NÜKLEER ENERJİ SANTRALLERİNİN KURULMASINDA SİSMİK AKTİVİTENİN ÖNEMİ VE SİSMİK RİSK ÇALIŞMALARI

Ali İsmet KANLI
İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, 34320, Avcılar, İstanbul, E-mail: kanli@istanbul.edu.tr

Özet

Enerji konusunda ana hedeflerimizden biri de ülkemizin enerji ihtiyacının karşılanmasında dışa bağımlılıktan kurtulmak ve kendi öz kaynaklarımızın etkin düzeyde kullanılmasıdır. Bu kapsamda ilk olarak yapılması gereken, kendi öz kaynaklarımızın tamamının günün teknolojisi ve standartlarına uygun olacak şekilde yeniden değerlendirilmesidir. Mevcut fosil kökenli kaynaklara ilave olarak yenilenmiş potansiyel rezerv bilgileri, su gücüne dayalı enerji kaynaklarının yeniden gözden geçirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarının varlığı ve kullanılabilirliğinin önemi bir kat daha artmaktadır.

Yukarıda ana hatlarıyla vermiş olduğumuz enerji kaynaklarının ülkemiz açısından detaylı değerlendirmesi yapıldıktan sonra, enerji açığının kapatılması için ilave enerji ihtiyacının zorunlu olması durumunda, nükleer enerji santrallerine yönelinmesi gerekebilir. Nükleer enerji santralleri günümüzde çok tartışılan önemli bir konudur.

Ülkemiz içinde bulunmuş olduğu tektonik konum nedeniyle oldukça ciddi sismik aktiviteye sahiptir. Geçmişte meydana gelen depremlerden oldukça zarar görmüştür. Gelecekte de bu zararın azaltılması ve ülkemizin hem maddi açıdan hemde ortaya çıkacak olan can kaybının en aza indirilmesi amacıyla oldukça ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Günümüzde birçok ülkede güvenle kullanılan nükleer santrallerin bir kısmı sismik risk kapsamı dışında iken, bazıları oldukça ciddi risk taşıyan lokasyonlarda bulunmaktadır. Bu santrallerin inşası aşamasında yapılan

sismik risk çalışmaları ve yapılarda uygulanacak prosedürler Uluslararası Atom Enerji Ajansı (IAEA) tarafından oldukça dikkatli bir şekilde incelenmekte ve takip edilmektedir. Kurulum sonrası yeni karşılaşılan bir sismik tehlikeye karşı da gerekli önlemler alınmaktadır. Bu nedenle eğer gerekli kriterler yerine getirildiğinde, oldukça önemli yapılar olan nükleer santraller için sismik risk açısından hiç bir sakınca kalmamaktadır.

Ülkemizde kurulması planlanan ve sıkça tartışılan nükleer santrallerin, Uluslararası Atom Enerji Ajansı standartlarına uygun olarak planlanmasının yanında, yapılacak olan sismik risk çalışmalarının önemi, ülkemizin deprem potansiyeli göz önüne alındığında daha belirgin olarak ortaya çıkmaktadır.

GİRİŞ

IAEA (Uluslararası Atom Enerji Ajansı) nin güvenlik standartlarının içinde Site Evaluation (yer değerlendirmesi) önemli bir yer teşkil etmektedir. Nükleer santrallerin yer-çevre değerlendirme gereksinimleri kapsamında, santralleri güvenlik açısından etkileyebilecek olan hertürlü alan-saha-bölge ile ilgili araştırma ve incelemelerin yapılması gerektiği ve güvenliği etkileyecek olan hertürlü dış doğa kaynaklı yada insan faktörünün içinde bulunduğu olayların sıklığı ve şiddetinin araştırılması gerektiği bilinmektedir [IAEA Tecdocs 724,1993 -Godoy, 2005a].

Üye ülkelerin yapmış olduğu araştırma ve deneyimler bize, Nükleer santrallerin güvenliğini etkileyen en önemli dış etkenlerin başında depremlerin geldiğini göstermiştir.

Özellikle depremler ile ilgili olarak, sismik aktivitenin sebep olduğu yer hareketinin içinde bulunduğu bölgenin sismotektonik karekteristiği ve spesifik saha-yer şartlarının değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna ilave olarak belirsizlik analizlerininde, sismik tehlike kapsamında yapılması gerektiği açıkca vurgulanmıştır [Godoy, 2005a].

