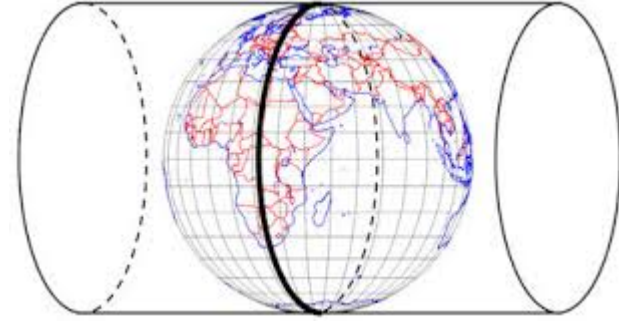
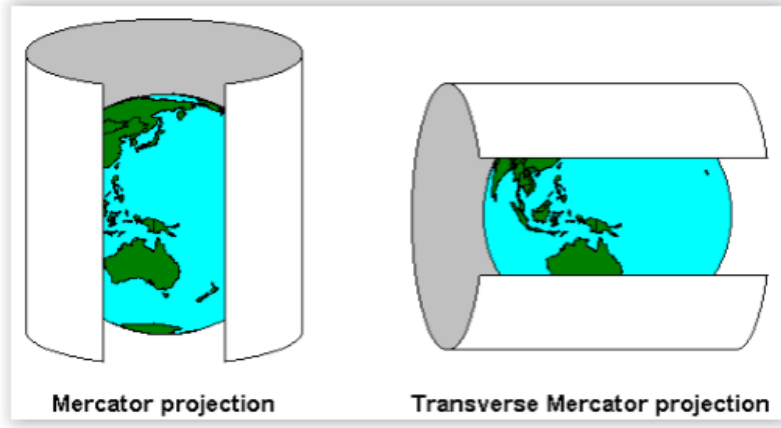


UTM projeksiyonu

- UTM-Universal Transverse Mercator
- Gauss-Kruger Projeksiyonu esas alınarak geliştirilmiştir. Bütün dünya milletleri için ortak bir harita projeksiyonu geliştirilmesi düşüncesi ortaya atılmış ve uygulanacak projeksiyonda,
- Doğrultu deformasyonlarının en az olması için konformluk,
- Az sayıda projeksiyon yüzeyinin kullanılması ve yüzeyler arasında dönüşümlerin mümkün olması
- Ölçek deformasyonunun belirtilecek sınırlar içerisinde kalabilmesi
- Dik koordinat sisteminde beraberliğin sağlanması
- Meridyen yakınsamasının 5° den küçük olması

Bu koşulların uyumlu olarak bir arada bulunacağı projeksiyonun Gauss Kruger projeksiyonu olduğu saptanmış, ancak bu projeksiyonda bazı değişiklikler yapılmış ve sonuçta UTM projeksiyonu ortaya çıkmıştır.

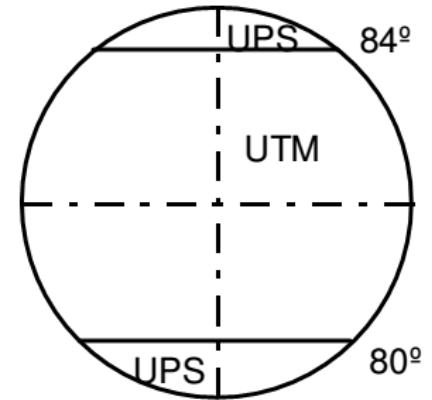
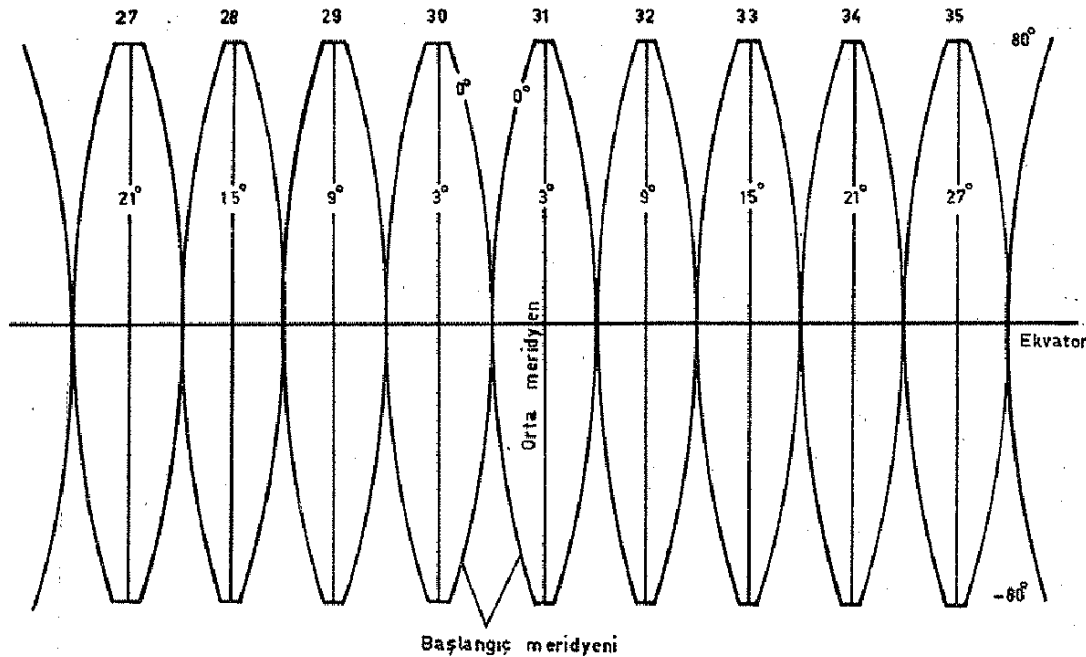


- **Gauss-Kruger projeksiyonu** kürenin, bir başlangıç meridyenine teğet olan silindire izdüşümüdür. Bu nedenle Gauss-Kruger projeksiyonuna **Transversal** (yatık eksenli) **Mercator Projeksiyonu** da denir.

