

Dr. H. Sönmez –JEM719



Bölüm 5: ŞEVLERDE SÜREKSİZLİK DENETİMLİ DURAYSIZLIKLARIN KİNEMATİK ANALİZLERİ

Süreksizliklerin Yönelimi ve Stereoprojeksiyon Tekniğiyle İfadesi

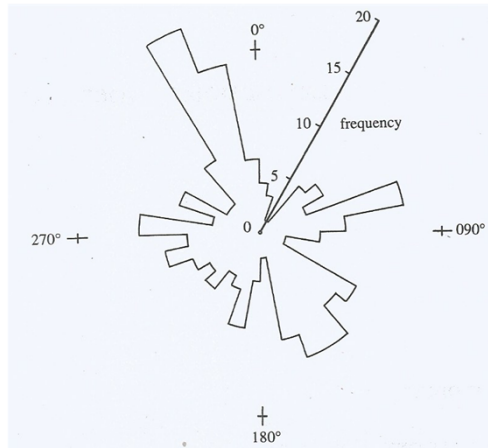
- Süreksizlerin Yönelimi ile mühendislik yapısının yönelimi süreksizlik denetimli duraysızlıklar açısından önemlidir.
- Çok sayıdaki süreksizliğin değerlendirilerek süreksizlik takımlarının ve hakim yönelimlerinin belirlenmesi için yaygın yaklaşımlar:
 - Gül diyagramları
 - Eğim histogramları
 - Stereoprojeksiyon tekniği

Dr. H. Sönmez –JEM719



Gül Diyagramları ve Eğim Histogramları

- **Gül diyagramları**
 - Süreksizliklerin frekansı ile eğim yönlerinin (uzanımlarının) değerlendirilmesi mümkündür.
 - En basit değerlendirme yaklaşımıdır. Orta ve yüksek eğimli süreksizliklerin değerlendirilmesinde daha verimlidir.
 - En önemli sınırlaması eğimin birlikte değerlendirilememesidir.



Priest (1993)'den

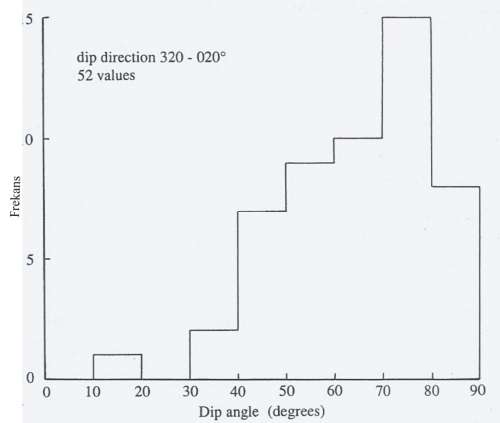
Dr. H. Sönmez –JEM719



Gül Diyagramları ve Eğim Histogramları

• Gül diyagramları

- Süreksizliklerin frekansıyla birlikte eğim değerlerinin değerlendirilmesi mümkündür.
- En önemli sınırlaması süreksizliklerin doğrultusuyla birlikte değerlendirilememesidir.



Priest (1993)'den

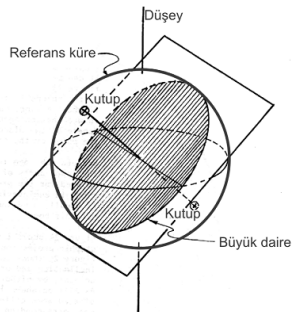
Genelde gül diyagramları ve eğim histogramları birlikte kullanılır.

Dr. H. Sönmez –JEM719

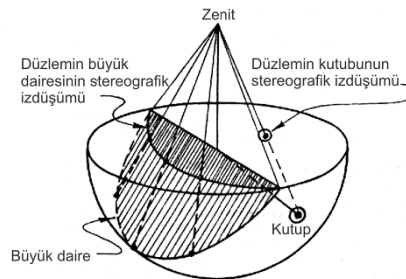


Stereoprojeksiyon Tekniği

- Stereoprojeksiyon tekniği, Küresel projeksiyon ile üç boyutlu uzaydaki çizgisel veya düzlemsel yapısal unsurların iki boyutlu düzleme taşınmasından yararlanan bir tekniktir.
- Bir kürenin merkezinden geçen her hangi bir düzlemin, kürenin merkezinden geçen ekvatorial (yatay) dairesel düzlem üzerine kürenin tepe noktasından ışınlar ile projeksiyonuyla (aktarılmasıyla) üç boyutlu uzaydaki düzlemin iki boyutlu ifadesi olan büyük daire elde edilir. Bu büyük daire yay şeklindedir. Mühendislik uygulamalarında projeksiyon alt yarımdan alınır.



Eğimli bir düzlemin projeksiyon küresiyle kesişimi ve kutbu

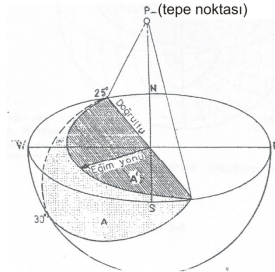


Alt yarımda bulunan düzlemin büyük dairesiyle kutbunun yatay düzleme izdüşümü

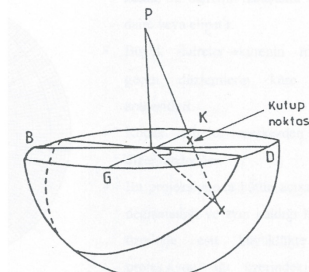
Hoek and Brown (1980a; Ulusay ve Sonmez 2007'den)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereoprojeksiyon Tekniği (devam ediyor)



N25W/30SW düzleminin projeksiyonu



Düzlemin kutup noktasının projeksiyonu

(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Düzlemin kutup noktası: Kürenin merkezinden geçen ve düzleme dik olan doğrunun küreyi kestiği noktanın tepe noktası (P) ile ışınsal projeksiyonu ile yatay düzlemde elde edilen noktadır.

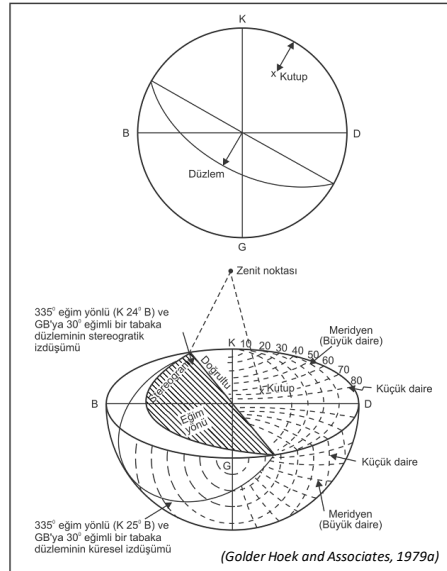
- ✓ Kutup noktası bilinen düzlemin büyük dairesi ve dolayısıyla yönelimi elde edilebilir.

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereoprojeksiyon Tekniği (devam ediyor)



- ✓ Steronet düzlemi alt yarımkürenin tepe noktasından yatay düzleme projeksiyonudur.
- ✓ Büyük daireler kürenin merkezinden geçen düzlemlerdir.
- ✓ Küçük daireler kürenin merkezinden geçmeyen düzlemlerdir



(Ulusay ve Sonmez 2007'den)

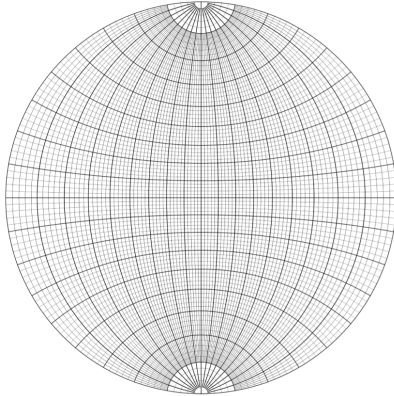
Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereoprojeksiyon Tekniği (devam ediyor)



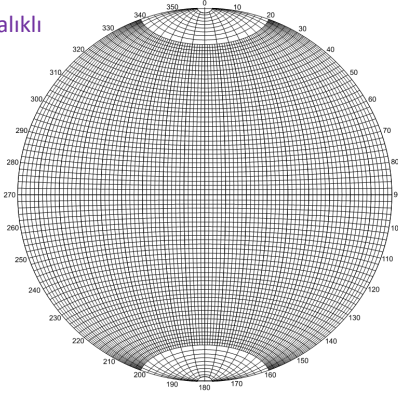
Uygulamada iki projeksiyon (steronet) kullanılır.