Sismik PSA (olasılıklı güvenlik değerlendirmesi) çalışmalarının yapılmasının nedenleri sırasıyla;

1. Yeni bir santral için lisans alınmasında gerekli yönetmeliklerin yerine getirilmesi
2. Var olan sismik kaynaklı konuların çözümlenmesi ve analizi,

3. Yeni oluşan sismik kaynaklı konuların çözümlenmesi ve analizi,
4. Risk yönetimi programının geliştirilmesi,
5. Santrallerin upgrade (yenilenmesi ve geliştirilmesi) için karar aşamasında maliyet/yarar performans analizinin yapılabilmesi,
6. Santralin orjinal dizaynında yada inşasında bulunmayan yada göz önüne alınmamış olan sonradan ortaya yeni çıkan, yada yeni tesbit edilen sisimik data nın değerlendirilerek santral güvenliği için kullanılması,
7. Santralin ömrünün uzatılması olrak sıralıyabiliriz [Godoy,2005b].

Yapılacak olan çalışmaların derinliği, projenin amaç ve sahanın sismik aktivitesine bağlı olarak geliştirilmektedir. Bu uygulamalar her türlü;

A) Ticari amaçlı

B) Araştırma reaktörleri

C) Askeri reaktörler için yapılmaktadır.

Sismik (Olasılıklı) Güvenlik Çalışmalarının Amacı:

- Meydana gelecek olan kazanın davraşınının belirlenmesi, tahmini ve geliştirilmesi
- Muhtemel kaza sıra ve silsilesinin anlaşılması
- Muhteme çekirdekteki hasarın (core damage) anlaşılması
- Baskın olan sisimik risklerin tesbiti
- Santrale gelmesi muhtemel, kuvvetli yer hareketi neticesinde meydana gelecek maximum yer ivmesinin (PGA) hesaplanması
- Sismik risklerin, diğer olaylarla mukayesinin yapılması

Genel yapı itibarı ile NPP (nuclear power plants:Nükleer santral) güvenlik talimatları sismik tehlike çalışmalarında direk olarak belirsizlikleri azaltmaya ve bu amaçla mümkün olduğunca fazla miktarda veri toplamayı ve analiz etmeyi öngörmektedir.

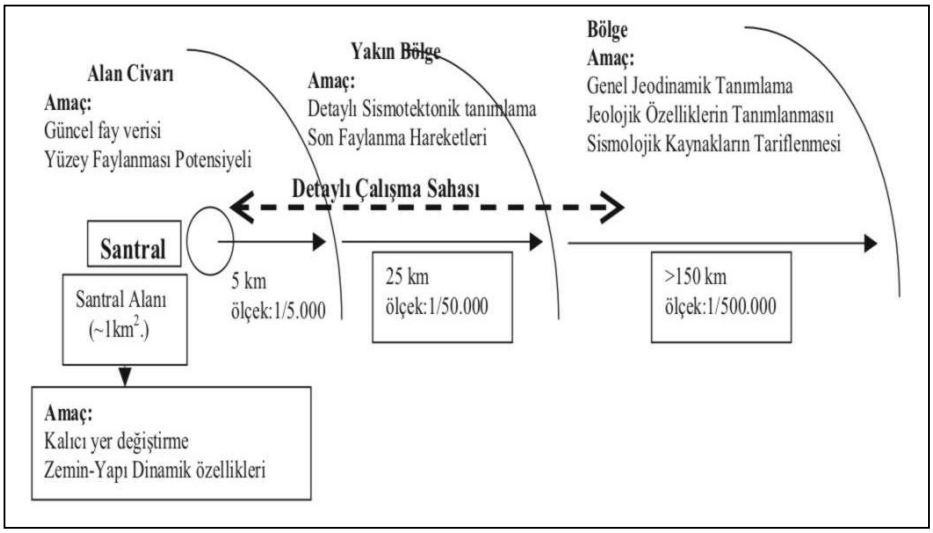
Araştırmalar ölçeklerine göre 4 temel alanda gerçekleştirilir (şekil 1).

A) Bölgesel (minimum 150 km lik çaptaki bir alan, ölçek: 1/500.000)
Bölgenin jeodinamiği üzerinde durulur

B) Bölge yakını (minimum 25 km lik çaptaki bir alan, ölçek: 1/50.000)
Yerel faylar, kırıklar, aktivitelerinin tanımlanması. Bunun için, stratigrafi, jeoloji, tektonik geçmiş gerekir.
Veri: Jeofiziksel araştırmalar, ısı akı çalışmaları, interferometrik veri, gerilme oran ölçümleri, sedimantasyon çalışmaları ve hava fotoğrafları kullanılır.