- UTM projeksiyonunda **180° meridyeninden başlamak üzere dünya 6° boylam aralıklı 60 dilime** ayrılmıştır. Dilimler 1 den başlamak ve doğuya doğru artan sırada 1 ile 60 arasında numaralanmıştır. Her bir dilim bir projeksiyon sistemini belirtir. Silindir dilimin orta meridyeni boyunca dünyaya teğet alınır. Böyle bir dilimin 3° sağ ve 3° solu aynı bir dilim içerisinde yer alır.
- DN biliniyorken o dilimin orta meridyeninin boylamı

$$\lambda_0 = [(DN). 6^\circ - 3^\circ] - 180^\circ$$

- Bir dilime ekvatorun 84° kuzeyi ile 80° güneyi arasında kalan kısmın projeksiyonu yapılır. 84° kuzey – 80° güney paralelleri ile kutup noktaları arasında kalan kuzey ve güney kutup bölgelerinin haritaları UTM projeksiyon sisteminde yapılmaz. Bu bölgelerin haritaları da **Universal Polar Stereografik** (UPS) denilen açı koruyan normal konumlu düzlem projeksiyon sistemine göre yapılır.



- Projeksiyonda, **teğet meridyen** boyunca **dünya üzerindeki uzunluklar projeksiyondaki uzunluklara eşit** olur. Teğet meridyenden uzaklaştıkça deformasyon artar.
- Her dilimin **ayrı bir koordinat sistemi** vardır. **Dilim orta meridyenleri X eksen**i, **ekvator da Y eksen**idir. İkisinin kesişimi başlangıç noktasıdır.
- X değerleri dünyadaki uzunluklarla aynı, Y değerleri ise dünyadakinden biraz büyüktür. Bu farkı azaltmak için X, Y değerleri $m_0 = 0,9996$ ile çarpılır.
- Y değeri başlangıç meridyeninin solunda negatif olur. Bundan kurtulmak için Y değerine 500.000 eklenir.
- Bu durumda koordinatlara *Sağa ve Yukarı değer* denir. Uzunluk birimi metredir.

- Herhangi bir harita projeksiyonunda, projeksiyon yüzeyinin küreye değdiği bölgedeki **uzunluk distorsiyonu**, başka bir deyişle **ölçek faktörü** $m_0 = 1$ dir. Bu değer teğet meridyenden uzaklaştıkça büyür.

$$\frac{dS}{ds} = m = 1 + \frac{Y^2}{2R^2}$$

- Y teğet meridyenden uzaklığı gösterdiğine göre **Y=0 iken $m=m_0=1$** olur. **Y=340 km ise $m=1.0014$** . Dolayısıyla **küre üzerindeki uzunluklar projeksiyona aktarıldıklarında, Y değerine bağlı olarak büyür**. Gauss Kruger projeksiyonundaki bu düzensiz büyüme UTM projeksiyonunda uygun biçimde dağıtılmaya çalışılmıştır. Bu amaçla eksenle dilimin sınırı arasındaki uzaklığın yaklaşık olarak ortasına gelen kısımda **(170km) ölçek faktörü $m=1$** olarak alınmıştır. Yani dilim eksenindeki ölçek faktörü bu defa $m_0 \neq 1$ olacaktır. O halde herhangi bir Y uzaklığındaki **m ölçek faktörü**

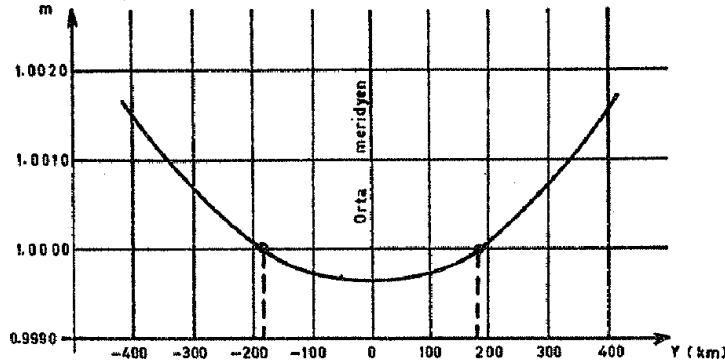
$$m = m_0 \left(1 + \frac{Y^2}{2R^2} \right)$$

6° dilim genişliğinde, dilim ekseninin sınır noktaya uzaklığı 340 km kabul edilirse, bu uzaklığın yarısı 170 km olur. **Y=170 km için $m=1$** olacağına göre dilim eksenini için m_0 ölçek faktörü **$m_0=0.9996$** olarak bulunur.

$$m_0 = m \left(1 - \frac{Y^2}{2R^2} \right)$$

UTM projeksiyonunda uzunlukların anormal büyümesini önlemek amacıyla hesaplanan **X_g ve Y_g değerleri m_0 ölçek faktörü ile küçültülerek kullanılır.**

UTM projeksiyonunda ölçek faktörünün değişimi



- Dilim ekseninin solunda kalan noktaların ordinatlarının eksi değerden kurtulması için m_0 ile **küçültülen Y_g değerlerine 500.000 m** eklenir. X_g değerleri kuzey yarımkürede pozitif olduğundan sabit bir değer eklenmesine gerek yoktur. **Ancak güney yarımküre için m_0 ile küçültülen X_g değerlerine 10.000.000 m** eklenir. Pozitif yapılan ordinatlara hangi dilimde olduğunu göstermek üzere o dilimin numarası tanıtıcı rakam olarak baş tarafına eklenir. Böylece elde edilen koordinat değerlerine **SAĞA** ve **YUKARI** değerler adı verilir. Sağa ve Yukarı koordinatları **UTM projeksiyonunun dik koordinat sistemindeki değerleridir**. Bu değerlerle sadece çizim yapılır. Noktalar arasında uzunluk, alan, doğrultu gibi büyüklüklerin hesaplanması gerektiğinde sağa ve yukarı değerlerden geri giderek söz konusu noktalar için **Y_g ve X_g ile tanımlanan Gauss Kruger koordinatlarının bulunup** bu değerlerle hesaplarının yapılması gerekir.

