

Nükleer Enerji ve Japonya'daki Son Durum

Japonya'da yaşanan deprem ve sonrasındaki tsunaminin ardından nükleer enerji tekrar gündemde. Nükleer enerji gibi gelişmiş bir teknolojinin yalnızca olumsuz gelişmeler ile gündemimize gelmesi üzücü olsa da, nükleer enerjinin anlaşılması için önemli bir fırsat. Nükleer santrallerin çalışma ilkelerinden risklerine, doğaya zararlarından, Japonya'daki son duruma kadar nükleer enerji hakkında yeterli bilgiye sahip olmak önemli. Nükleer enerji hakkında doğru bilgilere sahip olunduğu zaman, konu hakkında tarafsız bir fikre sahip olmak da mümkün olacaktır.



Nükleer santrallerden önce, nükleer tepkimelerden ve bu tepkimelerin ne olduğundan bahsedilmelidir. Nükleer bir tepkime, en basit tanımıyla kimyasal tepkimeden farklı olarak atomların *çekirdeklerinin* değişimi ile sonuçlanan tepkimedir. Örneğin, Dünya'nın enerji kaynağı olan Güneş sanılanın aksine "yanmaz". Güneş enerjisi, füzyon sonucu atomların birleşmesiyle ortaya çıkar.

Günümüzde nükleer santraller "nükleer fisyon" ile çalışır. Fisyon, füzyonun aksine (füzyonda iki atomun çekirdeği birleşir) atomun çekirdeğinin bölünmesidir. Bu reaktörlerin çoğunda çekirdeği bölünen atom, uranyum elementinin U-235 izotopudur. İnanması güç olsa bile, günümüzde nükleer reaktörlerde uygulanan U-235 fisyonunun aynısının yaklaşık iki milyar yıl önce Dünya'da 12 farklı bölgede doğal olarak meydana geldiği bilinmektedir.

Nükleer Enerji Nedir?

Nükleer enerji santrallerinin dünya çapında onlarca farklı türü bulunsa da, elektrik üreten bütün nükleer santrallerin çalışma ilkeleri neredeyse aynıdır. Nükleer tepkimeyle ısıtılan su, su buharına dönüşür. Daha sonra bu buhar ile elektrik türbinleri döndürülerek elektrik elde edilir. Evlerde kullanılan türden, elektrik alıp hava üfleyen elektrikli vantilatörlerin aksine, bu türbinler havayla döndürülüp elektrik üretir. Sonuçta petrol, kömür, doğalgaz ve nükleer enerjiyi birbirinden ayıran temel fark türbinleri döndürecek buharı sağlayacak ısının *nasıl* elde edileceğidir.

Nükleer Santraller Nasıl Çalışır?

Nükleer santrallerin nasıl çalıştığını bir konu başlığı altında anlatmak hayli güçtür. Dünyada onlarca farklı amaçta ve seviyede nükleer santral teknolojisi kullanılsa da, bütün bu farklı çeşitler temelinde U-235 izotopuna nötron çarptırılması ile izotopun fisyonla uğratılması esasına dayanır (uranyumun diğer izotoplarının fisyonla uğraması oldukça zor olduğundan o izotopların fisyonla uğramadığı varsayılır). U-235'in fisyonla uğraması için uygun hızda bir nötron ile çarpışması gerekir. Çarpışma sonucu fisyonla uğrayan uranyum, daha küçük iki farklı element olarak (örneğin Kr-92 ve Ba-141) ikiye bölünür. Fisyon sonucunda aynı zamanda bölünen atomdan ortalama 3 adet nötron açığa çıkar.

Salınan bu nötronların 1 tanesi başka bir uranyumun fisyonla uğramasına sebep olursa, sürekli bir zincirleme tepkime gerçekleşiyor demektir. Dolayısıyla nükleer santrallerin çalışabilmesi için gerekli olan koşul bu şekilde sağlanmıştır. Bu tepkime sırasında ortaya çıkan ısı enerjisinin toplanarak elektrige dönüştürülmesi nükleer santralin temel çalışma ilkesidir.

Yukarıda bahsedilen döngünün sağlanabilmesi için çözülmesi gereken bazı sorunlar vardır.

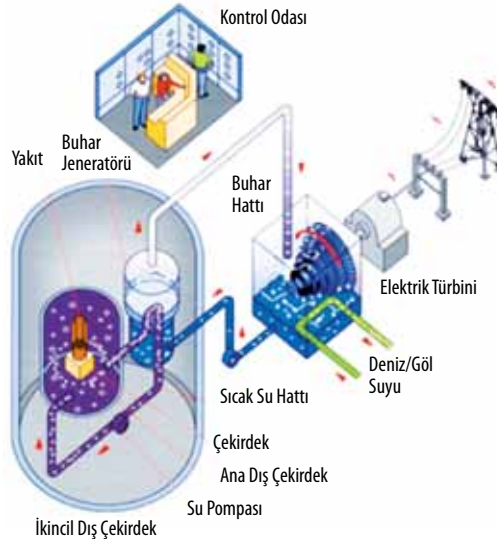
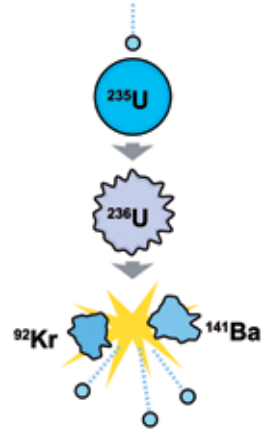
- Doğal olarak çıkarılan uranyumda U-235 izotopu % 0,72 oranında bulunur ve bu miktar genelde sürekli bir tepkime sağlanması için yeterli değildir.

