

Faylar ve morfoloji

Yrd.Doç.Dr.Yaşar Eren

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Faylar ve morfoloji

- Tektonik aktivitesi devam eden fayların (aktif fay, diri fay) bulunduğu bölgelerde, fay tipine bağlı olarak değişik topoğrafik özellikler görülür.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

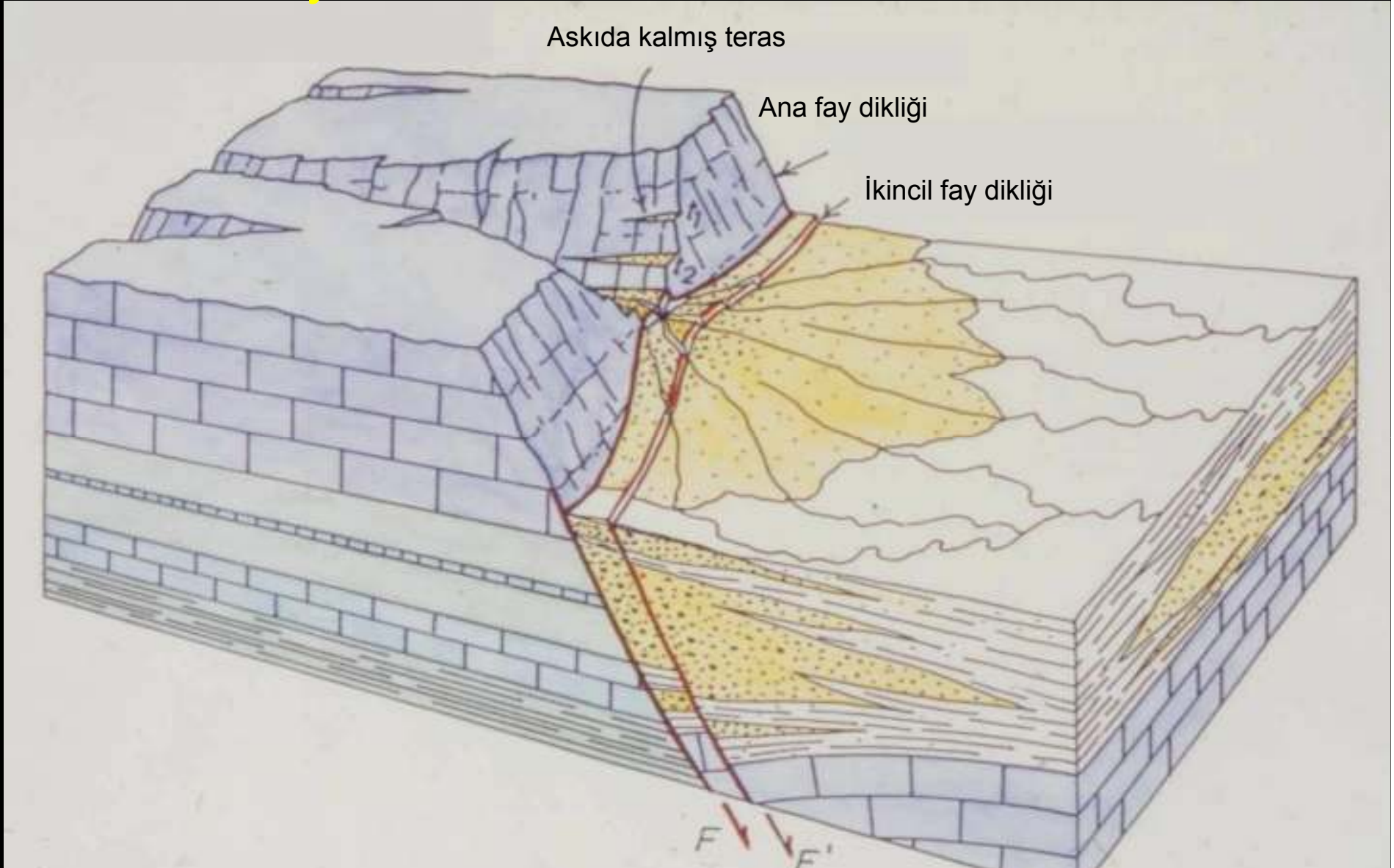
A-Normal faylar:

- Normal faylar, aktif kabuk uzamasının olduğu bölgelerde karakteristik olarak gelişir ve topoğrafik desen, fay yüzeyindeki düşey bileşenle kontrol edilir.
- Bu bölgelerde uzun, bazen düz yüzeyli sırtlar veya horstlar, tekne şeklinde çökmüş havzalarla (grabenlerle) birbirinden ayrılır

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

A-Normal Fay



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yerli EREN 2003

Normal Fay- Wasatch Mountain Range -Utah

**Wasatch
Dağları**

**Spanish
Fork Nehri**

**Wasatch
Fayı**

**Wasatch
Fayı**



Springville

Spanish Fork

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Kıtasal bölgelerde yükselen horstlar, hızla aşınmaya başlar ve erozyon artıkları bitişik grabenlerde yığılır.
- Bazı bölgelerde grabenler deniz seviyesinin altına da düşebilir.
- Kıtasal incelmelerle, magma yükselir ve fay boyunca veya graben içinde lav akıntıları gelişir ve volkanik faaliyetler izlenir.
- Yeryüzünü kesen normal faylar, genellikle oldukça düzgün gidişli fay dikliği oluştururlar ve bu fay dikliği genellikle fay izi ile çakışır.
- Fay dikliğinin üst kesimleri zamanla erozyon nedeniyle aşınır ve düşen kesimden geriye doğru ilerler.
- Fakat dikliğin alt kesimindeki aktif fayın hareketi nedeniyle diklik yenilenir.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Yükselmiş bloku kesen vadiler genellikle V-şekillidir.
- Fay dikliğindeki ani değişimler nedeniyle, fay dikliğinin önünde belirgin alüviyal yelpazeler gelişir.
- Dinginlik dönemlerinde vadi içinde biriken alüvyonlar, aktif dönemlerdeki fay hareketleri nedeniyle vadi tabanının yükselmesi sonucu yükselir ve devam eden erozyon nedeniyle vadi derinleştirilir ve askıda kalmış teraslar oluşur.
- Ana faya paralel gelişmiş ikincil faylara bağlı diklikler de izlenebilir. Ancak bunlar genellikle erozyonla yüzeyde belirsizleşebilir.
- Eğer hareket egemen olarak bir fay takımında gelişirse, (listrik fay tipinde) olduğu gibi, aşağı ötelenen bloktaki dönme hareketi nedeniyle, havzayı dolduran sedimentlerin kalınlığında belirgin bir değişim izlenir.

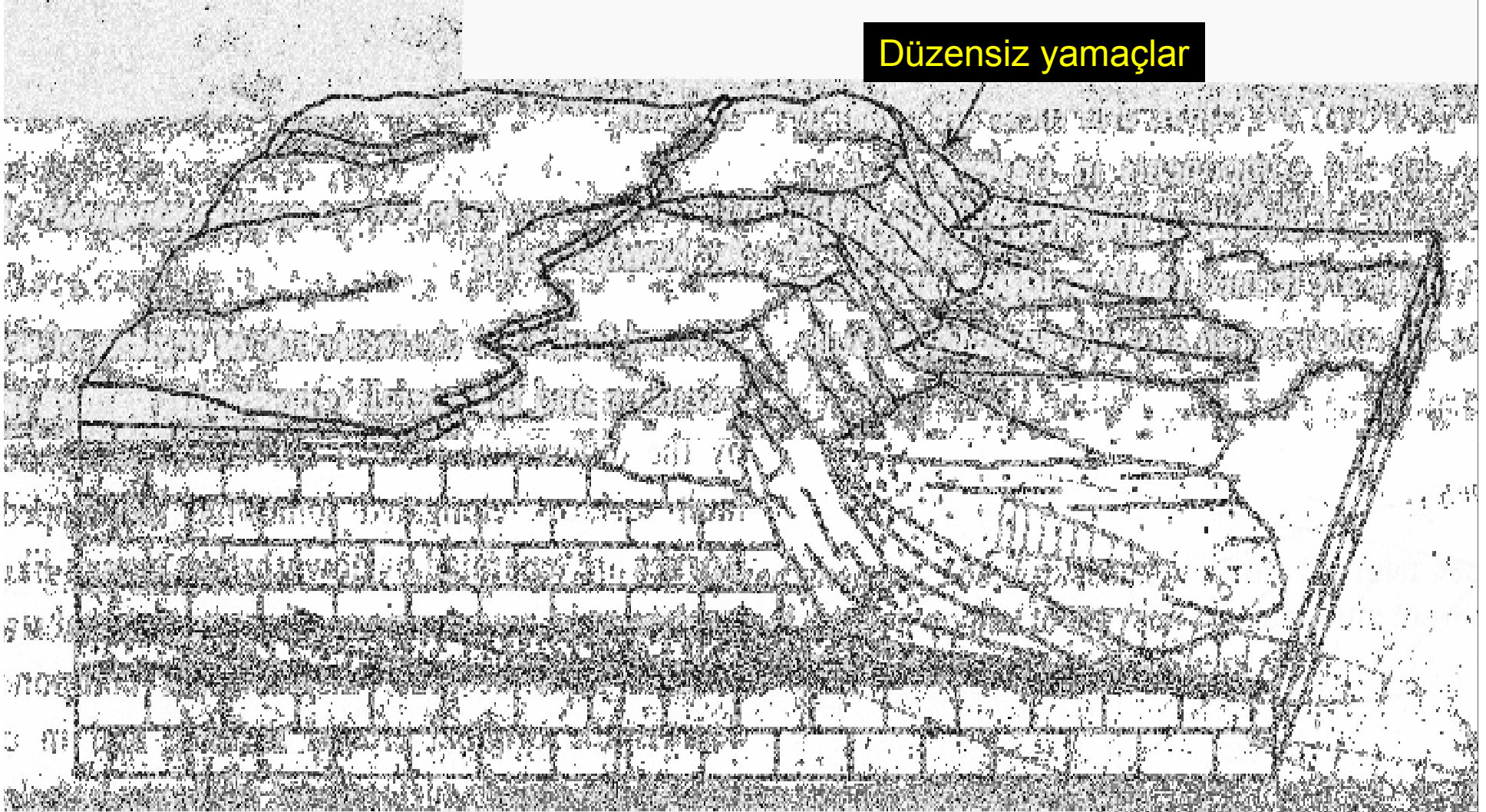
B-Ters veya bindirme fayları

- Ters faylı bölgelerde de yükselme ve alçalma hareketleri gelişir.
- Buna bağlı bindirme hareketi sonucu yükselen blokun ön kesiminde fay dikliği gelişir.
- Fakat bu diklik oldukça düzensiz şekillidir.
- Bindirmenin üç kesimindeki kayaçlar aşınarak bindirmenin ön kesimindeki çukurluklarda birikir.
- Aktif bindirmeli bölgelerde, bindirme fayı bu yığılımlar üzerine de itilir

