

---

# Nükleer Enerji Opsiyonunun Güvenliği

Ulvi ADALIOĞLU\*

## Özet

Enerji üretimi her ülkede kendi kaynaklarıyla dışardan ithal ettikleri kaynaklardan yapılmaktadır. Bu kaynakların çeşitlilik arz etmesi, üretimin bu kaynaklar arasında dengeli dağıtılması, gibi problemler ülkelerin enerji politikasının en vazgeçilmez konularındır.

Gittikçe çok büyük bir önem kazanan çevreye olan etkilerin azaltılması insanlığı temiz enerji üretim opsiyonlarına yönlendirmektedir. Büyük miktarda üretim için en uygun ve çevre bakımından temiz opsiyon nükleer enerji olarak görülmektedir. Bu santrallerin bilinen ve çok endişe uyandıran bazı özellikleri dolayısıyla bu opsiyonda güvenlik konusu başka bir titizlikle ele alınmasını gerektirmektedir.

Bu bildiriye nükleer santrallerin güvenliği bütün boyutları ile anlatılıp gerekli bilgiler verilmektedir.

## 1. Giriş

Ülkeler gelişmelerini sürdürebilmek için gerekli olan enerjiyi sahip oldukları değişik üretim vasıtalarını kullanarak elde etmektedirler Bu kaynaklar yenilenebilir ve yenilenemez ve ayrıca primer ve alternatif enerji opsiyonları olarak gruplandırılabilir. Ülkeler ellerinde mevcut olan kaynakları sonuna kadar kullanıp kalan enerji ihtiyacını ithal etmek veya yeni opsiyonlar bulmak zorunda kalmaktadır.

Bu yeni opsiyonların ekonomik, güvenli, dış müdahalelerden uzak, lokal yapıma veya işitirklere müsait olması muhakkak ki ülkeye büyük serbestlik ve katkı sağlayacaktır.

Türkiye halen sahip olduğu yerli enerji kaynaklarının yanı sıra oldukça fazla miktarda enerji ithaline başlamıştır. İhtiyaç anında üretimdeki aksamalar Ege ve Akdeniz bölgelerini kapsayan son enerji yetmezliği üretimde istikrar ve güvenliğin önemini ortaya koymuştur. Üretim fiyatlarının değişikliği ve bir

\*TAEK 'den emekli mühendis

kurala bağlanamaması bu gibi istenmeyen sonuçları doğurmaktadır. Yeni ve uygun fiyatlı üretimler bulunmasının aciliyeti ortaya çıkmıştır. Önümüzdeki yıllarda talebin gittikçe daha da artması mevcut üretim sistemleri dışında başka alternatiflerin bulunmasını da gerekli kılmaktadır. Bu yeni çözümlerin başında nükleer opsiyon gelmektedir. Nükleer opsiyon hem istenen büyüklükte enerji üretmeye müsaittir hem de sanılanın aksine daha “güvenli” ve “temiz”dir.

Nükleer bir reaktör içinde barındırdığı radyoaktivite sebebiyle topluma ve çevreye zarar vermemek üzere güvenli yapılır. Bu yapım işi belli bir felsefe, prosedür ve sıkı mevzuat hükümleri dahilinde yapılmakta ve güvenlik sağlanmaktadır. Toplumun kullandığı her teknolojik vasıtada giderilemeyen bir tehlike, bir risk vardır. Dolayısıyla nükleer opsiyonun da sıfır yapılamayan bir “artık” riski bulunmaktadır. Bu risk rakip opsiyonlarla karşılaştırılarak nükleer opsiyonun ülke için geçerliliği anlaşılabilir.

Bu bildiride nükleer santrallerde güvenliğin tarifi, güvenliğin nasıl temin edildiği santral yapımının bütün safhalarını kapsayacak şekilde anlatılmaktadır.

### **2. Nükleer Sahada Güvenlik (2-5)**

Bir nükleer reaktör

1. çalışması sonucunda kısa, orta ve bilhassa çok uzun ömürlü radyoaktif izotoplar ürettiğinden dolayı,

2. çalışmaya bile bu aktif izotopların bozunma ile devamlı olarak enerji üretmesi ve bu enerjinin bir şekilde dışarı alınması zarureti dolayısıyla,

3. bir kaza halinde bu aktif izotopların çok geniş çevreye dağılması ve büyük insan kütlelerine ulaşması sebebiyle,

4. bu ulaşma sonucunda ağır sağlık ve çevre (dolayısıyla ekonomik) sonuçların doğması sebebiyle,

5. bu sonuçlardan gelecek nesillerin de etkilenmesi tehlikesi yüzünden, fevkalade güvenli olarak yapılır.