- Uranyum tarafından salınan nötronlar çok hızlıdır. İçgüdüsel olarak daha hızlı nötronların uranyum çekirdeğini daha kolay böleceğini düşünsek de, nötronlar çok hızlı olduklarında çekirdeğin içinden uranyum atomunu bölemeden geçerler. Dolayısıyla salınan bu nötronların (moderatör ile) yavaşlatılması gereklidir.

- Fisyon sonucu ortaya ısı çıkar. Bu ısının fisyonun gerçekleştiği çekirdekten alınması yani çekirdeğin soğutulması gerekmektedir.

Bu üç temel soruna çok farklı şekillerde çözüm bulunabilir ve bu farklı çözümler farklı reaktör türlerini oluşturur. Reaktörler, kullandıkları yakıt türüne (U-235 oranı), kullandıkları nötron yavaşlatıcıya (moderatör), kullandıkları soğutucuya, teknolojik seviyelerine ve kullanım amaçlarına göre farklı gruplara ayrılabilir. Her ne kadar bu sorunların çözülmesi için kullanılan malzeme ve sistemler farklı olsa da, "basınçlı su reaktörü" nükleer reaktörlere güzel bir örnek olduğundan yazıda bu türün nasıl çalıştığını anlatalım.

Bu reaktörlerde yakıt, çubuklar halinde yan yana yerleştirilir. Bu çubuklarda (1-2 santim çapında



ve uzunluğunda) bulunan uranyumda U-235 izotopu yaklaşık % 3 oranındadır. Hazırlanan bu çubukların yaklaşık 64 tanesinin yan yana yerleştirilmesi ile reaktörün çekirdeği hazırlanır. Bu çekirdek yaklaşık 12-18 ayda bir, % 25 kadarının yenilenmesiyle işlevine devam eder.

Çekirdek, reaktörün merkezinde, bir su havuzunun ortasına yerleştirilir. Bu tür reaktörlerde su, hem nötron yavaşlatıcı (moderatör) hem de soğutucu görevini üstlenir. Çekirdekten geçen su, fisyonu uğrayan atomların saldıdığı nötronlarla çarpışıp onları yavaşlatarak tepkimenin sürekliliğini sağlar. Aynı zamanda ısınır. Bu sıcak su, reaktörün içinde başka bir suyu ısıtmak için kullanılır. Ancak kullanılan bu suyun reaktörün içinde kaynamaması gerekir. Suyun kaynamasının önlenmesi için çekirdek yüksek basınçta tutulur (reaktör adını bu yüksek basınç özelliğinden alır). Isı geçişi sırasında reaktörden geçmekte olan radyoaktif su ile türbinlerin çevrilmesinde kullanılacak olan su birbirleri ile temas geçmez, dolayısıyla reaktörden çıkan su radyoaktiviteden arınmış olur. Elde edilen bu su, su buharı olarak türbinlerin döndürülmesinde kullanılır.

Reaktör çalışır durumdayken üretilen elektrik miktarını sürekli kontrol etmek, bunun için de reaktörün hızını kontrol etmek gerekir. Bu kontrol yakıt çubuklarının üzerine nötronları yalıtıcı silindirlerin geçirilmesiyle sağlanır. Yakıt çekirdeğinin üzerinde bulunan bu silindirler aşağı indirildikçe salınan nötron miktarı azalır, böylece tepkime hızı da yavaşlatılmış olur. Dolayısıyla eğer bu "kontrol çubukları" yakıt çubuklarına tamamen geçirilirse nükleer fisyon durdurulmuş olur. Reaktörün hızını kontrol etmenin başka bir yolu da çekirdekten geçen suyun nötronları ne kadar yavaşlattığını kontrol etmektir. Çekirdekteki suyun nitelikleri (ısısı ve/veya basıncı) değiştirilerek tepkimenin hızının ayarlanması da mümkündür.

Farklı türlerdeki nükleer reaktörlerde çekirdeği soğutmak için su yerine basınçlı su, ağır su, süperkritik su, sıvı metal, gaz ve erimiş tuzdan herhangi biri kullanılabilir. Nötronları yavaşlatmak için su yerine grafit, ağır su, sıvı metal veya erimiş tuz kullanılabilir.

Nükleer Tepkimelerin Verimliliği

Nükleer bir tepkime, kimyasal bir tepkimeden (kömürün yakılması, doğal gaz kullanılması, vb.) yaklaşık bir milyon kat daha fazla enerji salar. Örneğin; 1 ton kömürün yakılmasıyla elde edilecek olan enerji miktarı, 1 gram uranyum ile elde edilebilir. Basit bir örnek vermek gerekirse, evimizde kul-

landığımız 100 Watt'lık bir ampülü bir sene boyunca durmaksızın yakmak için 325kg kömüre gereksinim duyarız. Buna karşın aynı ampülü nükleer enerjiyle yakmak için gerekli olan uranyum yarım gramdan, yani bir atacın yarısından, daha azdır. Dolayısıyla nükleer enerji, diğer seçeneklere göre inanılmaz ölçüde daha verimlidir. Kömür ile çalışan enerji santralleri günde iki kez kamyonlarca kömüre gereksinim duyarken, nükleer bir reaktör sadece iki yılda bir yeniden dolmuş ile çalışabilir. Tepkimelerdeki bu verimlilik reaktörlere de doğrudan yansımaktadır.

