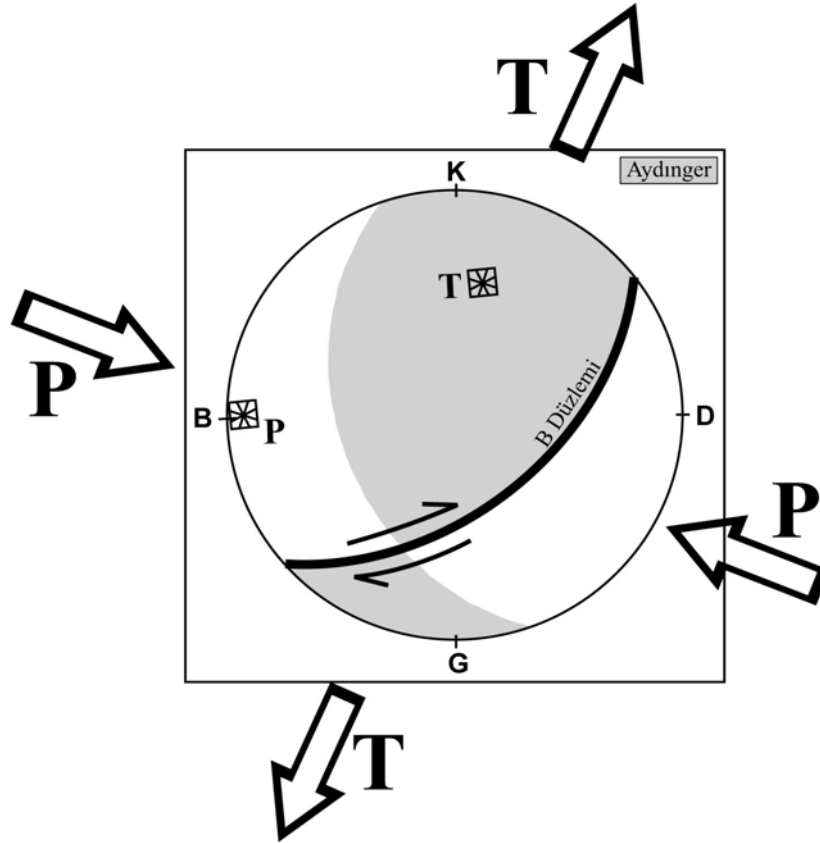


FAY DÜZLEMİ ÇÖZÜMÜ

P-DALGASI İLK HAREKET YÖNÜ ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMÜNDE İZLENECEK YOLLAR



MX'8c, "8f" Cf\ Ub`DC@5H

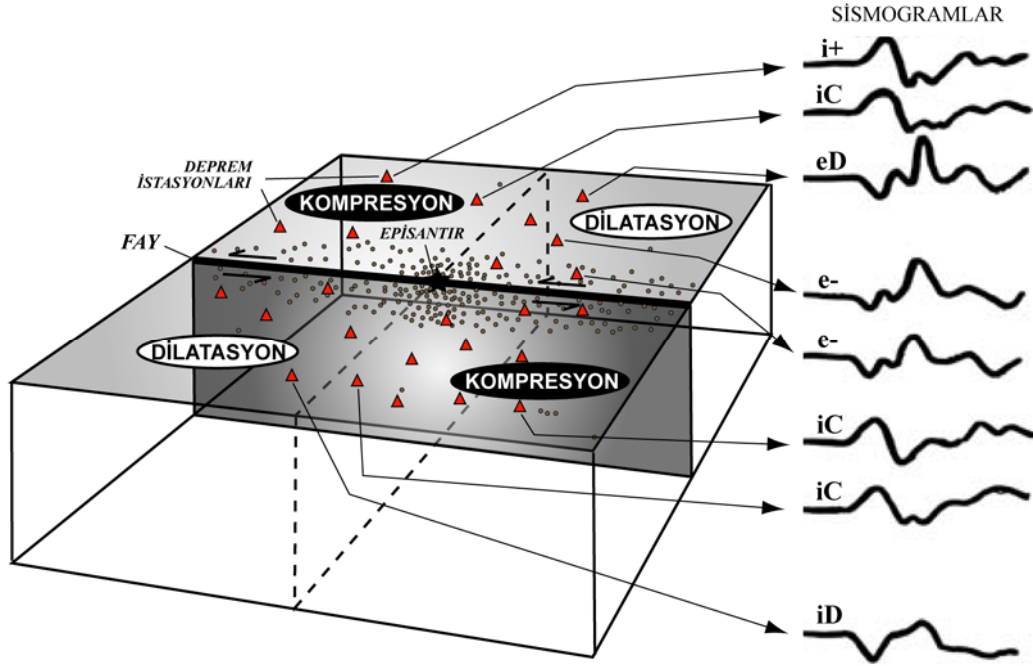
Á
Dokuz Eylül Üniversitesi
Mühendislik Fakültesi
Jeofizik Mühendisliği Bölümü
Sismoloji Anabilim Dalı

.....Aralık 2005, Buca-İzmir

P-DALGASI İLK HAREKET YÖNÜ ODAK MEKANİZMASI ÇÖZÜMÜNDE İZLENECEK YOLLAR

İTÜ Maden Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyesi
Prof.Dr. HALUK EYİDOĞAN'ın SİSMOLOJİ DERS NOTLARINDAN
güncellenmiştir

1. Depremi, S/N oranı iyi olan istasyondaki Düşey (Z) bileşen sismogramında P-dalgası ilk hareket yönünü okuyun. İlk hareket **yukarı** (up, kompresyon) ise “+” veya “↑” veya “C” şeklinde, **aşağı** (down, dilatasyon) doğru ise “-” veya “↓” veya “D” şeklinde not alın. İlk hareket yönü sismogram kaydında temiz ve net görünüyorsa **impetus** anlamına gelen “i” yazın. Şüpheli ise ve tam emin değilseniz **emergius** anlamına gelen “e” işareti koyun. Bu size, ileride birbirlerinin içine karışmış kompresyon ve dilatasyon noktalarını yeniden gözden geçirmenizi sağlayacaktır.



2. İstasyonun Episantr uzaklığı (Δ)'nı ve Azimut (ϕ)'unu derece ($^{\circ}$) cinsinden hesaplayın.
3. Deprem odağından çıkan ışının “Odağı terk ediş açısı (i_h)” nı aşağıda hesaplayın.

$$\sin i_h = \frac{r}{r-h} \cdot V_h \cdot \frac{dt}{d\Delta}$$

r : Yerküre yarıçapı (km)
h : Odak derinliği (km)
V_h : h km derindeki hız (km/sn, genelde 6 km/sn alınır)
dt/d Δ : Δ uzaklığı için düz.faktörü tablosundan bulunur

Tablo 1 : Δ uzaklığı için düzeltme faktörü tablosu (Gutenberg-Richter, 1956).

Δ°	$dt / d\Delta$	Δ°	$dt / d\Delta$	Δ°	$dt / d\Delta$	Δ°	$dt / d\Delta$
0.0	18.53	5.0	13.69	10.0	13.57	15.0	13.13
0.5	18.53	5.5	13.68	10.5	13.55	15.5	13.01
1.0	16.84	6.0	13.67	11.0	13.54	16.0	12.87
1.5	15.82	6.5	13.66	11.5	13.52	16.5	12.71
2.0	13.72	7.0	13.65	12.0	13.50	17.0	12.54
2.5	13.72	7.5	13.64	12.5	13.48	17.5	12.34
3.0	13.71	8.0	13.63	13.0	13.44	18.0	12.12
3.5	13.71	8.5	13.63	13.5	13.39	18.5	11.89
4.0	13.70	9.0	13.60	14.0	13.33	19.0	11.65
4.5	13.69	9.5	13.59	14.5	13.24	19.5	11.41
5.0		10.0		15.0		20.0	

4. Yukarıdaki ilk üç işlem adımını bütün istasyonlar için tekrarlayın.
5. Daha sonra bulduğunuz parametreleri aşağıdaki (örnek) tabloda yerine yazın :