#### **2.1. Nükleer tesisler için güvenlik tarifi**

Bir nükleer reaktörün güvenli olması:

- normal çalışma rejimini rahatlıkla yapabilmesi,
- anormal çalışma durumlarıyla rahatlıkla baş edebilmesi,

- bir kaza halinde aktiviteyi hapsedip çevreye verilecek hasarı sınırlaması, gibi şartların temini ile ortaya konur. Bu üç kademe “dizayna esas bölge” olarak tanımlanmaktadır. Kazalardan sonraki bölge ise “dizayna esas bölge ötesi” diye adlandırılmaktadır. Her iki bölgede geçerli mevzuat ve prosedürler ayırıcıdır. Esas olan birinci bölgenin gerektiği gibi mevzuata uygun ve güvenlik hedefleri ile kriterlerini sağlayacak şekilde ortaya konulmasıdır.

Bu yukarıda verilen 3 özelliği bünyesinde toplayan bir tesis “güvenli” ’dir denebilir. Fakat bu demek değildir ki tehlike veya risk sifıra indirilmiştir. “Artık risk” diye tarif edilen ve hiç bir zaman sıfır yapılamayan bir risk mevcuttur. Riskin mümkün olduğu kadar azaltılmasına mali imkânlar bir sınır getirmektedir. Ancak çok büyük harcamalar riskin daha da aşağılara çekilmesini sağlayabilmektedir. Fakat bu sırada başka teknik problemler de kendini gösterebilir ve tatbikatları çok zorlaştırabilir. Dolayısıyla risk için belli kabul edilebilir sınırlar vaz’edilmelidir.

## **2.2. Güvenlik hedefleri ve kriterler**

Toplumun güvenliği için bir takım kalitatif ve kantitatif hedefler ortaya konmuştur (1). Tesisin dizayn safhasından itibaren bu hedeflerin gerçekleşmesi için bazı güvenlik kriterleri vazedilmiştir. Bu kriterler bir sıralama silsilesi teşkil ederler. Mesela en basitten daha kompleks sistemlerin ve sonuçların işe girmesi hallerini kapsayan, yani kriterlerin uygulandığı sahaları en basitten daha yukarı seviyelere doğru dikkate alan bir sıralama şöyledir:

- komponent kullanılabilirlik kriterleri,
- reaktör sistemlerinin kullanılabilirlik kriterleri,
- muhtemel kazaların yıllık frekansları için kriterler,
- radyoaktivite salıverme kriterleri,
- kaza sonuçlarına konan limitler

Örnek vermek gerekirse mesela reaktör sistemlerinin kullanılabilir olama ihtimali 10–3, ağır bir kaza olma frekansı 10–6 – 10–7 1/yıl olması istenmektedir. Aktivitenin gerek normal operasyonda gerekse de kaza hallerinde salıverilmesi durumları için toplumun fertlerinin alacağı dozlar ve bunların sonuçları üzerinde de limitler konmuştur.

## **2.3. Güvenliğin temini**

Bu güvenlik, reaktörlerin kurulma ve sonraki işletmeye alma safhalarında alınan tedbirlerle temin edilmektedir:

### 2.3.1- Dizayn ve konstrüksiyon safhası

Dizayn sırasında güvenlik kademeli savunma (defence in depth) felsefesi denilen bir güvenlik politikasına göre sağlanır. Bu felsefenin esası yukarıda bahsedilen her safhada radyasyon çıkışını önleyecek birden fazla engelin bir-biri arkasına konulmasıdır. Bir engel yıkıldığında arkasından ikinci bir engel hazır bekliyor olması gerekir. Bu felsefeye göre:

- yüksek kalitede cihaz ve aletler kullanılmalıdır.
- kullanılan her bir cihazın adedi birden fazladır.
- bu cihazlar arıza hallerinde bile güvenliği sağlayacak şekilde dizayn edilmiş (arızada güvenli) olmalıdır.
- aynı fonksiyonu yapan birden fazla cihaz ve aletlerin dizayn ve yapıları farklıdır.
- aynı fonksiyonu yapacak cihaz veya sistemler birbirlerinden fizik olarak ayrı yerlere konulmuştur.
- cihaz ve sistemler otomasyona önem verilerek yapılır ki bu insan hatalarını minimuma indirir.

