



Nükleer Kâbus Çernobil

Nükleer güç santralleri, ancak güvenliğe ve çevre sağlığına gereken önem verildiğinde 'ucuza' elektrik enerjisi üretebilecek santrallerdir. Aksi takdirde, etkisi kuşaklar boyunca hissedilecek yeni Çernobillerin yaşanması işten bile değil.

ON YIL ÖNCE, 26 Nisan 1986'da Ukrayna'daki Çernobil güç santralinin 4 numaralı reaktöründe şiddetli bir patlama meydana geldi; 1000 ton ağırlığında ve 64 cm kalınlığındaki çelik kapak ve onu çevreleyen reaktörün hafif konstrüksiyon çatısı patladı. Patlamayla birlikte, reaktörün çevresine uranyum ve grafit parçacıkları saçıldı. Aynı anda, reaktördeki grafit, içeri dolan havayla temas ederek yanmaya başladı.

Patlama anında, bir patlamanın şiddetiyle duvardan düşerek, diğeri ise yanarak olmak üzere iki kişi hayatını kaybetti. Takip eden aylarda, çoğu yangının çevredeki reaktörlere sıçramasını engellemeye çalışan itfaiyecilerden oluşan 30 kişi daha, reaktörün eriyen korundan çıkan gama ve beta ışınlarına maruz kaldıklarından radyoaktif yanma ve hastalıklar sonucu öldü. Bunun yanı sıra, reaktörün patlamasına yol açan kaza sonucu pek çok kişi yüksek dozda radyasyon alarak çeşitli radyasyon hastalıklarına yakalanmış; Belarus, Ukrayna, Rusya ve pek çok bölge geniş ölçüde kirlenmeye maruz kalmıştır.

Kazadan sonraki birkaç gün boyunca, santralin çevresindeki 30 km çaplı alanda yaşayan yaklaşık 135.000 kişi tahliye edildi, toprağı ve çevreyi etkisi altına alan kirlenmenin kontrol edilmesi için çalışmalara başlandı. Tüm bunlar olurken, reaktördeki yangının söndürülmesi ve daha fazla radyoaktif maddenin sızmamaları için reaktörün kapatılması işlemleri sürdürülüyordu. 5000 ton kadar boron, dolomit, kum, kil ve kurşun, radyoaktivitenin daha fazla yayılmasını önlemek için helikopterlerle yanmakta olan korun üzerine boşaltıldı.

Takvimler 6 Mayıs'ı gösterdiğinde, korun sıcaklığı oldukça düşmüş ve radyoaktif malzeme yayılması büyük ölçüde azalmıştı.

Sovyet yetkilileri, 30-50 milyon Ci radyoaktif maddenin yayıldığını belirtti; ki bu da, reaktörün çekirdeğindeki toplam miktarın ancak yüzde bir kaçına denk geliyordu. Patlamayla birlikte, başta sezyum (Cs-137, Cs-134) olmak üzere Sr-90 ve I-131 gibi radyoaktif maddeler önemli miktarlarda dışarı saçıldı. Patlama bir dakikadan az sürdü; ancak kaza ile ilgili olarak hazırlanan Sovyet raporu ve Batılı uzmanların araştırmalarına göre, patlamanın toplam sağlığı ve çevre üzerindeki etkileri yıllarca sürebilir.

Kaza Geliyorum Dedi

Peki ama bu kaza nasıl meydana geldi? 25 Nisan'da Çernobil'deki 4 no'lu reaktörde çalışanlar, reaktörün tamamen kapatılması halinde, türbinlerin

ne kadar süreyle döneceği ve güç üreteceğinin belirlenmesi için bir deney yapmaya başladı. Söz konusu deney, bir elektrik kesintisi halinde turbojeneratörlerden birinin reaktörün güvenlik sistemlerinin elektrik gücü gereksinmesini sağlayıp sağlayamayacağını saptamak üzere planlanmıştı.

Standart operasyon prosedürleri, reaktör çalışırken herhangi bir zamandaki gücün, toplam güç kapasitesinin %20'sinin altına düşmemesini öngörür. Ancak bu deneyde operatör, reaktörün gücünü %7'lere indirdi. Operatör, aynı zamanda, otomatik kapatma mekanizmalarını da içeren güvenlik sistemini deneyin yapılmasını zorlaştıracakları ve deney süresini uzatacakları gerekçesiyle devre dışı bıraktı.