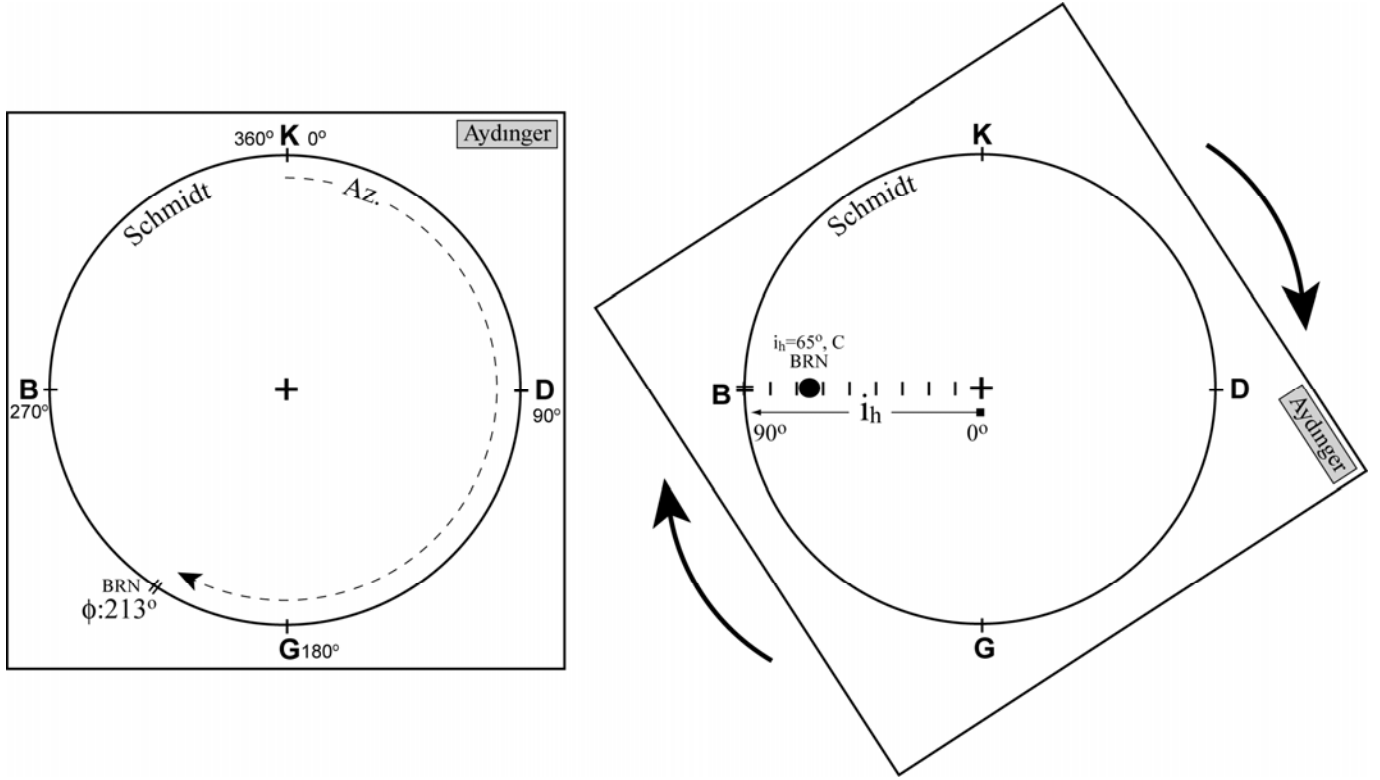
İstasyon adı	Epi. Uzaklığı ($^\circ$)	Azimut ($^\circ$)	I_h ($^\circ$)	P-dalgası ilk hareket yönü *
BRN	37	213	65	+ i
KSK	34	30	84	↓ e
CGL	12	187	57	D i
CGL	12	187	57	- i
CGL	12	187	57	↑ i
BUC				C e

· · · · ·

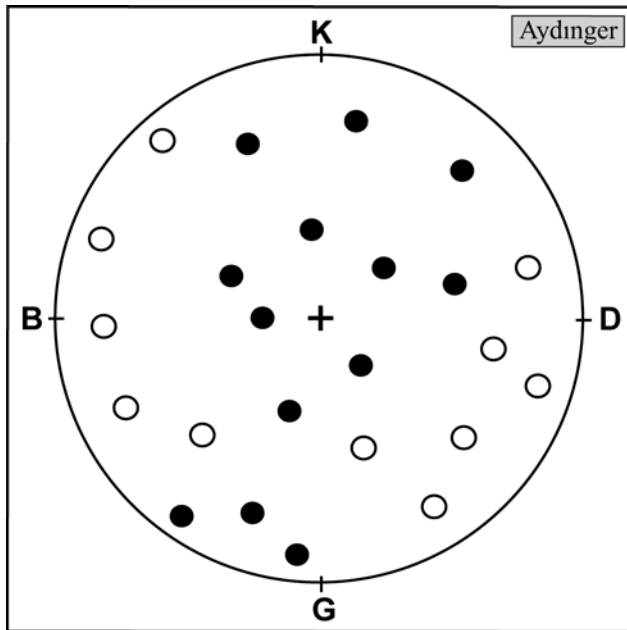
*: P-dalgası ilk hareket yönününün nasıl gösterileceğine ilişkin kabul görmüş ortak bir sembol olmadığından, farklı kaynaklarda karşılaşılan semboller kullanılmıştır.

6. Eşit alan veya Lambert-Schmidt izdüşüm abağı alın (bu abakta kalın çizgiler 10'ar derece, aradaki ince çizgiler 2'ser derecedir). Schmidt abağının orta noktasına + işareti koyun. Abağın üzerine bir aydinger kağıdı koyun. Aydinger kağıda, alttaki abakta yer alan boylam ve enlem dairelerinin kestiği dış çemberi çizin. K, G, D, B yönü kısa çizgilerle aydinger işaretleyin (Not : Schmidt abağını -varsa selobantla- sıranızın üzerine sabitlemeniz tavsiye edilir).

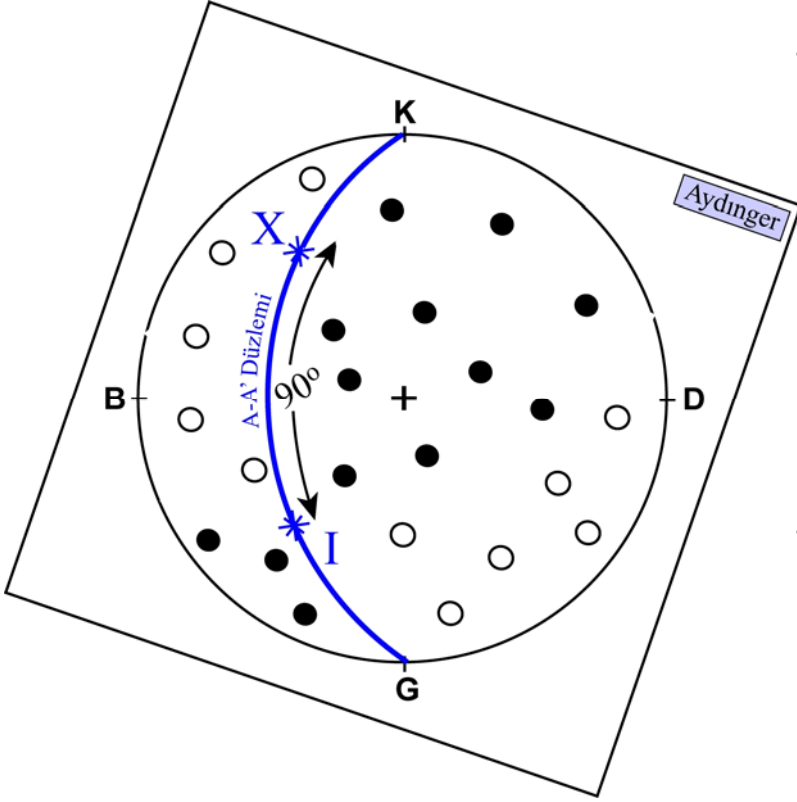
7. İlgili istasyonun azimut'unu K'den itibaren saat yönünde ölçün ve aydinger'deki daire üzerine işaretleyin. Bu işareti, aydinger'i sağa veya sola döndürerek (en kısa yoldan) alttaki abağın D-B çizgisi ile çakıştırın. Her iki kağıdın merkezlerinin çakışık olmasına dikkat edin. i_h açısını, merkezden dışa doğru sayarak işaretleyin. Eğer bu istasyondaki ilk hareket bilgisi yukarı (+ veya ↑ veya C) ise **içi dolu dairecik**, aşağı (- veya ↓ veya D) doğru ise **içi boş dairecik** işareti koyun. Daha sonra aydinger kağıdınızı yine döndürerek, aydinger'in kuzeyi ile Schmidt'in kuzeyi çakışacak şekilde ilk konuma geri getirin.