Nükleer Atıklar

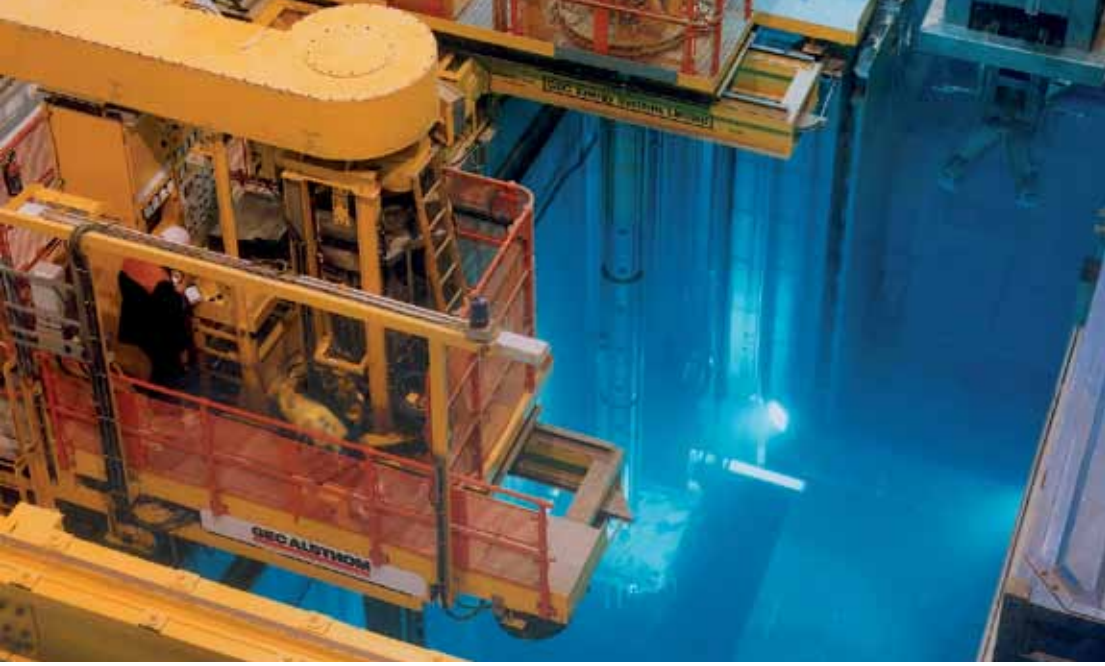
Yıllar boyunca fisyonu uğrayan yakıt bir süre sonra verimliliğini kaybeder ve değiştirilmesi gerekir. Ancak çekirdekte bulunan bu nükleer atık bir süre daha ısı vermeye devam eder ve soğutulması gerekir. Santrallerde yapılan olağan uygulama bu atığın reaktörün içinde bir atık havuzuna koyulmasıdır. Atık bu atık havuzlarında 2 sene kadar bekletildiğinde ısı salımı neredeyse durmuş olur.

Çekirdekten çıkarılan bu atıkta, tahmin edileceği gibi, radyoaktif elementler bulunur. Bu radyoaktif elementler zamanla kendi kendilerine (fisyon olduğu gibi) bölünerek başka elementlere dönüşür. Radyoaktivite bu kararsız elementlerin bölünürken açığa çıkardığı parçacıklardır.

Yakıtta bu radyoaktif elementlerin hepsi Dünya'nın oluşumunda doğal olarak var olan, ancak zamanla bölünerek yok olmuş elementlerdir. Ancak bu radyoaktif ve zararlı elementler yakıtın % 5'inden azında bulunur (yakıtın geri kalanı tahmin edileceği gibi uranyumdur). Bu noktada akla gelen ilk çözüm zararlı kısmın ana yakıttan ayrıştırılmasıdır. Ancak bu ayrıştırma işlemi ile yakıtın % 1'ini oluşturan plütonyum da ayrıştırılabileceğinden ABD başta olmak üzere bazı ülkeler bunu bir güvenlik tehlikesi olarak yorumlamış ve işlemi yasaklamıştır. 59 nükleer reaktör ile elektrik gereksiniminin % 75'ten fazlasını nükleer enerji ile sağlayan Fransa'da bu işlem yasak değildir. Yakıtın yeniden işlenmesinin yasak olmadığı Fransa'nın tarihi boyunca kullandığı bütün nükleer atık bir basketbol sahasına sığacak boyuttadır.

Buna karşın yeniden işlemenin yasak olduğu ülkelerde nükleer atığın miktarı hayli fazladır. Özellikle ABD'de, hükümetin çok yüksek atık saklama standartlarıyla başa çıkamayan şirketler çözümü atıkların reaktörde saklamaya devam etmekte bulmuşlardır.

İlk bakışta bu çözüm geçici bir çözüm olarak görünse de, bu eylem "sorunu görmezden gel-



mek” değildir. Atıklarda bulunan zararlı maddelerin (plütonyum dışında) ortalama yarı ömrü 30 yıldır. Dolayısıyla 300 sene sonra atığın radyoaktivitesi baştaki radyoaktivitesinin binde birine düşer. Bu süre sonunda bu maddeler insan ve doğa için sağlık riski oluşturmaz.