Reaktörde, gücü artırmak için kontrol çubuklarını korun dışına çeken mekanizma harekete geçirildi, basınç tüplerindeki su akışı azaltıldı. Bu aşamada reaktör kararsız durumdaydı ve bu işleme cevap veremedi. Ancak ope-



Cs-137'den kaynaklanan yüzey kirlenmesi
 ■ km²'de 15 Ci'ye kadar
 ■ km²'de 15 Ci'den fazla

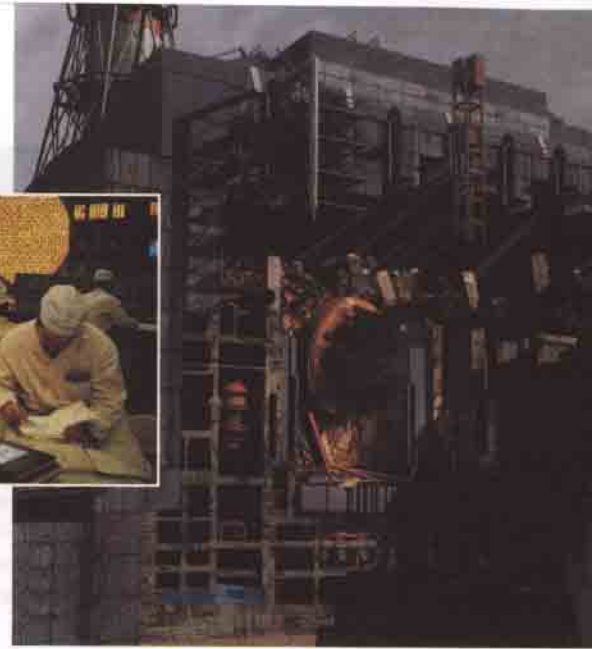
Batı dünyası, tahrip olan santral ilk olarak, 29 Nisan 1986'da Landsat 5 TM tarafından elde edilen görüntülerle izleme olanağı buldu.



ratör kontrol mekanizması ile oynamaya devam ettikçe oluşmayla başlayan zincirleme reaksiyonla güç artmaya başladı. Su buharlaşmaya ve buhar da, daha az yoğun olması nedeni ile daha az nötron yutmaya başladı ve sadece bu işlem bile zincirleme reaksiyon için gereken nötron miktarını fazlasıyla artırdı. Saniyelerle ölçülebilecek bir zaman içinde, artık neredeyse kontrol edilemeyecek bir güçle karşı karşıya kalınmıştı. Operatör, kontrol çubuklarını iterek reaktörü kapatmaya çalıştı ancak çubuklar korun dışına çıkmıştı ve yeniden yerlerine yerleşebilmeleri için gereken zaman, devam etmekte olan reaksiyonu engellemek için gerekenden kat kat fazlaydı. Bu sürecin sonunda ise, zincirleme reaksiyon acı bir sonla noktalandı. Bir anda oluşan güç yükselmesini izleyen buhar patlaması, reaktörü ve reaktör binasını tahrip etmiş ve reaktörün üst kapağını yerinden fırlatmıştır. Birkaç saniye sonraki ikinci patlama ile reaktörden salınan Cs-137, I-131, Sr-90 gibi radyoaktif maddeler



Çernobil'deki 3 no'lu reaktörün kontrol odası (üstte). 4 no'lu ünitenin batı yönündeki duvar kesiti (yanda).



1200 m'yi aşan yüksekliklere çıkmıştır. Atmosfere salınan bu radyoaktif gaz ve maddeler, yüksek sıcaklıkları nedeniyle hızla yükselerek 1000-1500 m yüksekliğe ulaşmış ve radyoaktif bulutlar oluşturmuştur. Bu radyoaktif bulutlar, meteorolojik koşullara bağlı hareket ederek Avrupa üzerinde yayılmaya başlamış ve sadece Avrupa'yı değil, hemen hemen tüm kuzey yarıküreyi etkilemiştir.

