

# 'Güvenli bir Nükleer Santral' ve 'Güvenlik Kültürü' Nasıl Sağlanabilir?

Yüksel Atakan, Dr.Radyasyon Fizikçisi, ybatakan3@gmail.com

'Güvenli bir nükleer güç santrali'nden (NGS), nükleer ve radyasyon güvenliği en üst düzeyde olan ya da arıza ve kaza olasılığı en az düzeye indirilmiş bir nükleer santral anlıyoruz. NGS'nin, teknolojideki gelişmelerle uyumlu olarak ilgili uluslararası standartlara göre, güvenlik sistemlerini kapsayacak şekilde kurulmuş ve işletiliyor olması gerekir. Bu ise, santralin, plan, proje ve hesaplarının doğru yapılmasından başlanılarak, reaktör binasının 'beton ve çelik güvenlik kılıfından' (Containment), reaktör kazan ya da kabından (reactor vessel), pompalarından, vana ve dübellerine kadar santralin güvenliğiyle ilgili tüm parçalarının (components) kalite kontrollerinin, ilgili uluslararası standartların ön gördüğü şekilde yapılmasına bağlı olacaktır. Kalite ve uygunluk kontrolleri, ilgili parçaların fabrikalarda üretiminden, oralarda testlerinden ve daha sonra da santralde işletme öncesi denenmesine kadar tüm kontrolleri kapsamalı ve deneyimli uzman ya da bilirkişilerce yapılmalıdır. Örneğin Almanya'da nükleer santrallerin bulunduğu her eyalette sadece nükleer santrallerin yapım ve işletmesini sürekli denetleyen TÜV ve başka kurumların geniş kadrolu bölümleri vardır. Bu konulardaki ayrıntılar, Fizik Müh. Odası'na 2015 yılında verdiğimiz teknik raporda, çeşitli yazılarımızda bulunuyor ve bunları seminerlerimizde de sunmaktayız /1,2,3/.

## Akkuyu NGS ile ilgili bugünkü durum

Bilindiği gibi her biri 1200 MW elektrik gücünde çalışacak 4 bloklu (reaktörlü) Akkuyu NGS projesi, 'yap işlet ve bize elektrik sat' diyebileceğimiz bir modelle, Rusya hükümetiyle yapılan ve TBMM'den 2010 yılında geçen bir yasaya dayanılarak, Rosatom şirketine bir andlaşmayla verilmiştir. Santralin yapım gideri 20 milyar usd olarak başlangıçta kestirilmiş olup bunu tümüyle Rosatom Rus şirketi üstlenmiştir. Rosatom, santralin yapımından, işletilmesinden ve ileride sökülmesinden sorumludur. Türkiye buna karşın, ilk reaktör için 12,35 dolar Cent/ kWh fiyatla 15 yıl boyunca alım garantisi vermiş ve santralin yapılacağı Akkuyu'daki alanı Rosatom'a bırakmıştır. Santralin, alışılmamış genişlikte ve pek kimsenin okuyamayacağı 3500 sayfalık bir çevre değerlendirme raporu (ÇED raporu) hazırlanmış, nükleer karşıtların açtıkları dava danıştayda red edilmiş, ancak bugün temyiz aşamasındadır (Aralık 2018). Andlaşmanın yapılmasından ancak 7-8 yıl sonra Nisan 2018'de santralin temeli atılabilmektedir. Medyada Rosatom'un % 49 hisseyle ortak aramayı sürdürdüğü ve santralin geleceğinin belirsiz olduğu yer almaktadır. İlk blokun 2025 yılından önce işletmeye açılması beklenmiyor. Diğer blokların daha sonraki yıllarda bitirilebileceği sanılıyor.

## Akkuyu NGS'de 'Uluslararası Standartlar'a uyum denetimleri, kalite kontrolleri nasıl yapılacak, ve Akkuyu Andlaşmasında ne gibi boşluklar var?