- UTM projeksiyonunda herhangi bir noktanın sağa ve yukarı değerleri
- a) Coğrafi koordinatlarıyla bilinen bir noktanın Y_g ve X_g değerleri hesaplanır.

$$Y_g = \frac{R}{\mu} \log \cot \frac{\delta}{2} \quad X_g = \frac{90^\circ - \alpha}{\rho} R$$

Eğer söz konusu noktanın ordinat koruyan projeksiyon koordinatları varsa,

$$Y_g = Y + \frac{Y^3}{6R^2} \quad X_g = X$$

- b) Hesaplanan Gauss Kruger koordinatları m_o ölçek faktörü ile küçültülerek $\bar{Y}_g$ $\bar{X}_g$ ara değerleri bulunur.

$$\bar{Y}_g = Y_g \cdot m_o \quad \bar{X}_g = X_g \cdot m_o$$

$m_o = 0.9996$ dır.

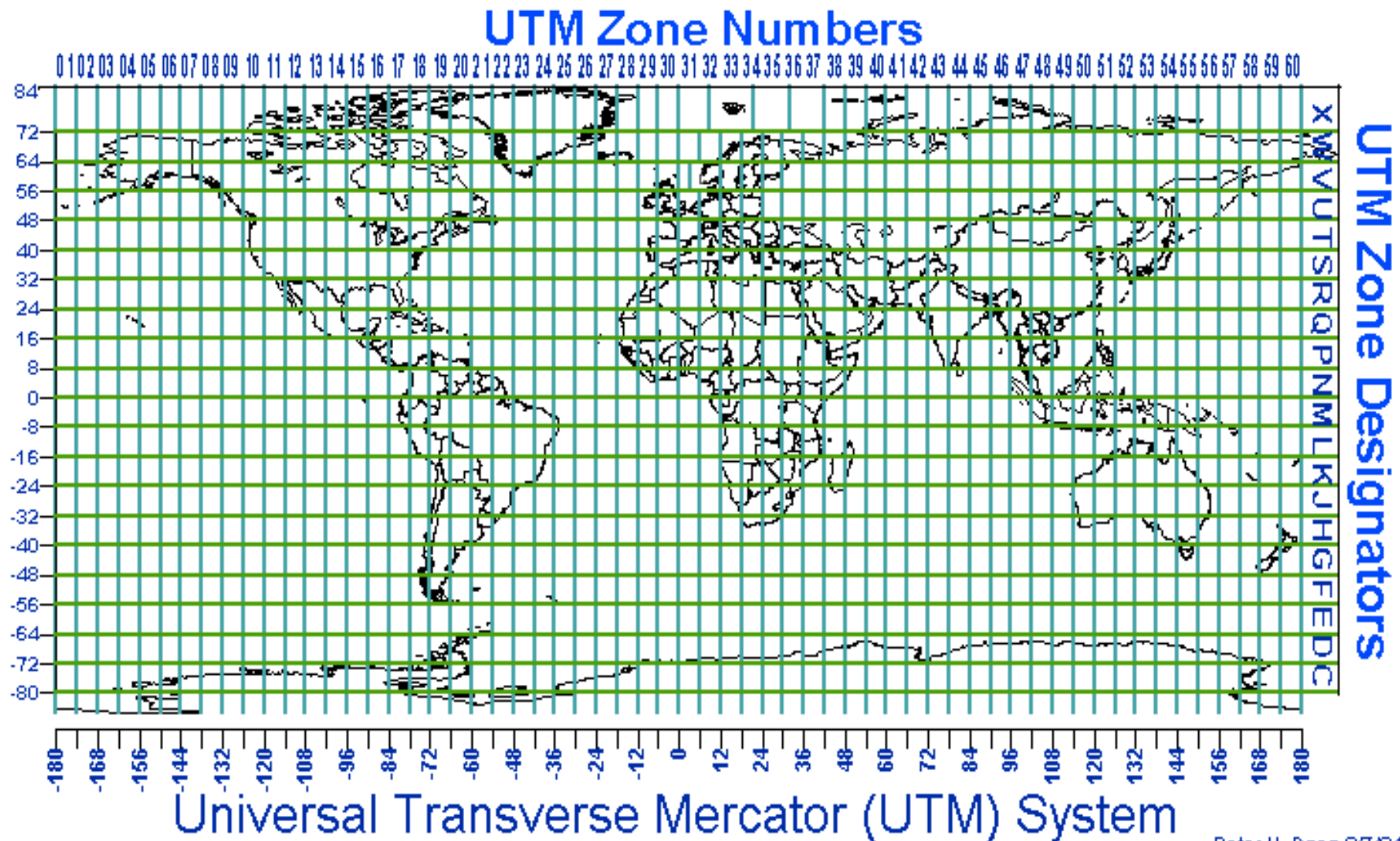
- c) $\bar{Y}_g$ ara değerine 500.000 m eklenir. Güney yarımküre için $\bar{X}_g$ ara değerine 10.000.000 m eklenir.

- d) Bulunan pozitif $\bar{Y}_g$ değerinin önüne dilim numarası (DN) konur. Böylece sağa ve yukarı değerler hesaplanmış olur.

$$SAĞA = (DN) \ 500000 + Y_g \cdot m_o \quad YUKARI = X_g \cdot m_o$$

- Türkiye’de **1/25000 ve daha küçük ölçekli** haritaların yapılmasında dilim genişliği 6° olan UTM (**6°-UTM**) kullanılır. $m_0=0.9996$
- **1/5000 ve daha büyük ölçekli** haritaların yapılmasında dilim genişliği 3° olan değiştirilmiş UTM (**3°-UTM**) kullanılmaktadır. Bu projeksiyonda $m_0=1.0000$ alınır. Sağa ve yukarı değerlerin hesabı UTM projeksiyonunda olduğu gibi hesaplanır, ancak sağa değer önünde bulunan dilim numarası yazılmaz.