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Düzensiz yamaçlar



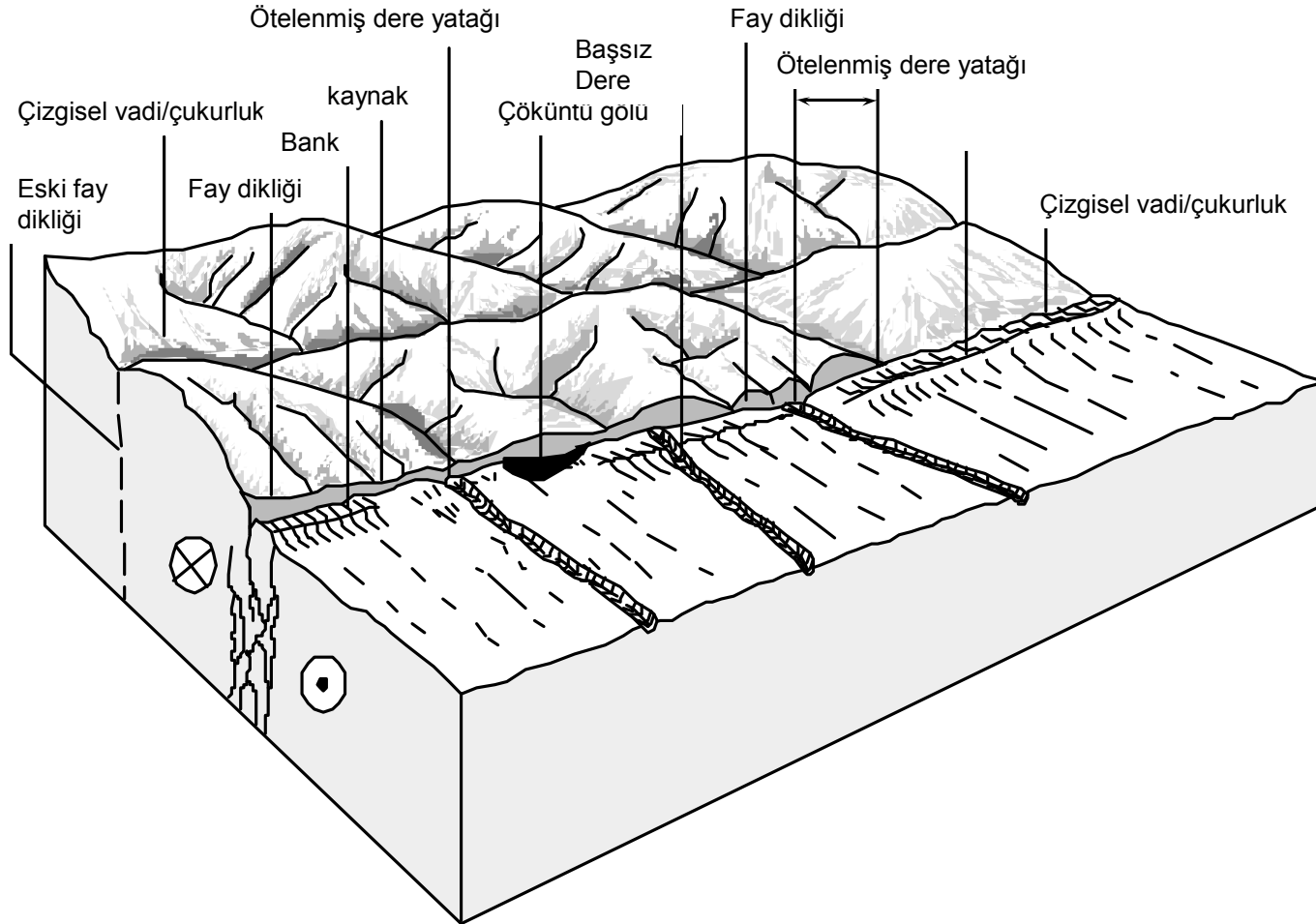
Bindirme tarafından üstlenen erozyon artıkları

C-Doğrultu atımlı faylar

- DAF'ların fay izi belirgin bir çizgisellik oluşturur.
- Ancak fay izi genellikle fay dikliği oluşturmaz.
- Gerçek doğrultu atımlı faylar, ancak, daha önce belirgin bir morfolojiye sahip yerlerde, veya kıvrımlı kayalar içinde veya farklı aşınma direncine sahip kayaları yanyana getirdiği yerlerde fay dikliği oluşturur.
- DAF'ların bulunduğu bölgelerde en belirgin özelliklerden biri, vadi ve nehirlerin fay boyunca ötelenmesi ve dirseklenme oluşmasıdır.
- DAF'ların kademeli bir şekilde geliştiği yerlerde basınç sırtları ve çek-ayır havzaları gelişir

KIRIKLAR VE FAYLAR

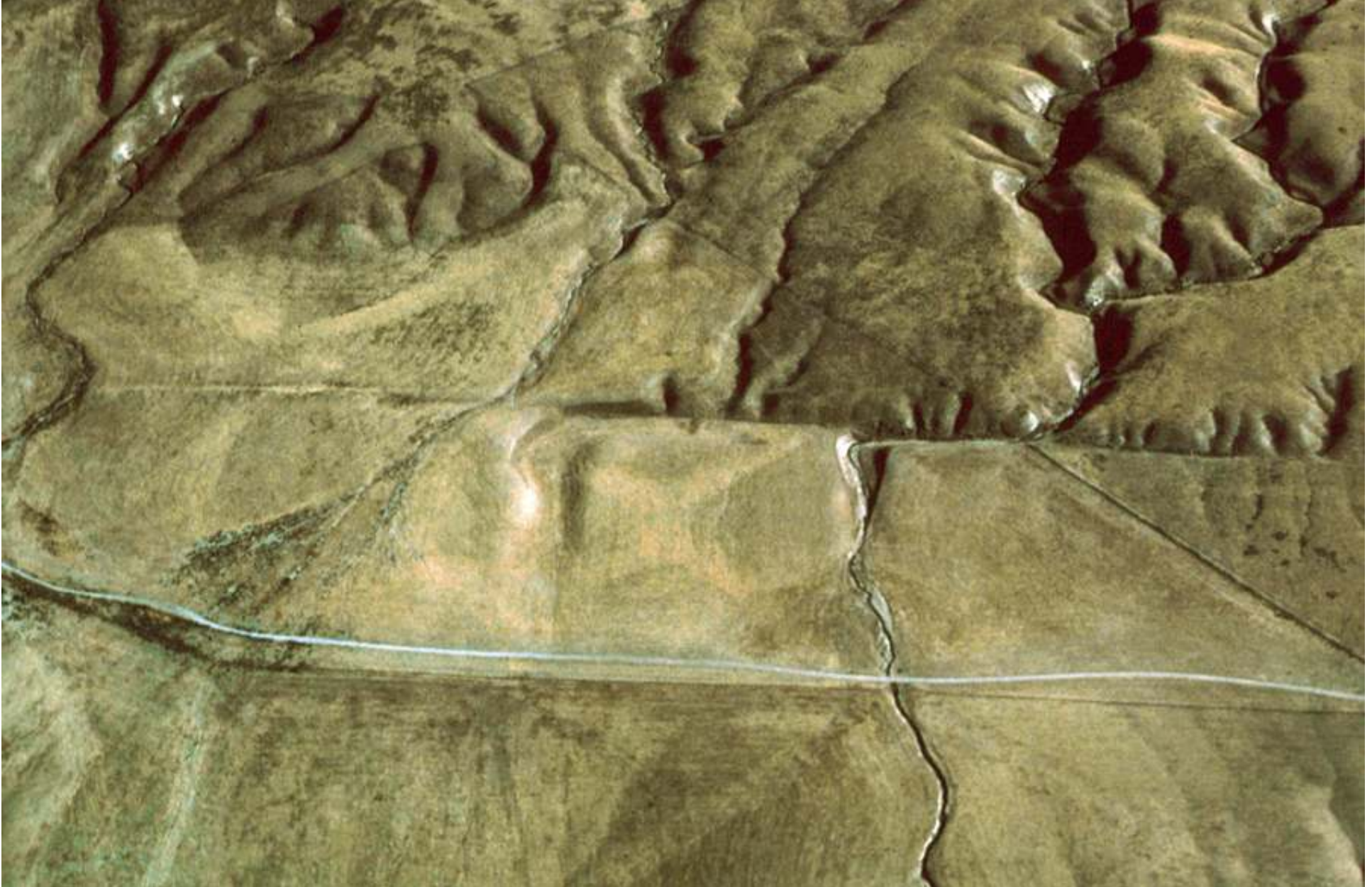
Yaşar EREN-2003



B-Doğrultu atımlı fay

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Transtansiyon- çek-ayır havzaları- çöküntü çukurları



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Los Angeles civarında San Andreas fayının bükülmesi