Ancak yakıtta bulunan plütonyumun yarı ömrü 24.600 yıldır. Dünya'nın oluşumunda bolca bu-



lunmuş olsa da, günümüzde doğadaki plütonyum miktarı yok denecek kadar azalmıştır. Dolayısıyla plütonyum, atıkta bulunan diğer maddelerin aksine daha uzun ömürlü olduğu için nükleer atıklar tartışmasında dikkate alınmalıdır. Plütonyumun taşıdığı sağlık riski yalnızca bu madde vücuda alındığında veya maddeye çok yakın olduğunda (herhangi bir risk olması için 5 cm'den yakın olunmalıdır) ortaya çıkar. Evinizdeki bir rafta kilolarca plütonyum ile yaşayabilirsiniz; plütonyum yemeklerinize, havaya ve temas ettiğiniz eşyalarınıza karışmadığı sürece size bir zararı olmaz.

Nükleer atıklarda plütonyuma benzeyen başka izotoplar da bulunur ancak plütonyum için yapılan

tartışma bu izotoplar için de geçerlidir. Dolayısıyla, nükleer atık sorunu esasında bu atıkların 500 sene kadar saklanması sorundur, çünkü bu süre daha dolmadan ortada bir sorun kalmayacaktır.

Nükleer atıkların saklanması için ülkeler farklı çözümler bulmaktadır. Bu alanda ülkelerin sıkı politikalarını yansıtacak en iyi örneklerden biri atıkların taşınmasında kullanılan nükleer atık tanklarıdır. Bu tanklar, nükleer enerji kurumunun standartlarına uygun olmalı ve her biri bu kurum tarafından onaylanmalıdır. Bir nükleer atık tankı 100 metre yükseklikten beton sertliğindeki bir zemine düşme, yarım saat boyunca 80.000 derece celsius ateşte yanma ve 8 saat boyunca su altında kalma testlerinin hepsini, ardi ardına geçmelidir.

Sandia Ulusal Laboratuvarı'ndaki mühendisler tarafından günümüzde kullanılan bir tank buna benzer bir sınava sokulmuştur. Saatte 130 km hızla giden bir trenin üzerine konulan tank, bulunduğu tren düz duvara çarptıktan sonra çevresindeki bütün kurşunu eritmeye yetecek olan bir ateşe maruz bırakılmış, daha sonra 600 metre yükseklikten beton sertliğinde zemine bırakılmıştır. Tank yere saatte 380km hızla vurup 1,5 metre gömülmüş olsa da üzerindeki boyaya gelen hasardan başka bir zarar görmemiştir.

Nükleer atık konusunun bu kadar gündemde olmasının sebebi teknolojik değil diplomatiktir. Birçok çözüm olsa da, çözümlerin uygulanması devletlerin izni ile gerçekleşecektir. Atıklar göz önüne alındığında, nükleer reaktörler alternatifleriyle kıyaslanmalıdır. Ortalama bir kömür reaktörü 1 yılda çevreye

1000 ton sülfür dioksit
5000 ton nitrojen oksitler
1400 ton sera gazı parçacığı
7.000.000 ton karbon dioksit
1.000.000 tona kadar da kül salar.

Buna kıyasla bir nükleer reaktör doğaya 0 gram sülfür dioksit, 0 gram nitrojen oksitler, 0 gram sera gazı parçacığı, 0 gram karbon dioksit ve 0 gram kül salar. Nükleer reaktörlerin bacalarından çıkan duman su buharıdır ve zararlı hiçbir madde içermez.

Nükleer güvenlik

Nükleer enerji akla geldiğinde en çok korkulan risklerden biri de nükleer sızıntıdır. Bir reaktörden yayılan ve reaktörün sebep olduğu radyasyon miktarına nükleer sızıntı denir. Çoğu insan radyasyonun yalnızca insan yapımı cihazlar ve yapılardan salındığını düşünse de, her saniye başka birçok kaynaktan radyasyona maruz kalmaktayız. Topraktan ve gökyüzünden vücudumuza her an küçümsenemeyecek kadar çok radyasyon gelir. Doğadan gelen bu radyasyona çevre radyasyonu denir. Dünya çapında bir ortalama verilse de, çevre radyasyonu bölgeden bölgeye normalin 200 kat kadar üstünde olabilir. Örneğin ABD'de Coloradoda yaşayan bir insan, Bulgaristan'da yaşayan bir insanın hayatı boyunca maruz kaldığı toplam radyasyonun iki katına, her sene maruz kalmaktadır. Başka bir örnek vermek gerekirse, yediğimiz her yemekte her zaman bir miktar radyoaktif potasyum bulunur. Ortalama bir yetişkinin vücudunda her saat yaklaşık 18 milyon potasyum atomu parçalanarak radyasyon yaymaktadır. Ortalama bir reaktör de, tabii ki az da olsa bir miktar radyasyon yayar. Ancak bu miktar çevre radyasyonundan 300 kat daha azdır. İnanması güç olsa da, nükleer reaktörler çevremizdeki en radyoaktif yapılar değildir: Ortalama bir kömür santrali, bir nükleer santrale göre 100 kat daha fazla radyasyon yayar.

Halkı korkutan başka bir şey de bir nükleer santralin atom bombası gibi patlayacağı korkusudur. Ancak bir nükleer santralin, yakıtının yapısından dolayı, nükleer bir silah gibi patlaması fiziksel olarak imkânsızdır. Nükleer bir patlama için kullanılan yakıtın en az % 20 oranında zenginleştirilmiş olması (% 20 oranında U-235'e sahip olması) gerekir, aksi takdirde gereken zincirleme tepkime açığa çıkmaz. Savaşlarda kullanılan ve savaş için yapılmış nükleer silahların zenginlik oranı en az % 80'dir. % 20 yeterli olsa da, etkili bir patlama yaratmak için yeterli olamaz. Nükleer santrallerde bu zenginleştir-

menin yapılması reaktörde bulunan araçlarla mümkün değildir. Kısaca, bir nükleer santralin patlaması için zenginliğinin en az % 20 olması gerekirken, dünyadaki en zengin yakıtla çalışan reaktörün yakıt zenginliği yalnızca % 5'tir. Kötü niyetli insanlar reaktörün kontrolünü ele geçirse bile, isteseler de bir nükleer reaktörü patlatamazlar.