- ✓ **Eş açı (Wulff) projeksiyonu:** Açılar değişmez, ancak küre üzerindeki eşit alanların projeksiyon izdüşümleri farklıdır (→ alanlar merkezde küçük kenarlarda büyüktür)
- ✓ **Eş alan projeksiyonu:** Küre üzerindeki eşit alanların izdüşümleri eşit kalır, ancak açısal ilişkilerde distorsiyon gelişir.



✓ Eş açı projeksiyonu
Mühendislikte tercih edilir.

2° aralıklı



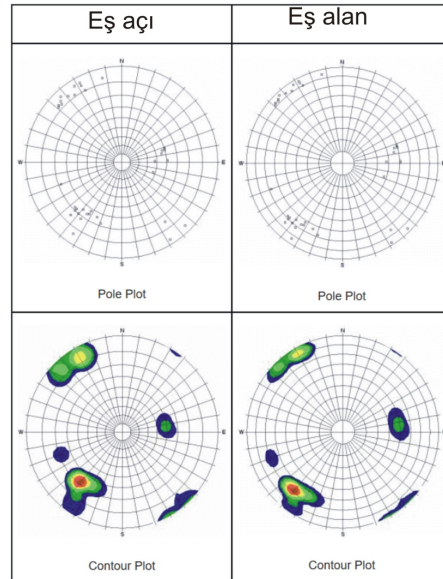
Eş alan projeksiyonu

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereoprojeksiyon Tekniği (devam ediyor) Kutupsal steronet



Kutupsal steronet: Sahada ölçülen çok sayıda yönelim verisinin doğrudan kutup noktalarının hızlı bir şekilde işlenmesinde olanak sunan steronetlerdir. Bunlar da eş açı veya eş alan kutupsal stereoneti olarak adlandırılırlar. Steronet üzerine konulan şeffaf kağıtta her hangi bir döndürme işlemi yapılmadan eğim yönü işaretlenir ve eğim değeri de merkezden dışa doğru sayılarak kutup noktası konulur.



https://www.roscience.com/help/dips/dips/Projection_Examples.htm

Dr. H. Sönmez –JEM719

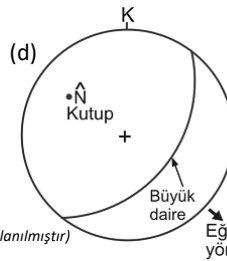
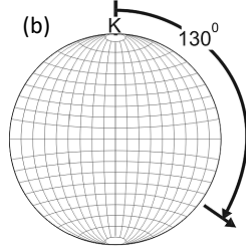
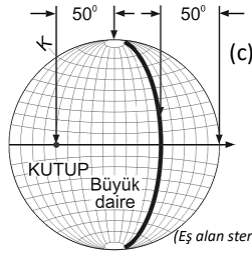
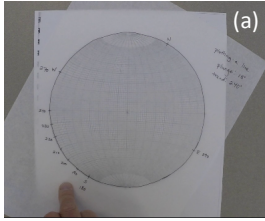
Stereonetlerin kullanımı



Başlangıç:

Stereonetin merkezinden raptiye geçirilerek üzerine aydıngeçir (veya şeffaf) kağıt sabitlenir. Aydıngeçir üzerine stereonetin kuzeyi (N) işaretlenir.

(i) Bir düzlemin büyük dairesi ve kutbunun işlenmesi:



Yönelim: 130/50

1. Aydıngeçir üzerinde eğim yönü işaretlenir.
2. İşaretlenen eğim yönü stereonetteki E-W eksenine kadar aydıngeçir döndürülür.
3. Eğim değeri dışarıdan merkeze doğru sayılır ve alttaki büyük daire aydıngeçir üzerinde çizilir.
4. E-W üzerinde büyük daireden 90° ilerlenerek kutup noktası işaretlenir.
5. Aydıngeçir başlangıç konumuna döndürülür.

Hoek and Brown (1980a; Ulusay ve Sonmez 2007'den)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı

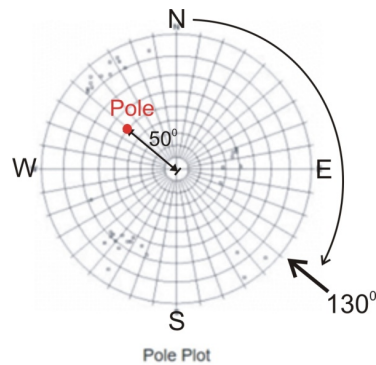


(ii) Bir düzlemin kutbunun kutupsal stereonet üzerinde işlenmesi:

Başlangıç:

Stereonetin merkezinden raptiye geçirilerek üzerine aydıngeçir (veya şeffaf) kağıt sabitlenir. Aydıngeçir üzerine stereonetin kuzeyi (N) işaretlenir.

1. Aydıngeçir döndürülmesine gerek yoktur.
2. Eğim yönü alttaki stereonetten sayılarak aydıngeçir üzerine işaretlenir.
3. Eğim değeri stereonetin merkezinden itibaren dış doğru sayılır ve kutup noktası işaretlenir.



(Eş açı kutupsal stereonetini kullanılmıştır)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı



(iii) Düzlemsel elemanlara ilişkin kontur diyagramlarının hazırlanması:

- ✓ Sahada süreksizliklerden çok sayıda yönelim verisi hat edütü ve/veya pencere haritalaması teknikleriyle alınır.
- ✓ Bun yönelimlerin dağılım yoğunluklarına göre stereonet üzerinde konturlanarak,
 - ✓ Her hangi bir yönelimin sahada olasılıksal bulunması
 - ✓ Süreksizlik takımlarının ayırtılarak hakim yönelimlerinin belirlenmesi mümkündür.
- ✓ Bu amaçla süreksizliklerin yönelimlerinin kutuplarının işlendiği stereoprojeksiyon görüntüsü kullanılır.
- ✓ Kutupların işlenmiş olduğu aydıngecin üstüne bir kenarı stereonetin çapının 1/12'si kadar olacak şekilde karelaj çizilir. (Ör: 18 cm çaplı stereonet için 9 mm'lik karelaj)
- ✓ Nokta sayıcı karelajın her bir kesişim noktasına kaydırılarak dairesel alanın içindeki kutup noktası sayısı kaydedilir.
- ✓ Örneğin 500 kutup noktası olan bir çalışmada 20 kutup noktasının sayıldığı bir kesişim için %4 ($=20/500$) yoğunluk elde edilir.
- ✓ Tüm kesişimler için % yoğunluk belirlenir, genel olarak %2'nin altındaki yoğunluklar önemsenmez.
- ✓ Karelajdaki kesişim noktaları için belirlenen % yoğunluk değerleri dikkate alınarak eş yoğunluk konturları çizilir.

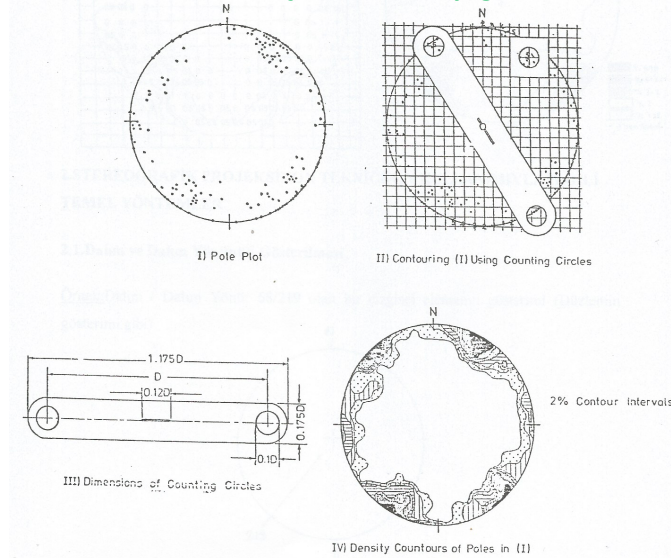
(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı



(iii) Düzlemsel elemanlara ilişkin kontur diyagramlarının hazırlanması:



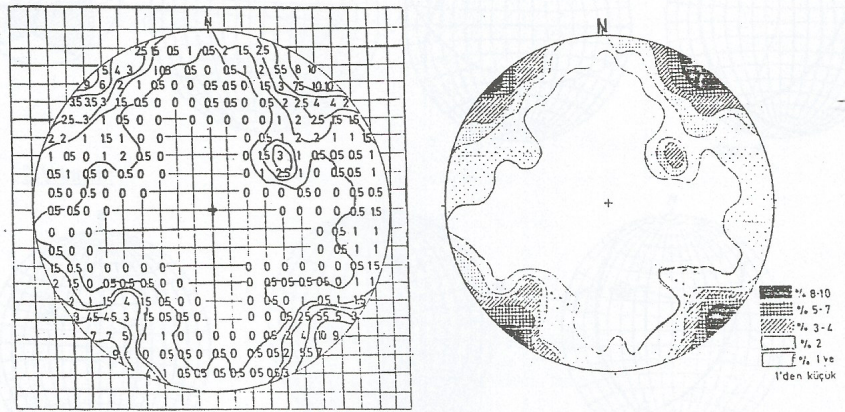
(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı



(iii) Düzlemsel elemanlara ilişkin kontur diyagramlarının hazırlanması:



Çok emek istiyormuş! Saygı duymak lazım.