Courtesy Robert Crippen/Jet Propulsion Laboratory

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

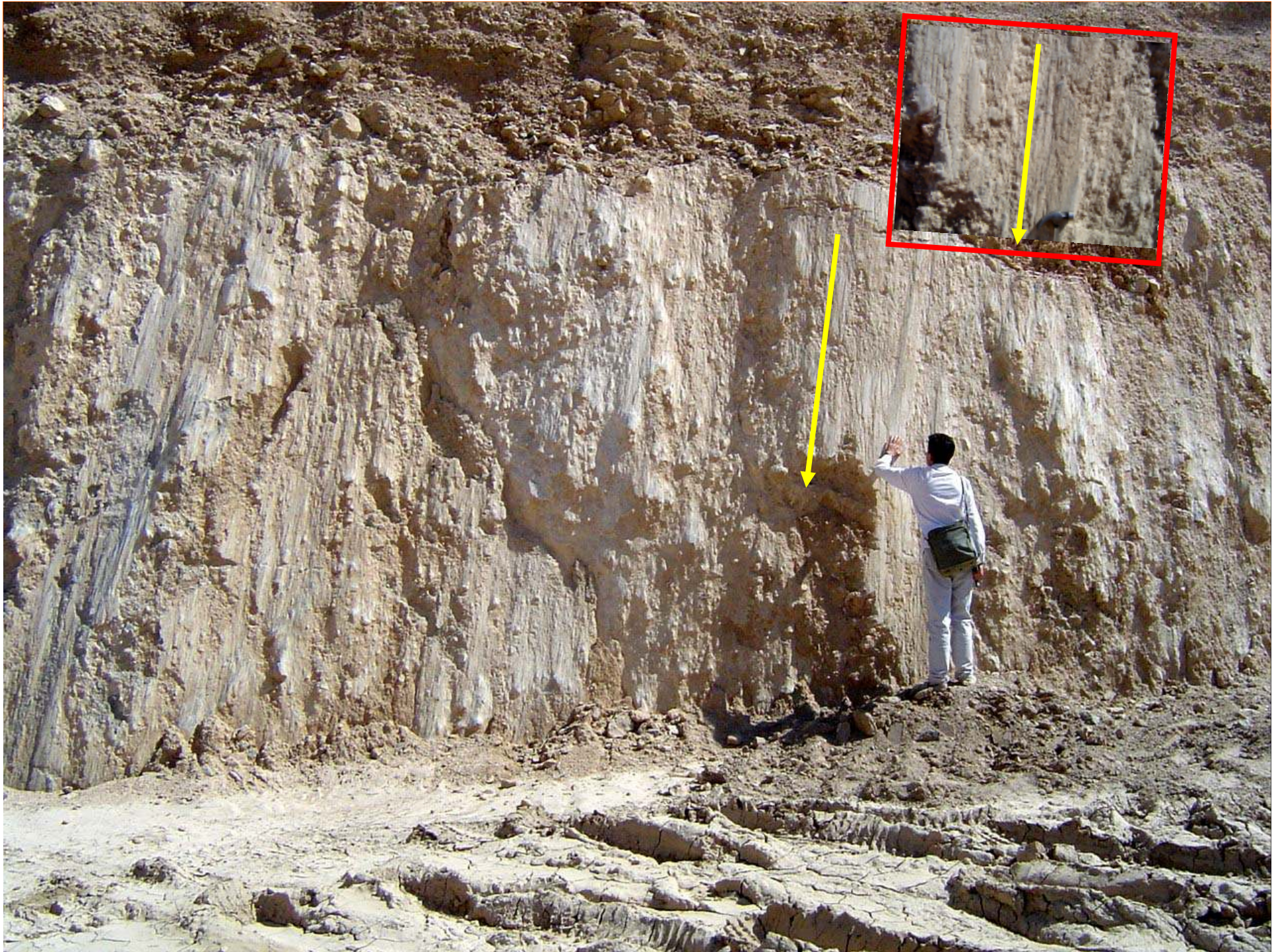
10.Fay zonlarında hareket yönünü gösteren yapılar

- Faylarda veya fay zonlarında hareket yönü doğrudan, ötelenmiş kılavuz düzeyler yardımıyla belirlenebilir. Bir faydaki gerçek atımı bulmak için ya
- 1- fay tarafından ötelenmiş birbirine paralel olmayan iki kılavuz düzeyi, ya da
- 2- bir kılavuz düzey ile kayma doğrultusunu bilmemiz gerekir.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Kılavuz düzey veya işaretçilerin bulunmaması durumunda ise, bazı yapılar kayma yönünün belirlenmesinde kullanılabilir. Bu yapılara kinematik göstergeleri adı verilir. Bunlar:
- 1-Kayma çizikleri: kayma doğrultusunu verir.
- 2-Kayma kertikleri: kayma yönünü veririr





















3-Lifsi mineral lineasyonları:

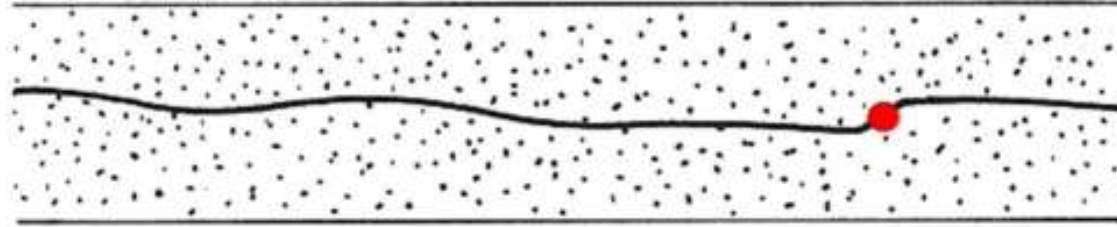
- Fay düzlemi üzerinde lifsi mineral büyümeleri sonucunda gelişir.
- Varlıkları, fay hareketi esnasında duvarların hafifçe açıldığını ve bu boşlukta damar minerallerinin biriktiğini gösterir.
- Mineral birikimi artan tarzda geliştiği için damarı dolduran mineraller ince uzun lifler şeklindedirler.
- Fay düzlemi yüzeylediği zaman, bu lifler imbrike dilimler şeklinde görülürler.
- Her bir lifin uzun eksenini ekstensiyon yönüne, yani fayın hareket yönüne paraleldir.
- İmbrike lifsi mineral grupları ise faydaki hareket yönünü verir

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

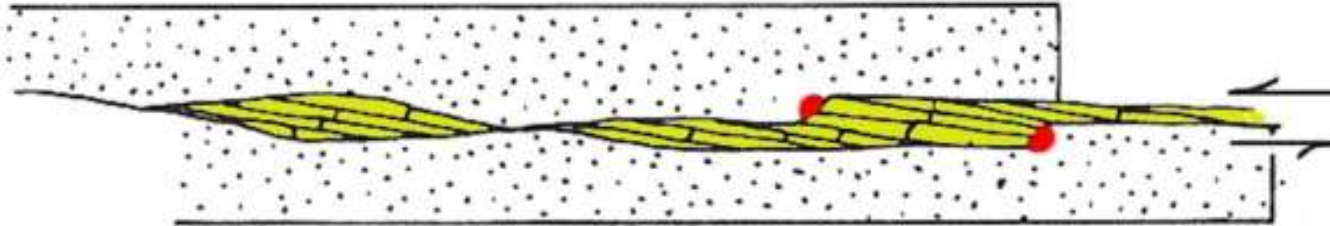
A

BAŞLANGIÇTAKİ KIRIK



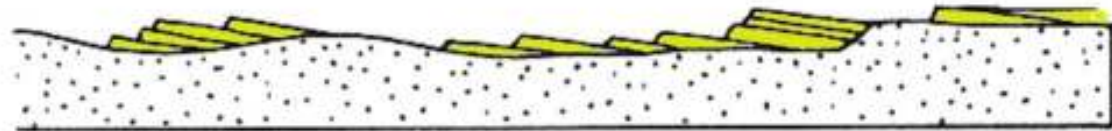
B

FAYDA ÖTELENME VE LİFSİ MİNERAL BÜYÜMESİ



C

YÜZEYLEMİŞ FAY YÜZEYİ



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003



4-Fay düzleminin kademelenmesi veya bükülmesi

- Fay yüzeyleri, genellikle mükemmel düzlemsel yüzeyler şeklinde değildirler.
- Çoğunlukla basamaklı veya bükümlü yapıdadırlar.
- Bu basamaklar kayma doğrultusuna paralel olmadığı için, basamaklarda sıkışma veya uzamaya bağlı yapılar gelişir.
- Basamağın şekli, basamakta sıkışma veya uzamanın olmasını kontrol eder.
- Basamak şekli ve basamakta gelişecek yapı arasındaki ilişkiyi görmek için yatay bir fay düzlemi düşünelim