Türkiye 35,36,37,38 dilim numaraları



UTM koordinatlarını hesaplama

UTM koordinatlarını hesaplama

1- Gauss-Kruger koordinatlarını hesaplama

Verilenler: α, δ

İstenenler: Y_g, X_g

UTM koordinatları yalnızca çizim amaçlıdır, hesaplamalar Gauss Kruger projeksiyonunda gerçekleştirilir.

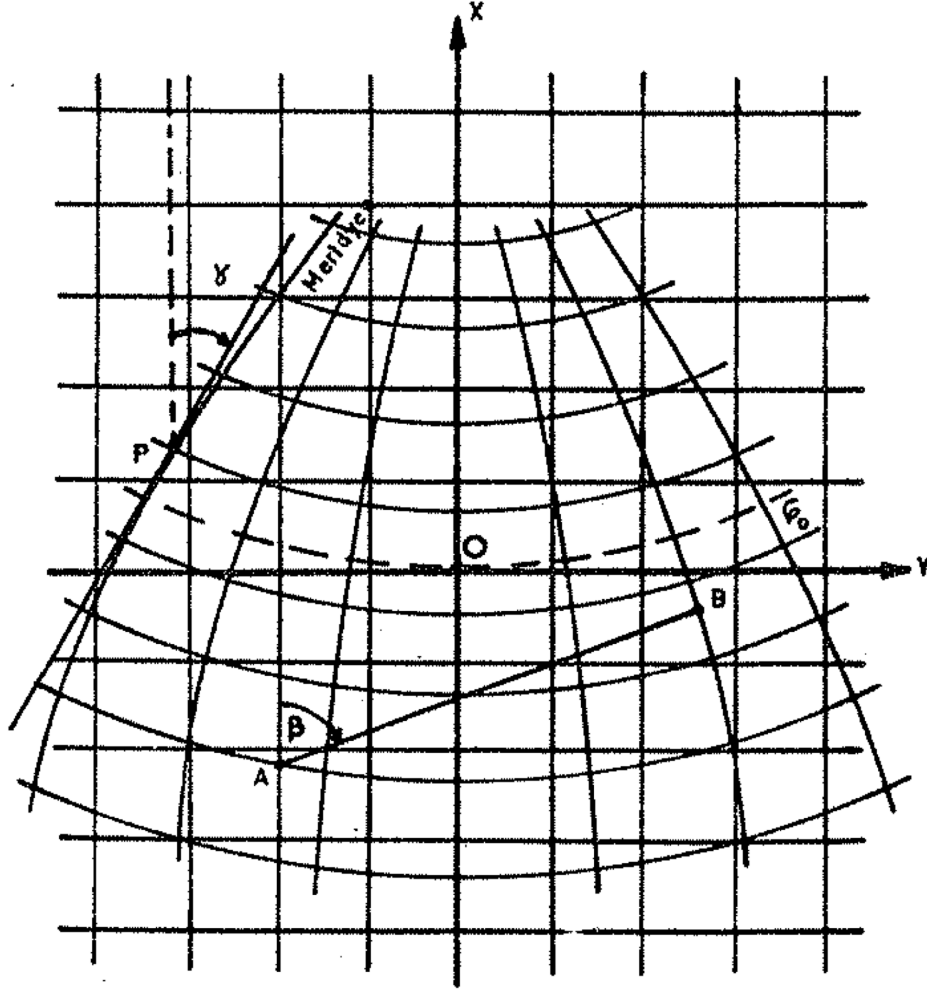
Projeksiyon Koordinat Sistemi

- Harita projeksiyonunun genel amacı, referans yüzeyindeki paralel ve meridyen yayları ile coğrafi koordinatları bilinen diğer noktaları harita düzlemine aktarabilmektir.
- Bu bilgilerin harita düzlemine aktarılması genel olarak projeksiyonların geometrik özelliklerinden yararlanılarak doğrudan doğruya çizim yoluyla yapılır.

- Ancak büyük ölçekli haritaların yapılmasında geometrik özelliklerden yararlanılarak çizim yapmak olanaksızdır. Bu nedenle harita düzleminde bir dik koordinat sistemi oluşturulur ve projeksiyon düzlemine taşınan tüm noktaların bu sistem içindeki dik koordinatları hesaplanır.

- Dik koordinat sisteminin başlangıç noktası, projeksiyon yüzeyinin ya referans yüzeyine teğet olduğu nokta yada teğet paralel dairesi üzerinde alınan bir noktadır. İkinci durumda başlangıç noktasının haritası yapılacak alanın ortasına gelmesi tercih edilmelidir. Sistemin X eksenini seçilen başlangıç noktasının meridyenidir. Y eksenini de aynı noktadan X eksenine çizilecek dik doğrular olacaktır.

- Y ve X eksenine çizilen paralel doğrular dik koordinat ağını oluşturur. Referans yüzeyindeki herhangi bir noktanın bu sistemdeki dik koordinatları, noktanın coğrafi koordinatlarına bağlı olarak,
- $Y = f_1(\varphi, \lambda)$
- $X = f_2(\varphi, \lambda)$
- Fonksiyonları ile hesaplanır.



Şekilde projeksiyon dik koordinat ağında çizilmiş paralel ve meridyen yayları görülmektedir. Projeksiyon düzleminde alınan AB kenarının X eksenini ile yapmış olduğu **Beta (β) açısı “açıklık açısı”** adını alır. Beta açısı kenarın gerçek kuzeyle yaptığı açıya eşit değildir. Bir kenarın gerçek kuzeyle yaptığı açının bulunması için o noktadaki **gama meridyen yakınsamasının bilinmesi** gerekir.