8. Benzer işlemleri bütün istasyonlar için tekrarlayın ve C-D noktalarını işaretleyin.



9. Bu işlemler bütün istasyonlar için bitince aydinger kağıt üzerinde Schmidt izdüşüm daireleri içine dağılmış, Kompresyon (●) ve Dilatasyon (○) noktaları oluşacaktır. Bundan sonra yapılacak iş, bu farklı noktaları (alanları) Schmidt boylam dairelerini kullanarak birbirinden ayırmaktır. Bunun için **birbirine dik (ortogonal) iki boylam (düzlem)** bulunacaktır.
10. Önce aydinger kağıdı abaktan kaldırın ve C-D noktalarının dağılımını, gözle yandaki şekildeki gibi gözleyin.

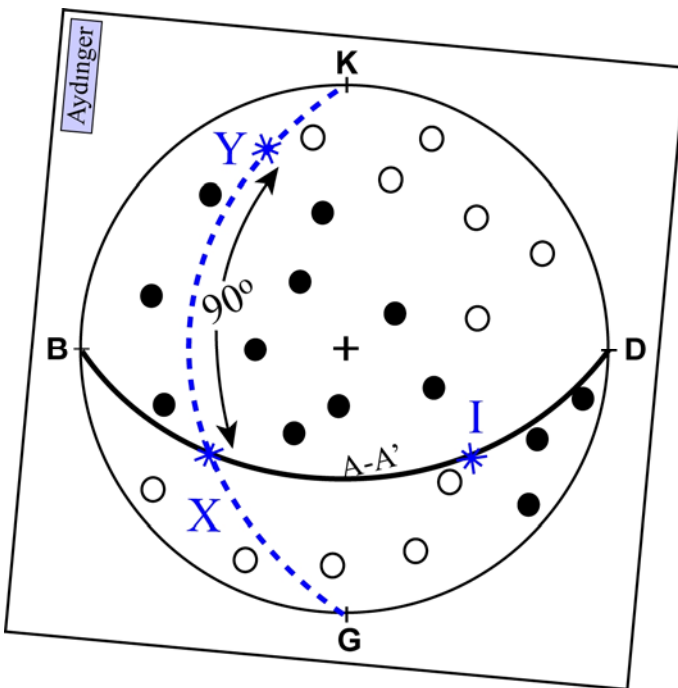


11. Dağılıma bakarak göz yordamıyla ilk boylam çizgisini kabaca kestirmeye çalışın. Aydinger kağıdı yine Schmidt abağının üzerine koyun ve kestirdiğiniz boylam çizgisine yaklaşık olarak çakışana kadar sağa-sola döndürünüz. Uygun boylam dairesini bulduktan sonra, abağın K-G eksenine çakışacak şekilde ilk düzleminizi çiziniz (**A-A'** veya **A Düzlemi**).

12. Aydinger kağıdını oynatmadan **A Düzlemi**'nde öyle bir nokta kararlaştırın ki (**I noktası, Düğüm noktası**), çizilmesi en olası **B Düzlemi** bu noktadan geçsin ve A Düzleminin ayıramadığı diğer C-D noktalarını birbirinden ayırsın.

Not: Bu iş zamanla ve deneyimle kazanılacak bir durumdur. İlk etapta ideal seçim yapamamanız veya hatalı boylam dairesi kestirmeniz normal karşılanmalıdır.

13. I noktasını tahmin ettikten sonra bu noktadan Kuzey'e veya Güney'e doğru boylam dairesi üzerinde 90° gidiniz ve bulunduğunu noktanın yerini işaretleyiniz ve yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi **X noktası** olarak adlandırınız.

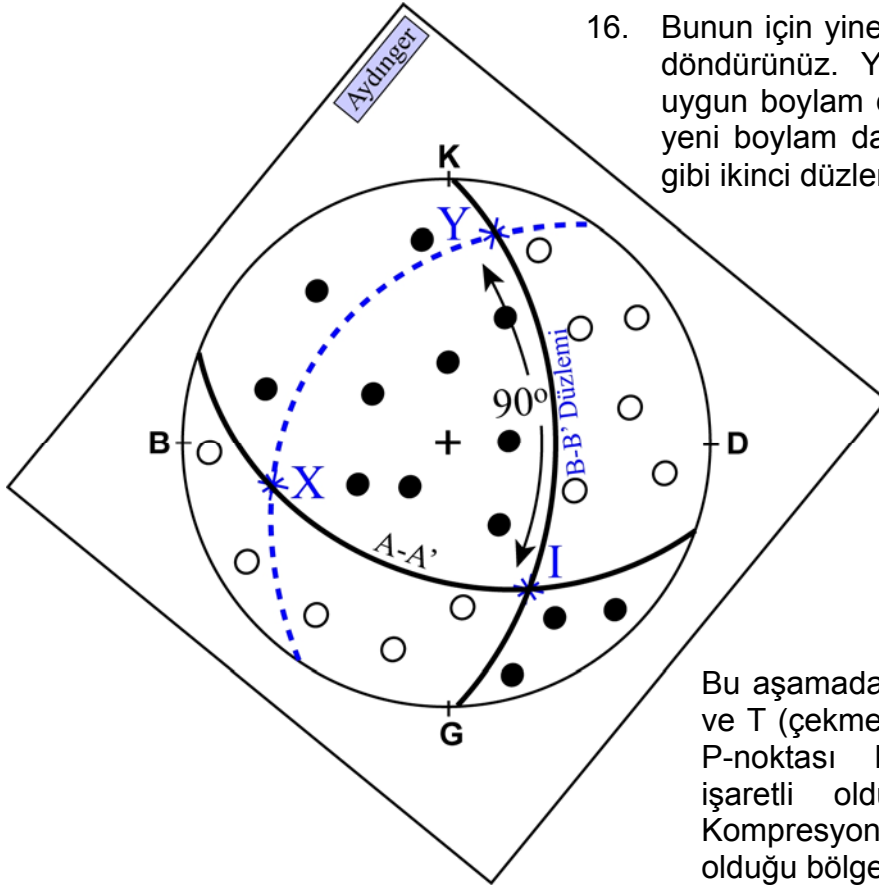


14. A-A' Düzleminin doğrultusunu, aydinger kağıdı döndürerek **D-B doğrultusuna çakıştırın** (aydinger'in orta noktası ile alttaki Schmidt abağının orta (+) noktasının çakışık olmasına dikkat edin).

15. X noktasından geçen boylam dairesini bulun ve K-G yönünde **kesikli çizgiler** ile çiziniz (A ve B Düzlemlerinizi ile çakışmasını diye kesikli çizgi ile çiziniz).

X noktasından itibaren kesikli çizgiyle çizdiğiniz boylam üzerinde Kuzey'e veya Güney'e doğru 90° gidiniz ve **Y noktası** olarak işaretleyiniz

Bu aşamadan sonra yapılacak iş, Y ve I noktalarından geçen en uygun boylam dairesini, Schmidt abağını kullanarak bulmak olacaktır.

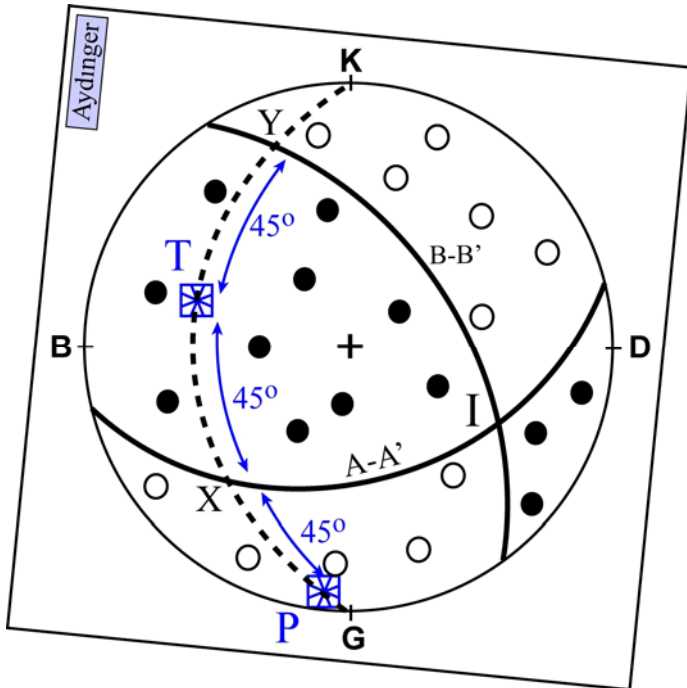


16. Bunun için yine aydınger kağıdını abak üzerinde döndürünüz. Y ile I noktalarını birleştiren en uygun boylam dairesini arayınız. Bulduğunuz bu yeni boylam dairesi, yandaki şekilde gösterildiği gibi ikinci düzlemi, yani **B-B' Düzlemi**'ni verir.

