

Dengeli enine kesit

Hürkan TEKİNEL¹

1. Giriş

Dengeli enine kesitler, özellikle kıvrım ve bindirme kuşaklarında yapısal geometriyi anlamak ve geliştirmek için önemli bir araçtır. Kesit dengeleme, enine kesitlerde yaptığımız yorumları test etmek ve daha sonrasında bu yorumları en doğru sonuca ulaştırma konusunda güzel bir yoldur. Eğer kesit sağlıklı, jeolojik prensiplere uygun bir şekilde dengelenmiş ise yapılan yorumların doğru olduğu söylenebilir fakat dengelenmiş kesitte prensiplere uymayan bazı hatalar çıkarsa enine kesitin tekrardan kontrol edilip yapılan yorumların değiştirilmesi gerekecektir. Bu prensipler ;

- Orijinal yataylık prensibi (Principle of original horizontality)
- Üst üste bulunma prensibi / Süperpozisyon prensibi (Principle of superposition)
- Birbirini kesme ilişkisi prensibi (Principle of cross-cutting relationship)
- Kapanım / İnküzyon prensibi (Principle of inclusion)
- Yanal devamlılık prensibi (Principle of lateral continuity)
- Fosil dizileri (Principle of fossil succession)

Dengeli enine kesitler çoğunlukla daralma trendi gösteren alanlarda yapılır. Nadir de olsa genişleme trendi gösteren alanlarda da yapılabilir fakat bu alanlarda dengeli enine kesit çizimi hata payları fazla olduğundan dolayı önerilmez. En sonunda elde edilen çizim mükemmel bir şekilde eşleşmiş olsa bile bu çizime doğru denilemez, çünkü dengeli enine kesitler kurama dayanır, bu yüzden elde edilen çizim aslında bir modeldir.

Dengeli enine kesit çizimi çoğunlukla petrol ve doğalgaz sektöründe tercih edilir. Örtülen ve kapanan petrol veya doğalgaz rezervlerine sahip hazne kayaçlar stresten dolayı faylanabilir ve taşınabilirler. Bu teknik sayesinde taşınan hazne kayaçların geri kalanı kolaylıkla bulunabilir.

Bir kesiti dengelemeden önce alan hakkında araştırma yapılmalı ve şu 5 soru sorulmalıdır;

- Dengeli bir kesitin inşasında hangi varsayımlar yer almaktadır?

- Dengeli bir kesit çizmek için hangi verilere ihtiyaç vardır?
- Bu veriler için olası kaynaklar nelerdir?
- Bu veriler kesite nasıl dahil edilir?
- Yüzeysel verilerinden hangi yer altı bilgileri çıkarılabilir?

2. Varsayımlar

Bir alan hakkında ne kadar araştırma yapılırsa yapılsın hiçbir zaman mükemmel bir kesit elde edilemez, çünkü yerin altı her zaman değişkenlik gösterebilir. Bu yüzden dengeli enine kesit çiziminde bazı varsayımlar kabul edilir. Bunlardan birincisi deforme olan alan ilk haliyle aynı hacime sahip olmalıdır. Çalışılan alandaki kayaçlarda herhangi bir sıkışma veya metamorfizmanın gerçekleşmemiş olduğu, kayaç içindeki boşlukların ilk oluşumundaki gibi korunduğu varsayılır.

Bir diğer varsayım ise alandaki tabakalanma uzunluğunun aynı olması gerektiğidir. Çalışılan alanın uzunluğu belli olduğu için stratigrafide her bir katmandaki tabakaların uzunluğunun eşit olması beklenir.

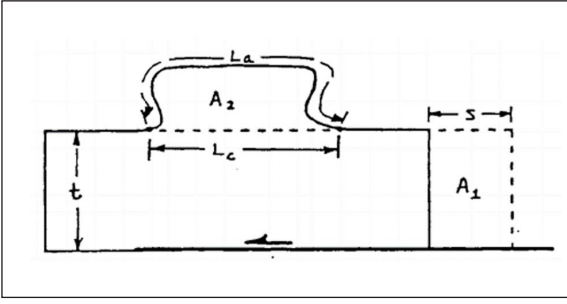
Şekil 1'de görüldüğü üzere çalışılan bölge stresten dolayı deforme olmuştur. Fakat çalışılan bölgenin hacminde hiç bir değişiklik olmamıştır. Bu yüzden $A_1=A_2$ 'dir. A_1 bölgesindeki alan A_2 bölgesine taşınmıştır. Aynı varsayımlardan dolayı çalışılan bölgenin uzunluğu da aynı kalmıştır. Uzunluk $S=L_a-L_c$ olarak hesaplanır.