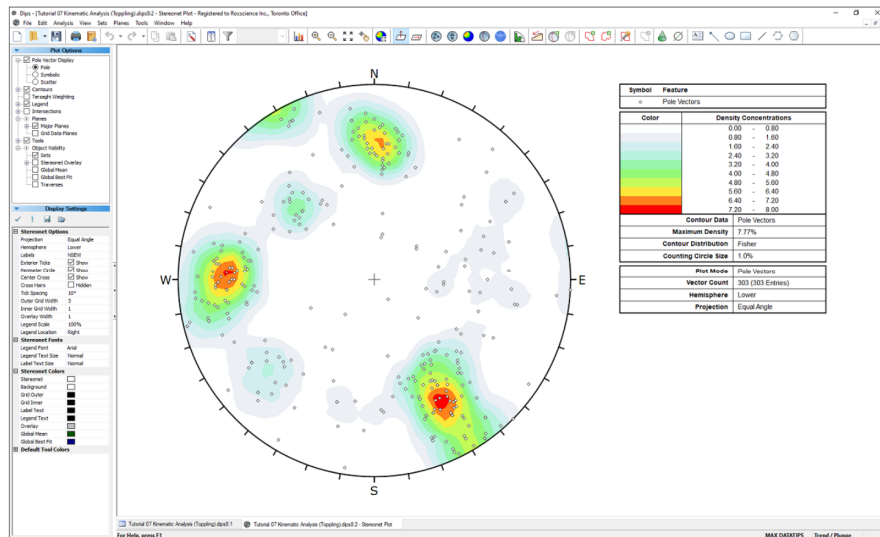
(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı



(iii) Düzlemsel elemanlara ilişkin kontur diyagramlarının hazırlanması:



[https://www.roscience.com/help/dips/tutorials/08_Kinematic_Analysis_\(Planar_Sliding\).htm](https://www.roscience.com/help/dips/tutorials/08_Kinematic_Analysis_(Planar_Sliding).htm)

Dr. H. Sönmez –JEM719

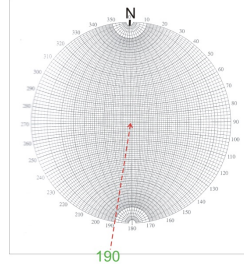
Stereonetlerin kullanımı



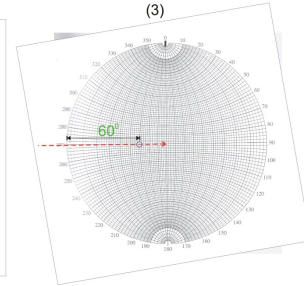
(vi) Çizgisel elamanın dalım / dalım yönünün gösterimi: 190/60

1. Aydinger üzerine stereonetteki kuzey işaretlenir.
2. Stereonet üzerinden 190 aydinger üzerinde işaretlenerek merkez noktasına doğru bir çizgi uzatılır.
3. Bu çizgi E-W eksenine döndürülür ve dıştan içe doğru 60° ilerlenerek nokta konur.
4. Aydinger ilk konumuna döndürülür.

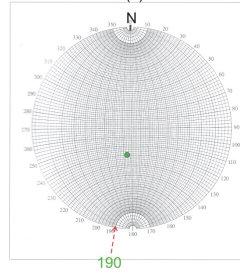
(1 ve 2)



(3)



(4)



Dr. H. Sönmez –JEM719

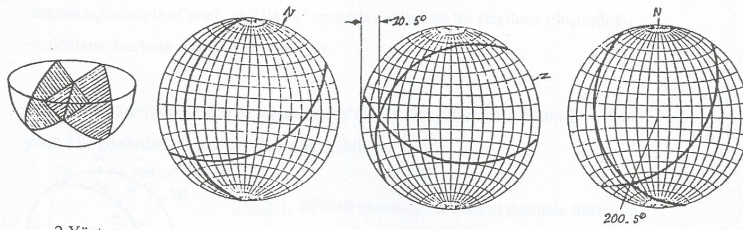
Stereonetlerin kullanımı



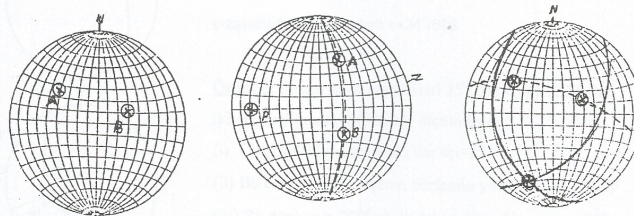
(v) İki düzlemin kesişme hattının (çizgisinin) bulunması:

Örnek \Rightarrow J1: $50^\circ/130$; J2: $30^\circ/250$

1.Yöntem:



2.Yöntem:



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

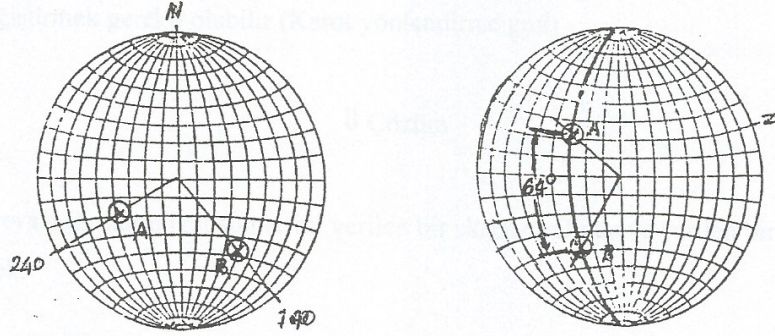
Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı



(vi) İki çizgisel elemanın arasındaki açının bulunması:

Örnek: 1. Hat : $54^\circ/240$ 2.Hat : $40^\circ/140$



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

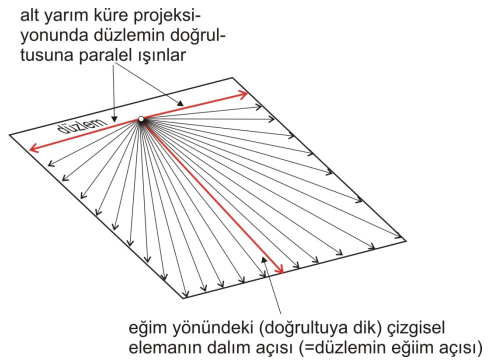
Dr. H. Sönmez –JEM719

Stereonetlerin kullanımı



(vii) Düzlem üzerindeki çizgisel unsurların dalım ve dalım yönünün bulunması

- ✓ Bir düzlem bir noktadan her yöne yayılan sonsuz çizgisel elemandan oluşur.
- ✓ Eğim yönündeki çizgisel elemanda gerçek eğim ölçülürken (bu değer doğrultuya dik yöndeki çizgisel elemanın dalımıdır), diğer yönlere çizgisel elemanlarda ölçülen dalım açısı doğrultuya doğru dönerken azalır ve doğrultuyla paralel olunca dalım açısı sıfır (yatay) olur.



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

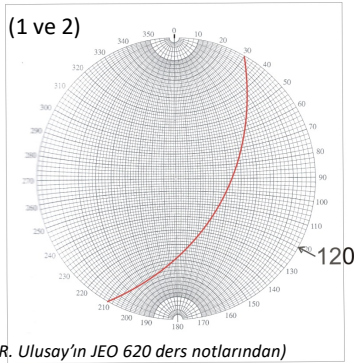
Streonette Uygulanacak Aşamalar



1. Aydınger steronet üzerine yerleştirilir ve kuzey (N) aydınger üzerine işaretlenir.
2. Düzlemin büyük dairesi çizilir.
3. Büyük dairenin doğrultusu NS (diğer bir ifadeyle eğim yönü EW) eksenindeyken düzlemin doğrultusuyla veya (eğim yönüyle) çizgisel elemanın dalım yönü arasındaki açı işaretlenir.
4. İşaretlenen nokta dalım açısının okunması için EW eksenine döndürülerek çakıştırılır. Çakıştırılan hat üzerinde EW ekseninde streonetin merkezinden büyük daireye kadar olan kısım çizilir ve açısal değeri dalım açısı olarak okunur.
5. Aydınger kuzeylenerek işaretlenen noktanın dalım yönü okunur.