Çernobil'den salınan radyoaktif maddelerden oluşan bulut, güneyden kuzey-batı yönünde esen rüzgârlarla kuzeye doğru ilerleyerek İskandinavya'nın güney ve orta bölgelerine erişmiştir. İsveç'in doğu ve orta bölgelerinde normalden 14 kat fazla radyasyon düzeyinin ölçülmesi, bu büyük nükleer kazayı dünyaya duyurmuştur. Çernobil'deki bu önlenemez güç artışı, nükleer mühendislerin pozitif boşluk katsayısı olarak

Çernobil Reaktör Kazasının Türkiye Üzerindeki Etkilerine Genel Bakış

I. Hakki Arkan, Korhan Ertürk
Türkiye Atom Enerjisi Kurumu.

Eski SSCB'nin Kiev kenti yakınlarındaki Çernobil Nükleer Güç Reaktörünün 4. ünitesinde 26 Nisan 1986 günü erken saatlerde meydana gelen nükleer kaza sonrasında atmosfere büyük miktarda fizyon ürünleri salındığı 30 Nisan 1986 günü tüm dünya tarafından öğrenildi. Kazadan kaynaklanan radyoaktif salınım, 28 Nisan tarihinde kuzey-batı yönünde esen rüzgârlarla İskandinavya'nın güney ve orta bölgelerine yönelmişti. 3 Mayıs Çarşamba günü bulaşmış (kontamine) hava kütleleri Avrupa'nın büyük bir kısmı ile birlikte Bulgaristan ve Yunanistan üzerinden Trakya'yı etkisi altına aldı.

İkinci bir salınımla Çernobil'den doğuya sürüklenen bulaşmış hava kütlesi 7-9 Mayıs tarihlerinde Kırım Yarımadası'nın kuzeyinden Karadeniz üzerinden geçerek Türkiye'nin kuzey-doğu kıyısına ulaştı.

Radyoaktif bulutun yaptığı hareket mevcut atmosferik koşullardan ve hakim rüzgâr yönlerinden kaynaklanmaktaydı. Bu nedenle, radyoaktif etki homojen bir dağılım göstermemekteydi. Bu durum, şimdye kadar meydana gelmiş en büyük nükleer reaktör kazasından büyük bir şans eseri Türkiye'nin büyük bir kısmının etkilenmeden çıkmasını sağladı. Ancak, tüm dünyada ekonomik, sosyal ve siyasal sorunlar yaratan etkileri, kazanın üzerinden 10 yıl geçmesine rağmen halen sürmektedir.

Bulutun geçtiği sırada, etkisi atındaki ülkelerde yağış olması, o ülkenin radyoaktif bulaşmaya maruz kalmasındaki en önemli sebebi oluştur-

maktadır. Bundan dolayıdır ki Türkiye, bulutun üzerinde seyrettiği tarihlerde Trakya ve Doğu Karadeniz Bölgeleri'nde yağış alan yerlerde, özellikle Karadeniz Bölgesi'nin fındık, tütün ve çay üretimi yapılan kısımlarında, yağış alması sebebiyle, Çernobil reaktöründen kaynaklanan radyoaktivitenin etkisini ağırlıklı olarak hissetti. Dolayısıyla radyasyon etkilerinin hafifletilmesi için gerekli önlemler de Trakya ve Karadeniz bölgelerinin bazı kısımlarına yönelik olarak alındı. Radyoaktif bulutun geniş döneminde Trakya'da çok kısa yarı ömürlü I-131 radyoizotopuna karşı, etkilenen bölgelerde, meradaki hayvanları radyoaktif yağıştan etkilenmiş otları yemesini önlemek üzere ahırlarda tutularak bulaşmamış kuru ve suni yem ile beslenmesi; bulaşmış bir kısım sütün (Edirne ve yöresinde) toplatılarak beyaz peynir yapılması gibi bir dizi önlemle müdahale edildi. Radyoizotoplara göre fiziksel yarı ömürü çok daha uzun olan radyosezyum ile, özellikle Karadeniz bölgesinin en önemli tarım ürünü çayda mücadele edildi. Yapılan kontrollerde, Türk insanının büyük bir kısmının vazgeçilmez alışkanlığı olan çayın sağlığa zararlı olmadığına belirlenmesine rağmen, spekülasyonlara fırsat vermemek için büyük bir ekonomik kayıp göze alınarak, 58.000 ton çayın imhası ile sonuçlanan bir denetim programı sonucunda radyoaktif bulaşmanın etkilerinin giderilmesine yönelik başarı sağlandı.