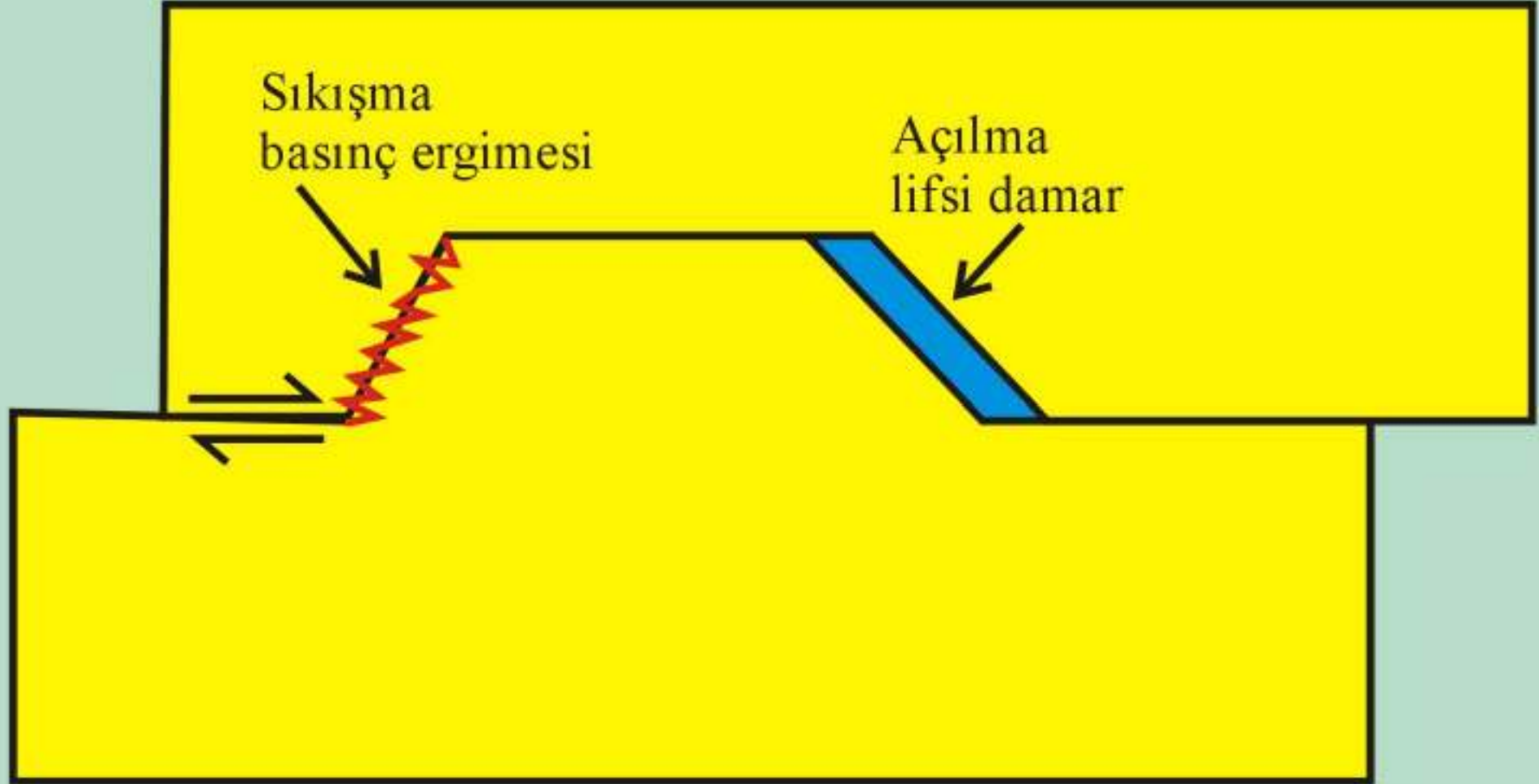
•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Basamak üzerinde taban blokuna göre, tavan blokunun kaydığı yönün tersinde, sıkışmalı; kayma yönünde ise uzamaya bağlı yapılar gelişecektir.
- Mesoskopik ölçekte sıkışmanın olduğu yerde basınç erimeleri oluşacaktır. Eğer basamak yüzeyi dik ise stilolitler, eğik ise slikolitler oluşur.
- Uzamanın olduğu yüzeyde ise lifsi damarlar oluşacaktır. Bu yapıların tanınması mesoskopik ölçekte kayma yönünü verecektir.
- Bölgesel ölçekli doğrultu atımlı faylarda ise, sıkışmanın olduğu yerlerde bindirme ve kıvrım; ekstensiyonun olduğu yerlerde ise normal faylar ve çek-ayır havzaları gelişecektir.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

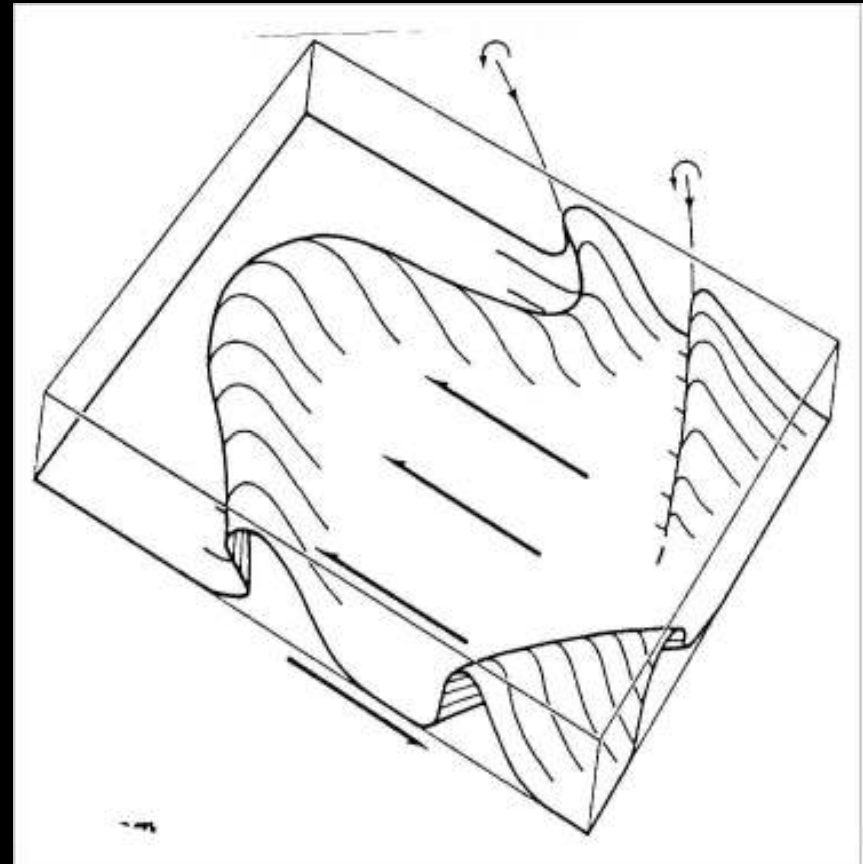


•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Hansen kayma metodu:

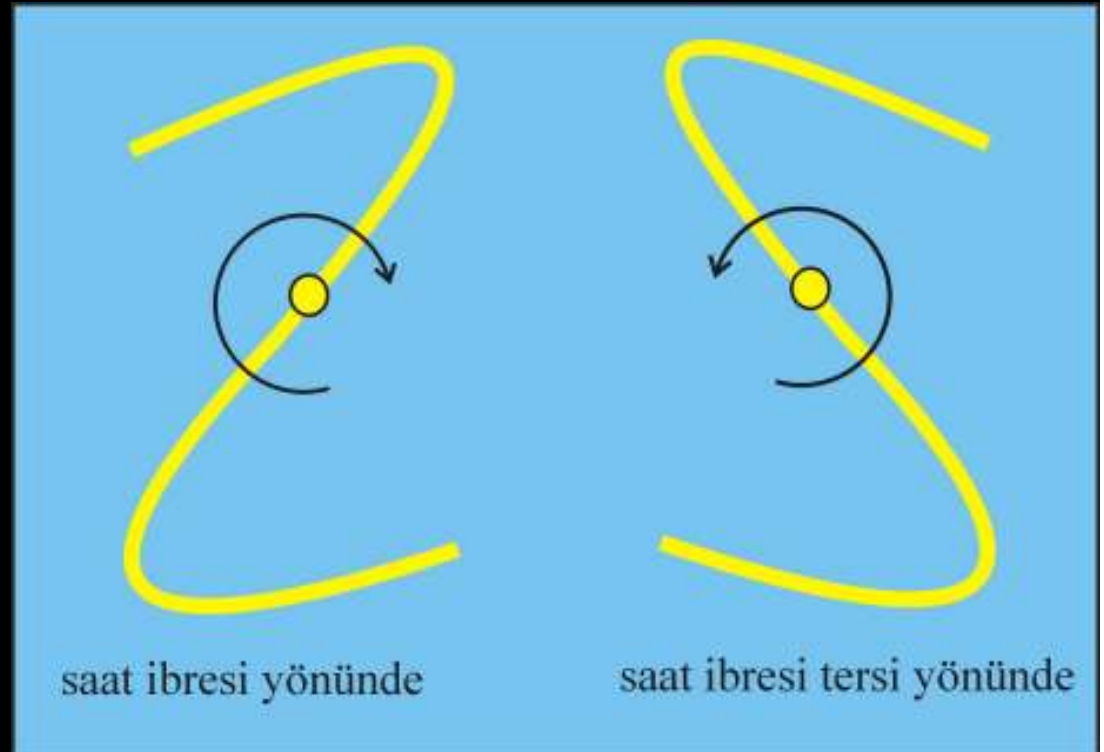
- Eğer bir kayma zonunda belirli kalınlıkta ve iyi tabakalanmalı kayma dilimi yer alırsa, makaslama hareketi nedeniyle kayma dilimi içinde birçok mesoskopik ölçekli asimetrik kıvrım gelişir.
- Bu kıvrımların eksen düzlemleri kayma zonu duvarları ile düşük açılar yapar.
- Kıvrım eksenleri ise kayma düzlemi üzerindedir veya kayma düzlemine hafifçe eğimlidir.
- Zon boyunca kayma gerilmelerindeki yerel farklılıklar nedeniyle, kıvrım eksenlerinin tümü birbirlerine paralel ve tümü kayma yönüne dik değildir.
- Aksine kıvrım eksenleri ve kayma yönü arasındaki açı oldukça değişkendir.



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Bununla birlikte eğer kayma yönü üniform ise, kıvrımların devrilme yönü (vergence) ile kayma yönü arasında sabit bir ilişki vardır.
- Bu ilişkiden faydalanılarak, Hansen metoduyla arazide gözlenen mesoskopik kıvrımlardan, kayma yönünü belirlemek mümkündür.



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Bunu belirlemek için tavan blokunun batıya doğru hareket ettiği güneye eğimli bir bindirme fayını düşünelim.
- Kaymaya bağlı olarak mesoskopik ölçekli asimetric kıvrımlar oluşacaktır.
- Kuzeye dalımlı eksene sahip kıvrımlar saat ibresinin tersine devrilme sunarken;
- Güneye doğru dalımlı kıvrımlar ise saat ibresi yönünde devriklik sunacaklardır.
- Kıvrımın devrilme yönü, dalım aşağı bakılarak belirlenir.