$$A_2 = A_1 = t * s = t * (L_a - L_c)$$

$$t = \frac{A_2}{L_a - L_c}$$

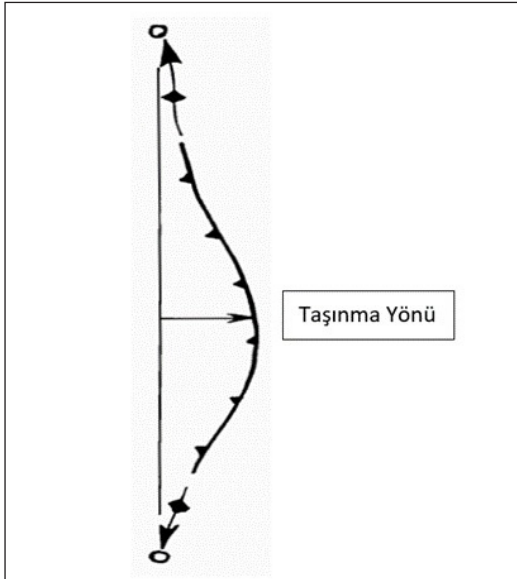
Bunların dışında araştırma yapılan cevherin, madenin veya rezervin taşınma yönü hakkında varsayımlar yapılmalıdır (Şekil 2). Bunlar; bölgedeki bindirmelerden veya ters faylardan yapılabilir, çünkü taşınma yönü bu kavramlara paralel gelişecektir. Bu tektonik taşınmaların yönleri araştırılırken; ana bindirme bölgesi, bölgeye nazaran büyük sıralı kıvrım trendleri ve bindirmelerde bulunan rampa yapıları incelenebilir. Homojen olmayan küçük boyutlu

¹Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı (2022 Yılı Yaz Dönemi Stajı), Ankara.



Şekil 1 – Deforme olmuş bölgenin alan ve uzunluk hesaplaması (Woodward vd., 1989)

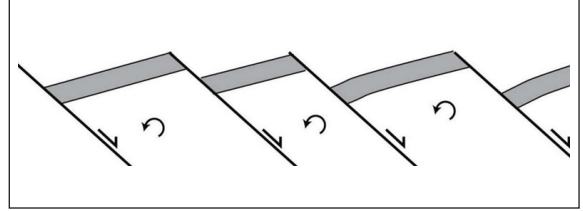
kıvrımlar, özellikle ince yataklanmış birimler, dengelenmiş kesit çiziminde kullanılmazlar, çünkü kırım eksenleri taşınma yönünü göstermeyebilir. Eğer bölgeden yeterli veri toplanamamış ise asimetrik kıvrımların eksenleri stereonet yardımı ile bulunabilir veya bölge metamorfik kayalardan oluşuyor ise içindeki minerallerin üstündeki çiziklerden taşınma yönü bulunabilir.



Şekil 2 – Taşınma yönüne bir örnek.

Dengeli enine kesit çiziminde doğru bilgi, özellikle doğru stratigrafi kullanımı çok önemlidir. Eğer tabakalanma olduğundan kalın alınırsa tabana baskı yapılmış olur ve bundan kurtulmak için fazladan tabaka konulması gerekecek ve bu da hatalı olacaktır. Eğer tabakalanma olduğundan ince alınırsa; kesitte boşluk oluşacağı için fazladan fay konulması gerekecektir bu da bizi yanlış sonuca götürecektir. Bunlardan dolayı, doğru stratigrafi bilgisi için yeryüzü ölçümleri bolca yapılabilir veya literatür bilgisi araştırılabilir.

Oluşan kıvrımların çoğu “flexural-slip folding” olarak varsayılır. Kıvrım oluşurken tabakalar arasında sürtünmeden dolayı kuvvetler doğar fakat bir kesiti dengelerken bu olay sıkıntı çıkartabilir. Bu nedenle, bu kuvvetler yok sayılır. Doğada kıvrımlar, Şekil 3’deki gibi gözlemlenir fakat kesit dengelemede sorun çıkartacağı için tabakalanmanın bir bütün olarak kıvrıldığı varsayılır.



Şekil 3 – Flexural-slip folding (Eğilti atımlı kıvrım).