P noktasında, bu noktadan geçen meridyen yayına bir teğet çizilsin. Aynı noktada X eksenine paralel olan doğru da kesikli çizgilerle gösterilmiştir. Teğetin X eksenine paralel doğru ile yaptığı açıya **meridyen yakınsaması** denir ve **gama (γ)** ile gösterilir.

- P noktasının enlemi φ ve seçilen başlangıç meridyeni ile yaptığı λ boylam farkı bilindiğine göre γ açısı büyük bir yaklaşıklıkla;
- $\gamma = \lambda * \sin\varphi$ şeklinde hesaplanır. Meridyen yakınsaması projeksiyon tipine bağlı değildir. Ancak **işareti λ nın işaretine bağlıdır.**

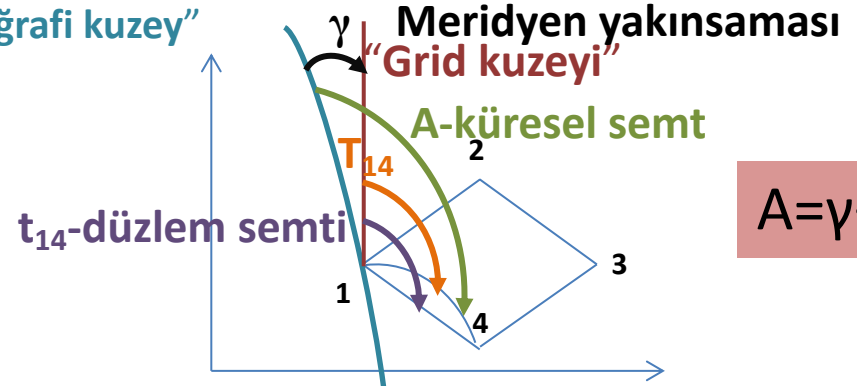
Nokta No	Sağa(m)	Yukarı(m)
1	36 550 600.000	4 370 500.000
2	36 560 750.000	4 385 650.000
3	36 580 650.000	4 375 550.000
4	36 570 600.000	4 355 560.000

1,2,3 ve 4 noktalarının 6°-UTM koordinatları verilmiştir.

- 1234 dörtgeninde 14 kenarının düzlem ve küresel kenar uzunluğunu hesaplayınız.
- 1234 dörtgeninin düzlem ve küresel alanını hesaplayınız.
- 14 kenarının düzlem ve küresel سمتini bulunuz.

1 noktasından geçen meridyen

“Coğrafi kuzey”



$$A = \gamma + T_{14}$$

UTM koordinatları ile yalnızca çizim yapılır, hesaplamalar için Gauss-Krüger koordinatlarının bulunması gerekir.

N.No	Y_g (m)	X_g (m)
1	50620.2481	4372248.90
2	60774.310	4387404.962
3	80682.273	4377300.92
4	70628.2513	4357302.921

$$SAĞA = (DN) \ 500000 + Y_g \cdot m_o \quad YUKARI = X_g \cdot m_o$$

$$Y_{g1} = \frac{Sağa - 500\ 000}{m_o} = \frac{550\ 600 - 500\ 000}{0.9996} = 50\ 620.2481$$

$$X_{g1} = \frac{Yukarı}{m_o} = \frac{4\ 370\ 500}{0.9996} = 4\ 372\ 248.90$$

$$Y_{g4} = \frac{Sağa - 500\ 000}{m_o} = \frac{570\ 600 - 500\ 000}{0.9996} = 70\ 628.2513$$

$$X_{g4} = \frac{Yukarı}{m_o} = \frac{4\ 355\ 560}{0.9996} = 4\ 357\ 302.921$$

a) Projeksiyon üzerinde S_{14} mesafesi

$$\begin{aligned} S_{14} &= \sqrt{(Y_{g4} - Y_{g1})^2 + (X_{g4} - X_{g1})^2} \\ &= \sqrt{400320192.10 + 223382275.10} = 24974.036 \text{ m} \end{aligned}$$

Küre üzerinde s_{14} mesafesi

$$Y_m = \frac{Y_{g1} + Y_{g4}}{2} = 60624.250 \text{ m}$$

$$S - s = S \frac{Y_m^2}{2R^2} = \frac{60624.250^2}{2 \cdot 6370000^2} = 1.131 \text{ m}$$

$$s = S - 1.131 \Rightarrow s = 24974.036 - 1.131$$

$$s = 24972.904 \text{ m}$$

b) 1234 dörtgeninin düzlem ve küresel alanı

$$2F = \sum_{i=1}^n Y_i (X_{i-1} - X_{i+1})$$

$$\begin{aligned} 2F &= Y_{g1}(X_{g4} - X_{g2}) + Y_{g2}(X_{g1} - X_{g3}) \\ &+ Y_{g3}(X_{g2} - X_{g4}) + Y_{g4}(X_{g3} - X_{g1}) \Rightarrow \end{aligned}$$

Projeksiyon üzerindeki alan $F = 47723428.4 \text{ m}^2$

$$Y_m = \frac{Y_{g1} + Y_{g2} + Y_{g3} + Y_{g4}}{4} = 65676.271 \text{ m}$$

$$F - f = F \frac{Y_m^2}{R^2} = 50730.570 \Rightarrow$$

Küre üzerindeki alan $f = 477183553.40 \text{ m}^2$

c) Projeksiyon ve küre üzerinde azimut (semt) açıları

$$t_{14} = \arctan \frac{Y_{g4} - Y_{g1}}{X_{g4} - X_{g1}} = 126^\circ 45' 35''$$

$$T_{14} - t_{14} = \frac{\rho}{2R^2} Y_m (X_{g4} - X_{g1}) = -2.3''$$

$$T_{14} = 126^\circ 45' 32.7''$$

$$A = \gamma + T_{14} \quad \text{Küresel semt}$$

Meridyen yakınsamasının hesaplanması

1) α, δ biliniyorsa, burada X,Y biliniyor

$$\cos \left(90^\circ - \left(\frac{Y}{R} \rho \right) \right) = \cot(90^\circ - \gamma) \cdot \cot \left(90^\circ - \left(90^\circ - \frac{X}{R} \rho \right) \right)$$

$$\tan \gamma = \sin \left(\frac{Y}{R} \rho \right) \cdot \tan \left(\frac{X}{R} \rho \right)$$