C) NPP alanın civarı (minimum 5 km lik çaptaki bir alan, ölçek: 1/5.000)
Güncel ve aktif faylar, fayın muhtemel gücü ve alandaki jeolojik duyarlılığı,
Veri: Jeolojik, jeofizik, kuyu verisi ve trench (özel kazı) çalışmaları

D) NPP alanı (NPP nin içinde bulunduğu alan ölçek: 1/500)
Potansiyel kalıcı deformasyonlar, zeminin dinamik profili
Veri: hidrolojik, jeolojik, jeofizik, jeoteknik ve laboratuvar testlerini içermektedir.



Şekil 1. Araştırmanın genel ölçeği ve içeriği [Godoy, 2005a]

Çalışma için toplanacak olan veri çeşitleri sırasıyla;

1. Jeolojik
2. Jeofizik
3. Jeoteknik

4. Sismolojik
5. Ve sahada jeolojik tehlike, faylanma ve yer hareketini değerlendirmeye yarayacak her türlü bilgi olarak tanımlanabilir.

Genel hatları ile Sismolojik veri :

Kayıtlı olan bölgede meydana gelen tüm deprem verileri;

- Tarihsel veriler
- Aletsel veriler
- Detaylı deprem katolokları.
- Paleosismolojik çalışmalar:

Analiz aşamasına geçmeden önce daha ciddi veribankası oluşturulması gerektiği ve bu amaçla, geçmişte olmuş depremlere ait verilerin günümüz ve tarihsel sismoloji arasında bir köprü oluşturan önemli bir bağlantı olduğu söylenmektedir. Özellikle bu tip çalışmaların, tarihsel verilerin eksik olduğu durumlarda öneminin dahada artmış olduğu kabul edilmektedir.

-Geçmişte oluşan depremlerin kayıtları (faylanma durumları, sıvılaşma, denizkıyısındaki yükselmeler) yaş tayini, yerdeğiştirme tahmini

- Eski tarihi yapılar üzerinde meydana gelen etkilerin değerlendirilmesi
- Geçmişteki simik aktivite ile günümüz arasında bağlantının kurulması

Bölgesel sismotektonik modelin oluşturulması:

Bölgesel sismotektonik modelin oluşturulurken, hesaplanan yada var olan tüm modeller, veritabanı ile ilişkilendirilerek kullanılmalıdır. Nekadar komplex metodlar kullanılırsa kullanısın, veritabanı zayıf ise iyi bir model oluşturulması mümkün olmamaktadır.

Sismotektonik modelin oluşturulmasında;

- Uzak bölgedeki kaynak zonlarının belirlenmesi
- Yakın bölgedeki kaynak zonlarının belirlenmesi
- Minimum magnitüdün belirlenmesi
- Uzak bölgedeki maximum magnitüdün belirlenmesi
- Yakın bölgedeki maximum magnitüdün belirlenmesi
- Magnitüd-frekans ilişkisinin belirlenmesi, olarak sıralanabilir.

IAEA Güvenlik standartları 2002 yılında tekrar düzenlenmiş ve sismik tehlike değerlendirmesi kapsamında NPP (Nükleer Santral) lere yönelik olarak 3 ana değişiklik ilave edilmiştir. Bunlar:

1. Sismik aktivite ile ilgili daha detaylı veri (data) toplanması
2. Mühtemel sismik risk analizi (PSHA-Probabilistic seismic hazard analysis) için kullanılacak metodlarlarda yol gösterici çalışmaların yapılması
3. Yer hareketlerinin tepki spektrumlarının geliştirilmesi konusu ile ilgili olarak daha fazla yol gösterici çalışmaların yapılması olarak özetlenebilir.