Doğu Karadeniz Bölgesi'nin diğer iki önemli ürünü olan fındık ve tütün ise Türkiye'nin bu iki tarım ürünü bakımından dünya rekoltesine önemli katkı sağlaması sebebiyle hiçbir zorlukla karşılaşılmadan, tütün başta ABD olmak üzere, ithalatta değişik limitler uygulayan ülkelere, aktivitelere göre tasnif edilerek ihraç edildi.

Diğer Avrupa ülkeleri arasında kazanın etkisi en az düzeyde hissedilen Türkiye'de çay dahil akla gelebilecek tüm tarım ürünleri ile ithal edilen gıda maddeleri ve hayvan yemleri ve solunum ya da sindirim yolu ile Türk insanına ek risk getirecek tüm maddeler radyoaktif bulaşma yönünden titizlikle denetlendi ve denetlenmeye devam edilmektedir.

Meydana gelebilecek bir nükleer kazanın etkilerinin sınır tanımlığı Çernobil kazası ile açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. 1000-1500 metre yükseklikteki hava dinamiğine göre hareket eden radyoaktif bulutun atmosfer hareketlerine bağlı olarak serbest dolaşımını engelleyebilecek herhangi bir mekanizma mevcut değildir. Ancak alınacak bir dizi önlem ile radyasyon etkilerinin hafifletilebilmesi mümkündür. Bu ise, bir nükleer kaza durumunda ortak mücadele verebilecek ilgili kuruluşların etkin koordinasyonu ile sağlanabilir. Böyle bir kaza durumunda halkın sağduyu ile davranarak mevcut durumun ciddiyetinin hafifletilebilmesi için işbirliğini desteklemeleri ve spekülasyonlara değer vermeme beklenir. Çernobil Nükleer Kazasının ardından geçen 10 yıl dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi Türkiye'de de benzeri tehlike durumlarına yönelik tavrı almada çok şey öğretmiştir.

Çernobil kazası sonucunda radyoaktif kirlenmeden dolayı insanlar, radyoaktif bulutun geçişi esnasında buluttan ve yerden dış ışınlamaya, solunum ve sindirim yolu ile de iç işinlamaya maruz kaldılar. Çernobil kazasından kaynaklanan radyoaktif bulutun atmosferde taşınmasının 10 günlük bir süreyi kapsaması ve bu süre zarfında bulut konsantrasyonunun oldukça seyrelmesi ayrıca hareketinin atmosferin üst tabakalardan taşınması göz önüne alındığında Türkiye'yi diğer Avrupa ülkelerine göre daha az etkilediği anlaşılmaktadır. Bu sebeple, Türk toplumunun Çernobil kazası sebebiyle maruz kaldığı etki, Türk insanının yaşadığı bölge dolayısıyla maruz kaldığı doğal radyasyon etkisine kıyasla önemsiz olarak nitelendirilebilir.



adlandırdıkları bir kavram sonucu oluşmuştur. Çernobil sonrasında, İngiliz nükleer enerji uzmanları böyle bir kazanın Batı'da olamayacağını, çünkü RBMK reaktörüne asla lisans verilmeyeceğini söylediler. Diğer uzmanların düşüncesi ise, Çernobil'de herhangi bir kaza sırasında radyoaktif madde sızmasının önlenmesi için bir koruma kabuğunun olmadığı yolundaydı. Bu görüş, Çernobil ile yine benzer tipte bir reaktör olan 'Three Miles Island'la arasındaki farklara dayanıyordu. Three Miles Island'daki kazada pekçok radyoaktif madde ve özellikle de sezyum, koruyucu yapı sayesinde çevreye yayılmamıştı. 1986 Ağustos'unda Viyana'da yapılan toplantıda Sovyet yetkililer, bu şiddette bir patlamaya dayanabilecek bir koruma kabuğunun olamayacağını iddia ettiler.

Kazanın Sağlık Üzerindeki Etkileri

Birçok organizasyon, Çernobil kazasının sağlık ve çevre üzerindeki etkileriyle ilgili rapor hazırladı, ancak 1986'dan önceki sağlıkla ilgili doğru istatistiksel bilgilerin azlığı yüzünden, bu raporlar yeterince güvenilir değildi.