Santralin yapısı işletmeyi gerçekleştiren “proses sistemleri” ile güvenlik sağlayıcı “güvenlik sistemleri” ’den ibarettir. Dizayn esnasında bu sistemler için bazı kriterler konmuştur. Sistemler

- tek arıza kriteri, (bir proses sistemi arızası),
- çift arıza kriteri, ( bir proses ve bir güvenlik sistemi arızası),
- ortak sebep arızalarına karşı önlem,
- otomasyon tercihi,

gibi kriter ve prensiplerle dizayn edilmektedir.

Tek ve çift arızaların olması frekansı üzerinde bir takım limitler vardır:

- tek arıza frekansı = 1/3 yıl,
- çift arıza frekansı = 1/3000 yıl.

Tek bir başlatıcı olayın birden fazla cihaz veya sistemi arızalandırması ortak sebep arızalarıdır. Dizaynı farklı mantık ve yerleştirmeyi farklı mekanlara yapmak bu arızalara karşı düşünülmüş bir önlemdir. İnsan hataları için düşünülen otomasyon yeni dizaynlarda çokça kullanılmaktadır.

Ayrıca güvenlik sistemleri

- kendi aralarında birbirlerinden,
- proses sistemlerinin hepsinden

bağımsızdır. Tek ve çift arıza frekans limitlerini sağlamak için her bir güvenlik sistemi arıza yapma ihtimallerine 0.001 değerinde bir limit konulmuştur.

Bu şekilde dizayn edilen reaktör normal (ve anormal) işletme esnasında kontrol sistemleriyle (yani belli proses sistemleriyle) çalışmasını yürütebilir. Başa çıkılamayan durumlarda ise özel güvenlik sistemleri devreye girer. Bunların

- kaza halinde reaktörü durdurmak,
- durdurmadan sonra reaktörü soğutmak,
- herhangi bir radyoaktivite salıverilmesini müteaddit engellerle durdurmak,

fonksiyonları vardır.

Reaktörlerin durdurulması

- 1- mekanik durdurma sistemleri veya
- 2- sıvı enjeksiyonu yapan sistemler

ile yapılabilir. Bu sistemler birbirlerinden mekan olarak ve çalışma mantığı bakımından ayırdır. Mantık değişikliğinden kasıt bir sistem mekanik ise diğeri başka bir çalışma sistemine dayanır. Meselâ bazı malzemelerin nükleer özelliklerinden faydalanılmaktadır.

Durdurma sonrası soğutma şöyle yapılmaktadır:

- 1- normal durdurmalarda özel soğutma sistemleri kullanılır.
- 2- kaza hallerinde ise değişik kaynaklardan soğutma suyu temin eden sistemler

kullanılır. Bu sistemlerde suyu yer çekimiyle temin eden pasif sistemler tercih edilmektedir. Pasif sistemlerin arıza ihtimalleri aktif sistemlere göre çok daha düşüktür. Soğutma suyunun reaktör kalbінде dolaşımı zorlamalı olarak yapılır. Bu dolaşımın kaybı halinde reaktör tabii konveksiyonla kendini soğutacak şekilde dizayn edilir. Bunu temin için kalp soğutma sisteminde en alt noktada konumlandırılır.

## 70 *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Nükleer Enerjinin Önemi*

Normal çalışma ve kaza hallerinde çevreye verilen aktivitenin hapsedilmesi veya kontrollü olarak verilmesini temin için reaktör yapısı birbiri içindeki kaplar gibidir:

- yakıtın sinterlenmiş pelet yapısı aktiviteyi tutan birinci kaptır.
- yakıt peletlerinin içinde bulunduğu tüp ikinci kabı teşkil eder.
- tamamen hermetik bir sistem olan soğutma sistemi üçüncü kaptır.
- reaktör sistemlerini içine alan beton güvenlik kabı dördüncü kaptır. Bu kap aktiviteyi meselâ 10000 defa azaltarak dış ortama verebilir.
- reaktör merkezli belli bir yarıçaptaki yasak bölge 5. engeldir. Meselâ 500 metre veya 1 km mesafeye kadar olan daire için meskûn bölge değildir. Bu bölgenin sınırında aktivite ayrıca 100 defa daha azalır.

