

HES'ler ve depremler



Yapılan alışmalar barajların toprak ve yer hareketlerini tetikleyebildiklerini göstermektedir. Bu durum özellikle son yıllarda barajların yapılması planlanan bölgelerin seçimindeki önemi bir kere daha gözler önüne sermektedir. Olur olmaz yere bir set çekip burayı baraj haline dönüştürmek bir mühendislik sanatı olarak görülmemelidir.

Baraj yapımlarının tarihçesi her ne kadar çok daha eskiye dayansa bile, Sadd el-Kafara (Pagan) Barajı dünyada bilinen insan eliyle yapılmış ilk ve belki de en büyük barajdır ve yaklaşık 5000 sene önce eski Mısır'da kurulmuştur. Boyu 10 metre ve en derin yeri 80 m olan bu barajın, 100 metre eninde bir seti olduğu tahmin edilmektedir (Anonim). O zamanlarda yapılan bu ve bu tür barajların ömrü uzun sürmemiştir çünkü bunlar esasen ağaç, saman, kaya, kum ve topraktan yapıldıkları için kısa zamanda yıkılmışlardır. Baraj (ve su yolları) yapımının en üst düzeye ulaştığı yer ise günümüzde 'Barajlar Bölgesi' de denilen Van Ovası'dır (Belli, 2005). Bölgede günümüzden yakla-

şık 3000 sene öncesinde Van Gölü çevresinde yaşamış olan Urartu Krallığının en az 63 baraj, gölet ve sulama kanalını inşa ettiği tespit edilmiştir. Buna istinaden bu krallığa "Hidrolik Uygarlığı" da denmektedir. Tarihte baraj yapımına bu kadar önem gösterildiği görülmemiştir (Belli, 2005). Bunlar, bilinen ilk baraj örnekleridir ve bu inşa edilen barajların esas amacı: suyu tarım alanlarında yeterli bir şekilde kullanmaktır. Oysa günümüzde bu yaklaşım çoktan değişmiş ve farklı boyutlara ulaşmıştır.

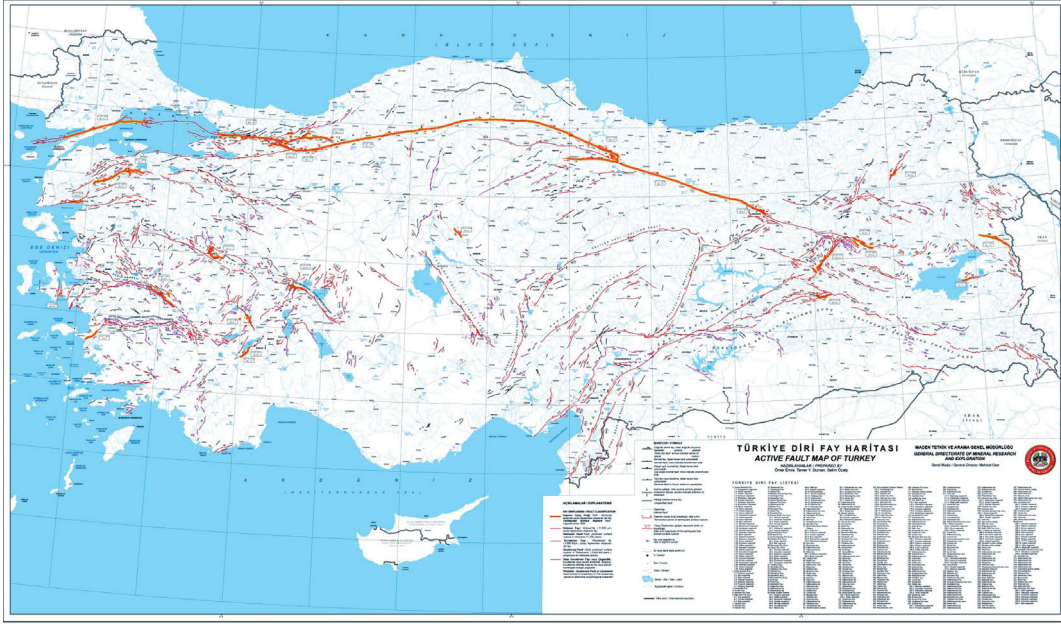
Artık suyun vazgeçilemeyen sınırlı bir gerçek olduğu ve her geçen gün su kaynaklarının ve kullanılabilir