Burada X,Y Cassini-Soldner koordinatlarıdır.

$$X_g = X \quad Y_g = R \cdot \ln \cot \frac{\delta}{2}$$

$$Y_g = Y + \frac{Y^3}{6R^2} \quad Y = \frac{90^\circ - \delta}{\rho} R$$

2) φ, λ biliniyorsa,

$$\Delta \lambda = \lambda_p - \lambda_0$$

$$\cos(90^\circ - \varphi) = \cot(90^\circ - \gamma) \cdot \cot \Delta \lambda$$

$$\sin \varphi = \tan \gamma \cdot \cot \Delta \lambda$$

$$\tan \gamma = \sin \varphi \cdot \tan \Delta \lambda$$

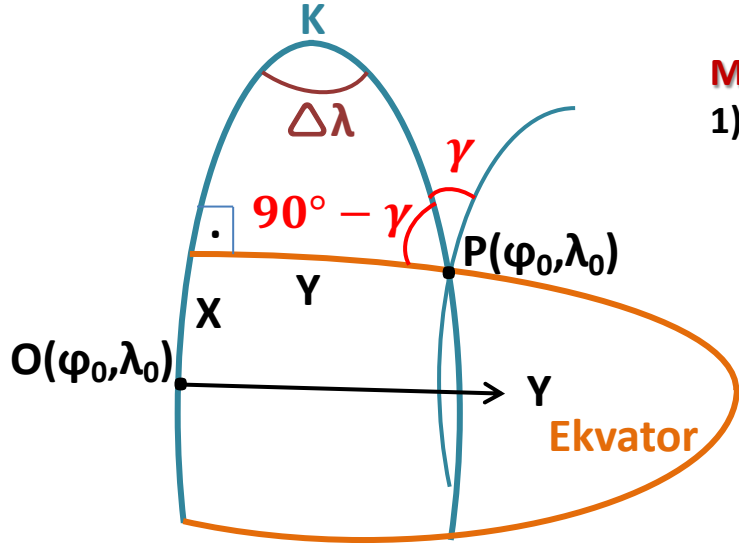
Ya da $\gamma = \lambda \cdot \sin \varphi$ 1" doğrulukla γ nın hesaplanması

φ, λ bilinmiyorsa φ, λ hesaplanmalıdır.

$$\varphi \cong \frac{X_g}{R} \rho = 39^\circ 19' 36.3'' \quad \Delta \lambda \cong \frac{Y_g}{R'} \rho = \frac{Y_g}{R \cos \varphi} \Rightarrow \Delta \lambda = 35' 19''$$

$$\gamma = \lambda \sin \varphi \Rightarrow \gamma = 22' 23''$$

$$A = \gamma + T_{14} = 127^\circ 07' 55.77''$$



Noktaların 3°-UTM koordinatları

$$Sağa = Y_g \cdot m_0 + 500\,000$$

$$Yukarı = X_g m_0$$

DN yazılmaz $m_0 = 1$ alınır.

Dilimler arasında koordinat dönüşümü

- 1/25000 den daha büyük ölçekli haritaların üretiminde 3° lik dilimler kullanılır.
- Kuramsal olarak her 3° lik veya 6° lik dilimler kendi içinde bağımsız bir koordinat sistemi oluşturur. Uygulamada ise nirengi ağları, poligon güzergahları ve detay alımları bu kurala uymaz ve bir süreklilik gösterir.
- Bir nirengi ağı veya poligon güzergahı bir dilimde başlayıp diğer bir dilimde sona erebilir. Böyle durumlarda nirengi ağının veya poligon güzergahının her iki dilimde de koordinatlarının hesaplanması gerekir.
- Bu probleme uygulamada bir dilimden komşu dilime geçiş, yani dilimler arasında koordinat dönüşümü denir.