Bunların dışında nükleer reaktörlerde onlarca güvenlik sistemi bulunur. Buna bir örnek kontrol çubuklarıdır. Reaktörlerde, yakıt çubuklarındaki fisyonu durdurmak için kullanılan kontrol çubukları bulunur. Bu kontrol çubukları içi boş silindir şeklindedir ve yakıt çubuğunu saracak şekilde tasarlanmıştır. Yakıtı geçirildiğinde bu kontrol çubukları yakıttaki fisyonu tamamen durdurur. Günümüzde kontrol çubukları yakıtın üzerinde elektrikli mıknatıslarla duracak şekilde yerleştirilir. Bu mıknatıslar elektriklerini santralin kendisinden alır, dolayısıyla santralin elektrik üretiminde bir arıza olursa bu çubuklar doğal olarak kendi kendilerine yakıtın üzerine düşerek santrali durdurur.

Çekirdekdeki tepkimenin hızının kontrolsüzce artmasının önlenmesi için reaktörler "pasif güvenlik" adı verilen sistem ile tasarlanır. Bu sistem sayesinde reaktör çekirdeğinin ısısı arttıkça tepkimenin hızı yavaşlar. Dolayısıyla bir reaktör insan gözetiminde olmasa da pasif güvenlik ile normal işletim sürecinde asla aşırı ısınmaz.

Reaktörlerde kullanılan başka bir güvenlik sistemi de kalın dış çekirdeklerdir. Ana dış çekirdek 15 cm kalın metal üzerine sertleştirilmiş betondan yapılır. İkincil çekirdek ise bu ana çekirdeği kaplayacak şekilde yapılır. Ana çekirdeğin içerisindeki basınç yüksek olsa da ikincil çekirdekteki basınç atmosfer basıncından az olacak şekilde inşa edilir. Dolayısıyla ana çekirdekte ve ikincil çekirdekte bir sızıntı olsa bile, binanın basıncı dış basınçtan daha düşük olduğu için hava sadece içeri sızır, dışarı sızmaz. Kaza yapan Çernobil reaktöründe bahsedilen bu güvenlik sistemlerinin hiçbiri yoktu. Kontrol çubuklarının ucundaki madde hatalı bir şekilde tepkimeyi bir süreliğine hızlandırmaya sebep olacak şekilde tasarlanmıştı, pasif güvenlik yoktu (çekirdek ısındıkça tepkimenin hızı artıyor, çekirdeğin daha da ısınmasına sebep oluyordu) ve reaktörün koruyucu dış çekirdeği yoktu.

Dünya çapında nükleer enerji

Dünya 2009 yılında enerji ihtiyacının % 14'ünü nükleer enerji ile karşıladı. 2011 yılı itibarı ile 47 ülke nükleer enerji üretmekte veya üretmeye başla-

mak üzere. Bununla beraber Mart 2011 itibarı ile dünyada üretimde olan 62, tasarı aşamasında olan 158 ve yakın gelecekte yapılması önerilen 324 nükleer reaktör var. Bu sayılardan da anlaşılacağı gibi nükleer enerji dünya çapında çok önemli yere sahip bir teknoloji.

Nükleer enerjiye karşı görüşler

Nükleer enerjinin çevresel ve ekonomik yükünü öne sürerek nükleer enerjiye karşı çıkan kişilerin ve organizasyonların savlarından biri, reaktörlerin yapımı için gereken çok yüksek sermayedir. Nükleer reaktör yapan bir şirket, eğer reaktörde bir arıza çıkarsa batma riskiyle karşı karşıya kalır. Santalde yaşanan bir kaza sonucunda (çevreye hiçbir zarar gelmese de) reaktörün çekirdeğinde bir hasar oluşmuşsa şirketin bu kazadan sağ çıkması hayli zordur. Bu gerçek nükleer reaktör yatırımı yapacak şirketler için ciddi bir olumsuzluk oluştursa da, toplum için iyi haberdur. Batma riskini göze almak istemeyen şirketler doğal olarak güvenlik önlemlerine ve doğru işleme önem verir.

Ekonomik zorlukların dışında geçmişte yaşanan nükleer kazalar toplumda sağlık ve güvenlik kaygılarının ve korkunun artmasına sebep olsa da, geçmişten bugüne nükleer santrallerin sebep olduğu kanıtlanmış ölüm sayısının 50'den az olması nükleer teknoloji karşıtları tarafından kullanıldığı gibi yandaşları tarafından da kullanılır. Unutmayın ki Çernobil kazasından sonra bile Çernobil bölgesinde ve komşu ülkelerde kanserden ölüm oranlarında bir artma görülmemiştir. (Bu konu ile detaylı bilgileri *International Atomic Energy Agency (IAEA)*, *World Health Organization (WHO)* ve *United Nations Development Programme (UNDP)* tarafından 2005'te ortak hazırlanan raporda okuyabilirsiniz.