Böylece depremi oluşturan bir faylanmaya ait **Esas (Asal)** ve **Yardımcı Fay Düzlemi**'ni, P-dalgalarının ilk hareket yönünü dikkate alarak tespit etmiş olduk. Bu iki düzlem artık birbirine dik (yani ortogonal)'dir. I-X, X-Y ve I-Y yaylarının uzunlukları, yandaki şekilde de anlaşılacağı gibi 90° 'dir.

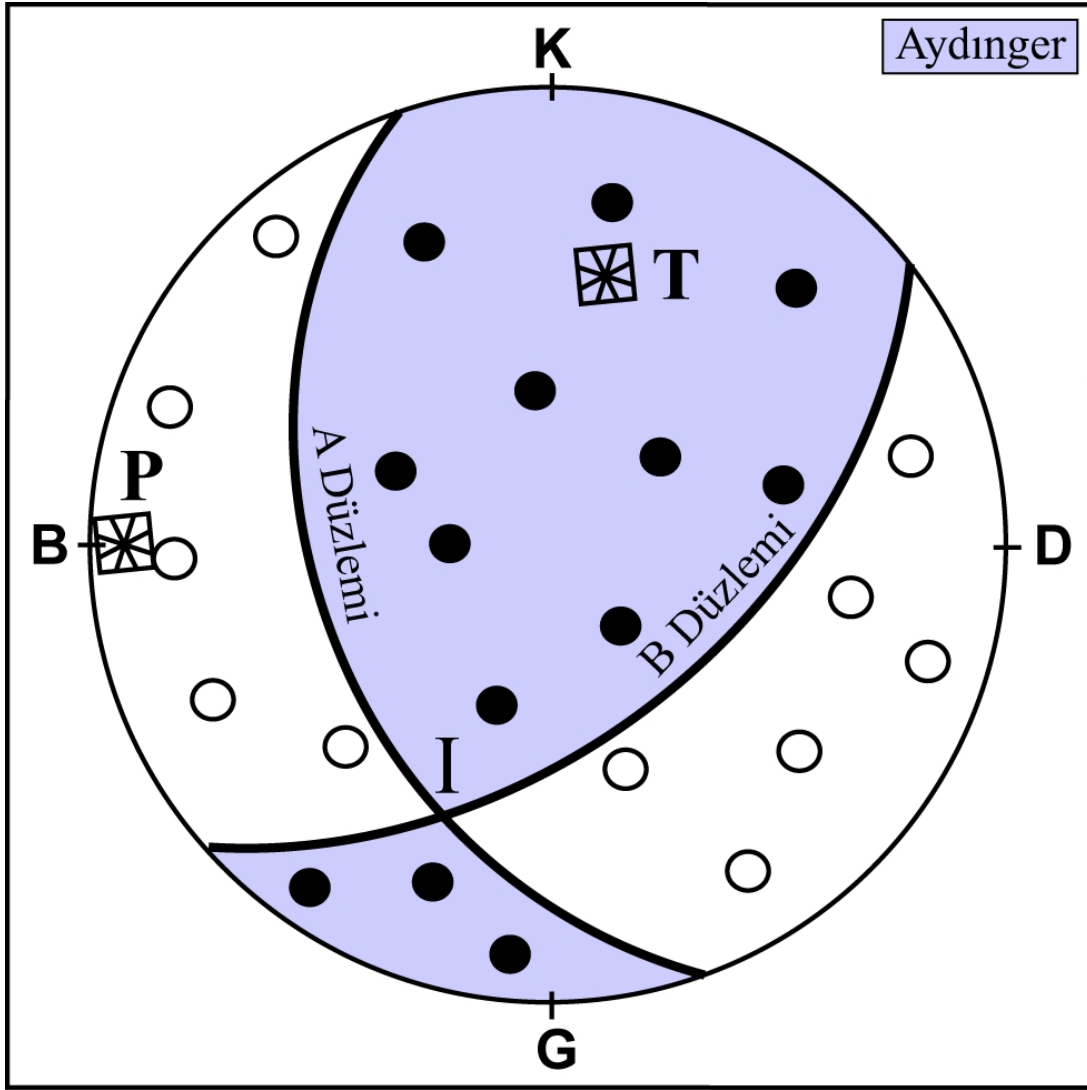
Bu aşamadan sonra yapılacak iş; P (basınç) ve T (çekme) noktalarının yerlerini bulmaktır. P-noktası Dilatasyon (○) noktacıklarının işaretli olduğu bölgede, T-noktası ise Kompresyon (●) noktacıklarının işaretli olduğu bölgede yer alır.

17. P ve T noktalarını bulmak için, kesikli çizgilerle çizdiğiniz boylam dairesi aydınger kağıdı döndürülerek yeniden K-G konumuna, yani Schmidt abağı üzerinde temsil ettiği boylam dairesinin üzerine çakıştırılır. X-Y yayı arasındaki 45° mesafedeki nokta işaretlenir. Biraz önce bahsedildiği gibi, bu nokta eğer **Yukarı doğru hareket bölgesinde (C)** ise **T-Çekme** gerilmesi eksenine ait alt yarım küreyi kestiği noktayı; eğer **Aşağı doğru hareket bölgesinde (D)** ise **P-Sıkışma** gerilmesi eksenine ait noktanın yerini verecektir.



18. P ve T gerilme eksenlerinin küreyi kestiği noktalar ile X ve Y eksenlerinin kestiği noktalar her zaman aynı boylam dairesi üzerinde yer alırlar. Ve aralarındaki açı daima 45° olmalıdır !

Bu aşamada da bitince, bir faylanmaya ait fay düzlemleri (biri asal diğeri yardımcı olan A ve B Düzlemleri) ile P-Sıkışma ve T-Çekme gerilmelerine ait noktalar belirlenmiş olur. Şu durumda Schmidt izdüşüm daireleri içine dağılmış, Kompresyon (●) ve Dilatasyon (○) noktaları, düzlemler ile birbirinden ayrılmış olur. Elde edilecek çözüm aşağıdaki şekilde gibidir.



19. Fay Düzlemleri belirlendikten sonra bazı parametrelerin bilinmesi gerekmektedir. Bunlar:

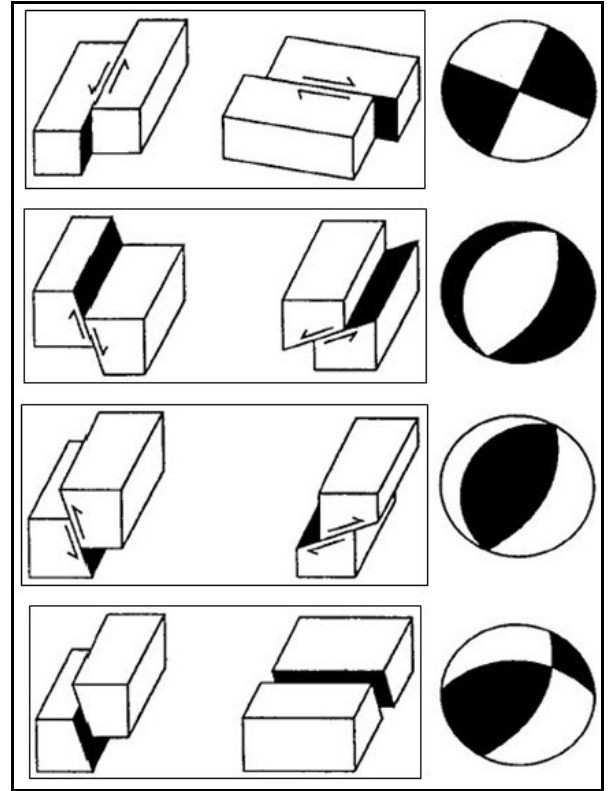
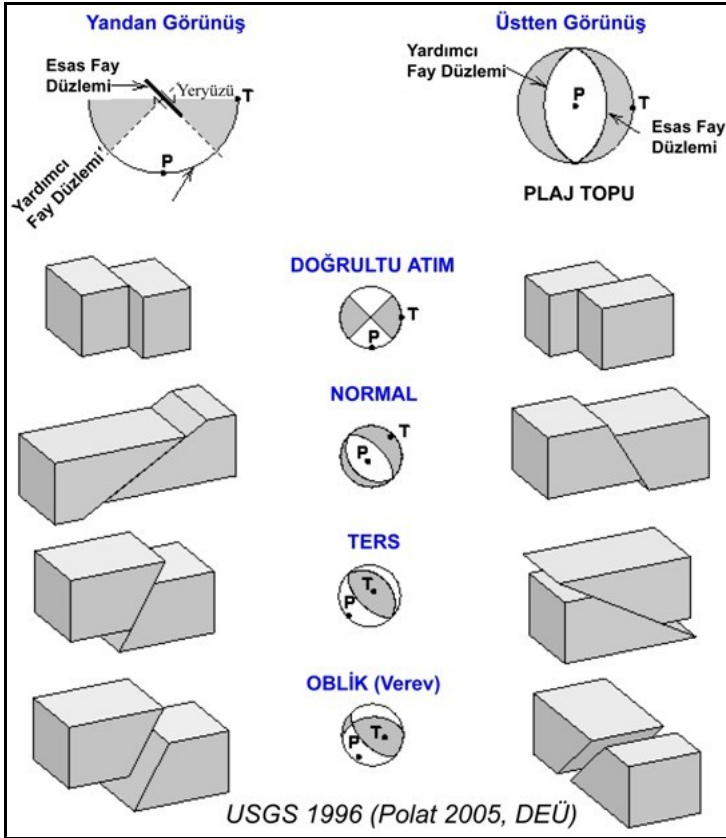
- Elde edilen mekanizma diyagramının ne tür bir faylanmayı temsil ettiği.
- Düzlemlerin doğrultu (azimut, Φ), dalım açısı (δ), eğim yönü (σ).
- P-Sıkışma, T-Çekme, I-Düğüm noktasının doğrultu (azimut, Φ) ve dalım açısı (δ).
- Düzlemlerden hangisinin Esas Fay Düzlemi olduğu ve buna bağlı jeolojik model tayini.