- Özetle

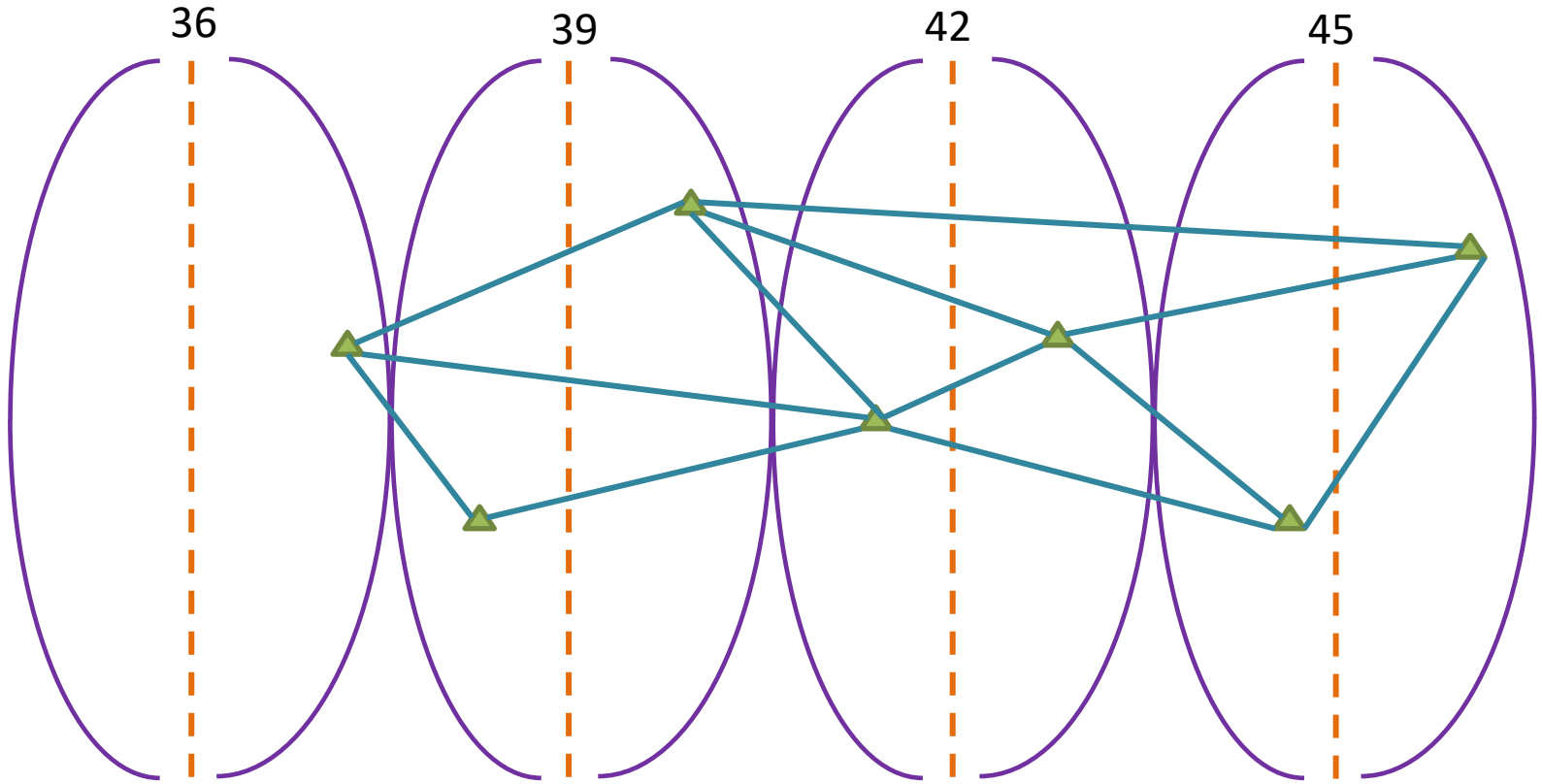
1-) Uygulama veya proje birden fazla dilimi kapsıyorsa (3° veya 6° dilimler)

2-) Uygulama veya projede farklı projeksiyon sistemleri kullanılıyorsa (1/25000 (6° -UTM) ve 1/5000 (3° -UTM))

Dilimler arasında koordinat dönüşümüne ihtiyaç duyulur.

- Söz konusu noktanın coğrafi koordinatları, ilgili dilimde Gauss Kruger koordinatlarından hesaplanır.
- Daha sonra coğrafi koordinatlardan Gauss-Kruger koordinatları istenilen dilimin orta meridyenine göre tekrar hesaplanır. Böylelikle komşu dilimler arasında dilim dönüşümü gerçekleştirilmiş olur. Bu yöntem dolaylı yöntem denir.

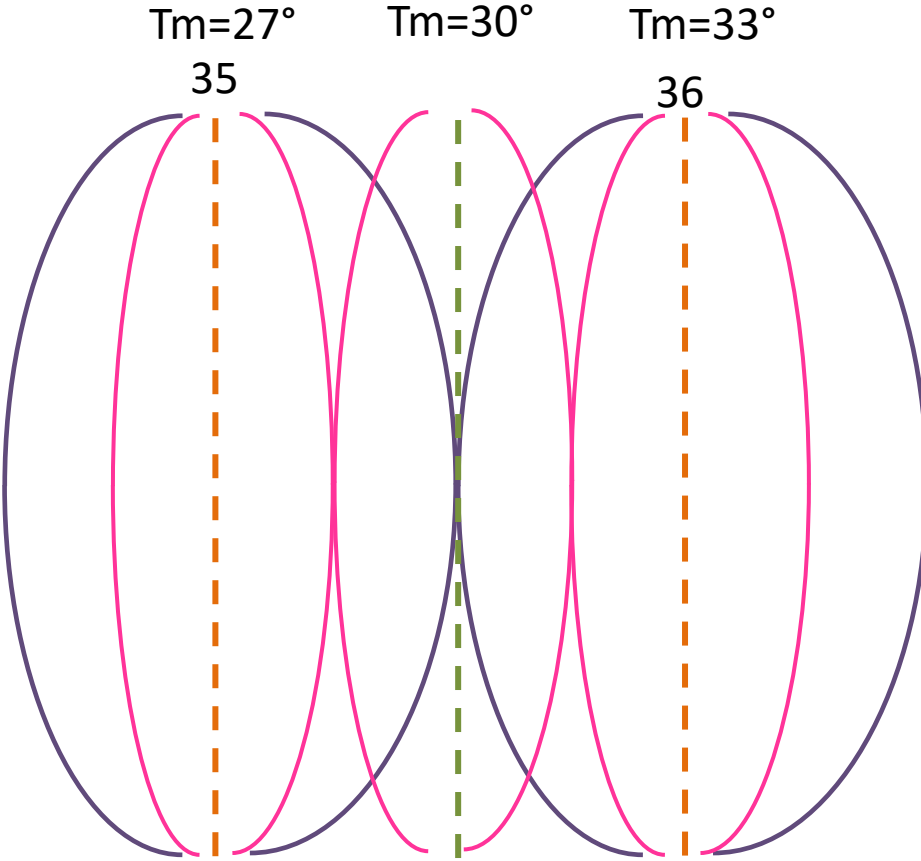
- Nirengi ağında yer alan Nirengi noktaları farklı dilimlerde yer almaktadır.