su miktarının hızla azaldığını biliyoruz (Külköylüoğlu, 2011). 1998 yılına kadar dünya çapında yapılan büyük barajların sayısı özellikle son 50 senede hızla artarak 48.000'i geçmiştir (WWF 2014, ICOLD 2010). Son 10 yılda baraj sayısındaki artış yavaşlar nitelikteyse de dünya çapında yaklaşık 1600 büyük barajın yapımı devam etmektedir (WWF 2014, ICOLD 2010). Bunların toplam alanı ülkemiz kara parçalarının toplam alanının (770.760 km²) yarısı kadardır. Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu (ICOLD 2010) yüksekliği 15 metreden fazla olanları "büyük barajlar" ve 5 ile 15 metre yüksekliğinde (yaklaşık 3 milyon m³ su tutma kapasiteli) olan yerleri ise "baraj" olarak tanımlamaktadır. Bu tür barajların kullanım amaçları çok yönlü olmasına rağmen, son 20 senedir yarattıkları olumsuz etkiler nedeniyle ciddi tartışmalar ortaya çıkmıştır. Bugün Türkiye, Suriye ve Irak topraklarından geçen Dicle ve Fırat nehirleri üzerindeki büyük baraj sayısı 26 tanedir ve bu bölge dünyada üçüncü çok sayıda büyük barajın olduğu nehir sistemi olarak kabul edilmektedir (WWF 2014). Sismik Araştırma Merkezi raporlarına göre (www.src.com.au/earthquakes/) dünyada yapılmakta olan toplam baraj sayısının %67'si Çin, Türkiye, İran ve Japonya gerçekleştirmektedir.

Barajların enerji sağlama, su toplama ve suyu kontrol etme gibi temel amaçlarla kullanıldığını biliyoruz. Ancak olumsuz yanlarını unutmamak gerekir (Tablo 1). Büyük olsun küçük olsun yapılan barajların yarattıkları sosyal, kültürel, ekolojik ve diğer çevresel sorunları yaşayan, esas bu akarsu sistemleridir. Goodland'a (2010) göre yapılan barajlar nedeniyle şimdiye kadar 40-80 milyon kişi göç etmek durumunda kalmıştır. Bunların birçoğu ise hayatlarını eskisi gibi sürdürememektedir. Ayrıca göç daha çok şehirlere doğru olduğundan buralarda da birtakım sorunların arttığı görülmektedir. Aslında, artık bazı ülkeler dışında büyük baraj yapımları (devam edenler hariç) azalmıştır. Kaldı ki büyük baraj yapmak artık istenilen bir durumda değildir. Bunun esas nedeni ise enerjinin daha küçük alanlarda (örneğin, evlerde, binalarda ve benzeri yerlerde) üretilebilecek olmasıdır. Dolayısıyla "barajda üret ve dağıt" yaklaşımına ihtiyaç kalmayacağı için baraj yapımlarına yatırımda olmayacaktır. Tahminlere göre bu tür enerji üretimi (rüzgar, güneş vb. kullanılarak) 10-15 sene içinde gerçekleşecek. Avrupa'da birçok yerde artık barajlar yapılmamaktadır. Amerika'da (özellikle Kaliforniya eyaletinde) baraj yıkımlarına çoktan başlanmıştır.

Tablo 1: Barajların Olumsuz Yanları (Külköylüoğlu 2009'dan uyarlanmıştır).

su havzasının dolmasıyla yerleşik halkın farklı bir bölgeye göç etmesi (Örn..GAP bölgesi)...
su havzası etrafındaki sosyal, kültürel ve ekonomik sorunların artması
sağlık sorunlarının artması: yüksek gerilim hatları lösemi ve benzerini artırır.
yerli popülasyon için koşulların değiştirilmesi
su ile ilgili hızla artan sağlık problemleri
bölgedeki örneğin, akarsu balıklarının biyolojik yapısının bozulması
çevre tarım ve ormanlık alanların kaybı
sulak alan ekosistemlerinin kaybı
doğal hayatın ve doğal su havza sisteminin kaybı
biyoçeşitlilik kaybı ve arsız türlerin baskınlığı
özellikle endemik ve nadir türlerin yok olması
tarım alanlarının kaybının önlenmesi veya yenilenmesi için ormanların tahribatı
yerel su kalitesinin bozulması
barajlardan çıkışlarda değişen su akışıyla doğan sorunlar
baraj çıkışından sonra su kalitesinde örneğin besin tuzlarındaki farklılık
baraj çıkışından sonra suyun oksijen miktarındaki azalma
hidrojen sülfür, metan ve karbondioksit seviyesinin gölet tabanında artması
balık vb. canlıların akarsuların üst kısımlarına giden yollarının kapanması
tarihsel ve kültürel yapının kaybı
estetik ve doğal güzelliğin bozulması
sismik (yer altı) aktivitelerin artması
göçmen hayvanların göç yollarının değişmesi
bütün bir havzanın genel ekosistem ve iklim özelliklerinin değişmesi.