Radyasyonun Erken Etkileri (Nonstokastik Etkileri)

Soğutulan Doz (Sv) Biyolojik Etkiler

0-0.25	Gözlenebilir bir hasar yoktur.
0.25-0.5	Kanda geçici hafif değişiklikler ile geçimsiz etkiler olabilir. Sağlıklı bir kişide ciddi hasar olasılığı çok azdır.
0.5-1	Mide bulantısı ve kusma kanda daha sonra iyileşen değişiklikler olur, normal yaşam süresinde hissalma olasılığı vardır.
1-2	24 saat içinde bulantı ve kusma, belirtisiz bir haftadan sonra saç dökülmesi, ishal, kan tablosunda orta derecede değişiklikler olur, kan yapan organlar dışında birkaç haftada iyileşme mümkündür.
2-4	1-2 saat içinde mide bulantısı ve kusma, iç kanama, ağz ve boğazda ciddi enfeksiyonla birlikte kan tablosunda değişiklikler, saç dökülmesi, ishal ve hızlı kilo kaybı olup 2-6 hafta içinde bazı ölümler, sonunda şifalanmaların % 50'sinde ölüm olasılığı vardır.
4-6	Bir saat içinde bulantı ve kusma, 1 hafta sonunda ishal; ağz ve boğazda enfeksiyon, ateş, iç kanama, saç dökülmesi, kan tablosunda ciddi değişiklikler, hızla zayıflama olur ve şifalanmaların % 80-100'ü 2 ay içinde ölümler, sağ kalanların iyileşmesi çok uzun zaman alır.

Kaynak: G.Gürkan YÜLEK, Radyasyon Fizik ve Radyasyondan Korunma, SEK Yayınları, 1992

1989'da Dünya Sağlık Örgütü (WHO), yerel doktorların radyasyonun etkileri konusunda tecrübeli olmadıkları ve çeşitli biyolojik ve sağlık etkilerini yanlış yorumlayarak radyasyona mal edebileceklerini ortaya attı.

1991'de IAEA (Uluslararası Atom Enerjisi Kurumu) tarafından yapılan ve 100'den fazla uzmanın katıldığı araştırmanın sonuçları, daha önceden yapılanlara oranla oldukça güvenilir. Bu araştırma sırasında, 1986 öncesi verilerin bulunmadığı durumlarda, radyasyona maruz kalanlarla karşılaştırılabilecek bir kontrol grubu oluşturuldu. Sonuçta, her

iki grupta da belirli sağlık bozukluklarına rastlandı ancak o aşamada hiçbir radyasyona bağlı görünmüyordu.

O zamandan beri Ukrayna, Rusya ve Belarus'da yapılan araştırmalar, radyasyona maruz kalan çocuklar arasında görülen tiroid kanseri artışını doğruluyor. 1995'in sonlarına doğru, WHO, çocuklar ve yetişkinler arasında görülen 700 tiroid kanseri vakası ile Çernobil kazası arasında bir bağlantı kurdu ve bunların arasında görülen 10 kadar ölüm vakası, kaza sırasında alınan radyasyona bağlandı.

Yapılan araştırmalar patlamayla birlikte 100 milyon Ci tehlikeli radyoaktif

Çernobil Güç Reaktörünün Tanıtılması

Hatice Akkurt

H.Ü. Nükleer Enerji Mühendisliği

Çernobil güç reaktörü RBMK tipinde bir reaktör olup, bu tip reaktörler dünyada sadece Rusya'da kullanılmaktadır. RBMK reaktörlerinin ilki 1954 senesinde kritik olan ve dünyanın ilk nükleer reaktörü olarak bilinen Obninsk reaktörüdür. Halen Rusya'da aynı tipten 15 adet RBMK reaktörü çalışır durumdadır.

RBMK hafif su soğutmalı, yavaşlatıcı (moderasyon) olarak grafit kullanılan basınçlı reaktörlerdir. Yakıt olarak %1.8 zenginliğinde UO₂ kullanılmaktadır ve reaktör çalışırken yakıt değiştirmek mümkün olmaktadır.

