

---

# Yeni Nükleer Reaktörler: Tasarım Kriterleri

Doç. Dr. Cemal Niyazi SÖKMEN\*

## Giriş:

Nükleer reaktörler halen dünyadaki elektrik üretiminin %16-17'sini sağlamaktadırlar. 50 yılı aşkın bir geçmişe sahip nükleer teknoloji bu süre zarfında 51.000 TWh'lik enerji üretmiş ve 12193 reaktör-senelik bir işletim deneyimine ulaşmıştır.

Bu kısa yazıda nükleer reaktör tasarımlarının gelişimine değinilecek, güncel ve gelecek reaktör tasarımlarının sağlanması gereken kriterler özetlenerek Türkiye'nin yakın dönemde elektrik enerjisi üretimi için nükleer teknoloji kullanılmasına yönelik alternatifler irdelenecektir.

## Nükleer Reaktörlerin Gelişimi:

Her teknolojiye olduğu gibi, nükleer teknolojinin de çeşitli gelişim aşamaları olmuştur. 1960'lı yıllara kadar prototip reaktörler tasarlanmış ve imal edilmiştir. Bu reaktörler birinci nesil reaktörler olarak anılmaktadır. 1960 yıllardan sonra, halen günümüzde nükleer enerji üretiminin büyük bir kısmını sağlayan reaktör tasarımları kullanılmıştır. İkinci nesil olarak anılan bu reaktörlerin birçoğu halen işletmededir. Bu reaktörlerin önemli bir kısmı Basınçlı Su Reaktörleri (PWR), Kaynar Su Reaktörleri (BWR) ve Ağır Su Reaktörlerinden oluşmaktadır. Ayrıca eski Sovyetler Birliği ülkelerinde geliştirilmiş olan VVER tipi reaktörlerde bulunmaktadır. Üçüncü nesil reaktörler 1990'lı yıllardan itibaren işletmeye alınmaya başlamışlardır. 2030 sonrası için önerilen nükleer reaktör tasarımları dördüncü nesil reaktörler olarak anılmaktadır.

## Elektrik Üretim Şirketlerinin Gereksinimleri:

Elektrik üretim şirketlerinin, yeni kuracakları reaktörlerin hangi özelliklere sahip olmasını istedikleri, üçüncü nesil reaktörler hakkında bilgi vermektedir. Çeşitli ülkelerin, A.B.D., AB, Çin, Kore gibi, bu tip kriterleri belgeleyen dokümanları vardır. Ülkelere göre belirli farklılıklar olmasına rağmen bir-

---

\*Nükleer Enerji Mühendisliği Bölümü, Hacettepe Üniversitesi

çok noktada paralellik vardır. Bunlardan bazıları geliştirilerek aşağıda özetlenmiştir:

1. Reaktörlerin tasarım ömrü 60 yıl olarak belirlenmektedir. Aslında, özellikle ABD’de, birçok reaktör işleticisi, lisanslayıcı kuruluşa başvurarak, işletme süresi uzatımına gitmiştir.

2. Elektrik üretim şirketleri işletmesi kolay ve ekonomik reaktörler istemektedir. Örneğin, daha esnek yakıt çevrimleri ve yakıt değiştirme aralığının 24 aya kadar uzatılabilmesi istenmektedir. Ülkelere göre değişmekle beraber, reaktörlerden yük takibi yapılabilmesi istenmektedir. Kapasite faktörü beklentisi %80’lerin üzerine taşınmaktadır. Ayrıca bakım kolaylığı ve süresinin kısaltılması da istenen kriterler arasındadır.

3. Ölçme ve kontrol sistemlerinin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Örneğin normal çalışma koşullarında reaktörün tek bir operatör tarafından işletilebilmesi istenmektedir.

4. Güvenlik kriterleri daha fazla iyileştirilmiştir. Nükleer santrallerde güvenli tasarımın temeli olan derinliğine güvenlik ilkesine ek olarak, emniyet payları artırılmıştır. Sistemin davranışının yavaş olması istenmektedir. Bu amaçla, örneğin sistemde bulunan soğutucu miktarı artırılmakta, doğal taşınım gibi pasif mekanizmaların etkisinin daha fazla hissedilmesi için gerekli tasarım önlemleri alınmaktadır. Ayrıca koruma kabının dayanım sınırının daha yüksek olması istenmektedir. Her reaktör tasarımında, probabilistik yöntemler kullanılarak belirli iyileştirmeler yapılmıştır.