Daha önceki yazılarımızda /1,4/da ayrıntılarıyla açıklamaya çalıştığımız, görebildiğimiz ana sorun, Rosatom'un, santralin yapımı sırasında, kendi alışlagelmiş reaktör teknolojisine göre Rusya'da üretilmiş olan her sistemin, parçanın (components) kalite kontrolünü uluslararası standartlara uyacak şekilde nasıl yapacağıdır ve bunu, ilgili uzmanları olmayan bizim belki 5-10 yıllık uzun santral yapım süresince sürekli olarak nasıl denetleyeceğimiz ya da denetleteceğimize? Rusya standartlarına göre yapılagelen örneğin reaktör kabı uluslararası standartlara nasıl uydurulacak ya da uyumsuzluk ortaya çıkarsa milyonlarca dolarla mal olan reaktör kabı yenilenecek midir ve büyük ek giderleri Rus şirketi üstlenecek midir? (Şekil). Bu konularda andlaşmada hiç bir madde bulunmuyor. Ayrıca, bu değişiklik nedeniyle olacak aylarca sürebilecek santralin gecikme zararını şirket kabul edecek midir ya da bunun yerine Rusya yapımı reaktör kabı olduğu gibi 'zaten benzerleri Rusya'da başka reaktörlerde denendi, sorunsuz çalışıyorlar, birşey olmaz, kaygılanmayın mı denecektir ve santralin bir an önce elektrik üretmesini isteyen biz, buna onay verecek miyiz? Bu örnek güvenlikle ilgili diğer önemli parçaların denetimi için çoğaltılabilir. Öte yandan bunların

denetimini, fabrika kabulünü ve santralde testlerini hangi tarafsız bilirkişiler yapacaklar? Santralin en üst düzeyde güvenliğinin sağlanması ise yukarıda belirttiğimiz gibi bu denetimlerin başarıyla geçilmesine bağlıdır. Çelik yapıdaki bir reaktör kabınının (kazanının) ölçüleri, büyüklüğü çizelgede ve fotoğraflarda görülüyor (örnek).

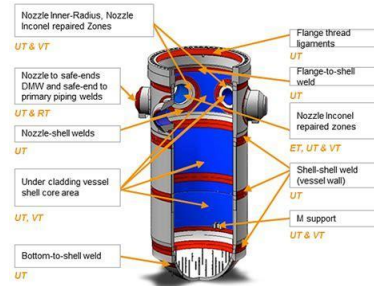


## Ayrıntılı Özel Denetim

Basıncılı reaktör kazanına bir örnek

Reaktör kazan malzemesinde eser elementler çok az olmalı ve kazan malzemesi, sürekli nötron akısı altında, uzun sürede ince yapısını (fine structure) bozmamalı. Bunlarla ilgili bir dizi standart var. Nasıl denetlenecek?

Distance from tangent line of head to the centre of saddle	A	1778 and 275mm
Length of the vessel	L	13107 mm
Inside diameter of the vessel	D	4267 mm
Thickness of the shell	$t_s$	23 and 18 mm
Width of the saddle	H	533.375
Thickness of the head	$t_h$	18 mm
Contact angle of saddle	$\theta$	150°



**BU GÖRÜNTÜ, URANYUM'un İÇİNDE BULUNDUĞU ZİRKONYUMLU BORU KILIFLARININ, 1000 C DERECEDE, SUDAKİ HİDROJENİ OKSİJENDEN AYRIŞTIRMASI VE HİDROJENİN DE REAKTÖR HAVASINDAKİ OKSİJENLE BİRLEŞTİĞİNDE PATLAMALARIYDI (ATOM BOMBASI PATLAMASI DEĞİL!!!)**

Sadece uranyum yakıtının kullanıldıktan sonra Rusya'ya geri götürüleceğinin bilinmesine karşın, bunun nasıl ve hangi yolla taşınacağı, yol kazalarının olmaması için ne gibi güvenlik önlemlerinin kimin tarafından nasıl alınacağı, ayrıca diğer orta ve az radyoaktif çok miktarda ortaya çıkacak radyoaktif atıklarla ilgili de ne gibi bir yol ve yöntem izleneceği, bunların nerelerde depolanacağı gibi daha bir dizi konuda da Akkuyu Andlaşmasında bir madde bulunmuyor.