### 2.3.2-İnşaat, yapım ve montaj safhası

Santralın kurulacağı mahallin seçimi ile bu mahalde yapılacak iş ve imatların takip edildiği prosedürler vardır.

i) Santral mahallinin seçimi:

Yer seçiminde aday mahaller

- tabii afetler (yani deprem, fırtına, su baskını, yangın, v.s.),
- ulaşım,
- nüfus,
- tatlı su temini,
- büyük miktarda soğutma suyu temini

bakımından bir elemeye tabi tutularak en uygun mahal seçimi yapılır. Bu yere ait “yer lisansı” verilir.

ii) Santralın inşaatı başlaması için ön güvenlik analiz raporları verilir. Bu raporlar tasvip görürse inşaat başlama izni verilir. Aksi halde her bir soru ve problem için yapımçı firma gereken bütün izahatı ve bunların ispatlarını lisanslama otoritesine verip onu ikna ettikten sonra inşaat iznini alabilir.

iii) Santral inşaatı ve montajı safhası

İnşaat ve montaj sırasında yapımçı firma yapacağı değişiklikleri ve bunların sonuçlarını, güvenliğe etkilerini ortaya koyan raporları lisanslama otoritesine verir. Bunlar tasvip görürse bu değişiklikler yapılır, yoksa problem nok-

talari aydınlatıcı çalışmaların ayrıntılı raporları ile otorite kurumu ikna etmeğe çalışır.

Montaj ve imalat yapımında yapılan her işin belgeleri, fotoğrafları, x-ışını filmleri, v.s. belgeleri ayrıntılı olarak tutulur ve arşivlerde saklanır. Böylece ileride olabilecek olayların sebeplerinin mesulleriyle birlikte tespit imkanı doğmaktadır. Bu tutulan belgeler mesul kontrol elemanları ve uzmanlarınca kontrol edilip onaylandıktan sonra imalatın bir sonraki safhasına geçilir.

Malzemeler ve işlerin icrası bir kalite temin/kalite kontrol programına göre yapılmak ve bu işlerinde kontrolünün birbirinden bağımsız ve birbirini kontrol eden organlarca yürütülmesiyle temin edilmektedir.

### **2.3.3- Testler ve işletme safhası**

Santral inşaatının bitiminde radyasyonlu ve radyasyonsuz bir takım testlere geçilmelidir. Yapımcı firma bu işler için lisanslama otoritesine izin için başvurur. Bu izin çıkınca:

1- Radyasyonsuz testler: reaktör sistemleri suyla doldurulup soğuk ve sıcak hidrolik testlere tabi tutulur. Bunlara ait raporlar lisanslama otoritesine gider.

2- Radyasyonlu testler: radyasyonsuz testlerin sonuçlarına göre lisans otoritesi bir sonraki safha için izin verir. Reaktöre yakıt yüklenmesi izni verilir. Reaktöre yol verilmesi ve düşük güçlerde çalıştırılmasına geçilir. Daha sonrada yüksek güçlere çıkma testleri yapılır. Aksaklıklar tespit edilir. Aksaklıklar önceden belli olan prosedürlere göre rapor edilir. Eğer yeni bir olay varsa ve prosedürü yoksa bunlar için yeni prosedürler lisans otoritesiyle beraber ortaya konur.

3- Bütün testleri geçen tesise çalışma izni verilir.

4- Rutin çalışmaya başlayan santral soğutma suyunun ve havalandırma sisteminden geçen havanın aktif bölgelerde dolaşmasından dolayı bir miktar aktif hale gelir. Bu akışkanlar dış ortama belli bir aktivite limitleri altında verilir. Bu limitler çevredeki insanlara diğer bütün sebeplerden halen toplumda mevcut olan sağlık risklerinin üzerinde bir sağlık riski vermeyecek şekilde tespit edilmiştir.

### **2.3.4- Kaza durumları**

Kaza durumları daha santral dizayn safhasındayken ayrıntılı bir şekilde incelenip raporları hazırlanır. Bu raporlar deterministik veya ihtimalli metodlarla hazırlanır.

Deterministik metotta santralde olabilecek bütün olaylar ele alınıp en kötü sonuç verecek olay seçilir. Olabilecek bu en büyük kazada bile çevreye verilecek zararın belli limitler altında olduğunun gösterilmesi gerekir.

İhtimalli metotta ise santralde olabilecek bütün olaylar göz önüne alınıp bu olayların tek tek sonuçlarının kabul edilmiş bir kriter eğrisinin içinde alması istenir.

