

# Elektrikle Deprem Tahmini

Özcan Kalenderli  
İTÜ Elektrik Mühendisliği Bölümü

Bu yazıda, depremin bir elektrik mühendisine düşündürdükleri ve bir deprem tahmini projesi hakkındaki kısa bilgiler verilmiştir. 17 Ağustos 1999'da İzmit merkezli büyük bir deprem yaşadık. Bu deprem, verdiğimiz can ve mal kaybının, yaralı, sakat, öksüz, yetim ve evsiz insanlarımızın çokluğu nedeniyle büyük bir felakete dönüştü. Bu depremde, korktuk, etkilendik, çok üzüldük... Depremin ilk anından itibaren ulusça ve diğer uluslarla birlikte insanlık adına bir yardımlaşma seferberliğine girildi. Bütün bunlar felaketin zararlarını azaltmak, yaralarını sarmak, yaşamı devam ettirmek içindi. Bu olay, o günlerde ülke ve dünya gündeminde ön sıralardaydı. Günlerce gazete, radyo ve televizyonlarda haberler izledik, her geçen an felaketin büyüklüğünü öğrendik, yapılanları, yardım çağrılarını, yapılması gerekenleri duyduk. İnsanlarımız yardım için çırpınıyordu, kimi gücüyle, kimi malıyla ama herkes yapabileceği ne varsa onunla yardım edebilmek için çabalıyordu. Üzüntü, korku ve dayanışma gibi duygularla, duygusal olarak karmakarışık olmuştuk. Ben de olayı yaşayan ve bu gelişmeleri izleyen bir elektrik mühendisi olarak, gücümü kullanmak, maddi destekte bulunmak yanında özel olarak yapabileceğim birşey olur mu? diye düşündüm. Örneğin o bölgede ortaya çıkan elektrik sorunlarına ve tehlikelerine karşı birşeyler yapmak gibi.

## Deprem Gerçeği

Deprem olmuştu, doğal bir olay olduğu, ülkemizin ve dünyanın gerçeği olduğu söyleniyordu. Depremlerin önceden bilinemeyeceği, ancak eğitim ve yapısal önlemler gibi bilinçli çalışmalarla zararın en aza indirilebileceği anlatılıyordu. O günlerde bu konuşmaları büyük bir dikkatle dinledik. Pek çok kişi gibi yazılan ve söylenenlerden depremlerle ilgili pek çok şey öğrendik. Ama bugünkü teknoloji ile depremlerin hala önceden bilinemediği noktasında olduğumuzu ve buna göre yaşamamız gerektiğini duymak üzüntümüzü daha da arttırmıştı. Nasıl olurdu? Çaresizdik, zamanı, yeri, büyüklüğü ve etkisi önceden belli olmayan belirsiz bir olayla karşı karşıya idik. Bu durum ilgimi çekti, depremler önceden bilinebilse can ve mal kaybının olmayacağı veya çok daha az olacağı açıktı. Bilim dünyası bu konuda mutlaka birşeyler yapmış veya yapıyordur, diye düşündüm. Acaba çalışmalar ne aşamada idi? Anlatılanları dikkatle dinledim. Depremin özelliklerini, belirtilerini, ölçme ve değerlendirme ile ilgili yapılanları anlamaya çalıştım. Deprem ve enerji sözü çok ediliyordu. Acaba depremin elektriksel özellikleri var mıydı? Varsa, nelerdi? Elektriksel gerilimi, akımı, frekansı, elektrik ve manyetik alanı, yükü... gibi.

## Depremin Düşündürdükleri

Kafamda bazı modeller, düşünceler oluşmaya başladı. Örneğin Kandilli Rasathanesinden, internette farklı istasyonlarında tutulan sismometre (deprem büyüklüğü ölçer) kayıtları veri dosyaları şeklinde yayınlanmıştı. Bu verilerden, acaba günümüz bilgisayar teknolojisini ve yöntemlerini (örneğin yapay sinir ağları yöntemini veya işaret işleme yöntemlerini) kullanarak deprem sismometre işaretlerini öğrenmek, tanımlamak ve ayırt ederek bundan sonra işaretlere bakarak olacak depremler önceden tahmin edilebilir miydi? (Bu konuyla ilgilenildiğini sanıyorum). Bir başka düşünce elektrikseldi. Çalışmalarım sırasında yalıtkan malzemeler içindeki boşluk diye adlandırdığımız, hava veya yağ kabarcığı gibi yerlerde, oyuk, çatlak, yarık veya aralıklarda (yapısal kusurlarda) olan elektriksel boşalmalarla ilgilenmişim. Bu boşalmalara, kısmi boşalma veya yerel boşalma deniyor. Bu boşalmalar elektriksel ve elektriksel olmayan büyüklükleri ile algılanıyor (detection - boşalma var mı?