5. Reaktör korunum erime olasılığı reaktör yılı başına 0,00001 olmalıdır. Üçüncü nesil reaktörlerin, ikinci nesil reaktör tasarımlarından önemli bir farkı, bu tip reaktörlerde kor erimesi gibi düşük olasılıklı fakat şiddetli kazalara karşı önlemlerin alınmış olmasıdır. Bu tür önlemlerle birlikte çevreye radyoaktivite yayan bir kaza olasılığının 0.000001’den daha az olması istenmektedir.

6. Kaza sonucunda santral sınırları haricindeki etkilerin en az olması istenmektedir.

### **Yeni Nükleer Reaktör Sistemlerinden Beklenenler:**

Yeni nükleer tasarımlarına bir başka açıdan bakmak için IAEA tarafından yürütülmekte olan INPRO projesi incelenebilir. Bu projenin amacı yeni nükleer reaktör tasarım ve yakıt çevrimlerinin çeşitli grupların, tasarımcı, işletici, yatırımcı, medya gibi, gereksinimleri göz önüne alınarak değerlendirilmesi için bir yöntem oluşturmak olarak özetlenebilir. Bu çalışmada ortaya çıkan

kriterler yeni nükleer reaktör tasarımlarının kabul edilebilir olması için hangi kriterleri sağlaması gerektiğini gösterir. Bu kriterler;

1.Yeni nükleer reaktörlerin alternatifleri ile karşılaştırıldığında ekonomik ve yatırım riski de kabul edilebilir olmalıdır.

2.Bu tür sistemlerin kullanılması sonucu oluşabilecek çevresel etkiler şu andaki teknolojiden daha az olmalıdır. Ayrıca yeni reaktörler doğal kaynakları daha verimli kullanabilmelidir.

3.Güvenlik açısından, halen nükleer reaktörlerde uygulanmakta olan temel ilkelerin tasarım, işletme ve pasif sistemler yardımı ile desteklenmesi önerilmektedir. Ayrıca bir acil durum sırasında, santral civarında yaşayan insanların boşaltılmasına gerek kalmamalıdır.

4.Atıkların gelecek nesillere yük olmayacak şekilde ilgili tesislerin ömürleri boyunca çevre ve insan sağlığına zara vermeyecek şekilde yönetilmelidir.

5. Nükleer silah yapımında kullanılabilir maddelerin ele edilmesini engelleyici tasarım özellikleri bulunmalıdır. şeklinde özetlenebilir.

Bu kriterler ile elektrik üretim şirketlerinin kriterleri arasında belirli bir paralellik bulunmaktadır. INPRO kriterleri daha geniş kapsamlı olmakla birlikte tüm yakıt çevrimini de kapsamaktadır.

### **Üçüncü Nesil Reaktörlere Örnekler:**

Çalışmakta olan üçüncü nesil reaktörlere örnek olarak 1997 yılında devreye girmiş olan Japonya'daki ABWR reaktörlerini gösterebiliriz. ABD'de AP1000 reaktörü 2006 yılı başında tasarım lisanslaması sürecinden geçmiştir. EPR reaktörü Finlandiya'da kurulmaktadır, Fransa'da ise kurulma aşamasındadır.

### **Dördüncü Nesil Reaktörler:**

Aralarında ABD, Japonya, Fransa, Güney Afrika, Arjantin gibi ülkelerin bulunduğu bir grup ülke, 2030 ve sonrasında sürdürülebilir kalkınma perspektifi içerisinde nükleer enerji kullanımına yönelik alternatiflerin belirlenmesi ve bu sistemlerin gerçekleştirilebilmesi için gerekli araştırma-geliştirme çalışmalarını yapmaya yönelik bir çalışma başlatmışlardır. Bu çalışmada belirlenen hedefler 2030 ve sonrasında bu kavrama uyan reaktörlerin;

1. Sürdürülebilir kalkınma ilkeleriyle uyumlu olması, yakıt kullanımının çok verimli olması, yakıt üretebilmesi veya başka reaktörlerin atıklarını yakabilmesi,

2. Atıkların en aza indirilmesi ve idaresinin kolay olması,

## 62 *Sürdürülebilir Kalkınma İçin Nükleer Enerjinin Önemi*

3. “Mükemmel Güvenlik” ve nükleer santral sahası dışında acil durum önlemlerine gerek kalmaması,

4. Alternatif enerji kaynakları ile karşılaştırıldığında daha ekonomik olması ve kabul edilebilir yatırım riskine sahip olması,

5. Nükleer silah yapımında kullanılacak malzemelerin olmaması veya bunların elde edilmesinin engellenebileceğinin gösterilmesi kriterlerine uyması istenmektedir.