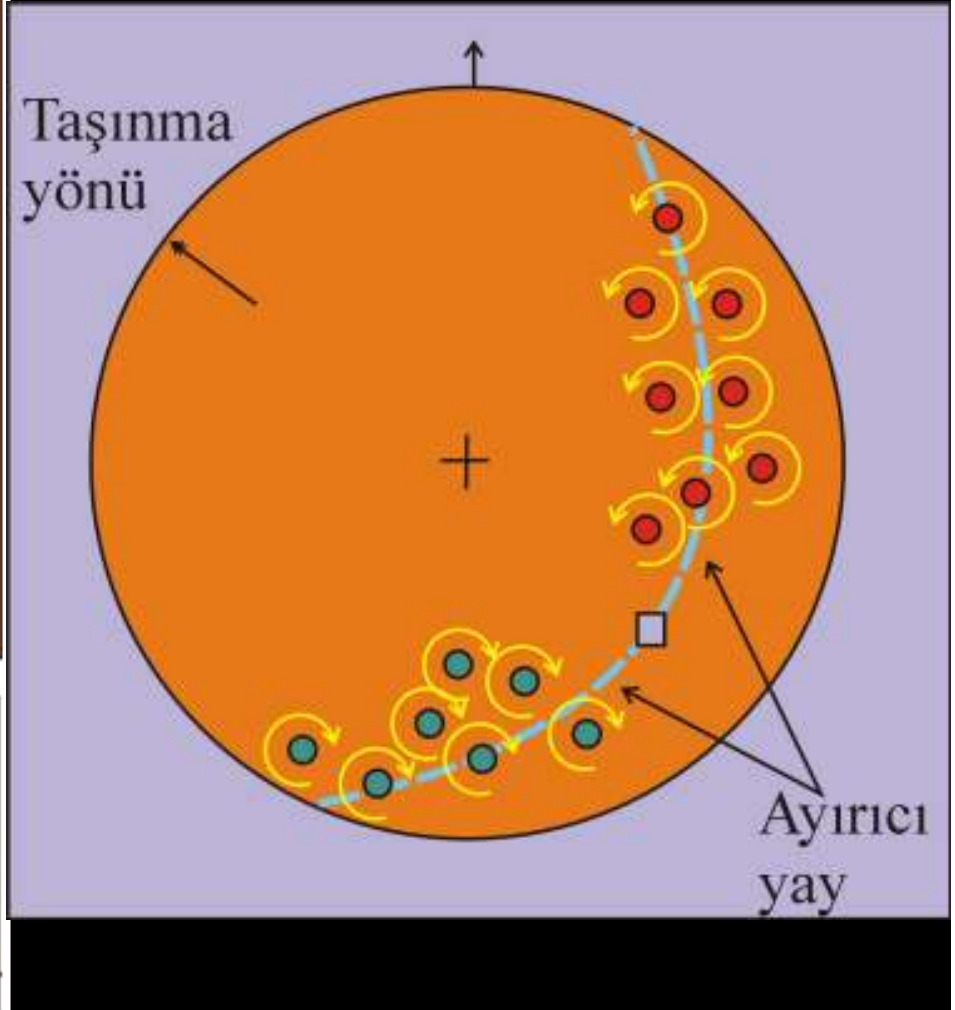
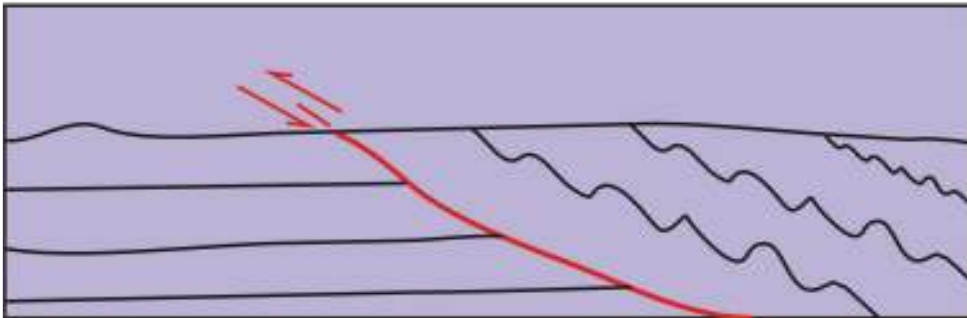
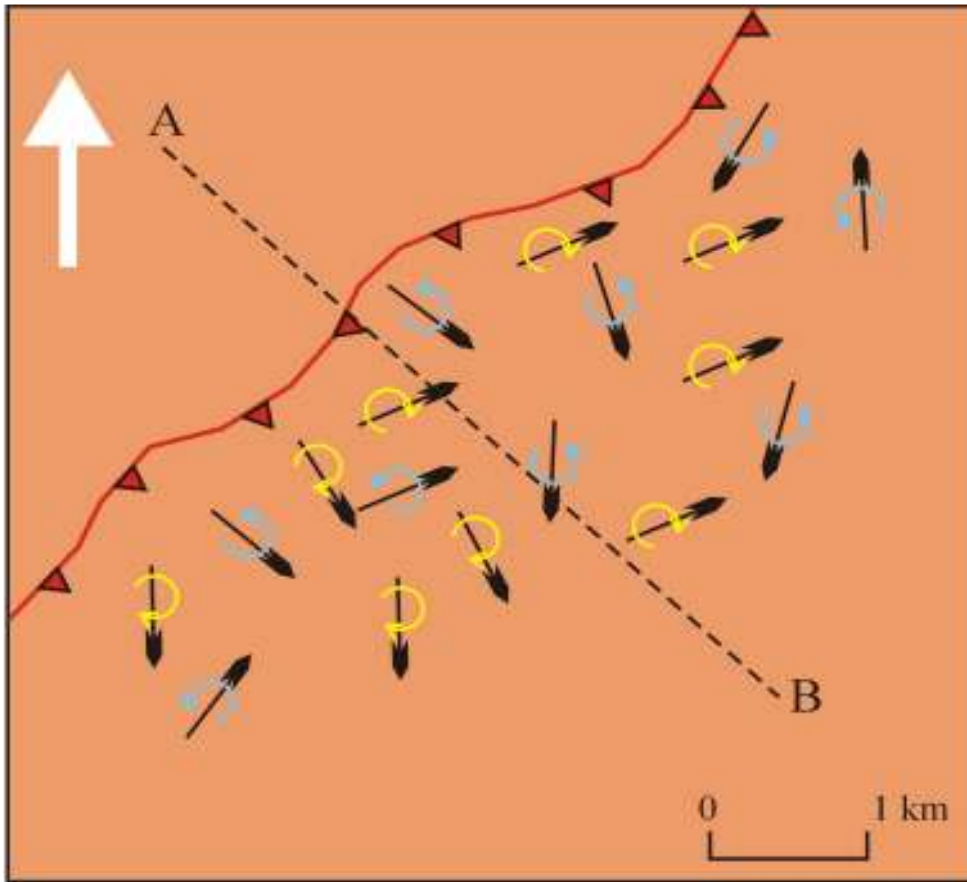
•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Arazide ölçülen kıvrım eksenlerinin konumu stereografik projeksiyon ağı üzerine işaretlendiğinde, eksenler büyük bir daire üzerine düşecektir.
- Bu daire fay düzlemini temsil eder.
- Saat ibresi ve tersi yönüne devrilme sunan bu kıvrımlar, söz konusu daire üzerinde farklı iki alana düşecekler ve aralarında bir boşluk bulunacaktır
- Kayma yönü bu boşluk arasında yer alır.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003



•KIRIKLAR VE FAYLAR

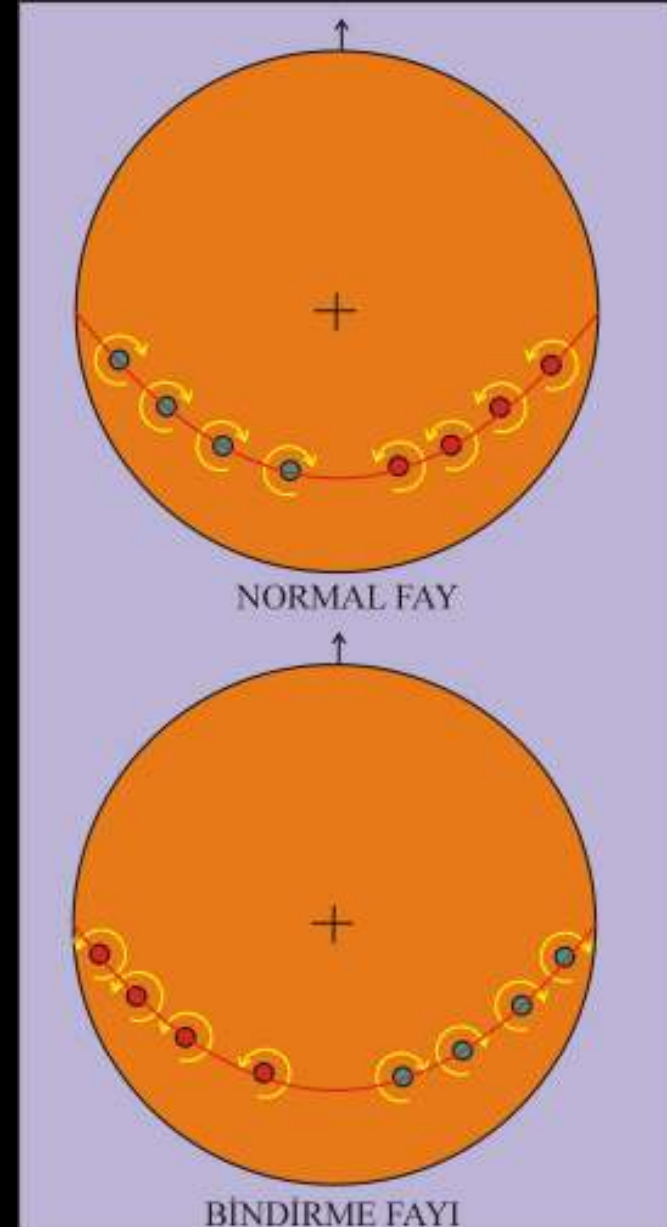
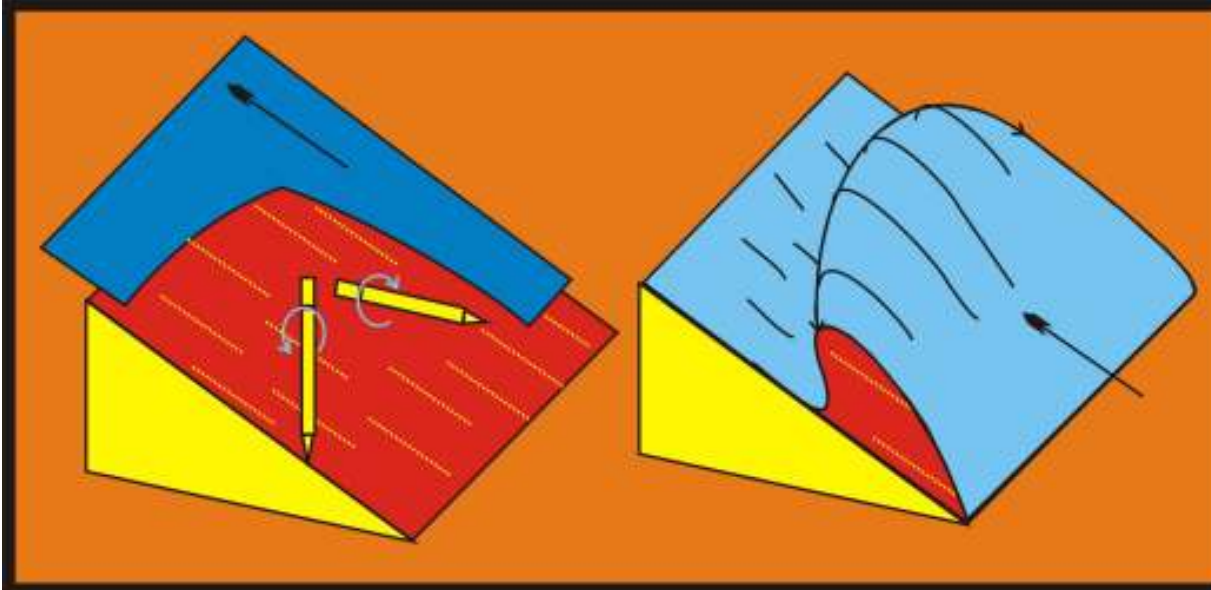
Yaşar EREN-2003