Bu tip reaktörlerde reaktivite boşluk katsayısı pozitifdir, Nominal çalışma gücünün % 20 ve daha altındaki değerler için güç katsayısı pozitifdir. Güç katsayısı, güç değişimine karşı reaktörün davranışını tayin eden bir büyüklüktür. Bu katsayı negatif olduğunda, güç yükseldiği zaman negatif bir reaktivite oluşarak gücün yükselmesi sınırlanmakta ve reaktör kararlı duruma gelmektedir. Güç katsayısının pozitif olması durumunda, gücün yükselmesi pozitif bir reaktivite oluşumuna ve gücün daha da yükselmesine neden olur. Bu güç yükselmesi, dış etkenlerle reaktör durdurulana veya reaktör tamamen tahrip olana kadar devam eder. Güç katsayısının çeşitli bileşenleri vardır, RBMK tipi reaktörler için bunların en önemlileri, yakıt sıcaklığının güç üzerine olan negatif etkisi ile kaynamanın pozitif etkileridir. Bu iki bileşenin toplamı olan güç katsayısı, reaktörün kararlılığı bakımından her zaman negatif olmalıdır.

RBMK reaktörlerinde, nominal çalışma gücü şartlarında (3.200 MWth) yakıt sıcaklığının güç üzerine olan negatif etkisi, kaynamanın pozitif etkisinden daha fazla olduğu için güç katsayısı negatiftir. Fakat nominal gücün %20 (640 MWth) ve daha altındaki değerlerde güç katsayısı pozitif olmaktadır. RBMK reaktörlerinin böyle düşük güçlerde çalıştırılması, sistemi kararsız kılmakta ve reaktör güvenliği açısından son derece tehlikeli so-

nuçlar doğurabilmektedir. Ruslar bu kararsız ve tehlikeli duruma karşı teknik ve donanım olarak kontrol sistemlerini geliştirmek yerine, idari talimatlara reaktörün düşük güçlerde çalışmasını yasaklamışlardır. İdari talimatların ihaline karşı herhangi bir önlem alınmamıştır.

RBMK reaktörlerinde güvenlik açısından diğer bir zayıf unsur ise reaktör kontrolünün ağırlıklı olarak operatör müdahalesi ile gerçekleştirilmesidir. Bu reaktörde 211 adet kontrol çubuğu bulunmaktadır. Bunlardan 72 tanesi otomatik olarak kumanda edilirken, diğerleri reaktör operatörü tarafından kumanda edilmektedir. Kontrol çubuklarının sayısı ve kora giriş hızı yetersizdir. Reaktörü durduracak ikinci bir kapatma sistemi de mevcut değildir.

Nükleer güç reaktörlerinde fisyon ürünlerinin atmosfere geçmeden önce en önemli engellerinden birisi de reaktör koruma kabuğudur (containment). RBMK reaktörlerinde batılı reaktörlerde görülen ön emilimli betonarme reaktör koruyucu kabuğunun bulunmaması çok önemli bir tasarım eksikliğidir. Kazanın sonuçlarının bu denli büyük olmasının önemli nedenlerinden birisi de, koruma kabuğunun olmayışıdır. Normal işletme şartlarında dahi RBMK tipi reaktörlerden brakılan radyoaktif gazların toplam aktivitesi batılı reaktörlerine nazaran çok daha yüksektir. Buna izin verilmesinin nedeni de, bu ülkedeki güvenlik regülasyonlarının, batılı ülkelerindeki güvenlik regülasyonlarına uymaması ve daha gevşek tutulmasıdır. Eğer Çernobil reaktörü de batıda geliştirilmiş olan nükleer güvenlik felsefesi normlarına göre koruyucu bir kabuk içine yerleştirilmiş olsaydı, sebep olduğu felaket (tıpkı Three Miles Island nükleer kazasında olduğu gibi) hiç olmayabilirdi.

Three Miles Island kazasında reaktör, 1970'lerde geliştirilen batılı anlamında nükleer güvenlik normlarına uygun olarak 1-1,5 m. kalınlığında betonarme bir kabuk içine yerleştirilmiş olduğundan, radyasyonun tümü koruyucu kabuk içinde hapsedilmiştir. Böylelikle çevre ve çevrede ya-