Bu kriterlere uyan ve katılımcı ülkeler tarafından önerilmiş altı tasarım dördüncü nesil reaktörler olarak anılmaktadır. Bu reaktörler Gaz, Sodyum, Kurşun soğutmalı hızlı reaktörler, Süper Kritik Basıncılı su Soğutmalı reaktör, Eriyik Tuz Soğutmalı reaktör ve Çok Yüksek Sıcaklıklı reaktördür.

Dördüncü nesil reaktörler olarak anılan reaktör tasarımlarına baktığımız zaman, nükleer teknolojinin gelişiminin çeşitli evrelerinde önerilmiş ve denenmiş, fakat ticari olarak başarılı olamamış hızlı reaktör tasarımları yer almaktadır. Bu temel olarak, söz konusu reaktörlerin, kendi yakıtını üretebilmek veya uzun dönemde çevresel risk yaratabilecek kullanılan yakıtları kullanabilecek özelliklere sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Nükleer reaktörlerin doğada bulunan tek yakıt malzemesi uranyumdur. Bu tip reaktörler doğal uranyum kaynaklarının çok uzun süreler yetmesini sağlayacaktır.

Bu reaktör tasarımlarının bazıları ise günümüzdeki teknolojiden çok daha yüksek sıcaklıklarda çalışmaktadır. Bunun iki amacı vardır: Yüksek sıcaklıklar termodinamik verimin artmasına neden olmakta dolayısıyla daha verimli güç santrallerinin kurulmasını sağlamakta, İkincisi ise hidrojen üretiminde bu reaktörler kullanılmaktadır.

Bu reaktörlerin gelişmişlik düzeyine bakarsak, hızlı reaktörler, özellikle de Sodyum soğutmalı hızlı reaktörler çeşitli ülkelerde, ABD, Japonya, Fransa, Rusya gibi, deneysel veya protip büyüklüklerde denenmiştir. Bazı deneyimler EBR-II çok başarılı olmuş, bazıları ise Sper-Phenix örneğinde olduğu gibi başarısız olmuştur. Süper kritik Su Soğutmalı güç santralleri çalışmakta olup, bu tip bir akışkanı kullanan nükleer güç santrali bulunmamaktadır. Eriyik Tuz yakıt karışımına dayanan deneysel bir reaktör 1960’lı yıllarda başarıyla çalışmış fakat ticari anlamda uygulaması yoktur. Çok Yüksek Sıcaklıklı deneysel bir reaktör Japonya’da hidrojen üretimi için denenmektedir.

Özetle, dördüncü nesil reaktörler gelecekte nükleer enerjinin yaygın olarak kullanılabilmesi için gerekli özelliklere sahiptirler, fakat iyimser bir tahminle 2030 yılından sonra kullanılacak konuma gelecektir.

### **3,5. Nesil Reaktörler:**

Şu anda kurulan üçüncü nesil reaktörler ile gelecekte kurulabilecek dördüncü nesil reaktörler arasında yakın dönemde, 2010–2015 kurulabilecek gelişmiş tasarımlar vardır. Bu tasarımların bir kısmı var olan teknolojinin çeşitli yönlerle iyileştirilmesine yöneliktir. Bu tip reaktör tasarımların birçoğu yeterince gelişmiştir ve prototip aşamasına gerek kalmadan ticari olarak uygulanabileceği genellikle kabul edilmektedir.

Bir kısmı ise tamamen farklı tasarımlara sahiptir. Bunlara örnek olarak buhar üretici, basınçlayıcı ve reaktör korunu aynı basınçlı kaba yerleştirilerek soğutucu kaybı kazası olasılığının elimine edildiği tasarımları gösterebiliriz. Bu tip reaktörlerin yaygın olarak kullanılabilmesi için araştırma geliştirme faaliyetlerine ve prototip aşamasına ihtiyaç vardır.

Bir başka tip tasarım ise Gaz Soğutmalı Çakıl Yataklı Reaktörlerdir. Halen Güney Afrika tarafından ticarileştirilmeye çalışılan bu reaktör, Çin tarafından deneysel ölçüde kurulmuş ve çalıştırılmaktadır.

### **Türkiye'nin Alternatifleri:**

Güvenli, güvenilir ve ekonomik bir şekilde elektrik enerjisi üretimi için Türkiye'nin önündeki seçenek üçüncü nesil reaktörlerdir. Gerek tasarım olgunluğu, gerekse çeşitli ülkelerde elde edilmiş lisanslama, inşaat ve işletme deneyimi bu tip reaktörlerin kurulmasındaki belirsizlikleri ortadan kaldırmıştır. Dördüncü nesil reaktörler içinse halen ciddi araştırma geliştirme faaliyetlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Elektrik enerjisi üretiminde kullanılmalarının planlanması ise mümkün görünmemektedir.