- Kıvrım eksenlerinin dalımı yönündeki bu devrilmeyi anlamak için parmaklarımızın arasına, dalımlı bir kalemi yerleştirip deneme yapabiliriz.
- Kalemi yerleştirdikten sonra ellerimizi birbiri üzerinden kaydıralım.
- Kaydırma esnasında kalemin dönme yönünü gözleyelim.
- Aynı deneyi, kalemi elimizin diğer yanına yerleştirip tekrarladığımızda, bu sefer kalemin farklı yöne doğru döndüğü görülür.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Şekil bir bindirme fayını, Şekil ise normal bir fayı temsil etmektedir.



Fay takımlarının tanımlanması

- Fay takımları da çatlaklar gibi değişik diyagram ve histogramlarda değerlendirilebilir. Bunlar
- **a:Sapma açısı histogramları:** Fay düzlemleri üzerindeki kayma çiziklerinin sapma açıları bir histogram üzerine yerleştirilebilir.
- Bu durumda histogramın düşey eksenini ölçüm sayısını; yatay eksenini ise sapma açısını temsil eder (5° ve 10° aralıklarla).
- Eğer kayma lineasyonlarını büyük bir bölümü düşük sapma açısına sahipse, bu durumda fay takımının doğrultu atımlı faylardan oluştuğu söylenebilir.

b-Eşit-alan diyagramı:

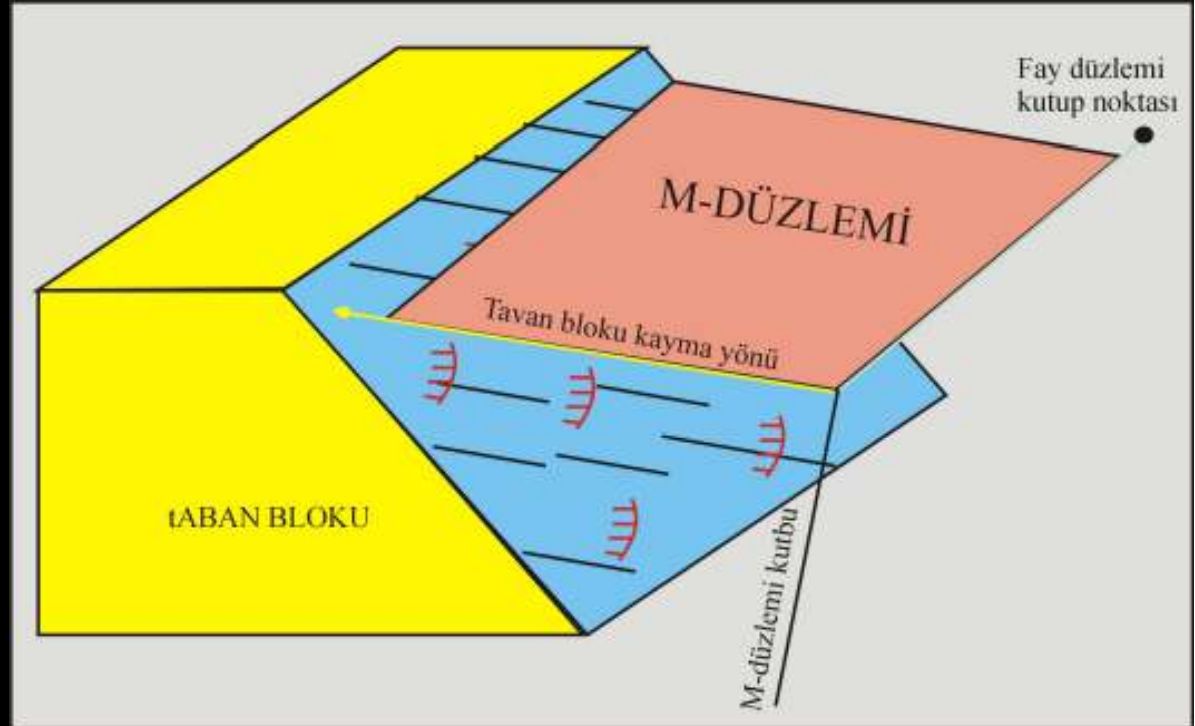
- Bir fay düzlemi, bu diyagram üzerinde kutup noktası ile gösterilir.
- Bu diyagram üzerine daha başka bilgilerde eklenebilir.
- Örneğin fayın kutbu sadece bir nokta ile değil türüne göre sembollerle gösterilebilir.
- Ekstensiyonel faylar için e-,
- kontraksiyonel faylar için c, normal fay için n,
- ters fay için r,
- doğrultu atımlı faylar için s- harfi kullanılabilir.
- Eğer bütün faylar DAF ise,
 - sol yönlüler boş küçük daire,
 - sağ yönlüler için dolu küçük daireler sembol olarak kullanılabilir.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

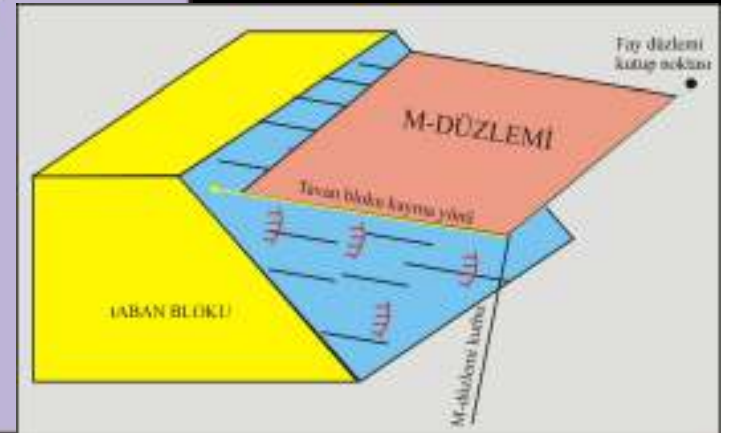
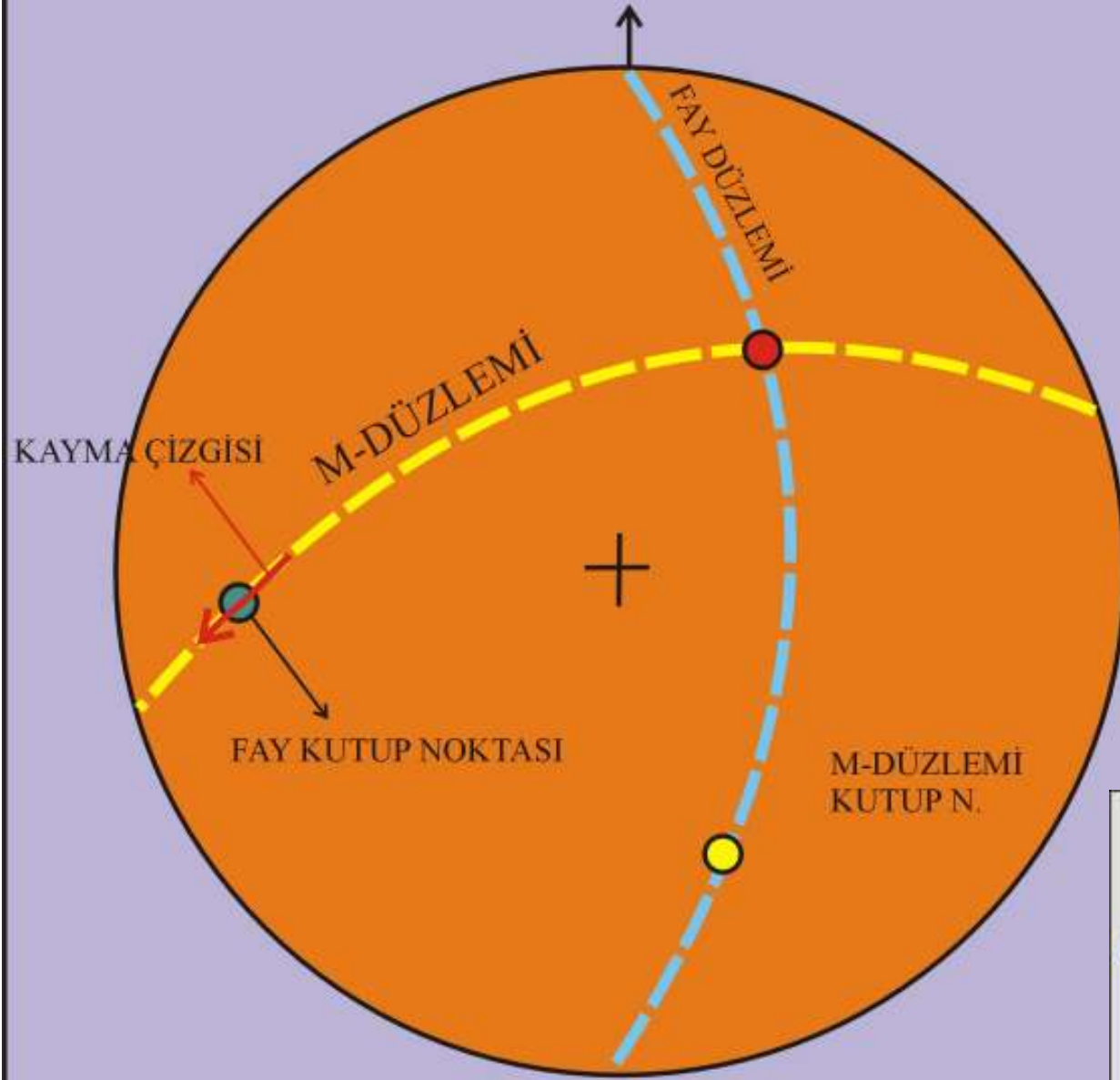
c-Kayma-çizgisi metodu:

- Bu metotta fayın kutup noktası kayma doğrultusunu gösteren bir çizgi veya kayma yönünü gösteren bir okla beraber gösterilir.
- Fay takımlarının kinematığını göstermede oldukça kullanışlı bir diyagramdır.