yok mu?), ölçülüyor (measurement - boşalmanın özelliği ile ilgili genliği (büyüklüğü), frekansı, enerjisi... gibi bir çok büyüklüğün ölçülmesi), yeri bulunuyor (location) ve değerlendiriliyor (evaluation - boşalmanın öneminin, etkisinin değerlendirilmesi). Bu durum bende, depremi bir elektriksel kısmi boşalma gibi düşünmek fikrini yarattı. Evet, dünyayı bir malzeme, deprem yerlerini (faylar) yapısal kusurlar, depremi de bu yerlerde olan kısmi veya yerel boşalmalar olarak düşünebiliriz. Yerel boşalmalar, çevrelerinde akım akışı ve elektromanyetik dalgalar gibi elektriksel etkileri, ısı, ses, ışık, kimyasal, mekanik bozulma gibi elektriksel olmayan etkileri ile belirirler ve yukarıda sözü edilen tüm işlemler bu özelliklerden yararlanarak yapılır.

### **Depreme Elektriksel Model**

Depremi elektriksel büyüklükleri ilgimi çekti. Çünkü elektrik bilgim, elektriksel ölçmenin duyarlılığı ve doğruluğu beni bu yöne itti. Ama benimde düşündüğüm ve medyadan da öğrendiğimiz gibi ısınma, ses, gaz çıkışı, hayvanların davranış değişikliği, şu bu derken onlarca farklı elektriksel olmayan (elektriksel kısmi boşalmalarda da olduğu gibi) belirti bulunuyor. Bunlarla da ilgilenmek ve değerlendirmek gerekir ama bana elektriksel kısımla ilgilenmek uygun geldi. Yüksek gerilim tekniği konuları içinde elektriksel boşalma olayları anlatılır. Pek çok olayda olduğu gibi bir boşalma olayında da boşalmanın başlayıp boşalma olana kadar kısa da olsa bir zaman geçer. Bu, deprem içinde geçerli olmalıydı. Çünkü böyle bir olay, böyle büyük bir kuvvet ve yer sarsıntısı aniden oluşamazdı, mutlaka onunda bu aşamaya gelmeden önce bir aşaması vardı. Fayların gerilme altında bulunduğunu, enerji biriktirdiğini, koşulların uygun olduğunda da depremlerin meydana geldiğini duyduk. Yani deprem öncesinde, bu aşamada ondan bilgi alabilmek mutlaka olanaklı olmalı diye düşünüyoruz.

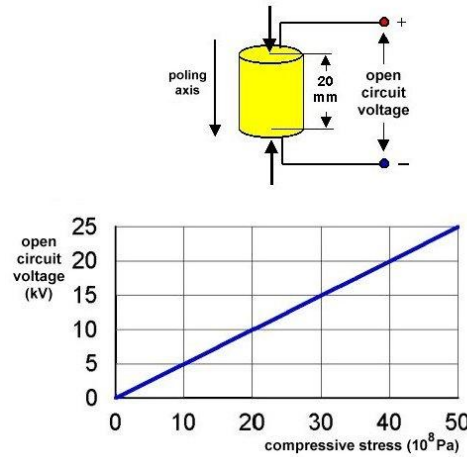
### **Ölçülecek Büyüklükler**

Bu arada bu yaklaşım içinde depremin enerjisi ile öncesinde de toprakta akım akıtılabileceğini, bu akımları ölçerek bir bilgi elde edilebileceğini düşündüm. Böyle bir akım var mıdır? Bu akımın genliği, frekansı nedir? diye düşünürken, böyle bir akımın olması (var) durumunda bu akımları örneğin yüksek gerilim şebekelerinin nötrlerine akım ölçü transformatörleri ve bir ampermetre veya bilgisayara da kayıt yapabilecek dijital bir ölçme sistemi ile ölçülebileceğini ve bunun işe yarayabileceğini düşündüm. Çünkü bu durumda topraktan akan, toprakta dolaşan depremle ilgili akımları ölçmüş olacaktık. Depreme ilişkin elektriksel işaretlerin çok düşük frekanslı (0-5 Hz) olduğunu öğrendik. Bu iyi bir durumdu, çünkü diğer elektriksel işaretlerden farklı frekansa sahip olmaları onları diğerlerinden ayırt edilmelerini sağlardı. Ancak burada yüksek gerilim şebekelerinde böyle bir ölçmeyi yapabilmenin zorluğu vardı ve ölçme sadece yapılan yerle sınırlı olurdu. Bu düşünceler üzerinde çalışırken, bir yandan da kısmi boşalmalarda da olduğu gibi depremle ilgili de elektrik ve manyetik alan olmalı dolayısıyla bu alanları ölçmenin de işe yarayabileceğini düşündüm veya isterseniz buna bu bağlantı kurulmuş ta diyebilirsiniz. Bu durum için de iki ana sorun bu alanların kaynağı ve dağılımı nedir? Bu alanlar nasıl ölçülecek?

