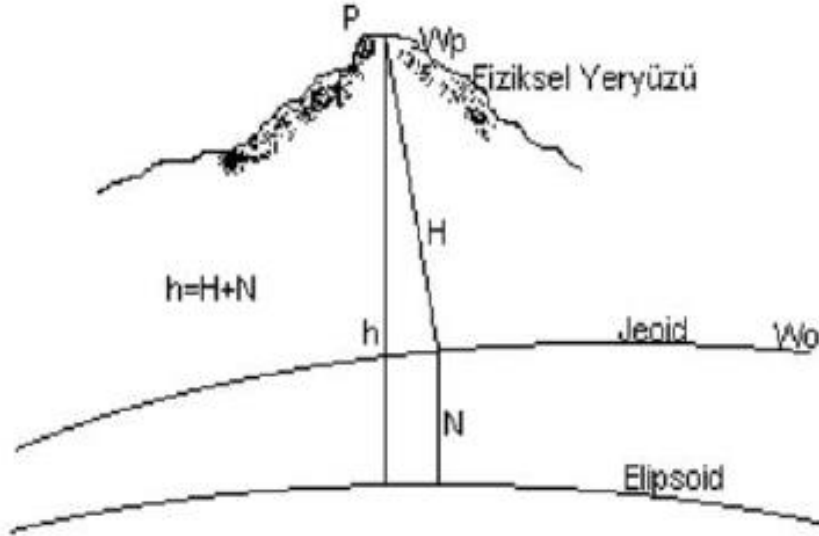
eşitliği ile hesaplanır. Burada \bar{H}^{NO} ortalama yükseklik α ve β bilinen katsayılar, iki düşey kontrol noktasının ortalama enlemi, $\Delta\varphi$ ise aralarındaki enlem farkıdır. **Türkiye'de mevcut yükseklikler Normal Ortometrik Yükseklik Sistemi'nde** olup ölçülen yükseklik farkları; yukarıdaki eşitlikte $\alpha=0.002644$ ve $\beta=0.000007$ (Hayford Elipsoidi) alınarak hesaplanan normal ortometrik düzeltme ile normal ortometrik yükseklik farklarına dönüştürülmüştür.

Normal Ortometrik Yükseklik

Normal ortometrik yükseklik, NN (“normal sıfır”) yüksekliği olarak da ifade edilir. Sıfır noktası olarak **Ülkemizde Antalya Mareograf İstasyonundaki** röper noktası alınmıştır. NN-başlangıç yüzeyi, bir elipsoit yüzeyidir. NN-yüzeyi, normal ağırlık ivmesinin etkisinin dikkate alındığı bir v_{NO} normal ortometrik indirgemesiyle NN-yüksekliği belirlenerek elde edilir.



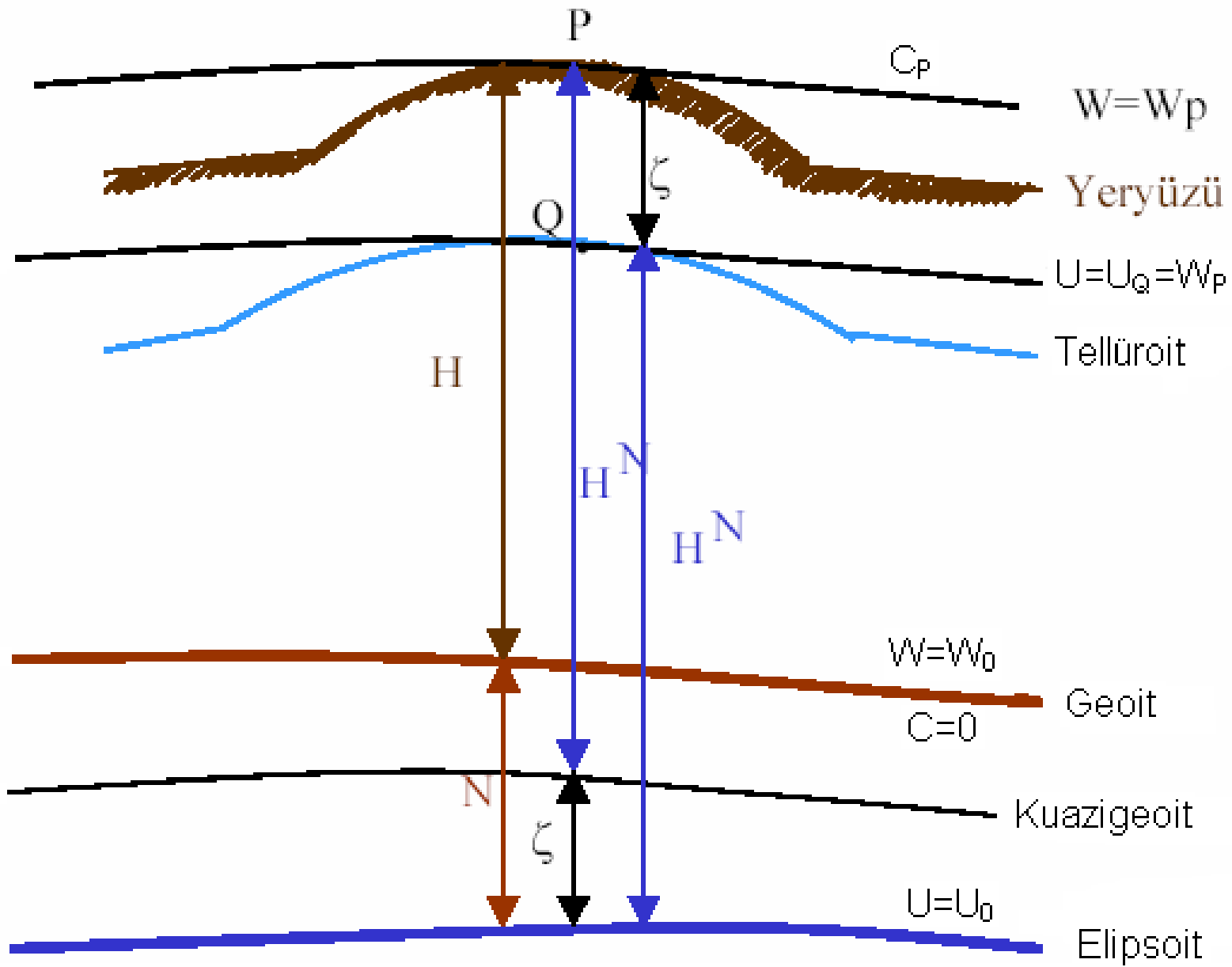
Elipsoidal Yükseklik



- Uygulamada geometrik nivelman ve gravite ölçülerine dayalı olarak hesaplanan ortometrik yükseklikler kullanılır.
- GPS ölçüleri ile, başlangıç olarak seçilen elipsoide göre h elipsoidal yükseklikleri belirlenir.
- Ortometrik yükseklik ile elipsoidal yükseklik arasında;

$$h=H+N$$

- Elipsoidal yükseklikler yerim çekim alanında bağımsızdır.
- GPS ile elde edilen yüksekliklerin uygulamada kullanılabilmesi için N jeoit yüksekliklerine gereksinim vardır.
- GPS gözlemlerinde türetilen ortometrik yükseklik doğruluğu N jeoit yüksekliği doğruluğuna bağlıdır.



NİVELMAN AĞLARI

2. BÖLÜM