a) Elde edilen mekanizma diyagramının ne tür bir faylanmayı temsil ettiği :

Fay Düzlemi Çözüm diyagramında Düğüm noktası (I), merkezden dışarıya (çember çizgisine) doğru yaklaştıkça, faylanma türü doğrultu atımlı faylanmadan, eğim atımlı (normal veya ters) faylanmaya yaklaşır. Düğüm düzlemi çember çizgisi üzerinde ise ve dairenin ortasında;

- *dilatasyon* noktacıları toplanmışsa *Normal Fay*,
- *kompresyon* noktacıları toplanmışsa *Ters Fay*

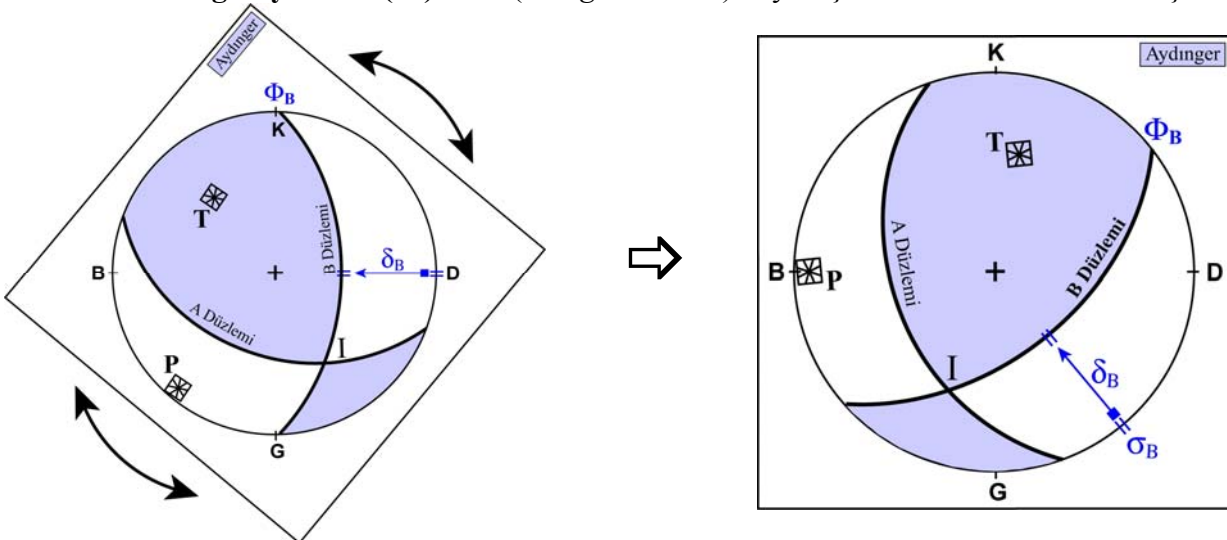
vardır. Eğer düğüm noktası (I) çemberin tam ortasında değilse, baskın karakteri eğim atımlı faylanma olan ama *Doğrultu atım bileşenine sahip bir Oblik Fay* söz konusudur. Esas veya yardımcı fay düzlemlerinden birinin seçilmesine göre doğrultu atım bileşeni *sağ* veya *sol* olur. Bunun belirlenmesi ayrı bir çalışma gerektirir.



Bu ders notları kapsamında ele alınan depremin fay türü, Fay Düzlemi Çözümü'ne göre, OBLİK TERS FAY çıkmıştır (kompresyon noktacıları çemberin iç kısmında, düğüm noktası merkezden uzakta, bkz: sayfa 7).

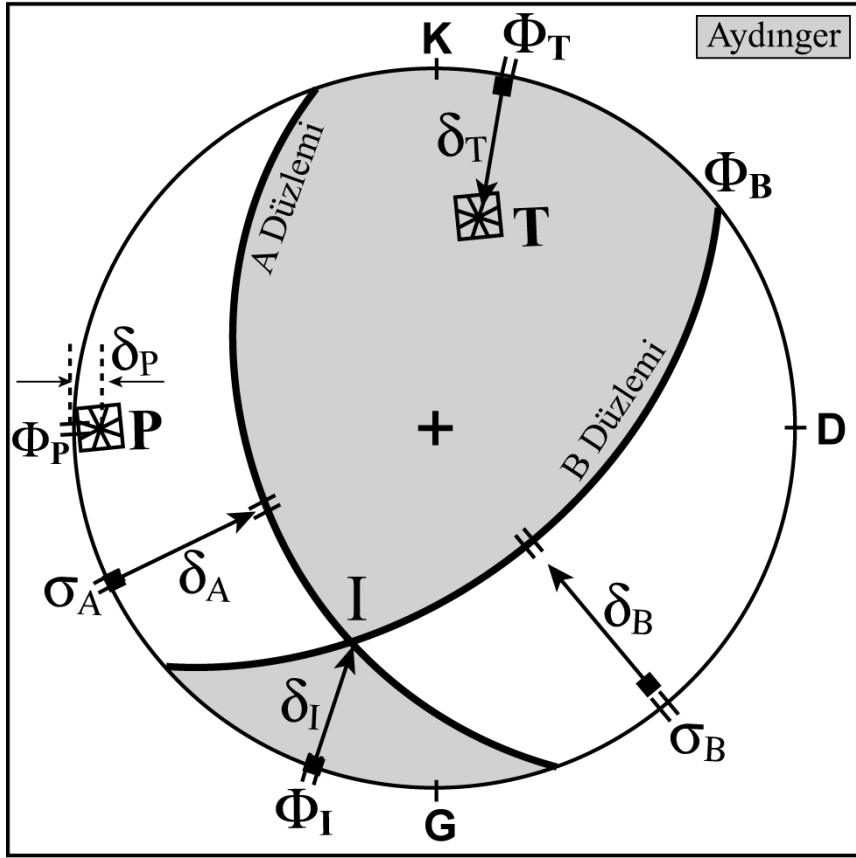
b) Düzlemlerin doğrultu (azimut, Φ), dalım açısı (δ), eğim yönü (σ) :

Düzlemlerden biri (örneğin B-Düzlemi), K-G konumuna yani Schmidt abağı üzerinde temsil ettiği boylam dairesinin üzerine çakıştırılır. B-düzlemini D-B doğrultusunda kesen nokta, çift çizgi ile işaretlenir. Aynı doğrultuda çember çizgisi üzerine kadar gidilir ve bu noktaya da çift çizgi konur. Daha sonra, iki çift çizgi arasındaki mesafe dıştan merkeze okunur ve **B-düzlemin dalım açısı (δ_B)** bulunur. Aydinger kağıt eski konumuna getirilir ve Schmidt kuzeyi ile çakıştırılır. Kuzey'den itibaren saat yönünde B-düzleminin çember çizgisini kestiği nokta, **B-düzlemin doğrultusunu (azimut, Φ_B)** verir (örneğin K50D). Kuzey'den itibaren saat yönünde çember çizgisi üzerindeki çift çizgiye kadar olan mesafe ölçülür. Bu ise **B-düzleminin eğim yönünü (σ_B)** verir (örneğin K140D). Aynı işlem adımları A-düzlemi için tekrarlanır.