## Güvenlik Kültürü?

Son yıllarda, büyük tesislerde, işletmelerde ve özellikle nükleer santrallerde 'Güvenlik Kültürü'nün önemi üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış ve yayınlar yapılmıştır /5/. Toryum Ender Topraklar platformunda Sn.Şarman yazısında /6/ bu konuyu ele almış, Güvenlik Kültürü (Safety Culture) kavramının Çernobil Nükleer kazası sonrası ortaya çıktığını, bu kavramın işletmelerde ne anlama geldiğini, bunun gerçekleşebilmesi için neler yapılması gerektiğini ve önemini gözler önüne güzel bir şekilde sermiştir. " *Bu yazısında Güvenlik kültürü (GK) şöyle tanımlanıyor: GK, doğası nedeniyle içerdiği önemden kaynaklanan koruma ve güvenlik konularının, baskın öncelikleri nedeniyle, şahıs ve organizasyonlarda oluşturulması gereken davranış biçimi ve niteliklerin tümüdür. GK'ü çalışanların ve yönetimin güvenlik konusunda ortak bir algılamaya, diğer bir deyişle ortak bir topluluk bilincine sahip olması anlamına gelmektedir.* "

Eğer 'güvenlik kültürü', ülkemizde de ileride işletilecek nükleer santrallerde de uygulanabilirse, kazaların önlenmesine büyük katkılar sağlanabilir. Güvenlik kültürünü personele vermek hatta aşılacak kuşkusuz önemlidir. Ancak her şeyden önce nükleer santral personelinin yaptıkları, yapacakları işlerde çok iyi yetişmiş, deneyim kazanmış kısacası 'kalifiye' elemanlar olması ve kendilerine belirli aralıklarla gelişen teknolojinin yeni bilgilerinin, ileri kurslarla ve yerinde pratikle ('on the job training') benzer nükleer santrallerde ya da ilgili tesislerde kazandırılması gerekir.

**Bu nedenle 'Güvenlik Kültürü', yukarıda vurguladığımız gibi eğer santral, 'güvenliği en üst düzeyde' olacak uluslararası standartlarla kurulmuş ve kalifiye personelle çalıştırılabilirse işlevini görecektir ya da bir işe yarayacaktır. Güvenlik kültürünün önemini vurgulayanlar, zaten santralin güvenliğinin en üst düzeyde ve personelin de kalifiye olması gerektiğini varsayıyor olmalıdır. Ancak gerçek durum her yerde ve her zaman böyle olmayabilir. Nitekim, bugüne kadar olan Çernobil ve Fukushima kazalarının her ikisinde de santrallerin yapısında önemli eksiklikler vardı ve kazalar küçük bir grubun ya da yönetimin hatalarının bu eksikliklere eklenmesiyle oluşmuştu.** Bu santrallerde çalışan tüm personel güvenlik kültürünü benimsemiş olsaydı da teknik eksiklikler ve Çernobil'de olduğu gibi bilgisiz, deneyimsiz sadece 2-3 kişinin büyük hatası nedeniyle kazaların ortaya çıkması kaçınılmazdı denebilir.

**Başka bir örnek, tren kazalarından verilebilir: Siz eğer elektrikli demiryolu makasını hiç görmemiş bir makasçıyı, elektrikli makasın başına koyarsanız, tüm demiryolu personeline güvenlik kültürünü, sık sık seminerlerle, vermeye çalışmanızın, kazaları önlemede bir yararı olmayacağı açıktır. Ya da elektrikli demiryolu makasını çalıştıran aletlerin bakımları uzun süre yapılmamış, bunların kullanım süreleri dolmuş ve zaman zaman çalışmıyorsa, personele güvenlik kültürü bilgileri vermeniz bir işe yaramayacak ve kazalar olacaktır.**