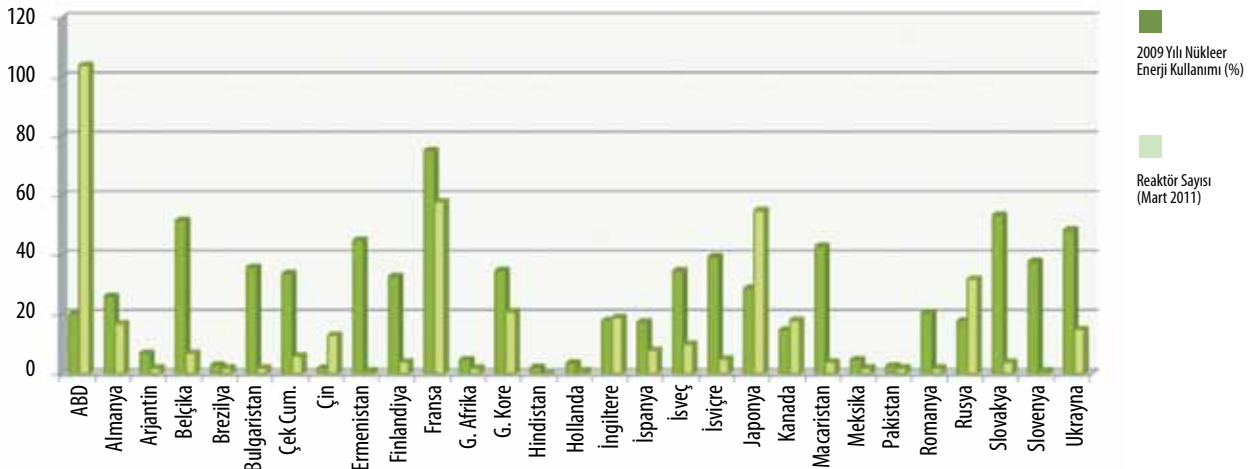


niz: www.iaea.org/newscenter/focus/chernobyl

İnsanların nükleer enerjiye cephe almasının bir diğer sebebi nükleer atıklar konusundaki belirsiz politikalarıdır. Atıkların ne yapılacağı teknik bir sorun olmaktan ziyade politik bir sorun olduğu için, nükleer enerji karşıtları gibi yandaşları da bu tutumu protesto etmektedir. Her teknolojinin doğal olarak zayıf yanları olduğu için, nükleer enerjiyi yargılamak bu sektörün gelişmesinde önemli yer sahibidir. Nükleer enerji sektörü iletişim ve bilgi paylaşımı yönünden örneğin silah, uçak, bilgisayar sektörlerine kıyasla daha gelişmiştir, dolayısıyla bu alanda araştırma ve geliştirme çok hızlı ilerlemektedir.

Japonya'da yaşanan kaza

Bildiğiniz gibi geçtiğimiz haftalarda Japonya'da yaşanan depremin ardından bölgede bulunan nükleer reaktörler kapatıldı ve erime tehlikesi altına girdi. Ne yazık ki bölgede ne olduğunu kısa zamanda öğrenmek yalnızca bizler için değil, reaktörde



görevli personel için de hayli güçtür. Buna karşın, reaktörde ciddi bir kaza olursa, kazanın ne olduğu bilinmese de bir kaza olduğu, çevrede yapılacak radyasyon ölçümleri ile dakikalar içinde öğrenilebilir. Basında gündeme gelen konu ile ilgili haberler *olmuş* bir kaza korkusunu değil *olabilecek* bir kaza korkusunu yansıtmaktadır.

Kaza hakkında şuana kadar bildiğimiz gerçekler ise şunlardır:

1971-1978 yılları arasında yapılan ve yakın zamanda kapatılması planlanan Japon Fukuşima reaktörü, deprem hissedildiği an, insan onayı beklemeksizin kontrol çubuklarının yakıtı indirilmesiyle anında % 100 kapalı duruma getirilmiş. Bu işlemden sonra reaktörde bulunan dizel jeneratörler devreye girerek fisyonu durdurulmuş olan çekirdeğin içinde bulunduğu suyu çeviren su pompalarına güç vermeye başlamış. Fisyon durmuş olsa da çekirdekte bulunan radyoaktif maddelerin ısı vermesi devam eder, dolayısıyla soğutulmalıdır. Verilen grafikte çekirdeğin zamanla nasıl soğuduğunu görebilirsiniz (grafikteki farklı çizgiler iki farklı reaktörü gösteriyor).

Şu ana kadar elimizde olan bilgilere göre reaktörü tsunami vurana kadar olağan dışı bir durum ile karşılaşıldığını düşünmemize sebep olacak bir veri yoktur. 100 seneyi aşkın zamandır bölgede tsunami yaşamamış olan Japon tasarımcılar, reaktör tasarı-