(c) P-Sıkışma, T-Çekme, I-Düğüm noktasının doğrultu (azimut, Φ) ve dalım açısı (δ) :

Benzer işlem adımları takip edilerek ve aynı şekilde aydınlar kağıdı sağa-dola döndürülerek P, T, I noktalarına ait **dalım (δ)** ve **doğrultu (azimut, Φ_B)** açıları bulunur.



(d) Düzlemlerden hangisinin Esas Fay Düzlemi olduğu ve buna bağlı jeolojik model tayini

Fay Düzlemi Çözümü sonucunda elde edilen iki düzlemden hangisinin Esas Fay Düzlemi olduğu, öncelikle arazide yapılacak yüzey kırığı çalışmalarından anlaşılır. Yüzey kırığının doğrultusu, Fay Düzlemi Çözümünden elde edilen iki düzlemden birinin doğrultusu ile uyumludur. Eğer deprem sonucu arazide yüzey kırığı gözlenmiyorsa veya doğrultu arazide net olarak belirlenmiyorsa yada gizli bir faylanma mevcutsa;

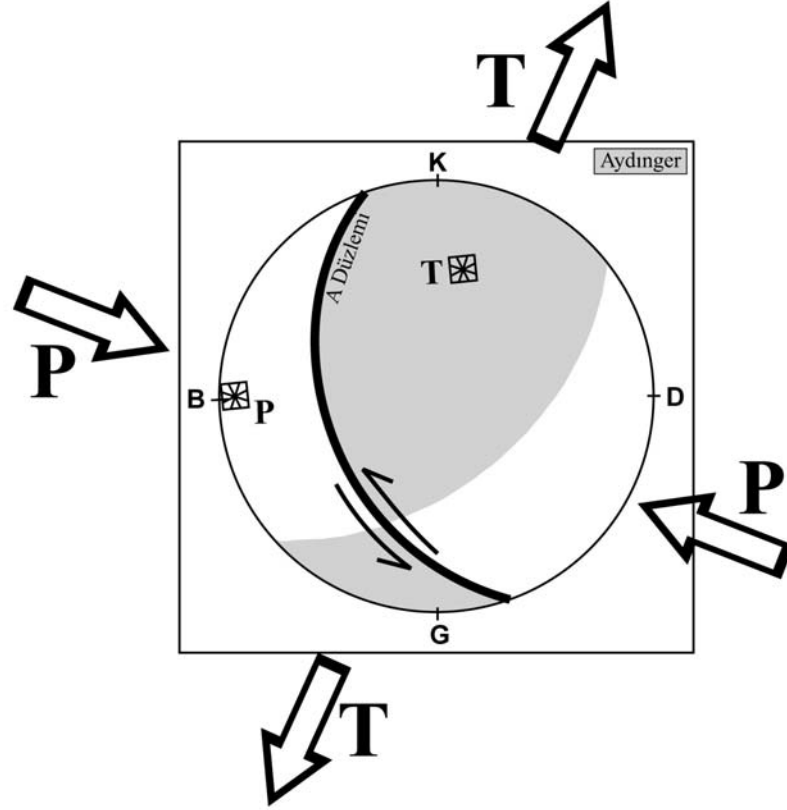
- mevcut tektonik haritalardaki faylardan,
- artçı sarsıntı deprem dağılımlarının gelişim doğrultusunun izlenmesinden,
- kaynak taramasından (makale, rapor, bildiri, teknik not, vs),

anlaşılır. Bunlardan da bir sonuç alınamıyorsa, aynı bölgede meydana gelen diğer depremler için fay düzlemi çözümleri yapılmaya devam edilir. Elde edilen bir çok mekanizma çözümü bir arada değerlendirilerek (*population of earthquakes algorithm, toplu mekanizma çözümü*) bütünlük bir yorum yapılır.

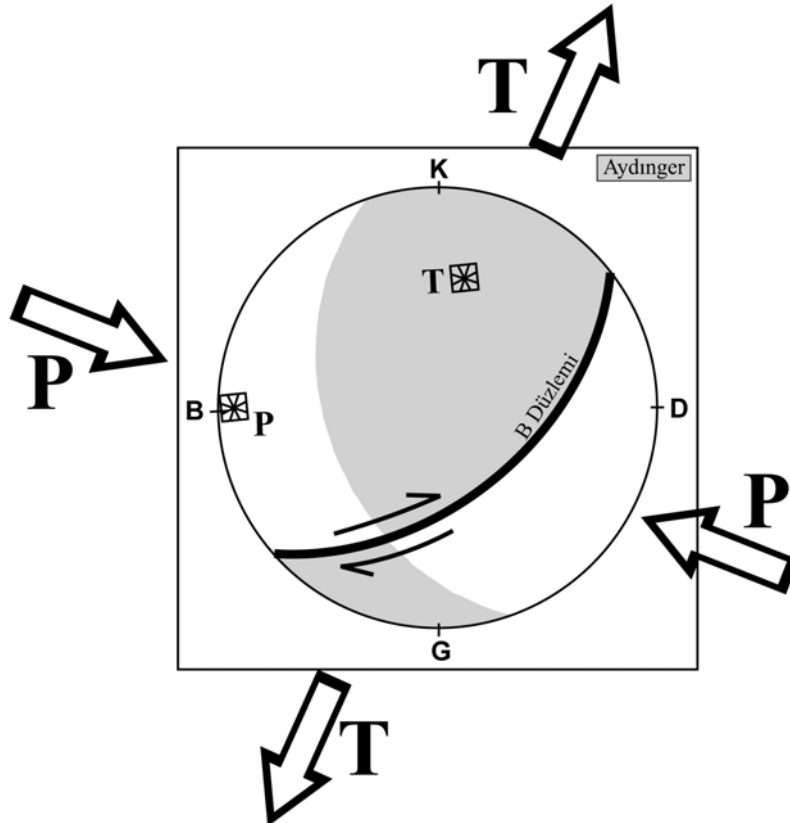
Yapılan çalışmalarda eğer bir sonuca gidilseyse ve hangi düzlemin deprem oluşturan tektonik faylanmayı temsil ettiği bulunduyorsa, bu düzlemin doğrultusu esas alınarak yorum yapılır ve jeolojik model çizilir.

Buna göre eğer deprem meydana getiren fayın doğrultusu, Odak Mekanizması Çözümünden elde edilen düzlemlerden,