### **Deprem Elektrikliğin Kaynağı**

Birincisi, bu alanların ve akımın kaynağı, depremleri oluşturan kuvvetlerin toprağa ve onun içindeki taş ve kayalara veya yer bilimcilerin dediği gibi kayaçlara bir baskı uygulamasıdır, buna mekanik zorlama veya enerji birikimi de diyebiliriz. Bazı malzemeler üzerine basma, çekme, burma, eğme gibi mekanik etki uygulandığında elektriksel olarak kutuplanır (polarize olur) ve bir tarafı artı diğer tarafı eksi yükü yüklenir (elektriklenir) yani uçları arasında bir gerilim oluşur veya elektriksel gerilim uygulandığında mekanik olarak yanıt verir (uzar, kırılır). Bu tür malzemelere piezoelektrik malzemeler denir. Bu tür malzemelerin en tanınmış

silisyum dioksittir, yani taş ve kayaların ana maddesi olan maddedir. Yer kürenin (toprağın) %60-65'i kayalardan (yani piezoelektrik malzemelerden) meydana gelir. Demekki topraktaki (kayalardaki) mekanik bir zorlanma ve bu zorlanmadaki değişim (artma veya azalma), uçlarındaki gerilim ve gerilimin olduğu ortamda ortaya çıkan elektrik alanındaki (buna piezoelektrik alan diyoruz) değişim olarak bize bir bilgi kaynağı olabilir (Şekil 1). Bugün literatürde ve kullanımda depremle ilgili piezomanyetik alanların ölçülmesi ve değerlendirilmesi için bilgi ve araçlar mevcuttur. Piezoelektrik malzemelerin kutuplanması sonucu piezoelektrik alanın kaynağı olan uçlarında gerilim ve piezomanyetik alanın kaynağı olan uçlar arasında akan bir akım olacağı şeklinde söyleyebiliriz. Sonuçta piezoelektrik alanları ölçerek deprem tahmini yapılabileceği bir seçenek olarak uygun görünmektedir.



Şekil 1. Piezoelektrik malzeme uçlarında mekanik basınçla gerilim oluşumu

# Ölçü Aleti ve Deprem Tahmini Projesi

Ölçmek ve duyarlı ölçmek ayrı bir sorundur. Alçak frekanslı alanların ölçülmesi ise başka bir sorundur. Bugün benimde içinde yer aldığım “Kayaç Gerginlik İzleme Yöntemi ile Deprem Tahmini Projesi” bu ölçmeyi başarmış, geliştirmiş, ölçme bilgilerini bilgisayar ve internet ortamına taşımış ve herkesin izleyebileceği bir proje olarak ortaya çıkmıştır. Bu projeyi, piezoelektrik alan ölçmesi yaparak deprem-elektrik alan ilişkisi ile deprem tahmini projesi olarak düşünebiliriz. Projede alçak frekanslı ve çok duyarlı bir alan ölçer geliştirilmiştir (Şekil 2). Ekim 1999’dan beri Marmara Bölgesinde yerin piezoelektrik alanı ölçülmekte ve geliştirilen yazılımla ölçme bilgileri bilgisayara kaydedilip, deprem genlik, yer, zaman ilişkisi değerlendirmesi ve erken uyarı sistemi oluşturulmaya çalışılmaktadır.