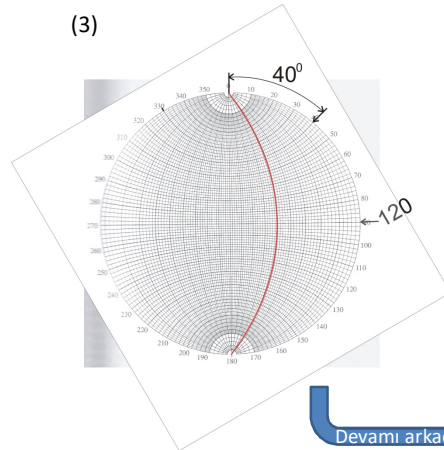
Düzlemin yönelimi: $50^{\circ}/120$ 1) Düzlemin doğrultusu ile 40° açı yapan çizgisel elemanın dalım/dalım yönü nedir?

(1 ve 2)



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

(3)



Devamı arkada

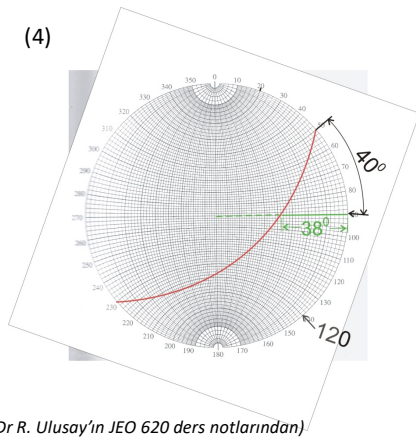
Dr. H. Sönmez –JEM719

Streonette Uygulanacak Aşamalar



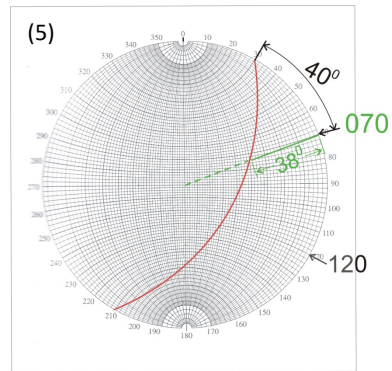
1. Aydınger steronet üzerine yerleştirilir ve kuzey (N) aydınger üzerine işaretlenir.
2. Düzlemin büyük dairesi çizilir.
3. Büyük dairenin doğrultusu NS (diğer bir ifadeyle eğim yönü EW) eksenindeyken düzlemin doğrultusuyla veya (eğim yönüyle) çizgisel elemanın dalım yönü arasındaki açı işaretlenir.
4. İşaretlenen nokta dalım açısının okunması için EW eksenine döndürülerek çakıştırılır. Çakıştırılan hat üzerinde EW ekseninde streonetin merkezinden büyük daireye kadar olan kısım çizilir ve açısal değeri dalım açısı olarak okunur.
5. Aydınger kuzeylenerek işaretlenen noktanın dalım yönü okunur.

(4)



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

(5)

Dalım/dalım yönü: $38^{\circ}/070$

Dr. H. Sönmez –JEM719

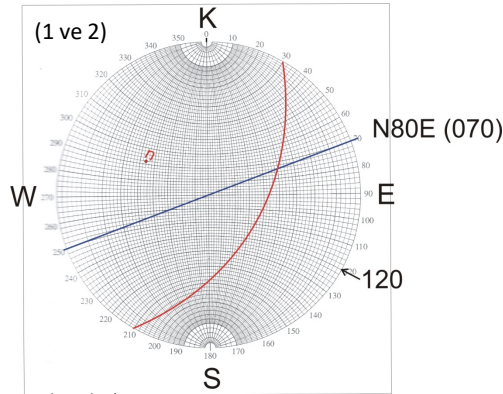
Stereonetlerin kullanımı



(viii) Bir düzlemin yatay bir eksen etrafında döndürülmemesi

Yönelimi $50^\circ/120$ olan düzlemin doğrultusu $N80E$ olan yatay eksen etrafında saat yönünde 60° döndürülmesi durumunda yeni yönelimi ne olur?

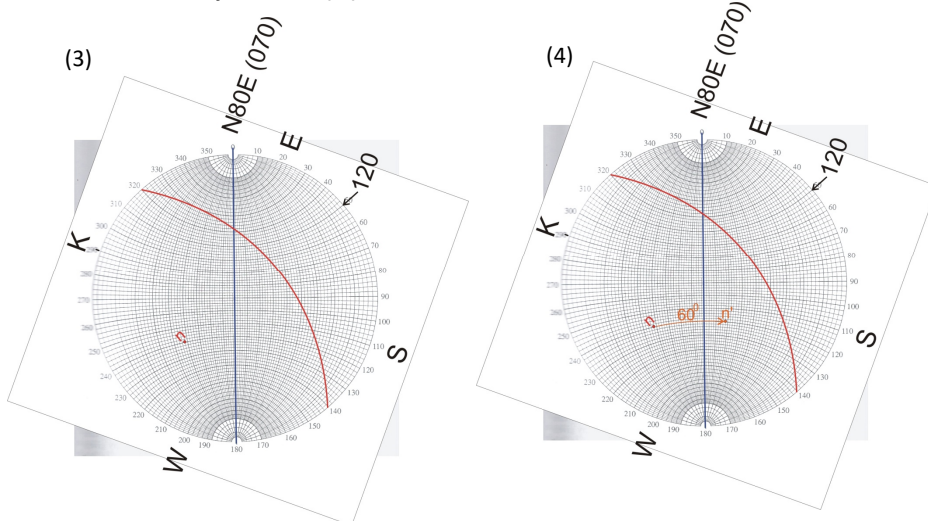
1. Aydinger stereonet üzerine yerleştirilir ve kuzey (N) aydinger üzerine işaretlenir.
2. Düzlemin büyük dairesi ve kutbu (n) ve eksen (çizgisel eleman) streonet üzerinde aydinger çizilir.



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

3. Eksen çizgisi NS ile çakıştırılır.
4. Kutup (n) üzerinde yer aldığı küçük daire boyunca saat yönünde 60° kaydırılır ve düzlemin yeni kutbu (n') belirlenir.



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

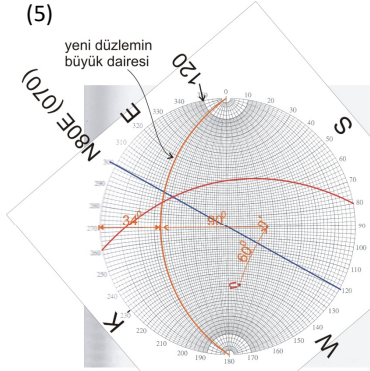
Dr. H. Sönmez –JEM719



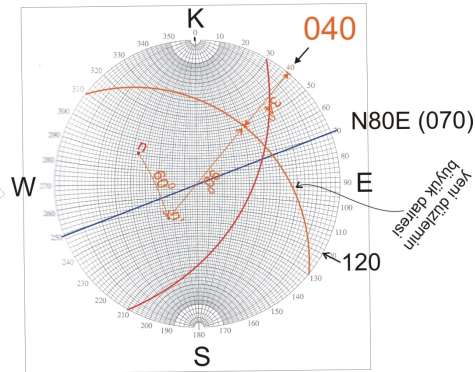
5. Düzlemin yeni kutu (n') EW eksenine getirilerek 90^0 uzaktaki yeni düzlemin büyük dairesi çizilir.

6. Yeni düzlemin yönelimi (eğim/eğim yönü) okunur.

(5)



(6)



Yeni düzlemin yönelimi $\rightarrow 34^0/040$

Eğimli bir eksen (A) etrafında döndürme işleminde öncelikle eksen dalım açısı kadar ötelenerek streonet dairesinin sınırına taşınır (A'). Netteki düzlemin kutup noktası da üzerinde bulunduğu küçük daire üzerinde aynı yönde aynı açı ile döndürülür. Eksen NS'ye taşınarak yukarıdaki gibi eksen etrafında dönme işlemi yapılır. Son aşamada A' EW eksenine getirilir ve dalım açısı kadar ilk aşamadakinin tersi yönde yeni düzlem kutbu üzerinde yer aldığı küçük dairede kaydırılır.