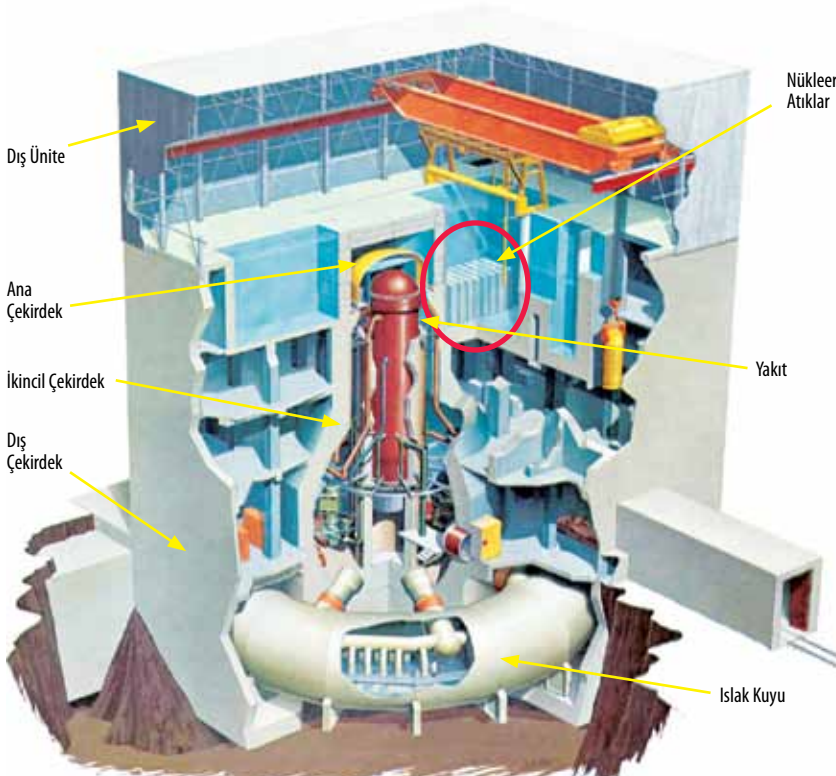
mını 6,5 metre yüksekliğe kadar dalgalara dayanıklı olacak şekilde tasarlamış. 6,5 metreden hayli büyük olan tsunami dalgası reaktöre vurduğunda büyük olasılıkla reaktördeki elektrik sistemlerini devre dışı bırakmış ve (suya dayanıklı olması gerektiği halde) jeneratörün de durmasına sebep olmuş. Bu reaktörler bu tür durumlara günümüz reaktörlerinden çok daha dayanıksızdır. Dolayısıyla reaktörlerde yaşanan temel sorun elektrik tesisatı, bu sorunun yaşanmasına sebep olan temel nedense deprem de-

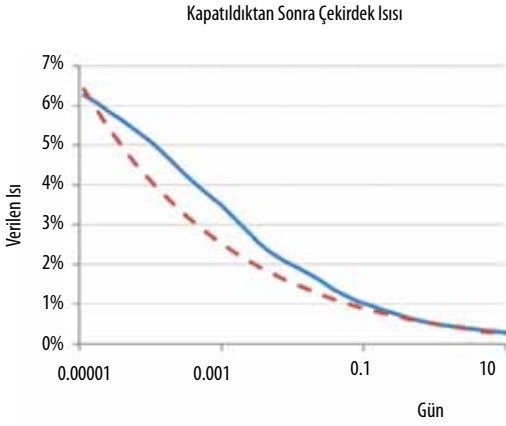


ğil tsunamidir.

Reaktörün tasarımından dolayı, reaktör kendi haline bırakıldığında doğal bir su döngüsü olmaz ve dolayısıyla çekirdekte ısı uzaklaşmaz. Hiç ısı alınmadığı takdirde yakıt aşırı ısınarak çekirdeği eritebilir, ardından ikincil çekirdeği de delerek toprağa karışabilir (hiçbir şey yapılmasa da bunun olacağı kesin değildir). Yeni bir pompa gelene kadar büyük olasılıkla yakıtın bulunduğu ana çekirdeğin içerisindeki su kaynamaya başlamış ve dolayısıyla su seviyesi düşmüştür. Su seviyesinin yakıtın bir kısmını açıkta bırakacak seviyeye inmesi kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Büyük olasılıkla Japonya'da da bu durum bir süreliğine meydana gelmiş, sudan çıkan yakıtın kaplamasındaki zirkonyum ortamında bulunan su buharıyla etkileşime girerek zirkonyum oksit oluşumuna ve hidrojen salınmasına neden olmuştur. Yanıcı bir gaz olan hidrojen aynı zamanda havadan daha hafif olduğu için reaktör içerisinde yükselmiş ve dış üniteye birikmeye başlamıştır. Biriken bu hidrojenin miktarı zamanla artmış ve en sonunda dış ünitenin patlamasına neden olmuştur. Ancak unutulmaması gereken dış ünitenin esasında tam olarak bu tür bir patlama için tasarlanmış olduğudur. Olası bir hidrojen birikmesine karşı patlamanın gücünü içeri değil dışarı yönlendirmek için çekirdeklere kıyasla dayanık-

Japon Fukuşima Reaktörü





sız ve kolayca parçalanacak panellerin birleştirilmesiyle yapılmış dış ünite, bir patlama olduğunda reaktörü korur. Gerçekte de Japon Fukuşima reaktörünün dış ünitesinin tam olarak bu sebepten patladığının aksini gösteren bir bilgi henüz yoktur.

Dolayısıyla yaşanan patlamalar korkulması gereken, tamamen beklenmedik olaylar değildir. Bu patlamalar sırasında, su seviyesi ve ısı problemini çözmek için Japon yöneticiler reaktörün içini deniz suyu ile doldurmaya karar vermiştir. Ana çekirdeğin içi (yakıtın bulunduğu çekirdek) olağan işletimde bile çok yüksek basınç altında çalışır, suyun ısınması ve basıncın artması çekirdeğin içine daha çok su doldurulmasını hayli zorlaştırır. Bu işlem için özel pompalar gerekir ve ana çekirdeğin içine su doldurulması bu yüzden (yakında bu tür pompalar bulundurulmadığından) zaman almıştır. Ancak gözlemcilerin anladığı kadarıyla Japon yönetimi, ek güvenlik olarak olağan işletimde radyasyon emici gazlar bulunduran ikincil çekirdeği de su ile doldurma kararına varmıştır. Şemada küçük görünse de, bu çekirdek hayli büyüktür ve doldurmak için çok fazla su gerekebilir. Bazı gözlemcilerin pompalanan bu kadar deniz suyunun nereye gittiği yönündeki korkularını bu hacim açıklar.