## Güvenlik kültürünün uygulanmasındaki sorunlar neler?

Çeşitli güvenlik sistemleri bulunan bir Nükleer Güç Santralinde (NGS) Güvenlik Kültürünün, 200 kişiyi geçen çeşitli eğitim ve deneyim düzeyindeki personele aktarılmasının ise pek kolay olmayacağı da açık (Nükleer santrallerde yakıt elemanlarının değiştirildiği, bakım ve onarım çalışmalarının, her yıl yapıldığı 1-2 aylık sürede ise personel sayısı 1000 kişiyi geçmektedir). Yüksek radyasyon altında çok yüksek doz almamak için kısa sürelerle sık sık değiştirilen personelden öncelikle beklenen, ilgili güvenlik önlemlerini alarak, bakım ve onarım çalışmalarını, planlandığı gibi iyi ve çabuk yapmalarıdır. Bununla ilgili olarak kendilerine radyasyon fizikçileri yardımcı olmakta, çalışma süresince alınan radyasyon dozları sürekli ölçülmekte gerektiğinde çalışma durdurulmaktadır Bu gibi çalışmaların verimi, çok kez, deneyimli personelin, önceden modellerde ekzersiz yapmasıyla artırılıyor ve çok daha az doz alınıyor. Reaktörün normal işletilmesi sırasında ise reaktör binasına ve radyasyonu yüksek diğer bölümlere girilmesi yasaklanmış olduğundan ve sistemler otomatik çalıştığından santralin güvenliğiyle ilgili (anormal durumlar dışında), bir sorun beklenmiyor. Radyoaktif maddelerden korunmak için plastik tulumlar içinde reaktör binasında 60 dereceye varan sıcaklıkta, zor koşullarda çalışan personelden güvenlik kültürüyle ilgili kuralların aynen yerine getirilmesini beklemek her zaman gerçekçi olmayabilir ya da bunlardan bu nedenle bazı sapmalar olabilir.

## **TMI, Çernobil ve Fukuşima Nükleer Santral kazalarında Güvenlik Kültürü işe yarar mıydı?**

Bunu değerlendirebilmek için bu kazalara nelerin yol açtığını, kazaların nasıl olduğunu FMO Teknik Raporu'muzdan aşağıda aktararak ilgilenenlere bilgi verelim /1/:

*Geçmişte dünyada üç büyük nükleer santral kazası olmuştur. İlki, 1979 yılında ABD'de Harrisburg kentinde Three Mile Island (TMI)'daki iki reaktörden birinde olmuş ve yakıt elemanlarının bir bölümü susuz kalarak radyoaktif maddeler, ergiyen yakıt elemanlarından sızmıştır. Reaktör binasını çevreleyen çelik ve beton silindir (reaktör güvenlik kabı) radyoaktif maddelerin bina dışına yayılmasını önlemiş, böylelikle bu kazanın çevre halkına ve çevreye bir radyasyon etkisi olmamıştır.*

*İkinci büyük kaza 1986 yılında Ukrayna'da Çernobil NGS'nda olmuş, santralda reaktör binasını çevreleyen güvenlik kabı olmadığından, kazada çatısı uçan reaktör binasından dışarı saçılan radyoaktif maddeler, hava akımlarıyla Türkiye dahil olmak üzere, uzaktaki bir çok ülkeye taşınarak, yağışlarla toprağa inmiştir. Radyoaktif maddeler, bitkiler ve hayvanlar yoluyla insan vücuduna, az ya da çok ulaşarak insanları etkilemiştir. Personel, kontrol çubuklarını sadece yukarı çekmekle kalmamış, aynı zamanda reaktöre su basan pompaları da durdurarak reaktörün aşırı ısınmasına, yüksek sıcaklık ve basınç altında reaktör kazanının patlamasına yol açmıştır. Bu büyük personel hatasıyla ortaya çıkan Çernobil kazası, batıdaki o zamanki teknikle yapılmış olan nükleer santrallerde dahi ortaya çıkmazdı, çünkü Çernobil tasarımı bir NGS, daha proje döneminde 'yapım için onay' alamadan geri çevrilirdi. Batı'daki NGS'ndaki otomatik sistemler, nötron akısını soğuran ve reaktörün kritik üstüne çıkmasını önleyen kontrol çubuklarını otomatikman kilitleyerek, personelin bunları yukarı çekmesini, engelledi. Çernobil'de o zamanki Sovyetler Birliği yönetimi kazayı saklamış ve kaza ancak 2 gün sonra Finlandiya'daki radyasyon ölçüm aletlerinin yüksek değerler göstermesiyle ortaya çıkarılabiliştir ve bu nedenle Çernobil çevresinde yaşayanlar radyasyondan etkilenmişlerdir. Özellikle radyoaktif iyotun, çevrede yaşayan çocuklarda tiroit kanserine yol açtığı sonradan ortaya çıkmıştır /5/.*