KIRILAR VE FAYLAR

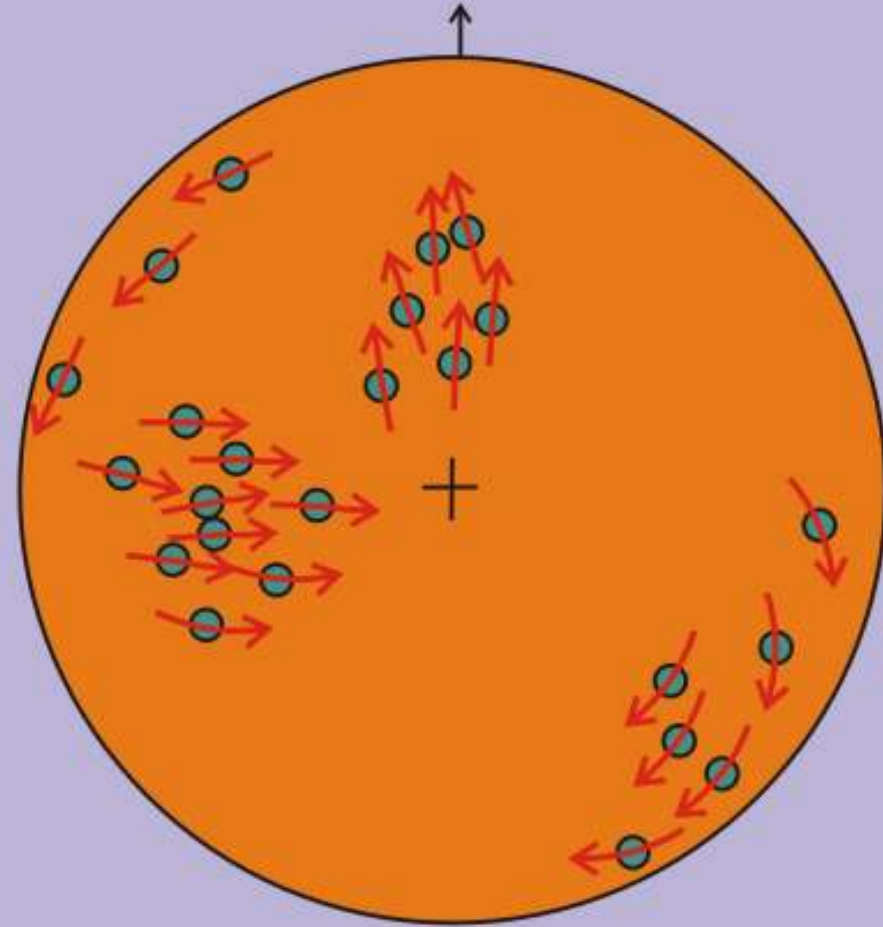
Yaşar EREN-2003



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Eğer bir bölgede çok sayıda kayma çizgisi aynı ağ üzerine işaretlenirse, diyagram grafik olarak hareket kinematığını gösterecektir.
- Genel bir kural olarak ışınsal kayma çizgileri eğim atımlı fayları, ağın dış dairesine paralel kayma çizgileri ise DAF'ları temsil eder.



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Fay takımlarının yönelimleri ile beraber bunların aşağıdaki özelliklerinin de tanımlanması gerekir

- a-Fayların boyutları
- b-fayların aralıkları
- c-Herbir faydaki hareket miktarı
- d-Fay yüzeyinin özellikleri
- e-Kıvrımlar ile ilişkileri
- d-Daha büyük faylarla ilişkileri

•KIRIKLAR VE FAYLAR

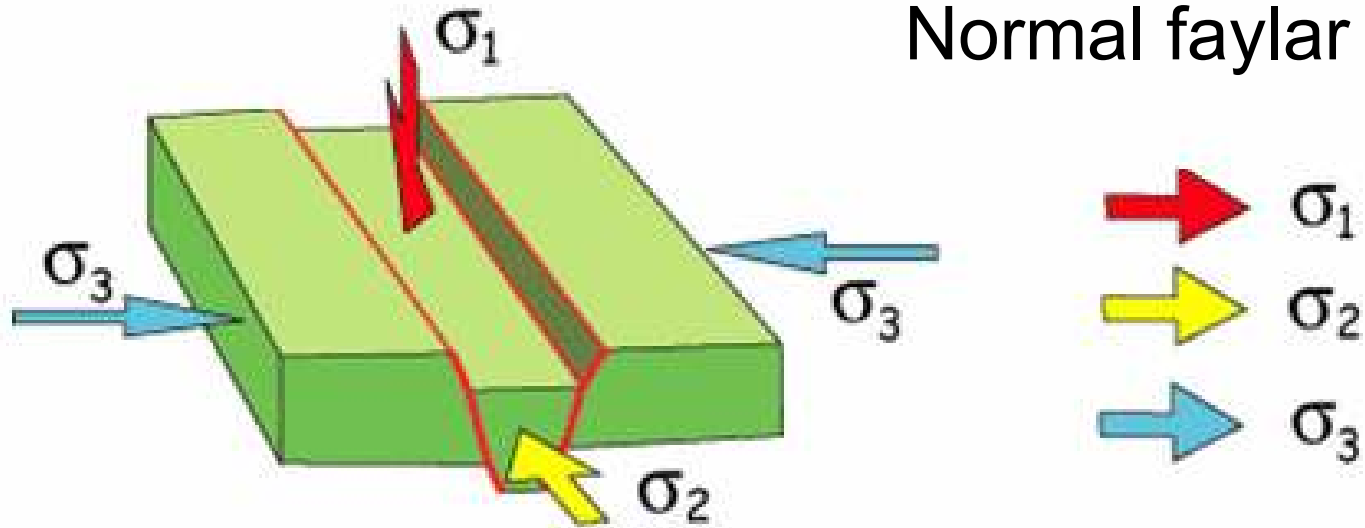
Yaşar EREN-2003

Fay takımlarından asal gerilme yönlerinin belirlenmesi

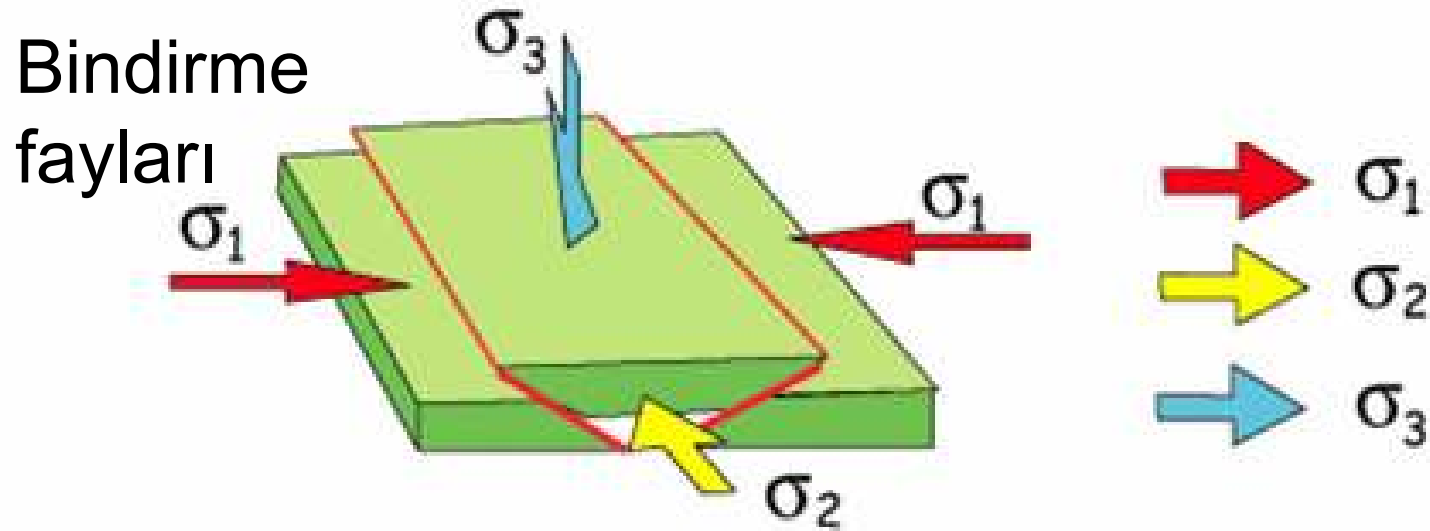
- Hem teori hem deneysel sonuçlara göre, asal gerilme eksenleri ve kayma düzlemleri arasında aşağıdaki ilişki vardır.
- Bu ilişkiye göre σ_1 - asal gerilme eksenini, kayma düzlemleri arasındaki dar açıyı ikiye bölmektedir.
- Bu ilişki doğal fayların incelenmesinde de kullanılabilir.
- Teoriler, genellikle tümüyle homojen kayalara uygulandığı için, teorik ve doğal gözlemler arasında çok fazla uyuma beklememek gerekir
- buna rağmen teorik modeller doğal fay sistemlerini anlamamızda yardımcı olur.
- Yeryüzü üzerinde kayma gerilmelerinin değerini 0 olarak kabul edebileceğimizden asal gerilme eksenlerinden biri düşey, diğer ikisi de yatay olacaktır.
- Bu gerilme eksenlerinin üç farklı yönelimine bağlı olarak üç farklı fay sistemi olacaktır.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003