(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Kaya Şevlerinde Süreksizlik Denetimli Duraysızlıkların Kinematik Analizleri

Birkaç eklem setinin hakim olduğu ve nispeten geniş aralıklara sahip kaya kütlelerinde açılan şevlerde süreksizliklerin denetlediği duraysızlıkların gelişmesi olasıdır.

Bunlar;

- Düzlemsel kayma
- Kama türü duraysızlık
- Devrilme türü duraysızlık

Ancak sık eklemli kaya kütlelerinde genellikle süreksizliklerin, nispeten küçük kaya bloklarının dönöl ve/veya kırılarak dahil oldukları ve yenilme yüzeyinin dairesel (kütleli) geliştiği duraysızlık modeli gözlenebilir.

Her hangi bir potansiyel şev duraysızlığı için;

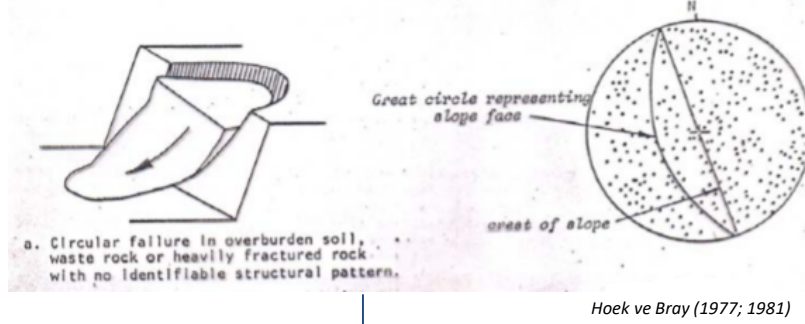
- i. Süreksizlik denetimli duraysızlık mekanizmasına
- ii. Kütleli (daireli) duraysızlık mekanizmasına
- iii. Geçiş durumundaki ölçeklerde (şev yüksekliklerinde) her iki mekanizmanın da etkin olup olamayacağına

tasarımcı tarafından karar verilmelidir. Süreksizlik denetimli duraysızlıklarda, süreksizliklerin devamlılığı (tabaka veya fay gibi) ve kayması muhtemel kütleli hacmi bu kararda ayrı bir öneme sahiptir.

Dr. H. Sönmez –JEM719



Süreksizlik kontrollü yenilme türleri ve stereonetteki görünüşleri (2/4)



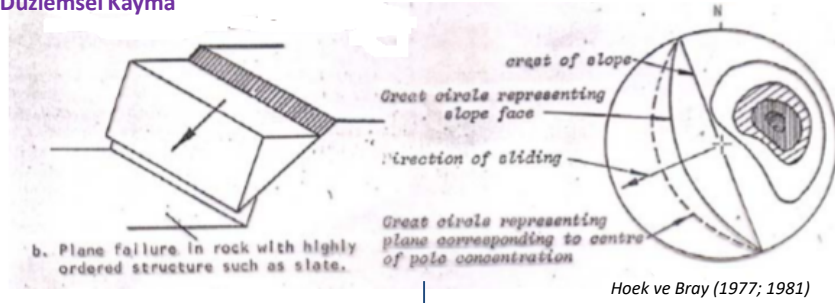
Her yönde geliş güzel süreksizlikler (sık eklemli kaya kütlesi) süreksizlik denetimli duraysızlık beklenmez. **Potansiyel yenilme türü kütleli (daireli) dir.**

Dr. H. Sönmez –JEM719



Süreksizlik kontrollü yenilme türleri ve stereonetteki görünüşleri (2/4)

Düzlemsel Kayma



Şevin eğim yönü ile süreksizliğin eğim yönü aynı ($\pm 20^\circ$), şevin eğimi süreksizliğin eğiminden yüksek ve süreksizliğin eğimi de içsel sürtünme açısından (ϕ) fazla olması durumunda düzlemsel kayma koşulu sağlanır.

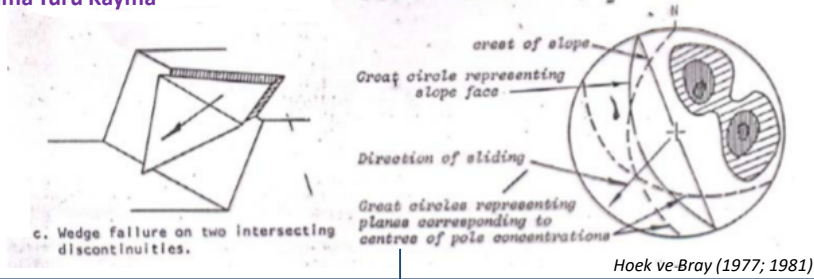
İlk bakışta farkındalık → Steronette ilgili süreksizlik setinin konturları (kutbu) şevin büyük dairesinin gerisindedir.

Dr. H. Sönmez –JEM719



Süreksizlik kontrollü yenilme türleri ve stereonetteki görünüşleri (3/4)

Kama Türü Kayma



Şevin yönelimi ile kamayı oluşturan iki süreksizliğin kesişim hattının yönelimi aynı (sapma miktarı yönelimlere bağlı olarak stereonet üzerinde belirlenir) yönde; şevin eğiminin kesişim hattının eğiminden daha yüksek olması ve eğer kesişim hattının eğiminin de ϕ 'yi de geçmesi durumunda kama kayma koşulu sağlanır.

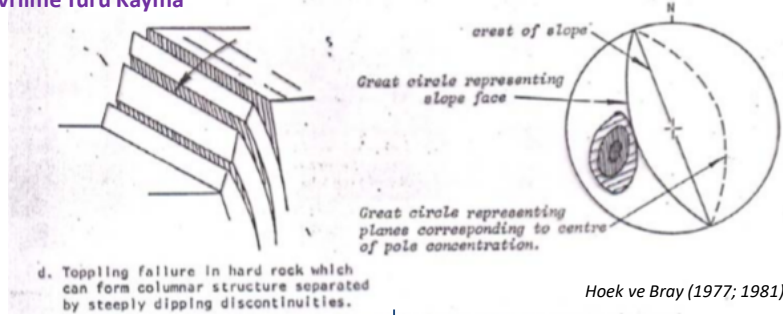
İlk bakışta farkındalık için → Steronette ilgili iki süreksizlik setinin konturları şevin büyük dairesinin gerisindedir.

Dr. H. Sönmez –JEM719



Süreksizlik kontrollü yenilme türleri ve stereonetteki görünüşleri (4/4)

Devrilme Türü Kayma



Şevin yönelimi ile süreksizliğin yönelimi zıt yönlüdür (sapma miktarı yönelimlere bağlı olarak stereonet üzerinde belirlenir)

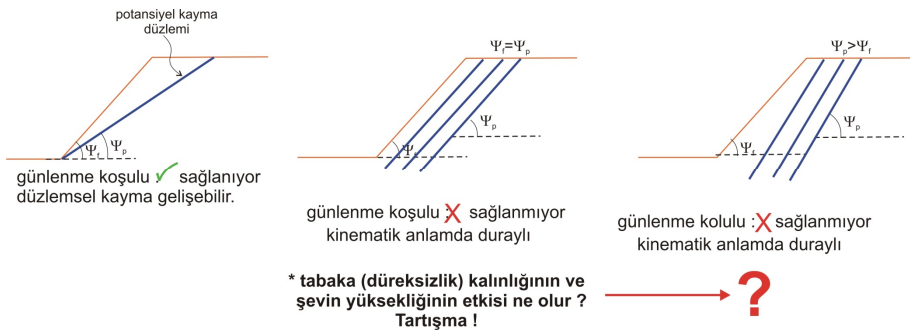
İlk bakışta farkındalık için → Steronette süreksizlik setinin konturları şevin büyük dairesinin önündedir.

Dr. H. Sönmez –JEM719



1. Düzlemsel Kayma:

Kinematik anlamda düzlemsel kaymanın gelişmesi için Kayma düzleminin şev yüzeyini kesmesi gereklidir. Bu koşula **daylight (günlenme)** denir. Daylight koşulu düzlemsel kayma için sağlanması gereken ilk koşuldur.