*Üçüncü büyük kaza 2011 yılında Japonya'da Fukuşima'da olmuş, büyük depremde elektrik hatları kopmuş ve Tsunami sonucu sular altında kalan dizel jeneratörleri de çalışmayınca, reaktörleri soğutması gereken su basılamamış, yakıt elemanlarının bir bölümü ergiyerek radyoaktif maddeler santral içine ve dışına ulaşmış ve 20 km'lik çevreye yayılmıştır. Çernobil'deki durumun aksine, Fukuşima'da çevre hemen boşaltılarak halkın, radyoaktif maddelerle bulaşan sular ve besinler yoluyla radyasyondan olumsuz etkilenmesi önlenmiştir. Sürekli yapılan ölçüm ve bilimsel değerlendirmeler Fukuşima'daki kazanın etkilerinin, santraldan 20 km'den daha uzakta yaşayanlarda çok az olduğunu kazadan sonraki 3. yılda göstermiştir (20 km'lik bölge içindeki halk boşaltıldığından, burada sadece kontrol altında çalışanlara /işçilere sınırlı bir radyasyon etkisi olmuştur).*

*Fukuşima NGS 1970 /1971 yıllarının General Electric tasarım ve teknolojiyle yapılmıştır. Her ne kadar bu santrallerde zaman zaman yenilemeler yapılmış ise de, 40 yıl öncesinin proje tasarımında, ivedisoğutma su devrelerini çalıştıran dizelli elektrik jeneratörlerinin zemin altındaki konumları değiştirilmemiştir. Halbuki bunlar, üst katlara konuşturılırdı, suların altında kalmayacak ve çalışacaklardı. Böylelikle reaktörlere ve kullanılmış yakıt elemanları havuzuna su basılacak, nükleer yakıt elemanları ergimeyecek (erimeyecek) ve kazalar ortaya çıkmayacaktı. Bilindiği gibi deprem sonucu otomatikman durdurulan santrallerin gerekli elektriği dışarıdan sağlayıp pompaların reaktörlere soğutma suyu basması gerekirken, Fukuşima çevresinde depremden kopan elektrik hatları nedeniyle, santrallere elektrik sağlanamayınca dizelle çalışan ivedi elektrik üreteçlerinin devreye girmesi gerekiyordu. Kazadan sonraki yıl, Japonya'daki tüm nükleer santrallerdeki dizel üreteçleri üst katlara yerleştirildi.*

*Tüm endüstri dallarında olduğu gibi nükleer santrallerde de, geçen yarım yüz yıllık uzun sürede çok çeşitli kazalar olmuştur. İlgili kazalar, önem durumlarına göre sınıflandırılarak yetkili kurumlara bildiriliyor. Örneğin: Almanya'daki nükleer santrallerde de son 40 yılda, denetleyici kurumlara bildirilmesi zorunlu olan bir dizi küçük kaza olmuş olmasına rağmen çeşitli bağımsız laboratuvarlarca yapılan ölçümlerde, gerek santrallerde gerekse çevrelerinde, radyoaktivite ve radyasyon doz düzeyinin ilgili sınır değerlerinin çok altında kaldığı saptanmış, kısacası çevre ve orada yaşayanlar bunlardan, doğal radyasyon düzeyiyle karşılaştırıldığında etkilenmemişlerdir denebilir (Almanya'daki ölçümlerle ilgili olarak /1/ deki Şekil 2 - 6'ya bakılabilir).*

*Ülkemizde kurulacak nükleer santraller bugünkü geliştirilmiş teknolojiye göre yapılacağından Çernobil ve Fukuşima'da, yukarıda kısaca açıkladığımız kazaların benzerinin olması, normal olarak, beklenmemeli. Her konuda olduğu gibi nükleer santrallerde de kaza riski sıfır ya da yok denemiyor. Ancak alınacak önlemlerle risk sıfıra yaklaştırılabilir. **Deprem riski başta olmak üzere**, nükleer santral proje ve yapımında, ilgili uluslararası standartlara uyulması, yapım süresince santralin **nükleer ve radyasyon güvenliğiyle** ilgili tüm önemli sistem ve aygıtların kalite kontrollerinin deneyimli uzmanlarca yapılması, santral personelinin*