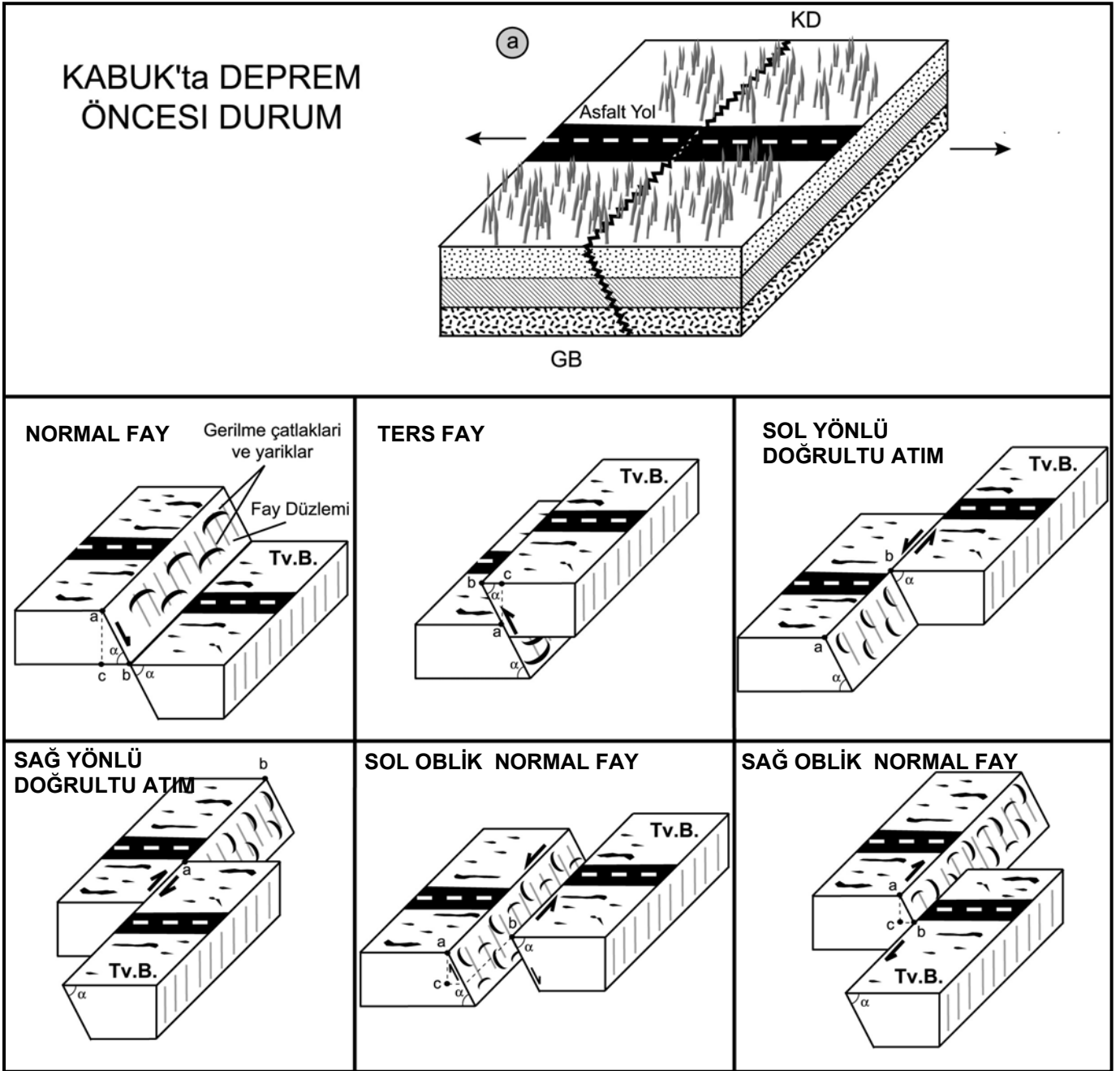
- *A-düzleminin doğrultusu* ile uyumluysa; *Sol yönlü doğrultu atımlı bileşene sahip Oblik Ters Fay* (bkz. aşağıdaki şekil),



- *B-düzleminin doğrultusu* ile uyumluysa; *Sağ yönlü doğrultu atımlı bileşene sahip Oblik Ters Fay* bulunur (bkz. aşağıdaki şekil).

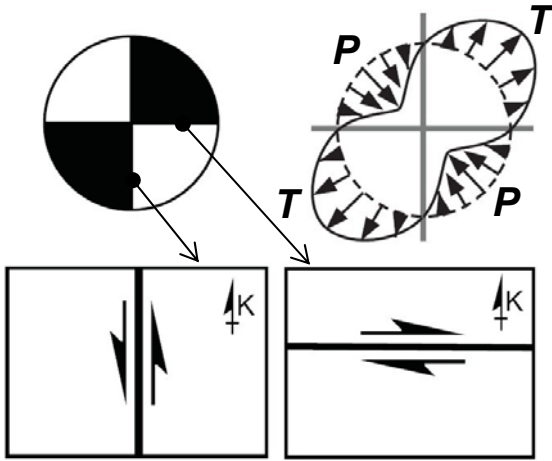


- Fay Düzlemi Çözümü'nden elde edilen mekanizma diyagramlarına karşı gelen jeolojik modellere ilişkin bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

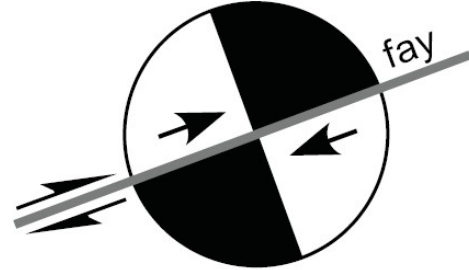


- Sayfa 9'da verilen, A veya B-düzlemlerinden birinin seçilmesi durumunda oluşacak jeolojik modeli düşününüz. Doğrultu ve dalım açılarını göz önünde bulundurarak, yukarıda verilen blok diyagramlara benzer şekilde ayrı ayrı çiziniz.

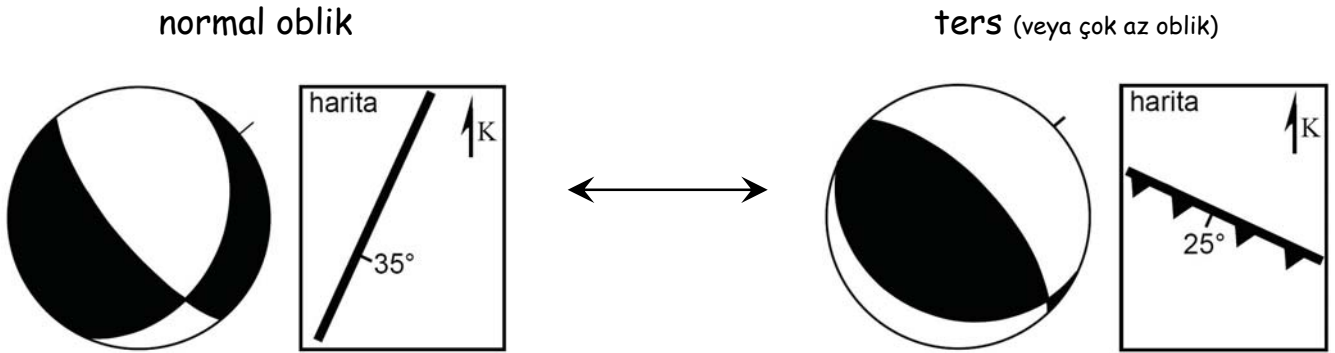
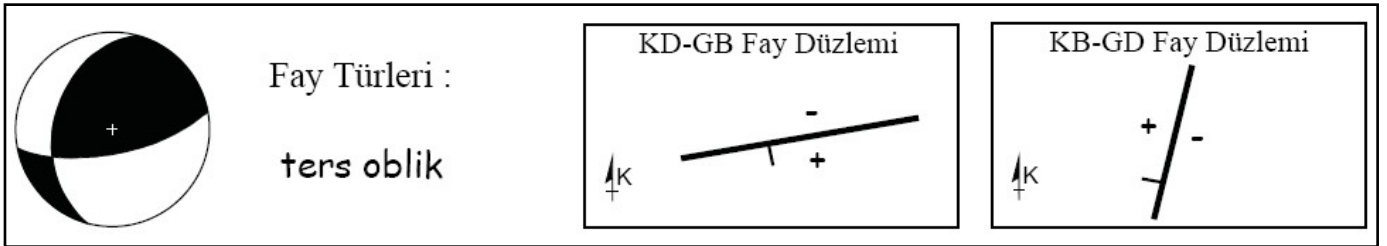
- Fay Düzlemi Çözümü'nden elde edilen P-Sıkışma ve T-Çekme noktalarının anlamı ve düzlemlerin jeoloji haritasındaki olası gösterimi :



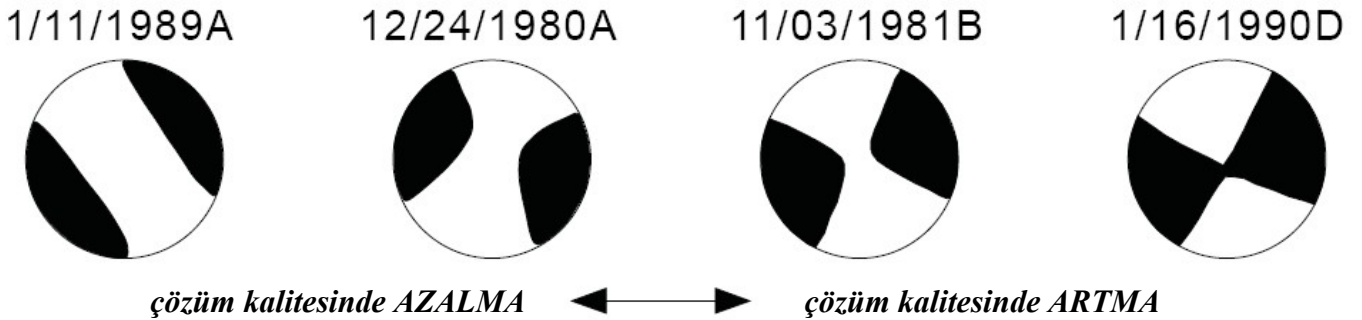
Fay Düzlemi Çözümünden elde edilen düzlemlerden birinin ESAS FAY olarak seçilmesi durumunda oluşan, SAĞ YÖNLÜ TAM DOĞRULTU ATIMLI faylanma :