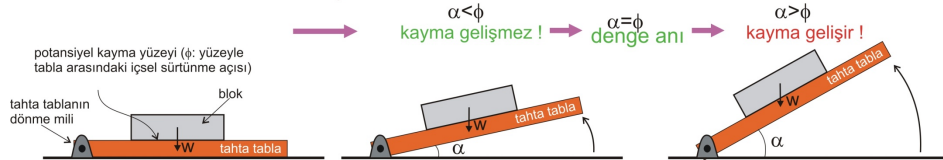


Dr. H. Sönmez –JEM719

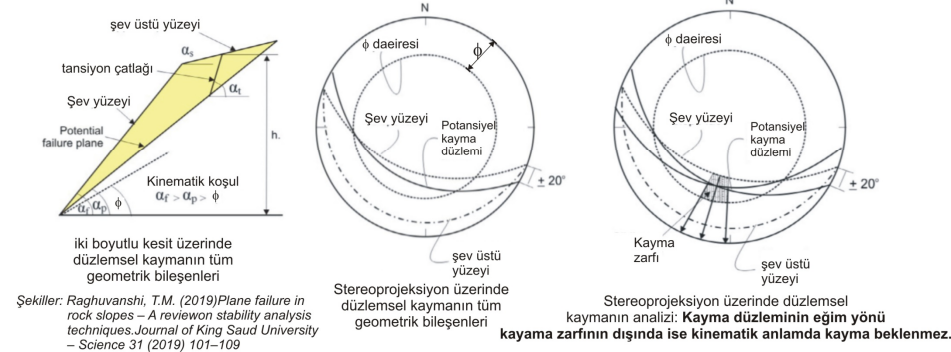
1. Düzlemsel Kayma : (devam ediyor)



Düzlemsel kaymanın fiziksel model tanımı

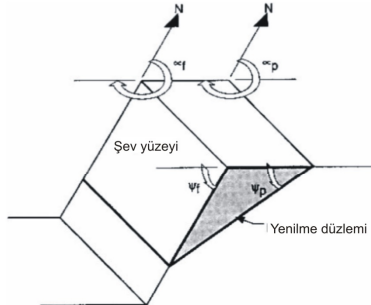


Düzlemsel kaymanın geometrik tanımı ve kinematik analizi (1. genel yaklaşım)



Dr. H. Sönmez –JEM719

1. Düzlemsel Kayma : (devam ediyor)



AÇIKLAMALAR

α_f : Şev yüzeyin eğim yönü

α_p : Düzlemin eğim yönü

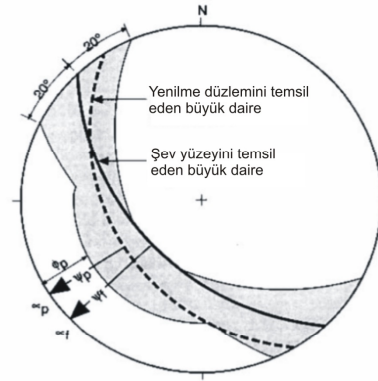
ψ_f : Şev yüzeyin eğimi

ψ_p : düzlemin eğimi

ϕ_p : içsel sürtünme açısı

Düzlemsel kayma koşulu

1. $\alpha_p = \alpha_f + 20^\circ$
2. $\psi_p < \psi_f$
3. $\psi_p > \phi_p$



Tümüyle gri bölge içinde kalan büyük dairelerin temsil ettiği şev yönelimleri kinematik anlamda duraysızlık sergiler

Norrish, N.I., Wyllie, D.C., 1996. Rock slope stability analysis. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), Landslides Investigation and Mitigation. Transportation Research Board National Research Council, National Academy Press Washington, DC, p., 673 Special Report 247.

Dr. H. Sönmez –JEM719

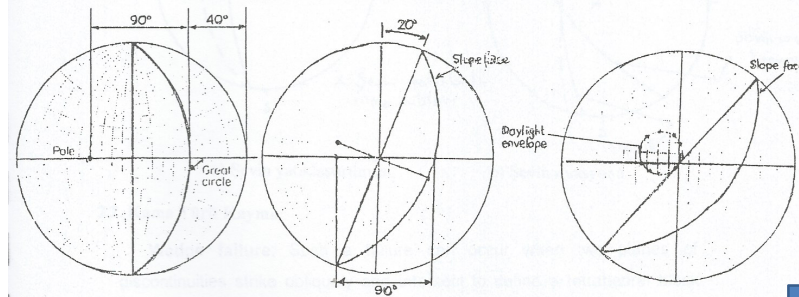
1. Düzlemsel Kayma : (devam ediyor)



Kinematik analiz 2. yaklaşım: Günlenme zarfı (daylight envelope) yaklaşımı

Kutup EW getirilir ve aydınların belirli dönme açıları için kutupun yeri EW ekseninde (açı olarak) işaretlenir. Böylece bir daire elde edilir. Bu dairenin adı **günlenme zarfı (daylight envelope)**'dur.

Belirli açılarda aydınlar çevrilerek şev yüzeyinin kutup noktası (ilk işaretlenen açısal değerinin olduğu nokta) aydıngere işaretlenir. Tam bir dönüm (360°) sağlandığında günlenme zarfı (daresi) elde edilir.

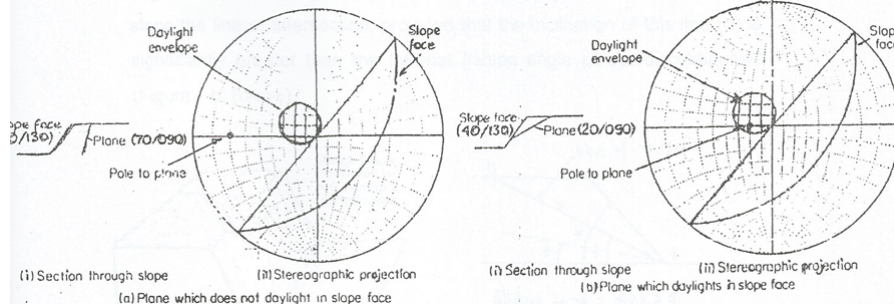


Devamı
arkada

(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

1. Düzlemsel Kayma : (devam ediyor)



Düzlemsel kayma potansiyeli olan süreksizliğin kutup noktası günlenme zarfının dışında kalıyorsa, düzlem şev yüzeyinde günlenmiyor.

Düzlemsel kayma potansiyeli olan süreksizliğin kutup noktası günlenme zarfının içinde kalıyorsa, düzlem şev yüzeyinde günleniyor.

(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Kinematik anlamda potansiyel düzlemsel kayma duraysızlıktan kurtulmak için:

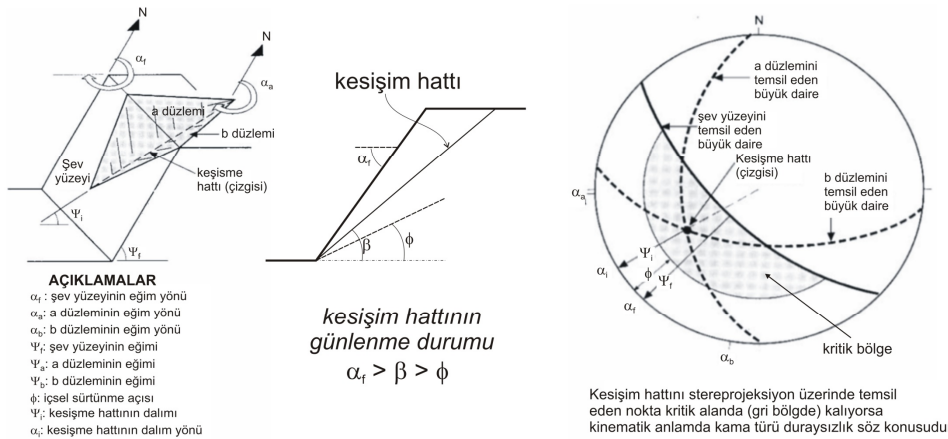
1. Şevin yatıklaştırılması
2. Şevin doğrultusunun (eğim yönünün) kritik kayma düzleminin doğrultusundan (eğim yönünden) 20^0 den fazla açı yapacak şekilde döndürülmesi (saptırılması).
işlemlerinden en az birinin yapılması gereklidir.

Dr. H. Sönmez –JEM719

2. Kama Türü Kayma:



Düzlemsel kaymanın kinematğine benzer bir şekilde kinematik anlamda kama türü kaymanın gelişmesi için kamayı oluşturan iki süreksizlik yüzeyinin kesişim hattının şev yüzeyini kesmesi gereklidir. Bu koşula **daylight (günlenme)** denir. Daylight koşulu kama türü kayma için sağlanması gereken ilk koşuldur.