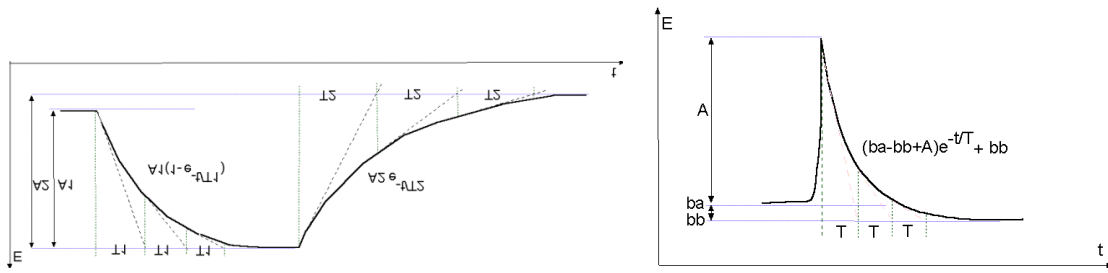


### Şekil 2. Ölçme sistemi

## Çalışmalar

Bu zamana kadar konuyla ilgili bilimsel çalışmalar incelenmiş, kullanılan sistemin elektriksel özellikleri, kayıt ve değerlendirme yazılımı sürekli geliştirilmiştir. Bugün çoğunluğu Marmara bölgesinde olan, 15 yerde kurulmuş, “istasyon” adını verdiğimiz ölçme sistemi

bulunmaktadır. Bu istasyonlar, ilgilenen kuruluşların desteği ile oluşturulmuş, birbiriyle haberleşmesi sağlanmış, elektriği, güvenliği, işletimi sürdürülmektedir. Sürekli geliştirme, değerlendirme çalışmaları, teorik, deneysel ve uygulamalı olarak devam etmektedir. Proje, içinde yer bilimcilerin de yer aldığı 17 kişilik grupça sürdürülmekte, fakat bu çekirdek dışında çokça kişi ve kuruluşun desteği, çalışmalara katkısı olmaktadır. Sürekli, zaman zaman artçı deprem de denen, büyüklü küçüklü deprem yaşıyoruz. Bunlar sistemin geliştirilmesi bakımından doğal deneyler ve veri kaynağı olmaktadır. Her an kayıt yapılmakta ve değişimler kaydedilmektedir. Bilgilerimiz gelişmektedir. Bu konuda çalışma ve gelişmeler, internete aktarılmakta ve proje grubunca ortak izleme sayfası üzerinden izlenmektedir (sayfanın adresi <http://www.deprem.cs.itu.edu.tr>). Bu çalışmaların hedefi, olası depremleri genlik, zaman ve yer olarak tahmin edebilmektir. Çalışmalar, depremlerin saatler mertebesinde önceden tahmin etmeye olanak verecek karakteristik değişimlere sahip şekiller ürettiğini, bu şekillerin de kabaca depremin genliği ve oluşum zamanı ile ilgili olduğunu göstermiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Karakteristik şekiller

Sistem sayısı çoğaldıkça, sistemlerden alınan bilgilerin karşılaştırılmasından depremin yaklaşık yeri konusunda da birşeyler söylenebilir olacağı görülmektedir. Proje bilgi birikimi, sağlama, doğrulama, geliştirme nedeniyle uzun zamandır devam etmektedir. Projenin gelişmesi için üniversitemizin ve bazı kuruluşların desteği sürmektedir. İstasyon sayısı arttıkça projenin kapsama bölgesi büyüyecek ve yararı artacaktır.

Deprem sadece Marmara Bölgesinin, Türkiye'nin değil dünyanın problemidir. Depremi haber verebilecek pekçok parametre bulunmaktadır. Bu parametrelerle deprem tahmini için uğraşılmalıdır. Projeye gelen eleştirilerden bir bölümü, bu konuyla uğraşan gelişmiş ülkeler varken böyle bir çalışmayı düşünmüş ve uygulamaya çalışıyor olmamızı nasıl olur da biz, Türkler beceririz şeklindedir. Türkiye bir deprem ülkesi ve Türkiye'deki depremler sığ (15-30 kilometreye kadar olan) depremlerdir. Genelde dünyada depremler, çok daha derinlerde olmaktadır. Bu çalışmanın şansındır. Bu tür çalışmaların yapılması gerekir, umut beslemek, ilgilenmek iyidir, ancak sadece bunlara bağlanıp önlem almamak, hazır olmamak kötüdür. Çünkü canımızı kurtarmak kadar, malımızı, evimizi, okulumuzu, iş yerimizi... kaybetmemek te önemlidir. Canımızı kurtarmayı, bilinçli davranmayı, ilk yardımı öğrenmeli, mevcut yapılarımızı depremlere dayanıklı hale getirmeli, yenilerini depreme dayanıklı inşa etmeliyiz.