*önceden çok iyi yetiştirilmesi sağlanabilirse, ülkemizdeki santrallerin de güvenliği en üst derecede olacağından büyük kaza olasılığı da son derece az olacaktır.*

*Deprem bölgesi olan Japonya'daki 55 adet NGS bugüne kadar önemli bir hasar görmemiştir ve ülkemizdeki santrallerin de depreme aynı şekilde dayanıklı yapılması sağlandığında kaza riski çok azalacaktır. Bilindiği gibi Fukuşima'da santraller deprem nedeniyle hasar görmemiş, deprem sonrası oluşan Tsunami'nin binaların alt katlarını su basması ve dizel jeneratörlerin su altında kalması sonucu, reaktörlere ve yakıt elemanları bekletme havuzuna su basılmadığından kazalar ortaya çıkmıştır.*

### **NGS'de personele güvenlik kültürünün verilmesinde sorunlar?**

Herşeyden önce santral yönetimine bağlı olan teknik bölümlerdeki personelin çok iyi yetişmiş ve deneyimli kişiler olmaları beklenir. Bu nasıl sağlanabilir? Akkuyu personelinin Rusya'da benzer santrallerde eğitileceği, deneyim kazanacağı medyada zaman zaman yer alıyor. Kuşkusuz grup yöneticilerinin Rusya'dan gelecek uzmanlar olacağı ve bunların yanında çok sayıda yerli personelin çalışacağı düşünülebilir. Ancak bunlar arasındaki dil farklılığının bile güvenlik kültürünün sağlanmasında, hele çabuk karar verilmesi gereken arıza ve kaza durumlarında sorun yaratacağı açıktır ve ona göre şimdiden bir plan, program yapılması yararlı olacaktır.

### **Sonuç**

Yukarıdaki açıklamalardan görüldüğü gibi geçmişteki kazaları tetikleyen unsurlar, Çernobil'de ehliyetsiz küçük bir grup, Fukuşima'da ise zemin altındaki ivedi elektrik üreteçlerini yıllardır önerildiği halde üst katlara aktartmayan santral yönetimi olmuş ve üreteçlerin de Tsunami suları altında kalması ve depremde yıkılan elektrik direkleri sonucu santralin elektriksiz kalmasıyla reaktör yakıt elemanlarının soğutulamamasıdır (Şekil). Fukuşima'da radyoaktivitenin çevreye yayılmasının nedeni de, 70'li yıllarda ABD Atom Enerjisi kurumunun teknik raporunu gözardı ederek dayanıksız reaktör binası çelik kılıfını (Containment) kuran şirket ve bunu onaylayan bilirkişilerle, yetkili kurumdur.

Bu örneklerden görüldüğü gibi, bu santrallerin daha yapımında güvenlikle ilgili uluslararası standartlar ve kalifiye personel gereği gözardı edilmiştir. Kazalar, küçük bir personel grubunun ve yönetimin hataları da, teknik eksikliklere eklenince ortaya çıkmıştır.

### **Ayrıntılar için bkz:**

- /1/ <http://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/07/FMO-NGS-TEKNIK-RAPOR-20151.pdf>
  - /2/ [www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2016/01/Çernobil-30-YIL-ATAKAN-FMO1.pdf](http://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2016/01/Çernobil-30-YIL-ATAKAN-FMO1.pdf)
  - /3/ [http://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/03/FUKUSIMA -7.YIL\\_-1.pdf](http://www.fmo.org.tr/wp-content/uploads/2018/03/FUKUSIMA -7.YIL_-1.pdf)
  - /4/ Radyasyon ve Sağlığımız, y.atakan, Nobel yayınları, 2014
  - /5/ <https://static1.squarespace.com/static/53b78765e4b0949940758017/t/5876f6cf197aea0e713442df/1484191/Achieving+a+safe+culture-James+Reason.pdf>
  - /6/ Toryum Ender Topraklar Platformu, 18 Aralık 2018, Prof.Dr. Şarman Gençay'ın yazısı
- (x) Bu yazı HBT dergisi portalında yayımlanmıştır.