AÇIKLAMALAR

α_1 : şev yüzeyinin eğim yönü
 α_a : a düzleminin eğim yönü
 α_b : b düzleminin eğim yönü
 ψ_a : şev yüzeyinin eğimi
 ψ_a : a düzleminin eğimi
 ψ_b : b düzleminin eğimi
 ϕ : içsel sürtünme açısı
 ψ_r : kesişme hattının dalımı
 α_c : kesişme hattının dalım yönü

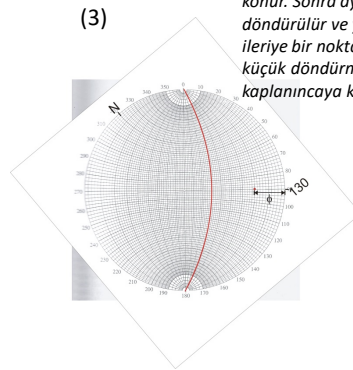
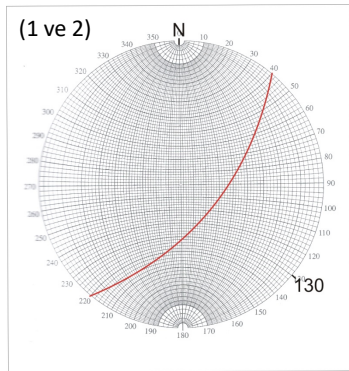
(Norrish, N.I., Wyllie, D.C., 1996)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Kama türü kinematik analiz örnek:A düzlemi: 50°/070 Şev yönelimi: 60°/130
B düzlemi: 60°/190 ϕ : 20°

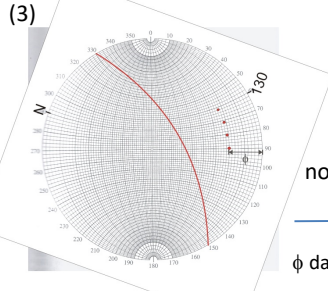
1. Aydıngere kuzeyi işaretleyin
2. Şevin büyük dairesini çiziniz
3. ϕ dairesini çiziniz (tüm dairenin çizilmesine gerek yok, olay şevin önünde gelişeceği için sadece şevin önündeki bölümü çizmek yeterlidir.) Şevin büyük dairesi ile ϕ dairesi arasındaki bölümü kritik alan olarak tarayınız.
4. a ve b düzlemlerinin büyük dairelerini çiziniz.

(3) Şevin büyük dairesi NS eksenine getirilir. EW ekseninde ϕ kadar ileriye bir nokta konur. Sonra aydınger biraz ($\sim 10^\circ$) döndürülür ve yine EW ekseninde ϕ kadar ileriye bir nokta daha konur. Şevin önünde küçük döndürmelerle şevin önü tümüyle kaplanıncaya kadar nokta sayısı çoğaltılır.



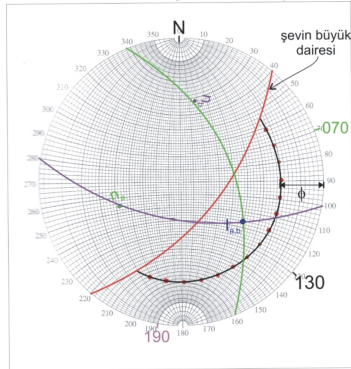
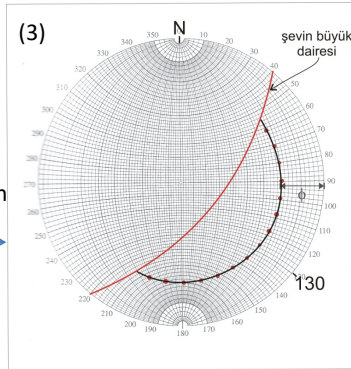
Devami
arkada

Dr. H. Sönmez –JEM719



noktaların üzerinden
 ϕ dairesi çizilir.

ϕ dairesi \rightarrow pergelle de
çizilebilir.



$I_{a,b}$: Kesişim hattı kritik bölge
içinde kalıyor.
Kinematik anlamda kama türü
duraysızlık gelişmesi
mümkündür.

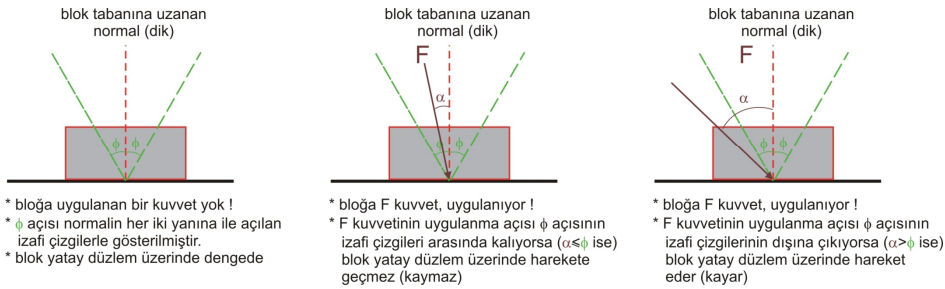
Not: kutup noktaları 'n' ve kesişme hattı ise 'I' ile
gösterilir.

Dr. H. Sönmez –JEM719



3. Devrilme Türü Kayma:

Değerlendirme yaklaşımı: Eğimi yüksek bir şevde, şevin eğimin yönü ile ters yönlü ($\pm 30^0$ sapma aralığında) ve eğimi yüksek süreksizliklerin bir birleri üzerinde kayması sonucu şev aynasından dışarı doğru hareketlenmesinin kinematik anlamda çözümüdür.

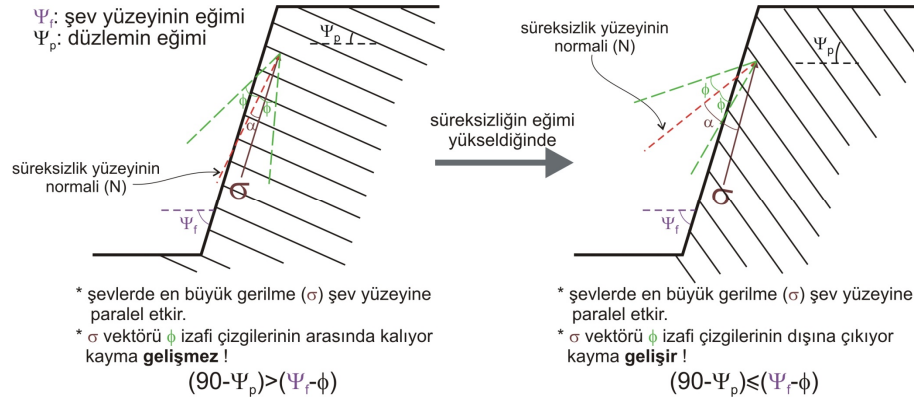


(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719



Bir önceki slayttaki yaklaşım kaya şevlerine aşağıdaki gibi uygulanırsa:



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 620 ders notlarından)

Devrilme türü duraysızlığın kinematik anlamda gelişmesi için:

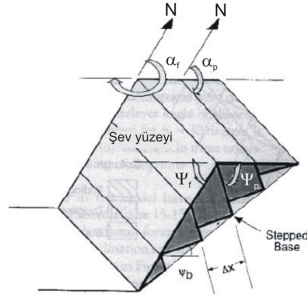
$$1. \text{ Koşul : } (90 - \Psi_p) \leq (\Psi_f - \phi)$$

$$2. \text{ Koşul : } \alpha_p = (\alpha_f + 180^0) \pm 30^0$$

α_p : süreksizliğin eğim yönü
 α_f : şevin eğim yönü

Dr. H. Sönmez –JEM719

3. Devrilme Türü Kayma: (devam ediyor)



Açıklamalar

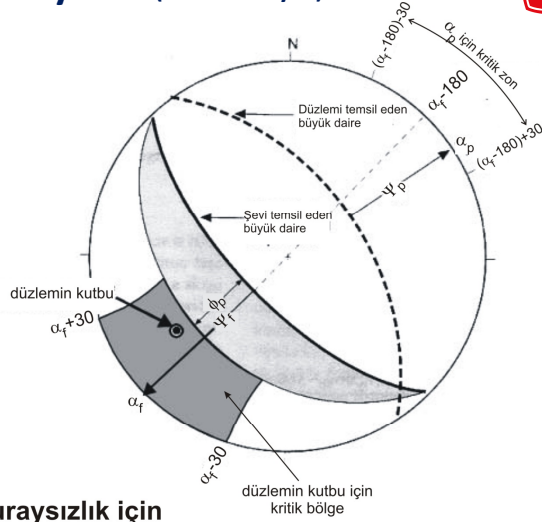
- α_f : şev yüzeyinin eğim yönü
 α_p : düzlemin eğim yönü
 Ψ_f : şev yüzeyinin eğim açısı
 Ψ_p : düzlemin eğim açısı
 ϕ_p : düzlemin içsel sürtünme açısı