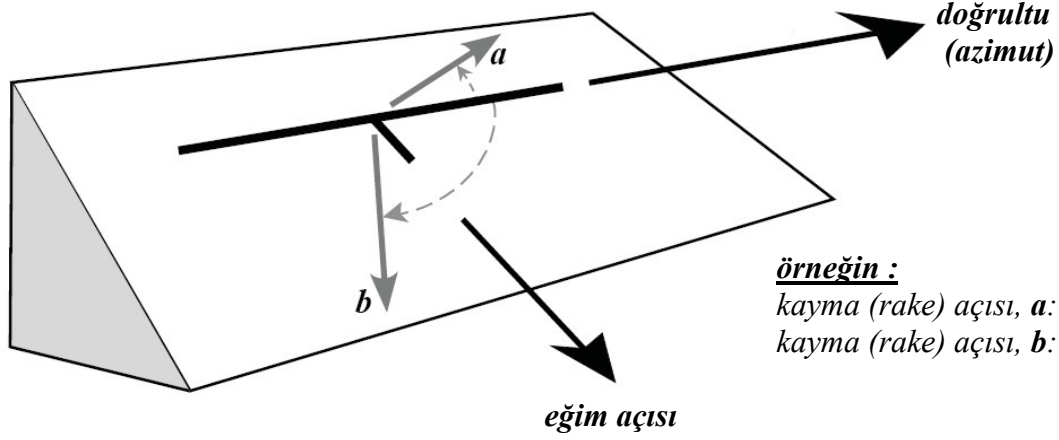
- Oblik bir fayın jeoloji haritasındaki olası gösterimleri :



- Harvard CMT (Centroid Moment Tensor) çözümlerinin yorumu :



- Kayma (*rake*) açısı ve fay parametrelerinin blok diyagramda gösterimi :





















- Faylanma türü, kayma (*rake*) açısından anlaşılır. *Rake* açısı, -180° ile +180° arasında değişir. Değişik kayma (*rake*) açılara karşı gelen faylanma türleri aşağıdaki tabloda verilmiştir :

Kayma (<i>Rake</i>) açısı	Faylanma türü (<i>türkçe</i>)	Faylanma türü (<i>ingilizce literatür</i>)
0° veya 180° 'ye eşit ise	tam doğrultu atımlı	pure strike-slip
90° ile 90° arası	tam eğim atımlı ters	pure dip-slip reverse
-90° ile -90° arası	tam eğim atımlı normal	pure dip-slip normal
-20° ile 20° arası	sol yönlü doğrultu atım	left-lateral strike-slip
20° ile 70° arası	sol doğrultu atımlı ters oblik	reverse left-lateral oblique
70° ile 110° arası	ters	reverse
110° ile 160° arası	sağ doğrultu atımlı ters oblik	reverse right-lateral oblique
-160° ile 160° arası	sağ yönlü doğrultu atım	right-lateral strike-slip
-110° ile -160° arası	sağ doğrultu atımlı normal oblik	normal right-lateral oblique
-70° ile -110° arası	normal	normal
-20° ile -70° arası	sol doğrultu atımlı normal oblik	normal left-lateral oblique

• **ÖRNEK ALIŞTIRMALAR :**

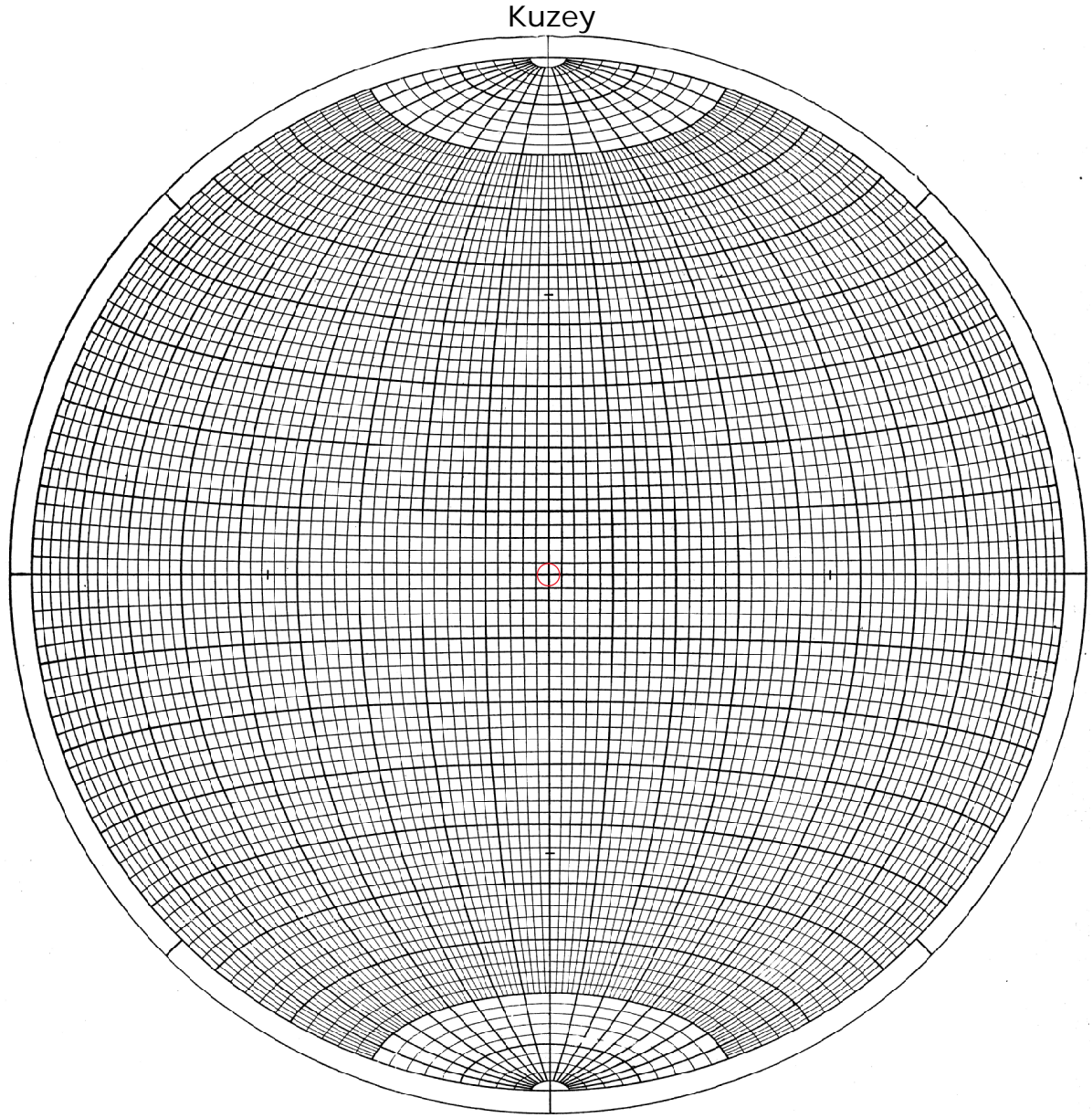
Fay Düzlemi Çözümü'nden elde edilen aşağıdaki mekanizma diyagramlarına ait **Fay Türü**'nü yazınız. Düzlemlerinin her ikisinin seçilmesi durumunda, jeoloji haritasındaki gösterimlerini aşağıdaki kutucuklara yarı ayrı çiziniz.

	Fay türü :	<i>olası fay düzlemine ait harita</i> 	<i>diğer fay düzlemine ait harita</i> 
	Fay türü :	<i>olası fay düzlemine ait harita</i> 	<i>diğer fay düzlemine ait harita</i> 
	Fay türü :	<i>olası fay düzlemine ait harita</i> 	<i>diğer fay düzlemine ait harita</i> 
	Fay türü :	<i>olası fay düzlemine ait harita</i> 	<i>diğer fay düzlemine ait harita</i> 
	Fay türü :	<i>olası fay düzlemine ait harita</i> 	<i>diğer fay düzlemine ait harita</i> 
	Fay türü :	<i>olası fay düzlemine ait harita</i> 	<i>diğer fay düzlemine ait harita</i> 

İTÜ Öğretim Üyesi Prof.Dr. Haluk EYİDOĞAN'ın ders notlarından alınan ve DEÜ Sismoloji-Sismotektonik Ders Notları kapsamında yeniden revize edilen bu bilgilerin öğrencilere faydalı dileğiyle,



Yrd.Doç.Dr. Orhan POLAT
28.12.2005, Buca-İZMİR



Esit Alan Izdisüm Abagi