Son yıllarda barajlar yer hareketleriyle (deprem veya sismik hareketler) olan olası ilişkileri ile gündeme gelmektedirler. Bilindiği üzere depremler ülkemizde olduğu gibi birçok ülkede korkulu rüya. Depremler volkanik ve/veya yer kürenin altında meydana gelen hareketler, kırılmalar ve/veya çökme gibi olayları içermektedir. Depremler doğal olaylardır ve yeryüzünün evrimsel sürecinde var olmuşlar ve de olmaya da devam edeceklerdir. Ancak son yıllarda yapılan çalışmalar insan kaynaklı bazı etkenlerin de depremleri tetikleyebildiğini göstermiştir. Temel olarak 5 esas etken insan kaynaklı depremleri temsil eder (Madri-gal, 2008): 1) baraj yapımı (Hidro Elektrik Santralleri (HES) ve benzeri), 2) yeraltından maden (kömür ve hatta su çıkartılması gibi) çıkartılması, 3) petrol-gaz çıkartılması amacıyla kuyuların açılması, 4) yeraltına gaz ve/veya sıvı basılması, 5) büyük gökdelen (binarlar) inşa edilmesi. Bu yazımda konunun geniş olması bakımından sadece baraj-deprem ilişkisi üzerinde duracağım. Bunun esas nedeni ise bu konuda örneklerin 100'leri geçmiş olmasıdır.

Barajlar ve Depremler: Örnekler

Her ne kadar bu etkilere bazı bilim insanları –elde yeterince bilimsel çalışma yok- diyerek, HES niteliği taşıyan büyük barajların depremlerle ilişkili olmadığını düşünse de, son yapılan çalışmalar bu tür insan temelli faktörlerin depremleri tetikleyebileceğini göstermişlerdir. Ülkemizi de yakından ilgilendiren “baraj-deprem”

ilişkisine ait birçok örnek artık bilinmektedir. Dünya’da baraj sayısı bakımından ikinci sırada olan ülkemizde herhangi ciddi bir çalışma olmamasına rağmen, durum hakkında Amerika, Çin, Hindistan, İtalya, Zambiya ve Yunanistan’da son 50 seneyi kapsayan ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Kaldı ki uyarıların kökeni çok daha eskidir (Rothé 1968). Hatta bunlara Avusturya da dahil edilmektedir. Yani konu artık bütün kıtalara yayılmıştır. Bulgular büyük çapta su tutabilen barajların yapımından sonra yer hareketlerinin (depremlerin) arttığını göstermiştir. Konu üzerinde geçmişe yönelik yapılan çalışmalar hızlanmıştır.

Bunlardan en eski baraj-deprem örneği Cezayir 1932 yılında inşa edilen 89 m yüksekliğinde ve 170 m sete sahip olan Qued Fodda barajının hemen yakınlarında 1933 yılında meydana gelen sismik hareketler gösterilmektedir (NAS raporu 1972, Gupta & Rastogi 1976).

Detaylı çalışılan diğer bir örneğe ise Amerika’da rastlanmıştır. Amerika’nın Kolorado (Colorado) bölgesindeki Boulder Barajı yapılmadan (1935 senesine kadar) 15 sene öncesine kadar bu bölgede herhangi bir deprem olayı ölçülmemiştir. Fakat barajda toplanan su miktarı yaklaşık 21 milyar ton olunca ve su yüksekliği 150 metreye ulaştınca ilk deprem 1936 da hissedilmiştir. 1937 yılına kadar yaklaşık 100 artçı deprem ölçülmüştür bu bölgede (Harrington 2011). Bu durumun gerçekten barajdan mı kaynaklandığını anlamak için yerinde yapılan ölçümler göstermiştir ki, barajın

tamamen dolu olduğu zamanlarda (25milyar ton su toplandığında) deprem büyüklüğü en yüksek seviyeye ulaşmıştır. Bunun takip eden 10 sene içinde büyüklüğü 5'e ulaşan 600den fazla deprem oluşmuştur.

Bir başka örnek ise Zambiya'daki Kariba Barajı için verilebilir. 1960'lı yıllarda 175.000 m³ su tutulmaya başlanmıştır bu barajda. 1962 yılı Ocak ve Şubat ayında ritmik sarsıntılar ölçülmeye başlanır ve bölgede Mart 1963 yılında beş gün içinde 30 şok yaşanır. Eylül 1963 yılında ise 5.7 büyüklüğünde deprem gerçekleşir. Bunu 3 saat sonrasında 6.1, 5.8, 5.5 ve 6.0 büyüklüğünde depremler izler. Oysa bu bölgede barajdan önce herhangi bir sarsıntı veya deprem olayı görülmemiştir.