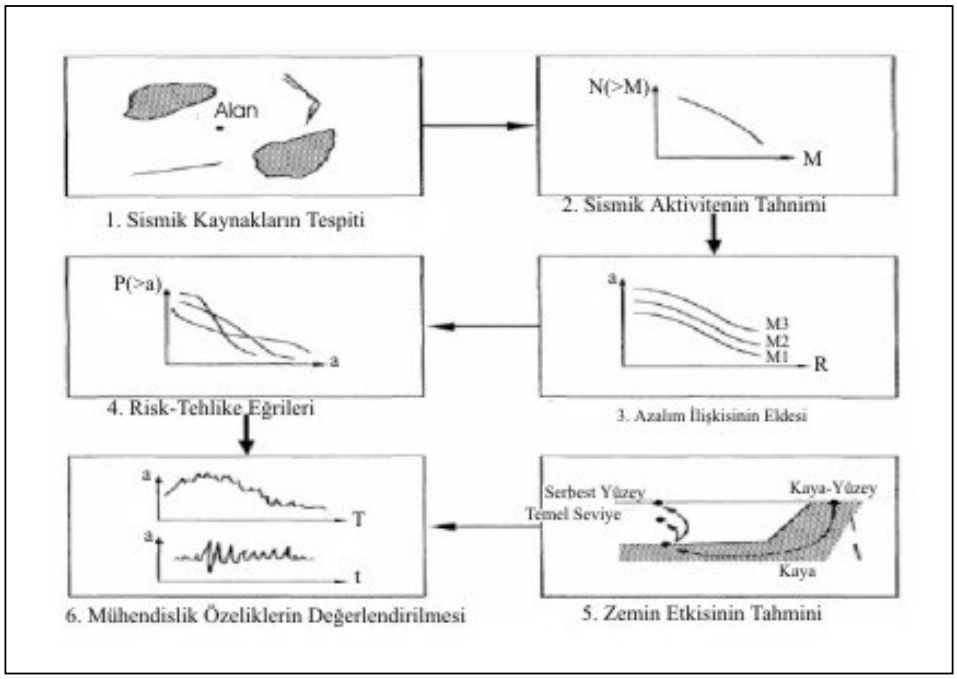
Çalışmaların ilk evrelerine, PGA (maximum yer ivmesi) ve PSA (Muhtemel güvenlik değerlendirmesi) çalışmalarına yönelik tahmin ve hesaplamalar, deterministic yöntemleri (belirleyici ve rastgele olmayan) yani temelde tek veri içeren hesaba dayalı çalışmaları içermektedir. IAEA' nın tavsiyesi ile yapılacak olan çalışmaların hem deterministic hemde probabilistic (olasılık) yöntemleri içermesi gerektiği vurgulanmıştır [Labak, 2005a].

Deterministic çalışmalarda:
Tek bir senaryo kabul edilir ve tek magnitud, tek bir mesafe alınır,
(elde edilecek etki M ve R ye bağlıdır)
Probabilistic çalışmalarda ise:
Birçok senaryo göz önüne alınır
Tüm magnitüdler hesaba katılır
Birçok mesafe göz önüne alınır
Tüm oluşabilecek etkiler hesaba katılır [Bard ,2005].

Dolayısı ile PSHA daha fazla veriyi ve detaylı analiz ve çalışmalarını içermesi sebebi ile kabul gören yöntem olmuştur.
PSHA çalışmalarını ana hatları ile şu şekilde özetliyebiliriz (Şekil 2.);
-Simolojik verilerin derlenmesi
-Jeolojik veritabanının derlenmesi
-Sismotektonik modelin oluşturulması
-Attenuation (azalım) tesbiti

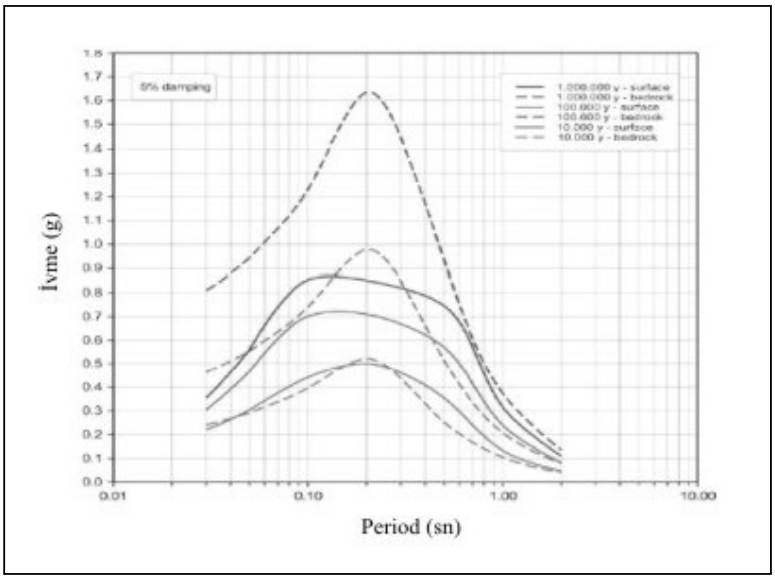
-Uniform tehlike spektrumunun hesaplanması

-Risk-tehlike karakteristiklerinin hesabı



Şekil 2. PSHA nın analitik akış şeması [Godoy, 2005b].