Devrilme türü duraysızlık için sağlanması gereken koşullar

1. Koşul : $(90 - \Psi_p) \leq (\Psi_f - \phi)$

2. Koşul : $\alpha_p = (\alpha_f + 180^\circ) \pm 30^\circ$

(Norrish, N.I., Wyllie, D.C., 1996'dan düzenlenmiştir)



Dr. H. Sönmez –JEM719

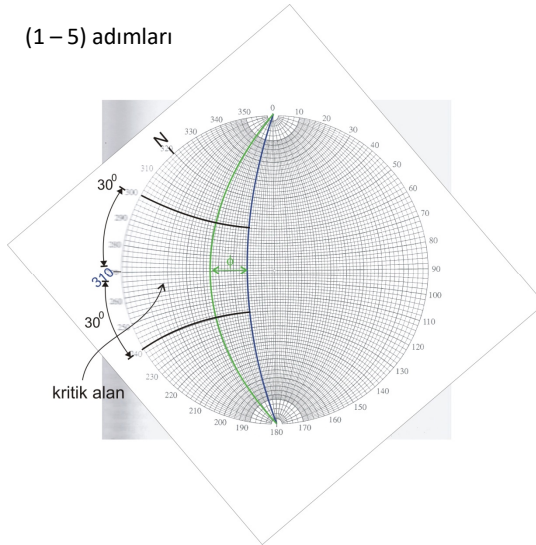
Devrilme türü duraysızlık için kinematik çözüm



Şevin yönelimi: 70/310

Süreksizliğin yönelimi: 65/140 $\phi = 24^\circ$

(1 – 5) adımları



Uygulama adımları

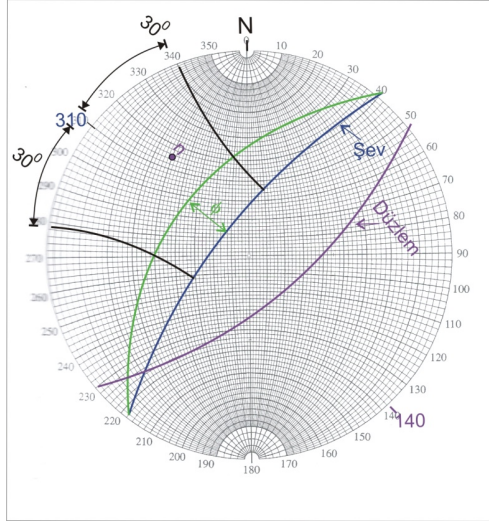
1. Aydıngere N işaretle
2. Şevin büyük dairesini çiz.
3. Şevin büyük dairesinin ϕ önündeki büyük daireyi çiz.
4. Şevin eğim yönünden $+30^\circ$ ve -30° yönlerindeki küçük daireleri şevin büyük dairesine kadar çiz.
5. $\pm 30^\circ$ aralığı ve ϕ büyük dairesi önündeki alanı kritik bölge olarak tara.
6. Düzlemin büyüün dairesini çiz ve kutbunu işaretle
7. Kutup noktası kritik alanda kalıyorsa devrilme türü duraysızlık koşulu kinematik anlamda sağlanmıştır.

Dr. H. Sönmez –JEM719



Devrilme türü duraysızlık için kinematik çözüm (devam ediyor)

(6 ve 7) adımlar



Devrilme duraysızlık kinematığı sağlanıyor.

Uygulama adımları

1. Aydıngere N işaretle
2. Şevin büyük dairesini çiz.
3. Şevin büyük dairesinin ϕ önündeki büyük daireyi çiz.
4. Şevin eğim yönünden $+30^\circ$ ve -30° yönlerindeki küçük daireleri şevin büyük dairesine kadar çiz.
5. $\pm 30^\circ$ aralığı ve ϕ büyük dairesi önündeki alanı kritik bölge olarak tara.
6. Düzlemin büyün dairesini çiz ve kutbunu işaretle
7. Kutup noktası kritik alanda kalıyorsa devrilme türü duraysızlık koşulu kinematik anlamda sağlanmıştır.

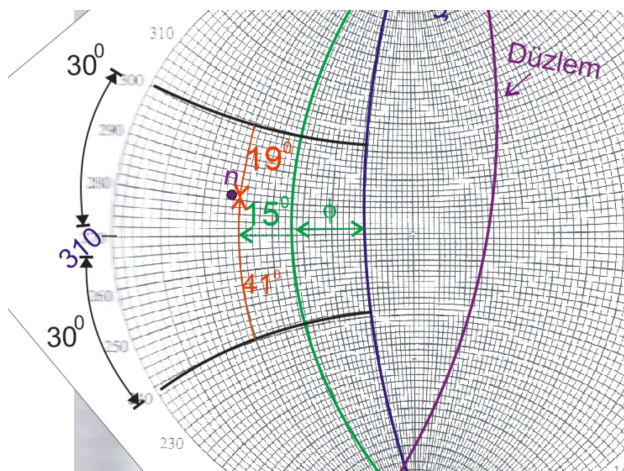
Dr. H. Sönmez –JEM719



Devrilme türü duraysızlık için kinematik çözüm (devam ediyor)

Devrilme türü duraysızlıktan kinematik anlamda kurtulmak için :

Şevin büyük dairesi KG eksenine çakıştırılır.



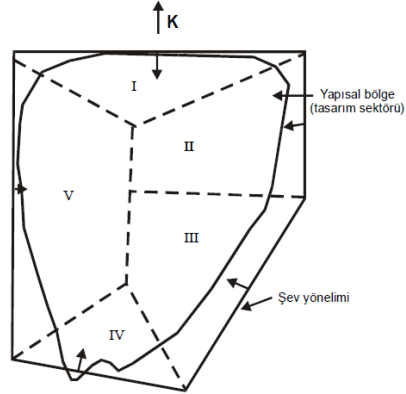
1. Mevcut yönelimde şevin 15° yatıklaştırılması:
yeni şev yönelimi : $55^\circ/310$
2. Mevcut eğimle 310 olan eğim yönünün 19° saatin tersi yönde veya 41° saat yönünde döndürülmesi:
 $70^\circ/291$
veya
 $70^\circ/351$

Dr. H. Sönmez –JEM719

Açık ocak tasarımında süreksizlik denetimli yenilme özelinde sektör kavramı



Şev yönelimi ve süreksizliklerin yönelimleri açısından benzerliklere sahip (diğer bir ifadeyle yaklaşık aynı yönelime sahip şevlerde ve benzer süreksizlik özelliklerinin gözlemlendiği) bölgeler süreksizlik denetimli duraysızlıklar temelinde **'tasarım sektörü'** olarak adlandırılır.

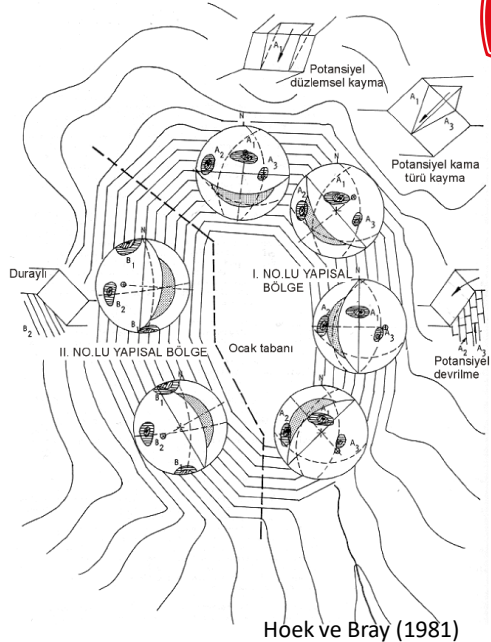


Yukarıdaki şekilde kaya kütesinin süreksizlik yönelimlerinin tüm ocak genelinde değişmediği durumda, şev yönelimi benzerliği dikkate alınarak yaklaşık aynı şev yönelimine sahip tasarıma yönelik 5 sektöre ayrılması mümkündür.

(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 619 ders notlarından)

Dr. H. Sönmez –JEM719

Ocak çukuru etrafında süreksizlik yönelimleri ve şev yönelimleri açısından benzer bölgelerin tasarım sektörü olarak ayrılmasından sonra her sektör için süreksizlik denetimli duraysızlık özelinde yapılabilecek kinematik analizlere örnek sağ tarafta görülmektedir.



(Prof. Dr R. Ulusay'ın JEO 619 ders notlarından)