Bunun gibi başka örnekler komşu ülke Yunanistan'da rastlanır. Kremasta Baraj gölünün tamamen 4.700 milyon ton su ile dolmasını takiben, 6.2 büyüklüğünde yer ve devamında artçı sarsıntılar kaydedilmiştir. Birçok insanın, binanın ve diğer yapıların zarar gördüğü bu depremin Kremasta barajındaki suyun dolum miktarıyla ilişkili olabileceği düşünülmektedir.

Bize yakın olan Akdeniz Ülkesi İtalya'dan da buna benzer örnek kayıtlar vardır. (NAS raporu 1972). Vaiont Baraj bölgesinde meydana gelen sismik hareketler buna örnektir. 09 Ekim 1963 yılında yaklaşık 80 metre derinliğinde olan barajın oluşturduğu baskı nedeniyle, 249 milyon m³'lük bir toprak kütle baraj içine kaymıştır. Bu toprak kütle barajdaki suyun yarısının taş-

masına neden olmuştur. 100 metre yüksekliğe yakın su taşkını barajı aşarak Longarone şehrindeki 2600 insanın 70 metre su altında kalmasına sebep vermiştir.

Baraj-deprem ilişkisinin görüldüğü bir diğer ülke ise İsviçre'dir (Gupta & Rastoni 1976). Vogorna Göleti (reservuar) Contra Barajının hemen arkasında inşa edilmiştir. 1964 yılında su toplanmaya başlanılan alanda, 1965 yılı Mayıs ayında sismik hareketler başlamıştır. Öncelikle baraj alanında yer altında gelen gürültü sarsıntılar ve gölet su miktarındaki yükseliş bu hareketlerin başlangıcı olmuştur. En önemli dalga ise göletin su seviyesinin en fazla olduğu dönemi takip eden birkaç hafta sonra gözlenmiştir. Olası bir taşkından dolayı Berzona köyü boşaltılmıştır.

Baraj kaynaklı depremler Asya kıtasında da ciddi sonuçlara yol açmış, açmaktadır. Hindistan'ın Maharashtra bölgesinde 1967 yılında 6.3 büyüklüğünde meydana gelen Koynanagar depremi buna örnektir. Deprem Koyna Barajı'nın hemen altında olmuştur. 180 kişinin ölümüne ve 1500 kişinin de yaralanmasına sebep olan deprem 230 km'lik bir alandan hissedilmiştir (ICOLD 2010).

Aynı yıl içinde, 1967 yılında, Pakistan'ın Lahore kentine 200 km uzaklıkta bulunan Mangla Baraj sistemi (ki 3 barajdan oluşmaktadır) bölgesinde sismik hareketler su toplanması ile beraber artmıştır. Mart-Aralık 1967 arasında gölette su tutulmaya başlanmasıyla



gölet su seviyesi 1968 Temmuz ayında en üst düzeylere ulaşmıştır. Hemen devamında 30 Temmuz ve 7 Ağustos 1968'de iki büyük deprem meydana gelmiştir. Adams'a göre (1968) depremlerden önce baraj etrafındaki yaklaşık 113 km²'lik alanda aylık olarak zaten öncü sarsıntılar artmıştır. Aslında barajlar aktif olan Himalaya zonu üzerinde inşa edilmiştir. Bu nedenle bu depremlerin doğal mı yoksa toplanan yaklaşık 7200x106 m³ suyun ağırlığının fay hattına aşırı baskı yapmasıyla mı olduğu tartışılmışsa da sonuçta elde edilen veriler barajın bu depremleri tetiklediğine yönelik bilgiler sunmaktadır (Adams 1968).

Bugün dünyanın en büyük toprak dolgu şeklinde barajlarından birisi olan ve yaklaşık 317 m derinliğindeki Nurek Barajı Tacikistan'dadır. 1972 senesinde baraj su seviyesi üst düzeylere ulaştığında bölge 4,6 büyüklüğünde depremle sarsılmıştır. Daha önce deprem olgusunu nadir gören bölgedeki bu sarsıntının esas nedeni olarak artan baraj suyu miktarının baskısı gösterilmiştir (Gupta 1992).