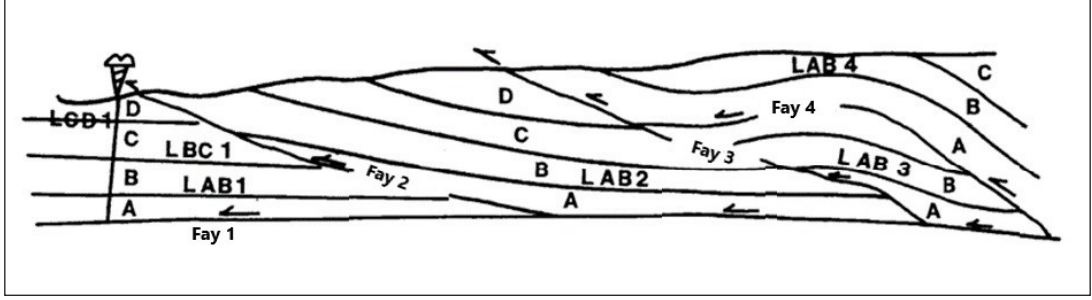
Enine kesitleri dengelerken belirlenmiş 3 boyutlu bir alanda çalışılması gerekir. Yeryüzünden alan belirlenebilir fakat 3. boyuta ulaşılması için çalışılan alanın derinliğinin belirlenmesi gerekir. Bunun için bir taban belirlenmesi gereklidir ve bu taban metamorfik veya kristal, deforme olmamış bir kaya olarak seçilmelidir. Bunun için jeofizik teknikleri, sondaj bilgileri veya literatür bilgileri kullanılabilir.

3. Çizim

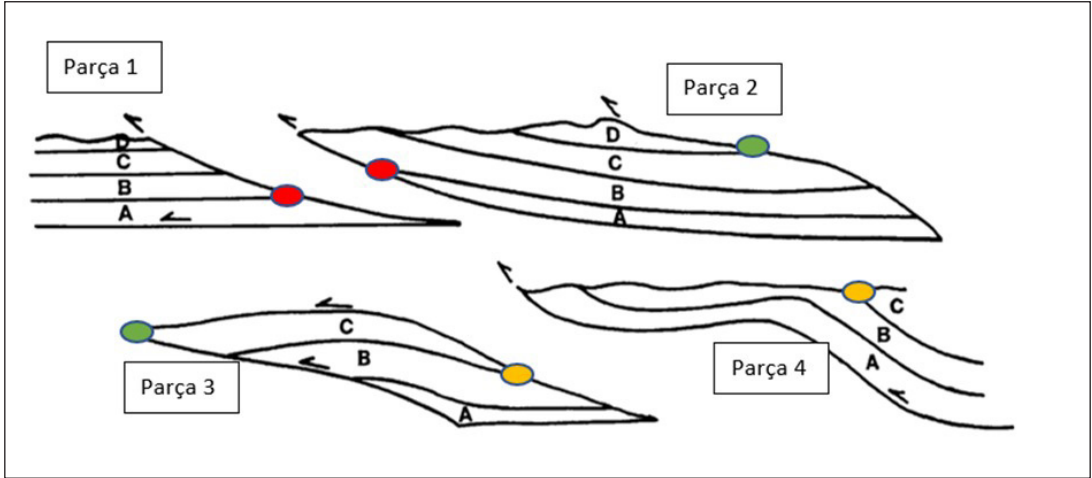
Dengeli enine kesit çiziminde bütün veriler toplandıktan, bütün varsayımlar yapıldıktan sonra bölgedeki fayların göreceli olarak yaşlandırılması yapılmalı ve tabakaların devamlılıkları hakkında tahmin yapılmalı. Şekil 4’de görüldüğü üzere örnek bir enine kesit ele alınmıştır ve buradaki faylar göreceli olarak yaşlarına göre sıralanmıştır. Sonrasında tabakalar isimlendirilmiştir.

Şekil 5’de görüldüğü gibi çalışma alanı faylar yardımı ile parçalara ayrılır. Sonrasında parça 1 ve 2’de, A ve B tabakaları arasında kırmızı işaret konulur. Kesit dengelendikten sonra bu iki işaret birbirleri ile eşleşecektir. Parça 2 ve 3’de ise C tabakasının üst noktasına yeşil işaret konulduğunda, parça 3 ve 4’de B ve C tabakaları arasında sarı işaret konulmuştur. Bunlar parçaların bağlanacak noktalarını göstermektedir. Bunlar gibi birçok işaret konularak kesit dengelemesi yapılabilir.