Aslında temel amaç, NPP nin bulunduğu alana ait temel spectrum ve ivme değerlerinin elde edilmesidir (Şekil 3).



Şekil 3. Risk-tehlike tepki spektrumuna bir örnek [Contri, 2005].

Mühendislik özelliklerinin değerlendirilmesinde yapılan hesaplamalar:

- ayrık risk-tehlike hesapları
- yatay tepki spektrumu
- düşey tepki spektrumu
- ivme değerleri
- **Zemin etkisi** (detaylı veri ve araştırma gerektirmektedir konu ile ilgili bkz: Kanlı et al., 2006).

Tüm bunlara ilave olarak, oluşabilecek bir depremle ilişkili olarak,İkincil etkiler adını verdiğimiz etkileri bizim açımızdan önemli olanlarından bahsetmek gerekirse;

Zemin sıvılaşması
Eğime bağlı duyarsızlık
Gömülme
Zemin çökmesi
Yüzey faylanması
Artcı soklar
Tsunami olarak sıralıyabiliriz.
Yukarda bahsedilen ikincil etkilerin Santrale vereceği zararlardan kısaca bahsetmek gerekirse;

NPP alanında meydana gelen faylanma: Direk NPP zarar verir
NPP altında sıvılaşma ciddi hasara sebep olur
NPP nin direk altında olmayan lokal sıvılaşma ise enerjinin kaybolmasına ve su soğutmasının yitirlmesine sebep olabilmektedir [Labak, 2005b].

Tüm bu yukarıda çok kısa başlıklar altında vermeye çalıştığımız çalışmaların herbiri oldukça dikkat ve titizlikle sonuçlandırılması gereken çalışmalardır.

Sonuçlar

Ülkemiz enerji açığının kapatılması amacıyla sürekli gündemde olan nükleer santraller oldukça önemli mühendislik yapılarıdır. Bu santrallerin yer seçimi, kurulumu, kurulum sonrası belli periyodlarda yapılması gereken sisimik risk çalışmaları oldukça kapsamlı ve ciddi araştırmaları içermektedir. Yukarıda ana hatları

ile açıklanmaya çalışılan konuların, ülkemizin içinde bulunduğu yüksek deprem potansiyeli göz önüne alınarak değerlendirilmesi oldukça önem kazanmaktadır.

Bu santrallerin yüksek kurulum maliyetleri düşünüldüğünde, yapılacak olan değerlendirmelerin ekonomik boyutu nedeniyle iyi analiz edilmesi ve ona göre maliyet hesaplarının yapılması başlı başına önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kaynaklar

Bard P.Y., 2005, PSHA quality requirements in relation to the engineering applications, 2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear facilities: Uncertainties in Seismic Hazard, 14-25 February, ICTP,Trieste-Italy.

Contri, P., 2005, IAEA Safety quides, Tecdocs&other activities, 2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear facilities: Uncertainties in Seismic Hazard, 14-25 February, ICTP,Trieste-Italy.

Godoy, A.R., 2005a, The IAEA safety guide on the evaluation of seismic hazards for nuclear power plants, 2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear facilities: Uncertainties in Seismic Hazard, 14-25 February, ICTP,Trieste-Italy.

Godoy, A.R., 2005b, IAEA Tecdoc 724- probabilistic safety assesment for seismic events (seismic PSA), 2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear facilities: Uncertainties in Seismic Hazard, 14-25 February, ICTP,Trieste-Italy.

IAEA-Tecdoc-724, 1993, Probabilistic safety assessment for seismic events, Vienna, Austria, ISSN 1011-4289.

Kanlı,A.I., Tildy,P., Pronay, Z., Pınar,A., Hermann,L., 2006, V_S^{30} Mapping and Soil Classification for Seismic Site Effect Evaluation in Dinar Region, SW Turkey, Geophysical Journal International, Volume 165, 1, p. 223-235.

Labak, P., 2005a, Engineering quantities and secondary effects, 2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear facilities: Uncertainties in Seismic Hazard, 14-25 February, ICTP,Trieste-Italy.

Labak, P., 2005b, Probabilistic Seismic Hazard Assessment for the Bohunice and Mochovce Nuclear Power Plant (Slovakia) Sites, 2nd Workshop on Earthquake Engineering for Nuclear facilities: Uncertainties in Seismic Hazard, 14-25 February, ICTP,Trieste-Italy.