İkincil çekirdeğe doldurulan su, yakıtın ısını dışarıdan emmek dışında çok önemli başka bir görev de üstlenebilir. Suya çarpan erimiş yakıt şiddetli bir tepkimeye girerek “dağılır”. Bu dağılım erimiş yakıtın ikincil çekirdeğin tabanına küçük bir alanda değil, hayli geniş bir alanda temas edeceği anlamına gelir. Bu şekilde ikincil çekirdeğin kalın tabanının delinmesi ve yakıtın reaktörden çıkması imkânsız denecek kadar zor olur.

Bölgede ölçülen ani radyasyon artışının ve sonra aynı şekilde ani inişinin sebebi yakıtın suyun dışına çıkmış olması olabilir. Radyasyon sızıntısı olduğunda, korkulan temel madde iyottur. Radyoak-

tif halde olan bu element insan vücuduna girdiğinde hayli zararlı olabilir. İnsan vücudu tiroit bezinde iyot biriktirmeye çok eğilimlidir. Dolayısıyla bu tür bir tehlikede, bölgede bulunan insanlara iyot tabletleri verilerek tiroit bezlerinin iyotla dolması sağlanır, böylece radyoaktif iyot ile yüzleşen insanlar bünyelerinde daha fazla iyot biriktiremedikleri için radyoaktif iyottan, dolayısıyla radyasyondan korunmuş olur. Nükleer bir kazanın etkilerinin uzak bölgelere yayılma yolu iyot, sezyum ve ksenon gazlarıdır. Havaya karışan bu gazların etkisi doğal olarak olay yerinden uzaklaştıkça ve zaman geçtikçe hızla azalır.

Japonya’da yaşananlardan sonra ne olacak?

Japon reaktöründe yaşanan arıza, çekirdekteki suyun devri-daimi devam ettirilerek önlenilirdi. Bu gibi durumlarda pompa kullanmadan doğal olarak su döngüsü olan reaktörlere “pasif döngü” sistemine sahip reaktörler denir. Günümüzde bu pasif döngüye sahip reaktörler tasarlanmakta olsa da, ne yazık ki Japon reaktörlerinde bu sistem yoktu.

Japonya arızasından sonra, ülkeler nükleer enerji programlarına tekrar bakmaya başlamış durumda. Almanya bazı reaktörlerinin işletim lisanslarını yenilememe, İsviçre reaktör siparişlerini askıya alma kararı alırken ABD durum çözüldükten sonra nükleer politikasını gözden geçireceğini açıkladı. Bu kararlar nükleer enerji alanında bir gerileme değil ilerlemedir. Nükleer enerji mühendislerinin uzun zamandır önerdiği ancak zorunlu standartlar arasına alınmayan pasif döngü sistemi ve “koruma tepsi” (koruma tepsi, reaktörün zeminine yerleştirilen çok kalın bir beton tabandır, yakıt eriyip bütün çekirdekleri geçse de bu “tepsi”den geçemeyecektir) teknolojileri günümüz gelişmelerinden sonra reaktörlerde zorunlu hale getirilerek reaktörlerin daha da güvenli hale gelmesi sağlanabilir.

Kaynaklar

Carbon, Max W. “Nuclear Power: Villain or Victim?” 1997
 Ghiassi-nejad, M; Mortazavi, SMJ; Cameron, JR; Niroomand-rad, A; Karam, PA; “Very High Background Radiation Areas of Ramsar, Iran: Preliminary Biological Studies”
Health Physics, 82(1): 87-93, 2000; Ocak, 2002
 Herbst, Alan M.; Hopley, George W.
 “Nuclear Energy Now” 2007
 Kaku, Michio; Trainer, Jennifer. “Nuclear Power: Both Sides” 1983
 Mortazavi, S. M. J., Ikuhima T, Mozdarani H and Sharafi AA. Radiation Hormesis and Adaptive Responses Induced by Low Doses of Ionizing Radiation. *Journal of Kerman University of Medical Sciences*, Vol. 6, No. 1, 50-60, 1999.

<http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=ancient-nuclear-reactor>
http://www.stanford.edu/group/efmh/winds/global_winds.html
<http://www.nei.org/resourcesandstats/documentlibrary/reliableandaffordableenergy/graphicsandcharts/uselectricityproductioncostsandcomponents/>
<http://www.world-nuclear.org/info/reactors.html>
<http://www.msnbc.msn.com/id/5174391/>
 Deadly power plants? Study fuels debate



Cem Bağdatlıoğlu
 2009’da İstanbul Amerikan Robert Lisesi’nden mezun oldu. Şu anda ABD’de de University of Illinois Urbana-Champaign’de Nükleer Plazma ve Radyolojik Mühendislik Bölümü’nde eğitim görüyor. Çalışmalarını yenilenebilir enerjiler, güç, güvenlik ve çevre konularında yoğunlaştıran Bağdatlıoğlu’nun Stanford Üniversitesi *People to People Student Leader Programme*’den “Üstün Akademik Başarı” ödülü bulunmaktadır. Yazar 2011 yılında Amerikan Nükleer Enerji Derneği’nin bursu ile ödüllendirilmiştir.