Amerika'nın Batısı'nda yer alan Kaliforniya eyaletindeki Oroville bölgesinde 1975 yılı Ağustos ayında 6,1 büyüklüğünde meydana gelen depremin aslında toprak dolum yöntemiyle yapılan barajın etkisiyle tetiklendiği ihtimali oldukça yüksek görülmektedir (Gupta 1992, wikipedia 2014).

Yakın zamanda, 2008 Mayıs ayında, Çin'de meydana gelen 7,9 büyüklüğündeki deprem ile Zipingpu Barajı arasındaki ilişkide yine konumuza bir örnektir. Yaklaşık 90.000 kişinin ölümüyle sonuçlanan bu olayda da barajın doluluk oranının depremi tetiklediği yönünde bulgular içerdiği görülmüştür (Harrington 2011).

Ülkemizde henüz bu anlatılanlar ile ilgili uzun dönemli bir çalışma bulunmamaktadır. Ancak, konuyu dünya çapında araştıran bir uzmana (Gupta 1992) göre Keban Barajında 1973 senesinde su seviyesinin yükselmesiyle beraber 3,5 büyüklüğünde bir deprem ve artçı şoklar ölçülmüştür. Ülkemizde halen üzerinde çalışılan barajlar olmasına rağmen konu sanki göz ardı ediliyormuş gibi bir his uyandırmaktadır. Örneğin, Ilisu Barajı için de geçerli olan baraj-deprem ilişkisi (ki deprem kuşağı üzerinde olan bir yapıdan bahsediyoruz) ne kadar detaylı incelenmektedir?

Görüldüğü üzere yapılan çalışmalar barajların toprak ve yer hareketlerini tetikleyebildiklerini göstermekte-

dir. Bu durum özellikle son yıllarda barajların yapılması planlanan bölgelerin seçimindeki önemi bir kere daha gözler önüne sermektedir. Olur olmaz yere bir set çekip burayı baraj haline dönüştürmek bir mühendislik sanatı olarak görülmemelidir. Alt yapının ve çevre koşullarının çok iyi araştırılması gerekmektedir. Durum uzun dönemde incelenmeli ve 1967 yılında İstanbul'da gerçekleşen 9. Büyük Barajlar Kongresi'nde Fransız Büyük Barajlar Komisyonu tarafından sunulan rapor artık ciddiye alınmalıdır. Rapora göre özellikle büyük barajlarda deprem ve yer hareketlerinin radar istasyonları kurularak ve bu barajların bir ağ şeklinde bağlantılı olarak gözlemlenmesi önerilmiştir. Ancak aradan geçen yaklaşık 50 senelik bir süreçte (ki teknik ve bilgisayar teknolojisinin çok daha üst boyutlara ulaştığı günümüzde) bu öneri hala yerine getirilememiştir. Ülkemizin deprem gerçeği var iken, söz konusu durumun üzerinde çalışılması zorunludur. Kaldı ki bu durum sadece HES niteliğindeki barajları değil, Nükleer Enerji Santralleri için de geçerlidir.

Kaynaklar:

- Adams, R.D. 1968. Seismic effects at Mangla Dam: May 1967 & November 1968. UNESCO. Serial No. 975.
- Belli, O. 2005. Doğu Anadolu'da Urartu Sulama Kanalları. Say Yayınları. İstanbul.
- Goodland, R. 2010. Viewpoint – The World Bank versus the World Commission on Dams. Water Alternatives 3(2): 384-398.
- Gupta, H.K. 1992. Reservoir Induced Earthquakes. Developments in Geotechnical Engineering. Vol.64.
- Gupta, H.K. & Rastogi, B.K. 1976. Dams and Earthquakes. Developments in Geotechnical Engineering. Vol.11.
- Harrington, B. 2011. The case against dams worldwide: Not too big to fail. For the Sake of Argument. Mart 24, 2011.
- International Commission on Large Dams. http://www.icoldcigb.org/GB/World_register/general.
- Külköylüoğlu, O. 2009. Çevre ve Çevre: İnsan-doğa ilişkisi. Abant İzzet Baysal Üniversitesi matbaası. İzzet Baysal Vakfı (ikinci basım). 278sayfa.
- Külköylüoğlu, O. 2011. Bolu'da Çevre Sorunlarına Bakış 1-2. Bolu Gündem Gazetesi. 26Eylül2011.
- Madrigal, A. 2008. Top 5 ways to cause a man-made earthquake. Wired.
- National Academy of Sciences. 1972. Earthquakes related to reservoir filling. A Report by Joint Panel on Problems Concerning Seismology and Rock Mechanics. 24s.
- Rothé, J.P. 1968. Fill a lake, start an earthquake. New Scientist. 39: 75-78.
- WWF. 2014. World Wildlife Fund. Dams and figures.