Önemsiz gibi görünen bazı olayların sonuçlarının bazen büyük ve kötü olmasının ortaya çıkmasıyla böyle farklı metotlar gelişmiştir.

Meselâ reaktörlerde kâlp erimesi en istenmeyen durumdur. Yapımcı firmalar kendi reaktörlerinin kâlp erime frekansının seçilen bir limitin altında kaldığını gösterirler. Bu günkü reaktörlerde

Kâlp erime frekansı  $< 1/100000$  yıl

dır. Son dizaynlarda bu değer  $1/1000000$  yıl değerine kadar düşürülmüştür. Bu sayının anlamı şudur: reaktör o şekilde dizayn edilmiştir ki kaza sonucu kâlbın erimesi 100000 yılda bir defa olacaktır. Unutulmamalıdır ki bir reaktörün ömrü en fazla 40 sene olarak kabul edilmektedir.

Çevredeki insanlara verilecek doz değerleri de tespit edilmiştir. Bu değerler alınması halinde bile gerek çalışanlar gerekse de kamu üyeleri mevcut riskin üzerinde bir riske maruz kalmayacaklardır.

Kaza durumlarında daha önceden hazırlanmış tehlike hali planları tatbik edilir. Bu prosedür ve planların kendileri ve uygulanışı bağımsız kuruluşlar tarafından denetlenip kontrol edilir.

### 3. Sonuçlar

Nükleer santraller radyoaktif izotoplar ürettiği ve bu izotopların çevreye her hangi bir sebeple salıverilmesi halinde endişe uyandıran sonuçlar doğurmasından korkulduğundan istenmemektedir. Bu durum bilhassa Chernobyl santralinde vuku bulan talihsiz kaza yol açmıştır. Buna bilgi eksikliğinin ortaya çıkardığı negatif yargılar da eklenince nükleer opsiyon adeta bir öcü olmuş bulunmaktadır.

Önyargılı tutumlara rağmen nükleer enerji opsiyonu mevcut opsiyonlar içinde en yüksek güvenlik standartlarına göre dizaynı yapılan, inşa edilen, işletilen ve emisyon bakımından en temiz opsiyonlardan biridir [6]. Çevreye en az CO2 emisyonu yapanlardan biridir. Normal çalışma halinde çevreye atılan aktivite insan sağlığına hiçbir kötü etki doğurmayacak şekilde atılmaktadır. Anormal durumlarda yani reaktörün transiyent hallerinde de santralin kolayca



işletilmesi için hiçbir zorluk bulunmamaktadır. Kaza halleri için yapılan çok geniş yelpazedeki araştırmalar kazaların gelişmesini rahatlıkla tahmin edebilmekte, olayları sayısal olarak hesaplayabilmekte, aktivite salıverilmesinin rahatlıkla kontrol edilebileceğini göstermektedir. Chernobyl 'den 1 yıl önce vuku bulan TMI santralindeki kaza bu söylenenlerin doğru olduğunu göstermektedir. TMI 'de dışarıya insan sağlığını tehdit edecek seviyede bir aktivite salıverilmesi vuku bulmamıştır.

Bu yüksek güvenlik standardı santralin dizayn safhasından inşaatına ve sonraki işletmesi safhasına kadar bütün bir süreç içinde her safhada sıkı mevzuat ve yönetmelik hükümlerinin uygulanmasıyla ve bu tatbikatların bağımsız otoritelerce yapılmasıyla temin edilmektedir.

O halde büyük miktarda enerji üretim vasıtalarından biri olan nükleer enerji daha tarafsız bir gözle incelenip ülkemizin enerji üretim vasıtalarının dengeli bir şekilde dağılmasının sağlanması gerekmektedir.

#### **4. Referanslar**

1. "An Approach of Quantitative Safety Goals for Nuclear Power Plants", NUREG-0739, 1980.
2. "Data Base for Candu-PHW Operating on a Once-through Natural Uranium Cycle", AECL-6593, July 1979.
3. G. Kugler, "Distinctive Safety Aspects of the Candu-PHW Reactor Design", AECL-6787, Jzn. 1980.
4. PSAR of Akkuyu NPP with PWR 1000 MWe, KWU, March 1984.
5. PSAR, Akkuyu Candu-1, Nuclear Generating Station, AECL, Jan. 1984.
6. "Comparative Environmental and Health Effects of Different Systems for Electricity Generation", IAEA Senior Expert Symposium on Electricity and the Environment, Key Issues Paper No. 3, Helsinki, Finland, 13-17 May 1991.