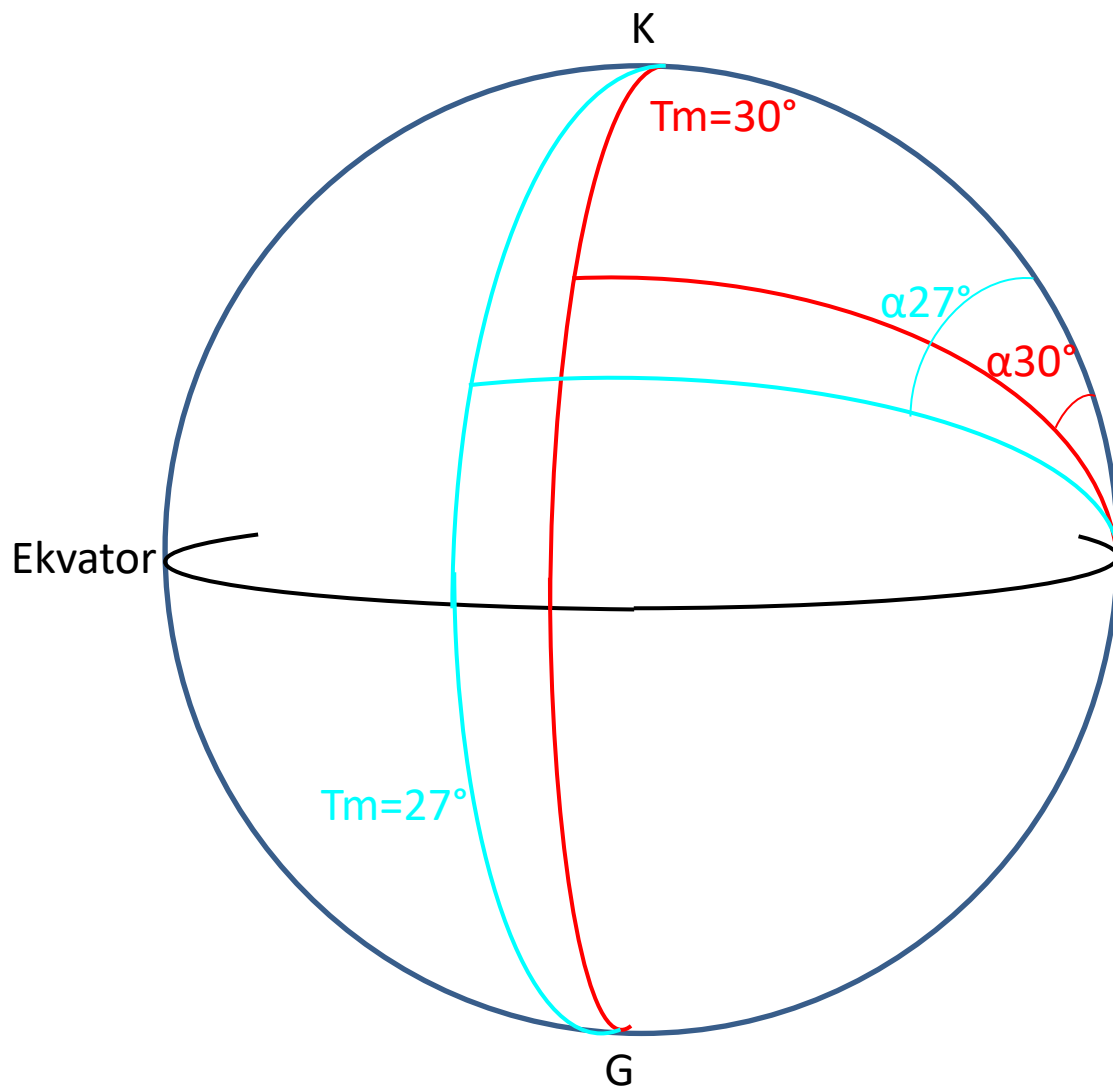


Nokta No	Sağa(m)	Yukarı(m)
P1	35 680 714.000	4 214 843.400
P2	36 410 343.000	4 025 150.300

6°-UTM koordinatları verilen P1 ve P2 noktalarının 3°-UTM koordinatlarını hesaplayınız.

P2 noktası hem 3° hem de 6° dilimde yer aldığı için P2 nin 6°-UTM koordinatları doğrudan 3°-UTM koordinatlarına dönüştürülebilir. P1 noktası dilim numarası 35, teğet meridyeni 27° olan 6° dilimde yer almaktadır. **3° dilim esasına göre ise teğet meridyeni 30° olmaktadır.** Dilim eksenleri farklı olduğu için koordinat sistemleri farklıdır. Yani **P2 noktası için 27° dilim ekseninde 6° dilimde verilen koordinatların 30° dilim ekseninde 3° dilimindeki koordinatlarının hesaplanması gerekir.**





$$Y_g = R \ln \cot \frac{\delta}{2}$$

$$X_g = \frac{90^\circ - \alpha}{\rho} R$$

- P2 noktası için

6°-UTM
m₀=0.9996

$$Y_g = \frac{Sağa - 500\,000}{m_0} = -89\,692.677\,m$$

$$X_g = \frac{Yukarı}{m_0} = 4\,026\,761.004\,m$$

3°-UTM m₀=1

$$Sağa = Y_g m_0 + 500\,000 = 410\,307.323\,m$$

$$Yukarı = X_g m_0 = 4\,026\,761.004\,m$$

- P1 noktası için

1- Gauss-Krüger koordinatlarının hesaplanması

6°-UTM
m₀=0.9996

$$Y_{g27} = \frac{Sağa - 500\,000}{m_0} = 180\,786.815\,m$$

$$X_{g27} = \frac{Yukarı}{m_0} = 4\,216\,530.012\,m$$

2- 27° dilim eksenini için Gauss-Krüger koordinatlarından küresel kutupsal koordinatların hesaplanması

$$Y_g = R \ln \cot \frac{\delta_{27}}{2} \quad X_g = \frac{90^\circ - \alpha_{27}}{\rho} R$$

$$\delta_{27} = 88.37410812 = 88^\circ 22' 26.79'' \quad \alpha_{27} = 52.07388165 = 52^\circ 04' 25.97''$$