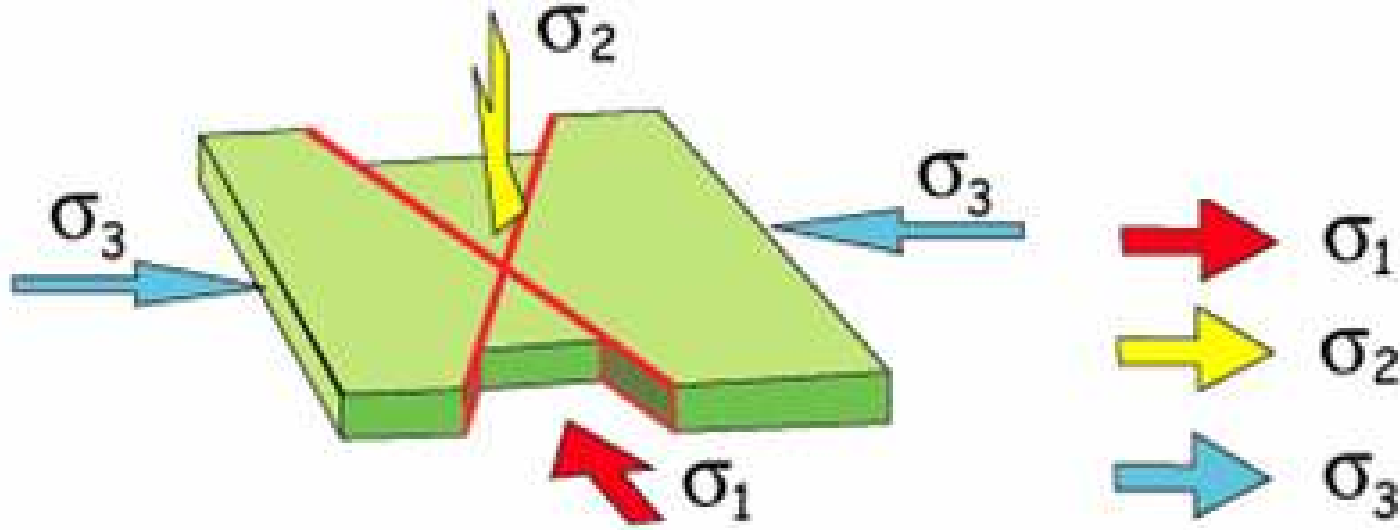
- Burada σ_1 - düşey ve gravitasyonel yüke karşılık gelir. İki normal fay takımı σ_2 - 'ye paralel kesişecektir. α 'nın (fay düzlemi ve σ_1 - arasındaki açı) gerçek değeri 25-30° civarındadır. Bu fay düzlemleri üzerindeki hareket yönü σ_1 - 'e paralel düşey yönde kısalma σ_1 - 'e paralel yatay genişlemeyi gösterir.



- Burada σ_1 - yatay ve σ_3 - düşeydir. İki fay sistemi σ_2 - 'ye paralel kesişir.
- Fay düzlemlerinin açısı 45° 'den küçüktür. Bindirme düzlemlerinin eğimi $20-25^\circ$ arasındadır. Fay düzlemleri üzerindeki hareket yönü σ_1 - 'e paralel yatay kısalma ve σ_3 'e paralel düşey genişlemeyi gösterir .
- Şekildeki gibi bindirmelerin simetrik gelişimi doğada enderdir ve iki fay takımından birinin egemen olduğu asimetric bir yapı söz konusudur. En küçük gerilme eksenini düşey olduğundan, bindirme fayları litostatik basıncın düşük olduğu kabuğun üst seviyelerinde gelişirler.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

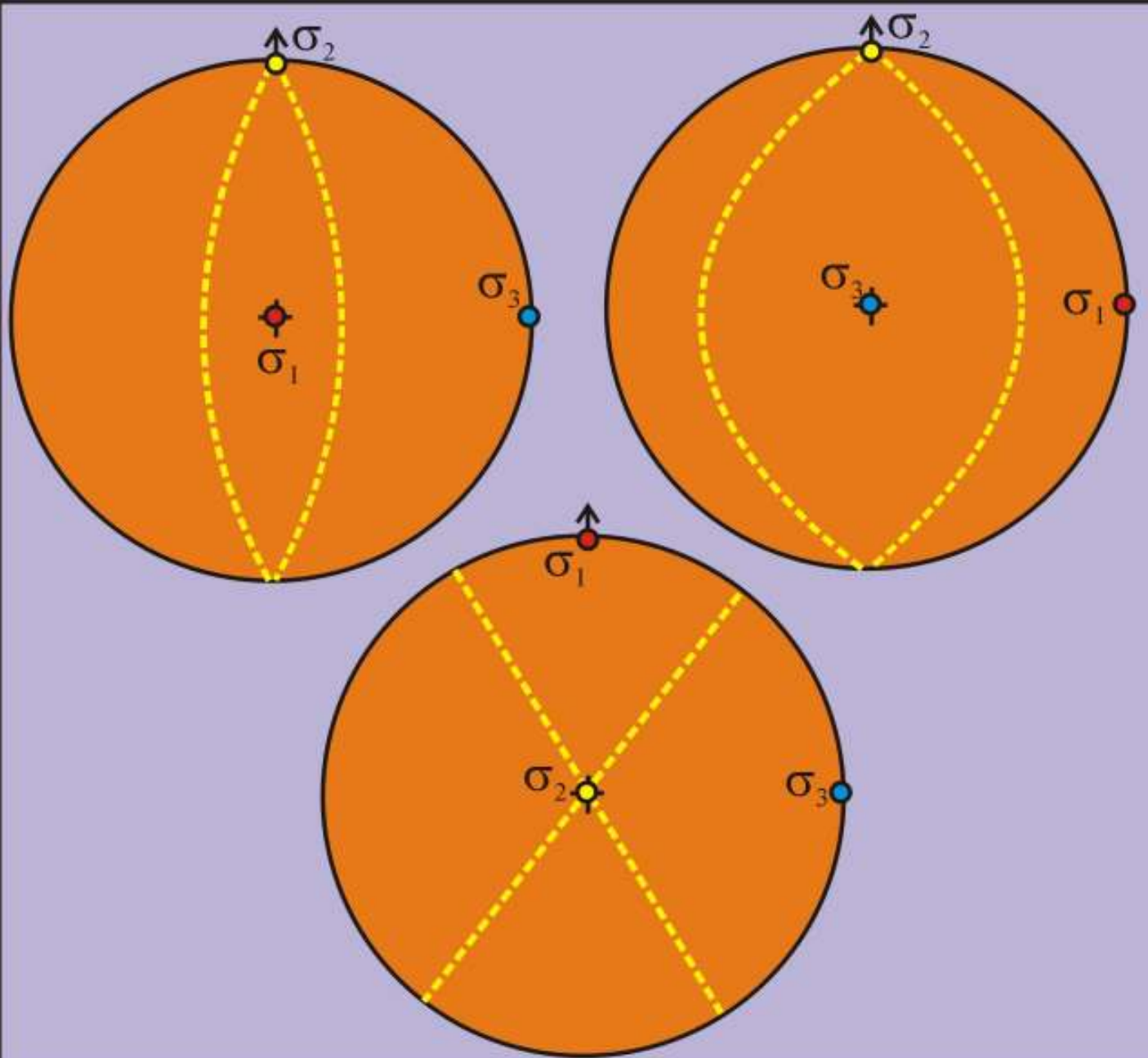


Doğrultu atımlı faylar

- σ_1 - yatay ve σ_3 -’te yataydır. İki fay sistemi düşey konumlu σ_2 -’ye paralel kesişir. α açısı 30° civarındadır. Fay düzlemlerinin hareket yönü σ_1 - ‘e paralel yatay yönde kısalma ve σ_3 -’e paralel yatay genişleme oluşturur

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003



•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

Aşağıdaki yöntemlerle faylardan asal gerilme eksenleri belirlenebilir

- a-İki fay takımından asal gerilmelerin belirlenmesi:
Yukarıda belirtilen ilkelere göre, projeksiyon tekniği kullanılarak iki fay takımından asal gerilmeler hesaplanabilir.

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

b-Tek bir fay takımından asal gerilmelerin belirlenmesi

- Aynı şekilde σ_1 '-in fay düzlemiyle belirli bir açı yaptığı kabul edilerek, yine asal gerilmelerin tek bir fay takımından hesaplanması mümkündür.
- Bu durumda fay düzleminin konumu, kayma çiziklerinin yönelimi ve kayma yönünün ölçülmesi gerekir.

c-M-düzlemi gerilme hesaplamaları

- Fay düzleminin kutup noktası ile, kayma çiziklerini birleştiren düzlem M-düzlemidir.
- M-düzlemlerinden gerilme hesaplamaları için, bir bölgede çok sayıda fay ölçümlerine ait M düzlemleri diyagram üzerine çizilir.
- Eğer bölgedeki faylar karmaşık bir fay takımına aitse, M-düzlemleri sınırlı sayıda kesişimler sunacaktır

•KIRIKLAR VE FAYLAR

Yaşar EREN-2003

- Arakesitlerin sayısı fay düzlemlerinin yönelimindeki değişikliğe ve bölgedeki deformasyonun tabiatına bağlıdır.
- İki yaygın arakesit noktası σ_1 - ve σ_3 -'e karşılık gelecektir.
- M-düzlemi arakesitlerinin çok düşük yoğunluktaki bölgesi ise σ_2 -'yi verecektir.
- Ayrı bir pelür kağıdı üzerine kayma çizgileri işaretlenir. İdeal durumda kayma çizgileri σ_1 -'den dışa ve σ_1 -'e doğru yönelecektir.
- Bu durumda M-düzlemi arakesitleri ve kayma çizgileri diyagramının karşılaştırılması hangi arakesit noktalarının σ_1 - ve σ_3 - 'e karşılık geldiğini belirleyecektir. σ_1 - ve σ_3 - 'ün belirlediği düzlemin kutup noktası ise σ_2 -'yi verecektir