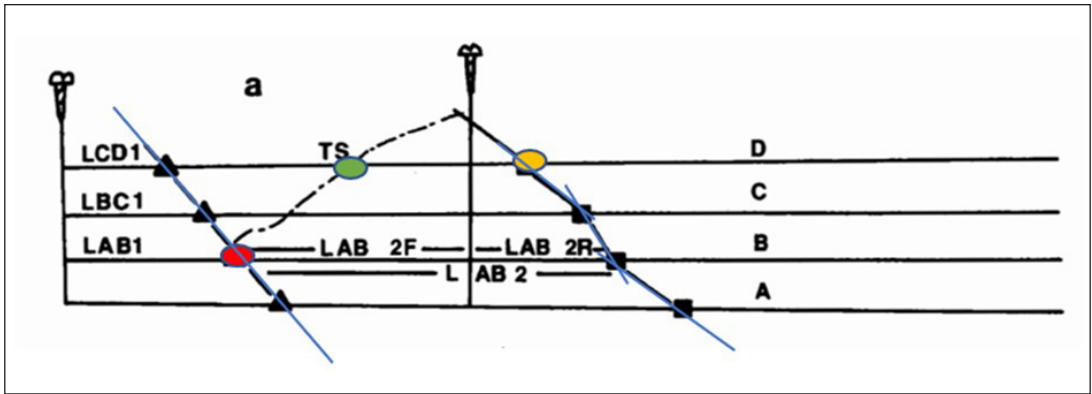
Kesit dengelemesi yaparken kullanılan işaretler üst üste getirilir (Şekil 6). Kesit dengelendikten sonra bölgeyi oluşturan ters faylar ve bindirmeler (Mavi çizgiler) ortaya çıkar.



Şekil 4- Örnek enine kesit (Woodward vd., 1989)



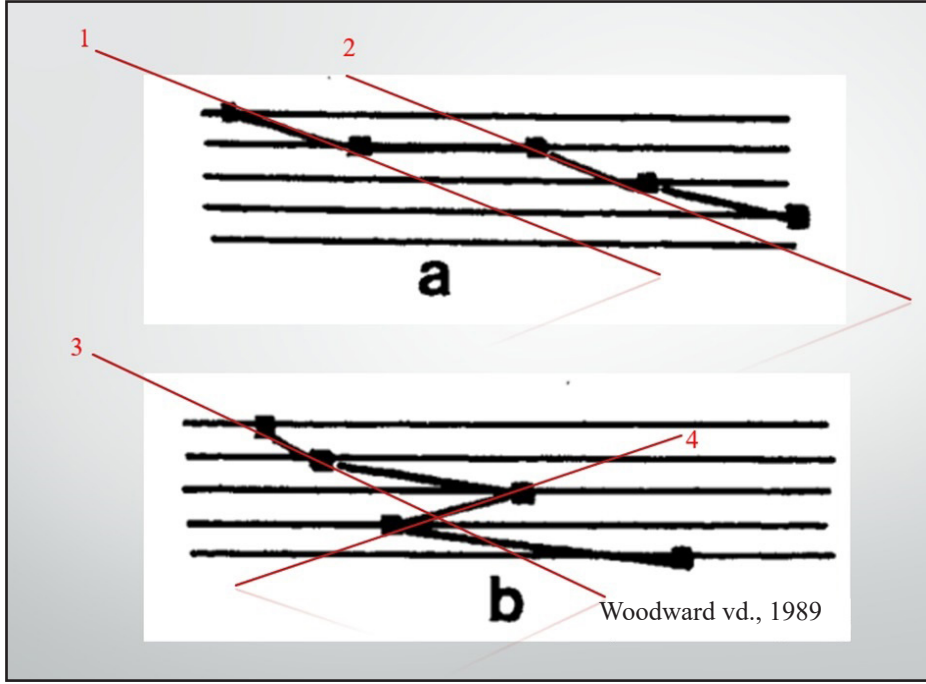
Şekil 5- Örnek parçalanmış alanlar (Woodward vd., 1989).



Şekil 6- Örnek dengelenmiş kesit (Woodward vd., 1989).

Kesit dengelendikten sonra ortaya çıkan faylar kesitin doğruluğunu kanıtlar. Eğer faylar, Şekil 7 (a)'daki gibi 1. ve 2. gibi aynı doğrultuda çıkarsa kesit ve varsayımlar doğrudur. Fakat, Şekil 7 (b)'deki

gibi 3. ve 4. gibi faylar farklı doğrultuda çıkarsa kesit yanlış demektir. Bu durumda varsayımlar, fay yaşlandırmaları gözden geçirilerek kesitin yeniden dengelenmesi gerekir.



Şekil 7- Örnek dengelenmiş kesit (Woodward vd., 1989).

Katkı Belirtme

Bu yazının hazırlanma sürecinde yardımcı olan, 2022 yazında birlikte staj yaptığımız Atakan DURMUŞ ve Alp ERSU'ya aynı zamanda bize yol gösteren Deniz Araştırmaları Dairesi Başkanlığı'ndan Eşref AYLAN'a teşekkür ederim.

Değinilen Belgeler

Woodward, N. B., Boyer, S. E., Suppe, J. 1989. Balanced geological cross-sections: An essential technique in geological research and exploration. <https://doi.org/10.1029/sc006>.